ＩＳＳＮ　0386－5878
土木研究所資料第3331号

土 木 研 究 所 資 料

機械化施工における施工改善手法に関する研究

平成７年１月

建 設 省 土 木 研 究 所
材料施工部機械研究室

Copyright ©1995 by P.W.R.I.

All rights reserved. No part of this book may be reproduced by any means, nor translated into a machine language without the written permission of the Director General of P.W.R.I.

この報告書は，土木研究所長の承認を得て刊行したものである。したがって，本報告書の全部又は一部の転載，複製は，土木研究所長の文書による承認を得ずしてこれを行ってはならない。

土木技術資料
第3331号　1995年1月

機械化施工における施工改善手法に関する研究

室長　吉田　正
室長　杉山　篤[1)]
室長　長　健次[2)]
主任研究員　石松　豊
主任研究員　野村正之[3)]
主任研究員　村松敏光[4)]
研究員　藤野健一
研究員　薬師寺信夫[5)]
研究員　高津知司[6)]
米村克己
北島公生[7)]
部外研究員　斉藤俊也[8)]

1) 現 水資源開発公団機械課長
2) 現 関東地方建設局関東技術事務所長
3) 現 中部地方建設局長島ダム工事事務所機械課長
4) 現 建設経済局建設機械課長補佐
5) 現 九州地方建設局大分工事事務所機械課整備係長
6) 現 中部地方建設局豊橋工事事務所管理第二課長
7) 現 関東地方建設局品木ダム水質管理所管理係主任
8) 部外研究員在職期間（平成4年4月1日から平成4年9月30日）

要旨

近年，社会活動の高度化に伴い社会資本への要求が高まっているが，建設現場における労働環境の改善，省力化，省人化などの課題がある。本研究においては，工事の定量的記述手法を基にした施工改善手法を開発し，それを用いた施工改善を行うことを目的とする。

本資料は，今までに出された「機械化施工における施工改善手法に関する研究(第1報)(第2報)」およびそれ以降の研究成果である簡易評価方法についてまとめている。

キーワード：施工改善，ＩＥ，定量的評価，省力化，省人化，生産性，安全性，苦渋性，簡易評価

はじめに

近年の経済的・技術的な発展によって我が国の社会資本は増加しつつあり，その投資規模は欧米諸国に比べ高い水準で推移してきている。しかしながら，その整備水準は欧米諸国に比べ立ち遅れており，経済規模に応じた豊かさを国民が実感できるレベルには未だ達していず，快適かつ安全な質の高い国民生活の実現が求められている。また，来るべき21世紀に向けてますます高度化，多様化する社会資本に的確に応えるため，環境の保全・創造，豊かな生活の実現，自然災害に対し安全な国土の建設，魅力的で活力のある地域社会の構築等の実現が基本的に求められている。

一方，21世紀初頭以降，我が国は世界に例を見ない早さで急速に人口の高齢化が進み，社会活力の低下が予想され，また社会資本ストックの増大に伴い，維持管理・更新コストの急速な増大が予想されるため，今後後世に残すべき良質で低廉な社会資本ストックの形成が必要である。

このような社会資本整備を円滑に推進するにあたっては，建設産業における構造的な労働力不足，低い労働生産性と安全性等の改善策が重要な課題である。また，建設労働災害の防止や作業環境の改善等により，より安全で快適な魅力ある産業として労働力を確保することが重要な課題である。

以上のような背景を踏まえると，建設産業における施工において設計，工法，材料，機械といった幅広い分野を，生産性，安全性，苦渋性等の観点から系統的・効率的に施工改善を実施する必要がある。さらに，現場の作業者まで施工改善に対する問題意識や改善意識を高め，改善のボトムアップ体制を図り，現場に浸透させていくことが重要である。

今までに，製造業の生産活動の改善を主に用いられてきた「IE手法」を土木工事に適用し，生産性，安全性，苦渋性の観点から土木工事における作業を定量的に把握し，その改善案を立案し，改善を実施した効果を定量的に評価できる手法を研究し確立してきた。

その研究の成果については，平成3年度に「機械化施工における施工改善手法に関する研究(第1報)」，平成5年度に「機械化施工における施工改善手法に関する研究(第2報)」によって報告されているが，IE手法を用いた土木工事の施工改善手法は，時間やコストが多くかかる等の課題があり，それを踏まえて以後簡便な定量的評価方法の研究を進めてきた。

今回は，今までに報告された「第1報」，「第2報」の報告及びそれ以後の研究成果を機械化施工における施工改善手法の全体報告書として取りまとめたものである。

目　　次

はじめに

1. 研究課題 …… 1
　1.1 研究目的 …… 1
　1.2 全体計画 …… 1

2. IE（インダストリアル・エンジニアリング）の概要 …… 4
　2.1 IEの歴史 …… 4
　2.2 IEの概念 …… 8
　2.3 IEの手法 …… 10

3. 製造業におけるIE手法の適用 …… 18
　3.1 製造業におけるIE手法の適要の概要 …… 18
　3.2 工場におけるIE手法の適用事例 …… 22

4. 建築業におけるIE手法の適用 …… 33
　4.1 建築業におけるIE手法の適用の問題点 …… 33
　4.2 建築工事現場におけるIE手法の適用事例 …… 33

5. 土木工事現場におけるIE手法の適用に関する分析 …… 53
　5.1 在来調査手法に基づく分析 …… 53
　5.2 IE手法の検討方法 …… 61
　5.3 工場，建築現場と土木工事現場の相違点 …… 61
　5.4 アンケート調査の概要 …… 65
　5.5 土木工事におけるIEの適用 …… 69
　　5.5.1 土　工 …… 69
　　5.5.2 海洋土木工（離岸堤） …… 97
　　5.5.3 トンネル工（山岳トンネル発破工法） …… 112
　　5.5.4 橋梁上部工（鋼橋） …… 127
　　5.5.5 橋梁下部工（ニューマチックケーソン工法，拡低リバース工法） …… 146
　　5.5.6 ブロック積み・張り工 …… 167
　　5.5.7 舗装工（セメントコンクリート） …… 179

6. 現場調査計画の検討 …… 203
　6.1 調査対象工種 …… 203

6.1.1 工種の選定 …… 203
6.1.2 各工種における調査の概要 …… 203
6.2 道路維持修繕工（打換え，切削オーバレイ，路上表層再生工法） …… 204
6.2.1 打換え工法 …… 204
6.2.2 切削オーバレイ …… 214
6.2.3 路上表層再生工法 …… 217
6.3 トンネル工（NATM） …… 221
6.4 築堤とCABなどを含む共同開削 …… 231
6.4.1 築堤工事 …… 231
6.4.2 CABなどを含む共同開削 …… 233
6.5 離 岸 堤 …… 236

7. 現場施工改善調査事例 …… 253
7.1 道路維持修繕工（打換え，切削オーバレイ，路上表層再生工法） …… 253
7.1.1 道路維持修繕工（打換え） …… 253
7.1.2 道路維持修繕工（切削オーバレイ） …… 277
7.1.3 道路維持修繕工（路上表層再生工法） …… 285
7.2 土工（築堤，CAB） …… 289
7.2.1 土工（築堤） …… 289
7.2.2 土工（CAB） …… 294
7.3 トンネル工（NATM） …… 302
7.4 離 岸 堤 …… 310

8. 機械化施工改善手法のマニュアル …… 323
8.1 施工改善手法の概要 …… 323
8.1.1 適用の背景 …… 323
8.1.2 本マニュアル（案）の狙い …… 326
8.1.3 適用上の注意点 …… 327
8.2 施工改善の進め方 …… 330
8.2.1 基本プロセス …… 330
8.2.2 具体的な方法 …… 334
8.2.3 実施体制 …… 346
8.3 測定方法 …… 348
8.3.1 測定方法の選定 …… 348
8.3.2 測定方法の種類 …… 352

8.3.3　データ整理の方法 …… 373
8.4　分析方法 …… 382
8.4.1　工事実績を利用した分析方法 …… 382
8.4.2　工程分析 …… 393
8.4.3　稼働分析 …… 396
8.4.4　作業時間の分析 …… 400
8.4.5　連合作業分析 …… 405
8.4.6　動作分析 …… 408
8.4.7　苦渋性・安全性の分析 …… 412
8.5　改善案の抽出と評価 …… 432
8.5.1　改善案の立案方法 …… 432
8.5.2　改善案の評価方法 …… 438
8.6　目的別の施工改善の進め方 …… 441
8.6.1　問題点の認識と目標設定 …… 441
8.6.2　生産性向上（時間短縮）に向けた施工改善 …… 443
8.6.3　生産性向上（省力化）に向けた施工改善 …… 460
8.6.4　苦渋性の低減に向けた施工改善 …… 483
8.6.5　安全性の向上に向けた施工改善 …… 514

9.　施工改善の簡易評価方法 …… 536
9.1　簡易評価方法の背景と目的 …… 536
9.2　簡易評価方法の調査要領 …… 537
9.3　簡易評価方法の提案 …… 541
9.3.1　苦渋性・危険性要因の設定 …… 541
9.3.2　苦渋性・危険性の作業単位設定 …… 551
9.3.3　苦渋性・危険性の評価尺度設定 …… 569
9.3.4　苦渋性・危険性の評価ポイント設定 …… 588
9.3.5　苦渋性・危険性の評価モデル作成 …… 604
9.3.6　生産性の簡易評価 …… 641

おわりに …… 654

付録1）　参考文献 …… 655
付録2）　調査担当者名簿 …… 657

1. 研究概要

1.1 研究目的

近年，我が国の経済的・技術的な発展はめざましく，これに伴って社会資本に対する需要も多様化してきている。そのようななか，環境の保全・創造，豊かな生活の実現，自然災害に対し安全な国土の建設，魅力的で活力ある地域社会の構築等の実現が基本的に求められている。

特に，社会資本整備を円滑に推進するにあたっては，建設産業における低い生産性及び安全性，労働力不足などの課題に対応していく必要がある。

このような状況の中で，生産性の向上，苦渋性の低減や安全性の向上を図る等の建設工事の施工改善が各方面で鋭意取り組まれているが，土木工事の施工改善は従来より専門技術者や技能者の経験や知識に依存することが多く，客観的かつ系統的な施工改善は行われていないのが現状である。また，高まる施工改善のニーズに対して専門家は不足しており，専門家の知識や経験だけでは対応できる範囲が限定される場合があり，効率的かつ系統的な施工改善が求められている。

つまり，「改善目標を立て，調査・分析を行いさらに改善効果を定量的に評価する」システマチックな手法及び手続きを必要としている。

複雑な作業や工程を改善するためのまた，システマチックかつ分析科学的な手法として，工場において昭和20年代に導入され大きな効果を挙げてきたＩＥやＱＣ等の生産工学的手法が挙げられる。近年建設業においても，高層建築を中心としてこれらの手法を活用した体系的なアプローチが試みられており，いくつかの成果が報告されている。しかし，土木工事の場合，作業環境や作業内容が工場と異なるため，手法の適用や改善に解決すべき課題を残しており，これらの課題を解決して，土木工事へも適用できる方法が必要である。また，施工改善において緊急性を要し短期間で改善を必要とする場合や改善の対象となる作業が短期間しか行われない場合などに対しては，より容易で簡便的な評価方法が必要である。

本研究では，機械化施工における「改善目標を立て，調査・分析を行い，改善を行いさらに改善効果を定量的に評価する」手法を確立するとともに，より簡便的な定量的評価方法についても提案するものである。

1.2 全体計画

本研究は，次の項目からなり全体実施計画フローは，図－1.2.1に示す。

(1) 既存のＩＥの調査：

工場生産や一部建築分野で用いられているＩＥに関し，歴史，方法論および実用例を調査し，各分野の作業の特徴とＩＥとの関係を整理する。

(2) ＩＥの土木工事への適用性の調査：

ヒアリングおよびアンケート調査により，ＩＥを土木工事に適用する際に留意しなければならな

い点を整理し，土木工事用ＩＥのアウトラインを作成する。

(3) 改善対象の選定：

改善の緊急性，同種の工事が同手順で数多く行われている。改善効果が予想される等の施工ニーズ等から改善の対象となる工種を絞り込み，さらに改善の目標を明確にする。

(4) 調査手順の決定：

工場生産や一部建築分野で用いられている生産工学的手法を調査し，土木工事の特徴，改善目標等を基に土木工事へ適用する。また，改善案を受けて，手順の体系化も行う。

(5) 改善の提案：

上記の調査手順を用いて施工現場で調査を行い，その結果に基づいて建設機械・施工工程等の改善を提案する。

(6) 改善案の確認：

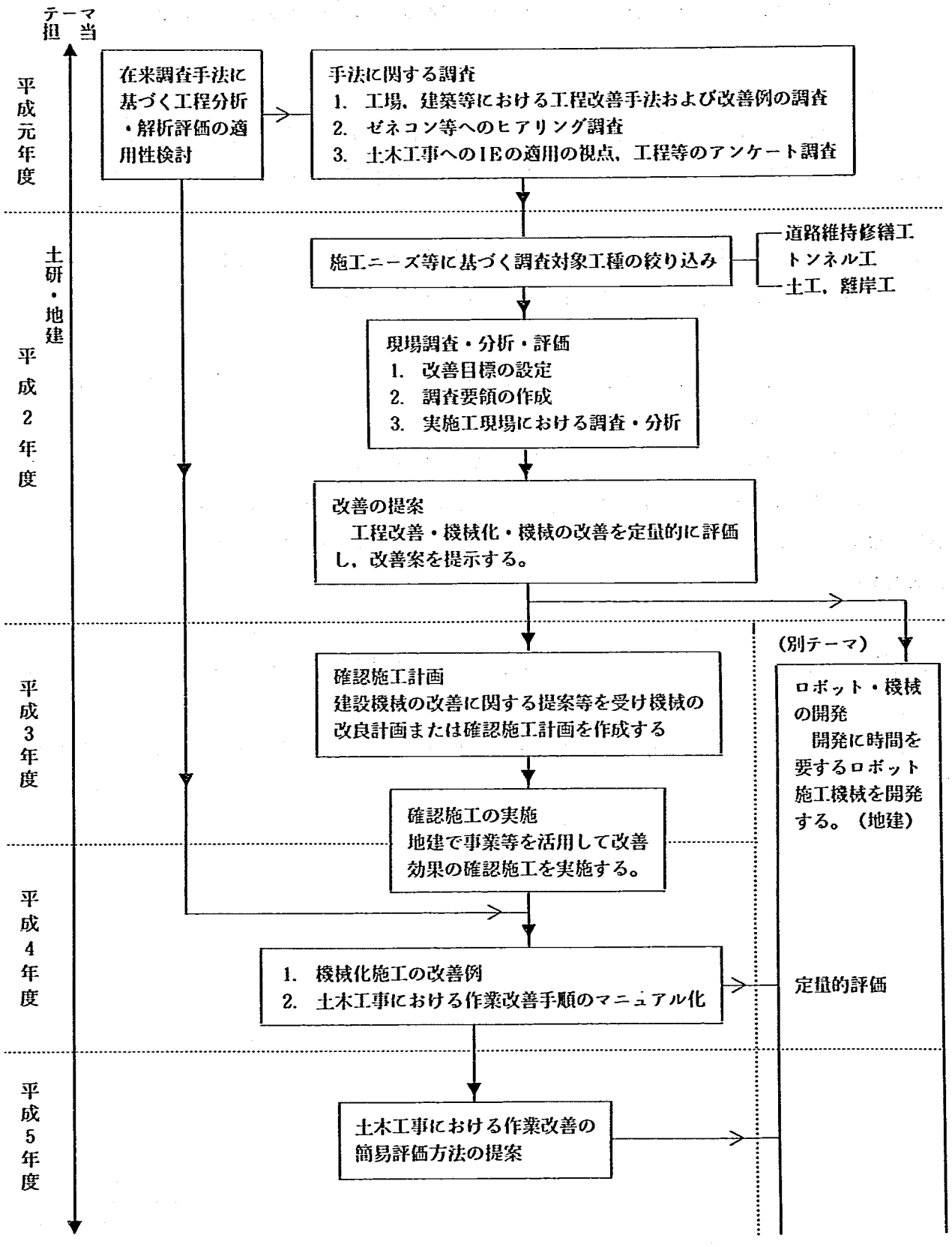
建設機械・施工工程の改善に関する提案を受け，機械の試作，試験施工を行い，改善効果を確認する。

(7) 手法の取りまとめ：

土木工事用へのＩＥ適用を取りまとめ，土木工事用ＩＥすなわちＣＥ（Constructive Engineering）を提案する。

(8) 簡易評価方法の提案

短期間で容易に施工改善の評価をすることができる簡便的な評価方法について，改善の視点（生産性の向上，苦渋性の低減，安全性の向上）別に，特に土木工事にとって特有である苦渋性，安全性に関して評価モデルを提案する。



図－1.2.1　機械化施工改善調査実施計画全体フロー

2. IE（インダストリアル・エンジニアリング）の概要

2.1 IEの歴史

IEはまず工場の作業管理，作業改善を中心として発展してきた。日本でも，まず工場にIEが導入され，大きな成果を納め，約10～15年前に建築分野への適用が始まり，問題はあるものの成果が上がってきている。

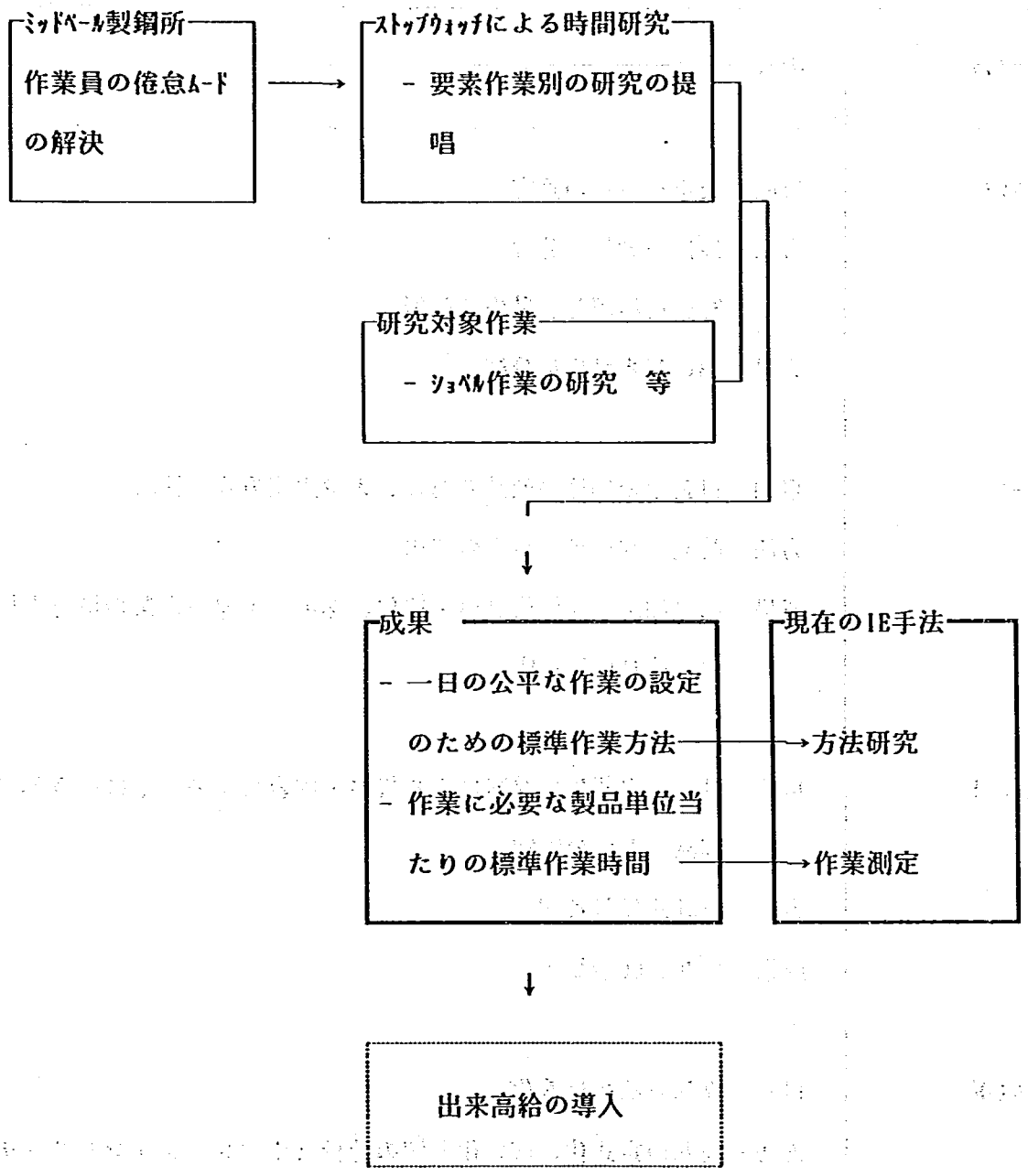
このようなIEの始まりはテーラーの作業研究で，以後，新たなIE手法が開発され，IE自体が広がりをもつとともに，工場だけでなく，オフィスでの管理にも利用され，適用分野自体も広がりつつある。

ここでは，土木分野でのIEの適用例がほとんどないため，IEの理解を進めるために，過去のIEの歴史的な視点をふまえIEの概要を述べる。

前述のように，IEはテーラーによる作業研究がその始まりである。テーラーはストップウォッチによる時間研究を行い，標準的な作業方法および標準的な作業時間を設定した。それまでは作業の評価ができなかったが，このような作業標準が設定されたことにより出来高給の導入も可能となった（図－2.1.1）。

テーラーの次に，ギルブレスは公正なタスクを設定するため，タスクを動作に分解した。ギルブレスは写真を利用して18の基本動作にタスクを分解した。この研究は，現在，作業分析に発展してきている。

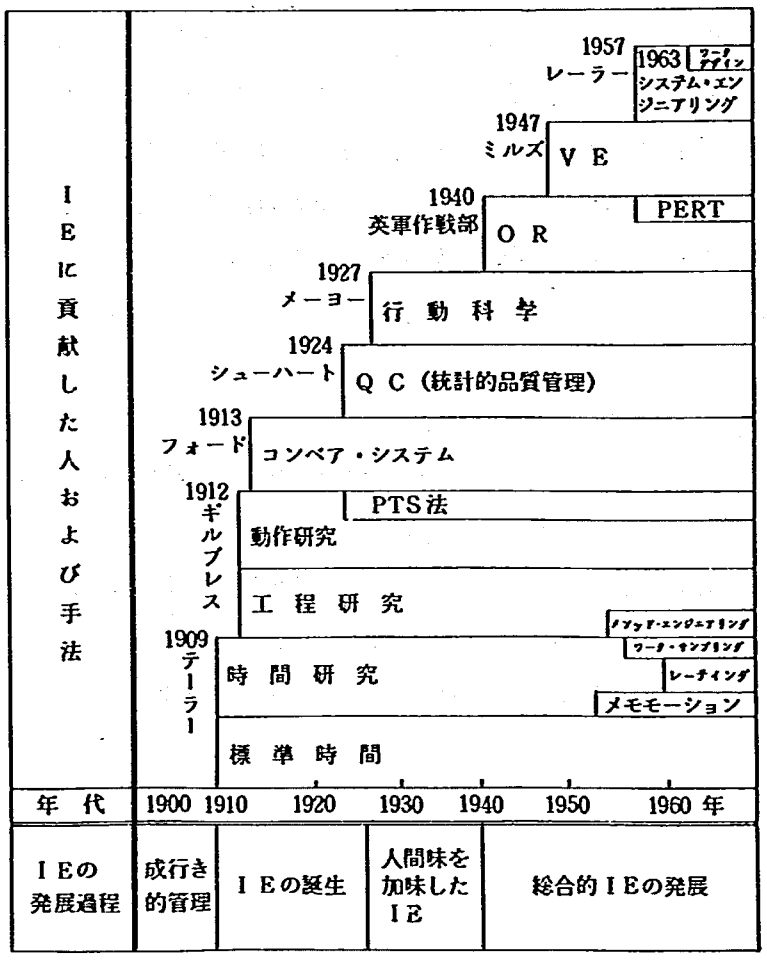
これ以後も，多くの研究者がIEの研究に携わり，IEを発展させてきた（表－2.1.1，図－2.1.2）。



図－2.1.1　テーラー（Frederic Winslow Taylor 1856～1915）の作業研究

表－2.1.1　テーラー以後のIEの歴史

研究者	内容
ギルブレス	目的- 公正なタスク の設定 方法- タスク を動作に分解 写真を活用し、動作を分析 成果- 18の基本動作に分解
フォード	目的- 自動車の価格の低減の為に、大量生産方式の検討 方法- 時間研究や動作研究の利用 成果- 部品加工の高速化、専用機化、熟練工不要の作業の細分と標準化、流れ作業編成
シューハート	目的- 分業、専門化の進展により規格・許容公差の設定に伴う不良の削減。工程の安定 方法- 統計的品質管理 成果- 現在、QC活動へ
イギリス軍	目的- 攻撃方法の最適化 方法- 問題の定式化、モデル 化と解の分析（オペレーションリサーチ） 成果- シミュレーション、PERTへ
ミルズ 他	目的- 機能展開をベース とする最適システムの設計 方法- バリューエンジニアリング、ワークデザイン 、システムエンジニアリング、MAP 成果- 総合的なIEへ展開


IEに貢献した人および手法
1957
レーラー
1963
システム・エンジニアリング
1947
ミルズ
VE
1940
英軍作戦部
OR
PERT
1927
メーヨー
行動科学
1924
シューハート
QC（統計的品質管理）
1913
フォード
コンベア・システム
1912
ギルブレス
PTS法
動作研究
工程研究
1909
テーラー
時間研究
レーティング
メモモーション
標準時間
年代
1900
1910
1920
1930
1940
1950
1960 年
IEの発展過程
成行き的管理
IEの誕生
人間味を加味したIE
総合的IEの発展

図－2.1.2　IEの歴史(1)

2.2　IEの概念

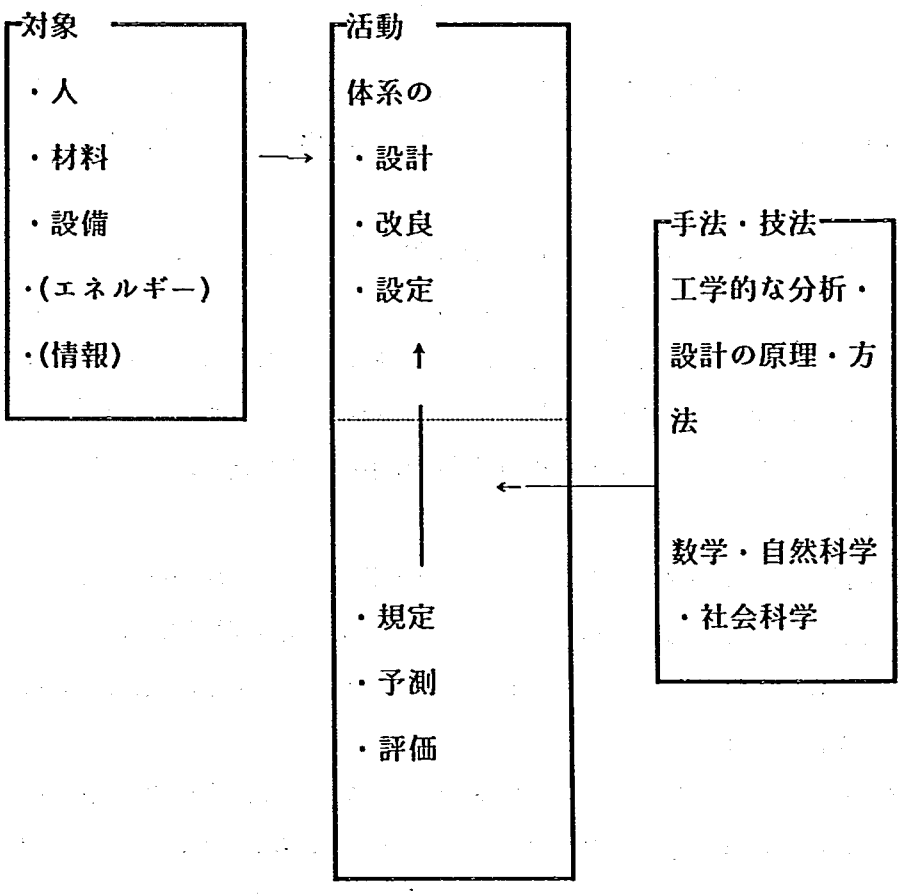
IEは時代とともに発展しているため，IEの定義は未だ明確にはなされておらず，人や国によっても異なる。日本におけるJISでは以下のように定義されている。

「人，材料，設備，エネルギー，情報の統合された体系の設計，改良，設定に関する活動。その体系から得られる成果を規定し，予測し，評価するために，工学的な分析・設計の原理と方法とに加え，数学，自然科学および社会科学の専門知識と経験とを利用して行うものである。」

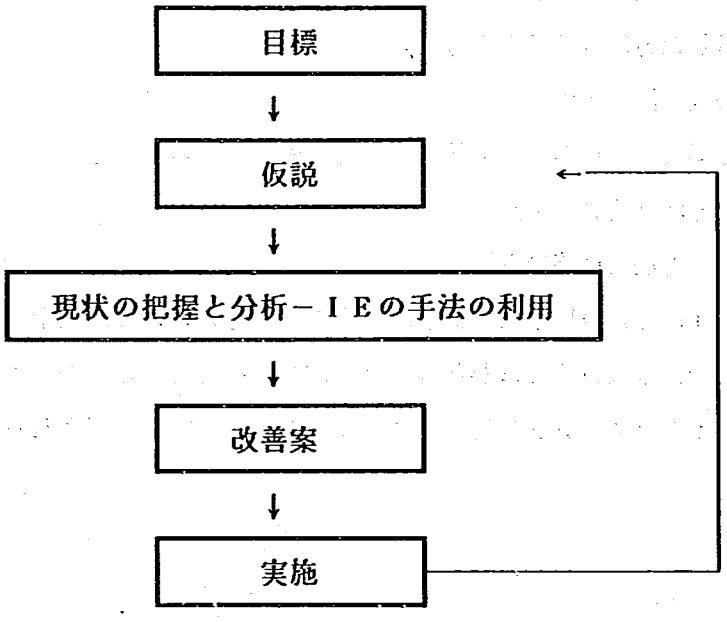
つまり，経営資源を有効に活用するために，システムの設計・改良・設定を行うことであり，そこでは科学的に（定量的に）規定，予測，評価をすることが必要となる。この場合には，単なる工学的な知見だけでなく，数学や自然科学や社会科学までも導入する必要があることを意味している（図－2.2.1）。

つぎに，IEのアプローチについて述べる。

IEは目的志向である。つまり，生産性の向上や合理化などの目的が存在する。そこでは，目的に沿った仮説（あるいは目的を実現するためのテーマ）をもとに，それに関する現状を把握し，その結果にもとづいた改善案が出され，実施される。また，この実施後は新たな仮説のもとに改善が恒久的になされる。ここでは，現状把握の時にIE手法が導入され，問題解決のための効率的な（科学にもとづいた）アプローチが可能であることが重要である（図－2.2.2）。



図－2.2.1　IEの概念



図－2.2.2　IEのアプローチの方法

2.3 IEの手法

過去，様々なIE手法が開発され，体系づけられてきている。このようなIE手法は誕生の背景も異なり，また，その手法の適用の目的も異なっている。表－2.3.1に主なIE手法とその適用の目的を示す。

このなかで，歴史的に古く，かつ，重要なIE手法が時間研究と方法研究である。前者は作業の要素，順序，時間を定量的に分析するための手法であり，工場ではこの結果をもとに作業の標準時間を設定し，生産管理を行っている。後者は作業方法を科学的に分析し最適な作業方法を設計するための手法である。一般に，このような手法を適用し，作業を分析し，作業改善や機械化を行う。表－2.3.2に時間研究，表－2.3.3には方法研究のための具体的な手法および内容，期待できる成果，および短所・問題点を示す。

直接時間研究は時計，ビデオやフィルムによる撮影を利用し，作業時間を計測し，分析する方法である。直接的に観測者が計測する方法としてはストップウォッチ法（連続的に作業を計測する方法）やワークサンプリング法（時間的に不連続に作業を計測する方法）があり，間接的に計測する方法としてはメモモーション，ビデオタイムスタディーがある。

間接時間研究は直接時間を計測して標準時間を決定するのではなく，動作や要素作業を積算し時間を設定するなど，間接的な標準時間の設定の方法である。間接時間研究は生産管理の面から標準時間の設定や，作業方法の比較や評価などに用いられている。間接時間研究には，動作や要素作業を積みあげ時間を積算する方法（PTS法，自動車等の生産ラインの標準時間の設定にはこの方法が利用されている），実績資料による方法，経験をもとに設定する方法（経験見積もり法）などに分けられる。

方法研究は工程研究と動作研究からなる。

工程研究は注目すべき対象により幾つかの手法がある。

- 製品に至るまでの工程に注目した方法（製品工程分析）
- 作業者の作業に注目した方法（作業者工程分析）
- 作業者と作業者，あるいは作業者と機械の制作関係に注目した方法（連合工程分析）
- ものの流れる経路に注目した方法（流れ線図）
- 経路別に流れる頻度に注目した方法（経路分析）

動作研究は，作業者の動作に注目した分析手法であり，動作の無駄を省いたり，標準的な作業方法を設定するのに用いられる。このような方法ではかなりミクロ的な分析も行うことができる。動作研究には，サーブリック分析，マイクロモーション研究，メモモーション研究が利用される。

表－2.3.1　問題解決の為のＩＥ手法

目的	手法	内容
最適な作業方法の選択手段、作業の問題点の発見、標準時間の設定	時間研究	作業の要素や順序を定量的に測定し、作業を能率的に行う為の時間などを決定するための研究手法 1）直接時間研究法－－－作業を直接観察し、計測する方法 2）間接時間研究－－－－作業方法を分析したのちに、時間値を設定する方法
人、設備の投入量、期待できる効果、機会損失の測定	標準時間	作業遂行に必要な技能を有する作業者が、定められた方法で、一定の品質を一定量定めるため良好な監督のもとで、持続可能と認められた作業ペースで仕事するのに必要な時間
作業方法の改善	方法研究	現在の作業を人、機械、物など、仕組みの面から詳細に分析し、検討し、新たな作業方法を設計 1）工程研究－－－工程、単位作業、要素作業を分析する 2）動作研究－－－要素作業、動作、動作要素を分析する。
モデル実験による問題解決方法の検討	シミュレーション	対象とするシステムと類似するシステムを作成し、このシステムを動かし、有効な判断材料を入手し、問題を解決する。
大型化、複雑化したプロジェクトの推進管理を効率的に行う	ＰＥＲＴ	各作業をネットワークを通して全体と個々の作業の相互関係を把握し、ネック工程の発見を通して、進行管理を行う。
能力の平準化	プロセスエンジニアリング	特に、製造工程において、作業者や機械の単位時間内の負荷バランスをとり、後工程が支障なくスムーズに稼働するための計画技法

表－2.3.2(1)　時間研究のための手法

大分類	中分類	対象・目的	内　　容	長所・期待できる成果	短所・問題点
直接時間研究	ストップ・ウォッチ法	規則的な作業の時間研究をする。	ストップウォッチで直接、作業時間を測定する。	手軽である。観測の所要時間が短い。	直接観測した結果をレーティング※で補正する必要がある。
	ワークサンプリング法	作業者や機械設備などの稼働率を測定する。	観測対象の人や、機械設備について観測したい項目をランダムな時刻に測定して、その活動内容の時間的構成比率を推定する。	同時に多くの対象が測定できる。他の直接時間研究より作業者に意識されない。 手軽である。	レーティングが必要。 測定精度が観測ピッチに左右される。
	ビデオ・タイム・スタディ	規則的な作業の時間研究をする。	ＶＴＲを使って、直接作業時間を測定する。	（次表）	（次表）
	メモ・モーション研究	不規則で作業周期の長い作業の時間研究をする。	フィルムに遅い速度（１秒１ｺﾏ、または１分間100ｺﾏ など）で撮影し、こま数を計数する。		

表－2.3.2(2) 時間研究のための手法

大分類	中分類	対象・目的	内　　容	長所・期待できる成果	短所・問題点
直接時間研究	ビデオ・メモモーション法	不規則で作業周期の長い作業の時間研究をする。	ＶＴＲで遅い速度で録画し、分析する	記録が客観的で繰り返し再生できる。 予測できない不安定作業も観測できる。 一度に何人でも同じ作業を分析できる。 撮影者と分析者が別人でもよい。 説得力が大きい。 マイクロモーション法は人では難しい。	暗い場所での撮影は困難である。 観察が平面的である。 諸機材が必要である。 （特に低速撮影機）
	マイクロモーション研究	微細な作業の時間研究を行う。	フィルムに速い速度（毎分3840～7680コマで撮影し、微細動作の時間研究を行う。		
	ビデオ・マイクロモーション研究	微細な作業の時間研究を行う。	ＶＴＲを用いてマイクロモーション研究を行う。		
	ビデオ・ワークサンプリング法	作業者や機械設備などの稼働率を測定する。	ＶＴＲを用いて自動的にサンプリングを行う。		

※レーティング：作業時間を測定する場合に、たとえ作業方法、作業条件が一定であったとしても、現実には同一作業に対する作業時間は変動する。このように変動の在る作業進行速度を、ある基準と比較して評価する事を言う。

表－2.3.2(3)　時間研究のための手法

大分類	中分類	対象・目的	内　　容	長所・期待できる成果	短所・問題点
間接時間研究法	ＰＴＳ法(Predetermined Time Standard法)	作業を直接観察しないで、その時間を求める。	あらゆる人間の作業を、それを構成する基本動作に分解して、その基本動作の特性と条件に応じて、あらかじめ定めておいた時間値に当てはめることで標準時間を設定する。基本動作の分解のしかたや時間値の与え方などの違いによりMTM 法、WF法、MODAPTS 法などがある。	レーティングの必要がない。 作業方法の改善効果を机上で検討できる。 生産開始前に作業方法が決定できる。	人間以外の行う動作には適用不可。 観測者の教育訓練に時間を要す。
	実績資料法	同種類の作業要素が多く含まれる作業の時間推定。	過去の実績時間で時間資料を作り、同一、または類似の作業について所要時間を実績資料から推定する。	レーティングの必要がない。 事前見積もりに有効。	対象の条件と実績資料が異なる場合の補正が必要。
	数学的標準時間設定法	同上	報告書や、作業日報から、最小二乗法や線形計画法、実験的回帰分析等の数学的手法を用いて推定する。	レーティングの必要がない。	対象となる作業と過去の作業が異なる場合に適用しづらい。
	経験見積もり法	作業内容が不確定であるなど、時間研究に不向きな作業の時間を推定する。	十分な知識と経験をもった人が、新しい作業の時間設定を行う。	現場への説得力がある	精度が高くない。

表－2.3.3(1)　方法研究のための手法

大分類	中分類	対象・目的	内　　容	長所・期待できる成果	短所・問題点
工程研究	製品工程分析	製品が素材、部材を経て完成するまでの全工程または、問題の工程について、物の流れを分析し改善する。	対象となる工程の物の流れを、決められた工程図記号を用いて図表化し、改善点を探る。工程図記号は、基本的に加工、検査、運搬、停滞の４種類である。それぞれの工程について、時間、人員、移動距離などを分析する。	無駄な工程、さらに効率的な工程配列、短縮可能な移動、削減可能な停滞が明らかになる	全体工程を一度に表すと複雑になる。
	作業者工程分析	作業者が、全工程または、問題の工程において、どのような作業を行っているかを分析し改善する。	対象となる工程において、作業者の行動を決められた工程図記号を用いて図表化し、改善点を探る。工程図記号は、基本的に作業、検査、移動、手待ちの４種類である。それぞれの工程について、時間、人員、作業場所などを分析する。	無駄な工程が明らかになる。 作業の結合、簡易化、容易化の可能性を検討できる。	

表－2.3.3(2)　方法研究のための手法

大分類	中分類	対象・目的	内　　容	長所・期待できる成果	短所・問題点
工程研究	連合工程分析(マン・マシンチャート 分析)	作業をする上で、作業者が機械または他の作業者から制約を受けているかどうかを分析し、改善する	対象となる工程について、人と機械、人と人との組作業を決められた分析記号で時系列的に図表化し、人または機械に発生する手待ちなどの休止時間を分析する。分析記号は他に制約を受けない単独・自動工程、制約を受ける連合工程、他の作業のために生じた手待ちなどがある。	他者との仕事のバランスがとれる。遊びの時間が明らかになる。機械の使用効率を高めることができる。	
	流れ分析	工程分析表をもとに、ものが工場内で動いていく経路を分析し、工場の機械配置や、工程の順序を検討する。	工場の機械配置図表に、ものの流れを線図で記入した流れ線図を作成し、非効率的なものの移動を改善するために機械配置を考える。	単一商品の動きを表すので少品種多量生産型の工場に適す。	
	経路分析	多品種少量型の工場などで、もっとも頻度の高い流れ経路を発見しそれに沿って、機械配置を行う。	同じ機械で加工されるものや、類似した工程順序を持つものを調べ、工程経路図を作成し、分析を行う。		

表－2.3.3(3)　方法研究のための手法

大分類	中分類	対象・目的	内　　容	長所・期待できる成果	短所・問題点
動作研究	サーブリック分析（考案者であるギルブレス の名前のつづりを逆さまにした）	作業者の一連の動作を分析し、不必要な動作の排除や動作の改善をして、標準作業方法を設定する。	ある工程についての作業者の動作を、１８の基本動作に分類して、そのうちの仕事が進まない動作要素を取り除いて動作の改善を行う。サーブリック記号は大きく分けると仕事を進める上で必要な動作要素、仕事を進めるのを遅くする動作要素、仕事が行われていない動作要素に分けられる。	仕事が行われていない動作要素を取り除き、仕事を進めるのを遅くしている動作要素をできるだけ減らすことによって、最も経済的で短時間の作業順序が作り出せる。	時間との結び付きが無い。
	マイクロ動作研究（マイクロモーション研究）	同上	１６ミリカメラを使用して、作業者の動作を分析する。	サーブリック分析よりも動作を詳細に分析できる。動作が再現できる。	繰り返し作業にしか適用できない。
	メモ動作研究（メモモーション研究）	同上	フィルム撮影等を比較的低速度で撮影し長時間作業や人と機械の作業、共同作業の分析を行う。	同上	撮影できる範囲が限られる。

3. 製造業におけるIE手法の適用

3.1 製造業におけるIE手法の適用の概要

3.1.1 製造業におけるIE手法の適用分野

製造業では多くのIEの手法が開発，適用されてきており，近年ではさらに高度なIE手法が開発されている。初期には，作業研究（時間研究と方法研究）を中心に従来生産現場の改善に利用されてきたが，IEの手法の拡大とともに，そのカバーする分野は拡大している。

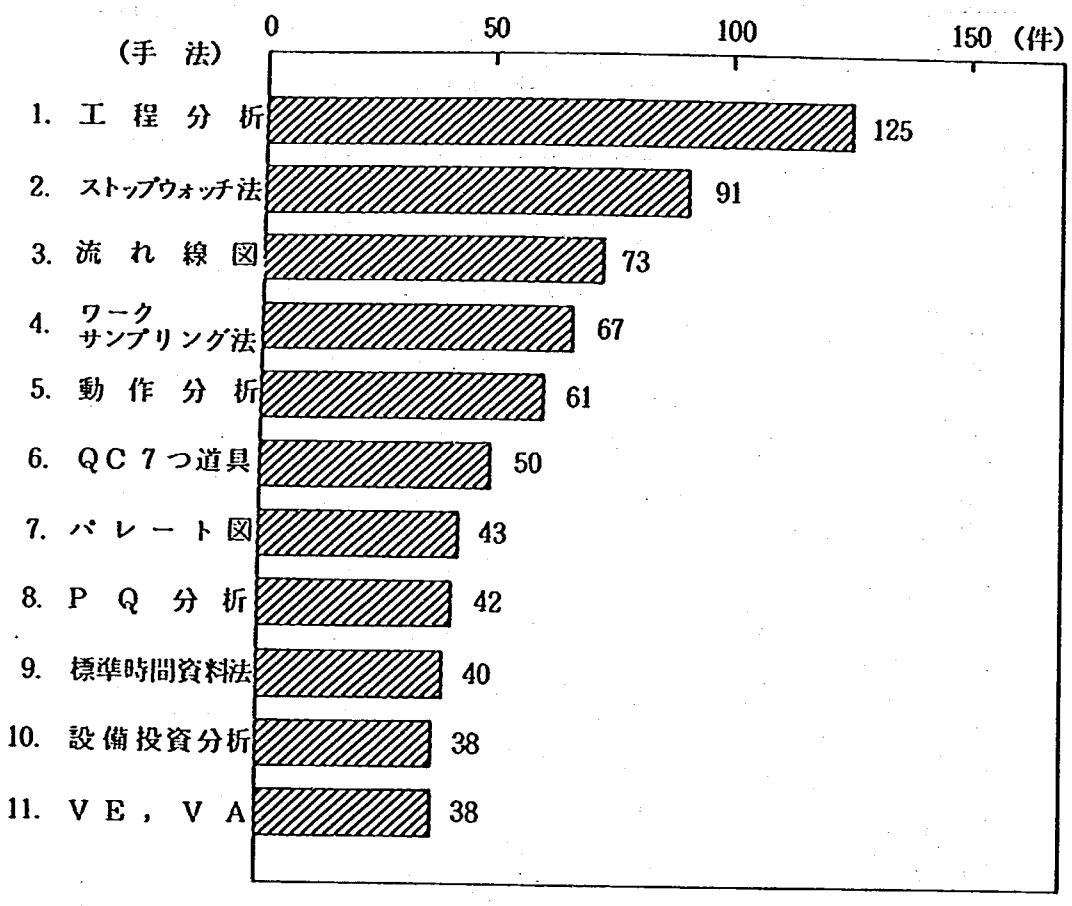
また，適用されるレベルも工場の生産に関わる製造レベルから，生産に関かる全領域，そして経営に関わるレベルにまで，IEが広く関係してきている（表－3.1.1）。

しかし，IE手法としてみた場合には，方法研究（工程分析，流れ線図，動作分析）や時間研究（ストップウォッチ法，ワークサンプリング法）が依然として中心的に利用されており，生産・作業管理，工程管理や作業改善などに極めて重要な手法となっている。

○ よく使用される手法
○ 使用される手法

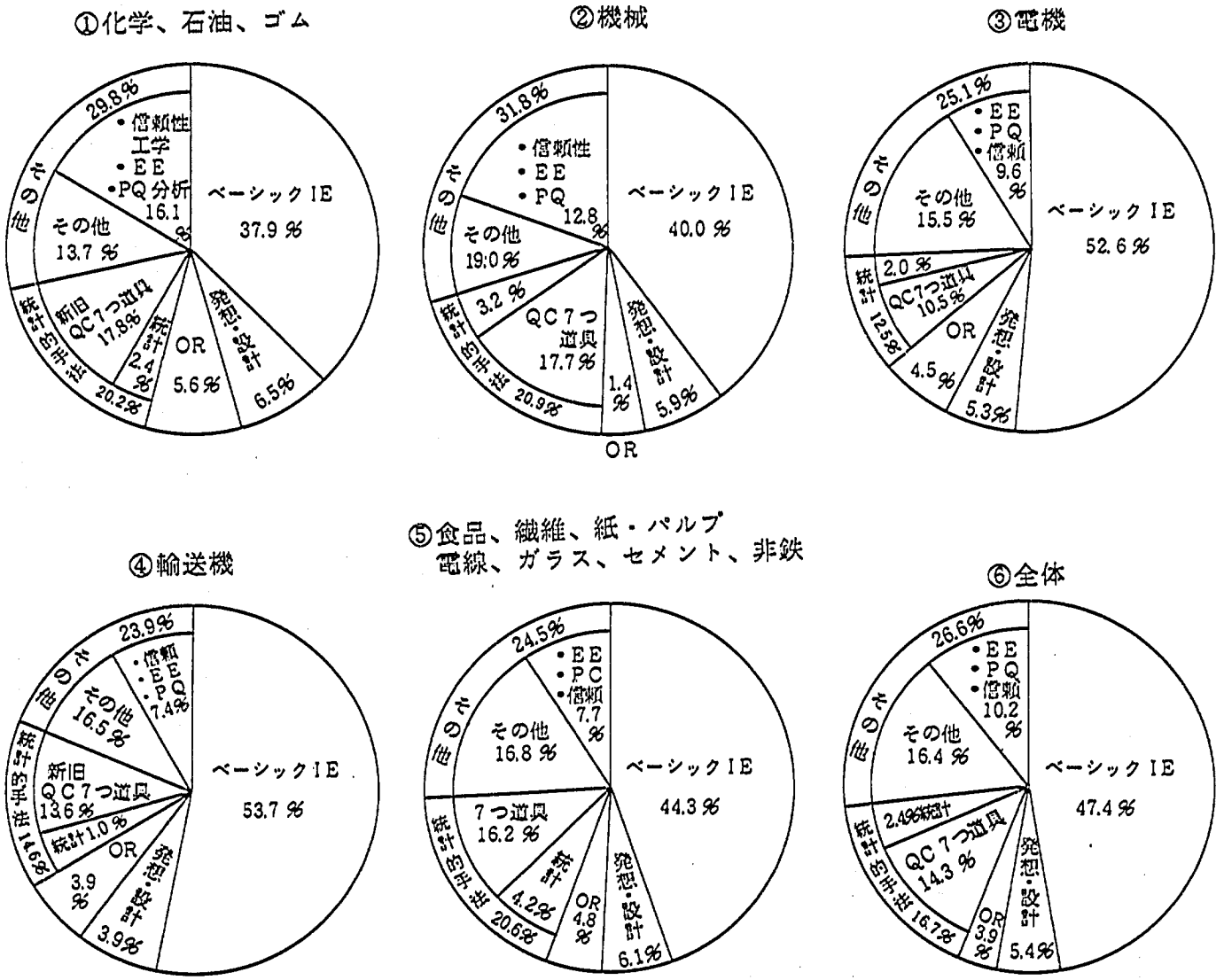
適用分野 / 手法		生産管理								設備管理				物流管理					原材料管理				購買管理					品質管理					人員管理				事務・労務			財務管理		経営管理			販売管理			エネルギー管理		環境管理	プロジェクト管理
		工程																																																	
		生産計画	工程改善および工程分析	納期管理	仕掛管理	設備能力	作業(サイクル)分析	原単位歩留	生産管理	設備計画	設備・工事工程管理	工事見積り	保全管理	修繕設備管理	物流管理	倉庫	搬送・荷役設備	出荷・梱包計画	配送計画	素材費および在庫	梱包(仕様・作業)	原材料計画	購入計画	配分計画	配合計画	在庫管理	在庫基準	ヤード能力	購買管理	購買納入方式	在庫基準	価格	品質設計	品質検査基準	品質保証改善	品質安定改善	新製品開発	人員管理	要員計画	要員設定合理化	外注管理(出価要因)	人事・労務	給与制度	組織制度	人事制度(資格昇進)	財務管理	予算管理	原価管理(原価計算)	経営管理	合理化投資計画	経営モデル	経営情報システム	販売管理	マーケットリサーチ	需要予測	販売計画	販売管理	需給計画	エネルギー	環境管理	アセスメント	プロジェクト管理
基本手法	ME	工程分析，運搬分析	○	○	○	○	○	○	○	●					●	○					●										○	●	●					○	○		○		○					○			
		作業分析		○			○		○						○						○												○																	
	WM	TS，WS，PTS	○	○	○		●		●	○	●	●	○		●	○	○			●	●					●				●		○	●													○		○		
数理的手法	統計的手法(各種)			○	○	○	●	○	○	○	○				○	○		○	●		○			○	○		○	●	●	○	●	●	●	●	○		○	○			○	○		○		○	○	○	○		○	
	O R	在庫理論	○	○		●										○	●	○	○	●		●	○	○	●	●	●	○	●	●	○																					
		待ち行列			○	○	○			○			●		○	○	●	○	○	○						○		○			○						○	●														
		シミュレーション	●	○	○	●	●		○	●				●	●	●	●	○	●	○		○	○		○	●	●	○	○						○	●	○		○				○		○	○	○	○	○		●	
		LP		○							○	●																																						○
		DP	●												○				○			○	●	●																				○	○	○		○	○	●			
		PERT	○																																												○	○				
		EE	○			○				●	○	○			○	○		○	○	○		○				●	●						●	●					○	●			○	○				○			
その他	VE						●					●								●										●																				
	ワークデザイン																														●	●		●	●						○									
	行動科学																																●			●														
	人間工学																														●					●			○									
	信頼性工学					○			○			●	●																																					
	職務設計																				●										●	●	●	●	●	●	●														
	PAC	○	○			○		○													●										●	●	●				●													
	発想法																																				●			○							○			
	SAVE，MAP						●							○																	●																○			

図－3.1.1　IE手法と適用分野[1]



出所）文献(60)

図－3.1.2　製造業における使用ＩＥ手法 (2)



(注) ベーシックIE
ME：工程分析、流れ線図、SLP、動作分析
WM：ストップウォッチ法、WS法、フィルム分析法、PTS法、標準時間資料法

図－3.1.3 業種別の使用IE手法[2]

3.2　工場におけるIE手法の適用事例

ここでは，工場におけるIEの適用事例について整理した。近年，高度なIE手法が注目されているが，これらの手法の土木分野への適用は将来的に可能性はあるが，極めて困難な部分が多いことが予測されるため，ここでは時間研究や方法研究といったコンベンショナルなIE手法の適用事例について整理した。

表－3.2.1の各事例は，

1）テーマ

2）IEの適用の目的

3）適用した工程

4）計測データと計測方法

5）分析結果

6）結果にもとづいた対策

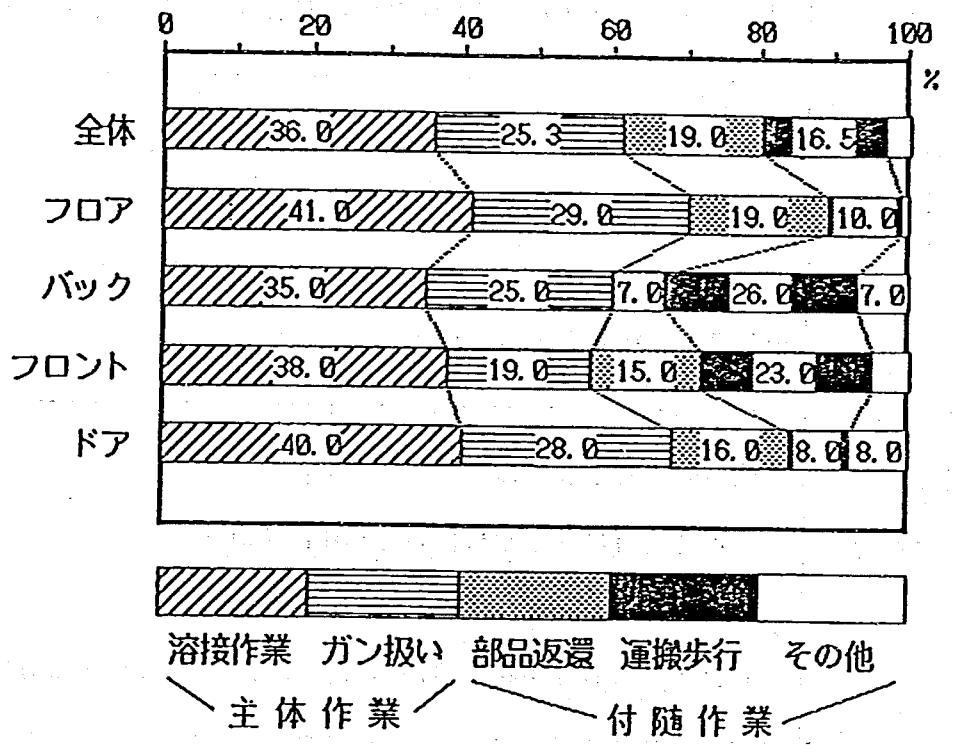
7）対策の効果

から構成されている。

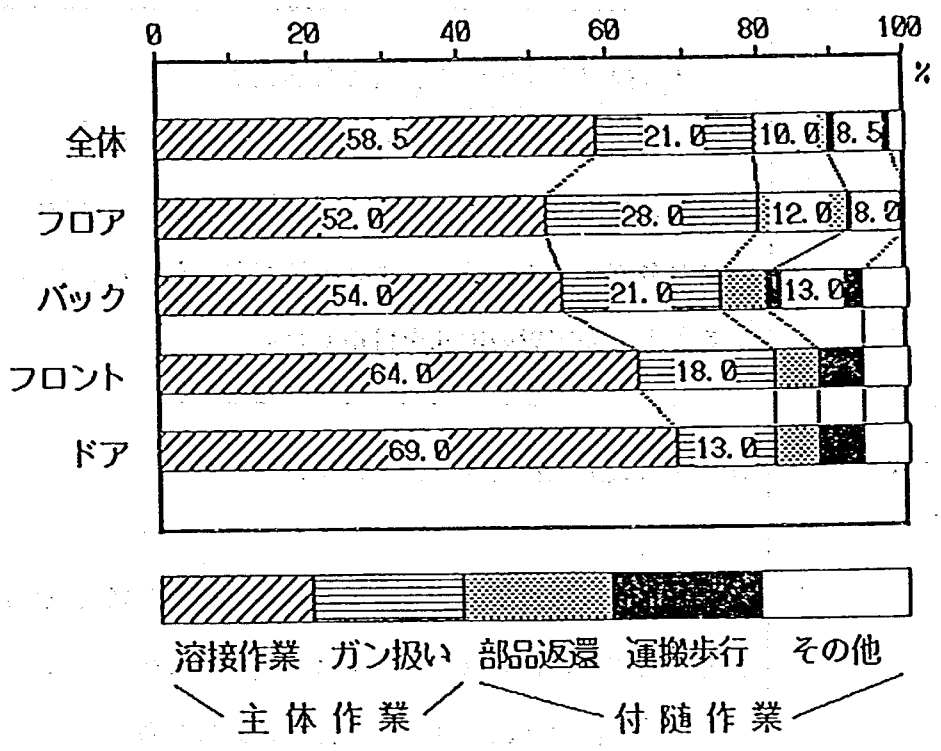
表－3.2.1(1) 工場における事例分析①

テーマ	自動車生産における少量（1個流し）生産の実現
目的	顧客のニーズにこたえるため、多品種少量生産に対応できる生産方式に改善する。
背景	ロット生産のような仕掛かり品を多く持つ生産を行っていると、不良が出ると多量に出てしまう。また、顧客のニーズが多様化し、多品種少量生産が要求されており、これに対応するために少量生産の典型である1個流し生産（製品を一つ一つ連続で製造する生産方法）を実現する必要があった。
適用工程（内容）	トラックキャビン（車体）組立工程(ﾌﾛｱ、ﾊﾞｯｸ、ﾄﾞｱ、ﾌﾛﾝﾄ等) トラックの車体部品であるフロア、バック、ドア、フロントなどをそれぞれの部品から組み立てる工程
計測データと計測方法	機械の稼働および人の作業動作の分析 －一定時間毎に作業や機械の稼働状況を計測する。 （ワークサンプリング） －ビデオによる作業状況の録画後、再生しながら作業を分析する。
分析結果	付随作業である部品取り置き運搬歩行で全体作業の39%を占めていた。 －設備と設備の間が広く歩行ロスが発生 －掛け持ち作業が多く、工程間が広い －設備が固定されており、編成がうまく組めない

表－3.2.1(2)　工場における事例分析①

対策	レイアウトの縮小、編成の見直し、作業台の縮小、定置の設備を移動式にした 簡易治具の開発
効果	第一段階で仕掛かり枚数が46%削減、歩行数538 歩削減、生産性8.39%向上 第二段階で仕掛かり枚数がさらに36%削減、歩行数210 歩削減、生産性は13.7%向上 稼働分析による要因分析（改善前） 

表－3.2.1(3) 工場における事例分析①[3]

効果	稼働分析による要因分析（改善後） 

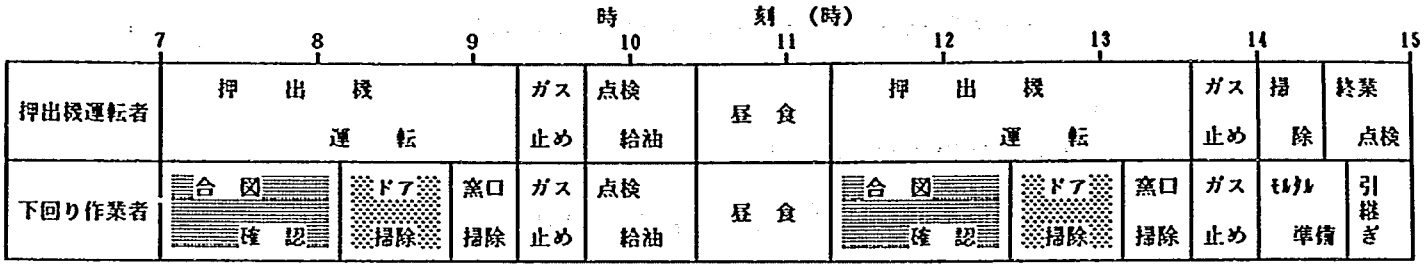
表－3.2.2(1)　工場における事例分析②

テーマ	コークス押出作業における要員合理化
目的	コークス押出作業の作業要員を合理化する
背景	事例の製鉄工場においては、新鋭製鉄所と比べると設備は小規模で作業要員が多く、そのためコークス製造費が高かった。そこで要員を合理化することで固定費の削減を目指した。
適用工程	コークス製造工程（コークス押出作業） コークスは鉄鋼原料であるが、これは石炭を乾留（乾燥加熱）して作られる。石炭を炉に入れ、コークスを製造した後、これを炉から押出機によって押し出す作業がコークス押出作業である。
計測データと計測方法	①コークス押出作業において、押出機運転者と下回り作業者（窯口に残ったコークスのかきだし、炉のドアの清掃等）に分けて作業の時間を集計した。
分析結果	1）２名同時作業の時間が以下のようになった。 ・確認合図１４０分 ・ドア掃除７０分 ・窯口掃除３０分

表－3.2.2(2)　工場における事例分析②

分析結果

押出作業のタイムスタディ



コークス押出工程における作業分類

	確認合図	窯口掃除	ドア掃除	ガス止め	点検給油	モルタル準備
2名同時作業	○	○	○			
1名でできる作業				○	○	○

2）押出機運転者に確認できない項目が6項目ある

3）押出機運転者にはドア掃除や炉底に残ったコークス処理もできない

対策

1）確認作業の低減

・ドアリフター（炉のドアを開ける大型治具）がドアに接続するのがわからない。

→リフターに合わせマークをつけ、目で確認できるようにした

・ドアの吊り上げ、吊り下げ時のフックの作動が分からない

→ブザー表示灯で確認できるようにした

・ドアのかんぬきの作動がわからない

→テレビカメラを設置して見えるようにした

2）ドア周囲の掃除を人力で行っていた

→クリーナを設置して無人化した

表－3.2.2(3) 工場における事例分析②[4]

対策	3）窯口の残りコークスを人力で掻きだしていた →エアで残りコクースを吹き飛ばして無人化した 4）作業場の掃除時間が長い →掃除箇所を見直した（9項目→5項目） →掃除回数を減らした（25回→3回）
効果	作業要員が改善前の9名×4組の36名から、改善後は5名×4組の20名にすることができた。

表－3.2.3(1) 工場における事例分析③

テーマ	鉄鋼工場における場外の厚板スラブの土間手入れの能率向上対策
目的	手入れ能力の向上を図ることにより、連続鋳造工場の効率を工場させる
背景	高炉で製造された溶鋼は、冷やしながら連続で鋼板に加工される（連続鋳造）。手入れ工程はその仕上にあたるものであるが、連続鋳造工場において能率向上のため、この工程におけるスラブの流し方、置場、手入れ方法、人員配置、手入れに関する設備などのすべてを検討対象とし、全体をバランスよく改善する必要があった。
適用工程	手入れ工程 鋳造された鉄鋼スラブの表面に存在するきずを、高温発熱ガスで溶融して除去する工程
計測データと計測方法	1）レイアウト上での整理 2）時間測定による作業別作業時間、人員の把握 3）流れ線図分析 連鋳工場におけるスラブ工程の流れを流れ分析 4）スラブ手入れの工程を工程分析 5）設備、作業者との関係を連合工程分析
分析結果	1）材料の流し方について ・手入れ前の仮置場の使い方のルールが明確でない ・土間手入れ、コンベア手入れに流すルールが統一的考えに欠ける ・手入れ前スラブ置場が不足することがあり、手入れ場を一部占有し、手入れ能率が落ちることがある

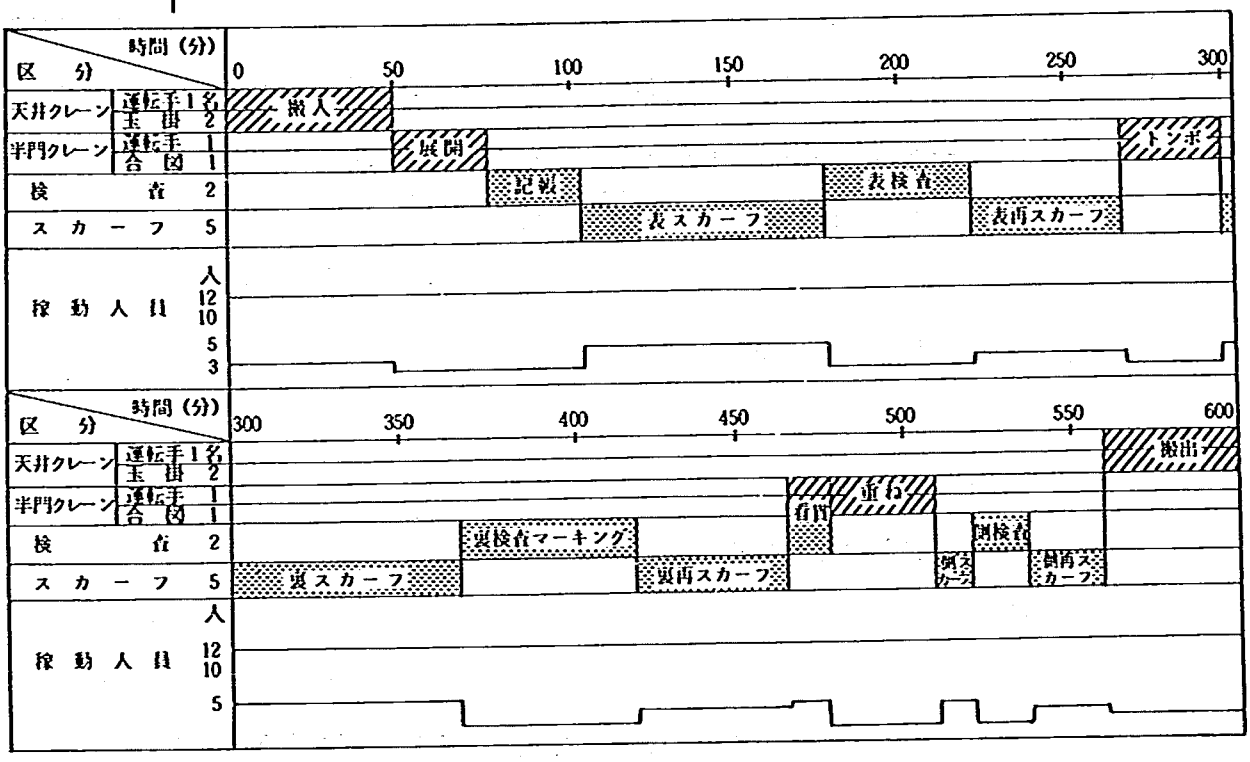
表－3.2.3(2)　工場における事例分析③

分析結果	2）土間手入れの工程分析よりわかったこと ・同時的には1種類の作業しか行っていない。従って他作業者、設備は待機しなければならない。よって稼働率が低い。 ・騒音、粉塵が多く環境的に良くない職場である 3）コンベア手入れの工程分析よりわかったこと ・コンベアが時々止まり、作業者が待機していることがある
対策	1）作業分類 作業を大きく分類してクレーン作業、検査、スカーフ、再スカーフの4種類に分割した。これらの作業を同時平行的に行うようにした。 2）各作業域の作業時間の設定 1）で分類した各作業域の作業時間を設定し、この作業時間以内に作業を終えるようにした。
効果	改善前の1カ月の処理枚数は２１５０枚であったが、改善後は５２２０枚となり、能率が２．４倍なった。

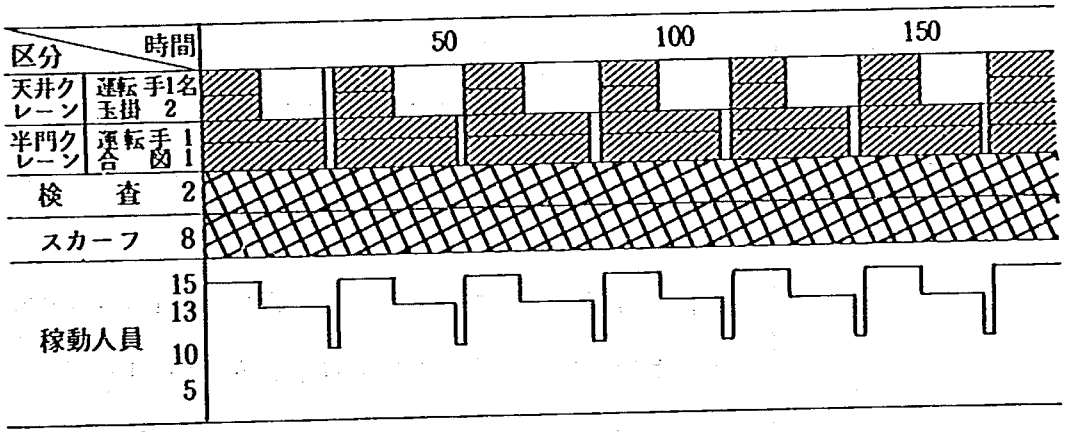
表－3.2.3(3)　工場における事例分析③

効果

スラブ手入れ工程連合工程分析



スラブ手入れ連合工程分析（改善後）



(注)　稼動人員は交代要員を含む。

【出所】文献(75)

表－3.2.4　工場における事例分析④

テーマ	鉄道車両の生産ラインにおける作業姿勢の改善
目的	車両の艤装工程では上向き作業を行うため、作業疲労が大きく、また、品質確保の阻害要因となっている。このため、艤装作業に適した姿勢を見いだし、それに則したライン設備の構築を行う。
適用工程	天井面の組立作業
計測データと計測方法	姿勢別の作業時間
結果	車両艤装作業のうち、７０％は天上面と床下面の上向き作業
対策	車両を反転する装置の開発を行い、下向きでの作業を行えるようにした。
効果	①天上および床下面の作業が下向き作業となり、１人での作業の範囲が拡大した。 ②人による足元からの持ち上げ（場合には２００kgの空調機を２人～４人でもちあげていた）作業が無くなり、安全性が向上した。

4. 建築業におけるIE手法の適用

4.1 建築業におけるIE手法の適用の問題点

建築分野では，約10～15年前から作業現場の改善にIEの手法の適用が検討されてきた。特に，高層の建築物を中心としてIEの適用の研究が行われ，IEの成果が出てきており，作業や施工の管理，作業改善，機械化を目的としてIEが有効利用されてきている。

しかし，工場と建築現場の作業は異なった側面を持つ。即ち，作業の特徴，作業環境，作業方法，作業者など，工場と建築現場では相違点がある。元来，IEは製造業の工場を対象として発展してきたため，IE手法を建築に適用するには特殊性を考慮しておく必要がある。

建築作業は単品の受注生産であり，しかも多品種のものをアセンブリする必要がある。工場では大量生産でしかも繰り返し作業で専門化されているため熟練は必要なく，また作業に対する学習効果は高い。

しかし，建築作業は作業環境の変化が大きく，しかも作業が環境に大きく影響される。また，建築作業は工場での作業ほど作業が標準化されておらず，作業者は多様かつ複雑な作業を行うため習熟が難しく，かつ熟練度が要求される。

このような特殊性を考慮したうえでIEを建築分野に利用することは，大きな意義をもつ(表－4.1.3)。

・時間研究は施工管理面の有効な手段となる。
・施工管理の面で時間研究による標準時間の設定は有効である。
・工程研究は標準的な作業方法や施工方法の検討に有効である。

一方，上記のような施工管理面だけでなく，施工改善の場合にもIEの適用について以下の目的が考えられる。

(1) 問題点の把握
(2) 機械化，自動化のための仕様の分析
(3) 施工方法間の比較・評価

4.2 建築工事現場におけるIE手法の適用事例

ここでは，建築工事現場におけるIE手法の適用事例を整理した。前述のように，IEの適用には，施工管理を目的としたものと，施工改善を目的としたものとがある。表－4.2.1～表－4.2.6に後者の事例を中心に整理している。

表－4.1.1　建築作業現場と工場の作業の相違点

	建築作業現場	工場
作業の特徴	・単品受注生産 ・多種類の材料のアセンブル ・年々、新材料が登場	・大量生産で繰り返し作業 ・材料変更は少ない
環境	・現地生産 ・季節、天候に作業が影響される ・工程の遵守が優先	・基本的には、屋内で、作業環境の変化は少ない
方法	・手順が不統一 ・発注によっては作業範囲が異なる	・標準化されている ・分業化されている。
作業者	・人が中心の作業のため、習熟度に大きく影響されている。 ・多くの作業者による共同作業	・作業標準が決められ、機械化、自動化が進み、習熟度が要求されない ・分業化されている

表－4.1.2　作業研究の各手法の適用における建築分野の特殊性

大分類	中分類	建築業における適用の特殊性
直接時間研究	ストップ・ウォッチ法	・ストップウォッチの限界値――― （製造業） ―――．０３～．０５分 （建築業） ．１分
	メモモーション研究	・共同作業が多い建築現場ではストップウォッチ法より便利なことがある ・フィルムのコマ数により正確さは期待できるが、分析や手間を要する。 ・撮影場所が制約される
	ワークサンプリング研究	・移動が激しく、サイクルの長い組作業が多い建築作業の観測には適している。 ・工場では乱数表を用い計測時刻をランダム化するが、建築工事では作業に周期性が無い場合が多く、周期も長いため、等間隔サンプリングが適用可能
動作研究	メモモーション研究	・一面からの撮影のため、作業空間の制約から動作の多面的な把握が難しい。 ・作業環境が流動的で不安定な場合には、有効性が低下する。

表－4.1.3(1) 建築分野におけるＩＥの適用の意義と問題点

ＩＥ手法	意義	建築における適用の問題点
時間測定	①個々の作業の所要時間およびバラツキ、習熟曲線による習熟度の把握は、標準時間の設定や作業の改善で有効な手段となる。 ②機械・器具および工具の使用方法を使用時間と対比することで、改善が可能となる。	①工事対象により作業時間の変動が大きく、同種の作業でも工事毎に異なる ②多数の労働者が入れ替わりに作業する。このため、標準時間の設定においては、所要時間は不適当であり、総所要人工で行う必要がある。 ③熟練度の異なる作業者が混在するため、レーティングにより所要時間を修正する必要がある。
工程研究	多種類の材料を取り扱い、また、複数の職方の労働者が同時に錯綜した作業が多く、材料、部材の運搬、加工・組立作業も複雑である。このため作業工程が複雑化し、作業の混乱や停滞をもたらす。作業効率や生産性の向上には、工事の各工程毎に、合理的な工程計画や工程管理が重要である	労働者間の確たる作業分担を定めないまま、同時に複数の労働者が同一の作業を行う。 このような形態の作業では、個々の労働者に注目し、対象作業の工程に不明確な点を生じない様に分析をすすめる必要がある

表－4.1.3(2)　建築分野におけるＩＥの適用の意義と問題点

ＩＥ手法	意義	建築における適用の問題点
動作研究	①様々な環境の中で、身体的な負荷が大きく、また、危険な場所での作業多い。 ②流動的な場所での作業には熟練度が要されるが、熟練工が不足してきている。 ③上記の特徴を持つ建築作業を動作研究し、様々な環境下で各動作がどのように変化するのかを検討し、正確さや制御能力に注目し評価することで諸作業の把握や改善が可能となる。	
稼働分析	①現場の機械設備の稼働状況は工場に比べ工事の進行や対象工事により変動が大きい。 ②設備稼働の状況の正確な把握が、作業改善につながり、設備コストの低減につながる。	

表－4.2.1(1) 建築現場における事例分析①

テーマ	建築工事における揚重作業の自動化
目的	安全確保に関連する省力化を目的とした揚重機の開発を行う。
背景	ここでは気象条件の厳しいところに立地し、長い工期におよび発電所頭の大規模プラントの建設に用いる揚重機を対称としている。この揚重作業は１００kg程度の鉄筋を構台～工区内置場または工区内置場～工区内置場間で運搬し、または工区内置場（または構台）から工区内作業へ運搬し建て込み作業を行う。 この揚重作業は工事間の習熟がなく、生産性を向上させるには省力化機械の導入を含む新工法の必要がある。
適用工程	部材の取り外し作業、配筋作業
	揚重作業の実態調査および作業計測の結果、以下の点が明らかとなった。 ・揚重機の平均稼働率は７０％程度で、稼働率の低下の原因は部材待ちである ・揚重作業の平均サイクルは約7分で、その１／４は部材取り外し作業（台付け外し作業、建て込み作業を含む）で、特に建て込み作業が作業時間の変動要因となっている。 このような結果をふまえ、建て込み作業の測定を実施した。また、必要機能を検討するために、配筋作業の作業測定の実施を行った。
計測と分析	［計測方法］ストップウォッチ法およびビデオメモモーション法

表－4.2.1(2)　建築現場における事例分析①

【部材取り外し作業の作業測定と分析】

□作業と計測データ

作業時間は作業員が揚重部材に手を触れてから、クレーンフックから部材のとりはずし作業までの時間までの作業時間であり、位置決め時間と建込み時間からなる。

作業はクレーンと作業員との共同作業である。建て込みがなく、部材の設置位置の設定、傷害物があり、間接的なクレーン制御の場合を例にとると、５名の作業員が作業する。このうち、１名は合図を行い、２名は設置位置で取り外し作業を行い、他の２名は部材が通る途中で位置決めのための支援をしている。

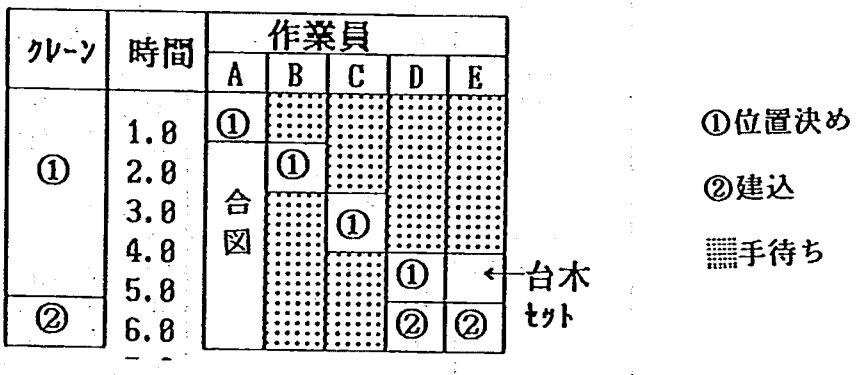
計測は時系列で、クレーンと作業員の作業を計測している。

□分析方法

機械と作業者の制約関係について、計測データをマンーマシンチャートに整理し、分析する。

□分析結果

位置決めに時間を要したため、作業者に多くの手待ちが発生し、余分な工数の発生原因となっている。



表－4.2.1(3) 建築現場における事例分析①

【配筋作業】

□作業と計測データ

配筋作業を配筋部材別に作業内容別に作業時間と作業工数を測定した。

□分析方法

測定および分析には、以下の作業に分類する。

・小運搬

・ナット

・保持

・移動

・手待ち

上記の分類で、配筋部材別にデータを整理分析する。

□分析結果

配筋作業では、小運搬および部材保持（配筋中に鉄筋部材を支持する作業）に時間や工数が費やされている。

部材	作業時間（分）	作業工数（分人）
柱筋	① 0.75 ② ③ 0.68 ⑤	①3.0 (52%) ② .68 (12%) ③ .68 (12%) ⑤ .13 (24%)
壁縦筋	① 0.7 ②③ 1.18 ④ 0.7	①2.10 (27%) ②1.18 (15%) ③2.36 (31%) ④2.10 (27%)
壁横筋	① 0.73 ②③ 1.00 ④ 1.20	①3.65 (45%) ②1.00 (12.5%) ③1.00 (12.5%) ④2.40 (30.0%)

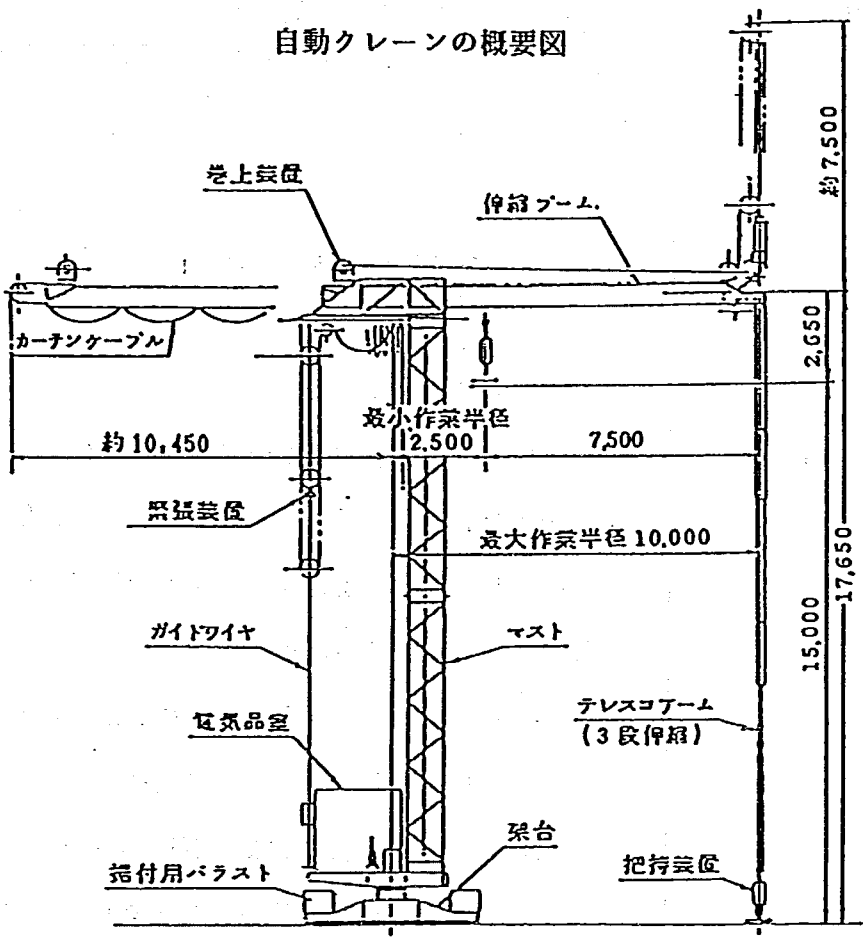
注）①小運搬 ②ﾅｯﾄ ③保持 ④移動 ⑤手待ち

表－4.2.1(4)　建築現場における事例分析①

対策	作業測定の結果から、自動揚重機には、位置決め、鉄筋部材の小運搬および保持の省力化機能を必要なことが分かった。即ち、部材の姿勢制御や運搬・移動を容易にすることができれば、省力化が可能となる。 このような結果をふまえ、鉄筋作業に対して以下のクレーンの開発を行った。 ○クレーンの付加機能 ・玉掛けにおいて、安全かつ簡単に玉掛けが可能 ・運搬においては、鉄筋の単材の姿勢制御、狭隘部への人手を掛けずにつりおろせること、クレーンとの衝突を防止できる ・作業員が人力で位置調整できる。 このような付加機能を満たすために、以下のシステムを開発した ・玉掛け・保持を対象として、鉄筋把持機構で対応する。 ・運搬時の吊荷の姿勢制御および狭部への吊り降ろしを鉄筋把持機構とブーム先端部の旋回伸縮可能なテレスコアームで対応する。 ・玉掛け・建込み作業を対象として、音声制御を可能にする。 ○傾斜伸縮ブーム方式 ○玉掛け位置へプレイバックし、一定量移動し揚重部材に把持機能をいちさせ、玉掛け作業を援助する制御が可能で、音声合成を併用する。 ○テレスコアームの旋回とブームの旋回は同期するため、常に所定方向へむき、狭部への対応が容易となる。

表－4.2.1(5)　建築現場における事例分析①

自動クレーンの概要図



効果

1）上記のクレーンを用いた自動クレーン工法と在来工法の比較を工場からサイトの鉄筋取付場までの鉄筋工事作業の全作業を対象として、調査を実施した。

帳表データより算出した労務歩掛かり

			壁 ﾀﾃ筋 ﾖｺ筋	柱	
				ﾈｼﾞｺﾝ	L型筋
間仕切り壁	自動ｸﾚｰﾝ工法	人工 ton/人	20.00 1.07	3.00 1.04	3.0 .78
	在来工法	人工 ton/人	28.00 1.45	3.00 2.48	5.00 .72

【結果】・自動クレーン工法により省力化が図られている

・但し、歩掛かりでは自動化工法が小さい

表－4.2.1(6)　建築現場における事例分析①

効果

2）部位別での工期の算出

・ＶＴＲを利用し、鉄筋の位置決め、把持閉、巻き上げ、旋回等の詳細な作業レベルで要素作業の実績を求め、その正規性を確認した。

・上記のデータより、要素作業時間を組み合わせ、配筋全体の作業時間を求め、それと一日の作業時間（6.4h）から、工期を算出した。

また、仕様実績より想定した作業員数ならびに工期から延人工数を求め、これと鉄筋重量をもとに工数を想定した。この結果を、帳表による実績と比較し、妥当性を判断し、工期工数の評価を行った。

その結果を以下に示す。

	在来工法	自動化工法
工期	１００	１１２
工数	１００	７６

【結果】・自動化により工数の低減面で有利となる

ただし、自動化により工期の面で不利となる

表－4.2.2(1) 建築現場における事例分析②

テーマ	高層住宅の新工法（ＨＰ－Ｒ工法）の作業研究
目的	新工法の施工能率の評価および、設計施工計画のフィードバックのための資料収集、施工上の問題発見と改善を目的とする。
背景	高層住宅の工業化工法として開発されたＨＰ工法（Ｈ型鋼とＰＣ板を組み合わせる工法）に改良を加えたＨＰ－Ｒ工法は新工法であるため問題も多く、開発初期の数工事に対して各種の測定管理を実施する必要があった
計測と分析	【作業実績調査】 □計測・分析データ ・職種 ・作業別（ＰＣ戸境壁建方、桁行壁建方、鉄骨柱建方など） ・施工量 ・施工時刻 ・出面人数 ・施工場所（階） □整理方法 ・作業実績をもとに、職種および工事別に労務工数を把握・整理する □分析方法 ・労務工数の把握により、歩掛りを分析する。 ・工事別工種別のＡＢＣ分析（パレート分析）

表－4.2.2(2)　建築現場における事例分析②

□分析レベル

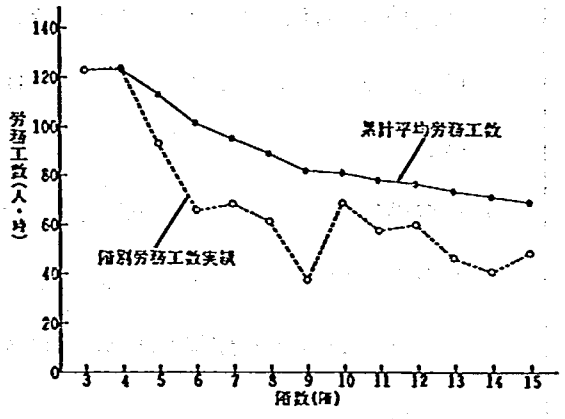
①型枠組立　②型枠解体　③コンクリート打設　④鉄筋組立

⑤ＰＣ工事　⑥その他土工　など

□分析結果

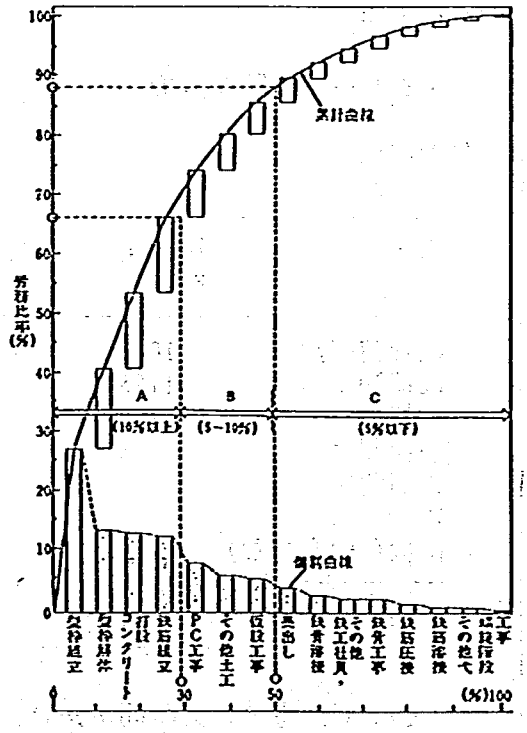
・ＨＰ－Ｒ工法では、労務工数に顕著な習熟効果が見られる。

ＰＣ板建方工事の習熟効果



・パレート分析結果により、型枠関係と鉄筋関係に労務工数の低減のポイントがあることが分かった。

工事別工数のＡＢＣ分析結果



表－4.2.2(3) 建築現場における事例分析②

【作業時間測定】

□適用工程

鉄筋建方などのクレーン作業

□測定方法

生産情報収集システム

・建築の作業の実体把握には多くの人手を要する。特に、時計を用いた連続観測は、調査用紙に記入後、集計用紙に転記し初めて分析が可能となる。データも一般性に欠け、他の施工データの利用が難しい。

・測定の簡素化、データ処理の迅速化を目的として、作業員が情報を入力する端末と、入力データを印字する本体、情報を入力させるパンチャーからなる生産情報収集システムにより作業時間の測定を実施した

□測定データ

作業別時間（台付け作業、吊り上げ、吊り降ろし等の機械の動き、および、引き込み誘導、位置調整など）

□分析方法

・クレーンの稼働分析

□分析結果

作業	総数量 ピース	総重量 t	延時間 h	%
鉄骨荷卸建方	1043	519	126.7	5.8
PC荷卸	1778	6550	159.3	7.3
PC建方	1778	6550	415.5	19.2
型枠関係			281.4	12.9
鉄筋関係			275.1	12.7
雑			236.8	10.9
待機（雨を含む）			679.3	31.2
total			2174.1	100.0

○ＰＣ建方の作業時間が長い。

表－4.2.2(4)　建築現場における事例分析②

対策

1）作業時間測定より以下の具体的な改善がなされた。

①桁方向のＰＣ梁と壁を別々に製作し、現場で地組を行っていたが鳶工、鉄骨、揚重機が必要な上に、拘束時間が長くなる要因だった。これは、当工法が当初壁と梁を別々に組み立てねばならなかったためである。このため、ＰＣ型枠を工夫し、梁と壁の一体打ちを行えるようにした。

この結果、地組作業の不要化、玄関ドアや窓サッシのＰＣ製作時の打ち込みを可能とした。

②柱スパイラルフープの結束作業では、ＰＣ壁が三方を仕切るため施工性に問題があった。このため、柱スパイラルフープ取付金物を採用し、精度効率の向上を図った。

効果

①梁壁一体成形による工数の改善（１住戸当たり）

	作業内容	改善前	改善後
Ｐ Ｃ 工 事	ＰＣ荷卸鳶工 地組鳶手間 同上鉄工手間 ＰＣ建方手間	.145　人 .245　人 .320　人 .40　人	.11 0 0 0.47
左 官 工 事	玄関ＳＤ詰モルタル ﾊﾞﾙｺﾆｰｱﾙﾐｻｯｼ 詰ﾓﾙﾀﾙ 同上　膳板ﾓﾙﾀﾙ詰め PCｼﾞｮｲﾝﾄ 部目地ﾓﾙﾀﾙ詰	4.76　㎡ 9.26　㎡ 3.1　㎡ 3.8　㎡	0 0 0 0
建工 具事	玄関扉枠取付手間 ｱﾙﾐ 製建具取付手間	.47　人 .70　人	0 0

【結果】梁壁一体打ちにより、地組作業にくらべ大幅な省力化を図ることができた。

②スパイラルフープ取付の改善結果(本/ 人)

	改善前	改善後
フープ取付作業	8.0 (100)	9.7 (82.5)

【結果】スパイラルフープ取付の効率化を図ることができた。

表－4.2.3　建築工事現場における事例分析③

テーマ	工法別の施工性の評価
目的	在来工法、ユニット工法（先組した鉄筋を大型クレーンで組み立てる）、自動クレーン工法（自動クレーンで鉄筋を一本づつ組み立てる）の工期、工数面の評価
適用工程	加工場からサイトの鉄筋取付場までの全作業
計測データと計測方法	①工法別、サイト・加工場別、配筋別の作業工数 －帳票データ（帳票、施工実績が記録された配筋作業報告シート、加工帳） ②要素作業レベルでの時間 －ＶＴＲの利用
結果	①間仕切り壁では、在来工法より自動化工法が優れている。 ②耐力壁では、自動化クレーン工法よりユニット工法がすぐれている。

表－4.2.4　建築工事現場における事例分析④

テーマ	ボード張りロボットの開発
目的	化粧石膏ボード張り作業において、肉体的な負担、連続作業の限界、足場の設定の必要性を解決するためのロボットの開発
適用工程	天井ボード張り作業
計測データと計測方法	要素作業（足場組立・解体、資材小運搬、本作業）別の時間 －時計測定
結果	足場組立・解体で、作業時間の２０～３０％を占めている。
対策	ボード張り作業のロボット化 －ボード支持作業を無くす －ボード供給の簡易化 －足場の組外しの不要化 －作業速度の向上 －取付精度の確保
効果	①張り付け時間－－３～４分／枚→２分 ②労働負荷の低減－－１３kgのボード支持が不要 ③足場の組払いが不要となった ④不要な傷付がなくなり、所定の位置に早く正確にセットが可能

表－4.2.5(1)　建築工事現場における事例分析⑤

テーマ	建築用ロボットの開発のための作業解析手法
目的	①作業の従事者の意識、作業の肉体的負荷・苦渋度・危険度の把握 ②対象作業の実態把握と作業範囲の設定 －品質・工程上のクリティカルな作業 －作業時間の構成比率 －前後工程との関連性
適用工程	梁の鉄骨建方作業、塗装作業、鉄筋の結束作業、ロボットによるコンクリートの打設作業、ロボットによる鉄骨への耐火被覆
計測データと計測方法	［梁の鉄骨建方作業］ ①部材の移動経路・速度 －－２台のＶＴＲカメラとビデオポジションアナライザーにより、１０秒間隔で移動経路を測定（ビデオ・メモモーション） ②部材の位置合わせ作業におけるクレーンの主巻きドラム回転数 －－ＶＴＲの再生画面から分析（ビデオ・メモモーション） ③作業時の生体負担（心拍数と作業、作業姿勢） －－胸部誘導による心電図による心拍数の測定 要素作業、作業姿勢別時間の測定（時間測定） ④入出力情報の種類と入手方法 －－作業時の発生の録音、ＶＴＲによる動きの分析、事後の聞き取り調査
	［塗装作業］ ①ハケ塗りの手首角 －－塗装工の利き腕の角度測定ユニットを装着

表－4.2.5(2)　建築工事現場における事例分析⑤

計測データと計測方法	②ハケ塗り時の筋の利用 ――作業時の表面筋電位を多目的テレメータを介して、測定 ③作業時の刷毛の動き（方向、位置、速さ） ――塗装工の背面と即円へのＶＴＲカメラによる分析（ビデオ・メモモーション）
	［鉄筋工の結束作業］ ①視線の動き ――アイマークレコーダーとＶＴＲの利用による注視点と注視時間
	［ロボットのコンクリート打設作業］ ①ロボットのブーム先端の動き ――カメラによるメモモーションで、ブーム先端の移動経路と時間
	［ロボットの耐火被覆作業］ ①吹き付け単位に対する作業別時間

表－4.2.6　建築工事現場における事例分析⑥

テーマ	超高層カーテンウォール工事の実態把握
目的	①メタルカーテンウォール工事の実態の調査 ②作業改善点 ③作業標準化
適用工程	墨だし～ガラス内部シールの最終工程の２６作業
計測データと計測方法	①全工程の作業工程分析を行い、要素作業単位による分類し、要素作業別の作業時間 ――マンツーマン形式の、ストップウォッチによる継続観測法
結果	①工数、長時間作業、標準偏差、変動係数、主体作業率（全時間のうち、中心となる作業時間の割合）、手待ち時間比率を分析し、作業別に明らかにし、改善すべき作業を抽出 ②労働者数の増加が手待ち率の増加を増やすことが明らかとなる。

5. 土木工事におけるIE手法の適用に関する分析

5.1 在来調査手法に基づく分析

5.1.1 調査目的

建設工事の施工現場は，苦渋作業や危険作業，労働者の高齢化等に加え，熟練労働力が不足し，建設業の生産性は低下の傾向にある。事業の効率的な遂行を実現するには，ロボットの導入を初めとした施工機械及び施工法の新たな改善が求められている。工場においては，昭和20年代に導入されたIE（Industrial Engineering）等の手法を活用して大きな成果を挙げてきた。

そこで，土木工事の改善の新たなアプローチとして，IEの手法に代表される生産工学的な解析を加え，改善の方策を見いだす必要がある。

5.1.2 調査概要

(1) 調査の体制

土木研究所が中心となり全体調査計画，取りまとめ方針の立案を行い，土工，海洋土木（離岸堤），トンネル工，橋梁（上部工・下部工），ブロック積み・張り工，舗装工（セメントコンクリート）の6工種について，各地方建設局が具体的な調査を行っている。

(2) 成果の目標

本調査の成果の目標は次のとおりである。

① IEに基づく定量的評価による建設工事における施工改善手法

各種の施工工程における改善を具体的な施工現場で円滑に実施するための手法として，施工改善・機械の改善などの効果を定量的に評価する手法の提案

② 建設機械の改善及びそれに伴う施工工程の改善に関する提案

本調査のケーススタディに基づいて，施工改善に必要な新しい作業機械，作業装置の組合せ及び操作機構の改善などの施工機械の改善項目の提案，それに伴う工程の組替えや作業パーティの再配置などの施工工程の改善に関する提案

③ 試験施工

IEに基づく定量的評価による建設工事における施工改善手法を用い，施工改善に必要な新しい作業機械，作業装置の組合せ及び操作機構の改善などの施工機械の改善項目の提案に基づいて，試験施工を計画し実施する。

(3) 調査内容

平成元年度の調査内容及び担当地建は下記のとおりである。

① 在来調査手法の適用性の検討（東北・四国）

在来調査手法の中から積算合理化調査（歩掛調査）を取り上げ，IEに基づく作業調査・記述・分析手法への適用性を検討する。

② IEの工場における適用事例の分析（土研）

工場などの生産現場におけるIEの適用事例を整理分析する。

③ 建築工事におけるIEの適用事例の分析（土研）

建築分野でのIEの適用事例について，工場での作業と建築現場での作業との違いに起因する問題点と，IEの適用における改善点に着目して整理分析する。

④ 土木工事におけるIEの適用（関東・北陸・中部・近畿・中国・九州）

土木工事において，その工程及び作業を分析し，定量的に評価する手法としてIEに代表される作業分析手法の土木工事への適用について検討し，土木工事における作業調査・記述・分析手法を提案する。

(4) 作業調査・記述・分析手法への適用性の検討（積算合理化調査）

従来，原価管理，機械管理，施工管理，工程管理等の現場管理を目的として，各種のデータが調査，蓄積されている。これらの在来調査手法の中から，「土工」の積算合理化調査を取り上げ，工程分析のレベルを整理し，IEに基づく作業調査・記述・分析手法への適用性の検討を行った。

なお，検討は，下記項目について行った。

イ）調査データにおける最小単位の整理

積算合理化調査の実施要領から，調査工種（作業）の抽出を行い，最小単位を整理した。

ロ）上記工程における最小単位の相互関連の整理

上記の各工程を「土工工程フロー」を作成し整理した。

ハ）上記工程における作業の定量的評価

上記工程のうちバックホウによる「掘削積込作業」（調査要領は別紙参照）を取り上げ，下記について検討した。

＊掘削積込作業のサイクルタイム調査から，掘削積込作業の工程レベルを整理した。

＊掘削積込作業の1サイクルの工程を，可能な限り細分化した。

＊積算合理化調査の調査項目及び記述方法・単位（時間，距離等）を整理した。

＊調査データから現場条件等における時間当り作業量を整理した。

(5) 自動化技術の現状

現在，開発されているバックホウの自動化技術の現状について調査した。

5.1.3 調査結果

(1) 調査データにおける工程の最小単位の整理

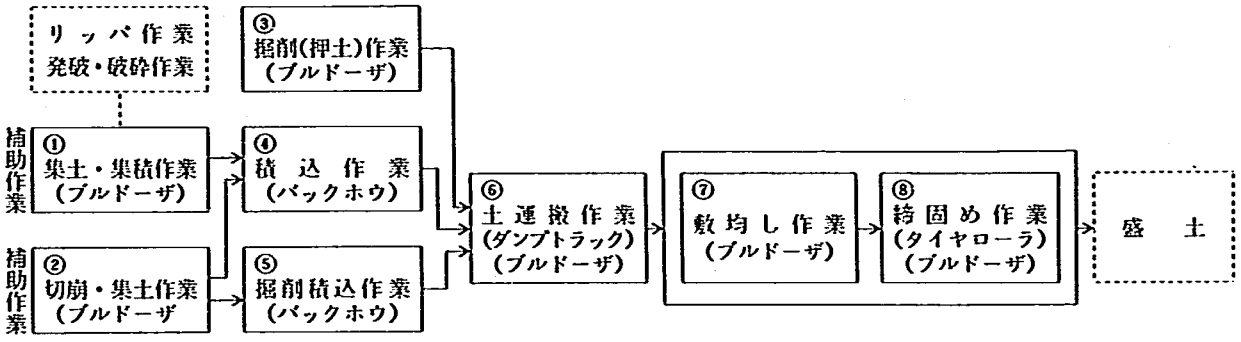
土工における積算合理化調査（要領）は，ブルドーザ作業，バックホウ作業，土運搬作業，敷均し，締固め作業に分類される。また，これら要領の最小単位の工程は表－5.1.1のとおりである。

(2) 工程の最小単位の相互関連の整理

表－5.1.1の工程の相互関連は，図－5.1.1「土工工程フロー」に示すとおりである。

表－5.1.1　土工の最小単位

調査要領の分類	最小単位の工程	備　　考
ブルドーザ作業	(切削・集土・集積)・掘削・押土・運搬	(　) は補助作業
バックホウ作業	掘削積込・積込	
土運搬作業	運　　搬	ダンプトラック又はブルドーザ
敷均し作業	敷　均　し	ブルドーザ
締固め作業	締　固　め	タイヤローラ又はブルドーザ

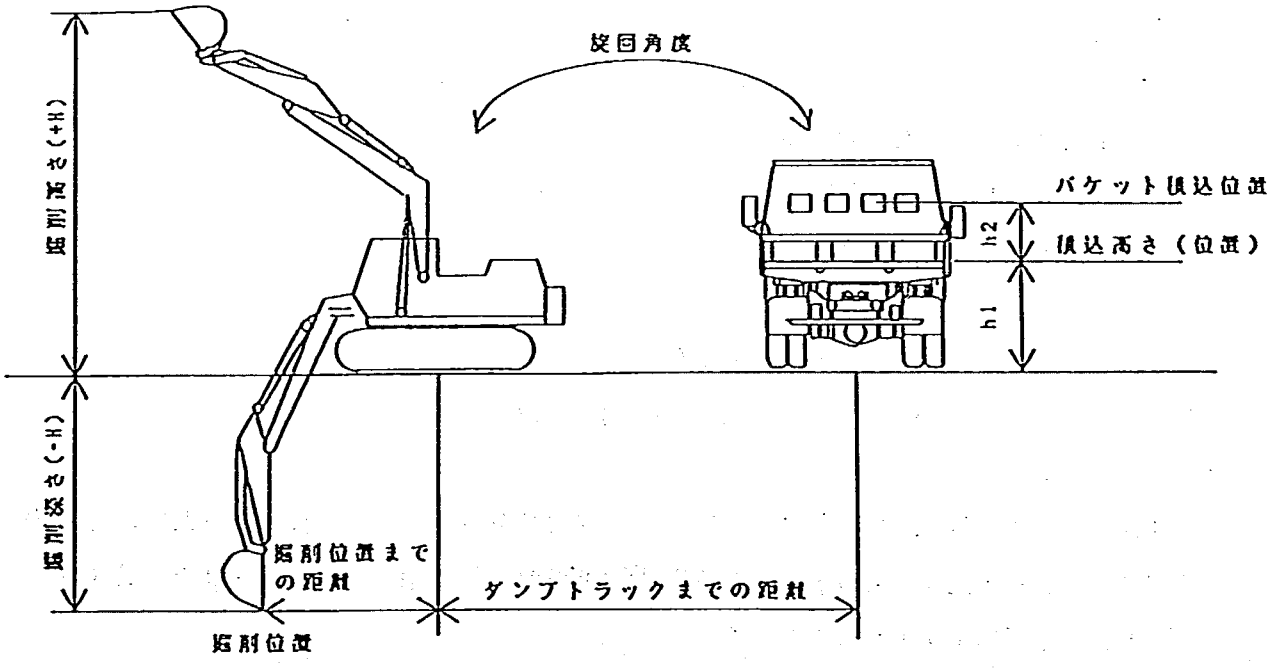


図－5.1.1　土工工程フロー

(3)　上記工程における作業の定量的評価

イ）掘削積込作業の工程レベルの整理

図－5.1.2にバックホウの掘削積込作業の概念図を示す。

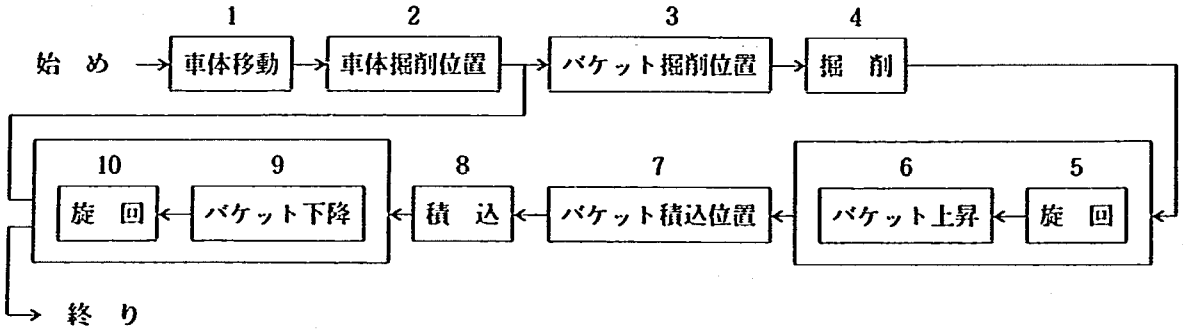


図－5.1.2　掘削積込作業概念図

積算合理化調査における掘削積込作業のサイクルタイム調査（掘削する位置がバケットが接地してから，ダンプトラックに積載し掘削する位置にもどり再びバケットが接地するまでの作業時間）では，各作業工程（動作）ごとでなく，10サイクル連続の所要時間を測定する要領となっている。

ロ）工程の細分化

バックホウの掘削積込作業の工程は，図－5.1.3に示すように10工程（動作）に細分化される。



図－5.1.3　工程の細分化

ハ）調査項目及び記述方法・単位の整理

別表－1に積算合理化調査要領の調査項目及び記述方法・単位を示す。

ニ）時間当り作業量の整理

全国の調査件数のうち，最も件数が多かった油圧式クローラ0.6㎥のバックホウのデータ（101件）から，時間当り作業量に影響を及ぼす要素として現場地形，掘削深さ，土・岩の状態，掘削断面積，旋回角度の5項目を選定し時間当り作業量を整理した。別図－1～5に各要素ごとの作業量を示す。

なお，バックホウの運転1時間当り作業量は，次式により算出される。

運転1時間当り作業量 ＝ 3,600 × q × f × E/cm（㎥/h）

q：1サイクル当り掘削量（地山土量）（㎥）

f：土量換算供数

E：作業効率

cm：1サイクル当り所要時間（Sec）

(4) IEに基づく作業調査・記述・分析手法への適用性の検討

① 適用上の問題点

上記イ）～ニ）から，積算合理化調査のデータをIEを用いた工程分析を行うための基礎資料となる作業調査・記述・分析手法に用いる場合の問題点（合理化調査の精度・調査不足（必要）項目）は，下記に示すようなことが考えられる。

＊サイクルタイム調査から工程分析・動作分析が困難である。

＊機械の詳細な仕様が不明なため，自動化技術の導入機種の有無及びその効果の把握が困難である。

＊オペレータの技量によるバケット移動速度や旋回速度及び作業時のエンジン負荷（余裕）状態が不明である。

＊掘削位置～バックホウ位置～運搬機械（ダンプトラック）の水平距離と運搬機械までの高低差が不明である。

＊作業地盤の勾配，高所作業による危険度，作業スペース，排水の良否等の現場条件の把握が困難である。

② まとめ

バックホウの掘削積込作業の積算合理化調査は，機械の施工実態を把握し，標準的な積算歩掛を作成することを目的としていることから，各種現場条件における機械の施工能力（時間当たり作業量）を算出するうえで必要な項目を主として，調査を行っている。

したがって，前項で述べたような調査不足（必要）項目，精度面での問題から，作業の一連の工程・動作分析や施工機械及び作業・現場条件の違いによる作業量の把握ができず，施工改善及び機械改善項目の抽出が難しいことから，IEに基づく作業調査・記述・分析手法への適用は困難と思われる。

(5) 自動化技術の現状

現在開発されているバックホウの自動化技術の現状を下記に示す。

① 自動掘削深測定器

オペレータの経験や勘に頼っていた掘削深の測定を自動化したもので，2個の角度センサーから送られたデータから，速やかに深さを検知しデジタル表示する。

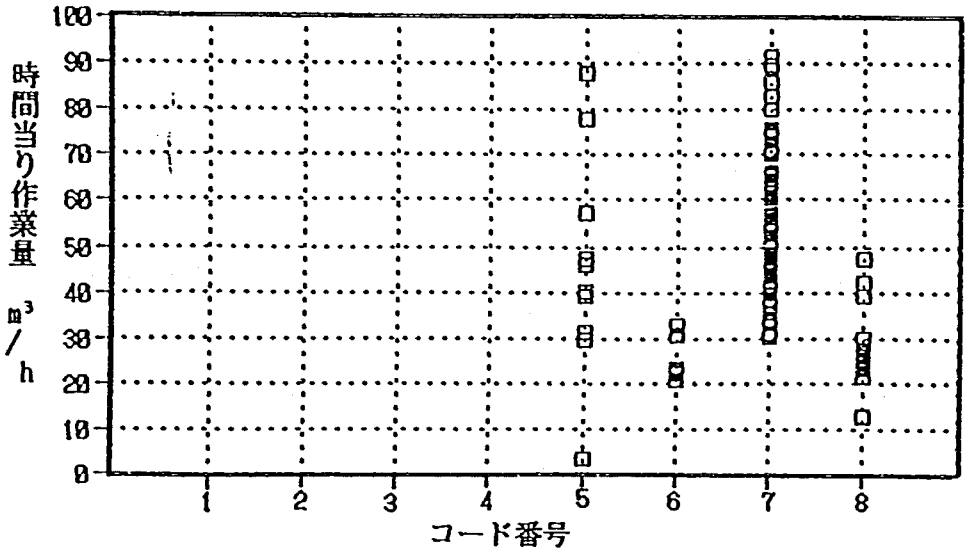
② アーム回転自動制御システム

アームの360°回転機構とアーム自動制御システムにより，移動せずに全方向垂直壁面の掘削や自動的にバケット刃先方向を修正し，旋回を使って障害物に沿った側溝掘削等が可能で，特殊な操作技術を必要としない。

③ ポンプ・エンジン複合制御システム

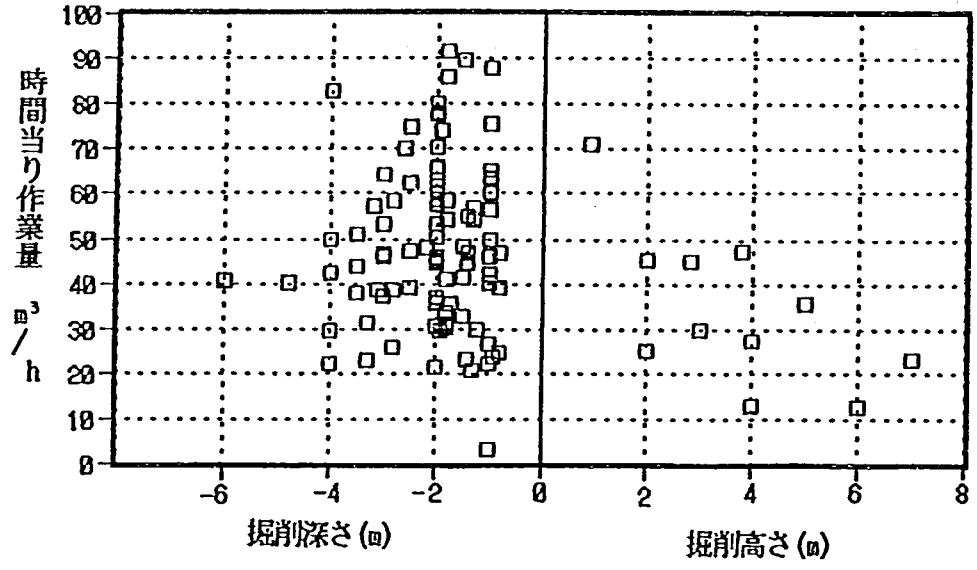
現場に合った作業モード（掘削，整正，微操作）をワンタッチで選択することにより，パワーと燃費の両立，仕上がり精度の向上が図れる。

④ また，設定位置で自動的に停止する自動旋回装置や法面及び水平掘削角度を保持する自動法面掘削機などの研究が行われている。

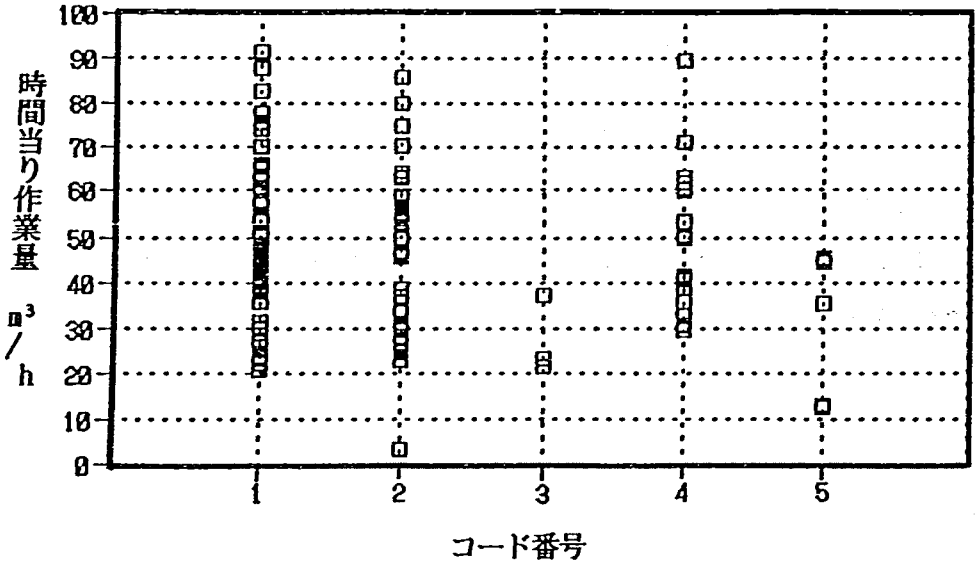


コード番号	状　　況
1	掘削作業に当たり、大転等の障害物がある場合
2	掘削作業に当たり、大転等の障害物がない場合
3	掘削量が多く掘削は施工又は施工面のひろがり少なく連続掘削作業ができる場合
4	掘削量が少なく掘削は施工又は施工面のひろがり多く連続掘削作業ができないに合
5	上記1と3の場合或は以の場合
6	上記1と4の場合或は以の場合
7	上記2と3の場合或は以の場合
8	上記2と4の場合或は以の場合
9	その他（　）記入する

別図－1　現場地形

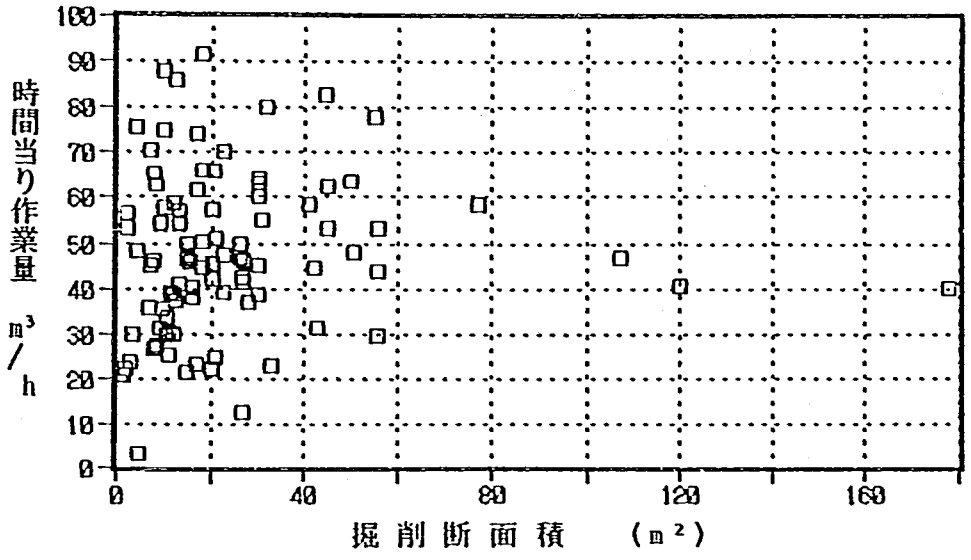


別図－2　掘削深さ

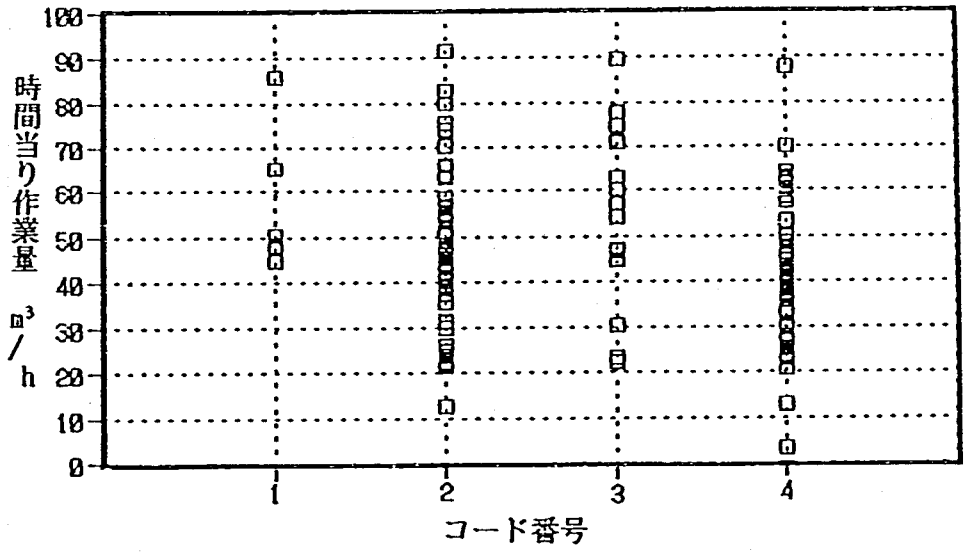


コード番号	土質区分	掘削対象物の状態
1	土砂	地山（自然状態）が比較的容易に掘削できる状態にあるもの
2	土砂	地山（自然状態）が中程度に掘削できる状態にあるもの
3	土砂	地山（自然状態）が比較的困難な掘削状態にあるもの
4	土砂、石	発破等ゆるめられている状態にあるもの
5	石	地山（自然状態）状態にあるもの

別図－3　土・岩の状態



別図－4　掘削断面積



コード番号	旋回角度
1	45°
2	90°
3	135°
4	180°

別図－5　旋回角度

別表－1　調査資料一覧表

調査箇所		北海道	東北	関東	四国1	四国2	四国3	四国4	四国5
施工概要	工期	60. 7. 2 ～60.12.20	60. 6. 6 ～60.11.30	60.6.15 ～61. 1.30	60.11. 9 ～61. 3.25	60.10. 9 ～61. 3.10	～60. 9.30	60. 5.26 ～60. 9.20	59.10.17 ～61. 2.10
	舗装延長(m)	369.6	634	1,880	185.5	109	1,062.5	713.8	956.5
	幅員構成(m)	1.5＋3.0 ＋3.0＋1.5	0.25＋3.5 ＋3.5＋0.25	1.25＋3.5 ＋3.5＋0.5	0.25＋3.5 ＋3.5＋0.25	0.25＋3.5 ＋3.5＋0.25	0.25＋3.5 ＋3.5＋0.25	0.25＋3.5 ＋3.5＋0.25	3.5＋3.5
	施工面積(㎡)	3,447.5	7,398	18,267	1,205.8	708	7,050	4,736	6,695.5
工事内容	路盤工(cm)	切込砕石 45	砕石 20	砕石 15	砕石 15	砕石 15	砕石 6.5，15	砕石 6.5，15	砕石 15～27.3
	アスファルト中間層(cm)		4	4					
	石粉または路盤紙	路盤紙	石粉	石粉	路盤紙	石粉	石粉	石粉	石粉
	コンクリート構造(cm)	CRCP 20	28	30	25	25	25	25	25
施工法	施工幅	1車線	2車線	2車線	1車線	1車線×2	1車線	1車線	1車線
	コンクリート型枠								
主要機械	スプレッダ	キタカ (ブレード)	川重KCS75A (ブレード)	ABG (ボックス)	川重 (ブレード)	川重 (ブレード)	川重 (ブレード)	川重 (ブレード)	川重 (ブレード)
				川重 (ブレード)					
	フイニッシャ	キタカ F－2	川重 KCF75A	インナーパイプ ＋ABG	川重	川重	川重	川重	特殊重機 TRF－M
	振動目地切機	使用	使用	使用		使用			
	平坦仕上	汽車	川重	川重	川重	川重	川重	川重	川重
	粗面仕上	人力	人力	機械	人力	人力	人力	人力	人力
	養生屋根		使用	使用					
備考		市街地 現道	市街地 現道	市街地 現道	(トンネル)	(トンネル)	(トンネル)	(トンネル)	(トンネル)

5.2　ＩＥ手法の検討方法

土木の工事現場におけるＩＥ手法の適用に関して，以下の方法で検討を行った。

1）アンケート調査

ＩＥの適用の視点（目的），ＩＥの適用すべき工程・作業および作業の特徴，ＩＥの各手法の有効性を定量的に把握することを目的として，アンケート調査を実施した。ここでは，建設会社を対象としてアンケート調査を実施した。

2）ＩＥの手法の適用に関する検討

工場や建築現場と比較した土木工事現場の作業の特殊性，現状のＩＥの適用の現状およびアンケート結果をふまえ，ＩＥ手法の適用の検討を行った。

本章では，まず，前提となる土木工事現場の作業の特徴を整理した。次に，アンケート調査の概要について述べた後，アンケート結果から以下の点について考察した。

- ＩＥの適用の視点
- ＩＥの適用すべき工程および作業
- ＩＥ手法の適用の検討

これらの結果をふまえ，最後に土木工事におけるＩＥ手法の適用に対する提案を行う。

5.3　工場，建築工事現場と土木工事現場の作業の相違点

工場と建築現場における作業の相違点については前述した。しかし，建設工事においても，土木工事と建築工事の作業には異なった部分がある。従って，ＩＥ手法の検討を行う場合には，土木工事の特徴をふまえておく必要がある。

表－5.3.1に，工場，建築現場，土木現場における作業の相違点を示す。各特徴は一般的な傾向を示すものである。

このような作業の特徴を踏まえると，工場を中心として発展してきたＩＥ手法をそのまま導入することは望ましくないことが予測される。ただ，これは適用の可能性がないのではなく，特徴を踏まえたＩＥの適用を検討する必要があるとみるべきである。建築分野のＩＥの適用に関する研究結果を踏まえると，土木の作業の特徴からＩＥの適用に当たって以下の点で検討が必要と見られる。

- 土木工事の現場では単位作業に関わる人員は多く，工場のように個人の作業員に注目した作業分析よりも，グループやチームを単位とした作業分析が考えられる。
- 工場では１人の行う作業は少なく専門化されている。このため，動作レベル（掴む，探すなどのミクロレベルの動作）で分析が行われているが，土木工事の場合はよりマクロ的作業レベルでの作業測定を行うほうがよい。例えば，単位作業（切断，穴あけ等）や，要素作業で構成される単位作業（型枠加工，型枠建て込み等），単位作業で構成される，よりマクロな作業レベル（壁型枠等）での作業測定が考えられる。
- 土木作業で利用される機械は習熟が要求されることが多く，標準時間を設ける場合，習熟を考慮す

る必要がある。一方，１つの機械で複数の作業をする場合もあり，機械自体の作業に注目した作業測定も検討する必要がある。

・工場では屋内作業が多く，その作業は一定でしかも狭い範囲内で済まされることが多いが，土木作業の場合には作業範囲は広く，同じ場所で作業が行われることはない。このため，固定したビデオ撮影による作業測定は難しい場合があり，広範囲に対応できる手法を検討する必要がある。例えば，造船作業は製造業のなかでは作業範囲が広い作業が中心であるが，ここではストップウォッチ法などが利用されている。

・作業環境は，工場では殆ど変わることはないが，土木では自然を相手とした作業が多く作業環境は異なる。このような場合には，作業測定の際に環境要因を織り込むことが必要と見られる。

・土木の作業は人の移動を伴うことが多く，被観測者が一定した場所にいることは少ない可能性が高い。このため，移動を考慮した作業測定を行う必要がある。例えば，観測地点から被観測者がいなくなった場合には，その間の測定を補足するなどの工夫が必要となる。

・工場の場合には機械が据付けられていることが殆どであるが，建設機械は移動を伴う。このため，機械の稼動率分析のような場合には，自動的に稼働を分析できる装置をつけるような対応が考えられる。

・工場の単位作業時間（サイクルタイム）は数秒ですむものもあり，計測は1/1000秒や1/100秒単位で行われている。土木工事の場合には単位作業時間はずっと大きく，しかも，前述のようにグループ単位の測定，マクロ的な作業レベルの測定を考慮した場合には計測は分単位のものとなることが予測される。

・工場は標準作業があらかじめ設定され，作業員はその作業手順にそって作業することが義務づけられ，しかもそれが可能である。一方，このような厳しい施工管理は土木工事では行われておらず，作業環境が変化する場合には作業者の判断により手順は柔軟に対応されることもある。標準工数を設定する場合には，このような事を前提として考える必要がある。

表－5.3.1(1) 工場，建築現場と土木現場の一般的な相違点

		工　場	建築現場	土木現場
作業人員	単位作業の人員	少ない	多い	多い
	(例)	切削作業	型枠工	海洋土木・捨石均し
	一人のする作業種類	少ない	多い	多い
	(例)	電子部品の装着	鉄筋工	ブロック積み張り
機械	操作する際の習熟度	あまり要求されない	要求される	要求される
	(例)	NC加工機械	ｸﾚｰﾝ作業	ﾊﾟﾜｰｼｮﾍﾞﾙ
	一つの機械のする作業	一種類	数種類	多種類
	(例)	切削機械	ｸﾚｰﾝ作業	ﾊﾟﾜｰｼｮﾍﾞﾙ

表－5.3.1(2)　工場，建築現場と土木現場の一般的な相違点

		工　場	建築現場	土木現場
作業場所	作業範囲	一定・狭い	異なる・狭い	異なる・広い
	(例)	ﾍﾞﾙﾄｺﾝﾍﾞｱ の生産ﾗｲﾝ	鉄筋工	ﾄﾝﾈﾙ工・ｺﾝｸﾘｰﾄ 吹付
	作業環境	一定	異なる	極めて異なる
	(例)	切削作業	ｸﾚｰﾝ作業	海洋土木工
作業特性	人の移動	ない	少ない	頻繁
	(例)	切削作業	型枠工	海洋土木・捨石均し
	機械の移動	ない	多い	頻繁
	(例)	工作機械	ｸﾚｰﾝ	土工・運搬作業
	単位作業の時間	短い	長い	長い
	(例)	自動車の艤装	ｸﾚｰﾝ作業	基礎工・泥水処理
	作業手順	決まっており殆ど守ることができる	決まっているが、異なる場合がある	決まっている場合もあるが、状況により異なる
	(例)	自動車の組立	鉄筋工	ﾄﾝﾈﾙ工・当たり取り

5.4　アンケート調査の概要

土木現場におけるＩＥ手法の開発にあたり，ＩＥの適用の視点，ＩＥ手法の適用により施工改善がもとめられる工程，作業の抽出，その作業の特徴，工場および建築現場で行われているＩＥ手法の適用の可能性についてアンケート調査を行った。以下にその内容，配布先，回収状況等について，その概要を示す。

5.4.1　目的

土木工事におけるＩＥの適用に関する視点，その視点においてＩＥの適用すべき工程ならびに具体的な作業，および改善が求められる原因ならびに作業の特徴，従来のＩＥ手法の適用の有効性を把握することを目的とした。

5.4.1　アンケートの設計

(1) 対象工種

建設省総合技術開発プロジェクト「エレクトロニクス利用による建設技術高度化システムの開発」（昭和57～62年度）の成果に基づき，アンケート調査の対象とした工種を以下のように定めた。

① 土　工　　② 海洋土木工（離岸堤）

③ トンネル工（山岳トンネル発破工法）　　④ 橋梁上部工（鋼橋）

⑤ 橋梁下部工（ニューマチックケーソン工法，拡底リバース工法）

⑥ ブロック積み・張り工　　⑦ 舗装工（セメントコンクリート）

(2) 対象工程

本アンケート調査における各工種ごとの対象工程を以下に示す。

① 土　工

土質改良，切土，掘削，押土，積込，運搬，敷均，締固，コンクリート吹付

② 海洋土木工（離岸堤）

基礎床掘浚渫，捨石投入均し，捨石締固，基面均し，ブロック投入

③ トンネル工（山岳トンネル発破工法）

準備工，掘削，スリ搬出，支保工，二次覆工

④ 橋梁上部工（鋼橋）

部材の設置，仮設備機械の設置，基本測量，支承の設置，機械の移動盛替え，継手の本締，支保工，床版型枠配筋，コンクリート打設，塗装，附属設備，舗装

⑤ 橋梁下部工

〔ニューマチックケーソン工法〕

刃口据付工，構築工，艤装工，掘削沈下工，地耐力試験，中詰コンクリート工，頂版工

〔拡底リバース工法〕

泥水管理，軸部掘削，拡底部掘削，スライム処理，鉄筋工，コンクリート工，柱頭処理

⑥ ブロック積み・張り工

裏込，胴込み，ブロック積み・張り，天端コンクリート

⑦ 舗装工（セメントコンクリート）

アスファルトの中間層の施工，厚さ検査，型枠の設置，石粉塗布，下層コンクリートの荷卸，バーアセンブリーの設置，下層コンクリートの敷均，タイバーの設置，鉄網の設置，締固，上層コンクリート荷卸，上層コンクリート敷均，締固，打込み目地の施工，平坦性仕上，平坦性点検，粗面仕上，養生，目地のカッター切断，脱型，目地の清掃，注入目地材の注入，検査

(3) ＩＥ手法の適用目的

ＩＥ手法の適用には，①生産（建設の場合には，施工）管理を目的としたもの，②現状の生産や施工の改善を目的とした２つに大別される。土木分野のおかれている現状を考慮すると，後者の方を重視すべきであり，アンケート設計においては施工改善を目的とした設計を行った。

(4) ＩＥの適用の視点

ＩＥの適用に対して，安全性の向上，苦渋性の解消，生産性の向上という視点を設定し，各視点の重要度を把握できるようにした。

(5) ＩＥの適用工程および作業

ＩＥの適用の各視点に対して，どの工程に適用すべきか，その工程のなかのどの作業に重点を置くべきかを質問した。

(6) 施工改善がもとめられる問題点とその原因

従来，工場ではＩＥの適用は人に注目し，作業者の動作や作業時間の分析が行われてきた。しかし，土木工事では機械が中心のもの，機械と人との共同作業も多い。従って，ＩＥの適用すべき作業の問題点を質問したのち，機械，作業者，手順のどれに原因があるのかを質問した。これにより，何に注目し，ＩＥ手法を適用すべきかを明らかにしている。

(7) ＩＥの適用作業とその特徴

土木工事の分野では，その作業の特徴により，工場のＩＥ手法の適用の難しい点や工夫や考慮すべき点がある。また，作業の特徴が改善すべき原因と関係が深いことが考えられる。このため，ＩＥを適用し，改善が求められる作業について特徴を質問している。

(8) 改善すべき作業におけるＩＥ手法の有効性の評価

ＩＥ手法を適用し，改善すべき作業について，工場や建築分野で利用されているＩＥ手法の有効性の評価の設問をもうけた。

建設会社（特に，土木関連の部門）では，このようなＩＥ手法には馴染みがないものと予測されたため，各ＩＥ手法の意味や目的を平易な言葉に置き換えた上で，その手法の有効性について尋ねた。

また，問題点の抽出や問題解決ならびにＩＥの具体的な適用に当たっては，現場の担当者へのヒアリング調査が必要あるものと考えられる。アンケート調査では，ＩＥ手法に加え，このヒアリン

グ調査の重要性に対する項目を設定している。

5.4.3　アンケートの調査の実施

調査用紙を対象である企業へ郵送で発送し，回答後の用紙を郵送方式により回収した。

アンケートの実施時期は '90年2月である。

5.4.4　対象企業

アンケートは元請け型，下請け型を問わず，土木・建築関連企業の施工管理者・管理経験者に回答を求めた。土木・建築関連企業としては表－5.4.1に示した団体に属する企業に，工種ごとに発送先を変えて発送した。工種ごとの発送先団体名を発送数，回収状況を表－5.4.1に示す。

5.4.5　集計結果

アンケートの単純集計結果は付録に納めている。

以下の節では，アンケートの集計結果をもとに，分析を行っている。

表－5.4.1　アンケート発送先と回収状況

工種 （団体名）	土工	海洋土木	トンネル	橋梁上部	ケーソン橋梁下部	拡底橋梁下部	プレブロック積み張り	舗装工
建設業1部、2部上場企業	発送	発送	発送	発送	発送	発送	発送	発送
日本機械土工協会会員企業	発送		発送					
日本土木工業協会会員企業	発送	発送	発送		発送	発送		発送
日本埋立浚渫協会会員企業		発送						
日本道路建設業協会会員企業								発送
日本トンネル技術協会会員企業			発送					
日本橋梁建設協会会員企業			発送	発送				
建設ロボット研究会参加企業		発送						
アンケート発送数	230	150	150	20	200	200		200
アンケート回収数	81	65	56	10	49	35		54

5.5　土木工事におけるＩＥの適用

従来，工場では生産管理や生産性の向上の視点からＩＥが導入され発展してきた。しかし，土木分野でのＩＥの適用を検討する場合には，このような視点でのＩＥの適用は必ずしも妥当でないことが予想される。

本アンケート調査では，安全性の向上，苦渋性の解消，生産性の向上のなかでどの視点が重要であるのかを質問し，各視点に対してどの工程にＩＥを適用すべきかを明らかにしている。以下には工種ごとにその結果を示し，さらにアンケートのクロス集計結果を基にそれぞれの土木工事における，ＩＥ手法の適用に関する検討を行った。その結果については以下のような構成で図表にまとめた。

(1) 安全性の向上，苦渋性の解消，生産性の向上の各視点別に検討している。

(2) ＩＥの適用の視点で，改善すべき主要な工程についてと具体的な作業についてＩＥ手法の適用を検討している。

(3) アンケート調査の結果から各作業所別に，問題点，原因，特徴を整理している。

(4) (3)の項目の結果をふまえ，ＩＥ手法の適用について以下の項目に対して検討を行った。

① ＩＥの適用すべき目的

② 測定・分析の手法

③ 測定対象および分析対象

④ 備考 …… 工場や建築現場との相違などから注意すべき点等について整理している。

そして最後にこれらの検討を基に土木工事におけるＩＥ手法の具体的な適用の提案を行った。

5.5.1　土工

(1) ＩＥ手法適用の視点と工程

アンケート調査結果から，ＩＥ手法の適用の視点ならびに，改善すべき工程を表－5.5.1に示す。

アンケートの結果から，土工へのＩＥ手法の検討は，安全性および生産性の視点が特に重視され，次いで苦渋性の解消の視点が重視される。

次に，ＩＥの適用による施工改善が求められている土工の工程を示す。

機械と作業員がふくそうした作業を行う掘削は，安全，苦渋，生産性の各視点でＩＥの適用による改善が求められている。

ダンプトラックを中心とした運搬作業も，安全，苦渋，生産性の各視点での改善が求められている。しかし，ここでの問題は施工改善としての問題ではなく，操縦席の環境の整備，モラル，交通事情，土捨て場までの距離等の問題である。

人手を中心とした高所作業であるコンクリート吹付は，作業者の安全面，ならびに苦渋性の改善からＩＥの適用が求められる。

切土は危険な環境下での作業であるため，安全面からの改善が求められている。

(2) ＩＥ手法の適用に関する検討

表－5.5.2から5.5.4には土工に関して，ＩＥ手法の適用に関する検討結果を示す。

表－5.5.1　土工におけるＩＥの適用の視点と適用工程

		安全性の向上	苦渋性の解消	生産性の向上
工法全体で見た場合の重要度（５段階評価平均点）		非常に高い ４．４	高い ４．０	非常に高い ４．４
工程別重要度	土質改良	△	△	△
	切土	○	△	○
	掘削	◎	○	○
	押土		△	△
	積込	△		△
	運搬	○	○	◎
	敷均			
	締固	△	△	△
	コンクリート吹付	○	○	△

（ＳＡ）

注）◎はアンケート回答者の25%以上回答、○は10～25%回答、△は回答者あり

表－5.5.2(1)　土工において安全面からみたＩＥの適用工程と適用手法に関する検討

工程	作業	問題点	原因	特徴	ＩＥ手法の適用の検討			
					目的	測定・分析手法	測定対象	備考
掘削工程	掘削作業	－危険な環境で作業を行っている －危険な区域がある －事故や災害が発生しやすい －作業に時間がかかる	【機械】 －狭隘な場所で作業する －視界が悪い －機械の足元が不安定 －機械の故障 【作業者】 －高齢化 －熟練工の不足 －誤動作、見込動作 －機械（バックホー等）作業内での作業 －知識の不足 －細部の人手作業	－機械と人との共同作業 －各作業員はいろいろな作業をせず、専門化されている －他の作業員や機械の制約のもとで作業をする －前の作業の影響をうけたり、後工程に影響する －複数の人が同様の作業を行う －分担した作業 －連絡が重要な作業 －作業手順が標準化されていない －障害物が多い	掘削作業の危険性は調査・計画、施工手順の徹底など、ＩＥ的な問題解決以外の要素もあるが、以下には掘削作業におけるＩＥ手法の適用について示す			
					(1) 機械と作業者の作業研究 掘削作業は危険な環境で行われている場合があるが、掘削作業の省力化や作業時間の短縮が問題解決の一つになるものと考えられる。危険な環境下で行われる掘削作業に対して上記の視点からＩＥの適用を行う。			

表－5.5.2(2)　土工において安全面からみたＩＥの適用工程と適用手法に関する検討

工種	作業	問題点	原因	特徴	ＩＥ手法の適用の検討			
					目的	測定・分析手法	測定対象	備考
			－不安定な作業場所 －狭い作業空間で機械との共同作業 【手順】 －手順の間違い・不備 －打合せや支持の不徹底 －作業が標準化されていない 【その他】 －土質が計画時より悪い －地下水位が高い	－暗い場所での作業が多い －障害物が多い －繰り返し作業 －大きな人力が必要 －重量部材が多い －無理な姿勢や緊張が伴う	①掘削機械の稼働分析 掘削機械（バックホー等）の作業の稼働状況を分析する。掘削機械の要素作業別（積込、旋回、掘削、待ち、故障等）に時間分析する。この結果を用い、作業効率の分布、機械自体の問題点を明らかにする。	－リークサンプリング ↓ 機械稼働率の分布 単位作業時間の分布	－機械の稼働状況	作業測定においては、連続的にする必要は少ないものと考えられ、離散的な測定で作業の障害とならずに効率的に作業測定を行うことが望ましい
					②作業者の作業分析 作業者が効率的に作業を行っていないため、危険な環境にいる時間が長くなり、危険性を高めていることが考えられる。 作業者の作業分析を行うことで、効率的な作業により危険環境下にいる時間の短縮な	－リークサンプリング －ビデオメモモーション ↓ －作業別の作業時間の分析 （主体作業、付随作業、待ち）	－要素作業の時間	同上 ビデオメモモーション研究では、ビデオの位置や移動の検討、明るさについて考慮する必要がある。

表－5.5.2(3)　土工において安全面からみたＩＥの適用工程と適用手法に関する検討

工種	作業	問題点	原因	特徴	ＩＥ手法の適用の検討			
					目的	測定・分析手法	測定対象	備考
			－土留め施工が悪い －設計の勾配や床幅が狭い		らびに機械化のポイントを明らかにする。			
					2）機械と作業者の共同作業の作業分析 機械の作業範囲（例えば、バックホーの作業半径内）の近くでの作業測定を行い、作業の問題点を明らかにし、安全性の向上のための改善のポイントを明らかにする。 ①機械作業範囲内の作業分析 機械作業範囲内で行われる作業の内容や作業量を明らかにする	－ワークサンプリング ↓ 作業別の時間構成	作業者の作業	連続的な測定の必要は少ないものとみられ、離散的なサンプリングで作業測定をする

表－5.5.2(4)　土工において安全面からみたＩＥの適用工程と適用手法に関する検討

工程	作業	問題点	原因	特徴	ＩＥ手法の適用の検討			
					目的	測定・分析手法	測定対象	備考
					②機械と作業者の制約の分析 機械と作業者の共同作業の流れを分析し、機械作業範囲内での制約関係から見た、機械と人の作業の改善のポイントを明らかにする。	・ビデオモモーション ↓ 連合工程分析 (マンマシンチャート)	作業者と機械の作業 作業の位置関係	ビデオ撮影時の位置や、移動、また光量の検討を要する。

表－5.5.2(5)　土工において安全面からみたＩＥの適用工程と適用手法に関する検討

工種	作業	問題点	原因	特徴	ＩＥ手法の適用の検討			
					目的	測定・分析手法	測定対象	備考
切土工程	切土作業	－危険な環境で作業する －危険な区域がある －事故や災害が発生しやすい －作業の床面の状態が悪い	【機械】 －足場の悪さによる重機の転倒（スライスカットの場合など） －安全設備の不備 －危険な場所での作業 －機械の死角 【作業者】 －落石、地山の崩壊等 －人力切土による疲労 －高齢化	－機械を中心とした作業 －同じ作業をする人が中心の作業（分業化） －他の機械に制約を受ける －作業者間の連絡が必要 －作業手順が標準化されていない －特殊な環境で作業をし、作業がその影響を受ける －同じ作業の繰返し	安全設備の不足や作業手順の不徹底などは、ＩＥ的問題解決とは違った視点となる。 ＩＥの適用の視点は危険な環境下でどのように作業が行われているのかを明らかにすることが望まれる。 この視点から作業測定し、その問題点を明らかにし、省力化、作業時間の短縮等の検討を図る。 また、機械を中心とした作業であることから、機械を対象とした作業測定が必要とみられる。			

表－5.5.2(6)　土工において安全面からみたＩＥの適用工程と適用手法に関する検討

工種	作業	問題点	原因	特徴	ＩＥ手法の適用の検討			
					目的	測定・分析手法	測定対象	備考
			－経験不足 －危険な場所への立ち入り 【手順】 －画一的な作業手順では、自然条件の変化にそぐわない	－熟練度が必要	○土木機械の作業測定 機械の稼働状況、作業状況、作業場所を測定し、稼働分析を行う。これにより、危険な箇所での作業構成を分析し、そこでの効率的な作業の在り方や機械化による施工改善のポイントを抽出する。	－ワークサンプリング ↓ 作業別、作業場所の環境別の作業時間	－稼働状況 －作業内容 －作業場所及び作業環境（危険度）	離散的な時間サンプリングで作業測定を行う

表－5.5.2(7)　土工において安全面からみたＩＥの適用工程と適用手法に関する検討

工程	作業	問題点	原因	特徴	ＩＥ手法の適用の検討			
					目的	測定・分析手法	測定対象	備考
運搬	運搬作業	－粉塵等の衛生管理上の問題点がある －事故災害が発生しやすい －作業の床面の状態が悪い	【機械】 －振動、ハンドル操作 －運転席の環境 －振動や騒音 【作業者】 －作業者の技能の不足 －知識不足 －慣れに伴う注意の散漫 【手順】 －ルート選定 －他車とのコンビネーション	－機械中心の作業 －作業者は特定の作業のみを行う －機械の移動距離が長い －作業環境の影響を受け易い －同じ作業の繰り返し －熟練度が要求される	この運搬作業に関わる問題は作業環境の整備、モラル等が中心であり、ＩＥ手法を用いた作業測定による問題解決には適さないものと考えられる			

表－5.5.2(8) 土工において安全面からみたＩＥの適用工程と適用手法に関する検討

工程	作業	問題点	原因	特徴	ＩＥ手法の適用の検討			
					目的	測定・分析手法	測定対象	備考
コンクリート吹付工	コンクリート吹付作業	－危険な環境で作業する －粉塵など衛生管理上の問題がある －事故、災害が発生しやすい －作業の床面の状態が悪い	【機械】 －重い高圧ホースを人が支える －ホースの移動が困難 【作業者】 －作業者の足場が悪く不安定 －急斜面での作業 －疲労が多い －粉塵を身にうける －高齢化	－人手を中心とした作業 －特定の作業を複数人で行う －人の待ち時間が多い －前の作業工程の結果や進捗が影響する －作業者間の連絡が重要 －特殊環境で作業する －作業環境の影響を受け易い －同じ作業の繰り返し	作業測定を行うことにより、危険な環境下で効率的な作業即ち、作業時間の短縮や作業工数の低下のための施工改善のポイントを分析する	－ワークサンプリング －ビデオメモモーション ↓ －作業別時間構成の分析 －作業場所別作業別の時間構成の分析 －作業別、保持物別の時間構成の分析	－作業内容（吹付、移動、保持等） －作業場所（法面部の高さ、非法面部等） －保持部材（パイプ等）の重さ	作業のサイクルタイムが長いことから、離散的な時間サンプリングにより作業測定が可能と考えられる。 作業内容には合図・連絡の項目を設ける

表－5.5.2(9)　土工において安全面からみたＩＥの適用工程と適用手法に関する検討

工程	作業	問題点	原因	特徴	ＩＥ手法の適用の検討			
					目的	測定・分析手法	測定対象	備考
			【作業手順】 －高所における材料等の運搬や設置 －地下水の為に滑り易い 【その他】 －作業通路を明示するが、競合作業では変更が多く遅れぎみとなる －転落、飛来落下の危険性がある	－大きな人力が必要				

表－5.5.3(1)　土工において苦渋面からみたＩＥの適用工程と適用手法に関する検討

工種	作業	問題点	原因	特徴	ＩＥ手法の適用の検討			
					目的	測定・分析手法	測定対象	備考
掘削	掘削作業	－特殊環境で作業する	【機械】 －細かなところが作業できない －オペレークの不可視部分の作業がある －同一機種で全ての作業ができない 【作業者】 －高齢化 －粘性土を扱う場合、力が必要	－人と機械の共同作業 －特定の作業をする作業者が複数いる －幾つもの作業をする作業者が複数いる －機械の待ち時間が多い －機械の作業の制約をうけやすい －後の作業や工程に影響を与える －複数の作業者が同じ作業を行う －特殊な環境で作業する	１）作業者と機械の作業測定 力の入る作業とその時間や工数、機械の待ち時間の低減による全体の作業時間の短縮による、施工改善により苦渋作業の低減を目的とし、作業測定により改善のポイントをあきらかにする	－ワークサンプリング、ビデオメモモーション ↓ －機械の稼働分析（機械の作業別［移動、掘削、待ちなど］）の時間構成 －作業者の作業別の時間構成 －作業別の力を必要とする時間の構造 －作業別姿勢別の時間構成	－作業内容 －機械の稼働状況 －必要とする力と力の必要な作業とその時間 －作業姿勢	作業のサイクルクイムは長いものと考えられるため、離散的な時間サンプリングで作業測定を行う 機械の稼働分析では、手待ち時間と故障時間を分解する。 作業者の作業分析では主体作業と付随作業と手待ちを少なくとも分解する

表－5.5.3(2)　土工において苦渋面からみたＩＥの適用工程と適用手法に関する検討

工程	作業	問題点	原因	特徴	ＩＥ手法の適用の検討			
					目的	測定・分析手法	測定対象	備考
			【その他】 －汚れる作業 －硬い場所は掘り辛い －湧き水や軟弱部での作業が多い	－作業環境の影響をうけやすい －作業の障害物が多い －同じような作業の繰り返し －比較的、大きな力が必要となる作業 －無理な姿勢や緊張を伴う作業	２）機械と作業者の制約の分析 作業全体の作業効率の向上を目的として、機械と作業者の作業の制約関係を分析し、改善のポイントを抽出する	上記の作業測定方法と同じ ↓ 連合工程分析 －マンーマシンチャート	時系列の機械の稼働状況と作業者の作業内容	

表－5.5.3(3)　土工において苦渋面からみたＩＥの適用工程と適用手法に関する検討

工種	作業	問題点	原因	特徴	ＩＥ手法の適用の検討			
					目的	測定・分析手法	測定対象	備考
運搬	ダンプやスクレーパによる運搬作業	－作業環境が悪い	【機械】 －運転席の居住性 －振動を伴う －機種が限定されている 【手順】 －搬路の支持盤盤の造成 【その他】 －雨等で運搬の条件の悪い時の作業苦 －運搬路の走行性 －道路非情の悪さ －適切な搬路の維持	－機械を中心とした作業 －特定の作業のみ行う複数の作業者がいる －移動距離が長い －機械の作業の制約をうける －作業の連絡が重要 －特殊環境で作業する －作業環境の影響を受け易い －同じ作業の繰り返しである －熟練度が必要とされる	運搬作業では作業者の居住性や搬路整備などの改善が中心となるものと考えられ、ＩＥ的な視点は難しいものとみられる。			

表－5.5.3(4)　土工において苦渋面からみたＩＥの適用工程と適用手法に関する検討

工種	作業	問題点	原因	特徴	ＩＥ手法の適用の検討			
					目的	測定・分析手法	測定対象	備考
コンクリート吹付	コンクリート吹付作業	－重たい部材を人手で扱う －人力の必要な作業を伴う －無理な姿勢で作業を行う －作業環境が悪い －作業者の床面の状態が悪い	【機械】 －エアブローによるノズルホース等の反動や振動 －トンネル内の吹付機のような検討が必要 －吹付ホースが硬い 【作業者】 －コンクート吹付時のぶら下がり作業 －コンクリート混合時のほこり、粉塵	－人手が中心の作業 －特定の作業を行う複数の作業員がいる －前の作業・工程（ラス張り・アンカー打）の進捗や結果の影響を受ける －作業者間の連絡が重要 －特殊環境で作業する －作業環境の影響を受け易い －同じ作業の繰り返しである	コンクリートの苦渋部分の作業時間の短縮や省力化や作業の平易化を目的とし、作業研究により施工改善のポイントを明らかとする。 まず、作業別を前提として、姿勢別時間構成や作業環境別（粉塵状態、作業場所［法面の位置］）時間構成、作業の力の有無別の構成をもとに改善のポイントを明らかにする	－ワークサンプリング －ビデオメモモーション ↓ －作業別時間構成 －作業別姿勢別時間構成 －作業別場所別の時間構成 －作業の力の有無（強さ）別の時間構成	－作業状況 －作業姿勢 －作業部位 －作業環境	作業のサイクルクイムは比較的長いと考えられることから、離散的な時間サンプリングで作業測定を行う。または、ビデオ を併用して作業測定を行う

表－5.5.3(5)　土工において苦渋面からみたＩＥの適用工程と適用手法に関する検討

工程	作業	問題点	原因	特徴	ＩＥ手法の適用の検討			
					目的	測定・分析手法	測定対象	備考
			－モルクルのはねかえり －吹付を人手で行っている －高齢化	－比較的、大きな人力を必要とする －重量のある部材を取り扱う －無理な姿勢や緊張を伴う				

表－5.5.4(1)　土工において生産性からみたＩＥの適用工程と適用手法に関する検討

工程	作業	問題点	原因	特徴	ＩＥ手法の適用の検討			
					目的	測定・分析手法	測定対象	備考
運搬	ダンプによる運搬作業	－機械の稼働率が低い －通路直しなどの作業が効率に影響する －予定通りに作業が進まない	【機械】 －１回当たりの運搬量が限定されている 【作業者】 －長時間作業 －技能不足 【その他】 －天候や走行路の影響をうける －残土の捨て場所が遠い －交通事情が悪い	－機械を中心とした作業 －特定の作業のみ行う複数の作業者がいる －機械の待ち時間が多い －機械の移動距離が長い －前の作業・工程（積込）の進捗や結果の影響を受ける －機械の作業の制約を受け易い －複数名が同様の仕事に携わる	当運搬問題は場外への運搬の問題であり、都市部の交通事情や土捨て場の問題が主となるため、ＩＥを適用した施工改善としての問題解決になじまないものと考えられる。			

表－5.5.4(2)　土工において生産性からみたＩＥの適用工程と適用手法に関する検討

工種	作業	問題点	原因	特徴	ＩＥ手法の適用の検討			
					目的	測定・分析手法	測定対象	備考
				－作業者間の連絡が重要 －作業環境の影響をうけすい －同じ作業の繰り返しである －熱練度が要求される				

表－5.5.4(3)　土工において生産性からみたＩＥの適用工程と適用手法に関する検討

工程	作業	問題点	原因	特徴	ＩＥ手法の適用の検討			
					目的	測定・分析手法	測定対象	備考
掘削	掘削作業	－重仮部材を人手で扱う －無理な姿勢で作業を行う －作業者の床面の状態が悪い	【機械】 －作業に死角部が発生する －転石等により掘削機械（バックホー）の作業能率が悪く、故障が多い －稼働が十分でない －立杭掘削ではバケット上下作業が主。また、正確性や細部作業が不足	－人と機械の共同作業 －特定の作業を行う人を中心とした作業 －人の待ち時間が多い －機械の作業の制約をうける －特殊な環境で作業する －暗い場所での作業 －同じ作業の繰り返し －比較的大きな人力が必要	掘削作業の現状を作業測定し、効率的な作業へむけた改善のポイントを抽出する。 安全面や苦渋面で、効率的な掘削作業へむけた作業分析について、説明しており、同様の方法で作業分析を行う。	（安全面や苦渋面での掘削作業の測定、分析方法と同様）	（安全面や苦渋面での掘削作業の測定、分析方法と同様）	

表－5.5.4(4)　土工において生産性からみたＩＥの適用工程と適用手法に関する検討

工程	作業	問題点	原因	特徴	ＩＥ手法の適用の検討			
					目的	測定・分析手法	測定対象	備考
			【作業者】 －熟練者が少ない －細部作業など人手となる －仮設（転圧）等の方法や手順で作業能率が異なる 【手順】 －標準化されていない －作業が複合するため、手順の統一が難しい 【その他】 －作業床が悪い					

(3) ＩＥ手法の適用に関するまとめ

アンケートの結果から，土工へのＩＥ手法の検討は，安全性および生産性の視点が特に重視され，次いで苦渋性の解消の視点が重視される。安全性の視点では掘削，ついで，切土，運搬，コンクリート吹付工程がＩＥの適用工程となる。生産性の面では，運搬，ついで掘削がＩＥの適用工程となる。また，生産性の面からは，掘削，運搬，コンクリートがＩＥの適用工程となる。従って，ＩＥの適用工程は以下に絞られる。

・掘削
・運搬
・コンクリート吹付

このうち，運搬については作業場外での運搬の問題（交通事情，土捨て場までの距離など）が中心であること，操縦席の環境の向上，モラルなどＩＥ手法で取り扱いにくい問題が中心となっている。このため，ＩＥを適用した作業改善は掘削とコンクリート吹付の工程を対象とすることが有効であるものと考えられる。以下，これらの工程へのＩＥの具体的な適用について提案を行う。

1）掘削工程

掘削はバックホーのような掘削機械と作業員がふくそうして作業を行う。掘削工程の問題は，危険性が高く，作業者の作業環境が悪く，機械の生産性も低いことである。これらの問題は以下の特徴が原因となっている。

・掘削機械が細部まで作業できない。また，機械自体の床面の状態が悪く，故障が多い。
・細部の掘削作業は人手で行う。
・上記の結果，機械の死角で作業員が作業するため危険である。また，作業者の作業環境が悪いこと（床面の状態など），力のいる作業や無理な姿勢を伴なうことなどが苦渋性を高めている。

従って，このような掘削工程での改善を行うには，次のような点から検討する必要がある。

・作業の効率化による作業時間の短縮と省力化
　…… 危険や苦渋環境での作業時間の短縮や省力化
・機械と作業者との制約関係からの問題解決
　…… 危険や苦渋環境での作業時間の短縮や省力化，および安全性の向上

このような問題に対しては，ＩＥ手法の適用は有効な問題解決の手段となるものとみられる。以下に掘削工程におけるＩＥ手法の適用について示す。

・掘削機械の稼働の把握 —— 掘削機械の稼働分析
　掘削機械の稼働は十分でないものとみられ，機械を対象として時間研究を行い，稼働分析を行う。
　この分析を通して，機械自体の改善のポイントを抽出する。
・作業者の作業分析 ———— 作業分析
　作業者の作業効率の向上によって危険な環境下での作業時間の

短縮や省力化へ向けた改善のポイントの抽出および苦渋性の定量化による改善のポイントを作業分析により明らかにする。

・作業の制約関係の把握 —— 連合工程分析

作業者と機械の一連の作業の流れを分析し，作業効率の向上や，機械と作業者の危険な状況の発生について分析する。

次に，これらのＩＥの適用に関して有効とみられる具体的な適用方法について述べる。

① 分析レベル

掘削作業のサイクルタイムは工場での作業に比べ長いことから，工場で行われているような作業測定（例えば，1/1000分単位の計測）は適切でないものと考えられる。

掘削作業の特性を考慮すると，分レベルの作業測定でも有効とみられる。このような測定レベルから，必要に応じてレベルを細かくすることが妥当と考えられる。

作業のレベルは，以下のものを想定する。

— 主体作業（掘削など）

— 付随作業（移動，準備，連絡など）

— 待ち（手待ち，故障）

② 測定

作業測定には，ストップウォッチ法，ビデオメモモーション法，ワークサンプリング法などが考えられる。しかし，以下の点から離散的な時間サンプリングによるワークサンプリング法による観測が有効とみられる。

— サイクルタイムが比較的に長く，①の分析・測定レベルに対応できる。

— 工場の作業測定で行われるようなランダムサンプリングをする必要なく，一定の時間間隔の測定が可能と考えられる。

— １人の観測者で複数の測定対象を測定できる。

機械と作業者の制約関係等をミクロ的に分析する場合には，ビデオメモモーション法による測定も併用するものとする。

測定においては，危険性の評価をするために，機械と人との位置関係（機械作業半径の内か外か，または機械と作業者の距離）を記録するものとする。

③ 集計および分析

測定データを目的にそって集計し，以下の分析を行う。

ａ）機械の稼働分析

ｂ）作業者の作業分析

ｃ）作業の制約の分析

ａ）機械の稼働分析

機械の稼働を表－5.5.6のように整理し，機械自体の改善ポイントを抽出する。

表－5.5.5　作業測定シートの例

観測時刻	作業者							
	作業者A							作業者B
	主体作業 イロハニ	付随作業 abcd	その他 ABC	待ち	機械に対する作業位置 半径内外	機械に対する作業位置 距離	必要な力	作業姿勢	
: : : :									

観測時刻	機械A					機械B
	主体作業	付随作業	その他	待ち	故障	———
	掘—— 削	移準—— 動備	あいう			
: : : :						

表－5.5.6　機械の稼働分析シートの例

機械名	作業別稼働時間				待ち時間	故障時間
	主体作業	付随作業	その他	小計		
	abc	ABC	ｲﾛﾊ			

b）作業者の作業分析

作業者の作業測定の結果を，表－5.5.7のような表に分析し，付随作業の多いもの，待ち作業の多いものを抽出し，施工改善を検討する。

表－5.5.7　作業の時間構成・工数構成の分析シートの例

作業名	主体作業		付随作業		その他作業	待ち
		a b c		ｲ ﾛ ﾊ		
A						
B						
C						

作業者の苦渋性の視点から，表－5.5.8のような表に整理し，力の必要な作業を抽出し，

機械化のポイントを抽出する。同様に，表－5.5.9のような表にデータを整理し，姿勢と作業の関係から改善のポイントを明らかにする。

表－5.5.8　作業者の必要とする人力別の時間構成・工数構成の分析シートの例

作業名	必要とする力（kg）		
	小（～10kg）	……	大（30kg～）
A B C			

表－5.5.9　作業者の姿勢別の時間構成・工数構成の分析シートの例

作業名	作業姿勢			
	しゃがんだ姿勢	中腰	……	直立
A B C				

c）作業の制約関係の分析

機械と作業者の共同作業における作業の制約関係や危険性について分析を行う。

掘削機械の作業半径内での作業は，掘削機械に死角が存在し，危険な作業となる。このような機械の作業半径内の作業の状況を表－5.5.10の形で整理し，問題点を抽出する。

表－5.5.10　作業者の位置別の時間構成・工数構成の分析シートの例

作業名	機械の作業半径外	機械の作業半径内（機械と作業者の距離）			
			近い	←→	遠い
A B C					

作業者や機械の待ちの発生の状況や作業の流れを，作業の制約関係の視点から分析する。このような作業の制約関係の分析では，マンーマシンチャート分析が有効な方法である。表

－5.5.11のようなマン－マシンチャートに整理し，改善のポイントを抽出する。

表－5.5.11　作業のマン－マシンチャート分析

	時間（分） 0　　5　　10　　15
機械A	←待ち――――――――――→←―運搬――→
機械B	←掘削――→←移動→←―積込→
作業者a	←掘削→←―運搬――→←待ち――→
作業者b	←―合図――→←―――――
作業者c	←待ち――――――→

2）コンクリート吹付作業

① 分析レベル

コンクリート吹付作業のサイクルタイムも工場での作業に比べ長いことから，工場で行われているような作業測定（例えば，1/1000分単位の計測）は適切でないものと考えられる。

コンクリート吹付作業においては，分レベルの作業測定でも有効とみられる。このような測定レベルから，必要に応じてレベルを細かくすることが妥当と考えられる。

作業のレベルは，以下のものを想定する。

― 主体作業（掘削など）

― 付随作業（移動，準備，連絡など）

― 待ち（手待ち，故障）

② 測定

作業測定には，ストップウォッチ法，ビデオメモモーション法，ワークサンプリング法などが考えられる。しかし，以下の点から離散的な時間サンプリングによるワークサンプリング法による観測が有効とみられる。

― サイクルタイムが比較的に長く，①の分析・測定レベルに対応できる。

― 工場の作業測定で行われるようなランダムサンプリングをする必要なく，一定の時間間隔の測定が可能と考えられる。

― 1人の観測者で複数の測定対象を測定できる。

コンクリート吹付作業は，人手を中心とした作業であり，測定対象は作業者に限定することができる。

表－5.5.12　作業測定シートの例

観測時刻	作業者							
	作業者A							作業者B
	主体作業	付随作業	その他	待ち	力・保持部材	作業姿勢	作業場所	
	fun=	abcd	ABC				法面練場所	
:								
:								
:								
:								

③　集計および分析

上記の作業測定の結果を用いて，次のようなデータの整理および分析により施工改善のポイントを抽出する。

・作業の効率の改善

・作業の苦渋性の改善

コンクリート吹付作業は，高所等の危険環境や，粉塵などが発生している悪い作業環境のもとで行われる。これらの場所において，効率的な作業が行われているか，行われていないとすればどこが問題かを明確にし，施工改善のポイントを抽出するために，表－5.5.13のようにデータを整理する。

作業者の苦渋性の視点から，表－5.5.14，5.5.15のような表に整理し，力の必要な作業や，作業姿勢の悪い作業を抽出し，苦渋性の面から見た改善のポイントを明らかにする。

表－5.5.13　作業の時間構成・工数構成の分析シートの例

作業名	主体作業		付随作業		その他作業	待ち
		a b c		イ ロ ハ		
吹付						
混練						
┊						

表－5.5.14　作業者の必要とする人力別の時間構成
・工数構成の分析シートの例

作業名	必要とする力（kg）または保持部材（ホースなど）		
	小（～１０kg）	――――	大（３０kg～）
吹付			
――			

表－5.5.15　作業者の姿勢別の時間構成・工数構成
の分析シートの例

作業名	作業者の姿勢			
	宙吊り	中腰	――――	直立
吹付				
┊				

5.5.2　海洋土木工（離岸堤）

(1)　ＩＥ手法適用の視点と工程

アンケート調査結果から，ＩＥ手法の適用の視点ならびに，改善すべき工程を表－5.5.16に示す。

海洋土木工（離岸堤）へのＩＥ手法適用の視点は，安全性の向上からの検討が特に重要視され，次いで生産性の向上，苦渋性の解消となっている。

海洋土木工では，作業が海中で行われるものが多いため，作業者が潜水する必要があるが，この潜水作業が，他の業種や土木工種と大きく違う点である。潜水作業であるため，潜水服の着用によって作業性が悪く，また作業時間も限られる。さらに海中の状態（波，うねり，泥による視界のさまたげ等）によって作業の急険度，苦渋性，生産性が大きく異なるという特徴を持っている。こういった状態の中で，ブロックや捨石の投入について，人手の力をかなり必要としているところが，海洋土木工（離岸堤）の大きな問題であるといえる。

表－5.5.16　海洋土木工におけるＩＥの適用の視点と適用工程

		安全性の向上	苦渋性の解消	生産性の向上
工法全体で見た場合の重要度（５段階評価平均点）		非常に高い（４．４）	高い（４．０）	高い（４．２）
工程別重要度	基礎床掘浚渫	△	△	△
	捨石投入均し	○	◎	◎
	捨石締固		○	
	基面均し	○	○	○
	ブロック投入	◎	○	○

◎はアンケート回答者の40%以上回答、○は10～40%回答、△は回答者あり）

(2)　ＩＥ手法の適用に関する検討

表－5.5.17から5.5.19には海洋土木工（離岸堤）に関して，ＩＥ手法の適用に関する検討結果を示す。

表－5.5.17(1)　海洋土木工（離岸堤）において安全面からみたＩＥの適用工程と適用手法に関する検討

工程	作業	問題点	原因	特徴	ＩＥ手法を用いた対策の検討			
					目的	測定・分析手法	測定対象	備考
ブロック投入	ブロック据付作業	・危険な環境（海中）で作業する ・潜水作業であるため常に命の危険がある ・事故、災害が発生しやすい ・作業の床面の状態が悪い	【機械】 ・フローティングクレーンとの作業であるため、船の動揺が、ブロックの玉掛、脱着作業に影響する 【作業者】 ・ヘルメット式潜水なので動きが鈍い ・高齢化が進んでいる	・人と機械の共同作業 ・作業の途中に作業者間の連絡が重要である ・海中で作業する ・作業環境の影響を受けやすい ・重量のある部材を取り扱う ・位置をきめるのに手間がかかる ・同じような作業の繰り返しである	①海中作業者の作業性を向上させる（危険な作業をなくす、減少させる） ↓ ・作業しやすい潜水具の開発 ・海中での作業を補助する機械器具の開発	・ビデオによる作業測定 ↓ ・作業者工程分析 ↓ ・サーブリック分析による動作研究	・海中作業者の作業	・水中での撮影となるので専用の機材とカメラマンが必要

表－5.5.17(2)　海洋土木工（離岸堤）において安全面からみたＩＥの適用工程と適用手法に関する検討

工種	作業	問題点	原因	特徴	ＩＥ手法を用いた対策の検討			
					目的	測定・分析手法	測定対象	備考
ブロック投入	ブロック据付作業		【作業環境】 ・離岸堤の設置水域は海象条件の悪いところが多い ・海中作業の視界が悪い 【作業手順】 ・ブロック据付が海中のため合図が的確に伝わらない		②作業者同士の合図や確認をスムーズにする（合図の確認ミスをなくす） ↓ ・合図や確認すべき箇所とその方法を見直す	・ビデオによる作業測定 ・作業者連合分析によって作業者どうしの作業の関係を分析する。	・海中、海上作業者（合図確認者）	・作業グループを単位として測定する ・撮影対象が1箇所ではないので、同時に数台のカメラを回す必要がある
					③機械と作業者の制約関係を分析する ↓ ・作業の効率を上げ、危険作業の時間を短くする	・ビデオによる作業測定 ・作業者とクレーンの連合工程分析	・海中作業者とクレーン	・撮影対象が1箇所ではないので、同時に数台のカメラを回す必要がある

表－5.5.18(1) 海洋土木工（離岸堤）において苦渋面からみたＩＥの適用工程と適用手法に関する検討

工程	作業	問題点	原因	特徴	ＩＥ手法を用いた対策の検討			
					目的	測定・分析手法	測定対象	備考
捨石投入均し	捨石均し作業	・重たい部材を人手で扱う ・作業環境が悪い ・作業の床面の状態が悪い	【機械】 ・機械の力を借りる作業であるが、その力は主として垂直方向であり水平方向の移動は人力で行う 【作業者】 ・流れの影響を受けるため、体力の消耗が激しい	・船中作業（機械）と海中作業（人）の共同作業である ・作業の途中に作業者間の連絡が重要である ・作業環境の影響を受けやすい ・熟練度が要求される ・比較的大きな人力が必要な作業 ・位置を決めたり、考えたりするのが頻繁である	①海中作業において一番不安定な状態になる作業を抽出する	・ビデオによる作業測定 ・作業者工程分析 ↓ ・工程別の体力消耗度を分析	・海中作業者	・水中での撮影となるので専用の機材とカメラマンが必要
					②上記によって抽出された作業の動作を分析する ↓ ・体力消耗動作を分析し、機械化を検討する	・サーブリック分析	・同上	

表－5.5.18(2)　海洋土木工（離岸堤）において苦渋面からみたＩＥの適用工程と適用手法に関する検討

工程	作業	問題点	原因	特徴	ＩＥ手法を用いた対策の検討			
					目的	測定・分析手法	測定対象	備考
捨石投入均し	捨石均し作業		【作業者】 ・作業者が浮力を受けるため足元が安定しない ・潜水夫の不足 【作業手順】 ・気象による影響を受けやすく、手順が一定でない ・離岸堤の設置水域は海象条件の悪いところが多い	・複数の人が分担して作業を行う	③作業者の作業と機械の作業の関係を調べる ↓ ・人力による作業を機械に代行させ、苦渋性を解消する	・ビデオによる作業測定 ・連合工程分析（ﾏﾝｰﾏｼﾝﾁｬｰﾄ）による作業分析	・ガット船クレーンと海中作業者	・撮影対象が１箇所ではないので、同時に数台のカメラを回す必要がある

表－5.5.19(1) 海洋土木工（離岸堤）において生産性からみたＩＥの適用工程と適用手法に関する検討

工程	作業	問題点	原因	特徴	ＩＥ手法を用いた対策の検討			
					目的	測定・分析手法	測定対象	備考
捨石投入均し	捨石均し作業	・作業管理が難しい ・予定どうり作業が進みにくい ・作業スピードが充分でない ・機械の稼働率が低い	【機械】 ・旋回式のクレーンを持たない潜水士船が多い ・均し位置ぎめを潜水士の指示によって行う（位置制御が機械でできない） 【作業者】 ・海中での作業であり行動速度が遅い	・船中作業（機械）と海中作業（人）の共同作業である ・作業の途中に作業者間の連絡が重要である ・作業環境の影響を受けやすい ・熟練度が要求される ・比較的大きな人力が必要な作業 ・位置を決めたり、考えたりするのが頻繁である	①機械の稼働状況を上げる ↓ ・主体作業、付随作業などに区分けして作業分類し、その作業別の稼働状況を把握する	・ビデオメモモーションによるワークサンプリング	・ガット船のクレーンの稼働状況	
					②作業者同士の合図や確認をスムーズにする ↓ ・合図や確認の機械化による作業のスピードアップを目指す	・ビデオによる作業測定 ・作業者連合分析によって作業者どうしの作業の関係を分析する。	・海中、海上作業者（合図確認者）	・作業グループを単位として測定する ・撮影対象が１箇所ではないので、同時に数台のカメラを回す必要がある

表－5.5.19(2)　海洋土木工（離岸堤）において生産性からみたＩＥの適用工程と適用手法に関する検討

工種	作業	問題点	原因	特徴	ＩＥ手法を用いた対策の検討			
					目的	測定・分析手法	測定対象	備考
捨石投入均し	捨石投入均し作業		【作業者】 ・海中の視界、波、うねり等の影響を受けやすい ・作業者の高齢化が進んでいる 【作業手順】 ・工程管理が作業者まかせである		③作業者の作業と機械の作業の関係を調べる ↓ ・機械化施工によって、作業効率が最も高くなる作業を抽出する	・ビデオによる作業測定 ・連合工程分析（マンーマシンチャート）による作業分析	・ガット船クレーンと海中作業者	・撮影対象が１箇所ではないので、同時に数台のカメラを回す必要がある

(3) ＩＥ手法の適用に関するまとめ

アンケート結果から，海洋土木工での施工改善については，安全性の向上という視点からはブロック投入作業についての改善が望まれている。また，苦渋性，生産性の面からは捨石投入均し作業についての改善が望まれている。従ってここでは，ＩＥ手法の適用工程としてこの２つに絞って検討を行う。

1）ブロック投入作業

ブロック投入作業はフローティングクレーンと潜水士が共同で作業を行う。すなわちクレーン船で投入したブロックを水中の潜水士が所定の位置に設置しなければならない。この作業においては，作業の危険性が高く，作業者の作業環境も悪い。これらの問題は以下のような特徴によるものである。

・フローティングクレーンとの共同作業であるため，船の動揺がブロックの玉掛け，脱着作業に影響する。
・作業者はヘルメット式潜水なので動きが鈍い。
・作業者の高齢化が進んでいる。
・海中作業であるため，作業の床面が安定しない。
・離岸堤の設置水域は海象条件の悪い所が多い。
・海中作業においては視界が悪い。
・ブロック据付が海中のため，作業者のクレーンオペレーターへの合図が的確に伝わらない。

したがって，このようなブロック据付作業での安全性向上のための作業改善を行うには，次のような点から検討する必要がある。

・海中作業での作業性を向上させる
　―― 作業性の悪さから発生する危険を減少させる
・作業者どうしの合図の確認をスムーズにする
　―― 合図や確認のミスから発生する危険をなくす
・海中作業の作業時間を短縮させる
　―― 位置決めなどの時間がかかる作業の作業時間を短縮させ，危険作業の時間をなるべく短縮させる

このような点に対して有効に適用されるＩＥ手法としては，以下のようなものを提案することができる。

・作業者の動作の把握 ―― 作業者の動作分析
　作業者の一連の作業から作業性の悪い作業を抽出し分析を行う。この分析を通して，作業しやすい潜水具の開発や，作業を補助する機械器具の開発に結び付ける。

・作業者どうしの作業の制約関係の把握 —— 作業者連合分析（マン－マンチャート分析）
海中作業者とクレーンオペレータとの作業の，合図や確認による制約状況を分析する。
この分析を通して，合図や確認をすべき箇所の再確認とその方法を見直す。

・作業者と機械の作業の制約関係の把握 —— 連合工程分析（マン－マシンチャート分析）
作業者と機械の一連の流れを分析し，作業効率の向上によって，危険作業時間を短くする。

以下にこれらのＩＥ手法を適用する際の，具体的適用方法について述べる。

① 作業者の動作の把握

a 分析レベル

ブロック投入作業のサイクルタイムは工場での作業に比べ長いことから，工場で行われているような，作業測定（例えば1/1000分単位の計測）は適切でないと考えられる。よってここでは分レベルでの作業測定でも充分である。

b 測定

作業測定には，ストップウォッチ法，ワークサンプリング法，ビデオタイムスタディなどがあるが，ここではビデオによる作業測定が有効と考えられる。その理由としては，以下のことが上げられる。

・測定対象が海中作業者であるため，作業現場での実際の記述（ストップウォッチ法，ワークサンプリング法）は不可能といってよい。
・ブロック投入作業は同じような作業の繰り返しであるので，作業の周期が極めて長いわけではない（ビデオでも対応できる）。

作業者の動作をさらに細かく分析するときには，ビデオマイクロモーション法による測定も併用するものとする。

c 調査票

ビデオ撮影した作業者の作業を以下のような表－5.5.20のような作業測定シートにまとめる。

表－5.5.20　作業者の作業測定シートの例

観測時間	作業者				作業性	理由
	主体作業 イ ロ ハ ニ	付随作業 A B C D	その他 a b c	待ち		

d　集計・整理方法

③で測定された作業の中から，作業性の悪い作業を抽出して，作業者の動きを分析する。作業性の悪いものについてサーブリック法を用いて要素動作に分けて分析を行う。

表－5.5.21にその分析シートの例を示す。得られた結果から，問題となる動作を軽減させる潜水具や補助機械器具を開発する。

表－5.5.21　サーブリック分析シートの例

左　手			目		右　手	
動作要素		サーブリック記号			動作要素	
1	手をのばす	TE	Sh	UD	手待ち	1
2	○○をつかむ	G	Pn	↓	↓	2
3						3
4						4
5						5
6						6

② 作業者どうしの作業の制約関係の分析

a 分析レベル

①と同様。

b 測定

①と同様。ただし測定対象は海中作業者とクレーンオペレータとなる。測定シートの例を表－5.5.22に示す。

c 集計・整理方法

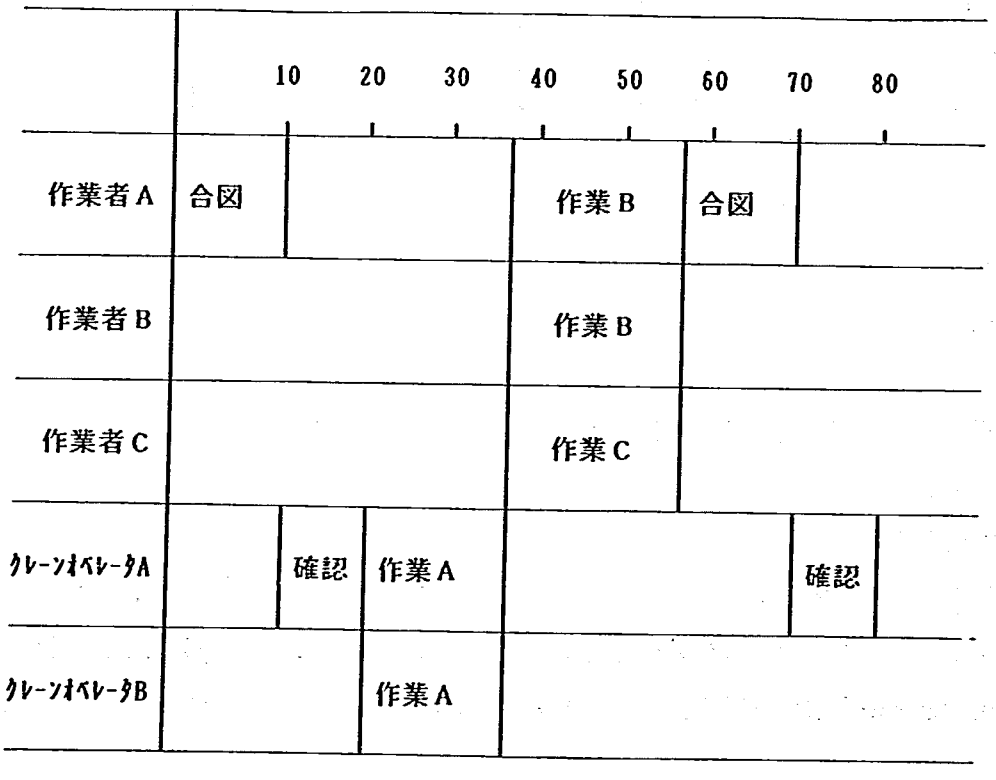
集計・整理方法としてはマン－マンチャートを用いて分析する。これにより，海中作業者とクレーンオペレータの間で，合図や確認がどのように行われているかを分析し，合図や確認すべき箇所とその方法わ見直す。表－5.5.23にはマン－マンチャート図の例を示した。

表－5.5.22　作業者相互の作業測定シートの例

観測時刻	作業者							
	海中作業者A				クレーンオペレータA			
注）→	主作業 イロハニ	付随作業 イロハニ	合図確認	手待ち	主作業 イロハニ	付随作業 イロハニ	合図確認	手待ち
：								
：								
：								
：								

注）各個別の作業を記入する

表－5.5.23　マン－マンチャートの例



③ 作業者と機械の制約関係の分析

a 分析レベル

①と同様。

b 測定方法

①と同じ。ただし測定対象は海中作業者とクレーンとなる。

c 集計・整理方法

集計・整理方法としてはマン－マシンチャート図を用いる。これにより海中作業者とクレーンの作業の制約を分析し，作業効率を向上させる方策を立案する。マン－マシンチャート図の例を表－5.5.24に示した。

表－5.5.24 マン－マシンチャート分析の例

	10	20	30	40	50	60	70	80
作業者A	作業A			作業D			作業F	
作業者B				作業D				
作業者C				作業D				
機械A		作業B	作業C		作業E			

2）捨石均し作業

捨石均し作業は，1）で検討したブロック据付作業を同じような問題，特徴があるが，以下のような理由から作業の苦渋性の改善が望まれている。

・捨石の大きさによっても異なるが，ブロック投入よりも人力に頼る。つまり，最後の均し作業は，全くの人力のみで行う場合がある。

・機械の力を借りても，その力は主として垂直方向の力であり，水平方向の移動はいずれにしても人力で行う必要がある。

また，生産性という視点でも以下のような理由から改善が望まれている。

・均し位置決めは機械による制御ができず，潜水士の指示に頼る。

・工程管理が作業者まかせである。

・海中での作業であり行動速度が遅い。

・旋回式のクレーンを持たない潜水士船が多い。

このような問題に対して有効に適用されるＩＥ手法としては，ブロック投入作業で検討した手法とほぼ同様なものが考えられるが，その視点を苦渋性の解消，生産性の向上において行うべきである。また，生産性の面からは，機械の稼働率を上げる方策を立案することも考えられる。

・機械の稼働率の把握 —— ワークサンプリング
クレーン，ウインチなどの稼働状況を把握して，主体作業と付随作業を区分けする。次に主体作業の稼働率の上昇方策を立案する。

・作業者の動作の把握 —— 作業者の動作分析
作業者の一連の作業から，体力の消耗度の大きい作業を抽出し分析する。
この分析を通して，機械化施工による苦渋性の解消を目指す。

・作業者どうしの作業の制約関係の把握 —— 作業者連合分析（マンーマンチャート分析）
海中作業者とクレーンオペレータとの作業の，合図や確認による制約状況を分析する。
この分析を通して，合図や確認をすべき箇所の再確認とその方法を見直す。

・作業者と機械の作業の制約関係の把握 —— 連合工程分析（マンーマシンチャート分析）
作業者と機械の一連の流れを分析し，作業効率の向上によって，危険作業時間を短くする。

① 機械の稼働率の把握

a 分析レベル

捨石均し作業のサイクルタイムは工場での作業に比べ長いことから，工場で行われているような，作業測定（例えば1/1000分単位の計測）は適切でないと考えられる。よってここでは分レベルでの作業測定でも充分である。

b 測定

作業測定には，ワークサンプリングを用いるが，その際にはビデオを用いたビデオワークサンプリング法が有効と考えられる。その理由としては，以下のことが上げられる。

・測定対象が海中作業者であるため，作業現場での実際の記述（ストップウォッチによる計測と記述）は不可能といってよい。

・ビデオメモモーション法を使えば，比較的長時間の作業でもワークサンプリングが可能である。

c　調査票

ビデオ撮影した機械の作業を以下のような表－5.5.25のような作業測定シートにまとめる。

表－5.5.25　機械の稼働分析シートの例

機械名	作業別稼働時間				
時間	主体作業	付随作業	その他	待ち	故障
	イ ロ ハ ニ	A B C D	a b c		
0:00	1　　1	1　1			
0:30			1	1	
1:00		1			
1:30	1 1				
2:00	1 1				
計					
%					

② その他の作業分析

作業者の動作の把握，作業者どうしの作業の制約，作業者と機械の作業の制約についてはブロック投入作業と同様の方法で分析を行う。ただし，計測する際の視点を苦渋性，生産性においておこなうべきである。

5.5.3　トンネル工（山岳トンネル発破工法）

(1)　ＩＥ手法適用の視点と工程

アンケート調査結果からＩＥ手法の適用の視点ならびに，改善すべき工程を表－5.5.26に示す。

山岳トンネル発破工法へのＩＥ手法適用の視点は，安全性の向上からの検討が特に重要である。当工法においては，危険物である火薬をあつかわなければならず，この扱いに間違いがあると重大事故を引き起こす恐れがある。従ってＩＥ適用工程も掘削工程が指摘されている。苦渋性の解消，生産性の向上という視点は，安全性と比べるとプライオリティが低いが，支保工におけるコンクリート吹付作業での粉塵等による苦渋性，発破後の当たり取り作業における能率などの問題が指摘されている。

表－5.5.26　トンネル工におけるＩＥの適用の視点と適用工程

		安全性の向上	苦渋性の解消	生産性の向上
工法全体で見た場合の重要度（５段階評価平均点）		非常に高い（４．８）	高い（４．４）	高い（４．３）
工程別重要度	準備工			△
	掘削	◎	○	○
	ズリ搬出	△	○	○
	支保工	○	◎	○
	二次覆工		△	

◎はアンケート回答者の50％以上回答、○は10～40％回答、△は回答者あり）

(2)　ＩＥ手法の適用に関する検討

表－5.5.27から5.5.29には山岳トンネル発破工法に関して，ＩＥ手法の適用に関する検討結果を示す。

表－5.5.27(1)　山岳トンネル発破工法において安全面からみたＩＥの適用工程と適用手法に関する検討

工程	作業	問題点	原因	特徴	ＩＥ手法を用いた対策の検討			
					目的	測定・分析手法	測定対象	備考
掘削	穿孔作業	・衛生上の問題がある（粉塵等） ・作業手順をミスする場合がある ・穿孔位置によって危険度が高い場合がある ・作業の床面の状態が悪い	・不用意に切羽に近づく ・トンネル内の作業である ・切羽の安定の確認が完全にできない ・作業者の不注意がある	・人と機械の共同作業 ・大型機械を使用する場合もある ・暗い場所での作業 ・地山の状態に影響される	①危険箇所の状況を把握する（不用意に危険箇所に近寄らないようにする）	・作業日報などに危険箇所を記入する ・レイアウト分析	・作業坑内	・危険度の数値的な解析も必要
					②機械の稼働率を上げ、危険箇所での作業時間短縮に役立てる	・ビデオワークサンプリング ・ビデオによる作業測定 ・作業測定結果を連合工程分析（マン－マシンチャート）	・機械の稼働率 ・機械と作業者との作業の関係	

表－5.5.27(2)　山岳トンネル発破工法において安全面からみたＩＥの適用工程と適用手法に関する検討

工程	作業	問題点	原因	特徴	ＩＥ手法を用いた対策の検討			
					目的	測定・分析手法	測定対象	備考
掘削	火薬装填作業	・危険物の取り扱いがある ・事故災害が発生しやすい ・危険な環境で作業する ・作業の床面の状態悪い ・熱練工を要する	・作業者の不注意がある ・坑内が暗い ・切羽の安定の確認が完全にできない ・火薬の装填場所が状況によって違う ・トンネル内の作業である	・人手が中心の作業（複数） ・繰り返し作業と熟練の要する作業とに分かれている ・作業の途中に作業者間の連絡が重要 ・他の作業者の影響を受け易い ・位置を決めるのに時間がかかる ・暗い場所での作業 ・地山の状態に影響される	①作業者の不注意を抽出する（危険発生の原因となるような動作、行動を把握する）	・ビデオによる作業測定 ・サーブリック分析	・複数の作業者の作業手順と作業動作	・撮影場所が暗所である ・作業グループを単位として測定する
					②作業者同士の作業手順上の問題点を抽出し、機械化施工によっての解決を目指す	・ビデオメモモーション法 ・上記で得たデータを連合工程分析（マンーマンチャート）	・火薬運搬、装填作業における作業者同士の制約	・工事現場の特徴をよく踏まえる

表－5.5.27(3)　山岳トンネル発破工法において安全面からみたＩＥの適用工程と適用手法に関する検討

工程	作業	問題点	原因	特徴	ＩＥ手法を用いた対策の検討			
					目的	測定・分析手法	測定対象	備考
支保工	建て込み作業	・衛生上の問題がある（湿度等） ・作業の床面の状態が悪い ・事故、災害が発生し易い ・危険な環境で作業する	・トンネル内である ・機械の構造上足場を組み立てることができない場合がある ・切羽に近づかなければならない	・人と機械の共同作業 ・他の人の作業の制約を受け易い ・機械の待ち時間が多い ・暗い場所での作業	・危険な作業をなるべく機械に行わさせる方策立案のための検討材料を作る	・ビデオメモモーション法 ・得られたデークからの連合工程分析	・作業者相互の作業 ・作業者と機械の共同作業	・撮影場所が暗所である ・作業グループを単位として測定する
					・作業者にとっての危険な作業動作を減らす	・ビデオによる作業測定 ・サーブリック分析により、危険な行動を分析を抽出しこれを減少、またはなくす方策を検討する	・作業者の細かな動作	

表－5.5.28(1)　山岳トンネル発破工法において苦渋面からみたＩＥの適用工程と適用手法に関する検討

工程	作業	問題点	原因	特徴	ＩＥ手法を用いた対策の検討			
					目的	測定・分析手法	測定対象	備考
ズリ搬出	ズリ積込・運搬作業	・衛生上の問題がある（重機の排ガス） ・作業環境が悪い（高湿度、視界が悪い） ・坑内と坑外の気温の差が大きい	・ディーゼルエンジンからの排ガスの換気が不充分 ・この排ガスのため空気が悪いだけでなく視界も悪い	・機械が中心の作業 ・機械作業の制約を受け易い ・同じような作業の繰り返しである ・熟練度が要求される ・作業の途中で、作業者間の連絡が重要である	①高効率的な機械配置や、工程の順序を検討する	・流れ分析	・作業者、機械やズリの坑内での流れ	・平面的な関係だけでなく、地形も考慮にいれる
					②作業者と作業者、また作業者と機械の制約をなるべく減らし、作業性を向上させる	・ビデオメモモーション法 ・作業者と作業者、作業者と機械の連合工程分析	・作業者、機械の作業	・非常に環境の悪い状態での撮影となる
					③どの作業の機械の稼働率が低いかを調べ、機械稼働率を上げるように作業を工夫する	・ビデオワークサンプリング ・機械の稼働状況を時系列で測定する	・機械の稼働率	

表－5.5.28(2)　山岳トンネル発破工法において苦渋面からみたＩＥの適用工程と適用手法に関する検討

工程	作業	問題点	原因	特徴	ＩＥ手法を用いた対策の検討			
					目的	測定・分析手法	測定対象	備考
支保工	コンクリート吹付作業	・作業環境が悪い ・作業者の床面の状態が悪い ・無理な姿勢で作業する ・作業者の休憩がとりづらい	・コンクリート吹付時に粉塵が発生する（熱線度によっても違う） ・発破後の不安定な場所での作業である ・吹付は迅速に連続で行わなければならない	・人と機械の共同作業 ・同じような作業の繰り返しである ・特殊な環境で作業する ・無理な姿勢で作業する ・熱線度が要求される ・作業が発破工程に影響される	①作業者の作業を分析し、無理な姿勢での作業を改善する	・ビデオによる作業測定	・作業者姿勢別の作業	・暗所での撮影であるだけでなく粉塵対策も必要
					②作業者の細かな動作を分析し、粉塵発生が少ない動作を確立する	・ビデオによる作業測定 ・サーブリック分析	・熱線工の作業	・分析対象者は熱線工である必要がある

表－5.5.29(1)　山岳トンネル発破工法において生産面からみたＩＥの適用工程と適用手法に関する検討

工程	作業	問題点	原因	特徴	ＩＥ手法を用いた対策の検討			
					目的	測定・分析手法	測定対象	備考
掘削	当たり取り作業	・予定通り作業が進まない ・作業効率が悪い ・余分な作業である	・発破工法においては掘削精度を制御する機能がない ・作業者のカン経験による所が多く、技術の水平展開ができない ・作業場所（切羽）によって作業効率が左右される	・人と機械の共同作業である ・一人でいくつもの作業をする ・熟練が必要である ・作業手順が標準化されていない ・位置を決めたり、考えたりするのが繁雑である ・作業環境の影響を受け易い	①作業動作の標準化を図る（動作を細かく分析し、効率的な作業動作を確立する）	・ビデオによる動作研究（マイクロモーション法）	・熟練工の作業	・熟練工を対象とする必要がある
					②作業手順の標準化を図る	・ビデオワークサンプリング	・主体作業と付随作業	

表－5.5.29(2)　山岳トンネル発破工法において生産面からみたＩＥの適用工程と適用手法に関する検討

工程	作業	問題点	原因	特徴	ＩＥ手法を用いた対策の検討			
					目的	測定・分析手法	測定対象	備考
掘削	当たり取り作業		・機械（バケットの向き等が当たりを取り易い角度にならない		③既存資料で工数がどの作業で発生しているのかを分析する	・作業日報等	・作業別の工数	
					④作業手順を確立する（作業者と機械の効率の良い作業手順を考える）	・上記資料等を基にして作業者工程分析、連合工程分析等を行う	・機械と作業者の制約関係 ・機械の稼働率	

表－5.5.29(3)　山岳トンネル発破工法において生産面からみたＩＥの適用工程と適用手法に関する検討

工種	作業	問題点	原因	特徴	ＩＥ手法を用いた対策の検討			
					目的	測定・分析手法	測定対象	備考
支保工	ロックボルト	・予定通り作業が進まない ・削孔作業が全体の効率を左右する ・機械の稼働率が低い ・地山の条件に作業効率が左右される	・地山自体に問題がある場合が多い ・一般に用いられているジャンボが発破孔の穿孔には適しているが、ロックボルトには不向きである ・トンネル内の作業である（作業スペースが狭い）	・人と機械の共同作業 ・機械の待時間が長い ・機械の作業の制約を受け易い ・複数の人が分担して同時に異なる作業を行う。 ・熟練度が要求される	①機械の稼働状況を調べて、稼働率の悪い原因を分析する	・ビデオワークワンプリング法	・機械の待ち時間	
					②機械と作業者の作業の制約状況を分析して、制約を減らす	・ビデオメモモーション法 ・連合工程分析	・作業者と機械の制約状況	
					③作業場での一連の機材の流れを調べて、効率のよい経路を考える	・経路分析	・ジャンボやその他機材	

(3) ＩＥ手法の適用に関するまとめ

アンケートの結果から，トンネル工での施工改善については，安全性の向上という視点からの改善が望まれていることが判った。

安全性を向上するためにＩＥの適用を考える場合には，穿孔作業，火薬装填作業などの掘削作業を第一に，次いで支保工の際の建て込み作業を第二に対象とするべきである。穿孔作業においては，安全性の確認が完全にできない切羽に近づいて作業を行わなければならず，崩れ落ちる可能性がある。また火薬装填は爆発の恐れがあり，非常に危険である。支保工における建て込み作業は，発破が終わったばかりの坑内でしかも床面の状態が悪く機械化施工が望まれる工程である。

危険度が最も高い火薬装填作業においては，

① 複数の人手が中心の作業

② 暗い場所での作業

③ 地山の状態に作業が影響される

という特徴を持つ。特にＩＥを適用する場合には工場における作業とは全く異なっていることに注意しなければならない。火薬装填作業が人間中心の作業であるため，測定対象は人に限られる。このような作業の特徴を踏まえて，以下の手法を利用して作業分析を行うことが考えられる。

・作業者の動作の把握 …… 動作分析レベルとして，作業者の一連の動作や手順をビデオで撮影しこれを把握する。撮影対象は作業者個人レベルである。

・作業者の動作の分析 …… 上記の撮影で得たビデオを用い，作業者の動作をサーブリック分析を行い，作業者の不注意や不手際の要素動作を分析する。

・作業の制約関係の把握 … ビデオメモモーション法を用いて作業グループの作業を撮影する。このビデオを用いて作業者同士の制約関係を明らかにする。作業要素間の相互関連の整理方法としては，火薬運搬，装填などのさらに細かい作業別に作業者同士の制約関係をマンーマンチャートによって分析を行う。この結果から制約が起きる作業の手順の改善や機械化施工による解決を目指す。

これらの作業はトンネル坑内という特殊な環境であるため，測定者を作業場所内に常駐させることは難しいものとみられる。このためビデオを利用するべきであるが，暗所であることと粉塵等も発生しており，これらに対処できる機材が必要となる。また火薬装填作業が，熟練を要する作業であること，地山の状態に影響を受ける作業であることから，作業者の体験談を聞きながら，問題の解決を行っていくことが重要である。

さて，上記の点において注意を要するがこれらの分析では，以下のような測定・分析を行うことが有効と考えられる。

1) ビデオを用いた作業動作の把握

ビデオを用い危険につながるような作業者の動作を把握する。得られた撮影結果を，以下のよ

表－5.5.30　作業者の動作測定シートの例

作業者	時刻	動作名	危険性	理　由

うな測定シートにまとめる。

2）危険動作の分析

危険な動作の要員となる作業者の動きを分析し，これをなくすことを目指す。1）で検討された危険度の高い作業についてのビデオ撮影結果から，サーブリック法を用いて要素動作に分けて分析を行う。表－5.5.31にその分析シートの例を示す。

3）作業者どうしの作業の制約関係の分析

危険作業をなるべく減らす，または作業時

表－5.5.31　サーブリック分析シートの例

左　手			目		右　手	
動作要素		サーブリック記号			動作要素	
1	手をのばす	TE	Sh	UD	手待ち	1
2	○○をつかむ	G	Pn	↓	↓	2
3						3
4						4
5						5
6						6

間をなるべく短くするために作業者どうしの制約をなくすための分析を行う。作業測定に当たっては以下の点を注意する。

a　分析レベル

土木作業はサイクルタイムが工場に比べ長いため，工場でおこなわれているような動作レベルの作業測定は有効ではないものと見られる。

土木作業のサイクルタイムを考慮すると，分単位の作業測定が有効と考えられる。

b　測定

作業測定にあたっては，ビデオメモモーション法が有効と考えられる。その理由としては以下のことが上げられる。

・サイクルタイムが長く，スポット的な観測が可能である。また，ランダムなサンプリングタイムを取る必要性が少ない。

・複数者の観測が可能である。

・トンネル内の観測範囲は比較的狭い

従って，作業測定では，各観測時点で，作業者グループ別に観測する。

表－5.5.32　作業測定シートの例

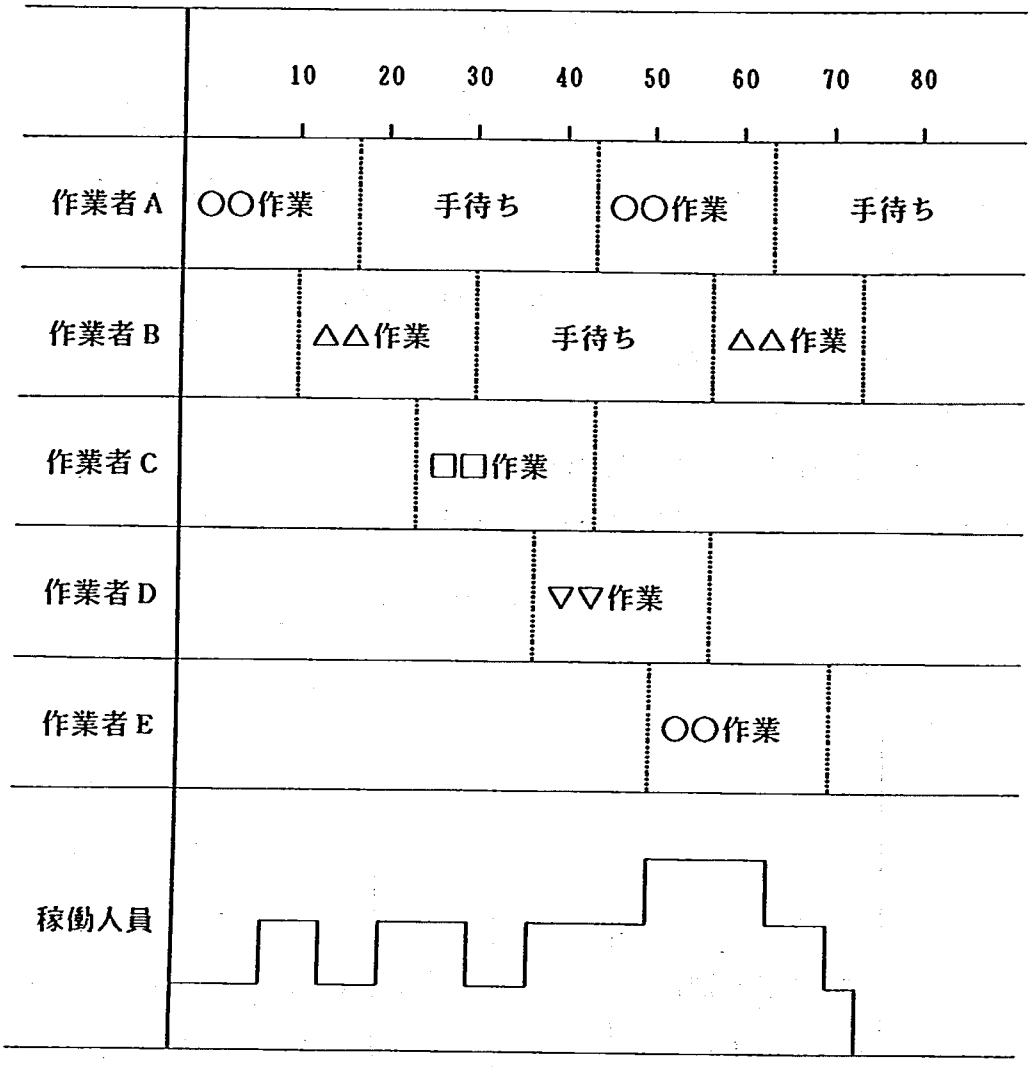
観測時刻	作業者							
	作業グループA				作業グループB			
注）→	主作業 イロハニ	付随作業 イロハニ		手待ち	主作業 イロハニ	付随作業 イロハニ		手待ち
：								
：								
：								
：								

注）各個別の作業を記入する

集計，分析方法としてはマン－マンチャートを用いて分析する。これにより，作業手順を変

更することによって，制約が少なくなるものについては手順の改善を行い，少なくならないものについて機械化施工の可能性を検討する。表－5.5.33にマン－マシンチャートの例を示した。

表－5.5.33　マン－マンチャートの例



火薬装填作業の次に安全性の向上が求められる穿孔作業においても，火薬装填作業とほぼ同じ事が言えるが，人手中心の作業ではなく，人と機械の共同作業である。よってＩＥの適用については，測定対象を人間だけでなく機械にも広げる必要がある。以下にその手法を示す。

1）危険箇所の把握 …… 作業日報などに危険箇所の提示を求め，レイアウト分析を行い，人や機械が穿孔のために坑内に入るときの経路を決め，不用意に切羽に近づかないようにする。

2）機械の稼働率の把握 …… 動作分析レベルとして穿孔機の稼働状況を測定する。測定方法としてはビデオワークサンプリング法を利用する。これにより機械稼働率の上昇を目指す。

3）作業者と機械の制約関係の把握 …… 作業者と機械の共同作業についてマンーマシンチャート分析を行う。この結果から，どこの作業において制約等の問題があるのかを分析し，機械化施工等による解決を目指す。同時に 2）で検討した機械稼働率の上昇方策が新たな制約を生まないようにする。

以下にその集計，整理様式を示す。

1）機械の稼働率の把握

ビデオワークサンプリング法を用いて機械の稼働状況を把握する。得られた撮影結果について表－5.5.34 に示したようなシートを用いて整理，集計する。

表－5.5.34　ワークサンプリング観測表

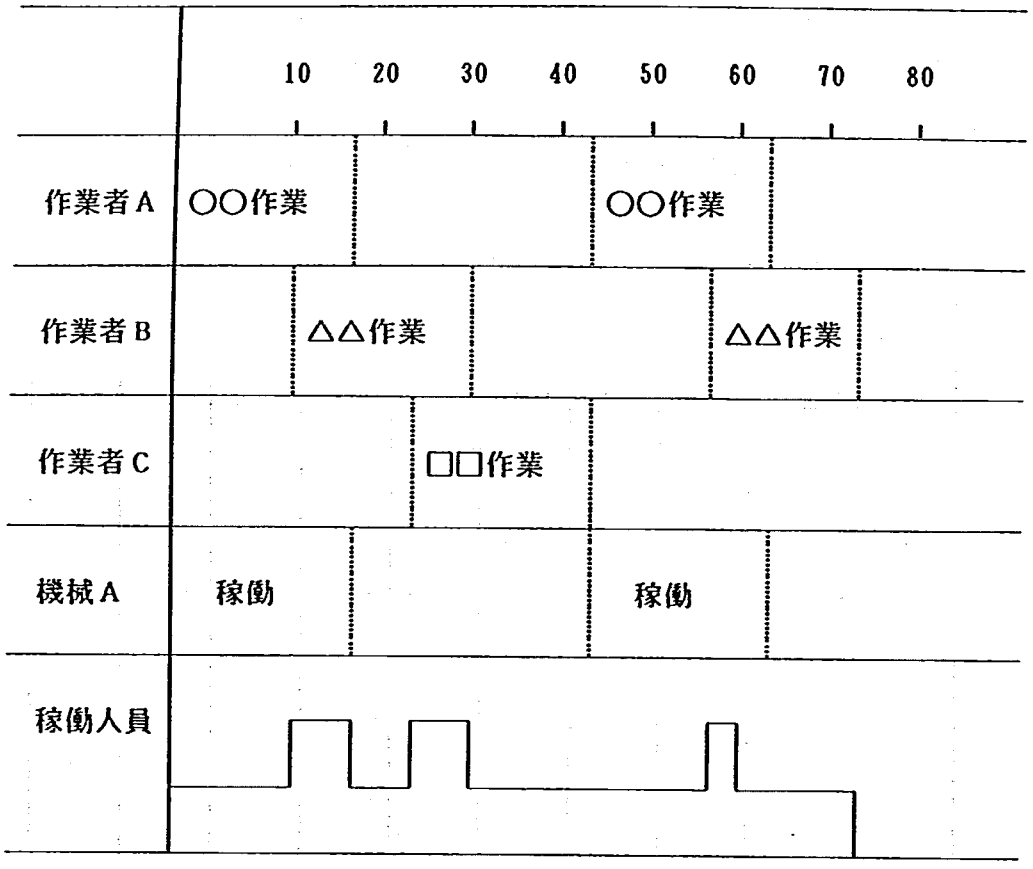
穿孔機	時間							
作業内容	0.00	0.30	1.30	2.00	2.30	3.00	3.30	4.00
1.								
2.								
3.								
4.								
5.								
計								

これらの結果から機械稼働率の低い作業について，稼働率の上昇による安全性向上を検討する。

2）機械と作業者の制約関係の分析

前に火薬装填作業のところで述べた方法と同様に，作業をビデオ撮影し，撮影結果をマンーマシンチャートを用いて分析し，機械と作業者の制約をなくす方策を立案する。マンーマシンチャート分析用のシートの例を表－5.5.35に示す。

表－5.5.35　マンーマシンチャート分析の例



5.5.4　橋梁上部工（鋼橋）

(1)　ＩＥ手法適用の視点と工程

アンケート調査結果から，ＩＥ手法の適用の視点ならびに，改善すべき工程を表－5.5.36に示す。

アンケートの結果から，橋梁上部工（鋼橋）においては，安全性および生産性の向上が望まれており，ＩＥ手法の適用もこれらの視点から検討すべきである。

次に，施工改善が求められている工程と作業について述べる。

仮設備機械の設置工程における，足場の組立・解体作業，ベントの組立・解体作業等において安全性の向上が求められている。これらの作業は高所作業であり，その施工も機械化が困難であるため，ほとんどを人力に頼っている。

コンクリート打設の前の，床版型枠の設置や鉄筋の配筋作業においても，人力のみに頼っており，危険性は足場組立等よりは少ないものの，生産性という視点から施工改善が求められている。

橋梁上部工においては仕上工程である塗装作業については，環境問題等からスプレー式の塗装を用いることが難しく，作業者によるハケ塗りを行っている。人体に有害な塗料を作業者が直接扱う作業であることから，苦渋性といった面から問題があると指摘されている。

(2)　ＩＥ手法の適用に関する検討

表－5.5.37から5.5.39には海洋土木工（離岸堤）に関して，ＩＥ手法の適用に関する検討結果を示す。

表－5.5.36　橋梁（鋼橋）上部工における改善すべき工程の着眼点

		安全性の向上	苦渋性の解消	生産性の向上
工法全体で見た場合の重要度（5段階評価）		非常に高い（4．8）	高い（4．4）	非常に高い（4．8）
工程別重要度	部材の設置	△	○	○
	仮設備機械の設置	◎	△	
	基本測量			○
	支承の設置			
	機械の移動盛替え		○	△
	継手の本締		○	○
	支保工撤去			△
	床版型枠配筋			◎
	コンクリート打設		○	○
	塗装		◎	
	付属設備			
	舗装			

注）◎：回答率が高い（２０％以上）

○：回答率が比較的高い（１０～２０％未満）

△：回答率が低い（～１５％未満）

無印：回答なし

表－5.5.37(1)　橋梁上部工（橋梁）において安全面からみたＩＥの適用工程と適用手法に関する検討

工程	作業	問題点	原因	特徴	ＩＥ手法を用いた対策の検討			
					目的	測定・分析手法	測定対象	備考
仮設備機械の設置	足場組立・解体作業	・危険な環境（高所）で作業する ・事故、災害が発生しやすい ・作業の床面の状態が悪い ・夜間作業をともなう	【機械】 ・吊り足場の場合、適当な自動組立機械がない ・鋼橋架設用機械は特殊なものが多く用いられるが、旧式なものが多い 【作業者】 ・作業者が高齢化している ・熟練者でなければならない	・人手が中心の作業（５人～８人位） ・複数の人が分担し同時に異なる作業を行う ・他の人の作業の制約を受けやすい ・作業環境の影響を受けやすい ・作業者に熟練度が要求される ・比較的大きな人力を必要とする ・部材の脱着が煩わしい	①作業測定を行うことにより危険な環境下での作業時間の短縮や工数の低下のための施工改善のポイントを分析する ↓ ・どの作業において時間がかかっているか ・どこの場所の作業において時間がかかっているか ・どんな部材を扱う作業において時間がかかっているか	・ビデオメモモーション法 ↓ ・作業別時間構成の分析 ・作業場所別の時間構成の分析 ・保持部材別の時間構成の分析	・作業内容（運搬、保持、組立等） ・作業場所（地上作業、高所作業等） ・保持部材の重さ	作業のサイクルタイムが長い（１日等）ことから粗動作分析が有効である

表－5.5.37(2)　橋梁上部工（橋梁）において安全面からみたＩＥの適用工程と適用手法に関する検討

工程	作業	問題点	原因	特徴	ＩＥ手法を用いた対策の検討			
					目的	測定・分析手法	測定対象	備考
仮設備機械の設置	足場組立・解体作業		【作業手順】 ・手順が現場の状況によって変化するので標準化が困難である。		②作業者を単独に注目して、その作業工程を分析する ↓ ・危険な作業、工程の変更はできないか ・危険な作業方法の改善はできないか ・危険な作業の排除、簡易化容易化はできないか ・移動の除去はできないか	・ビデオメモモーション法 ・上記データをもとに作業者工程分析	・単独の作業者	

表－5.5.37(3)　橋梁上部工（橋梁）において安全面からみたＩＥの適用工程と適用手法に関する検討

工種	作業	問題点	原因	特徴	ＩＥ手法を用いた対策の検討			
					目的	測定・分析手法	測定対象	備考
仮設備機械の設置	足場組立・解体作業				③作業グループに注目して、作業者どうしの作業の制約関係を分析する ↓ ・危険作業が一人に集中していないか ・作業者どうしの制約から発生している危険はないか ・作業者どうしの制約から発している手待ち時間はないか	・ビデオメモモーション法 ・上記データをもとに作業者連合工程分析	・作業グループ	

表－5.5.38(1)　橋梁上部工（橋梁）において苦渋面からみたＩＥの適用工程と適用手法に関する検討

工程	作業	問題点	原因	特徴	ＩＥ手法を用いた対策の検討			
					目的	測定・分析手法	測定対象	備考
塗装	塗装作業	・中腰など無理な姿勢で作業する ・作業環境が悪い（有機溶剤等を使用する） ・作業の床面の状態が悪い	【作業者】 ・原則としてハケ塗りであるため、作業員に熟練度が要求される ・作業員が不足している 【作業環境】 ・桁に結露がある場合、および湿度が高い場合は作業できない ・函桁内面塗装の場合、有機剤が充満する	・人手が中心の作業 ・人の移動距離長い ・熟練度が要求される ・作業の障害物が多い ・前の工程や作業の進捗に影響を受ける ・作業環境の影響を受けやすい（風、湿度、周囲の環境）	①作業測定を行うことにより塗装作業の作業時間の短縮や工数の低下のための施工改善のポイントを分析する ↓ ・どの作業（塗り作業、段備作業等）において時間がかかっているか ・どこの場所の塗装において時間がかかっているか ・どんな部材に塗装作業を行うときに時間がかかっているか （上記でいう時間とは苦渋時間としてとらえられる）	・ビデオクイムスクディ ↓ ・作業別時間構成の分析 ・作業場所別の時間構成の分析 ・対象部材別の時間構成の分析	・作業内容（塗り作業、段備作業等） ・作業場所（地上作業、高所作業等） ・塗装部位	作業者の移動距離によっては固定カメラで追いきれない可能性もある。 気象条件等も記録として残しておく。

表－5.5.38(2)　橋梁上部工（橋梁）において苦渋面からみたＩＥの適用工程と適用手法に関する検討

工程	作業	問題点	原因	特徴	ＩＥ手法を用いた対策の検討			
					目的	測定・分析手法	測定対象	備考
塗装	塗装作業		【作業手順】 ・断続作業である		②作業者を単独に注目して、その作業工程を分析する ↓ ・作業や工程の変更、改善はできないか ・作業の排除、簡易化、容易化はできないか ・移動の排除はできないか	・ビデオメモモーション法 ・上記データをもとに作業者工程分析	・塗装作業者	
					③作業者の塗装順序を分析する	・流れ分析 ↓ 現場の見取り図に塗装工の作業の流れを記入し非効率的な移動を改善する		

表－5.5.39(1) 橋梁上部工（橋梁）において生産面からみたＩＥの適用工程と適用手法に関する検討

工種	作業	問題点	原因	特徴	ＩＥ手法を用いた対策の検討			
					目的	測定・分析手法	測定対象	備考
床版型枠配筋工	床版型枠配筋作業	・予定どうり作業が進みにくい ・作業スピードが充分でない	【作業者】 ・作業者が不足している ・熟練者が不足している 【作業環境】 ・作業床の善し悪しによって作業能率が左右される 【機械】 ・適切な機械設備がない	・人手が中心の作業（５～８人位） ・位置をきめたり、考えたりするのが頻繁である ・重量のある部材を取り扱う作業である ・比較的大きな人手の力を必要とする作業である ・作業の障害物が多い	①作業測定を行うことにより各作業時間の短縮や、工数の低下のための施工改善のポイントを分析する ↓ ・どの作業において時間がかかっているか ・どこの場所の作業において時間がかかっているか ・どんな部材を扱う作業において時間がかかっているか	・ビデオメモモーション法 ↓ ・作業別時間構成の分析 ・作業場所別の時間構成の分析 ・保持部材別の時間構成の分析	・作業内容（運搬、型枠工、配筋工、手待ち等） ・作業場所（地上作業、高所作業等） ・取り扱い部材の重さ	作業者の移動経路まで測定したい場合は、橋桁を見下ろすような視点からの撮影が必要

表－5.5.39(2)　橋梁上部工（橋梁）において生産面からみたＩＥの適用工程と適用手法に関する検討

工種	作業	問題点	原因	特徴	ＩＥ手法を用いた対策の検討			
					目的	測定・分析手法	測定対象	備考
床版型枠配筋工	床版型枠配筋作業				②作業者を単独に注目して、その作業工程を分析する ↓ ・作業の目的、工程の変更はできないか ・作業方法は改善できないか ・作業の排除、簡易化、容易化はできないか ・移動の排除はできないか ・手待ちの排除はできないか	・①のデークをもとに作業者工程分析		

表－5.5.39(3)　橋梁上部工（橋梁）において生産面からみたＩＥの適用工程と適用手法に関する検討

工種	作業	問題点	原因	特徴	ＩＥ手法を用いた対策の検討			
					目的	測定・分析手法	測定対象	備考
床版型枠配筋工	床版型枠配筋作業				③作業グループに注目して、作業者どうしの作業の制約関係を分析する ↓ ・各作業者の仕事のバランスはとれているか。 ・作業を結合できないか ・作業者どうしの制約はないか	・ビデオメモモーション法 ・上記データをもとに作業者連合工程分析	・作業グループ	

表－5.5.39(4)　橋梁上部工（橋梁）において生産面からみたＩＥの適用工程と適用手法に関する検討

工種	作業	問題点	原因	特徴	ＩＥ手法を用いた対策の検討			
					目的	測定・分析手法	測定対象	備考
床版型枠配筋工	床版型枠配筋作業				④作業者や機材の現場での流れを分析する ↓ 最も頻度の高い流れ経路を発見して、これに沿った部材の配置、運搬等を行う。	・経路分析	・型枠工作業者 ・配筋工作業者 ・型枠 ・鉄筋 ・その他部材	

(3) ＩＥ手法の適用に関するまとめ

本調査では橋梁上部工（鋼橋）を対象としてＩＥ手法の検討を行った。

アンケートの結果から，橋梁上部工における施工改善は，安全性の向上および生産性の向上という視点が特に重視され，次いで苦渋性の解消が求められている。安全性の面では，足場組みなどの作業がある仮設備機械の設置工程へのＩＥ手法の適用について検討を行う。苦渋性の面では，中腰などの無理な姿勢で作業を行い，人体に有毒な有機溶剤を扱う塗装工程へのＩＥ手法の適用について検討を行う。生産性の面からは，人力以外になかなか頼るものがなく，しかもその作業者が足りなくなってきている床版型枠配筋工程へのＩＥ手法の適用について検討を行う。

1）仮設備機械の設置工程

仮設備機械の設置工程の作業内容は工法によってかなり違っている。しかし，一般的に足場の組立・解体作業においては，危険な環境（高所）で作業する，事故・災害が発生しやすい，夜間作業を伴うなどの問題点がある。これらの問題点は以下のようなことが原因となっている。

・吊り足場の場合には，適当な自動組立機械がない。
・橋梁架設用機械は特殊なものが多く用いられるが旧式なものが多い。
・上記の結果，作業を人力に頼ることが多くなるが，作業者は熟練者であることが要求される。
・熟練作業者が高齢化している。
・作業手順が現場の状況（例：桁下が交通量の多い道路である等）によって変化するので，標準化が困難である。

従って，このような足場組立・解体作業において施工改善を行うには，次のような点から検討する必要がある。

・作業の効率化による作業時間の短縮と省力化
・作業者どうしの制約関係の解消

このような点に対して有効に適用されるＩＥ手法としては，以下のようなものが提案される。

・作業者の作業の把握 —— 作業測定
作業者の作業を測定することで，作業時間の短縮や省力化へ向けた改善のポイントの抽出を行う。

・作業者の作業工程の分析 —— 作業者工程分析
作業者の一連の作業の流れに注目して，工程の削減，簡略化，工程配列の変更，移動の減少などの可能性について検討を行う。

・作業者どうしの制約関係の把握 —— 作業者連合工程分析（マン－マンチャート分析）
作業グループの作業の流れに注目して，作業者どうしの作業の制約状況を分析する。この分析によって，同じ時刻に作業者どうしがどんな仕事をどんなタイミングで行っているかがわかる。

次にこれらのＩＥ手法を適用する際の，具体的適用方法について述べる。

① 分析レベル

足場組立・解体作業のサイクルタイムは工場での作業に比べ長いことから，工場で行われているような作業測定（例えば1/1000分単位の計測）は適切でないものと考えられる。

足場組立・解体作業の特性を考慮すると分レベルの作業測定でも有効とみられる。測定する作業レベルは以下のものを対象とする。

・主体作業（組立・解体等）
・付随作業（移動，準備，連絡）
・手持ち
・検査　　等

② 測定

作業測定にはストップウォッチ法，ビデオメモモーション法，ワークサンプリング法などがあるが，ここではビデオメモモーション法が有効と考えられる。その理由としては，以下のことがあげられる。

・サイクルタイムが比較的長く，①の分析レベルに対応できる。
・記録が客観的で，何度でも再生して見れる。
・望遠レンズをつければ高所作業でも観測できる。（逆にストップウォッチ法では計測が困難）。

③ 調査票

ビデオ撮影した作業者の作業を表－5.5.40のような作業測定シートにまとめる。

表－5.5.40　作業測定シートの例

時刻	所要時間	レーティング	修正時間	作業者	要素作業名	備考
0:00						
:						
:						
:						
:						
:						
:						

④ 整理・集計方法

③で得られた撮影データについて作業者工程分析を行う。作業者の作業別の構成時間はもとより，作業場所別の時間構成，取り扱い部材別の時間構成等も考慮にいれる。この分析表から，危険な作業，工程の変更はできないか，危険な作業方法の改善はできないか，危険な作業の排除，簡易化，容易化はできないか，移動の除去はできないか等を検討する。作業者工程分析表のフォーマットを次に示す。

表－5.5.41　作業者工程分析票フォーマットの例

時間累計	所要時間	記号	作業内容	作業者	場所	取り扱い部材	備考
0:00							
:							
:							
:							
:							

（記号には作業，検査，移動，手待ちなどがある）

↓

改善案を机上で検討した後，実際に作業を行い，再度作業者連合工程分析を行う。これにより改善されたかどうかがわかる。

次に対象として作業者グループに注目して，ビデオ撮影した結果から作業者連合工程分析を行う。この分析表から，危険作業が1人に集中していないか，作業者どうしの制約から発生している危険はないか，作業者どうしの制約から発生している手待ち時間はないかを分析し，改善を検討する。作業者連合工程分析表のフォーマットを次に示す。

表－5.5.42　作業者連合工程分析表のフォーマットの例

時　間	10	20	30	40	50	60	70	80
作業者A	作業a	待ち		作業d	→			
作業者B	作業a	待ち		作業d	→			
作業者C	待ち	作業c			→			
作業者D	待ち	作業c			→			
作業者E	作業b	待ち	作業e		→			

2）塗装工程

塗装工程はそのほとんどを人力に頼っている。しかも中腰などの無理な姿勢で作業する，作業環境が悪い，作業の床面の状態が悪い等，苦渋面での問題がある。これらの問題は以下のような特徴によるものである。

・環境問題等から塗装が原則としてハケ塗りであり（スプレー式にできない），これには熟練度が要求される。

・函桁内面塗装の場合，換気をしないと有機剤が充満してしまう。

・塗装した後は乾燥しなければならないので，作業が断続的である。

したがって，このような塗装作業での苦渋性の解消のための作業改善を行うには次のような点から検討する必要がある。

・作業者の作業の把握 —— 作業測定
作業者の作業を測定することで，塗装時間の短縮や機械化塗装へ向けてのポイントの抽出を行う。

・作業者の作業工程の分析 —— 作業者工程分析
作業者の一連の作業の流れに注目して，工程の削減，簡略化，工程配列の変更，移動の減少などの可能性について検討を行う。苦渋度がかなり大きい作業について機械化塗装を検討する。

・作業者の塗装経路の把握 —— 流れ分析

作業者の塗装の順序について検討を行う。

これは現場の見取り図等に，作業者の流れを記入して分析する。

これらのＩＥの適用に関して有効とみられる具体的な適用方法について述べる。

① 分析レベル

1）と同様。

② 測定

作業測定にはストップウォッチ法，ビデオメモモーション法，ワークサンプリング法などがあるが，ここではビデオタイムスタディが有効と考えられる。その理由としては，以下のことが上げられる。

・サイクルタイムが比較的長く，①の分析レベルに対応できる。

・作業者の姿勢の連続した動きを把握するにはビデオメモモーションでは難しい。

・作業者の移動距離が長い場合には，連続的に作業者を追う必要がある。

③ 調査票

作業者の作業を表－5.4.0と同様の作業測定シートにまとめる。

④ 整理・集計方法

③で得られた撮影データについて作業者工程分析を行う。作業者の作業別の構成時間はもとより，作業場所別の時間構成，塗装対象部材別の時間構成等も考慮にいれる。この分析表から，作業や工程の変更，改善はできないか，作業の排除，簡易化，容易化はできないか，移動の排除はできないか等を検討する。また機械化施工を考える上で，どんな場所の何に対する塗装工程から検討すべきかを明らかにする。作業者工程分析表のフォーマットを次に示す。

表－5.5.43　作業者工程分析票フォーマットの例

時間累計	所要時間	記号	作業内容	作業者	場所	対象	姿勢	苦渋性	備考
0:00									
:									
:									
:									
:									

（記号には作業，検査，移動，手待ちなどがある）

↓

改善案を机上で検討した後，実際に作業を行い，再度作業者連合工程分析を行う。これにより改善されたかどうかがわかる。

3）床版型枠配筋工

床版型枠配筋工は予定どうり作業が進みにくく，作業スピードが充分でない等，生産性の面で問題がある。これらの問題は以下のようなことが原因となっている。

- 適切な機械設備がないため，ほとんどの作業を人手に頼る。
- 位置をきめたり，考えたりするのが頻繁である。
- 重量のある部材を扱うため，比較的大きな人手を必要とする。
- 構造材で構成された橋梁の上での作業であるため，作業の障害物が多い。
- 作業床の善し悪しによって作業能率が左右される。

従って，このような床版型枠配筋作業において施工改善を行うには，次のような点から検討する必要がある。

- 作業の効率化による作業時間の短縮と省力化
- 作業者どうしの制約関係の解消

このような点に対して有効に適用されるＩＥ手法としては，以下のようなものが提案される。

・作業者の作業の把握 —— 作業測定

作業者の作業を測定することで，作業時間の短縮や省力化へ向けた改善のポイントの抽出を行う。

・作業者の作業工程の分析 —— 作業者工程分析

作業者の一連の作業の流れに注目して，工程の削減，簡略化，工程配列の変更，移動の減少などの可能性について検討を行う。

・作業者どうしの制約関係の把握 —— 作業者連合工程分析（マン－マンチャート分析）

作業グループの作業の流れに注目して，作業者どうしの作業の制約状況を分析する。この分析によって，同じ時刻に作業者どうしがどんな仕事をどんなタイミングで行っているかがわかる。

・作業者や機材の現場での流れの分析 —— 経路分析

最も頻度の高い，機材や作業者の移動経路を発見してこれに沿った部材の配置，運搬等を行う。実際の現場の見取り図に移動経路を記入して分析する。

これらのＩＥ手法を適用する際の，具体的適用方法については１）の足場組立・解体作業とほぼ同様の方法が適用できる。ただしここでは，安全性の向上という視点は忘れてはならないが，まず生産性を向上させるための作業改善という視点にたって，作業者工程分析や作業者連合工程分析を行わなければならない。

5.5.5　橋梁下部工（ニューマチックケーソン工法，拡底リバース工法）

アンケート調査結果から，ＩＥ手法の適用の視点ならびに，改善すべき工程を表－5.5.44に示す。

ニューマチックケーソン工法へのＩＥ手法の適用の視点は，安全性の向上，苦渋性の解消の面からの検討が特に重要とみられる。当工法はケーソン内では圧気状態で作業するため，安全性，苦渋性の面が重視される。従って，ＩＥの適用工程では掘削沈下工ニーズが高い。加えて，掘削沈下工の危険性や苦渋性が生産性の問題とも関係している。他のＩＥの適用では，安全性や生産性の向上といった

表－5.5.44(1)　橋梁下部工におけるＩＥの適用の視点と適用工程

(a)　ニューマチックケーソン工法

		安全性の向上	苦渋性の解消	生産性の向上
工法全体で見た場合の重要度（５段階評価平均点）		非常に高い（４．７）	非常に高い（４．４）	高い（４．１）
工程別重要度	刃口据付工	△	△	
	構築工	○		○
	艤装工	△		
	掘削沈下工	◎	◎	◎
	地耐力試験		△	
	中詰コンクリート工	△	△	
	頂版工		△	

（◎はアンケート回答者の50％以上回答、○は10～40％回答、△は回答者あり）

視点で，構築工へのＩＥの適用が求められている。

拡底リバース工法のＩＥの適用の視点は，特に突出した視点はないが，安全性の向上，苦渋性の解消，生産性の向上のそれぞれに重点が求められている。

安全性の向上の視点から鉄筋工，拡底部掘削に対して，苦渋性の解消の視点から軸部掘削，コンクリート工，柱頭処理に対してＩＥを適用した施工改善ニーズが高い。また，生産性の向上の視点から軸部掘削が特に重視され，他に泥水管理やスライム処理に対してＩＥの適用による施工改善が求めら

表－5.5.44(2)　橋梁下部工においてＩＥの適用の視点と適用工程

(b)　拡底リバース工法

		安全性の向上	苦渋性の解消	生産性の向上
工法全体で見た場合の重要度（５段階評価平均点）		高い（３．８）	高い（３．５）	高い（４．０）
工程別重要度	泥水管理	△	△	○
	軸部掘削	△	○	◎
	拡底部掘削			
	スライム処理			○
	鉄筋工	○	△	△
	コンクリート工	△	○	
	杭頭処理	○	○	△

（◎はアンケート回答者の50%以上回答、○は10～40%回答、△は回答者あり）

れている。

(1)　ＩＥ手法の適用に関する検討

表－5.5.45から5.5.47までにはニューマチックケーソン工法に関して，表－5.5.48から5.5.50までには拡底リバース工法に関してＩＥ手法の適用に関する検討結果を示す。

表－5.5.45(1)　ニューマチックケーソン工法において安全面からみたＩＥの適用工程と適用手法に関する検討

工種	作業	問題点	原因	特徴	ＩＥ手法の適用の検討			
					目的	測定・分析手法	測定対象	備考
掘削沈下工	掘削沈下作業（掘削、揚土、排土等）	・疲労 ・高圧環境下での作業 ・危険な区域 ・事故、災害が発生しやすい	・高圧環境下での作業 －機械の信頼性 －狭い環境での機械導入の難しさ －機械では、すみずみまで作業できない －熱線性のいる作業 －高齢化	・機械と人との共同作業 ・作業は専門に別れて作業している ・人の待ち時間が多い ・他の人や機械の作業の制約をうける ・作業者間の連絡が重要 ・暗い場所での作業 ・作業の障害物が多い ・同じ作業を複数の人が行う。	人の待ちが多く、危険な環境下で作業が効率的に行われていないものとみられる。 従って、ケーソン内の作業の現状を把握し、これを踏まえて効率低下の要因となる作業を分析する必要がある。			
					①ケーソン内で作業工数の状況を整理・分析し、施工改善の鍵となる作業を抽出する。	既存資料（作業日報など）による作業発生を分析する	作業別 投入工数	

表－5.5.45 (2)　ニューマチックケーソン工法において安全面からみたＩＥの適用工程と適用手法に関する検討

工程	作業	問題点	原因	特徴	ＩＥ手法の適用の検討			
					目的	測定・分析手法	測定対象	備考
					②ケーソン内の作業が効率的でなく、しかも作業者間あるいは作業者－機械間の制約が効率に大きな影響をうけているものとみられる。この要因を抽出し、施工改善を行う。	ビデオメモモーションまたはワークサンプリング ↓ 作業別の機械稼働率、人の稼働率の分析 マン－マシンチャート、マンーマンチャート	機械の稼働状況 労働者の作業	

表－5.5.45 (3)　ニューマチックケーソン工法において安全面からみたＩＥの適用工程と適用手法に関する検討

工程	作業	問題点	原因	特徴	ＩＥ手法の適用の検討			
					目的	測定・分析手法	測定対象	備考
構築工	足場の組立・解体	・危険な環境で作業をする ・事故や災害が発生しやすい ・作業の床面の状態が悪い ・作業に時間がかかる	・熟練工が不足している。 ・高所での作業 ・鉄筋、型枠等を安全に行えるようにすればするほど、足場の組立作業が増大する	・人手を中心とした作業（4～7名／グループ） ・同じ作業をする ・一人で幾つもの作業を行う。 ・後工程に影響を与えやすい ・大きな力を必要とする ・熟練度が必要 ・緊張や無理な姿勢を伴う ・他人の作業の影響を受ける ・複数人が分担し、作業を行う ・作業間の連絡が重	①高所作業が安全面で問題となる。高所での作業別の作業量から、作業改善のポイントと抽出する。ここでは、高所での作用を主体作業と付随作業に少なくとも分解し、高所で不要な作業について測定・分析する。 加えて、床の状態や力のいる作業、姿勢が危険と関係するためこれらの要因と作業との関係から、施工改善のポイントを抽出する	・ワークサンプリング、ストップウォッチ法 ［整理方法］ ・高所での作業別時間、工数 ・作業別姿勢別時間 ・作業別床状態（場所）別時間	・高所での作業 ・姿勢 ・床面	
					②人手が中心で、しかも作業者間の制約の多い作業である。高所での効率的な作業を分析するために作業者間の仕事	・ワークサンプリング、ビデオメモモーション	・時系列の作業	

表－5.5.45 (4)　ニューマチックケーソン工法において安全面からみたＩＥの適用工程と適用手法に関する検討

工程	作業	問題点	原因	特徴	ＩＥ手法の適用の検討			
					目的	測定・分析手法	測定対象	備考
				要 ・作業環境の影響を受け易い。	の制約関係を測定分析する。	↓ ・マン－マンチャート分析		

表－5.5.45 (5)　ニューマチックケーソン工法において安全面からみたＩＥの適用工程と適用手法に関する検討

工程	作業	問題点	原因	特徴	ＩＥ手法の適用の検討			
					目的	測定・分析手法	測定対象	備考
艤装工	艤装の解体作業	・危険な環境で作業する ・作業床面が悪い ・危険な区域がある ・手順の間違いや結果の不備が大事故につながる	・高所で作業する ・機械の整備の不良 ・積み荷が見えず、合図者にまかされている ・機材を吊り上げているときに逃げる場所がない ・手順の綿密な打ち合わせを必要とする	・人と機械の共同作業 ・一人で幾つもの作業をする ・連絡が重要 ・高所で作業する ・障害物が多い ・熱線を要する ・位置決めが難しい ・重量物を取り扱う ・無理な姿勢や緊張をともなう	①危険な作業場所における作業別の工数を把握し、施工改善のポイントを分析する解体作業のどこでどの程度危険な作業が発生しているのかを定量的に把握し、作業改善を図る。	・ビデオメモモーション　かワークサンプリング ［整理方法］ 場所別作業時間、工数	－作業 －人 －場所	
					②作業者同士あるいは作業者と機械の作業の制約関係を把握し、自動化、少人数化することにより危険な環境で作業する作業者を少なくすることを目的とする	ビデオメモモーション、ワークサンプリング、ストップウォッチ法 ［整理方法］ マンーマンチャート、マンーマシンチャート	－作業 －機械の稼働状況	

表－5.5.46　ニューマチックケーソン工法において苦渋面からみたＩＥの適用工程と適用手法に関する検討

工程	作業	問題点	原因	特徴	ＩＥ手法の適用の検討			
					目的	測定・分析手法	測定対象	備考
掘削沈下工	掘削沈下作業（特に、掘削作業）	◎作業環境が悪い ・作業者の床面の状態が悪い ・力のいる作業を伴う ・無理な姿勢で作業をする	・高圧環境化での作業に原因がある ・機器が自動化できず、人手に頼らざるをえない －刃口付近は人手が必要 ・空調関連設備が悪い ・大型機械が使えない ・熟練が必要であるが、高齢化している ・土砂ﾊﾞｹｯﾄ作業や沈下調整作業は人手	・高圧、暗い環境で作業を行い、またこれらの環境が苦渋性と関係する ・熟練度が要求される ・作業者間の連絡が重要である ・人の待ち時間が多い ・他の人や機械作業の影響を受け易い ・一人の人は同じ作業に特化していることが多く、しかも複数で行っている。	①ケーソン内の作業の苦渋度を定量化し、改善すべき作業の内容を明らかにする	ビデオメモモーションあるいはワークサンプリング、ストップウォッチ法	・作業別の必要とする力（部材重量、作業に必要な力） ・作業環境（温度、湿度、圧力）	ケーソン内で力を図ることができない場合には地上であらかじめ評価する。

表－5.5.47(1)　ニューマチックケーソン工法において生産性からみたＩＥの適用工程と適用手法に関する検討

工程	作業	問題点	原因	特徴	ＩＥ手法の適用の検討			
					目的	測定・分析手法	測定対象	備考
掘削沈下工	掘削沈下作業 －掘削 －土砂の搬出	・機械の稼働率が低い。 ・作業管理が難しい ・以下の作業が作業効率に大きな影響を及ぼす －掘削作業 －排土作業 －ﾏﾃﾘｱﾙﾛｯｸの開閉	・高圧下での作業が中心 ・狭い函内では大型機械の導入が難しい ・機械の故障が多い ・細部の掘削や刃口付近の掘削は人手である ・連続排土ができない ・合図が人伝え	・機械と人の共同作業 ・作業はそれぞれ専門化しており、複数名の作業員が同じ作業を行っている（２～１０名） ・人の待時間が多い ・他の作業員の作業機械作業の進捗に影響を受け易い。 ・前後の工程の作業の進捗に影響を与え易い。 ・作業の標準化が遅れている	機械の稼働が低く、このことは人の作業の待ちに関連し、安全面や苦渋面に大きく影響する。 このため、機械の稼働分析をおこない、機械の稼働の低下の要因を抽出し、機械の改善点を分析する。	・サークサンプリング	機械の稼働状況	

表－5.5.47 (2)　ニューマチックケーソン工法において生産性からみたＩＥの適用工程と適用手法に関する検討

工程	作業	問題点	原因	特徴	ＩＥ手法の適用の検討			
					目的	測定・分析手法	測定対象	備考
				・高圧や暗い環境で作業し、その作業環境が作業の進捗に大きな影響をもたらす。 ・同じような作業の繰り返しであるが熟練度が必要				

表－5.5.47 (3)　ニューマチックケーソン工法において生産性からみたＩＥの適用工程と適用手法に関する検討

工程	作業	問題点	原因	特徴	ＩＥ手法の適用の検討			
					目的	測定・分析手法	測定対象	備考
構築工	鉄筋工 支保工 河宅組立	・作業速度が遅い ・作業が予定通り進みづらい	・習熟度が必要 ・高齢化 ・機械化が難しく、人手を中心とした作業 ・養生等に時間が必要る	・他の人の作業の制制約を受け易い ・前後の作業の進捗への影響が大きい ・複数の人が同様の作業を行っている ・障害部の多い環境で作業している ・熟練度が必要 ・力のいる作業 ・位置決め等の作業が繁雑 ・重量部材を扱う ・部材の脱着が煩わ ・無理な姿勢や緊張を伴う ・高所での作業	作業の律速段階を知ることが作業のスピード化や生産性の向上につながる この点から、人の稼働や作業内容を測定する	ビデオメモモーション、ワークサンプリン ［整理方法］ 主体作業、付随作業、待ち別作業時間（作業種別）	それぞれの作業	作業環境そのものが作業に影響していることが考えられ、作業場所やその状態を記録しておく必要がある。

表－5.5.48(1) 拡底リバース工法において安全性の面からみたＩＥの適用工程と適用手法に関する検討

工程	作業	問題点	原因	特徴	ＩＥ手法の適用の検討			
					目的	測定・分析手法	測定対象	備考
鉄筋工	鉄筋工 －鉄筋組立 ◎建て込み・継手	・機材の整理が悪い ・災害が発生しやすい ・作業の床面の状態が悪い	・鉄筋籠の接続〔結束・溶接〕は人力で行われている ・大型機械と人間が同時に狭い所で重量物を扱う ・土工が結束作業を行う ・吊り下の作業で、不安定な作業 （回転ローラで鉄筋を手で介助する）	・機械と人との共同作業 ・同じ作業をしかしない作業者と複数の作業をこなす作業者に別れる ・他の作業者や、他の機械による作業の制約がある ・作業者間の連絡が大切 ・習熟性が要求される ・大きな人力が必要 ・重量部材を取り扱う	安全性の向上を検討する上で危険な環境で作業する人数と時間は安全性を定量化する指標となる このような視点から作業測定を行い、施工改善の鍵となる作業を分析する	・ワークサンプリング、ストップウォッチ法、ビデオメモモーション	作業 作業場所	
					人と機械の共同作業のため、作業の制約関係をぶんせきし、効率的な作業方法や自動化機械化のポイントを抽出する	・ビデオメモモーション ↓ ・マンーマンチャート分析	作業 機械の稼働状況	

表－5.5.48(2) 拡底リバース工法において安全性の面からみたＩＥの適用工程と適用手法に関する検討

工程	作業	問題点	原因	特徴	ＩＥ手法の適用の検討			
					目的	測定・分析手法	測定対象	備考
			・籠がブロックで製作されており接続を必要とする ・籠をローラ架台でとクレーンで組み合わせるが材料の取り込みに問題がある ・主筋とフープ筋を番線と溶接で組み上げる段階は人手の作業					

表－5.5.48(3)　拡底リバース工法において安全性の面からみたＩＥの適用工程と適用手法に関する検討

工程	作業	問題点	原因	特徴	ＩＥ手法の適用の検討			
					目的	測定・分析手法	測定対象	備考
杭頭処理	杭頭処理 －ｺﾝｸﾘｰﾄ斫り	・衛生管理上問題が多い ・作業に時間がかかる	・全てが人手で時間がかかる ・防塵マスクをはずしてしまう ・ブレーカーを水平にして使用する必要があり、不安定な固定となる	・複数の人が同じ作業を行っている。 ・粉塵中など特殊な環境で作業を行う ・熱線度が要求される ・無理な姿勢や緊張を伴う	作業別の作業時間、作業工数をあきらかにすることにより非衛生的な環境で最も問題のある作業を分析する	ワークワンプリング、ビデオメモモーションストップウォッチ法	作業 ［整理方法］ 作業別作業時間 作業工数	

表－5.5.49　拡底リバース工法において苦渋性の面からみたＩＥの適用工程と適用手法に関する検討

工程	作業	問題点	原因	特徴	ＩＥ手法を用いた対策の検討			
					目的	測定・分析手法	測定対象	備考
杭頭処理	－コンクリート斫り	・人手の力が必要 ・無理な姿勢で作業をする ・作業環境が悪い	・長時間ブレーカを取り扱う ・ブレーカから騒音、振動、粉塵が発生する	・同じ作業の繰り返し ・人手の力が必要 ・重量部材を取り扱う ・無理な姿勢で作業する	ここでは苦渋要因と作業時間や作業人数の関係から把握し苦渋性の改善のポイントを探る	・ワークサンプリング、ストップウォッチ法 ［整理方法］ 作業別 －姿勢別時間 －重量物のとり扱い時間×重量 －悪環境下での作業時間	－姿勢 －取り扱い重量物の重さ －作業の環境の悪さ（粉塵環境など）	

表－5.5.50(1)　拡底リバース工法において生産性の面からみたＩＥの適用工程と適用手法に関する検討

工程	作業	問題点	原因	特徴	ＩＥ手法を用いた対策の検討			
					目的	測定・分析手法	測定対象	備考
軸部掘削	軸部掘削作業	・作業スピードが充分でない ・余分な作業（移動やセット）が多い予定通り進まない	・移動やセットに時間がかかりすぎる ・オペレークの経験不足で地質にあった掘り方ができない ・排泥管や泥水管理により掘削が左右される ・経験者が少ない ・精度確保のための機構が掘削機にない	・機械作業を中心とした作業 ・作業者は複数で同じ様な作業を行っている ・作業環境の影響を受け易い ・同じ作業の繰り返し ・位置決め考えるのに時間を要する ・人の待時間が多い ・重量部材を取り扱う ・運搬にともなう部材の脱着が煩わしい	作業スピードに関して、作業時間の構成から改善のポイントを抽出する。	ワークサンプリン、ストップウォッチ法 ［整理方法］ 作業別の時間構成	・作業	
					機械作業が中心の作業であるため、機械の稼働状況に注目して改善のポイントを抽出する。	ワークサンプリング ↓ 稼働率分析	機械の稼働状況	

表－5.5.50(2)　拡底リバース工法において生産性の面からみたＩＥの適用工程と適用手法に関する検討

工程	作業	問題点	原因	特徴	ＩＥ手法の適用の検討			
					目的	測定・分析手法	測定対象	備考
			・土質の硬さのセンサや掘削スピードを一定にできる装置がない ・オペレータの熟練度で掘削スピードが異なる ・生産性をあげるため、垂直性を犠牲し掘る場合がある	・熟練が要求される				

(2) ＩＥ手法の適用に関するまとめ

アンケート結果では，橋梁下部工へのＩＥの適用については，ニューマチックケーソン工法を対象として，安全性の向上と苦渋性の解消という視点からＩＥ手法の適用が望ましい。

安全面や苦渋面からＩＥの適用を考えた場合には，掘削沈下工の作業を対象とすることが望ましい。掘削沈下工は，函内でしかも圧気状態のなかで作業が行われるため，安全面および苦渋面で問題が多く，しかもこのような問題が生産性の低下に関係している。

安全性や苦渋性の視点からＩＥを適用する場合には，函内の工数，即ち函内にいる作業者数と時間で定量化し，問題となる作業を抽出し，対策をたてることが考えられる。このステップは以下のような段階を踏むものとする。

1）作業日報等の既存資料により，大まかな作業工数や事故災害の発生しやすい作業を分析する。

2）1）の結果をもとに，調査対象となる作業に対して作業測定を行い，その結果を分析し対策を検討する。

ケーソン内の作業の特徴の中で，ＩＥの適用に対して特に重要とみられるものは，

1）高圧下での作業

2）機械と人手の作業が輻湊しながら，作業が行われる

3）機械の稼働率が低く，人の待ち時間が多い

である。

従って，掘削沈下工に対してＩＥの適用に当たっては，作業の効率の低下の原因を分析し，対策をたてることが重要なポイントとなるものと考えられる。

このような特徴をふまえ，以下の手法を利用し作業分析する。

・作業者の作業内容の把握 —— 作業分析

作業者の作業に対しビデオにより時間研究を行う。ここでは，作業別に，主体作業，付随作業，待ちを分析し，作業時間の長い作業とその要因を分析する。

・機械の稼働率の把握 —— 機械の稼働率分析

各建設機械の稼働率を分析し，どの作業に関わる機械が問題となるのかを分析する。

ここでは，故障による機械の停止と，単なる機械の待ち時間を区別しておく必要がある。

・作業の制約関係の把握 —— 連合工程分析

作業者同士，作業者と機械の作業の制約関係を分析する。作業測定の結果をマンーマンチャート，マンーマシンチャートにより分析を行う。この結果から，どこの作業が問題となるのか，そして自動化や施工改善の方法を検討する。

ここでは，高圧環境下で測定が必要となるため，測定者を作業内に常駐させることは難しいものとみられる。このため，スポット的な観測やビデオの利用，機械の稼働率の自動計測が考えられる。ただし，工場や建築現場とは異なり，光量や機材の信頼性については充分な考慮が必要と見られる。

以上のような分析では，以下のような測定・分析を行うことが仮定される。

1）既存資料を用いた作業の把握

はじめに，既存資料を用い，マクロ的な視点から問題となる作業を抽出する。

ケーソン内の作業工数の現状，災害の発生しやすい作業を整理分析し，施工改善の鍵となる作業を分析する。

表－5.5.51　既存資料（作業日報等）による分析シートの例

	作業工数			災害の現状	
作業名	作業時間・日数	作業者	工数	災害件数	災害件数／作業時間
A					
B					
C					
D					

2）作業測定と分析

1）の問題の多い作業を中心として作業測定を行う。

作業測定に当たっては，以下の点を注意する。

① 分析レベル

土木作業はサイクルタイムが工場に比べ長いため，工場でおこなわれているような動作レベルの作業測定は有効ではないものと見られる。

土木作業のサイクルタイムを考慮すると，分単位の作業測定を行い，細かくて要素作業レベル（穴あけ作業），要素作業で構成される単位作業（型枠加工など），よりマクロな作業レベル（部位別の型枠作業など）で分析する必要がある。

② 測定

作業測定にあたっては，ストップウォッチ法，ビデオメモモーション法，ワークサンプリング法などが想定できる。以下の点からワークサンプリングのようなスポット的な観測が有効と考えられる。

・サイクルタイムが長く，スポット的な観測が可能である。また，ランダムなサンプリングク

イムを取る必要性が少ない。

・複数者の観測が可能である。

・ケーソン内の観測範囲は比較的狭い。

従って，作業測定では，各観測時点で，作業者グループ（同じ作業を複数でしているため）別，機械別に作業状況を観測する（表－5.5.52）。

但し，作業者と機械の制約関係のミクロ的な分析には，ビデオメモモーション法を併用する。

表－5.5.52　作業測定シートの例

観測時刻	作業者					機械	
	作業グループA				グループB	機械A	
注）→	主作業	付随作業		手待ち		作業別	
:							
:							
:							

注）各個別の作業を記入する

③　集計および分析

測定データを以下の視点から分析する。

a．機械の稼働率分析

b．作業者の作業内容の分析

c．機械と作業の制約関係の分析

a．機械の稼働率

機械の稼働率を表－5.5.53のように整理し，改善すべき機械のポイントを抽出する。

表－5.5.53　機械の稼働率分析のシートの例

作業名	機械名	稼働時間	待ち時間	故障時間	ﾒｲﾝﾃﾅﾝｽ 時間
A	イ				
	ロ				
B	ハ				

b．作業者の作業内容の分析

作業者の実際の作業が効率的かどうかを以下の表－5.5.54のような表に整理する。これにより，付随作業や待ちの多い作業を抽出する。

表－5.5.54　作業構成の分析表の例

	主体作業	付随作業				待ち
		A	B	C		
グループA						
B						
C						

c．作業者と機械の制約関係の分析

上記の分析から，問題の多い作業で，作業者と機械の制約のもとで行われる作業に対して，ビデオメモモーションのような測定で補足する。

作業者と機械の制約関係の分析には，マン－マシンチャート（作業者間の場合には，マン－マンチャート分析）が有効な方法である（表－5.5.55）。これにより，無駄な作業時間が発生する要因を分析する。

表－5.5.55　マン－マシンチャート分析の例

時刻	0	10分	20分	30分
作業者A	←－掘削－→←待ち→←掘削→←待ち→			
作業者B	←－待ち－→←積込→←――待ち ――→			
機械A	←――待ち ――→←――運搬――→			

5.5.6　ブロック積み・張り工

(1)　ＩＥ手法適用の視点と工程

アンケート調査結果から，ＩＥ手法の適用の視点ならびに，改善すべき工程を表－5.5.56 に示す。

アンケートの結果から，ブロックの積み張り工へのＩＥ手法の検討は，生産性の視点がまず重視され，次いで安全面や苦渋面の視点が重視される。ブロックの積み張り工の施工改善で特にＩＥの適用が求められている工程およびそこでの適用視点を次に示す。

人手で重量物を設置するブロックの積み張り工程が安全，苦渋，生産性の各視点でＩＥの適用による改善が求められている。

(2)　表－5.5.57 から 5.5.59 にはブロック積み張り工に関して，ＩＥ手法の適用に関する検討結果を示す。

表－5.5.56　コンクリート舗装工における改善すべき工程の着眼点

		安全性の向上	苦渋性の解消	生産性の向上
工法全体で見た場合の重要度（5段階評価平均点）		高い（4．1）	高い（4．0）	非常に高い（4．4）
工程別重要度	裏込み	△	△	△
	胴込み	△	△	△
	ブロック積み張り	◎	◎	◎
	天端コンクリート	△	△	△

注）◎：回答率が高い（５０％以上）

○：回答率が比較的に高い（２０～５０％未満）

△：回答率が低い（～２０％未満）

無印：回答なし

表－5.5.57(1)　ブロック積み張り工において安全面からみたＩＥの適用工程と適用手法に関する検討

工種	作業	問題点	原因	特徴	ＩＥ手法の適用の検討			
					目的	測定・分析手法	測定対象	備考
ブロック積み張り工程	ブロック積み張り作業	・疲労が多い ・危険な環境で作業する ・作業の床面の状態が悪い ・夜間作業を伴う	【機械】 ・荷揚げに最適な機械がなく掘削機(バックホ)を利用している ・バケットからブロックが落ちる 【作業者】 ・不安定な場所での重量物の移動 ・背面の土砂崩壊の防護が必要 ・中腰作業のため腰を痛める	・機械と人の共同作業であるが、どちらかと言うと人手が中心の作業 ・同じ作業にのみ携わる作業者と複数の作業に携わる作業者がいる ・作業の途中で連絡が重要である ・作業手順が標準化されていない ・特殊な作業環境で作業する ・同じ作業の繰返しである ・熟練度が必要とされる	ブロック積み張り作業の安全性の向上のために、危険作業に携わる作業工数や作業時間の低減、作業方法の変更が必要とみられる。 作業測定することにより、何処に改善のポイントがあるのかを明らかにすることができるものとみられる。 まず、全体として、どのような場所でどのような作業がどれくらい、どのように行われているのかを把握し、改善のポイントを明らかなことが有効とみられる。 このため、法面で行われている作業全体の作業分析を行い省力化や機械化のポイントを	－ワークサンプリング －ビデオメモモーション ↓ －場所別、作業別の時間の分析	－作業場所（部位）、床面の状況 －作業内容	

表－5.5.57 (2)　ブロック積み張り工において安全面からみたＩＥの適用工程と適用手法に関する検討

工程	作業	問題点	原因	特徴	ＩＥ手法の適用の検討			
					目的	測定・分析手法	測定対象	備考
			・手足をはさまれる作業が多い 【手順】 ・架設が作業に追い付かない 【その他】 ・狭い所に部材を置くと自由な作業ｽﾍﾟｰｽの確保が困難となる ・土質と切土勾配が合わない ・足場が毎日変わるため簡易	・比較的大きな人力のいる作業である ・重量のある部材を取り扱う ・移動に伴う部材の脱着が煩わしい ・無理な姿勢で作業する	明らかにする。			

表－5.5.58(1)　ブロック積み張り工において苦渋面からみたＩＥの適用工程と適用手法に関する検討

工程	作業	問題点	原因	特徴	ＩＥ手法の適用の検討			
					目的	測定・分析手法	測定対象	備考
ブロック積み張り工程	ブロック積み張り作業	・重量部材を人手で取り扱う ・人手の力の必要な作業を伴う ・作業者の床面の状態が悪い ・作業しにくい部材を取り扱う	【機械】 ・工事が多種多様で専用の機械の開発が遅れている ・バックホー のバケットにブロックが積みにくい 【作業者】 ・重量物を中腰で扱う ・重労働をする作業者がいない ・作業床の悪い所で作業する	・人手と機械の共同作業であるが、どちらかと言うと人手を中心とした作業 ・同じ作業だけをする人と複数の作業をする人がいる ・他の人の作業の制約を受け易い ・機械の作業の制約を受け易い ・他の人の作業の制約を受け易い ・他の機械の作業の制約を受け易い ・特殊な環境で作業する	ブロック積み張り作業では、重量部材を取り扱うところに大きな問題がある。 このような問題への取り組みには、施工方法全体を替えてしまう方法もあるが、作業測定を通して部分的に作業を機械化または作業の効率化が考えられる。 ここでは、作業測定を通して苦渋性を定量的に把握し、改善のポイントを明らかにすることを目的とする。 1）苦渋性の定量化のために、作業姿勢や必要とする力（または、保持する部材の重さ）と作業時間の関係を明らかにし、問題点を抽出する。	- ワークサンプリング - ビデオメモモーション ↓ 作業別、作業姿勢別の作業時間の分析 作業別、必要とする力別の作業時間の分析 作業別、場所別の作業時間の分析	- 作業場所（部位）、床面の状態 - 作業内容 - 作業姿勢 - 作業に必要な力	

表－5.5.58(2)　ブロック積み張り工において苦渋面からみたＩＥの適用工程と適用手法に関する検討

工程	作業	問題点	原因	特徴	ＩＥ手法の適用の検討			
					目的	測定・分析手法	測定対象	備考
			・高所作業による墜落 【手順】 ・作業手順が多い ・重機との連携 【その他】 ・ブロックが重い。しかし、積みブロックの大きさは小さい	・作業環境の影響をうけやすい ・同じ作業の繰返し ・熟練度が要求される ・比較的大きな力の必要な作業 ・位置を決めたり、考えたりするのが繁雑である ・重量のある部材を取り扱う ・運搬に伴う部材の脱着が煩わしい				

表－5.5.59(1)　ブロック積み張り工において生産性からみたＩＥの適用工程と適用手法に関する検討

工程	作業	問題点	原因	特徴	ＩＥ手法の適用の検討			
					目的	測定・分析手法	測定対象	備考
ブロック積み張り工程	ブロック積み張り作業	・機械の稼働率が低い ・ある作業（ブロックの据付等）が作業効率に影響する ・作業スピードが充分でない	【機械】 ・材料置場から作業現場までの小運搬に適した機械の選択 ・作業列に数台の機械を配置することができない ・稼働率が低い 【作業者】 ・作業者がいない ・作業者により生産性が格段に異なる	・人手と機械の共同作業であるが、どちらかと言うと人手を中心とした作業 ・同じ作業だけをする人と複数の作業をする人がいる ・他の人の作業の制約を受け易い ・機械の作業の制約を受け易い ・他の人の作業の制約を受け易い ・他の機械の作業の制約を受け易い ・特殊な環境で作業する	1）作業の定量的な把握 ブロック積み張り作業全体を作業測定し、どのような作業で時間や工数がとられているのか、ならびに待時間が生じ易い作業等を定量的に把握し、改善の方向や改善点を明らかにする。 2）作業間の制約の関係の把握 作業の効率が悪い部分で、機械と人の共同作業や人と人の共同作業の場合には、更に作業間の関係を把握し、問題点を明らかにする必要がある。	－ ワークサンプリング － ビデオメモモーション ↓ 機械や人の稼働の分析 作業別の時間の分析 － ビデオメモモーション ↓ 連合工程分析（マンーマシンチャート、マンーマンチャートによる分析）	－ 人の作業内容 － 機械の稼働 － 人と機械、人同士の作業の流れ	

表－5.5.59(2)　ブロック積み張り工において生産性からみたＩＥの適用工程と適用手法に関する検討

工程	作業	問題点	原因	特徴	ＩＥ手法の適用の検討			
					目的	測定・分析手法	測定対象	備考
			・高齢化した作業者のため運搬効率が悪い ・狭隘な場所で無理な姿勢で作業する 【手順】 ・現在のﾌﾞﾛｯｸは胴込ｺﾝｸﾘｰﾄの打設・硬化後次の作業に掛かる。 ・石工が据付しかしない ・一方向から作業する	・作業が標準化されていない ・作業者間の連絡が重要である ・作業環境の影響をうけやすい ・同じ作業の繰返し ・熟練度が要求される ・比較的大きな力の必要な作業 ・位置を決めたり、考えたりするのが繁雑である ・重量のある部材を取り扱う ・運搬に伴う部材の脱着が煩わしい				

(3) ＩＥ手法の適用に関するまとめ

アンケート調査の結果から，ブロック積み張り工のＩＥの適用の視点は以下に整理できる。

・ＩＥ手法の検討は，生産性の視点が特に重視され，次いで安全性や苦渋性の解消の視点が重視される。

・各視点での主たる適用工程は，ブロック積み張り工程に集中している。

従って，ブロック積み張り工では主としてブロック積み張り工程を中心にＩＥ手法の適用を行い，施工改善していくことが重要と考えられる。つぎに，この工程におけるＩＥ手法の適用について提案を行う。

ブロック積み張り工程は，機械で運搬してきた重量部材を人手で取り扱う。足場が悪く，高所作業のため，危険性や苦渋性が高く，しかも人手の作業のため生産性の向上が難しい。

この背景は，次のとおりである。

・適当な作業機械がない。一般的には掘削機械（バックホー）やクレーンが利用される。

・簡易な足場であるため，安全上必ずしも満足いくものとみられていない。

・人手では扱うブロックは40kg程度であり，工場でとりあつかう部材にくらべて重たい。しかも，高所作業や中腰での作業を伴うため，苦渋性が大きく，また，危険性を伴う。

このような問題点を踏まえ，ＩＥ手法を次の点から検討を行う。

・作業別の効率の把握と改善点の抽出

・苦渋性の定量化と改善点の抽出

・安全性の向上からみた省力化や機械化のポイント抽出

このような問題に対してＩＥを適用し，作業研究（時間研究と方法研究）を行うことは問題解決の有効な手段になるものとみられる。以下には，このような問題解決にそったＩＥの手法の適用について示す。

・ブロック積み張り作業全体の作業の分析

…… ブロック積み張り作業全体の構造を明らかにし，生産性の向上，苦渋性の解消や安全性の向上のポイントを抽出する

・作業間の制約の分析

…… 機械と人，人と人の作業間の関係から改善のポイントを抽出する。

次に，有効と見られる具体的なＩＥ手法の適用方法について述べる。

① 分析レベル

各作業のサイクルタイルは工場に比べ長いものと予想され，工場レベルでの作業測定（例えば，1/1000分単位の計測）は適切でないものと考えられる。

積み張り作業の特性を考慮すると，分レベルの作業測定でも有効とみられる。このような測定レベルから，必要に応じてレベルを細かくすることが妥当と考えられる。

作業のレベルは，以下のものを想定する。

— 主作業（据付など）

— 付随作業（小運搬，準備，連絡など）

— 待ち（手待ちなど）

② 測定

作業測定には，ストップウォッチ法，ビデオメモモーション，ワークサンプリング法などが考えられる。しかし，以下の点から離散的な時間サンプリングでのワークサンプリング法による観測が有効とみられる。

— サイクルタイムが比較的長く，①の分析・測定レベルに対応できる

— 工場の作業測定で行われるようなランダムサンプリングする必要なく，一定の時間間隔の測定が可能と考えられる

— 1人の観測者で複数の測定対象を測定できる

機械と作業者の制約関係等をミクロ的に分析する場合には，ビデオメモモーション法による測定も併用するものとする。

測定においては，苦渋性，安全性を評価するために，作業者が作業する場所（高所など），床

表－5.5.60　作業測定シートの例

観測時刻	作業者								
	作業者A								作業者B
	主体作業 ｲﾛﾊﾆ	付随作業 abcd	その他 ABC	待ち	作業場所	床面の状態	必要な力	作業姿勢 A	
⋮									

観測時刻	機械A					機械B
	主体作業	付随作業	その他	待ち	故障	----------
	掘削----------	移準---------- 動備	あいう			
⋮						

面の状態（良，滑り易いなど），必要とする力（部材の重さや，締め付け力など）および作業姿勢（中腰，直立，うつ向き等）を記録するものとする。

③ 集計および分析

測定データを目的にそって集計し，以下の分析を行う。

a．作業時間の分析

b．作業者の作業分析

c．作業の制約の分析

a．作業時間の分析

型枠設置作業の全作業時間に対して表－5.5.61の様式で作業時間を整理し，生産性の向上へ向けた施工改善のポイントを分析する。

表－5.5.61　機械・作業者の稼働分析シートの例

		作業時間（構成比）	工数
主作業	位置決め |	（　　） （　　）	
付随作業	小運搬 ||	（　　）	
待ち			

b．作業者の作業分析

作業者の作業測定の結果を，要素作業や単位作業に分類し（据付作業，小運搬など），表－5.5.62のような表に分析する。ここで付随作業の多いもの，待ち作業の多いものを抽出し，施工の改善を検討する。

表－5.5.62　作業の時間構成・工数構成の分析シートの例

作業名	主作業		付随作業		その他作業	待ち
		a b c		イ ロ ハ		
A B C						

作業者の苦渋性の視点から，表－5.5.63のような表に整理し，力の必要な作業を抽出し，機械化のポイントを抽出する。同様に表－5.5.64のような表にデータを整理し，姿勢と作業の関係から改善のポイントを明らかにする。また，表－5.5.65のような表にデータを整理し，

作業場所や床面の状態から見た改善点を明らかにする。

表－5.5.63　作業者の必要とする人力別の時間構成・工数構成の分析シートの例

作業名	必要とする力（kg）		
	小（～10kg）	……	大（30kg～）
A B C			

表－5.5.64　作業者の姿勢別の時間構成・工数構成の分析シートの例

作業名	作業姿勢			
	しゃがんだ姿勢	中腰	……	直立
A B C				

表－5.5.65　作業者の場所や床面の状態別の時間構成・工数構成の分析シートの例

作業名	作業姿勢				作業床面の状態			
	イ	ロ	ハ		α	β	γ	
A B C				——				……

c．作業の制約の分析

作業者や機械の待ちの発生の状況や作業の流れを，作業の制約関係の視点から分析する。このような作業の制約関係の分析では，マン－マシンチャート分析が有効な方法である。表－5.5.66のようなマン－マシンチャートの様式に整理し，改善のポイントを抽出する。

表－5.5.66　作業のマン－マシンチャート分析の例

	時間（分） 0　　5　　10　　15
機械	←運搬→←待ち——→←移動——
作業者a	←移動→←—位置決め→←待ち——→
作業者b	←—合図——→←位置決め→
作業者c	←待ち——————→

表－5.5.67　コンクリート舗装工における改善すべき工程の着眼点

		安全性の向上	苦渋性の解消	生産性の向上
工法全体で見た場合の重要度（5段階評価平均点）		高い（3．8）	高い（3．9）	非常に高い（4．4）
工程別重要度	アスファルト中間層の施工			
	厚さ検査			
	型枠の設置	○	○	○
	石粉塗布			
	下層コンクリートの荷卸	△	△	△
	バーアセンブリーの設置			△
	下層コンクリートの敷均	△	△	△
	タイバーの設置		△	
	鉄網の設置	△	△	△
	締固	△	△	
	上層コンクリート荷卸	○		△
	上層コンクリート敷均	△	△	△
	締固	△	△	△
	打込み目地の施工			△
	平坦性仕上	△	◎	○
	平坦性点検			
	粗面仕上		△	△
	養生	△	△	△
	目地のカッタ切断	△		
	脱型	△		
	目地の清掃	△		△
	注入目地材の注入	△	△	
	検査			

注）◎：回答率が高い（２５％以上）
○：回答率が比較的に高い（１５～２５％未満）
△：回答率が低い（～１５％未満）
無印：回答なし

5.5.7　舗装工（セメントコンクリート）

(1)　ＩＥ手法適用の視点と工程

アンケート調査結果から，ＩＥ手法の適用の視点ならびに，改善すべき工程を表－5.5.67に示す。

アンケートの結果から，コンクリート舗装工へのＩＥ手法の検討は，生産性の視点が特に重視され，次いで安全面や苦渋面の視点が重視される。コンクリート舗装工の施工改善で特にＩＥの適用が求められている工程およびそこでの適用視点を次に示す。

人手で重量物を設置する型枠設置工程では，安全，苦渋，生産性の各視点でＩＥの適用による改善が求められている。

機械と人手で作業する平坦仕上げ工程では，苦渋性や生産性の視点での改善が求められている。

機械が輻湊し，作業床面の状態が悪い中で作業員が作業を行う上層のコンクリートの荷下ろし作業では安全性の視点から改善が求められている。

(2)　ＩＥ手法の適用に関する検討

表－5.5.68から5.5.70にはコンクリート舗装工に関して，ＩＥ手法の適用に関する検討結果を示す。

表－5.5.68(1)　コンクリート舗装工において安全面からみたＩＥの適用工程と適用手法に関する検討

工程	作業	問題点	原因	特徴	ＩＥ手法の適用の検討			
					目的	測定・分析手法	測定対象	備考
型枠設置	型枠設置作業	－疲労が多い －事故や災害が発生しやすい －作業の床面の状態が悪い	【機械】 －設置・段取りに時間がかかる －設置する機械がなく、人力で設置する 【作業者】 －高齢化 －型枠降ろし時の落下 －型枠固定ピンの打ち込み時での手もとの誤り・事故 －人手が沢山必要となる	－人手中心または人と機械の共同作業 －特定の同じ作業に携わる人と、いろいろな作業を行う人からなる作業 －他の人や機械の制約をうけ易い －作業者間の連絡が重要 －同じ作業の繰り返し －熟練度が求められる －比較的大きな人力が必要 －位置決めや思考するのが繁雑	型枠の設置では、重量部材を人手で取り扱う場合が多く、ピン打ち等の作業は危険な作業であり、しかも設置に時間がかかる。 従って、型枠の設置作業で、作業を省力化や機械化することが望ましい。 型枠設置作業の作業時間・工数の分析およびその作業の危険性の分析を行う。このような作業研究を通して、どのような作業を機械化・省力化すべきか、またそこでの改善のプライオリティを明らかにする。	－実績資料により災害や事故の発生しやすい作業の分析 －ワークサンプリング法による作業測定 ↓ －（要素、単位）作業別の時間、工数の構成および作業別の危険度	－作業者の作業	

表－5.5.68(2)　コンクリート舗装工において安全面からみたＩＥの適用工程と適用手法に関する検討

工程	作業	問題点	原因	特徴	ＩＥ手法の適用の検討			
					目的	測定・分析手法	測定対象	備考
			【手順】 （作業手順の浸透が不足） 【その他】 －機械の大型化に伴い、型枠やレールの強度が要求され重量が増大している	－重量部材を取り扱う －運搬に伴う部材の脱着が煩わしい －無理な姿勢での作業を伴う				

表－5.5.68(3)　コンクリート舗装工において安全面からみたＩＥの適用工程と適用手法に関する検討

工程	作業	問題点	原因	特徴	ＩＥ手法の適用の検討			
					目的	測定・分析手法	測定対象	備考
上層コンクートの荷おろし	コンクリートの荷おろし作業	－疲労が多い －機材や部材の整理整頓が悪い －事故、災害が発生しやすい －作業の床面の状態が悪い	【機械】 －荷おろし機械の後部が死角となる －誘導装置が不完全 －機械だけで作業できない －機械を利用できない場合がある 【作業者】 －合図を確実に行わない －熟練度が必要 －ダンプトラックの後進に気	－人と機械の共同作業 －機械作用の制約をうけやすい －複数の人が同様の作業を行う －複数の人が分担し同時に異なる作業を行う －作業環境の影響をうけやすい －障害物が多い －同じ作業の繰返し －熟練度が要求される －位置を決めたり、思考するのが繁雑である	上層コンクリートの荷降ろしは機械と人が輻湊する作業であるため、危険性が高い。現状の作業ならびに危険な領域（機械の死角位置）における作業の現状を分析し、改善のポイントを明らかにし、省力化や機械化を含めた対策を検討する。	－リークサンプリング －ビデオメモモーション ↓ －（要素、単位）作業別の時間、工数の構成 －（要素、単位）作業別、必要な人力別の時間構成 －（要素、単位）作業別、姿勢別の時間構成	－機械の稼働 －作業者の作業 －機械と作業者の位置 －作業姿勢	

表－5.5.68(4)　コンクリート舗装工において安全面からみたＩＥの適用工程と適用手法に関する検討

工程	作業	問題点	原因	特徴	ＩＥ手法の適用の検討			
					目的	測定・分析手法	測定対象	備考
			づかない －荷降ろし機械と散均機械の間で作業する 【手順】 －散均と荷降ろしが輻湊して作業が行われる	－比較的大きな人力の必要な作業 －無理な姿勢で作業する		－機械との位置関係別（作業範囲内外別、機械との距離別）、（要素、単位作業別）の時間、工数の構成 －マン－マシンチャートを利用した連合工程分析		

表－5.5.69(1)　コンクリート舗装工において苦渋面からみたＩＥの適用工程と適用手法に関する検討

工程	作業	問題点	原因	特徴	ＩＥ手法の適用の検討			
					目的	測定・分析手法	測定対象	備考
型枠設置	型枠設置作業	－重量部材を人手で取り扱う －人手の力を必要な作業を伴う －無理な姿勢で作業する	【機械】 －運搬の機械化が少ない －機械化の範囲が狭い 【作業者】 －重量物の取り扱い及び単純作業 －重たい型枠を数mm単位で高さ調整して設置する －作業者の高齢化 －熟練工不足	－人手を中心とした作業 －他の人の作業の制約をうけやすい －複数の人が同じ作業を行う －同じ作業の繰返し －熟練度が要求される －比較的大きな人力が必要 －位置決めや思考が繁雑である －重量のある部材を取り扱う作業 －運搬に伴う部材の脱着が煩わしい	型枠設置作業は人手で重量物を取り扱い、苦渋な作業となっている。このような苦渋性を解決するために作業研究を通して、人力の必要となる作業がどのように行われているのか、現状を分析し、改善のポイントを明らかにする。	ﾜｰｸｻﾝﾌﾟﾘﾝｸﾞ 法 ﾋﾞﾃﾞｵﾒﾓｰｼｮﾝ ↓ －〔要素、単位〕作業別の時間・工数の構成 －〔要素、単位〕作業別、必要とする力（または取り扱い部材の重量別）別時間・工数の構成 －〔要素、単位〕作業別、作	－作業者の作業内容 －必要とする人手の力 －作業姿勢	

表－5.5.69(2)　コンクリート舗装工において苦渋面からみたＩＥの適用工程と適用手法に関する検討

工程	作業	問題点	原因	特徴	ＩＥ手法の適用の検討			
					目的	測定・分析手法	測定対象	備考
						姿姿勢別の時間・工数の構成		

表－5.5.69(3)　コンクリート舗装工において苦渋面からみたＩＥの適用工程と適用手法に関する検討

工程	作業	問題点	原因	特徴	ＩＥ手法の適用の検討			
					目的	測定・分析手法	測定対象	備考
平坦性仕上げ	平坦性仕上げ作業	－無理な姿勢で作業する －フィニッシャとレベラーの間で作業する	【機械】 －角の部分は機械で作業できない －オペレータの熟練度が仕上に影響する 【作業者】 －熟練者不足 【手順】 －仕上げまでの時間 －コンクリートが固化時期と施工時期の兼ね合い	－機械と人手の共同作業 －複数の作業者は同じ作業のみ行う（一人で様々な作業をしない） －他の人の作業の影響をうけやすい －機械の作業の影響を受けやすい －前の工程・作業の結果や遅抄に影響をうける －後の粗面仕上げに影響与える －特殊環境（機械間等）で作業する －作業環境の影響を	平坦性仕上げの苦渋性の問題の背景は、機械仕上げの補填的な作業を人手に頼ること、足場環境によって無理な姿勢で仕上作業することにある。しかも、この機械や他の作業者の輻輳した作業が特徴となっている。 このような背景を踏まえ、苦渋作業が効率的に行われているのか、作業の現状ならびに作業場所別に（本来ならば機械が作業すべきところかどうか）苦渋作業量を分析し、機械化や施工改善のポイントを抽出する。	－ワークサンプリング －ビデオメモモーション －作業者の（要素、単位）作業別の時間、工数の構成 －作業場所別（角、真中部等）の作業時間や工数の構成 －作業別の作業姿勢の時間構成	－機械の稼働 －作業者の作業 －作業場所 量（仕上げ面積）	

表－5.5.69(4)　コンクリート舗装工において苦渋面からみたＩＥの適用工程と適用手法に関する検討

工程	作業	問題点	原因	特徴	ＩＥ手法の適用の検討			
					目的	測定・分析手法	測定対象	備考
				うけやすい －熟練度が要求される －比較的大きな人力が要求される		－機械と人の制約関係の分析（ﾏﾝﾏｼﾝ ﾁｬｰﾄによる連合工程分析）		

表－5.5.70(1)　コンクリート舗装工において生産性からみたＩＥの適用工程と適用手法に関する検討

工程	作業	問題点	原因	特徴	ＩＥ手法の適用の検討			
					目的	測定・分析手法	測定対象	備考
平坦性仕上	－仕上げ作業	－作業管理が難しい －予定通り作業が進みにくい －作業速度が充分でない	【機械】 －機械で仕上げ作業を全てできなく、人手によるフロート仕上げ作業を伴う －精度の確保が難しい 【作業員】 －熱線を要する －作業姿勢が悪い 【手順】 －仕上げのタイミング －足場の移動	－特定の同じ作業に従事する作業員が複数いる －人の待ち時間が多い －他の人の作業の制約を受け易い －前の工程・作業（敷均）の結果や進捗に影響をうける －後の工程・作業（粗面仕上げ）に影響を与える －特殊な環境（ﾄﾝﾈﾙ等）で作業する －同じような作業の	仕上げ作業は仕上げ機械を利用しながらも人手のフロート仕上げ作業を要し、かつその作業は熱線を伴う。しかし、その作業では人の手待ちが多いことも指摘されている。 このことから、仕上げ作業の効率的な施工の障害（待ちや無駄が発生する要因）を作業研究を通して明らかにし、機械化や作業改善を含む施工改善のポイントを抽出する。	ﾜｰｸｻﾝﾌﾟﾘﾝｸﾞ ﾋﾞﾃﾞｵﾒﾓﾓｰｼｮﾝ ↓ －仕上げ機械の稼働分析 －作業者の（要素、単位）作業別の時間・工数構成 －作業者の作業場所別（角や真中等）の作業時間・工数 －マン・マシンチャートによる連合工程分析（作業者と	－機械の作業 －作業者の作業 －作業場所	

表－5.5.70(2) コンクリート舗装工において生産性からみたＩＥの適用工程と適用手法に関する検討

工程	作業	問題点	原因	特徴	ＩＥ手法の適用の検討			
					目的	測定・分析手法	測定対象	備考
				繰返し －熱線度が要求される －位置を決めたり、思考したりするのに時間がかかる		機械の作業の流れを分析する）		

表－5.5.70(3)　コンクリート舗装工において生産性からみたＩＥの適用工程と適用手法に関する検討

工程	作業	問題点	原因	特徴	ＩＥ手法の適用の検討			
					目的	測定・分析手法	測定対象	備考
型枠の設置	型枠設置作業	－作業スピードが遅い －路盤の仕上げ等の作業が作業効率を左右する	【機械】 －型枠が重い 【作業者】 －高齢者が多い －型枠の重量が重く、移動や据付に時間がかかる 【その他】 －型枠の寸法がきまっているので、据付のために路盤高を調整する必要が生じている	－（一般的には）人手を中心とした作業 －複数の作業者が特定の同じ作業に携わり、色々な作業に携わる作業者は少ない －他の人の作業の制約を受け易い －機械の作業の制約を受け易い －作業者間の連絡が重要である －後の工程の作業に影響を与える －熟練度が要求される	型枠の設置作業は重量物を精度良く設置する必要があるが、その作業の多くは人手に頼っている。このような作業の特性の為に、生産性の向上が求められる一方、安全や苦渋の面で問題も多い。 ここでは、作業研究を通して全体の効率を低下させている要因（時間の掛かる作業など）を分析し、機械化を含めた施工改善の検討を行う	ワークサンプリング ビデオメモモーション ↓ －仕上げ機械の稼働率の分析 －作業者の（単位、要素）作業別の時間、工数の構成 －作業者同士、作業者－機械の制約関係の分析（マン－マシンチャートによる連合工程分析）	－機械の稼働 －作業者の作業	

表－5.5.70(4) コンクリート舗装工において生産性からみたＩＥの適用工程と適用手法に関する検討

工程	作業	問題点	原因	特徴	ＩＥ手法の適用の検討			
					目的	測定・分析手法	測定対象	備考
				－比較的大きな人力を必要とする作業 －位置を決めたり、思考するのが繁雑 －移動に伴う部材の脱着が煩わしい				

(3) ＩＥ手法の適用に関するまとめ

アンケート調査の結果から，コンクリート舗装工のＩＥの適用の視点は以下に整理できる。

・ＩＥ手法の検討は，生産性の視点が特に重視され，次いで安全性や苦渋性の解消の視点が重視される。

・生産性の視点での主たる適用工程は，まず平坦性仕上げ工程で，ついで型枠設置工程となる。

・安全性の視点での主たる適用工程は，型枠設置工程，ついで上層コンクリートの荷下ろし工程となる。

・苦渋性の視点での主たる適用工程は，平坦性仕上げ工程で，ついで型枠の設置工程となる。

従って，コンクリート舗装工程では主として型枠設置工程と平坦性仕上げ工程を中心にＩＥ手法の適用を行い，施工改善していくことが重要と考えられる。つぎに，両工程におけるＩＥ手法の適用について提案を行う。

1）型枠設置工程

コンクリート舗装工の型枠設置作業は，人手を中心に重量部材に精度良く設置しなければならない。このため，危険性や苦渋性が高く，しかも生産性の向上が望まれている。この背景は以下の通りである。

・型枠設置作業で取り扱う部材は大変重い。

（レール：３m，100kg／本）

・適当な設置機械がなく，人手を中心とした作業となる。

・型枠の設置精度が舗装の精度に影響するために，設置作業には配慮が必要となる。

・複数の作業者が輻湊し，作業を行う。

このような問題点を踏まえ，型枠設置作業に対してＩＥ手法を次の点から検討を行う。

・生産性の向上

…… 型枠設置作業のうち，もっとも時間が必要となる作業時間の短縮

・危険性が伴う作業の抽出

…… 災害や事故やけがが発生し易く，作業量（時間，工数）の多い作業に対する施工改善

・苦渋性の多い作業の抽出

…… 人力が必要となり，作業量（時間，工数）の多い作業に対する施工改善

このような問題に対してＩＥを適用し，作業研究（時間研究と方法研究）を行うことは問題解決の有効な手段になるものとみられる。以下には，このような問題解決にそったＩＥの手法の適用について示す。

・作業時間の分析 —— 時間研究

一連の作業の流れの中の要素作業や単位別作業別の時間を測定・分析し，作業時間の短縮と関わるポイントを抽出する

・作業者の作業分析 —— 作業分析

危険や苦渋作業に携わる作業者の作業に対して，作業時間の短縮，機械化，省力化へ向けた改善のポイントを明らかにする。

・作業の制約関係の把握 —— 方法研究

作業者同士が輻湊して行う作業（一部では機械が利用される）であり，各作業者の作業が互いに干渉を受けながら型枠の設置が行われるため，一連の作業の流れを分析し，作業手順自体の問題や効率の低下の要因等を抽出し施工改善のポイントを抽出する。

次に，有効と見られる具体的なＩＥ手法の適用方法について述べる。

① 分析レベル

掘削作業のサイクルタイムは工場での作業に比べ長いことから，工場で行われているような作業測定（例えば，1/1000分単位の計測）は適切でないものと考えられる。

掘削作業の特性を考慮すると，分レベルの作業測定でも有効とみられる。このような測定レベルから，必要に応じてレベルを細かくすることが妥当と考えられる。

作業のレベルは，以下のものを想定する。

— 主作業（ピン打ち）
— 付随作業（移動，準備，連絡など）
— 待ち（手待ちなど）

② 測定

作業測定には，ストップウォッチ法，ビデオメモモーション，ワークサンプリング法などが考えられる。しかし，以下の点から離散的な時間サンプリングでのワークサンプリング法による観測が有効とみられる。

— サイクルタイムが比較的に長く，①の分析・測定レベルに対応できる
— 工場の作業測定で行われるようなランダムサンプリングする必要なく，一定の時間間隔の測定が可能と考えられる。
— １人の観測者で複数の測定対象を測定できる。

機械と作業者の制約関係等をミクロ的に分析する場合には，ビデオメモモーション法による測定も併用するものとする。

測定においては，苦渋性を評価するために，作業者が作業に必要とする力（部材の重さや，締め付け力など）および作業姿勢（中腰，直立，うつ向き等）を記録するものとする。

表－5.5.71　作業測定シートの例

観測時刻	作業者							
	作業者A							作業者B
	主体作業 イロハニ	付随作業 abcd	その他 ABC	待ち	機械に対する作業位置 半径内外	機械に対する作業位置 距離	必要な力	作業姿勢	
： ： ： ：									

観測時刻	機械A					機械B
	主体作業	付随作業	その他	待ち	故障	
	掘削———	移準—— 動備	あいう			———
： ： ： ：						

③ 集計および分析

測定データを目的にそって集計し，以下の分析を行う。

a．作業時間の分析

b．作業者の作業分析

c．作業の制約の分析

a．作業時間の分析

型枠設置作業の全作業時間に対して表－5.5.72の様式で作業時間を整理し，生産性の向上へ向けた施工改善のポイントを分析する。

表－5.5.72　機械の稼働分析シートの例

		作業時間（構成比）	工数
主作業	位置決め ピン打ち ⋮	（　　） （　　）	
付随作業	小運搬 ⋮	（　　）	
待ち			

b．作業者の作業分析

作業者の作業測定の結果を，要素作業や単位作業に分類し（ピン打ち，設置作業など）表－5.5.73のような表に分析する。ここで付随作業の多いもの，待ち作業の多いものを抽出し，施工改善を検討する。

作業者の苦渋性の視点から，表－5.5.74のような表に整理し，力の必要な作業を抽出し，機械化のポイントを抽出する。同様に，表－5.5.75のような表にデータを整理し，姿勢と作業の関係から改善のポイントを明らかにする。

表－5.5.73　作業の時間構成・工数構成の分析シートの例

作業名	主体作業		付随作業		その他作業	待ち
		a b c		イ ロ ハ		
A						
B						
C						

表－5.5.74　作業者の必要とする人力別の時間構成・工数構成の分析シート

作業名	必要とする力（kg）		
	小（～１０kg）	――――	大（３０kg～）
A			
B			
C			

表－5.5.75　作業者の姿勢別の時間構成・工数構成の分析シートの例

作業名	作業姿勢			
	しゃがんだ姿勢	中腰	――	直立
A				
B				
C				

c．作業の制約関係の分析

作業者間同士の共同作業における作業の制約関係について分析を行う。

作業者や機械の待ちの発生の状況や作業の流れを，作業の制約関係の視点から分析する。このような作業の制約関係の分析では，マン－マンチャート分析が有効な方法である。表－

5.5.76 のようなマン－マンチャートの様式に整理し，改善のポイントを抽出する。

表－ 5.5.76　作業のマン－マンチャート分析の例

	時間（分） 0　　5　　10　　15
作業者 a	←移動→←―位置決め→←待ち――→
作業者 b	←―合図――→←位置決め→
作業者 c	←待ち――――→

2）平坦性仕上げ作業

フィニッシャーによるコンクリートの締固・敷均の後，表面仕上げ機械により平坦仕上げ作業が行われるが，その後人手によるフロート仕上げを必要としている。この作業は以下の問題点がある。

・表面仕上げ機械では全ての仕上げ作業ができず，人手によるフロート仕上げ作業を行うが，仕上げ作業は無理な姿勢での作業であるため苦渋作業であり，また機械と機械の間の作業となるため，危険性もある。

・作業速度の向上が求められているが，人手によるフロート仕上げ作業は待時間が多く発生し，作業速度の向上が求められている。

従って，仕上げ作業を改善するために以下の点から検討する必要があるものと見られる。

・人手の仕上げの効率化

…… 人手によるフロート作業の作業効率と関係の深い要因を分析し，改善方法を検討する。

・人手によるフロート仕上げ作業の必要性と省力化・機械化の検討

…… フロート仕上げ箇所とそこでの作業時間や工数の分析や苦渋性の定量化によりフロート作業の必要性を検討し，仕上げ機の性能の向上や機械化を検討する。

このような問題の解決においては，ＩＥは有効な手段と考えられる。以下には平坦仕上げ作業のＩＥ手法の適用について示す。

・作業時間の分析 ―― 平坦仕上げの一連の作業の時間構成を分析し，作業の効率化にむけて問題点の抽出を行う。

・作業者の作業分析 ― 作業者の作業を測定・分析し，苦渋性の解消や作業の効率化へむけた

改善点を明らかにする。

・作業の制約関係の分析 —— 作業者同士や作業者と機械の作業の流れを分析し，作業効率の向上へむけた改善点を分析する。

次に，このようなＩＥの適用に関して具体的な適用方法について提案する。

① 動作分析レベル

平坦性仕上げについても型枠設置と同様にサイクルタイムは工場での作業に比べ長いことから，工場で行われているような作業測定（例えば，1/1000分単位の計測）は適切でないものと考えられる。

コンクリート吹付作業においては，分レベルの作業測定でも有効とみられる。このような測定レベルから，必要に応じてレベルを細かくすることが妥当と考えられる。

作業のレベルは，以下のものを想定する。

— 主作業（仕上げ作業など）

— 付随作業（移動，準備，連絡など）

— 待ち（手待ち，故障）

② 測定

作業測定には，ストップウォッチ法，ビデオメモモーション，ワークサンプリング法などが考えられる。しかし，以下の点から離散的な時間サンプリングによるワークサンプリング法による観測が有効とみられる。

— サイクルタイムが比較的に長く，①の分析・測定レベルに対応できる。

— 工場の作業測定で行われるようなランダムサンプリングする必要なく，一定の時間間隔の測定が可能と考えられる。

— １人の観測者で複数の測定対象を測定できる

フロート仕上げは人手を中心とした作業であるが，平坦仕上げ機械との共同作業であり，機械と作業者の両方を対象として作業測定を行う。作業者の作業測定では，作業内容以外に姿勢や作業場所（作業部位）についても記録する。

表－5.5.77　作業測定シートの例

観測時刻	作業者						
	作業者A						作業者B
	主作業 イロハニ	付随作業 abcd	その他 ABC	待ち	作業姿勢	作業場所 機械仕上部　角中央部	
： ： ： ：							

観測時刻	機械A					機械B
	主体作業	付随作業	その他	待ち	故障	――
	掘――削	移準――動備	あいう			
： ： ： ：						

③ 集計および分析

上記の作業測定の結果を用いて，次のようなデータの整理および分析により施工改善のポイントを抽出する。

a．仕上げ作業全体の時間分析

b．作業者の作業分析

c．作業の制約関係の分析

a．仕上げ作業全体の時間分析

平坦仕上げ作業に対して表－5.5.78のように時間や工数についてデータを整理し，機械や作業者が効率的に作業を行っているのか，どの部分が律速段階となるのかを分析し，改善のポイントを分析する。

表－5.5.78　作業の時間構成の分析シートの例

	主体作業		あ付随作業		その他作業	待ち
		a b c		イ ロ ハ		
機械						
人						

b．作業者の作業分析

人手によるフロート作業の場所（部位）別に作業の構造を分析し，作業の改善のポイントを明らかにする。

表－5.5.79　作業場所別の作業（面積，時間，工数）の分析シートの例

作業場所		作業面積	時間・工数		
			主作業	付随作業	待ち
機械仕上げ部	中央				
〃非仕上げ部	角				

作業の苦渋性の定量化は苦渋性の解消だけでなく作業効率の向上にも関わる。仕上げ作業を表－5.5.80のように整理し，苦渋な姿勢を伴う作業を抽出し，苦渋性の面からみた改善のポイントを明らかにする。

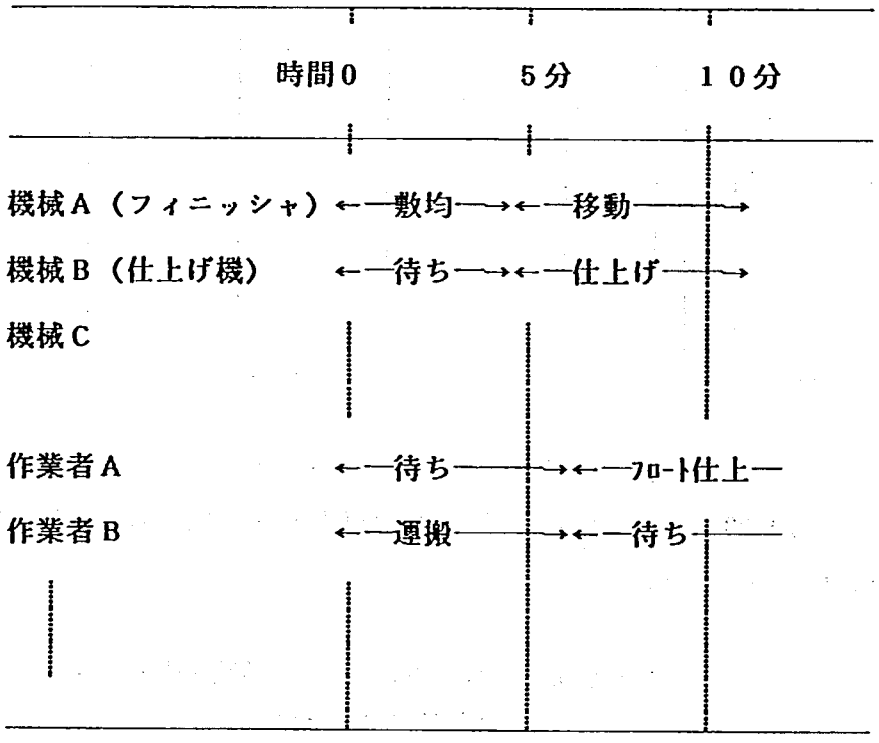
表－5.5.80　作業者の姿勢別の時間構成・工数構成の分析シートの例

作業名	作業姿勢			
	しゃがんだ姿勢	中腰	……	直立
A B C				

c．作業の制約関係の分析

仕上げ作業ではフィニッシャや仕上げ機械ならびに複数の作業者が輻湊して作業が行われるため，機械や作業者の仕上げ作業の流れを分析し，問題点を明らかとする必要がある。このために，作業測定の結果を表－5.5.81のようなマン－マシンチャートに整理し，連合工程分析を行う。ただし，離散的な時間サンプリングでの作業測定で精度が期待できない場合には，ビデオメモモーションのような撮影によるミクロ的な作業測定の利用を検討する必要がある。

表－5.5.81　マン－マシンチャートによる連合工程分析の例



6. 現場調査計画の検討

前章においてＩＥ手法の土木工事現場への適用に関して提案を行ったが，次のステップとして，実現場で測定を行わねばならない。

6.1 調査対象工種

6.1.1 工種の選定

調査対象工種の選定は，基本的には以下の３点に留意して行った。

- 改善することが緊急の工種を対象とする。
- 同種の工事が数多く同手順で行われているもの。
- 改善の余地があることが予想され，改善効果が期待できる。

以上の条件に適合する工種としては，道路交通への影響，夜間にわたる作業の改善等緊急課題であり，改善点も多く存在することから道路維持修繕工を選定した。また，道路維持修繕工においては，

- 人と機械との共同作業という土木工事の特徴を持つ
- 時間が限られている，比較的短時間で全工程が終了し，一定エリア内で作業がクローズしているのでＩＥ手法になじみ易い

等の性質を持つので，ＩＥの土木工事への適用のサンプルとして適当である。道路維持修繕工の代表的なものとして，打ち換え工，路上再生を含む切削オーバーレイを対象とする。

また，死亡災害発生率が土木工事平均の５倍以上もあり安全面に対する改善が求められ，土木工事のベースであるのでＩＥを他工種への応用を図るときの手がかりとなるので，土工を選定した。代表的なものとして，河川土工は築堤，道路はＣＡＢなどを含む共同溝〔開削〕を対象とする。

トンネル工に於いては，粉塵が多く飛散し狭隘であるので作業環境が悪くその改善が求められることや，道路維持修繕工に比べて作業範囲が長くなり広い範囲で作業を行う土工の特徴を持ち合わせているので，選定した。人と機械との共同作業であるＮＡＴＭを対象とする。

海上での作業で気象条件に作業効率や安全性が左右されやすく，クレーンによる繰り返し作業であるので，改善の効果が期待されることから離岸堤を選定した。

6.1.2 各工種における調査の概要

各工種の調査要領を以下に添付する。調査要領は，

(1) 調査背景：「道路維持修繕により，長時間道路交通に影響が生じる。」等の改善のニーズおよび生産性，安全性，苦渋性の何処に問題があるのかを記述している。

(2) 調査目的：「機械の稼働率の向上」等の改善目標を記述している。

(3) 調査対象：多数ある作業工程の内，どの工程を改善の対象にするのかを記述している。

(4) 調査，分析項目：ビデオカメラによる作業撮影，連合工程分析等の測定方法と分析方法を記述している。

から構成されている。

6.2　道路維持修善工（打換え，切削オーバレイ，路上表層再生工法）

6.2.1　打換え工法

Ⅰ　調査の背景

近年，交通量が増加するにつれて，道路の痛みもひどくなり道路舗装工事のニーズは高まりつつある。いっぽう，道路修繕工によって長時間道路を封鎖してしまうと，交通渋滞を引き起こしてしまうため，比較的交通量の少ない夜間にしかも短時間において道路工事を完了するような要求が年々強くなっている。

工事期間の短縮を行うためには，道路修繕工の各工程の生産性をあげる必要性がある。道路修繕工の作業は，かなり機械化が進んでおり，工事時間の短縮を図るためにはこれら機械の稼働率および生産性をあげることが望まれる。

又，近年のいわゆる人手不足により，夜間作業でありかつ厳しい労働となる道路工事の作業員のなりてが不足しており，したがって，今よりも少ない人数で道路修繕作業ができるような作業方法も望まれている。

一方，現場の道路舗装工事においては次のような問題が指摘されている。

1）機械作業の効率（生産性）

例えば，掘削工においてバックホーによる掘削は，土砂を運搬するトラックを待っている間，その作業を中止しており，その待ち時間分だけバックホーの生産性が低下するのみならず，全体の作業時間も長く成ってしまっている。このように，機械同士の制約関係によって，機械の生産性が低くなるような作業工程が見受けられる。

2）作業人数

道路舗装工事においてはかなり機械化が進んでおり，大型機械が作動している場合の多くについては，作業者の数が余っている。一晩の工事の人数は，その工事で一番多く人手を必要とする工程での人数と等しくなるように設定されていると考えられる。ところが，人数を多く必要とすると思われるアスファルトフィニッシャーを用いる作業工程においても，やや人数が余っているように思われ，作業人数の削減が期待される。

このような点についての改善を行うためには，機械全体の稼働状況や作業の流れの分析が必要となり作業測定に基づくデータが求められている。

Ⅱ　調査の目的

本調査では前章で述べた道路維持修繕工の問題点に対してＩＥの手法を適用し，施工改善提案を行う。従来においては，このような問題点に対して，専門家の経験や勘に頼って改善を行ってきたが，かならずしも合理的な方法ではなかった。

改善の範囲についてはすべての作業を全自動化するなどの改善では，多くの労力やコストがかかる

などの負担が大きく，しかも高度なシステムを利用するとなるとその有効性などに十分な検討を要するなど，実現はむずかしい。

したがって，本調査では，科学的でシステマチックな改善手法を用い，現行の作業方法を大幅には変更せず部分的ではあるが効果的な改善を行うことが妥当であるものと考える。

前章の１）は，個々の機械の稼働率と深い関係を有している。従って，調査を行うにあたっては，機械の稼働状況を分析することが重要となる。又，前章の２）の問題点は，とくに作業者の作業内容とその生産性を明らかにすることが望まれる。

本調査では，ＩＥ手法を道路維持修繕工に適用し以下の改善目標を設定し，改善目標に沿った作業測定の実施および測定データの分析を行う。

１）機械の稼働率の向上

２）機械の性能の改善

３）作業員の動作分析に基づく省要員化

４）計測作業の改善

Ⅲ　調査の対象

１）対象作業

今回の調査を行うにあたって，まず，各工程レベルの作業が工事全体に於て，どれぐらいのウエイトを占めているのかを明らかにするために，各工程レベルでの作業測定を行う。この作業測定結果に基づき，特に時間のかかっている工程について，単位作業レベルで作業測定を行って行く。

調査の対象作業としては，大きく次の２つに分類できる。

(1)　機械による作業が主であり，かつ機械と機械の制約関係のために作業の生産性が低下していると思われる工程

(2)　作業員の人手作業を多く必要とする作業工程

(1)の対象工程としては，まず第一にニブラー，ブレーカ，バックホー等の大型機械作業が主である舗装取り壊し工から，バックホーの作業が終了する掘削工までの工程に着目する。この工程に於ては，バックホーの作業に注目し，バックホーと他の機械との制約関係など，バックホーの生産性について分析する。

第二に，土砂の敷均し転圧などを行う下層路盤工から上層路盤工について着目し，モータグレーダーやトレーラー等の機械の稼働状況ならびに作業手順について各単位作業レベルでの作業測定を行う。

(2)の対象作業としては，基層路盤工におけるアスファルトフィニッシャー周囲での人手作業について注目し，人手作業の生産性等の作業測定を行う。

２）分析レベル

(1)　舗装取り壊し工～掘削工

機械作業を測定する場合の作業測定・分析レベルは，要素作業レベルを想定する。その理由としては，

— 単位作業レベル以上の粗いレベルでは，機械の移動や運搬の問題を取り扱うことができず，問題点の抽出が難しくなる。

— 一方，動作レベルでは，データのバラツキが大きくなること，ならびにその測定から問題の本質がつかみづらくなることが予想される。

以上のことから，例えば，バックホーの作業に関しては，

- アスファルトをはがす作業
- 土砂をトラックに積み込む作業
- 移動
- 停止

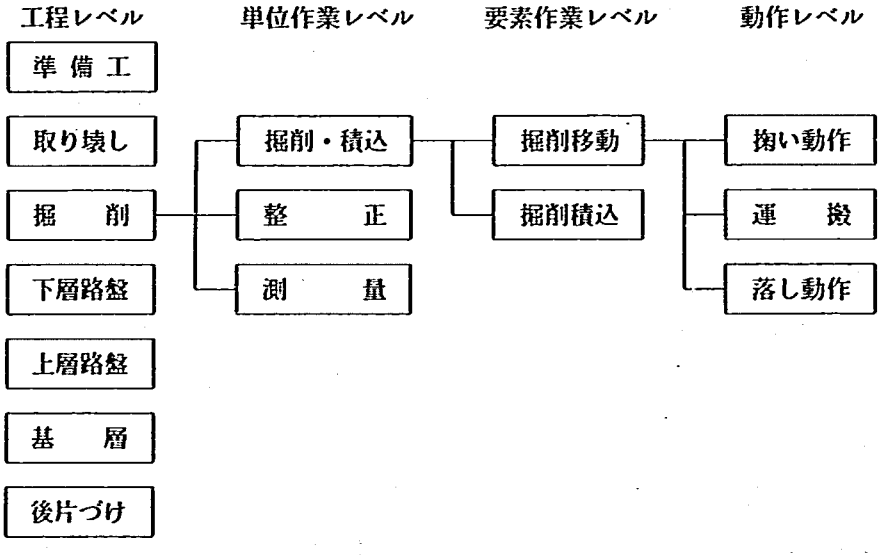
のような要素作業についての測定を行うこととする。

(2) 下層路盤工~上層路盤工

この工程についても機械作業が主となり，(1)と同様な理由から，分析レベルは，要素作業レベルを想定する。

(3) 基層路盤工

この工程に於ては，作業者の作業が他の工程に比べて多くなるものと予想され，分析レベルは作業者の作業を中心とする。従って，作業者によるアスファルトのかきだし，均し等のレベルでの問題を取り扱うことが必要となり，要素作業レベルの測定，分析を行う。



図－1　作業区分

Ⅳ　調査，分析項目

1）マクロ的な作業測定と工程分析

マクロ的な測定においては，次の2点に注目する。

- 機械作業に注目して，各機械作業の稼働状況を把握する。
- 作業者の作業内容ならびに活動状況。

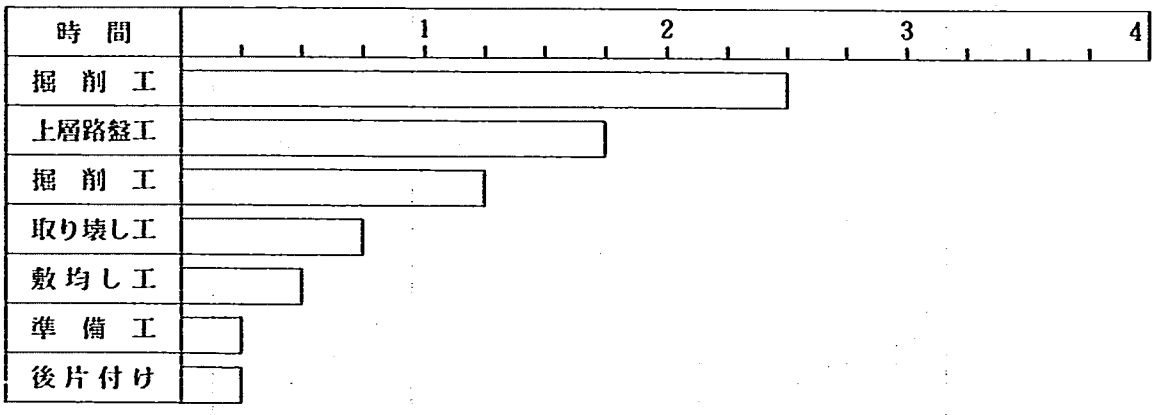
(1) 機械作業に関する調査

① 各工程ごとの作業測定

各工程ごとの作業時間を明らかにするために，簡易時計法を用いて各工程の最初と終わりの時刻を記録する。測定結果は表－1および図－2のようにまとめる。

表－1　工程別作業時間

工程／時間	20	21	22	23	24	1	2	3	4	5	6
準備工											
取り壊し工											
掘削工											
下層路盤工											
上層路盤工											
基層工											
後片付け											



図－2　工程時間別のＡＢＣ分析

② 各機械の稼働状況

バックホー，マカダムローラ，タイヤローラ，アスファルトフィニッシャー等の稼働時刻および作業中断時刻を記録する。このとき，機械間の制約状況も併せて記録する（表－2および表－3）。具体的には，作業開始時刻，作業終了時刻，作業中断時間の3つが判明すれば各機械についての稼働率が求められる。この稼働率は，機械の稼働状況の一つの目安となる。

③ レイアウト（配置図）

20分間隔で，各機械の位置関係を大まかに記録する。このとき，作業者の作業がどこで生じているかを併せて記録する。

以上の3つの項目についての測定の時間精度は，分単位で十分であると考えられる。

これらの測定データをもとにして，各機械の稼働率を計算することが可能である。又，機械連

表－2　機械の稼働率

	機　械　名	単位作業	稼働開始時間	終了時刻	停止時間	稼働時間	正味稼働時間	稼　働　率
掘　　削	ニ　ブ　ラ　ー	掘　　削	21：00	22：15	1 m	1 h 15 m	1 h 14 m	99 %
	バ　ッ　ク　ホ　ー	積み込み	21：02	22：39	3 m	1 h 37 m	1 h 34 m	97 %
下層路盤工	マカダムローラー		1：23	1：48	14 m	25 m	11 m	44 %
			2：35	3：29	21 m	54 m	33 m	61 %

表－3　機械の作業中断時刻

工　程	単位作業	機　　械	中断時刻	中断時間	中断理由
掘　　削	積み込み	バ　ッ　ク　ホ　ー	21：08	3 m	トラック待ち
下層路盤	転 あ つ	マカダムローラー	23：08	5 m	検　　査

合工程分析を行うことにより機械間の制約関係を明確に示すことができる。

(2) 作業者による作業

① 各工程で何人の作業者が作業していたかを明らかにする。そのため，各工程で作業者が行っている作業内容をまず明らかにする必要がある。

例）基礎工

オペレーター　　機械の種類（ブルドーザー，トレーラ）

計　測

敷き均し

検　査

② 各工程で必要になる作業員数

各工程で必要になる作業人数をカウントする。測定方法の一例としてはワークサンプリングの手法を用いることが考えられる。しかしながら，ここでは，各作業工程において最大限に必要となる人数を明らかにすることが目的であり，そのため，全ての時間についてワークサンプリングを行う必要はない。

測定する内容は，①で明らかにした作業内容について，各工程に於て最大限何人必要になっているかを測定する(表－4)。

表－4　各工程に於ける最大作業者数

工　程	最大作業者数	作業内容内訳
取り壊し工	5	オペレータ　3 測　量　2
掘　削　工	6	オペレータ　3 検　査　3
下層路盤工		

2）各工程におけるミクロ的な測定

(1) 舗装取り壊し工～掘削工

この工程については機械の稼働状況について注目する。この工程では，バックホー，ブレーカー，土砂積み込み用トラックなどが稼働しているが，特に，バックホーの作業に注目する。その理由としては，この工程においては，バックホーの作業によって，作業速度が律速されていると考えられるからである。

測定に於ては，まず，各機械が稼働を開始したときから，作業を終了するまでの間の稼働率を算出する。とくにバックホーの稼働率について注目する。バックホーの稼働状況の測定に関しては，

・土砂積み込みを行っている時間

・稼働を停止している時間

・トラック待ちの間土砂を集めている時間

の３つの場合にわけてそれぞれのバックホーの作業時間を測定する。この結果から，バックホーの作業の中断が全くなかった理想的な場合における掘削工程の時間を算出することができる。

又，バックホーの作業待ちの原因を明らかにするために，各原因ごとの待ち時間が発生した時刻ならびに中断時間についてもあわせて記入する。

このとき，作業の停止時間が長い場合には，明らかに，バックホーの稼働率が低いわけであるから，停止時間をゼロにすることにより，作業時間を短縮することが可能となる。このためには，バックホーの作業の中の中断を引き起こしている原因を，明らかにするために各機械の連合工程分析（機械－機械分析）もあわせて行う。

次に，バックホーの稼働率が十分に高い場合に於ては，バックホーの作業内容に関して分析を行っていく必要がある。即ち，作業時間を短縮するためには，バックホーの作業能力を向上させる必要があるものと考えられる。

特に，バックホーの場合に於ては，現場の状況によって土砂の積み込み方法に制約が生じてしまい，トラックに土砂を積み込む作業に関して時間が取られている可能性がある。そのため，バックホーの単位作業に注目して，アスファルトを剥がし，土砂を集め，トラックに積み込み終わり再び最初の状態まで戻るまでの一連の単位作業をつぎの５つの要素作業レベルに分割し，それぞれの要素作業にかかった時間を測定する。

・表面のアスファルトを剥がす
・土砂をならして集める
・アスファルトならびに土砂をすくい，回転して土砂をトラックに積み込み，再び回転してもとの位置に戻る
・バックホー自身の移動
・作業の中断

分析の方法に関しては，トラックに土砂を積み込んでから再び土砂を積み込む作業を，15回から20回程度測定し表－５の形式でまとめ，その平均値を計算する。この様な測定を全区間の中で，４地点（最初と終わり，および任意の中間２点）について行う。従って，測定を行う回数は，総計で60回から80回程度になる。

以上の測定を行うことにより，各作業区間ごとに，どの単位作業レベルが一番時間がかかっているかを明確にすることが可能となる。

さらに，各地点ごとのデータを比較することによって，単位作業レベルの割合が大きく異なっている場合には，バックホーの作業を左右する外部要因があるのではないかと考えられ，それらを明らかにすることによって作業効率を高めることができる可能性もある。

又，バックホーの機械自身の特性が分かり，機械の改善点を指摘することが可能になる。

(2) 下層路盤工から上層路盤工

下層路盤工から上層路盤工における作業手順について注目する。特に，土砂を敷き均す作業においてブルドーザ，トラクターショベル，モーターグレーダ，マカダムローラ等の作業の制約状況を明らかにするために連合工程分析（機械－機械分析）を行う。

表--5　バックホーの要素作業レベルでの分析

	1	2	3	4	5	平均(秒)	計 (秒)
アスファルトをはがす作業							
土砂を集める作業							
回転トラックへの土砂積み込み							
移　　動							
停　　止							
計							

この分析を行うことによって，機械同士の制約のために作業時間がかかっているかどうかが判明する。

また，土砂の搬入，敷き均し，転圧，計測測定の一連の作業の後に，仕上げ工程（やり直し工程）が行われている。従って，もし，最初の計測で，基準値を満足していれば，仕上げ工程の時間を省略できるために，その時間だけ作業時間の短縮が可能となると考えられる。

従って，今回においては，計測工程の後での作業については，やり直し作業であると考え，工程分析を行うことにより下層路盤工から上層路盤工においてやり直し作業に費やされている時間を定量的に測定する。

(3) 上層路盤工～基礎工

アスファルトフィニッシャの周りでの作業者の作業に注目する。アスファルトフィニッシャが一定距離を進む間に，周りで作業している作業者がどのような作業をどれぐらい行っているかを測定する。

作業者の作業内容は，

1. 地均し（レーキ）作業
2. スコップによってアスファルトをかきだす作業。
3. 工事端の凹んだ部分までアスファルトを移動して埋める作業
4. 掃除
5. 作業待ち
6. その他の作業

の６つに分類できる。各作業者がこの６つの作業のなかでどの作業を行っているかをまとめる。この測定に際しては，ビデオに撮影する必要があると考えられるが，全ての作業者の作業を一台のビデオで録画することが不可能な場合には，特定な作業者に注目して，測定作業を行うことになる。しかしながら，複数の作業者について測定を行うことが望まれる。この測定結果から図－３の様な連合工程分析を行うことができる。

この測定結果から，どの作業に人手が一番かかっているのかまた，作業者の作業手順を明らかにすることによって作業の手順に無駄が無いのかを検討すること

時間	機械	レーキA	レーキB	スコップA	スコップB
1	掻き出し			スコップ	スコップ
2					
3		レーキ	レーキ		待ち
4				待ち	
5		待ち	待ち	スコップ	
6					スコップ
7					
8		レーキ	レーキ		
9					待ち
10		待ち	待ち	待ち	
12					
分					

図－３　連合工程分析

ができる。又，とくに人手が必要となっている作業については，機械化の可能性についても併せて検討する。

(4) 計測作業

全工程において，計測作業に費やされる時間を把握する。このとき計測作業にともなう他の作業の中断状況も併せて測定し，表－6の形式でまとめる。次に，計測作業の必要人数と時間工数を求めるために，各計測作業項目ごとに必要となる人数とその時にかかった時間を表－7の要領でデーターをまとめる。

次に，この計測作業によって，欠陥が見つかりやり直し作業が生じた場合には，どのようなやり直し作業が生じたのかを明確にする必要がある。従って，やり直し時刻もあわせて測定する。

表－6　計測作業に伴う作業ロスの分析

工　程	計測時間	作業者	他の作業の中断状況			
			作業名	作業者数	機　械	中断時間
掘　削	20分	2名	掘削作業	4名	バックホー	15分
下層路盤	15分	2名	転圧作業	3名	ブルドーザ	10分
					転圧機械	5分
上層路盤	15分	2名				

表－7　工程別計測作業者数

工程名	投入作業者	投入量順位
取り壊し	3	6
掘　削	4	5
下層路盤	7	3
上層路盤	10	1
基　層	10	1
後片付け	6	4

6.2.2　切削オーバレイ

I　調査の背景

近年，道路交通量が増加するにつれて，道路の痛みもひどくなり，道路維持修繕工事の必要性が増大している。しかし，道路修繕工事のために長時間道路を封鎖してしまうと，交通渋滞を引き起こしてしまうことから，比較的交通量の少ない夜間に，短時間で工事を完了したいという要求が年々強くなってきている。

工事期間の短縮を実現するためには，道路維持修繕工の各工程の生産性を向上させなければならない。現在，道路修繕工の作業は機械化施工が進んでおり，工事時間の短縮を図るためには，これら機械の稼働率，および生産性を向上させることが，一方策として考えられる。

また，夜間作業で，きつくて危険な労働であることから，近年，道路工事作業員へのなりてが不足してきており，この問題も深刻な問題になってきている。そのため，現在よりも少ない人員で，しかも安全に道路維持修繕作業ができるような施工方法も望まれている。

以上のような視点で道路維持修繕工の現場作業を見ると，次のような問題点が存在している。

1）作業の効率（生産性）

切削オーバーレイの各作業においては，それぞれ専用の機械があり単独作業においては，効率的に作業をおこなっている。しかし全体工程で見ると，前の工程の終了まで作業を開始することができない場合がある。このような場合，全体工程の進行の速度（生産性）が，ある一つの作業の進行速度によって決まってしまう。

また，通常状態の道路路面においては機械で施工できても，橋梁などのジョイント部分やマンホールなどが存在すると，そこで機械施工を中断しなければならない（生産性が落ちる）。

加えて，作業終了後に計測が必要であり，このために人と時間がさらに必要となる。

2）作業人数

先にも述べたように，切削オーバーレイにおいては，施工の機械化が進んでおり，主体作業においては，機械のオペレーターとその誘導員だけでも，十分作業が行える。しかし，付随作業（例えばスイーパーで清掃を行った後に，残ったものをほうきではく，アルファトフィニッシャーでオーバーレイを行った後にスコップ・レーキで微調整をする等）については，現状は人手に頼っており，この人数は主体作業以上に人数を必要とする場合がある。

3）作業の苦渋性

作業員の作業は機械オペレーターを除いて，ほとんど旧来の道具（スコップ，レーキ等）に頼っており，その作業は常に腰を曲げなければならない等，決して楽ではない。

このような問題点について改善を行うためには，機械や作業員の稼働状況や作業の手順を，定量的，客観的に分析する必要があり，作業測定によるデータが求められている。

II　調査の目的

本調査では，前章で述べた道路維持修繕工（切削オーバーレイ）の作業における問題点に対して，

ＩＥ（インダストリアル・エンジニアリング）手法を適用し，施工改善策の提案を行うことを目的とする。

前章で述べた問題点，作業効率，作業人数，作業の苦渋性を改善するためには，施工機械の改善，作業の機械化，作業の組み替えなどの方法が考えられる。従来，土木工事における問題点は，専門家の経験や勘に頼って改善を行ってきたが，必ずしも科学的な方法ではなく，また現状の作業データがない限り，改善案の妥当性や有効性の評価も難しいと言える。しかしＩＥ手法を用いれば，定量的，客観的な改善が期待できる。施工方法の改善範囲においても，作業全体を改善すること（例えば新しいロボットをつかった新工法の開発）は，多くの労力が必要となるとともに，その信頼性や新工法の有効性について十分な検討をする必要が生じる。

このようなことから，本調査では現在の切削オーバーレイ工の範囲内で，科学的でシステマチックな手法であるＩＥ手法を用いて以下の点について検討を行うことを目的とする。

1）切削オーバレイ工事現場でＩＥ手法を用いて，作業測定を実施し，作業データの分析の行う。その分析結果を踏まえ，問題点の抽出を行い，具体的な改善案の検討を行う。

2）施工改善におけるＩＥ手法の有効性の確認と，当手法の問題点の抽出を行う。

また，施工改善の視点としては以下のようなものとする。

1）全体工程の生産性の向上，作業時間の短縮

2）作業人員の削減

3）作業の苦渋性の解消

Ⅲ　調査の対象

1）対象作業

対象作業としては，実際に道路を切削し舗装する作業を中心に調査する。従って車線規制や後片付け，規制解除などの作業は調査の対象外とする。

まず，全体作業（切削工；切削，清掃，オーバーレイ工；舗設，タックコート，転圧）の一連の流れを定量的に把握するための調査を行う。

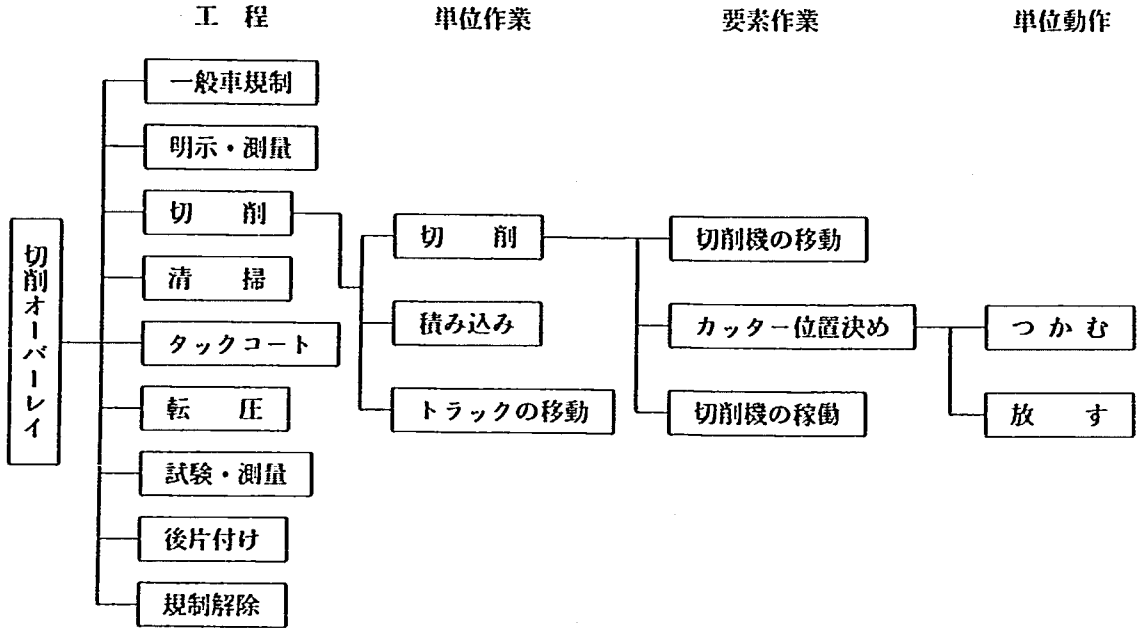
また，作業人員の削減や苦渋性の解消を検討する清掃や舗設作業については単独作業に注目して調査を行う。

2）分析レベル

ＩＥ手法を用いて作業測定・作業研究をする場合には，研究の対象がどういったレベルの作業であるのかによって，その測定手法や分析方法が違ってくる。例えば，切削オーバーレイ工においては，その工程，単位作業，要素作業，単位動作レベルで，それぞれ図－１のように分類することができる。

よって，切削オーバーレイ工の作業改善を行う場合，どの作業レベルに注目して作業測定をするのかを決定すべきである。

まず，全体作業の一連の流れを分析する場合には，工程や単位作業レベルでの測定・分析を行う



図－1　作業区分の例

べきである。また単独作業内での分析を行う場合（清掃工程における手作業による清掃，舗設工程におけるスコップによる微調整等）には要素作業レベルでの分析を行う。

Ⅳ　調査・分析の内容

1）調査内容

(1)　作業手順と作業時間の測定

切削工（切削，清掃），オーバーレイ工（舗設，タックコート，舗設，転圧）の各工程について，単位作業レベルでその手順とサイクルタイムを測定する。

(2)　機械の稼働率の測定

切削，清掃，舗設の各工程の中での機械の稼働率を測定する。同時に稼働状況における機械の作業内容についても記述する。

(3)　作業員の稼働率の測定

清掃工程，舗設工程における，機械のオペレーター以外の作業員の要素作業の手順とサイクルタイムを測定する。

2）分析内容

(1)　連合工程分析

作業同士の制約から生じる効率の低下を改善するという視点から，切削工，オーバーレイ工の各工程について，連合工程分析を単位作業レベルで行う。この分析結果から，それぞれの工程の時間，時間がかかっている場合の要因，工程同士の制約関係を明らかにする。

(2)　機械稼働率分析

それぞれの工程で用いられている機械の稼働率を定量化すると同時に，稼働しているときの作

業の付加価値についても分析する。これにより，真の生産性という視点での機械稼働率向上のための方策立案の検討材料を明らかにする。

(3) 作業者工程分析

手作業による清掃や舗設を行う作業員について作業者工程分析を行い，その稼働率や作業内容，その付加価値度を分析する。この分析結果から，作業員の削減または作業の機械化を検討する。

また，これと同時に作業の単位時間当たりのエネルギー代謝率の数値と前述の分析結果を用いて，作業者のエネルギー代謝量を概算する。この結果を作業者の苦渋度と見なして，苦渋性についての定量的な分析を行う。

V 測定方法

作業測定はすべてビデオを用いてこれを行う。工事現場でビデオ撮影を行い，後で作業内容やその時間について測定を行う。

注）切削工，オーバーレイ工は一回の工事で施工する距離が非常に長い（200～300m）。よって，このすべての作業を，死角を生じさせずにビデオ撮影するためには，十数台のビデオカメラが必要であるが，本調査においては種々の制約によりこれが実現不可能である。そこで本調査においては，全体作業はある一定区間（50～60m）の作業の連続で行われると見なし，この一定区間を重点的に撮影を行うことにする。

6.2.3 路上表層再生工法

I 調査の背景

近年，道路交通量が増加するにつれて，道路の痛みもひどくなり，道路維持修繕工事の必要性が増大している。しかし，道路修繕工事のために長時間道路を封鎖してしまうと，交通渋滞を引き起こしてしまうことから，比較的交通量の少ない夜間に，短時間で工事を完了したいという要求が年々強くなってきている。

工事時間の短縮を実現するためには，道路維持修繕工の各工程の生産性を向上させなければならない。現在，道路修繕工の作業は機械化施工が進んでおり，工事時間の短縮を図るためには，これら機械の稼働率，および生産性を向上させることが，一方策として考えられる。

また，夜間作業が多く，きつくて危険な労働であることから，近年，道路工事作業員へのなりてが不足してきており，この問題も深刻になってきている。そのため，現在よりも少ない人員で，しかも安全に道路維持修繕作業ができるような施工方法も望まれている。

以上のような視点で道路維持修繕工の現場作業を見ると，次のような問題点が存在している。

1）作業の効率（生産性）

路上表層再生工法の各作業においては，それぞれ専用の機械があり，単独の作業に注目すると効率的に作業を行っていると言える。しかし工程全体で見ると，前の作業の終了まで次の作業を開始することができない場合があり，このような場合には，全体工程の進行の速度（生産性）が，ある一つの作業の進行速度によって決まってしまう。つまり，律速作業以外の効率性が必ずしも生かさ

れていない場合がある。

また，通常状態の道路路面においては機械で施工できても，橋梁のジョイント部分やマンホールなどが存在すると，そこで機械施工を中断しなければならない（生産性が落ちる）。

2）作業人数

先にも述べたように，路上表層再生工法においては，施工の機械化が進んでおり，主体作業においては，機械のオペレーターとその誘導員だけでも，十分作業が行える。しかし，付随作業（例えば計測作業や，表層を機械施工後にスコップ・レーキで微調整をする等）については，現状は人手に頼っており，この人数は主体作業以上に人数を必要としている場合がある。

3）作業の苦渋性

作業員の作業は機械オペレーターを除いて，ほとんど旧来の道具（スコップ，ふるい等）に頼っており，その作業は常に腰を曲げなければならない等，決して楽ではない。

このような問題点について改善を行うためには，機械や作業員の稼働状況や作業の手順を，定量的，客観的に分析する必要があり，作業測定によるデータが求められている。

Ⅱ　調査の目的

本調査では，前章で述べた道路維持修繕工（路上表層再生工法）の作業における問題点に対して，ＩＥ（インダストリアル・エンジニアリング）手法を適用し，施工改善策の提案を行うことを目的とする。

前章で述べた問題点，作業の効率，作業人数，作業の苦渋性を改善するためには，施工機械の改善，作業の機械化，作業の組み替えなどの方法が考えられる。従来，土木工事における問題点は，専門家の経験や勘に頼って改善を行ってきたが，必ずしも科学的な方法ではなく，また現状の作業データがない限り，改善案の妥当性や有効性の評価も難しいと言える。しかしＩＥ手法を用いれば，定量的，客観的な改善が期待できる。施工方法の改善範囲においても，作業全体を改善すること（例えば新しいロボットをつかった新工法の開発）は，多くの労力が必要となるとともに，その信頼性や新工法の有効性について十分な検討をする必要が生じる。

このようなことから，本調査では現在の路上表層再生工法の範囲内で科学的でシステマチックな手法であるＩＥ手法を用いて以下の点について検討を行うことを目的とする。

1）路上表層再生工事現場でＩＥ手法を用いて，作業測定を実施し，作業データの分析を行う。その分析結果を踏まえ，問題点の抽出を行い，具体的な改善案の検討を行う。

2）施工改善におけるＩＥ手法の有効性の確認と，当手法の問題点の抽出を行う。

また，施工改善の視点としては以下のようなものとする。

1）全体工程の生産性の向上，作業時間の短縮

2）作業人員の削減

3）作業の苦渋性の解消

Ⅲ　調査の対象

1）対象作業

対象作業としては，道路を清掃してから，表層再生して仕上げを行うまでの作業を中心に調査する。従って車線規制や後片付け，規制解除などの作業は調査の対象外とする。

まず，全体作業（道路の加熱，表層再生，締め固め）の一連の流れを定量的に把握するための調査を行う。

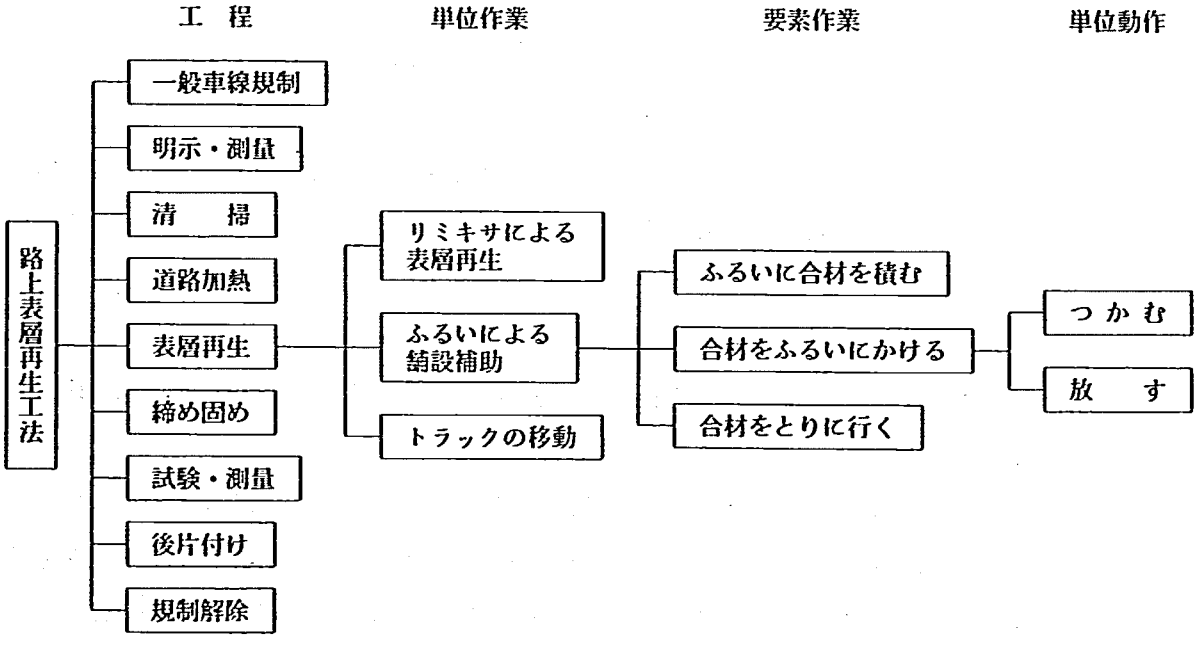
また，作業人員の削減や苦渋性の解消を検討するほうきによる清掃やスコップ，ふるいによる舗設作業等については単独作業に注目して調査を行う。

2）分析レベル

ＩＥ手法を用いて作業測定・作業研究をする場合には，研究の対象がどういったレベルの作業であるのかによって，その測定手法や分析方法が違ってくる。例えば，路上表層再生工法においては，その工程，単位作業，要素作業，単位動作レベルで，それぞれ図－１のように分類することができる。

よって，路上表層再生工法の作業改善を行う場合，どの作業レベルに注目して作業測定をするのかを決定すべきである。

まず，全体作業の一連の流れを分析する場合には，工程や単位作業レベルでの測定・分析を行うべきである。また単独作業内での分析を行う場合（清掃工程における手作業による清掃，舗設工程におけるふるいによる微調整等）には要素作業レベルでの分析を目指す。



図－１　作業区分の例

Ⅳ　調査・分析の内容

1）調査内容

(1) 作業手順と作業時間の測定

路上表層再生工法（清掃，道路加熱，表層再生，締め固め）の各工程において，単位作業レベルでその手順とサイクルタイムを測定する。

(2) 機械の稼働率の測定

清掃，道路加熱，表層再生，締め固めの各工程の中での機械の稼働率を測定する。同時に稼働状況における機械の作業内容についても記述する。

(3) 作業員の稼働率の測定

表層再生工程における，機械のオペレーター以外の作業員の要素作業の手順とサイクルタイムを測定する。

2）分析内容

(1) 連合工程分析

作業同士の制約から生じる効率の低下を改善するという視点から，路上表層再生工法の各工程について，連合工程分析を単位作業レベルで行う。この分析結果から，それぞれの工程の時間，時間がかかっている場合の要因，工程同士の制約関係を明らかにする。

(2) 機械稼働率分析

それぞれの工程で用いられている機械の稼働率を定量化すると同時に，稼働しているときの作業の付加価値についても分析する。これにより，真の生産性という視点での機械稼働率向上のための方策立案の検討材料を明らかにする。

(3) 作業者工程分析

手作業による清掃や舗設を行う作業員について作業者工程分析を行い，その稼働率や作業内容，その付加価値度を分析する。この分析結果から，作業員の削減または作業の機械化を検討する。

また，これと同時に作業の単位時間当たりのエネルギー代謝率の数値と前述の分析結果を用いて，作業者のエネルギー代謝量を概算する。この結果を作業者の苦渋度と見なして，苦渋性についての定量的な分析を行う。

V 測定方法

作業測定はすべてビデオを用いてこれを行う。工事現場でビデオ撮影を行い，後で作業内容やその時間について測定を行う。

注）路上表層再生工法は一回の工事で施工する距離が非常に長い（200～300m）。よって，このすべての作業を，死角を生じさせずにビデオ撮影するためには，十数台のビデオカメラが必要であるが，本調査においては種々の制約によりこれが実現不可能である。そこで本調査においては，全体作業はある一定区間（50～60m）の作業の連続で行われると見なし，この一定区間を重点的に撮影を行うことにする。

6.3 トンネル工（NATM）

I 調査の背景

山岳トンネル発破工法の工事においては，装薬やロックボルトの挿入，ボルト締めなどの一部の作業を除き，作業の機械化が進んでいる。しかし，現状の機械化施工においても，以下のような点が指摘されている。

1）機械の故障による施工期間の長時間化

例えば，ジャンボドリルは多くの油圧ケーブルなどが外部に露出しているため，作業上誤ってケーブルを切断することがある。このような事故が生ずると，機械のメンテナンスに時間を要すると共に，後工程まで停止して，全体の施工期間が延長してしまう。このため，現場では不測の事態に備えるために常時，メンテナンス部品を持つ必要まで生じている。

作業時間の短縮を行うためには，まず機械の稼働状況やそのアイドルタイムの要因について，定量的に把握することが必要である。そのためには作業測定によって，現状の機械稼働についてデータを求める必要がある。

2）作業効率の向上

現場作業の中には，作業効率が必ずしも最大でない作業がある。例えば，一つの機械を多目的に使用する作業が存在するが，当該作業の専用機を使用した方が，作業効率は高まると考えられる。ただし，このような施工機械の改善を行う場合には，全体の効率を左右している律速段階となる作業に着目しなければ効果が少ない。作業の進行状況を定量的に知るためにも，各工程や作業の時間データを求める必要がある。

3）作業環境の改善

トンネル内で利用される機械類は，その動力がディーゼル機関である場合が多く，この排気ガスが作業環境を悪くしている。また近年，ズリ搬出にはトラックが利用されることが多くなり，搬出に伴う粉塵の発生に加えて，トラックの排気ガスが一層作業環境を悪くしている。

もし，全体の作業時間の短縮や機械の効率的な稼働が可能となれば，機械類からの排気ガスの排出の低減が可能となる。また，機械の稼働状況を把握することができれば，排出される排気ガス量を推定でき，それを指標として適切な換気計画が立案できる可能性がある。このためには，機械全体の稼働状況や作業の流れを把握・分析することが必要となり，作業測定に基づく定量的なデータが求められる。

従来，土木分野における施工方法の改善は，専門家の経験に基づいて行われてきた。しかし，定量的な作業測定を行うことにより，客観的なデータによる施工方法の改善が可能となるものと期待される。

加えて，測定されたデータは，作業の標準時間の設定，作業方法の標準化，作業の機械化・自動化へ向けた仕様決定のための基礎データとしての活用も期待できる。

Ⅱ　調査の目的

前章で述べた問題点，即ち作業時間の短縮，作業の効率化（生産性の向上），作業環境の改善においては，施工機械の改善，作業の機械化，作業の組み替えなどの方法が考えられる。このような施工改善を行うためには，専門家の経験をもとに改善を行うことも考えられるが，科学的な方法ではなく，また現状の作業データがない限り，改善案の妥当性や有効性の評価も難しいと言える。

施工方法の改善範囲においても，作業全体を改善すること（例えば新しいロボットをつかった新工法の開発）は，多くの労力が必要となるとともに，その信頼性や新工法の有効性について十分な検討をする必要が生じる。

このようなことから，本調査では現在の山岳トンネル発破工法の範囲内で，科学的でシステマチックな手法であるＩＥ（インダストリアル・エンジニアリング）手法を用いて以下の点について検討を行うことを目的とする。

1）トンネル工事現場でＩＥ手法を用いて，作業測定を実施し，作業データの分析を行う。その分析結果を踏まえ，問題点の抽出を行い，具体的な改善案の検討を行う。

2）施工改善におけるＩＥ手法の有効性の確認と，当手法の問題点の抽出を行う。

また，施工改善の視点としては以下のようなものとする。

1）機械作業の稼働率の向上

2）作業の生産性の向上

3）機械の稼働と排出される排気ガスの関係に基づく作業環境の改善

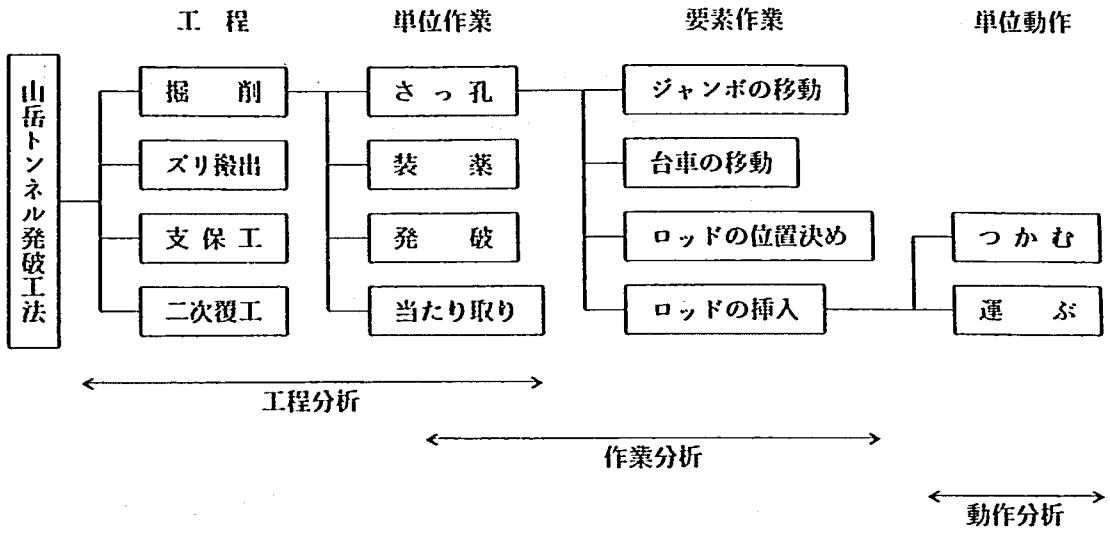
Ⅲ　調査の対象

1）対象作業

調査の対象作業としては，問題点が多く指摘されている作業のうち，繰り返して行われる作業の方が作業測定も行い易く，また改善の効果も期待できる。よって，本調査においては，掘削，ズリ搬出，支保工とその各々の単位作業を調査の対象とする。これらの工程においては，種々の機械類（ドリルジャンボ，ホイルローダ，ダンプ，バックホウ等）を用いて輻輳した作業を行うことがある。また，ドリルジャンボについては，同じ機械を複数の工程で用いており，それぞれの工程が比較的連続で進められる。またこれらの工程では，前年度調査におけるアンケート結果においても，本調査の背景となっているような問題点（作業の低生産性，劣悪な作業環境等）が指摘されている。一方，二次覆工工程はアンケート結果からも作業改善のプライオリティが低く，またその前の工程とは比較的独立していると考えられるため，今回の調査対象工程には含めないことにする。

2）分析レベル

ＩＥ手法を用いて作業測定・作業研究をする場合には，研究の対象となる作業がどういったレベルであるのかによって，その測定手法や分析方法が違ってくる。例えば，山岳トンネル発破工法においては，その工程，単位作業，要素作業，単位動作レベルで，それぞれ図－１のように分類することができる。ここで，最近多用されているＶＴＲを用いて作業測定をする場合，図－１に示した



図－1　作業区分と適用方法

レベルのうち，どのレベルの作業改善を目指すのかによって，その測定手法が異なってくる。例えば工程分析，作業分析をするのであればビデオ・タイム・スタディ，ビデオ・メモモーションを行ったほうがよく，動作分析をするのであればビデオ・マイクロモーションを行うべきである。

よって，まず山岳トンネル発破工法の施工改善を行う場合，どの作業レベルでの改善を目指すべきかを決定しなければならないが，今回の調査においては単位作業や要素作業レベルでの施工改善を行うことを目標とすべきである。なぜなら，まず第一に本調査の背景となっている３つの点（機械の故障による施工の長時間化，作業の低生産性，劣悪な作業環境）は，いずれも動作レベルの問題ではないことが挙げられる。また第二に，このような作業測定においては，その作業手順が一定していないと測定が困難であり，作業者や作業場所によって，その手順の違いが甚だしいと分析結果の意義が薄れてしまう。単位動作レベルの作業手順は，作業者によってかなりの違いがあると考えられ，また調査の背景とも合致していない。第三に本調査の調査対象作業は，機械作業が中心となっていることが挙げられる。よって，本調査の調査対象分析レベルとしては工程分析，作業分析レベルとする。

Ⅳ　調査・分析の内容

１）調査内容

(1)　機械の稼働率の測定

機械作業の現状の生産性を把握するために，それぞれの単位作業における使用機械の稼働率の測定を行う。また，機械によっては複数の作業で用いられるものもあり，さらに単位作業同士が平行して進められる場合もあるため，掘削から支保工までの全体工程におけるそれぞれの機械の稼働率の測定も行う。この測定に際しては，機械の故障時間とその要因や，作業環境（排気ガス量）を把握するために機械類の付加状況についても記録を行う。

(2) 作業手順と作業時間の測定

作業者と機械，機械同士の作業の制約状況を把握するために，個々の作業者と機械に注目して，作業の順序とそれぞれの作業のサイクルタイムを測定する。

2）分析内容

(1) 機械の非稼働要因とその影響度の分析

全体工程の中でのそれぞれの機械の稼働率分析から，機械の非稼働時間とその要因を調べ，現状での機械非稼働の原因と，全体工程に与える影響度について分析する。

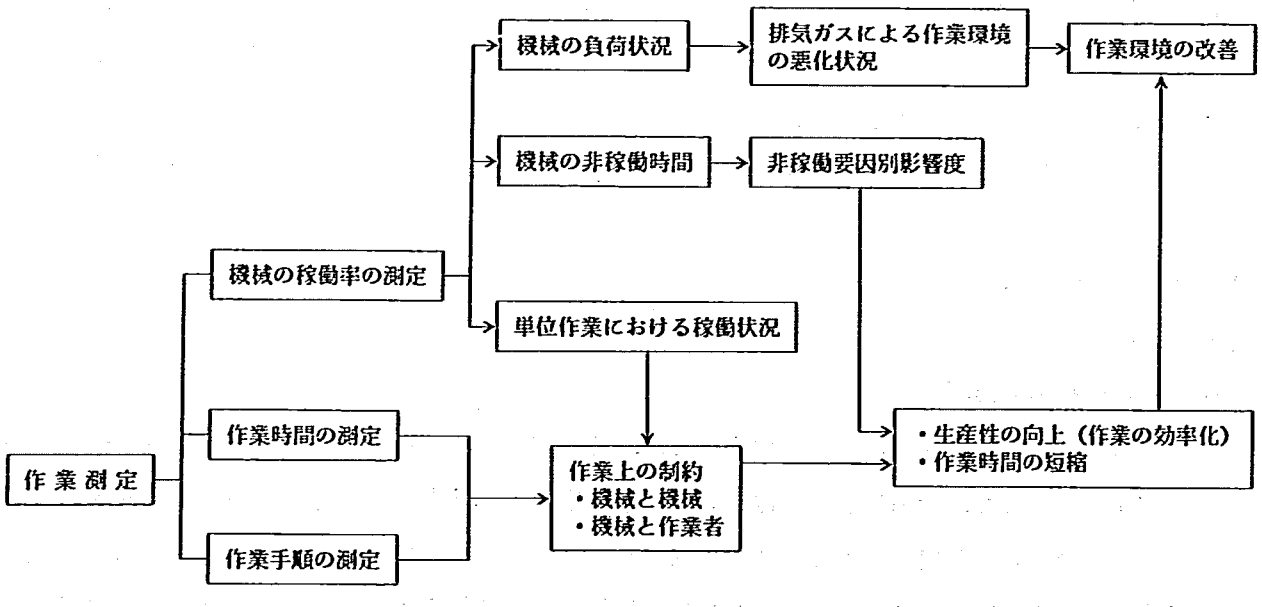
(2) 作業の制約状況についての分析

作業手順と作業時間の測定結果を基に連合工程分析を行い，作業間あるいは工程間の作業者と，機械，あるいは機械同士の作業の制約状況を明らかにする。この場合には単位作業における機械の稼働状況のデータも参考にする。連合工程分析の結果から，最も時間のかかっている作業や，後工程まで影響を及ぼす作業者や機械の作業を定量的に明らかにし，作業の効率化方策を立案する。

(3) 作業環境（排気ガス等の濃度）の推測

機械から排出される排気ガスは，その機械の稼働率やその負荷状況と深く関係していると考えられる。よって，前記の調査で得られた機械の稼働率や負荷状況の測定データを基に，現状の作業環境（排気ガスの濃度）の変化について推測を行い，第二項の検討と合わせて作業環境の改善策を立案する。

なお調査内容と分析内容については図－2に調査フローによって示した。



図－2　調査フロー

V　調査要領

前記，調査，分析内容にともなう調査要領を，長・短期に分け以下に述べる。

1）短期調査

期間：約一週間

方法：調査員２名による，実地測定

（各種分析の手順）

(1)　機械の稼働率の測定

○手順

①　事前に対象とする人または機械について，氏名，機番等を縦に並べて記入しておく。

②　その対象について，作業内容を記入し，できれば生産作業と非生産作業に分けて記入しておく。

③　測定回数をあらかじめ決めておき，ランダムに観測時刻をチェックしていく。

④　観測対象の状態を瞬間的に目視で観測し，該当作業欄にチェックしていく。

⑤　観測終了後，すべての対象物が測定回数を終了しているかどうか観測回数の合計をチェックする。

○分析ノート

WS観測用紙

作業分類		S	S	S	S	S		NS	NS	NS	NS	NS	計	年月日
作業内容		断面掘削	一次吹付け	支保建込み	積込・運搬	ロックルト打ち		移動	点検	故障	待ち	不在		検討者名
氏名または機械														備考
1	ツインヘッダー	////// //						//						
2	ジャンボ			/////		////// ///			///	//				
3	ホイルローダー				////// //				/					
4	ダンプ				/////			//						
5	吹付け機		////// /						/	//				
6														
7														
8														
9														
合計														
観測時刻														

(2) 作業順序と，それぞれの作業のサイクルタイムの測定

○手順

① サイクル作業の場合には，あらかじめ要素作業欄に，各要素作業を順序に従って書き込んでおく。

② 時間値は，分単位で記入。

③ 5回に1回測定するというようなサイクル外要素については，その発生順序に記入しておき，発生しない時には棒線（ ）を引く。

④ 要素の順序が交互に変わる場合にも，前項と同様に行う。

⑤ 測定ポイントの時刻を見落としたときには，該当欄にM（ミス）記入。

⑥ 観測の開始時刻と終了時刻を記録する。

○分析シート

時間研究用紙（サイクル作業用）										作業名							No	
										観測者名							観測 年 月 日	
要素作業			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	合計	平均	機械名	要素作業No
1		T																
2		T																
3		T																
4		T																
5		T																
6		T																
7		T																
8		T																
9		T															測定条件	

○結果

サイクルタイム ＝ 平均要素作業時間の合計

(3) 作業，工程間の作業者と機械，機械同士の制約状況の測定（連合工程分析）

○手順

① 対象物1に対し，観測者1人を原則として計測し，分担を決める。

② 印刷した「人－機械」分析用紙，観測板，ストップウォッチなどの計時装置を用意する。

③ 対象物の名称，工程名，使用機械，作業者，調査者，調査年月日を記入する。

④ 各自の担当は，作業者の作業手順，機械の作動順序を観測し，要素作業に分ける。

⑤ 各担当のストップウォッチを同時にスタートさせ，要素作業の始終点の読みをサイクルシートに記録していく。

⑥ 数回のサイクルを取り各担当の作業に対し時間値及び内容を「人－機械」分析用紙にまとめる。

⑦ 完成したら生産時間と非生産時間の識別をしておいた方が見易く相互の関係がわかりやすい。

○分析シート

連合作業分析（機械－機械分析）

作業名	時間 / 機械	5	10	15	20 (分)
ずり搬出作業	ホイル・ローダー	バケットに土を入れるホイル・ローダーの	逆転させるホイル・ローダーを	手待ち	ダンプの横に移動する	土をダンプに積み込む	手待ち	定位置に戻る
	ダンプ	トンネル内に入り停止する	手待ち	ダンプを逆転させ定位置に止める	手待ち	発車して輸送する

○結果

トンネル工事におけるズリ搬出作業のホイル・ローダーとダンプ作業を，予想のもとに描いた連合工程分析表である。

この場合，ホイル・ローダーのダンプ位置決め待ちとダンプ発車待ちによる接点ロスを除く。またダンプのホイル・ローダーとのタイミングロスを除く。この3点の手待ちを無くすことにより，ダンプの積み込み待ちのみに改善される。

以上のように，連合作業分析から

・機械と機械の相互関連または規制条件がわかる。

・図表化することにより「手待ち」などの遊休時間を見いだすことができる。

・改善後の効果予想が容易にできる。

(4) 機械稼働率と排気ガスとの関連測定

○手順

① 前述，機械稼働率の測定（ワークサンプリング）により，全体における個々の機械の稼働状況を把握する。

② 個々の機械の中でも一番の排気問題と目されるダンプの稼働率を実測する。

③ 更に精度を上げるとすれば，後述する稼働計の設置により正確かつ継続的に把握する。

④ 全体におけるダンプの影響度の算出。

⑤ ダンプ事態の稼働状況（問題の程度を算出）。

⑥ 付加価値を生む時間（作業）と生まない時間（作業）の分解。

⑦ 付加価値を生まない時間（作業）の集約化。

○結果

付加価値を生まない改善作業項H（停止すべき作業）の提示。

2）長期調査

(1) 目的

・データ信頼性の向上，および管理へのフィードバック

・将来の現場管理における，帳票記入のデモ

(2) 期間

一ケ月間。

但し，弊社に於いては帳票記入指導のみで，以後は現場管理に移管する。

(3) 内容

① 機械不稼働日報（除外日報）の記入，報告

② 機械稼働計（タスクメーター）の設置

(4) 方法

① 機械非稼働日報

オペレーターが，働きたくても働けない時間（機械の故障による不稼働時間）とその理由を，定期（毎日）報告ではなく，発生したときのみ記入，報告する。

○記入手順

・オペレーター名 → 年，月，日 → 昼夜

・除外コード（不稼働理由）一覧より，該当項目番号を記入。

但し，コード一覧に該当しない項目については，備考欄にその内容を記載する。

・開始，終了時間

除外時間（不稼働時間）が発生した時点から，終了時点（作業開始まで）の時計時間を記入。但し，開始時間は除外が発生した時間から5分経過後の時計時間を記入。（5分以内は，報告不要）

・人員

連合作業の場合のみ，その人員を記入。よって1名の場合は，記入不要。

○記入シート

除　外　日　報　(原石山，コア・フィルタ … 盛立)　　(　　／　　)

班	単位	設備	オペレータ名	年	月	日	昼	夜

除外コード		開始時間 終了時間	時間	人員	工数	備考
コード			除外工数計			

11. 設備（機械）待ち	21. 機械修理	31. 会社行事（安全大会等）
12. 指示待ち	22. 機械整備（メンテナンス）	32. 天候退避（雨天等）
13. 段取り待ち	23. 会議（QC活動等）教育	
14. 材料待ち	24. 管理者責任手戻り	
15. 移　動		

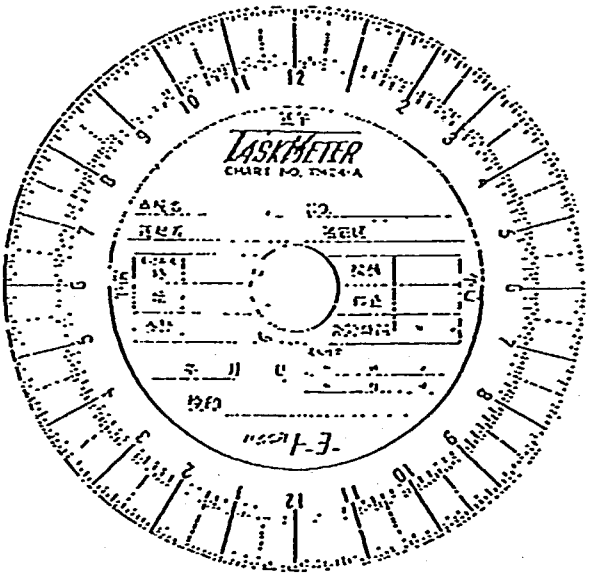
② 機械稼働計（タスクメーター）の設置

日々，時々の機械の稼働状況を，機械稼働計の設置により，自動的に5分刻みで把握する。

○記入手順

・年，月，日 → 機械名 → オペレータ名 → 提出

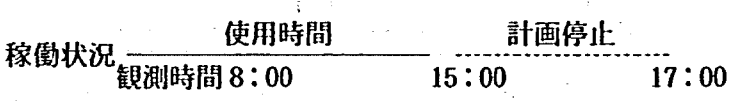
○記入シート



○結果

・全工程における，それぞれの機械の稼働率

例）観測時間を１日とした時には



$$a\text{設備の稼働率} = \frac{\text{設備使用時間}}{\text{一直の稼働時間}} = \frac{6\,H}{8\,H} = 75\,\%$$

・個々の作業における，機械の稼働率

例）

$$a\text{設備の稼働率} = \frac{\text{生産作業回数}}{\text{測定回数}} = \frac{14}{15} = 93\,\%$$

6.4　築堤とCABなどを含む共同溝開削

6.4.1　築堤工事

I　調査の背景と目的

土木工事においては，今後作業者の不足とともに高齢化が進展してきており，築堤工事においても，疲労や判断力の低下にともない労働生産性の低下の可能性がある。また，築堤工事の施工は機械化施工が難しい作業や状況判断が必要となる作業を除き，機械化が進んでいる。しかし，その施工機械のオペレータには習熟性が要求され，習熟度が生産性に影響を与えているものとみられ，今後，このような習熟度が要求される作業では今後，作業性の向上が求められる。

また，重機の作業の生産性は作業条件や熟練度だけによらず，運搬機械や他の機械と干渉や輻輳しながら進むため，必ずしも効率よく作業が進んでいない可能性が高いものとみられる。

築堤作業は重機中心の作業であり，他の土木作業に比較し，苦渋性や安全性では問題は少ないものとみられる。

このような背景から，本調査では，工事現場における作業方法の現状，および時間測定を工事現場で実施する。この現場の作業データを分析し，生産性の向上を目標とし，問題点を定量的に把握し，改善案を検討する。

II　調査対象

築堤の作業においては，トラックによる土砂の運搬作業，バックホーによる配土作業，ブルドーザーによる土砂の運搬，敷均し，転圧作業が，サイクリックに行われている。

これらの作業は，機械作業が中心であり，人手作業は，ほとんどないため今回の調査においては，機械作業を中心に分析して行くものとする。

機械作業については，まず，1日における各機械の稼働状況を測定し，各機械間の制約関係に関して明らかにする。

次に，作業領域においては，ブルドーザーの作業が主となっていることから，ブルドーザーの作業については，詳細に分析を行う。

分析を行う視点としては，配土する箇所が2箇所あり，必ずしも適切な場所ではない可能性がある。そこで，ブルドーザーの作業を分析することによって，最適な，バックホーならびに配土の位置に関して検討することにする。

そのため，調査対象レベル，ならびに調査分析対象に関しては1）および2）のようにした。

1）調査分析レベル

トラックの土砂運搬から，バックホーによる配土作業，ならびにブルドーザーによる土砂の運搬敷均し作業を1つのサイクルとしてとらえ，1日の作業におけるサイクル作業をマクロ的な視点から徐々にミクロ的視点におとして分析していく。

2）調査分析対象

トラックによる土砂の運搬，バックホーによる配土作業ならびにブルドーザーによる敷均し作業，

転圧作業など，機械作業を中心に調査，分析を行う。

Ⅲ　調査項目

1）作業方法の現状の分析

調査対象作業における測定日の作業方法について明らかにする。

・施工条件（施工量，施工機械，作業者数）

・施工現場のレイアウト

バックホーの位置，ブルドーザーの稼働位置

・測定日の作業手順

・作業開始時間および終了時間

2）機械稼働の分析

(1)　各機械の稼働分析

築堤作業においては，土砂の運搬が重要な作業であり，トラックによる土砂の運搬状況を明らかにする。また，ブルドーザー，バックホー等による機械作業について，機械の稼働状況を測定し，各建設機械の稼働率を分析する。

稼働状況の測定の際，機械作業が中断する場合には，中断理由について記録し，それらが機械の稼働に与える影響について分析する。

また，土砂の運搬用のトラックに関しても，土砂搬入の工程において，待ち時間が発生しているかどうかを測定する。

(2)　機械間の制約関係の分析

(1)で分析した各機械の稼働状況のデータをもとに，トラック，バックホー，ブルドーザーの各機械の稼働状況を，機械－機械チャートにまとめる。機械－機械チャートから，作業全体の作業の停止等の各機械間の制約関係を明らかにする。

3）ブルドーザーの稼働分析

築堤作業においては，ブルドーザー作業が主な作業であり，ブルドーザーの稼働内容については，詳細な分析を行う。稼働分析としては，トラックが土砂を運搬してきてから次のトラックが土砂を搬入するまでの時間を，1つのサイクルタイムととらえ，このサイクルタイム中におけるブルドーザーの稼働をミクロ的に分析する。

分析内容としては，1回のサイクルタイム中のブルドーザーの稼働を次の5つに分類し，それぞれの項目時間がサイクルタイム中に占める割合と，各項目ごとの平均時間を測定する。

・押し土時間（ブルドーザーがブレードを下げて土砂を運搬している時間）

・後退時間（土砂を運搬し終わった後，土砂の積んである場所まで戻る時間）

・敷均し時間（土砂の運搬ではなくて，のり方等の成型，敷均しを行う時間）

・転あつ時間（ブレードをあげて，土砂の転あつを行っている時間）

・不稼働時間（トラックの土砂の運搬待ち等の原因のために，ブルドーザーが稼働していない時間）

以上の分析に関しては，１日の工程の中で，異なる時間帯に４回から５回程度測定を行うことにする。また，１回の測定においては，トラックによる土砂の運搬が10回程度行われる時間（サイクルタイムの10倍程度）を目安として，測定を行う。

４）レイアウト分析

作業条件（土砂の置き場所や均し条件などがもたらす作業時間の影響について分析する。

今回測定した作業領域においては，２台のバックホーにより土砂を配土している。そこで，作業領域全体をバックホーの位置によって２つに分割し，ブルドーザーの稼働時間がどちらの領域中の方が長くなっているのかを分析し，配土位置による作業効率の変化を比較する。

さらに，２）および３）で測定した，データーをもとに，トラックによる土砂運搬計画および２台のバックホーの作業状況とトラックの稼働状況から最適な作業レイアウトについても検討する。

6.4.2　ＣＡＢなどを含む共同溝開削

Ⅰ　調査の背景と目的

ＣＡＢ工事は都市部で行われることも多く，その作業はガスや水道管等の既設配管のある場所を工事することも多い。このため，手掘り作業が主体となることも多く，しかも狭い作業場のため多くの作業者を投入できず，しかも，その作業は苦渋性が高く，生産性も低い。また，人手特に，熟練工が不足することから労働生産性の向上はますます課題となるものと予想される。加えて，施工場所によっては１日で数メートルしか進まない場所もあり，時間生産性の向上も重要な課題となる。

このような背景から，本調査は以下の目標をもとで定量的な分析を行い，現場作業のネックや課題を明らかにし，改善案を検討することを目的とする。

１）労働生産性の向上

工数のかかる作業を抽出し，その発生要因を明らかにし，作業内容や手順の検討，機械化・自動化の検討を行うことで，より少ない作業者数で工事の円滑な遂行を図る。

２）苦渋性の低減

要素作業を抽出し，その要素作業の作業量と苦渋度から，苦渋作業の解決の優先順位を明らかにし，機械化や自動化により苦渋作業の低減を図る。

３）時間生産性の向上

機械や作業者の作業時間の分析を行うことにより作業別時間を明らかにし，時間がかかる作業を明らかにする。これにより，時間生産性の向上のネックとなる作業を明らかにし，作業手順や機械化・自動化を検討することにより時間生産性の向上を図る。

Ⅱ　調査項目

１）作業の現場把握

(1)　作業の把握

機械作業，人手作業別に作業の把握を行う。

(2) 作業手順の把握

一連の作業手順の把握を行う。

(3) 作業発生場所の把握

作業が行われる場所を明らかにする。

2）工数分析

ＣＡＢ工事は工区により，発生する作業や作業量が異なる。これらの現場のデータを分析し，その要因を明らかにする。

(1) 作業別の工数分析

作業別の工数の分析を行う。工数は，作業に従事する作業者と作業時間の積から算出する。

(2) 工区別の工数の分析

工区（例：浅部，深部など）別に作業工数を分析する。

(3) 工区別稼働分析

工区別に作業者や機械の稼働率を分析する。

(4) 労働生産性の向上のネック要因の抽出

3）苦渋作業の分析

(1) 作業の苦渋性評価

苦渋性の正確な定量的な把握な困難な部分が多いため，本調査では作業別の苦渋性を複数のレベルに分類し，苦渋性の相対的な把握を行う。

ここでは作業の種類や特徴を踏まえ，評価を行う。

(2) 苦渋性作業の抽出

2）の結果の作業別の作業工数の結果と，(1)の苦渋性の評価から，苦渋性の高い作業の作業量を把握し，解決の優先順位の高い作業を抽出する。

(3) 苦渋性作業の発生要因の把握

苦渋性作業の時間の決定要因や発生要因を検討・把握する。

4）作業時間の分析

(1) 工程時間の分析

一連の工事における工程別の作業時間を分析する。

(2) 工程別の稼働分析

各工程における機械作業，人手作業の稼働率を把握する。

(3) 不稼働要因とその影響度の分析

不稼働な状況が発生する要因を可能なかぎり抽出し，その要因別に不稼働時間や不稼働工数の分析を行う。

(4) 作業の時間構造の分析

主作業／付随作業，さらに主作業中の作業目的からみた作業の相対的な付加価値度と作業時間，

本作業／手直し作業に分類し，作業時間を明らかにする。

(5) 時間短縮のネック要因の分析

5）改善案の検討

(1) 問題解決へ向けたネック要因の把握

作業別に問題点とネック要因を定量データとともに整理する。

(2) 改善案の検討

重要度や問題の程度の大きい作業に対して，改善案の検討を行う。

(3) 改善案の効果の検討

現状のデータに基づき，改善案の効果の程度について検討する。

Ⅲ 調査の対象

1）調査のレベル

工程レベルで問題点の概略を把握し，問題の大きい作業については要素作業レベルにおとし分析する。

2）調査範囲

工事全体に対して，機械，作業者の作業状況や作業レイアウトを記録し，その記録データを元に，詳細な分析レベルで調査，分析を行う。

6.5 離岸堤

I 調査の背景

離岸堤の構築は，海上でのクレーン船と作業者（潜水士）の共同作業で行う。しかしクレーン船は水上で，潜水士は水中で作業を行うために，陸上の作業とは異なったさまざまな問題が発生している。また，陸上・船上においても，海中に投入する1つ5t以上の重さのブロックを，クレーンと作業者が共同で運搬するため，作業に常に危険が伴っている。昨年度の調査によって明らかになった具体的な問題としては，以下のようなものが挙げられる。

1）生産性の低さ

捨石均しやブロック据付等の工程においては，潜水夫が水中で作業を行うため，その行動速度は陸上より遅くなってしまう。加えて，離岸堤の設置水域は海象条件の悪いところが多いため，水中作業の視界は悪く，体はうねりや波等による影響を受けやすい。また，作業においては機械（クレーン）の力を借りるが，水平方向の移動は人力で行っている。このように作業性の低さから，作業の生産性は陸上に比べてどうしても低くなってしまっている。

また，海象，気象が悪い場合には工事が中止となるため，工期は長い。

2）作業の危険性，苦渋性

上記で述べたように水中作業，しかも海象条件の悪い場所での作業であることは，生産性が低くなるだけでなく，同時に潜水士にとって非常に危険な作業であると言える。潜水士は浮力を受けて足元が安定していない状態で，重量部材であるブロックを取り扱わなければならず，潜水士自身がはさまれたり，エアを送っている機材が壊されてしまう危険性がある。こういったことは，作業を水中で行っているが故に，潜水士自身の生命をもおびやかしている。また，潜水作業自体は苦渋性を伴い，これらの問題は極めて生産性に影響をもたらしているものとみられる。

また冒頭で述べたように，陸上・船上においても，クレーンと作業者が共同でブロック運搬作業を行うため，作業に常に危険が伴っている。

3）連絡（情報伝達）の難しさ

潜水士が水中で作業をする際に，多くの場合クレーン船との共同作業となるため，両者の連絡は極めて重要である。しかし潜水士は水中にいるために，クレーン船への連絡手段は限られており，現在とられている方法が必ずしも素早く，確実に情報を伝達しているとは限らない。この連絡手段の問題は，全体の生産性の低さや危険性と密接に係わっているものと考えられる。

このような問題から，次の様な改善が求められる。

1）工期短縮

海象や気象の条件の良いときに，集約的に工事を行うことが望ましく，時間当たりの生産性を向上させ，工期の短縮が必要となる。

2）省力化，労働生産性の向上

土木作業に従事する作業者の不足が問題化してきているが，特に危険性，苦渋性の高い水中作業

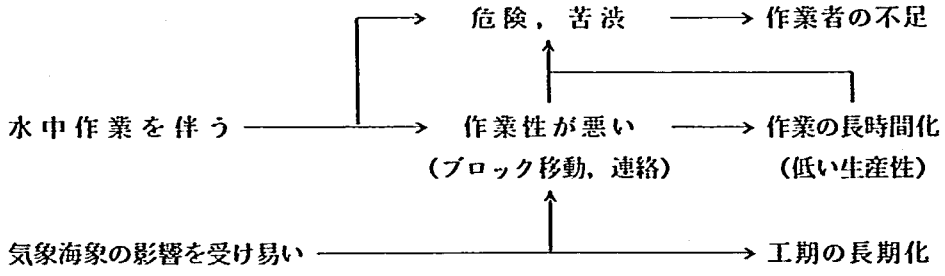
に従事する潜水夫は不足する傾向にあり，労働生産性の向上や省力化が強く求められる。

3）苦渋性，危険性

上記の生産性を向上させつつ，苦渋性や危険性の低減となる改善が必要となる。

従来，土木作業の作業改善は専門家等による経験・知見に基づいて行われてきたが，このような方法では客観的な判断や定量的改善は難しいと考えられる。また，改善の範囲として工法全体なのか，単位作業方法なのか，もしくはもっと細かい要素作業なのかを明確にして行わないと，従来の方法との比較ができない。

以上のようなことから，科学的でシステマチックな方法で作業方法の改善を行うことが必要となってきている。また，作業方法の改善のみならず，作業の機械化や情報システムの開発における仕様決定の際の基礎データを収集することも考えなくてはならなくなっている。



図－1　調査の背景

Ⅱ　調査の目的

上記で述べたような問題点を改善する方法として，従来工場における作業改善の手法として成果を挙げてきたＩＥ手法を土木工事に適用することが考えられる。ＩＥ手法による作業測定を行い，作業時間，作業方法，連絡時間などの現状データを明らかにして分析を行えば，客観的な判断，定量的な改善が期待できる。

本調査においては，ＩＥ手法を海洋土木（離岸堤）に適用し，以下の点について検討を行うことを目的とする。

1）海洋土木（離岸堤）の工事現場においてＩＥ手法を用いた作業測定を実施し，得られたデータを整理・分析する。この分析結果を踏まえ，以下の主目標に従い作業の問題点を抽出し，生産性の向上を具体的な改善点の立案を行う。但し，改善案においては苦渋性や危険性の改善への効果も考慮する。

・時間生産性の向上

・作業時間短縮にともなう工期短縮や苦渋作業の従事時間の短縮

・作業方法や手順等の改善により，作業の効率化を図り，投入人員当たりの生産性を向上し省力化を目指す。

2）施工改善におけるＩＥ手法の有効性の評価と，当手法の問題点の抽出を行い，この結果を踏まえ

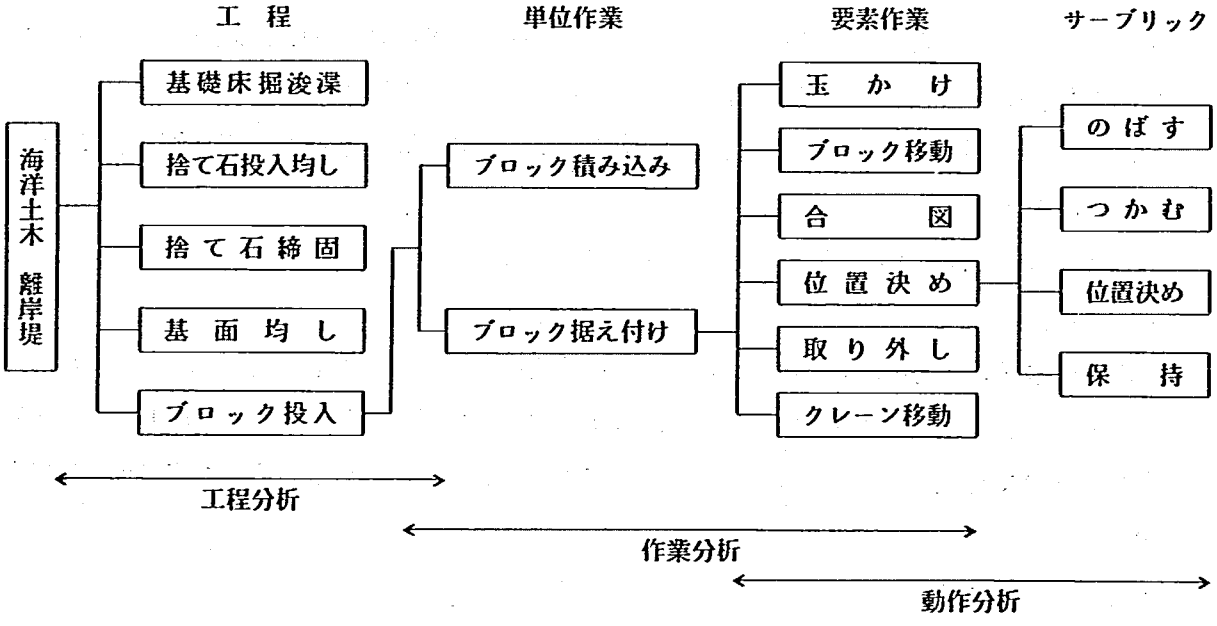
て海洋土木（離岸堤）における新たな施工改善手法について検討を行うものとする。

Ⅲ　調査の対象

1）分析レベル

ＩＥ手法を用いて作業測定・作業研究をする場合には，研究の対象がどういったレベルの作業であるのかによって，その測定手法や分析方法が違ってくる。例えば，離岸堤工事においては，その工程，単位作業，要素作業，単位動作，サーブリック記号レベルで，それぞれ図－２のように分類することができる。ここで，最近多用されているＶＴＲを用いて作業測定をする場合，図－２に示したレベルのうち，どのレベルの作業改善を目指すのかによって，その測定手法が異なってくる。例えば工程分析，作業分析をするのであればビデオ・タイム・スタディ，ビデオ・メモモーションを行ったほうがよく，動作分析をするのであればビデオ・マイクロモーションを行うべきである。

よって，離岸堤工事の作業改善を行う場合，まずどの作業レベルでの改善を目指すべきかを決定しなければならないが，今回の調査においては要素作業レベルでの作業測定を行うことを目標とする。まず第一に本調査の背景となっている３つの点（生産性の低さ，作業の危険性，連絡の難しさ）は，いずれも工程間や単位作業間の問題である。第二に，このような作業測定においては，その作業手順が一定していないと測定が困難であり，作業者や作業場所によって，その手順の違いが甚だしいと分析結果の意義が薄れてしまう。サーブリック記号レベルの作業手順は，作業者によってかなりの違いがあると考えられ，また調査の背景とも合致していない。よって，本調査の調査対象分析レベルとしては要素作業分析レベルを想定する。



図－２　作業区分と適用手法

2）対象作業

調査の対象としては，離岸堤工事の特徴でもあり，問題点も多く指摘されている潜水士の水中作

業を伴う作業を主な調査対象とするべきである。ここで，本調査の測定対象となる離岸堤工事においては，潜水士の水中作業が伴う作業として，ブロック投入工程におけるブロック据付作業が行われる予定である。同工程においては，陸上におけるブロック積み込み作業においても，作業者が重量部材を扱う点で危険性が指摘されている。よって，本調査においては，クレーン船へのブロック積み込み作業と海上でのブロック据付作業を調査対象作業とする。

Ⅳ　調査・分析の内容

1）1日の工程別の時間の分析

ここでは，1日の一連の作業をマクロ的に捉え，時間的な問題点の把握を行う。

（工程）

・クレーン船の移動，着岸
・ブロックの積み込み
・クレーン船の離岸，移動
・ブロックの設置
・クレーン船の移動

2）ブロックの積み込み作業の分析

ブロック積み込み作業の問題点について，要素作業レベルで問題点を抽出する。

(1)　作業手順の分析

・作業手順
・作業者数

(2)　要素作業別時間

（要素作業）

・玉掛け
・移動
・設置
・玉外し
・待ち

など

(3)　各作業のサイクルタイム

(4)　機械の稼働率

(5)　作業時間短縮のネック要因

・待ちの発生要因の分析
・所要時間順の作業の分析

3）ブロック据付作業の分析

(1)　「要素」作業手順の分析

（要素作業）

「クレーン側」	「潜水夫側」
・玉掛け	・海中移動
・クレーン移動	・位置決め
・位置決め	・玉外し
・待ち	・待ち
など	など

(2) 作業別の所要時間の分析

(3) 積み込み作業のサイクルタイム

・１～３層までの積み込みのサイクルタイム

・積み込み階層別（１層，２層，３層）のサイクルタイム

(4) 要素作業別の時間

・要素作業別の平均時間

・要素作業別の時間のバラツキ

・積み込み階層別要素作業別のサイクルタイム

・積み込み階層別要素作業別の時間のバラツキ

・稼働率の分析

(5) 機械－人の連合工程分析

・人と機械の共同作業の作業時間分析

(6) 作業時間の短縮のネック要因の分析

・待ちの発生要因（作業）の分析

・所要時間順の作業の分析

V 調査要領

作業測定のための調査要領について以下に示す。

1）作業手順と作業時間の測定

作業手順と作業時間の測定は次に示す要領で行う。

(1) 測定対象の作業を，あらかじめ作業標準書もしくは聞き込み等により，要素作業欄に記入する。

(2) 要素作業の始点終点を定義する。

(3) 要素作業の時間値は，ストップウォッチにより分単位で記入する。

(4) サイクルタイムより，観測回数を決める。

(5) 観測結果の合計，平均を求める。

注：非サイクル及び時系列でない作業については，別途測定する。

：潜水工のように，容易にその作業が認識しにくい場合は，拡声器からの音声により判断する。

：沖合いでの作業の場合，船上においての観測とする。

○分析シート

時間研究用紙（サイクル作業用）								作業名								No	
								観測者名								観測　年　月　日	

要素作業			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	合計	平均	機械名	要素作業No
1																		
2		T																
3		T																
4		T																
5		T																
6		T																
7		T																
8		T																
9		T															測定条件	

2）機械と作業者の稼働率の測定

機械と作業者の稼働率の測定は次に示す要領で行う。

(1) 対象物（人，機械）1に対し，観測者1人を原則として計測を行う。

(2) 作業者の作業手順，機械の作動順序を観測し，要素作業に分ける。

(3) 複数の観測者のストップウォッチを同時にスタートさせ，要素作業の始点，終点の読みをシートに記録していく。

(4) 数回のサイクルを取り，各観測者の対象に対し時間値及び内容を分析シートにまとめる。

(5) 完成したら生産時間と非生産時間の識別を行う。

注：潜水工のように，容易にその作業が認識しにくい場合は，拡声器からの音声により判断する。

：沖合いでの作業の場合，船上においての観測とする。

○連合作業分析（人－機械分析）

作業名	時間 人	時間 機械	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	(分)
ブロック積み込み	作業員	A	手待ち		玉掛けワイヤー		バックルトメ	手待ち		移動	位置決め		ハズシバックル
		B	手待ち		玉掛けワイヤー		手待ち			誘導 移動	位置決め		手待ち
	クレーン		ブロック 位置付け		手待ち			吊り上げ 所定位置へ 降ろす			位置決め		手待ち

3）作業間のバランスとバラツキの分析

作業間のバランスとバラツキの分析手順について以下に示す。

(1) 1）での作業時間の測定結果より，各工程別，作業所要時間の平均をプロットする。

(2) (1)より，バランス効率，ロスを算出する。

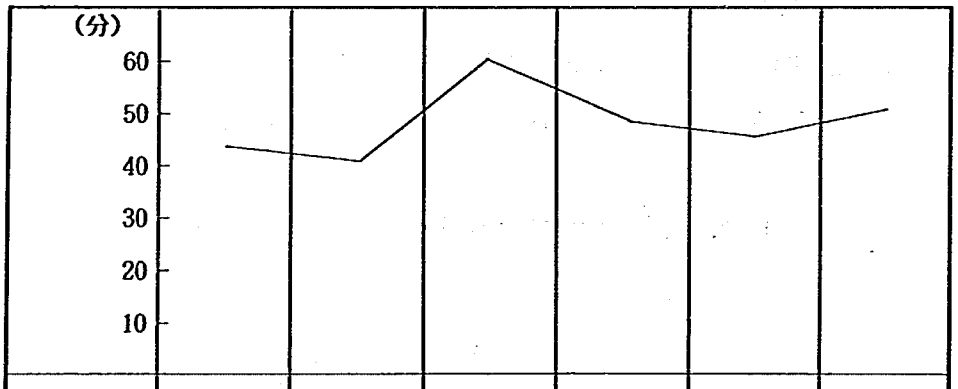
(3) (1)より，バラツキを算出する。

(4) ネック作業の確認と要因分析を行う。

注：当分析は，ライン編成効率の算出を目的とするものではなく，あくまでも全体所要時間を決める問題作業の絞り込みと要因分析が狙いである。

：当分析は，作業時間測定をもとに机上で行う。

○ピッチダイアグラム



作業名	A	B	C	D	E	F
人員数	1	1	0	3	1	1
要素作業	①②	③④⑤	⑥	⑦	⑧⑨	⑩⑪⑫

4）ビデオ撮影

ビデオ撮影の手順について以下に示す。

(1) 対象作業の作業領域の確認

(2) 対象物（人，機械）の位置確認

(3) カメラ設置位置の確認

注：タイムラップスを行う関係から，極力揺れをなくす場所にカメラを設置する。

：カメラは水のかからない場所に固定する。

：カメラ１台に対し１人を配置する。

「海洋土木（離岸堤）の作業の調査分析」の概要

1. 工程別の作業時間

・ブロックの設置，積み込みの工程で全作業時間の90％程度を占める。

・ブロック設置や積み込みの工程が時間短縮のネック要因となる。

2. ブロック設置工程の分析

・機械の稼働率は約67％，人の稼働率は陸側で７％，船側で26％となる。

・機械の稼働を高めるには，位置合わせ作業の時間短縮が重要となる。

・作業時間を短縮するには，ブロック移動の時間を短縮することがもっとも効果的である。

・作業者の稼働は極めて低いことから，少ない人数で玉掛け，位置合わせ，玉外し作業できることが工数面で望ましい。

・作業者の作業はブロックと接した作業であり，危険性が伴う。このためには，作業員はブロックから離れた場所で作業できること，もしくは確実な玉掛け，玉外し機構について検討を要する。

3. ブロック設置

・ブロックの設置作業は最深部の設置である１層目の作業にもっともサイクルタイムが長く，２層目，３層目になるほど短くなる。１層目は３層目の約２倍の時間を要する。

・しかも，設置個数は１層目がもっとも多く，２層目，３層目になるほど設置数は少なくなることから，時間短縮には１層目作業がもっともネック作業となっている。

このことは潜水夫の潜水時間の短縮と密接な関係がある。

・１層目，２層目，３層目とブロック移動自体の時間差はほとんど認められない。

各層でサイクル時間が異なる作業を抽出すると

— 位置合わせ（もっとも差が大きい）

— ワイヤー移動

— 玉外し作業

これらの作業は潜水夫の作業性や水中の視認性と極めて結びついている。

・１層目，２層目，３層目と機械の稼働率は高くなる。

・１層目，２層目，３層目と潜水夫の主作業時間が短くなる。

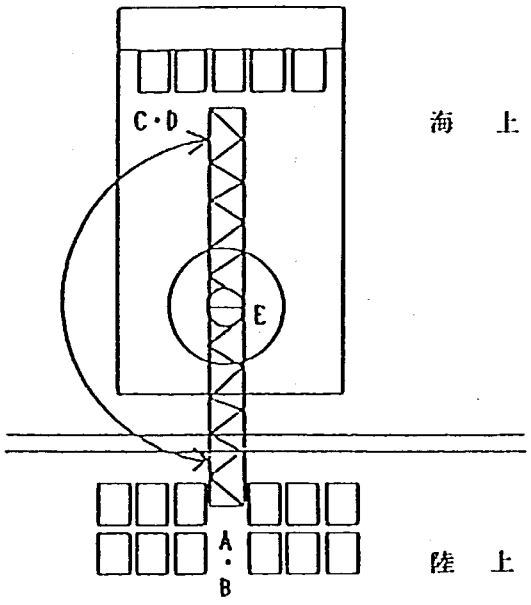
・１層目の位置合わせ作業は危険を伴い，しかもその作業時間は長い。

１層目の位置合わせの時間は全体の約55％程度を占めている。

・船側の作業者の稼働率は10％程度，潜水夫の稼働率は約35～55％程度でしかも各２名が携わっている。このため，労働生産性は低い。

・把持機構のような機械化ができれば，省力化，危険回避の意味で効果的とみられる。

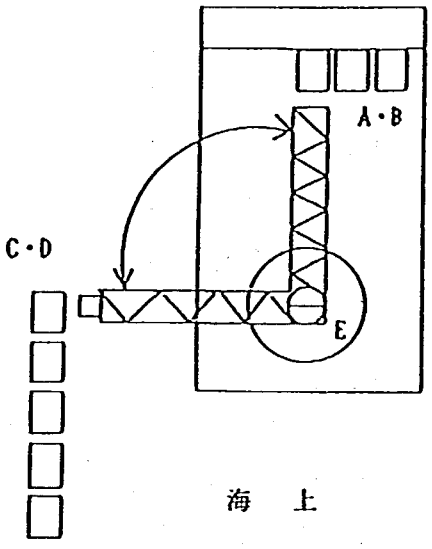
ブロック積み込み作業



要素作業 ＼ 作業員	A・B	C・D	クレーンE
玉　掛　け	●ワイヤーを持ってブロックに掛ける ○終了後OKサインを出しその場から離れる		●ワイヤーをブロックに掛け易くする為，ワイヤーを下げながら微動させる
ブロック移動			○ブロックをクレーンで上げ船上の積み込み位置をねらって移動する
位置合わせ		●クレーンEにブロック位置を指示しながら手をそえて積み込み位置に合わせる ○位置を確認し，OKの指示を出す	●C・Dの合図に伴ないブロックを微動させる ○ブロックを着地させワイヤーをたるませる
玉　外　し		○ワイヤーをブロックから外し，OKの指示を出す	
ワイヤー移動			○ワイヤーをゆっくり上げ旋回させて陸上のブロックの近くまでワイヤーを移動させる

注）●：連携作業
　　○：単独作業 を示す

ブロック設置作業



作業員 / 要素作業	A・B	C・D	クレーンE
玉掛け	●ワイヤーを持ってブロックに掛ける ○終了後，その場から離れる		●ワイヤーをブロックに掛け易くする為，ワイヤーを下げながら微動させる
ブロック移動			○ブロックをクレーンで上げ海中の設置位置にねらって移動させる
位置合わせ		●クレーンEにブロック位置を無線で指示しながら手をそえて設置位置に合わせOKの指示を出す	●C・Dの無線指示にあわせブロックを微動させる ○ブロックを着地させワイヤーをたるませる
玉外し		○ワイヤーをブロックから外し，OKの指示を出す ○再度，設置位置を棒ゲージでチェックする（1層目のみ）	
ワイヤー移動			○ワイヤーをゆっくり上げ旋回させて船上のブロックの近くまでワイヤーを移動させる

注）●：連携作業
　　○：単独作業 を示す

1）1日の工程別の時間の分析

No	工程／時間	8／30	8／31
		6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17	6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17
1	クレーン船の移動・着岸	1H	
2	ブロック積み込み	5H　2H	
3	クレーン船の離岸移動	0.5H	
4	ブロックの設置（3層迄）		5H　3H

・工程別の時間を長い順に並べると以下になる。

No	工程	時間 (H) 1 2 3 4 5 6 7 8 9
1	ブロックの設置（3層迄）	
2	ブロック積み込み	
3	クレーン船の移動・着岸	
4	クレーン船の離岸移動	

・全工程の時間の合計は 16.5 H で各工程の時間比率は以下の様になる。

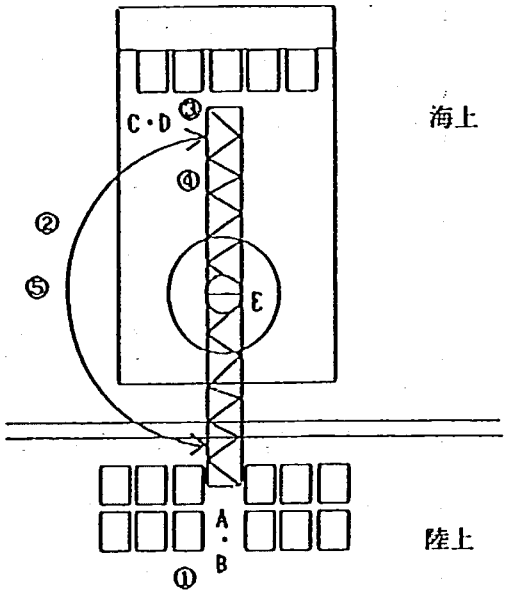
No	工程	時間比率（%）	
1	ブロックの設置（3層迄）	48	91
2	ブロック積み込み	43	
3	クレーン船の移動・着岸	6	
4	クレーン船の離岸移動	3	
計		100 %	

・ブロック設置工程とブロック積み込み工程の時間の合計は15Hで全工程の時間の91％を占めていることがわかる。

2）ブロック積み込み作業の分析

① 作業手順・要素作業別時間，サイクルタイムの測定結果

No	要素作業	平均時間	作業員	平均サイクルタイム
1	玉掛け	13秒	A・B	Σ(①～⑤)＝3分01秒
2	ブロック移動	1分13秒	E	
3	位置合わせ	39秒	C・D	
4	玉外し	8秒		
5	ワイヤー移動	48秒	E	



② 機械の稼働率

（連合作業分析）

作業名	人・機械＼時間		1分		2分		3分
ブロック積み込み	作業員	A・B	玉掛け	手待ち			玉掛け
		C・D	手待ち		位置合わせ	玉外し	手待ち
	クレーンE		手待ち	ブロック移動		手待ち	ワイヤー移動	手待ち

$$\text{機械の稼働率} = \frac{2\text{分}01\text{秒}}{3\text{分}01\text{秒}} = \frac{121}{181} = 67\,\%$$

参考）人の稼働率

$$\text{A・Bの稼働率} = \frac{13\text{秒}}{3\text{分}01\text{秒}} = \frac{13}{181} = 7\,\%$$

$$\text{C・Dの稼働率} = \frac{47\text{秒}}{3\text{分}01\text{秒}} = \frac{47}{181} = 26\,\%$$

3）ブロック設置作業の分析

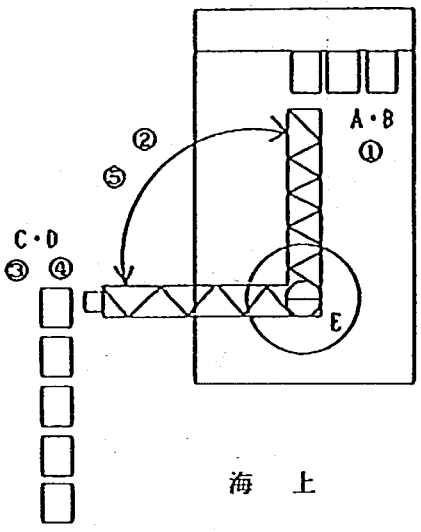
①・要素作業手順の分析

・設置作業のサイクルタイム

・要素作業別の平均時間

・設置・階層別要素作業別のサイクルタイム

No	工程 / 要素作業	ブロック設置 1層	2層	3層	作業員
1	玉掛け	17(秒)	18(秒)	15(秒)	A・B
2	ブロック移動	69	66	66	E
3	位置合わせ	167	55	51	C・D
4	玉外し	7	17	7	
5	ワイヤー移動	42	32	28	E
平均C.T		5分02秒	3分08秒	2分47秒	
備考		潜水夫 海中作業	潜水夫 半海中作業	潜水夫 海中作業なし	



② 機械－人の連合工程分析（人と機械の共同作業の作業時間分析・稼働率の分析）

・1層目

作業名	工程 / 要素作業		1分	2分	3分	4分	5分
ブロック設置	作業員	A・B	玉掛け	手待ち			玉掛け
		C・D	手待ち	位置合わせ		玉外し	手待ち
	クレーンE		手待ち	ブロック移動	手待ち		ワイヤー移動 / 手待ち

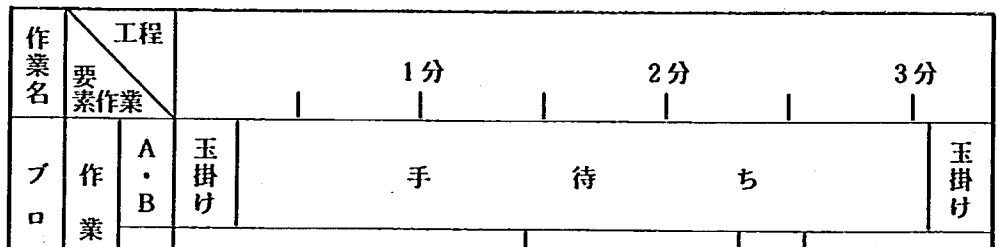
$$\text{機械の稼働率} = \frac{1\text{分}51\text{秒}}{5\text{分}02\text{秒}} = \frac{111}{302} = 37\,\%$$

参考）人の稼働率

$$\text{A・Bの稼働率} = \frac{17\text{秒}}{5\text{分}02\text{秒}} = \frac{17}{302} = 6\,\%$$

$$\text{C・Dの稼働率} = \frac{2\text{分}54\text{秒}}{5\text{分}02\text{秒}} = \frac{174}{302} = 57\,\%$$

・2層目



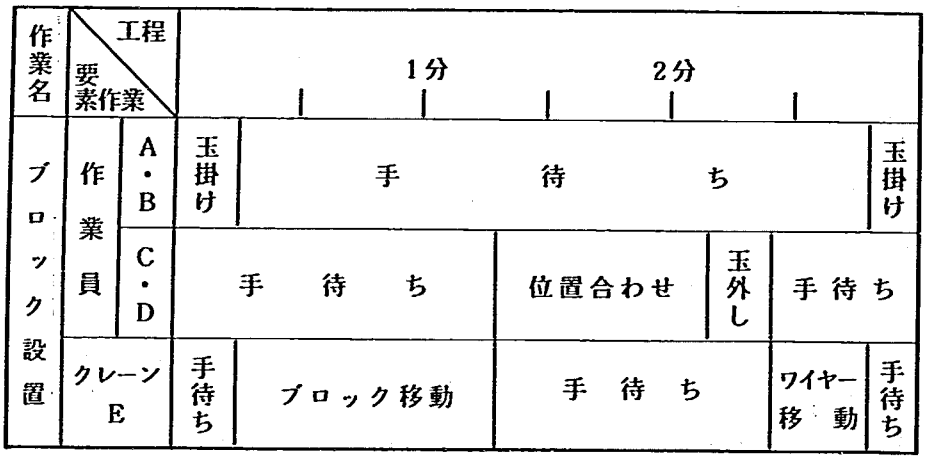
$$\text{機械の稼働率} = \frac{1\text{分}38\text{秒}}{3\text{分}08\text{秒}} = \frac{98}{188} = 52\,\%$$

参考）人の稼働率

$$\text{A・Bの稼働率} = \frac{18\text{秒}}{3\text{分}08\text{秒}} = \frac{18}{188} = 10\,\%$$

$$\text{C・Dの稼働率} = \frac{1\text{分}12\text{秒}}{3\text{分}08\text{秒}} = \frac{72}{188} = 38\,\%$$

・3層目



$$\text{機械の稼働率} = \frac{1\text{分}34\text{秒}}{2\text{分}47\text{秒}} = \frac{94}{167} = 56\,\%$$

参考）人の稼働率

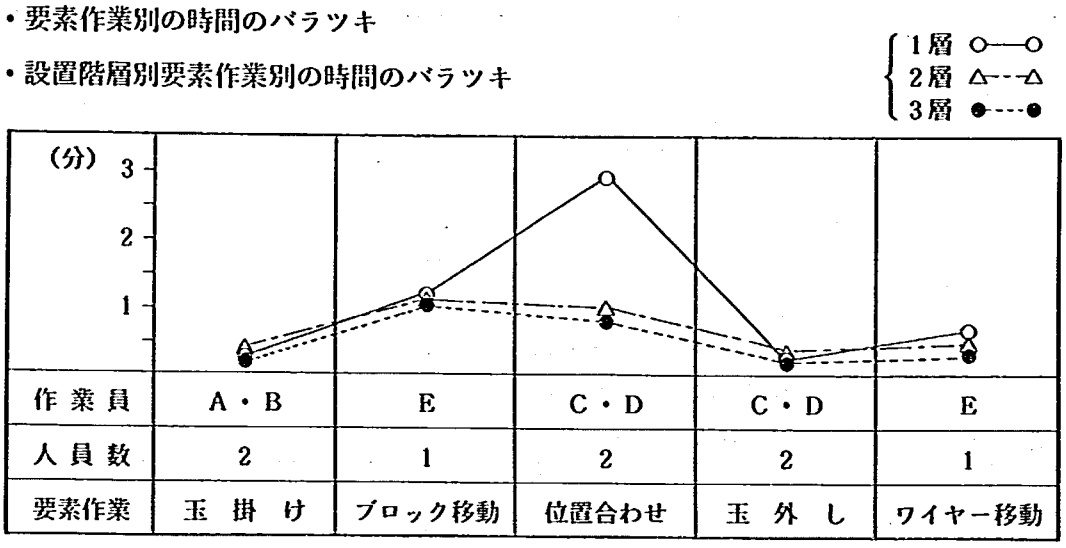
$$\text{A・Bの稼働率} = \frac{15\text{秒}}{2\text{分}47\text{秒}} = \frac{15}{157} = 9\,\%$$

$$\text{C・Dの稼働率} = \frac{58\text{秒}}{2\text{分}47\text{秒}} = \frac{58}{167} = 35\,\%$$

③ 要素作業別の時間

・要素作業別の時間のバラツキ

・設置階層別要素作業別の時間のバラツキ



・各要素作業の問題点（ブロック積み込み，陸上→船台）

No	要素作業	問題点
1	ブロック移動	1）重量物移動の為，移動速度が上がらない 2）概略位置合わせに戸惑う
2	ワイヤー移動	
3	位置合わせ	○位置合わせに時間がかかる 1）重量物の微調整 2）作業員どうしのタイミングが合わない 3）〃 とオペレーターの連絡が不充分 4）重量物のため，作業に時間がかかる 5）作業員のカンに頼っている
4	玉掛け	1）作業員，オペレーター間の連絡が密でない（定位置に1回で決まらない） 2）手元に引き寄せる作業が入っている 3）重心位置の調整がはいる
5	玉外し	1）作業時間が短い割に2人作業で行っている

・各要素作業の問題点（ブロック設置，船台→海中，1層）

No	要素作業	問題点
1	ブロック移動	1）移動場所の目安が不明確（作業員の手，音声）
2	位置合わせ	1）作業時間がかかる（微調整に手間どる） 2）作業性が悪い 3）一旦浮上することによるロス
3	ワイヤー移動	
4	玉掛け	1）手元に引き寄せる作業が入っている 2）重心位置の調整がはいる
5	玉外し	1）足場のない状態で作業を行う為，疲労をともなう

・各要素作業の問題点（ブロック設置，船台→海中，2層）

No	要素作業	問題点
1	ブロック移動	
2	位置合わせ	1）海中で行うため，作業に手間取る 2）海中で行うため，作業性が悪い 3）足場が固定でない
3	ワイヤー移動	1）音声により判断している為，不安全である 2）見えない分だけ巻き上げが遅い
4	玉掛け	1）手元に引き寄せる作業が入っている 2）重心位置の調整がはいる
5	玉外し	1）足場がない為，疲労がともなう

・各要素作業の問題点（ブロック設置，船台→海中，3層）

No	要素作業	問題点
1	ブロック移動	
2	位置合わせ	1）足場が悪いため，作業性が悪い 2）足場が悪いため，危険性がある
3	ワイヤー移動	
4	玉掛け	1）手元に引き寄せる作業が入っている 2）重心位置の調整がはいる
5	玉外し	1）足場が悪い為，危険性がある

7．現場施工改善調査事例

7．1　道路維持修繕工

（7．1．1　道路維持修繕工・打ち換え工法の施工改善の事例）

〈解説〉

1．調査プロセス

道路維持修繕工・打換え工法の改善調査を図7.1.1に示すようなフローにて実施した。この調査は、事前調査、本調査および効果確認調査の３つから構成される。事前調査は、改善目的を設定することを目的とする。本調査では、最初の年度で問題点を抽出し、改善案の抽出までを行ない、翌年度以降、改善案の評価のために、効果確認調査を実施した。
施工改善の調査を実施するに当り、フローの手順に従い、ヒアリング調査、現場との交渉・打合せ、作業測定の実施、分析など調査を遂行するために調査グループを結成した。この調査を実施した調査グループの規模は、最大投入人数で５名であった。

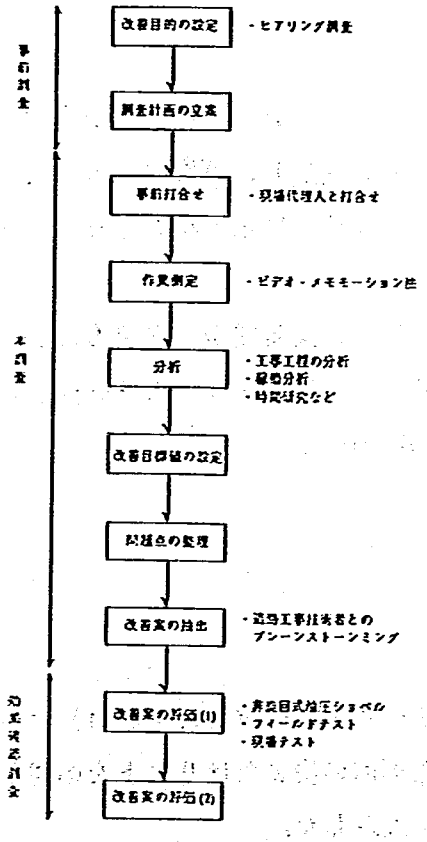


図7.1.1　調査の手順

2．改善目的の設定

道路工事の専門家へのヒアリング調査を実施したところ、現場ではつぎのような問題意識を持っていることが判った。

・一般車両の交通への障害から、夜間工事が行なわれることが多いが、一定時間までに交通開放を行なわねばならないが、作業の進捗状況が遅れる場合には、作業者の精神的負担となっている。また、工事時間を延長した場合、交通車両への影響は大きくなる。
従って、工期や作業時間の短縮のニーズは高い。

・夜間工事が多く、天候により作業スケジュールが変更されるなど、作業条件の厳しさから、作業者の不足や作業者の高齢化が進み、省力化の要望は高い。
このようなことから、時間短縮および省力化を目的とした施工改善を行なうことにした。

3．調査計画の立案

改善目的が明確化された段階で、具体的な調査実施計画を立案した。
現段階では、工程の進捗や、投入される作業者の情報などが明確化されていなかったため、工事区域を全般に観測し、準備から後片付けまでの全作業時間を対象とし、調査を行なうことを計画した。このため、作業範囲を広く効率的に観測でき、作業状態の再現性が高い、ビデオカメラを利用した作業測定を計画した。

4．事前打合せ

施工改善調査の第２ステップとして、直接、作業測定を実施する方針とし、３現場（現場Ａ、現場Ｂ、現場Ｃと定義する）を選定し、現場代理人に対して、主旨説明を行ない、調査の協力を求めた。主として、重要な確認事項は次の通りであった。

・作業の特徴
作業測定を実施する場合には、作業時間帯、作業方法、作業エリアの特徴を考慮し、測定の準備をする必要があるため、施工図面による確認、口頭による説明を受けた。

・作業観測用カメラの設置場所の確認

・測定実施日

・その他諸注意事項

5．作業測定

打換え工法の場合には（巾３～４ｍ、作業延長が40ｍ）と広く、全領域をビデオカメラで作業の観測を行なうために、撮影用の櫓またはリフトを準備した。工区の両端から、現場を撮影するようにビデオカメラを設定した。
図7.1.2には、工区とカメラ設定位置の例を示す。図7.1.3には、作業観測の様子を示す。

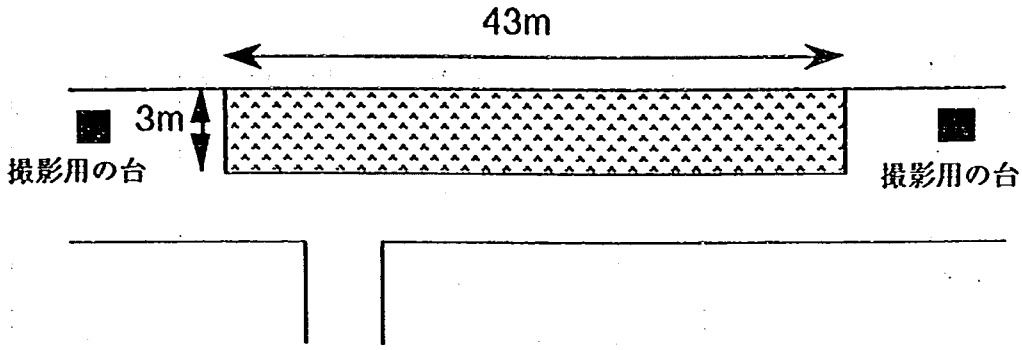


図7.1.2　工事区域レイアウトの例（現場C）

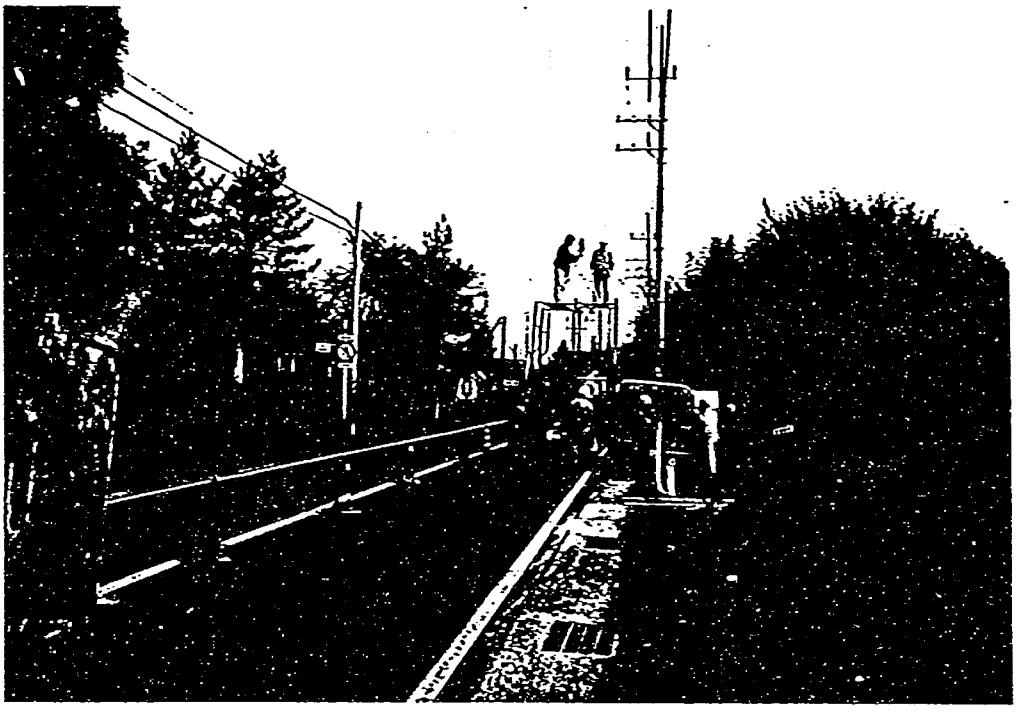


図7.1.3　櫓を利用した作業観測（ビデオ・メモ・モーション法）の例（現場C）

カメラでの作業測定以外に、図7.1.4に示すような調票におおまかな作業の開始時間、終了時間、重機のレイアウトを一旦記入し、作業の問題点や中断理由など気づいた点をメモする様にした。

		1	2	3	4	5	6	7	8			
時から 時	工程	バックホー	トラック 1	トラック 2	運搬用トラック	モーターグレーダー	マカダムローラ	タイヤローラ	ﾌﾞﾙﾄﾞｰｻﾞｰ ﾌﾞﾙﾄﾞｰｻﾞｰ	作業者の作業	メモ	配置図
0~												
10~	15											1
20~												
30~	30											2
40~												
50~	45											3

配置図1

配置図2

配置図3

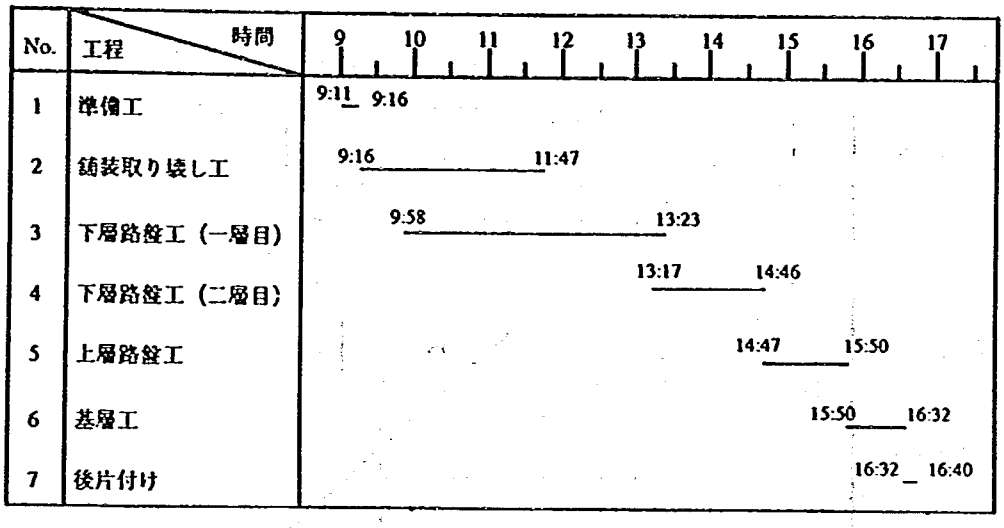
図7.1.4　調票の例

6．分析

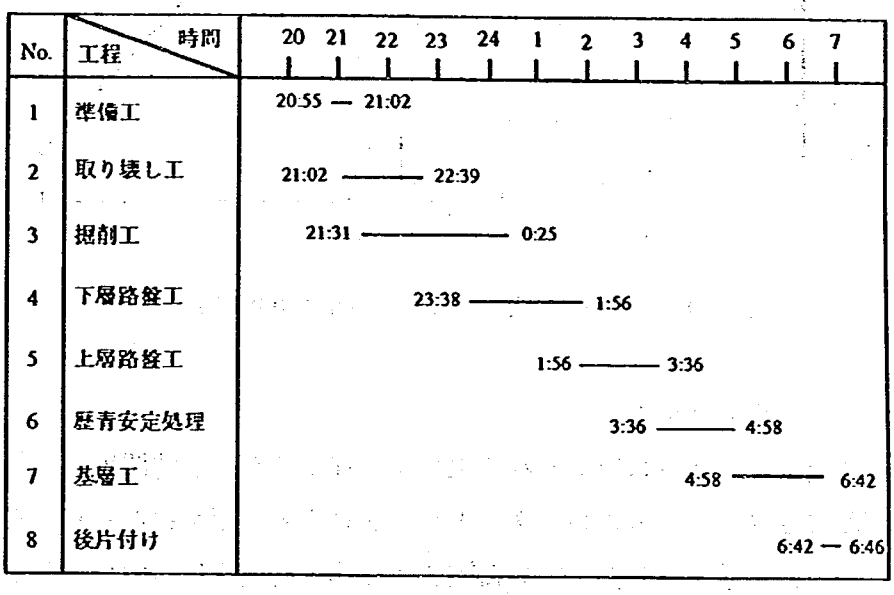
（1）時間短縮を目的とした分析

①工事工程の分析（ガントチャート）

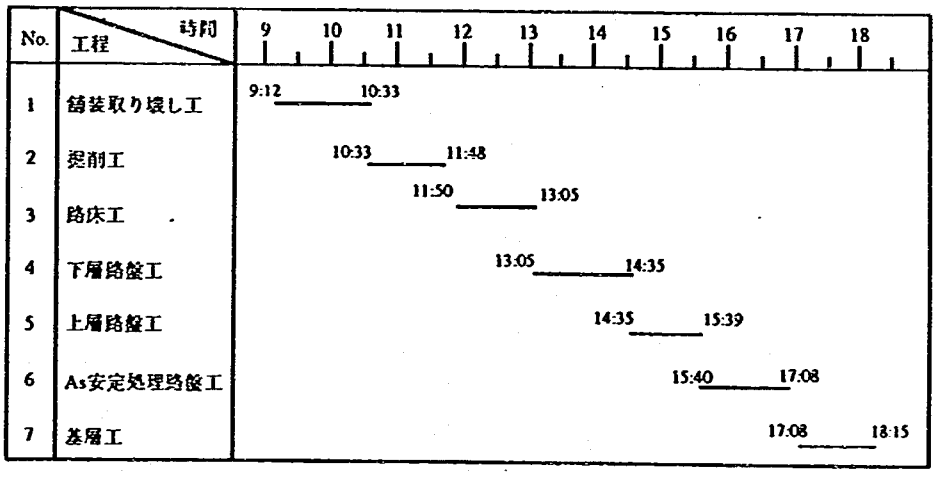
3現場の測定データから工程レベルの進捗状況についてガントチャートに整理した。この結果、現場Cだけが工程が逐次的に行なわれており、各工程が律速段階となっている。現場Cのデータについて、各工程時間をパレート図に整理したところ、下層路盤工の時間が長く、時間短縮効果が高いものと判断された。



（現場A）



（現場B）



（現場C）

図7.1.5　工程時間のガントチャート図

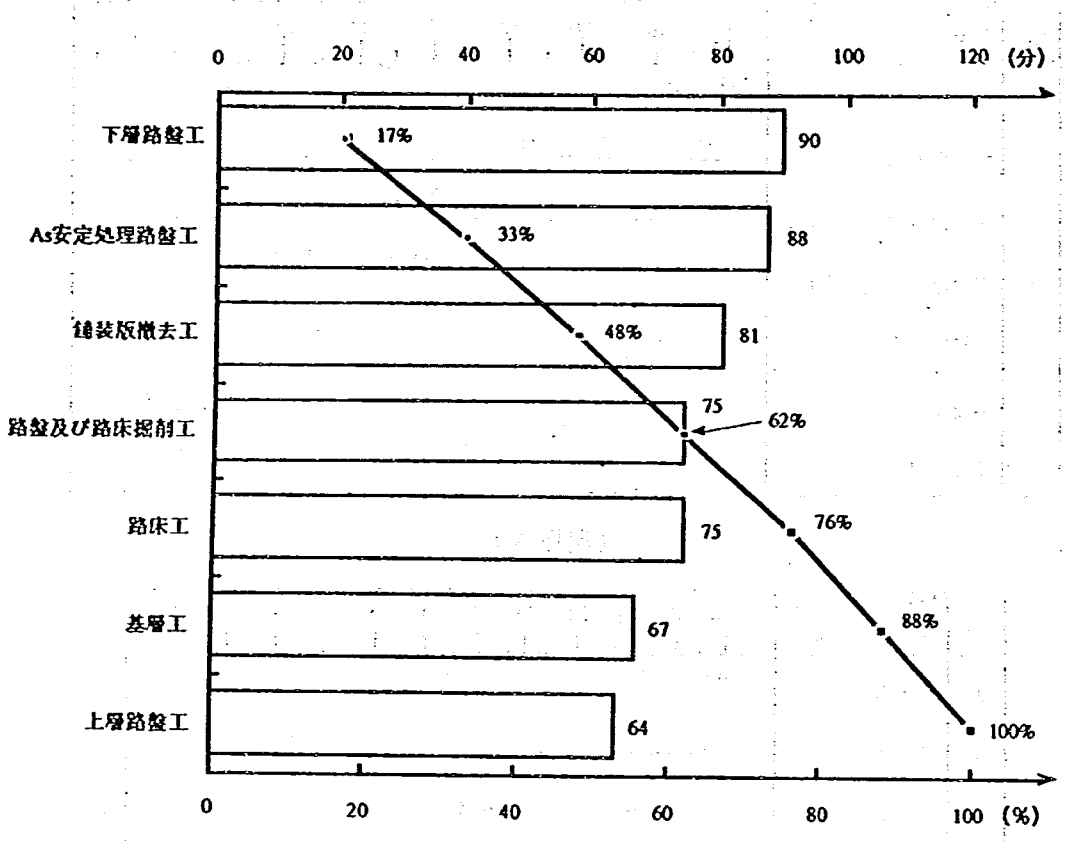
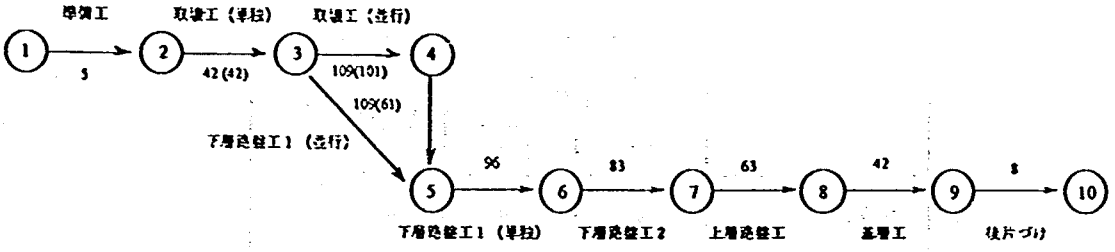


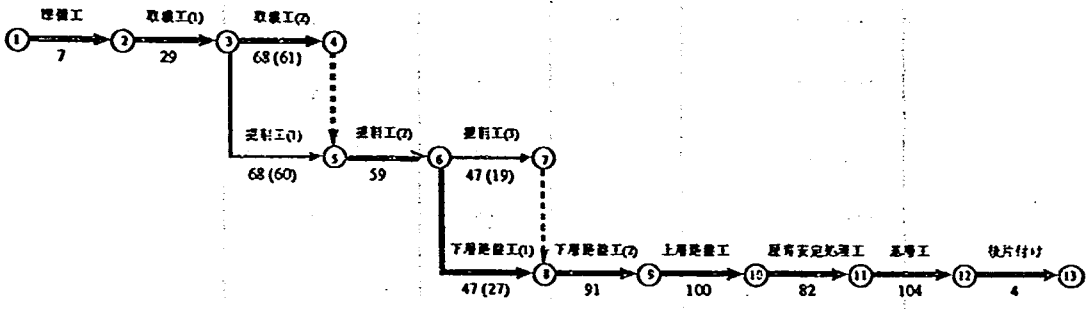
図7.1.6　工程時間のパレート図（現場C）

②ネットワークを利用した分析

現場Aおよび現場Bは、並行に行なわれる工程が存在するため、時間短縮の効果はガントチャートでは判断できない。このため、ネットワークによる表記を行なった。また、並行して行なわれる工程では、手待ち時間を除いた実質的な作業時間を括弧内に表示することにより、どちらが作業時間の短縮の律速工程となっているのかを分析した。



（現場Ａ）



（現場Ｂ）

注）矢の数値は作業時間の（分）を示し、カッコ内の数値は実稼動時間を示す。

図7.1.7　工事工程のネットワークによる表現

このようなネットワークによる分析結果をふまえ、ＰＥＲＴによる作業余裕および、時間短縮効果の弾力性係数を分析した。作業余裕は、仮に重機の手待ちが発生し、作業時間が延長しても、工事全体に影響を与えない余裕の程度を表し、余裕が低い経路は、工事全体の工期を決定する経路となっている。弾力性係数は、（全体の時間短縮の割合／工程の短縮割合）で定義され、その工程が時間短縮した場合に、工事時間全体にもたらす影響を評価するものである。時間短縮効果の寄与の割合と理解でき、この数値大きい方が工事時間の短縮にもたらす影響が大きい。この結果、現場Ａでは、見掛け上は、下層路盤工の時間が長くても、掘削工の方が時間短縮効果が高いこと、同様に、現場Ｂでは、下層路盤工の時間短縮効果が高いことが明らかとなった。

表7.1.1　作業余裕および時間短縮効果の弾性率の分析結果

（現場A）

	余裕（分）		時間短縮効果の弾力性係数	
	全体	自由		
準備工	0	0	0.01	
取壊工(1)	0	0	0.05	0.17
取壊工(2)	0	0	0.12	
掘削工(1)	1	1	——	0.10
掘削工(2)	0	0	0.10	
掘削工(3)	28	28	——	
下層路盤工(1)	0	0	0.08	0.23
下層路盤工(2)	0	0	0.15	
上層路盤工	0	0	0.17	
歴青安定処理工	0	0	0.14	
基層工	0	0	0.18	
後片付け	0	0	0.01	

（現場B）

	時間短縮の弾力性係数	主要重機
準備	0.01	——
取壊工	0.34	油圧ショベル
下層路盤工（1層目）	0.12	モータ・グレーダ
下層路盤工（2層目）	0.18	モータ・グレーダ
上層路盤工	0.20	アスファルトフィニシャ
基層工	0.14	アスファルトフィニシャ
後片づけ	0.02	——

注）時間短縮の弾性係数＝当該工程の時間短縮に対して、全体工程の時間短縮に寄与する比率
工程全体の時間短縮の割合／工程の時間短縮の割合

③稼動分析および時間研究

①から②の分析結果から、掘削工、下層路盤工の両工程を改善することが、効果的な改善を行なえることが明らかとなってきた。この結果をふまえ、道路打換え工が重機中心の作業であることから、掘削工、下層路盤工を中心に、重機の稼動分析および時間研究を実施した。

【現場A】

現場Aの重機の稼動分析を行ない、各重機の稼動率（準備、保全時間などを除いた稼動時間／作業時間）を分析した結果を表7.1.2に示す。この結果、掘削、下層路盤の各工程で利用される重機では、油圧ショベルの稼動率は高いが、モータグレーダ、マカダムローラの稼動率が低いことが判る。工程が同時に行なわれ、重機が輻輳する状況では、稼動率が低下するものとみられる。

表7.1.2　重機の稼動分析の結果（現場A）

（単位%）

	稼動率	単独工程時	同時工程時	適用工程	
油圧ショベル	92	100	85	取壊	
モーターグレーダ	63	70	55	下層路盤工	前工程の影響による稼動率の低下
マカダムローラ	37	37	—	下層路盤工，上層路盤工，基層工	
タイヤローラ	92	92	—	下層路盤工，上層路盤工，基層工	
アスファルトフィニシャ	88	88	—	下層路盤工，上層路盤工，基層工	

注）稼動率＝実稼動作業時間／実動時間

さらに、時間研究を行なったところ、掘削工程を行なう油圧ショベルの実稼動時間（準備、保全時間などを除いた時間）が最も長く、下層路盤工程を行なうモータグレーダの作業時間が短いことが明らかとなった。このことから、他の重機に比較し、1日の作業延長に対して、油圧ショベルの効率が低いものと判断される。さらに、モータグレーダの非稼動要因について、時間研究を行なったところ、前工程の終了待ちによる作業中断が最も大きく、60%弱を占めていることが明らかとなった。

これらの分析の結果から、工事時間を短縮するには、油圧ショベルの効率を高めることが改善の重要点となるものと判断される。

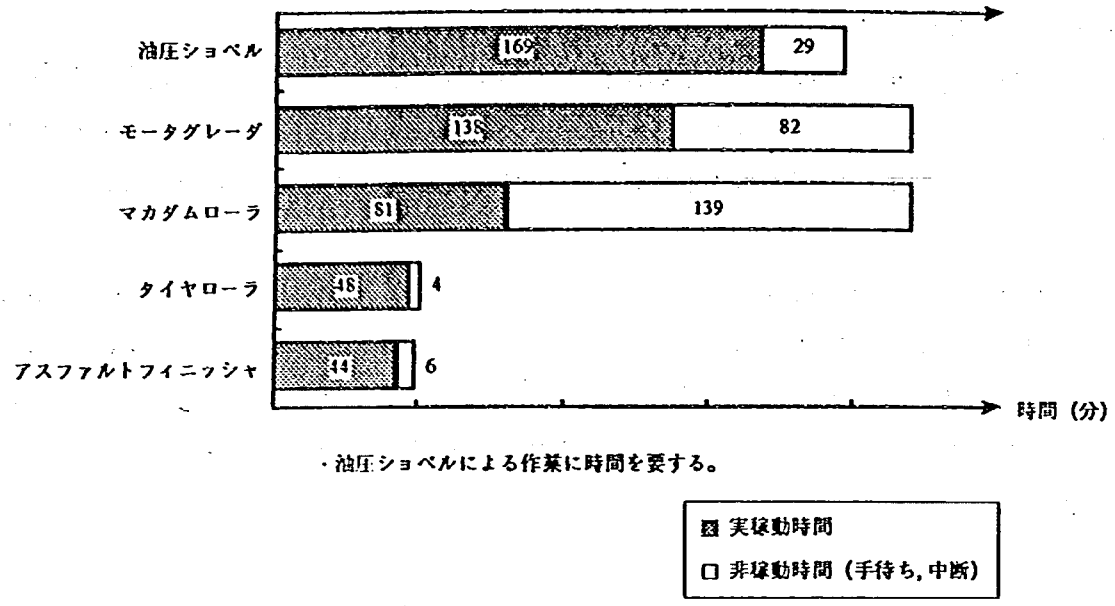


図7.1.8　重機の時間研究結果（現場A）

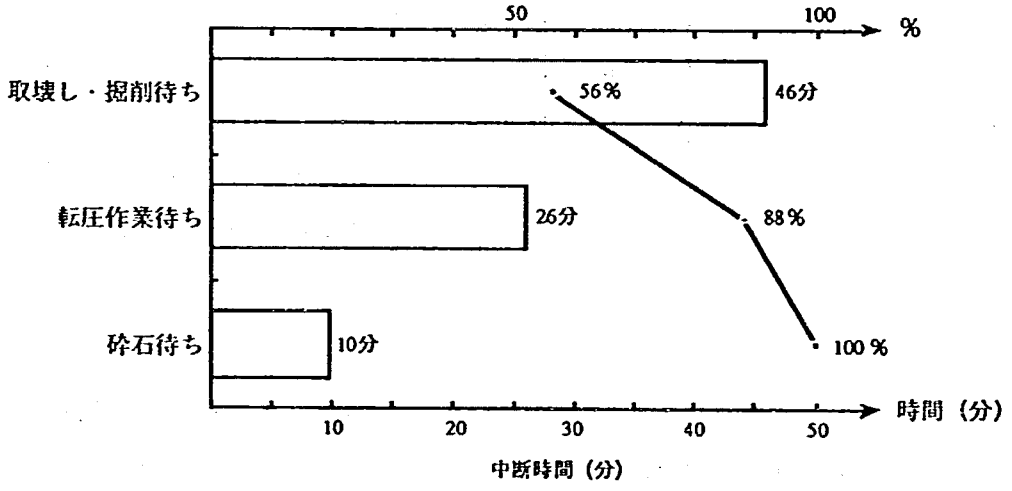


図7.1.9　モータグレーダの非稼動要因の時間研究結果のパレート図（現場A）

【現場B】

現場Bでは、下層路盤工が工事全体の時間短縮の寄与が高い。このため、まず下層路盤工における重機の稼動分析を行なった。図7.1.10には稼動率の分析結果を示す。各重機は、40～90%の稼動率にある。さらに、各重機の実稼動時間について、時間研究を行なった。その分析結果を図7.1.11に示す。このことから、下層路盤工ではブルドーザが中心に作業していることがわかる。このブルドーザの非稼動時間を分析すると、他の重機による干渉による作業中断が多く、全体の8割弱を占めている。

従って、当現場では、狭いエリア内（交差点部分）に複数の重機が輻輳しながら作業をしているため、非稼動状況が多く発生していることが明らかとなった。また、ブルドーザの稼動

率を高めるためには、油圧ショベルの作業待ちを解消することが有効であるものとも判明した。

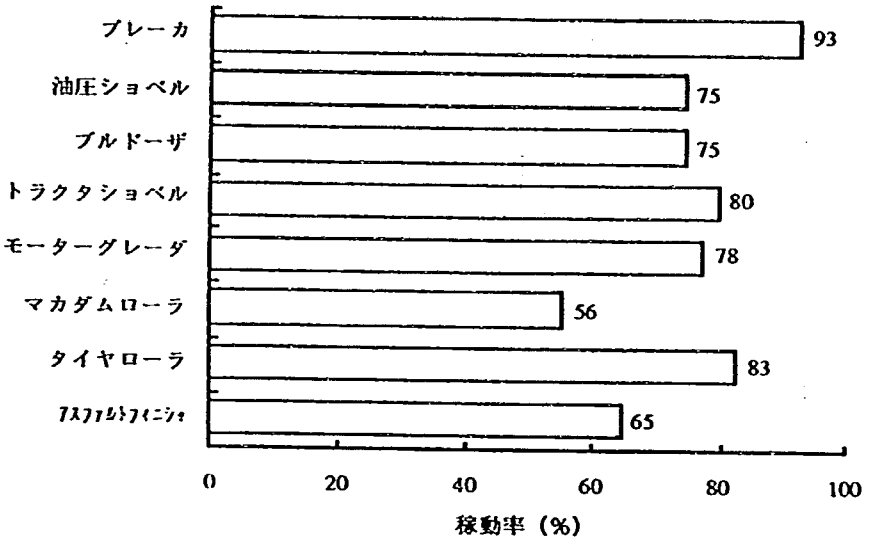


図7.1.10　稼動分析の結果（現場B）

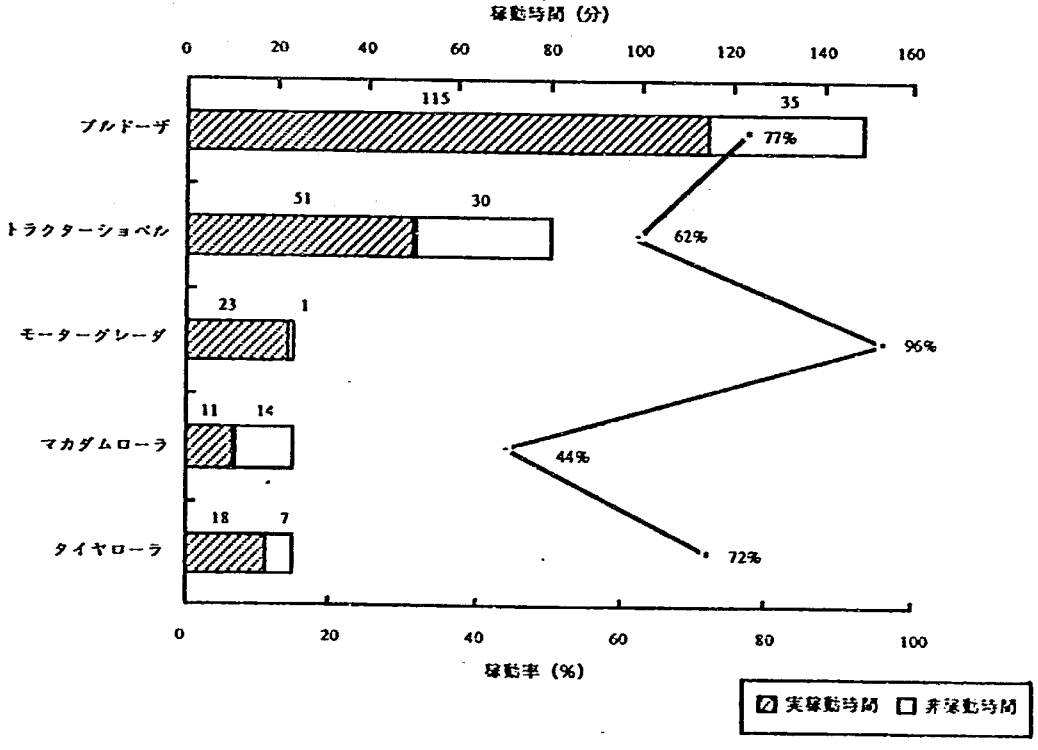


図7.1.11　下層路盤工の時間研究の結果（現場B）

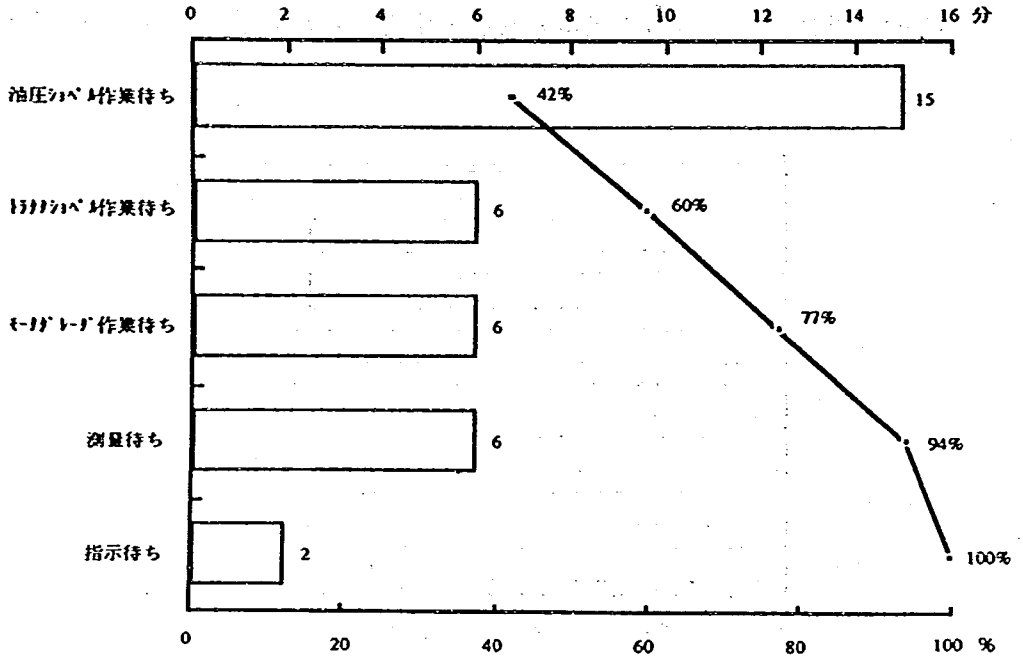


図7.1.12　ブルドーザの非稼動要因の時間研究の結果のパレート図（現場B）

【現場C】

現場Cにおいても、下層路盤工の時間短縮の効果が高い。このため、下層路盤工における重機の稼動分析および時間研究を行なった。図7.1.13、図7.1.14には稼動分析および時間研究の分析結果を示す。モータグレーダの実稼動時間が長く、その稼動率が約70%であるため、稼動率の向上の余地が高く、モータグレーダ作業の効率化が進むと、工事時間の短縮を図ることができるものと判断される。

モータグレーダの非稼動要因の時間研究を行なったところ、約8割は、モータグレーダの適切な高さの品質が確保できず、手直しによる転圧・計測待ちに起因する理由であることが判った。

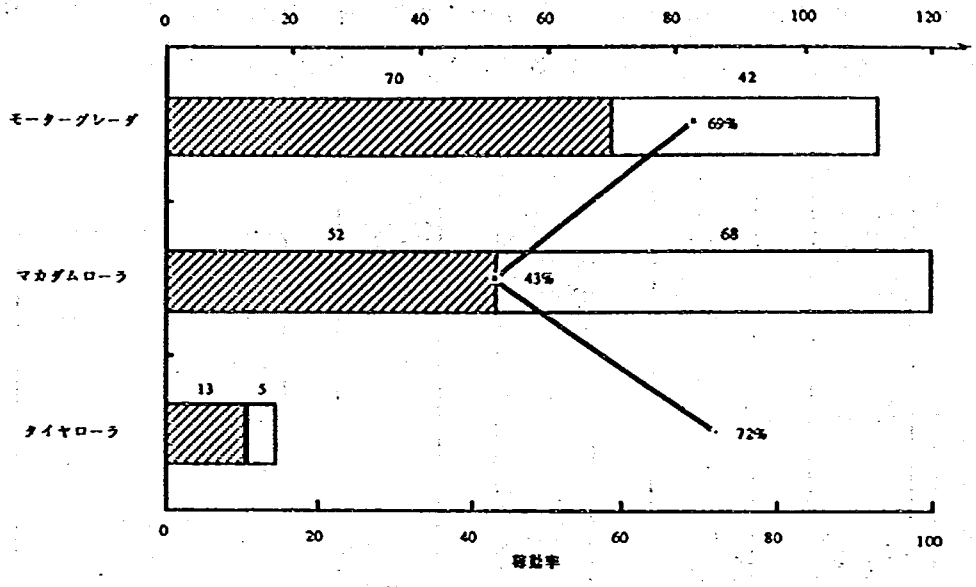


図7.1.13　下層路盤工の重機の稼動に関する時間研究及び稼動分析の結果（現場C）

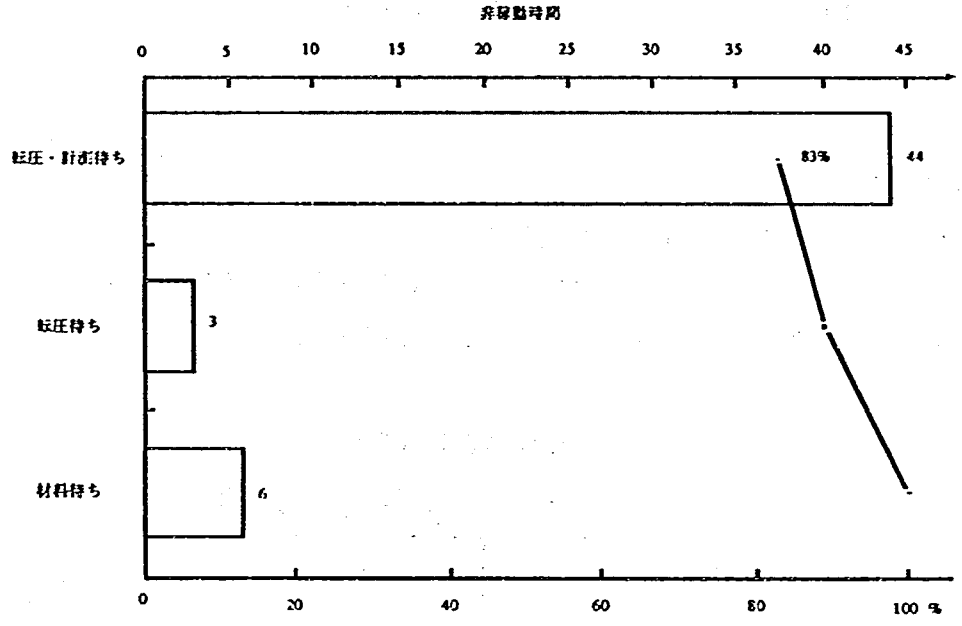


図7.1.14　モータグレーダの非稼動要因の時間研究の結果（現場C）

④重機の動作分析

現場Aでは、油圧ショベルの稼動率は高く、油圧ショベルの効率自体を向上することが求められる。ここでは、油圧ショベルの動作を分析することで、どのような動作を効率化するのが適切かを分析した。

油圧ショベルの作業について、4つの時間帯で15分間サンプリングを行ない、油圧ショベルの動作について時間研究を行なった。旋回動作に約33～46%を占めており、また、かき集め

動作を除き、他の動作に比べて、標準偏差が大きく、バラツキが大きいものとみられる。その平均時間は最小時間の3倍程度となった。狭所での掘削作業のため、アームを折り畳む動作が必要であり、旋回時間が長くなっていることが主たる理由と考えられる。

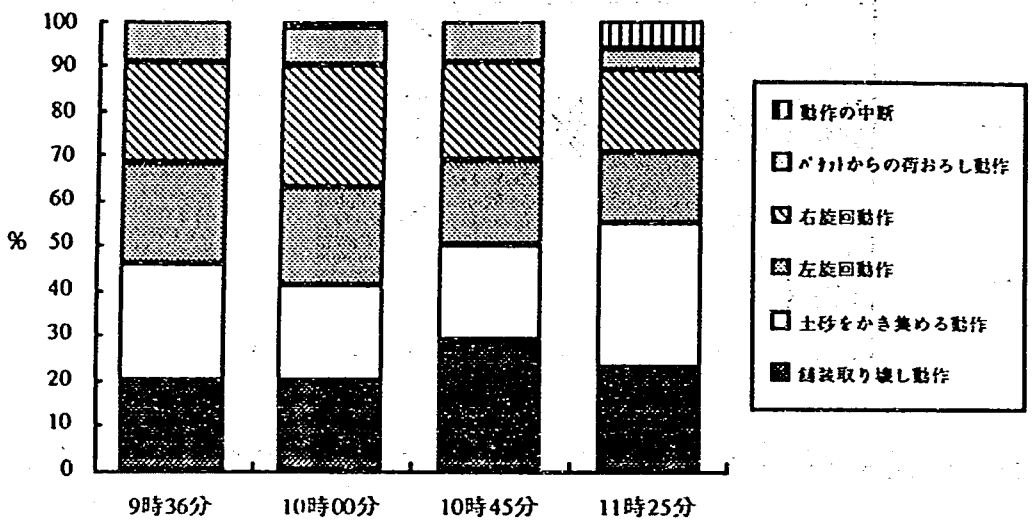


図7.1.15　油圧ショベルの動作時間の内訳（%）

（2）省力化を目的とした分析

①工事工程の分析

各工程で、最大必要とする作業者の測定結果を示す。

このことから、取り壊し工と下層路盤工が並行に行なわれる場合、アスファルトフィニッシャが入る上層路盤工と基層工に作業者を必要とすることが判る。

表7.1.3　工程別の作業者数（現場A）

	最大作業者数
取壊工	4
下層路盤工（1層目）	4
下層路盤工（2層目）	5
上層路盤工	8
基層工	8

②稼動分析

ワークサンプリングによる稼動分析を行なうことにより、工程の進行と作業者数の推移を分析した結果を図7.1.16に示す。稼動分析の結果では、工事後半のアスファルト・フィニッシャの関係の工程で最も作業者を必要とし、前半は必ずしも、稼動が高くないことが明らかとなった。

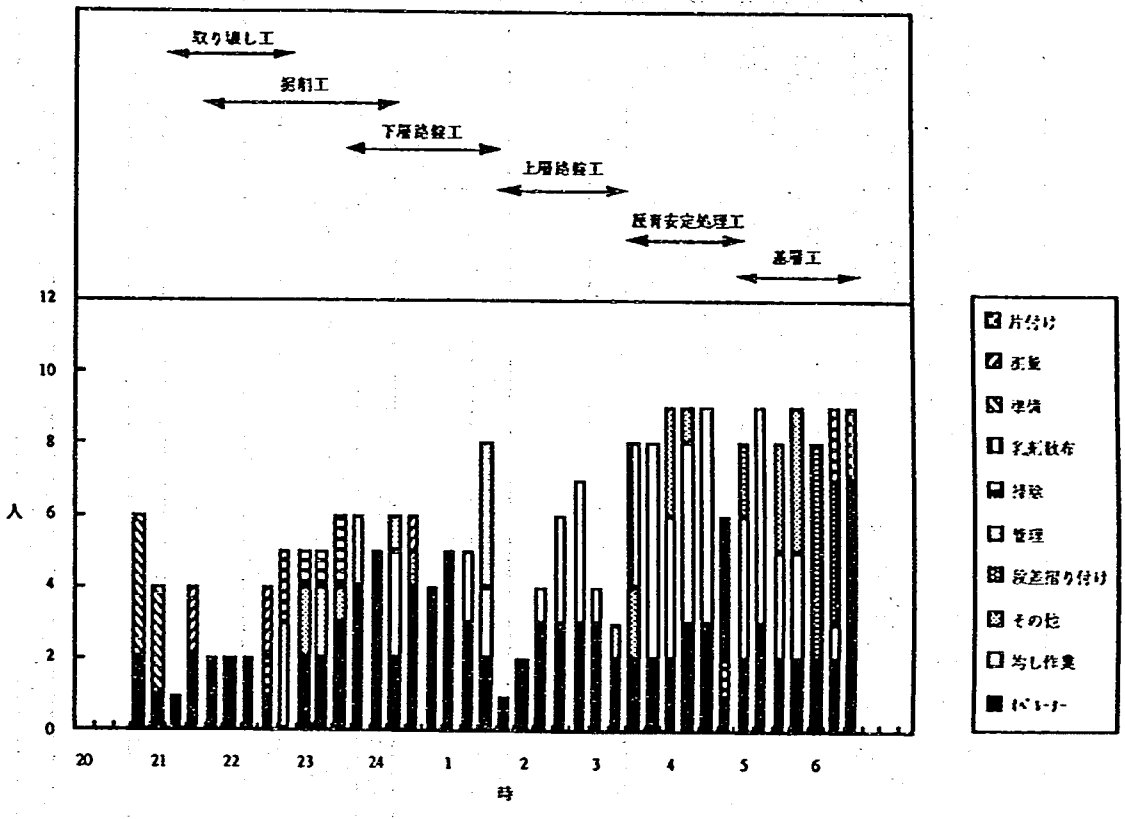


図7.1.16　稼動分析結果（現場B）

③連合作業分析

アスファルトフィニッシャの補助作業について、連合作業分析を行なった。この複式活動分析表（表7.1.3）を元に、補助作業の時間研究および稼動分析に利用したものを表7.1.4に示す。

この結果、作業者の稼動率はレーキとスコップの作業間で、さらに、左右の位置の間でも異なることが明らかとなった。さらに、稼動が高いのは、最初の立ち上がり時期であることが明らかとなった。

表7.1.4　連合作業分析の結果（マンーマシンチャート）

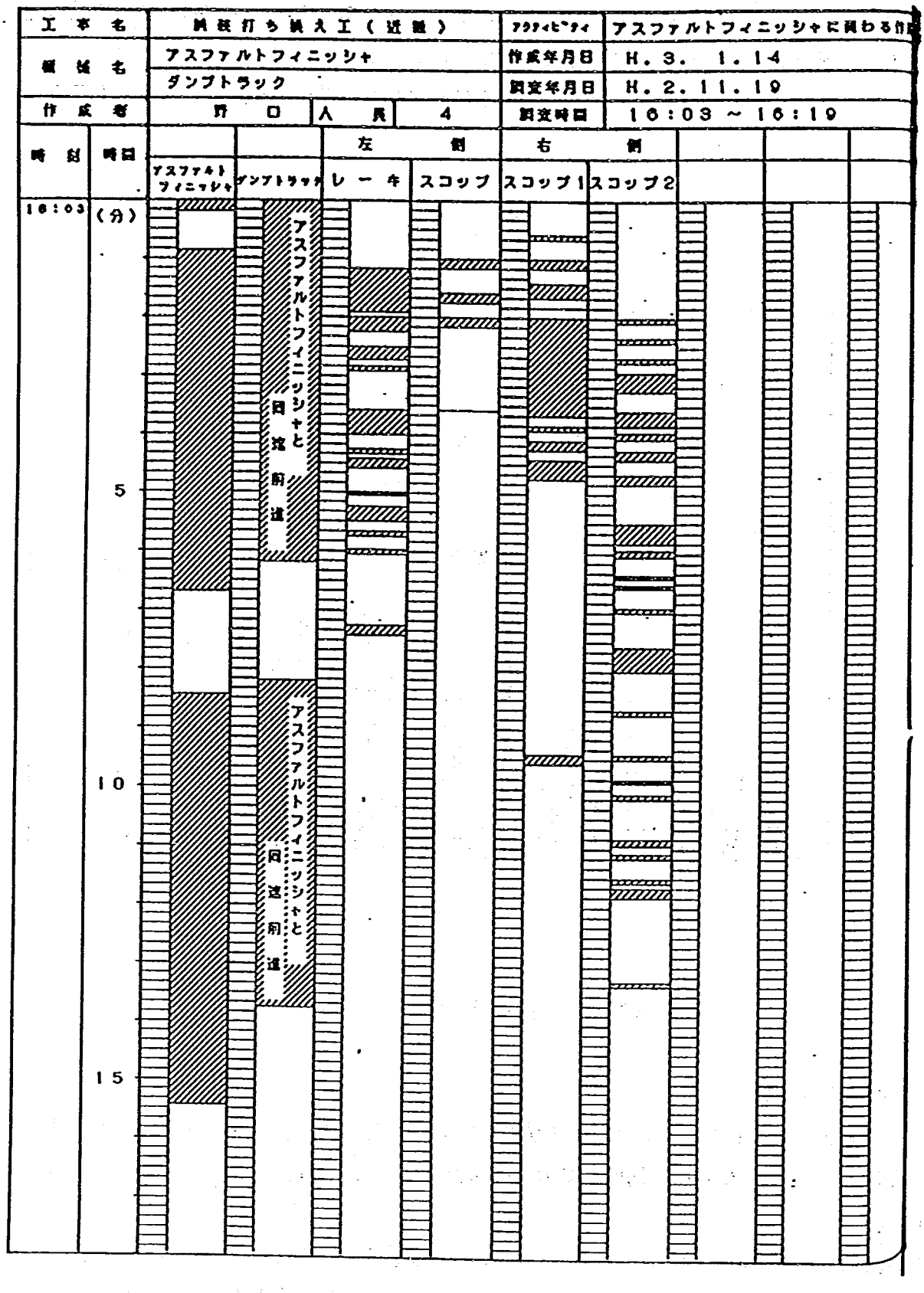


表7.1.5　アスファルトフィニッシャの補助作業の時間研究と稼働分析の結果

開始後の時間帯	左		右	
	レーキ	スコップ	スコップ1	スコップ2
0～5分未満	106 (35%)	32 (11%)	103 (34%)	76 (25%)
5分以上10分未満	34 (11%)	0 (0%)	7 (2%)	76 (25%)
10分以上15分未満	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	39 (13%)

注）カッコ内は稼働率を示す。

7．問題点の整理

以上の分析結果から、時間短縮を図る上では、油圧ショベルとモータグレーダなど前半の工程に問題が多いものと判断される。このためには、以下の改善方向で改善を検討することが妥当とみられる。

＜改善方向＞

－油圧ショベルの作業の効率化

・特に、狭所作業において、旋回動作の効率化

－モータグレーダの効率および稼動率の向上

・高さ管理の容易化

・前工程（掘削工程）の効率化

作業者の人数を工程別に比較した結果、アスファルト・フィニッシャに時間を要していることが明らかとなった。作業員の稼動分析を行なった結果、アスファルト・フィニッシャの作業には、オペレータ以外に、補助作業要員が多いこと、しかも、必ずしも高い稼動率でないことから、補助作業の省力化が重要であることが明らかとなった。

次に、問題点の整理から、改善案を検討するうえでの、改善目標の設定を試みた。
油圧ショベルの自動化では、油圧ショベルの全作業時間に対して旋回時間に相当する3から4割程度のうち、

このような問題点を踏まえ、改善案を検討する上で、具体的な改善目標を次に設定した。

工事時間の短縮では、油圧ショベルの作業を改善する場合、油圧ショベルの作業時間に対して旋回動作時間に相当する3～4割り程度が時間短縮目標となるものと考えた。モータグレーダの作業の改善では、その作業時間に対して、モータグレーダの作業手直し作業に伴う手待ち時間に相当する3割（現場Cの測定結果）を時間短縮の改善目標とするのが適切と考

えた。

アスファルトフィニシャの補助作業の改善については、省人化として８名で基層工、遅青安定処理工を行ない、補助作業要員を１名低減することを改善目標とした。これ以上、省人化を行なうと、他の工程も省人化する必要が生じる。

８．改善案の提案

このような分析結果について、専門家からなるワーキング・グループ（約７名）を結成し、改善案を検討した。この結果、非旋回型の掘削機械、アスファルトフィニッシャの補助作業の自動化など、改善案が抽出された。

表7.1.6　改善案の例

改善の視点	改善案の例
時間短縮	・旋回の少ない取壊・積込用機械の利用 －非旋回式油圧ショベル －厚い舗装が切削できる大型切削機
省力化	・アスファルトフィニシャの改善 －スリリードマンの作業の自動化

９．効果確認調査（フェーズ１）

打ち換え工法の改善案として、非旋回型油圧ショベルを利用した効果について、調査を実施した。非旋回型の油圧ショベルは重機前部にあるバケット内に土砂を落し込み、ベルト・コンベアで後部に送り込む方式をとり、旋回時間が殆どなくなるメリットをもつ。

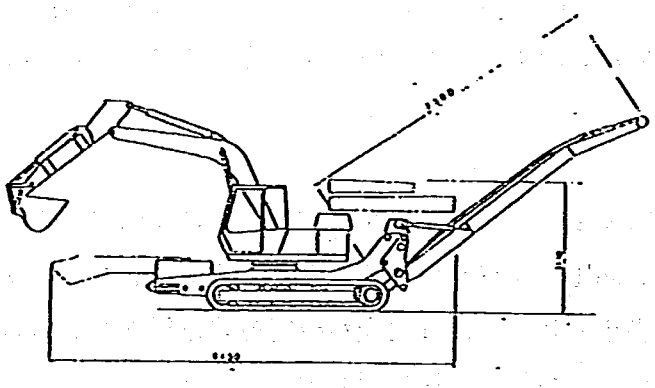


図7.1.17　非旋回式油圧ショベル

本調査は、実験上で、通常の油圧ショベルと非旋回型油圧ショベルの効率を比較するフィールドテストと、既設の一般道路の路盤で、通常の油圧ショベルと非旋回型油圧ショベルを利用した効果を確認する現場テストからなる。

フィールドテストおよび現場テストで、油圧ショベルのサイクルタイムの時間研究を行なった。その結果を図7.1.18に示す。

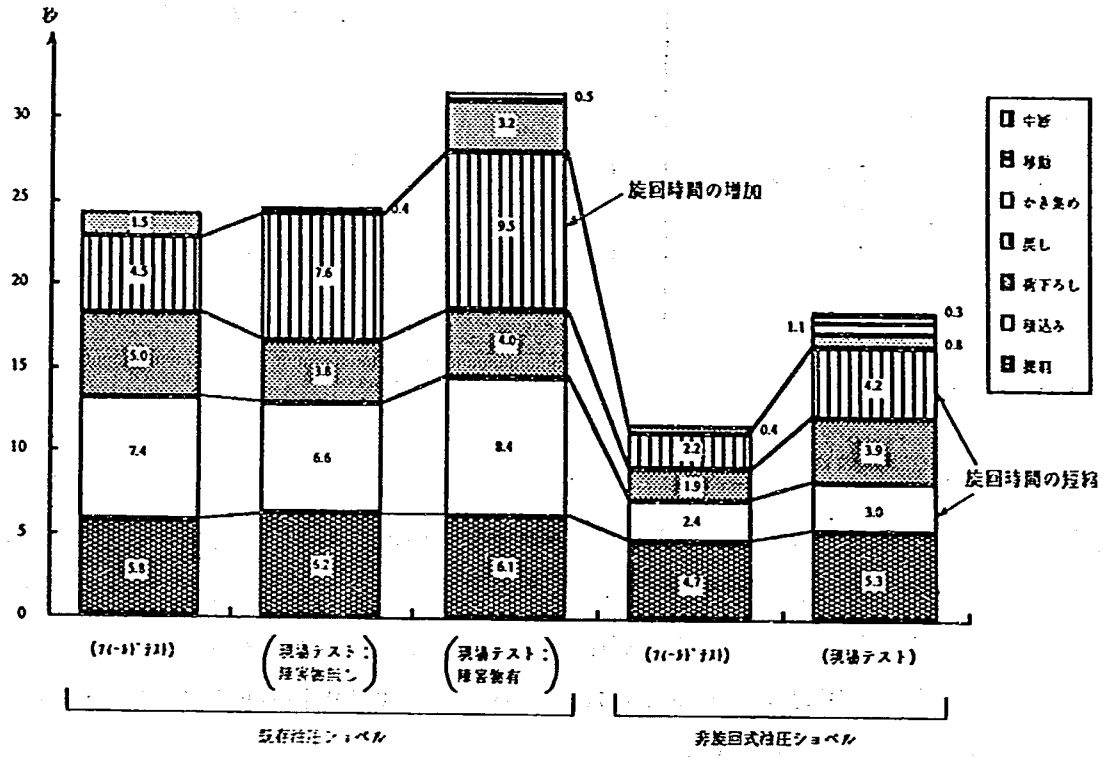


図7.1.18　既存油圧ショベルおよび非旋回式油圧ショベルのサイクルタイムの比較
（時間研究の例）

このことから、既存油圧ショベルに比べ、非旋回式油圧ショベルのサイクルタイムが短いことが判る。その主たる理由は、旋回時間の短縮である。

現場テストでは、既存油圧ショベルは障害物がある場合に、旋回時間が長くなる。非旋回式油圧ショベルは、重機の性能（馬力など）の点で、土砂の密度が高い現場テストでは、フィールドテストに比べてサイクルタイムが長くなるが、障害物の有無にかかわらず、既存の油圧ショベルのサイクルタイムより短い。このことから、改善案の有効性が確認された。

さらに、フィールドテストの実験結果および、打ち換え工法（現場C）の作業測定の結果から、非旋回型油圧ショベルを利用した効果についてシミュレーションを行った。この結果、同じ作業距離であれば、作業時間は約10%程度短縮し、同じ作業時間であれば、作業延長が約20%伸びることが予測され、非旋回型油圧ショベルの効果が確認された。

表7.1.7　改善効果のシミュレーション結果

条　件	改善効果
1．同一施工延長における時間短縮効果	改善前の作業時間：7時間29分 改善後の作業時間：6時間47分 (42分［9.4%］短縮)
2．同一時間における施工延長効果	改善前の施工延長：43m 改善後の施工延長：50m（16%増）

10．効果確認調査（フェーズ2）

打ち替え工法の改善案として、従来工法の既設舗装版の取り壊し/除去作業工程に、切削用コールドミリング機（ビルトゲン社製　2100DC、2m、クローラ型）を利用した効果確認調査を実施した。切削用コールドミリング機を使用することにより、従来工法ではブレーカ、コンクリート破砕機、油圧式ショベル（0.7m³）の3台の建設機械を使用していた工程が切削機械1台で作業を行えるようになる。



図7.1.19　切削用コールドミリング機

本調査では高速道路においてコールドミリング機を使用している現場（D現場）と一般国道において従来工法を採用している作業現場（E現場）の2箇所の作業測定を実施し、この測定結果から一般国道の従来の打ち替え工法に、コールドミリング機を導入した場合の効果予測を行っている。

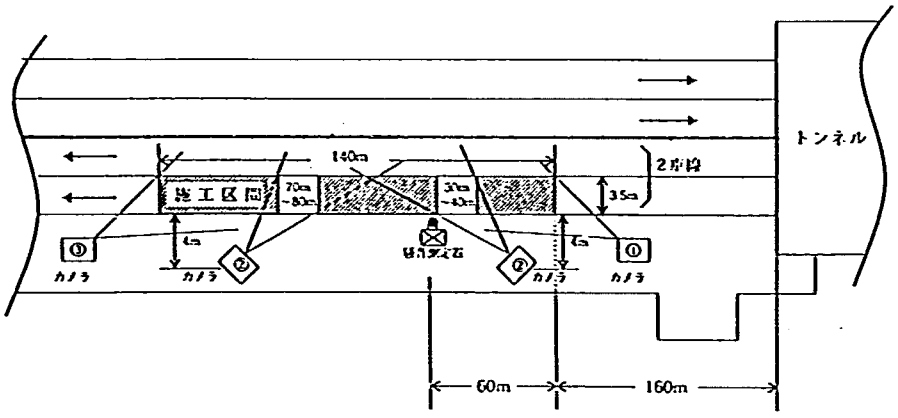


図7.1.20　工事区域のレイアウト図（D現場）

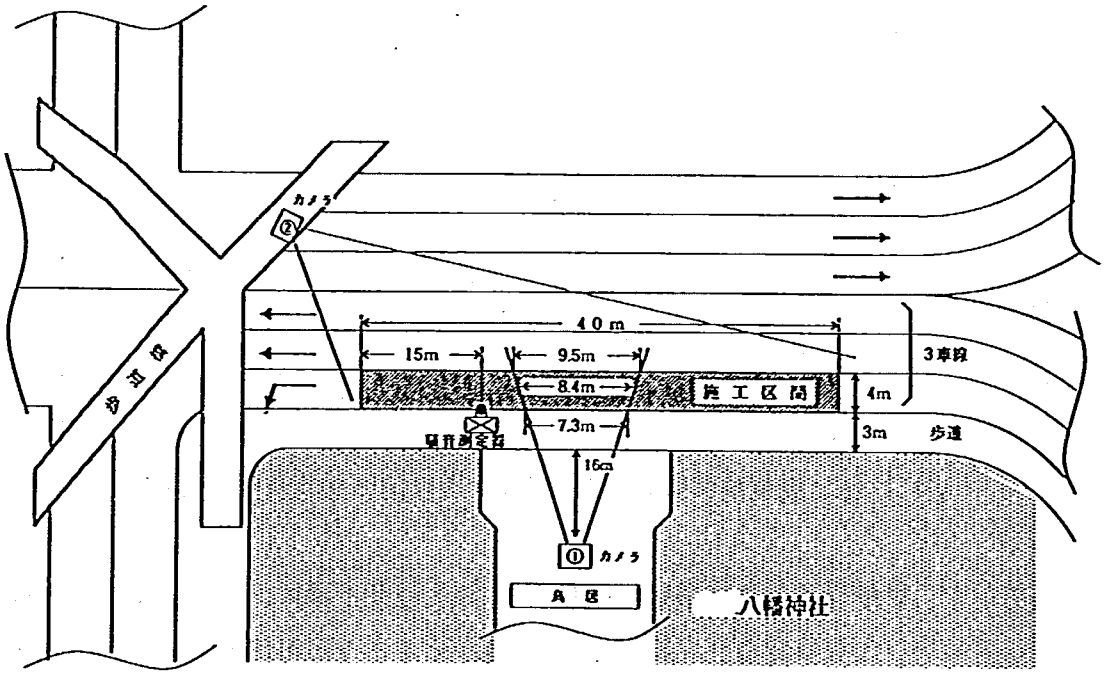


図7.1.21　工事区域のレイアウト図（E現場）

また、E現場の工程をガントチャートに記した結果を図7.1.22に記す。

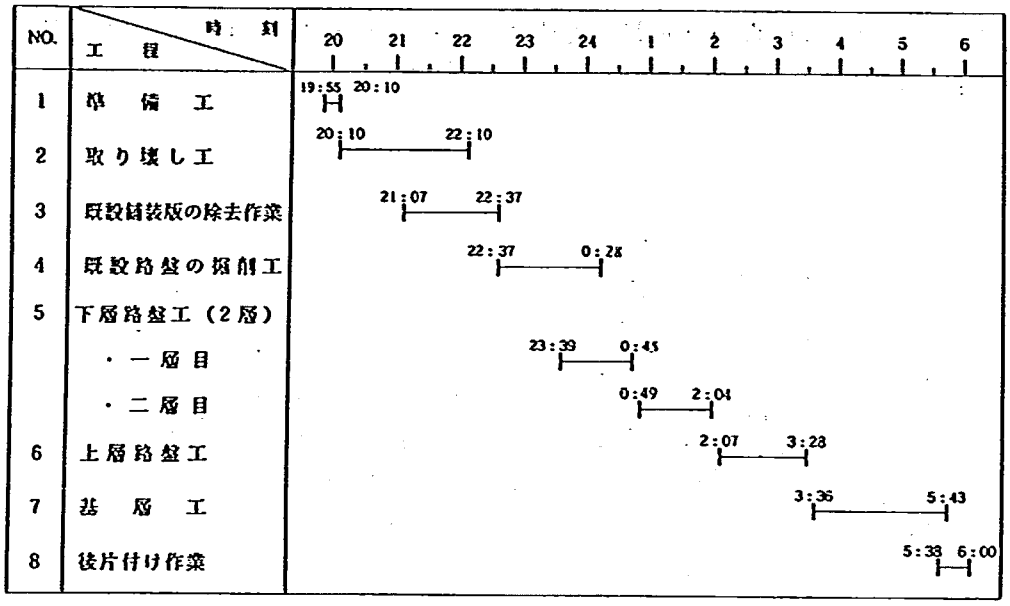
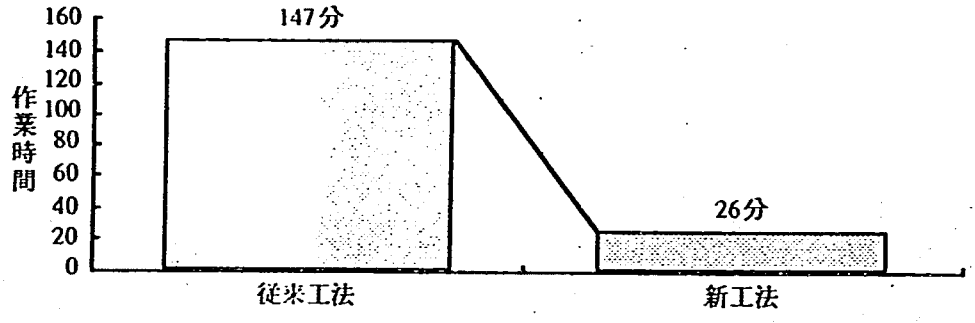


図7.1.22　工事工程のガントチャート（E現場）

E現場の既設舗装版の取り壊し工/除去作業に、D現場で使用しているコールドミリング機を導入した場合を想定して、作業時間の比較を行った結果を図7.1.23に示す。



	従来工法	新工法
取り壊し作業	57	
取り壊し並びに既設舗装版の除去作業	63	26
除去作業	27	
計	147	26

図7.1.23　既設舗装版の取り壊し/除去作業の作業時間の比較

この結果から、E現場の既設舗装版の取り壊し/除去作業工程にコールドミリング機を導入することによって、作業時間を147分から26分に短縮することが可能であることがわかる。また、同様の工程の作業者の正味作業工数を比較した結果を図7.1.24に示す。この結果、新型工法を使用することにより、作業者の正味作業工数が著しく減少しており、省力化に対して

も効果があることがわかる。このことから作業時間の短縮ならびに省力化の面で改善案の効果が確認された。

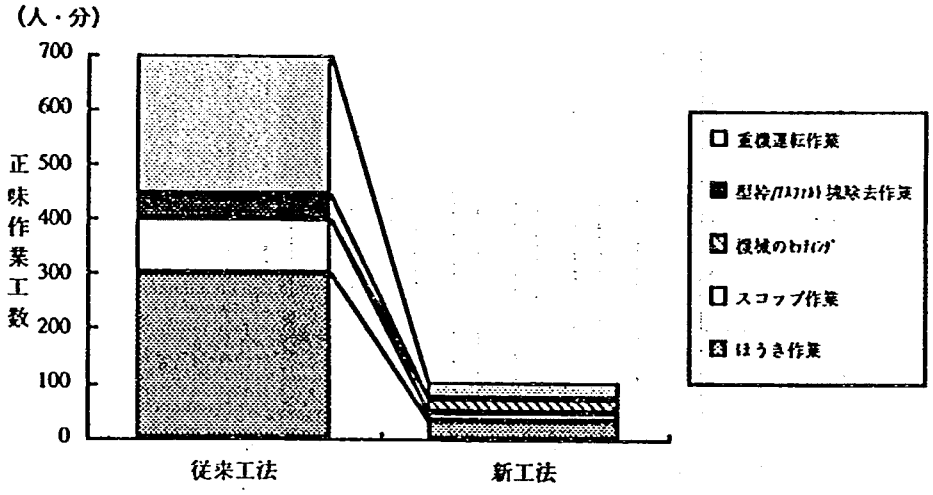


図7.1.24　既設舗装版の取り壊し/除去作業工における正味作業工数の比較

従来工法（E現場）における騒音レベルの測定結果を図7.1.25に示す。この結果から取り壊し工におけるブレーカ使用時の騒音レベルが最も高くなっていることがわかる。

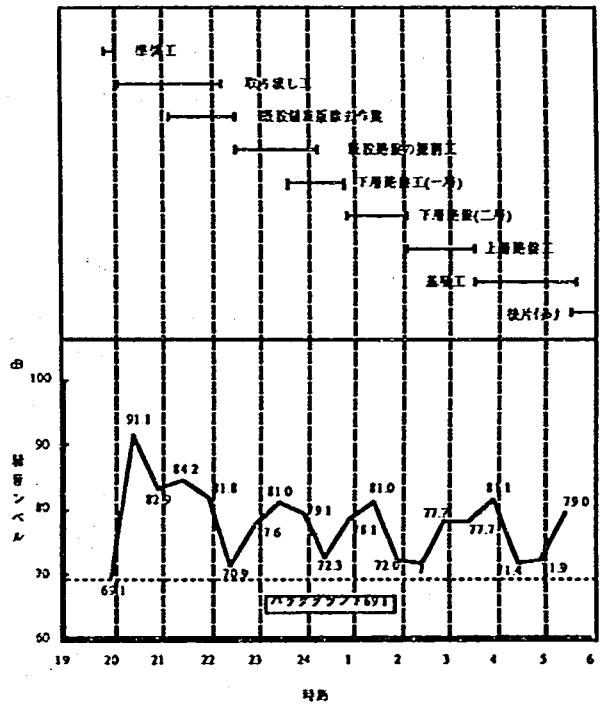


図7.1.25　従来工法による騒音レベルの推移（E現場）

個々の建設機械から発生する騒音を比較した結果を図7.1.26に示す。新型切削機から発生する騒音レベルは、ブレーカよりは小さくなるが、取り壊し/除去作業で使用している他のコンクリート破砕機や油圧式ショベルと比較して騒音が高くなっており、コールドミリング機

の騒音レベルを下げることが今後の改善課題であることが判明した。

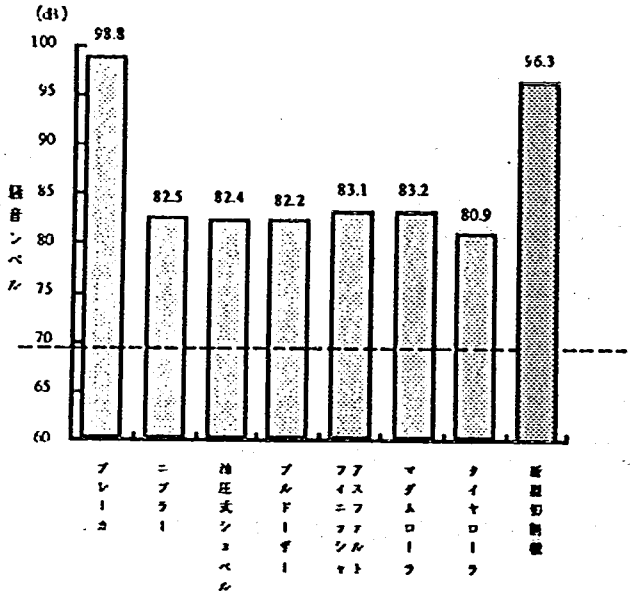


図7.1.26　個別建設機械の騒音レベルの比較

さらに、従来工法を採用しているE現場に対して、コールドミリング機を導入した場合の効果についてのシミュレーションを行った。この結果から、同じ作業距離であれば、作業時間は約20%程度短縮し、同じ作業時間であれば、作業延長が約40%伸びることが予想され、コールドミリング機の効果が確認された。

表7.1.8　改善効果のシミュレーション結果

条　件	改善効果
1. 同一施工延長における時間短縮効果	改善前の作業時間　10時間5分
	改善後の作業時間　8時間4分 (2時間1分【20%】短縮)
2. 同一施工延長における作業者の正味作業工数の削減効果	改善前の正味作業工数　3162人分
	改善後の正味作業工数　2583人分 (579人分【18%】削減)
3. 同一時間における施工延長効果	改善前の施工延長　40m
	改善後の施工延長　56m (16m【40%】増)

7．1　道路維持修繕工

（7．1．2　道路維持修繕工・切削オーバーレイの施工改善の事例）

〈解説〉

1．改善目的の設定

自動車の交通量が増加するにつれ道路の表層の劣化が進み、この維持修繕工の工法の一つとして、切削オーバーレイによる道路維持修繕工事が行なわれている。しかし、工事を行う場合には道路の一部を封鎖して作業を行う必要があり、一般車両の交通の妨げとなる。このため、現状よりも短い時間で施工を行うことが求められている。また、工事は主として機械作業により行われているものの、補助作業として人手作業が発生しており、これらの作業のうち苦渋性が高い作業を把握することにより、作業改善を行うことが求められている。
このような背景から、切削オーバーレイの施工について、時間の短縮、および人手作業の工数を低減による苦渋性の低減を改善目的として設定した。

2・作業測定

ビデオカメラを利用し、ビデオメモモーションによる作業測定を実施した。切削工事については夜間工事について測定し、オーバーレイについては、切削工事と別現場の昼間工事を測定した。切削工事ならびにオーバーレイ工事は、共に作業工事区間が270～300mと長いことからカメラの視野でカバーが可能である50～60m区間に関しての測定を行った。

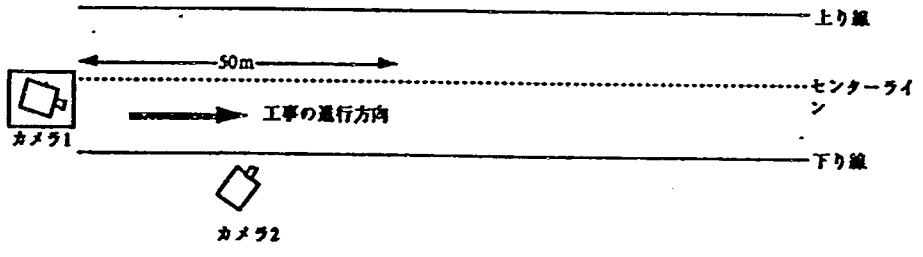


図7.1.27　現場平面図とビデオ配置図の例（切削工事）

3．分析

（1）切削工程の分析

①時間短縮を目的とした分析

切削工事では、重機が直列に配置され、作業が進む。コールドミリング機が切削を行なった後、作業者またはスイーパが清掃を行なう。50m区間について、工程のガントチャートを図7.1.28に示す。

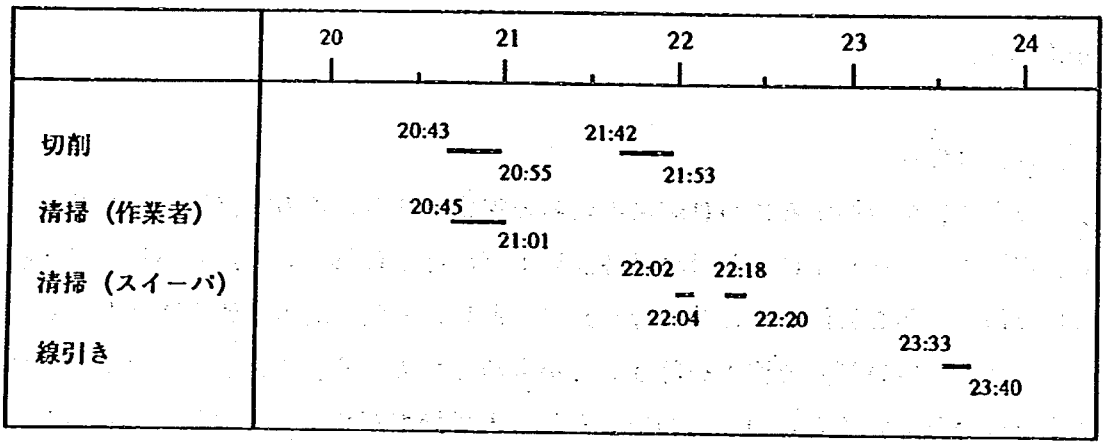
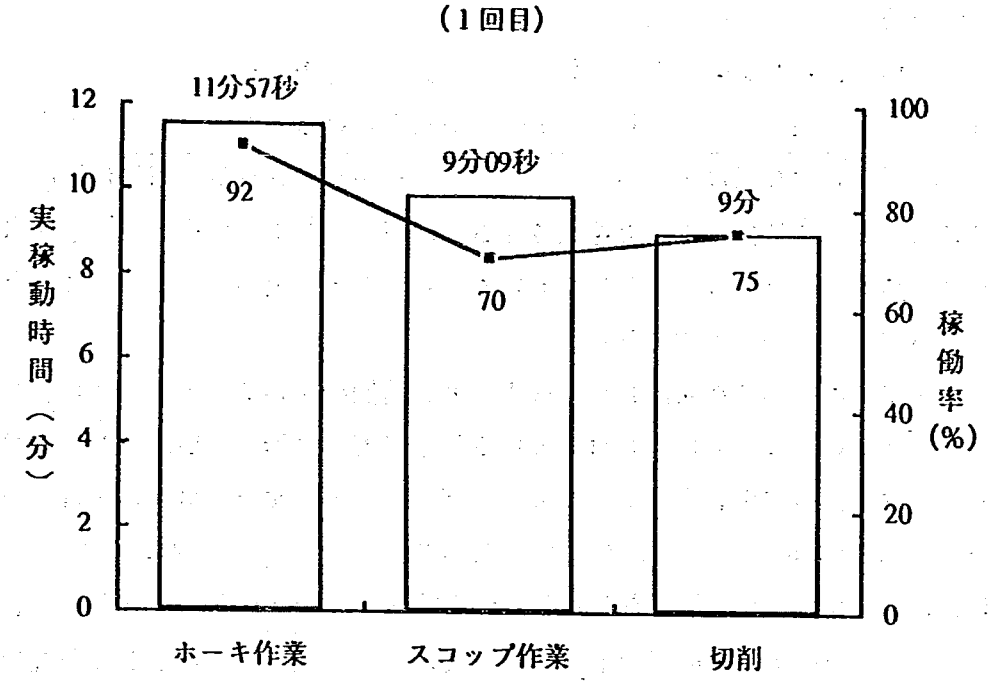


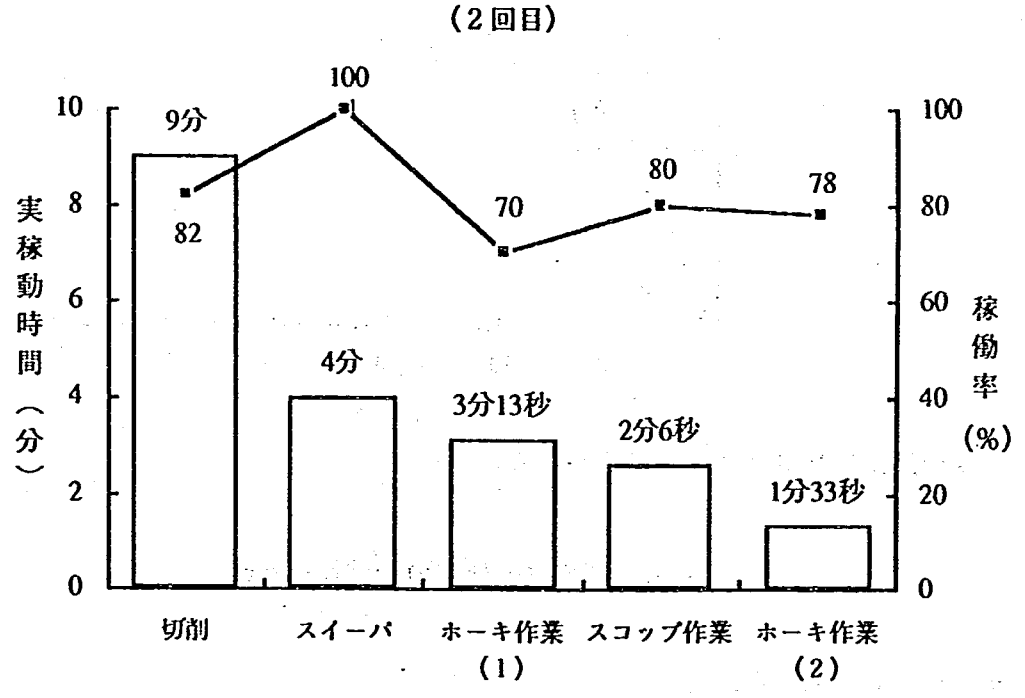
図7.1.28　50m区間の工程のガントチャート

直列に配置された作業工程では、全体の作業速度は、各作業の作業のうち、最も遅い作業の速度に制約される。50m区間の作業について稼動分析および時間研究を行ない、作業速度について分析した（図7.1.29）。

この結果より、スイーパによる清掃がない場合には、作業者の清掃が多く必要となる。作業者の稼動は高く、作業者の清掃が全工程の作業速度を規定する傾向が高くなるため、清掃の作業者の効率を向上しないかぎり、作業の短縮が難しいことが考えられる。一方、スイーパが作業に加わる場合には、作業者の清掃作業が低減するため、コールドミリング機の作業時間の短縮が重要となる。後者の場合、コールドミリング機はダンプ待ちにより稼動率が低下していたため、ダンプ待ちを低減することにより、作業時間が短縮されることがわかる。



注）スイーパがない



注）スイーパが入る

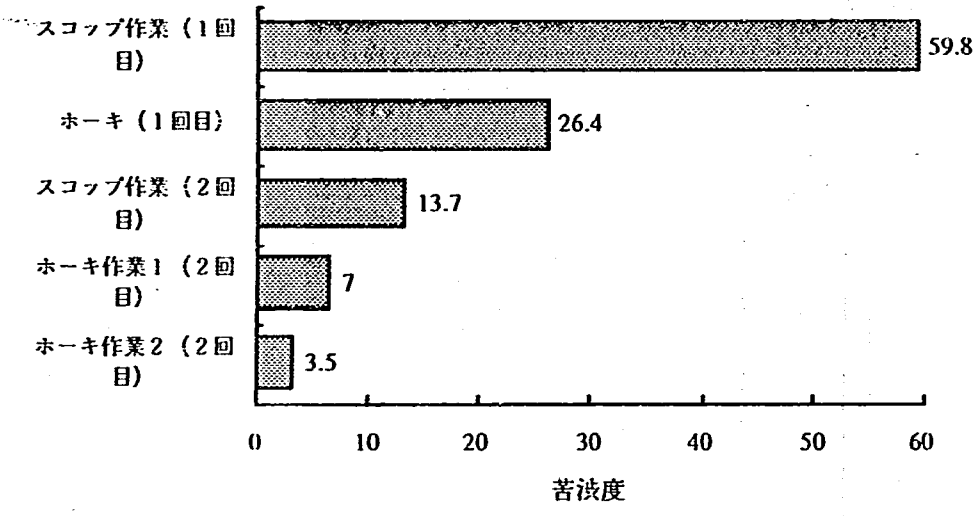
図7.1.29　切削工程の時間研究と稼動分析の結果

②苦渋性の低減

苦渋性について、時間研究および作業強度の分析から評価した。

時間研究の結果（図7.1.29）より、スイーパが利用されない1回目の切削工程では、実稼働時間や稼動率の大幅な差は少ない。一方、スイーパが利用される2回目の切削工程では、稼動率は負荷バランスは少なく、実稼働時間も1回目の切削工程に比べて、水準自体が低下しているが、負荷のバランスに差が生じている。このため、負荷の調整を図ることが苦渋性の低減に結び付くことが考えられる。

しかし、作業者の作業は作業内容が異なるため、時間研究の結果より一概に苦渋性を評価することができない。ここでは、ＲＭＲという作業強度の指標を用いた苦渋性の分析を行なった。まず、既存資料で定義されているスコップやホーキ作業のＲＭＲはそれぞれ、6.5、2.2であった。この数値から、スコップ作業の作業強度が高いことが判る。さらに、このＲＭＲを利用し、ＲＭＲ×実稼働時間を作業の苦渋性を示す一つの尺度として利用し、苦渋性の分析を行なった。この結果、1回目の清掃作業、特に、スコップ作業の苦渋性が高いものと判断された。



注）苦渋度の尺度はＲＭＲ×実稼働時間（分）

図7.1.30　作業者の作業の苦渋性の比較

（2）オーバーレイ工程の分析

①時間短縮を目的とした分析

オーバーレイ工事の50m区域における工程をガントチャートに記した結果を図7.1.31に示す。このガントチャートから舗設、締め固め、合材供給の各工程が重なりながら行われていることがわかる。これらの作業では、重機は直列的な作業配置で行われており、各工程のうち能力的なネック要因を明らかにすることが重要となる。

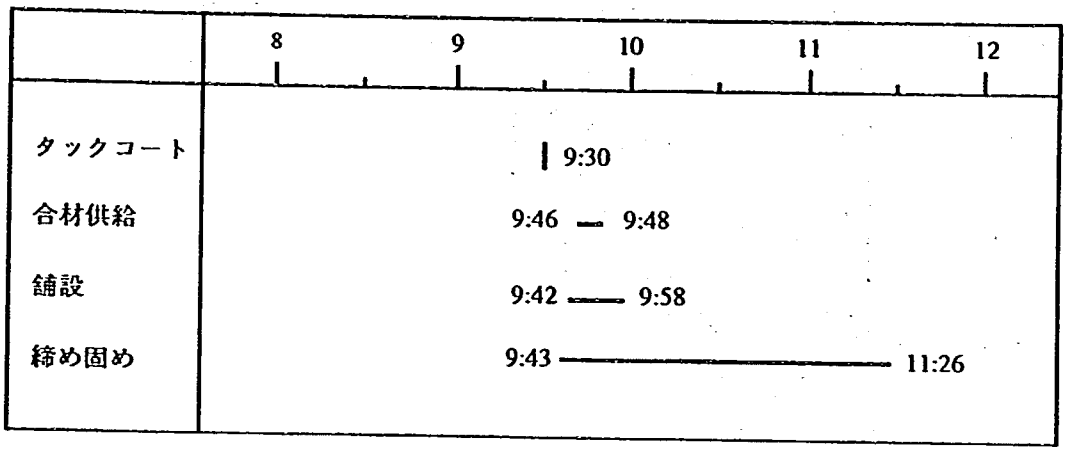


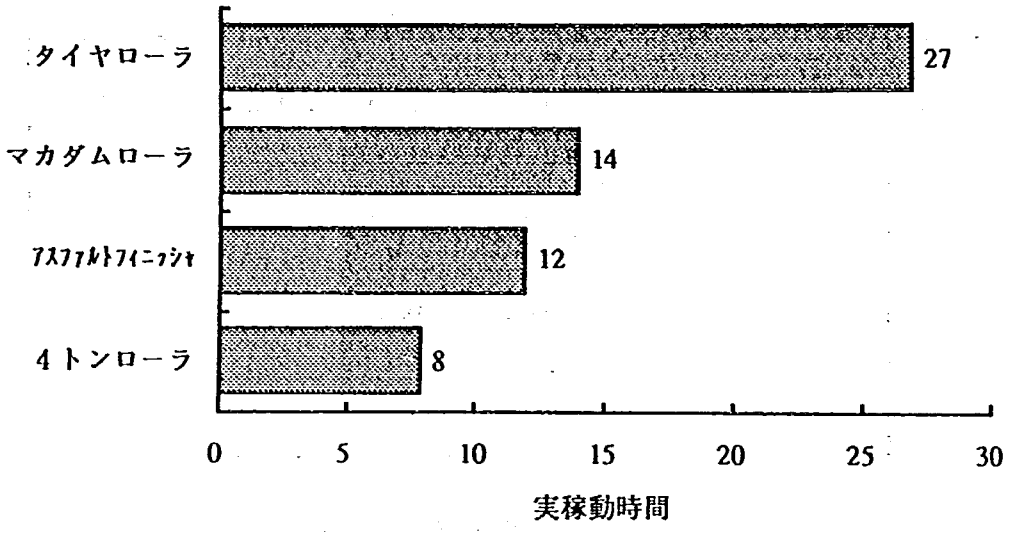
図7.1.31　工事工程のガントチャート

オーバーレイ工事における各機械の稼動分析を行った結果、タイヤローラや4tローラの稼動率は100%であった。しかし、アスファルトフィニッシャならびにマカダムローラについては、ダンプ交換待ちの発生により稼動率はそれぞれ86%ならびに80%となっていた。従って、タイヤローラならびに4トンローラの作業能力に余力がある場合には、ダンプ交換時間を短くすることによって作業効率を向上できる可能性があることが明らかとなった。

表7.1.9　オーバーレイ工事における各機械の稼動率の分析

機械名	稼動開始 ～ 終了時刻	時間	停止時間	停止要因	稼動率
ｱｽﾌｧﾙﾄﾌｨﾆｯｼｬ	9:42 ～ 9:56	14M	2M	ダンプ交換	86%
マカダムローラ	9:43 ～ 10:08	25M	5M	ダンプ待ち	80%
タイヤローラ	9:52 ～ 10:46	54M	0M	—	100%
4トンローラ	11:01 ～ 11:26	25M	0M	—	100%

次に、時間研究を行なうことにより、作業の速度を評価し、どの作業が全工程の速度を決定するかを分析した。50m区間の各重機の実稼動時間は、タイヤローラが最も長く、次いでマカダムローラが長い。ローラの実稼動時間は、区間内に入り、出ていくまでの時間と定義し、観測したため、当該区間と区間外を往復する場合の、区間外の時間が入っている。この点については、カメラアングルから、厳密な区間の出入りを観測することが困難であった理由による。アスファルト舗装要領に従うと、50m区間の実稼動時間は、タイヤローラでは約4分、マカダムロータでは約12分となる。このことは、マカダムローラが、アスファルトフィニッシャと同程度の作業時間を必要とすることを意味している。従って、アスファルトフィニッシャとローラの作業速度が、同時に高まらない限り、時間短縮は難しいものとみられる。



注１）実稼動時間は、区間に最初に入り、区間から最初に出て行く時間とする。
注２）タイヤローラ、マカダムローラには、区間外にいる時間が含まれる。

図7.1.32　区間内の重機の実稼動時間の時間研究結果

②苦渋性の低減を目的とした分析

オーバーレイ工事におけるオペレータ以外の作業者９名について、稼動分析を行なったところ、最大で91%、最小で14%と、バラツキがあり作業負荷が異なっていることから作業負荷の平準化が必要と見られる。

表7.1.10　作業者別の稼動分析の結果

ｾﾞﾝﾊﾝ	作業内容	作業時間	作業合計時間	観測時間	稼働率
5	スコップ	3 分 06 秒	3 分 06 秒	9:42～9:56 (14分)	22%
14	スコップ	2 分 00 秒	2 分 00 秒		14%
3	レーキ	12 分 55 秒	12 分 55 秒		92%
9	スコップ	3 分 01 秒	3 分 01 秒		22%
10	コテ仕上げ	6 分 11 秒	7 分 58 秒		57%
	ホーキ	32 秒			
	スコップ	47 秒			
	その他	28 秒			
8	転圧	11 分 52 秒	11 分 52 秒	9:45～9:58 (13分)	91%
6	転圧補助	2 分 56 秒	3 分 25 秒		26%
	スコップ	29 秒			
	スコップ	2 分 20 秒	2 分 20 秒	内不明2分50秒	21%
4	レーキ	9 分 29 秒	9 分 39 秒	9:42～9:56 (14分)	69%
	スコップ	10 秒			

切削工程の分析と同様に苦渋性を分析するため、オーバーレイ工事の作業者の作業の時間研究と、ＲＭＲを利用した作業強度の分析を実施した。時間研究の結果（図7.1.33）より、実稼働時間は、稼働率と同様に作業者により、バラツキが生じていることがわかった。
次に表7.1.11に示す様に、作業者の作業のＲＭＲ値を仮定した。Σ（ＲＭＲ×実稼働時間）で示される指標を、苦渋性の前提として利用した場合、特に、レーキ作業を行なう作業者（作業者３など）の苦渋性が高く、作業者間のバラツキもあることがわかった。

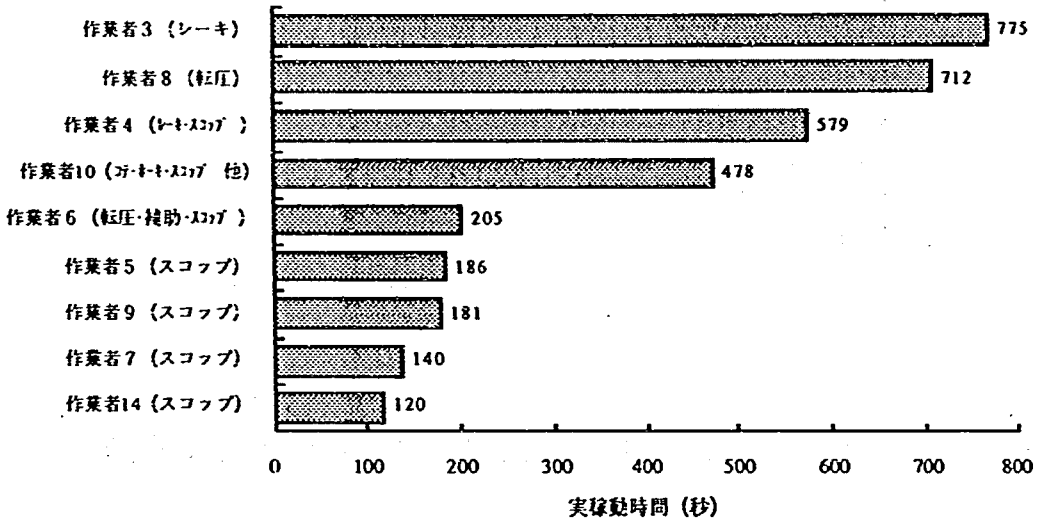
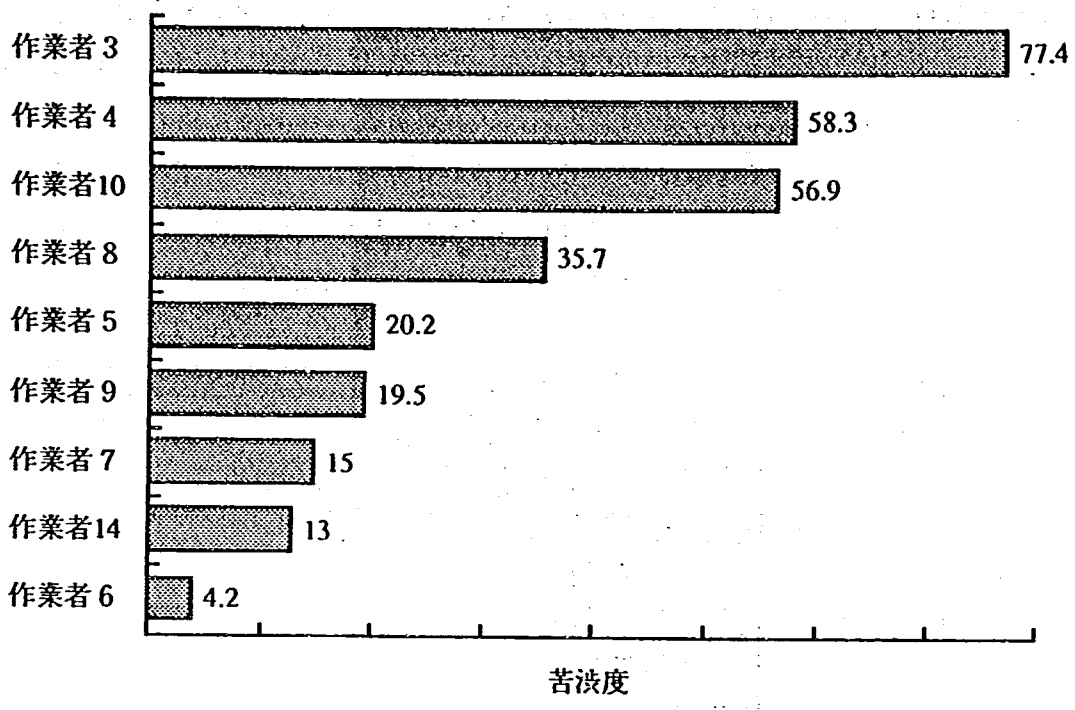


図7.1.33　作業者別の実稼働時間

表7.1.11　作業者別のＲＭＲの仮定

	RMR（仮定）
スコップ作業	6.5
レーキ作業	6.0
コテ仕上作業	8.0
ホーキ作業	2.2
コテ部タックコート	2.0
転圧（ダンパ）作業	3.0
転圧補助作業	0.3



注）苦渋度は、エネルギー代謝量に関する指標として、ＲＭＲ×実稼動時間（分）で定義する。

図7.1.34　オーバーレイ工事における作業者の苦渋性の比較

4．問題点の整理

時間短縮には、切削工程ではトラック待ち時間を短くすることや、スイパーを利用した清掃が重要となることが明らかとなった。オーバーレイ工程では、アスファルトフィニッシャやローラを同時に作業の効率化をすることが必要となることがわかった。

苦渋性の低減では、スコップ作業やレーキ作業の苦渋度が高くなっていることから、これらの作業の工数を減少させるなどの改善の必要性が高いことが明らかとなった。

5．改善案の抽出

問題点に対して、専門家とのブレーンストーミングを実施し、改善案を抽出した。時間短縮の改善案としては、廃材の輸送能力の向上、アスファルトフィニッシャに対する合材供給の方法の変更などが提案された。苦渋性の低減では、人手の清掃作業の改善、アスファルトフィニッシャの仕上げ能力の向上などの改善案が提案された。

7．1　道路維持修繕工

（7．1．3　道路維持修繕工・表層再生工法の施工改善の事例）

（解説）

1．改善目的の設定

路上表層再生工法においても、切削オーバーレイなどの道路維持修繕工と同様に、工期の短縮のニーズが高い。高齢化や作業者不足から、省力化の改善ニーズも高い。また、夜間作業が多いことや、人手による補助作業の発生などに伴い、苦渋性の改善のニーズが発生している。このようなことから、時間短縮、省力化、苦渋性の低減を改善目的として、調査を実施した。

2．作業測定

上下2車線の道路について、1日、230mの施工延長について、カメラの視野の関係から、上下線、各60mの区間の作業を観測した。

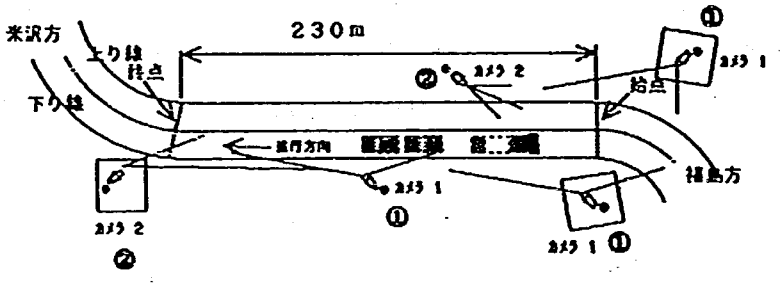


図7.1.35　現場平面図とカメラ位置

3．分析結果

（1）工事工程の分析

路上表層再生工法では、道路予熱、合材供給、リペーブ、締固めの各工程が直線的に重機が配置され、連続して行われる。従って、各重機の作業速度が同一でないかぎり、各工程は最も作業速度が遅い工程にあわせて、作業が行われているものとみられる。このため、全作業エリアで作業時間を比較した場合、各工程の作業時間には、ほとんど差が生じない。そこで、各工程のうち能力的にネックとなっている要因を明らかにすることを目的として、限ら

れた区間（60m）における機械の実稼動時間の分析を行った結果を図7.1.36に示す。この結果から単位作業距離における稼動時間を比較した場合、ロードヒータが最も長くなっていることが判明した。このことからロードヒータの作業能力が、全体の作業速度を決定していることが明らかとなった。

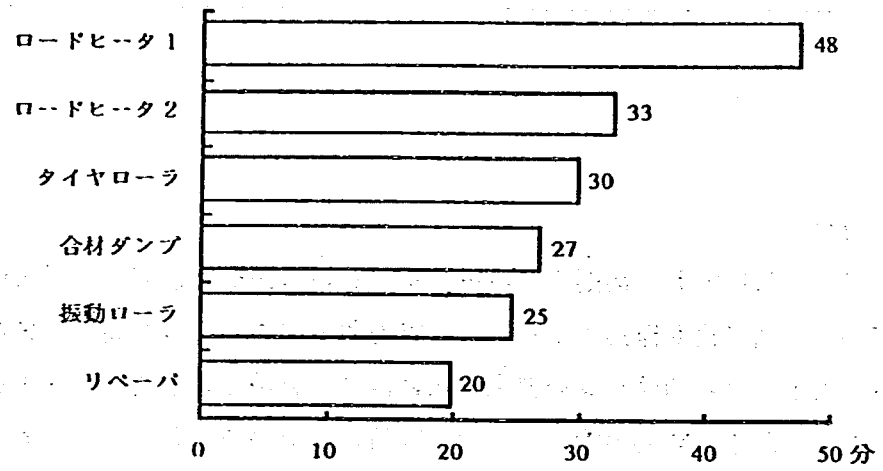


図7.1.36　調査区間における実稼動時間のパレート図

2．稼動分析

各機械の稼動分析を行った結果を図7.1.37に示す。ロードヒータの稼動率は、96%と高い水準にあり、その一方でリペーバの稼動率は75%とロードヒータよりも低い水準にあり、作業速度を上げる余裕がある。従って、作業効率を向上させるためには、作業時間が最もかかっており、かつ稼動率が高いロードヒータ自体の能力を向上させる必要があると見られる。

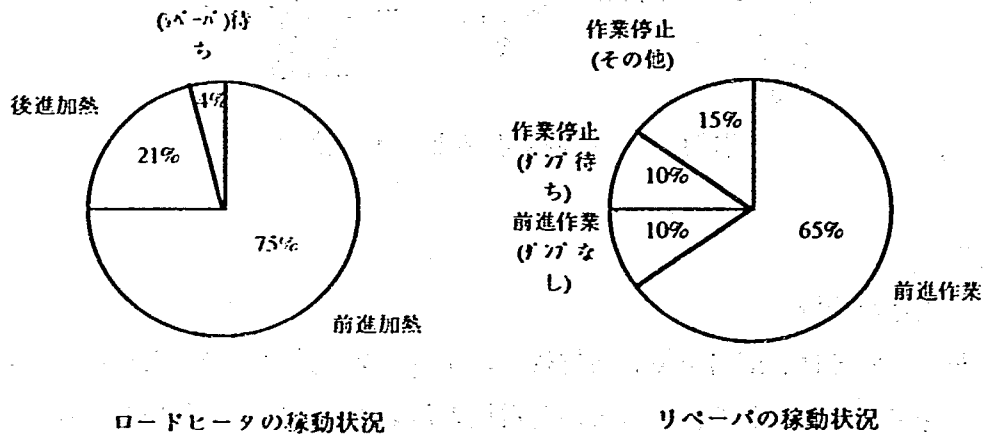


図7.1.37　表層再生工法における各機械の稼動率の分析

（3）苦渋性の低減を目的とした分析

①稼動分析

表層再生工法におけるオペレータ以外の作業者6名について稼動率を分析したところ、図7.1.38に示したように、最大で83%、最小で35%と稼動率にバラツキがあり、作業者により作業負荷が異なっていることが判明した。このことから、苦渋性の低減には、負荷の平準化ということが必要であることや、低稼働の作業者の作業を統合すれば、省力化につながる可能性があるものとみられる。

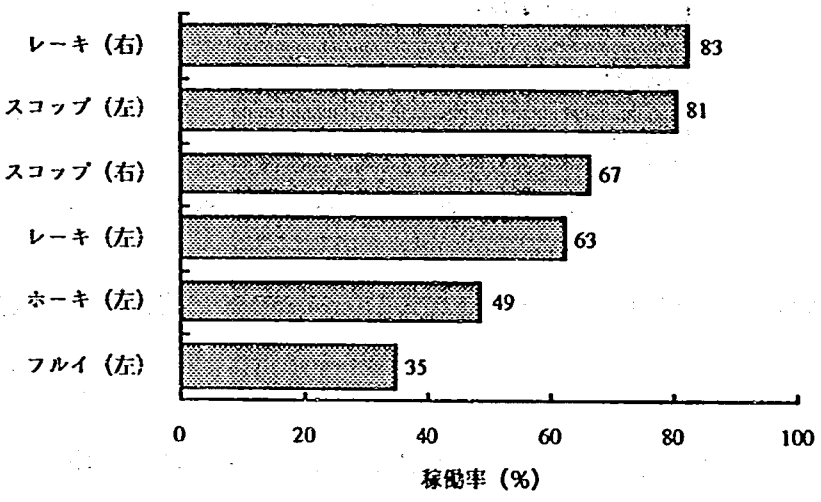


図7.1.38　作業者別の稼動分析の結果

②苦渋性に関する時間研究

稼働率の分析と同様に、時間研究の結果より、作業者の実稼働作業も、位置や作業内容により、大きくバラツキが発生していることが明かとなる。

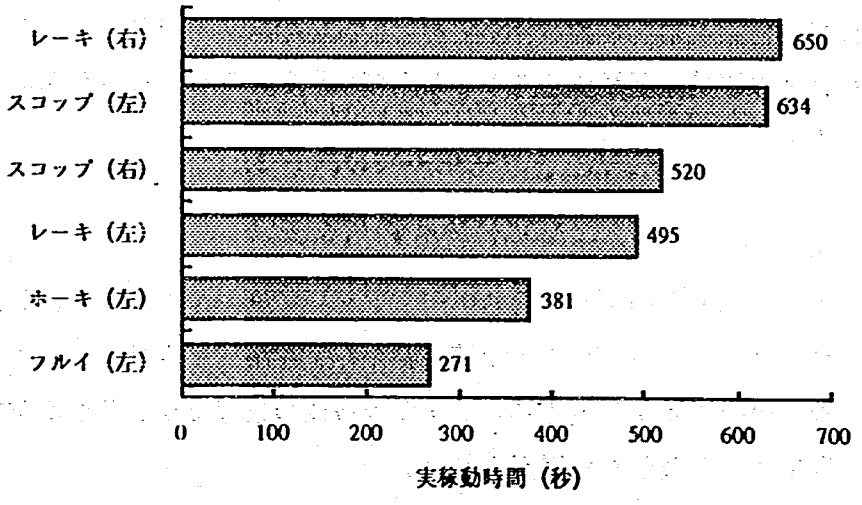
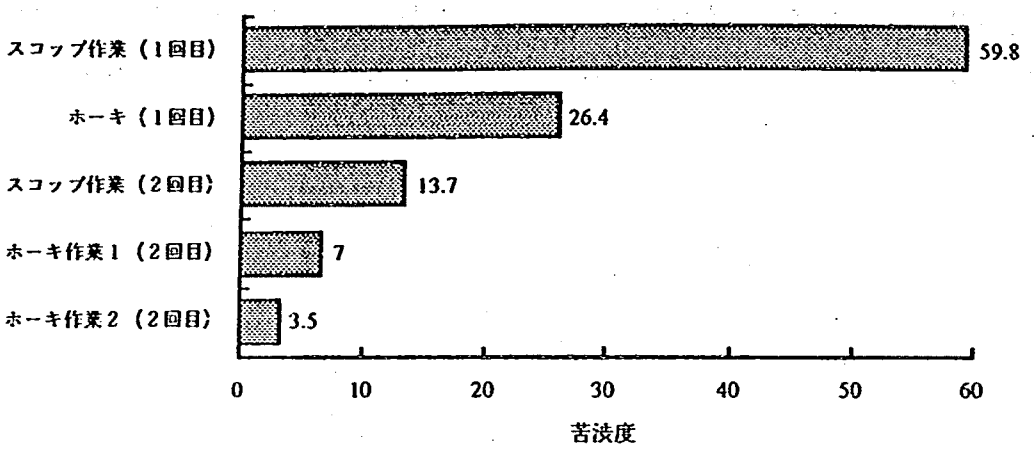


図7.1.39　作業者の実稼働時間

作業内容を含めた苦渋性を評価するために、ＲＭＲと作業時間（分）の積を苦渋性の指標として利用し、分析を行なった。この結果、レーキやスコップ作業の苦渋性は高く、ホーキ、フルイの苦渋性は低いものとみられる。



注）苦渋度は、エネルギー代謝量に関する指標として、ＲＭＲ×実稼動時間（分）で定義する。

図7.1.40　表層再生工法における作業者の苦渋性の比較

4．問題点の整理

時間生産性の向上に関しては、道路の余熱工程のロードヒータの作業が全工程の作業速度を決定しているものとみられ、作業全体の生産性を向上させるためには、ロードヒータの作業生産性を向上させることが求められる。

また、機械の補助作業に関しては、フルイ、ホーキの作業を行なうのと、スコップならびにレーキ作業を行なうのとでは、作業強度からみた苦渋度が大きく異なっていた。従って、スコップやレーキ作業の工数を低減すること、ならびに作業者間における負荷の平準化をはかる必要があると考えられる。

5．改善案の抽出

問題点に対して、専門家とのブレーンストーミングを実施し改善案を抽出した。時間短縮の改善案としては、ロードヒータによる道路過熱の作業性を向上させるために電磁波を用いた適切な過熱装置等の改善案が考案された。また苦渋性の低減では、苦渋度が高いスコップやレーキ作業の機械化等の改善案が提案された。

7．2　土工

（7．2．1　土工・築堤の改善調査の事例）

（解説）

1．改善の目的の設定

土工の築堤工事は、土砂密度により効率が依存しており、含水比が低い場合には、出来高は大きいが、含水比が低い場合には、乾燥時間が必要となるため、出来高は低下する。さらに、工期が限定されているため、短期に効率良く施工することが求められる。このため、土質条件がよいときに、効率よく作業することにより、生産性を高めることが可能となる。これらのことから、生産性の向上として、時間短縮および省力化を改善目的として設定し、改善調査を実施した。

2．作業測定

ビデオカメラを利用し、ビデオメモモーションによる作業測定を実施した。

2つの走路を利用し土運搬が行われるため、作業測定結果を整理する場合には、走路による相違が把握できるように、2つの作業エリアを区別した。

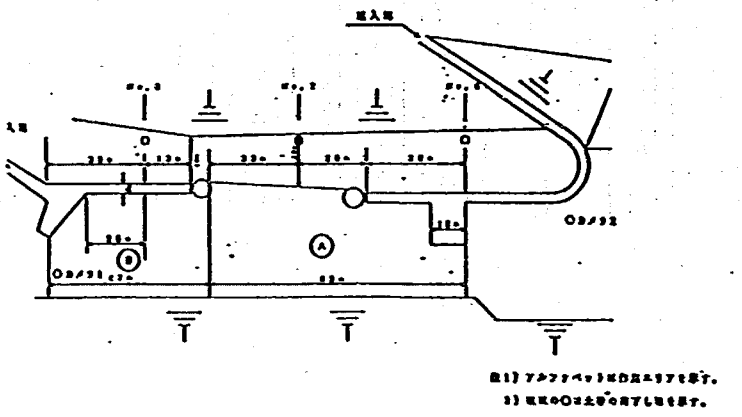


図7.2.1　作業エリアの分割例

3．分析

（1）時間短縮を目的とする分析

調査対象現場では、ダンプトラックにより土運搬を行い、油圧ショベルで配土した土砂に対して、ブルドーザで敷均しを行っている。このため、これは直列的な作業手順と考えられる。このため、土運搬、配土、敷均しの能力的な問題点を明らかにすることを計画した。

まず、土運搬の回数を把握した。土運搬は作業開始直後、30回／時間以上となるが、その後、20～24回／時間に低下する（図7.2.2）。

次に、配土作業を行う油圧ショベルの実稼動時間と、土運搬の回数の一次相関をとると、土運搬回数が増加すると、油圧ショベルの実稼動時間が増加することが判った（図7.2.3）。

さらに、土運搬回数の実績の平均値の範囲では、油圧ショベルの稼動に余裕が存在することが明らかとなった。

同様に、ダンプトラックによる土運搬回数と、大型ブルドーザの実稼動時間の関係を分析すると、ダンプトラックによる運搬回数の方がブルドーザの作業効率に影響することが明らかとなった。

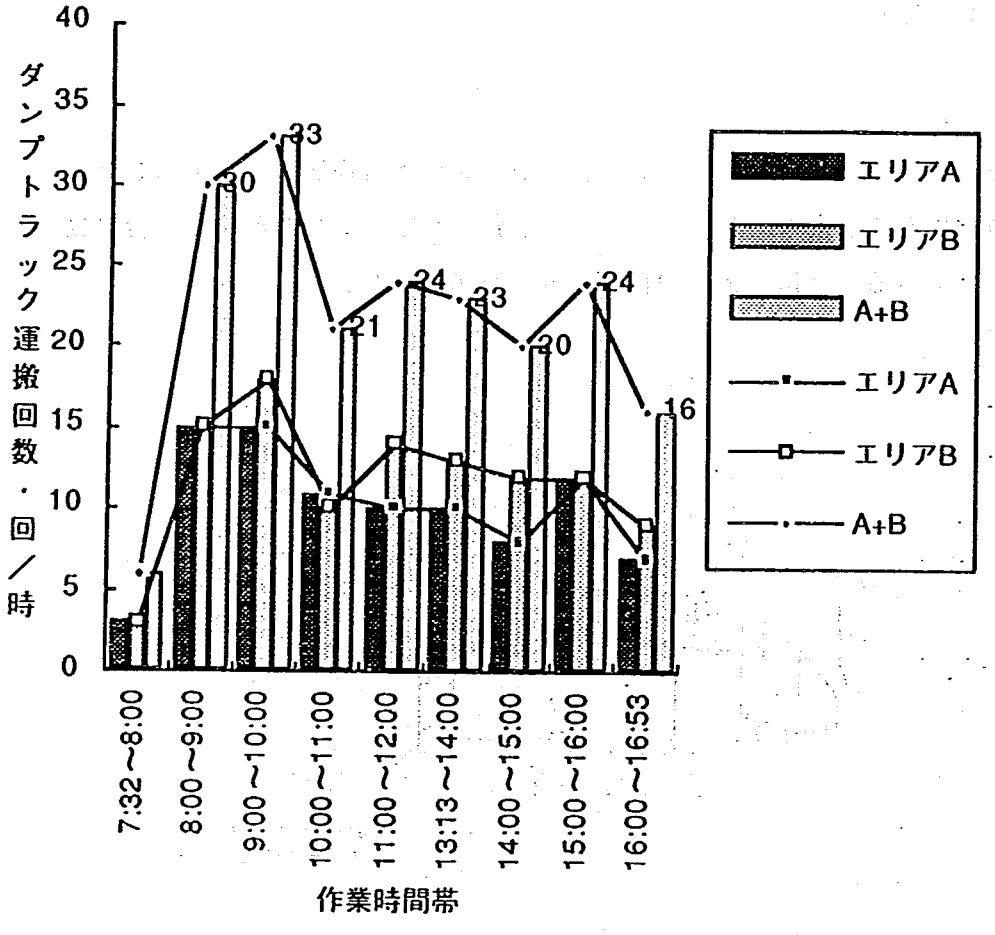
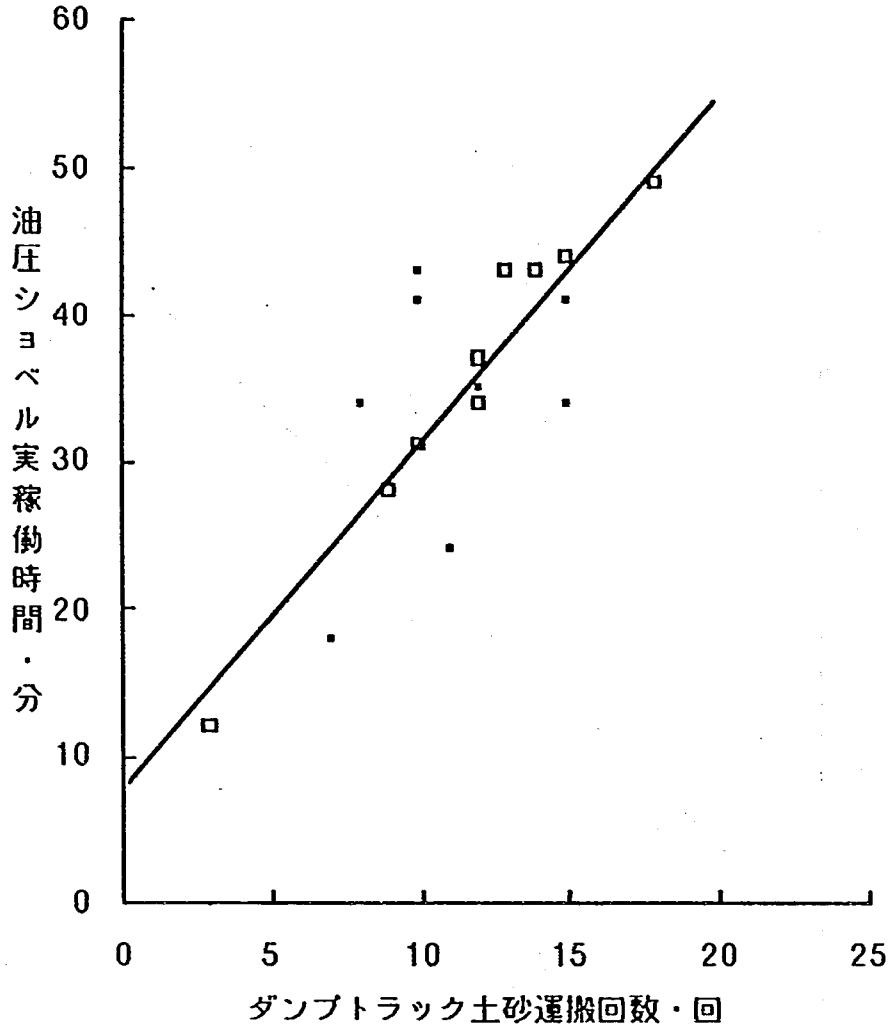
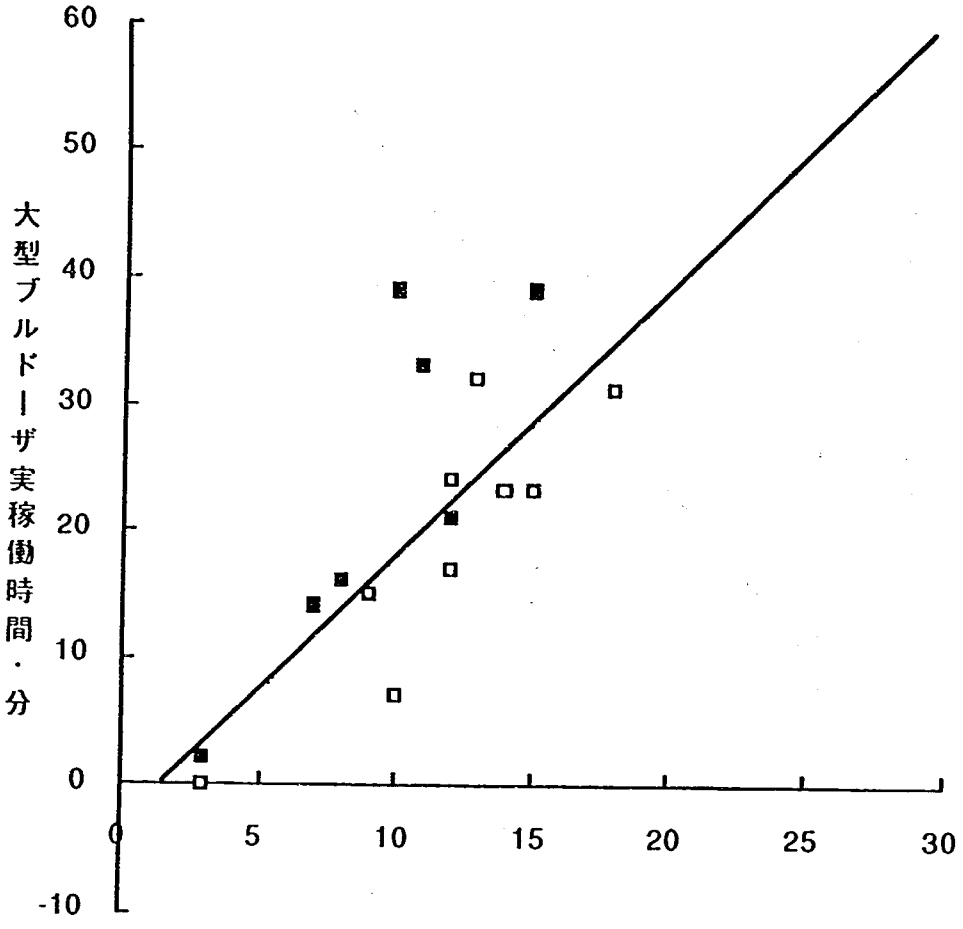


図7.2.2　ダンプトラックの土運搬回数の分析結果



注）□：エリアA、■：エリアB

図7.2.3　ダンプトラックの土運搬回数と油圧ショベルの実稼動時間の関係



注）□：エリアA、■：エリアB

図7.2.4　ダンプトラックの土運搬回数と大型油圧ブルドーザの実稼動時間の関係

（2）省力化を目的とする分析

油圧ショベルおよびブルドーザの各オペレータの作業について、時間研究を行い、工数を分析した。この結果、各重機の作業工数、オペレータの稼動率は大差ないものと判断される。しかし、油圧ショベルの配土は土質が悪いため、補助的な作業として行われており、このような付帯作業に、主作業と同等の工数を必要としていることから、改善の余地があるものとみられる。

表7.2.1　時間研究の結果

	人数	作業工数	稼動率
油圧ショベル	2	603人分	65%
ブルドーザ	2	639人分	69%

4．問題点の整理

土運搬の能力が低く、後工程の配土および敷均し工程が効率よく作業ができず、時間短縮には土運搬の能力が律速となっている。省力化では、付帯作業的な配土作業をなくすことが、重要と考えられる。

5．改善案の抽出

上記の問題点に対して、専門家によるブレーンストーミングを実施し、改善案を抽出した。時間短縮には、土運搬能力の拡大が必要となる。

省力化には、直接、土砂の荷下ろしを行い、敷均しができることが望ましく、鉄板走路の代替としてセメントにより硬化した土砂の利用、キャタピラ式トラックの利用、悪い土質でも直接敷均せるブルドーザの利用などが提案された。

7．2　土工

（7．2．2　土工・ＣＡＢの施工改善の事例）

〈解説〉

1．改善目的の設定

ＣＡＢの工事は都市部で行われるため、交通への障害が発生する可能性がある。更に、既設配管が存在するため、工事時間や工期が長くなり、工期を短縮するには、工事の生産性の向上は重要な改善となる。施工においては、夜間工事を伴うこと、人力作業が多いため、人手不足や高齢化が問題となっており、省力化や、苦渋性の低減を行なうことが求められれている。

このような背景から、ＣＡＢの施工について、時間の短縮および、さらに苦渋性の低減として、人手作業の工数を低減することを改善目的として設定した。

2．作業測定

ビデオカメラを利用し、ビデオメモモーションによる作業測定を実施した。
作業測定結果を整理する場合には、配管がある側とない側では、作業条件が異なり、さらに、前半と後半では作業効率が異なることが予想されたため、4つのエリアを設定し、作業データを整理した。

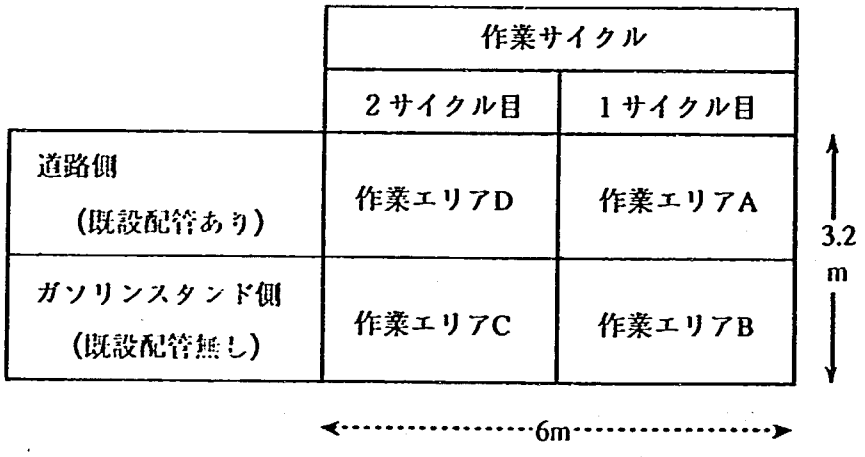


図7.2.5　作業エリアの分割例

3．分析

（1）時間短縮を目的とした分析

①工事工程の分析

工事工程をガントチャートに記した結果を図7.2.6に示す。このガントチャートから掘削、山止め、覆工、後片付けが重なりながら、行われていることを示す。この結果、時間短縮の寄与率が大きい工程が明確とならないため、ネットワークを利用した分析を行った。

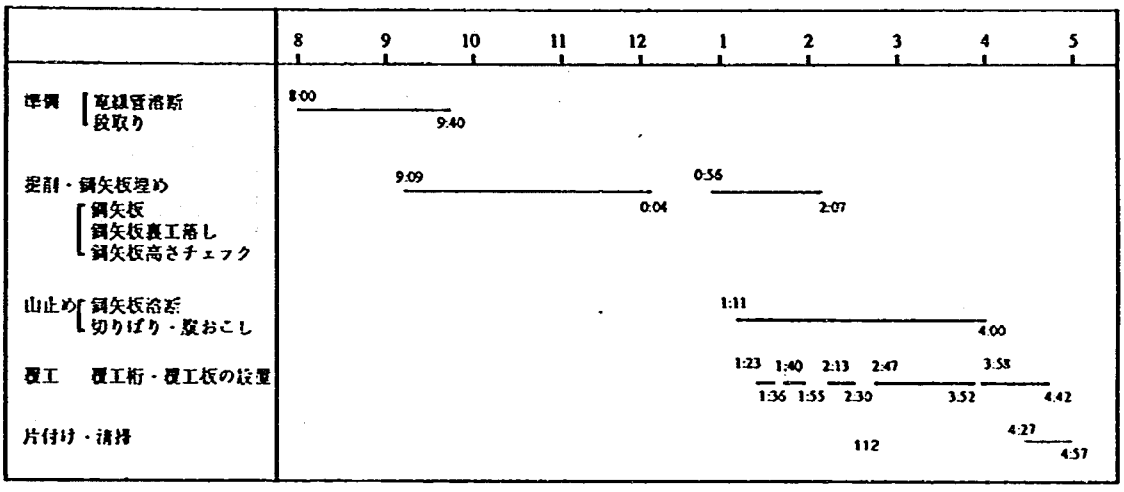
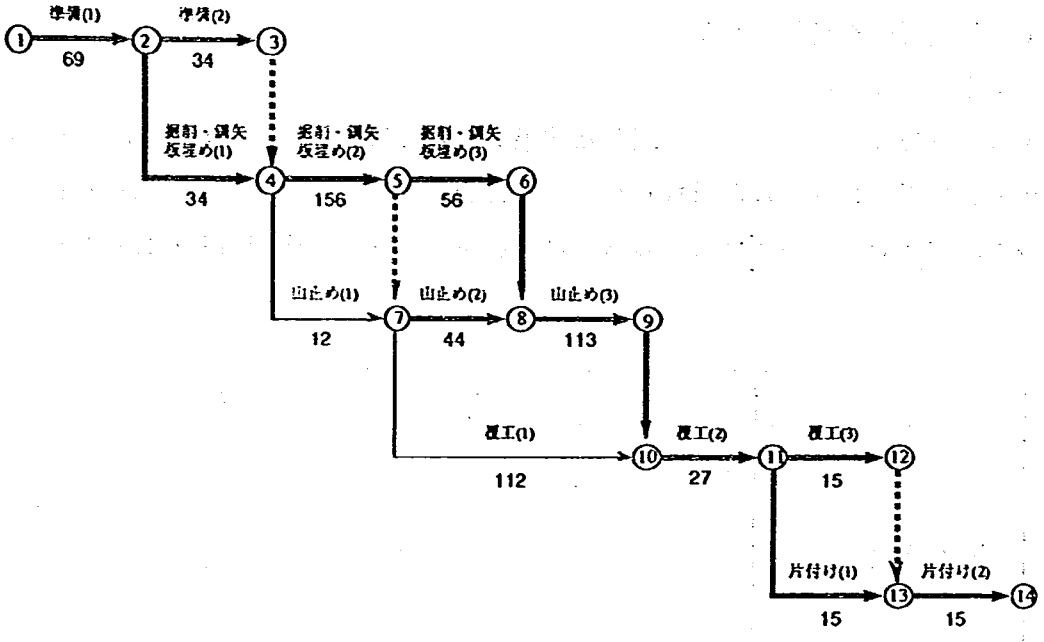


図7.2.6　工事工程のガントチャート

ネットワークを利用し分析する場合、掘削および山止めの鋼矢板の打ち込みは油圧ショベルを中心とした作業であり、分析上同一工程として再定義したほうが問題点を把握し易いものとみられる。このネットワークによる分析結果を図7.2.7に示す。このネットワークによるＰＥＲＴ分析した結果、余裕が少なく、時間短縮の寄与が大きい工程は、油圧ショベルを利用する掘削・鋼矢板埋め込みが重要であることが判った。



注）矢線の数値は実作業時間を示す。

図7.2.7　ＣＡＢの工程のネットワーク表現

表7.2.2　ＣＡＢのＰＥＲＴ分析の結果

工　程	余裕（分）		時間短縮効果の弾力性係数
	全体余裕	自由余裕	
準備（1）	0	0	0.14
準備（2）	0	0	—
掘削・鋼矢板埋め（1）	0	0	—
掘削・鋼矢板埋め（2）	0	0	0.32
掘削・鋼矢板埋め（3）	0	0	0.12
山止め（1）	144	144	—
山止め（2）	12	12	—
山止め（3）	0	0	0.23
覆工（1）	57	57	—
覆工（2）	0	0	0.06
覆工（3）	0	0	—
片付け（1）	0	0	—
片付け（2）	0	0	0.03

注）弾力性係数＝工事全体の時間の短縮割合／工程の時間の短縮割合

②稼動分析

油圧ショベルの稼動分析を行った結果、稼動率は約84%となっていることが、明らかとなった。従って、時間短縮を行うためには、非稼動時間を低減を図るか、作業効率を向上させることが重要であることが明らかとなった。

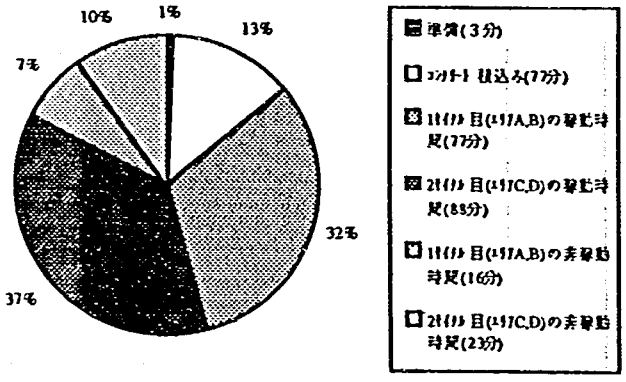


図7.2.8　油圧ショベルの稼動分析

③時間研究

油圧ショベルの作業に対して、時間研究を行った。時間研究の結果、油圧ショベルの稼動時間は掘削、鋼矢板埋め込みの効率を向上させることが時間短縮に有効であるものと判断される。さらに、既設配管のあるエリアA、Dでは、油圧ショベルの稼動時間が少なく、人手作業に依存しているもの。

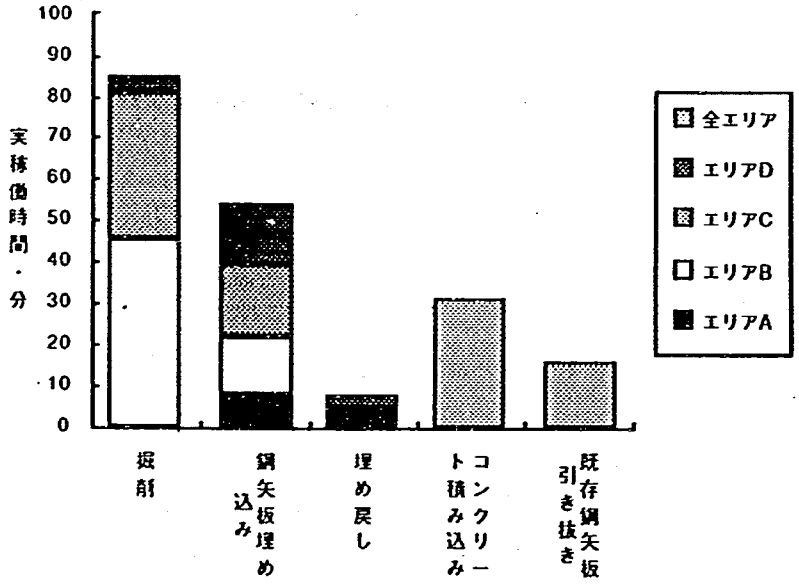


図7.2.9　油圧ショベルの稼動時間

さらに、油圧ショベルの非稼動時間を分析したところ、掘削作業中に非稼動状況が発生していること、人手による掘削作業待ちによる要因がもっとも大きく、4割弱を占めていることが明らかとなった。

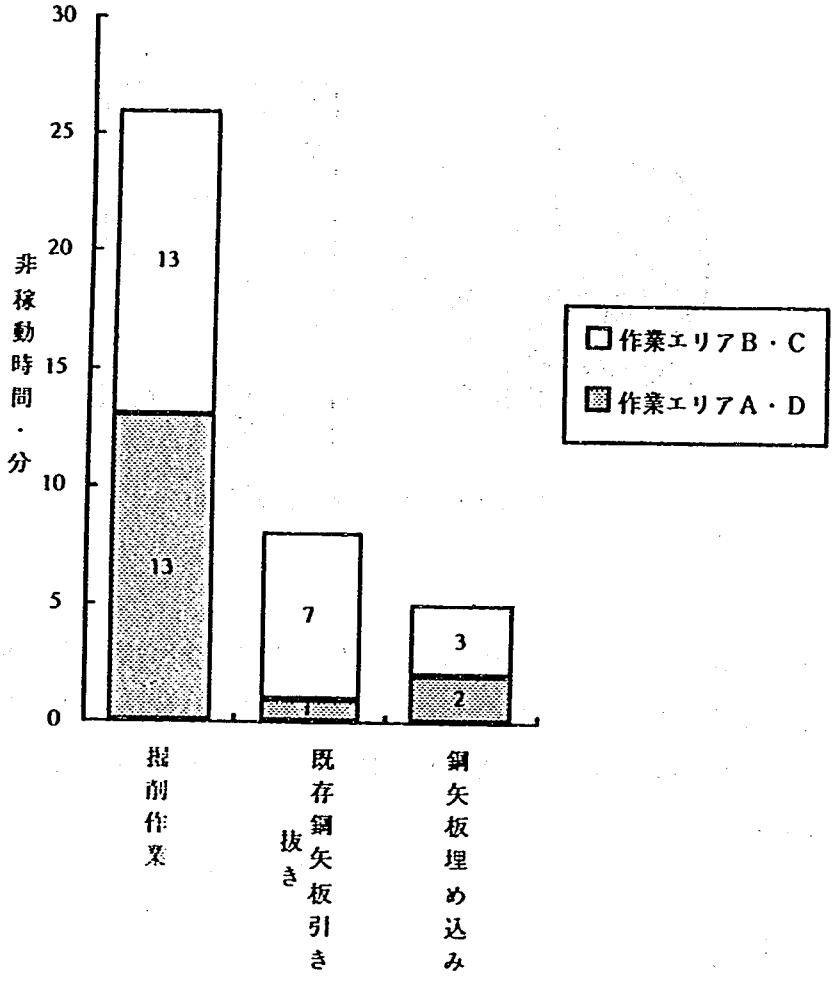


図7.2.10　単位作業別の非稼動時間の発生状況

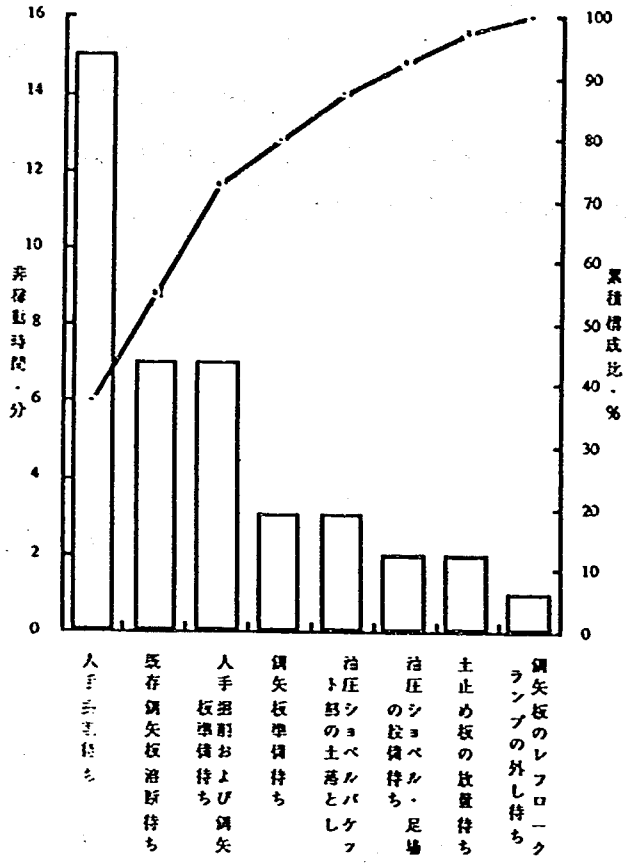


図7.2.11　油圧ショベルの要因別の非稼動時間のパレート分析図

（2）苦渋性の低減を目的とした分析

①稼働分析

作業者７名について、稼働率を分析したところ、最大で96%、最小で61%と、バラツキがあり、作業負荷が異なるため、作業負荷の平準化が必要とみられる。この場合、ＣＡＢの工事では作業者主体に行われるため、適切な作業配分が重要とみられる。

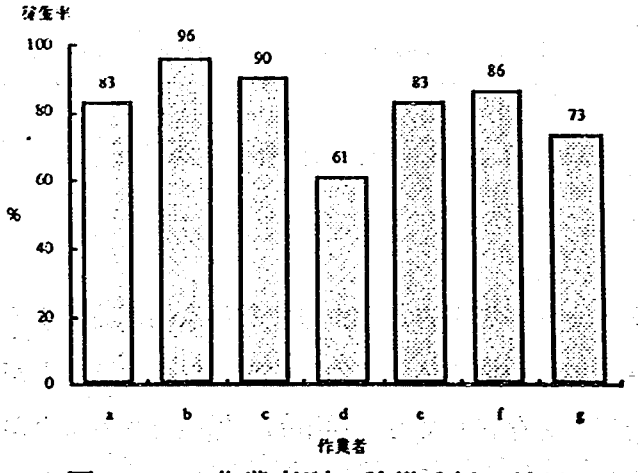


図7.2.12　作業者別の稼働分析の結果

②時間研究（作業工数の分析）

人手の作業工数の低減は、苦渋性の低減に寄与することから、時間研究を実施し、作業工数の分析を行った。この結果、覆工板の設置、鋼矢板の打ち込み補助、掘削などの工数が大きいことが判明した。特に、覆工板の設置は、重量物（約100kg／板）を２名で運搬するため、ＲＭＲ（エネルギー代謝率）が高いものと予想され、改善上重要であるものと判断される。

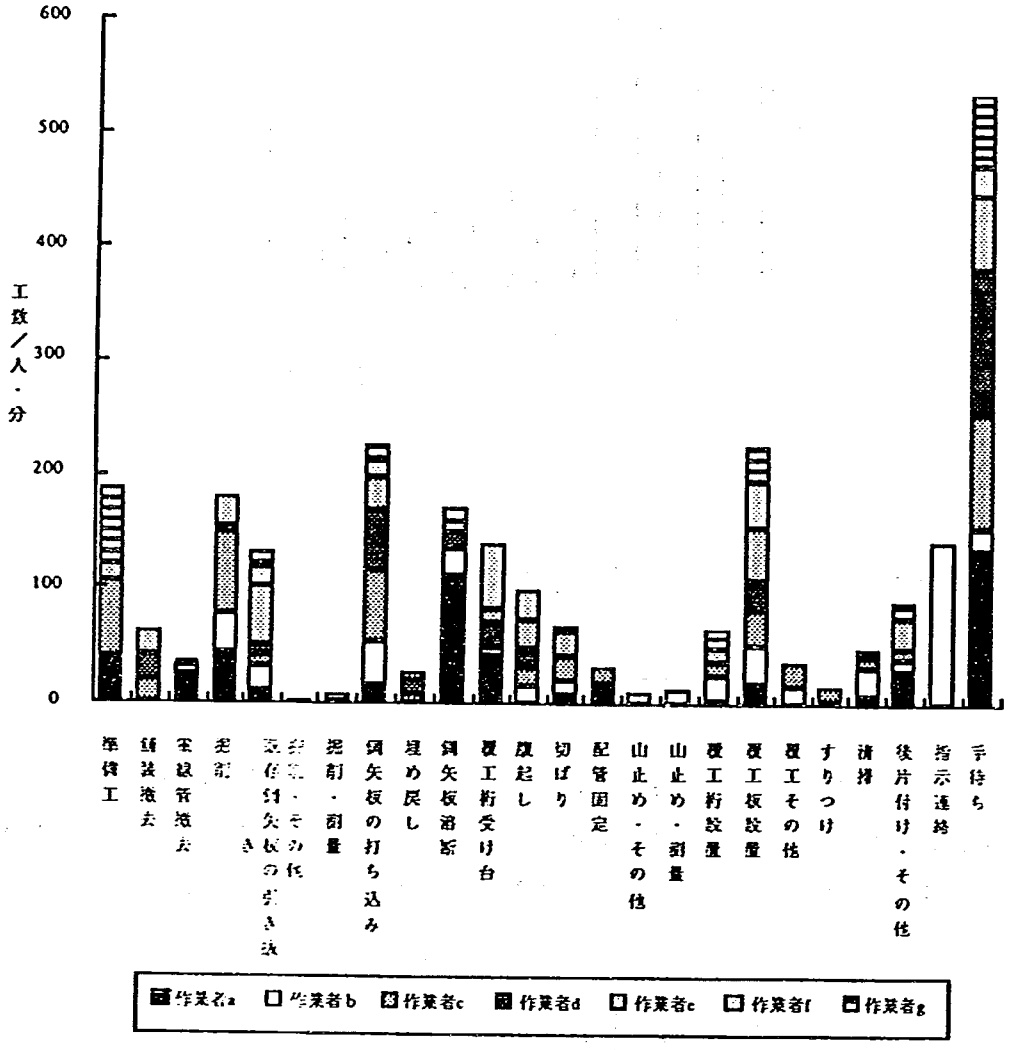


図7.2.13　作業者の作業工数の分析

４．問題点の整理

時間短縮には、油圧ショベルを中心とした作業を重点的に改善すること、油圧ショベルの改善には、掘削および鋼矢板の埋め込みの効率化が重要となることが明らかとなった。特に、掘削においては、既設配管が存在しても、効率的に掘削できることが重要であり、この改善により、人手掘削の待ちの低減や、苦渋性の低減において、改善効果が期待できる。

苦渋性の低減では、特に、覆工板の設置は工数が多く、重量物の取扱のために、改善が必要であることが明らかとなった。

5．改善案の抽出

問題点に対して、専門家とのブレーンストーミングを実施し、改善案を抽出した。時間短縮の改善案としては、掘削、鋼矢板の埋め込みを効率的に施工できる多目的掘削機械の利用、配管を傷つけない掘削機械の利用や、配管のセンサの利用などが提案された。苦渋性の低減では、覆工板の軽量化や、重機を利用した設置などのが提案された。

7．3　トンネル工

（7．3．1　トンネル工・ＮＡＴＭ工法の施工改善の事例）

〈解説〉

1．改善目的の設定

トンネル工・ＮＡＴＭ工法は、作業環境や労働条件の面などから、労働者の不足や高齢化が問題となっており、生産性の向上が今後重要となってくるものと予想される。さらに、粉塵環境での作業時間短縮は苦渋性の低減に寄与する。このようなことから、時間短縮や省力化を改善目的に設定し、改善調査を実施した。

2．作業測定

切羽付近の作業について、カメラ２台を設置し、ビデオメモモーションにより、１サイクルの作業を観測した。

トンネルの切羽付近は暗く、また、粉塵が発生するため、ビデオカメラ２台の観測では、作業者の個別認識が難しく、明確な作業識別の可能な範囲が限定されたここから、今後は、カメラの設置台数やストップウォッチ法などを併用するなど工夫が必要である。

3．分析

（1）時間短縮を目的とした分析

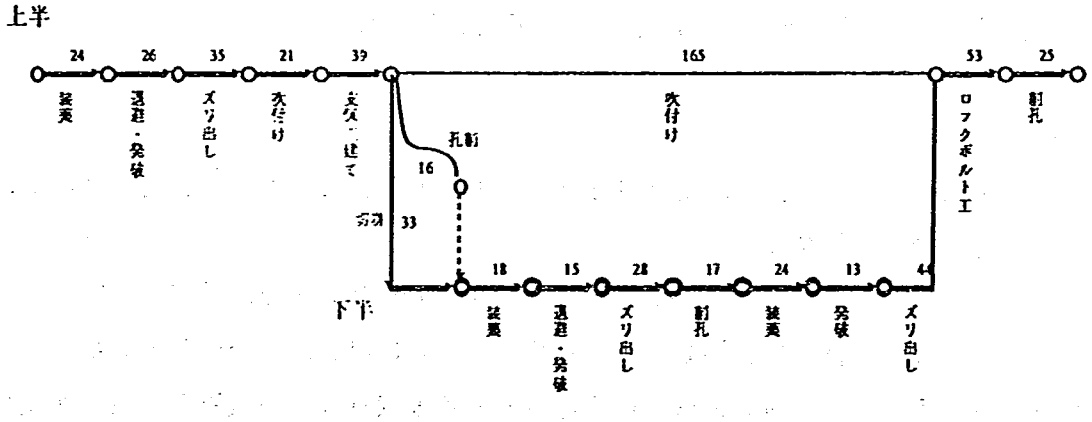
①工事工程の分析

ＮＡＴＭの工程レベルで、作業時間の計画実績値の比較を行なった。この結果、下半と吹き付け作業について、計画より作業時間が長くなっていることが明らかとなり、このような工程は円滑な作業となるように改善を図ることが重要とみられる。

表7.3.1　工程時間の計画値と実績値の比較

		計画	実際	遅れ（分）
上半	削孔・装薬・発破	1:30	0:49	△41
	ズリ出し	1:15	0:30	△45
	支保工建込	1:00	1:00	0
	吹付け	2:30	3:02	32
	ロックボルト	1:30	1:00	△30
下半	削孔・装薬・発破			
	ズリ出し	2:30	3:12	42

次に、工事時間の時間短縮上、重要となる工程を分析するために、ネットワークを利用した分析を行なった。調査対象となる現場の工事工程はネットワークを利用し、図7.3.1に表現できる。このネットワークを利用し、ＰＥＲＴを利用した分析を行なった。この結果、時間余裕の少ない工程で、時間短縮効果の高い工程は、単独工程としてはロックボルト工、複数の工程を統合する場合には、ズリ出し工の改善が重要と考えられる。



注）矢線の数値は作業時間（分）

図7.3.1　トンネル工・ＮＡＴＭの工程のネットワークを利用した表現

表7.3.2　トンネル工・ＮＡＴＭのＰＥＲＴによる分析結果

	余裕（分）		時間短縮の効果の弾力性係数
	全体	自由	
装薬	0	0	0.05
発破	0	0	0.05
ズリ出し	0	0	0.07
吹付	0	0	0.04
支保工	0	0	0.08
吹付	26	0	－
下半・切削	0	0	0.06
下半・削孔	17	17	－
下半・装薬	0	0	0.05
下半・発破	0	0	0.03
下半・ズリ出し	0	0	0.06
下半・削孔	0	0	0.03
下半・装薬	0	0	0.05
下半・発破	0	0	0.03
下半・ズリ出し	0	0	0.09
ロックボルト工	0	0	0.11
削孔	0	0	0.05

注）弾力性係数＝工事全体の時間短縮の割合／工程の時間短縮の割合

②稼動分析

全分析を踏まえ、時間短縮上、重要となるロックボルト工、ズリ出し工、吹き付け工について、重機の稼動分析を行なった。

ロックボルト工では、ドリルジャンボが中心に利用されており、その稼動率は約70％である。非稼動時間には、段取り作業を実施しているため、手待ちはほとんど発生していない。このため、ロックボルト工の時間短縮には、付帯作業である段取り作業の低減と、主体作業の効率の向上が重要と見られる。

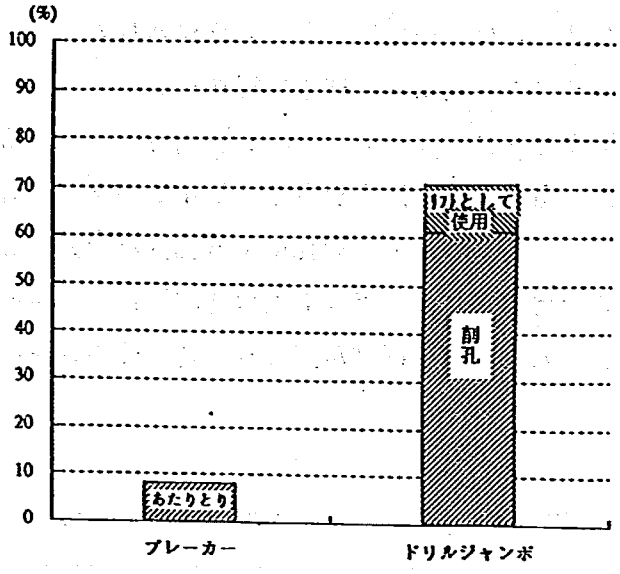


図7.3.2　ロックボルト工における重機の稼動率の分析結果

次に、下半上半のズリ出し工程の重機の稼動率を分析した結果を図7.3.3に示す。ホイールローダの稼動率は他の重機に比べ高いことから、手待ちによる作業効率の短縮余地は少なく、ホイールローダの作業効率自体の向上が時間短縮上重要と見られる。

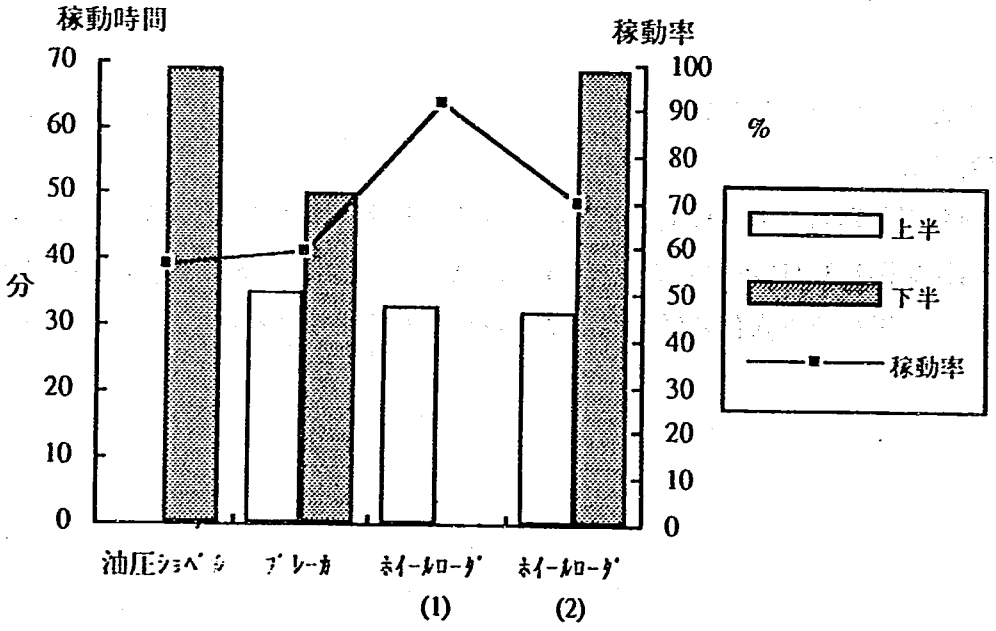


図7.3.3　ズリ出し工程の重機の稼動率の分析結果

同様に、吹き付け工程では、吹き付け機の稼動率は86%以上であり、手待ち時間の低減により、稼動率を向上させ改善方向だけでなく、吹き付け方法自体の改良を含めた、改善が必要とみられる。

③時間研究

ロックボルトの押し込みには、一般に、人力で行なわれるが、孔荒れなどで挿入しにくい場合には、ジャンボのリフトを利用し、作業を行なう。

そこで、ロックボルトの挿入作業について、時間研究を行なった結果、孔荒れにともなうリフトを利用した挿入は、全体の半分以上を占め、サイクルタイムも人力のみの2倍必要とすることが明らかとなった。したがって、削孔による孔荒れの低減もしくは、機械化によるロックボルトの挿入時間の短縮がロックボルト工の時間短縮が重要とみられる。さらに、このような改善は、作業者の人力作業の低減が図られ、苦渋性の低減にもつながるため、重要な改善テーマである。

表7.3.3　ロックボルトの挿入作業の分析例

	観測回数	サイクルタイム
人力のみによる挿入	4	48秒
人力とリフトの移動を利用した挿入	5	95秒

（2）省力化を目的とした分析

①稼動分析

比較的観測が容易であった上半作業について、工程別に作業者数を観測し、時間推移を分析した結果を図7.3.4に示す。この分析結果より、ロックボルト工で作業者数がピークとなっており、この工程の省人化の優先順位は高いものと予想される。

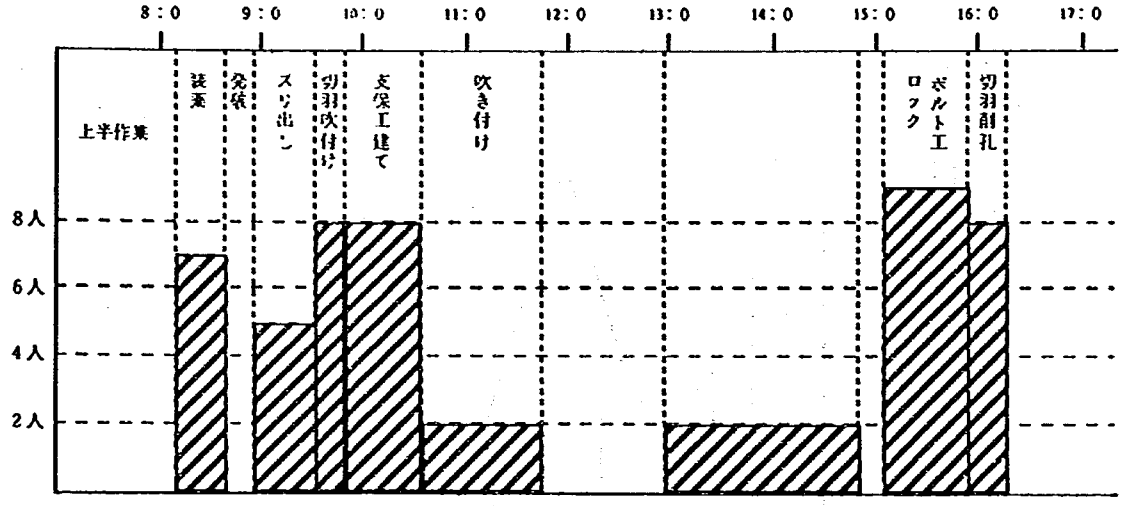


図7.3.4　上半作業のおける工程別の作業者数の推移

4．問題点の整理

トンネル・ＮＡＴＭの時間短縮を行なうには、ズリ出しのホイールローダの効率の向上、ロックボルト工におけるジャンボの効率の向上、吹き付け効率の向上が重要と分析された。また、省力化には、ロックボルト工の省人化が重要と分析された。

5．改善案の立案

問題点の分析結果を元に、専門家によるブレーンストーンミングを実施し、改善案を抽出した。その例として、時間短縮を行なうには、ズリの連続的搬出、ロックボルト工の機械化（ジャンボへの挿入機の取付け）、ハネ返りの材料や型枠を利用した吹き付け方法などが提案された。省力化の改善案としては、ロックボルト工の自動化、機械化の提案が提案された。

6．保全に関する分析

トンネル工では、重機の故障は、その重機の適用されている工程だけでなく、後工程も中断させる可能性があるため、重機の保全は作業改善の重要なテーマである。ここでは、機械稼動に関する調票を利用し、重機の保全実態に関する分析を行なった。

調票は、トンネルの施工機械使用実態調査票（調査期間：３ヶ月）および、建設機械故障日報（調査期間：11ヶ月）を利用した。

図7.3.5には重機別の保全に投入した工数を、図7.3.6には運転時間当りの工数を示す。この結果、ジャンボの保全に工数を要しており、運転時間当りの保全工数も高いため、改善の必要性が高いことが判った。次に、ジャンボの部位別に比較すると、ドリフタの保全が多いた

め、ドリフタの信頼性を高めることが保全上重要であるものとみられる。

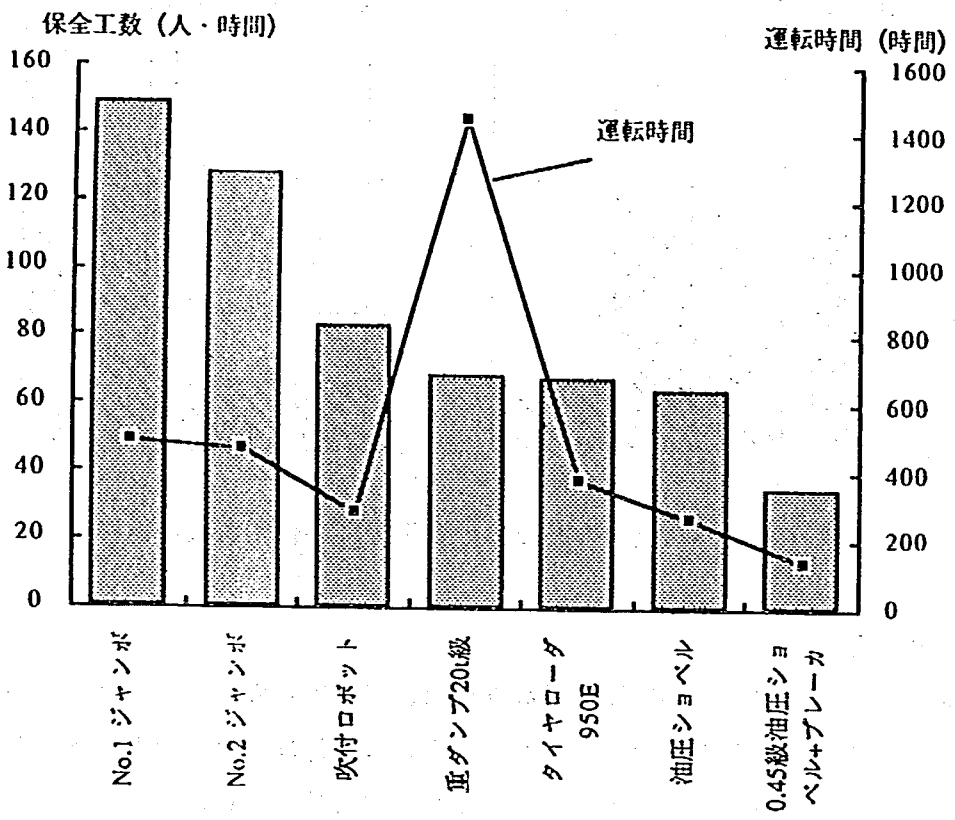


図7.3.5　重機別の保全工数（単位：人、時間）

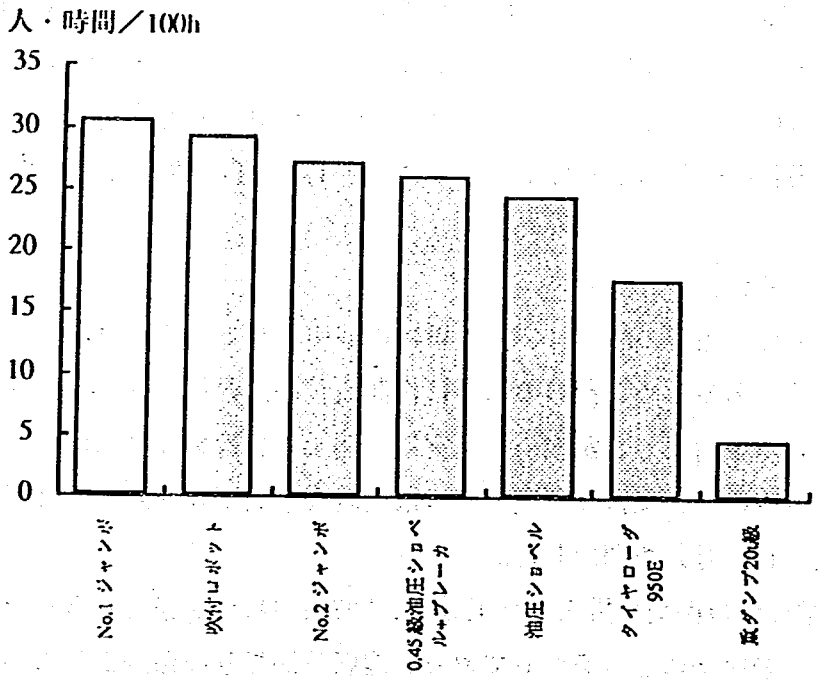


図7.3.6　重機別の運転時間当りの保全工数（単位：人時）

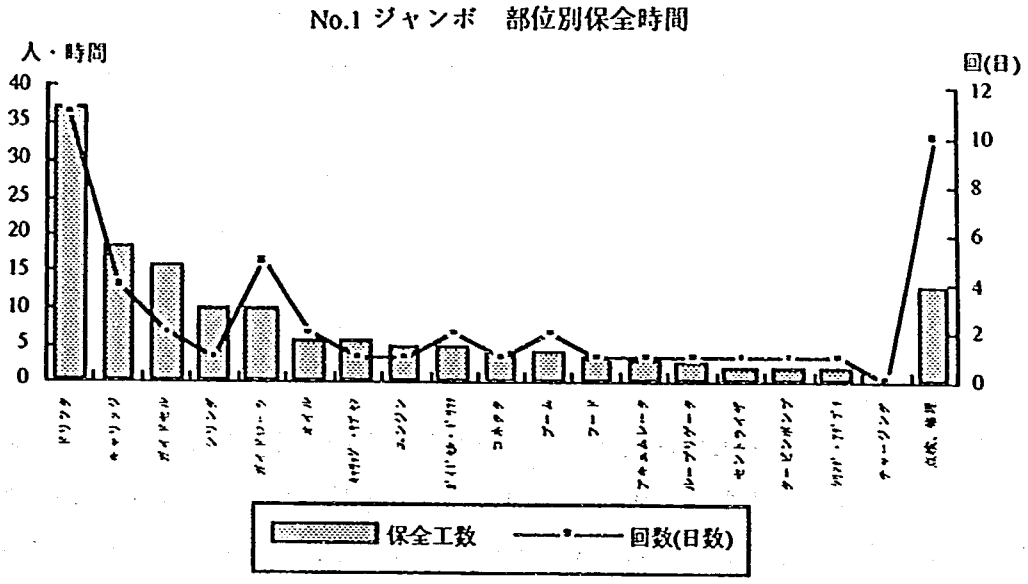


図7.3.7　ジャンボの部位別の保全工数

7．4　離岸堤

（7．4．1　海洋土木・離岸堤工（ブロックの据え付け工）の施工改善の事例）

〈解説〉

1．改善目標の設定

離岸堤のブロックの据え付け工は、工事が海象の影響を受け易く、施工可能な日に効率的に施工することが必要となる。また、水中部の据え付けには、潜水士による作業が必要となるが、この潜水士を中心に作業者の不足や、高齢化が進んでおり、省力化が重要となってきている。

このようなことから、時間短縮および省力化を目的とした改善調査を実施した。

2．作業測定

据え付け工について、ブロック積込みとブロック据え付けの作業について、2日間にわたり、作業測定を実施した。ビデオカメラ2台によるビデオカメラによる作業測定を行なった。

3．分析結果

（1）時間短縮を目的とした分析

①工程分析

ブロックの据え付け工について、2日間の作業測定を実施し、工程の分析の結果、船の移動など補助的な作業を除くと、海中への据え付けが一番時間を要していることが明らかとなった。

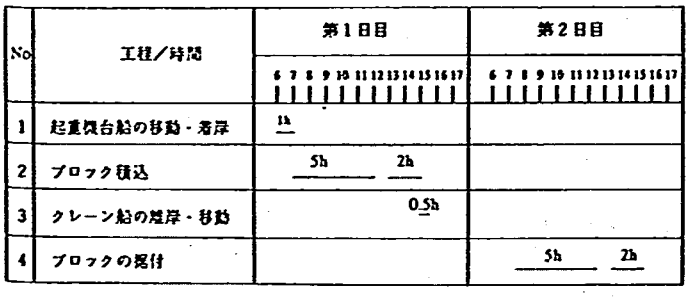


図7.4.1　工程のガントチャート

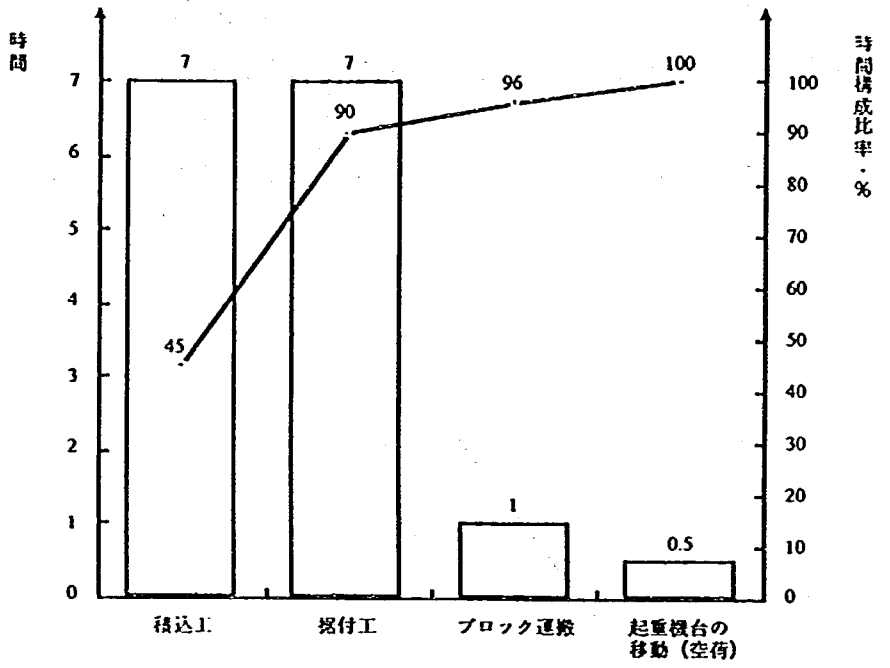


図7.4.2　工程時間のパレート図

（2）時間研究

ブロックの積込みおよび据え付けの各単位作業について、サイクルタイムおよび作業個数を分析した。この結果、作業工数は同じであるが、特に、積込に比べ据付のサイクルタイムが長いことが明らかとなった。特に、据付個数の多い、海中への1層目のブロックの据付が最もサイクルタイムが長いことが明らかとなった。

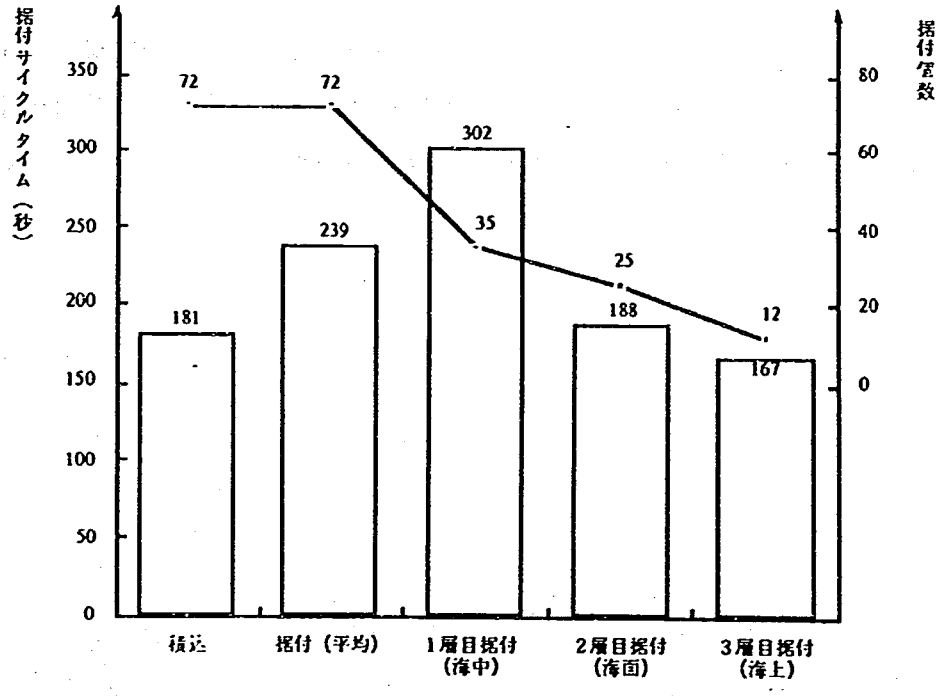


図7.4.3　ブロック積込み作業と据付作業のサイクルタイム

次に、要素作業に区分し、据付層別のサイクルタイムの比較を行ない、据付作業について、サイクルタイムが異なる背景を分析した。表7.4.1には、据付層別のサイクルタイムの構造を示す。この結果、各層とも、玉掛け、ブロック移動、玉外し、ワイヤー移動の時間は大きくは異ならないが、第1層目の位置合わせには時間を要していることが大きな特徴であることが明らかとなった。

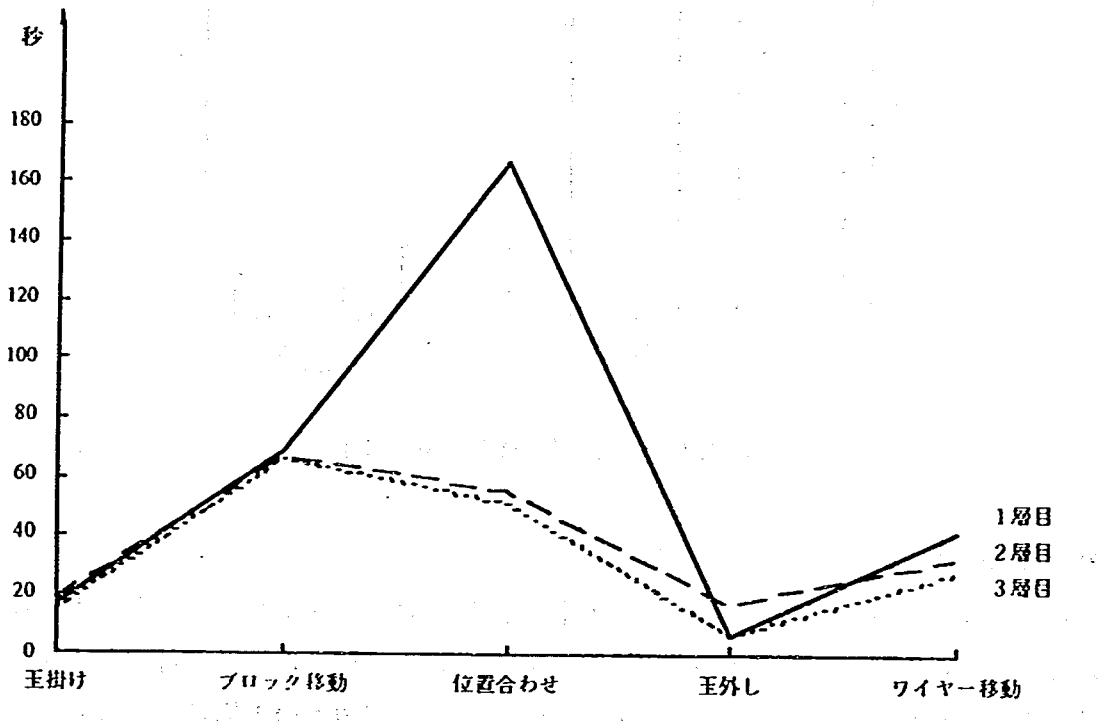


図7.4.4　サイクルタイムの時間研究結果

さらに、サイクルタイムと作業個数から、作業時間を推計した。この結果、第1層目の据付作業の時間が他の作業に比べ、多いことが確認された。また、位置合わせでの手直し（海面に下げた後、もう一度吊り上げ、位置決めを仕直す作業と定義する）の比率が、この作業時間に影響しているものとみられる。

表7.4.1　要素作業別の時間の推計結果

	玉掛け	ブロック移動	位置合わせ	玉外し	ワイヤー移動	位置合わせの手直し比率
積込	936	5,256	2,808	570	3,456	——
据付（1層目）	595	2,415	5,845	245	1,470	40%
据付（2層目）	450	1,650	1,375	425	800	25%
据付（3層目）	180	792	612	84	330	25%

（2）省力化を目的とした分析

ブロックの積込み作業および据付作業について、必要な要員を調査したところ、5名の要員を必要としたことが明らかとなった。

さらに、作業工数を各作業別に比較すると、据付の位置合わせ・据付作業の工数が大きいことが判る。このため、他の作業者に比べて、負担が大きく、危険作業であるため、省人化を検討する必要があろう。一方、作業工数が少ないが、作業者2名を必要としており、省人化の余地を検討する必要もあろう。

表7.4.2　作業者の作業の時間研究結果

		要員数	手待ちを除く作業工数（人・分）	作業場所
積込工	クレーン	1	——	台船
	玉掛け	2	31	陸上
	位置合わせ玉外し	2	113	台船
据付工	クレーン	1	——	台船
	玉掛け	2	41	台船
	位置合わせ玉外し	2	286	海中またはブロック上→危険

4．問題点の整理

以上の分析で抽出された問題点の整理を表7.4.3に示す。

表7.4.3　海洋・離岸堤工の問題点の分析結果（例）

生産時間の短縮へ向けた問題点	・据付工の作業時間が長い。 ・特に、海中への1層目の据付は据付個数が多く、サイクルタイムが大きく、全作業時間へ与える影響は大きい。 ・海中での据付は精度が要求されるため、2層目、3層目に対し、位置合わせに時間を要している。
省力化へ向けた問題点	・玉掛け要員、位置合わせ・玉外し要員として、各2名を必要とする。 ・前者はワイヤーをかける時のみ作業を行なうため、手待ちが多く、省人化の対象となる。 ・後者は据付時では、苦渋性や危険性を伴うため、省力化が求められる。

5．改善案の検討

海洋工事の専門家によるブレーンストーミングを実施し、改善案の抽出を実施した。改善案の例を表7.4.4に示す。

表7.4.4　改善案の例

改善目的	改善案の例
時間短縮	・クレーン台船の動揺を減らす。 －足付台船（SEP）の利用 －仮設橋桁上へのクレーンの設置 ・複数のブロックの同時据付
省力化	・装脱着の作業性の改善 －装着、脱着の容易な金具 －装着、脱着の自動化機械

6．効果確認調査

離岸堤工の改善案として、自動玉外し装置を利用した効果について、効果確認調査を実施した。

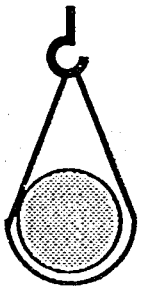
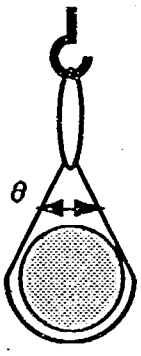
本装置は、フックにかかる荷重が少なくなると、自動的にフックが開放し、玉外しが行なわれる装置である。実験開始前には、玉外しの省力化が可能になり、水中等の玉外し作業の苦渋性や、安全性の向上が図られるものと予想された。

このような背景から、この調査は、効果の確認および、調査結果を通してえられる開発課題を明らかにすることを目的とした。

（1）工法の比較

自動玉外し装置には、荷重で開放するタイプや、リモコンで開放するタイプのものがあるが、海洋工事のため、海中での玉外しや防錆の点から、上市されている荷重開放タイプのものを利用した。当自動玉外し装置を利用するに当たって、ブロックの安定的なワイヤーの角度と、フックが機能する角度が合わなかったため、２重にワイヤーをかけることで対応した。

表7.4.5　工法の比較

	従来工法	新工法
使用治具	従来フック	自動玉外し装置
玉外しの方法	作業者が玉外しを行なう	ブロックが着底するなど、フックの荷重が0に近づくと、自動的にフックが開放し、玉外しが行なわれる
ワイヤーのかけ方		
	<１段階> １本のワイヤーで玉掛けを行なう	<２段階> ２本のワイヤーで玉掛けを行なう。下のワイヤーをブロックにかけた後、上のワイヤーでフックに掛ける。 背景）ブロックを安定させるのに必要なワーヤーの角度（θ）に比べて、フックの機能する角度が小さい。

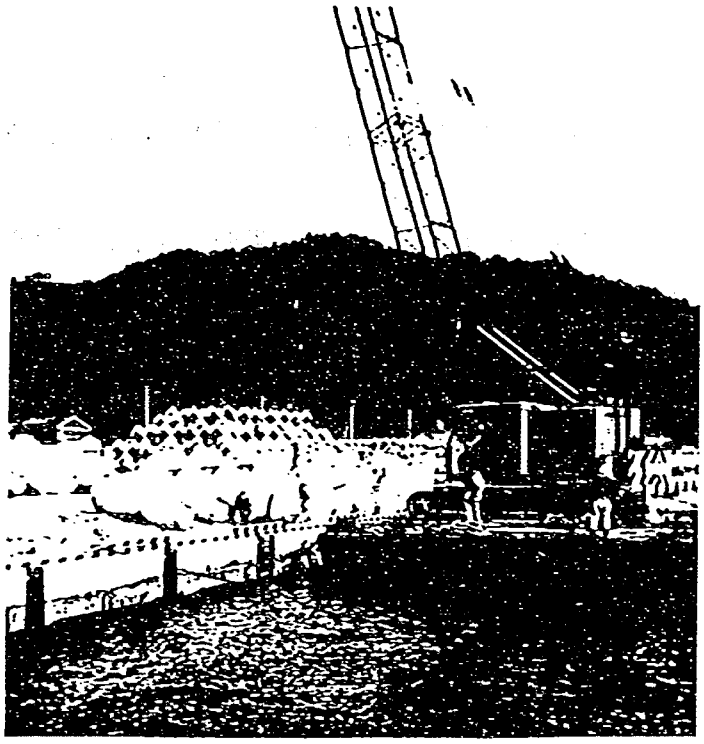


図7.4.5　自動玉外し装置を利用したブロック積込み

（２）調査計画

実験、当日には、海象が必ずしも良好でなかったため、新しい工法によるブロック据付工を行なうことができなかったため、その効果については、積込工の効果をもとにしたシミュレーションにより効果の検討を行なうことにした。

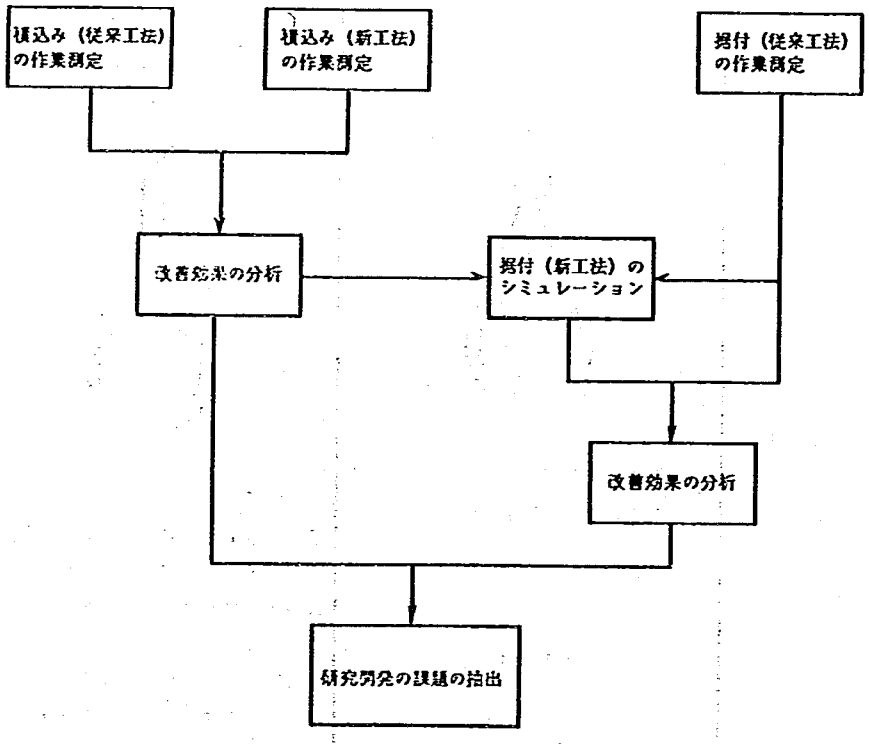
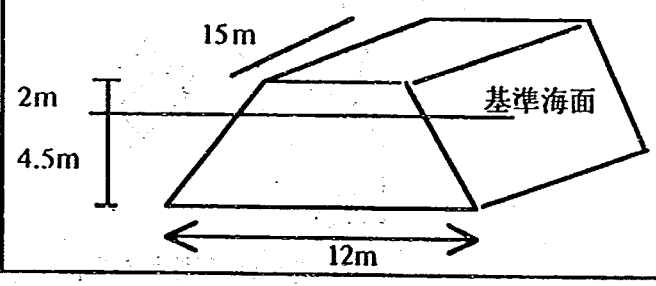


図7.4.6　調査計画

（３）調査条件

表7.4.6　測定条件

工事	離岸堤工
施工方法	・乱積み ・旋回角・・・・180度
ブロック	ジュゴンブロック（１２ｔ）
重機	・４５ｔ吊りクレーン ・５００ｔ積み台船 ・曳舟
作業者	A．写真撮影、監督 B．重機オペレータ C．曳舟操船 D．玉掛け E．玉掛け F．アンカー取り、玉掛け G．潜水夫 H．潜水補佐
実験実施日	９月上旬（２日間） １日　積込み工 １日　積込み工、据付工
実験実施場所	日本海側地区
天候、海象	・曇り ・うねりレベル・・・・階級１ ・波の高さ・・・・・・階級３ ・海中透明度・・・・・２～３ｍ ・温度・・・・・・・・23℃ ・水温・・・・・・・・21℃ ・湿度・・・・・・・・60％
離岸堤の完成形状	

（4）作業測定

台船、海上、陸側の作業者について、作業測定を行なうために、複数台のカメラを利用した。海中の潜水夫の作業は海上から観測することができないため、補足的に、海中カメラを利用し、観測を行なった。

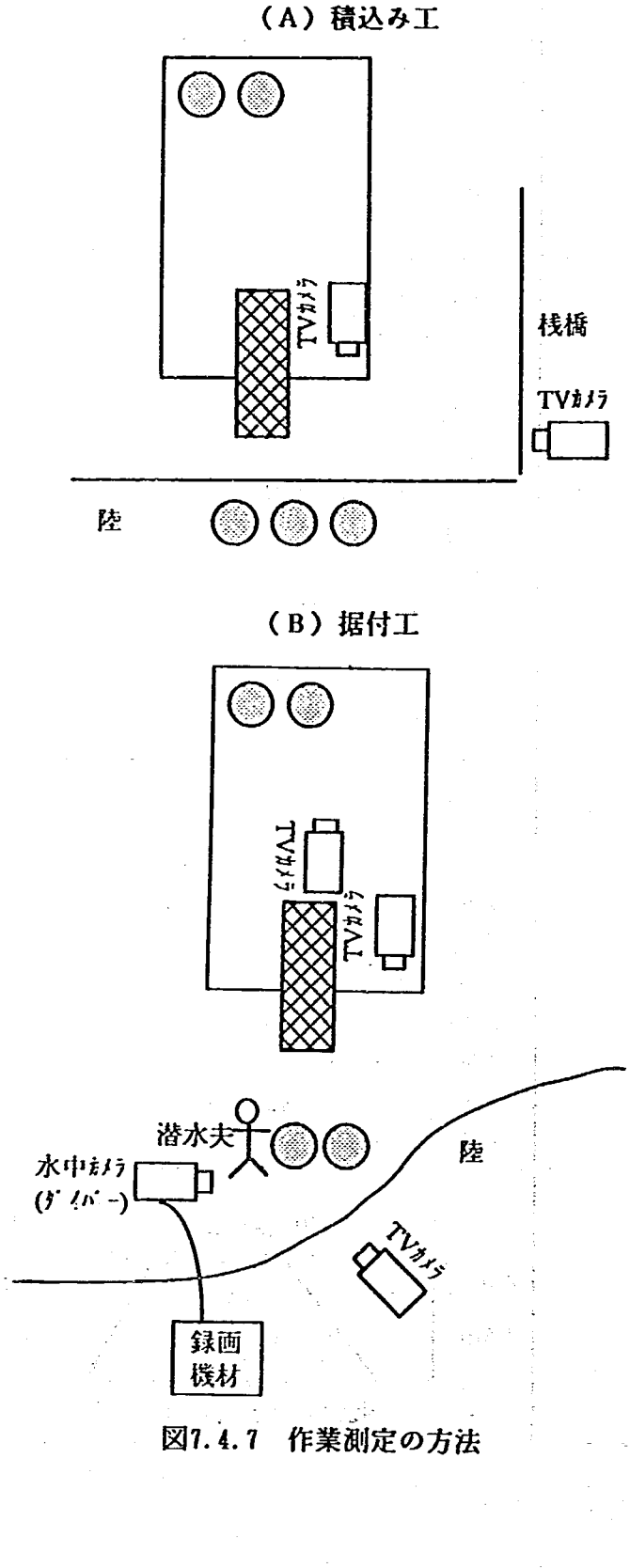


図7.4.7　作業測定の方法

（５）分析結果

①生産性に関する効果

サイクルタイムに対する時間研究を行ない、生産性の効果を分析を行なった。

積込工では、玉外し作業の時間が短縮するが、ブロック移動やワイヤー移動などクレーンの旋回の時間、玉掛け作業の時間が増大した。

クレーンの旋回時間の増大は自動玉外し装置による施工に不慣れな要因が大きいことが、ヒアリング調査で明かとなった。

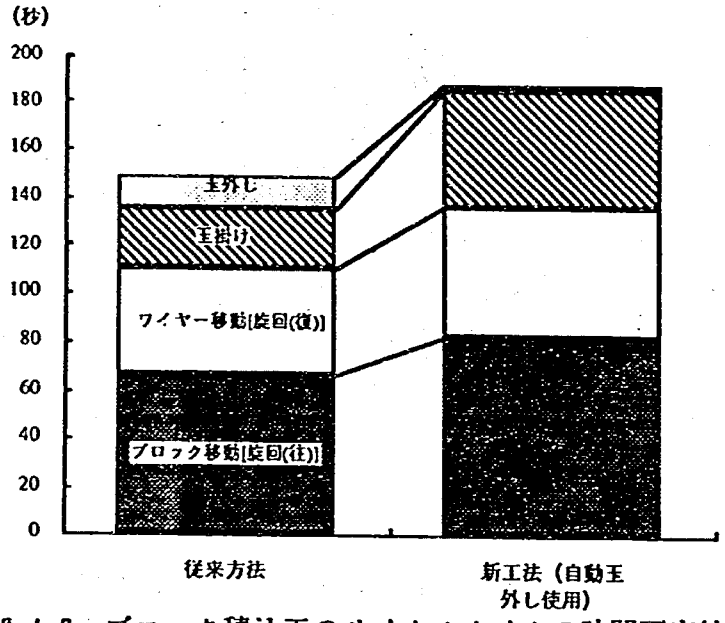


図7.4.7　ブロック積込工のサイクルタイムの時間研究結果

次に、玉掛け作業の時間の時間研究を行なったところ、新工法の自動玉外し装置では、２本のワイヤーを利用するために、作業時間が２倍に増加することがわかった。

以上の結果から、自動玉外し装置の機能として、ブロックの形状を問わず、玉掛けが効率よく、安定的に行なえるよう、改善する必要があることが明かとなった。

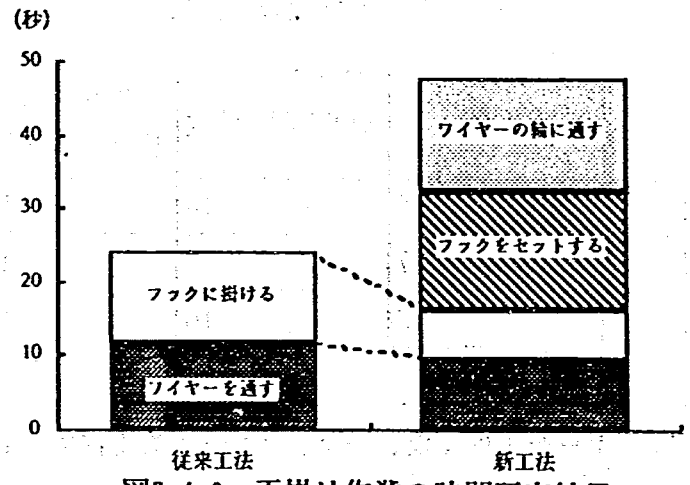


図7.4.8　玉掛け作業の時間研究結果

②ブロック据付工の分析結果

ブロックの据付の従来工法について、サイクルタイムの時間研究を行なった結果、海面位置に据え付けられる２層目のサイクルタイムが最も短く、海上で天端を合わせる必要がある３層目の据付のサイクルタイムが最も長いことが明かとなった。

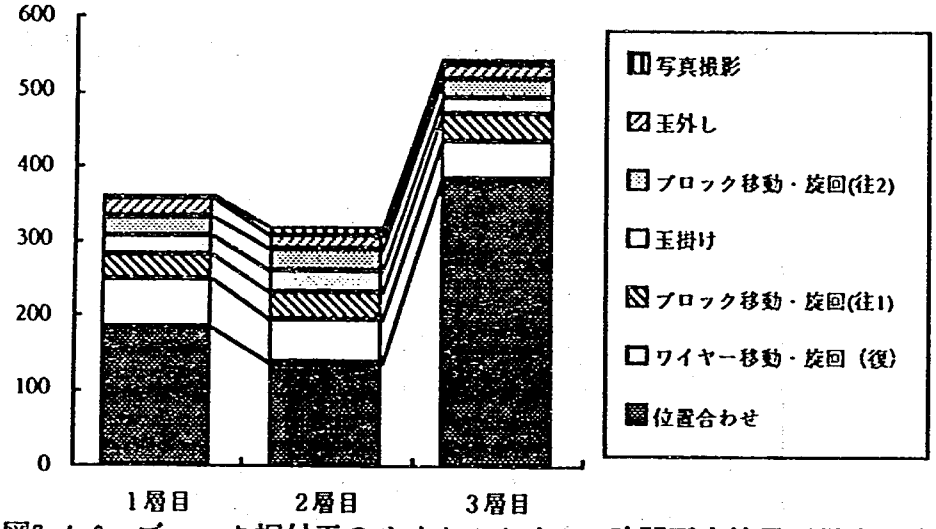


図7.4.9　ブロック据付工のサイクルタイムの時間研究結果（従来工法）

サイクルタイムの差は特に、位置合わせ作業が主たる要因となっているため、位置合わせ作業におけるやり直し回数を測定したところ、３層目のやり直しが最も、多いことが判明した。このことから、荷重で開放する自動玉外し装置を据付工に利用した場合、やり直しの度に、玉外しが行なわれる可能性があり、効率の低下や、危険性が高くなるものと判断され、調査日の施工条件で施工するには、自動玉外し機に適切なタイミングで玉外しが行なわれる機能が必要であることが予想される。また、３層目も容易に据え付けることのできる工法やブロックの開発も同時に改善すべきと見られる。

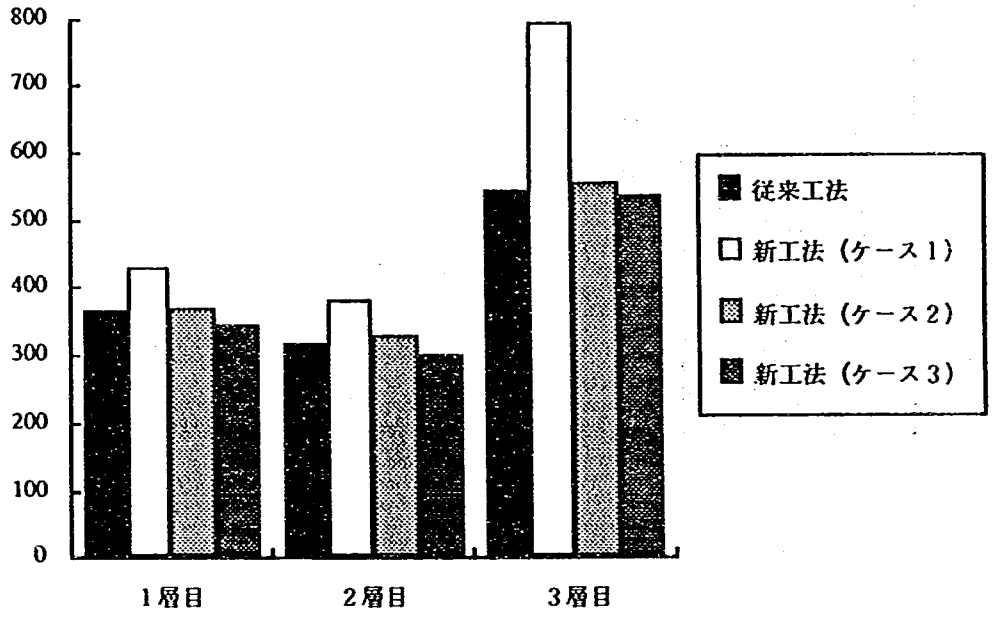
表7.4.7　やり直し回数の観測結果

	据付個数	やり直し回数	１個当りのやり直し回数
１層目	15	18	1.2
２層目	7	8	1.1
３層目	2	10	5.0

注）やり直し回数は、ワイヤーを下げた後、一旦、ブロックを上げて、もう一度下げることを１回と定義する。

積込み工（従来工法、新工法）、据付工の作業測定の結果から、新工法のサイクルタイムを分析した。

仮に、現状の玉外し装置を利用した場合には、サイクルタイムが長くなることが明かとなった（ケース１）。一方、玉掛け作業が容易で、適切なタイミングで玉外しが行なわれる場合には、僅かであるが、サイクルタイムが短縮する（ケース３）ことが判った。



注）ケース１：やり直しの発生に対して、玉掛けを再度行なうことを前提とする。

玉掛け時間、玉外し時間の前提を以下に示す。

玉掛け時間=据付工の玉掛け時間×補正係数

玉外し時間=据付工の玉外し時間×補正係数

補正係数=積込工の新工法の時間／従来工法の時間

ケース２：やり直しの発生に対して、玉掛けが発生しないことを前提とする。

他の条件はケース１と同じとする。

ケース３：玉掛け時間は据付工の従来工法の玉掛け時間と同等とする

他の条件はケース２と同じとする

図7.4.10　据付工のサイクルタイムのシミュレーション結果

③苦渋・安全に関する分析結果

潜水夫の作業について、分析したところ、１層目に、苦渋性や危険性の高い海中作業が集中していることが判った。

水中カメラを利用した観測の結果、海中では、玉外し作業、位置合わせ作業、海中移動を行なっていることが明かとなった。

従って、自動玉外し装置が、前述、ケース３のシミュレーションのように玉外しが行なわれる場合には、海中や、天端での作業が減少することが明かとなった。

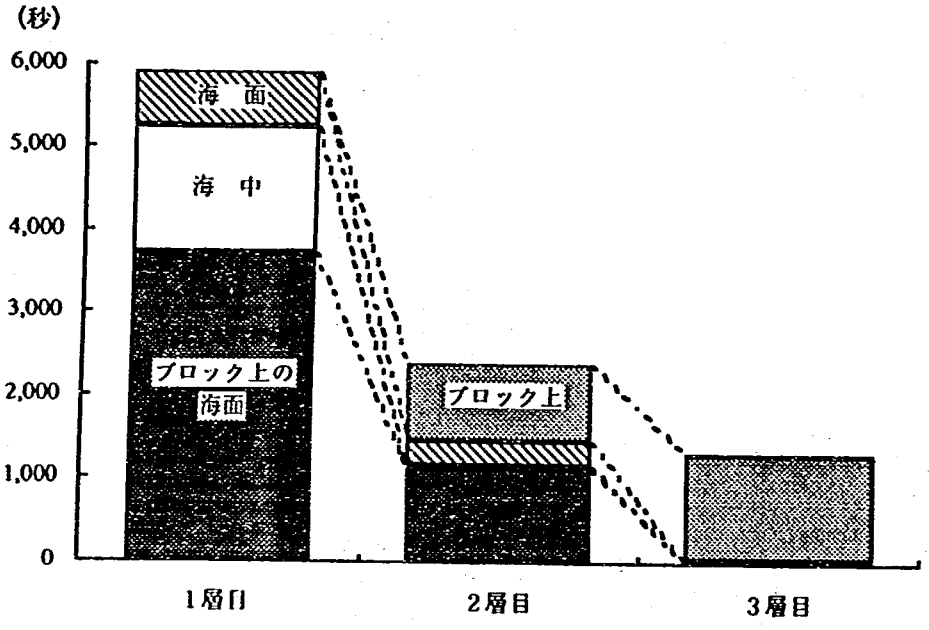


図7.4.11　潜水夫の作業場所の時間研究結果

表7.4.8　自動玉外し装置の改善効果

	作業の特徴	苦渋性の低減に関する効果	安全性の向上に関する効果
１層目の海中の玉外し作業の減少	１層目の海中作業は、位置合わせおよび玉外し作業が行なわれており、苦渋性や危険性が高い。	海中作業が1505秒から304秒(20.2%)減少するため、海中作業が低減する可能性がある。	海中作業は危険性を伴うため、危険環境での作業時間が20.2%減少する。
２層目のブロック上の玉外し作業の減少	ブロック上の作業には、玉外しの為のブロック上の移動が存在し、危険性の高い作業となっている。		２層目のブロック上の作業は893秒から140秒（15.7%）減少する。
３層目のブロック上の玉外し作業の減少	同上		３層目のブロック上の作業のうち、1296秒から、33秒(2.5%)減少する。

注）ケース３の新工法のサイクルタイムを前提とする。

8．機械化施工改善手法のマニュアル

8．1　施工改善手法の概要

8．1．1　適用の背景

（施工改善の必要性）

土木工事は一般に危険で不安定な労働環境、労働条件、気象条件、立地等の下で行われることが多く、厳しい条件の下で行われる。一方、そのマーケットは大規模化、多様化の傾向を強め、工期短縮等のニーズも強い。これらの諸問題を解決するために施工改善を図る必要がある。

〈解説〉

土木工事の主な問題点として以下の様な点が挙げられる。

①労働力不足が進んでおり、あわせて従事者の高齢化も進んでいる。

②屋外作業であるため天候の影響を受けやすく、劣悪な環境での作業が必要となる事がある。また、そのような生産性が低下した場合においても工期は決められており、現場の負担が大きい。

③ウォーターフロント開発、海底トンネル工事、大型橋梁工事等、工事が大規模化、多様化する傾向にあり、従来にない効率的な工事能力が求められつつおる。

④工事の大規模化、長期化に伴い、投下資本の早期回収という面から工期短縮のニーズが高まっている。

以上の点から、機械化施工を始めとする、土木作業の合理化、効率化へのニーズは高まってきている。このような状況に対処するため、製造業の生産システム改善で実績のある管理技術（ＩＥ技術）を土木分野に導入する事が有効かつ必要である。

これらの管理技術の導入により、時間短縮、省力化、苦渋性の低減、安全性の向上等の利点が考えられる。すなわち、時間短縮においては、工期の短縮による経費の削減、時間配分の適正化による労働条件の改善（休日の確保）等、省力化においては、人手不足対策、人員配置の適正化による労働環境の改善等、苦渋性の低減においては、建設技術者の高齢化に伴う作業効率の低下対策、イメージアップによる雇用対策等、安全性の向上においては、労働災害の防止、労働環境の改善が図れる。

8．1　施工改善手法の概要

8．1．1　適用の背景

（施工改善手法の重要性）

土木工事を効率的かつ適性に改善するためには長年の知識や経験による定性的データの他に、土木工事の作業の特性を考慮した定量的データを収集分析し、それらを効率的に活用し、対象工事・作業の生産能率を正しく評価していくことが重要である。

〈解説〉

1．従来の施工改善の実態

近年の国民経済の発展にともなって社会資本に対する需要も拡大、多様化してきており、土木工事においても高品質と短工期の施工の実現が求められている。

このような中で、土木事業の効率的な執行の実現には、施工機械単独の改善のみならず、施工全体を考慮した新たな改善策が必要である。

従来の土木工事の施工改善は、専門家による経験・知見に基づいて行われてきたが、つぎのような問題があった。

①従来の方法では、高度な専門知識や長年にわたる経験が必要であり、また、その専門家の養成は容易ではない。

②知識や経験に基づく施工改善は、定性的な改善に留まり、その改善効果の比較評価が難しく、充分な改善が図れない。

このため、定量的なデータによる施工改善手法を導入することができれば、上記のような問題が解決する。

2．歩掛り調査等との相違点

土木工事分野で実施されている歩掛り調査等では、標準的な施工について、作業手順、投入資源（作業者、機材）、作業の問題点（作業時間、苦渋度、安全度等）について数百にもおよぶデータから当該工種の平均的工数を求めている。

これらのデータはデータの分解能、作業間の関係、施工現場の特殊性（施工条件）の取り扱いにおいて、実態は大きな母集団に包含されるもので、改善目標に対応した問題点の把握や改善案の検討に対応するものではない。従って、歩掛調査等は改善の対象となる実作業の実態とそのデータに基づいた施工改善には対応できない。

3．管理技術の活用

製造業の工場では、管理技術を駆使した作業データに基づく生産の合理化が行われている。この手法は、インダストリアル・エンジニアリング（以下、「ＩＥ」と略す）と呼ばれている。ＪＩＳ　Ｚ８１４１においてＩＥは以下のように定義されている。

『ＩＥとは、人、材料、設備、エネルギー、情報の統合された体系の設計、改良、設定に関する活動であり、その体系から得られる成果を規定し、予測し、評価するために、工学的な分析・設計の原理と方法に加え、数学、自然科学および社会科学の専門知識と経験とを利用して行うものである。』

つまり、経営資源を有効的に活用するために、システムの設計・改良・設定を行うものであり、そこでは定量的に規定、予測、評価をすることが必要となる。工場ラインにおける作業改善にはＩＥ手法の中の作業研究が広く活用されてきた。

作業研究は次の機能を目的として利用されている。

・仕事や作業の仕組みや方法の改善と設計
・作業方法と作業条件の標準化と作業標準の設定
・作業者に対する作業改善の指導
・標準時間の設定による作業管理
・計画・管理部門への時間資料の提供
・生産性の測定
・作業域のレイアウト

建築分野でも、このような作業研究が行われ、成果を上げつつあり、土木作業においても、このような施工改善は有効と思われる。

しかし、土木作業へのこのような改善手法の適用にあたっては、土木工事の特殊性である自然を対象としていること、大型の機械による施工で、しかも作業領域（空間）が広いこと、作業現場が異なること、非繰返し作業が多いこと、作業時間が長いこと、作業者の熟練や判断が要求されることなどを充分に考慮しなければならない。

8．1　施工改善手法の概要

8．1．2　本マニュアル（案）の狙い

（本マニュアル（案）の狙い）

このマニュアル（案）に示す施工改善手法は、土木工事の効率的推進を目的として実施する種々の改善活動の指針となるべきものである。その利用にあたっては、マニュアルの構成を把握した上で、取り組む改善目的に合わせて利用する必要がある。

〈解説〉

1．適用範囲

本マニュアル（案）は、土木工事における施工改善手法を初めて系統的に整理統合したものであり、土木工事に関与する技術者の共通の評価手法を普及させるために作成したもので、土木工事における作業の合理化、稼働率の向上、省力化、あるいは工期の短縮など、作業能率の向上、苦渋性の低減、安全性の向上を目的として行う土木工事・作業の改善に適用する。

2．マニュアル（案）の構成

本マニュアル（案）は、図1.2.1に示す構成を有しており、概要の把握、測定・分析手法の解説、目標別の具体的な進め方、実施例と大きく４つの部分より構成されている。

3．マニュアル（案）の利用方法の例

本マニュアル（案）の利用方法には、次の３つの方法がある。

（１）取り組むべき改善目標が明らかな場合は、第６編で各改善目標を選択し、各章の手順に従い、改善を進める。具体的な作業方法は、第３～５編を参照する。

（２）全体の概念をとらえた上で改善を行う場合には、第１～２編を読んだ後、第６編を参照しながら、改善計画を立案し、実施に移す。具体的な方法は、第３～５編を参照する。

（３）具体的な改善事例を参考にする場合には、第７編を読んだ後に、第６編を参照する。

8．1　施工改善手法の概要

8．1．3　適用上の注意点

（適用上の注意点）

施工改善手法の適用にあたっては、改善対象の工種・工程の特徴を十分に把握しなければならない。

土木作業においては、測定手法や分析手法等を検討する上で、工場作業や建築作業と比較して、作業環境、作業範囲、測定対象物（建設機械等）、分析の単位・レベルの扱いに多少の相違点が生じるため注意を要する。

〈解説〉

土木工事における施工改善にあたっては、土木工事の特徴を踏まえた手法の適用を検討する必要がある。土木作業の特徴から、以下の点で検討が必要となる。

1．測定手法に対する検討

①作業環境の影響

作業環境は工場では殆ど変わることはないが、土木では自然を相手とした作業が多く作業環境は異なる。したがって、測定に当たっては環境の要因を考慮することが必要となる。

②作業範囲の確認

工場では屋内作業が多く、その作業は一定でしかも狭い範囲内で行われることが多い。これに対して土木工事の場合には移動を伴う作業が多く、しかもその範囲は広い。このため、広範囲に対応できる測定方法を検討する必要がある。

③測定対象物（建設機械等）の特徴

工場の場合には機械が据付けられていることが殆どであるが、建設機械は移動を伴う。このため、機械の稼働率を測定するような場合には、自動的なデータ収集装置をつけるなどの対応が必要となる。一方、一つの機械で複数の作業をする場合もあり、機械自体の作業に注目した測定も検討する必要がある。

2．分析手法に対する検討

①分析単位の選定

土木工事の現場では一つの作業に関わる人員が多いので、工場のように個人の作業員に着目するよりも、グループやチームを単位とした分析を考えなければならない。

②分析レベルの選定

工場では一人の行う作業は少なく専門化されている。このため、動作レベル（摑む、探すなど）で分析が行われているが、土木工事の場合はむしろよりマクロ的なレベルでの分析が必要となる。

③習熟効果の把握

習熟が要求される機械を中心とした作業や、繰返し作業の場合などで標準時間を設定する際には、習熟効果を考慮する必要がある。

3．その他

製造業では標準作業があらかじめ設定され、作業員はその作業手順にそって作業することが義務づけられ、しかもそれが可能である。一方、そのような厳しい管理は土木工事では行われておらず、作業環境が変化する場合には作業者の判断により手順は柔軟に対応されることもある。

また、製造業では、多くのＩＥ手法が開発適用されて、近年では極めて高度なＩＥ手法が開発されている。初期には、作業研究（時間研究と方法研究）を中心に生産現場の改善に利用されてきたが、ＩＥ手法の拡大とともに、適用される分野は拡大しており、適用されるレベルも工場の生産に係わる分野から、経営に係わる分野まで広く関係している。

しかし、土木工事においては、それら全てを一時期に導入するには、背景環境（物理的、人的）が整備されているとは言えない。

そこで、導入の第一段階では、時間研究と方法研究を中心として各手法を適用し、その後各種手法により施工改善を実施することが望ましい。

工場・建築現場・土木現場の分析要素の相違点をまとめると表1.3.1のようになる。

表1.3.1　作業にみられる特徴の比較

		工　場	建築工事	土木工事
作業人員	組作業の人員	少ない	多い	多い
	（例）	切削機械	型枠工事	海洋土木
	一人のする作業種類	少ない	多い	多い
	（例）	電子部品の装着	鉄筋工・蔦工	ﾌﾞﾛｯｸ積み
機械	操作する際の習熟度	余り要求されない	要求される	要求される
	（例）	NC加工機械	ｸﾚｰﾝ作業	ﾊﾟﾜｰｼｮﾍﾞﾙ
	一つの機械のする作業	一種類	数種類	多種類
	（例）	切削機械	ｸﾚｰﾝ作業	ﾊﾟﾜｰｼｮﾍﾞﾙ
作業場所	作業範囲	一定・狭い	異なる・狭い	異なる・広い
	（例）	ﾍﾞﾙﾄｺﾝﾍﾞｱの生産ﾗｲﾝ	鉄筋工	ﾄﾝﾈﾙ工、ｺﾝｸﾘｰﾄ吹き付け
	作業環境	一定	異なる	極めて異なる
	（例）	切削作業	躯体作業	海洋土木工
作業特性	人の移動	ない	多い	頻繁
	（例）	切削作業	型枠工、蔦工	海洋土木・捨石均し
	機械の移動	ない	多い	頻繁
	（例）	工作機械	杭打工事	舗装工事・シールド
	ｻｲｸﾙﾀｲﾑ	短い	長い	長い
	（例）	自動車の	ｸﾚｰﾝ作業	基礎工・泥水処理
	作業手順	決まったとおり殆ど守ることができる	大略は決まっているが細部は個人により異なる	決まっている場合もあるが、状況により異なる
	（例）	自動車の組み立て	各種内装仕上げ工	ﾄﾝﾈﾙ工・当たり取り

8．2　施工改善の進め方

8．2．1　基本プロセス

（基本プロセス）

施工改善は、所定の手続きに従って進めなければならない。基本的なプロセスは、次の３つの大別される。

１．問題点を確定させるための活動

２．改善に必要なデータの収集

３．問題点を解決するための活動

施工改善の実施は、問題点を確定させ、必要に応じて作業測定を実施し、その後解決に向けた行動を行う。具体的には、改善の対象となる工種・工程を絞り込み、問題点を整理する。その結果を基に適切な施工改善目的を明確にして、評価項目を決定する。必要に応じて測定計画を立てデータを収集して、改善提案を行う。改善案は、多分野の専門家との議論を踏まえてとりまとめ、改善効果の分析・評価を行う。

〈解説〉

１．問題点を確定させるための活動

１－１．問題点の認識と分類

現状の施工の問題点を改善の視点に照らし合わせてどの様な問題点が発生しているかを把握し、施工改善の目的を明確にする。

１－２．対象作業の選定

現状の施工の問題点を把握するために、作業項目、分析レベル等を検討する。

１－３．評価項目（指標）の選定

さらに対象作業の問題点を評価するために、評価項目、評価指標を検討する。

１－４．工事実績データの収集

改善情報の収集・検討は主に文献調査とヒアリングによる。

ａ．文献調査

現状の問題点を明確にするために、改善対象となる工事と類似した工事に関する文献

（土木工事における死亡災害発生に関する報告書、夜間作業の問題に関する報告書、悪環境下の作業に関する報告書等）を調査し、改善のための手掛りを把握する。

b．ヒアリング

現状の問題点を明確にするために、現場技術者・作業員等を対象にヒアリングを行い、改善活動の概ねの方向性を得る。

1－5．既存データの分析

工事実積（工事日報、作業日報、労務日報、重機作業日報等）から現状の問題点を定量的に把握する。

1－6．作業測定の必要性の判定

既存データの分析により、新たなデータが必要になった場合には作業測定を実施し、既存データで対応できる場合には改善案の策定にはいる。

2．改善に必要なデータの収集

2－1．測定計画の立案

作業測定が必要であると判定された場合には、施工実態に適合するように測定方法や記録用紙等を設計し、測定計画を立案する。

2－2．測定の実施

測定は、事前測定と本測定に分けて実施する。

a．事前測定

作業測定が必要であると判定された場合には、作業測定が施工実態に適合できるかを検討するために、作業測定の試行を実施する。

b．本測定

作業測定の試行結果から不備な点について修正を行い作業測定を実施する。

2－3．測定結果の分析

改善目標ならびに調査計画等に基づき、分析方法（工程分析、機械の分析、作業者の分析等）を検討する。

2－4．測定結果の評価

現場の作業調査の結果を分析し、施工の問題点について分析する。この際、問題点を

定量的に表現する。

3．問題点を解決するのための活動

3－1．改善目標値の設定

施工上の問題点を生産性の向上、苦渋性の低減、安全性の向上の視点から整理し、改善の目標値を設定する。

3－2．改善案の抽出

調査分析結果から得られた施工の問題点について、改善案を整理し、数多くの改善案を抽出する。改善案は、多分野の専門家との議論を踏まえ、実現性や技術水準等を考慮して絞り込む。

3－3．改善案の評価

改善案を定量的に評価するために、測定データや既存データ等を用いた改善効果のシミュレーションを行う。さらに確認施工を行いそれに関するデータを収集して、改善効果を定量的に把握する。

以上の手順を図に示すと図2.1.1のようになる。ただし、これらの手順は固定的なものではなく、対応する問題により適宜修正が必要であることに注意する。

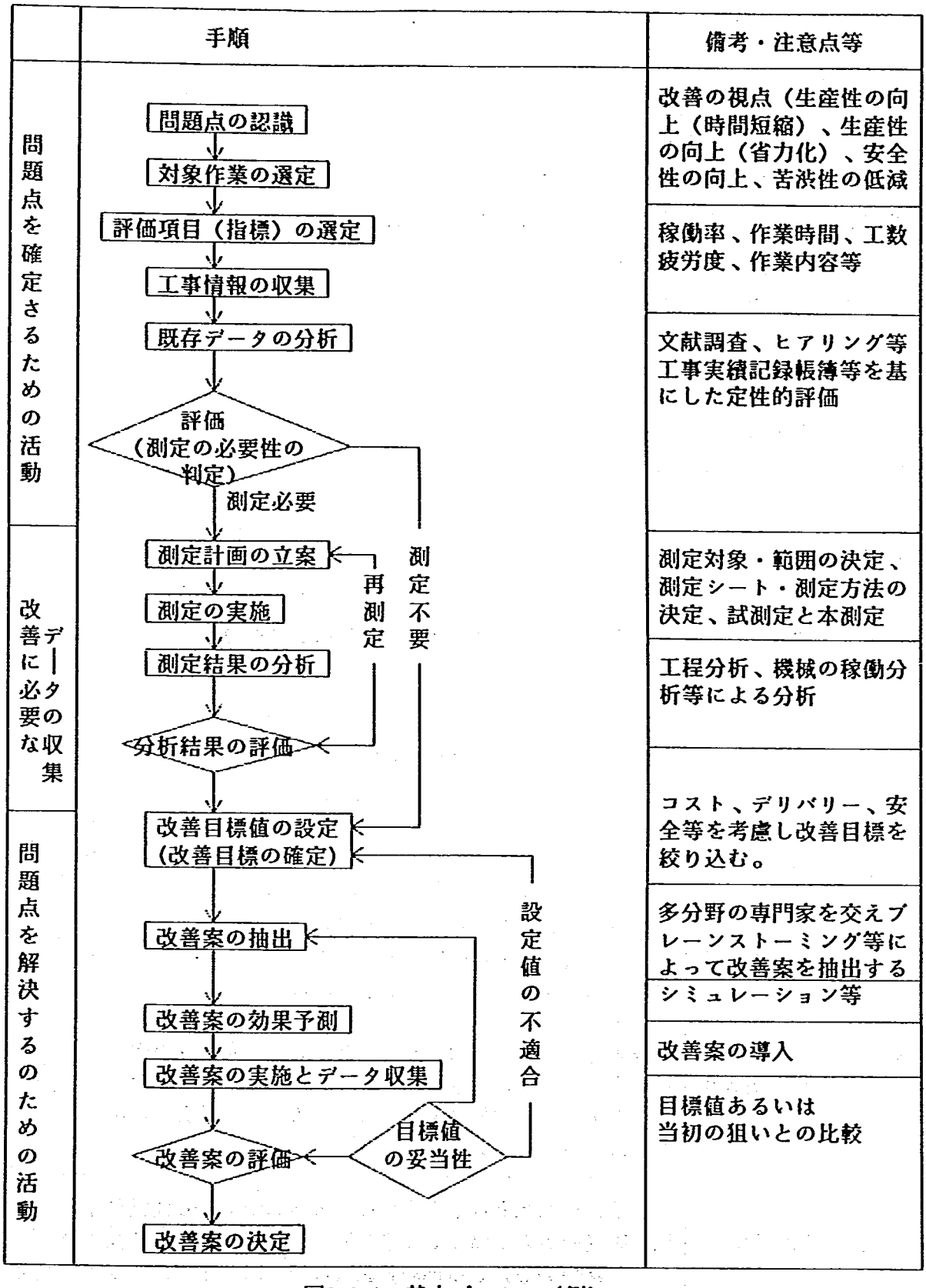


図2.1.1　基本プロセス（例）

8．2　施工改善の進め方

8．2．2　具体的な方法

（改善の視点と目的設定）

施工改善の実施にあたっては、現状の問題点に対して施工改善を行う目的を明かにする必要がある。この際、本マニュアル（案）における改善のための視点には、

1．生産性の向上（時間短縮）

2．生産性の向上（省力化）

3．苦渋性の低減

4．安全性の向上

の4通りがある。

〈解説〉

本マニュアル（案）における施工改善のための視点の分類、改善内容と本マニュアルの対応部を表2.2.1.1に示す。

表2.2.1.1　改善の視点及び内容（1／2）

本マニュアルでの改善の視点		施工改善の内容	目次対応
生産性の向上	時間短縮	目標品質等を確保しながら目標とする施工量（全施工量、日・週・月・年単位施工量）を消化するのに要する時間を可能な限り短縮することである。	8．6 8.6.2
	省力化・省人化	投入労働力を効率的に配分したり、一人当たりの作業量を上げることにより、目標とする施工量（全施工量、日・週・月・年単位施工量）に対する投入労働力の総量を削減することである。	8．6 8.6.3
苦渋性の低減		苦渋性の低減とは、作業に伴う苦渋、すなわち作業環境要因（明るさ、温度、騒音等）、肉体的要因（作業強度、作業姿勢等）、精神的要因（作業の細密さや単調度等）を改善して作業負荷を減らすことである。	8．6 8.6.4

表2.2.1.1　改善の視点及び内容（2／2）

本マニュアルでの改善の視点	施工改善の内容	目次対応
安全性の向上	安全性の向上とは、労働災害を発生させる要因、即ち内部要因（人為的ミス、エラー等）と外部要因（機械、設備の危険性等）を排除して、災害の発生を防止し、作業員の安全を確保することである。	8．6 8.6.5

土工、海洋土木、トンネル工、舗装工について生産性の向上、苦渋性の低減及び安全性の向上に関して改善の視点の一例をまとめると表2.2.1.2になる。

表2.2.1.2　改善の視点の一例

改善の視点	土　工	海洋土木	トンネル工	舗装工
生産性の向上	細部作業等が人力作業になり、作業時間がかかる。	フローティングクレーンと潜水士が共同作業となり、時間がかかる。	カン・経験にたよる作業が多く、人力作業になり時間かかる。	表面仕上げ作業が人力によるフロート仕上げになり時間がかかる。
苦渋性の低減	危険環境（高所等）・悪環境（粉塵等）作業環境で肉体的疲労を受けやすい。	潜水人力作業で行われているため、きわめて体力の消耗が激しい。	無理な姿勢での作業が多いので肉体的な疲労を受けやすい。	無理な姿勢での作業が多いので肉体的な疲労を受けやすい。
安全性の向上	掘削機械に死角が存在し、作業者と機械の接触事故が発生しやすい。	作業者間の合図や確認のミスから労働災害が発生しやすい。	火薬装填作業の場合、人力作業になるため爆発の可能性がある。	敷均機械と仕上げ機械の間での作業となり接触事故が発生しやすい。

8．2　施工改善の進め方

8．2．2　具体的な方法

（測定）

問題点の把握または改善案の評価を行うために、既存データの収集・検討や作業測定を行う。このため、改善に最も効果的な測定項目や測定手段を選択する必要がある。収集したデータは統計的手法を用い、測定整理した上で、各々の有効性を推定し、必要に応じてデータ間の関係を明らかにする。

〈解説〉

1．測定項目

作業測定の実施は、改善の視点である、生産性の向上（時間短縮）、生産性の向上（省力化）、苦渋性の低減、安全性の向上に基づいて適切な評価項目・測定項目を選ばなければならない。

表2.2.2.1　改善の視点と評価項目及び測定項目（1／2）

改善の視点	評価項目	測定項目
生産性の向上（時間短縮）	作業者の稼働率	稼働率＝稼働時間／作業時間
	機械の稼働率	稼働率＝稼働時間／作業時間
	機械作業の作業時間	作業終了時刻－作業開始時刻
	作業者の作業時間	作業終了時刻－作業開始時刻
生産性の向上（省力化）	作業者の職種別投入数	工程別の作業者数
	作業者の作業時間	作業終了時刻－作業開始時刻
	作業工数（人数×時間）	全作業者の作業別の作業時間
苦渋性の低減	作業者の作業時間	作業終了時刻－作業開始時刻
	作業姿勢	作業姿勢別の作業時間
	悪環境下での作業時間	作業終了時刻－作業開始時刻
	人力を要する作業の作業時間	作業形態別の時間・工数
	作業工数	作業者の作業別の作業時間
	疲労度	エネルギー代謝率・作業時間

表2.2.2.1　測定項目と評価項目（2／2）

改善の視点	評価項目	測定項目
安全性の向上	作業者の作業時間	作業終了時刻－作業開始時刻
	機械と作業者の作業関係	機械と作業者の作業時間の流れ、作業距離
	作業者の作業内容	作業内容別作業時間

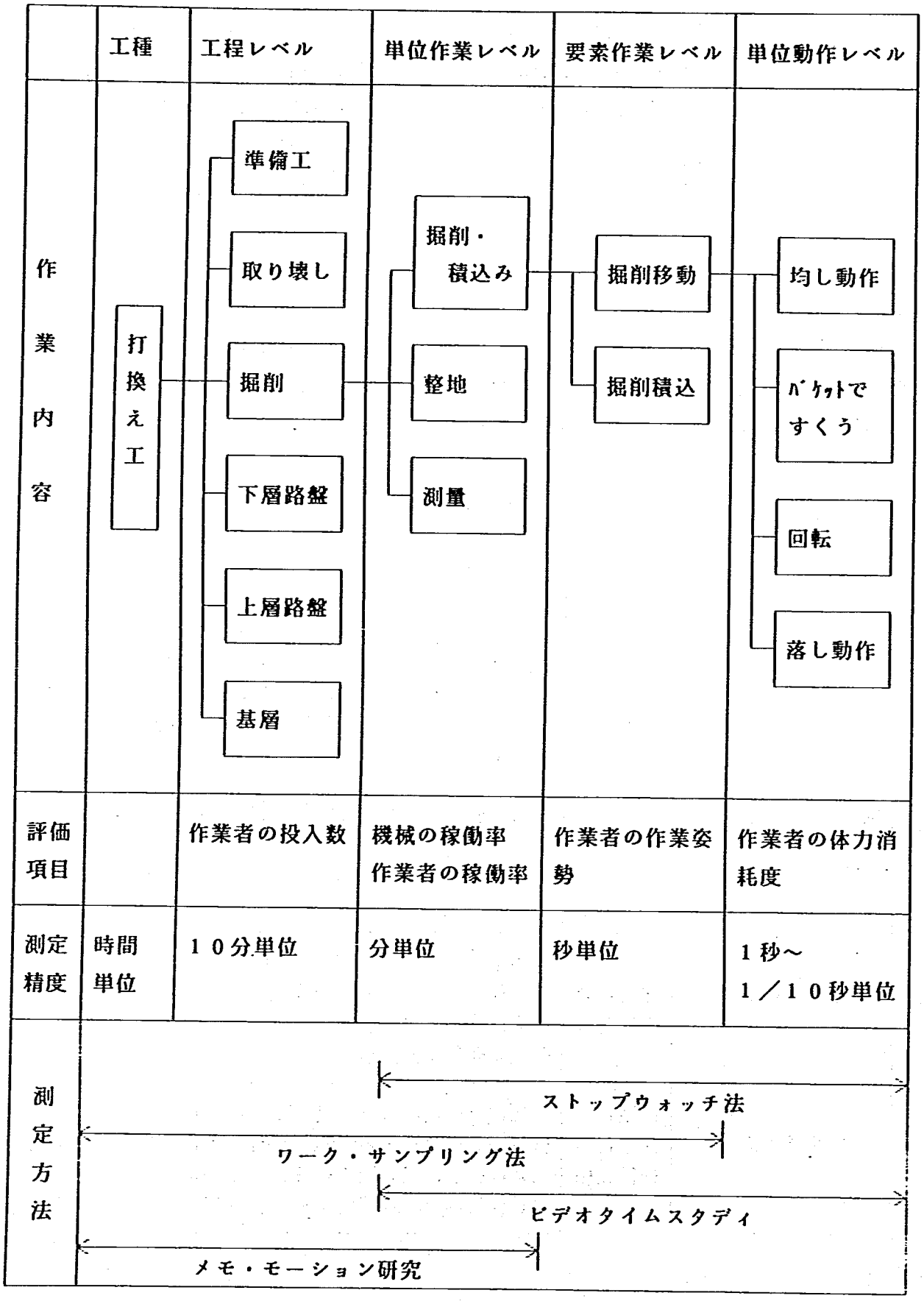
2．測定レベル

作業測定は対象とする作業の特性に合わせた測定レベルで行わなくてはならない。各視点における測定内容と測定レベルを表2.2.2.2に示す。また、具体例として表2.2.2.3に道路修繕の打換え工法での測定レベルを示す。

表2.2.2.2　改善の視点と測定内容及び測定レベル

本マニュアルでの改善の視点		評価項目	測定内容	測定レベル
生産性の向上	時間短縮	重機の作業時間	重機のサイクルタイムを測定する。重機のサイクルタイムは、例えば均し動作、バケットですくう、旋回、落とし動作等で、作業時間は非常に短い。	秒単位
	省力化・省人化	工程別の作業工数	工程別の作業者数と作業時間を測定する。工程別の作業は、例えば準備工、取り壊し工や掘削工、下層路盤工等で作業時間が非常に長い。	10分単位
苦渋性の低減		作業者の作業姿勢	作業者の作業姿勢別の作業時間の測定を行う。作業者の作業姿勢の作業は、たとえば材料を運ぶ、位置を調節する、セットする等で作業時間は比較的短い。	秒単位
安全性の向上		機械と作業者の作行関係	機械と作業者の作業時間、機械と作業者の作業距離を測定する。機械と作業者の作業は例えば掘削作業、積み込み作業、整地作業、測量作業等で、作業時間は比較的長い。	分単位

表2.2.2.3　道路維持修繕　打換え工法における測定レベル



3．測定手段の選択

測定を実施する際には、測定方法が有するそれ自体の特徴に注意する必要がある。表2.2.2.4 に測定手段の一例と測定における留意点等を示す。通常の土木工事においては、0.1 秒単位の測定分析が要求される場合は少ないので、マイクロモーション研究やＰＴＳ法は省略する。

4．データの整理

収集したデータについては各種の統計値を求めて整理すると共に、母集団の特性値であるか否かを統計的手法により検定・推定する。また、必要に応じて、相関分析、重回帰分析等を用いてデータ間の関連を明らかにする。

測定データのまとめ方に関しては、統計学の専門書を参考にするとよい。

表2.2.2.4　測定手段の一例と測定における留意点

測定手段	測定手段の概要	測定レベル	測定項目	測定における留意点	測定精度
ストップウオッチ法	規則的な作業をストップウオッチで直接、また、サイクルタイムが長いときは、普通の時計で作業時間を測定する。	単位作業レベル	機械・作業者の作業時間	観測回数を充分に検討する。直接測定した結果をレーティング（正常なペースと観測対象のペースとを比較判断し、観測時間値を修正する）で修正する必要がある。	秒単位
		要素作業レベル	作業者の作業姿勢別の時間		
		単位動作レベル	機械の動作時間		
ワークサンプイング法（ビデオ・ワークサンプリング法）	観測対象の人や、機械設備について観測した項目をランダムまたは等間隔で測定して、稼働状況を把握する。	工程レベル		ランダムまたは等間隔の観測時間で測定する。離散的な測定で作業の障害とならずに効率的に作業測定を検討する必要がある。	分単位
		単位作業レベル	機械や作業者の作業時間		
		要素作業レベル	動作ベルの作業時間		
ビデオ・タイムスタディ	不規則あるいは規則定期な作業をＶＴＲを使って直接作業時間を測定する。	単位作業レベル	作業者の投入数	ビデオ及び撮影機の位置や移動、また光量の検討を要する。作業者の移動距離によっては固定カメラで追いきれない可能性もある。	秒単位
		要素作業レベル	作業者の作業時間、機械の作業時間		
		単位動作レベル			
メモ・モーション研究（ビデオ・メモ・モーション法）	不規則で作業周期の長い作業を遅い速度で撮影したフィルムのこま数を計算する。	工程レベル	工程別の作業時間		秒単位
		単位作業レベル	機械と作業者の作業時間		

8．2　施工改善の進め方

8．2．2　具体的な方法

（分析）

問題点の定量化または改善案の効果を定量化するために、収集された作業データの分析を行う。分析に際しては、対象作業に適した手法を選択する必要がある

〈解説〉

工事実績データの収集や作業測定が終了後、それらのデータを分析することになる。収集されたデータは、改善すべき項目を抽出したり、改善案を立案する上で基礎となる情報源である。データの分析は、表2.2.3.1にしたがって実施する。

表2.2.3.1　分析方法（1／2）

分析方法	分析方法の概要
工事実績の分析 1.工事工程分析 2.労務実績分析 3.機械の運行記録の分析	主に作業現場で作成されている工事実績記録等を活用してクリティカルになっている工程、工数の多い作業、機械の稼働状況等を把握し改善点を明らかにする。改善項目、目標の設定にはパレード図、統計的手法を活用する。
工程分析	施工現場に於ける作業者、資材の流れ、作業手順を工程プロセスに従って分析し、作業者配置、資材の運搬、作業手順等の改善点明らかにする。工程分析に際しては、工程・図記号を用いて作業手待ち、移動、検査等の時間、移動距離等を分析する。
稼働分析	作業者、施工機械の作業時間を調査し、各々の稼働率を向上させる為の作業改善案と標準時間設定用の余裕率を求めるために行う。作業時間の調査にはストップウオッチ法、ワークサンプリング法、ビデオメモモーション法等が利用される。
作業時間の分析	作業をねらいとする作業改善に合致させた作業単位に分析し工程単位、単位作業、要素作業）、作業測定を行い作業時間データをもとにして時間短縮、省力化等の為の作業改善点を明らかにする。調査には稼働分析と同様な方法が利用される。
連合作業分析	作業者と施工機械の組作業時に発生する各々の手待時間を明らかにし、それらを減少させる為の改善点（作業者配置、機械配置作業手順等）を明らかにする為に行う。縦、または横軸に作業時間軸を取り作業者、施工機械の稼働状況を記録する。

表2.2.3.1　分析方法（2／2）

分析方法	分　析　方　法　の　概　要
動作分析	作業者の動作、施工機械の動作を記録し、各々の動きのムリ、ムダ、ムラを明らかにし、改善点を明らかにする。一般にはサーブリック記号を用いて分析する。
苦渋性・安全性の分析	作業環境要因である温熱、照明、騒音、振動、気質、肉体疲労度、危険区域への立ち入り回数等を測定、分析し改善項目を明らかにすることを目的とする。

8．2　施工改善の進め方

8．2．2　具体的な方法

（改善案の抽出）

測定・分析により問題点が明らかにされた後、改善目標を定め改善案の抽出を実施する。改善案の抽出にあたっては、各種の情報を集めブレーンストーミング等により出来るだけ数多く抽出することが望ましい。立案された改善案が必ずしも現場に採用されるとは限らず、実施の段階で代案がしばしば要求されるためで、通常は２～３案程度考案することになるが、複雑な現場ではそれ以上抽出される場合もある。

〈解説〉

測定結果の分析等から明らかになった問題点に対して、作業手順、投資資源（作業者、機械）、改善の視点（生産性の向上、苦渋性の低減、安全性の向上について整理し、改善目標を設定する。

改善案の抽出にあたっては、各工程において要求される作業能力よりもはるかに上回るような作業能力のものを導入してはならない。また、各工程において要求される作業能力について考慮する必要がある。

選択した評価指標について最も改善される案から順序をつけるが、文献調査や多分野の専門家・技術者・学識経験者等へのヒアリングを通して、現実性、技術水準、緊急度、改善のニーズ等を考慮する必要がある。

改善案の立案に当たっては、表2.2.1の基本手法を活用する。立案手法の具体的な適用方法については８．５を参照すること。

表2.2.1　改善案立案の基本手法

立　案　手　法	手　法　の　内　容
ブレーンストーミング法	連想と競争の刺激作用によって、アイデアを数多く立案し、改善に必要なアイデアを分類整理する方法
３Ｓ	単純化・標準化・専門化の３点についてアイデアを羅列していく方法
５Ｗ１Ｈ法	対象、目的、場所、時期、人、手段の各視点から改善案を立案する方法
オースボーンのチェクリスト	アイデアを立案すための着眼点として、いくつかのチェック項目を用意し、１つのテーマについて、各視点から考える方法
欠点列挙法	作業・仕事等について欠点（不備な点、不都合な点、不合理な点等）を数多く提案していく方法
希望点列挙法	現状、環境等を考慮しないで希望点（こうあるべきだ、こうなっているといいのだが）というように、あるべき理想の姿を列挙していく方法

8．2　施工改善の進め方

8．2．2　具体的な方法

（評価）

立案された改善案に対して、測定データや従来までに蓄積されたデータを用いて、改善効果のシミュレーションを行い、定量的な評価をする。さらに、実現場にて確認施工を実施する。

〈解説〉

改善案が立案されたら、その評価が必要となる。机上検討やシミュレーションによって得られた結果より改善案の評価を下すことになる。この場合、①事前に設定された改善目標への適合性、②改善案を採用した場合の工費、工期、品質等への影響等について検討を行うことが必要となる。

その際、なるべく既存のデータを改善案の立案と効果の算定に役立てるようにするが、作業測定を実施しそのデータを活用する場合には、改善案の立案と実施を円滑に実施できるように、手戻りが無いように注意しなければならない。

改善案が決定されたら早期に改善案による確認施工を実施する必要がある。実施にあたっては、実施計画書等を作成し、対象工事の作業者の理解が得られるようにしなければならない。その場合、下記の様な点が考えられる。

①導入意義の教育（改善の趣旨や作業方法の徹底）

②改善に対する意欲の維持と向上（改善策の実施に積極的に参加できる雰囲気の醸成）

8．2　施工改善の進め方

8．2．3　実施体制

（実施体制）

施工改善を推進するためには、資料の収集、作業測定の実施、データの分析、改善案の抽出・評価等の各プロセスに合わせて、役割分担を決め、改善対象とする現場等との連絡調整を確実に図ることができる実施体制を整える必要がある

〈解説〉

1．実施人員と役割分担

（1）実施人員の構成

改善実施チームは、概ね4名（調査、各工種の専門家等）、測定実施チームは、概ね4名（計測関係の専門家）の合計8名程度の構成となる。

（2）基礎資料の収集（現状の問題点）

改善実施チームと測定実施チームとの共同作業による基礎資料の収集

○資料収集（作業工程表、図面、工事作業日報等）

○現場の責任者へのヒアリング

○建設会社の技術者へのヒアリング

（改善目標の設定、作業項目の把握、作業手順の把握　業項目の評価）

（3）事前測定

○測定チームによる測定レベル、測定項目、測定手段および記録用紙等の検討

○改善実施チームによる現場との交渉、打ち合わせ（現場の協力と理解を求める）

○測定チームによる事前測定の実施

○測定チームによる測定計画の修正（事前測定に関して測定方法の見直し、記録用紙の修正等）

（4）本測定

○改善実施チームと測定実施チームの共同作業による現場への測定計画の説明および交渉（現場の協力と理解を求める）

○測定チームによる測定準備
○測定チームによる測定の実施
○測定チームによるデータの整理

（5）分析（問題点の分析）
○改善実施チームによるデータの分析
○改善実施チームによる問題点の定量化

（6）改善案の検討（改善案の抽出、事前評価）
○現場の技術者、その他建設会社の機械技術者、建設機械メーカの技術者（5名程度）、改善チームによる分析結果の検討、改善案の抽出と評価

（7）改善効果確認施工（改善案の評価、決定）
○測定チームによる測定計画の作成
○改善実施チームと測定チームによる現場への測定計画の説明および交渉
○測定チームによる測定準備
○測定チームによる測定の実施
○測定チームによるデータの整理
○改善実施チームによるデータの分析
○現場の建設会社、改善実施チームによる分析結果の検討、改善案の評価

2．改善リーダーの必要性

施工改善の実施では各実施段階で各種の人員が改善対象に接近するため、情報の流れが途切れる等、各部分で不都合が生じる場合がある。

このため、着手から終了までを一貫して担当する改善推進リーダーの配置が必要である。

8．3　測定方法

8．3．1　測定方法の選定

（改善の視点と測定方法の対応）

改善の視点や目的に対応した測定方法を選出することが重要である。測定方法の選定に当たっては、まず、概略的に作業の現状を把握した上で、より詳細なデータを収集することを考える必要がある。改善に必要なデータの収集方法には、帳票や工程表等に記載された工事の実績記録を利用する場合と、専用の機器等を用いて特定作業を対象に各種の現場測定を実施する場合とがある。

（解説）

1．工事実績の記録

工事実績の記録としては、工事工程、労務実績、機械の運行データの３つがある。

工事工程の記録は、工事の推移、工事間の関係等を示すものであり、工事の進捗度の把握や時間短縮などを図る際に役立つ。

労務実績の記録は、作業者の人数や、作業の内容等を示すもので、作業者の配置状況の把握や省力化などを図る際に役立つ。

機械の運行データの記録は、機種、運行台数、作業内容等を示すもので、機械の稼動状況の把握や時間短縮、省力化などに役立つ。

2．工程分析

工程分析は材料や部品、作業者や機械の動きなどを工事や作業の流れに従って調査するものであり、工程における問題点や改善事項を見い出す。

3．稼働分析

稼動分析は作業者や機械の稼働状況を測定するものであり、ワーク・サンプリング法が一般的には用いられる。目視観察による方法と、ビデオカメラにて撮影した映像をもとに間接的に測定する方法とがある。

4．時間研究

時間研究は、作業に要する時間を測定して、作業方法や作業条件との関係から改善点を明らかにするものであり、時計を用いた方法とビデオカメラ等を用いた方法とがある。

5．動作分析

作業者あるいは建設機械の動きを測定して、ムリ・ムダ・ムラを排除し、改善を図るもので、目視観察による方法とビデオカメラや１６ｍｍカメラによる間接的測定方法とがある。

6．作業環境の測定

作業場の環境は作業の速度や能率に影響することが多い。また、作業の軽重は作業者の生理的負担や心理的負担を招き、疲労や危険な状態を生み出すこともある。

作業環境は、作業場の温度、湿度、風速、騒音、振動などについて測定を行うもので、作業の能率や、疲労、安全性との関係から改善点を明らかにする。

7．生体負担の測定

生体負担の測定は、作業を実施することによる作業者への生理的な影響を把握するために行う。これにより、苦渋性の低減のための改善点を明らかにできる。

8．心理計測

心理計測は、作業に対する作業者の心理的な反応を測定して、苦渋性の低減や安全性の向上のための改善点を見い出すもので、アンケート等の自己申告の方法によって行う。改善の視点と測定方法の関係をまとめたものが、表3.1.1である。

表3.1.1　改善の視点と測定方法（特に関連の強いもの）

測定方法＼改善の視点		時間短縮	省力化	苦情性の低減	安全性の向上
工事実績の記録	工事工程	○	○		
	労務実績		○		○
	機械の運行記録	○	○		
工程分析		○	○		
稼働分析(ﾜｰｸ･ｻﾝﾌﾟﾘﾝｸﾞ)		○	○	○	
時間研究		○	○	○	○
動作分析		○		○	○
作業環境の測定				○	○
生体負担の測定				○	
心理計測				○	○

8．3　測定方法

8．3．1　測定方法の選定

（測定手段の評価）

一つの測定方法に複数の測定手段がある場合には、測定データの精度や必要な測定項目、測定時間、測定負荷、対象作業の特性などについて検討を加えて最適なものを選定する。

（解説）

1．データの精度

作業の分類として、大きい順に工程、単位作業、要素作業、動作があるが、対象となる作業の内容および測定に要求される精度によって測定手段を選定する。

2．必要な測定項目

それぞれの測定手段から得られるデータは、精度の他にその内容も異なる為、分析に必要となる測定項目を考慮して選定しなければならない。

3．測定時間

測定手段の中には、稼働状況を長時間にわたって連続的に測定するものや、測定対象を瞬間的に測定し、目的に応じて測定時間を自由に決められるものもある。測定計画に応じて手段を選定する必要がある。

4．測定負荷（投入工数）

測定手段の中には、多くの測定者が必要な場合と、少ない測定者ですむ場合とがある。測定に投入できる工数を考慮する必要がある

5．対象作業の特性

作業の連続性や、作業範囲の大小等、対象とする作業の特性を考慮して測定手段を選定する必要がある。

表3.1.2　測定手段の選定における検討項目

検討項目 / 測定手段	ﾃﾞｰﾀの精度	必要な測定項目	測定時間	測定負荷	対象作業の特性
帳票類	粗い	工事の進捗 工事の停滞原因 労務実績 機械の運行記録	1回／1日	低	非サイクル作業
ﾜｰｸ・ｻﾝﾌﾟﾘﾝｸﾞ	やや粗い	稼働率 稼働時間 稼動率 稼動時間	自由度有り	低	非サイクル作業 (ｻｲｸﾙ作業)
ﾋﾞﾃﾞｵ・ﾜｰｸ・ｻﾝﾌﾟﾘﾝｸﾞ	やや粗い	稼働率 稼働時間 稼動率 稼動時間 安全性の評価	自由度有り	低	非サイクル作業 (ｻｲｸﾙ作業)
ｽﾄｯﾌﾟ・ｳｫｯﾁ	粗い ～ 細かい	作業時間 稼働率 稼動率 サイクルタイム 作業手順	長	高	サイクル作業 (非ｻｲｸﾙ作業)
ﾒﾓ・ﾓｰｼｮﾝ	細かい	不経済動作に対する評価 安全性の評価	長	やや高	長いｻｲｸﾙ作業 非ｻｲｸﾙ作業

8．3　測定方法

8．3．2　測定方法の種類

（工事実績の記録）

工事実績は、毎日提出される所定の報票により記録する。データの精度を高めるために、日報の記入方法、書式の統一をはかるとともに、未提出、記入もれに注意する。

また、提出される日報に対し、記録の担当者は毎日これを確認して記録を取る。

（解説）

工事実績の記録は、概要的に現状を把握するのに最も簡便な方法であるが、施工改善に役立たせるためにはデータの量が多くならなければならない。必要事項を毎日欠かさず記録するとともに、当該工事だけでなく、次の工事の計画や改善にも適用できるように、記入の書式を統一することが重要となる。

また、最近では、記入を自動的に行うことを目指して、バーコードリーダーやハンディーターミナルなど各種のＯＡ機器が開発されているので、これらの使用も検討する必要がある。特に、機器の運行記録に関しては、自動記録の方法を採用するとデータの精度が向上する。

8．3　測定方法

8．3．2　測定方法の種類

（工程分析）

工程分析では、作業者あるいは材料、製品に着目し、工程図記号を用いてその流れを測定する。前者を作業者工程分析、後者を製品工程分析という。測定は調査する対象及び、作業の範囲を決め、必要な備品を用意して、現場で観察したとおりに正しく記録するとともに、必要に応じて、作業に直接関係している者に聴取り調査を行う。

（解説）

1．測定の計画

（1）調査対象を決定する。作業の内容や特徴を検討して作業者を対象に測定を行うのか、部材、あるいは製品を対象にするのかを決定する。

（2）調査範囲を決める。すなわち、作業の始点と終点を決める。ほとんど、すべての作業は、より大きい作業の一部分となるから範囲を明確にしておくことが大切である。

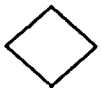
（3）測定を行う作業の実施時期や、関係者の都合等を確かめて、調査日程をたてる。

2．測定の準備

（1）調査用具として観測板、用紙、筆記具等を準備する。

（2）測定は、表3.2.1に示す工程図記号を用いて行うので、事前にその記号に慣れておくことが必要である。

表3.2.1　工程図記号（ＪＩＳ　Ｚ　8206）

要素工程	記号の名称	記　号	意　　味
加　工	加　工		原料、材料、部品または製品の形状、性質に変化を与えていることを示す。
運　搬	運　搬		原料、材料、部品または製品の位置に変化を与えていることを示す。加工記号の1/2～1/3の大きさで示す。○の代わりに⇒を用いてもよい。
停　滞	貯　蔵		原料、材料、部品または製品を計画により貯えていることを示す。
	滞　留		原料、材料、部品または製品が計画に反して滞っている状態を示す。
検　査	数量検査		原料、材料、部品または製品の量または個数を測って、その結果を基準と比較して、その差を求めていることを示す。
	品質検査		原料、材料、部品または製品の品質特性を試験しその結果を基準と比較して、ロットの合格・不合格または個品の良・不良を判定していることを示す。

3．測定の方法

測定は、一般的な作業の流れの場合を主にして行う。作業はいつも同じように行われているとは限らないから、まず最も一般的な場合について調べる。特殊な場合や、条件の変化による方法の変化があった場合は、そのこと自体、問題とすべきこともあるので、補足記録しておくとよい。その頻度も併記する。

a）ただ1つの繰り返しサイクルをもつ場合

このような場合には、1サイクルを測定する。

b）サブサイクルがいろいろの頻度で起こる場合

主たるサイクルを1つ、サブサイクルを1つ、それぞれ測定し、サブサイクルについて、その頻度を数える。

c）サイクルごとに細部的な動きが変わる場合

毎回の作業は、概括的には変化がないが、細かい点に変化がある場合、いくつかのサイクルをサンプルとして観測し、平均的な状態を把握、検討する。

d）サイクルや決まった方法を持たない場合

一定の期間、実態をそのままに観察記録する。

4．測定上の注意点

（1）調査は現場で観測しながら、必要に応じて、関係者から説明を聞く。その際には、現場を離れた別室で聞くことは避けた方がよい。現場では、たえず何かが生じており、現場に

いること自体から情報が得られる。

（2）測定中にも、たえず改善可能性の検討を行いアイデアはすべて記録することが大切である。

8．3　測定方法

8．3．2　測定方法の種類

（稼働（動）分析（ワーク・サンプリング法））

ワーク・サンプリング法とは、観測者がある定められた時間に現場を巡視または見渡して、多数の作業者あるいは機械の作業の内容を瞬間的にとらえて、稼働状況を明らかにする方法である。

測定に際しては、測定担当者や作業項目、測定数、一日の測定回数と測定時間、測定時刻などをあらかじめ設定しておかなければならない。また、実際に測定する際には、所定の測定用紙を用いるが種々の注意点をふまえて実施する必要がある。

また、ワーク・サンプリング法には、ビデオカメラで撮影されたビデオテープをもとに測定するビデオ・ワーク・サンプリング法がある。測定上、繰り返し何度も見直すことのできる長所があるが、方向や視野がある程度限定される為、視野外が発生した場合は他方向から撮影されたビデオテープにて再確認する必要がある。

（解説）

1．測定の計画

（1）測定者

ワーク・サンプリング法は、測定対象の状態を瞬間的に判断しなければならない。また対象が移動することもあるので、測定者は、作業の内容や作業場にある程度精通していることが望ましい。

測定計画の立案ならびに結果の検討に当たっては当該作業の責任者や作業者の参画を得ることが大切である。

（2）作業項目の決定

a）作業項目は測定の目的にあわせて具体的に、単位作業程度のレベルで決める。

b）予期しない作業項目を測定した時は、その重要度を考慮して項目を追加設定する。

c）測定者間での解釈の違いをなくす為、各作業項目の定義づけを明確にする。

（3）測定数の決定と精度

測定数は通常〔測定数N＝測定対象数×1日の測定回数×日数〕で求められるが、観測結果を利用する目的と精度によって決められる。誤差には、S：相対誤差（精度）とE：絶対誤差とがある。稼働率をPとすると、E＝SPの関係が得られ、（2．1）式から測定数Nを求めることができる。また、この場合、通常使われる信頼度95％を基準にしている。

$$N = \frac{4P(1-P)}{E^2} = \frac{4(1-P)}{S^2P} \quad \cdots\cdots \quad (2.1)$$

また、Pの値は過去の経験値、資料または事前調査などから決める。

ワーク・サンプリングの誤差は、測定数を多くすればするだけ小さくなるが、測定の目的によって表3.2.2のような測定数を目安とするのが良い。

表3.2.2　観測誤差と測定数の目安 (5)

測定目的	生起率 P%	絶対誤差 E%	相対誤差 S%	測定数 N
事前調査（本測定の測定数と測定項目を決定する為）	——	——	——	200～500
問題点の調査	15	±3	±20	600
余裕率の決定	20	±1	±5	6，400
作業改善	30	±2．1	±7	2，000
標準時間の決定	70	±1．4	±2	4，500

測定数の大きさは、主として、結果の所要精度により決められるが時間およびコスト面からの制約により、充分な測定数をとれないこともある。

また、作業項目毎に生起率が異なるので、所要測定数も結果の誤差も異なるのが普通であるが、その場合、重点項目の所要精度から測定数を決めるのが良い。

（4）1日の測定回数および測定期間

1日の測定回数および測定期間は、通常1日10～20回で1～2週間継続することが多いが、測定の目的、所要精度ならびに作業内容の変化などによって異なる。抽出するサンプルにかたよりが入らないように回数や期間を決めることが重要である。

測定は、測定期間全体を通じてランダムに選定された時刻に行っても良いが、1日の測定回数を等しくし、1日の中でランダムに時刻を決めて行うことが多い。

（5）測定時刻の決定

a）ランダム・サンプリング

測定時刻の決定方法がまずいと、ある特定の作業項目だけを測定し、その結果にかたよりが生じ、真の姿をとらえることができない。したがって、測定時刻はランダムに決定されなければならない。それらの時刻は、表3.2.3に示すランダム時刻表などによって決めることができる。

表3.2.3　ランダム時刻表の例　　１０時間　４０回用

1		2		3		4		5	
38	0.01	4	0.04	21	0.28	14	0.01	25	0.03
9	05	33	23	22	36	32	15	38	08
16	17	13	44	14	44	2	23	18	15
32	28	26	50	40	52	27	30	23	55
20	43	9	1.18	29	58	7	41	28	1.18
18	1.01	34	30	26	1.15	26	50	22	36
29	25	22	37	18	20	18	1.12	16	47
25	53	17	49	6	35	13	32	40	56
26	2.06	7	2.04	25	38	28	52	7	2.07
3	09	36	26	1	2.15	10	2.06	4	19
6	13	16	31	34	30	20	10	31	36
35	23	38	44	3	36	38	26	6	55
22	47	19	55	39	46	29	43	32	3.02
30	3.03	30	3.17	12	56	31	57	21	10
8	06	28	29	5	3.32	16	3.06	29	23
10	20	12	40	38	37	15	15	9	29
13	34	2	4.01	36	50	34	17	27	38
1	4.16	14	18	13	59	17	28	3	4.02
14	54	5	38	31	4.11	36	30	17	14
40	5.07	23	48	8	45	33	42	30	51
2	34	32	56	7	50	5	4.05	36	5.12
28	38	40	5.17	2	5.05	24	32	26	30
7	45	20	27	35	14	35	5.09	1	40
11	6.10	21	56	33	33	21	38	35	50
4	56	35	58	11	46	40	47	5	6.01
21	7.02	1	6.28	15	50	30	6.08	37	10
15	12	39	39	23	6.05	9	37	10	19
34	18	3	48	32	12	19	48	24	27
17	22	24	51	37	29	12	7.00	8	43
31	28	15	52	19	30	37	08	19	7.25
12	30	8	7.23	20	38	8	21	20	34
5	49	31	26	16	7.15	4	24	33	8.04
27	8.01	27	38	27	34	25	44	34	06
37	20	18	8.07	28	50	6	8.01	39	10
23	34	10	12	10	8.19	23	29	14	15
19	45	11	27	4	27	39	41	12	45
36	59	37	45	9	30	22	50	13	9.10
39	9.05	25	9.07	30	9.06	11	53	11	18
24	22	6	19	24	29	3	9.35	15	25
33	46	29	52	17	45	1	56	2	48

b）等時間間隔サンプリング

等しい時間間隔で測定を行う方法である。機械の稼動率、停止率などを把握しようとする場合、機械の作動に周期性がないか、あるいは周期性があってもサンプル時間間隔と一致していなければ、等時間間隔のサンプリングでもよい。しかし、作業者を対象とした測定では、作業者の意図的行為が入る恐れがあるので、あまり使わない方が良い。

c）時間帯別に測定時刻を決める方法

ある時間帯にしか発生しないことがあらかじめわかっている作業項目を重点的に測定したい場合には、その時間帯を他の時間帯と分離し、各時間帯独自に測定時刻を決める方法が用いられる。

2．測定の準備

測定及びデータの集計、整理を容易にする為、記録用紙について以下の点を考慮しながら、様式、用紙の大きさ、用紙の枚数等を決定する。

（1）1日1枚にすると集計に手間がかからないのでこの点を考慮する。

（2）測定項目は記入の順序、集計の容易性を考えて、分類し、順序をつける。

（3）縦、横ともに4～5欄ごとに太線を入れる工夫をするとよい。

（4）用紙が大きい場合、記録する欄をまちがえやすいので、できれば両側に項目覧を設けた方が良い。

記録用紙の様式と記入例を表3.2.4に示す。

また、複数の作業者を一人の測定者で測定する場合には、当該作業者全員のヘルメットに番号を貼ったり、ゼッケン番号を付けてもらう。

表3.2.4　WS記録用紙と記入要領

作業分類		S_1	S_1	S_1	S_1	S_2	S_2	S_2		A	A	A	A	A	A
作業項目 / 氏名または機番		a	b	c	d	e	f	g		歩行中	掃除	雑談	休憩	不在	計
1	A	////	//	/	###						/				15
2	B	////	///	/	////	/					/				15
3	C	///	/		###	/	/	/		/					15
4	D	///	//		////		/			/					15
5	E	///	//	/	///	/		/		/					15
6	F	//	//		///		/			/	/	/			15
7	G	///	/	/	###			/				/			15
8	H	///	###		////						/				15
9	I	/	/				////	### /			/		/		15
10															
11															
12															
13															
14															
15															
16															
17															
18															
19															
20															
合計		26	19	4	35	3	7	9		4	5	2	2	1	135
日計		観測者					石川			備考欄					
観測時刻		5.41	6.00	6.24	7.47	8.06	8.54	10.15		10.51	11.01	12.35			

3．測定の方法

測定者は、自分が測定を担当する作業者全員について、決められた時刻に、それぞれの作業内容を瞬間的に判断して記録用紙に記入されている作業項目の欄にチェックする。予期していなかった作業を観察した時は、欄外にその内容を記録しておく。

ビデオカメラによる測定（ビデオワークサンプリング）では、作業者や建設機械の動作が明確に撮影できるアングルを選び、適宜移動することが必要である。それでも、撮影不可能となる場合には、複数のビデオカメラを用いる。

4．測定上の注意点

（1）測定することは、あらかじめ作業者に知らせておく。ただし測定時刻や経路は知らせない。

（2）作業項目以外のことが見られたら、必ず追記しておく。

（3）作業者が不在の場合は、その理由を調べておく。上司か同僚に聞くか、不在の回数が少ない場合には、あとで本人に聞いても良い。

（4）測定者は、測定時刻を忘れないように注意する。

8．3　測定方法

8．3．2　測定方法の種類

（時間研究）

時間研究とは、対象作業を適当な細かさの作業に分割して、それぞれの所要時間を測定するもので、時間短縮や省力化を図る際には最も有効なデータを得ることができる。ストップウォッチ（あるいはデジタル腕時計）を用いて、作業者の動きを観察しながら時間値を直接的に測定する方法と、タイマー内蔵のＶＴＲ等を用いて作業の状況を撮影し、そのビデオテープを再生することによって、間接的に測定する方法とがある。

特に前者の場合には、分割された各作業の内容や区切りの動作等について、事前に検討を加え、測定者全員に周知徹底させておく必要がある。

（解説）

1．測定の計画

（1）測定すべき作業者

改善を目的とする場合には、熟練工を選ぶことが望ましい。これにより、さらに高度の改善が容易になる。

（2）測定担当者の決定

測定はマンツーマンで行うため、作業者ごとに測定担当者を決めておく。

（3）測定回数の決定

a）基本的には、サイクル・タイムが短くなるほど回数は増大する。表3.2.5に測定回数の目安を示した。

表3.2.5　サイクルタイムと測定回数の目安 (6)

ｻｲｸﾙ･ﾀｲﾑ（分）	0.5まで	0.75まで	1.0まで	2.0まで	5.0まで	10.0まで	20.0まで	40.0まで	40以上
測定回数	６０	４０	３０	２０	１５	１０	8	5	3

b）作業の性質上、かなりのバラツキが避けられない場合には、観測回数を増やして平均値の精度を高める必要がある。またバラツキの大きい作業は必ず問題点を含んでいるので、バラツキのない作業へ改善をはかることが重要である。

c）２人以上の作業者が、同一の作業を行っている場合には、一人について長時間観測するよりも、数人の作業者のおのおのについて、短時間観測したり、または日を変えて観測することが望ましい。

（４）作業の分割

時間研究の対象となる作業の内容及び測定データに要求される精度によって、対象作業を適当な細かさの作業に分割し、それぞれの所要時間を測定する。図3.2.2に離岸堤工事における作業分割の例を示した。通常の場合、単位作業または要素作業のレベルで測定を行う。作業の進行を長時間にわたって測定したり、繰返しの少ない作業に対しては単位作業のレベルで行うことが多い。

また、標準時間の設定を目的としたり、細かい作業内容の改善を目的とする場合は、要素作業レベルで行う。

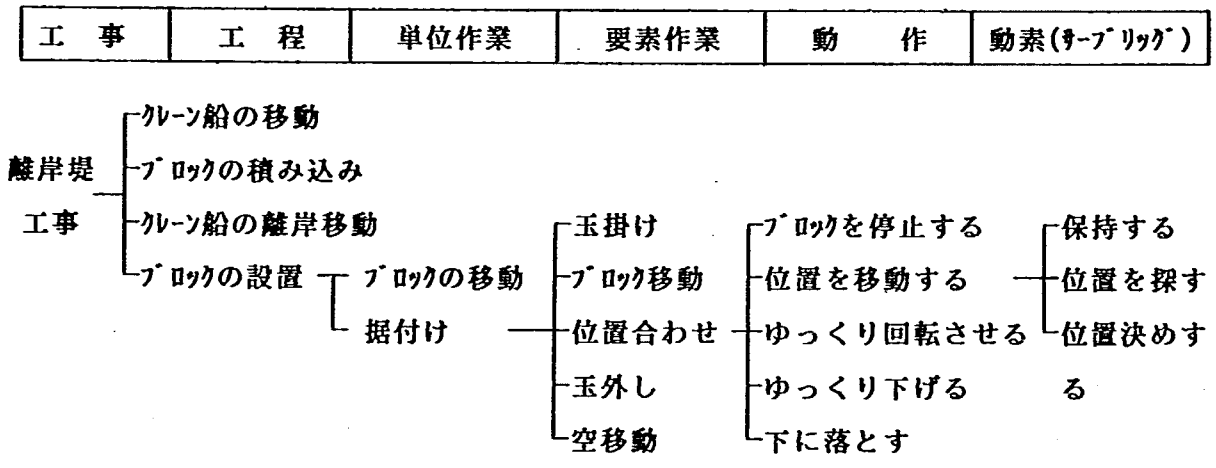


図3.2.2　作業分割の例（離岸堤工事）

２．測定の準備

対象とする作業について、作業手順や内容を事前に調査し、作業間の区切りを明確にしておくことが重要である。繰り返し作業を対象とする際には、作業順序に従って記録用紙にあらかじめ作業名を記載しておくと便利である。

観測板、記録用紙、ストップウォッチの他、必要に応じてカメラ、ＶＴＲを準備する。

３．測定の方法

（１）繰返し作業の場合

通常、ストップウォッチを止めずに作業の区切りの時刻を記録する連続時間観測法によって行う。図3.2.3に離岸堤ブロック据付け作業を対象にした記入例を示す。

ＯＲ欄にストップウォッチの読みの値を記入し、測定終了後に各作業の所要時間を減算で求

め、T欄に記入する。

○作業の順序が変わった場合は、矢印で順序の転倒を示す。

○作業が省略された場合は、棒線（－）を引く。

○あらかじめ記入していない作業が発生した場合は、空欄または、欄外に記入し、矢印で順序を示しておく。

○観測中に作業の中断や手直し等が発生した場合は、その時間値に○印を付けておく。

○時刻の読み取りに失敗した時は、勝手な推定を行わずその欄にM（ｍｉｓｓ）と記入する。

図3.2.3に繰り返し作業を対象とした記入例を示した。

要素作業		1	2	3	4	
A．玉掛け	T					
	R	4	67	129		
B．ﾌﾞﾛｯｸ移動	T					
	R	15	76	141		
C．位置合わせ	T					
	R	30	－			
D．玉外し	T					
	R	162	110			
E・空移動	T					
	R	52	123			
				188		

要素作業Ｄ，Ｅが入れ替わった時

要素作業Ｃが省略された時

要素作業Ｂの次に記入していない要素作業が発生した場合

図3.2.3　繰返し作業を対象とした記入例

（2）非繰返し作業の場合

繰返し作業の場合と同様に、連続時間観測法によって測定する。非繰返し作業では、記録用紙に作業名が記載されていないので、作業の区切りを認めた時に、記録用紙の該当時刻に印を付け、観察された作業の名称をその都度記入する。

図3.2.4に記入例を示した。

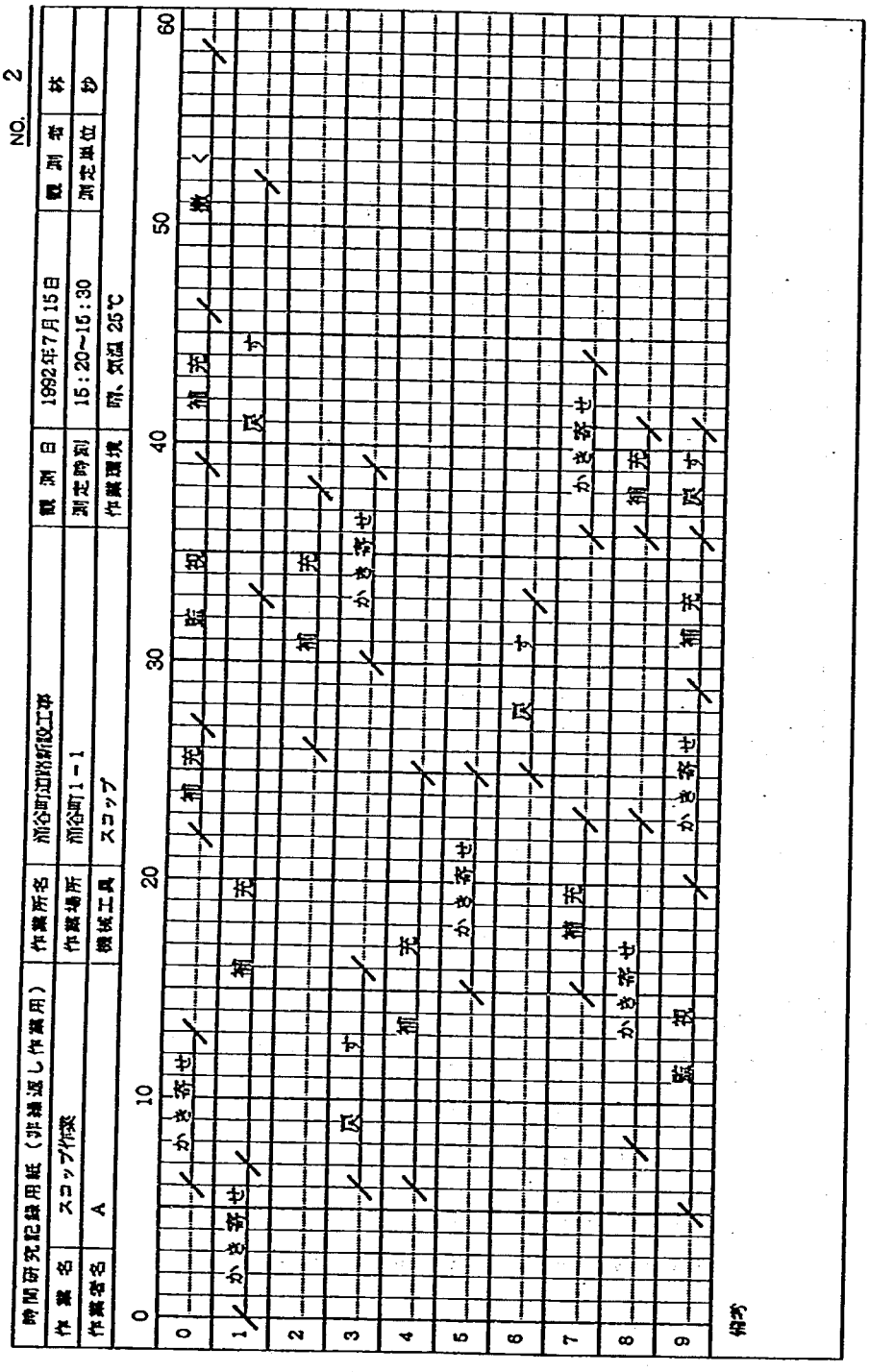


図3.2.4　時間研究記録用紙の例（非繰返し作業用）

4．測定上の注意点

a）測定を始める前に、作業者や関係者に、目的や方法について十分な説明を行い、理解を得ておく。

b）作業者の動作を妨害したり、注意をそらさないで測定できる場所で行う。

c）測定者は、いすに腰かけたり、機械にもたれかかったりして測定してはならない。

d）作業者がわざと作業ペースを速くしたり、遅くしたりしていないか注意する。

8．3　測定方法

8．3．2　測定方法の種類

（動作分析）

動作分析とは、作業者あるいは建設機械の動きを、目視又はビデオカメラ等を用いて測定する方法で、ムダな動作やムリ・危険な動作等を排除して、時間短縮、苦渋性の低減、安全性の向上に役立つ。

作業者を対象とする測定では、一連の動作をサーブリッグ記号を用いて表現し、動作の種類とその発生頻度等を測定する。必要に応じて、作業時の姿勢についても測定を行う。

土木作業においては、建設機械を対象とする測定も重要であり、機種別に予じめ建設機械の動き（動作）を調査した上で、動作別の発生回数や、必要に応じて時間値や動作軌跡等を測定する。

（解説）

1．測定の計画

施工改善の視点に合わせて、測定対象及び測定手段を決定する。目視観察では速い動作や細かい動作の測定は難しく、特に各動作の時間値についても分析を行う場合には、ビデオカメラによる測定が適している。メモモーション法とマイクロモーション法とがあり、前者は、ビデオテープの再生において、一連の動作を短時間で観察することができ、動作の特徴が強調されるため、異常な状態の発見が容易である。

2．測定の準備

目視観察の場合には、記録用紙を準備するとともに、測定者は事前にサーブリッグ記号を暗記し、記入のやり方について充分な練習をしていくことが大切である。

ＶＴＲによる測定では、記録用紙の他、ビデオカメラ、三脚、バッテリー、テープ等の機器類を準備し、カメラの設置位置を事前に検討しておく。

作業場所によっては、複数のカメラを準備する必要がある。

3．測定の方法

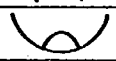
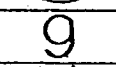
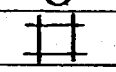
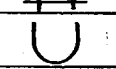
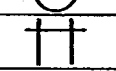
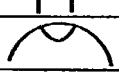
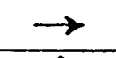
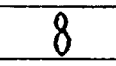
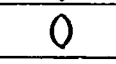
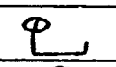
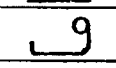
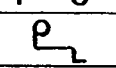
（1）目視観察

作業者が行うすべての動作について、それが発生する順序に従って表3.2.6に示したサーブ

リッグ記号を用いて記録する。

右手・左手に分けてそれぞれの動作を記録するが、苦渋性や安全性との関連を分析する場合には、手以外の使用身体部位や、作業姿勢についても記録を取る。

表3.2.6 サーブリック記号

分類	NO.	名称	文字記号	記号	説明
第1群	1	手を伸ばす(reach)	R		空の手または皿の形
	2	つかむ(grasp)	G		物をつかむ形
	3	運ぶ(move)	M		手や皿に物をのせた形
	4	位置決め(position)	P		手で物をおく形
	5	組合せ(assemble)	A		物を組み合わせた形
	6	使用(use)	U		useの頭文字
	7	分解(disassemble)	DA		組合せから1本除いた形
	8	放す(release)	RL		手や皿から物を落す形
第2群	9	捜す(search)	SH		眼で物を捜す形
	10	選ぶ(select)	ST		選んだ物を指示した形
	11	前置き(pre-position)	PP		ﾎﾞｰﾘﾝｸﾞ・ｱﾚｰを立てた形
	12	検査(inspection)	I		レンズの形
	13	考える(plan)	PN		頭に手をあてて考える形
第3群	14	保持(hold)	H		ﾏｸﾞﾈｯﾄに物がついた形
	15	避け得る遅れ(avoidable delay)	AD		人が寝た形
	16	避け得ない遅れ(unavoidable delay)	UD		人が倒れた形
	17	休む(rest)	R		人が椅子に腰掛けた形

（2）ビデオカメラによる測定

必要なデータが得られるように適切なカメラアングルを選び、測定対象の動きを確実に撮影する。図3.2.6に測定の状況を示す。 撮影したテープを再生して（1）の目視観察の場合と同じ要領で測定する。撮影したは日時や作業の内容等が後日の分析時にわかるように、テープ番号と対応させて、記録用紙に記録しておくことが重要である。

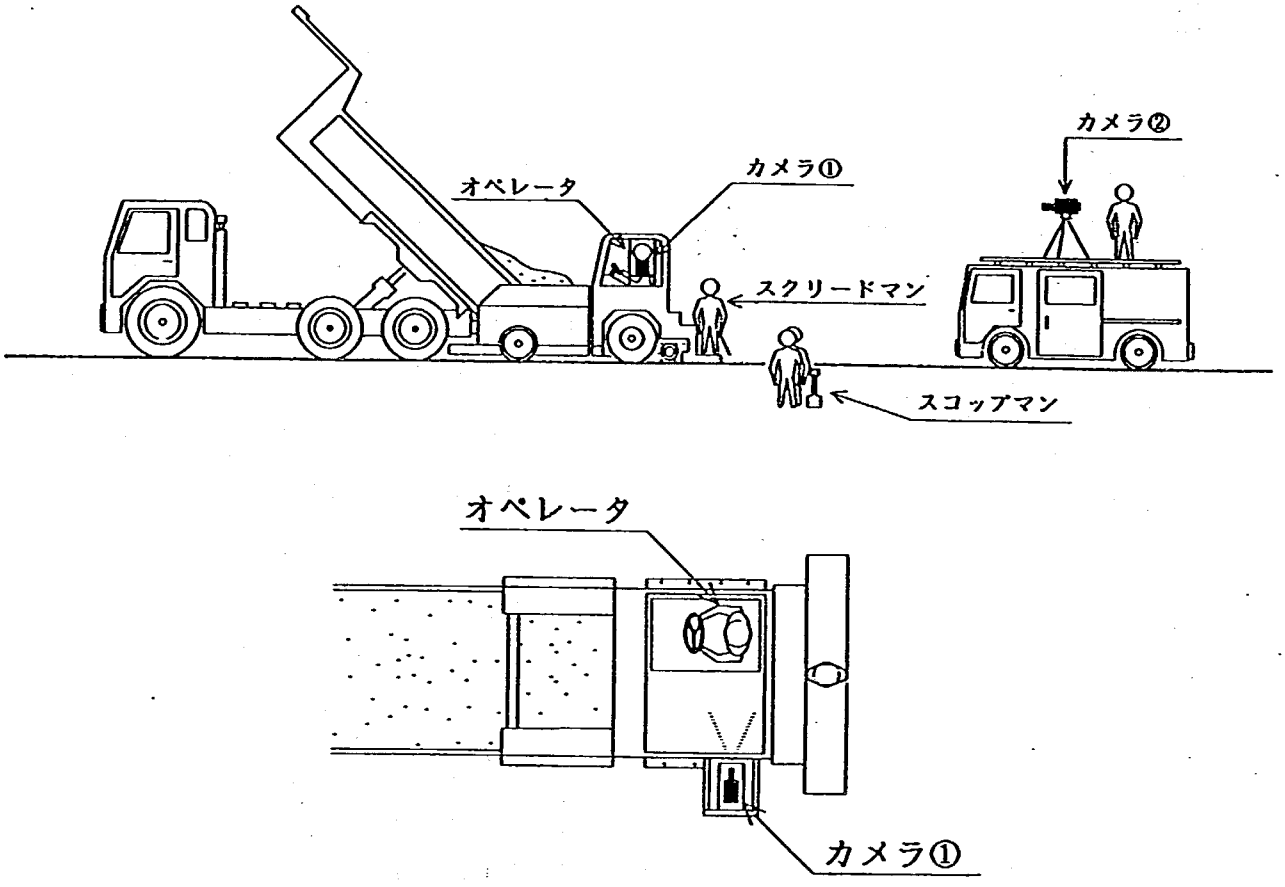


図3.2.6 ＶＴＲによる測定の状況

4．測定上の注意点

（1）動作は作業を構成する最小単位であるため、測定が難しく、事前の準備・検討を綿密に行うことが重要である。

（2）目視観察には限界があるので、ビデオカメラ等による測定も併せて実施すると良い。

（3）ビデオカメラを用いた測定では、再生時に必要とする情報が得られるように鮮明な映像の確保と、測定者によるコメントの録音を忘れてはならない。

8．3　測定方法

8．3．2　測定方法の種類

（作業環境の測定）

作業環境の測定は、作業者に生理的、心理的影響を及ぼす環境状態の把握とともに、その環境を改善する為の基礎資料を得ることを目的とする。また、実際の測定の際は、ＪＩＳの測定方法や使用機器の取り扱い方法にしたがって実施する。

（解説）

1．作業環境の測定項目

（1）温度、湿度、風速

作業者に影響を及ぼす作業環境のうち最も身近で、測定が容易なものが、温度と湿度である。また、風速も体感温度等に影響し、作業能率や疲労等との係わりが少なくない。

（2）照度

人間にとって、外部から入ってくる情報のおよそ８０％が視覚情報であるといわれる。この照度は、心理的な「やる気」、「警戒心」、「活動度」などに影響を与えるとともに、「疲労」、「ミス」といった安全性に係わる要因にも関連する点が大きい。

（3）騒音

人間にとって邪魔に感じたり、害を与えるような音を騒音として捉えることができる。心理的、感覚的な活性化にある程度までは役立つが、大きすぎると「いらだち」や「不快」などの心理的、生理的悪影響を及ぼし、作業に支障をきたす。また、長期間、騒音にさらされると、難聴などの障害が発生する恐れがある。

（4）振動

振動は、機械的運動の周期的、衝撃的あるいは不規則なもので、作業の過程においては、多くの場合、騒音と同時に知覚され、全身が受ける場合と体の一部が受ける場合とで、作業者に及ぼす影響は異なってくる。全身の振動によって生理的影響の現れるレベルはかなり高く、建設工事の作業環境として問題になる事は少ない。しかし、体の一部が振動を受けた場合には、局部的な血行障害などを起こす事が多く、十分な注意が必要である。

就業時間、休憩の確保や特定健康診断などの労働安全衛生法上の制限をうける。

（5）粉塵

トンネル工事などの閉所作業や解体工事等では、多くの粉塵が発生し、これを大量に吸入すると、呼吸器系や目に障害を発生する事がある。このため、一定量以上の粉塵を発生する

環境では、就業制限、防塵器具の着用や特定健康診断などの労働安全衛生法上の制限を受ける。

（6）ガス

トンネル工事や道路工事では多くの排気ガスが発生し、これを大量に吸入すると、呼吸器系の異常や頭痛の原因となることがある。一定量以上の排ガスを発生する環境では、就業制限、マスク等の着用などの労働安全衛生法上の制限を受ける。

2．測定の方法

作業環境の測定方法及び使用機器についてまとめると以下の表3.2.7になる。

表3.2.7　作業環境の測定方法及び使用機器 (1)

項　目	測　定　方　法	使用する機器
温　度 湿　度	作業者の暴露状況を正しく示す位置に機器を設置して、適当な時間間隔または時刻に測定値を読み取る。	アウグスト乾湿計 湿度計 自記温湿記録機
風　速	風程と計測時間とから平均風速を算出する。熱線風速計を用いて直読する。	風程風速計 熱線風速計
照　度	JIS C 7612（照度測定方法）による。	照度計
騒　音	JIS Z 8731（騒音ﾚﾍﾞﾙ測定法）による。	騒音計、必要に応じ周波数分析器及びデータレコーダ
振　動	JIS Z 8735（振動ﾚﾍﾞﾙ測定法）あるいは労働省告示第85条(ﾁｪﾝｿｰの規格)による	振動計、必要に応じ周波数分析器及びデータレコーダ
粉　塵	JIS Z 8813（浮遊粉じん濃度測定方法通則）による。	粉塵計、個人ダストサンプラー
各種ガス	炭酸ガス、一酸化炭素、酸素、有機溶剤の濃度など労働安全衛生法に基づき測定を義務付けられたものについては、作業環境測定基準による。	各種ガス検知管及び空気採取器

3．測定上の注意点

（1）作業環境の測定では、作業開始前後の状態について測定を行い、作業による影響の度合がわかるようにする。

（2）使用する機器によって、測定データの内容・精度等が異なるので、目的に応じて機器を選定する。

8．3　測定方法

8．3．2　測定方法の種類

（生体負担の測定）

生体負担の測定は、苦渋性の低減や安全性の向上を目指した施工改善を行う上で重要となる。作業者が受ける生理的な影響を測定して、実施している作業の負荷や、作業者の疲労の度合を把握する。測定項目には、心拍数、エネルギー消費量、疲労、血圧等がある。心拍数及びエネルギー消費量の現場での測定に際しては、専用の機器、装置を準備するとともに、その取扱いに習熟しておく必要がある。

（解説）

1．測定項目及び方法

（1）心拍数（脈拍数）

前腕の母指側の腕間節の近くで動脈の上に軽く指を置き、指先に触れる脈拍をストップ・ウォッチで数える。脈拍の平均拍数を知るには4～5分の脈拍全数から毎分当たりの平均値を求めれば良いが、脈拍の変化状態を知るために15秒（1/4分）間隔で数え、あるいは10の拍数に要する時間をはかり、毎分値に換算して時間経過をみるほうがよい。この方法は、簡単であるが前腕を抑えるために、作業者を拘束することになる。

テレメータあるいは小型携帯型データレコーダ等の測定機器を利用すれば、作業に支障をきたすことなく、作業中の心拍数を測定できる。

（2）エネルギー消費量

エネルギー消費量は、作業者から採取した呼気中の酸素濃度を分析することにより求める。しかし、作業時の呼気の採取は、作業の妨げとなり、またガス分析装置も必要となるため、現場での測定は容易ではない。

（3）疲労

疲労には、自覚した疲労、自覚しない疲労とがある。

自覚した疲労の調査は、アンケートなどによって作業者の自覚症状を促えようとするものであり、図3.2.7に示す調査表を用いて行う。自覚しない疲労は、フリッカー値測定器等を用いて測定することができる。

自覚的症状調査表 (1)

つぎにあげた項目のうち、あてはまるものには○印を、そうでない場合には×印を、その右の空いているところにつけて下さい。

（特にひどい場合は印を、つけて下さい。）

1	頭がおもい		11	考えがまとまらない		21	頭がいたい	
2	全身がたるい		12	話しをするのがいやになる		22	肩がこる	
3	足がだるい		13	いらいらする		23	腰がいたい	
4	あくびがでる		14	気がちる		24	いき苦しい	
5	頭がぼんやりする		15	物事に熱心になれない		25	口がかわく	
6	ねむい		16	ちょっとしたことが思いだせない		26	声がかすれる	
7	目がつかれる		17	することに間違いが多くなる		27	めまいがする	
8	動作がぎこちなくなる		18	物事が気にかかる		28	まぶたや筋肉がピクピクする	
9	足元がたよりない		19	きちんとしていられない		29	手足がふるえる	
10	横になりたい		20	根気がなくなる		30	気分がわるい	

図3.2.7　疲労自覚症状調査のアンケート用紙例

（4）血圧

一般的には皮膚の上から血管に圧力を加えて血流を阻止するのに必要な圧力を求め、これを血圧とする間接法が用いられる。

最近では、小型で操作が簡単な測定器が開発されている。各作業者の血圧を測定することにより、血圧の高い人には重労働や重量物を運ぶ作業はさせないなどの配慮が必要である。

2．測定上の注意点

（1）生体負担を定量化するためには、作業者が安静にしている状態での測定値も併せて把握する必要がある。

（2）生体負担の測定においては、できる限り作業者の個人的条件、作業環境、作業内容などを併せて記録しておくことが大切である。

（3）測定に際して、作業者の体に接触することもあるため、作業者に対して、充分な説明を行い、協力に理解を求めることが大切である。

8．3　測定方法

8．3．3　データ整理の方法

（データ整理の手順）

前章の各測定方法で得られたデータについて、分析目的に合った整理をすることが重要である。なお、測定データの整理は、手順を追ってできるだけ早めに行うことが望ましく、最終的には図表化されたものでまとめる。

（解説）

1．工事実績の記録整理

毎日提出される現場の帳票類から得られる実績記録を整理する手順を表3.3.1にまとめた。

表3.3.1　工事実績の記録の整理手順

工事実績	整　理　手　順	目　　的
工事工程	帳票の収集 ↓ 必要諸データの記録 ↓ 目的に応じて ガントチャート式工程表 ネットワーク式工程表 出来高の累積曲線	工程の進捗度の把握 工事停滞の原因追求 工程の予測
労務実績	帳票の収集 ↓ 必要諸データの記録 ↓ 目的に応じて表にまとめる	作業者の配置状況把握 作業時間の記録 時間外作業の状況把握 有資格者配備の確認 作業能率の評価
機械の運行記録	帳票の収集 ↓ 必要諸データの記録 ↓ 目的に応じて集計または算出して表にまとめる	機械の配置状況の把握 実働時間の記録 オペレータ有資格者配置の確認 作業能率の評価

2．工程分析におけるデータの整理

現場観察や帳票データ、聴き取り情報について整理する手順を表3.3.2にまとめた。

表3.3.2　工程分析におけるデータの整理手順

測定方法	整　理　手　順	目　　的
工程分析	工程記号で工程図の作成 ↓ 改善点のピックアップ （改善のＥＣＲＳ） ↓ 改善の為の他の手法の検討	工程のムダの抽出 工程間の不具合抽出

3．稼働分析（ワーク・サンプリング法）におけるデータの整理

（ビデオ）ワーク・サンプリング法から得られたデータを整理する手順を表3.3.3にまとめた。

表3.3.3　稼働分析におけるデータの整理手順

測定方法	整　理　手　順	目　　的
稼働分析（動）	各作業の観測回数の算出 ↓ 観測回数を比率で算出 ↓ 作業を分類し、その比率を表にまとめる ↓ 結果をグラフ化する	改善すべき作業の抽出
	各作業の観測回数の算出 ↓ 稼働率（稼動率）の算出 ↓ 非稼働（非稼動）要因の多い順にグラフ化	稼働率（稼動率）の把握と 非稼働（非稼動）要因の把握

4．時間研究におけるデータの整理

時間研究から得られたデータを整理する手順を表3.3.4にまとめた。

表3.3.4　時間研究におけるデータの整理手順

測定方法	整　理　手　順	目　　的
時間研究	所要時間値の算出 ↓ 異常値の除外 ↓ 平均所要時間の算出 ↓ 所要時間の大きい順にグラフ化	各作業の所要時間の把握と共に改善すべき作業の抽出

5．動作分析におけるデータの整理

動作分析から得られたデータを整理する手順を表3.3.5にまとめた。

表3.3.5　動作分析におけるデータの整理手順

測定方法	整　理　手　順	目　　的
動作分析	動作の種類 ↓ 動作別の発生回数 ↓ 動作別の時間値 ↓ サイモチャートの作成	ムダな動作の発見と最良な作業方法の検討

8．3　測定方法

8．3．3　データ整理の方法

（データ整理の実施例）

データの図表化された結果は、分析検討を正しく容易に行えるようにできるだけ見やすく加工し、項目や単位を明確に記載することが重要である。

（解説）

1．工事実績の記録の整理例

工事工程の記録から進捗度をガントチャート式工程表をで示したものが図3.3.1である。

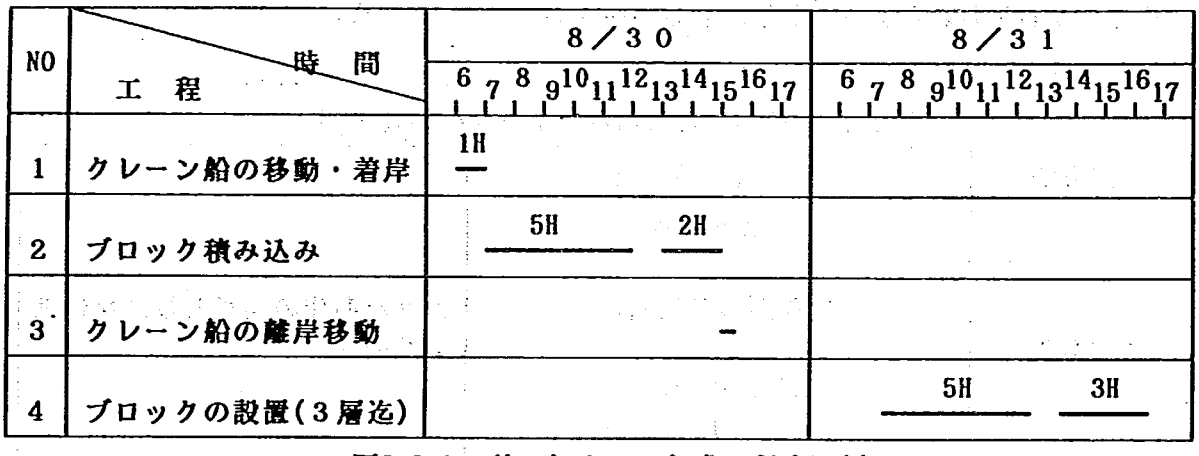


図3.3.1　ガントチャート式工程表の例

また、出来高の実績をまとめた例を図3.3.2に示す。

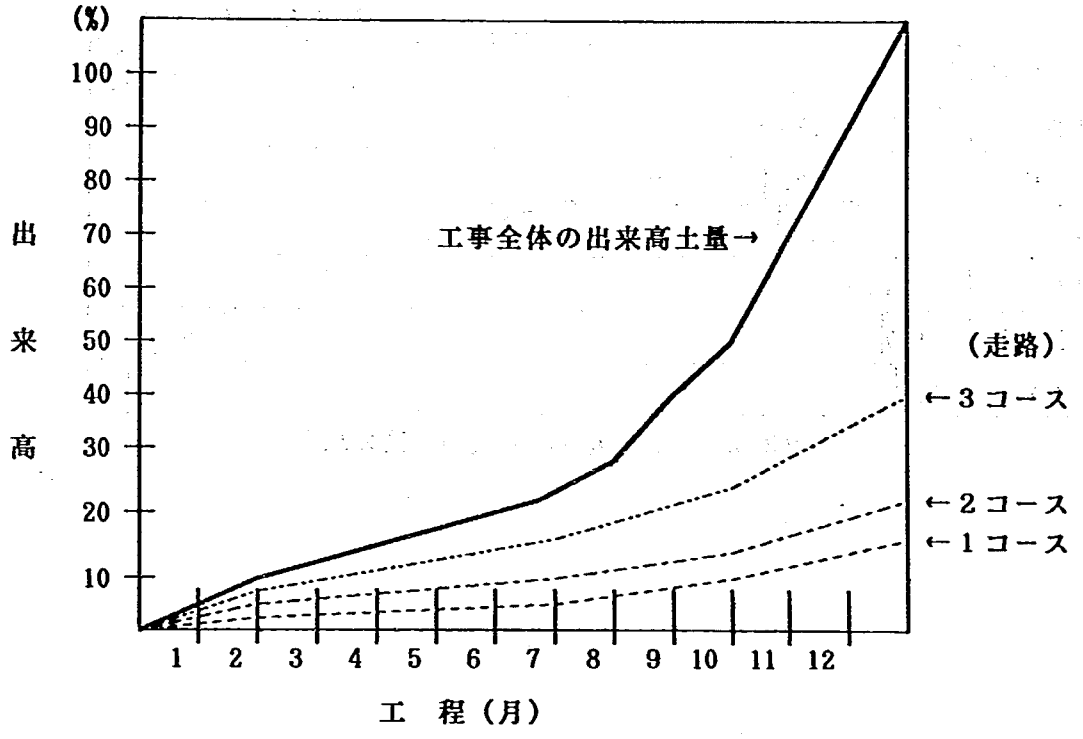


図3.3.2 出来高累積曲線の例

2．稼働（動）分析における整理例

観測された作業項目の回数の算出、稼動率の算出例を表3.3.6に示す。

表3.3.6 観測された作業項目の回数と稼動率の算出例

区分	NO	作業項目	回数					計	%	(非)稼動率(%)
稼動	1	掘削	𝍸	𝍸	𝍸	///		18	25.0	86
	2	旋回	𝍸	𝍸	𝍸			15	20.8	
	3	荷おろし	𝍸	//				7	9.7	
	4	戻し旋回	𝍸	𝍸	𝍸	/		16	22.2	
	5	かき集め	𝍸	/				6	8.3	
非稼動	6	ﾀﾞﾝﾌﾟ待ち	////					4	5.6	14
	7	測量待ち	///					3	4.2	
	8	機械干渉	///					3	4.2	
合計			35	18	15	4		72	100	

また、作業項目別の観測回数の比率をグラフ化すると図3.3.3 になる。

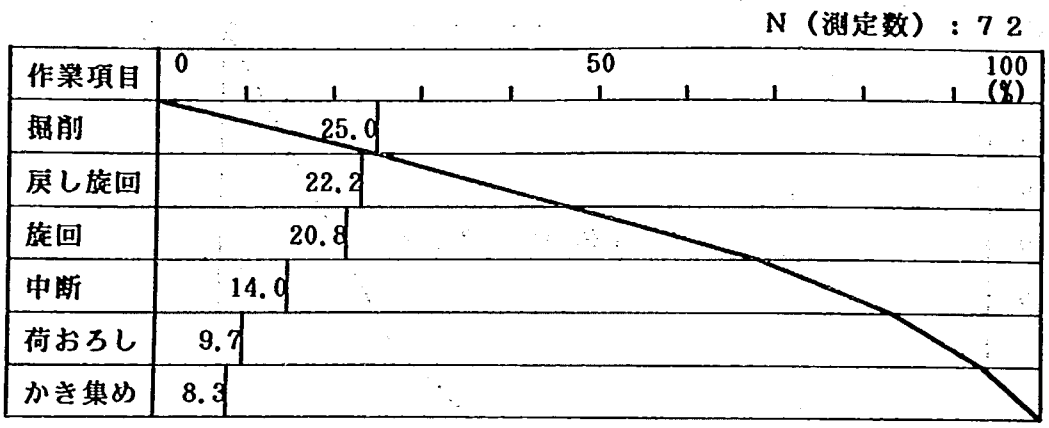


図3.3.3　作業項目別の観測回数の比率

3．時間研究における整理例

所要時間の算出、異常値の除外、平均所要時間の算出例を表3.3.7 に示す。

表3.3.7　時間研究における整理例　　（単位：秒）

時間研究記録用紙（ｻｲｸﾙ作業用）								作業名					旋回式油圧ｼｮﾍﾞﾙによる掘削				NO.1/1
								測定者名					山下			92年2月5日	
要素作業			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	合計	平均	
1	掘削	T		7	6	5	6	⑭	4	5	5	6	⑨	⑨	44	5.5	
		R		23	48	13	38	13	36	00	46	15	44	16			
2	旋回	T		7	8	7	7	6	7	7	6	7	7	7	76	6.9	
		R		30	56	20	45	19	43	07	52	22	51	23			
3	荷おろし	T		5	4	4	3	5	5	3	⑧	4	⑦	3	36	4.0	
		R		35	00	24	48	24	48	10	00	26	58	26			
4	戻し旋回	T		7	8	8	⑪	8	7	⑫	9	9	9	8	73	8.1	
		R	16	42	08	32	59	32	55	41	09	35	07	34			
5	かき集め	T															
		R															
6	移動	T															
		R															
7		T															
		R															
8	中断	T								19					19		
		R								29							

測定時間	作業所名	機械名
15:53～16:08	鶴ヶ島	旋回式油圧ショベル

時間研究によって得られたデータから機械の稼働分析を行い、非稼動時間をまとめた例を表3.3.8に示す。

表3.3.8　非稼働時間と要因の整理例

機械名	非稼動時刻	非稼動時間	要因	小計	比率(%)
ブルドーザ	3:09～ 3:21 3:36～ 3:39	１２M ３M	機械干渉	１５M	４８.４
	4:00～ 4:05 5:11～ 5:13	５M ２M	測定待ち	７M	２２.６
	10:11～10:20	９M	指示待ち	９M	２９.０
			合　　計	３１M	１００

4．動作分析におけるデータの整理例

チェックリストをもとに油圧ショベルの動作分析データを整理した例を表3.3.9に示す。

表3.3.9　チェックリストによる動作分析の整理例

建設機械名：油圧ショベル　（○：現在問題なし）

動　作	チェック項目	判　定
掘　削	①掘削量は適量か（ムラがあるか）	ムラがある
	②掘削速度にムラがあるか	○
	③油圧ショベルと掘削場所の位置関係は適正か	ムダな動作を発生させている
旋　回	①旋回速度にムラがあるか	○
	②アームの旋回角度は適正か	○
	③旋回方向は適正か	ＡＢ区間において逆旋回が有効
荷おろし	①荷おろしの高さは適正か	○
	②ベッセルに対し均一に荷おろしされているか	後方に片寄っている
	③ダンプトラックとの連係状態は良好か	不充分
かき集め	①このかき集め動作は必要か	必要ない
	②かき集め位置は適正か	○
調べる その他	①レイアウト上ダンプトラックの待機場所は適切か	重機置場の変更の再検討要す
	②ダンプトラックの台数は適正か	○
	③重機の能力は適正か	○
	④後工程の重機との干渉によるロスは発生しているか	後工程の重機の入場ﾀｲﾐﾝｸﾞが早すぎる

8．4　分析方法

8．4．1　工事実績を利用した分析方法

（工事工程の分析方法）

工事工程の分析の目的は、工事実績の結果を利用することにより、重点的に改善するべき作業を見いだし、改善へ展開することにある。具体的には、作業の律速となる作業を分析し、時間短縮を図り、また、作業者のピークとなる作業を分析し、省力化を図る

時間短縮を図るには、ガントチャートやネットワークを利用し、分析を行ない、時間短縮上、重要となる作業を探索する。また、計画値と実績値を比較し、遅れを生じやすい作業を分析する。

省力化を図るには、ガントチャートやネットワークを利用し、時系列的に作業者の職種・配置や人数の推移を分析する。

（解説）

1．目的

工事の作業手順には、各作業が順次行なわれる場合と、複数の作業が並行的に行なわれる場合がある。前者の場合には、各作業を時間短縮することにより、工事全体の時間短縮を行なうことが可能である。しかし、後者の場合には、並行的に行なわれる作業の一方が、次の作業に進めなくなる。このような状態を解決し、時間を短縮するためには、作業の律速となる作業を明らかにし、そのような作業を重点的に改善を行なう必要がある。

省力化を行なうためには、作業が順次行なわれる場合、作業者数がピークとなる作業を重点的に改善することが重要となる。しかし、作業が並行的に進む場合には、並行して実施される各作業の場合に、作業者数が最大となる可能性がある。後者の場合に、省力化をするためには、並行的な作業の実施を避けることにより、負荷の平準化を行なうことや、ピークとなっている各作業に対して、省人化を行なうことが必要となる。

この様に工事工程の分析は、どの作業を重点的に改善することかについて、明らかにすることを目的としている。

2．分析準備

工程レベルや要素作業レベルまで広く、利用することが可能である。

工事工程の分析のデータには、作業現場での作業測定を行ないデータを収集することもあるが、工事実績記録など工事現場で記述される調票を利用することができ、最初の問題点を

しぼるときには、後者の方法が効率的に行なえる為に、優先的に行なう。調票による分析により、問題点が明確化されない場合には、現場での作業測定を行なうことを検討する。

3．分析の視点と分析の手順

1）時間短縮を目的とする場合

時間短縮を図るには、第一に、連続的に作業が行なわれる場合には、ガントチャート利用し、作業時間の長い作業に対して重点的に改善を図る。第二に、並行的な作業が含まれる場合には、ネットワークを利用し、クリチカルパスや、作業の余裕の少ないところを重点的に改善を図る。第三には、計画と実績を比較し、遅れやすい作業を重点的に改善を図る。

（1）ガントチャートを利用した分析[8][9]

工程をガントチャート（バーチャートとも呼ぶ）に記述し、逐次的に工程が実施されている場合には、各工程の時間をパレート図に記し、最も時間のかかる工程を重点的に改善する。

ガントチャートによる分析は簡便であるが、複数の作業が同時に行なわれている場合には、この分析方法は適切ではない。この場合には、ネットワークを利用した分析を行なうことが妥当である。

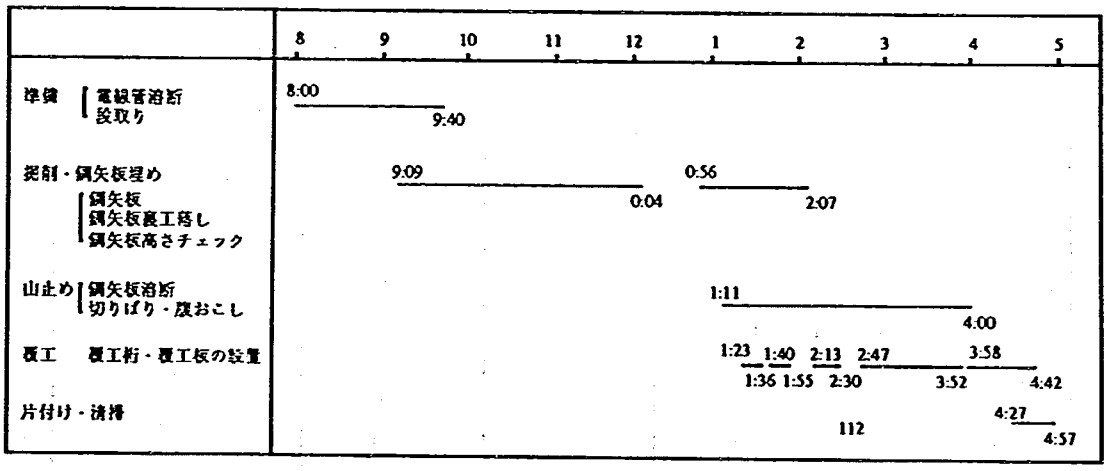


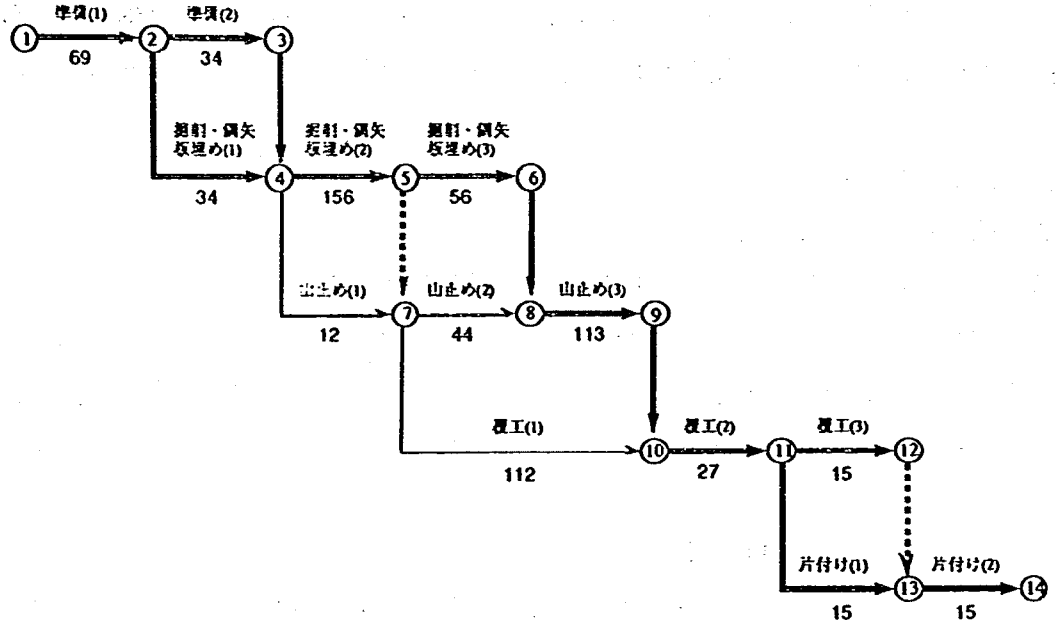
図4.1.1　ガントチャートの例（土工・CABの例）

（2）ネットワークを利用した分析[8][9]

ネットワークは、複雑な作業や工程関係を記述するのに有効な方法である。

ネットワークを利用した分析により、全体作業を決定している経路（クリティカル・パス）を見つけ、余裕時間が少なく、時間が長い作業を重点的に改善を行なう。

具体的には、各作業についてクリティカル・パス、作業時間、全体余裕、自由余裕に関する情報を整理し、前述の視点から、改善の重点工程を分析する。



注１）太線部はクリティカル・パスを示す。

注２）矢線の数値は実稼動時間（分）を示す。

図4.1.2　ネットワークを利用した工程の表記（土工・CABの例）

表4.1.1　ネットワークを利用した分析結果の整理（土工・CABの例）

工　程	余裕（分）		時間短縮効果の弾力性係数
	全体余裕	自由余裕	
準備（1）	0	0	0.14
準備（2）	0	0	—
掘削・鋼矢板埋め（1）	0	0	—
掘削・鋼矢板埋め（2）	0	0	0.32
掘削・鋼矢板埋め（3）	0	0	0.12
山止め（1）	144	144	—
山止め（2）	12	12	—
山止め（3）	0	0	0.23
覆工（1）	57	57	—
覆工（2）	0	0	0.06
覆工（3）	0	0	—
片付け（1）	0	0	—
片付け（2）	0	0	0.03

注）弾力性係数＝工事全体の時間短縮の割合／工程の時間短縮の割合

（3）計画と実績の比較を利用した分析

工事計画に対して、施工実績の作業の進捗に遅れる場合には、特定の作業が常に遅れやすいなど問題となっている可能性がある。このような場合には、計画時間と実績時間の差を分析し、どの作業が遅れやすいのかを分析する。

つぎに、遅れやすい作業について、遅延要因（遅れる理由：資材の待ち、手待ちなど）を整理し、遅延要因の頻度をパレート図に整理する。計画時間と実績時間の差が大きい工程や、頻度の多い遅延要因や、遅延する時間に与える影響の大きい要因を重点的に改善する。

表4.1.2　計画時間と実績時間の比較結果（トンネル工・発破工法の例）

		計画	実際	遅れ（分）
上半	削孔・装薬・発破	1:30	0:49	△41
	ズリ出し	1:15	0:30	△45
	支保工建込	1:00	1:00	0
	吹付け	2:30	3:02	32
	ロックボルト	1:30	1:00	△30
下半	削孔・装薬・発破			
	ズリ出し	2:30	3:12	42

2）省力化を目的とした分析

作業の進捗に従って、実際に作業を行なっている人数を時系列で記述し、この変化と、ガントチャートやネットワークによる作業間の関係を併記し、作業者の最大の山となる作業を見いだすことにより、省人化のポイントとなる作業を把握し、当該作業を重点的に改善する。この時、人数の推移だけでなく、職種、配置、作業別にデータを整理する。

分析結果に対し、該当する作業が順次行なわれている場合、対象作業の作業者数を低減することにより、省力化を図る。作業が並行して行なわれる工程では、並行作業を解消することで、負荷を平準化することにより改善を図るか、対象作業それぞれに対して、作業者数を低減することにより、省力化を図る。

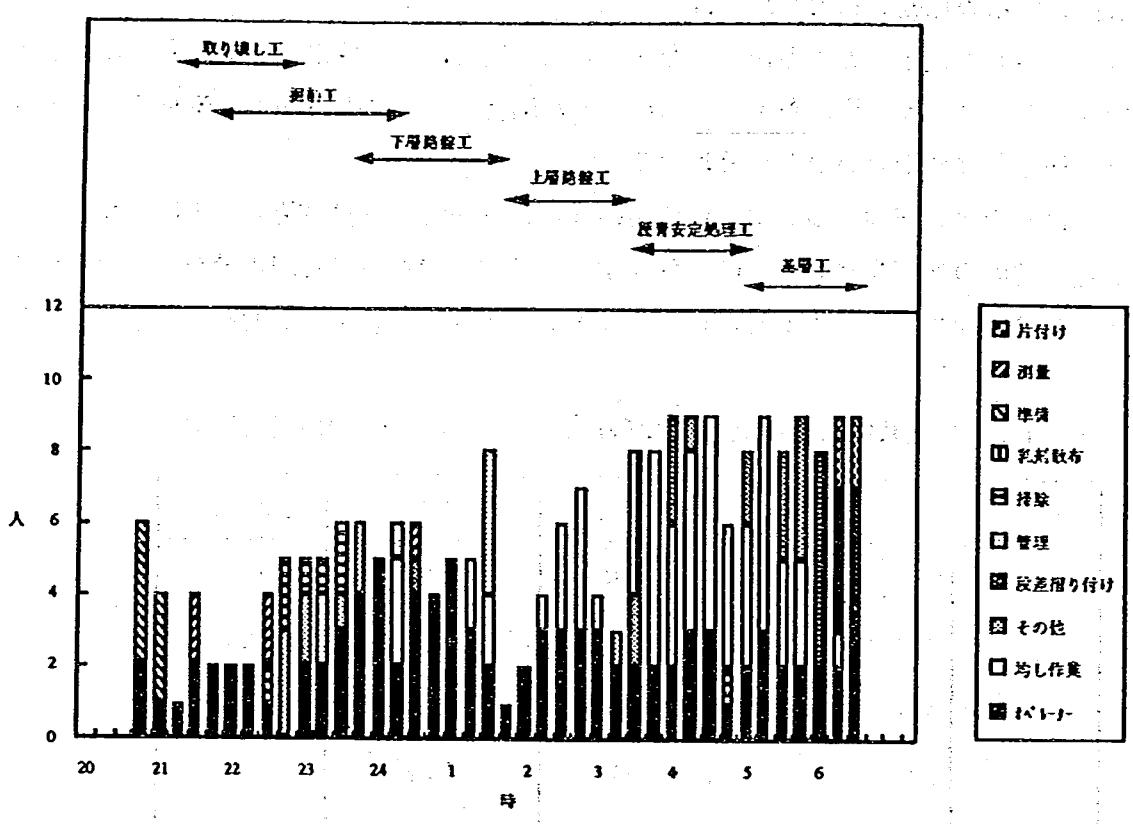


図4.1.3　作業内容別の作業者数の推移の分析の例（道路・打換工）

3）改善効果のシミュレーションへの利用

各工程時間を改善した場合、その結果についてネットワークを利用することにより、クリチカル・パスを見つけ、工事時間を推定することが可能となる。

8．4　分析方法

8．4．1　工事実績を利用した分析方法

（労務実績の分析方法）
労務実績の分析の目的は、工事実績の記録を利用することにより、工数を中心として、重点的に改善すべき作業を見いだし、改善へ展開することにある。具体的には、作業者数、工数の多い作業を分析し、省人化、省力化を図る。

〈解説〉

1．目的

土木工事現場では、多くの職種の作業者が工事に従事し、一人が多様な作業に従事する場合もある。作業に対する作業者数や作業工数は必ずしも均一ではなく、機械化が進んでいないため、人手を要したり、特定の作業に作業者やその工数が偏在したりする場合がある。

もし、労務に関する調票から実績の記録を分析し、作業者や工数が集中する作業を明らかにすることができれば、効率的に、省力化や省人化のために改善を図ることが可能となる。また、日常の事故、負傷の記録を分析することにより、危険性の原因を分析することが可能となり、安全性の向上に向けた改善を行なうことができる。

このように、労務実績の分析は、労務に関する帳票を分析し、改善目標上、重要な作業を明らかにし、改善へ展開することを目的とする。現場での作業測定に入る前に、事前にこの分析をすることにより、効率的な改善を行なうことができる。もし、労務実績の分析で問題点が明かとならない場合には、現場での作業測定を行なうことが望ましい。

2．分析準備

作業者に関する1日の作業内容や作業時間に関するデータを準備する。

作業者についてのデータとして、作業内容、就労時間、人数、職種および業務経験等を、作業に付随するデータとして、作業条件（作業環境、土質、作業場所、天候など）、出来高等を、危険性のデータとして、事故の発生状況や原因などを準備する。

3．分析の視点と分析の手順

1）省力化を目的とする場合

省力化を改善の目的とする場合、作業者数の低減や、作業時間の短縮、これらの結果である工数の低減を図ることが重要となる。これらの数値は、出来高、作業条件など作業者外の

条件と、作業者の能力など作業者内の条件により変化する。従って、作業別に、これらの諸条件と作業者数や工数等の関係を明らかにすることにより、改善上のポイントが得られる。

（１）作業別の労務実績の分析

職種、配置、作業内容別に、人工数、作業者数を比較し、これらの大きい作業を重点的に行なう。また、各作業者が適切な配置や作業が設定されていない場合、改善を行なう。

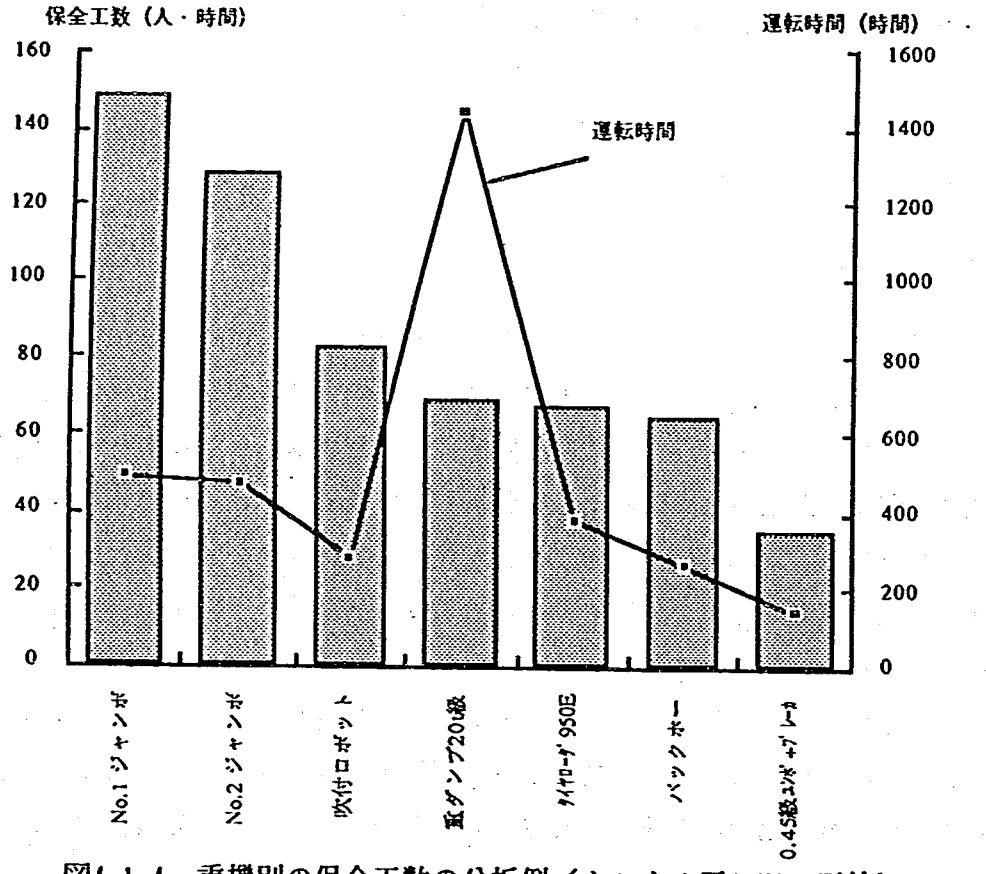


図4.1.4　重機別の保全工数の分析例（トンネル工・NATM工法）

（２）作業条件別の分析

工数や作業者数に影響する作業条件を検討し、作業条件と、工数、作業者数、出来高などの関係を分析し、工数、作業者数が大きくなる条件や、出来高が低下する条件を明らかにする。

作業条件と、出来高、工数、作業者数の関係を分析するには、各変数間の独立性の検定、変数間の相関関係、多変量解析、主成分分析、因子分析など統計的な分析手法を利用する。

2）安全性の向上を目的とする場合

事故やけがの発生状況について、要因別の発生頻度を整理し、どのような要因で発生頻度が高くなるかを明らかにする。統計的にデータ数が多く得られた場合には、統計的な分析を行なう。

8．4　分析方法

8．4．1　工事実績を利用した分析方法

（機械の運行記録の分析）
土木工事に利用される機械は、必ずしも効率的に利用されていない場合や、故障などで作業が中断したり、保全作業が必要となる場合が発生する。このような場合には、問題となる機械や作業を見いだし、重点的に改善を行なうことにより、作業時間の短縮や、省力化を図ることができる。

機械の運行記録の分析から作業時間の短縮を図るためには、機械の効率、機械の稼動状況や機械の保全作業を分析対象とする。省力化を図るためには、作業時間を短縮し、総工数を低減することを目標とする。

〈解説〉

1．目的

機械は必ずしも効率的に利用されていない場合や、故障などで作業が中断したり、保全に時間を要する場合がある。機械作業の効率を改善するためには、機械の作業効率を把握し、作業効率が低下する要因を分析することが必要であり、その分析結果は工事計画のための標準資料として反映することができる。また、保全の実態を明らかにすることにより、機械稼動を高めるための改善項目を発見することができ、予防保全に関する基礎データに発展することができる。特に、作業が順次行なわれる作業手順の場合には、一台の機械の故障が工事全体へ影響するため、保全は重要な改善テーマとなる。

機械の稼動分析は、機械の運行に関する実績から、機械の配置状況、実動時間、作業効率を分析することで、機械の作業効率の向上や、機械の保全時間や工数の低減を行なうことを目的とする。これらの機械の稼動の分析データには、工事現場で記述される機械の稼動日報を利用することができ、最初の問題点をしぼるときには、効率的な方法である。しかし、調票による分析により問題点が明確化されない場合には、現場での作業測定を行なうことを検討する。

2．分析準備

機械自体について、1日の稼動時間、保全の時間および作業条件（土質、天候など）に関する情報を用意する。もし、可能であれば、単位作業、要素作業レベルでの作業内容や、保全内容についても、情報を準備する。これらのデータは、主として、長期にわたるデータを

利用することが望ましく、これには、帳票によるデータを利用することが有効である。

3．分析の視点と分析手順

1）時間短縮を目的とする場合

工事時間の短縮をするには、機械の効率の向上、機械の稼動率の向上、さらに非稼動時間に影響するような保全時間の低減が重要となる。ここでは、機械の稼動日報から、これらの問題点について分析を行ない、改善すべき機械を抽出することを目的とする。

（1）作業効率に関する分析

作業効率の分析を行なう場合、機械別、さらに作業別の作業効率に関係する指標（稼動時間、出来高／機械の稼動時間）を対象とした分析により、稼動の長い機械や作業効率の低い機械を重点的に改善する。土木工事の作業の分析では、土質や作業条件により、機械効率等が変化するため、施工条件との関係を分析することが望ましい。作業条件との関係を分析するには、調器の稼動日報から、作業条件との独立性の検定、相関関係の分析、多変量解析、因子分析などを用いて、統計的な分析を行ない、効率が低下する作業条件を抽出し、改善を図る。

（2）機械の稼動率の分析

機械の稼動率を分析する場合、機械別に稼動率を算出し、稼動率の低い機械を重点的に改善する。稼働率においても、作業効率の分析と同様に、作業条件との関係を分析することにより、改善ポイントを抽出できる可能性があるため、同様の分析を行なう。

＜指標＞

稼動率　＝　稼動日数／配置日数　または　実稼動時間／（実稼動時間＋非稼動時間）

（3）機械の保全に関する分析

機械の故障や保全に関する分析から、故障の大きい機械、保全時間の大きい機械、故障間隔の短い機械、平均修復時間の大きい機械を重点的に改善する。この際、定期的な保全と偶発的な故障による保全を分類すること、機械の部位別、原因別に分類することが重要である。

＜指標＞

・保全回数および故障回数
・保全時間および故障時間
・平均作業中断時間　＝　作業中断時間／故障回数
・平均故障間隔　＝　作業時間／故障回数　または作業日数／故障回数
・平均保全時間　＝　保全時間／保全回数

機械の故障は、後工程へ影響すると共に、保全に時間や作業者を必要とする。故障の低減は、工程を円滑に進め、保全作業を低減する意味で、重要である。同様に、故障に伴う時間ロスや工数の発生と、保全に要する時間や工数を比較し、予防保全の立場から、適切な保全を行なうことが望ましい。

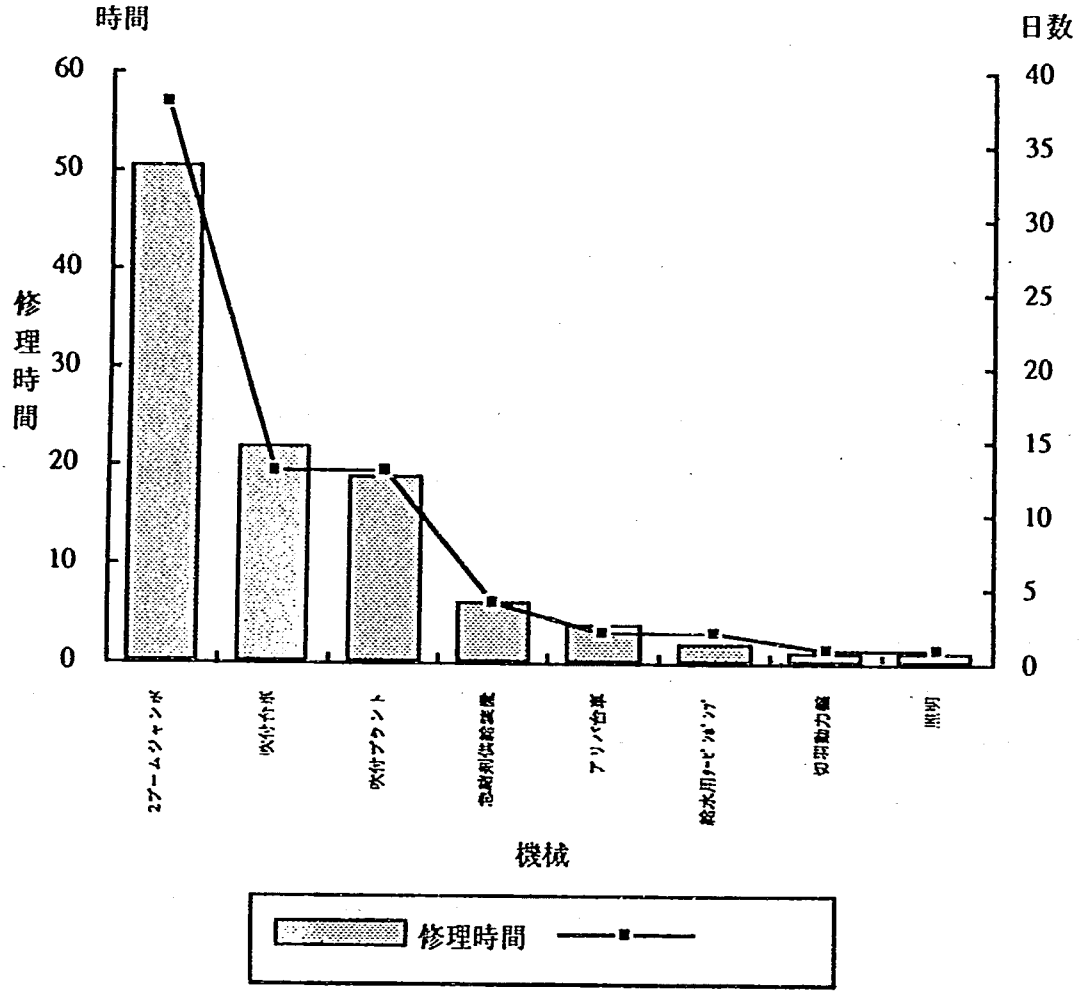


図4.1.5　トンネル工・NATM工法の重機の保全時間の比較

2）省力化を目的とする場合

機械を効率的に使用することができれば、機械のオペレータの作業時間を短縮することができ、省力化を行なうことができる。また、機械の故障や保全作業を低減することができれば、同様に省力化を行なうことができる。従って、工数の分析と同様な分析を行ない、工数低減により省力化を図る。

8．4　分析方法

8．4．2　工程分析

（工程分析）

工程分析は、土木工事を構成する工程、単位作業、要素作業に注目し、各構成要素をを工程図に記述した後、各構成要素について統合、省略することにより、作業の改善を図ることを目的とする。工程分析は、構成要素それぞれ単独に改善を検討する場合には特に、有効である。

〈解説〉

1．目的

作業のムリ、ムダ、ムラをなくし、作業の合理的に行なうことで、時間短縮、省力化、苦渋性の低減を図ることが可能となる。ここでは、土木工事を構成する工程、単位作業および要素作業に注目し、各構成要素を工程図に記述し、包括的な作業情報を整理することで、工程の省略や組み替えなど、作業のやり方を検討し、工程、機械等の設備、作業方法に改善項目を抽出することを目的とする。

工程分析[3)]は、構成要素を単独に改善する場合に有効であり、組作業など複数の作業が関連しながら行なわれる場合には、連合作業分析（複式活動分析）を行なう。

2．分析準備

工程分析を行なうには、工程図記号を利用し、情報を整理する。作業工程に注目するには単純工程分析、作業者に注目し、分析するには作業者工程分析を行なう。

分析するレベルにより、単位作業、要素作業に作業を分割し、工程分析のレベルを決定しておく。

3．分析の視点と分析範囲

1）時間短縮を目的とする場合

工程分析の結果から、総籍表を作成し、以下の視点から分析を進め、改善を図る。

・作業時間の長い作業の重点的な改善

作業時間の大きい工程を重点的に改善することで、時間短縮効果の大きな作業を見い出すことが可能となる。

・移動の短縮

移動距離は短くすることにより、移動時間を短縮することができる。従って、移動距離の長い工程を重点的に改善する。

・停滞の削減

停滞の解消は、直接に作業時間の短縮へ寄与する。

別工程が停滞要因になっている場合には、このような停滞要因を解消するような改善を図る。また、停滞をしている時間を利用し、他の作業を行なうことにより、停滞時間を利用することができる。

・工程の簡素化

工程数を減らすことができれば、直接時間短縮へ寄与する。このため、各工程を削減する余地がないかという点について、検討を行なう。

表4.2.1　工程分析表と総括表（離岸堤・据付工の例）

（工程分析表）

作業	工程	機械	移動	時間（秒）	人員	工程図記号
玉かけ	加工			17	2	
ブロック移動	運搬	クレーン	90°	69	1	
位置合わせ	加工			167	2	
検査	検査				2	
玉外し	加工			7	2	
ワイヤー移動	運搬	クレーン	90°	42	1	
合計	6			302	5（除く，重複）	

（総括表）

工　程	工程数	時間（秒）	人員（人）
加　工	3	191	4
運　搬	2	111	1
検　査	1	NA	2
停　滞	0	0	0
合　計	6	302	5

2）省力化を目的とする場合

工程分析の結果を利用し、総括表を作成し、以下の視点から分析を進め、改善を進める。

・作業者数の多い工程の重点的な改善

作業者数の多い工程に対して、重点的に改善する。

・時間短縮

時間短縮を図ることにより、工数を低減することが可能となる。

時間短縮を目的とした分析と同様の視点で、省力化の可能性を分析する。

8．4　分析方法

8．4．3　稼動分析

（稼動分析（稼働分析））
稼動分析（稼働分析）は、長時間にわたり、作業の状況を測定し、所定時間内の作業内容を分析することにより、改善を図ることを目的とする。

作業時間を短縮するには、付加価値の高い作業の構成比率の向上や、稼動率の向上を図るように分析を行なう。省力化には、作業ピークとなる作業工程を分析することにより、改善点を抽出する。苦渋性の低減には、作業の余裕の程度を分析し、適切な余裕に至らない場合には、改善を図る。

〈解説〉

1．目的

土木作業では、特定の作業に時間を要したり、付加価値の低い補助作業などに時間を要したり、手待ちが発生することがある。もし、時間や工数のかかる作業を削減したり、手待ち作業を解消することができれば、作業を効率的に行なうことができる。

稼動分析は、作業の状況を長時間に渡り測定し、所定時間内の作業の内容や稼動状況を分析することにより、作業の改善に発展させることを目的とする。機械を対象とした場合には、「稼動」という用語を、作業者を対象とした場合には、「稼働」という用語を利用する。但し、本項では、便宜的に稼動という用語で統一する。

2．分析準備

ワークサンプリングや、ビデオ・メモモーションなどにより、稼動率に関するデータを整理する。稼動率のデータは、少なくとも作業別に準備し、機械や作業者別の情報があれば、更に多様な分析を行なうことができる。

3．分析の視点と分析手順

1）時間短縮を目的とする場合

（1）作業者や機械の稼働率の分析

作業者や機械別に、稼動率（稼動率＝有効作業時間／実動時間）を分析し、稼動率が低い場合には、重点的な改善を行なう。但し、機械については、ならしや保全な付帯的な時間を

含む場合と、含まない場合を明確に区別する。

もし、稼動率が低い場合には、非稼動の時間が発生する要因を整理し、要因別に非作業時間の構成を求め、最も非作業が発生する要因について、重点的な改善を行なう。

（２）作業内容の分析

主体作業、付帯作業、余裕、非作業別に区分した、作業別の構成比率を求める。

もし、付帯作業、余裕、非作業に属する作業の構成比が高い場合には、該当する作業を重点的に改善する。主体作業の構成比が大きい場合には、機械や作業者の稼動は高いものと判断されることから、機械の能力の向上や施工方法など本質的な改善を検討する必要がある。

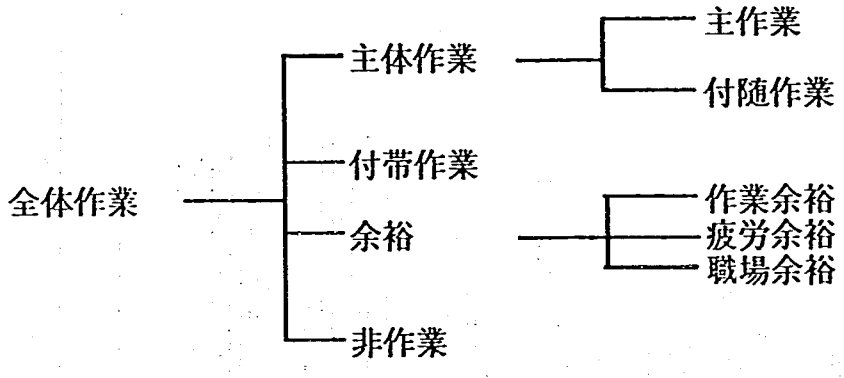


図4.3.1　作業の区分

２）省力化を目的とする場合

（１）作業構成比率の分析

稼動の高い作業に対して、作業の構成比率の高い作業に、人を要している可能性が高い。このため、作業者の稼働分析を行ない、作業の構成比率の高い作業を中心に改善を行なう。

（２）作業者数の時間推移の分析

土木作業では、特定の作業に作業者数のピークが発生し、他の作業では、必ずしも、作業者の稼働率は高くないことがある。このような問題を解決するには、どの作業に作業者数のピークが発生するのかを見極める必要がある。また、作業者が適切な配置や適切な作業を行なっていない場合も発生するため、作業者の職種、配置および作業内容を分析する必要がある。

このため、一定時間間隔で、作業に携わる作業者数の推移を分析し、ピークが、発生している作業について、重点的に改善を行なう。具体的には、時系列的に作業に従事する数を分析し、工程分析やネットワーク、ガントチャートと比較し、どのような作業に作業者のピークとなるかを分析し、負荷を平準化できるように改善を行なう。なお、ピーク時に発生して

いる作業の作業者が、別の作業で必ず必要となる場合があるため、改善案については十分検討を行なう必要がある。
作業者の職種や、配置、作業内容別に作業者数の時間的推移を分析することにより、適切な作業者の配置や、作業に問題がある時には、改善を図る。

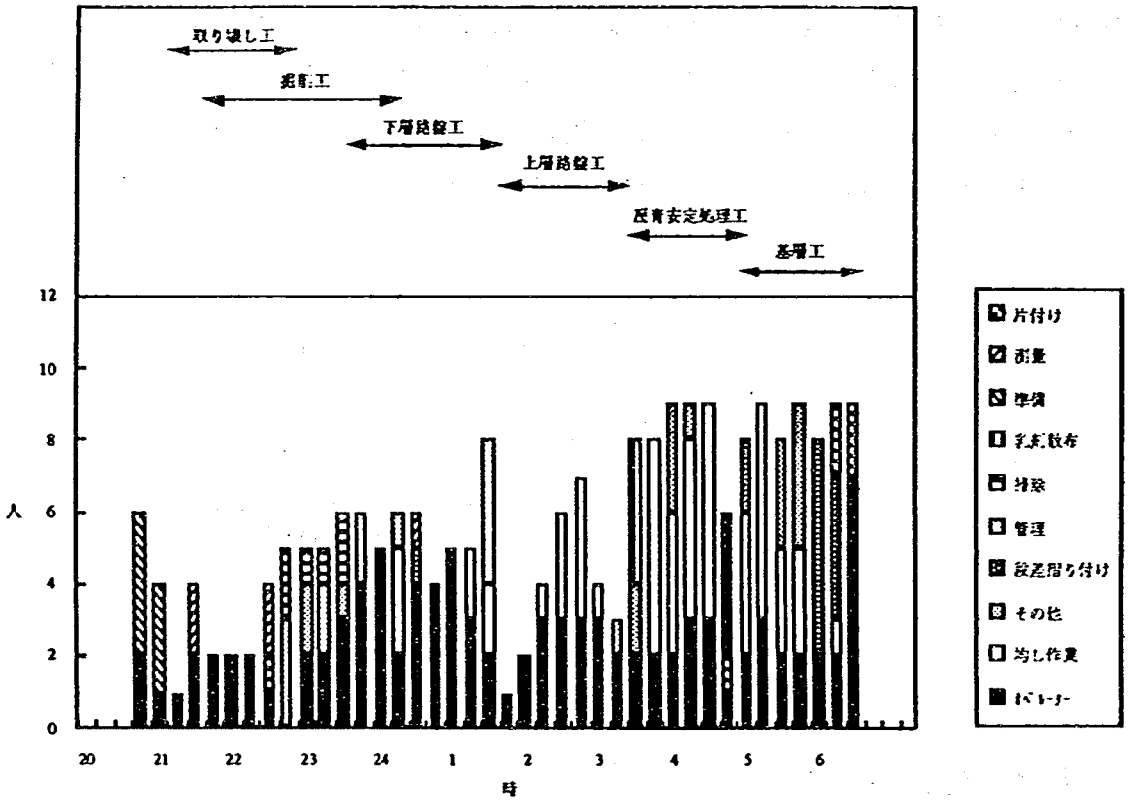


図4.3.2　作業者数の推移の分析例（道路・打換え工）

3）苦渋性の低減を目的とする場合

適切な休憩をとられていない場合には、苦渋性が高まるものと予想される。従って、作業者に適正な作業の余裕を与えることにより、苦渋性を低減することができる。作業余裕は、正味の作業時間に、不規則・偶発的に発生する作業に必要となる時間（作業余裕）、生理的な欲求からくる時間（人的余裕）、休憩時間、疲労開腹のための時間（疲労余裕）からなり、適切な余裕を作業の標準と比較し、考慮する必要がある。
作業測定で得られた余裕率を求め、表に示す作業余裕率の設定値と比較し、もし、余裕が少ない場合には、余裕を増やす様に改善を行なう。

余裕率　＝　余裕時間／正味作業時間

表4.3.1　余裕率の設定値の例

	男(%)	女(%)
1. 定数的余裕：		
個人余裕	5	7
基本的疲労余裕	4	4
2. 変数的余裕：		
a. 立位余裕	2	4
b. 異常姿勢余裕		
少し苦しい姿勢	0	1
苦しい(身体を曲げて)	2	3
非常に苦しい(横になったり，手足をのばしたり)	7	7
c. 力や筋肉の使用(持ち上げたり，引っぱったり，押したり)		
持ち上げる荷重		
5ポンド	0	1
10	1	2
15	2	3
20	3	4
25	4	6
30	5	8
35	7	10
40	9	13
45	11	16
50	13	20
60	17	(最高)
70	22	
d. 悪い照明		
推奨値をやや下まわる	0	0
推奨値をかなり下まわる	2	2
きわめて不十分	5	5
e. 大気の条件(*)		
(温度と湿度)		
冷却力(カタ温度計)		

ミリカロリ/cm²/秒	男女とも(*)
16	0
14	0
12	0
10	3
8	10
6	21
5	31
4	45
3	64
2	100

	男	女
f. 細かい注意		
かなり精密な仕事	0	0
精密または正確さを要する仕事	2	2
きわめて精密，きわめて正確さを要する仕事	5	5
g. 騒音レベル		
連続	0	0
断続，大	2	2
断続，非常に大 急ピッチで大	5	5
h. 精神的負荷		
かなり複雑な工程	1	1
複雑または広範囲の注意	4	4
きわめて複雑	8	8
i. 単調さ		
小	0	0
中	1	1
大	4	4
j. 退屈		
やや退屈	0	0
退屈	2	1
きわめて退屈	5	2

注 (*) ワークスタディ ILO 日本生産性本部よりご好意によって転載.
(*) J. B. シアラー氏の数値.
(*) 就業時間に対するパーセントである (風土に慣れた人).

出所）作業測定の技術、日本能率協会編

8．4　分析方法

8．4．4　作業時間の分析

（作業時間の分析）

作業時間の分析は、適切な作業に分割された作業単位について、その作業時間を測定して、作業方法や、作業条件との関係を分析し、施工改善を行なうことを目的とする。時間研究の結果を利用し、作業時間の短縮を行なうには、最も作業時間が長くなる作業や作業条件を重点的に改善する。省力化には、時間研究から、工数を分析し、工数の多い作業を重点的に改善する。

苦渋性の低減や安全性の向上を行なうには、苦渋性や危険性の高い条件下の作業時間を分析し、作業時間が短縮するように改善を図る。余裕率を分析し、標準的な余裕率に比べ、作業負荷が多い場合には、余裕率が多くなるように、改善を図る。

〈解説〉

1．目的

土木作業に対して、適切な作業に分割し、作業単位を設定し、時間を要する作業の時間を短縮することで、生産性を改善することができる。また、適切な余裕を供なう作業時間を設定したり、苦渋性の高い作業環境での作業時間を短縮することで、苦渋性を改善することができる。同様に、危険性を伴う作業に対して、作業時間を短縮することができれば、安全性を高めることになる。

作業時間の分析は、土木作業を構成する作業単位の時間を測定し、作業方法や作業条件に対し、作業との関係を分析し、施工改善を行なうことを目的とする。

2．分析準備

作業の始点、終点を決定し、作業分割を行ない、ストップウォッチ法や、ビデオ・メモモーション法により、分割した作業単位別の時間を測定する。

土木作業の作業時間は施工条件に依存することが多いため、その背景となるデータも測定する必要がある。次のようなデータを準備しておくと、分析に有効である。

・作業条件（土質、天候など）
・人工数
・施工量
・手直し

測定されたデータについては、一般的に平均値を利用するが、異常値は棄却する。
時間データは少なくとも、以下の点を考慮し、区分を行なう。

・手作業と機械作業

・変動的作業と固定的作業

作業条件により、作業時間が影響を受けやすい作業（変動的作業）とそうでない作業（固定的作業）や、サイクル作業、サイクル外作業および不規則作業は区別する。

3．分析の視点と分析手順

1）時間短縮を目的とした場合

（1）作業時間および作業回数の分析

作業単位別に、平均作業時間や作業回数を求め、パレート図に整理する。
作業別に、発生回数数（生起数）、平均作業時間、総作業時間を整理し、これらの特性値の大きい作業を重点的に改善を行なう。特に、付加価値を生まない主体作業でない作業や、準備作業、そして非稼動時間が多い場合には、該当する作業の改善の優先順位は高い。特に、この視点は各作業が逐次的に行なわれる場合に時間短縮には有効である。

標準偏差を求めることで、作業時間のバラツキを比較することができる。バラツキが大きい場合には、サンプル数を多く設定し、測定を実施することが妥当であるが、更に、バラツキが発生する場合には、該当作業に作業ムラが発生する要因があるものと解釈される。このような場合には、要因を検討し、改善に結び付ける。

表4.4.1　ブロック積込工のサイクルタイムの時間研究の例

	平均作業時間(秒)	標準偏差
玉掛け	18	6.3
ブロック移動	66	11.9
位置合わせ	55	80.7
玉外し	17	11.3
ワイヤー移動	32	8.9

（2）作業効率に関する分析

作業効率に関する特性値として、出来高／人工数または出来高／作業時間を求め、これらの指標の低い作業を重点的に改善する。
また、作業効率は、作業の開始時や、安定時、終了時など変化する。時間帯区分や、作業レ

イアウト区分を設定し、特性値の低い区分について、改善を行なう。

（3）施工条件別の作業時間の分析

土木作業では、施工条件が作業時間、作業効率に影響しやすい。作業条件の変化により、作業時間が長くなるような場合には、施工条件の変化に対して生産性が低下しない改善を実施する必要がある。

ここでは、まず、作業条件別の作業時間や作業効率の関係を求める。この場合には、独立性の検定や、相関分析を行ない、どの様な施工条件で、生産性が低下しているのかを分析する。また、複数の作業条件を考慮するには、因子分析や多変量解析を実施する。

（4）習熟に対する分析

土木作業は経験が生産性に影響することが知られている。また、一日の作業の中でも、作業効率が変化し、慣れが作業効率に影響している。このように、同一作業を繰り返すことにより、作業時間が減少する現象は習熟と呼ばれている。

習熟による作業時間または作業効率の変化を分析し、習熟曲線を求める。この様な習熟曲線により、作業者の習熟の程度や安定した効率に至るまでの時間を判断することができる。特に、習熟が低い場合には、次の様な判断を元に、改善を図る。

習熟が高い作業では、経験により効率の向上が行なわれやすいため、経験の積極的な積み重ねにより、改善効果が表われやすい。一方、習熟率が低い作業では、経験による効率の向上はゆるやかであり、経験によるだけでなく、教育・訓練や作業方法の検討も必要とする。

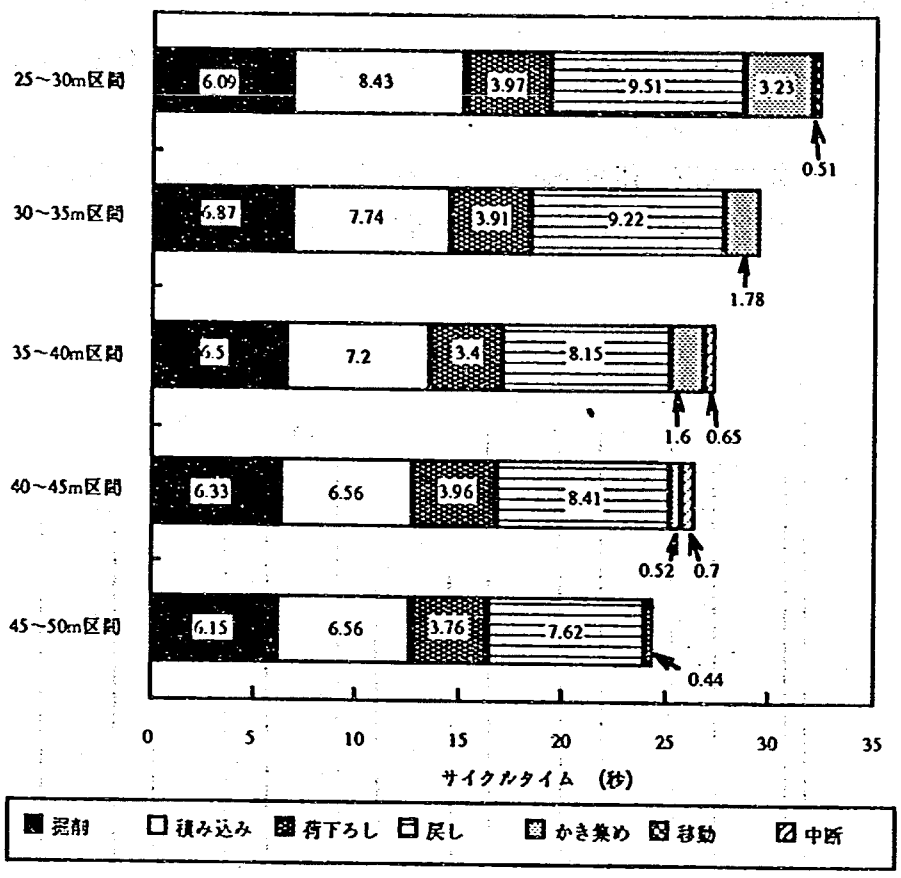


図4.4.1　油圧ショベルの１日のサイクルタイムの推移（道路維持修繕工・打換え工法の例）

（５）標準時間の設定

時間研究データから標準時間を設定し、工期、歩掛りなどの予測に利用することが可能であり、工事計画に有用なデータとなる。時間研究から分析された標準時間を利用した予測方法については、工事工程の分析の欄を同様の考え方に従い進める。

２）省力化を目的とした場合

時間短縮と同様に、作業別に工数を分析し、工数の多い作業、特に付加価値の低い、主体作業でない作業を重点的に改善する。

３）苦渋性の低減を目的とした場合

(1)苦渋性の高い作業の低減

苦渋性の高い環境や作業について、あらかじめ、評価点をつける。評価方法は作業者や専門家へのヒアリングにより決定するか、ＲＭＲなど苦渋性の分析の欄に従う。

苦渋性の高い作業に、携わっている作業時間や工数を求め、苦渋性が高く、作業時間や

工数の多い作業を重点的に改善する。

(2)作業負荷の低減

作業者別に作業負荷を時間的に分析し、負荷の多い場合には、負荷の軽減を図るか、作業者間の負荷の均一化を行なう。

作業者別に、休憩回数、休憩時間、一連続作業時間の分布を比較し、休憩の少ない場合や、連続作業時間の長い場合には、作業者の負荷の低減を行なう。

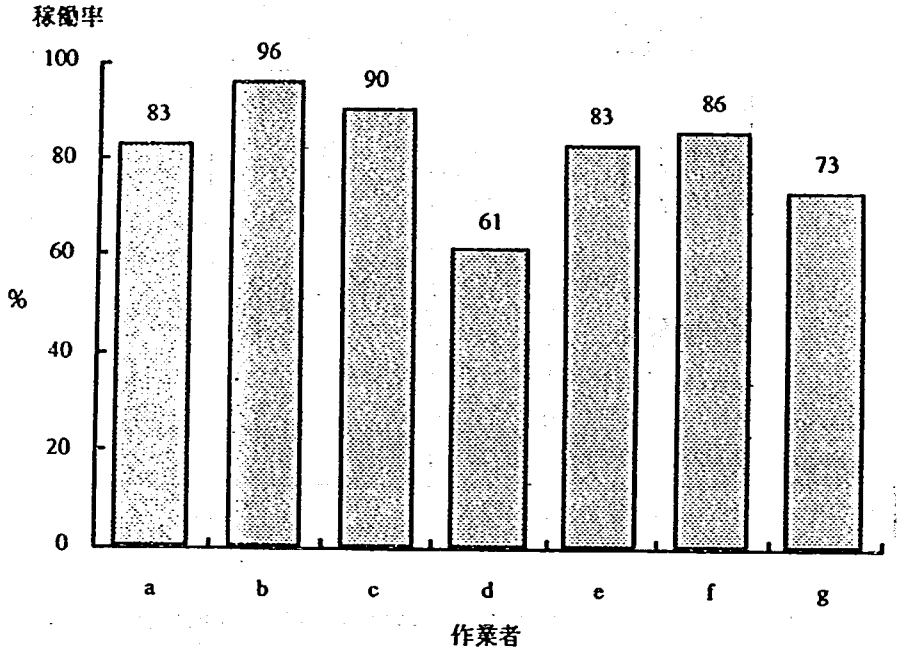


図4.4.2　作業者別の稼動率の比較（土工・CABの例）

4）安全性の向上を目的とした場合

(1)危険作業の低減

苦渋性の高い作業の低減と同様の方法で、危険性の高い作業に携わっている時間が長いものについて、重点的に改善を行なう。

(2)苦渋性の低減

苦渋性の高い作業は、精神的な疲労を伴い、この疲労が注意力の低減の誘因となり、事故を発生するなど、危険性を高める。従って、苦渋性の低減の視点で、適切な改善を行なうことが、事故の予防となる。

8．4　分析方法

8．4．5　連合作業分析（複式活動分析）

（連合作業分析（複式活動分析））

連合作業分析（複式活動分析）は、作業間の関連を改善し、生産性を高め、また、機械と共同作業を行なう作業員の作業を低減することにより、安全性や、苦渋性に対して改善を図ることを目的とする。

時間研究により得られたデータの分析結果から、時間短縮を行なうためには、まず、手待ちの解消を図り、次いで、有効作業で時間の要する作業を重点的に改善する。省力化については、手待ちの多い作業者の作業改善により省人化を図るか、または、時間短縮と同様の方法で、作業時間の短縮による工数の削減を行なう。作業者間の負荷が平準化されていない場合には、苦渋性の低減のために、負荷の平準化を目指した改善を重点的に行なう。

（解説）

1．目的

土木工事では、重機同士が輻輳しながら作業したり、作業者同士の共同作業（組作業）を行なったり、一人の作業者が複数の作業を同時に行わねばならない時がある。このような作業では、各作業間の時間的な制約の中で、手待ちが発生したり、補助作業のための要員が発生するなど、改善を行なう余地がある。また、機械と作業者の共同作業では、事故が発生する危険性があったり、事故に至らずとも、精神的な負担は大きく、安全面で改善する必要が高いものと予想される。

連合作業分析（複式活動分析とも呼ぶ[10]）は、作業間の関連を改善することにより、手待ちを解消し、生産性を高め、改善を図り、また、機械と共同作業を行なう作業員の作業を低減することにより、安全性や、苦渋性に対して改善を図ることを目的とする。

2．分析準備

連合作業分析（複式活動分析）を行なうには、マン－マシンチャート、マン－マンチャート、マシン－マシンチャートに作業を記述し、総括表を作成する。分析単位は、要素作業レベルまたは単位作業レベルを対象とする。

3．分析の視点と分析手順

1）時間短縮を目的とする場合

作業者や重機の作業を表4.2.2に示す３つの区分に整理し、総括表を作成する。

表4.2.2　作業区分

単独自動	作業者が他の作業に制約されずに行える作業や、機械が自動的に行なう作業
連合	作業者や重機などが、制約をもち共同で行なう作業
手待ち	作業者や重機の作業中断

表4.2.3　連合作業分析総括表（離岸堤・据付工の例）（単位：秒、%）

	玉かけ作業者	位置合わせ・玉外し作業者	クレーンオペレータ
単独自動	17　(6)	7　(2)	111 (37)
連合	0　(0)	167 (55)	167 (55)
手待ち	285 (94)	128 (43)	24　(8)
合　計	302 (100)	150 (100)	302

総括表に対し、以下の手順に従い、問題となる作業者や機械について改善を図る。

・手待ちの比率の高い作業者、機械に対して、稼動率が向上する様に改善を図る。

・特に、主作業の中心になる作業者や機械を中心に検討を行なう。

・手待ちが少ない場合には、単独自動、連合作業の時間短縮を図る。

・単独自動の作業の比率が高い場合には、該当する作業者や機械を重点的に改善する。

改善を考える上では、改善案の連合作業分析表を作成し、総括表に整理して、効果を検討する。

2）省力化を目的とする場合

総轄表を用いて、手待ち作業の多い作業者の削減を目的とし、手待ち比率が高い作業者を中心として、省力化を図る。

3）苦渋性の低減

総轄表を用いて、以下の視点から改善を行なう。

・作業負荷の平準化

手待ちの比率を比較し、手待の少ない作業者を重点的に改善し、作業負荷の削減や、作業負荷の均一化を図る。

・連合作業の削減

連合作業の多い場合には、精神的な疲労は大きいものと判断され、連合作業比率の高い場合には、当比率が低減できるような改善を行なう。

4）安全性の分析

総轄表を利用し、以下の視点から改善を行なう。

・連合作業の削減

機械と作業者の連合作業は、危険性を伴うことが多い。連合作業の比率が高く、危険性が高い場合には、作業を削減するように改善を図る。

動作分析は、人間や、人間の動作を反映した重機の動作を分析し、動作のムリ、ムダ、ムラを排除し、改善を図ることを目的とする。動作分析には、サーブリック分析が一般的である。重機の動作分析には、ビデオなどにより、作業測定を実施し、動作を記述する。

サーブリック分析では、定量的な分析は困難であるが、補助的な動作や停滞に分類される動作の低減を検討し、時間短縮を図る。重機の動作分析は、人間の操作・動作を間接的に分析することになり、動作時間の長い動作や、手直しが多く発生する動作を中心に改善を図る。

8．4　分析方法

8．4．6　動作分析

（動作分析）

動作分析は、人間や、人間の動作を反映した建設機械の動作を分析し、動作のムリ、ムダ、ムラを排除し、改善を図ることを目的とする。動作分析には、サーブリック分析が一般的である。建設機械の動作分析には、ビデオなどにより、作業測定を実施し、動作を記述する。

サーブリック分析では、定量的な分析は困難であるが、補助的な動作や停滞滞に分類される動作の低減を検討し、時間短縮を図る。建設機械の動作分析は、人間の操作・動作を間接的に分析することとなり、動作時間の長い動作や、手直しが多く発生する動作を中心に改善を図る。

〈解説〉

1．目的

要素作業は、動作から構成され、作業改善を行なうには、ムリな動作やムダな動作を排除し、ムラなく、安全で、効率的な動作を設定する必要がある。土木作業の場合には、動作は、作業者だけでなく、オペレータの動作が反映される重機など機械についても、分析対象として考える。

動作分析は、作業者や機械の動作を記述し、作業の問題点を抽出することを目的としている。ここでは、動作分析として、サーブリック分析と、ＶＴＲを利用した重機を中心とした動作分析について述べる。

2．分析準備

サーブリック分析を行なうには、分析対象である作業について、動作を観測し、サーブリック記号で表現し、データを整理しておく。

ＶＴＲを利用した分析では、分析対象となる機械に対して、ビデオカメラで作業観測し、データを整理しておく。

3．分析の視点と分析手順

1）サーブリック分析

サーブリック分析は複数の基本的動作により動作方法を記述し、分析する方法である。定性的な分析が中心であり、定量的な分析には必ずしも有効ではない。定量的な分析を行なうためには、ストップウォッチ法、ＰＴＳ法、ビデオメモモーション法などで、動作の時間を測定することが有効である。

サーブリック分析表のデータは、表4.2.4に示すサーブリック記号群別に整理し、総括表を作成する。総括表は、サーブリック記号別の総数と構成比を記述する。

表4.2.4　サーブリック記号の分類

区分1	仕事を行なう上で必要な動作 例）空手移動、つかむ、荷重移動、位置決め，組み合わす、使う、放す
区分2	区分1の補助的動作 例）調べる、探す、見いだす、選ぶ、考える、前置き
区分3	仕事を行なわない動作 例）保持、避けられない手待、避けられる手待、休む

表4.2.5　サーブリック分析の総括表

サーブリック記号	右手	目	右手	小計
区分1 空手移動・・・				
小計				
区分2 調べる・・・				
小計				
区分3 保持・・・				
小計				
合計				

（1）時間短縮を目的とする場合

サーブリック分析の結果は、動作経済の原則に従い、改善を実施し、最良の作業動作を設定する。具体的には、サーブリック分析の総括表を用いて、以下の視点で改善を図る。

＜動作経済の原則＞

・動作の総数の削減

動作の総数の多い動作を重点的に改善する。

・動作の省略

区分２に類別される動作を中心に、補助的な作業を削減する。

・動作の同時的実施

区分３に類別される動作が多い場合には、動作の休止が少なくなるように、同時に作業を行ったり、動作手順を組替える。

・動作距離の削減

区分１に類別され、移動が伴う動作が多い場合には、動作距離を短くできる様に改善を図る。

他の応用的分析として、熟練者、非熟練者の動作の比較を行ない、改善を図る。具体的には熟練者と非熟練者の動作を比較し、どの作業が、作業効率に寄与しているのか動作の内容を分析し、適切な動作を設定する。熟練者の動作の解明は、作業の自動化に対する必要機能の抽出へと発展する可能性もあり、この様な視点からも分析結果を検討する。

（2）苦渋性の低減を目的とする場合

・時間短縮と同様の分析

動作のムダをなくし、作業の効率化を図ることで、作業の苦渋性を低減する。

・制限動作の削減

サーブリックの動作、特に区分１に類別されるものについて、移動経路が自由な動作や、移動の力を要する動作など、作業者の筋力や巧遅性が求められる制約的な動作を明確化し、該当する動作について重点的に改善する。

2）ＶＴＲを利用した動作分析

ビデオカメラを利用した作業測定を利用した、土木用の建設機械の動作に対する分析について述べる。一般に、土木作業の機械の機械動作の分析は間接的に、機械の運転を行なうオペレータの動作に対する分析と同じである。

分析手順は、①動作の分割、②観測、③総括表の作成、④データの分析である。総括表は、表4.2.6のように整理する。平均動作時間の算出については、測定の異常値は以下の形で処理

する。

・データの棄却

特別な要因により、動作時間が長い場合には、データは棄却する。

・作業のムラとしての取扱

特別な要因がない場合には、作業の固有の特性によるものと考えられる。

このような場合には、逆に、作業上、問題と見なすべきである。

作業のムラの度合を図るには、分散をとってみるとそのバラツキを評価することができる。

なお、このような作業は、精度を高めるために、測定回数は増やしておく。

表4.2.6　機械の動作分析総括表（油圧ショベルの例）

動作名	動作数 (a)	平均動作時間（秒） (b)	総時間（秒） (a)×(b)
掘削	18	5.8	104
積み込み	18	7.4	133
荷下ろし	18	5.0	90
戻し	18	4.5	81
かき集め	5	1.5	8
移動	0		0
中断	0		0
合計		24.2	436

総括表から、以下の手順で改善を図る。

・動作数の削減

動作数の多い作業について、重点的に改善する。

・動作時間の短縮

平均動作時間や、総時間数の大きい動作を、重点的に改善する。

・手直し／やり直しの削減

機械作業では、1度で作業が終らず、品質確保の為に、手直しややり直しを行なうことがある。このような場合には、手直しややり直しが発生し易い動作を重点的に改善する。

8．4　分析方法

8．4．7　苦渋性・安全性の分析

（環境要因の分析）
苦渋性、危険性の要因として、環境要因があり、この環境要因の測定結果を分析する方法として、環境要因の分析がある。環境要因の分析の方法として、基準との適合性の評価や作業別の比較がある。

〈角罕訫兌〉

1．目的

苦渋性や危険性の要因として、環境要因がある。環境要因は主として、以下のものである。

①温熱環境

②照明環境

③騒音、振動

④気質

環境要因の分析の視点は、悪い環境にいる時間を低減すること（作業の低減）、環境を善くすることである。前者は作業環境に対する時間研究であることから、ここでは、後者の作業環境自体を分析評価することを主目的とする。

2．分析の視点と分析手順

1）適性標準との比較

（1）温熱環境

温冷感指標（PMV）を算出する。

$$PMV=[0.352\exp\{-0.042(M/Adu)\}+0.032]L$$

L:人体熱負荷(W/㎡)、M:代謝量(W)、Adu：人体の体表面積(㎡)

予想不満足率(PPD)を算出する。

$$PPD=100-95\exp[-(0.03353PMV4+0.2179PMV2)]$$

PPDは、熱的に不満足に感じる人の割合（百分率）を示す。PPDが高い場合には、熱環境からの遮断や、作業時間の短縮を図る。

（２）照明環境

照明環境については、労働安全衛生規則[11]で、以下の様に、定められている。

□労働安全衛生規則　第604条

事業者は労働者を常時就業させる場所の作業面の照度を次の基準に適合させねばらない。但し、感光材料を扱う作業場、構内の作業場その他特殊な作業を行なう場についてはこの限りでない。

- 精密な作業　　300ルクス以上
- 普通の作業　　150ルクス以上
- 粗な作業　　70ルクス以上

また、JISでは、工場や事務所など場所や作業に応じて、適正な基準が勧告されている。

土木分野は屋外作業が中心であるために、室内作業と必ずしも該当しないが、作業のレベルからみて、極端に照度が低い場合には、照明環境の改善を検討する必要がある。

表4.5.1　照度基準（工場）[12]

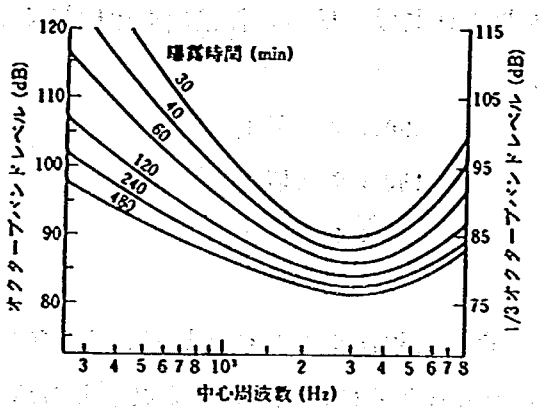
照度 (lx)	場所	作業
3000		
2000	○制御室などの計器盤および制御盤	精密機械、電子部品の製造、印刷工場でのきわめて細かい視作業、たとえば、 ○組立 a、○検査 a、○試験 a、○選別 a、○設計、○製図
1500		
1000	設計室、製図室	機械工場での選別、検査、印刷工場での植字、校正、化学工場での分析など細かい視作業、たとえば、 ○組立 b、○検査 b、○試験 b、○選別 b
750		
500	制御室	一般の製造工程などでの普通の視作業、たとえば、 ○組立 c、○検査 c、○試験 c、○選別 c、○包装 a、 ○倉庫内の事務
300		
200	電気室、空調機械室	粗な視作業、たとえば、 ○固定された作業、 ○包装 b、○荷造 a
150		
100	出入口、廊下、通路、階段、洗面所、便所、作業を伴う倉庫	ごく粗な視作業、たとえば、 ○固定された作業、 ○包装 c、○荷造 b、c
75		
50	屋内非常階段、倉庫、屋外動力設備	○荷積み、荷降し、荷の移動などの作業
30		
20	屋外（通路、構内製品用）	—
10		

（注）1. 同種作業名について、見る対象物および作業の性質に応じ次の3つに分ける。
（1）a は細かいもの、暗色のもの、対比の弱いもの、とくに高価なもの、災害に関係ある場合、精度の高いことを要求される場合、作業時間の長い場合などを表す。
（2）b は（1）と（3）の中間のものを表す。
（3）c は粗いもの、明色のもの、対比の強いもの、頑丈なもの、さほど高価でないものを表す。
2. 危険作業のときは、2倍の照度とする。

出所）JIS9110

（３）騒音、振動[13][14]

騒音は中心周波数と暴露時間により、許容基準が設定されている。もし、作業時間と騒音レベル、中心周波数を測定し、許容水準より高い場合には、騒音対策を講じる必要がある。



出所）日本作業衛生学会(1990)

図4.5.1　聴力保護のための騒音の許容基準

振動は振動数と加速度により、暴露時間について、許容水準が設定されている。もし、許容水準を越えている場合には、振動対策を図る必要がある。

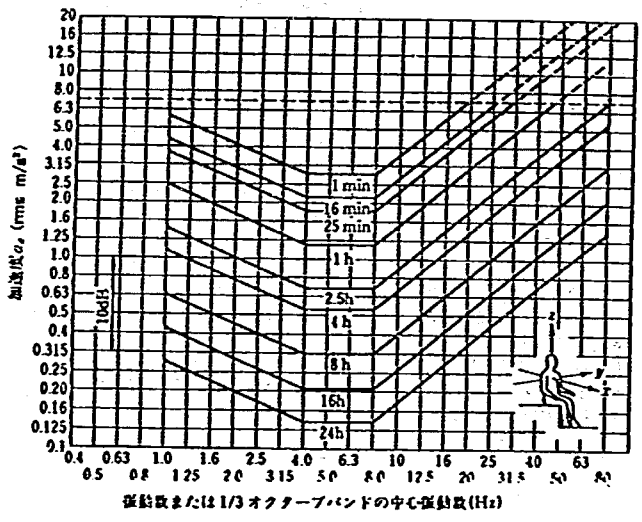


図4.5.2　全身垂直振動のＩＳＯ疲労-能力減退境界

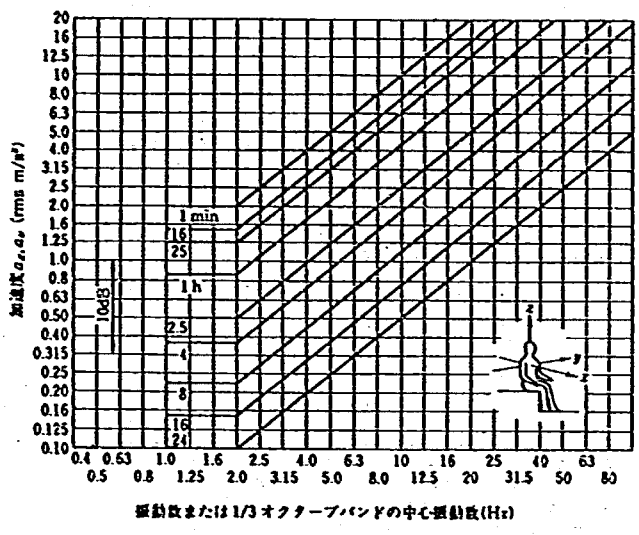


図4.5.3　全身水平振動のＩＳＯ疲労-能力減退境界

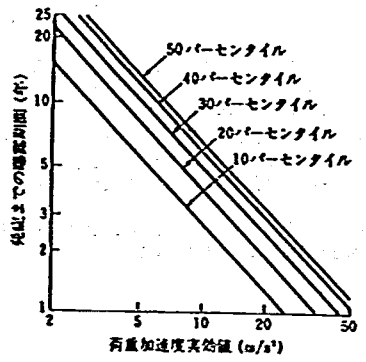


図4.5.4　手腕系振動暴露に対する評価基準（ＩＳＯ；1986）

（4）気質[15]

日本産業衛生学会により粉塵の許容水準濃度を表4.4.4に示す。許容水準濃度を越えている場合には、粉塵対策を行なう。

表4.5.2　粉塵の許容基準濃度

Ⅰ．遊離珪酸含有10%以上の粉塵……次式により計算する。

吸入性粉塵*1　$H=\frac{2.9}{0.22Q+1}$ (mg/m³)，　総粉塵*2　$H=\frac{12}{0.23Q+1}$ (mg/m³)

ここに，H：許容濃度，Q：粉塵中遊離珪酸含有率（%）．

Ⅱ．各種粉塵

粉塵の種類		許容濃度 (mg/m³)	
		吸入性粉塵*1	総粉塵*2
第1種粉塵	滑石，ろう石，アルミニウム，アルミナ，珪藻土，硫化鉱，硫化焼鉱，ベントナイト，カオリナイト，活性炭，黒鉛	0.5	2
第2種粉塵	遊離珪酸10%未満の酸性粉塵，酸化鉄，カーボンブラック，石炭，酸化亜鉛，二酸化チタン，ポルトランドセメント，石灰石，大理石，混合材料粉塵，穀粉，綿塵，木粉，革粉，コルク粉，ベークライト	1	4
第3種粉塵	その他の無機および有機粉塵	2	8
石綿粉塵	クリソタイル，アモサイト，トレモライト，アンソフィライト，アクチノライト	時間荷重平均：5 μm以上の石綿繊維で2繊維/cm³（これに対応する石綿粉塵の重量濃度は0.12 mg/m³）	
		ceiling値：5 μm以上の石綿繊維で10繊維/cm³（いかなるときも15分間の平均濃度がこの値をこえてはならない）	
	クロシドライト	0.2繊維/cm³	

（注）*1　吸入性粉塵：次に示す分粒特性を有する分粒装置を通過した粒子を吸入性粉塵とする。

$P=1-\frac{D^2}{D_0^2}$ $(D\leq D_0)$，　$P=0$ $(D>D_0)$

ここに，P：透過率，D：粉塵の相対沈降径（μm），D_0：7.07 μm．

*2　総粉塵：捕集器の入口における流速を50~80 cm/sとして捕集した粉塵を総粉塵とする。

*3　粉塵の許容濃度とは，遊離珪酸10%以上の粉塵および第1種，第2種，第3種粉塵測定法によって測定された濃度である。

*4　石綿粉塵の測定法はメンブランフィルター法またはX線回折法によるか，あるいは，これらの方法で得られる値と比例的関係をもつ値の得られる他の方法によるものとする。

2）作業間の比較

騒音や振動などでは、特定の重機から発生するなど、作業や重機別にその環境要因の影響は異なる。従って、環境要因について、悪環境の作業を優先的に改善を図ることが望ましく、各要因についてそのレベルを比較し、重点的な改善を行なう。

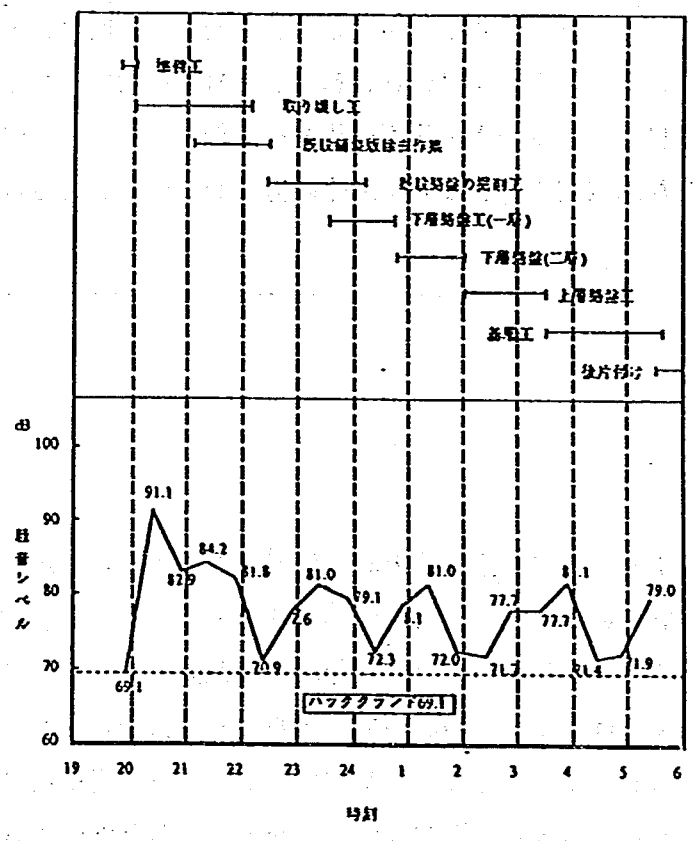


図4.5.5　作業別の騒音レベルの測定の例（道路・打換え工）

8．4　分析方法

8．4．7　苦渋性・安全性の分析

（ＲＭＲを利用した分析）
肉体疲労を評価することができれば、肉体的疲労の高い作業を重点的に改善することにより、作業全体の苦渋度を低減することができる。一般に、人間は、動作、作業、運動を行なうと、筋収縮にエネルギーが必要とされる。ＲＭＲを利用した分析は、作業別のエネルギー代謝に注目し、エネルギー代謝の状況を分析することを目的とする。これにより間接的に、動的な筋収縮を中心とした肉体疲労度を評価し、疲労の大きい作業を中心に改善を行なう。

〈解説〉

1．目的

肉体的な疲労を評価することで、疲労度の高い作業を抽出することができれば、重点的な改善を行なうことが可能である。肉体疲労を評価することができれば、肉体的疲労の高い作業を重点的に改善することにより、作業全体の苦渋度を低減することができる。一般に、人間は、動作、作業、運動を行なうと、筋収縮にエネルギーが必要とされる。作業に伴い、エネルギー代謝が行なわれることを意味し、作業別にエネルギー代謝は異なるため、エネルギー代謝の状況を分析することにより、動的な筋収縮を中心とした肉体疲労度を分析することができる。

一般に、エネルギー代謝については、ＲＭＲ（エネルギー代謝率）が研究されている。ＲＭＲは標準基礎状態のエネルギー代謝（単位時間当りのエネルギー代謝：1000～1500kcal/日）に比較した倍率を示した数値であり、工場作業では作業種類別に測定が行なわれている。ＲＭＲ分析は、エネルギー代謝（ＲＭＲ）を利用し、作業の疲労を分析することを目的とする。

2．分析準備

作業者が携わる作業について、ＲＭＲの値と作業時間を明らかにする。

ＲＭＲの値については、酸素消費量を計測し、算出する。しかし、土木作業はフィールドでの作業が多いこと、多種多様な作業で構成されることから、現場で実験的に求めることは容易ではない。工場作業のＲＭＲ値は多く研究されていることから、類似性の高い工場作業のＲＭＲ値や、使用する身体部位からみたＲＭＲ値を、土木作業の概数値として利用する。

表4.5.3　身体部位の利用状況からみたRMR値

身体使用部位	土木作業	RMR	備考
手先	立ち休み	0.4	
（座った作業）	立位監視	0.9	
	ミキサー運転	0.7	
上肢と手先	トラック	1.0	
	ショベル	2.7	
	ダンプ	1.3	
	ブルドーザ	2.6	
	グレーダ	2.9	
	歩行	2.1*	70m/分
	清掃（ほうき）	2.2*	日常のほうき作業
主として上肢	フルイ	3.0	
（全身も動作に			
加わる）			
全身	スコップ	6.5*	ショベル作業（16kg, 18回/分）
（重量物取扱）	レーキ	6.0*	泥のかきよせ
	乳剤散布車押し	5.5*	トロッコ押し
重い工具による	つるはし	8.5	
全身の大きい動作	ハンマー	7.8	3kg, 1分間52回

注）＊は備考欄の作業を類似としてみた場合のＲＭＲ値

3．分析の視点と分析手順

（1）作業別のＲＭＲ値の比較

作業別のＲＭＲ値を比較し、ＲＭＲ値の高い作業について、重点的に改善を行なう。

表4.5.4　道路維持修繕工の作業者の作業のＲＭＲの比較例

	RMR（仮定）
スコップ作業	6.5
レーキ作業	6.0
コテ仕上作業	8.0
ホーキ作業	2.2
コテ部タックコート	2.0
転圧（ダンパ）作業	3.0
転圧補助作業	0.3

（２）エネルギー代謝に関する分析

作業者別にエネルギー代謝を分析すれば、作業者と作業の関係から、どの作業でエネルギー代謝が多いかを明らかにすることが可能であり、エネルギー代謝の多い作業について、重点的に改善する。ここでは、この様なエネルギー代謝は直接的に測定することは容易でないため、エネルギー代謝率と作業時間から、便宜的に以下の指標で代替し、分析を行う。

エネルギー代謝指標　＝　ＲＭＲ　×　作業時間

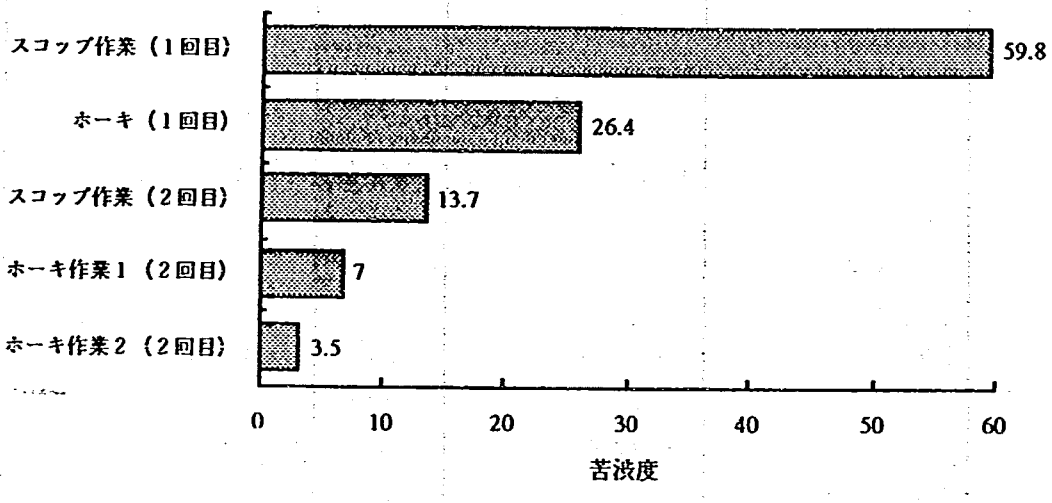


図4.5.6　エネルギー代謝に関する分析結果の例（道路・表層再生工事）

（３）エネルギー代謝率と稼働率[16]

主作業の平均ＲＭＲ（ｘ）とし、稼働率（または実働率）をｙ（％）とすると、次の関係が提案されている。もし、観測された実働率が計算式で記述される値より高い場合には、稼動率を低減する必要がある。

$\log y = -0.030803\ x + 2.06394$

出所）大島正光、1979：疲労の研究　第二版、同文書院、東京

または

$y = -5\ x + 85$

出所）齋藤一、1967：労働時間休憩、交代制、同文書院、東京

8．4　分析方法

8．4．7　苦渋性・安全性の分析

（作業姿勢に関する分析）
作業姿勢により、作業の苦渋度が異なることから、作業姿勢の改善により、苦渋性を低減することが可能となる。作業姿勢の分析は、作業姿勢の頻度を測定することにより、苦渋性が高い姿勢を抽出し、改善を図ることにより、作業の苦渋性の改善を図ることを目的とする。

〈解説〉

1．目的

道路工事の下向きの作業や、トンネル工の上向きの作業などは、作業姿勢が悪いことから、苦渋性の原因となっている。このように、作業姿勢が作業の苦渋性に関係することから、作業姿勢を評価し、苦渋性の高い姿勢を伴う作業を抽出することができれば、作業姿勢の改善を通して、苦渋性を改善することができる。

作業姿勢の分析は、動作分析及び稼働分析と同様に、作業姿勢を観測し、作業中に取りうる作業姿勢の頻度と、作業姿勢に対する苦渋性をもとに、苦渋性を間接的に評価を行い、改善点を抽出することとを目的とする。

2．分析準備

作業者の作業をビデオカメラにより観測し、離散的なサンプリングにより、作業姿勢の頻度を測定する。

3．分析の視点と分析手順

・苦渋性の低減を目的とする場合

作業姿勢は、図4.5.7に示す区分に従い、作業姿勢の発生頻度を整理する。長町ら（ダイキン工業における職務際設計、高年齢雇用開発協会）[17]の研究では、力学モデル、金伝図、HR、RMR、心理的つらさの相関分析から、つらさ指数を設定している。つらさ指数で、5以上はムリな姿勢に区分されている。

構成される作業に対して、つらさ指数別に作業姿勢の発生頻度を分析し、つらさ指数が5以上の姿勢が多く発生する作業について、重点的に観測を行う。

No.	つらさ指数	姿勢	動作内容	具体例
9	10		膝を深く曲げた中腰で上体を前屈	かかとは浮いている（水泳のスタート直前の格好）
8	6		膝を伸ばした中腰で上体を深く前屈	 90度以上 この姿勢で膝が曲っていても同じ
7	6		膝を曲げた中腰で上体を前屈	 45～90度（腰） 0～45度（膝）
6	5		膝を伸ばした中腰で上体を前屈	 45～90度 足に障害物があっても同じ
5	5		しゃがんだ姿勢（かかとがついている）	かかとが浮くと膝前に出る——区分(J)
4	5		膝を伸ばし上体を軽く前屈	 30～45度 無理な姿勢に見えたら——区分(G)
3	4		膝を軽く曲げ上体を軽く前屈	 0～50度 立ち姿勢で軽く膝が当る
2	3		立ち姿勢で背伸び（かかとが浮いている）	目より高い物を取る格好
1	1		立ち姿勢	 0～30度 背筋が伸びている

出所）長町三生還、現代の人間工学、朝倉書店、1986

図4.5.7 作業姿勢の区分[17]

8．4　分析方法

8．4．7　苦渋性・安全性の分析

（心理反応の分析）
作業者の主観的な評価を分析する方法は、疲労など苦渋を捉える方法の一つである。
ここでは、作業者が感じる苦渋性についての心理反応や、作業中に感じる危険感を分析することにより、作業者の認識度が高い作業を重点的に改善を図る方法を提案する。

〈解説〉

1．目的

苦渋性は、作業者が感じる心理反応と捉えられる。同様に、危険性においても、作業中に感じる危険感が事故などの潜在性を示しているものと考えられる。

心理反応の分析は、作業者の苦渋感や危険感を分析することを目的とする。

2．分析準備

作業者の心理反応を分析するには、作業別に、苦渋感や危険感を調査することが必要である。これには、以下の方法が有効である。

・ヒアリング

ヒアリングによる調査は、定性的な調査となるが、定量的な質問を行なうことで、苦渋感や危険感の程度を決定する。

・調票方式

調票方式は、アンケート形式で、苦渋感や危険感を定量的に評価することができる。

いづれの方法にせよ、施工条件が苦渋感や危険感に影響するため、施工条件に関する前提条件をもうけた評価か、施工条件に対する相対的な評価を明らかとする。

3．分析の視点と分析手順

1）ヒアリング調査（定性的調査）

作業者へのヒアリングを実施し、苦渋性の対象、苦渋性の原因について、整理する。調査結果は、苦渋性の因果関係を明かにし、特性要因図[18]に整理し、苦渋性の要因に対して改善を図る。

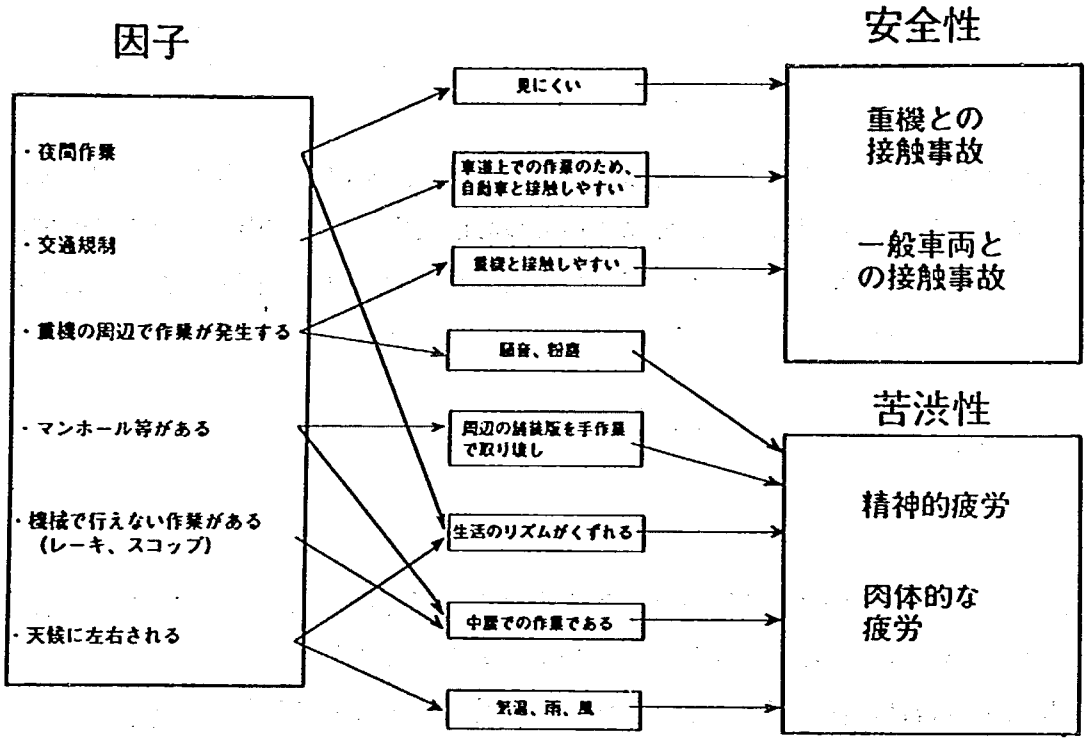


図4.5.8　苦渋性の対象と要因のヒアリング調査の整理例（道路維持修繕工）

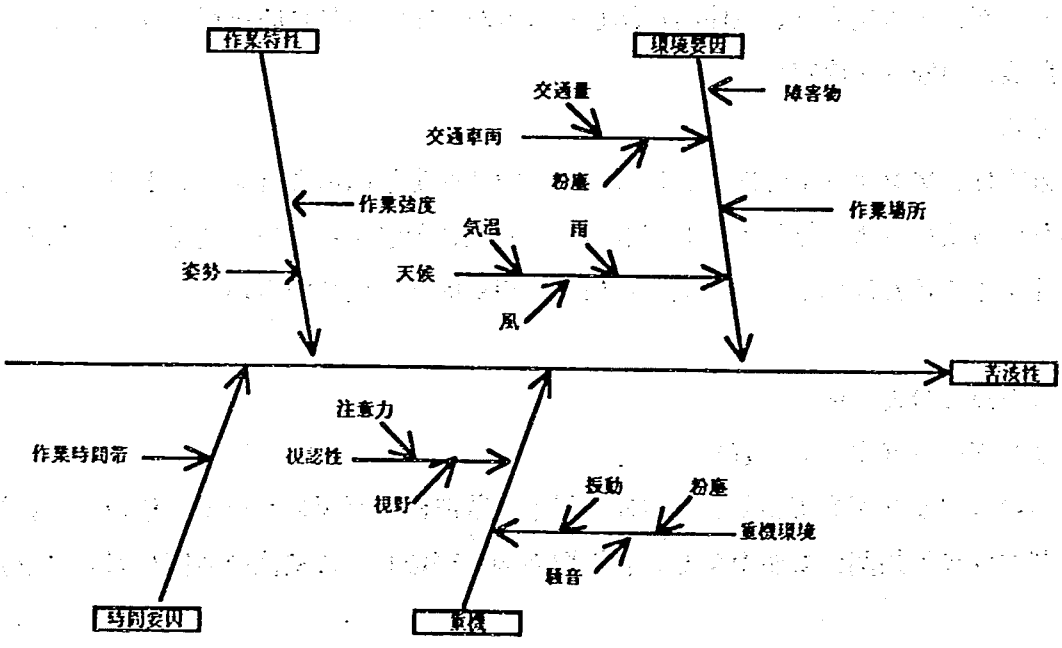


図4.5.9　苦渋性の特性要因図の例（道路維持修繕工・打換え）

2）調票調査（定量的調査）

（1）調査結果の分析手順

多くの被験者に対して、心理計測[7]を行なうことにより、苦渋要因と苦渋度の関係を明らかにすることが可能である。分析のためには、苦渋度と苦渋要因の対応を前提とした計測を行なう必要がある。

計測結果は、以下の手順で、統計処理を行なう。

①母集団の検定

計測サンプルについて検定を行ない、母集団を代表とした結果であるかどうかを判断する。

有効なサンプルのみ分析を進める。

②要因の独立性の検定

苦渋要因の間で独立性について検定し、独立的な変数を苦渋度の決定要因の候補とし、従属的な場合には、適切な変数を決定する。

③相関分析

要因と苦渋度について相関分析を行ない、相関性の高い要因を苦渋度の決定要因として残す。

④理論的な妥当性の検討

相関の高い要因について、理論的な妥当性について検討する。

偶然、相関が高かった要因については、棄却する。

⑤重回帰分析による評価モデルの検討

②～④から絞り込まれた苦渋要因について、重回帰分析を行なうことにより、各要因の重み付けがなされた評価モデルをうることが可能となる。

この段階で、どの変数が苦渋性や、安全性に関連するのかを評価モデル式から割り出し、重要な要因について、重点的に改善を行なう。

（2）心理計測の分析結果を利用した苦渋性や安全性の評価

評価モデル式から、環境要因と苦渋性、安全性が関係づけられ、要因について前提条件が明らかになると、苦渋度や危険度が決定する。すなわち、要因が変化した場合の苦渋度や危険度が算出されるため、前提条件を決定すれば、苦渋度や安全度がある程度評価することが可能となる。

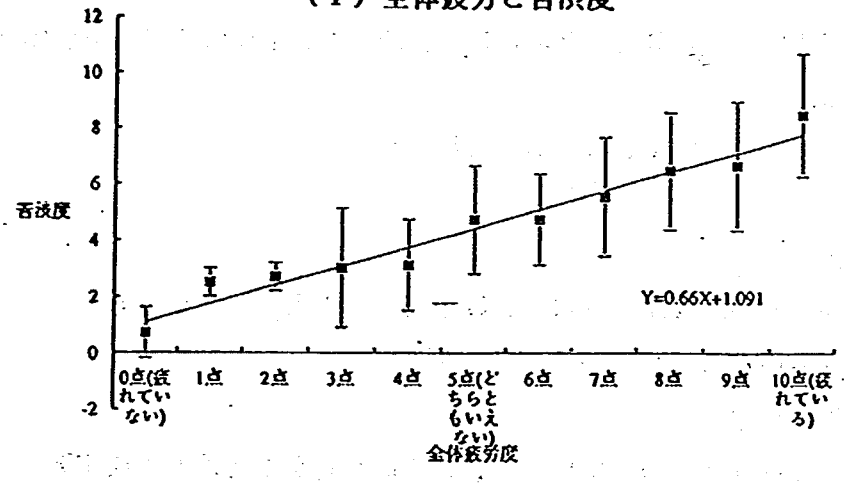
このような例を以下に示す。

①疲労と苦渋度および危険度の関係

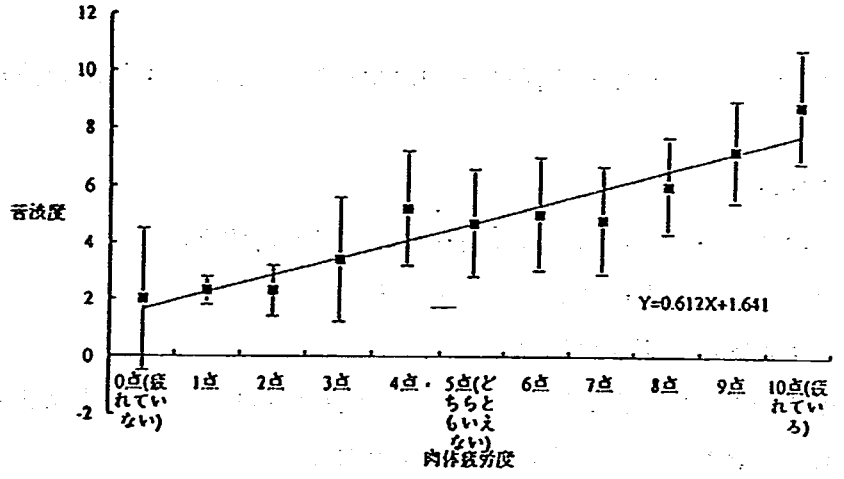
疲労が増加すれば、苦渋度、危険度が増加する。従って、疲労の状況を把握することにより、苦渋度、危険度を把握することができる。日常の作業のなかで、作業者の疲労が高まっ

ている場合には、休息をとるなどの対策を取る必要がある。

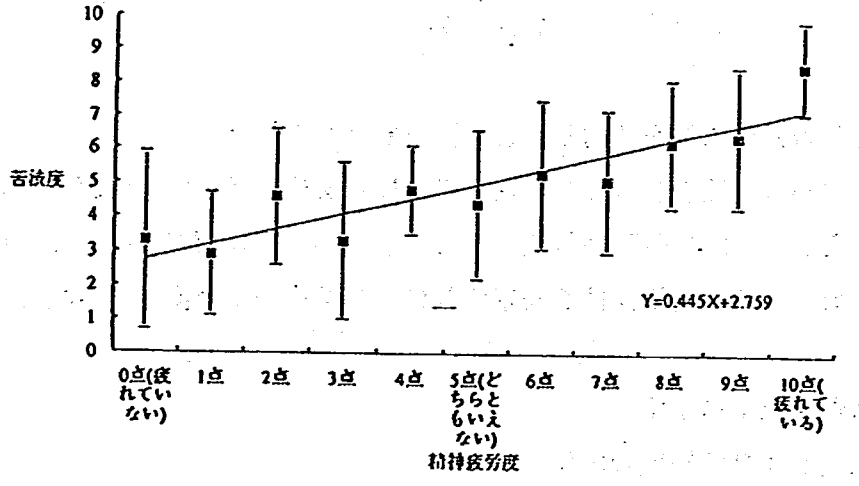
（1）全体疲労と苦渋度



（2）肉体疲労と苦渋度



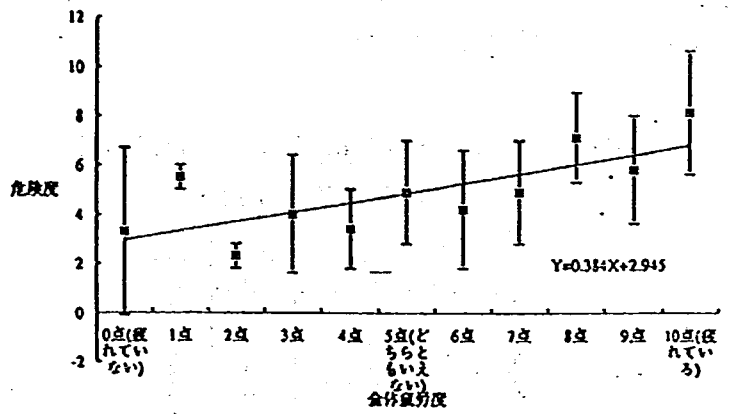
（3）精神疲労と苦渋度



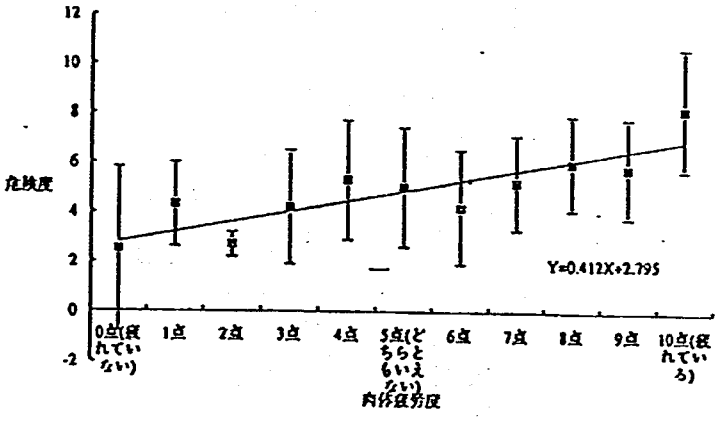
注）疲労度、苦渋度は0～10の11段階評価

図4.5.10　疲労と苦渋度の関係の例

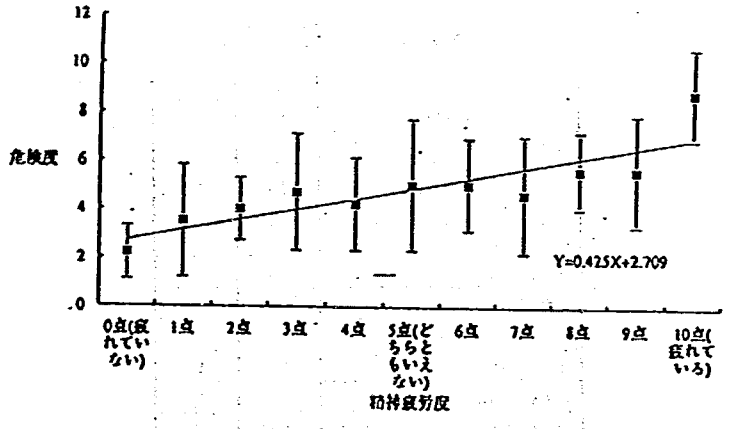
（１）全体疲労と危険度



（２）肉体疲労と危険度



（３）精神疲労と危険度



注１）疲労度、苦渋度は0～10の11段階評価

２）危険度は肉体疲労より精神疲労の相関が強い

図4.5.10　疲労と危険度の関係の例

②環境要因の評価

道路維持修繕工、土工・築堤、海洋・離岸堤工を取り上げ、作業全体について、環境要因が変化した場合の苦渋度、危険度を以下に示す。

表4.5.5　環境要因の前提条件と苦渋度の例

（1）道路維持修繕工

状況	苦渋度	順位
今回実施時	4.8	
(1) 作業が早朝だったら	4.8	7
(2) 作業が日中だったら	4.5	9
(3) 作業が夜間だったら	5.4	5
(4) 真夏だったら	6.6	2
(5) 真冬だったら	5.9	4
(6) 強い風が吹いていたら	6.3	3
(7) カンカン照りだったら	6.9	1
(8) 雨だれていたら	5.0	6
(9) くもりだったら	4.7	8

（2）土工・築堤

状況	苦渋度	順位
今回実施時	5.0	
(1) 作業が早朝だったら	5.0	7
(2) 作業が日中だったら	4.3	10
(3) 作業が夜間だったら	7.4	1
(4) 真夏だったら	6.5	3
(5) 真冬だったら	5.4	5
(6) 強い風が吹いていたら	5.5	3
(7) カンカン照りだったら	5.1	6
(8) 雨だれていたら	4.4	8
(9) くもりだったら	4.4	8
(10) 土質が非常に良かったら	3.1	11
(11) 土質が非常に悪かったら	7.2	2

（3）海洋・離岸堤工

状況	苦渋度	順位
今回実施時	4.4	
(1) 作業が早朝だったら	5.2	11
(2) 作業が日中だったら	4.9	12
(3) 作業が夜間だったら	6.9	3
(4) 真夏だったら	6.1	5
(5) 真冬だったら	5.8	6
(6) 強い風が吹いていたら	7.8	1
(7) カンカン照りだったら	5.6	9
(8) 雨だれていたら	4.5	14
(9) くもりだったら	4.3	15
(10) うねりや波が非常に大きかったら	7.7	2
(11) うねりや波がほとんどなかったら	3.9	18
(12) 透明度が悪かったら(1m以内)	4.7	13
(13) 透明度が良かったら(5m以内)	4.2	16
(14) 潮流がはやかったら	6.5	4
(15) 潮流がほとんどなかったら	4.2	16
(16) 陸上での据えつけだったら	5.3	10
(17) 海面近くでの据えつけだったら	5.8	6
(18) 海中深くでの据えつけだったら	5.8	6

表4.5.6　環境要因の前提条件と危険度の例

（1）道路維持修繕工

状況	危険度	順位
今回実施時	5.4	
(1) 作業が早朝だったら	5.4	6
(2) 作業が日中だったら	4.9	9
(3) 作業が夜間だったら	6.2	2
(4) 真夏だったら	6.3	1
(5) 真冬だったら	5.7	5
(6) 強い風が吹いていたら	6.2	2
(7) カンカン照りだったら	6.2	2
(8) 晴れていたら	5.1	7
(9) くもりだったら	5.0	8

（2）土工・築堤

状況	危険度	順位
今回実施時	3.9	
(1) 作業が早朝だったら	4.2	7
(2) 作業が日中だったら	3.9	8
(3) 作業が夜間だったら	6.6	1
(4) 真夏だったら	4.3	5
(5) 真冬だったら	4.4	4
(6) 強い風が吹いていたら	4.7	3
(7) カンカン照りだったら	4.3	5
(8) 晴れていたら	3.8	10
(9) くもりだったら	3.9	8
(10) 土質が非常に良かったら	3.2	11
(11) 土質が非常に悪かったら	6.1	2

（3）海洋・離岸堤工

状況	危険度	順位
今回実施時	5.6	
(1) 作業が早朝だったら	5.2	13
(2) 作業が日中だったら	5.2	13
(3) 作業が夜間だったら	6.8	4
(4) 真夏だったら	5.7	8
(5) 真冬だったら	5.8	6
(6) 強い風が吹いていたら	7.4	2
(7) カンカン照りだったら	5.7	8
(8) 晴れていたら	5.1	16
(9) くもりだったら	5.2	13
(10) うねりや波が非常に大きかったら	7.6	1
(11) うねりや波がほとんどなかったら	4.9	18
(12) 透明度が悪かったら(1m以内)	5.5	11
(13) 透明度が良かったら(10m以内)	5.1	16
(14) 潮流がはやかったら	7.2	3
(15) 潮流がほとんどなかったら	5.3	12
(16) 海上での囲えつりだったら	5.8	6
(17) 海岸近くでの囲えつりだったら	6.1	5
(18) 海中はての囲えつりだったら	5.7	8

③苦渋度および危険度の評価モデル

苦渋度、危険度について、特に、関連が大きい変数として、以下のものを選定し、各変数が決定した場合の苦渋度、危険度の評価モデルを作成することができた。

各変数を決定することに、苦渋度、危険度を予測するとととともに、苦渋度や危険度に関係の深い要因を抽出することができ、これにより、改善の重点を絞り込むことが可能となる。

表4.5.7　変数一覧

1. 作業単位：X_1（カテゴリー）
2. 作業阻害要因の有無：X_2（カテゴリー）
3. 経過時間：X_3（分）
4. 中断時間率：X_4（%）

苦渋度　定数項　作業単位　作業阻害　経過時間　中断率

$$Y = 4.91 + X_1 + 0.014[\text{有}] + 0.0003X_3 - 0.006X_4$$
$$(-0.008[\text{無}])$$

但し作業単位のカテゴリー変数値は、以下の通りである。

[道路] 掘削・土砂の除去作業	−1.90
[道路] 下層・敷均補助	+0.16
[道路] 上層・レーキ／スコップ	+2.11
[土工] 掘削・油圧シャベル	+1.23
[土工] 移動・ダンプ操縦	+0.44
[土工] 敷均・油圧シャベル	−0.26
[土工] 法面・小型ブルドーザー	−0.89
[離岸堤] 据付・玉掛け	−1.56

図4.5.11　苦渋度の評価モデルの例

危険度	定数項	作業単位	作業阻害	経過時間	中断率
Y =	4.45	$+X_1$	+0.57〔有〕 (−0.35〔無〕)	$+0.002X_3$	$-0.003X_4$

但し、作業単位のカテゴリー変数値は、以下の通りである。

〔道路〕掘削・土砂の除去作業	+0.24
〔道路〕下層・敷均補助	+0.71
〔道路〕上層・レーキ／スコップ	+0.58
〔土工〕掘削・油圧シャベル	−1.38
〔土工〕移動・ダンプ操縦	−0.70
〔土工〕敷均・油圧シャベル	−0.41
〔土工〕法面・小型ブルドーザー	−1.97
〔離岸堤〕据付・玉掛け	+3.24

表4.5.8　危険度の評価モデルの例

8．5　改善案の抽出と評価

8．5．1　改善案の立案の方法

（立案方法の種類と選定）

生産性、苦渋性、または安全性の問題点が定量的に把握された後に、各問題点に対して改善目標値を設定し、改善案を立案する。

改善案の立案にあたっては、立案方法の特徴と進め方に注意して適切に選定しなければならない。

〈解説〉

1．立案方法の種類

1－1．ブレーンストーミング法

ブレーンストーミング法は、解決案に必要なアイデアの創出と整理に主眼が置かれた方法である。

①ブレーンストーミング法の特徴

一般に集団でアイデアを出すと、個人でアイデアを出すよりも多くのアイデアを得られ易い。これは、連想と競争の刺激作用とが働くからである。この作用を利用して、多くのアイデアを出し合うものである。また、このアイデアの中から直面する問題点の解決・改善にヒントになるもの、役立つものを見つけだすことができる。

ブレーンストーミングが普通の会議と根本的に異なるのは、参加者がワイワイガヤガヤやりながら、自由で愉快な雰囲気の中で、アイデアを出していく点である。

しかし、ブレーンストーミング法においては必ず守らなければならない次のルールがある。

a．他人のアイデアを批判しない。

b．自由奔放なアイデア（現実ばなれしたアイデア等）を歓迎する。

c．アイデアを数多く提案する。

d．他人のアイデアからいろいろなアイデア（アイデアの解体、結合、改善等）を生み出してもよい。

②ブレーンストーミング法の進め方

構成人員は、司会者（進行係）1名、記録者1～2名、発現者（アイデアを出す人）6～8名、の合計10名程度が望ましい。その進め方の概要は次のとおりである。

a．テーマを決める。

b．司会者・記録者を決める。

c．問題の背景、重要性についての説明をする。

d．ブレーンストーミングを実施する。

e．アイデアを整理分類する。

f．アイデアの現実性を評価する。

実施時間は、３０分～１時間程度が適当である。

会場は、１０～１２名程度の構成で、人員構成に比べてやや狭めの部屋を使用するのが望しい。小さい部屋を利用することによって、参加者同士が接近し、親近感も高まり、リラックスした気持ちで議論に参加できる。

会場の設定については、図5.1.1.1に一例を示す。また、図5.1.1.1でもわかるように出されたアイデアは、参加者全員が見えるように書き出すほうが良い。また、記録者の配置については、近年電子複写式ホワイトボードが普及してきているため不要の場合もある。

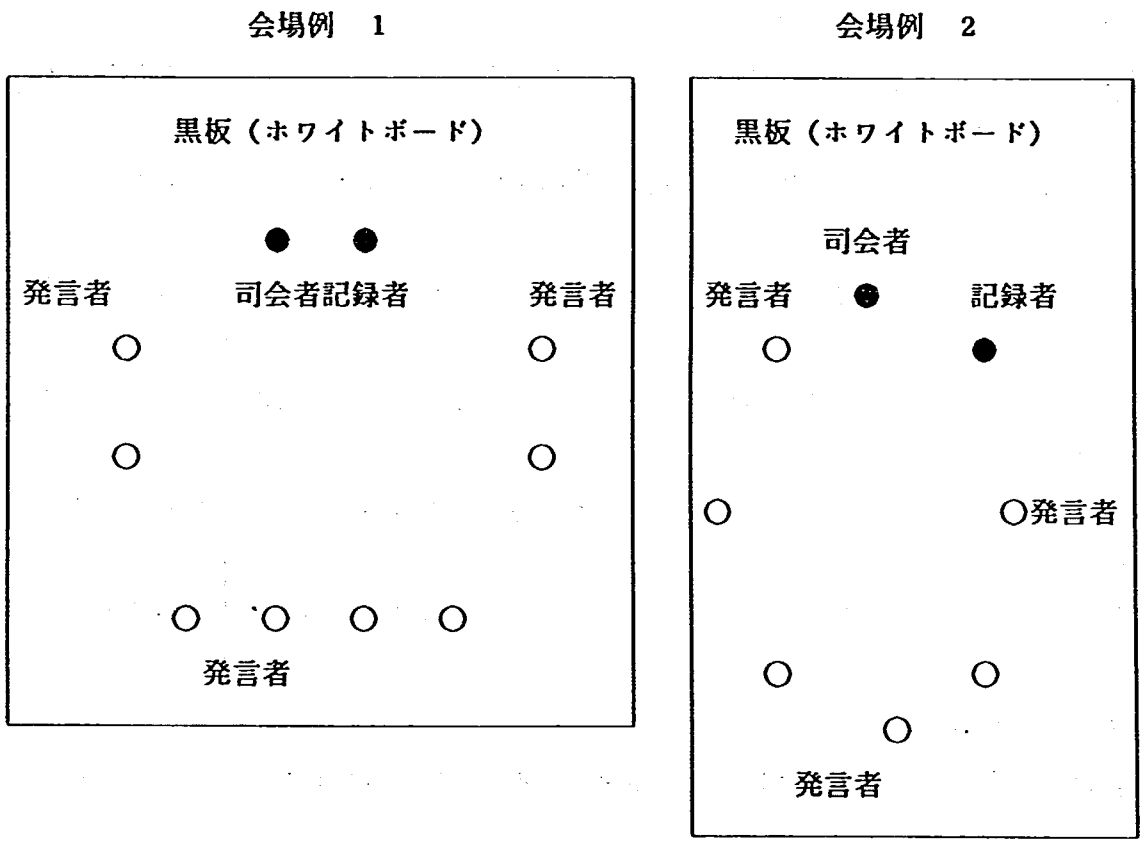


図5.1.1.1 ブレーンストーミングの会場の例

③ブレーンストーミング法の注意点

a）解析等を中心にするのではなく、創造力、独創力等を用いて問題を解くことが望ましい。

b）漠然とした問題ではなく、具体的な問題にする。

c）２つ以上問題が混じり合ったテーマは議題にしない。

1－2．5W1H法

5W1H法とは、何を、なぜ、どこで、いつ、誰が、どのように、という問いかけをしてアイデアを出していく方法である。

①5W1H法の特徴

5W1H法は、対象・目的・場所・順序・人・手段の各観点から改善案を検索する方法である。いつ、どこで、誰が、なぜ、何を、どのように、という項目を自分に質問してアイデアを出していくため、その項目に関してはアイデアの落ちがなく検討することができる。

②5W1H法の進め方

表-5.1.1に主要項目を示す。

表-5.1.1　5W1H

区　分	5W1H	意味	対策の方法
①対象	what ?	何をしているのか　この仕事はやめられないか	不必要な仕事
②目的	why ?	なぜその仕事が必要か　目的をはっきりさせる	を取除く
③場所	where ?	どこで実施するか　そこでやらなければならないか	組合せや順序
④順序	when ?	いつやるのが最もよいか　その時する必要があるか	を変えてみる
⑤人	who ?	だれがやるべきか　他の人の方がよくはないか	を変えてみる
⑥手段	how ?	どのようにしているか　ほかにやり方はないか	単純化する

③5W1H法の注意点

6項目だけに集中して、その他に必要な項目を見逃さないようにしなければならない。

1－3．3S

3Sとは、3つのS（Simplification, Standardization, Specification）の3つの視点により改善策を求めていく方法である。

①3Sの特徴

・単純化：構造を単純化したり、方法を単純化したり、作業量を減少させるという考え方で改善策を求めていく。

・標準化：方法、手続き、様式、帳票の統一化等により、規格、基準を定め、作業を画一化し改善策を求めていく。

・専門化：機種・品種を絞り込んで限定し、作業の分担化、同じ作業の統合等によって技術の集中、品質管理の集中等を図るものである。

②３Ｓの進め方

３つの原則に従い、部材の単純化、施工の簡素化、部材の標準化、作業方法の標準化、競争優位のある施工が行えるような改善ができないかを検討する。

１－４．オースボーンのチェックリスト

オースボーンのチェックリストとは、アイデアを出すための着眼点として、チェック項目を用意して、１つのテーマについて色々な角度から考えることによってアイデアを出していく方法である。

①オースボーンのチェックリストの特徴

問題についてアイデアを考えるときに、何らかの手がかりがあったほうが考え易い。

手がかりをあらかじめ、チェックリストとして整理したものが、オースボーンチェックリストである。

②オースボーンのチェックリストの進め方

以下のチェックリストに従い、アイデアを発想させてみる。

＜チェックリスト＞

・他に使い道はないか
・他からアイデアが借りられないか
・変えてみたらどうか
・大きくしてみたらどうか
・小さくしてみたらどうか
・他のもので代用できないか
・入れ替えてみたら
・逆にしてみたらどうか
・組み合わせてみたらどうか

１－５．その他

その他にも色々な方法があるが、２つの方法について概略を示す。

①欠点列挙法

欠点列挙法とは、作業・仕事について欠点（不備な点、不都合な点、不合理な点等）を数多く出していく方法である。また、その欠点がわかればその問題点を解消するためのアイデアもわきやすい。

②希望点列挙法

希望点列挙法とは、現状・環境等に関係なしに希望点（こうすればいい、ああなればいいのだが）を列挙していく方法である。また、その希望点に関してどうすればよいかというアイデアをだしやすい。

（参考文献　ＩＥ基礎要論　税務経理協会、発想の技術　日本経営出版）

２．改善案の絞り込み

作業分析結果からえられた問題点について、改善案を抽出する。

改善案の抽出に関しては、各種情報機関から出されている新工法・新技術に関する情報等を基に、考えられる改善案を数多く出す。

他分野の専門化、技術者、必要に応じては学識経験者等を交えて、ブレーンストーミング等を行い、数多くの改善提案を行う。改善案に対して、作業方法、作業手順、投資資源（作業者、機械、材料等）、作業の問題点（生産性の向上、苦渋性の低減、安全性の向上）等の各種視点について整理する。

改善案を絞り込む目的で、技術的水準や改善ニーズを基に、優先順位を付ける。優先順位の付け方として決まった方法はないが、改善案を実施する上での支障や課題、改善案の妥当性等を現場の関係者を対象にヒアリングやアンケート調査を行うとよい。

さらに、多分野の専門家、技術者、必要に応じて学識経験者等を対象に改善案について現実性、技術水準、コスト、緊急度、改善のニーズ、期待できる効果等に関してヒアリングを行い、改善案を絞り込む。

流れ作業方式で工程が構成されている場合、工程全体の作業効率について総合な検討をしなければならない。例えば、各工程において要求される作業能力よりもはるかに上回るような作業能力のものを導入してはいけない。また、各工程での作業能力に差がなければないほどラインバランスはとれている。

以上の結果より、改善案の中から実現性、技術水準、緊急度、改善のニーズ等を考慮して改善の効果の期待できるものから優先順位をつける。

8．5　改善案の抽出と評価

8．5．1　改善案の立案の方法

（改善案の立案の実施方法）

改善案の立案は、改善に関係する技術者によって、適切な時期と場所と時間帯を選んで行わなければならない。

〈解説〉

1．改善案を立案する関係者

改善案の立案にあたっては、発注者側担当技術者、施工現場技術者、建設機械関係技術者等の必要と思われる技術者を交えることが望ましい。

生産性の向上、苦渋性の低減、安全性の向上の諸問題に関して作業方法（作業の単純化、習熟時期の短縮、工程の結合等）による改善、作業順序（工程等を入れ変えて作業の容易化、二つ以上の作業の並行作業等）による改善、作業内容（機械化、自動化）による改善等があげられる。これらの改善案についての現実性、技術水準、コスト、改善のニーズ、品質管理等の問題で、いずれも工事発注者側担当技術者、施工現場技術者、建設機械関係技術者等に非常に関係が深いので、改善の立案に参加を促すことが重要である。

2．実施時期

ブレーンストーミング等で改善案が提案されたならば、早急にその改善案に対して建設情報センター等の情報機関より資料を取り寄せて、施工に関する新技術・新工法・諸問題等の報告書を調査して、技術水準、現実性、コスト等を考慮して改善案を絞り込み早急に行うことが必要である。

3．実施場所

立案関係者が集まり易い場所を設定しなければならない。

立案関係者による現場の状況の視察および現状把握が行える様に現場の近くに場所を設定することが望ましい。

4．時間帯

実施に当たって、適切な時間帯を設定する必要がある。

現場の関係者から現場の状況や問題点の説明を受けるので、できれば作業終了後の夕刻が望ましい。

8．5　改善案の抽出と評価

8．5．2　改善案の評価方法

（改善案の評価予測と効果の確認）

改善案に対して、改善効果を定量的に試算し評価しなければならない。その際には、改善案の導入効果を定量的に明らかにするため改善効果の確認測定を行うことが望ましい。

〈解説〉

1．改善効果確認施工

改善案によって、生産性、苦渋性及び安全性が改善されているかを定量的に確かめなければならない。

そのために、改善案を実現場において実施しなければならない。

改善効果を事前にシミュレーションしたものについて、その改善効果を確認するために施工現場に改善適用機械を導入して実施工を行う。

改善効果確認施工を実施することによって、改善前と改善後を比較して改善効果を定量的に表す。

2．改善効果確認施工の測定及び分析

1）測定計画の立案

生産性、苦渋性、および安全性を評価するために、問題点の抽出プロセスと同様に、適切な評価項目を剪定し、適切な測定計画を立案する。

2）測定の実施

測定計画に従い、的確な測定を実施する。

3）分析

測定結果から、生産性、苦渋性及び安全性の効果について、改善前と改善後を定量的に比較する。もし、効果が得られていない場合には、どこが問題かを分析し、次の改善へと進める。

8．5　改善案の抽出と評価

8．5．2　改善案の評価方法

（改善案の評価の形態）

改善案の評価には、事前評価と事後評価があり、定量的に把握しようとしている評価対象のおかれた条件を考慮して適宜実施する必要がある。既存のデータがある場合については実施が容易であるが、その他の場合については、現場と充分な連絡調整を図る必要がある。

〈解説〉

1．改善効果の事前評価

①既存のデータがある場合

改善効果を事前に評価するために、改善前の施工現場でのデータを用いて、改善を取り込んだ作業のデータを組み入れて机上で算出する。また、前提条件として、改善に適用していない作業での生産効率は同じである。改善が盛り込まれている作業では、改善効果の割合は同じものとする。以上の前提条件をふまえて改善後のデータを補正する。この補正したデータを改善前の施工データに組み入れて試算する。

②既存のデータがない場合

改善案を盛り込んでフィールドで試験施工を行う。

○測定レベルは、改善前と同じレベルを設定する。（例えば、単位作業レベル）

○測定項目は、改善前と同じ項目を設定する。（例えば、機械のサイクルタイム）

○測定方法は、改善前と同じ方法を設定する。（例えば、ストップウォッチ法）

○分析方法は、改善前と同じ方法を設定する。（例えば、機械の作動率分析）

以上の条件で測定と分析を行い、改善前と改善後を比較して改善効果を調べる。

前提条件として、改善を適用していない作業での生産効率は同じである。また、改善が盛り込まれている作業では、改善効果の割合は同じである。以上の結果から前提条件を踏まえて改善後のデータを補正する。補正したデータを改善前の施工現場のデータに組み入れて試算する。

2．改善案の実施による事後評価

改善案を実現場で実施し、改善効果を定量的に評価する。

改善効果を事前にシミュレーションしたものについて、その改善効果を確認するために施

工現場に改善案を盛り込んで実施工を行う。また、その場合の条件は、

○施工条件を揃える。（改善後の施工条件、測定項目及び分析方法が事前に測定しているデータと整合がとれない場合、改めて改善後の施工現場に合わせて、改善前の施工現場での測定を行う。）

○測定レベルは、シミュレーションと同じレベルを設定する（例えば、単位作業レベル）

○測定項目は、シミュレーションと同じ項目を設定する（例えば、サイクルタイムの動作時間）

○測定方法は、シミュレーションと同じ方法を設定する（例えば、ストップウォッチ法）

○分析方法は、シミュレーションと同じ方法を設定する（例えば、サイクルタイムの動作分析）

以上の結果から最初に想定したレベルで、作業時間、作業工数、作業者数等についてシミュレーションの結果とを比較検討して、改善効果を定量的に評価する。

8．6　目的別の施工改善の進め方

8．6．1　問題点の認識と目標設定

（問題点の認識と目標設定）

目的別（生産性、苦渋性及び安全性）の施工改善を進めるためには、目標設定を的確に行い、目標達成に必要な改善作業の種類を明らかにする。改善の種類が、作業方法の改善、作業工程の改善、作業負荷の軽減、作業環境の改善、工事計画の改善等のいずれに該当するかを把握した上で目標を設定し、それに応じた作業データの測定とその分析が行われなければならない。

〈解説〉

1．問題点の認識

施工改善を実施するにあたっては、生産性、苦渋性及び安全性の視点について各々適切な改善目標を設定し、それに基づいて適切な測定、改善案の抽出さらに改善案の評価を行わなければならない。その際、作業方法の改善には作業員の手足の動きを中心とした作業動作を対象としたものから、作業場所のレイアウト、作業手順を対象としたものまである。

これらの改善によって省力化、省人化、工期、安全、作業環境面の向上が図られなければならない。本編では以下のような構成で目的別の施工改善の進め方を解説している。

8.6.2　生産性の向上（時間短縮）に向けた施工改善

8.6.3　生産性の向上（省力化）に向けた施工改善

8.6.4　苦渋性の低減に向けた施工改善

8.6.5　安全性の向上に向けた施工改善

2．改善の視点の分類

生産性の向上、苦渋性の低減、安全性の向上について改善目標を設定する。

①生産性の向上（時間短縮）について

作業時間の短縮を目的として、作業者と機械の稼働率、機械作業の作業時間、作業者の作業時間等を評価項目にした目標を設定する。

②生産性の向上（省力化）について

省力化を目的として、作業者の職種別投入数、作業者の作業時間、作業工数を評価項目にして改善目標を設定する。

③苦渋性の低減について

苦渋性作業の低減を目的として、作業者の作業時間、作業姿勢、悪環境下での作業時間人力を要する作業の作業時間、作業工数、疲労度等を評価項目にした改善目標を設定する。

④安全性の向上について

安全性の向上を目的として作業者の作業時間、機械と作業者の作業関係、作業者の作業内容を評価項目として改善目標を設定する。

3．問題点の認識と改善の進め方の相互関係

問題点を認識し、改善の方策を検討していくためには、問題点の位置付けをあらかじめ把握しておくことにより進め方も明らかとなる。

すなわち改善しようとしている方法・工程等の対象がどのような改善の視点に立脚しているかを明らかにし、適用する測定手法と分析手法にリンクさせることにより問題点をより一層深く把握することができる。これらは、直面する問題点により大きく変動することが予測されるため、事前の調査が改善の進め方の速度を左右する要因となる。

8．6　目的別施工改善の進め方

8．6．2　生産性向上（時間短縮）に向けた施工改善

（改善の基本的考え方）

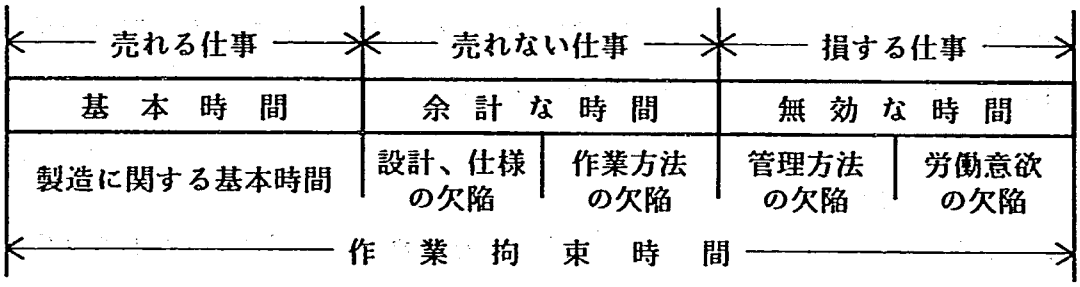
作業時間の短縮は、工事原価の低減の他厳しい作業環境下における作業員の拘束時間の減少等を目的としている。この為には時間短縮に最も効果を上げる作業項目を調査選定した後に改善目標を設定し、作業内容と時間を構造的に分析して、目標達成の為の問題点を抽出する。

（解説）

1．時間短縮の意義

作業改善において時間短縮をはかる為にはまず、ムダな時間を排除することが大切である。一般的な生産現場における総時間の内訳は、下図のように基本的に必要な作業時間、なんらかの欠陥に基づく余計な時間、及び無効時間の３つに大別される。大方の作業においてこれらのムダな時間の占める割合は多く、時間短縮の改善目的はこれらのムダな時間を減少させることにあるとされている。土木工事現場においても同様の考え方が当てはまる。

生産作業における拘束時間評価



（現場の１Ｅ手法・日科技連より出典）

2．土木分野の作業条件や制約

一般製造業とは異なり自然環境下での野外作業には多くの制約条件がある。また、作り出す構造物も同一の物は殆ど無いため、同一の作業条件とはならない場合が多い。

（作業条件に関する制約条件）	（内　　容）
1．自然環境の制約	・天候により作業工程（時間）が減じ、確保できない場合があり、また正確な予測が困難である。 ・日照時間、気温等の環境が経時変化する。
2．施工手段（機械）の制約	・施工対象物（ワーク）が固定している為、施工機械（ツール）をその場に運搬しなければならない。 （分解、組立、運搬時間が必要となる）
3．関連作業との制約	・関連作業工程、資材搬入工程
4．周辺環境の制約	・作業可能時間が周辺環境等の要因で定まってしまい工事サイドの時間の設定が不可能。 （飛行場、道路補修、市街地、住宅地での工事等）
5．使用材料の経時変化	・材料の経時変化（特性）条件 （アスファルト合材、生コンクリート等）

3．作業時間構造の把握

作業改善に際しては作業時間を構造的に把握し、定量的に問題を明らかにする必要がある。作業時間を構造的に把握するには、作業の階層性、構成作業の時間の長さ、作業時間の付加価値、作業手順とクリティカルパスを明らかにする。

4．作業（施工）形態の分類

また土木工事の作業形態は単独で作業を行うことはまれで、以下のような形態に分類することができ、問題点の定量化、時間短縮の対策方法が各々異なる。

作業形態の種類	作　業　例	改善対象作業項目の例
①単独作業 並列作業	切り土、整地土工	サイクルタイムの短縮
②組合せ作業	掘削＋捨土 客土＋敷均し	連続性の確保
③連続組合せ作業 （直列作業）	舗装作業、コンクリート打設工	組合せ機械の能力バランス

8．6　目的別施工改善の進め方

8．6．2　生産性向上（時間短縮）に向けた施工改善

（評価項目）

時間短縮の指標は単位生産量当たりの作業時間とする。またこれに関連する標準時間、稼働率、工数等の指標を利用する。これらの評価指標は作業条件との関係を明確にしておく必要がある。

〈解説〉

1．評価指標

単位生産量当たりの作業時間を対象とし、各作業レベルの目標時間を定め、改善目的に合った評価項目の指標値を算出する。目標時間の設定には標準歩掛り表や過去の工事実績より算出した標準時間か、または施工シミュレーションによる標準時間を参考にする。

標準時間 ＝ 主作業時間 ＋ 準備時間
稼働率 ＝ 実作業時間 ÷ 総時間
工数 ＝ 作業時間 × 作業員数
非作業時間率 ＝ 非作業時間 ÷ 総勤務時間

標準時間の構成は以下のようになる。

- 標準時間
  - 主作業時間
    - 正味時間
      - 主体時間
      - 付随時間
    - 余裕時間
  - 準備時間（段取時間）
    - 正味時間
    - 余裕時間

・正味時間は実質作業時間で、本来の作業に費やされる主体時間と作業中の機械の調整、段取りなどに費やされる付随時間で構成される。

・余裕時間は管理上、人間の生理上、作業を持続するために必要とされている正当なゆとり時間。

8．6　目標別施工改善の進め方

8．6．2　生産性向上（時間短縮）に向けた施工改善

（時間短縮に向けた改善作業手順）

測定・分析により改善項目を定量化し、目標値を定め、手順に沿って再帰的に繰り返し改善を行うが、工事の内容、改善対象個所によって手順を省略できる場合もあり、既存のデータのみを分析することにより改善対策の抽出が可能な場合もある。いずれの場合も効率的な作業手順が望まれるが、特に現在進行中の工事を対象とする場合には後追い管理とならないよう素早い対応が必要である。

改善作業の手順は次の通りであるが、詳細な手順フローは図2-1-1を参照する。

作業内容	手順
問題点の確定作業	視点と目的設定 → 定量化 → 分析 → 評価
↓	
改善に必要なﾃﾞｰﾀの抽出	測定計画 → 実施 → 分析 → 評価
↓	
改善対策の実施	改善目標値の設定 → 改善案の抽出 → 実施 → 評価

（解説）

1．問題点の確定作業

顕在化している工事情報をもとに改善対策点を見い出す作業であり、土木工事の場合には当初予測した自然環境条件と大幅に異なった場合作業の時間短縮によって対応する事例が多い。その場合どの作業を選定するかが改善作業のポイントとなる。

2．改善に必要なデータの抽出

直接作業現場で測定する場合にはその作業の時間測定と行為の内容、さらに他の作業との関連を同時に把握する場合もあり、測定方法の選定を考慮する。

3．改善対策の実施

時間測定によって得られたデータをもとにその作業の時間構成を分解し、準備時間の短縮、余裕時間の短縮を検討し、主作業能力の拡大、作業間に発生するムダな時間の抽出とその時間の有効利用等総合的に時間短縮（時間活用）を具体化する。

8．6　目標別の施工改善の進め方

8．6．2　生産性向上（時間短縮）に向けた施工改善

（測定方法）

発生した現象（工程、作業の遅れ）によっておおよその改善対象、項目の絞り込みは可能であるが、潜在している現象を把握する為には測定範囲をマクロレベルからミクロレベルへと展開することも重要であり、それに応じた測定方法を採用する必要がある。

さらに、単に時間のみを測定するのではなく対象作業の状態を同時に観察、記録する事によって問題点の要因を明らかにすることが可能となる。

〈解説〉

工事記録や作業日報、各種伝票類によって目的を達成できる場合もあるが、繰り返し作業が多い工事においてはミクロレベルの測定が必要な場合もあり、ストップウォッチ法やビデオカメラによる測定が必要となってくる。

なお、各測定方法の詳細は、本マニュアル8．3測定方法を参照すること。

8．6　目標別施工改善の進め方

8．6．2　生産性向上（時間短縮）に向けた施工改善

（分析方法）

分析方法は作業改善の対象が工程から要素作業、動作レベルまで幅広く考えられるので以下のように整理される。これらの中から改善ニーズに対応させた形で適切な方法を選択する必要がある。

1．工事実績の分析
　1）工事工程の分析
　2）労務実績の分析
　3）機械の運行記録の分析
2．工程分析
3．稼働分析
4．作業時間の分析
5．連合作業分析
6．動作分析
7．苦渋性安全性の分析

また、これらの分析方法を単一で用いて改善点を明確化できる場合もあるが、いくつかの方法を組み合わせる場合もある。

〈解説〉

1．各レベルの分析について

作業を要素別に分割し、それぞれに分析を行い、そのレベルに合った分析により問題個所を定量化することが可能であるが、関連のある要素作業の接続部に発生するムダな時間の抽出も必要である。各レベルごとに定量化された値を標準値と比較することにより改善、目標値が設定されるが、その対象となる要素作業の構成内容を稼働時間と非稼働時間に明確に区分することにより改善案の抽出が可能となる。

8．6　目標別施工改善の進め方

8．6．2　生産性向上（時間短縮）に向けた施工改善

（工事実績を利用した分析方法）

工事実績データを利用することにより改善項目の選定が可能となる。パレート図、バーチャートやネットワーク等を利用し、時間短縮の改善の効果が期待できる項目を選定する。また計画値と実績値を比較し、その差を明確にして改善を進める。

（1）工事工程の分析 ---------- 工程時間の構成や工程間の相互関係を明らかにし、改善項目を選定する。

（2）労務実績の分析 ---------- 作業時間、工数の多い作業を分析し改善項目を選定する。

（3）機械の運行記録の分析 ----- 不稼働時間を分析し改善項目を検討する。

〈解説〉

1．工事工程の分析

工事実績（工事日報、作業日報）等からパレート図、ガントチャート、ネットワーク等を用いて改善点を定量的に把握する。また作業の形態によりその分析方法も異なる。

・単独作業または並列作業 ------- 工程をガントチャートに記述、各工程をパレート図に記し、作業時間の長い工程を改善の対象とする。

・組合せ作業 ---------- 工程をネットワークに記述し、クリティカルパスや余裕の少ない項目を改善の対象とする。

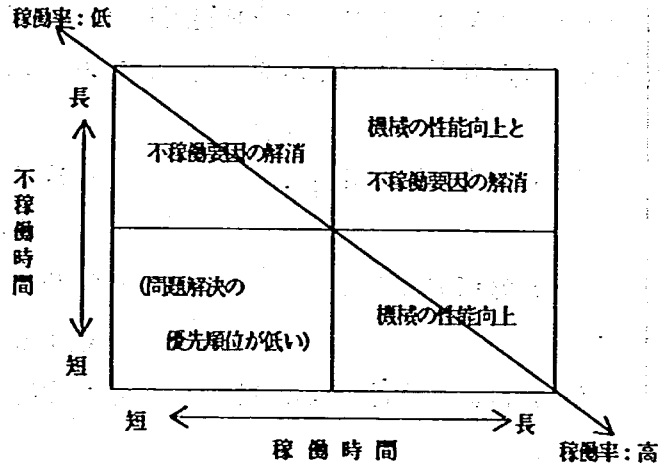
・計画と実績との差異 ---------- 差異の大きいものを改善の対象とする。また予測に基づく事前対策も必要である。

2．労務実績の分析

労務実績の記録により、作業者の配置、実働人数、作業内容、労務実績が判明する。特に作業時間、人工の多い作業の作業内容を分析することによりその要因が作業者個人の能力・技能によるか、または作業環境によるかを分析し、改善対策を検討する。

3．機械の稼働分析

工事実績（機械作業日報、タコグラフ、給油伝票）等により稼働時間を抽出し、さらに工事工程分析結果より機械の稼働状況、作業効率を抽出する事で時間短縮の為の作業改善を検討する。工事時間の短縮にむけた改善の方向と稼働率の関係を示すと、稼働率が低い機械作業は不稼働要因を解消する必要が高く、また稼働率が高い機械作業は機械自体の性能向上を図る必要がある。稼働時間が長く、しかも不稼働要因の解消の両面で対応する必要がある。また稼働時間が短く、しかも不稼働時間が短い作業は、他の機械作業に比べて問題解決の優先順位は低いものと考えられる。



8．6　目的別施工改善の進め方

8．6．2　生産性向上（時間短縮）に向けた施工改善

（工程分析）

工程分析は、各作業の構成要素を工程図に記述し作業者、資材の流れ、作業手順を工程プロセスに従って分析し作業者の配置、資材の運搬、作業手順等の改善点を明らかにする。工程分析には、作業工程に着目した単純工程分析と作業者に着目した作業者工程分析とがある。

（解説）

1．単純工程分析

対象工事を各々の工程に分割し、各工程の工程時間（終了時刻－開始時刻）を算出し、各工程を長い順に並び替えたパレート分析を行うことにより時間短縮改善効果のある工程を絞り込むことが可能となる。

また、各工程時間をネットワークに表すことにより各工程時間の関係を明確にすることができる。

2．作業者工程分析

工事に従事する作業者の作業内容を分析することにより、人的作業の効率化をはかる。人的作業は、下記のような4工程に分類することができるので、単位作業における作業者の工程分析を実施することにより具体的な時間短縮項目の絞り込みが可能となる。

作業者工程分析		
記号	工程	内容
○	作業	据え付、整形、はつり
□	検査	計測、計量、検測
○	移動	
▽	手待ち	

8．6　目標別施工改善の進め方

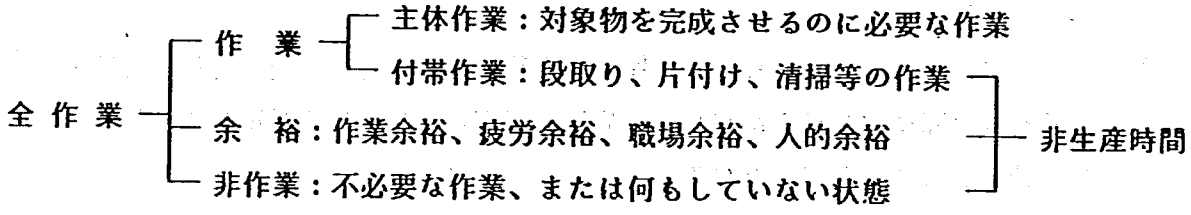
8．6．2　生産性向上（時間短縮）に向けた施工改善

（稼働分析）

長時間にわたり作業の状況を測定し工事用機械の実稼働時間の効率、稼働阻害要因を明らかにする。

〈解説〉

作業の質の改善とムダな時間削除により時間短縮を行うことを目的とする。
その為には、まず作業を機能別に分類し、非生産時間を抽出し改善対策を図る。



改善の基本は、主体作業時間を延ばし、非生産時間である付帯作業、余裕、非作業の時間短縮を図ることである。

土木工事においては施工条件が各々異なる為、施工の前後に行う付帯作業は必要不可欠であるが、ここは時間短縮の可能性も高い。また、作業余裕についてみると施工場所が毎回移動し、また野外での作業も多い為余裕時間も多くなりがちであるが、作業環境の改善等によって時間短縮の期待も大きい。非作業時間については、重機作業において前後の工程の影響による遅れが要因となることが多いので工程分析による対策が必要となる。分析の一例として、現場Ａの重機の稼働分析において、各重機の作動率（準備、保全時間などを除いた作動時間／作業時間）を分析した結果を表6.2.1 に示す。この結果、掘削、下層路盤の各工程で利用される重機では、油圧ショベルの稼働率は高いが、モータグレーダ、マカダムローラの作動率が低いことが判る。特に、工程が同時に行われ、重機が輻輳する状況では、作動率が低下する。

表6.2.1　重機の稼働分析の結果（現場A）

（単位：%）

	稼働率	単独工程時	同時工程時	適用工程
油圧ショベル	92	100	85	取壊
モーターグレーダ	63	70	55	下層路盤工
マカダムローラ	37	37	—	下層路盤工、上層路盤工、基礎工
タイヤローラ	92	92	—	下層路盤工、上層路盤工、基礎工
アスファルトフィニッシャ	88	88	—	下層路盤工、上層路盤工、基礎工

前工程の作動率の影響による低下

注）作動率＝有効作業時間／（有効作業時間＋手持ち時間）

8．6　目標別施工改善の進め方

8．6．2　生産性向上（時間短縮）に向けた施工改善

（作業時間の分析）

作業を工程、単位、要素の各作業単位に分割し、作業方法や作業条件との関係を分析し、作業のムリ、ムダ、ムラを検討する。

時間短縮を目的とした場合

（1）作業時間および作業回数の分析・・・非生産時間の多い作業の抽出

（2）作業能率に関する分析　・・・・・・作業能率の低い作業を抽出し改善する。

（3）施工条件別の作業時間の分析・・・作業環境の変化に対する改善

（4）習熟に対する分析・・・・・・・・・経験による作業時間修正

（5）標準時間の限定・・・・・・・・・・作業の標準時間を設定する事により進捗状況の把握、予測を可能とする。

分析データはパレート図に整理する事により、問題点（個所）の抽出を容易にする。

〈解説〉

前目稼働分析において抽出した改善項目について時間研究を行った例を記す。掘削工程を行う油圧ショベルの作動時間（準備、保全時間などを除いた時間）が最も長く、下層路盤工程を行うモータグレーダの作業時間が短いことが明かとなった。このことは、油圧ショベルの効率が低いことを意味する。さらに、モータグレーダの不作動要因について、時間研究を行ったところ、前工程の終了待ちによる作業中断が最も大きく、６０％弱を占めていることが明かとなった。

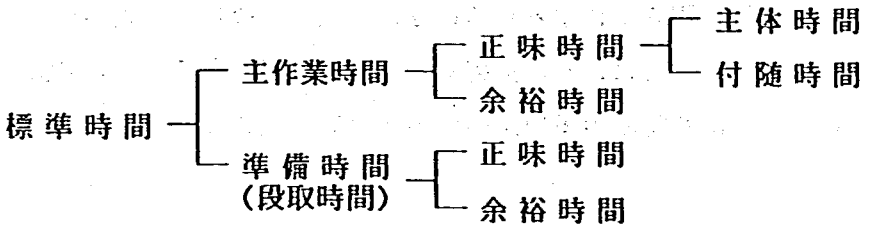
これらの分析の結果、工事時間を短縮するには、油圧ショベルの効率を高めることが改善の重要点となるものと判断される。

例のごとく稼働状況の分析内容をパレート図に表すことにより具体的な改善点の絞り込みが可能となる。

標準時間の構成と設定の目的

標準時間の設定は、現場管理上広範な利用目的がある。

標準時間の構成は、作業正味時間に余裕時間を加えたものである。一般に標準時間の構成は次のようになる。



主作業時間とは作業対象の単位作業量に対して本来の作業を実施するのに要する時間のことで、出来高に正比例してかかる時間をいう。

準備時間とは、その仕事のために行われる機械アタッチメントの段取り片付け、施工の準備など、単位作業に対して1回だけ発生する時間をいう。

また、正味時間とは実質的作業時間のことで、これは本来の作業だけに費やされた主体時間と機械の手入れなどに費やされた付随時間とから成り立つ。余裕時間音は管理上の欠陥や個人的理由、疲労などによって作業が中断されたために生じる遅延時間のことである。

一般に土木工事における標準時間の設定には、作業環境が複雑な場合もあり、実績資料等を用いる方が簡便である。

各作業について、過去の実績を作業票、作業日報などにより集計し、算術平均、移動平均、加重移動平均などにより作業粉ごとの標準時間を決める方法である。この場合、実績時間値であるから、余裕時間は含まれていると考えてよい。ただ除外時間も含まれている可能性があるので、2回以上の実績値を比較して判別する。

したがって、簡便な手法であるから比較的精度が低い。資料の分類整理が必要であるが、特に請負の時間設定などには、相手が納得しやすく、事前に見積りができる長所もある。

8．6　目的別施工改善の進め方

8．6．2　生産性向上（時間短縮）に向けた施工改善

（連合作業分析）

作業者と機械の組作業時における相互関係を明らかにし、稼働状態を適正にするための改善案を検討する。

（解説）

人と機械の相互関係を明らかにするためには、機械の稼働状態と人の作業手順とを同時間系列で並列に記録することにより、把握することが可能である。特に時間短縮を目的とする場合は“遊び”手待ち時間の多い関連作業について改善を図る。

8．6　目的別施工改善の進め方

8．6．2　生産性向上（時間短縮）に向けた施工改善

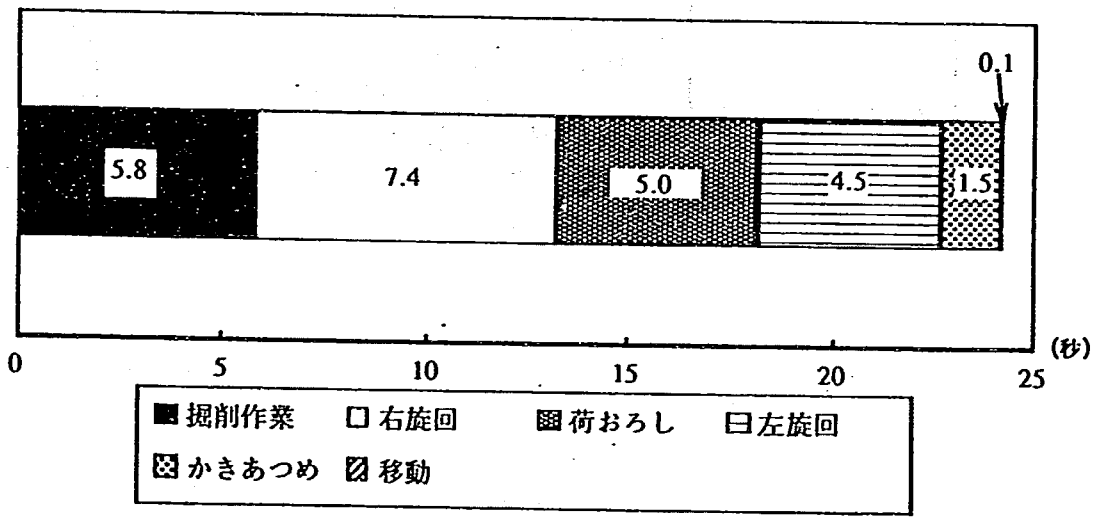
（動作分析）

作業者の動作、施工機械の動作を記録し、各々の動作を分析することにより、ムリ、ムダ、ムラを抽出し改善する。土木工事はマクロレベルでは繰返し性、同一性が少ないが、構成される各作業においては繰返し性の多い要素作業が含まれているので（土砂の積み込みや掘削作業等）時間単位は小さいが全工事に占める割合が多く、時間短縮改善の効果が高い。

〈解説〉

動作時間と動作内容を同時に把握する必要があるので、ビデオを用いた分析方法が一般的である。

この分析方法を用いた実施例として、油圧ショベルの掘削積込み作業のサイクルタイム内の動作分析を示す。



サイクルタイム内の要素作業時間（旋回式油圧ショベル）

分析の結果、1サイクルの内、30％が旋回作業に費やされていることが判り、時間短縮の効果が期待できる。

8．6　目標別施工改善の進め方

8．6．2　生産性向上（時間短縮）に向けた施工改善

（改善案の抽出）

改善案の立案に際しては、既存データ、現状調査の結果をもとにして最も改善効果の大きい所に着目し、作業者、重機オペレータ等、できるだけ多くの関係者全員参加のもと一方的な改善案にならないようにその改善対象作業に直接携わる人々の参加が必要である。

・改善案の抽出は５Ｗ１Ｈ法等を利用して整理する。

・非生産時間発生の原因と改善関係部門は下表のようになり、大幅な改善を実施する為には工事発注者（設計側）の承諾が必要な場合もある。

非生産時間	原　　因	改善に関係する部門		
		設計担当	管理担当	作業担当
余計な作業時間	設計、仕様の欠陥	○		
	作業方法の欠陥	○	○	
無効な時間	管理方法の欠陥		○	○
	労働意欲の欠落		○	○

8．6　目標別施工改善の進め方

8．6．2　生産性向上（時間短縮）に向けた施工改善

（改善案の評価）

改善案による作業の改善効果に対して、時間短縮以外に省力化、安全性、苦渋性、品質、経済性等について、評価する必要がある。

〈解説〉

1．改善案の評価

・改善案は、生産性、苦渋性、品質、経済性、その他の面から総合的な評価を行う。

・シミュレーション技法等を活用し、可能な限り定量的評価を行う。

・改善案がもたらす作業者への負担を考慮する。

・選定された改善案は試行を行い、再度作業測定を行い、問題点を解決する。

2．改善案の実施

・改善案を実施し、効果を確認する。

・測定結果を用いて、標準化や管理の資料として利用する。

8．6　目的別施工改善の進め方

8．6．3　生産性向上（省力化）に向けた施工改善

（省力化の概要）

生産性向上（省力化）に向けた施工改善は、目標とする施工量を所定の期間内に消化すべく投入労働力を効率的に配置することで、作業者数の総量を削減するか、一人当たりの施工量を増加させることを目的とする。

改善の対象としては、①工程・作業手順、②施工・作業方法、③工事用機械などがあり、省力化に影響する要因の中から多くの人手を要する作業、人力に頼らざるを得ない作業または無理・無駄の多い作業を抽出し、作業者の削減が労働強化に結びつかないよう配慮しながら省力化を図るものとする。

〈解説〉

生産性の向上は、作業者や施工機械などの工事用資源投入量を削減したり、作業時間を短縮することで、作業者1人当たりの作業量や単位時間当たりの作業量を増加させることにあり、作業環境の改善や安全性の向上などが、十分に確保された上でなされなければならない。

生産性に影響を与える要因をまとめると、以下のようになる。

①作業環境――天候・気温・湿度・風速・騒音・粉塵・振動・安全設備・先行作業の完成度・他作業との干渉・作業域の整備度・移動の容易さ・近隣環境による制約等

②作業方法――作業手順・作業方法・作業要領・投入する職種や機械の種類等

③作業行為――作業者のモラル・作業者の技能・材料の品質・機械の性能や能力等

④作業管理――作業計画・作業速度・作業の打合せ・作業指示・作業の割当等

以上の要因に対して、生産性向上に向けた改善を行う場合の着眼点は「ムリ」、「ムダ」、「ムラ」の観点である。無理な作業計画は逆に生産性の低下につながり、作業者や機械に手待ちがある状況では、計画や段取りの悪さがこれらの無駄を生み出す原因となっている。また、工数のバラツキや作業時間のバラツキといったムラは、作業方法や計画に問題がある場合が多い。省力化の作業改善では、このような作業形態を抽出・排除することで作業効率を向上させ、作業者数を削減することを目的とする。

なお、最近土木工事の生産現場では、作業員不足・作業員の高齢化といった背景から「省力化」の取組みとともに、危険作業や苦渋作業を機械化・ロボット化するなどして現場の作業員を省く「省人化」の試みも積極的に実施されている。

8．6　目的別施工改善の進め方

8．6．3　生産性向上（省力化）に向けた施工改善

（評価項目）

評価項目は、基本的には作業者一人当たりの作業量（例えば、㎡／人、㎥／人、kg／人等）、単位時間当たりの作業量（例えば、㎡／日、㎥／日、kg／日等）あるいは単位工数当たりの作業量（例えば、㎡／人・日、㎥／人・日、kg／人・日等）で表される。しかし、改善対象が特定の工事単位、工区単位の場合は、工事全体や工区全体を対象とした作業者数、工数を評価項目としても良い。

〈解説〉

改善対象が特定の工事単位、工区単位の例を以下に示す。

1．作業者数

対象とする工事に関して、投入されている作業者数を工程別に把握し、投入人員の多い作業を重点的に見直し、作業者数の削減を図る。

表6.3.1は省力化を図るために、道路維持修繕工での各工程別最大作業者数の分析結果の例である。この事例では、アスファルト（Ａｓ）安定処理工および基礎工の敷均し補助作業において最も人手がかかっており、補助作業員を削減することにより省力化を図れる可能性がある。

表6.3.1　道路維持修繕工での各工程別最大作業者数

工　程	最大作業者数	作業内容
準備工	6名	準備段取り(4),オペレータ(2)
舗装撤去工	3名	オペレータ(1),高さ管理(2)
掘削工	6名	オペレータ(1),高さ管理(4) 掃除(1)
下層路盤工	6名	オペレータ(3),高さ管理(3)
上層路盤工	6名	オペレータ(2),均し補助作業(4)
ＡＳ安定処理工	8名	オペレータ(3),均し補助作業(5)
基層工	8名	オペレータ(3),均し補助作業(5)
後片付け	8名	オペレータ(2),段差摺り付け(4) 片付け(2)

2．工数

作業者の工程別または作業別の作業時間の測定結果から工数（工数＝作業者数×作業時間：人・日，人・時等）を算出し、省力化の改善では、工数の最も大きい工程または作業に着目し作業員削減を検討する。

表6.3.2 はトンネル工事の上半作業の工程別工数の分析結果の例である。この事例では、ロックボルト工において最も多くの工数がかかっており、かつ作業者数の投入数も最大であることから、この工程を省力化することによって全体作業者数の低減を図れる可能性のあること、また、工程時間に着目した場合、吹付工程の占める割合が多く時間短縮の必要性もあることがうかがわれる。

表6.3.2　トンネル工事上半作業の工程別工数

工　程	時間（分）	作業者数（人）	工数（人・時）
切羽削孔	25	8	3.33
装薬	24	7	2.80
退避・発破	16	0	0
ズリ出し	36	5	3.00
切羽吹付け	20	2	0.67
支保工建込み	39	8	5.20
吹付け	182	2	6.07
ロックボルト	71	9	10.65

8．6　目的別施工改善の進め方

8．6．3　生産性向上（省力化）に向けた施工改善

（作業者数と工数の捉え方）

作業者数または工数は、作業内容や測定に要求される精度に合わせて要素作業・単位作業・工程等に分割して捉え、これに基づき測定や分析を行い改善を図る。

〈解説〉

省力化を図る場合、作業をどのような細かさで、またどのような範囲で捉えるかによってその評価が異なる。作業者個人の生産性は、作業者がある一定期間に行った作業内容によって評価されるが、土木工事の特性として作業者がグループやパーティーの単位で一連の作業を行う場合が多い。このため、作業者個人の生産性が向上しても、またある工程のある作業だけ省力化が図られても、全体の省力化とはならないこともある。

一般に、問題点の定量化や改善案の抽出を行うには要素作業や単位作業レベルで、最終目標である作業員の削減は工程レベルでそれぞれ作業者数や工数を捉えるのが適当と思われる。

8．6　目的別施工改善の進め方

8．6．3　生産性向上（省力化）に向けた施工改善

（改善作業の手順）

生産性向上（省力化）を目的とした施工改善は、図2.1.1に従って実施する。

(1)測定計画の立案

(2)測定の実施

(3)測定結果の分析・評価

(4)改善目標値の設定

(5)改善案の抽出

(6)改善案の実施・評価

改善案の評価で期待した効果が得られない場合は、測定計画の練り直しや改善案の見直しなどを行い、目標を達成するまで上記の手順を繰り返し行う。

（解説）

1．測定計画の立案

測定計画は、できるだけ当該作業関係者の参加を求め幅広く討議し、その内容を具体的に策定する。作業関係者全員の協力無くしては期待通りの成果は期待できず、極力早い時期からの参加を求めるようにする。

なお、測定計画には主に次の事項を含めて決定する。

○測定対象とその範囲―どの工事、どの工程、どの作業か

○測定の手順――――日常の工事実績資料や作業者からの事情聴取で済むのか、作業測定を実施するのか

○測定の項目――――工程別の作業者数、作業時間、作業内容、施工数量等

○測定方法――――観測者の人数、測定機器、測定期間等

○測定結果の整理方法―得られるデータの形式にあった記録用紙、集計用紙

2．測定の実施

測定は、計画に基づき適切かつ的確に行う。

また、作業中の現場を測定する場合には、作業を妨げることなく、平常通りの作業ができるような配慮が必要である。

3．測定結果の分析・評価

データは、測定後できるだけ速やかに処理する。また、データの信頼性および再現性を確保するため、作業時の環境条件や作業状況を必ず併記し、いつ誰が見ても理解できるようにする。

4．改善目標値の設定

省力化に基づく施工改善では、改善目標である「作業者数の削減」と評価項目である「作業者一人当たりの作業量、単位時間当たりの作業量、単位工数当たりの作業量、作業者数または工数」に対して、作業関係者の聞き取り調査や関連資料の検討から問題点の内容や改善の方向を比較し、どの工程のどの作業をどの程度省力化するのかできるだけ具体的にその目標値を設定する。その際、改善の程度は努力することで達成できる内容となるよう留意する。

5．改善案の抽出

測定データの整理・分析結果から問題点を明確化した後、改善案の抽出を行う。

6．改善案の実施・評価

効果の期待度、改善の容易さ、緊急度などから改善案を絞り込み実現場で試行する。

期待した効果が得られない場合は、測定計画を練り直すなど目標を達成するまで繰り返し行う。

8．6　目的別施工改善の進め方

8．6．3　生産性向上（省力化）に向けた施工改善

（分析に必要な測定データ）

省力化の各種分析において、必要となるデータには以下のようなものがある。

(1)作業者数（職種別、工程・単位作業別）

(2)作業者の作業時間（実作業時間と中断時間を区分）

(3)複数の作業者、作業者と機械との共同作業の場合の共同作業時間、作業分担

(4)作業者の稼働時間、稼働率

(5)一連の工程や単位作業の流れ

(6)施工方法、作業方法・手順

(7)その他制約条件等（施工量、施工環境、機械・資材の仕様、天候など）

〈解説〉

省力化に向けた施工改善では、その評価項目である作業者一人当たりの作業量、単位時間当たりの作業量、単位工数当たりの作業量および工数などを把握するために、作業者の数とその作業時間を明確に把握することが重要である。さらに、改善案を検討するためには、その作業内容と問題点を整理するために、施工方法、作業方法・手順、工程の流れ、施工量、その他の制約条件（施工環境、機械・資材、天候など）のデータも必要になる。

分析に必要なデータを各測定方法毎に整理すると次のようになる。

○工事実績記録の分析：工事日報、労務日報、機械運行表など

○工程分析：一連の工程または単位作業の流れ（加工、運搬、停滞、検査）、作業者や工事用機械の動き、実施する作業内容

○稼働分析：作業者や施工機械などの稼働時間、稼働率

○作業時間の分析：工程作業時間、単位作業時間、要素作業時間

○連合作業分析：作業者と機械、作業者または機械同士の共同作業時間

8．6　目的別施工改善の進め方

8．6．3　生産性向上（省力化）に向けた施工改善

（測定手段）

測定は、当該工事の現場関係者の聞き取り調査を行うほか、必要に応じて現場調査を行う。

現場における調査では、各種帳票データでの調査のほか、現場の作業実施状況をビデオカメラで測定したり、作業内容や作業時間等の作業測定を行う。

主な測定手段には、以下のようなものがある。

(1)工事実績資料の調査や聴取り調査：工事実績記録の分析、工程分析等

(2)ビデオカメラによる測定(ﾋﾞﾃﾞｵﾒﾓﾓｰｼｮﾝ法等)：稼働分析、作業時間の分析等

(3)ストップウオッチ法：作業時間の分析

〈解説〉

調査手段としては、現場において日常作成される作業日報や工事工程の記録などの帳票類の分析・調査や工事関係者からの事情聴取などだけで目的を達成できるものがあるが、より詳細に作業の実状を把握するためには現場での作業測定が必要とされることが多い。

以下に調査方法の概要を紹介する。

1．工事実績資料の調査や聴き取り調査

工事日報等の帳票類から工程関連のデータを抽出して、バーチャートやネットワーク手法を用いて実施工程表を作成し、労務実績の記録（作業者数、実施内容、作業時間など）と合わせて、工程別の作業者数や作業工数を整理・分析する。

聴き取り調査では、現場関係者に面接し施工図、施工要領書などの資料を収集するとともに、工事工程や作業順序などの要点を克明に記録する。データが不十分な場合は一部作業測定を実施し補足する。

2．ビデオカメラによる測定

ビデオカメラによる測定は、視覚情報を正確に再現することができるので、作業記録になる他、測定後の詳細な作業分析に有効である。

稼働分析には、測定時刻をランダムまたは一定間隔にしたワークサンプリング法を用いる。

3．ストップウォッチ法

ストップウォッチ法は、作業を直接観測しながら作業時間を記録する方法でマンツーマン方式が原則となる。したがって、多数の観測者を必要とするため、コスト面や作業の障害となるケースもあるので測定対象を限定したり、ビデオカメラなどを併用する。

なお、各測定方法の詳細は、本マニュアル8．3測定方法を参照されたい。

8．6　目的別施工改善の進め方

8．6．3　生産性向上（省力化）に向けた施工改善

（データの整理・分析）

測定したデータは、測定目的や方法に応じて適切に整理・分析する。

データ処理における主な注意事項を以下に示す。

(1) 測定時の作業の環境条件や作業の状況等を、付帯事項として必ず併記するとともに、測定結果はできるだけ速やかに整理する。

(2) データは、事前に準備した所定の記録用紙に記入する。

(3) データは、職種・作業内容別に整理する。

(4) データ分析に際しては、統計的手法を活用する。

(5) 異常値と思われるデータは、特にその取扱いを慎重に行うとともに、データ量が不足する場合は、補充測定を行う。

〈解説〉

1．測定データは、作業条件や実施状況などの付帯事項を併記し、記憶が鮮明な極力早い時期に整理する。併記すべき主な事項は①測定対象作業名、②測定目的、③測定時期・期間、④測定機器名および仕様、⑤実施場所・施工部位、⑥作業の状況、⑦その他（天候、測定時の記号等）とする。

2．データは、測定者以外の人が見てもすぐ理解できるものでなければならず、事前に準備した所定の記録用紙に記録し整理する。また、測定中に気づいた点は必ずメモを残しデータの再現性を確保する。

3．データは、測定目的に応じて工事工区、作業内容、機械、作業者、施工部位、作業グループ別に分類、整理する。

4．特性や傾向をより明確化するには図表が有効で、目的に応じて度数表、ヒストグラム、パレート図などによって表す。

5．異常値とは、何らかの要因で通常とは異なった値になったもので、その出現状況の背景を整理すると、改善・改良の情報が多く含まれている場合もあるので、一概に棄却するのでなく、むしろ十分に検討するなど慎重に取扱うものとする[1]。

8．6　目的別施工改善の進め方

8．6．3　生産性向上（省力化）に向けた施工改善

（分析方法の種類）

分析に際しては、測定の可能性や有効性を検討した上で、作業全体を対象としたものからより細かい作業へと分析を進めていく。単一の分析方法で改善点を明確化できる場合もあるが、通常は以下のようないくつかの方法を組み合わせて分析を行う。

(1)工事実績記録の分析
(2)工程分析
(3)稼働分析
(4)作業時間の分析
(5)連合作業分析

〈解説〉

分析手法は、調査・測定の目的、調査の対象および調査期間に応じて適宜選択する。上記の５方法以外に、動作分析や苦渋・安全の分析（ヒューマンファクタ）などの方法があるが本章では除く。

分析のアプローチや改善のレベルが明らかでない場合には、測定の可能性や有効性を検討した上で、その重点を作業全般の概略分析からより細分化した詳細分析へ進めていくことが望ましい。

単一の分析方法のみで問題点の解明が可能な場合もあるが、通常はいくつかの方法を組み合わせて実施する場合が多い。

例えば、省力化の目的に対して、次のような手順で実施する[1]。

手順 1：「工事実績の分析（工事工程実績）」や「工程分析」によって、作業者数を時系列的に分析し、重点的に改善すべき工程の絞り込みや、改善の着眼点を把握する。

手順 2：「稼働分析」によって仕事の状況を長時間にわたって観察し、作業者の稼働率から各工程に従事する作業者数の変動、工程上の問題点を明らかにし、改善のための要点をまとめる。

手順 3：「作業時間の分析（単位作業レベル）」で作業内容・構成を明らかにし、各作業に要した時間値から人数や組み合わせについて検討する。

なお、各分析方法については、本マニュアル８．４分析方法も併せて参照されたい。

8．6　目的別施工改善の進め方

8．6．3　生産性向上（省力化）に向けた施工改善

（工事実績記録の分析）

工事実績記録を利用した分析は、主に工事工程と労務実績を対象とし、工事管理用の各種帳票データから工種別の日程や労務の実績、工程別の工数を把握し重点的に改善すべき問題点を明らかにする。

〈解説〉

工事実績記録の分析では、主に作業現場で作成されている工事の工程実績や労務実績の記録を活用する。

工事工程分析において、作業工程が逐次的に行われる場合は作業者数がピークとなる工程を重点的に分析する。また、工程が複数並行して行われる場合は、並行する工程のうちクリティカルになっている工程を重点的に分析し、並行作業を解消して作業負荷を平準化したり、各工程毎の作業数を削減することにより省力化を図る。

労務実績分析では、労務に関する各種調票から職種、人員配置および作業内容別に作業者数、工数を調査しこれらの大きい作業を明らかにし改善点を明らかにする。

図6.3.1 にトンネル工事（NATM工法）の工事実績記録の分析例として、ジャンボの保全工数を示す。この分析により、ジャンボの保全に関しては、ドリフタ部が工数・回数ともに多いことがわかる。

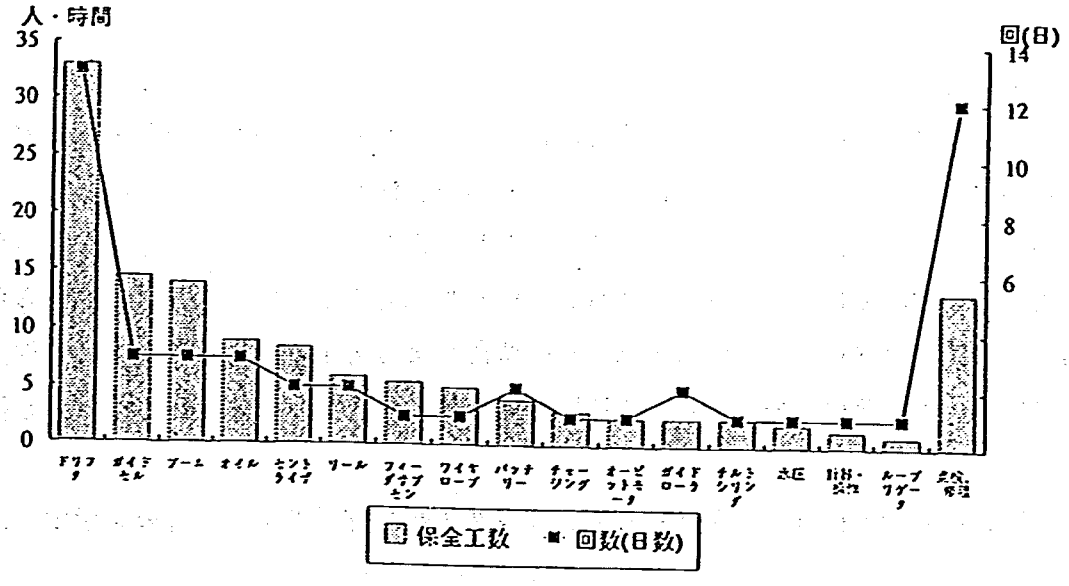


図6.3.1 ジャンボの部位別の保全工数
（トンネル工事実績記録の分析）

8．6　目的別施工改善の進め方

8．6．3　生産性向上（省力化）に向けた施工改善

（工程分析）

工程分析は、施工現場における作業者や資材の流れ、作業手順を工程の順序に従って分析し、作業者の配置、資材の運搬、作業手順などの改善点を明らかにするためのもので、分析に際しては、工程図記号（表 3.2.1）を用い作業の手待ち、移動、検査等の時間や移動距離を記録し、工程の順序や流れから工程の改善点を抽出する。

工程分析は、その対象により作業工程に着目した単純工程分析と、作業者に着目した作業者工程分析とがある。

〈解説〉

1．単純工程分析

単純工程分析は、対象工事の工程上の問題点を明らかにするために実施するもので、現場での聴き取り調査や、必要に応じて行う現場での現状調査をもとに各種工事を構成する工程の順序やそれらの要点を工程分析表としてまとめる。

工程分析表により、各工程の前後関係、関連作業の工程などを明らかにし全工程数、各工程の工程時間（終了時刻－開始時刻）の長短および工数の大小などから問題となる工程を絞り込む。

表6.3.3 に、工程分析の事例として離岸堤据付工の工程分析表を示す。

2．作業者工程分析

作業者工程分析は、工事に従事する作業者に着目し、作業者一人一人の行動・作業内容等を実施する順序に従って作業者毎に記録し、作業の手順、作業内容、移動する場合はその状況、手待ちの原因などを調査し作業者分析工程表としてまとめ、作業上の問題点を明らかにする。分析結果の検討では、各作業工程において重要な部分や不必要な部分などを明らかにし、省略できる工程はないか、工程の入れ替えや結合によってより簡単な作業手順や作業方法にならないか、工程そのもののやり方を簡単にできないかといった観点から改善点を抽出する。

表6.3.4 に、作業者工程分析の事例として、モルタル塗り作業者工程分析表を示す。

表6.3.3　離岸堤据付工の工程分析表

作業	工程	機械	移動	工数 (人・秒)	工程図記号 ○	⇨	▽	◇
玉かけ	○			34				
ブロック移動	⇨	クレーン	90°	69				
位置合わせ	○			668				
検査	◇							
玉外し	○			7				
ワイヤー移動	⇨	クレーン	90°	1				
合計	6			779				

表6.3.4　モルタル塗り作業者工程分析表[3)]

No	説　明	作業	検査	移動	手待	距　離	時　間	使用工具	備　考
1	資材置場まで歩く	○	□	●	▽	22 m			
2	コテ・サン木を一輪車にのせる	●	□	o	▽		2分	一輪車	
3	フォークリフトまで運ぶ	○	□	●	▽	12 m			
4	フォークリフトを待つ	○	□	o	▼		1.2分		平均待時間
5	一輪車をフォークリフトにのせる	●	□	o	▽			フォークリフト	
6	フォークリフトが2階にいくまで待つ	○	□	o	▼		1分		
7	階段で2階へ上がる	○	□	●	▽	10 m			
8	一輪車をフォークリフトからおろす	●	□	o	▽		0.3分		
9	モルタル塗り場まで運ぶ	○	□	●	▽	14 m			
10	一輪車からコテ・サン木をおろす	●	□	o	▽		0.2分		
11	コテ・サン木を待つ	●	□	o	▽				サン木は必要数だけ待つ
12	塗り場まで歩く	○	□	●	▽	4 m			
13	サン木位置を決める	○	■	o	▽		5分	スケール水糸	
14	サン木を固定する	●	□	o	▽		1.5分		
15	モルタル塗りを行う	●	□	o	▽		10分	コテ	
16	コテを持ったままサン木を取りに戻る	○	□	●	▽	4 m			
17	サン木を待つ	●	□	o	▽				
18	次の塗り場まで歩く	○	□	●	▽	3 m			
	(以下省略)	○	□	o	▽				
		○	□	o	▽				
合　計									

8．6　目的別施工改善の進め方

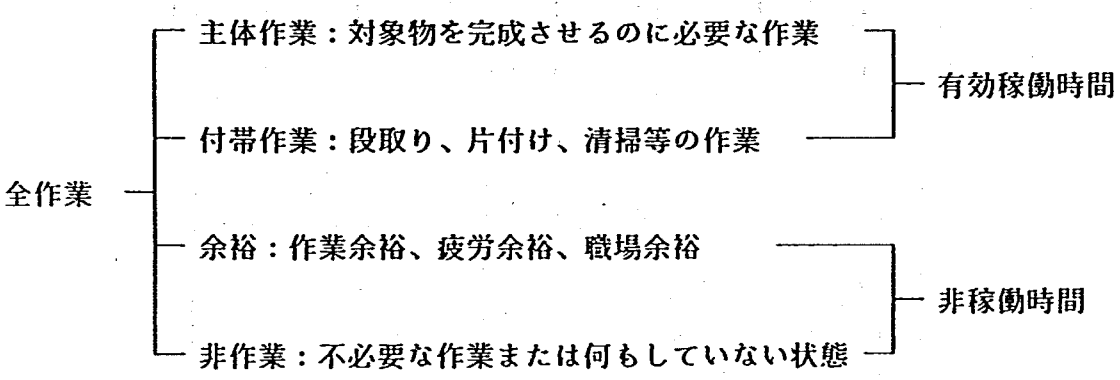
8．6．3　生産性向上（省力化）に向けた施工改善

（稼働分析）

稼働分析は、作業時における作業者、施工機械の稼働状況を定量的に把握することを目的としたものである。

〈解説〉

稼働分析を行う場合、作業を次のように分類[1]し、各々の時間および稼働率を求め作業の実状を把握する。



省力化に向けた施工改善では、主に作業者を対象とした稼働率分析を行う。作業者の稼働率分析では、作業者の作業時間の内、有効稼働時間の全作業時間に占める割合を分析する。

分析の結果、稼働率が極端に低い場合は、作業上または管理上何らかの問題があるとみなすことができる。

表6.3.5 は、道路維持修繕工（表層再生工法）フルイ・ホーキ作業者の稼働分析の実施例である。ここでは、作業者が調査対象区間に存在した時間を作業時間とし、全く作業を行わなかった時間（ただ見ている時間）を中断時間としている。この分析結果では、フルイ・ホーキ作業はリペーバだけでは仕上げが不十分であるため、作業が断続的に発生しており、稼働率はフルイ作業者が35%、ホーキ作業者が49%といづれも50%を下回っているため、２つの作業を統合化することで表層再生工の人力作業の作業員を１人削減した。

表6.3.5　道路維持修繕工（表層再生工法）作業者の稼働分析

No	作業者別の作業内容	30m区間の作業時間(秒)	稼働時間の合計(秒)	中断時間の合計(秒)	稼働率(%)
1	左側スコップ作業	780	634	146	81
2	左側レーキ作業	780	495	285	63
3	左側フルイ作業	780	271	509	35
4	左側ホーキ作業	780	381	399	49
5	右側レーキ作業	780	650	130	83
6	右側スコップ作業	780	520	270	67

8．6　目的別施工改善の進め方

8．6．3　生産性向上（省力化）に向けた施工改善

（作業時間の分析）

作業時間の分析は、工事実績の分析・工程分析・稼働分析により大筋の改善点を明かにした後、さらに特定の作業に関して詳細な分析が必要な場合に実施する。作業を工程単位から要素作業までに分割し、それぞれの時間を測定することで作業方法と時間値との関係を明らかにさせ、作業時間がかかりすぎたり大きくばらついている作業の改善を図る。

〈解説〉

作業時間の分析では、作業を分割してそれぞれの作業時間を測定し、作業方法と時間値との関係を明確にする。作業手順は、先ず工程レベルでの概括的な分析から着手し、作業時間がかかるものや時間のばらつきなどの観点から改善項目を明らかにしてから、改善の必要な作業分割レベルの分析を行うことが望ましい。

トンネル工事での事例を図6.3.2 に示す。

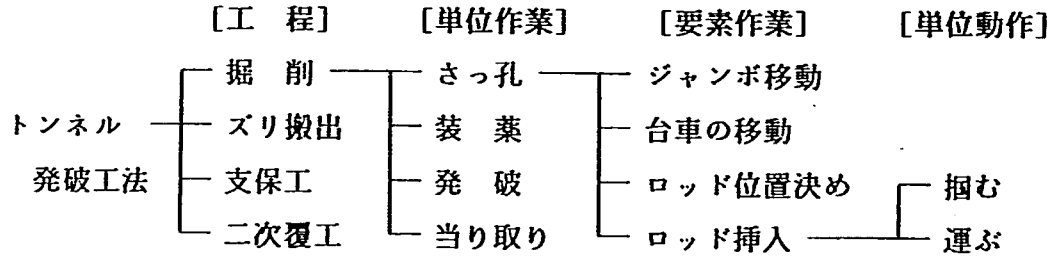


図6.3.2　トンネル工事の作業分割例

時間研究の成果は、省力化の評価指標を求める基礎データとなるので、実施中の作業内容とともに、作業者数や施工量等も併せて把握する。また、同種の作業を行う作業グループの中から1名を選んで測定する場合は、その構成人数や全体の施工量等を記録し、常に全体としての状況を把握することも必要である。

離岸工の作業時間の分析の実施例を以下に示す。

図6.3.3 は、工程レベルの概括的な分析結果を各工程時間の時間比率としてまとめたものである。この結果、クレーン船の移動等に要する時間は少なく、2日間の作業時間の約90%

がブロック据付および積込みの人力作業に費やされていることから、さらに問題点を明らかにするため、次ステップとしてこれらの工程の詳細分析を行うこととした。

No.	工　　程	時　間 (h) 1 2 3 4 5 6 7 8 9	時間比率(%)	
1	ブロック据付		45	90
2	ブロック積込		45	
3	ｸﾚｰﾝ船Aの移動・着岸		7	
4	ｸﾚｰﾝ船Bの着岸・移動		3	

図6.3.3　離岸工の工程別時間比率

表6.3.6は、離岸工のうちブロック据付および積込工の詳細分析として各要素作業毎の時間と工数をまとめたもので、表6.3.7 はさらに第２ステップとして人力作業のみに着目し、作業者別・作業別の工数して詳細分析を行ったものである。

ブロック据付および積込工程に係わる作業を第２ステップで詳細に検討した結果、陸上側の作業者２名はこの作業のみを実施しており、人力作業全体の工数に占める割合は７％と小さいことが明らかとなった。これらのことから、玉掛け治具の改良や機械化により積込み作業（陸上玉掛け）の省力化を図ることとした。

表6.3.6　離岸工の作業時間の分析例(第1ステップ)

単位作業＼要素作業		玉掛け	ﾌﾞﾛｯｸ移動	位置合せ	玉外し	ﾜｲﾔ移動	合計
積込		936	5,256	2,808	576	3,456	13,032
		31	—	94	19	—	144
据付	1層	595	3,415	5,845	245	1,470	10,570
		20	—	195	8	—	223
	2層	450	1,650	1,375	425	800	4,700
		15	—	46	14	—	75
	3層	180	792	612	84	336	2,004
		6	—	20	3	—	29
	小計	1,225	4,857	7,832	754	2,606	17,274
		41	—	261	25	—	327
合計		2,161	10,113	10,640	1,330	6,062	30,306
		72	—	355	44	—	471
備考：作業要員数		2人	ｸﾚｰﾝ作業	2人	2人	ｸﾚｰﾝ作業	

上段：作業時間（秒）　　下段：工数（人・分）

表6.3.7　離岸工の作業時間の分析例(第2ステップ)

作業者＼作業		積込作業		据付作業		合計
		陸側玉掛け	船台(2人)		潜水(2人)	
		(2人)	位置合せ玉外し	船台玉掛け	位置合せ、玉外し	
積込		31	113	—	—	144
		7	24	—	—	31
据付	1層			20	203	223
		—	—	4	43	47
	2層			15	60	75
		—	—	3	13	16
	3層			6	23	29
		—	—	1	5	6
	小計			41	286	327
		—	—	9	61	69
合計		31	113	41	286	471
		7	24	9	61	100%

上段：作業工数（人・分）　下段：工数の構成比（%）

8．6　目的別施工改善の進め方

8．6．3　生産性向上（省力化）に向けた施工改善

（連合作業分析）

連合作業分析は、作業者や施工機械がお互いに制約をもつ共同作業において、それらの共同作業時間、あそびや手待ち等の時間を工程単位毎に測定し、改善すべき工程や作業を絞り込む。

〈解説〉

人と機械、または人と人との作業が共同して行われる作業について、作業相互の時間関係から作業者や機械の稼働・あそび・手待ちを把握し、省力化では主にあそびや手待ち等の多い作業について改善を図る。

図6.3.4 は、ブロック積込工の連合作業分析の実施例である。この結果、クレーン作業と作業者の作業は密接に関係し、特に２人の陸上作業者(A,B)のサイクルタイム（約３分間）に占める稼働率は約７％と小さく、しかも陸側と船台側にそれぞれ各２名を配置しているため省力化の余地が大きい。

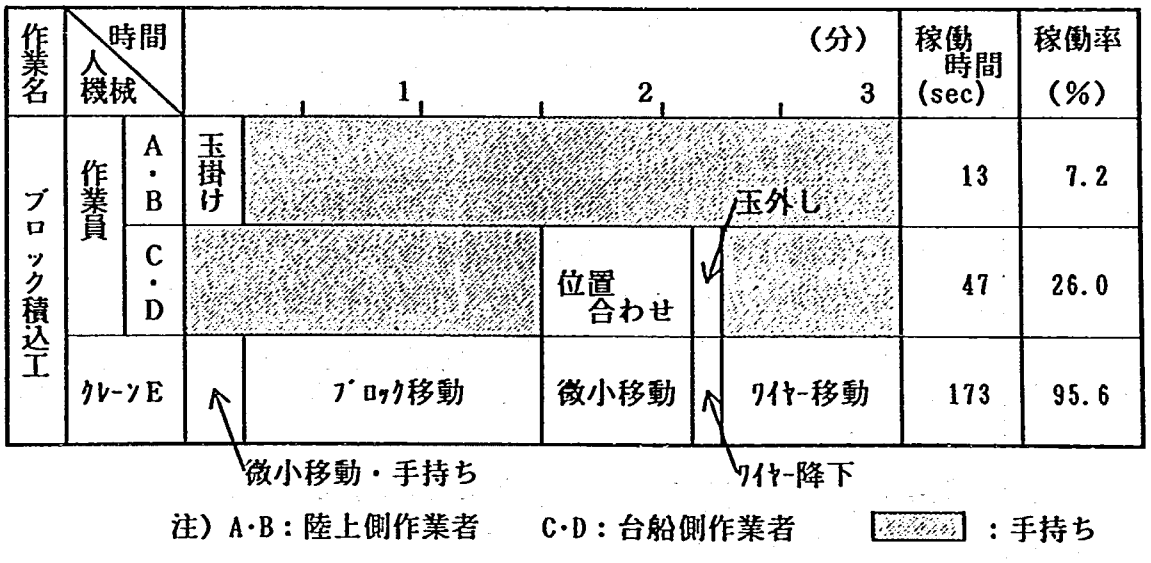


図6.3.4　ブロック積込工の連合作業分析

8．6　目的別施工改善の進め方

8．6．3　生産性向上（省力化）に向けた施工改善

（改善案の抽出）

改善案の立案に当たっては、見い出された問題点の優先順位を明確にし、それらに対応した改善案を、作業改善の原則や５Ｗ１Ｈ法などの観点から立案する。

〈解説〉

改善の対象は、作業現場の配置、工程、作業手順、作業の方法、工事用資源（作業者、機械、材料）、作業環境など広範囲に及ぶが、作業測定分析により作業の内容や工数が明確になったので、これらを本に最終的に改善すべき問題事項を決め、優先度の高いものから改善アイデアを「改善の４原則」や「５Ｗ１Ｈ」等を利用して発想・立案する。

表6.3.8～6.3.9に離岸堤工事（ブロック積込工）と道路維持修繕工事（表層再生工法）の施工改善案の例を示す。

表6.3.8　離岸堤の施工改善案

作業名	ブロック積込工
問題点	陸上側作業者２名による玉掛け作業は、積込作業工数全体の７％しか占めず、他の作業時間では手持ち状態となりその稼働率は極めて低い。また、作業時間のムラも大きく作業のバラツキが起こりやすい。したがって、省力化を図り稼働率を向上させるとともに、定型的な作業が行える方向へ改善することが望ましい。
原因	1)同時に２方向からワイヤー掛けを行うため、２名の作業者が必要となる。 2)連絡が不徹底でワイヤーが定位置に決まりにくい。 3)上記の原因からワイヤーを取りに行く作業がその都度必要となる。 4)ワイヤーでブロックを吊るため重心位置の調整が必要である。
改善案	1)ブロックの自動脱着装置を考案し、少人数で確実なブロック把持方法を検討する。 2)無線でクレーンのワイヤー移動位置を正確に指示する。
改善効果	【作業者の省力化→労働生産性の向上】 脱着の自動化により作業を１名でできれば、玉掛け作業者を半減することができ、ブロック積込工の現有施工体制を１グループ５名から４名の作業に省力化が可能となる。 また、上記の改善後工数は２０％低減することになり、据付作業の生産性は２５％向上する。

表6.3.9　道路維持修繕工（表層再生工法）の施工改善案

作業名	作業のフルイ作業とホーキ作業
問題点	フルイ作業の稼働率が３５％、ホーキ作業の稼働率が４９％と、いずれも５０％をきっており、作業者を統合化する余地がある。
原因	フルイ作業は、リペーバにより仕上げが不十分な場合に発生する作業であり、作業が発生したり、しなくなったりする。 また、ホーキ作業は断続的に行われており、稼働率が低くなっている。
改善案	フルイ作業とホーキ作業の稼働率はいずれも５０％以下であるので、１人で２つの作業を行うことで作業員を１人削減することが可能である。この場合はホーキ作業をリペーバ作業が片側全部終了した時点でまとめて行うという方策が考えられる。また、リペーバの仕上げ能力を高めればフルイの作業そのものが必要でなくなる。
改善効果	【作業者の統合化→労働生産性の向上】 作業者が１人削減できれば、それだけで労働生産性が向上し、労働者不足に対する対応策にもなる。
備考	作業者の統合化により、段取り、片付その他の作業全体への影響を実施に際しては検討しておく必要がある。

8．6　目的別施工改善の進め方

8．6．3　生産性向上（省力化）に向けた施工改善

（改善案の評価）

立案された改善案は改善項目別に整理し、概略評価により実行可能性のあるいくつかの案を選択し、さらにその絞り込んだものに対してその実施方法を詳細に検討し有効な改善案を選択し実施する。

改善案は、その導入初期の段階では作業測定を必ず実施し、その測定結果に基ずき改善効果を当初設定した目標値と比較し評価する。

また、改善案の実施に伴い発生する工程の変化や新たな作業の増加、他の作業への影響等についても事前に検討し、別途にその対策を講じておく。

〈解説〉

立案された改善案全てを実行することは困難であるので、まず概略評価によりいくつかの案を選択する。この段階では、改善案といっても略図や簡単な文章にすぎない場合が多いので、①技術的に実現できるか、②経済的な効果があるかといった観点で3段階評価程度の粗い基準で評価する[5]。

概略評価で選んだ改善案に対して、作業内容に関わるものはその方法や手順を具体的に、資機材を改良する場合は、関連する作業の検討も合わせて行い改善計画を具体化する。この段階で改善内容が具体化されたので、技術面と経済面からさらに詳細な検討を加え、①具体化における問題点とそれに対応した技術的な課題と解決方法、②作業員や作業工数の低減として期待される効果、③改善に要する費用、④実施方法などを総合的にみて最も有効なものにまとめる。

また、改善案を実施することにより発生すると考えられる工程の変化、新たな準備作業の増加、対象作業が他の作業と関係する場合は手持ちや作業の輻輳などが発生しないか等を事前に検討して、新たな問題が予想される場合は別途対策を講じておく。

改善案の実施に際しては、実施要領書を作成し関係者の理解を十分得た上で実施に移す。なお、導入初期は試行期間をとして作業測定を行い、目標に対する効果を確認しながら行うものとする。

8．6　目的別施工改善の進め方

8．6．4　苦渋性の低減に向けた施工改善

（土木作業の苦渋性）

土木作業では、精神的作業（集中力、注意力、判断力等を必要とする作業）による疲労と肉体的作業（力を必要とする作業、悪環境下における作業、無理な姿勢での作業等）による疲労とが複雑に関連しあって作業者に苦渋をもたらす。

苦渋性に影響を及ぼす因子には、作業の量や作業の質（肉体作業や精神作業）、作業条件（作業方法自体及び環境要因）等があるので、これらの現状を把握した上で評価を実施しなければならない。また、苦渋性は、作業者の主観や個人差に左右され易い点を留意する必要がある。

〈解説〉

1．作業と苦渋性

苦渋には精神的苦渋と、肉体的苦渋があり、実施する作業の量や内容、環境条件等が深く関係している。

1）精神的苦渋

精神的苦渋は、精神的疲労が主たる要因である。例えば、作業者に注意力、集中力等を求める作業、単純作業等を長時間継続することによって、精神的疲労が高まり、労働意欲の減退等の原因で注意力、集中力等を長時間保つことができなくなる。従って、注意力、集中力を回復させるために適切な休憩、疲労の少ない作業方法や環境を検討する必要がある。

2）肉体的苦渋

肉体的苦渋は、肉体的疲労が主たる要因である。例えば、作業者の軽作業に関しては、体力の消耗は少ないために長時間継続することは可能なこともあるが、重作業に関しては、体力の消耗が著しくなり、肉体的な疲労が高まり、長時間継続することは不可能となる。従って、消耗した体力の回復させるために適切な休憩や疲労しにくい作業方法や環境に改善する必要がある。

3）作業条件と苦渋

同じ作業でも作業条件の変化によって作業者に与える苦渋性は異なる。

例えば、施工現場において障害物（マンホール、地下埋設物、電柱及び構造物等）の有る無しによっても、作業者に体力、注意力、集中力等を求める度合いが違う。また、同じ作業にでも、夜間作業と日中作業では異なる。夜間作業は、日中の作業に比べて視界が悪く作業しずらいので、作業者に与える苦渋性は大きいものとなる。

さらに、気候、天候の変化によっても異なる。気温、湿度、天候の変化によって作業者の生活リズムの崩れ等によって、作業者に与える肉体的、精神的苦渋は異なる。

2．苦渋性の評価

苦渋性がどの項目とどのような形で係わっているかを明らかにして、評価項目を絞り込んでいく必要がある。この際、作業者の主観や個人差に左右され易い点を留意する必要がある。

8．6　目的別の施工改善の進め方

8．6．4　苦渋性の低減に向けた施工改善

（苦渋要因の評価と改善方向）

苦渋性の低減に向けた施工改善の実施にあたっては、時間要因、環境要因、作業自体の特性等の要因を考慮して、適切な評価対象を選択し、改善を図る。

苦渋性について評価する場合には、各要因を個別に評価し、要因別に苦渋性の低減の方向へ改善を行なう方法と、各要因から発生する疲労や生体負担を評価し、苦渋性が低減する様に改善を行なう方法とがある。最終的には、各要因と苦渋の関係を明らかにし、改善を行なうことが望ましい。

〈解説〉

1．苦渋の要因

苦渋性の要因は3つに分類される。

・時間要因

・環境要因

・作業自体の特性

各要因と苦渋性との関係を表6-4-1～表6-4-3に整理する。

表6-4-1　時間要因と苦渋性の関係

要因	苦渋性との関係
作業時間	作業時間が長いほど、疲労が高まり、苦渋性が増大する。
作業時間帯	昼間作業に比べて、夜間作業は疲労が高く、苦渋性が増大する。
作業時間（実稼働時間）	作業時間や実稼働時間が長いほど、疲労が高く、苦渋性が増大する。
一連続作業時間	同等作業時間でも、1回の連続作業時間が長いほど、疲労回復に時間を要する為、苦渋性が高まる。
余裕率	休憩時間、休憩回数、非稼働時間が少ないほど、疲労が高く、苦渋性が増大する。

表6-4-2　環境要因と苦渋性の関係

要因	苦渋性との関係
温熱環境	温度、湿度、気流、輻射からなう温熱環境は、快適性が高いと感じる範囲が研究されており、この範囲外では、人間の不快感が高まるため、苦渋性が増大する。
照明環境	作業の特性に適した照明環境があり、この照明条件を下回る環境では、肉体的な疲労が高く、また、作業周辺への注意集中が必要なことが要求されるために、精神疲労が高まる。
作業時の天候	クレーン作業や海洋工事のように、天候条件が作業性に影響する場合には、天候条件により、注意力の増加に伴う精神疲労の増大や、作業量の増大に伴う肉体疲労の増大により、苦渋性が高まる。
騒音・振動	騒音・振動のレベルが高くなると、難聴など身体への損傷や変調がもたらされるため、苦渋性が増大する。
気質環境（浮遊粉塵、ばい煙、有毒ガス等)	浮遊粉塵や煤煙、有毒ガスなどの濃度が高くなると、身体への損傷や変調がもたらされるため、苦渋性が増大する。
作業対象外の障害物の存在	作業環境に障害物が存在する場合には、通常の作業条件での作業に比べて、新たな注意力が必要となるなど、精神疲労の原因となる。また、障害物がある場合には、通常とは異なる作業が発生するなど、苦渋性は増大する。

表6-4-3　作業自体の特性

要因	苦渋性との関係
作業強度	エネルギー代謝が大きいほど、作業強度が大きく、肉体疲労の増加に結び付きやすく、苦渋性が高まる。
作業者の作業姿勢	作業姿勢により、筋力への負担が異なるため、苦渋性に影響する。
作業者の力を必要とする作業	力を必要とする作業では、その力により疲労が異なるため、苦渋性に影響する。
作業足場の状態	作業足場の状態により、生体負担や、注意力の喚起に伴う精神疲労が異なるため、苦渋性に影響する。
作業の要求能力特性	要求能力（単純作業、単調作業、多能的作業、堪能力的作業等）により、疲労の程度に影響する。また、個人の能力と作業に必要とされる能力の差が大きい場合には、作業者への負担が大きく、苦渋性が高まる。
組作業	組作業は単独作業に比べて、作業のﾍﾟｰｽが他律的となるため作業者の精神的な負担が大きくなり、苦渋性が高い。

2．苦渋度

作業の結果として発生する苦渋性について、生体負担・疲労という側面から、その程度を評価する方法として、次の２つがある。

（１）生体負担の測定

心拍数、血圧など生理的な変化に着目し、その生体反応の度合いから、苦渋性を評価する。

（２）心理計測

疲労感など、心理的な影響について、アンケート・ヒアリング調査を行い、その結果から、苦渋性を評価する。

8．6　目的別の施工改善の進め方

8．6．4　苦渋性の低減に向けた施工改善

（作業手順）

苦渋性の低減を行う際の作業手順は、概ね以下のとおりである。

1．測定計画の立案
2．測定の実施
3．測定データの整理・分析
4．目標設定
5．改善案の抽出
6．改善案の実施と評価

〈解説〉

1．測定計画の立案

1）事前調査

測定計画を立案するに当って、可能なかぎり、多くの情報を収集する。

（1）工事実績記録の調査

疲労は注意力の低下をもたらし、事故の原因となる。逆に、注意力の必要な作業は疲労を増大させる。また、長時間作業は疲労の原因となり、苦渋性を高めることとなる。
従って、工事実績記録から、就労時間の実態、過去の事故やケガの状況を把握する。

（2）ヒアリング調査

作業者へのヒアリング調査を行ない、苦渋性の高い作業やその背景、自覚症状等について情報を収集する。

（3）苦渋要因の整理

予備調査の結果から、苦渋性に影響する要因について因果関係の整理や、特性要因図の作成を行なう。

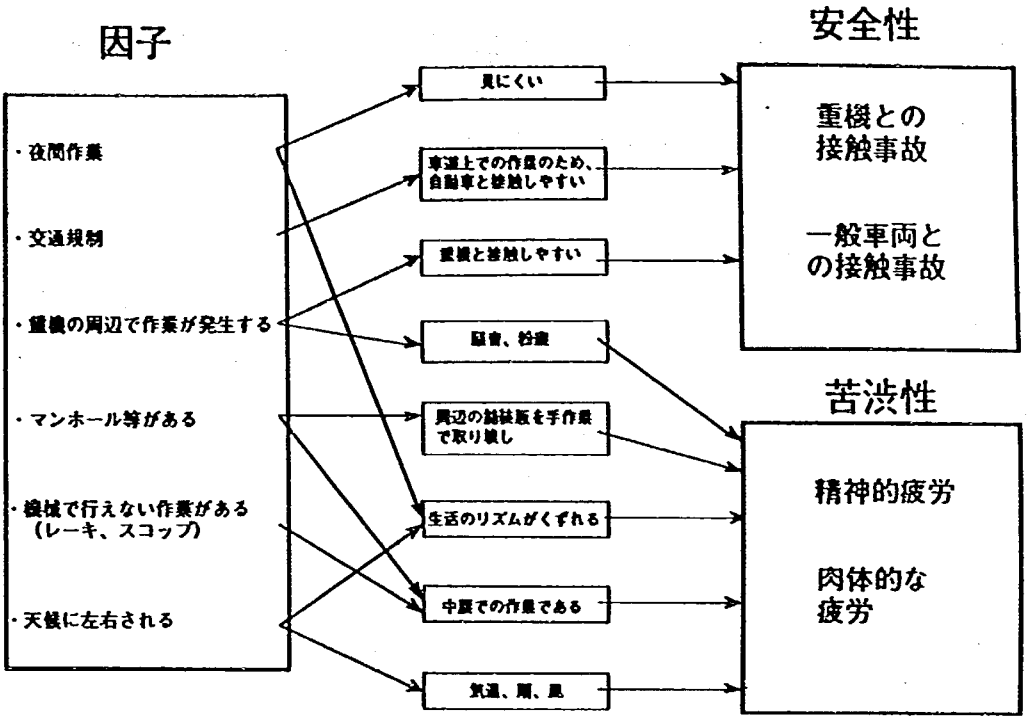


図6-4-1　苦渋に関する道路打換工のヒアリング調査結果

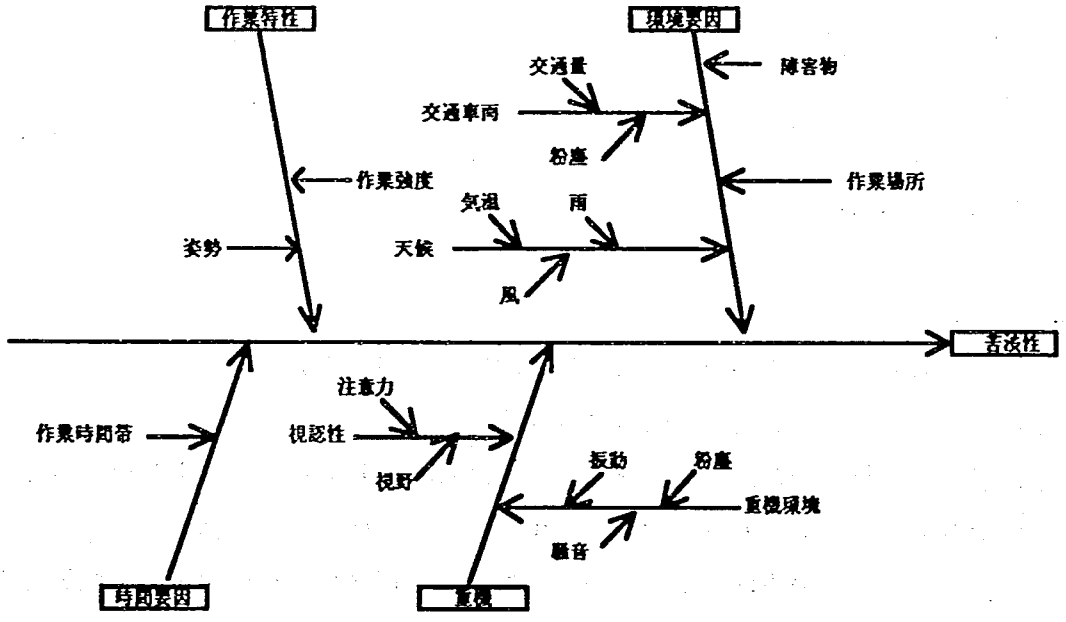


図6-4-2　道路打換工における苦渋性の特性要因図

2）測定項目の選定

事前調査に基づき、苦渋性に深く関係する要因を選択し、それを測定項目とする。

（1）時間要因

・作業時間、稼働時間、非稼働時間

・作業時間帯

・作業の発生回数や作業量、出来高

（2）環境要因

・温度、湿度

・騒音、振動

・照度

・天候

・気質

・障害物の有無

（3）作業の特性

・作業強度

・作業姿勢

・作業の力または取扱い物の重量

・作業の足場や作業場所

・要求能力

（4）生体負担、心理計測

・心拍数

・フリッカー値

・疲労自覚症状調査

2．測定の実施

・評価項目に対してデータが無い場合には、現場での測定を実施する。

・測定は計画に基づき、適切かつ的確に行なう。

・測定に必要な機材や記録用紙を準備し、一度試行しておくことが望ましい。特に、屋内で利用する機材をフィールドで利用する場合には、特に、注意が必要である。

・測定実施前に、実施の方法について充分な打合せを行ない、実態が正確に把握できる様に、現場への協力を願う。

・測定に当っては、できる限り気づいたことをメモするなど、現状の問題点を測定段階においても把握することを心掛ける。

・測定結果は、統計的処理や図表化を行ない、データの整理を行なう。

3．分析

・測定されたデータは、速やかに処理する。

・データは測定条件を必ず併記し、客観性や信頼性を確保。

・分析は、問題点を明確に抽出できる様にし、もし問題点が抽出されない場合には、測定方法や分析方法を再度検討する。

4．改善案の設定

分析結果に基づき、

・苦渋の要因の解消

・苦渋性の低減

を目的とし、なるべく具体的な改善目標値を設定する。

5．改善案の抽出

改善目標を達成する改善案を抽出しなけらばならない。

1）苦渋要因の解消

環境要因、作業特性、時間要因について、各苦渋要因が解消する改善案を立案する。

2）苦渋性の低減

作業者が感じる疲労や苦渋を軽減する改善案を立案する。

6．改善案の評価

既存データや改善案単独の施工による改善効果確認シミュレーション及び効果確認施工を行ない、改善案を評価する。

改善案に関するデータを用いて改善案を取り入れ、また、前提条件を取り込んで苦渋性がどのように変化するか机上で算出し、事前に改善案を評価する。また、改善効果を確認するために改善案を導入した実施工を行ない、各評価項目について、作業測定の分析結果とシミュレーションの結果とを比較検討する。

8．6　目的別の施工改善の進め方

8．6．4　苦渋性の低減に向けた施工改善

（測定方法）

苦渋性の低減に向けた施工改善において、分析に必要なデータは、時間要因、環境要因作業特性、疲労があり、適宜選択する必要がある。分析に要するデータを得るには、適適切な測定方法を選定し、的確に実態を把握する必要がある。

（解説）

1．測定方法の選定

苦渋性の低減に向けた施工改善において、必要なデータは、

・時間要因

・環境要因

・作業特性

・疲労

に関するものであり、目的により、適宜選択する必要がある。各データを測定するには、適切な測定方法を選定しなければならない。表6-4-4には、苦渋性の要因の測定項目と測定方法の概要、表6-4-5には、疲労度合いの測定項目と測定方法の例を示す。

表6-4-4　苦渋性の要因の測定項目と測定方法

要因		測定項目	測定方法
時間要因	作業時間	・作業開始時間 ・作業終了時間 ・作業中断時間 ・作業発生回数 作業者別、作業別に把握する	時間研究
	一連作業時間	・作業開始時間 ・作業終了時間 ・作業発生回数 作業者別、作業別に把握する	時間研究
	休憩回数、休憩時間、余裕率	・休憩開始、終了時間 ・休憩回数 ・作業終了時間、作業開始時間	時間研究 稼働分析
	作業時間帯	・工事開始時間 ・工事終了時間	時間研究
環境要因	温熱環境	・温度 ・湿度 ・気流 ・輻射	アスマン通風乾湿計 熱線風速計 黒球温度計
	照明環境	・照度	照度計
	作業時の天候	・快晴／晴／曇り／雨など ・風速 ・波、うねり	目視による方法 気象情報
	騒音・振動	・騒音レベル ・騒音周波数 ・振動加速度	騒音計（一定時間間隔または、発生源別） 振動レベル計（一定時間間隔または、発生源別）
	気質環境（浮遊粉塵、ばい煙、有害ガス等）	・浮遊粉塵の浮遊量 ・ガスの濃度	浮遊測定法・補集測定法 ガス状汚染物質の測定装置
	作業対象外の障害物の存在	・レイアウト	・図面 ・現地での測量
作業特性	作業強度	・心拍数 ・エネルギー代謝率（RMR） 基礎代謝量 労働代謝量	・テレメータ ・酸素消費量の測定 ・実績資料
	作業者の作業姿勢	・作業姿勢 ・時間、頻度	時間研究 動作分析
	作業者の力を必要とする作業	・対象物の大きさ、重さ	・重量計など
	作業足場の状態	・足場の形状 ・足場の摩擦係数	現地での目視
	組作業	・組作業の割合	・方法研究（連合作業分析）

表6-4-5　疲労の測定方法の例

測定対象		測定項目	測定方法
生体負担	心拍数	・心拍数	・テレメータ ・前腕の母指側の腕関節近傍の動脈からの心拍数の読み取り
	フリッカー値	・フリッカー値	・フリッカー値測定器
心理計測	自覚症状・自己申告	・肉体疲労度 ・精神疲労度 ・苦渋度 ・疲労部位 ・疲労原因 ・自覚症状	・帳票調査 ・ヒアリング調査

1）時間要因の測定方法

・作業者の作業別の時間、工数

：作業別の作業時間について、時間研究を行なう。

・作業別の一連続作業時間、作業時間帯

：時間研究により測定を行なう。

・休憩回数、休憩時間、余裕率

：時間研究や稼働分析により、測定を行なう。

さらに時間要因として、他の苦渋性の要因別に作業時間を測定する。

・作業者の姿勢別工数：姿勢別（しゃがんだ姿勢、中腰、直立等）の作業時間を測定する。

・作業者の作業に必要とする人力別工数：人力別（10ｋｇ、20ｋｇ、30ｋｇ等）の作業時間を測定する。

・作業者の作業床面別工数：作業床面別（良い、普通、悪い）の作業時間を測定する。

・作業者の作業場所別工数：作業場所別（右、左、中央、隅等）の作業時間を測定する。

・作業者の作業環境別工数：作業環境別（騒音・振動、排気ガス、粉塵等）の作業時間を測定する。

2）環境測定の測定方法

・温度・湿度の測定には、アスマン通風温度計、アウグスト乾湿計、自記乾湿計などを作業者の暴露状況を正しく示す位置に設置して、適当な時間間隔または時刻に測定する。

・風速の測定には、風程と計測時間とから平均風速を算出する。風程風速計、熱線風速計を用いて測定する。
・照度の測定には、適当な時間間隔で照度計を用いて測定する。
・天候は、現場での目視により行なう。
・騒音の測定には、適正な時間間隔で騒音計、必要に応じて周波数分析機及びデータレコーダを用いて測定する。
・振動の測定には、適正な時間間隔で振動計、必要に応じて周波数分析機及びデータレコーダを用いて測定する。
・粉塵の測定には、適正な時間間隔で粉塵計、個人ダストサンプラーを用いて測定する。
・各種ガスの濃度の測定には、適正な時間間隔で各種ガス検知管及び空気採取器を用いて測定する。

3）作業特性

・作業強度に関して、ＲＭＲの測定を行なう。
：ＲＭＲは、基礎代謝に対する労働代謝の割合を示し、エネルギー代謝率を意味する。
一般には、基礎代謝および労働代謝について、酸素消費量から換算する。
フィールドでの測定は容易ではない場合には、過去の測定資料から概数値として利用する。
・作業姿勢
：作業姿勢は、８．４．５で示す区分に分割し、測定を行なう。
・作業者の力を必要とする作業
：取り扱う対象物の大きさや重さを測定する
・足場の状態
：足場の凹凸の状況、滑り易さを目視で確認する
・作業要求能力
：ヒアリングや帳票で、作業に必要とする能力や、作業者の自己能力を調査する。
・組作業
：組作業の状況は、連合作業分析により、測定を行なう。

4）疲労の度合い

・心拍数
：前腕からの関節部位の動脈から心拍数をカウントする方法があるが、心拍数をテレメータ等の測定装置で計測することが望ましい。作業の前後に計測する。
・フリッカー値

：フリッカー測定器置を利用し、測定を行なう。

フリッカー値の測定結果は、相対評価を行なうことが妥当であり、作業の前後に測定を行なう。

・心理計測（自覚症状自己申告法）

：精神疲労、肉体疲労の度合いを帳票やヒアリングにより調査する。

5）その他（レイアウト分析の測定方法）

・作業空間の寸法：作業現場の縦、横、高さをメジャーで測定する。

・建設機械間の位置関係：建設機械の作業半径、建設機械間の距離をメジャーで測定する。

・建設機械と作業者の位置関係：建設機械の作業半径、作業者との距離をメジャーで測定する。

・作業者の現場内の移動距離・回数：作業者の移動距離をメジャーで測定する。また、移動の回数・時間も測定する。

・現場と資材の仮置き場との位置関係：仮置き場と現場までの距離を地図またはメジャーで測定する。また、運搬回数・時間も測定する。

8．6　目的別の施工改善の進め方

8．6．4　苦渋性の低減に向けた施工改善

（測定結果の整理）
苦渋性に関する測定結果を分析し、問題点を明らかにするためには、測定結果を適切に整理しなければならない。
問題点の抽出が容易な様に、図表化すると共に、統計的なデータ処理を行なうなどデータの有意かどうかを検定する必要がある。もし、妥当な測定結果が得られない場合には再度、測定計画を練り直す。

〈解説〉

1．時間要因の測定結果の整理例

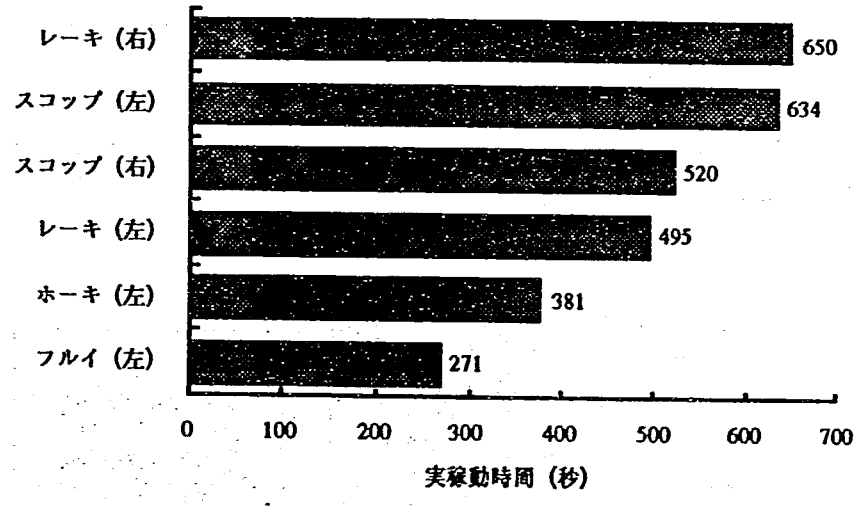


図6-4-3　一定区間における作業者の実稼働時間の測定結果（道路・表層再生工法の例）

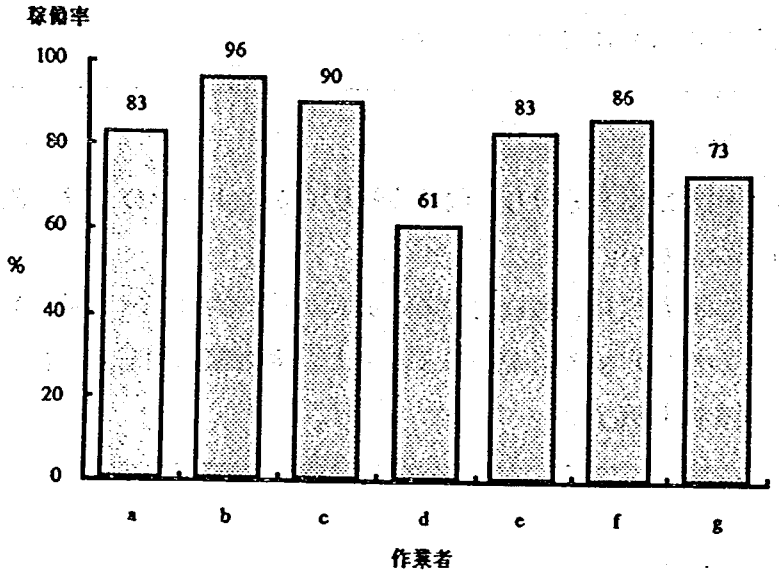


図6-4-4　作業者の稼動率の測定結果（土工・ＣＡＢの例）

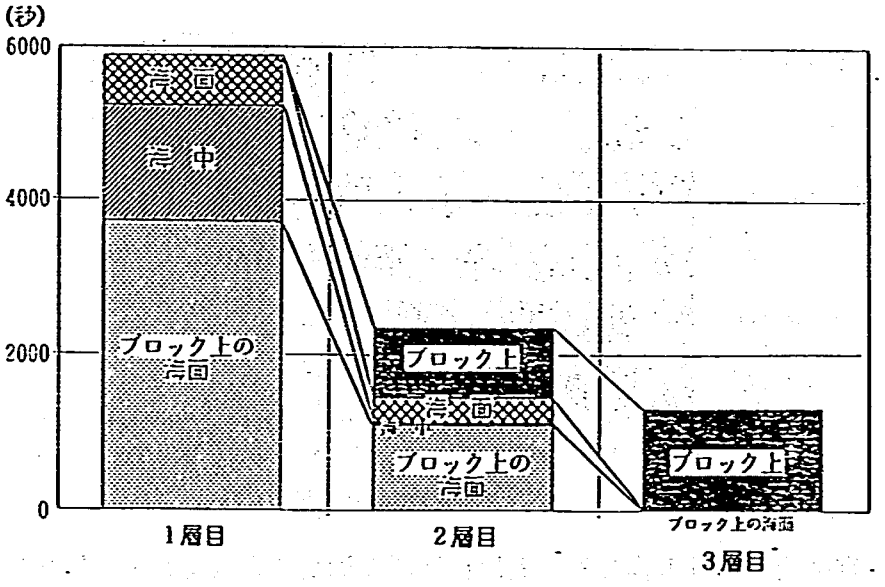


図6-4-5　作業場所にみた潜水夫の作業時間測定結果（離岸堤工）

2．環境要因の測定結果の整理例

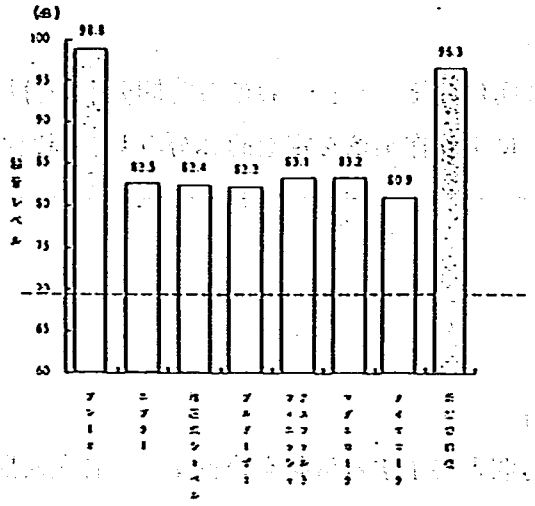
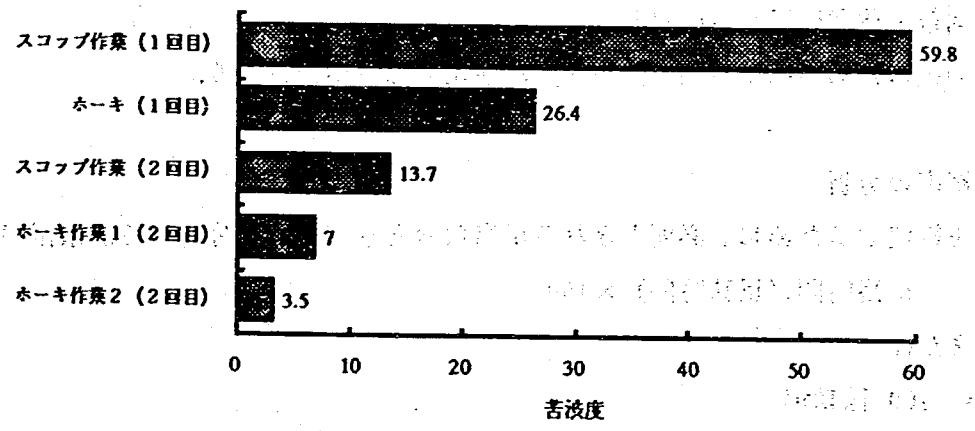


図6-4-6　騒音の測定結果の整理例（道路・打換え工法）

3）作業特性の測定結果の整理例



注）苦渋度=ＲＭＲ×一定工事区間における実稼働時間と定義する

図6-4-7　エネルギー代謝に基づく作業別の苦渋度（表層再生工法の例）

8．6　目的別の施工改善の進め方

8．6．4　苦渋性の低減に向けた施工改善

（時間要因の分析）

苦渋性の低減に向けた施工改善における時間要因の分析とは、作業者の作業時間や工数を把握することにより作業量を定量的に分析し、問題点を抽出する手法である。

〈解説〉

1．作業時間の分析

作業の開始する時間と終了する時間を分析する。作業時間は、（作業の終了時刻－作業開始時刻）でもとめられる。作業時間の長い作業は、疲労など苦渋性が高いものと判断される。

2．一連続作業時間の分析

中断しない連続作業時間を分析する。連続作業時間は、（作業終了時刻－作業開始時刻）で求められる。連続作業時間の長い作業は、疲労など苦渋性の高いもと判断される。

3．休憩回数、休憩時間の分析

休憩回数・休憩時間を分析する。
疲労の回復のための休憩時間・休憩回数が適正であるか分析する。

4．余裕率の分析

作業を継続するために、必要とされる正当なゆとりであるか分析する。余裕率は、

余裕率＝（余裕時間／正味時間）×100

または

＝ 100-稼動率

で求められる。

余裕率が適性な水準以下の場合や、作業者毎に余裕率のバラツキが大きい場合には、問題があるものと判断され、適正な余裕率または稼動率への改善や、作業負荷の平準化による作業余裕の確保を行なう。

5．作業時間帯の分析

作業者には、生活リズムに個人差がある。作業の時間帯によっては、生活リズムが崩れ作業に能力が発揮できない場合もある。特に夜間作業の場合、作業者の生活リズムが昼夜まったく逆転してしまい、作業者にとっては苦渋性が高い。また、夜明け前になると作業者 の疲労と生活リズムのズレから眠くなり作業者に苦渋性を与える。

従って、残業や夜間作業が発生している場合には、夜間作業時間を短縮するように改善を図る。

8．6　目的別の施工改善の進め方

8．6．4　苦渋性の低減に向けた施工改善

（環境要因の分析）

苦渋性の低減に向けた施工改善の実施における環境要因の分析とは、作業の環境要因を測定し、定量的に分析し、問題点を抽出する手法である。

〈角罕説〉

1．気温（温度）、湿度、輻射熱、気流（風）など温熱環境の分析

温熱環境要素には気温、湿度、輻射熱、気流が存在する。これらはいずれも作業時の不快感の重ような要因である。通常、気温・湿度は、気流や輻射熱の影響の受けないアスマン通風乾湿計で、また、気流は熱線風速計、輻射熱は黒球温度計で測定を行う。温熱環境の快適性を示す指標として気温、湿度、輻射熱、気流を総合評価したＰＭＶ指数（快適感の平均予想申告）や、ＰＭＶ指数で示された環境において集団構成員の何％が不快を感じるかを数値で予測するＰＰＤ指数で評価する。

2．照度、グレアなど照明環境の分析

夜間や、昼間でも照明が必要な場所での作業では、照明の明るさやグレア（視野の中に高輝度の光を見るとそのまぶしさのために完全な視覚機能が果たせなくなる現象。光源が直接、目にはいる不快グレアと明るい光源があると暗い視対象が見えにくくなる視覚低下グレアが存在する）問題になる。照度は照度計で測定する。また、グレアは、照度、および光 源と視覚のなす角度が分かればこれから算定できる。各種作業における照度、グレアの適 正基準が提唱されている。

照度やグレアが適性基準に至っていない場合や、特に照明環境の悪い作業については、適正な照明環境を確保するか、または、現状の照明環境でも作業が実施できるように、作業方法を変更するように、改善を行なう。

3．騒音、振動、低周波騒音の分析

騒音は全体の作業量よりも作業の正確さの方に多く影響を及ぼすことが知られており、また判断を必要とする作業は、そうでない作業にくらべて騒音の影響を受けやすいことが見いだされている。従って騒音は苦渋性との関連性が深い。振動については、人間の生理機能、心理面などに大きな影響を与える。騒音の評価量として現在最も多く用いられているのは騒

音レベル（ｄＢ）であり、騒音計により測定される。一方、振動は振動レベル計によって測定される。「うるささ」の物理量は、一次的なものに音の強度、二次的なものに周波数構成（高周波成分が多いほどうるさく感じる）および時間的要因と関係している。　不快さは、音の強度や周波数構成等に関連していることが知られている。また、騒音は、注意力の低下、作業能率の低下をもたらし、会話等の明瞭度を下げ情報伝達の良否を左右するので、これらの定量的評価が今後必要である。一方、振動については、振動周波数ごとに人体の各器官に生理的な機能変化をもたらすことがある。

騒音、振動の測定結果が適性基準を上回る場合や、騒音、振動環境が相対的に悪い作業について、騒音、振動を低減できるように発生源を改善する。

4．気質（浮遊粉塵、ばい煙、有毒ガス。酸欠、悪臭）の分析

作業環境における気質は、短期的にもまた長期的にも重要な苦渋要因である。気質には、有機粉塵、ばい煙、有毒ガス、酸素欠乏、悪臭などが含まれ、作業内容や場所によって、関係する項目は大きく異なる。浮遊粉塵測定法では単一の機器で粉塵の全実態を把握することはできない。散乱光を利用して浮遊状態のまま濃度を評価する浮遊測定法、粉塵を捕集して評価する捕集測定法に大別できる。粉塵以外では、一酸化炭素、二酸化炭素、窒素　酸化物などを初めとするガス状汚染物質の測定装置が開発されている。作業における気質の適正基準が提唱されている。気質は、環境要因の中でも重要な要因の一つである。

気質が適性水準以上の場合や、気質が相対的に悪い作業については、気質の改善を図るか、人手作業を無くすように自動化を図る必要がある。

5．作業対象外の障害物の存在の分析

電柱、周囲の建物（人家等）、構造物、電線（電話線）、地下埋設物（水道管、ガス管等）作業対象外の障害物である。以上の障害物の存在する作業では、注意力、集中力等を必要とされる作業なので、精神的苦渋を作業者に与える。

障害物の存在がもたらす苦渋性への影響については、４項別目を参照する。

6．天候の分析

天候の変化によって、風、雨、雪等の状況下での作業については、生活リズムが崩れ、肉体的疲労も多く作業者に与える苦渋性は高い。

天候要因がもたらす影響は、生体負担や心理計測の結果と照らし合せ、その関係を明らかにする必要がある。

8．6　目的別の施工改善の進め方

8．6．4　苦渋性の低減に向けた施工改善

（作業特性の分析）

苦渋性の低減に向けた施工改善における作業特性の分析とは、作業方法が人間の苦渋性に影響する要因を定量的に分析し、問題点を抽出する手法である。

〈解説〉

1．作業強度（RMR）の分析

作業強度を示す指標として労働時代謝量が存在するが、これは個人差が大きく、その影響も受けやすい。同じ作業ならば、ほぼ一定の値がえられるRMR（エネルギー代謝率）が作業強度指数としてよく利用されている。RMR＝（作業時消費エネルギー－安静時エネルギー）／基礎代謝量で求められる。また、この指標と作業時間の積をとることで、作業に伴うエネルギー代謝量が求められる。

このエネルギー代謝量を、そのまま作業の苦渋度と見なすことはできないが、少なくともこの数字が低いよりも高い方が、作業者によって体力を消耗する度合いが大きいことが判断できる。

従って、RMRの大きな作業や、RMRと作業時間の積が大きい作業について、重点的な改善が求められる。

2．作業姿勢の分析

作業姿勢別の作業時間及び工数を分析することによって、作業者の苦渋性を評価できる。作業姿勢別（しゃがんだ姿勢、中腰の姿勢、直立の姿勢等）に分類して、それに対する作業時間または観測回数を測定して、全作業者の姿勢別の工数を求める。

作業姿勢と疲労の関係は研究が行なわれており、苦渋性の高い姿勢に対して、工数の多い作業は、疲労等の苦渋性の高いものと評価できる。このように苦渋姿勢が多い場合には、姿勢が洛になるように、作業の改善を図る。

3．作業足場の状態の分析

作業足場の状態別の作業時間及び工数を分析することによって、作業者の苦渋性を評価する。作業足場の状態別（良い、普通、悪い等）に分類して、それに対する作業時間を測定して、全作業者の作業足場別の作業時間を合計して工数を求める。

4．組作業の分析

組作業の場合、作業者が協調しながら、作業を行なうため、両者のタイミングを合わせる必要があり、精神的な負荷が大きい。このため、連合作業分析で、協調作業の割合が多い場合には、この時間を短縮するか、単独作業で作業が行なえるように、改善を図る。

8．6　目的別の施工改善の進め方

8．6．4　苦渋性の低減に向けた施工改善

（生体負担の分析）

苦渋性の低減に向けた施工改善における生体負担の分析とは、苦渋性に関連する生理的反応について、定量的に分析し、問題点を抽出する手法である。

生体負担の測定は、生理的な反応をもとに、苦渋度を評価する方法である。主として実験室レベルで行なわれることが多いため、フィールドで測定する場合には、十分な準備を必要とし、また、その測定結果を十分に理解することが重要となる。測定結果に至った原因との関係を明らかにし、その関係が明確となった段階で、その要因に対して、改善を行なうことが望まれる。

（解説）

1．心拍数

心拍数は、簡単に測定できる。負荷を加えたときに心拍量の変化とよく相関するので、疲労や運動の生理研究に利用されている。

筋労働の結果や、精神的作業負荷により、心拍数は増加するため、心拍数の変動を分析すると、作業負荷の度合いを評価することができる。しかし、精神的作業負荷による心拍数の変動は、肉体的な作業負荷によるものに比べて、複雑な変動をする。心拍数の変動と作業者の行動との対応関係をとることが必要であることから、注意深く、測定および分析を行なう必要がある。

2．フリッカー値

精神疲労の指標の一つに感覚系のチラツキ融合頻度（フリッカー値：ＣＦＦ）がよく利用される。光をセクタで切り、その周波数を下げていった場合にちらつきの見え始める周波数をフリッカー値と呼ぶ。フリッカー値の低下率が大きいほど、精神疲労の程度が高いとされている。

8．6　目的別の施工改善の進め方

8．6．4　苦渋性の低減に向けた施工改善

（心理計測結果の分析）

苦渋性の低減に向けた施工改善における心理計測の分析とは、苦渋性に関連する心理的反応について、作業者の自覚症状を定量的に分析し、問題点を抽出する手法である。

〈解説〉

1．心理計測の結果の分析方法

多くの被験者に対して、心理計測を行なうことにより、苦渋要因と苦渋度の関係を明らかにすることが可能である。分析のためには、苦渋度と要因の対応を前提とした計測を行なう必要がある。

計測結果は、以下の手順で統計処理を行ない、苦渋要因と苦渋度の関係を明らかにし、改善へ結び付ける。

（1）母集団の検定

（2）要因の独立性の検定

（3）相関分析

（4）理論的な妥当性の検討

（5）重回帰分析による評価モデルの作成

2．心理計測結果を利用した苦渋度の評価方法と改善への適用

（1）疲労度と苦渋性

疲労度と苦渋性は、相関が強いため、疲労度（0～10の11段階評価）全体、肉体疲労度、精神疲労度を計測することにより、苦渋度（0～10の11段階評価）を評価することができる。

従って、作業者の疲労度の申告値を明らかにすることにより、その作業の苦渋度を評価すすることができる。この結果を利用することにより、苦渋度の高い作業を重点的に改善する。

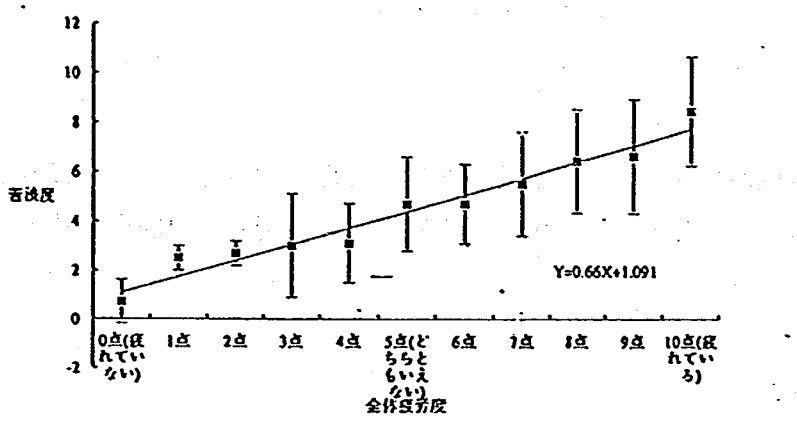


図6-4-8　全体疲労度と苦渋度の関係

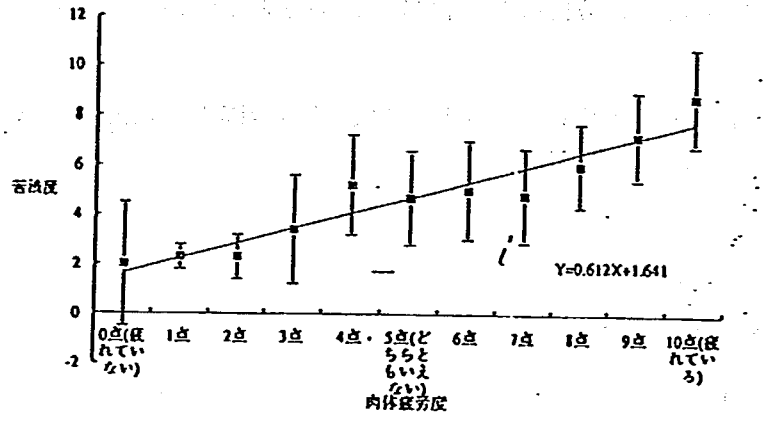


図6-4-9　肉体疲労度と苦渋度の関係

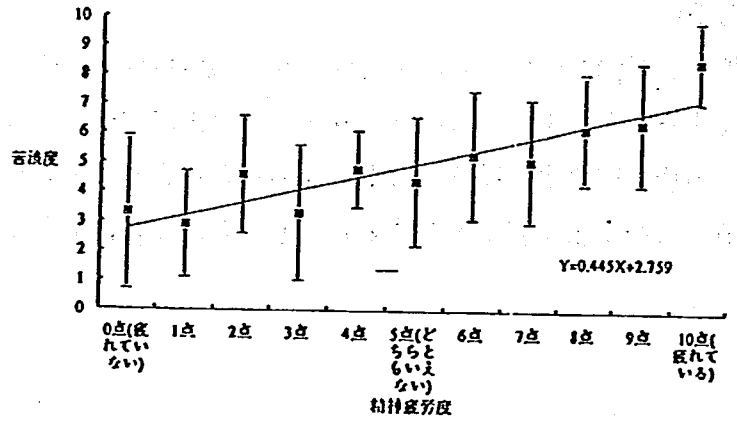


図6-4-10　精神疲労度と苦渋度の関係

（２）環境要因と苦渋度

工種別に、環境要因と苦渋度の関係は別表の様に分析された。従って、環境要因を測定することにより、おおまかな苦渋度を評価することができ、苦渋度の高くなる要因について改善を行なう。

表6-4-6　作業環境要因と苦渋度

（A）道路維持修繕工（打換え工・切削オーバーレイ）

状況	苦渋度	順位
今回実行	4.8	
(1) 作業が早朝だったら	4.8	7
(2) 作業が日中だったら	4.5	9
(3) 作業が夜間だったら	5.4	5
(4) 真夏だったら	6.6	2
(5) 真冬だったら	5.9	4
(6) 強い風が吹いていたら	6.3	3
(7) カンカン照りだったら	6.9	1
(8) 晴れていたら	5.0	6
(9) くもりだったら	4.7	8

（B）土工・築堤

状況	苦渋度	順位
今回実行	5.0	
(1) 作業が早朝だったら	5.0	7
(2) 作業が日中だったら	4.3	10
(3) 作業が夜間だったら	7.4	1
(4) 真夏だったら	5.5	3
(5) 真冬だったら	5.4	5
(6) 強い風が吹いていたら	5.5	3
(7) カンカン照りだったら	5.1	6
(8) 晴れていたら	4.4	8
(9) くもりだったら	4.4	8
(10) 土質が非常に良かったら	3.1	11
(11) 土質が非常に悪かったら	7.2	2

（C）海洋・離岸堤工

状況	苦渋度	順位
今回調査(0)	4.4	
(1) 作業が単純だったら	5.2	11
(2) 作業が日中だったら	4.9	12
(3) 作業が夜間だったら	6.9	3
(4) 昼間だったら	6.1	5
(5) 月光だったら	5.8	6
(6) 強い風が吹いていたら	7.8	1
(7) ポンポン船などだったら	5.6	9
(8) 晴れていたら	4.5	14
(9) くもりだったら	4.3	15
(10) うねりや波が非常に大きかったら	7.7	2
(11) うねりや波がほとんどなかったら	3.9	18
(12) 視界が悪かったら(1km以内)	4.7	13
(13) 視界が良かったら(10km以内)	4.2	16
(14) 潮流が早かったら	6.5	4
(15) 潮流がほとんどなかったら	4.2	16
(16) 海上での見えつりだったら	5.3	10
(17) 海岸近くでの見えつりだったら	5.8	6
(18) 海中での見えつりだったら	5.8	6

（3）苦渋要因と苦渋度の関係

苦渋要因として、作業単位、障害物のような作業阻害要因の有無、作業経過時間（分）、作業余裕としての作業中断時間（3分以上の手待ち状態：分）が苦渋度に大きく関係があることが分析され、その苦渋度を以下のモデル式で評価することが可能であることが調査結果より明かとなった。

苦渋度を下げるためには、作業の阻害要因を低下させること、作業の余裕を設けること、作業方法を変更することにより、作業単位の苦渋度を低減させることが必要であることが判る。

苦渋度の評価モデル式の例

苦渋度	定数項	作業単位	作業阻害	経過時間	中断率
Y =	4.91	$+X_1$	+0.014〔有〕(−0.008〔無〕)	$+0.0003X_3$	$-0.006X_4$

但し作業単位のカテゴリー変数値は、以下の通りである。

〔道路〕掘削・土砂の除去作業	−1.90
〔道路〕下層・敷均補助	+0.16
〔道路〕上層・レーキ／スコップ	+2.11
〔土工〕掘削・油圧シャベル	+1.23
〔土工〕移動・ダンプ操縦	+0.44
〔土工〕敷均・油圧シャベル	−0.26
〔土工〕法面・小型ブルドーザー	−0.89
〔離岸堤〕据付・玉掛け	−1.56

8．6　目標別の施工改善の進め方

8．6．4　苦渋性の低減に向けた施工改善

（苦渋性の低減に向けた改善案の抽出と評価）

苦渋性の低減に向けた改善案を出すプロセスについては、基本プロセスに準じて行なう。苦渋性の改善の目標設定は容易ではないことも多いが、可能なかぎり、具体的な改善の目標を設定するように心掛ける。

〈解説〉

対象となる苦渋性の指標の改善につながるプロセスを考案し施工改善を実施していくことが必要である。

1．改善の目標設定

解析データより、改善の目標を設定する。目標の設定としては、直接苦渋度の改善目標とする場合と、苦渋の要因について改善目標を設定することが考えられる。

しかし、苦渋性の改善目標に関して、定量的な目標の設定が容易でないことや目標水準の妥当性は必ずしも明確でないことも多い。少なくとも、改善すべき対象（作業や要因など）を明確化し、改善を図ることが重要である。

2．改善の提案

情報機関から資料を取り寄せて、施工に関する苦渋の諸問題を調査し、技術水準、改善のニーズ、緊急度等を考慮して検討する。関係する分野の技術者を交えたブレーン・ストーミング法等で得られた改善項目を施工に関する問題点に対して、作業手順、投資資源（作業者、機械）、作業の問題点について整理する。

ブレーンストミーンングなど改善案の抽出を行なう場合、苦渋性に影響する要因について明らかにし、その要因のレベルを低減したり、無くしたりする方向で改善案を検討する。

3．案の絞り込み

ブレーンストーミング法等で得られた改善案を作業手順、投資資源、作業の問題点等に整理する。また、この改善案に対しては、文献調査等で施工に関する諸問題点を調査する。改善案についての現実性、技術水準、コスト等について多分野の専門家等を対象にヒアリングを行う。以上の結果より、改善案の中から現実性、技術水準、緊急度、改善のニーズ等を考

慮して、改善の効果の期待できるものから優先順位をつける。

4．改善効果の試算

改善効果を事前に評価するために、既存のデータもしくは新たな改善案に焦点を絞り込んだ測定を行い、改善案を取り入れた効果について、苦渋性の評価モデル等の利用により机上で算出する。

新たな改善案に焦点を絞り込んだ測定を行う場合は、測定レベル、測定項目、測定方法、分析方法を改善前と同じものを設定し、分析を行い、改善前と改善後を比較して改善効果を調べる。また、前提条件として、改善が適用していない作業での作業効率は同じであり、改善が盛り込まれている作業では、改善効果の割合は同じである。以上の結果から前提条件を踏まえて改善後のデータを補正する。補正したデータを改善前の施工現場でのデータに組み入れて試算する。

5．改善案の評価

改善効果を事前に試算したものについて、その改善効果を確認するために施工現場に改善案を盛りこんだで実施工を行う。測定レベル、測定項目、測定方法、分析方法について試算したものと同じものを設定し、分析を行う。以上の結果から最初に想定したレベルでの作業時間、作業工数、作業者数等について試算の結果とを検討する。

改善前と改善後を比較するために、改善効果確認施工を実施する。

比較する条件として、改善前の施工条件を揃える。（改善後の施工条件、測定項目及び分析方法が事前に測定しているデータと整合がとれない場合、改めて改善後の施工現場に合わせて、改善前の施工現場の測定を行う。）

測定レベル、測定項目、測定方法、分析方法は、改善前と同じものを設定する。以上の条件を揃えて分析し、最初に想定したレベルで作業時間、作業量、作業者数等をそれぞれ改善後と比較して評価する。

8．6　目的別の施工改善の進め方

8．6．5　安全性の向上に向けた施工改善

（土木工事における安全性）

「施工改善」と言うと、時間短縮、省力化等生産性の向上のみに改善の眼が向けられがちだが、安全性の向上を目的とした改善を行う場合は、まず安全を優先して考えるべきである。

1．安全性の改善は、災害の原因を追求し、そのポテンシャルを低減する事が基本である。

2．災害の発生状況を見ると、近年、労働災害の減少が鈍化している中で、建設業における死亡災害は全産業中の４割、死傷災害においては全体の約３割に上がっている。

3．土木工事で多い災害は、建設機械に伴う挟まれ・巻き込まれ・激突されで、次いで仮設物・建築物からの墜落・転落、等である。

（解説）

1．労働災害と災害ポテンシャル

働くということは、人が動くことであり、多かれ少なかれ、危険が伴うものであるということを常に認識していなければならない。

米国のハインリッヒの調査によると、重傷の災害 1件に対し、軽症が ２９件、ヒヤリ・ハットの事故が ３００件であった。 言い換えれば、一人の重傷者が発生するのに２９回の軽症と、幸運にも難を免れたが３００回もの事故につながる危険があるわけで、３３０回の不安全行為があっても重大事故として表面にでるのは１回だけという事になる。

水面上にある災害（重傷・軽症）を少なくするには、水面下のヒヤリ・ハットの事故を重視し、これを低減する必要がある。

建設工事現場で災害が多発しているということは、それを起こす可能性（災害ポテンシャル）が多く存在していることを意味する。

目標の工期中に、仕上がり良く、しかも無災害で工事を完成するためには安全を先取りした工事の計画・施工が重要となる。

災害が発生すると、重大事故の場合、被災者一人の問題で終わらず、家庭崩壊になったり、又、社会的責任から、その会社が経営危機に陥ってしまう事にもなりかねない。

時間短縮、省力化等生産性の向上に改善の眼が向けられると、作業者に無理を強いる事にもなりかねず、安全がおろそかなってしまう恐れがある。

安全性の向上を目的に改善を行う場合には、まず安全を第一優先で考えるべきである。

2．災害の発生状況

最近の労働災害の発生状況を見ると、近年、労働災害の減少が鈍化している中で、建設工事現場で発生する労働災害のうち、死亡災害については、全産業中の４割、死傷災害においては全体の約３割の多きに上っている。　図6.5.1 に労働災害死亡者数の推移を示す。

土木工事で多い災害は、

(1) 建設機械等による災害（道路、土地整理、上下水道）

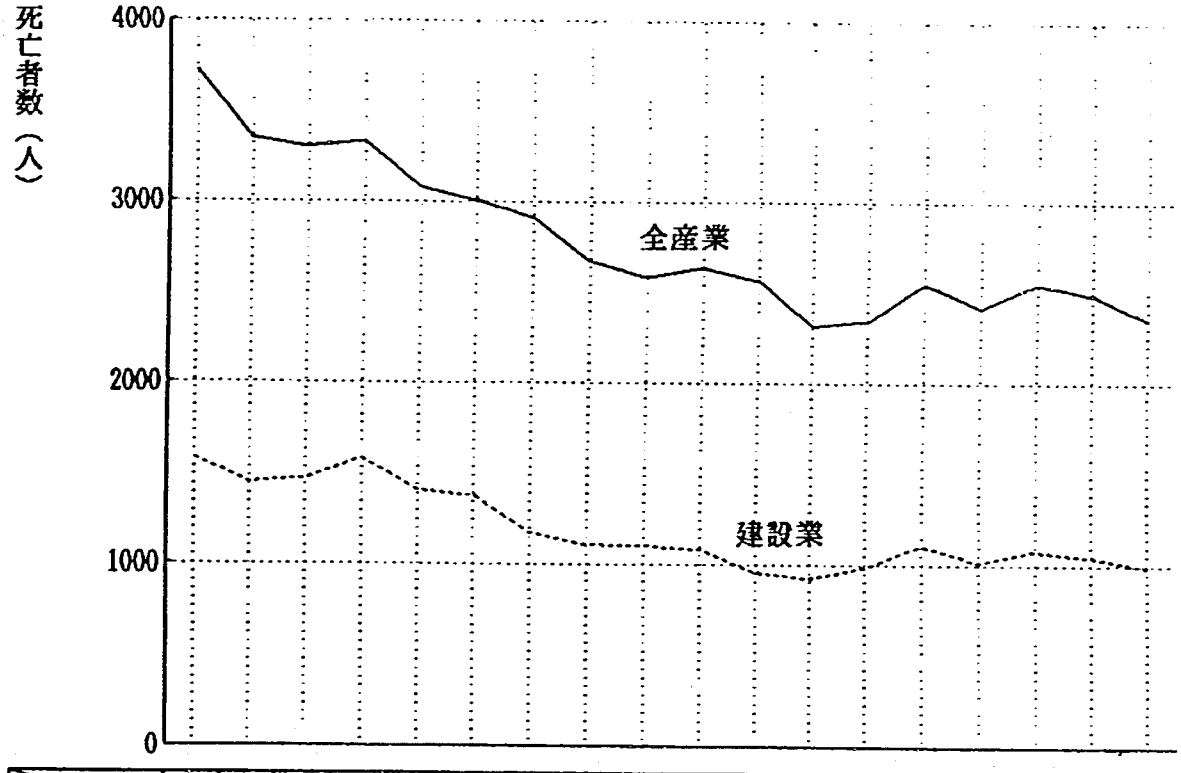
(2) 自動車等による災害（道路、土地整理）

(3) 墜落による災害（道路、橋梁、砂防）

(4) 土砂崩壊等による災害（上下水道、道路）

(5) 飛来、落下による災害、クレーン等による災害

等である。その例を表6.5.1 に示す。



	'75	'76	'77	'78	'79	'80	'81	'82	'83	'84	'85	'86	'87	'88	'89	'90	'91	'92
全産業	3725	3345	3302	3326	3077	3009	2912	2674	2588	2635	2572	2318	2342	2549	2419	2550	2489	2354
建設業	1582	1451	1464	1583	1404	1374	1173	1113	1106	1083	960	927	983	1106	1017	1075	1047	993

図6.5.1　労働災害死亡者数の推移（建設業労働災害防止協会資料より）

表6.5.1　土木工事における死亡災害の工事・災害の種類別発生状況（平成２年）

工事の種類 / 災害の種類	土木工事												
	水力ダム	トンネル	地下鉄	鉄道	橋梁	道路	河川	砂防	土地整理	上下水道	港湾	その他	小計
墜落による災害	1	2	0	1	14	18	9	12	2	7	1	5	72
飛来・落下による災害	2	0	1	0	4	4	2	3	4	5	1	2	28
倒壊による災害	0	2	0	0	1	2	2	3	4	5	2	1	22
土砂崩壊等による災害	0	4	0	0	2	13	2	7	4	31	0	7	70
落盤等による災害	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
クレーン等による災害	0	1	0	0	2	9	3	3	1	3	2	1	25
自動車等による災害	1	3	0	3	0	31	6	5	11	6	0	10	76
建設機械等による災害	2	9	0	1	0	45	12	8	19	14	0	8	118
電気による災害	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	2
爆発・火災等による災害	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	2	3
取扱運搬等による災害	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	2
その他の災害	0	2	0	0	2	2	9	1	3	6	7	6	38
合計	6	23	1	5	25	124	46	43	50	77	14	42	456

（安全衛生年鑑より）

8．6　目的別の施工改善の進め方

8．6．5　安全性の向上に向けた施工改善

（災害の要因とその排除）

災害の要因は、作業者を中心として外部要因と内部要因に分けられる。

土木工事において災害の要因を排除するためには

1．作業環境、作業条件の改善

2．作業者の技能の向上

3．機械の予防保全

4．機械を運転するために必要な資格の取得

等が必要である。

「定位置の作業でない」「繰り返し作業でない」「流れ作業でない」「標準化しにくい作業である」など建設工事における作業には特有な危険が存在する。

（解説）

安全性を考えるとき、作業者を中心として外部要因と内部要因に分けられる。外部要因とは作業者の外部の環境や設備、作業条件等であり、内部要因とは作業手順や操作、姿勢など、人間のミスやエラーから生じるものなどである。

苦渋作業は精神疲労を発生させ、ミスやエラーを誘発し、事故を生じさせる可能性が高く、苦渋性の低減は安全性の向上の観点からも重要となる。

これらの災害の要因を排除するためには、次の項目が重要となる。

1．作業環境、作業条件の改善

作業者が墜落するおそれのある場所、土砂等が崩壊するおそれのある場所等に係る危険を防止するため必要な措置を講じ、労働者を就業させる建設物その他の作業場について、道路、床面、階段等の保全並びに換気、採光、照明、温度、防湿、休養、避難、及び清潔、に必要な措置、その他労働者の健康、風紀及び生命の保持のため必要な措置を講じなければならない。

2．作業者の技能の向上

建設業では技術革新のスピードと、作業者の技能の習得とが噛み合わないために災害が発生しているとも言われている。作業者の技能の向上は、新しい技術に適応しようとする各人

の努力に依るところが大であるが、管理者や現場監督者は作業者への新しい技術に必要な技能の習得のための教育・訓練を行う事が重要となる。

3．機械の予防保全

労働災害には、機械設備等の不備に起因するものと、作業者の不安全な行動に起因するものとがあり、一般的にはこの両者が組み合わされて発生する場合が多い。

労働災害を防止するためには、これらの災害要因をなくす事が決め手となるが、後者は人間が介在し、人間は必ずミスを犯すものであるという観点に立つと、機械設備等の点検・整備を十分に実施し、安全な状態に保つ事が重要となる。

4．建設機械の運転免許、安全教育

建設業における建設機械による災害のうち、最近の死亡災害について、建設機械の種類別にみると、掘削用機械（パワーショベル、ドラグショベル等）に係わるものが最も多く、次いで、整地・運搬・積込み用機械（ブルドーザ、トラクタショベル等）、締固め用機械（ローラ等）、基礎工事用機械（杭打ち機、杭抜き機等）の順になっている。

また、事故の型別にみると、はさまれ、巻き込まれに係わるものが最も多く、次いで墜落・転落・転倒に係わるもの、激突に係わるものの順になっており、これらで全体の約9割を占めている。

昭和47年に施工された労働安全衛生法により、建設機械の運転業務に付く場合には、指定教習期間が行う技能講習を終了していること、または労働省令で定める資格を有することが必要となっている。 表6.5.2 にその主なものを記述する。

表6.5.2　車両系建設機械等就業制限一覧表（労働安全衛生法、労働安全衛生規則等）

建設機械の分類（用途別分類）	労働安全衛生法施工令別表第7分類番号	機械型式別分類	主な機械名称等	就業制限等		【参考】
				技能講習等了証	特別教育	路上での運転免許
1.整地・運搬・積込み用機械	1－1	ブルドーザー	ブルドーザー	機体重量3t以上（自走式）	機体重量3t未満（自走式）	
	1－2	モーター・グレーダー	モーター・グレーダー	3t以上（自走式）	3t未満（自走式）	大型特殊
	1－3	トラクター・ショベル	トラクター・ショベル、ホイールローダー、トラクターローダー	3t以上（自走式）	3t未満（自走式）	大型(小型)特殊
	1－4	ずり積機	ロッカーショベル	3t以上（自走式）	3t未満（自走式）	
	1－5	スクレーパー	モーター・スクレーパー	3t以上（自走式）	3t未満（自走式）	
2.掘削用機械	2－1	パワー・ショベル	パワー・ショベル	機体重量3t以上（自走式）	機体重量3t未満（自走式）	大型特殊
	2－2	ドラグ・ショベル	ドラグ・ショベル	3t以上（自走式）	3t未満（自走式）	
	2－3	ドラグライン	ドラグライン	3t以上（自走式）	3t未満（自走式）	
	2－4	クラムシェル	クラムシェル	3t以上（自走式）	3t未満（自走式）	
3.基礎工事用機械	3－1	くい打機	ディーゼルハンマー ドロップハンマー バイブロハンマー	機体重量3t以上（自走式）	機体重量3t未満（自走式）作業装置の操作非自走式	
	3－2	くい抜機	同上	同上	同上	
	3－3	アースドリル	アースドリル	3t以上（自走式）	同上	
	3－4	リバース・サーキュレーション・ドリル	リバース・サーキュレーション・ドリル	3t以上（自走式）	同上	
	3－5	せん孔機（チューピングマシンを有する物に限る）	ベノトマシン	3t以上（自走式）	同上	
	3－6	アース・オーガ	アース・オーガ	3t以上（自走式）	同上	
	3－7	ペーパー・ドレーン・マシン	ペーパー・ドレーン・マシン	3t以上（自走式）	同上	
4.締固め用機械	4－1	ローラー	ロード・ローラー、タイヤ・ローラー		自走式	大型特殊
			タンピング・ローラー バイブレーション・ローラー		自走式	大型特殊
5.コンクリート打設用	5－1	コンクリートポンプ車	コンクリートポンプ車（ブーム付き）		作業装置の操作	自動車の種類に応じた免許
6.解体用機械	6－1	ブレーカ	ブレーカ	機体重量3t以上	機体重量3t未満	大型特殊
建設機械		高所作業車		作業床高10m以上	作業床高2m以上10m以下	自動車の種類に応じた免許
		ボーリングマシーン			掘削装置の操作	
車両系荷役運搬機械		不整地運搬車		最大積載量1t以上	最大積載量1t未満	
クレーン等	玉掛け作業			吊り上げ荷重1t以上	吊り上げ荷重1t未満	
	移動式クレーン	吊り上げ荷重5t以上：移動式クレーン運転士免許 吊り上げ荷重1t以上5t未満：小型移動式クレーン運転技能講習 吊り上げ荷重1t未満：移動式クレーン運転特別教育				自動車の種類に応じた免許

危険性という観点から建設作業を考えてみると、定位置での作業ではない、単なる繰返し作業ではない、流れ作業ではない、標準化しにくい作業である、等があり、特有な災害が発生する。

①「移動」による危険

建設作業は定位置の作業でなく位置を移動する過程に危険が存在する。具体的には、作業者の移動時の　a.足の運び　　b.姿勢　　c.速さ　　d.眼（視線）　などの動作がそれである。

つまり、作業する位置決めのための移動における「動作」の中に危険が存在する。

②「作業」による危険

作業のために動作が変化する過程に危険が存在する。具体的には、作業者の a.手のさばき b.工具の持ち方・使い方 c.足のふんばり d.視線（注目）e.動作の大きさ・速さ・強さ f.無理のない動き・身のこなし
などの動作がそれである。

③「協同作業」による危険

建設作業の特色として、足場・梯子等の設備に支持され、クレーン・掘削機等の機械を使いながら作業が進められる。つまり、「作業者」と「作業者」、「作業者」と「機械」、「機械」と「機械」等の協同作業によって建設特異の作業形態が構成されている。この過程に危険が存在する。

④「運搬作業」による危険

建設資材等を運ぶ運搬作業は、建設作業における基本で、経路や設備が、その工事の設計・施工計画に大きな影響を与える。

これら建設資材等の移動・積卸しの作業が行われる「運搬作業」の過程に危険が存在する。

このように建設作業には、程度の差はあるものの危険がともなっている。
作業危険の管理は、現場監督者と作業者の１人ひとりによってのみ可能である。
「作業手順を定め、これを遂行させる」ことが現場監督者の本来業務といわれている。
作業危険の管理は、手順や各動作が順調に正しく現場に定着するための危険排除を行い安全な作業環境づくりをすることであり、これによって、作業者の意欲を駆り立てると共に技能を高めることにもなる。

8．6　目的別の施工改善の進め方

8．6．5　安全性の向上に向けた施工改善

（評価項目）

安全の問題を定量的にとらえるための評価項目については、これまで一般的に使用された例もなく設定が難しいが、土木工事で多い災害から考えられる評価項目としては、

1．作業者の危険区域への立入り回数および時間

2．機械の危険区域への立入り回数および時間

3．作業者と機械の協同作業時間

等が挙げられる。

（解説）

安全性の評価を定量的にとらえるための評価項目については、これまで一般的に使用された例もなく、設定する事は非常に難しいが、土木作業において多く発生している災害を考慮すると、評価項目として以下がある。

1．作業者の危険区域への立入り回数および時間

例えば、・油圧ショベルやクレーン等の旋回範囲内への立入り回数および時間

・道路上での工事における作業区域外（一般自動車の通行帯等）への立入り回数および時間

・仮設、建設物への昇降回数および時間

等の定量的な把握により、危険性がある程度判断できる。

2．機械の危険区域への立入り回数および時間

例えば、・作業区域外へバケットや吊荷がはみ出した回数およびその時間

・路肩等、崩壊の危険のある場所への移動回数および時間

・機械の移動（特に後退）回数

等の定量的な把握により、危険性がある程度把握できる。

3．作業者と機械の協同作業時間

作業者と機械との協同作業は、危険を伴う事が多い。

協同作業の比率、作業時間等の測定により危険性がある程度定量的に把握できる。

4．作業者へのアンケート調査

例えば、・ヒヤリ・ハットした状況

・その原因（ポテンシャル）

・各々の発生頻度

等の作業者全員（機械の運転手も含む）へのアンケート調査により、その現場における災害ポテンシャルをある程度定量的に把握できる。

その他、例えば各々の災害ポテンシャルについて、重要度、緊急度順に５点または１０点法による評価等、種々の評価項目が考えられるが、いずれにしても安全性の向上に向けた施工改善を行うに当たり、改善目標に合わせて、どんな評価項目を採用したら最も効果的か、事前に十分な検討が必要となる。

8．6　目的別の施工改善の進め方

8．6．5　安全性の向上に向けた施工改善

（改善作業の手順）

安全性の向上に向けた施工改善の作業の手順で特筆すべき事は以下の通りである。

1．問題点の明確化：a. 文献調査やヒヤリングにより現状の問題点を明確にする。
b. 報告書等により定量化できる問題点を定量化しておく。

2．測定計画の立案：安全性に関しては作業条件、環境等の測定が必要になるので、立案に際しては機器の選定も重要である。

3．測定の実施：一定の時間毎に気象条件、現場写真、等を抑えておくと有効である

4．測定データの整理・分析：本章では時間、作業内容、回数等がメインとなるため単独作業用調査表や作業分析用調査表等が最適である

5．改善目標の設定：より重要で効果的な改善目標を選定し、改善項目の優先順位を決める。

6．改善案の抽出：より多くの人々により考えられる総ての改善案を抽出する。

7．改善案の評価：緊急度、期待度、容易さ等から改善案を評価し、試行・測定を実施する。

8．改善作業の標準化：安全作業のための標準書を作成し、作業者全員に教育・徹底する。

（解説）

1．問題点の明確化

「対象となる工事」「作業内容」「改善したい項目」「改善程度」等を具体的に設定する。

その際に、該当工事、作業の関係者への聞き取り調査や、工事資料等により問題点を明確にしておく事が重要である。

2．既存データの分析と作業測定の必要性の判定

それぞれの問題点、改善項目の定量的な評価を実施するためにどのような評価項目が最適か、についても十分な検討を加える必要がある。

その評価項目に基づき、問題点を定量的に把握できるものは定量化し、新たなデータが必要な場合は作業測定に移行し、既存データで対応できる場合は改善案の策定に入る。

3．測定計画の立案

作業測定が必要と判定されたら、次は測定を実施するに当たっての計画・準備が必要となる。計画に当たっては、測定者全員による立案が有効である。

測定場所、日時はもとより、目標を達成するために最適な「測定対象」「範囲」「測定方法」「測定担当者の割り当て」等、綿密な準備と計画を行う。天候に左右される工事や作業および測定方法の場合は、その時の天候による影響等についても十分な衆知徹底が必要となる。また、その測定結果の分析方法も考慮の上、どのようなデータを整理・集計すべきかも合わせて検討し、測定シート等を設計の上測定計画表を作成しておくべきである。

4．測定の実施

前記の測定計画に基づき、測定を適切かつ的確に行う。測定に必要な機材や帳票類は、一度試行しておく事が望ましい。

測定実施前に現場への説明を行い、実施方法について十分な打合わせを行い、実態を正確に把握できるように、協力を願っておく。測定に当たっては、工事・作業の妨げにならない事はもちろん、普段通りに作業を遂行できるような配慮が必要である。

測定には工程毎に機械や作業者の稼働分析、動作分析等が必要である。

また、作業環境、作業条件等の定量的な評価方法に付いては、本章では述べないが、工程毎の温度、湿度、騒音、振動、波の高さ、視界、現場写真等は抑えておくと、後日の分析・評価の際に有効となる。

5．測定データの整理・分析

分析方法によって測定データの集計・整理が異なる。

本章における測定データは時間、及び回数が主となることから各作業者、機械毎の単独作業用調査票や作業分析用調査票によるデータの整理・集計が最適と考える。

6．改善目標の設定

分析結果に基づき、災害ポテンシャルの撲滅、低減のために、より重要で効果的な改善目標を選定し、問題点の内容や改善の方向を比較して、改善項目の優先順位を決める。

7．改善案の抽出

分析結果に対して、工事、測定関係者によりブレーンストーミング等を実施の上、考えられる改善案を総て抽出する。

8．改善案の評価

効果の期待度、改善の容易さ、改善の緊急度などから改善案を評価する。

その改善案に沿って机上のシミュレーションを行い、改善効果が期待できる見通しが得られたら実現場で改善案に沿って試行する。

期待した効果が得られない場合は、測定計画を練り直すなど、目標を達成するまで繰返し実施する。

9．改善作業の標準化

改善の目標が達成されたら、その作業の安全作業のための標準書を作成し、作業者全員にその目的、作業の進め方など教育・徹底を図る。

8．6　目的別の施工改善の進め方

8．6．5　安全性の向上に向けた施工改善

（測定方法）

安全性の向上に向けた施工改善を行うに当たっては、適切な測定方法を用いてデータを収集しなければならない。

改善に必要なデータを得るために有効と思われる測定方法を示す。

1．工事実績

労務日報、機械日報等の帳票により、過去に発生した災害とその要因の集計および発生頻度、重要度順に整理する。

2．作業環境

作業環境の測定、作業現場の記録等により、工程毎に気象条件、作業条件、現場状況等のデータを集計・整理する。

3．工程分析

ビデオ・ワーク・サンプリング法により、作業手順、作業内容、作業時間等を測定する。

4．連合作業分析

ビデオ・ワーク・サンプリ法により作業者と機械、作業者または機械同士の協同作業時間等を測定する。

5．動作分析

ビデオカメラにより、作業者の姿勢、手足の運び等を測定する。

6．アンケート調査

アンケート調査により、ヒヤリ・ハットの発生頻度、その原因等を把握する。

（解説）

安全性の向上を目的として測定する場合には、作業条件、作業環境の測定や記録が欠かせないので十分な配慮を要する。　対象工事、現場、測定位置、測定日時、測定機器（カメラ、ビデオカメラ、温湿計、騒音計、振動計等）とその台数、測定担当者の割当等、測定に当たり漏れの無いよう準備が必要である。

問題点を定量的に捉えるために分析に必要なデータを洩れなく収集しなければならない。

各データを適切な方法により測定、収集する為に、測定方法の選定が重要である。

施工改善に当たっては、現状を把握し、問題点をまず大局的に捉え、その上で更に詳細な

測定をする事が一般的であるが、安全性の向上の場合、作業現場の測定、環境要因の測定、作業者や機械の動作の測定等が主となる。

1．工事実績

工事日報、労務日報、機械日報等の帳票データにより安全上の問題点を把握し、適切な改善を行う。

a. 過去に発生した災害とその要因の集計を行う。

b. 災害の重要度、発生頻度順に問題点を整理する。

c. その他現場監督者や作業者（運転手も含む）へ、従来発生した災害（軽症も含む）と、その要因等に付いても聞き取り調査を行う。

d. ワイヤーのキンク、モーメントリミッタの作動、シリンダー、ポンプ、配管等からの油洩れ、タイヤの摩耗や切れ、空気圧．．．等、始業点検、終業点検、月例・年次点検および、特定自主検査等の実施状況。

e. 機械の運転手や玉掛け作業者の免許や資格の保有状況。

等の記録を行う。

2．作業環境

騒音、振動、粉塵、排ガス、明るさ、視界、気温、湿度、海象など作業者や機械の稼働、動作等に影響を与えると思われる以下の環境要因について測定を行う。

a. 温度、湿度、不快指数：注意力が散漫になり易い。

b. 粉塵、照度、視界：身体に害を与えると共に、周囲が見ずらく、危険回避が難しい。

c. 騒音、振動：難聴等の原因になると共に、合図や警報音が聞こえなくなる。

d. 風速、海象：海流の速さや波の高さなど、離岸堤工事では重要な作業環境となる。

以上のような測定は、適当な時間間隔（工程毎等）に実施する事が望ましい。

3．工程分析及び連合作業分析

ビデオ・ワーク・サンプリング法により、

a. 作業手順、作業内容、作業時間、稼働状況

b. 作業者と機械との連合作業、複数の作業者の協同作業における作業分担状況

c. 作業者と機械、作業者または機械同士の協同作業時間

などを測定する。

測定に当たっては以下の点を注意する。

(1) 極力全体が見えるところにカメラを設置すること。どうしても陰になるところがある場合には、カメラを増設して対処すること。

(2) 各作業者や機械の「働き」「動き」等が判ること。
(3) 作業者と機械との協同作業が判ること。
(4) 作業者や機械・設備等による各種建設用資材の移動・積卸し作業が判ること。

5．動作分析

ビデオカメラにより、
・各種作業時の作業者の姿勢、手足の運び、動作の大きさ・速さ、工具の使い方
などを測定する。測定に当っては、前項の注意点に気をつける。

6．アンケート調査

自己申告により得られる、ヒヤリ・ハットの発生頻度やその原因等について調査する。

アンケートの内容は、「滑りそうになった」「滑った」「滑って転んだ」、「つまずきそうになった」「つまずいた」「つまずいて倒れた」等、本人が経験した事、或いは、各人が見てヒヤリ・ハットの原因になりそうなことなど極力吸い上げるような調査用紙を作成しなければならない。そのためにも、十分な事前検討が必要である。

1日の仕事が終わってからでは忘れてしまう事も多いと思われるので、半日毎に調査を実施することが望ましい。

8．6　目的別の施工改善の進め方

8．6．5　安全性の向上に向けた施工改善

（分析方法）

安全性の向上を目的として作業実態の把握、改善項目を抽出するために、作業測定を実施し、整理されたデータを適切な方法で分析する必要がある。

分析方法には次がある。

1．工事実績の分析

1）労務実績の分析：作業者に関するデータから作業者の配置、作業時間、事故等を分析する。

2）機械の運行記録の分析：機械の配置状況、実働時間、機械・設備の点検、整備の状況等を分析する。

2．作業環境の分析

作業環境、作業条件、気象条件等で危険と思われるものはないか、十分に安全が確保できるか等の分析を行う。

3．危険性の高い作業の分析

作業者、機械、及びそれらの協同作業において危険と思われる作業の頻度、時間等を単位作業、要素作業毎に分析する。

4．動作の分析

作業者の基本動作の分析をする。

5．アンケート調査の分析

自己症状申告の方法に準じ、アンケート調査結果の分析を行う。

（解説）

1．工事実績の分析

工事日報、作業日報、労務日報等から事故や災害の記録を抜き出し、原因別発生状況の集計を行い、事故や災害、並びにその要因となる災害ポテンシャルについて発生頻度順あるいは、重要度順等の順位付けを行う。

また、それらの事故や災害が機械・設備に起因する、あるいは関連があるような場合は、機械日報等により、機械・設備の配置状況、稼働時間、日常点検、月例・年次点検や整備が適切に行われているかも調べておく必要がある。

2．作業環境の分析

(1) 作業域の広さ、現場（地盤等）の耐荷重、傾斜の度合い等

作業域は作業者や機械が作業するに十分な広さがあるか、足場は作業者や機械が作業するに十分な強度を有しているか、傾斜があり滑り易くなっていないか等について分析する。

(2) 機械・設備の配置状況等

作業者が頻繁に通行するところに機械・設備が置いてないか、機械が旋回、移動するところに作業者がいたり設備が置いてないか等について分析する。

(3) 危険物等の表示、安全措置の実施状況等

危険物には誤操作による事故防止のための表示がなされているか、危険箇所へは作業者の進入、転落等を防止するための保護柵等が設置されているか、監視員、誘導員の配置は適切か等について分析する。

(4) 雰囲気温度、湿度、輻射熱、気流（風）等温熱環境の分析

いずれも作業時の不快感の重要な要因であり、これらが高いと作業者や運転者の注意力が散漫になり、事故や災害が起こり易くなる。

温熱環境の快適性を示す指標として気温、湿度、輻射熱を総合評価したＰＭＶ指数（快適感の平均予想申告）や、ＰＭＶ指数で示された環境において集団構成員の何％が不快を感じるかを数値で予測するＰＰＤ指数で評価する事もできる。

(5) 照度、グレア等照明環境の分析

夜間や、昼間でも照明が必要な場所での作業では、照明の明るさやグレアが問題になる。各種作業に置ける照度やグレアの適正基準が設けられており、その基準に至っていない場合や、特に照明環境の悪い作業に付いては、適正な照明環境を確保するか、現状の照明環境でも作業が行えるように、作業方法を変更する等、改善を行う必要がある。

(6) 騒音、振動の分析

振動は人間の生理機能、心理面などに大きな影響を与え、騒音は難聴の原因となったり、会話や合図等の明瞭度を下げ情報伝達を難しくする。

騒音、振動についても適正基準が設けられており、それを上回る場合や、騒音、振動環境が相対的に悪い作業について、騒音、振動を低減するように発生源を改善する必要が生じる。

(7) 気質（浮遊粉塵、ばい煙、有毒ガス、酸欠、悪臭）

作業環境における気質は、人間の生理機能、心理面などに大きな影響を与えると共に、視界を妨げる等安全上環境要因の中でも重要な要因の一つである。

気質が適正水準以上の場合や、相対的に悪い現場については、気質の改善を図るか、人手による作業を無くすよう自動化を図る必要がある。

(8) 天候の分析

天候の変化によって、風、雨、雪等の状況下での作業については、生活リズムが崩れ易く、肉体的疲労も多く、安全上問題となる。特に、離岸堤等の工事では、重要な環境要因となる海流の速度や波の高さなどがある。

これらの作業環境、作業条件等に対する分析を行う。

3．危険性の高い作業の分析

(1) 作業者の分析：危険箇所への立ち入り回数および時間等

(2) 機械の分析：危険箇所への移動回数、旋回回数および時間等

各作業者、機械およびそれらの協同作業において危険と思われる作業の頻度、時間等を単位作業、要素作業に注目して分析する。

4．動作の分析

(1) 姿勢、使用、操作方法等でヒヤリ・ハットの要因になるものはないか？

(2) 実態と標準と比較して作業手順や操作のミス等はないか？

(3) 視野、注目の仕方等で無理はないか？

(4) 誤り易い作業はないか？

など作業者の基本動作の分析をする。

5．アンケート調査の分析

自己申告の方法で、ヒヤリ・ハットの発生頻度やその原因と思われる事を重要度、高い頻度順に整理、分析する。

8．6　目的別の施工改善の進め方

8．6．5　安全性の向上に向けた施工改善

（安全性の向上に向けた改善案の抽出と評価）

安全性の向上に向けた改善案は、現状の技術水準も考慮して選定すべきである。また、改善効果の定量的な評価も行わなければならない。

分析データから改善案を抽出するためには、極力広範囲の人に参画してもらい、次のようなプロセスを経なければならない。

(1) 改善目標の設定：安全基準を満たす

(2) 改善案の抽出：ブレーンストーミング法等による。

(3) 改善案の絞り込み：それぞれの改善案に優先順位を付ける。

(4) 改善効果の試算：シミュレーションにより、改善効果を試算する。

(5) 改善案の評価：改善効果の確認施工を実施する。

（解説）

1．改善目標の設定

目標は災害の撲滅であるが、コストとのバランスを検討する必要がある。いったん災害が発生すると、工事がストップさせられたり、業者指名を解かれたり、莫大な損害を被る事になる。「災害の後追い型」から脱却して「安全衛生の先取り型」へ移行するためには相応のコストが必要になるので工事の設計及び見積もりに当たっては十分な配慮が必要である。

作業環境や作業条件等については、各種の安全基準を満足する事が最低限の目標となる。

2．改善案の抽出

安全性の向上に向けた改善案の抽出作業を行うには、ブレーンストーミング等の手法を活用すると良い。（詳細は、8．5改善案の抽出と評価を参照）

改善案の抽出は作業現場責任者、安全担当者、測定実施者、当該工事作業者、関係する分野の技術者等、広範囲の人々を交えて実施する事が重要である。

「環境、作業条件」「作業者、機械、工具、材料」「不要作業の削減、工程改善、作業方法改善」「機械化、自動化」「安全に関する各人の意欲の換気」等に着眼して、改善案を抽出する。その代表例を 表6.5.3 に示す。

表6.5.3　安全性の向上に向けた改善の着眼点

（1）　環境・作業条件等

写真撮影、ビデオ撮影等により映し出された物から、災害ポテンシャルと考えられる事柄で、より重要度の高い物から順に改善案を抽出する。

例えば、

1）転落、墜落の危険のあるところに柵をしてあるか。

2）土砂等の崩壊防止策が施されているか。

3）換気、採光、照明等は十分か。

4）風が強く、波が高いにもかかわらず作業が行われていないか。

5）十分な耐荷重のあるところに機械等が設置されているか。

6）整理整頓がなされているか。

（2）　ヒヤリ・ハットの原因

自己申告の方法に準じて収集された原因の撲滅を図るために遂行すべき改善案を抽出する。

例えば、

1）用途外の使用は行われていないか。

2）滑ったり、つまづき易い場所はないか。現場内は整理・整頓されているか。

3）監視員や誘導員が適切に配置され、警報、合図等は相手に十分伝わっているか

4）機械、工具等のＰＭ（整備、予防保全．．．）は、しっかり行われているか。

（3）　免許、資格等の所有

1）玉掛け作業、機械の運転等を行う作業者は免許や資格をもっているか。

2）たとえ機械のチョイ移動、姿勢を変える、軽量物のつり上げ等であっても有資格者でない人が行っていないか。

3．改善案の絞り込み

ブレーンストーミング法等により得られた改善案を作業手順、投資資源、作業の問題点等に整理し、改善案についての現実性、技術水準、コスト等について、多分野の専門家を対象にヒヤリングを行う。

以上の結果より、抽出された改善案の中から、その、緊急度、現実性、技術水準、改善のニーズ等を考慮して、効果の期待度の高いものから優先順位を決める。

例えば、

（1）滑ったり、つまずいたりのヒヤリ・ハットが非常に多い現場では、

・整理、整頓、清掃の徹底を図る方策を優先的に採用する。

（2）作業者と機械の協同作業時間の長い現場では、

・協同作業時間をなくす、または短縮する方策を優先的に採用する。

（3）作業者が機械の旋回範囲内に入って作業する時間が長い現場では、

・旋回することなく作業が進められる工法の採用、または接触防止型バックホウの研究、開発などを優先する。

等抽出された改善案を優先順位を決めて、実施すべき改善方法の絞り込みを行う。

4．改善効果の試算

改善効果を事前に評価するために、既存のデータ、もしくは新たな改善案を採用した場合の改善効果を机上でシュミレーションしてみる。それで期待する効果が発揮できると判断されたら確認施工と測定に移るが、もし期待する効果が得られそうにない場合は、どこにその原因があるかを検討の上、そこから再度手順に従って繰り返す必要がある。

5．改善案の評価

改善効果を事前にシミュレーションしたものについて、その改善効果を確認するために、その改善案を盛り込んでフィールドで実施工を行う。改善前・後を比較してその効果を定量的に評価する。その際には、極力事前に測定した作業形態に似た現場、作業条件等の基に実施し、測定レベル、測定項目、測定方法、分析方法等も改善前と同様の方法とする。

以上の条件を揃えて分析し、最初に想定したレベルで作業時間、作業者数、作業条件等をそれぞれ改善後と比較して評価する。

もし、期待した効果が得られない場合は、その原因がどこにあるかを究明し、そこから再度手順に従って繰り返す。

8．6　目的別の施工改善の進め方

8．6．5　安全性の向上に向けた施工改善

（安全作業標準書の作成）

効果が確認されたら、安全作業標準書を作成し、それを徹底させるための体制を確立しなければならない。

作業標準は、作業のあるべき姿を決めたもので、安全・品質・生産の三要素を具備し実施に当たっては作業が確実（安全と品質の確保）、容易（労力と能率の確保）であることが要件とされる。このようにして決められた作業標準書には、作業に伴う危険箇所が記されていなければならない。

（解説）

安全作業標準書の作成に当たっては、原案をもとに現場監督者・関係者（安全担当者）による検討会において「もっとよいすすめ方がないか」「不要な部分がないか」「作業動作に誤りがないか」「安全作業の急所が抜け落ちていないか」等について検討を加え、形を整える。

次に、「成文化」することが大事で、作業主任者・現場監督者・担当者等が協力して、作成に当たることになる。その要領には、以下がある。

a．わかりやすい言葉・絵でシート形式とする。

b．標準化しやすい作業から始める。

c．代表的な作業を選択して作成する事も一方法である。

ところで、完成した作業標準書が実際の工事・作業で必ずしもうまくゆくとは限らない。材料・機械・工期・作業工程等は常に変化しているため、常時改善を進めなければならない。

最後にこの標準書に基づき各作業者に安全性の重要さを認識させ、教育（指導・訓練）を徹底しなければならない。

9. 施工改善の簡易評価方法

9.1 簡易評価方法の背景と目的

建設省では，土木工事の効果的な施工改善を行うために，施工の定量的な評価方法の研究を実施してきた。平成元年度より工場作業の生産改善に有効なＩＥ（インダストリアル・エンジニアリング）の手法の考え方や測定手法を，土木工事へと導入し，土木分野におけるシステマチックな施工改善手法（仮称 Constructive Engineering，以下ＣＥ）の構築へ向け本研究を開始した。

ＣＥで利用されている測定・分析方法は生産性の向上の手法として，有効であることが確認されたが，苦渋性，安全性の評価方法を主目的としていないため，新しい評価方法を検討する必要があった。

このようなことから，苦渋性，安全性に対する評価を行うため，平成３年度では，苦渋性，安全性の実態や評価方法について調査を行った。この調査結果を踏まえ，平成４年度に，作業者の苦渋性や危険性に対する主観的な評価を行う心理計測を実施し，苦渋性・安全性の評価方法の研究を行った。この研究結果では，心理計測を利用し，苦渋性や安全性の評価モデル（図－9.1.1）について提案を行うことができた。

$Y = 4.91 + X1 + X2 + 0.0003\,X3 - 0.006\,X4$

Ｙ：苦渋度

Ｘ１：作業単位

・道路維持修繕工

土砂除去：－1.90，敷均補助：＋0.16，レーキ／スコップ：2.11

・土工

油圧ショベル掘削：1.23，油圧ショベル敷均：－0.26，ブルドーザ：－0.89

・海洋離岸堤工

玉掛け：－1.56

Ｘ２：障害物（ある場合：0.014，ない場合：＋0.008）

Ｘ３：作業経過時間（分）

Ｘ４：作業中断率

図－9.1.1　苦渋度の評価モデル式の例

しかし，心理計測の評価方法は，①汎用性，②評価の簡便性という面で課題が残っている。

生産性においても，ＩＥの手法を適用し，作業測定を行い，精緻な分析を行うことにより，正確に生産性を評価し，改善へ展開することができるが，時間やコストがかかる点で，生産性についても簡易な評価が重要である。

このような背景から，本調査では，生産性，苦渋性や安全性について簡便な定量的評価方法について，提案することを目的とした。

9.2　簡易評価方法の調査要領

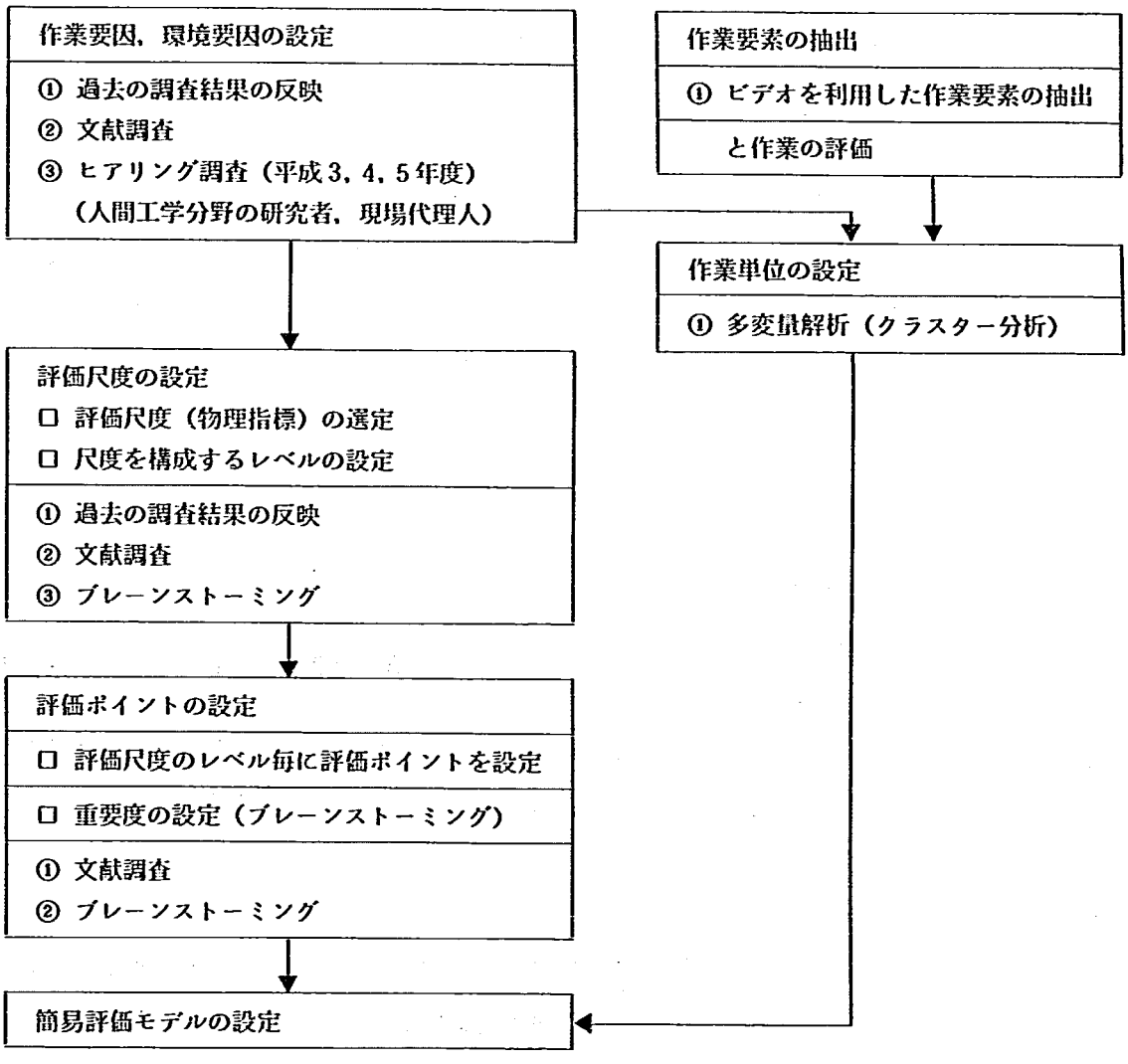
本調査では，苦渋性，危険性の評価方法と，生産性の評価方法を別のアプローチで研究を行った。なお，前者の場合には，評価方法自体が確立されていないが，後者の場合には，ＩＥの手法のように評価方法が確立されているものもある。

本研究では，まず，苦渋性，安全性の評価では，苦渋性や危険性の要因を評価することにより，苦渋度や危険度を相対的な評価を行うことを目指した。なお，安全性自体の評価は容易ではないことから，本調査では，安全性の評価の代替として，危険性を評価することにした。

生産性の評価では，ＩＥ手法以外の評価方法を調査することとした。

9.2.1　苦渋性，安全性の調査要領

図－9.2.1.1には，苦渋性，安全性の調査フローを示す。



図－9.2.1.1　調査フロー

1）作業要因，環境要因の設定

苦渋性や危険性に影響をもたらす作業要因，環境要因を設定した。

作業要因とは，現場に関係なく，作業の内容を決定することにより一意的に苦渋性や危険性が決定する要因である。例えば，作業において緊張や疲労に影響する，筋力・集中力・バランス能力が作業要因に該当する。

一方，現場の状況により，初めて決定する要因が環境要因である。例えば，現場の気温，粉塵量，作業場所の足場状況などがこれに該当する。

これらの苦渋性，危険性要因を設定するために，以下の調査を実施した。

① 過去の調査結果の活用

施工改善手法に関する一連の過去の調査結果を利用し，要因を抽出した。

② 文献調査

人間工学関連の文献の文献調査を実施した。

③ 専門家，現場技術者へのヒアリング調査

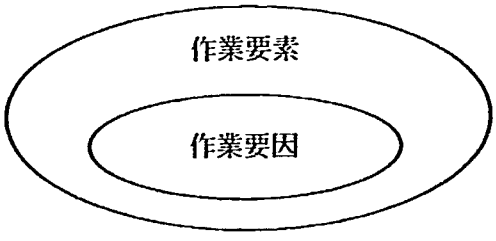
人間工学分野の研究者へのヒアリング調査を実施した。

さらに，土木分野の情報を調査するために，現場技術者へのヒアリングを実施した。

2）作業単位の設定

苦渋性や危険性を評価するための基本的な作業の単位（以下，作業単位）を設定した。作業単位とは，土木作業を記述するための特徴（以下，作業要素）が共通である作業の集まりである。作業要素には，建設機械の乗り降り，直立，歩行，座り作業など動作に近い土木作業の構成要素である。

作業要因は作業要素に含まれる関係にある（図－9.2.1.2）。作業要因が同一の作業は同一の苦渋性や危険性に評価されるが，作業要素から作業単位を設定した理由は次の理由による。



図－9.2.1.2 作業要素と作業要因の関係

評価の単位として，偶然作業要因が一致している作業を定義することは容易でなく，評価者にとって不便であるためである。例えば，作業要因が同一となる機械作業と人手作業を同一の作業単位に扱う場合，苦渋性や安全性を評価しようとする人にとり，評価すべき作業がどの作業単位に該当するかを判断するときに，混乱を招く可能性がある。

本調査では，次の手順で，作業単位を設定した。

① ビデオによる作業要素の抽出

過去の施工改善手法の調査対象となった現場のビデオカメラで撮影した映像をもとに，どのような作業要素があるのかを抽出し，類似の作業要素について集約化した（約50程度）。

苦渋性や危険性を評価するうえでは，必要な技術レベルや記憶力など，ビデオでは評価できない作業者の能力があり，これらの要素も含める必要があるものと判断した。本調査では，労働省のブルーカラーの作業を評価するための項目（作業特性評価項目）を作業を特徴付ける作業要素として追加した。

② 作業工程の評価

土木工事を構成する作業工程が，どのような作業要素から構成されているのかをビデオにより再度確認し，評価を行った。また，ビデオからは必ずしも正確に観測できない点を補うために，補足調査として現場技術者へのアンケート調査を行った。

作業工程とは，レーキ作業，玉掛け作業のように，作業研究の分野で単位作業に区分される作業であり，異なった機材を利用する作業は区分した。

③ 作業要素のパターン分析

各作業工程の評価結果をもとに，クラスター分析という手法を利用し，類似の作業要素の構成パターンを求めた。

④ 作業単位の設定

類似の作業要素の構成パターンを有する作業から，同一作業として集約してもよい最終的に妥当と判断される作業単位を設定した。設定は，土木分野の専門家とのブレーンストーミングによる方法による。

3）評価尺度の設定

苦渋性要因や危険性要因について，評価尺度を設定した。

評価尺度の設定の手順は以下の通りである。

① 評価指標の選定

要因の内容を明確化し，文献調査（人間工学関連の文献，労働安全衛生法，法規制など）をもとに，次の点に留意しながら，適切な評価指標を選定した。

・原則として，１つの要因について１つの評価指標とする。

但し，複数の評価指標が考えられる場合や，危険性と苦渋性について異なった評価方法を取るべきと判断された場合には，複数の評価指標とする。

・要因の内容が適切に評価できる

・できるだけ評価が容易な指標とする

・できるだけ定量性や再現性のある指標とする

・既存研究等で裏付けのある指標とする

なお，上記の留意点から，定量的な指標だけでなく，代替案として定性的な指標も含まれる。

② 尺度レベルの分割

選定された評価指標について，苦渋性や危険性に影響する度合いを反映できるように，次の３つのレベルに分割した。

＊Ａレベル …… 大多数の人間が強い苦渋性や危険性を感じる値

＊Ｂレベル …… ＡレベルとＣレベルの中間の値

＊Ｃレベル …… 苦渋性，危険性が感じる下限値未満の値とする

これらの尺度の設定は，土木関連資料，産業人間工学関連の文献を主体としたが，既存研究に

みられない指標については，土木関連関係者へのヒアリングやブレーンストーミングを行うことにより新規に設定したものも含まれる。

4）評価ポイントの設定

① レベル別の評価ポイント

各要因の評価尺度について，レベル別に0～10点を与える。各要因について評価ポイントは，0（Cレベル）および10点（Aレベル）を与えるものとした。なお，中間レベルでの評価ポイント（Bレベル）は有効な根拠が得られない場合が多く，この場合には5点とした。

ポイント数の設定については，人間工学的知見や既存の文献を参考にした。

② 重要度の設定

各要因の重要度を0.25，0.5，0.75，1の4つの段階程度で表現し，土木分野の専門家とのブレーンストーミングにより最終的な設定を行った。

本調査では，作業単位に対する各要因の依存性が明確でないことが多く，このような場合には作業単位に依存せず共通点とした。

最終的に，各要因の苦渋性や危険性の評価点は，

該当レベルの評価ポイント（0～10点）× 重要度（0.25～1）

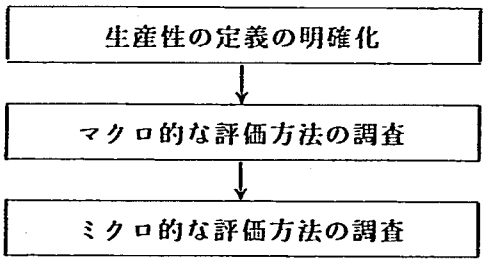
で与えられる。

5）評価モデルの設定

1）～4）までの分析結果を下に，簡易評価モデルを設定した。

9.2.2 生産性の調査方法

生産性の評価方法はIEの分野では確立されており，CE手法においても様々な評価方法が提案されている。本調査では，IEやCE以外の評価方法について，文献調査を下に，以下の手順で評価した。



図－9.2.2.1 生産性の調査フロー

① 生産性の定義

土木分野の施工改善手法（CE）の分野では様々な評価指標があるが，一般的な生産性の定義を調査した。

② マクロ的な評価方法の調査

産業全体，工事現場全体など比較的大きな単位での評価指標を調査した。

③　ミクロ的な評価方法の調査

ＩＥの分野では，MTM（Methods Time Measurement）法などにより動作別に標準時間が決定し，動作を定義すれば，作業別の標準時間が求められ，生産性の標価に重要な手法（PTS法：Predetermined Time Study）となっている。

しかし，土木分野はＩＥが導入されている工場作業とは異なり，分業レベル，作業の繰り返し度合い，移動の必要性，標準作業手順の決定の度合いなど多くの面で異なっており，これらの方法は適切でないものと考えられる。

従って，このような比較的細かな作業または動作などミクロ的なレベルの評価方法として，造船所など比較的大きな工場などで適用可能な標準時間の評価手法について調査した。

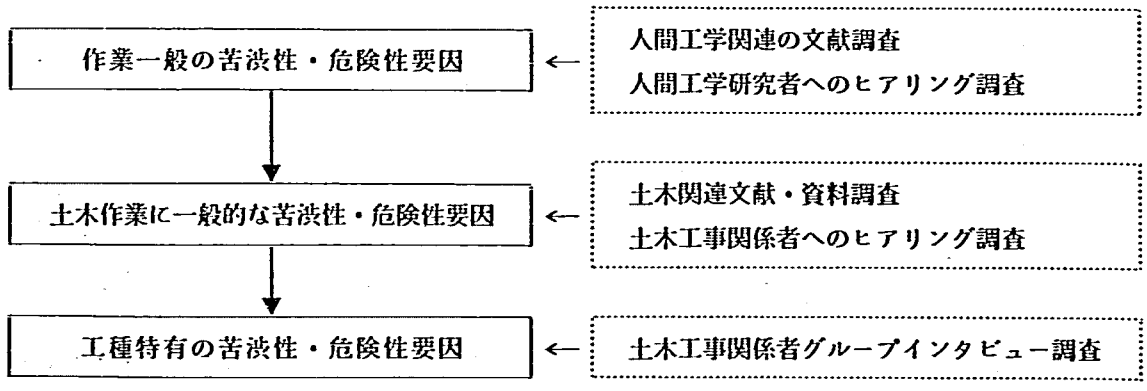
9.3　簡易評価方法の提案

土木作業の苦渋性，安全性を簡易に評価するため，作業者に苦渋や危険を与える作業の要因とその程度を調査し，そのデータに基づいて作業の苦渋度，危険度を評価するモデルを作成した。従って本調査では，作業の苦渋性，安全性は，作業者が受ける苦渋性，危険性の度合として評価している。

9.3.1　苦渋性・危険性要因の設定

土木作業には様々な工種や作業内容が存在するため，苦渋性・危険性の要因もまた，工種やその作業内容によって多種多様である。しかし簡易評価手法は，工種の違いや作業内容の違い，工法の革新等に対して弾力的に対応できることが望ましい。

そこでここでは，まず土木作業に限定しない「作業一般の苦渋性・危険性要因」を明らかにした。次いでこれを土木作業に適用できるかどうか検討にかけ，作業一般の要因のブレイクダウンを通じて，「土木作業に比較的一般的な苦渋性・危険性要因」を設定した。さらに道路維持修繕工，土工，離岸堤工の３工種を例に，工種の違いに応じて土木作業の一般的要因をより細かく分割して捉えられるものはブレイクダウンして，「工種特有の苦渋性・危険性要因」を設定した（図－9.3.1）。



図－9.3.1　苦渋性・危険性要因の設定プロセス

9.3.1.1　作業一般の苦渋性・危険性要因の収集

土木作業の苦渋性・危険性要因を設定するに当たり，第一に作業一般における人間の苦渋性要因，危険性要因の設定を行った。

具体的には，まず人間工学領域で，作業に係わる安全工学・安全衛生管理，作業負担に伴う人間の心理的特性・生理的特性，ストレスと疲労，などの分野の文献・資料を収集した。次いで，その中から作業が人間に対して苦渋や危険を与えていると考えられる要因を収集した。この結果に基づいて，さらに人間工学研究者へのヒアリング及びディスカッションにかけ，要因が網羅的に抽出されているかの確認を行うと共に，分類，体系化の検討を行った。体系化にはＫＪ法（収集された要因を一旦，カードに起こし，カードを広げて，項目の内容の上位概念と下位概念に注意しつつ同じ様な項目を集め，分類軸の設定を行いながら項目のグループ化を図り，集約を進める方法で，経営学者の川喜田二郎が考案した発想法の一種）を用いた。

その結果，作業一般における人間の苦渋性要因や危険性要因は，作業側に起因する「作業特性」「作業環境」「使用機材」などの要因に加えて，基本的には人間側に起因する要因であるが作業内容にも強く関係しており本調査でも扱うべきと判断した「作業者」要因の大きく４つに区分され，これを細かく見ると，表－9.3.1.1に示す15個の要因が抽出された。

表－9.3.1.1　作業一般の苦渋性・危険性要因

1）作業の実稼働時間の長さ	作業特性
2）疲労特性の顕著な能力（筋力，集中力，バランス能力等）を酷使する作業	
3）高い作業パフォーマンス（量，質）の要求	
4）予期しない作業の要求	
5）時間の限られた作業	
6）人間の発揮能力や意欲の低下を引き越こす外的な物理・化学環境	作業環境
7）作業場所での障害物の存在，整理不良	
8）転倒・転落の可能性のある場所での作業	
9）使用する道具・装置・機械の操作性	使用機材
10）急な運動を伴う道具・装置・機械の作業	
11）作業対象及び作業場所での高いエネルギーの存在，接触可能性	
12）使用する道具・装置・機械の整備不良	
13）不慣れな作業，習熟が不十分な作業	作業者
14）協同作業における他者の作業パフォーマンス（量，質）	
15）協同作業における意志伝達不良，及びそれをもたらす原因	

上記の要因の中には，３）と14）のように，直接的には生産性要因と考えられるが生産性を決める結果，間接的に苦渋性に影響を及ぼす要因も含まれている。

9.3.1.2　苦渋性・危険性要因（作業要因，環境要因）の設定

1）「土木作業に比較的一般的な苦渋性・危険性要因」の設定

表－9.3.1.1に示した「作業一般の苦渋性・危険性要因」は項目が大ぐくり過ぎて，実際に苦渋度，危険度の評価に用いるには不適切である。そこで各要因が土木作業の苦渋性・危険性を評価する項目として適した要因になるよう，作業一般の要因をブレイクダウンした。

具体的には，「作業一般の苦渋性・危険性要因」と突合せながら，昨年度までの土木施工改善関連調査報告書や各種土木工事関連文献・資料，土木工事関係者へのヒアリング調査結果などから，苦渋性・危険性要因に該当するキーワードを拾いあげ，さらにその結果を前出のＫＪ法を用いて，新しい分類軸で再体系化することで，「土木作業に比較的一般的な苦渋性・危険性要因」の設定を行った（表－9.3.1.2－1，表－9.3.1.2－2）。

ブレイクダウンに際しては，各要因が苦渋性，危険性のいずれに対してより直接的に係わっているかを分析し，

Ⅰ．苦渋性に強く関与する要因（「苦渋性要因」）

Ⅱ．危険性に強く関与する要因（「危険性要因」）

への分類を行った。また苦渋性，危険性のいずれにも係わっていると考えられるものは，無理にどちらかに振り分けずに，両要因に加えた。

結果的に，危険性要因はすべて苦渋性要因に含まれる形となり，苦渋性要因が38要因，危険性要因が29要因設定された（要因番号は苦渋性要因を基準にふっており，純粋に苦渋性要因と考えられる要因は，危険性要因では欠番となっている）。

また苦渋性・危険性要因の中には，ある作業に対してその作業固有の特性から苦渋度・危険度の大きさが一つに決まるタイプの要因と，同じ作業でも現場の状況によって苦渋度・危険度の大きさが変化する要因とが存在する。そこで前者を(1)「作業要因」，後者を(2)「環境要因」として，苦渋性・危険性要因のそれぞれを大きく２つに分類した。

「作業要因」と「環境要因」を区別する意味合いは，「作業要因」に相当する要因は，作業内容が定まればあらかじめその苦渋度・危険度が推定できるため，実際に作業現場では主に「環境要因」だけを評価すればよく，評価手法を簡便化，効率化できるというメリットがある。

なお環境要因の後ろに「肉体・精神疲労」を挙げているが，これは本来なら個人要因と呼ぶべきもので，作業者個々人の状態が本人の苦渋性・危険性を決めている要因である。作業要因や環境要因とはかなり異質であるが，ヒアリング調査を通じて土木工事関係者から強く指摘されたことと，昨年度の「苦渋性・安全性の評価手法に関する心理計測実験」の調査結果からも重要な要因と示唆されているため，本調査にも要因として加えることとした。

表－9.3.1.2－1　土木作業に比較的一般的な Ⅰ．苦渋性要因

(1) 作業要因	・時　間	1. 作業の実稼働時間の長さ	(2) 環境要因	・気　象	22. 気温
					23. 天候
	・能力負荷	2. 重筋作業			24. 風
		3. 神経作業		・時間帯	25. 作業時間帯
	・作業場所	4. 不自然な姿勢の作業		・視　界	26. 照明の明るさ（暗さ）
		5. 不安定な足場での作業			27. 照明のまぶしさ
		6. 転落の可能性		・要求パフォーマンス	28. 要求作業量
		7. 海中作業			29. 要求精度
	・外的刺激	8. 作業による汚れ		・不慣れ	30. 不慣れ作業，習熟不十分
		9. 粉塵			31. 現場への不慣れ
		10. 悪臭		・時間限定	32. 作業予定時間とのズレ
		11. 作業対象から受ける熱		・障害物	33. 一般通行車両
		12. 騒音			34. 現場周辺の民家の存在
		13. 振動			35. 作業区域上空の障害物
	・コミュニケーション	14. 遠隔でのコミュニケーション			36. 作業区域地下の障害物
	・機材建設機械	15. 使用建設機械の死角			37. 機械と作業者の近接
		16. 使用機材のエネルギー接触			
		17. 重量物の取付け・取り外し			
		18. 使用機材の操作の複雑さ			
		19. 使用機材の操作不統一			
		20. 使用機材の非自動化状況			
		21. 使用建設機械の作業スペースの広さ			38. 肉体・精神疲労

表－9.3.1.2－2　土木作業に比較的一般的な Ⅱ．危険性要因

(1) 作業要因			(2) 環境要因	・気　象	23. 天候
	・能力負荷	3. 神経作業			24. 風
				・時間帯	25. 作業時間帯
	・作業場所	5. 不安定な足場での作業		・視　界	26. 照明の明るさ（暗さ）
		6. 転落の可能性			27. 照明のまぶしさ
		7. 海中作業		・要求パフォーマンス	28. 要求作業量
	・外的刺激	11. 作業対象から受ける熱			29. 要求精度
		12. 騒音		・不慣れ	30. 不慣れ作業，習熟不十分
	・コミュニケーション	14. 遠隔でのコミュニケーション			31. 現場への不慣れ
	・機材建設機械	15. 使用建設機械の死角		・時間限定	32. 作業予定時間とのズレ
		16. 使用機材のエネルギー接触		・障害物	33. 一般通行車両
		17. 重量物の取付け・取り外し			34. 現場周辺の民家の存在
		18. 使用機材の操作の複雑さ			35. 作業区域上空の障害物
		19. 使用機材の操作不統一			36. 作業区域地下の障害物
		21. 使用建設機械の作業スペースの広さ			37. 機械と作業者の近接
					38. 肉体・精神疲労

2）個別工種への適用

土木工事の作業内容には，土木作業全般に比較的共通の作業と，個別工種に特有の作業がある。従って工種特有の作業に起因する苦渋性・危険性要因に関して細かく評価したい場合には，「土木作業に比較的一般的な要因」では不十分である。

そこで本調査では，「道路維持修繕工」「土工」「離岸堤工」の３工種を例に，土木工事関係者（現場管理者，作業員）に対しグループインタビューを実施し，その中で工種固有の問題を鮮鋭化させながら，土木作業に一般的な要因をさらにブレイクダウンできないかどうか，検討を加えた。

グループインタビューの結果，意見としてあがってきた工種特有の要因「工種特有の苦渋性・危険性要因」として設定し，土木作業一般の要因と関連づけた結果が，図9.3.1.2－4（苦渋性要因），及び図－9.3.1.2－4（危険性要因）である。

工種へのブレイクダウンの仕方には以下の３通りの方法があり，「工種特有の苦渋性・危険性要因」もその一つである。

表－9.3.1.2－3　土木作業一般的要因から各工種へのブレイクダウンの方法

A．一般的要因に関連する要因として要因項目自体を新たに付け加えたもの →「工種特有の苦渋性・危険性要因」
土木作業全般に対して土木作業一般の要因でほぼその苦渋性・危険性の評価が可能であるが，工種特有の苦渋性・危険性要因の部分をよりきめ細かく評価するためには，一般的要因に追加して用いることが可能である。 工種特有要因のうち，要因番号に「道」がつけてある要因が道路維持修繕工に特有の要因，同じく「土」が土工特有，「海」が離岸堤工特有の要因である。
B．一般的要因と要因項目は同じであるが，工種によって対象作業を区別する要因 → 表－9.3.1.2－4，5で「**」をつけた要因（「30.不慣れ作業，習熟不十分」）
建設機械のオペレーター等の熟練度は作業全体の苦渋性や危険性の要因となり，土木作業に一般的な要因と考えられるが，工種によって対象となる建設機械は異なる。例えば，道路維持修繕工では，ブレーカーやバックホウ，ニブラ，フィニッシャー，ブルドーザーが，土工ではバックホウ，ブルドーザー，ダンプトラックが，離岸堤工ではクレーン，玉外し，玉掛け，潜水夫，位置合わせなどが対象作業となる。
C．一般的要因と要因項目は同じであるが，工種によって苦渋度・危険度を測定する尺度を区別する要因 → 表－9.3.1.2－4，5で「＊」をつけた要因（21.，28.，29.）
「28.要求作業量」を例にとると，過度の作業量の要求は作業員の苦渋性に直結するため，土木作業に一般的な要因と考えられるが，工種によって作業量の測定の仕方は異なる。例えば道路維持修繕工では打ち替え面積，土工では敷均し体積，離岸堤工ではブロック据え付け個数（いずれも一日当たり）が適切である（土木関係者インタビュー結果）。 ※ 詳しくは，「１－３ 評価尺度の設定」参照

工種へのブレイクダウン例として，「a.道路維持修繕工」「b.土工」「c.離岸堤工」について，苦渋性・危険性要因を設定した結果を，表－9.3.1.2－6，表－9.3.1.2－7，表－9.3.1.2－8に示す。

図－9.3.1.2－4　土木作業一般，及び工種特有の Ⅰ．苦渋性要因

		土木作業に比較的一般的な苦渋性要因	工種特有の苦渋性要因
(1) 作業要因	・時　間	1. 作業の実稼働時間の長さ	凡例 道 1.～道 7. 道路維持修理工に適用 土 1.～土 6. 土工に適用 海 1.～海 8. 離岸堤工に適用
	・能力負荷	2. 重筋作業 3. 神経作業	
	・作業場所	4. 不自然な姿勢の作業 5. 不安定な足場での作業	土 1. 法面傾斜
		6. 転落の可能性	土 2. 走行用鉄板の必要性 ※ 環境要因
		7. 海中作業 8. 作業による汚れ	
	・外的刺激	9. 粉塵	道 1. 排気ガス
		10. 悪臭 11. 作業対象から受ける熱 12. 騒音 13. 振動	
	・コミュニケーション	14. 遠隔でのコミュニケーション	
	・機材 建設機械	15. 使用建設機械の死角	
		16. 使用機材のエネルギー接触	道 2. 取り壊し時の廃材の飛散
		17. 重量物の取付け・取り外し	
		18. 使用機材の操作の複雑さ	海 1. 潜水方式
		19. 使用機材の操作不統一 20. 使用機材の非自動化状況 21. 使用建設機械の作業スペースの広さ*	
(2) 環境要因	・気　象	22. 気温	海 2. 海水の温度
		23. 天候	
		24. 風	海 3. 波の高さ
			海 4. 潮の流れの速さ
	・時間帯	25. 作業時間帯	道 3. 切断汚水
	・視　界	26. 照明の明るさ（暗さ）	海 5. 海中での視認性の悪さ
		27. 照明のまぶしさ	道 4. 建設機械の可動域の狭さ 道 5. アスファルトの厚さ
	・要求パフォーマンス	28. 要求作業量*	道 6. 人力廃材積み込み
		29. 要求精度*	海 6. ブロックの据え付け形式
	・不慣れ	30. 不慣れ作業，習熟不十分**	土 3. 土砂の運搬のしにくさ
		31. 現場への不慣れ	土 4. 敷き均し場所と土砂を降ろす場所が離れている事
	・時間限定	32. 作業予定時間とのズレ	土 5. 土質
	・障害物	33. 一般通行車両	海 7. 人力捨て石均し量
		34. 現場周辺の民家の存在	海 8. 敷均し底の凹凸
		35. 作業区域上空の障害物	
		36. 作業区域地下の障害物	
		37. 機械と作業者の近接	道 7. 作業幅の狭さ ―― 土 6. 作業区域の混雑
		38. 肉体・精神疲労	

*：工種によって尺度が異なる要因

**：工種によって対象作業が異なる要因

注：5. 不安定な足場での作業は作業要因であるが，そこからブレイクダウンした要因の土 1. 法面傾斜，土 2. 走行用鉄板の必要性は環境要因として扱う

図－9.3.1.2－5　土木作業一般，及び工種特有の Ⅱ．危険性要因

		土木作業に比較的一般的な危険性要因	工種特有の危険性要因
(1) 作業要因			凡例 道1.～道7. 道路維持修繕工に適用 土1.～土6. 土工に適用 海1.～海8. 離岸堤工に適用
	・能力負荷	3. 神経作業	
	・作業場所	5. 不定定な足場での作業	土1. 法面傾斜
		6. 転落の可能性	土2. 走行用鉄板の必要性
		7. 海中作業	※ 環境要因
	・外的刺激	11. 作業対象から受ける熱	
		12. 騒音	
	・コミュニケーション	14. 遠隔でのコミュニケーション	
	・機材建設機械	15. 使用建設機械の死角	
		16. 使用機材のエネルギー接触	道2. 取り壊し時の廃材の飛散
		17. 重量物の取付け・取り外し	
		18. 使用機材の操作の複雑さ	海1. 潜水方式
		19. 使用機材の操作不統一	
		20. 使用機材の非自動化状況	
		21. 使用建設機械の作業スペースの広さ*	
(2) 環境要因	・気象	22. 気温	海2. 海水の温度
		23. 天候	
		24. 風	海3. 波の高さ 海4. 潮の流れの速さ
	・時間帯	25. 作業時間帯	
	・視界	26. 照明の明るさ（暗さ）	海5. 海中での視認性の悪さ
		27. 照明のまぶしさ	
	・要求パフォーマンス	28. 要求作業量*	
		29. 要求精度*	海6. ブロックの据え付け形式
	・不慣れ	30. 不慣れ作業，習熟不十分**	
		31. 現場への不慣れ	
	・時間限定	32. 作業予定時間とのズレ	
	・障害物	33. 一般通行車両	
		34. 現場周辺の民家の存在	
		35. 作業区域上空の障害物	
		36. 作業区域地下の障害物	
		37. 機械と作業者の近接	道7. 作業幅の狭さ ―― 土6. 作業区域の混雑
		38. 肉体・精神疲労	

道4. 建設機械の可動域の狭さ
土4. 敷き均し場所と土砂を降ろす場所が離れている事
土4. 土質
海7. 人力捨て石均し量
海8. 敷均し底の凹凸

*：工種によって尺度が異なる要因
**：工種によって対象作業が異なる要因

注：5. 不安定な足場での作業は作業要因であるが，そこからブレイクダウンした要因の土1. 法面傾斜，土2. 走行用鉄版の必要性は環境要因として扱う

表－9.3.1.2－6（その1） a．道路維持修繕工－Ⅰ．苦渋性要因

(1) 作業要因	・時　間	1. 作業の実稼働時間の長さ	(2) 環境要因	・気　象	22. 気温
					23. 天候
	・能力負荷	2. 重筋作業			24. 風
		3. 神経作業		・時間帯	25. 作業時間帯
	・作業場所	4. 不自然な姿勢の作業		・視　界	26. 照明の明るさ（暗さ）
		5. 不安定な足場での作業			27. 照明のまぶしさ
	・外的刺激	8. 作業による汚れ		・要求パフォーマンス	28. 要求作業量*
		9. 粉塵			道3. 切断汚水
		道1. 排気ガス			道4. 建設機械の可動域の狭さ
		10. 悪臭			道5. アスファルトの厚さ
		11. 作業対象から受ける熱			道6. 人力廃材積み入み
		12. 騒音			29. 要求精度*
		13. 振動			
	・機材建設機械	15. 使用建設機械の死角		・不慣れ	30. 不慣れ作業，習熟不十分**
		16. 使用機材のエネルギー接触			31. 現場への不慣れ
		道2. 取り壊し時の廃材の飛散		・時間限定	32. 作業予定時間とのズレ
		18. 使用機材の操作の複雑さ		・障害物	33. 一般通行車両
		19. 使用機材の操作の不統一	*：工種によって尺度が異なる要因		34. 現場周辺の民家の存在
		20. 使用機材の非自動化状況	**：工種によって対象作業が異なる要因		35. 作業区域上空の障害物
		21. 使用建設機械の作業スペースの広さ*			36. 作業区域地下の障害物
					37. 機械と作業者の近さ
					道7. 作業幅の狭さ
					38. 肉体・精神疲労

表－9.3.1.2－6（その2） a．道路維持修繕工－Ⅱ．危険性要因

(1) 作業要因			(2) 環境要因	・気　象	23. 天候
	・能力負荷	3. 神経作業			24. 風
				・時間帯	25. 作業時間帯
	・作業場所	5. 不安定な足場での作業		・視　界	26. 照明の明るさ（暗さ）
					27. 照明のまぶしさ
	・外的刺激	11. 作業対象から受ける熱		・要求パフォーマンス	28. 要求作業量*
		12. 騒音			道4. 建設機械の可動域の狭さ
					29. 要求精度*
	・機械建設機械	15. 使用建設機械の死角			
		16. 使用機材のエネルギー接触		・不慣れ	30. 不慣れ作業，習熟不十分**
		道2. 取り壊し時の廃材の飛散			31. 現場への不慣れ
		18. 使用機材の操作の複雑さ		・時間限定	32. 作業予定時間とのズレ
		19. 使用機材の操作不統一	*：工種によって尺度が異なる要因	・障害物	33. 一般通行車両
		21. 使用建設機械の作業スペースの広さ*	**：工種によって対象作業が異なる要因		34. 現場周辺の民家の存在
					35. 作業区域上空の障害物
					36. 作業区域地下の障害物
					37. 機械と作業者の近接
					道7. 作業幅の狭さ
					38. 肉体・精神疲労

表－9.3.1.2－7（その1） b．土工－I．苦渋性要因

(1) 作業要因	・時　間	1. 作業の実稼働時間の長さ	(2) 環境要因	・気　象	22. 気温
					23. 天候
	・能力負荷	2. 重筋作業			24. 風
		3. 神経作業			
	・作業場所	4. 不自然な姿勢の作業		・要求パフォーマンス	28. 要求作業量*
		5. 不安定な足場での作業			土3. 土砂の運搬のしにくさ
		土1. 法面傾斜			土4. 敷き均し場所と土砂を降ろす場所が離れている事
		土2. 走行用鉄板の必要性			土5. 土質
	・外的刺激	8. 作業による汚れ			29 要求精度*
		9. 粉塵			
		12. 騒音		・不慣れ	30. 不慣れ作業，習熟不十分**
		13. 振動			31. 現場への不慣れ
	・機材建設機械	15. 使用建設機械の死角		・障害物	37. 機械と作業者の近接
		16. 使用機材のエネルギー接触			土6. 作業区域の混雑
		18. 使用機材の操作の複雑さ	*：工種によって尺度が異なる要因		
		19. 使用機材の操作不統一	**：工種によって対象作業が異なる要因		
※土1.法面傾斜 土2.走行用鉄板の必要性 は環境要因としてあつかう		20. 使用機材の非自動化状況			
		21. 使用建設機械の作業スペースの広さ*			
					38. 肉体・精神疲労

表－9.3.1.2－7（その2） b．土工－II．危険性要因

(1) 作業要因			(2) 環境要因	・気　象	
	・能力負荷	3. 神経作業			23. 天候
					24. 風
	・作業場所	5. 不安定な足場での作業		・要求パフォーマンス	28. 要求作業量*
		土1. 法面傾斜			土4. 敷き均し場所と土砂を降ろす場所が離れている事
		土2. 走行用鉄板の必要性			土5. 土質
	・外的刺激	12. 騒音			29. 要求精度*
	・機材建設機械	15. 使用建設機械の死角	*：工種によって尺度が異なる要因	・不慣れ	30. 不慣れ作業，習熟不十分**
		16. 使用機材のエネルギー接触			31. 現場への不慣れ
		18. 使用機材の操作の複雑さ	**：工種によって対象作業が異なる要因	・障害物	37. 機械と作業者の近接
		19. 使用機材の操作不統一			土6. 作業区域の混雑
※土1.法面傾斜 土2.走行用鉄板の必要性 は環境要因としてあつかう		21. 使用建設機械の作業スペースの広さ*			
					38. 肉体・精神疲労

表－9.3.1.2－8（その1）　c．離岸堤工－Ⅰ．苦渋性要因

(1) 作業要因	・時　間	1. 作業の実稼働時間の長さ	(2) 環境要因	・気　象	22. 気温 海 2. 海水の温度 23. 天候 24. 風 海 3. 波の高さ 海 4. 潮の流れの速さ
	・能力負荷	2. 重筋作業 3. 神経作業			
	・作業場所	4. 不自然な姿勢の作業 5. 不安定な足場での作業 6. 転落の可能性 7. 海中作業		・視　界	26. 照明の明るさ（暗さ） 海 5. 海中での視認性の悪さ
	・外的刺激	8. 作業による汚れ 12. 騒音 13. 振動		・要求パフォーマンス	28. 要求作業量* 海 7. 人力捨て石均し量 海 8. 敷均し底の凹凸 29. 要求精度* 海 6. ブロックの据え付け形式
	・コミュニケーション	14. 遠隔でのコミュニケーション			
	・機材建設機械	15. 使用建設機械の死角 16. 使用機材のエネルギー接触 17. 重量物の取付け・取り外し 18. 使用機材の操作の複雑さ 海 1. 潜水方式 19. 使用機材の操作不統一 20. 使用機材の非自動化状況 21. 使用建設機械の作業スペースの広さ*		・不慣れ	30. 不慣れ作業，習熟不十分** 31. 現場への不慣れ
			*：工種によって尺度が異なる要因 **：工種によって対象作業が異なる要因	・障害物	37. 機械と作業者の近接
					38. 肉体・精神疲労

表－9.3.1.2－8（その2）　c．離岸堤工－Ⅱ．危険性要因

(1) 作業要因	・能力負荷	3. 神経作業	(2) 環境要因	・気　象	23. 天候 24. 風 海 3. 波の高さ 海 4. 潮の流れの速さ
	・作業場所	5. 不安定な足場での作業 6. 転落の可能性 7. 海中作業		・視　界	26. 照明の明るさ（暗さ） 海 5. 海中での視認性の悪さ
	・外的刺激	12. 騒音		・要求パフォーマンス	28. 要求作業量* 海 7. 人力捨て石均し量 海 8. 敷均し底の凹凸 29. 要求精度* 海 6. ブロックの据え付け形式
	・コミュニケーション	14. 遠隔でのコミュニケーション			
	・機材建設機械	15. 使用建設機械の死角 16. 使用機材のエネルギー接触 17. 重量物の取付け・取り外し 18. 使用機材の操作の複雑さ 海 1. 潜水方式 19. 使用機材の操作不統一 21. 使用建設機械の作業スペースの広さ*		・不慣れ	30. 不慣れ作業，習熟不十分** 31. 現場への不慣れ
			*：工種によって尺度が異なる要因 **：工種によって対象作業が異なる要因	・障害物	37. 機械と作業者の近接
					38. 肉体・精神疲労

9.3.2　苦渋性・危険性の作業単位の設定

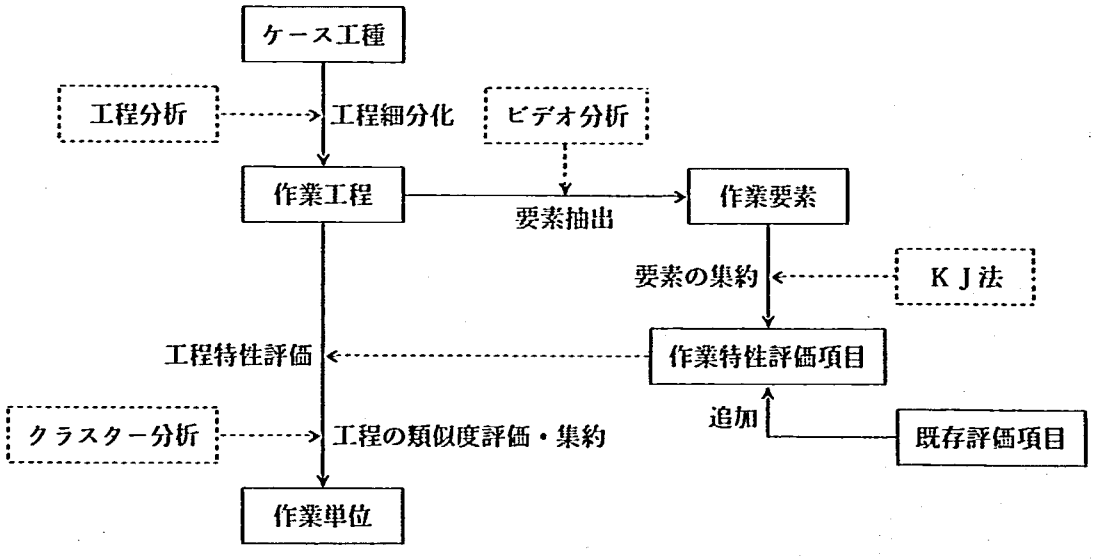
土木作業は一般に，いずれの工種においても多様な作業内容の組み合わせから構成されていることが多く，製造作業などと異なって工程の区切れ目は不明確な傾向が強い。また作業現場は通常，屋外のため作業環境が一定しない上，施工条件も現場により異なるので，作業員はその場の状況に臨機応変に対応して作業を進めているのが普通である。従って，苦渋性や危険性など，作業そのものの特性を評価しようとすると，対象とすべき作業の範囲や内容が明確に定義しづらい，という問題点がある。と同時に，一口に土木作業と言っても多様な工種が存在するため，普遍性のある作業工程の捉え方と作業評価手法の確立も望まれている。

そこで本調査では，土木作業の苦渋性，危険性を評価するに当たり，基本となる作業のまとまりに「作業単位」という概念を導入した。

すなわち，作業において問題となる苦渋性・危険性要因や，その問題の程度がほぼ等しいと見なせる類似の作業内容を，一グループに集約したそのくくりを「作業単位」と考え，これを苦渋性・危険性の直接の評価対象にした。

具体的な「作業単位」設定手順を図－9.3.2に示す。設定に先立ち設けた前提は，「作業者の動作や姿勢」「使用する機材や建設機械の特性」「その作業を取り巻く状況」などが類似した作業同士は，その苦渋性・危険性要因も互いに類似しているはず，というものである。つまり，作業単位設定のためには，同じような苦渋性・危険性要因が存在する作業をグループ化する必要があるが，ここでは一旦，苦渋性・危険性要因の枠組みから外れ，作業そのものの内容や特性を広い視点から詳細に分析し，その点で類似性が高いものを集約して作業単位を設定しよう，という考え方である。

そのため，あらかじめ土木作業そのものの特性を評価する項目「作業特性評価項目」を作成し，これを用いて土木工事の多種工種の「作業工程」の内容を評価した上で，その評価結果から「作業工程」の類似性を分析し，類似度の高い「作業工程」の集約化を図って，最終的に「作業単位」を設定する，



図－9.3.2　作業単位の設定プロセス

という方法をとった。

本調査では，土木作業全般に普遍性の高い「作業単位」の設定を狙って，「a．道路維持修繕工」「b．土工」「c．離岸堤工」の3つをケース工種に選んだ。

また作業特性の評価対象となり，その後，集約化の基本単位となる「作業工程」には，土木分野でいうところの「単位作業」レベルを想定した。具体的には，ケース3工種の工程分析を行って，各工種を ＜作業目的＞ × ＜作業手段（使用機材・建設機械）＞ に分解し，「作業工程」を設定した。その結果を表－9.3.2に示す。設定された作業工程は，3工種合わせて68工程である。

表－9.3.2　道路維持修繕工，土工，離岸堤工を対象とした作業工程の設定

a. 道路維持修繕工	b. 土工	c. 離岸堤工
1. 準備 交通規制	① 掘削 油圧シャベル	(1) 積み込み トレーラー運転
2. 準備 照明などの設置	② 運搬 ダンプ操縦	(2) 積み込み 玉掛け
3. 取り壊し ブレーカー	③ 運搬 誘導	(3) 積み込み クレーン操縦
4. 取り壊し ニブラ	④ 敷均 油圧シャベル操縦	(4) 積み込み 玉外し
5－1. 取り壊し アスファルト人手スコップ	⑤ 敷均 大型ブルドーザー	(5) 離岸補助
5－2. 取り壊し アスファルト人手ホウキ	⑥ 法面均し 小型ブルドーザー	(6) 操船
6. 切削機操縦	⑦ トラック道調整	(7) 移動 船の固定
7. 切削機誘導	⑧ 掘削底部敷均	(8) 据え付け 玉掛け
8. アスファルトカッター	⑨ 散水車	(9) 据え付け 海中部敷均
9. 小型ブレーカー		(10) 据え付け 海中部位置合わせ
10. 掘削 油圧シャベル		(11) 据え付け 海中部玉外し
11. 土砂の除去（手）		(12) 据え付け 海面部位置合わせ
12. 土砂の除去（スコップ）		(13) 据え付け 海面部玉外し
13. 土砂の除去（ホウキ）		(14) 据え付け 海上部位置合わせ
14. 掘削 検査・管理		(15) 据え付け 海上部玉外し
15. 掘削 誘導		(16) 据え付け クレーン操縦
16. 下層 ブルドーザー		(17) 据え付け 船のアンカー移動
17. 下層 モーターグレーダー		(18) 潜水夫の海中・海面移動
18. 下層 マカダムローラー		(19) ブロック上での作業員の移動
19. 下層 タイヤローラー		
20－1. 下層 敷均補助（スコップ）		
20－2. 下層 敷均補助（ホウキ）		
21. 下層 湧き水処理		
22. 下層 検査・管理		
23. タンパによる転圧		
24. 下層 誘導		
25－1. 上層 乳剤散布（押す人）		
25－2. 上層 乳剤散布（ホースで乳剤をまく人）		
26. アスファルトフィニシャー		
27. 上層 レーキ作業		
28. 上層 スコップ		
29. 上層 マカダムローラー		
30. 上層 タイヤローラー		
31. 上層 誘導		
32. 上層 検査・管理		
33－1. 上層 段差すり付け（タンパ）		
33－2. 上層 段差すり付け（レーキ）		
33－3. 上層 段差すり付け（スコップ）		
34. 道路解放 機材の撤去		
35. トラクターシャベル操縦		

9.3.2.1　作業要素の抽出と作業特性評価項目の作成

「作業工程」の内容や作業特性を詳細に評価する指標となる「作業特性評価項目」を作成する具体的な手順を，図－9.3.2.1に示す。

図－9.3.2.1　作業特性評価項目の具体的な作成手順

①：施工現場を撮影したビデオの分析を行って，ケース3工種の各「作業工程」ごとに，それぞれを構成する作業要素を，
- ＊作業者の動作・姿勢
- ＊機材や建設機械の操作
- ＊機材や建設機械の動き
- ＊その作業を取り巻く状況

などの視点から克明に抽出した。

②：抽出された作業要素をすべて集め，前述のＫＪ法を利用して分類・体系化を行い，作業要素の集約を図って「作業特性評価項目」（54項目）を作成した。

③：製造業関連職種の作業全般を作業特性から評価することが可能な「労働省版・作業特性評価項目」のうち，ビデオでは捉えにくく客観的な判定は困難で先の「作業特性評価項目」には含まれていない項目として，
- ＊手順の複雑な作業
- ＊定型反復作業
- ＊その他の要求能力

（記憶力，学習能力，企画力などの知的能力，適応力，集中力，他人との協調性，筋力，敏捷性，持久力，体のバランス能力などの肉体的能力，手先の器用さ，視聴覚能力，技能，熟練度）

などが存在する。これらを追加して，「作業特性評価項目」（70項目）を完成させた。

表－9.3.2.1－1に，ビデオ分析による作業要素の抽出結果を示す（上記，ステップ①）。

表－9.3.2.1－2には，収集された作業要素リスト及びその集約結果と，作業特性評価項目の作成結果を示す（上記，ステップ②，③）。

表中のアンダーラインをつけた項目が設定された作業特性評価項目である。また個々の作業要素の頭には由来する工種が分かるように記号をつけた（Ｄ：道路維持修繕工，Ｔ：土工，Ｓ：離岸堤工）。

表－9.3.2.1－1　ビデオ分析による作業工程からの作業要素の抽出「a. 道路維持修繕工」（その1）

1）準備　交通規制 関連機材：バイロン 規制用車両	歩く　走る　バイロンを持ち運ぶ　左右を見る　規制用車両を移動する
	車両の通行を遮る　一般通行車両の中での作業 照明など，未設置での作業
2）準備　照明などの設置 関連機材：照明機材	歩く　走る　左右を見る　照明機材を押す　照明機材のアームをあげる 照明機材の方向を定める
3）取り壊し　ブレーカー 関連機材： ジャンボブレーカー	建設機械に乗り込む　シートに座る　区域を注視する　見上げる 見おろす　アクセル操作　レバー操作　作業員に合図する 区域外へ退去　車両から降りる　通行車両に注意 上空の障害物に注意　スイッチ操作
	車両の位置を合わせる　粉砕機の位置を合わせる　粉砕する 旋回する　60°前後　MAX90°　前進　後進　振動のある作業 騒音のある作業　補助員のいる機械作業
4）取り壊し　ニブラ 関連機材：ニブラ	建設機械に乗り込む　シートに座る　区域を注視する　見上げる 見おろす　アクセル操作　レバー操作　作業員に合図する 区域外へ退去　車両から降りる　通行車両に注意　アスファルトをはがす 上空の障害物に注意　スイッチ操作
	車両の位置を合わせる　粉砕機の位置を合わせる　粉砕する 旋回する　60°前後　MAX90°　前進　後進　振動のある作業 騒音のある作業　補助員のいる機械作業
5－1）取り壊し アスファルト 人手（スコップ） 関連機材：スコップ	区域を注視する　左右を見る　歩く　走る　スコップを持ち運ぶ 廃材を手で作業区域に入れる　しゃがみ込む 廃材を足で作業区域に入れる　見上げる　見おろす　立つ
	建設機械の近くでの作業　車道側での作業　騒音のある作業 飛散物のある作業
5－2）取り壊し アスファルト 人手（ホウキ） 関連機材：ホウキ	区域を注視する　左右を見る　歩く　走る　しゃがみ込む ホウキを持ち運ぶ　廃材を手で作業区域に入れる　ホウキではく 廃材を足で作業区域に入れる　見上げる　見おろす　立つ
	建設機械の近くでの作業　車道側での作業　騒音のある作業 飛散物のある作業
6）切削機操縦 関連機材：切削機	建設機械に乗り込む　シートに座る　区域を注視する　見上げる 見おろす　アクセル操作　レバー操作　作業員に合図する 区域外へ退去　車両から降りる　通行車両に注意　スイッチ操作
	車両の位置を合わせる　ブレード（切削部）を合わせる　騒音のある作業 廃材のコンベアをダンプの荷台に合わせる　前進しながら切削する
7）切削機誘導 関連機材：特になし	区域を注視する　見上げる　見おろす　左右を見る　歩く しゃがみ込む　立つ　走る　手で合図する（手を振る）　大声で合図する ダンプの屋根に登る　ダンプの屋根から降りる
	建設機械の近くでの作業　騒音のある作業
8）アスファルトカッター 関連機材： アスファルトカッター	作業区域へ運ぶ　エンジンを始動する　区域を注視する　見上げる 見おろす　左右を見る　歩く　走る　しゃがみ込む　スイッチ操作
	（一般車両近くでの作業）　カッターを押しアスファルトをカット 切断汚れを処理する　騒音のある作業　飛散物のある作業

表－9.3.2.1－1　ビデオ分析による作業工程からの作業要素の抽出「a. 道路維持修繕工」（その2）

9）小型ブレーカー 関連機材： ハンドブレーカー	作業区域へ運ぶ　左右を見る　区域を注視する　見上げる　見おろす 両手で道具を使う　しゃがみ込む　歩く　立つ　エンジンを始動する 区域外へ退去　道具を倒れないように支持する　スイッチ操作
	建設機械の近くでの作業　振動のある作業　騒音のある作業 飛散物のある作業
10）掘削　油圧・シャベル 関連機材：バックホウ	建設機械に乗り込む　シートに座る　区域を注視する　見上げる　見おろす 作業員に合図する　アクセル操作　レバー操作　車両から降りる 通行車両に注意　地下の障害物に注意　上空の障害物に注意　スイッチ操作
	車両の位置を合わせる（前進・後進）　バケットで掘る（掘削） バケットの位置を合わせる（掘削）（つみおろし）　土砂を集める 土砂をすくう　土砂をおろす　旋回する（90°，180°） クラクションで合図　区域外へ退去　振動のある作業 騒音のある作業　視野の限られた作業　補助員のいる機械作業
11）土砂の除去（手） 関連機材：特になし	作業区域へ移動　左右を見る　区域を注視する　見上げる　見おろす 手で合図する（手を振る）　しゃがみ込む　廃材を手で作業区域へ入れる 廃材を足で作業区域へ入れる　歩く　立つ　区域外へ退去
	建設機械の近くでの作業　車道側での作業　騒音のある作業 飛散物のある作業
12）土砂の除去（スコップ） 関連機材：スコップ	作業区域へ運ぶ　左右を見る　区域を注視する　見上げる　見おろす 両手で道具を使う　手で合図する（手を振る）　スコップを持ち運ぶ 歩く　立つ　土砂をスコップで作業区域内へ入れる　区域外へ退去
	建設機械の近くでの作業　車道側での作業　騒音のある作業 飛散物のある作業
13）土砂の除去（ホウキ） 関連機材：ホウキ	作業区域へ運ぶ　左右を見る　区域を注視する　見上げる　見おろす ホウキを持ち運ぶ　手で合図する（手を振る）　ホウキではく 歩く　立つ　両手で道具を使う　区域外へ退去
	建設機械の近くでの作業　車道側での作業　騒音のある作業 飛散物のある作業
14）掘削　検査・管理 関連機材：検査用棒	左右を見る　区域を注視する　見上げる　見おろす　区域外へ退去　歩く 手で合図する（手を振る）　棒を持って深さを測る　しゃがみ込む　立つ 字を書く　写真を取る
	建設機械の近くでの作業
15）掘削　誘導 関連機材：特になし	区域を注視する　見上げる　見おろす　左右を見る　大声で合図する 手で合図する（手を振る）　しゃがみ込む　歩く　立つ　区域外へ退去
	建設機械の近くでの作業　車道側での作業
16）下層　ブルドーザー 関連機材：ブルドーザー	建設機械に乗り込む　シートに座る　区域を注視する　見上げる　見おろす 振り返って後ろを見る　アクセル操作　レバー操作　作業員に合図する 車両から降りる　スイッチ操作
	車両の位置を合わせる（前進・後進）　ブレードを合わせる 土砂を均す　土砂を集める　土砂をすくう　前進する　後進する クラクションで合図　区域外へ退去　土砂の山を乗り越える 土を押す　ブレードの上下（細かい）　振動のある作業　騒音のある作業 視野の限られた作業　補助員のいる機械作業

表－9.3.2.1－1　ビデオ分析による作業工程からの作業要素の抽出「a. 道路維持修繕工」（その3）

17）下層　モーターグレーダー 関連機材： モーターグレーダー	建設機械に乗り込む　シートに座る　区域を注視する　見上げる　見おろす 振り返って後ろを見る　アクセル操作　レバー操作　作業員に合図する 車両から降りる　スイッチ操作
	車両の位置を合わせる（前進・後進）　ブレードを合わせる 土砂を均す　前進する　クラクションで合図　区域外へ退去 振動のある作業　騒音のある作業　補助員のいる機械作業
18）下層　マカダムローラー 関連機材： マカダムローラー	建設機械に乗り込む　シートに座る　区域を注視する　見上げる　見おろす 振り返って後ろを見る　アクセル操作　レバー操作　作業員に合図する 車両から降りる　進行方向を定める　ハンドルを操作する 体を乗り出し前方確認　スイッチ操作
	車両の位置を合わせる（前進）複数の建設機械が稼働　視野の限られた作業 土砂を均す　前進する　後進する　クラクションで合図　区域外へ退去
19）下層　タイヤローラー 関連機材：タイヤローラー	建設機械に乗り込む　シートに座る　区域を注視する　見上げる　見おろす 振り返って後ろを見る　アクセル操作　レバー操作　作業員に合図する 車両から降りる　進行方向を定める　ハンドルを操作する 体を乗り出し前方確認　運転席をかわる　スイッチ操作
	車両の位置を合わせる（前進）複数の建設機械が稼働　視野の限られた作業 土砂を均す　前進する　後進する　クラクションで合図　区域外へ退去 水をまきながらの作業
20－1）下層　敷均補助 （人手）（スコップ） 関連機材：スコップ	区域を注視する　見上げる　見おろす　左右を見る　大声で合図する 手で合図する（手を振る）　しゃがみ込む　スコップを持ち運ぶ　歩く 立つ　両手で道具を使う　スコップで土砂を投げる　区域外へ退去
	建設機械の近くでの作業　騒音のある作業　熱のある作業
20－2）下層　敷均補助 （人手）（ホウキ） 関連機材：ホウキ	区域を注視する　見上げる　見おろす　左右を見る　大声で合図する 手で合図する（手を振る）　しゃがみ込む　ホウキを持ち運ぶ　歩く 立つ　両手で道具を使う　ホウキではく　区域外へ退去
	建設機械の近くでの作業　騒音のある作業　熱のある作業
21）下層　湧き水処理 関連機材：ポンプ	作業区域へ運ぶ　エンジンを始動する　区域を注視する　見上げる 見おろす　左右を見る　大声で合図する　手で合図する（手を振る） しゃがみ込む　スコップを持ち運ぶ　両手で道具を使う　歩く　立つ 区域外へ退去　スイッチ操作
	建設機械の近くでの作業　湧き水を汲み上げ処理
22）下層　検査・管理 関連機材：検査用棒	左右を見る　区域を注視する　見上げる　見おろす　区域外へ退去　歩く 手で合図する（手を振る）　棒を持って深さを測る　しゃがみ込む　立つ 字を書く　写真を取る
	建設機械の近くでの作業
23）タンパによる転圧 関連機材：タンパ プレート	作業区域へ運ぶ　エンジンを始動する　しゃがみ込む　左右を見る 区域を注視する　見上げる　見おろす　大声で合図する　歩く　立つ 手で合図する（手を振る）　両手で道具を使う　両手で道具を押す プレートに油を塗る　プレートを移動する　区域外へ退去　スイッチ操作
	建設機械の近くでの作業　車道側での作業　振動のある作業 熱のある作業　悪臭のある作業　騒音のある作業

表－9.3.2.1－1　ビデオ分析による作業工程からの作業要素の抽出「a. 道路維持修繕工」（その4）

24）下層　誘導 関連機材：特になし	区域を注視する　見上げる　見おろす　左右を見る　大声で合図する 手で合図する（手を振る）　しゃがみ込む　歩く　立つ　区域外へ退去
	建設機械の近くでの作業　車道側での作業
25）上層　乳剤散布 関連機材：スプレーヤー	作業区域へ運ぶ　エンジンを始動する　しゃがみ込む　左右を見る 区域を注視する　見上げる　見おろす　大声で合図する　歩く　立つ 手で合図する（手を振る）　両手で道具を使う　両手で道具を押す スプレヤーを押す　ホースより乳剤を散布　区域外へ退去　スイッチ操作
	建設機械の近くでの作業　悪臭のある作業　汚れ作業
26）アスファルトフィニシャー 関連機材： アスファルトフィニシャー	建設機械に乗り込む　シートに座る　区域を注視する　見上げる　見おろす 振り返って後ろを見る　棒を使って高さを測る　アクセル操作 レバー操作　作業員に合図する　進行方向を定める　車両から降りる ハンドルを操作する　スイッチ操作
	車両の位置を合わせる（前進）　joint 部に合材を多めに出す ホッパーを広げる　ダンプから合材をうける　高さを調節　敷均幅の調整 前進する　後進する　クラクションで合図　区域外へ退去　熱のある作業 悪臭のある作業　騒音のある作業　補助員のいる機械作業
27）上層　レーキ作業 関連機材：レーキ	作業区域へ運ぶ　しゃがみ込む　区域を注視する　見上げる　見おろす 左右を見る　手で合図する（手を振る）　大声で合図する　歩く　立つ 両手で道具を使う　両手で道具を押す　両手で道具を引く　区域外へ退去 レーキを持ち運ぶ　中腰になる　道具で台材をたたく
	建設機械の近くでの作業　車道側での作業　熱のある作業　悪臭のある作業
28）上層　スコップ 関連機材：スコップ	作業区域へ運ぶ　しゃがみ込む　区域を注視する　見上げる　見おろす 左右を見る　手で合図する（手を振る）　大声で合図する　歩く　立つ 両手で道具を使う　両手で道具を押す　両手で道具を引く　区域外へ退去 スコップで土砂（合材）を投げる　スコップを持ち運ぶ
	建設機械の近くでの作業　熱のある作業　悪臭のある作業
29）上層　マカダムローラー 関連機材： マカダムローラー	建設機械に乗り込む　シートに座る　区域を注視する　見上げる　見おろす 振り返って後ろを見る　アクセル操作　レバー操作　作業員に合図する 車両から降りる　進行方向を定める　ハンドルを操作する 体を乗り出し前方確認　スイッチ操作
	車両の位置を合わせる（前進）　複数の建設機械が稼働　視野の限られた作業 土砂を均す　前進する　後進する　クラクションで合図　区域外へ退去
30）上層　タイヤローラー 関連機材：タイヤローラー	建設機械に乗り込む　シートに座る　区域を注視する　見上げる　見おろす 振り返って後ろを見る　アクセル操作　レバー操作　作業員に合図する 車両から降りる　進行方向を定める　ハンドルを操作する 体を乗り出し前方確認　運転席をかわる　スイッチ操作
	車両の位置を合わせる（前進）　複数の建設機械が稼働　視野の限られた作業 土砂を均す　前進する　後進する　クラクションで合図　区域外へ退去 水をまきながらの作業　湯気の立ちのぼっているなかでの作業
31）上層　誘導 関連機材：特になし	区域を注視する　見上げる　見おろす　左右を見る　大声で合図する 手で合図する（手を振る）　しゃがみ込む　歩く　立つ　区域外へ退去
	建設機械の近くでの作業　車道側での作業　悪臭のある作業

表－9.3.2.1－1　ビデオ分析による作業工程からの作業要素の抽出「a. 道路維持修繕工」（その5）

32）上層　検査・管理 関連機材：検査用棒	左右を見る　区域を注視する　見上げる　見おろす　区域外へ退去　歩く 手で合図する（手を振る）　棒を持って深さを測る　しゃがみ込む　立つ 字を書く　写真を取る
	建設機械の近くでの作業　悪臭のある作業
33－1）上層　段差すりつけ （タンパ） 関連機材：タンパ プレート	作業区域へ運ぶ　左右を見る　区域を注視する　見上げる　見おろす 手で合図する（手を振る）　大声で合図する　歩く　立つ 両手で道具を使う　両手で道具を押す 両手で道具を引く　しゃがみ込む　区域外へ退去 エンジンを始動する　タンパの上を手で押さえる　プレートに油を塗る プレートを移動する　スイッチ操作
	建設機械の近くでの作業　車道側での作業　振動のある作業　熱のある作業 悪臭のある作業
33－2）上層　段差すりつけ （レーキ） 関連機材：レーキ	作業区域へ運ぶ　左右を見る　区域を注視する　見上げる　見おろす 手で合図する（手を振る）　大声で合図する　歩く　立つ 両手で道具を使う　両手で道具を押す 両手で道具を引く　しゃがみ込む　区域外へ退去
	建設機械の近くでの作業　車道側での作業　振動のある作業　熱のある作業 悪臭のある作業
33－3）上層　段差すりつけ （スコップ） 関連機材：スコップ	作業区域へ運ぶ　左右を見る　区域を注視する　見上げる　見おろす 手で合図する（手を振る）　大声で合図する　歩く　立つ 両手で道具を使う　両手で道具を押す　スコップで土砂（合材）を投げる 両手で道具を引く　しゃがみ込む　区域外へ退去　スコップを持ち運ぶ
	建設機械の近くでの作業　車道側での作業　振動のある作業　熱のある作業 悪臭のある作業
34）道路開放　機材の撤去 関連機材：バイロン 規制用車両	歩く　走る　バイロンを持ち運ぶ　左右を見る　規制用車両を移動する
	車両の通行をさえぎる　一般通行車両の中での作業
35）トラクターシャベル操縦 関連機材： トラクターシャベル	建設機械に乗り込む　シートに座る　区域を注視する　見上げる　見おろす 振り返って後ろを見る　ハンドルを操作する　アクセル操作 レバー操作　作業員に合図する　進行方向を定める　車両から降りる スイッチ操作
	車両の位置を合わせる（前進）　バケットで掘る（掘削） バケットの高さを合わせる（掘削）（つみおろし）　土砂をおろす 土砂をすくう　前進する　後進する　クラクションで合図　区域外へ退去 複数の建設機械が稼働　土砂の山を乗り越える　振動のある作業 騒音のある作業

表－9.3.2.1－1　ビデオ分析による作業工程からの作業要因の抽出「b. 土工」（その1）

① 掘削　油圧シャベル 関連機材：バックホウ	建設機械に乗り込む　シートに座る　区域を注視する　見上げる　見おろす 作業員に合図する　アクセル操作　レバー操作　車両から降りる　スイッチ操作
	車両の位置を合わせる（前進・後進）　バケットで掘る（掘削） バケットの位置を合わせる（掘削）（つみおろし）　土砂を集める 土砂をすくう　土砂をおろす　旋回する（90°，180°） クラクションで合図　区域外へ退去　振動のある作業　騒音のある作業
② 運搬　ダンプ操縦 関連機材：ダンプ	建設機械に乗り込む　シートに座る　区域を注視する　見上げる　見おろす 振り返って後ろを見る　棒を使って高さを調節　アクセル操作　レバー操作 作業員に合図する　進行方向を定める　ハンドルを操作する　車両から降りる スイッチ操作
	車両の位置を合わせる（前進）　荷台をあげる　荷台をあげたまま前進する 荷台をあげたまま後進する　荷台をおろす　土砂をおろす　前進する　後進する クラクションで合図　右折　左折　区域外へ退去
③ 運搬　誘導 関連機材：特になし	滑りやすいところを走る　移動する　待避する　作業員に合図する
④ 敷均　油圧シャベル操縦 関連機材：バックホウ	建設機械に乗り込む　シートに座る　区域を注視する　見上げる　見おろす 作業員に合図する　アクセル操作　レバー操作　車両から降りる　スイッチ操作
	車両の位置を合わせる（前進・後進）　バケットで掘る（掘削） バケットの位置を合わせる（掘削）（つみおろし）　土砂を集める 土砂をすくう　土砂をおろす　旋回する（90°，180°） クラクションで合図　区域外へ退去　振動のある作業　騒音のある作業
⑤ 敷均 大型ブルドーザー操縦 関連機材： 大型ブルドーザー	建設機械に乗り込む　シートに座る　区域を注視する　見上げる　見おろす 作業員に合図する　アクセル操作　レバー操作　車両から降りる 振り返って後ろを見る　スイッチ操作
	車両の位置を合わせる（前進・後進）　傾斜面を敷均す　土砂を乗り越える ブレードを合わせる　土砂を均す　土砂を集める　土砂をすくう　前進する 後進みる　クラクションで合図　区域外へ退去　振動のある作業 騒音のある作業
⑥ 法面均し 小型ブルドーザー操縦 関連機材： 小型ブルドーザー	建設機械に乗り込む　シートに座る　区域を注視する　見上げる　見おろす 作業員に合図する　アクセル操作　レバー操作　車両から降りる 振り返って後ろを見る　スイッチ操作
	車両の位置を合わせる（前進・後進）　傾斜面を敷均す　土砂を乗り越える ブレードを合わせる　土砂を均す　土砂を集める　土砂をすくう　前進する 後進する　クラクションで合図　区域外へ退去　振動のある作業 騒音のある作業
⑦ トラック道　調整 関連機材：バックホウ 鉄板	建設機械に乗り込む　シートに座る　区域を注視する　見上げる　見おろす 作業員に合図する　アクセル操作　レバー操作　車両から降りる　スイッチ操作
	車両の位置を合わせる（前進・後進）　鉄板をバケットではさむ バケットの位置を合わせる（掘削）（つみおろし）　鉄板を持ち上げる 鉄板を持ち上げたまま移動する　鉄板を降ろす　旋回する（90°，180°） クラクションで合図　区域外へ退去
⑧ 掘削底部敷均 関連機材：バックホウ	建設機械に乗り込む　シートに座る　区域を注視する　見上げる　見おろす 作業員に合図する　アクセル操作　レバー操作　車両から降りる　スイッチ操作
	車両の位置を合わせる（前進・後進）　土砂を集める　土砂をすくう バケットの位置を合わせる（掘削）（つみおろし）　土砂を降ろす 旋回する（90°，180°）　クラクションで合図　区域外へ退去 騒音のある作業
⑨ 散水車 関連機材：散水車	建設機械に乗り込む　シートに座る　区域を注視する　見上げる　見おろす 振り返って後ろを見る　棒を使って高さを調節　アクセル操作　レバー操作 作業員に合図する　進行方向を定める　ハンドルを操作する　車両から降りる バルブ調整　スイッチ操作
	水をまく　前進する　後進する　クラクションで合図　右折　左折 区域外へ退去

表－9.3.2.1－1　ビデオ分析による作業工程からの作業要素の抽出「c. 護岸堤工」（その1）

(1) 積み込み　トレーラー運転 関連機材：トレーラー	トレーラーに乗り込む　シートに座る　アクセル操作　レバー操作 区域を注視する　見上げる　見おろす　ハンドルを操作する　区域を指示 手で合図する（手を振る）　車両かむ降りる　スイッチ操作
	アウトリガを出す　市街地を抜けて運送　前進する　クラクションで合図
(2) 積み込み　玉掛け 関連機材：ワイヤー	両手でワイヤーを掴む　ワイヤーを引っ張る　ワイヤーをフックに掛ける ワイヤーをブロックの下に通す　歩く　立つ　待避する　見上げる　見おろす 左右を見る　手で合図する（手を振る）　大声で合図する
	陸上での作業
(3) 積み込み　クレーン操縦 関連機材：クレーン	建設機械に乗り込む　シートに座る　作業区域へ移動　アクセル操作 レバー操作　区域を注視する　見上げる　見おろす　作業員に合図する 振り返って後ろを見る　車両から降りる　スイッチ操作
	車両の位置を合わせる（前進・後進）　アウトリガを出す　区域外へ退去 アームを旋回する（90°, 180°）　ワイヤーを巻き上げる ワイヤーをおろす　クラクションで合図　区域外へ退去　騒音のある作業 補助員のいる機械作業
(4) 積み込み　玉外し 関連機材：ワイヤー	両手でワイヤーを掴む　ワイヤーを引っ張る　ワイヤーをフックから外す 歩く　立つ　待避する　見上げる　見おろす　左右を見る　区域を指示 手で合図する（手を振る）　大声で合図する
	台船上での作業
(5) 護岸補助 関連機材：ロープ さお	ロープを引っ張る　ロープを投げる　ロープを巻く　歩く　立つ　待避する 左右を見る　さおで船を押し出す　区域を指示　手で合図する（手を振る） 大声で合図する
	台船上での作業
(6) 操船 関連機材：ひき船	エンジンを始動する　ハンドルを操作する　アクセル操作　レバー操作 歩く　立つ　左右を見る　手で合図する（手を振る）　大声で合図する スイッチ操作
	台船を引く作業　海上の移動　騒音のある作業　操船
(7) 移動　船の固定 関連機材：ロープ さお	エンジンを始動する　ロープを引っ張る　ロープを投げる　ロープを巻く 歩く　立つ　左右を見る　台船間を飛び越える　手で合図する（手を振る） 大声で合図する　スイッチ操作
	2台の台船を固定する作業
(8) 据え付け　玉掛け 関連機材：ワイヤー	両手でワイヤーを掴む　ワイヤーを引っ張る　ワイヤーをフックに掛ける ワイヤーをブロックの下に通す　中腰になる　歩く　立つ　待避する 台船間を飛び越える　手で合図する（手を振る）　大声で合図する
	台船上での作業
(9) 据え付け　海中部敷均 関連機材：潜水具	潜水用具をつける　左右を見る　見上げる　見おろす　捨て石を持つ 捨て石を移動する　鉄尺を移動する　潜水する　浮上する　待避する 有線で会話する　中腰になる　移動する　泳ぐ
	海中に潜っての作業　視野の限られた作業　汚れ作業
(10) 据え付け 海中部位置合わせ 関連機材：有線	潜水用具をつける　左右を見る　見上げる　見おろす　有線で位置を指示する 潜水する　浮上する　待避する　有線で会話する　中腰になる　移動する 泳ぐ
	海中に潜っての作業　視野の限られた作業　汚れ作業

表－9.3.2.1－1　ビデオ分析による作業工程からの作業要素の抽出「c. 離岸堤工」（その2）

(11) 据え付け　海中部玉外し 関連機材：自動玉外し機 さお ワイヤー	潜水用具をつける　左右を見る　見上げる　見おろす　両手でワイヤーを掴む ワイヤーを引っ張る　ワイヤーをフックから外す　潜水する　浮上する 有線で会話する　中腰になる　移動する　待避する　有線で位置を指示する 泳ぐ
	海中に潜っての作業　視野の限られた作業　汚れ作業
(12) 据え付け 海面部位置合わせ 関連機材：さお	左右を見る　見上げる　見おろす　ブロック上での移動　海中部での移動 さおを使ってブロックの調整　待避する　海中での指示 中腰になる　ブロックの上から指示　移動する　手で合図する（手を振る） 大声で合図する
	ブロック上での作業
(13) 据え付け　海面部玉外し 関連機材：さお ワイヤー	左右を見る　見上げる　見おろす　ブロック上での移動　海中部での移動 ワイヤーをフックから外す　待避する　大声で合図する 中腰になる　ブロックの上から指示　移動する　手で合図する（手を振る）
	ブロック上での作業
(14) 据え付け 海上部位置合わせ 関連機材：さお ワイヤー	左右を見る　見上げる　見おろす　ブロック上での移動　海中部での移動 さおを使ってブロックの調整　待避する　海中での指示 中腰になる　ブロックの上から指示　移動する　手で合図する（手を振る） 大声で合図する
	ブロック上での作業
(15) 据え付け　海上部玉外し 関連機材：さお ワイヤー	左右を見る　見上げる　見おろす　ブロック上での移動　海中部での移動 ワイヤーをフックから外す　待避する　大声で合図する 中腰になる　ブロックの上から指示　移動する　手で合図する（手を振る）
	ブロック上での作業
(16) 据え付け　クレーン操縦 関連機材：台船式クレーン	建設機械に乗り込む　シートに座る　アクセル操作　レバー操作 区域を注視する　見上げる　見おろす　作業員に合図する　台船上での作業 振り返って後ろを見る　車両から降りる　スイッチ操作
	旋回する（90°，180°）　ワイヤーを巻き上げる ワイヤーをおろす　アームを左右に細かく動かす　クラクションで合図 区域外へ退去　騒音のある作業　補助員のいる機械作業
(17) 据え付け 船のアンカー移動 （ウインチの操作により台船の移動） 関連機材：ウインチ ロープ	レバー操作　待避する　ワイヤーの固定　ウインチ操作　スイッチ操作
	台船上での作業
(18) 据え付け 潜水夫の海中・海面移動 関連機材：潜水用具	潜水用具をつける　海中に潜っての作業　潜水する　泳ぐ　浮上する 海中部での移動
(19) 据え付け　ブロック上での 作業員の移動 関連機材：特になし	ブロック上での移動　移動する　待避する　陸上での移動

表－9.3.2.1－2　作業要素の抽出と作業特性評価項目の作成結果（その1）

かがみ込む・中腰姿勢での作業
- Dしゃがみ込む
- DS中腰になる
- Dプレートに油を塗る
- Dプレートを移動する
- Sワイヤーをブロックの下に通す

歩行作業（歩行>立ち）
- DS歩く

立ち作業（立ち>歩行）
- DS立つ

座り作業
- DTSシートに座る

指示・誘導を受けて行う作業

指示・誘導を出す作業　※要素は共通
- DTS作業員に合図する
- S区域を指示
- DS手で合図する（手を振る）
- S有線で位置を指示する
- DS大声で合図する
- S有線で会話する
- S海中での指示
- Sブロック上からの指示
- DTSクラクションで合図

他人と息を合わせて行う協同作業（機械同志，人と人，人と機械）
- D廃材のコンベアをダンプの荷台に合わせる
- Dホッパーを広げる
- Dダンプから合材を受ける

振動のある作業
- Dタンパの上を押さえる
- DTS振動のある作業

騒音のある作業
- DTS騒音のある作業

死角・障害物で視野の限られた<見えない>作業
- DTS視野の限られた作業
- D体を乗りだし前方確認
- DTS振り返って後ろを見る

視野の悪いところでの<見づらい>作業（湯気の立ち上っている中や，海中のニゴリなど）
- D湯気の立ち上っている中での作業

悪臭のある中での作業
- DTS悪臭のある作業

熱を受ける作業
- DTS熱のある作業

粉塵の中での作業
- DTS粉塵のある作業

飛散物のある中での作業
- DTS飛散物のある作業

汚れ作業
- DTS汚れ作業

水・液体などを取り扱う作業
- D切断汚水を処理
- D湧き水を汲み上げ処理
- DT水をまく
- Dホースより乳散を散布

背丈より高い位置の物を操作する作業
- S両手でワイヤーをつかむ
- Sワイヤーを引っ張る
- （Sワイヤーをフックにかける）
- （Sワイヤーをフックから外す）

重量物の取付け・取り外し作業
- Sワイヤーをフックにかける
- Sワイヤーをフックから外す

重量物を持ち上げて動かす（持ち運び・投げる）作業
- S捨て石を持つ
- S捨て石を移動する
- D土砂をスコップで作業区域内へ移動する
- Dスコップで土砂（合材）を投げる
- D廃材を手で作業区域に入れる
- Sロープを投げる

力をこめて物を押す作業
- Sさおで船を押し出す
- D両手で力を込めて道具を押し出す
- DTS道具を倒れないように支持する
- D道具で合材をたたく
- D廃材を足で作業区域に入れる
- D照明機材を押す

力をこめて物を引く作業
- Sロープを巻く
- D両手で力をこめて道具を引く
- DS（手動）エンジンを始動する
- S鉄尺を移動する

すばやく体を動かす必要のある作業
- D区域外へ退去
- D走る
- D運転席をかわる
- S移動する
- S待避する
- S作業区域へ移動

高い場所での作業・移動

不安定な足場での作業・移動
- Sブロック上での移動
- S台船間を飛び越える
- Sブロック上での作業
- S台船上での作業

登り降りを伴う作業
- Dダンプの屋根に登る
- Dダンプの屋根から降りる

軽量物の持ち運び作業
- D作業区域へ運ぶ
- Dホウキを持ち運ぶ
- Dバイロンを持ち運ぶ
- Dスコップを持ち運ぶ
- Dレーキを持ち運ぶ

作業工程の管理作業
- DTS字を書く
- DTS写真を撮る

計測作業
- D棒を持って深さを測る
- D棒を使って高さを測る

D：道路維持修繕工　T：土工　S：護岸堤工

表－9.3.2.1－2　作業要素の抽出と作業特性評価項目の作成結果（その2）

人手作業（小型機械を含まない）
- Dホウキではく
- D照明機材のアームをあげる
- D照明機材の方向を定める
- D両手で道具を使う

小型機械を用いる人手作業
- Dカッターを押してアスファルトをカット
- Dスプレーヤーを押す

建設機械操縦
- DTS建設機械に乗り込む
- DTS車両から降りる

船の運転
- S操船

車両の運転
- D規制車両を移動する
- DT左折
- DT右折
- DTS区域外へ退去

スイッチ操作
- DTSスイッチ操作

レバー操作
- DTSレバー操作

ハンドル操作
- DTSハンドル操作

アクセル操作
- DTSアクセル操作

共通に含まれる動き
- ウインチ操作
- ワイヤーの固定
- 荷台をあげる
- 荷台をおろす
- joint部に合材を多めに出す

建設機械の前後移動操作
- DTS前進
- DTS後進
- DTS車両の位置を合わせる
- DTS進行方向を合わせる

建設機械の狭い角度での旋回動作
- DTS旋回する（90度）
- DTS旋回する（60～90度）

建設機械の広い角度での旋回動作
- DT旋回する（180度）

共通
- Tバケットの位置を合わせる
- 粉砕機の位置を合わせる
- バケットの高さを合わせる

建設機械による重量物の持ち上げ・持ち運び操作
- T鉄板をバケットではさむ
- T鉄板を持ち上げる
- T鉄板を持ち上げたまま移動する
- T鉄板をおろす
- DTバケットで掘る
- DT土砂をすくう
- DT土砂を集める
- DT土砂をおろす
- Sワイヤーを巻き上げる
- Sワイヤーをおろす
- Sアームを左右に細かく動かす

地下の障害物に注意する作業
- D地下の障害物に注意する作業

上空の障害物に注意する作業
- D上空の障害物に注意する作業

一般車両に注意する作業
- D一般車両の近くでの作業
- D一般車両の通行を遮る作業
- D車道側での作業
- D通行車両に注意

建設機械との接触に注意する作業
- D建設機械の近くでの作業
- D複数の建設機械が稼働

人との接触に注意する作業
- DS補助員のいる機械作業

動力源との接触に注意する作業
- DTS動力の発生する機械作業

共通する動き
- DTS見上げる
- DTS見おろす
- DTS区域を注視する
- DTS左右をみる

すばやい判断を必要とする作業
- Sさおを使ってブロックの調整

高い精度が要求される作業
- DT土砂を均す
- （DT土を押す）（Dアスファルトをはがす）
- （D粉砕する）　（D前進しながら切削する）

細かい調整が必要な（可能な）建設機械・道具の操作
- DTブレードを合わせる
- DTブレードの上下（細かい）
- D高さを調整
- D敷均幅の調整
- Tバルブ調整

重心の高い状態での建設機械の操作
- T荷台をあげたまま前進する
- T荷台をあげたまま後進する
- Sアウトガを出す

不安定な場所・スベりやすい場所での建設機械操作
- T傾斜面を均す
- DT土砂の山を乗り越える
- DT土砂を乗り越える
- Tスベりやすいところを走る

海中作業
- S潜水用具をつける
- S海中に潜っての作業
- S潜水する
- S浮上する
- S海中部での移動
- S泳ぐ
- （S陸上での移動）

手順の複雑な作業

定型反復作業

その他の要求能力（15項目）

・記憶力	・協調性	・視聴覚能力
・学習能力	・筋力	・身体のバランス
・企画力	・敏捷性	・熟練度
・適応力	・持久力	・手先の器用さ
・技能	・集中力	

9.3.2.2　作業単位の設定

作業特性評価項目を利用して作業工程の類似性を評価することにより，作業単位の設定を行う。具体的な手順を図－9.3.2.2－1に示す。

図－9.3.2.2－1　作業単位の具体的な設定手順

①：各「作業工程」ごとに，「作業特性評価項目」を用いてその特性の有無を，ビデオ映像を見ながら評価した。その際に用いた評価シート例を表－9.3.2.2に示す。ビデオで観察しにくい箇所は，土木関係者の意見を聞くなどしてチェックに漏れのないよう注意した。またデータの信頼性を高くするために，評価は複数名で実施した。

②：評価結果のパターン分析を行うため，多変量解析（ウォード法によるクラスター分析：脚注参照）にかけ，個々の「作業工程」の類似度を評価した。

③：類似度の高いものを段階的に集約し，異なる工種の作業工程が統合されない程度にまで集約を進め，「作業単位」を設定した。

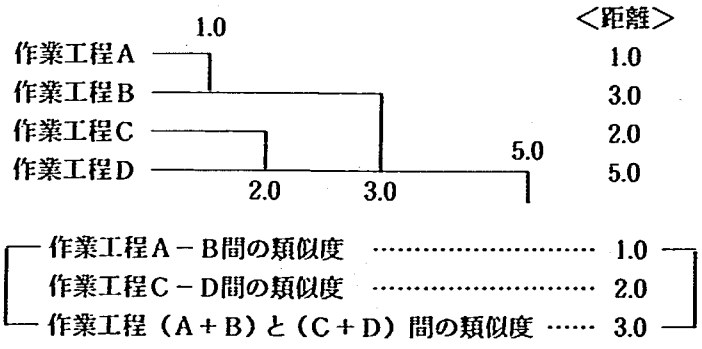
注：＜ウォード法によるクラスター分析＞

クラスター分析とは，複数個の特性（本調査では「作業特性評価項目」）により評価された要素間（本調査では「作業工程」）の類似度をもとに，各要素をいくつかのグループ（本調査では「作業単位」）に分類する手法である。クラスター分析としては階層的方法と呼ばれる方法がよく用いられる。階層的方法は，類似度の高い要素同士を併合して，順にいくつかの群（クラスター）にまとめあげていく方法で，その中でも最もポピュラーな手法がウォード法である。

ウォード法では，あるクラスターに属する全ての要素に関してクラスターの重心（平均値）からの距離の偏差平方和を求め，これが常に併合後に最小になるよう，クラスターの併合を進める。ウォード法によるクラスター分析の結果は樹系図状に示され，枝の長さが要素間，あるいは複数の要素からなるクラスター間の類似性を相対的に表したもの（短いほど類似度が高い）と考えればよい（正確に言えば，樹系図状での距離は併合後のクラスター内の偏差平方和を意味する）。

本調査では，作業工程同士の類似度が評価されて順にクラスターとして併合される。併合ステップが進めば進むほど多くの作業工程が集約され，設定作業単位数は少なくなる。

例)



併合第一ステップ：工程A，B，C，Dのそれぞれが個別作業単位の状態
併合第二ステップ：工程Aと工程Bだけが集約され，3つの作業単位の状態
併合第三ステップ：工程（A＋B）と工程（C＋D）の2つの作業単位の状態
併合第四ステップ：工程（A＋B＋C＋D）が1つの作業単位にまとまった状態

表－9.3.2.2　作業特性評価項目による作業工程の評価シート（例）

※〔工程×使用機材〕ごとにあてはまる要素に○をつける

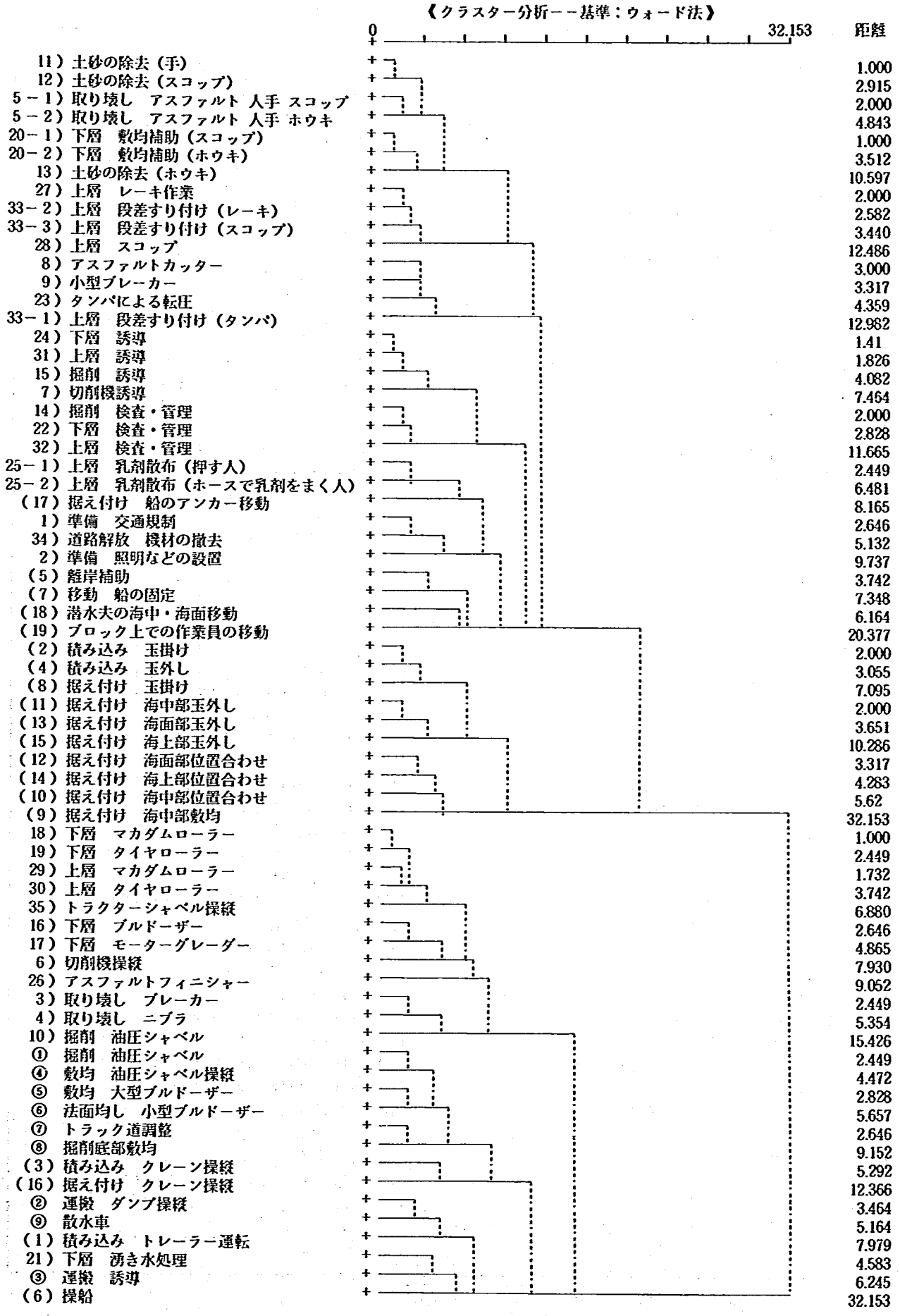
1）準備　交通規制	1. かがみ込み・中腰姿勢での作業 2. 歩行作業（歩行＞立ち） 3. 立ち作業（立ち＞歩行） 4. 座り作業 5. 指示・誘導を受けて行う作業 6. 指示・誘導を出す作業 7. 他人と息を合わせて行う協同作業 （機械同士・人と人・人と機械）	8. 振動のある作業 9. 騒音のある作業 10. 死角・障害物で視野の限られた＜見えない＞作業 11. 視野の悪いところでの＜見づらい＞作業（湯気の立っている中や海中のニゴリ等） 12. 悪臭のある中での作業 13. 熱を受ける作業 14. 粉塵の中での作業	15. 飛散物のある中での作業 16. 汚れ作業 17. 水・液体等を取り扱う作業 18. 背丈より高い位置の物を操作する作業 19. 重量物の取付・取外し作業 20. 重量物を持ち上げて動かす（持ち運び・投げる）作業 21. 力をこめて物を押す作業 22. 力をこめて物を引く作業	23. すばやく体を動かす必要のある作業 24. 高い場所での作業・移動 25. 不安定な足場での作業・移動 26. 登り降りを伴う作業 27. 軽量物の持ち運び作業 28. 作業工程の管理作業 29. 計画作業 30. 人手作業（小型機械を含まない）	31. 小型機械を用いる人手作業 32. 建設機械操縦 33. 船の運転 34. 車両の運転 35. スイッチ操作 36. レバー操作 37. ハンドル操作 38. アクセル操作 39. 建設機械の前後移動操作 40. 建設機械の狭い角度での旋回操作	41. 建設機械の広い角度での旋回操作 42. 建設機械による重量物の持ち上げ・持ち運び操作 43. 地下の障害物に注意する作業 44. 上空の障害物に注意する作業 45. 一般車両に注意する作業 46. 建設機械との接触に注意する作業 47. 人との接触に注意する作業 48. 動力源との接触に注意する作業 49. すばやい判断を必要とする作業	50. 高い精度が要求される作業 51. 細かい調整が必要な（可能な）建設機械・道具の操作 52. 重心の高い状態での建設機械操作 53. 不安定な場所・スベリやすい場所での建設機械操作 54. 海中作業
2）準備　照明などの設置	1. かがみ込み・中腰姿勢での作業 2. 歩行作業（歩行＞立ち） 3. 立ち作業（立ち＞歩行） 4. 座り作業 5. 指示・誘導を受けて行う作業 6. 指示・誘導を出す作業 7. 他人と息を合わせて行う協同作業 （機械同士・人と人・人と機械）	8. 振動のある作業 9. 騒音のある作業 10. 死角・障害物で視野の限られた＜見えない＞作業 11. 視野の悪いところでの＜見づらい＞作業（湯気の立っている中や海中のニゴリ等） 12. 悪臭のある中での作業 13. 熱を受ける作業 14. 粉塵の中での作業	15. 飛散物のある中での作業 16. 汚れ作業 17. 水・液体等を取り扱う作業 18. 背丈より高い位置の物を操作する作業 19. 重量物の取付・取外し作業 20. 重量物を持ち上げて動かす（持ち運び・投げる）作業 21. 力をこめて物を押す作業 22. 力をこめて物を引く作業	23. すばやく体を動かす必要のある作業 24. 高い場所での作業・移動 25. 不安定な足場での作業・移動 26. 登り降りを伴う作業 27. 軽量物の持ち運び作業 28. 作業工程の管理作業 29. 計画作業 30. 人手作業（小型機械を含まない）	31. 小型機械を用いる人手作業 32. 建設機械操縦 33. 船の運転 34. 車両の運転 35. スイッチ操作 36. レバー操作 37. ハンドル操作 38. アクセル操作 39. 建設機械の前後移動操作 40. 建設機械の狭い角度での旋回操作	41. 建設機械の広い角度での旋回操作 42. 建設機械による重量物の持ち上げ・持ち運び操作 43. 地下の障害物に注意する作業 44. 上空の障害物に注意する作業 45. 一般車両に注意する作業 46. 建設機械との接触に注意する作業 47. 人との接触に注意する作業 48. 動力源との接触に注意する作業 49. すばやい判断を必要とする作業	50. 高い精度が要求される作業 51. 細かい調整が必要な（可能な）建設機械・道具の操作 52. 重心の高い状態での建設機械操作 53. 不安定な場所・スベリやすい場所での建設機械操作 54. 海中作業
3）取り壊し　ブレーカー	1. かがみ込み・中腰姿勢での作業 2. 歩行作業（歩行＞立ち） 3. 立ち作業（立ち＞歩行） 4. 座り作業 5. 指示・誘導を受けて行う作業 6. 指示・誘導を出す作業 7. 他人と息を合わせて行う協同作業 （機械同士・人と人・人と機械）	8. 振動のある作業 9. 騒音のある作業 10. 死角・障害物で視野の限られた＜見えない＞作業 11. 視野の悪いところでの＜見づらい＞作業（湯気の立っている中や海中のニゴリ等） 12. 悪臭のある中での作業 13. 熱を受ける作業 14. 粉塵の中での作業	15. 飛散物のある中での作業 16. 汚れ作業 17. 水・液体等を取り扱う作業 18. 背丈より高い位置の物を操作する作業 19. 重量物の取付・取外し作業 20. 重量物を持ち上げて動かす（持ち運び・投げる）作業 21. 力をこめて物を押す作業 22. 力をこめて物を引く作業	23. すばやく体を動かす必要のある作業 24. 高い場所での作業・移動 25. 不安定な足場での作業・移動 26. 登り降りを伴う作業 27. 軽量物の持ち運び作業 28. 作業工程の管理作業 29. 計画作業 30. 人手作業（小型機械を含まない）	31. 小型機械を用いる人手作業 32. 建設機械操縦 33. 船の運転 34. 車両の運転 35. スイッチ操作 36. レバー操作 37. ハンドル操作 38. アクセル操作 39. 建設機械の前後移動操作 40. 建設機械の狭い角度での旋回操作	41. 建設機械の広い角度での旋回操作 42. 建設機械による重量物の持ち上げ・持ち運び操作 43. 地下の障害物に注意する作業 44. 上空の障害物に注意する作業 45. 一般車両に注意する作業 46. 建設機械との接触に注意する作業 47. 人との接触に注意する作業 48. 動力源との接触に注意する作業 49. すばやい判断を必要とする作業	50. 高い精度が要求される作業 51. 細かい調整が必要な（可能な）建設機械・道具の操作 52. 重心の高い状態での建設機械操作 53. 不安定な場所・スベリやすい場所での建設機械操作 54. 海中作業
4）取り壊し　ニブラ	1. かがみ込み・中腰姿勢での作業 2. 歩行作業（歩行＞立ち） 3. 立ち作業（立ち＞歩行） 4. 座り作業 5. 指示・誘導を受けて行う作業 6. 指示・誘導を出す作業 7. 他人と息を合わせて行う協同作業 （機械同士・人と人・人と機械）	8. 振動のある作業 9. 騒音のある作業 10. 死角・障害物で視野の限られた＜見えない＞作業 11. 視野の悪いところでの＜見づらい＞作業（湯気の立っている中や海中のニゴリ等） 12. 悪臭のある中での作業 13. 熱のある作業 14. 粉塵の中での作業	15. 飛散物のある中での作業 16. 汚れ作業 17. 水・液体等を取り扱う作業 18. 背丈より高い位置の物を操作する作業 19. 重量物の取付・取外し作業 20. 重量物を持ち上げて動かす（投ち運び・投げる）作業 21. 力をこめて物を押す作業 22. 力をこめて物を引く作業	23. すばやく体を動かす必要のある作業 24. 高い場所での作業・移動 25. 不安定な足場での作業・移動 26. 登り降りを伴う作業 27. 軽量物の持ち運び作業 28. 作業工程の管理作業 29. 計画作業 30. 人手作業（小型機械を含まない）	31. 小型機械を用いる人手作業 32. 建設機械操縦 33. 船の運転 34. 車両の運転 35. スイッチ操作 36. レバー操作 37. ハンドル操作 38. アクセル操作 39. 建設機械の前後移動操作 40. 建設機械の狭い角度での旋回操作	41. 建設機械の広い角度での旋回操作 42. 建設機械による重量物の持ち上げ・持ち運び操作 43. 地下の障害物に注意する作業 44. 上空の障害物に注意する作業 45. 一般車両に注意する作業 46. 建設機械との接触に注意する作業 47. 人との接触に注意する作業 48. 動力源との接触に注意する作業 49. すばやい判断を必要とする作業	50. 高い精度が要求される作業 51. 細かい調整が必要な（可能な）建設機械・道具の操作 52. 重心の高い状態での建設機械操作 53. 不安定な場所・スベリやすい場所での建設機械操作 54. 海中作業
5－1）取り壊し　アスファルト人手スコップ	1. かがみ込み・中腰姿勢での作業 2. 歩行作業（歩行＞立ち） 3. 立ち作業（立ち＞歩行） 4. 座り作業 5. 指示・誘導を受けて行う作業 6. 指示・誘導を出す作業 7. 他人と息を合わせて行う協同作業 （機械同士・人と人・人と機械）	8. 振動のある作業 9. 騒音のある作業 10. 死角・障害物で視野の限られた＜見えない＞作業 11. 視野の悪いところでの＜見づらい＞作業（湯気の立っている中や海中のニゴリ等） 12. 悪臭のある中での作業 13. 熱を受ける作業 14. 粉塵の中での作業	15. 飛散物のある中での作業 16. 汚れ作業 17. 水・液体等を取り扱う作業 18. 背丈より高い位置の物を操作する作業 19. 重量物の取付・取外し作業 20. 重量物を持ち上げて動かす（持ち運び・投げる）作業 21. 力をこめて物を押す作業 22. 力をこめて物を引く作業	23. すばやく体を動かす必要のある作業 24. 高い場所での作業・移動 25. 不安定な足場での作業・移動 26. 登り降りを伴う作業 27. 軽量物の持ち運び作業 28. 作業工程の管理作業 29. 計画作業 30. 人手作業（小型機械を含まない）	31. 小型機械を用いる人手作業 32. 建設機械操縦 33. 船の運転 34. 車両の運転 35. スイッチ操作 36. レバー操作 37. ハンドル操作 38. アクセル操作 39. 建設機械の前後移動操作 40. 建設機械の狭い角度での旋回操作	41. 建設機械の広い角度での旋回操作 42. 建設機械による重量物の持ち上げ・持ち運び操作 43. 地下の障害物に注意する作業 44. 上空の障害物に注意する作業 45. 一般車両に注意する作業 46. 建設機械との接触に注意する作業 47. 人との接触に注意する作業 48. 動力源との接触に注意する作業 49. すばやい判断を必要とする作業	50. 高い精度が要求される作業 51. 細かい調整が必要な（可能な）建設機械・道具の操作 52. 重心の高い状態での建設機械操作 53. 不安定な場所・スベリやすい場所での建設機械操作 54. 海中作業
5－2）取り壊し　アスファルト人手ホウキ	1. かがみ込み・中腰姿勢での作業 2. 歩行作業（歩行＞立ち） 3. 立ち作業（立ち＞歩行） 4. 座り作業 5. 指示・誘導を受けて行う作業 6. 指示・誘導を出す作業 7. 他人と息を合わせて行う協同作業 （機械同士・人と人・人と機械）	8. 振動のある作業 9. 騒音のある作業 10. 死角・障害物で視野の限られた＜見えない＞作業 11. 視野の悪いところでの＜見づらい＞作業（湯気の立っている中や海中のニゴリ等） 12. 悪臭のある中での作業 13. 熱を受ける作業 14. 粉塵の中での作業	15. 飛散物のある中での作業 16. 汚れ作業 17. 水・液体等を取り扱う作業 18. 背丈より高い位置の物を操作する作業 19. 重量物の取付・取外し作業 20. 重量物を持ち上げて動かす（持ち運び・投げる）作業 21. 力をこめて物を押す作業 22. 力をこめて物を引く作業	23. すばやく体を動かす必要のある作業 24. 高い場所での作業・移動 25. 不安定な足場での作業・移動 26. 登り降りを伴う作業 27. 軽量物の持ち運び作業 28. 作業工程の管理作業 29. 計画作業 30. 人手作業（小型機械を含まない）	31. 小型機械を用いる人手作業 32. 建設機械操縦 33. 船の運転 34. 車両の運転 35. スイッチ操作 36. レバー操作 37. ハンドル操作 38. アクセル操作 39. 建設機械の前後移動操作 40. 建設機械の狭い角度での旋回操作	41. 建設機械の広い角度での旋回操作 42. 建設機械による重量物の持ち上げ・持ち運び操作 43. 地下の障害物に注意する作業 44. 上空の障害物に注意する作業 45. 一般車両に注意する作業 46. 建設機械との接触に注意する作業 47. 人との接触に注意する作業 48. 動力源との接触に注意する作業 49. すばやい判断を必要とする作業	50. 高い精度が要求される作業 51. 細かい調整が必要な（可能な）建設機械・道具の操作 52. 重心の高い状態での建設機械操作 53. 不安定な場所・スベリやすい場所での建設機械操作 54. 海中作業

クラスター分析による作業工程の類似性の分析結果を図－9.3.2.2－2に示す。

次にこの類似性分析の結果に基づいて，全作業工程68工程に対し，類似性の高いものから段階的に集約を図った。31単位に集約した時点で，道路維持修繕工の作業工程「21. 下層 湧き水処理」と，土工の作業工程「③ 運搬 誘導」が同じ作業単位に集約されたため，その一つ前のステップで集約化を止め，32個の作業単位を設定した。その結果を図－9.3.2.2－3に示す。設定した作業単位は，＜ ＞で括った項目である。

設定作業単位をケース3工種別に見ると，道路維持修繕工が16単位，土工が4単位，離岸堤工が12単位である。

図－9.3.2.2－2　クラスター分析による作業工程の類似度評価結果



図－9.3.2.2－3　作業工程の集約化による作業単位の設定結果

＜a 1. 取り壊し　掘削補助作業＞
- 11）土砂の除去（手）
- 12）土砂の除去（スコップ）
- 5－1）取り壊し　アスファルト 人手 スコップ
- 5－2）取り壊し　アスファルト 人手 ホウキ

＜a 2. 敷均補助作業＞
- 20－1）下層　敷均補助（スコップ）
- 20－2）下層　敷均補助（ホウキ）
- 13）土砂の除去（ホウキ）

＜a 3. アスファルト敷均補助作業＞
- 27）上層　レーキ作業
- 33－2）上層　段差すり付け（レーキ）
- 33－3）上層　段差すり付け（スコップ）
- 28）上層　スコップ

＜a 4. 小型機械作業＞
- 8）アスファルトカッター
- 9）小型ブレーカー
- 23）タンパによる転圧
- 33－1）上層　段差すり付け（タンパ）

＜a 5. 湧き水処理作業＞
- 21）下層　湧き水処理

＜a 6. 誘導作業＞
- 24）下層　誘導
- 31）上層　誘導
- 15）掘削　誘導
- 7）切削機誘導

＜b 1. 特に法面での誘導作業＞
- ③　運搬　誘導

＜a 7. 検査・管理作業＞
- 14）掘削　検査・誘導
- 22）下層　検査・誘導
- 32）上層　検査・誘導

＜a 8. 乳剤散布作業＞
- 25－1）上層　乳剤散布（押す人）
- 25－2）上層　乳剤散布（ホースで乳剤をまく人）

＜c 1. 船のアンカー移動作業＞
- （17）据え付け　船のアンカー移動

＜a 9. 交通規制・解除作業＞
- 1）準備　交通規制
- 34）道路解放　機材の撤去

＜a 10. 照明などの設置作業＞
- 2）準備　照明などの設置

＜c 2. 船の接岸・離岸補助作業＞
- （5）離岸補助
- （7）船の移動　船の固定

＜c 3. 潜水夫の海中・海面移動作業＞
- （18）潜水夫の海中・海面移動

＜c 4. ブロック上での作業員の移動作業＞
- （19）ブロック上での作業員の移動

＜c5. 玉掛け作業＞
（積み込み　玉外し作業を含む）
- （2）積み込み　玉掛け
- （4）積み込み　玉外し
- （8）据え付け　玉掛け

＜c 6. 据え付け　玉外し作業＞
- （11）据え付け　海中部玉外し
- （13）据え付け　海面部玉外し
- （15）据え付け　海上部玉外し

＜c 7. 据え付け　位置合わせ作業＞
- （12）据え付け　海面部位置合わせ
- （14）据え付け　海上部位置合わせ
- （10）据え付け　海中部位置合わせ

＜c 8. 海中部敷均作業＞
- （9）据え付け　海中部敷均

＜a 11. ローラー系建設機械操縦作業＞
（トラクターシャベル操縦を含む）
- 18）下層　マカダムローラー
- 19）下層　タイヤローラー
- 29）上層　マカダムローラー
- 30）上層　タイヤローラー
- 35）トラクターシャベル操縦

＜a 12. 敷均建設機械操縦作業＞
- 16）下層　ブルドーザー
- 17）下層　モーターグレーダー

＜a 13. 切削機械操縦作業＞
- 6）切削機操縦

＜a 14. アスファルトフィニシャー操縦作業＞
- 26）アスファルトフィニシャー

＜a 15. 取り壊し　建設機械操縦作業＞
- 3）取り壊し　ブレーカー
- 4）取り壊し　ニブラ

＜b 2. 掘削・盛土を対象とする建設機械操縦作業＞
- ①　掘削　油圧シャベル
- ④　敷均　油圧シャベル操縦
- ⑤　敷均　大型ブルドーザー
- ⑥　法面均し　小型ブルドーザー

＜a 16. 特に狭所での掘削建設機械操縦作業＞
- 10）掘削　油圧シャベル

＜b 3. 建設機械による補助作業＞
- ⑦　トラック道調整
- ⑧　掘削底部敷均

＜c 9. 積み込み　クレーン操縦作業＞
- （3）積み込み　クレーン操縦

＜c 10. 据え付け　クレーン操縦作業＞
- （16）据え付け　クレーン操縦

＜b 4. 車両運転作業＞
- ②　運搬　ダンプ操縦
- ⑨　散水車

＜c 11. 積み込み　トレーラー運転作業＞
- （1）積み込み　トレーラー運転

＜c 12. 操船作業＞
- （6）操船

※ a 1～a 16：道路維持修繕工，b 1～b 4：土工，c 1～c 12：護岸堤工

9.3.3　苦渋性・危険性の評価尺度の設定

個々の苦渋性・危険性要因について，実際に作業の苦渋度，危険度を評価する際に用いる評価指標と尺度段階を設定する。

1）「土木作業に比較的一般的な苦渋性・危険性要因」の評価尺度の設定

「土木作業に比較的一般的な要因」の評価尺度は，できるだけ特定の工種に依存せずに普遍的な指標・段階となるよう留意して，設定を行った。具体的な設定方法を図－9.3.3.1に示す。

図－9.3.3.1　土木作業一般的な苦渋性・危険性要因の評価尺度の具体的な設定手順

①：評価指標の設定では，まず要因の内容を再度明確化した後，
- ＊要因の内容が適切に評価できる指標
- ＊できるだけ評価が簡単な指標
- ＊できるだけ定量性・再現性のある指標
- ＊既存研究等で裏付けのある指標
- ＊法律等で既に基準が設けられている指標

などのポイントに留意しながら，採用する指標の検討を行った。
具体的には，各種土木関連資料・文献や，産業人間工学関連文献，労働安全衛生関連法規などを収集し，これらの中から苦渋性・危険性要因それぞれについて該当する測定指標をピックアップした。何通りか測定の仕方が見いだされた要因は，その中で最も適当と思われる指標を採用した。また既存研究がほとんど存在しない要因に対しては，土木工事関係者へのヒアリングとブレインストーミングを重ねて，オリジナルに指標を設定した。

②：尺度段階の設定も，評価指標の場合と同じように文献研究を主体に，一部土木工事関係者へのヒアリングとブレインストーミングを通じて行い，原則，
- ＊Aレベル（段階1）…… 大多数の人間が強い苦渋性・危険性を感じる値（A値）以上
- ＊Bレベル（段階2）…… A～Cの境界域
- ＊Cレベル（段階3）…… 苦渋性・危険性が発生する下限閾値（C値）未満

の3段階に設定した。
このような尺度構成法にしたのは，
1. 作業者が受ける苦渋性といった心理評価で最も再現性のあるデータが得られるのが3段階尺度であること
2. 法規や文献を通じてA値とC値の値は比較的得やすいこと
3. 既存研究がなくても作業経験者ならA値・C値はイメージしやすいため，土木工事関係者へのヒアリングでも妥当な値が得られ，また後から実験的に検証できる可能性もあること

などが主な理由である。

評価尺度の設定結果を次頁以降に示す。

要因それぞれについて，「要因名」「苦渋性要因（苦），危険性要因（危）の区別」「要因の内容と指標の設定の考え方」「評価指標」「尺度段階」「指標・段階設定に際し参考とした出所」などを簡単に示した。

なお苦渋性，危険性いずれにも係わる要因は，苦渋性，危険性それぞれで異なる評価指標・尺度段階の検討を行ったが，現段階では精度よく個別の設定を行うことはできなかった。

土木作業に比較的一般的な　I．苦渋性要因，II．危険性要因

(1) 作業要因

1. 作業の実稼働時間の長さ（苦）

現場の施工量が決定されると各々の作業の標準の作業時間が算出される。ここでは苦渋を表現するために作業ごとの実稼働時間（手待ち時間等を除いた時間）を指標として利用する。（例えば全長30m×幅5m×深さ0.85mの現場でバックホウは120分/，乳剤散布は10分）

指標

実際に作業をした時間（手待ち時間を除く）

1. 60分以上かかる作業
2. 30～60分かかる作業
3. ～30分未満かかる作業

出所：「昨年度実査結果」

2. 重筋作業（苦）

作業によって必要とされる筋力の大きさには差があると考えられる。この差は，作業員に与える苦渋・危険に影響している。

指標

作業に必要とする力

1. 非常に大きな力が必要
2. 大きな力が必要
3. 大きな力は必要ない

3. 神経作業（苦・危）

神経を使う度合は作業の特性を表すとともに作業員の苦渋に強く影響を与えている。

指標

作業で神経を使う程度

1. 非常に神経を使う
2. 神経を使う
3. 神経を使わない

4. 不自然な姿勢の作業（苦）

作業の中には作業者に不自然な姿勢を強制するものがある。この不自然な姿勢の要求の程度は作業者の苦渋につながることが確認されている。今回の研究においては不自然な姿勢の発生の度合を「しゃがみこみ回数」を指標としてその作業の要求する不自然な姿勢の度合をとらえている。

指標

しゃがみこみの回数（作業中にしゃがみこむ回数）

1. 1時間に10回以上
2. 1時間に5～10回
3. 1時間に5回未満

出所：土木研究所資料「維持・管理作業の自動化に関する研究」（H4.12）

5. 不安定な足場での作業（苦・危）

土木作業において不安定な足場での作業が発生することがある。不安定な足場での作業の発生の有無/程度により作業の苦渋を表すことができる。また，不安定な足場での転落・転倒は事故に直結し危険を表す指標としても使用することができる。

指標

足場の状況

1. 非常に悪い
2. 悪い
3. 普通

6. 転落の可能性
（苦・危）

高所での作業は転落の危険を伴い，苦渋の原因となる。
指標
転落の可能性の有無
1. 非常にある
2. ある
3. ほとんどない

7. 海中作業
（苦・危）

指標
作業をする場所
1. 海中
2. 海上
出所：「土木工事における作業の定量的評価方法の調査業務」及び土木関係者ヒアリングより

8. 作業による汚れ
（苦）

作業によっては非常に汚れる作業がある。汚れることを前提とした作業に付いては作業開始前に作業員に対して心理的な苦渋を与えている。
指標
作業によって汚れる度合い
1. 非常に汚れる
2. 汚れる
3. ほとんど汚れない

9. 粉　塵
（苦）

建設機械による取り壊し・積み込み時に発生する粉塵の量により作業者の苦渋に違いがみられる。
指標
粉塵の量
1. 多い
2. 少ない
3. ほとんどない
出所：土木研究所資料「維持・管理作業の自動化に関する研究」（H4.12）

10. 悪　臭
（苦）

悪臭の発生する作業については，その悪臭が作業者にとっての苦渋の原因となる。
指標
悪臭の程度（作業時に他の作業から発生する悪臭を含む）
1. 非常にある
2. ある
3. ほとんどない

11. 作業対象から受ける熱
（苦）

作業対象部材が高熱の場合には火傷等の危険性がある。非常に高熱な部材と直面する場合には作業員にとって苦渋の原因となる。
指標
作業対象部材の熱を受ける度合い
1. 非常に高い熱を受ける
2. 熱を受ける
3. ほとんど受けない

12. 騒　音
（苦・危）

作業によって発生する騒音により作業員は苦渋を感じることがある。騒音のレベルが非常に高く，継続的であれば，難聴などの危険もある。
指標
騒音レベル
1. 非常にある　　90 dB以上
2. ある　　75 ～ 90 dB
3. ほとんどない　　75 dB未満
出所：評価尺度は土木研究所資料「維持・管理作業の自動化に関する研究」（H4.12）

13. 振　動
（苦）

作業によって発生する振動により作業員は苦渋を感じる。
指標
振動レベル
1. 非常にある　80 dB以上
2. ある　70～80 dB
3. ほとんどない　70 dB未満
出所：土木研究所資料「維持・管理作業の自動化に関する研究」（H 4. 12）

14. 遠隔での
コミュニケーション
（苦・危）

海中部での敷均など海上と海中で視覚に頼らないコミュニケーションをしなければならないことがある。苦渋を伴いコミュニケーションの難しさからの危険も伴う。
指標
コミュニケーションの方法
1. 姿が見えず有線などで会話をする
2. 離れているが直接コミュニケーションがとれる（声・身ぶり・手振り）
3. 近くで直接会話できる
出所：土木関係者ヒアリングより

15. 使用建設機械
の死角
（苦・危）

建設機械の死角の大きさにより作業員は苦渋を受ける。また，死角により相手が見えない等危険の要因ともなり得る。
指標
死角の大きさ　注視しなければならない部分を建設機械が遮る割合
1. 非常にある　・30％以上
2. ある　・10～30％
3. ほとんどない　・10％未満

16. 使用機材の
エネルギー接触
（苦・危）

建設機械・道具を使用しての作業の場合には直接の作業点（エネルギー作用点）は非常に危険である。この危険箇所に対するカバーの割合により作業員の危険の度合いが左右されると考えられる。
指標
カバーなどによる作用点（危険箇所）の遮蔽状況
1. カバーなし
2. 半カバー
3. 全カバー
出所：土木研究所資料「維持・管理作業の自動化に関する研究」（H 4. 12）

17. 重量物の取付
・取り外し
（苦・危）

重量物の据え付けは重量物自体が事故の可能性を伴っているため，危険の要因となる。また，危険物を扱うという意味での苦渋を伴っている。
指標
重量物の取り付け・取り外し方法
1. 全て人手で行う
2. 一部人手で行う
3. ほとんど人手を必要としない
出所：「昨年度実査結果」及び土木工事関係者ヒアリングより

18. 使用機材の操作
の複雑さ
（苦・危）

使用する道具・建設機械の操作について簡単な操作で作業が出来るものと複雑な操作で作業するものとある。この指標によって作業の苦渋・危険をとらえることができる。
指標
建設機械・道具の操作の複雑さ
1. 非常に複雑である
2. 複雑である
3. 複雑ではない

19. 使用機材の操作不統一（苦・危）

使用する建設機械・道具の種類によっては新旧のタイプ・型式によって著しく操作法が異なるものがある。操作法が作業の度に異なると苦渋性・危険性が発生することがわかっている。

指標

使用する建設機械の操作の一般性

1. 珍しいタイプの建設機械・道具である
2. あまり一般的ではないタイプの建設機械・道具である
3. 一般的なタイプの建設機械・道具である

20. 使用機材の非自動化状況（苦・危）

使用する道具の自動化の状況によって苦渋の度合いが異なる。

指標

使用する道具の自動化の状況

1. 全く自動化されていない
2. 一部自動化されている
3. ほぼ自動化されている

出所：土木研究所資料「維持・管理作業の自動化に関する研究」（H 4. 12）

21. 使用建設機械の作業スペースの広さ（苦・危）

指標

1. 非常に大きい
2. 大きい
3. ちょうどいい

(2) 環境要因

22. 気　温（苦）

指標

気温

1. 非常に暑（寒）い　（28℃以下・4℃以下）
2. 暑（寒）い　（20～28・4～15℃）
3. ちょうどよい　（15～20℃）

出所：「産業人間工学」関連文献

23. 天　候（苦・危）

指標

天候

1. 雪
2. 雨
3. 曇
4. 晴

24. 風（苦・危）

指標

風の強さ	風速	風力階級
1. 強い風がある	（10m/s以上）	・風力5以上（葉のある灌木が揺れはじめる）
2. 風がある	（3～10m/s）	・風力3～4
3. ほとんど風がない	（3m/s以下）	・風力2（顔に風を感じる程度）以下

出所：安全衛生規則

25. 作業時間帯（苦・危）

作業の時間帯によって作業員に生理的・精神的苦渋を与えていると考えられる。

指標

作業時間帯

1. 夜間
2. 昼間

出所：「昨年度実査結果」より

26. 照明の明るさ（暗さ）（苦・危）

指標

照明の明るさ（暗さ）

1. 暗い
2. やや暗い
3. 明るい

27. 照明のまぶしさ（苦・危）

指標

照明のまぶしさ　　コントラスト（視界中央部の輝度の比）

1. 非常にまぶしい　　10：1以上
2. まぶしい　　5：1前後
3. まぶしくない　　3：1以下

出所：産業人間工学関連文献

28. 要求作業量（苦・危）

その日の施工で終了しなければならない，要求作業の量の大小は作業員に心理的な苦渋を与える。

指標

1. 非常に多い
2. 多い
3. ちょうどよい

29. 要求精度（苦・危）

成果物に要求される精度

指標

精度

1. 非常に精度が高い
2. 精度が高い
3. 普通

30. 不慣れ作業　習熟不十分（苦・危）

建設機械のオペレーターの熟練度（建設機械操作の上手さ）は作業全体に大きな影響を与える。

指標

作業員の熟練度

1. 不慣れである・未熟である
2. 一応習得している
3. 十分に習熟している

対象作業

「道路維持修繕工」　ブレーカー／バックホウ／ニブラ／フィニシャー／ブルドーザー

「土工」　バックホウ／ブルドーザー／ダンプトラック

「離岸堤工」　クレーン／玉外し／玉掛け／潜水夫／位置合わせ

31. 現場への不慣れ（苦・危）

現場での作業パターンに対する不慣れが原因で発生する苦渋・危険が存在する。

（材料の未着や特殊なパターンへの不慣れ）

指標

全工事期間の中での時期

1. 序盤
2. 中盤
3. 終盤

32. 作業予定時間とのズレ（苦・危）

指標

作業の予定時間からの遅れ

1. 20%以上の遅れ
2. 10%程度の遅れ
3. 予定通り

出所：評価尺度は，「昨年度実査結果」より推察し作成

33. 一般通行車両（苦・危）

指標

作業現場の1時間あたりの通行車両数

1. 2万台／h以上　（非常に多い）
2. 1万～2万台／h　（多い）
3. 1万台／h未満　（普通以下）

出所：土木研究所資料「維持・管理作業の自動化に関する研究」（H4.12）

34. 現場周辺の民家の存在（苦・危）

指標

現場周辺の民家の集積状況	騒音規制法に基づく指定区域
1. 住宅密集地域	・第1・2種区域
2. 付近に住宅がある	・第3・4種区域
3. 付近に住宅はほとんどない	・指定区域外

参考　第1種区域：良好な住居を保全するため，特に静穏の保持を必要とする地域
第2種区域：住居の用に供されているため静穏の保持を必要とされる地域
第3種区域：住居の用に併せて商業，工業等の用に供されている区域であってその区域内の住民の生活環境を保全するための騒音の発生を防止する必要のある区域
第4種区域：主として工業などの用に供されている区域であって，その区域の住民の生活環境を悪化させないため著しい騒音の発生を防止する必要のある区域

35. 作業区域上空の障害物（苦・危）

指標

作業区域上空の障害物の状況

1. 作業現場の全域にある／現場に近接してある
2. 作業現場の一部にある
3. ない

36. 作業区域地下の障害物（苦・危）

指標

作業区域地下の障害物の状況

1. 掘削深さより上にある
2. 掘削深さより下にある
3. ない

37. 機械と作業者の近接（苦・危）

建設機械が他の作業員と近接な位置にあるときに苦渋性・危険性が発生する。

指標

建設機械あたりの補助作業員数

1. 5人以上
2. 3～4人
3. 3人未満

出所：土木研究所資料「維持・管理作業の自動化に関する研究」

38. 肉体・精神疲労（苦・危）

作業時の作業員の肉体的・精神的疲労の状況は，作業者本人の苦渋性・危険性に大きな影響を与える。

指標

作業時に作業員が精神的・肉体的に疲れている度合

1. 非常に疲れている
2. 疲れている
3. 疲れていない

2）個別工種への適用

1－1－2－2）で示した「a. 道路維持修繕工」「b. 土工」「c. 離岸堤工」での苦渋性・危険性要因のブレイクダウン例をもとに，3工種それぞれに対し各要因の評価指標・段階を設定した（但し個別の作業単位に応じた指標や段階の検討はしていない）結果を，次頁以降に載せる。

各工種の苦渋性・危険性要因のうち，「土木作業に比較的一般的な要因」をそのまま利用している要因項目については，原則として，評価指標・段階も土木作業一般要因のそれに準じた。

但し一部の要因については，工種を限定することにより，工種特有の測定指標が明確化できた。このような要因では一般的要因に用いた指標・段階と，工種特有の指標・段階の2つの代替案を併記している（典型例としては，道路維持修繕工での「26. 照明の明るさ（暗さ）」が挙げられる。一般的要因では，明るさを＜1. 暗い，2. やや暗い，3. 明るい＞と定性的に評価していたのに対し，道路維持修繕工への適用段階では，「現場の照明機材の数」を測定指標として，＜1. 2個，2. 3個，3. 4個以上＞と定量的に捉えられる可能性がある）。

一方，土木作業一般的要因から，各工種へブレイクダウンして設定した要因については，次のような評価尺度の設定をした（表－9.3.3.2）。

表－9.3.3.2　各工種にブレイクダウンした要因の評価尺度の設定

A．一般的要因に関連する要因として要因項目自体を新たに付け加えたもの
→「工種特有の苦渋性・危険性要因」

新規に，評価尺度・段階の設定を行った。

B．一般的要因と要因項目は同じであるが，工種によって対象作業を区別する要因
→表－9.3.1.2－3，4で「**」をつけた要因（「30.不慣れ作業，習熟不十分」）

指標自体は「作業者の熟練度」で共通であるが，評価すべき作業者の対象は工種によって異なる。また尺度段階では，

1. 不慣れである・未熟である
2. 一応習熟している
3. 十分に習熟している

で共通とした。

C．一般的要因と要因項目は同じであるが，工種によって苦渋度・危険度を測定する指標を区別する要因
→表－9.3.1.2－3，4で「*」をつけた要因（21.，28.，29.）

個別工種ごとに適切な評価尺度・段階の設定を行った。

	a. 道路維持修繕工	b. 土工	c. 離岸堤工
「21. 使用建機作業スペース」	：油圧シャベルのアーム長	油圧シャベルのアーム長	クレーンの大きさ
「28. 要求作業量」	：打ち替え面積	敷均し体積	ブロック据え付け個数
「29. 要求精度」	：遮青安定処理厚精度	堤冠高さ精度	成果物の高さ精度

Ⅰ．苦渋性要因，Ⅱ．危険性要因の a.「道路維持修繕工」への適用例

1. 作業の実稼働時間の長さ（苦）　一般的要因に準じる

2. 重筋作業（苦）　一般的要因に準じる

3. 神経作業（苦・危）　一般的要因に準じる

4. 不自然な姿勢の作業（苦）　一般的要因に準じる

5. 不安定な足場での作業（苦・危）　一般的要因に準じる

8. 作業による汚れ（苦）　一般的要因に準じる

9. 粉　塵（苦）　一般的要因に準じる

道1. 排気ガス（苦）

指標

排気ガスの量	Nox レベル
1. 多い	1. 40ppm以上
2. 少ない	2. 5～40ppm
3. ほとんどない	3. 5 ppm未満

出所：土木研究所資料「維持・管理作業の自動化に関する研究」（H 4.12）

10. 悪　臭（苦）　一般的要因に準じる

11. 作業対象から受ける熱（苦）

作業対象部材が高熱の場合には火傷等の危険性がある。非常に高熱な部材と直面する場合には作業員の苦渋についても影響を与える。

指標

作業対象部材の熱を受ける度合い	アスファルトの温度（度）
1. 非常に高い熱を受ける	1. 140℃以上
2. 熱を受ける	2. 60～140℃
3. ほとんど受けない	3. 60℃未満

出所：アスファルト舗装要項よりアスファルトの搬入温度・敷き固め・道路開放温度を参考

12. 騒　音（苦・危）　一般的要因に準じる

13. 振　動（苦）　一般的要因に準じる

15. 使用建設機械の死角（苦・危）　一般的要因に準じる

16. 使用機材のエネルギー接触（苦・危）　一般的要因に準じる

道2. 取り壊し時の廃材の飛散（苦・危）

建設機械による取り壊し時に廃材が飛び散ることがある。また，積み込み時にバケットから取りこぼすことがある。取り壊した廃材は30㎝×30㎝位の大きさとなり，飛び散った（取りこぼされた）廃材は作業員にとって危険である。

指標

建設機械での取り壊し時の廃材の飛散状況

1. 多い
2. 少ない
3. ほとんどない

出所：土木研究所資料「維持・管理作業の自動化に関する研究」（H4.12）

18. 使用機材の操作の複雑さ（苦・危）

一般的要因に準じる

19. 使用機材の操作不統一（苦・危）

一般的要因に準じる

20. 使用機材の非自動化状況（苦・危）

一般的要因に準じる

21. 使用建設機械の作業スペースの広さ

指標

使用建設機械の作業スペースの広さ	「道路維持修繕工」油圧シャベルのアームの長さ
1. 非常に大きい	1. 5m以上
2. 大きい	2. 2～5m
3. ちょうどよい	3. 2m未満

出所：土木工事関係者ヒアリング

(2) 環境要因

23. 天　候（苦・危）

一般的要因に準じる

24. 風（苦・危）

一般的要因に準じる

25. 作業時間帯（苦・危）

一般的要因に準じる

26. 照明の明るさ（暗さ）（苦・危）

指標

照明の明るさ（暗さ）

1. 暗い
2. やや暗い
3. 明るい

指標

現場における照明機材（水銀灯）の数

1. 2個　（施工長50mとして）
2. 3個
3. 4個以上

出所：ヒアリング

27. 照明のまぶしさ（苦・危）

指標

照明のまぶしさ	コントラスト（視界中央部の輝度の比）
1. 非常にまぶしい	1. 10：1以上
2. まぶしい	2. 5：1前後
3. まぶしくない	3. 3：1以下

出所：産業人間工学関連文献

28. 要求作業量
（苦・危）

その日の施工時で終了しなければならない，要求作業の量の大小は作業員に心理的な苦渋を与える。
指標

要求作業量	「道路維持修繕工」 打ち替え面積
1. 非常に多い	1. 250㎡以上
2. 多い	2. 120～250㎡
3. ちょうどよい	3. 120㎡未満

出所：ヒアリングにて確認

道3. 切断汚水
（苦）

アスファルトをアスファルトカッターでカットする場合に発生する汚水の量が多いと作業員に強い苦渋を与える。
指標
アスファルトカッターより発生する汚水量
1. 非常に多い　（100/h以上）
2. 多い　（50～100/h ）
3. 少ない　（50/h未満）

出所：土木研究所資料「維持・管理作業の自動化に関する研究」（H 4. 12）

道4. 建設機械の可動域の狭さ
（苦・危）

現場の形状によっては大型の建設機械で一括して作業が出来ない場合があり，人力による作業等で補う必要がでてくる。そのようなときに発生する苦渋を表す。
指標

建設機械で作業できる割合	マンホールの数
1. 作業現場の70％以下を建設機械でカバー	1. 3個以上
2. 85％程度を建設機械でカバー	2. 1～2個
3. 作業現場の100％を建設機械でカバー	3. なし

出所：ヒアリングより

道5. アスファルトの厚さ
（苦・危）

指標
取り壊しアスファルトの厚さ
1. 30㎝以上
2. 10～30㎝
3. ～10㎝未満

出所：施工単価資料 '93冬（経済調査会）

道6. 人力廃材積み込み
（苦・危）

人力による廃材の積み込み量が多いと作業員に苦渋を与える。
指標
人力による廃材積み込み量（1日あたり）
1. 2立米／日 以上
2. 0.5～2立米／日
3. 0.5立米／日 未満

出所：土木研究所資料「維持・管理作業の自動化に関する研究」（H 4. 12）

29. 要求精度
（苦・危）

成果物に要求される精度
指標
要求精度
1. 非常に精度が高い
2. 精度が高い
3. 普通

「道路維持修繕工」
瀝青安定処理厚さの精度（抜き取り検査時の出来形の合格判定値／平均値）
1. －1.0㎝以上（－0.3）大規模　インタビュー
2. －1.5㎝以上（－0.5）中規模　アスファルト舗装要項
3. －2.0㎝以上（－0.7）小規模　アスファルト舗装要項

出所：ヒアリングにて確認

30. 不慣れ作業習熟不十分（苦・危）

建設機械のオペレーターの熟練度（建設機械操作の上手さ）は作業全体に大きく影響を与える。

指標

作業員の熟練度

1. 不慣れである・未熟である
2. 一応習得している
3. 十分に習熟している

対象作業

「道路維持修繕工」

ブレーカー／バックホウ／ニブラ／フィニシャー／ブルドーザー

31. 現場への不慣れ（苦・危）

一般的要因に準じる

32. 作業予定時間とのズレ（苦・危）

一般的要因に準じる

33. 一般通行車両（苦・危）

一般的要因に準じる

34. 現場周辺の民家の存在（苦・危）

一般的要因に準じる

35. 作業区域上空の障害物（苦・危）

一般的要因に準じる

36. 作業区域地下の障害物（苦・危）

一般的要因に準じる

37. 機械と作業者の近接（苦・危）

建設機械が他の作業員と近接な位置にあるときに，苦渋性・危険性が発生する。

指標

「道路維持修繕工」

建設機械あたりの補助作業員数

1. 5人以上
2. 3～4人
3. 3人未満

出所：土木研究所資料「維持・管理作業の自動化に関する研究」

道7. 作業幅の狭さ（苦・危）

施工現場が狭く，スペースが不足する事で苦渋性・危険性が発生する。

指標

作業幅

1. 3m未満
2. 3～7m
3. 7m以上

出所：評価尺度は，アスファルトフィニッシャーの標準作業幅をもとに，ヒアリングにより作成

38. 肉体・精神疲労（苦・危）

一般的要因に準じる

I．苦渋性要因，II．危険性要因の b.「土工」への適用例

1. 作業の実稼働時間の長さ （苦）	一般的要因に準じる
2. 重筋作業 （苦）	一般的要因に準じる
3. 神経作業 （苦・危）	一般的要因に準じる
4. 不自然な姿勢の作業 （苦）	一般的要因に準じる
5. 不安定な足場での作業 （苦・危）	一般的要因に準じる
土1. 法面傾斜 （苦・危）	法面の傾斜角は作業員の苦渋をもたらすと共に，建設機械の倒壊等の危険を伴う。 指標 法面の傾斜角 1. 2割以上　（約26°以上） 2. 2～3割　（約18°～26°） 3. 3割未満　（約18°未満） 出所：「土木工事における作業の定量的評価方法の調査業務」
土2. 走行用鉄板の必要性 （苦・危）	土質によってはダンプトラックが作業面上をじかに走行できないため走行用の鉄板が必要になることがある。走行用鉄板の仮設はイレギュラーな作業を発生させ苦渋の要因となる。また，鉄板上のダンプトラックの走行にはスリップ等の危険が伴う。 指標 施工現場内にダンプ走行用鉄板の仮設の必要性の程度 1. 作業現場の全域に必要 2. 作業現場の一部に必要 3. 必要ない
8. 作業による汚れ （苦）	一般的要因に準じる
9. 粉　塵 （苦）	一般的要因に準じる
12. 騒　音 （苦・危）	一般的要因に準じる
13. 振　動 （苦）	一般的要因に準じる
15. 使用建設機械の死角 （苦・危）	一般的要因に準じる
16. 使用機材のエ エネルギー接触 （苦・危）	一般的要因に準じる
18. 使用機材の操作の複雑さ （苦・危）	一般的要因に準じる
19. 使用機材の操作不統一 （苦・危）	一般的要因に準じる

20. 使用機材の非自動化状況（苦）　一般的要因に準じる

21. 使用建設機械の作業スペースの広さ（苦・危）

指標

使用建設機械の作業スペースの広さ	「土工」油圧シャベルのアームの長さ
1. 非常に大きい	1. 8m以上
2. 大きい	2. 4～8m
3. ちょうどよい	3. 4m未満

出所：土木工事関係者ヒアリング

(2) 環境要因

23. 天候（苦・危）　一般的要因に準じる

24. 風（苦・危）　一般的要因に準じる

28. 要求作業量（苦・危）

その日の施工時で終了しなければならない，要求作業の量の大小は作業員に心理的な苦渋を与える。

指標

要求作業量	「土工」1日あたりに敷均す体積
1. 非常に多い	1. 600立米以上
2. 多い	2. 300～600立米
3. ちょうどよい	3. 300立米未満

出所：ヒアリングにて確認

土3. 土砂の運搬のしにくさ（苦）

現場と土取り場との距離が離れているとダンプトラックによる運搬がスムーズにいかないことがあり苦渋の原因となる。

指標

作業現場と土取り場との距離

1. 10km以上
2. 5～10km
3. 5km未満

出所：評価尺度は，ヒアリングにより作成

土4. 敷均場所と土砂をおろす場所が離れていること（苦・危）

敷均場所とダンプが土砂をおろす場所が離れているとブルドーザーで長い距離を押土しなければならず，苦渋の原因となる。

指標

敷均場所と土砂をおろす場所との距離

1. 50m以上
2. 10～50m
3. 10m未満

出所：評価尺度は，ヒアリングにより作成

土5. 土質（苦・危）

土質が悪いと土工において様々な面で苦渋をもたらせことがわかっている。

指標

含水比

1. 非常に高い　(30％以上)
2. 高い　(20～35％)
3. 低い　(20％未満)

出所：含水比は，「土木工事における定量的評価方法の調査業務」では，30％以上となっていたが，ヒアリング実態に合わせる

29. 要求精度
（苦・危）

成果物に要求される精度
指標
要求精度
1. 非常に精度が高い
2. 精度が高い
3. 普通
「土工」
堤冠高さの精度
1. －5 cm≦精度≦＋5 cm
2. －10cm≦精度≦＋10cm
3. －50cm≦精度
出所：ヒアリングにて確認

30. 不慣れ作業習熟不十分
（苦・危）

建設機械のオペレーターの熟練度（建設機械操作の上手さ）は作業全体に大きく影響を与える。
指標
作業員の熟練度
1. 不慣れである・未熟である
2. 一応習得している
3. 十分に習熟している
対象作業
「土工」
バックホウ／ブルドーザー
／ダンプトラック

31. 現場への不慣れ
（苦・危）

一般的要因に準じる

37. 機械と作業者の近接
（苦・危）

建設機械が他の作業員と近接な位置にあるときに，苦渋性・危険性が発生する。
指標
「土工」
建設機械あたりの補助作業員数
1. 5人以上
2. 3～4人
3. 3人未満
出所：土木研究所資料「維持・管理作業の自動化に関する研究」にもとづき，ヒアリングで確認

土6. 作業区域の混雑
（苦・危）

土質が悪いと油圧シャベルで配土作業をせねばならず，そのため稼働する建設機械の数が増えることがある。建設機械の近接性が高まることにより苦渋・危険が発生する。
指標
土おろし場での油圧シャベル作業台数
1. 3台以上
2. 1～2台
3. 0台

38. 肉体・精神疲労
（苦・危）

一般要因に準じる

I．苦渋性要因，II．危険性要因の c.「離岸堤工」への適用例

1. 作業の実稼働時間の長さ　一般的要因に準じる
（苦）

2. 重筋作業　一般的要因に準じる
（苦）

3. 神経作業　一般的要因に準じる
（苦・危）

4. 不自然な姿勢の作業　一般的要因に準じる
（苦）

5. 不安定な足場での作業　一般的要因に準じる
（苦・危）

6. 転落の危険性　一般的要因に準じる
（苦・危）

7. 海中作業　一般的要因に準じる
（苦・危）

8. 作業による汚れ　一般的要因に準じる
（苦）

12. 騒　音　一般的要因に準じる
（苦・危）

13. 振　動　一般的要因に準じる
（苦）

14. 遠隔での　一般的要因に準じる
コミュニケーション
（苦・危）

15. 使用建設機械の死角　一般的要因に準じる
（苦・危）

16. 使用機材の　一般的要因に準じる
エネルギー接触
（苦・危）

17. 重量物の取付・取り外し　一般的要因に準じる
（苦・危）

18. 使用機材の操作の複雑さ　一般的要因に準じる
（苦・危）

19. 使用機材の操作の不統一　一般的要因に準じる
（苦・危）

20. 使用機材の非自動化状況　一般的要因に準じる
（苦）

21. 使用建設機械の作業スペースの広さ（苦・危）

指標

使用建設機械の作業スペースの広さ	「離岸堤工」クレーンの大きさ
1. 非常に大きい	1. 60トン以上
2. 大きい	2. 40～60トン
3. ちょうどよい	3. 40トン未満

出所：土木工事関係者ヒアリング

(2) 環境要因

22. 気　温（苦）

一般的要因に準じる

海2. 海水の温度（苦）

指標

海水の温度

1. 非常に低い　（10℃未満）
2. 低い　（10～18℃）
3. 普通　（18～26℃）

出所：ヒアリング及び，平均海水温度より作成

23. 天　候（苦・危）

一般的要因に準じる

24. 風（苦・危）

一般的要因に準じる

海3. 波の高さ（苦・危）

波が高いと作業者は強い苦渋・危険を感じる

指標

波の高さ	風波
1. 非常に高い	（1.0 m以上）
2. 高い	（0.5～1 m）
3. 波はほとんどない	（0.5 m未満）

※ヒアリング

出所：「土木技術ノウハウ集3」では，1.4 m以上／0.6～1.3 m／0.5 m以下としているがヒアリング実態に合わせる。

海4. 潮の流れの速さ（苦・危）

潜水士にとって潮の流れの速さは苦渋・危険の要因となる

指標

潮の流れの速さ	水深10 mでの潮の流れの速さ
1. 非常に速い	（0.5 m/s以上）
2. 速い	（0.1～0.5 m/s）
3. 流れはほとんどない	（0 m/s）

出所：ヒアリング

出所：「土木技術ノウハウ集」では，1 m/s以上／0.5～1 m/s／0.5 m/s未満としているが，ヒアリング実態に合わせた。

26. 照明の明るさ（暗さ）（苦・危）

指標

照明の明るさ（暗さ）

1. 暗い
2. やや暗い
3. 明るい

出所：ヒアリング

海5. 海中での視認性の悪さ（苦・危）

海中での視認性が悪いと潜水士は手作業に近い状態での作業となり苦渋・危険の要因となる。

指標

海水の透視度

1. 非常に悪い　（まったく見えない）
2. 悪い　（0.5～1.5）
3. よい　（1.5ｍ以上）

出所：ヒアリング

出所：「土木技術ノウハウ集3」では，1.5ｍ未満／1.5～3ｍ／3ｍ以上としているがヒアリング実態に合わせる。

28. 要求作業量（苦・危）

その日の施工時で終了しなければならない，要求作業の量の大小は作業員に心理的な苦渋を与える。

指標

要求作業量	「離岸堤工」 1日あたりのブロック据え付け個数
1. 非常に多い	1. 100個以上
2. 多い	2. 50～100個
3. ちょうどよい	3. 50個未満

出所：評価尺度は，ヒアリングにより作成

海7. 人力捨て石均し量（苦）

人力による捨て石均し量が多いと苦渋の要因となる。

指標

乱積みの捨て石マウンド作成時の人力捨て石均し量

1. 非常に多い　30㎡以上
2. 多い　20～30㎡
3. 少ない　20㎡未満

出所：ヒアリング及び「土木工事における作業の定量的評価方法の調査業務」

海8. 敷均底の凹凸（苦）

敷均時に海底面が凹凸していると，捨て石均し作業に苦渋を与える。

指標

捨て石均し時の海底面の状況

1. 非常に凹凸である
2. 凹凸である
3. ほとんど凹凸はない

29. 要求精度（苦・危）

成果物に要求される精度

指標

要求精度	「離岸堤工」 成果物の高さの精度
1. 非常に精度が高い	1. －5㎝≦精度≦＋5㎝
2. 精度が高い	2. －10㎝≦精度≦＋10㎝
3. 普通	3. －50㎝≦精度

出所：ヒアリングにて確認

海6. ブロックの据え付け形式（苦・危）

指標

ブロックの据え付け形式

1. 整積み
2. 乱積み

出所：「土木工事設計・施工ハンドブック」

30. 不慣れ作業習熟不十分（苦・危）

建設機械のオペレーターの熟練度（建設機械操作の上手さ）は作業全体に大きく影響を与える。

指標

作業員の熟練度

1. 不慣れである・未熟である
2. 一応習得している
3. 十分に習熟している

対象作業

「離岸堤工」

クレーン／玉外し／玉掛け／潜水夫／位置合わせ

31. 現場への不慣れ（苦・危）

一般的要因に準じる

37. 機械と作業者の近接（苦・危）

建設機械が他の作業員と近接な位置にあるときに，苦渋性・危険性が発生する。

指標

「離岸堤工」

建設機械（クレーン）あたりの補助作業員数

1. 5人以上
2. 3～4人
3. 3人未満

出所：土木研究所資料「維持・管理作業の自動化に関する研究」にもとづき，ヒアリングで確認

38. 肉体・精神疲労（苦・危）

一般的要因に準じる

9.3.4　苦渋性・危険性の評価ポイントの設定

9.3.4.1　尺度別段階値の設定

苦渋性・危険性要因の3段階評価尺度の各レベル毎に，苦渋度・危険度の評価ポイントを設定する。

評価尺度段階は，全要因に共通して

＊Aレベル（段階1）：大多数の人間が強い苦渋や危険性を感じる値以上

＊Bレベル（段階2）：AレベルとCレベルの中間

＊Cレベル（段階3）：苦渋性・危険性を感じる下限値の値未満

と設定しており，このレベル別に苦渋度・危険度の評価ポイントとして0～10点の点数を与えた。点数が高いほど，苦渋性，危険性が高くなるように設定している。具体的な尺度別段階値の設定方法は，下の図－9.3.4.1の通りである。

図－9.3.4.1　尺度別段階値の具体的な設定手順

①：各要因それぞれを単独に評価すれば，Aレベルでは人間の感じる苦渋性，危険性は最高に達しているとみることができ，一方，Cレベルでは苦渋性，危険性はないと捉えることができる。そこで，全ての要因に共通して，

Aレベル（尺度段階では「1」）には，10点

Cレベル（尺度段階では「3」）には，0点

を与えた。

②：中間レベルでの評価ポイント（B値）は，要因ごとに土木工事関係者の意見を参考にして設定した。具体的には，工種別にそれぞれ複数名の土木工事関係者（現場管理者）に対して，9.3.1で設定した「苦渋性・危険性要因」と9.3.3で設定したその「尺度指標・段階」のペアを一つずつ提示し，ディスカッションを通じてB値の値（尺度段階では「2」のレベル）を0～10点で評定させた。結果は平均処理（小数第一位四捨五入）して，Bレベルの評価ポイントを設定した。

なお一部，評価尺度を2段階で作成した要因項目も存在するが，これは段階1を10点，段階2を0点に設定した。また「23. 天候」のみ4段階尺度としたが，段階1の「雪」，段階2の「雨」を統合してAレベルと見なし10点を与え，段階4の「晴」をAレベルの0点とした。段階3の「曇」はBレベルで上記の方法で段階値を設定した。

評価尺度段階値を「a. 道路維持修繕工」「b. 土工」「c. 離岸堤工」を例に設定した結果を，表－9.3.4.1－1，表－9.3.4.1－2，表9 3.4.1－3に示す。

表－9.3.4.1－1　評価尺度段階値の設定結果「a. 道路維持修繕工」

	Ⅰ 苦渋性要因			Ⅱ 危険性要因		
	尺度1	尺度2	尺度3	尺度1	尺度2	尺度3
1. 作業の実稼働時間の長さ	10	5	0	—	—	—
2. 重筋作業	10	6	0	—	—	—
3. 神経作業	10	6	0	10	5	0
4. 不自然な姿勢の作業	10	5	0	—	—	—
5. 不安定な足場での作業	10	6	0	10	7	0
8. 作業による汚れ	10	7	0	—	—	—
9. 粉塵	10	5	0	—	—	—
道1. 排気ガス	10	5	0	—	—	—
10. 悪臭	10	6	0	—	—	—
11. 作業対象から受ける熱	10	5	0	10	6	0
12. 騒音	10	6	0	10	6	0
13. 振動	10	6	0	—	—	—
15. 使用建設機械の死角	10	6	0	10	7	0
16. 使用機材のエネルギー接触	10	6	0	10	6	0
道2. 取り壊し時の飛散	10	5	0	10	5	0
18. 使用機材の操作の複雑さ	10	6	0	10	6	0
19. 使用機材の操作不統一	10	7	0	10	7	0
20. 使用機材の非自動化状況	10	5	0	—	—	—
21. 使用建設機械の作業スペースの広さ	10	4	0	10	6	0
22. 気温	10	6	0	—	—	—
23. 天候*	10	2	0	10	1	0
24. 風	10	5	0	10	5	0
25. 作業時間帯	10	0	—	10	0	—
26. 照明の明るさ（暗さ）	10	6	0	10	6	0
27. 照明のまぶしさ	10	6	0	10	7	0
28. 要求作業量	10	5	0	10	5	0
道3. 切断汚水	10	6	0	—	—	—
道4. 建設機械の可動域の狭さ	10	5	0	10	6	0
道5. アスファルトの厚さ	10	6	0	—	—	—
道6. 人力廃材積み込み	10	5	0	—	—	—
29. 要求精度	10	6	0	10	6	0
30. 不慣れ作業・習熟不十分 ニブラ	10	6	0	10	6	0
30. 不慣れ作業・習熟不十分 バックホウ	10	6	0	10	6	0
30. 不慣れ作業・習熟不十分 フィニシャー	10	6	0	10	5	0
30. 不慣れ作業・習熟不十分 ブルドーザー	10	6	0	10	6	0
30. 不慣れ作業・習熟不十分 ブレーカー	10	6	0	10	5	0
31. 現場への不慣れ	10	5	0	10	5	0
32. 予定時間とのズレ	10	6	0	10	6	0
33. 一般通行車両	10	5	0	10	6	0
34. 現場周辺の民家の存在	10	5	0	10	6	0
35. 作業区域上空の障害物	10	7	0	10	6	0
36. 作業区域地下の障害物	10	6	0	10	7	0
37. 機械と作業者の近接	10	5	0	10	5	0
道7. 作業幅の狭さ	10	5	0	10	5	0
38. 肉体・精神疲労	10	6	0	10	6	0

* 23. 天候の尺度（尺度1：雨・雷，尺度2：曇，尺度3：晴）

表－ 9.3.4.1－2　評価尺度段階値の設定結果「b. 土工」

	Ⅰ　苦渋性要因			Ⅱ　危険性要因		
	尺度1	尺度2	尺度3	尺度1	尺度2	尺度3
1. 作業の実稼働時間の長さ	10	6	0	—	—	—
2. 重筋作業	10	5	0	—	—	—
3. 神経作業	10	5	0	10	5	0
4. 不自然な姿勢の作業	10	2	0			
5. 不安定な足場での作業	10	5	0	10	5	0
土1. 法面傾斜	10	7	0	10	7	0
土2. 走行用鉄板の必用	10	7	0	10	7	0
8. 作業による汚れ	10	8	0	—	—	—
9. 粉塵	10	7	0	—	—	—
12. 騒音	10	3	0	10	3	0
13. 振動	10	6	0	—	—	—
15. 使用建設機械の死角	10	5	0	10	5	0
16. 使用機材のエネルギー接触	10	5	0	10	5	0
18. 使用機材の操作の複雑さ	10	4	0	10	4	0
19. 使用機材の操作不統一	10	9	0	10	9	0
20. 使用機材の非自動化状況	10	5	0	—	—	—
21. 使用建設機械の作業スペースの広さ	10	5	0	10	5	0
22. 気温	10	3	0	—	—	—
23. 天候＊	10	1	0	10	1	0
24. 風	10	6	0	10	6	0
28. 要求作業量	10	5	0	10	5	0
土3. 土砂の運搬のしにくさ	10	2	0	—	—	—
土4. 敷き均し場所と土砂を降ろす場所が離れている事	10	1	0	10	1	0
土5. 土質	10	6	0	10	6	0
29. 要求精度	10	8	0	10	8	0
30. 不慣れ作業・習熟不十分 ダンプ	10	5	0	10	5	0
30. 不慣れ作業・習熟不十分 バックホウ	10	5	0	10	5	0
30. 不慣れ作業・習熟不十分 ブルドーザー	10	5	0	10	5	0
31. 現場への不慣れ	10	3	0	10	3	0
37. 機械と作業者の近接	10	5	0	10	5	0
土6. 作業区域の混雑	10	5	0	10	5	0
38. 肉体・精神疲労	10	5	0	10	5	0

＊ 23. 天候の尺度（尺度1：雨・雷，尺度2：曇，尺度3：晴）

表－9.3.4.1－3　評価尺度段階値の設定結果「c. 離岸堤工」

	I　苦渋性要因			II　危険性要因		
	尺度1	尺度2	尺度3	尺度1	尺度2	尺度3
1. 作業の実稼働時間の長さ	10	8	0	—	—	—
2. 重筋作業	10	5	0	—	—	—
3. 神経作業	10	3	0	10	3	0
4. 不自然な姿勢の作業	10	5	0	—	—	—
5. 不安定な足場での作業	10	5	0	10	5	0
6. 転落の可能性	10	5	0	10	5	0
7. 海中作業	10	0	—	10	0	—
8. 作業による汚れ	10	5	0	—	—	—
12. 騒音	10	5	0	10	5	0
13. 振動	10	4	0	—	—	—
14. 遠隔でのコミュニケーション	10	5	0	10	5	0
15. 使用建設機械の死角	10	5	0	10	5	0
16. 使用機材のエネルギー接触	10	5	0	10	5	0
17. 重量物の取り付け取り外し	10	9	0	10	9	0
18. 使用建設機械の操作の複雑さ	10	5	0	10	5	0
海1. 潜水方式	10	0	—	10	0	—
19. 使用機材の操作不統一	10	1	0	10	1	0
20. 使用機材の非自動化状況	10	3	0	—	—	—
21. 使用建設機械の作業スペースの広さ	10	6	0	10	6	0
22. 気温	10	5	0	—	—	—
海2. 海水の温度	10	1	0	10	1	0
23. 天候*	10	7	0	10	7	0
24. 風	10	4	0	10	4	0
海3. 波の高さ	10	7	0	10	7	0
海4. 潮の流れの速さ	10	2	0	10	2	0
海5. 海中での視認性	10	2	0	10	2	0
28. 要求作業量	10	5	0	—	—	—
海7. 人力捨て石均し量	10	4	0	10	4	0
海8. 敷き均し底面の凹凸	10	5	0	10	5	0
29. 要求精度	10	9	0	10	9	0
海6. ブロックの据え付け形式	10	0	—	10	0	—
30. 不慣れ作業・習熟不十分 クレーン	10	5	0	10	5	0
30. 不慣れ作業・習熟不十分 位置合わせ	10	5	0	10	5	0
30. 不慣れ作業・習熟不十分 玉外し	10	5	0	10	5	0
30. 不慣れ作業・習熟不十分 玉掛け	10	5	0	10	5	0
30. 不慣れ作業・習熟不十分 潜水夫	10	5	0	10	5	0
31. 現場への不慣れ	10	2	0	10	2	0
37. 機械と作業者の近接	10	2	0	10	2	0
38. 肉体・精神疲労	10	5	0	10	5	0

* 23. 天候の尺度（尺度1：雨・雷，尺度2：曇，尺度3：晴）

9.3.4.2　作業単位別・要因別重要度の設定

各工種，各作業単位ごとに，苦渋性・危険性要因のそれぞれが問題となる程度は異なる。そこでこの値を重要度と定義し，作業単位別・要因別に重要度の設定を行う。

重要度が高い要因ほど，その作業工程の苦渋性や危険性に強い影響を与えている要因であることを意味する。

評価モデル上では重要度は，各作業単位の苦渋度・危険度を評価する上で，個々の要因の苦渋度評価ポイントや危険度評価ポイントの足し上げの際の重み付けに用いられる。従って重要度が高い要因の苦渋度・危険度評価ポイントが，作業単位の苦渋度・危険度評価結果に大きく寄与することになる。

重要度の設定方法としては，尺度別段階値と同様，工種別にそれぞれ複数名の土木工事関係者（現場管理者）に対して，9.3.2で設定した「作業単位」×9.3.1で設定した「苦渋性・危険性要因」のマトリクス・シート（表－9.3.4.2－1に一例を示す）を提示し，要因間の相対比較を通じて，各要因が作業単位の苦渋性や，危険性にどの程度影響しているかを，0（全く影響していない）～1（非常に強く影響している）の数字で評定してもらった。評定結果は平均処理（小数第二位四捨五入）して，重要度を設定した。

作業単位別・要因別重要度を「a．道路維持修繕工」「b．土工」「c．離岸堤工」を例に設定した結果を，表－9.3.4.2－2，表－9.3.4.2－3，表－9.3.4.2－4に示す。

表－9.3.4.2－1　重要度の評価シート（例）

次にあげる作業に対してそれぞれの項目は苦渋にどの程度影響していると考えられますか。
「非常に強く影響している」を10,「全く影響していない」を0としてそれぞれの作業ごとに
0～10までの数でお答えください。

【工程×使用機材】	1 作業の実稼働時間の長さ	2 重筋作業	3 神経作業	4 不自然な姿勢の作業	5 不安定な足場での作業	土1 法面傾斜	土2 走行用鉄板の必要性	8 作業による汚れ	9 粉塵	12 騒音	13 振動	15 使用建設機械の死角	16 使用機材のエネルギー接触	18 使用機材の操作の複雑さ	19 使用機材の操作の不統一	20 使用機材の非自動化	21 使用建設機械の作業スペース	22 気温	23 天候	24 風	28 要求作業量	土3 土砂の運搬のしにくさ	土4 離れている事 敷均場所と土砂を下ろす場所が	土5 土質	29 要求精度	30 作業分 不慣れ不十分 ダンプトラック	30 作業分 不慣れ不十分 ブルドーザー	30 作業分 不慣れ不十分 バックホウ	31 現場への不慣れ近接	37 機械と作業者の近接	土6 作業区域の混雑	38 肉体・精神疲労
① 掘削 油圧シャベル →																																
② 運搬 ダンプ操縦 →																																
③ 運搬 誘導 →																																
④ 敷均 油圧シャベル操縦 →																																
⑤ 敷均 大型ブルドーザー操縦 →																																
⑥ 法面均 小型ブルドーザー操縦 →																																
⑦ トラック道調整 →																																
⑧ 掘削底部敷均し →																																
⑨ 散水車 →																																

表－9.3.4.2－2　作業単位別・要因別重要度　a．道路維持修繕工－Ⅰ．苦渋性要因（その1）

a．道路維持修繕工 Ⅰ．苦渋性要因（重要度） (1)　作業要因	1 作業の実稼働時間の長さ	2 重筋作業	3 神経作業	4 不自然な姿勢の作業	5 不安定な足場での作業	8 作業による汚れ	9 粉塵	道1 排気ガス	10 悪臭	11 作業対象から受ける熱	12 騒音	13 振動	15 使用建設機械の死角	16 使用機材のエネルギー接触	道2 取り壊し時の廃材の飛散状況	18 使用機材の操作の複雑さ	19 使用機材の操作の不統一	20 使用機材の非自動化状況	21 使用建設機械の作業スペースの広さ
＜a 1. 取り壊し 掘削補助作業＞	0.7	0.8	0.5	0.7	0.7	0.7	0.8	0.4	0.4	0.0	0.6	0.6	0.0	0.3	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0
＜a 2. 敷均補助作業＞	0.7	0.7	0.5	0.6	0.6	0.6	0.8	0.5	0.4	0.0	0.5	0.4	0.0	0.3	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0
＜a 3. アスファルト敷均補助作業＞	0.7	0.7	0.8	0.8	0.7	0.7	0.5	0.5	0.3	0.5	0.3	0.3	0.0	0.2	0.0	0.2	0.3	0.2	0.0
＜a 4. 小型機械作業＞	0.7	0.6	0.7	0.6	0.7	0.6	0.6	0.5	0.4	0.2	0.7	0.6	0.0	0.4	0.6	0.5	0.4	0.4	0.0
＜a 5. 汚き水処理作業＞	0.7	0.6	0.6	0.6	0.7	0.6	0.5	0.4	0.5	0.0	0.2	0.2	0.0	0.0	0.0	0.2	0.2	0.1	0.0
＜a 6. 誘導作業＞	0.6	0.4	0.7	0.5	0.6	0.5	0.7	0.5	0.3	0.1	0.6	0.5	0.0	0.2	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0
＜a 7. 検査・管理作業＞	0.5	0.4	0.7	0.5	0.6	0.5	0.5	0.4	0.3	0.2	0.2	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.2	0.0
＜a 8. 乳剤散布作業＞	0.6	0.5	0.6	0.5	0.6	0.6	0.5	0.4	0.4	0.0	0.3	0.3	0.4	0.0	0.0	0.3	0.3	0.2	0.0
＜a 9. 交通規制・解除作業＞	0.6	0.4	0.6	0.5	0.6	0.5	0.5	0.5	0.3	0.0	0.4	0.2	0.0	0.0	0.0	0.1	0.2	0.2	0.0
＜a 10. 照明などの設置作業＞	0.3	0.3	0.5	0.4	0.5	0.4	0.4	0.4	0.3	0.0	0.2	0.2	0.0	0.0	0.0	0.2	0.1	0.1	0.0
＜a 11. ローラー系建設機械操縦作業＞*	0.6	0.0	0.7	0.6	0.7	0.5	0.6	0.5	0.3	0.2	0.6	0.6	0.8	0.0	0.0	0.5	0.4	0.4	0.8
＜a 12. 敷均建設機械操縦作業＞	0.6	0.0	0.7	0.5	0.6	0.5	0.6	0.6	0.3	0.0	0.5	0.6	0.8	0.0	0.0	0.6	0.4	0.4	0.8
＜a 13. 切削機操縦作業＞	0.6	0.0	0.8	0.5	0.6	0.5	0.7	0.5	0.3	0.0	0.7	0.7	0.7	0.0	0.0	0.6	0.5	0.4	0.7
＜a 14. アスファルトフィニシャー操縦作業＞	0.5	0.0	0.7	0.6	0.6	0.6	0.5	0.5	0.3	0.4	0.5	0.4	0.7	0.0	0.0	0.5	0.4	0.3	0.6
＜a 15. 取り壊し 建設機械操縦作業＞	0.6	0.3	0.6	0.5	0.7	0.5	0.7	0.5	0.3	0.0	0.7	0.7	0.6	0.0	0.0	0.5	0.5	0.3	0.8
＜a 16. 特に狭所での掘削建設機械操縦作業＞	0.6	0.6	0.7	0.6	0.7	0.4	0.6	0.5	0.5	0.0	0.6	0.5	0.8	0.0	0.0	0.4	0.5	0.3	0.8

*トラクターショベル操縦を含む

表－9.3.4.2－2　作業単位別・要因別重要度　a. 道路維持修繕工－Ⅰ. 苦渋性要因（その2）

a. 道路維持修繕工 Ⅰ. 苦渋性要因（重要度） (2) 環境要因	22 気温	23 天候	24 風	25 作業時間帯	26 照明の明るさ（暗さ）	27 照明のまぶしさ	28 要求作業量	道3 切断汚水	道4 建設機械の可動域の狭さ	道5 アスファルトの厚さ	道6 人力廃材積み込み	29 要求精度	30 作業不慣れ不十分 ブレーカー	バックホウ	ニブラ	フィニシャー	ブルドーザー	31 現場への不慣れ	32 作業予定時間とのズレ	33 一般通行車両	34 現場周辺の民家の存在	35 作業区域上空の障害物	36 作業区域地下の障害物	37 機械と作業者の近接	道7 作業幅の狭さ	38 肉体・精神疲労
＜a 1. 取り壊し 掘削補助作業＞	0.6	0.6	0.7	0.6	0.7	0.7	0.7	0.0	0.7	0.7	0.9	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.6	0.5	0.5	0.0	0.3	0.6	0.7	0.8
＜a 2. 敷均補助作業＞	0.6	0.6	0.7	0.6	0.7	0.7	0.7	0.0	0.6	0.2	0.2	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.6	0.6	0.5	0.5	0.0	0.0	0.6	0.6	0.6
＜a 3. アスファルト敷均補助作業＞	0.4	0.6	0.6	0.6	0.8	0.8	0.6	0.0	0.7	0.6	0.1	0.7	0.0	0.0	0.0	0.4	0.0	0.5	0.6	0.6	0.6	0.0	0.0	0.6	0.7	0.7
＜a 4. 小型機械作業＞	0.5	0.6	0.6	0.6	0.7	0.7	0.7	0.6	0.7	0.5	0.0	0.5	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	0.6	0.7	0.6	0.0	0.4	0.6	0.7	0.7
＜a 5. 湧き水処理作業＞	0.5	0.6	0.6	0.5	0.6	0.5	0.6	0.0	0.6	0.1	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	0.5	0.4	0.6	0.0	0.0	0.5	0.6	0.6
＜a 6. 誘導作業＞	0.5	0.6	0.5	0.6	0.7	0.7	0.6	0.0	0.7	0.4	0.0	0.5	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.6	0.5	0.7	0.6	0.4	0.0	0.7	0.7	0.6
＜a 7. 検査・管理作業＞	0.6	0.6	0.6	0.5	0.7	0.7	0.5	0.0	0.6	0.4	0.0	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.6	0.6	0.5	0.0	0.0	0.5	0.6	0.6
＜a 8. 乳剤散布作業＞	0.4	0.6	0.6	0.5	0.5	0.5	0.6	0.0	0.6	0.2	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	0.5	0.5	0.5	0.0	0.0	0.6	0.6	0.5
＜a 9. 交通規制・解除作業＞	0.4	0.5	0.6	0.6	0.6	0.6	0.5	0.1	0.7	0.1	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	0.7	0.8	0.6	0.0	0.0	0.5	0.7	0.6
＜a 10. 照明などの設置作業＞	0.4	0.5	0.4	0.5	0.7	0.6	0.5	0.0	0.6	0.1	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	0.5	0.6	0.5	0.0	0.0	0.5	0.6	0.5
＜a 11. ローラー系建設機械操縦作業＞*	0.4	0.6	0.5	0.6	0.7	0.7	0.7	0.0	0.7	0.4	0.0	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	0.6	0.7	0.5	0.0	0.3	0.7	0.7	0.6
＜a 12. 敷均建設機械操縦作業＞	0.4	0.5	0.4	0.6	0.6	0.6	0.7	0.0	0.7	0.2	0.0	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9	0.6	0.6	0.6	0.5	0.0	0.3	0.7	0.7	0.7
＜a 13. 切削機操縦作業＞	0.5	0.6	0.5	0.6	0.7	0.6	0.7	0.0	0.8	0.6	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	0.6	0.5	0.6	0.5	0.5	0.7	0.8	0.6
＜a 14. アスファルトフィニシャー操縦作業＞	0.5	0.6	0.4	0.6	0.8	0.7	0.6	0.0	0.6	0.5	0.0	0.7	0.0	0.0	0.0	0.8	0.0	0.5	0.6	0.5	0.5	0.0	0.1	0.5	0.6	0.5
＜a 15. 取り壊し 建設機械操縦作業＞	0.4	0.5	0.5	0.6	0.7	0.7	0.7	0.0	0.8	0.6	0.0	0.5	0.8	0.0	0.7	0.0	0.0	0.6	0.6	0.7	0.6	0.6	0.6	0.7	0.8	0.7
＜a 16. 特に狭所での掘削建設機械操縦作業＞	0.5	0.5	0.5	0.6	0.7	0.7	0.7	0.0	0.9	0.5	0.0	0.7	0.0	0.9	0.1	0.0	0.0	0.8	0.7	0.6	0.5	0.8	0.8	0.8	0.9	0.7

*トラクターショベル操縦を含む

表－9.3.4.2－2　作業単位別・要因別重要度　a．道路維持修繕工－Ⅱ．危険性要因（その1）

a．道路維持修繕工 Ⅱ．危険性要因（重要度） (1)　作業要因	3 神経作業	5 不安定な足場での作業	11 作業対象から受ける熱	12 騒音	15 使用建設機械の死角	16 使用機材のエネルギー接触	道2 取り壊し時の廃材の飛散状況	18 使用機材の操作の複雑さ	19 使用機材の操作の不統一	21 使用建設機械の作業スペースの広さ
＜a 1. 取り壊し 掘削補助作業＞	0.6	0.7	0.0	0.4	0.8	0.4	0.7	0.0	0.0	0.0
＜a 2. 敷均補助作業＞	0.5	0.6	0.0	0.2	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0
＜a 3. アスファルト敷均補助作業＞	0.7	0.7	0.6	0.3	0.0	0.3	0.5	0.2	0.2	0.0
＜a 4. 小型機械作業＞	0.7	0.7	0.3	0.6	0.0	0.6	0.3	0.5	0.5	0.0
＜a 5. 湧き水処理作業＞	0.5	0.7	0.0	0.2	0.0	0.0	0.2	0.2	0.1	0.0
＜a 6. 誘導作業＞	0.7	0.6	0.2	0.5	0.0	0.4	0.3	0.0	0.0	0.0
＜a 7. 検査・管理作業＞	0.5	0.5	0.1	0.2	0.0	0.0	0.1	0.0	0.1	0.0
＜a 8. 乳剤散布作業＞	0.6	0.5	0.0	0.4	0.0	0.0	0.1	0.3	0.4	0.0
＜a 9. 交通規制・解除作業＞	0.7	0.6	0.0	0.4	0.0	0.0	0.3	0.1	0.1	0.0
＜a 10. 照明などの設置作業＞	0.5	0.5	0.0	0.3	0.0	0.0	0.2	0.3	0.3	0.0
＜a 11. ローラー系建設機械操縦作業＞*	0.7	0.6	0.0	0.5	0.8	0.0	0.2	0.5	0.5	0.8
＜a 12. 敷均建設機械操縦作業＞	0.7	0.6	0.0	0.6	0.8	0.0	0.2	0.5	0.4	0.8
＜a 13. 切削機操縦作業＞	0.6	0.5	0.0	0.7	0.7	0.0	0.5	0.5	0.5	0.8
＜a 14. アスファルトフィニシャー操縦作業＞	0.7	0.6	0.5	0.6	0.8	0.0	0.2	0.5	0.5	0.8
＜a 15. 取り壊し 建設機械操縦作業＞	0.7	0.7	0.0	0.7	0.8	0.0	0.8	0.6	0.5	0.8
＜a 16. 特に狭所での掘削建設機械操縦作業＞	0.8	0.6	0.0	0.6	0.7	0.0	0.5	0.5	0.1	0.8

*トラクターショベルの操縦を含む

表－9.3.4.2－2　作業単位別・要因別重要度　a．道路維持修繕工－Ⅱ．危険性要因（その2）

a．道路維持修繕工 Ⅱ．危険性要因（重要度） (2)　環境要因	23 天候	24 風	25 作業時間帯	26 照明の明るさ（暗さ	27 照明のまぶしさ	28 要求作業量	道4 建設機械の稼働域の狭さ	29 要求精度	30 作業不慣れ不十分 ブレーカー	バックホウ	ニブラ	フィニシャー	ブルドーザー	31 現場への不慣れ	32 作業予定時間とのズレ	33 一般通行車両	34 現場周辺の民家の存在	35 作業区域上空の障害物	36 作業区域地下の障害物	37 機械と作業者の近接	道7 作業幅の狭さ	38 肉体・精神疲労
＜a 1. 取り壊し 掘削補助作業＞	0.6	0.5	0.5	0.6	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	0.5	0.6	0.5	0.0	0.4	0.6	0.6	0.7
＜a 2. 敷均補助作業＞	0.6	0.5	0.5	0.6	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.5	0.5	0.5	0.5	0.0	0.0	0.5	0.5	0.6
＜a 3. アスファルト敷均補助作業＞	0.6	0.5	0.6	0.7	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	0.0	0.6	0.5	0.7	0.6	0.0	0.0	0.6	0.7	0.7
＜a 4. 小型機械作業＞	0.5	0.5	0.6	0.6	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.6	0.5	0.7	0.6	0.0	0.6	0.6	0.6	0.7
＜a 5. 湧き水処理作業＞	0.5	0.5	0.5	0.6	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	0.4	0.5	0.6	0.0	0.0	0.4	0.6	0.6
＜a 6. 誘導作業＞	0.5	0.5	0.5	0.6	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.7	0.5	0.8	0.4	0.4	0.0	0.7	0.6	0.6
＜a 7. 検査・管理作業＞	0.5	0.4	0.3	0.6	0.6	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.3	0.5	0.5	0.0	0.0	0.2	0.3	0.4
＜a 8. 乳剤散布作業＞	0.6	0.5	0.5	0.6	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	0.5	0.7	0.7	0.0	0.0	0.5	0.5	0.5
＜a 9. 交通規制・解除作業＞	0.6	0.4	0.6	0.7	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	0.6	0.8	0.7	0.0	0.0	0.6	0.6	0.6
＜a 10. 照明などの設置作業＞	0.5	0.5	0.6	0.7	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	0.4	0.7	0.6	0.0	0.0	0.5	0.6	0.5
＜a 11. ローラー系建設機械操縦作業＞*	0.6	0.5	0.6	0.7	0.7	0.0	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	0.5	0.7	0.6	0.0	0.4	0.8	0.7	0.7
＜a 12. 敷均建設機械操縦作業＞	0.6	0.5	0.6	0.7	0.7	0.0	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8	0.6	0.5	0.7	0.6	0.0	0.5	0.8	0.7	0.7
＜a 13. 切削機操縦作業＞	0.5	0.5	0.4	0.7	0.7	0.0	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	0.0	0.6	0.5	0.7	0.6	0.5	0.5	0.7	0.7	0.6
＜a 14. アスファルトフィニシャー操縦作業＞	0.6	0.5	0.5	0.7	0.7	0.0	0.7	0.0	0.9	0.0	0.9	0.0	0.0	0.6	0.5	0.7	0.6	0.0	0.3	0.8	0.7	0.6
＜a 15. 取り壊し 建設機械操縦作業＞	0.6	0.6	0.5	0.7	0.7	0.0	0.8	0.0	0.0	0.8	0.2	0.0	0.0	0.6	0.6	0.7	0.6	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7
＜a 16. 特に狭所での掘削建設機械操縦作業＞	0.6	0.5	0.6	0.8	0.7	0.0	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	0.6	0.7	0.6	0.8	0.7	0.8	0.7	0.7

＊トラクターショベルの操縦を含む

表－9.3.4.2－3　作業単位別・要因別重要度　b.土工－Ⅰ．苦渋性要因（その1）

b.土　工 Ⅰ．苦渋性要因（重要度） (1)　作業要因	1 作業の実稼働時間の長さ	2 重筋作業	3 神経作業	4 不自然な姿勢の作業	5 不安定な足場での作業	土1 法面傾斜	土2 走行用鉄板の必要性	8 作業による汚れ	9 紛塵	12 騒音	13 振動	15 使用建設機械の死角	16 使用機材のエネルギー接触	18 使用機材の操作の複雑さ	19 使用機材の操作の不統一	20 使用機材の非自動化	21 使用建設機械の作業スペースの広さ
＜b 1. 特に法面での誘導作業＞	0.3	0.0	0.3	0.0	0.3	0.4	0.0	0.4	0.4	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
＜b 2. 掘削・盛土を対象とする建設機械操縦作業＞	0.7	0.0	0.8	0.9	0.8	0.7	0.1	0.4	0.5	0.1	0.3	0.6	0.1	0.1	0.9	0.1	0.8
＜b 3. 建設機械による補助作業＞	0.4	0.0	0.5	0.4	0.4	0.4	0.0	0.4	0.5	0.1	0.3	0.6	0.1	0.1	0.9	0.1	0.8
＜b 4. 車両運転作業＞	0.5	0.0	0.3	0.2	0.1	0.0	0.5	0.2	0.2	0.1	0.1	0.3	0.0	0.1	0.5	0.1	0.5

表－9.3.4.2－3　作業単位別・要因別重要度　b.土工 Ⅰ．苦渋性要因（その2）

b.土　工 Ⅰ．苦渋性要因（重要度） (2)　環境要因	22 気温	23 天候	24 風	28 要求作業量	土3 土砂の運搬のしにくさ	土4 場所が離れていること 敷均し場所と土砂を降ろす	土5 土質	29 要求精度	30 作業十分慣れ不熟不習 ダンプトラック	30 ブルドーザー	30 バックホウ	31 現場への不慣れ	37 機械と作業者の近接	土6 作業区域の混雑	38 肉体・精神疲労
＜b 1. 特に法面での誘導作業＞	0.5	0.4	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.4	0.4
＜b 2. 掘削・盛土を対象とする建設機械操縦作業＞	0.2	0.3	0.3	0.6	0.0	0.9	0.5	0.7	0.9	0.9	0.0	0.6	0.4	0.8	0.8
＜b 3. 建設機械による補助作業＞	0.2	0.3	0.3	0.3	0.0	0.0	0.5	0.3	0.6	0.0	0.7	0.4	0.2	0.7	0.4
＜b 4. 車両運転作業＞	0.2	0.2	0.3	0.6	0.7	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.8	0.3	0.0	0.0	0.7

表－9.3.4.2－3　作業単位別・要因別重要度　b．土工－Ⅱ．危険性要因（その1）

b．土　工 Ⅱ．危険性要因（重要度） (1)　作業要因	3 神経作業	5 不安定な足場での作業	土1 法面傾斜	土2 走行用鉄板の必要性	12 騒音	15 使用建設機械の死角	16 使用機材のエネルギー接触	18 使用機材の操作の複雑さ	19 使用機材の操作の統一	21 使用建設機械の作業スペースの広さ
<b 1. 特に法面での誘導作業>	0.5	0.7	0.8	0.0	0.1	0.6	0.6	0.0	0.0	0.5
<b 2. 掘削・盛土を対象とする建設機械操縦作業>	0.6	0.8	0.8	0.3	0.1	0.7	0.2	0.3	0.8	0.9
<b 3. 建設機械による補助作業>	0.3	0.7	0.0	0.8	0.1	0.4	0.2	0.3	0.8	0.9
<b 4. 車両運転作業>	0.2	0.2	0.0	0.8	0.1	0.5	0.2	0.2	0.6	0.4

表－9.3.4.2－3　作業単位別・要因別重要度　b．土工－Ⅱ．危険性要因（その2）

b．土　工 Ⅱ．危険性要因（重要度） (2)　環境要因	23 天候	24 風	28 要求作業量	土4 場所が離れていること 散均し場所と土砂を降ろす	土5 土質	29 要求精度	30 作業分類不慣れ不習熟 バックホウ	30 作業分類不慣れ不習熟 ブルドーザー	30 作業分類不慣れ不習熟 ダンプトラック	31 現場への不慣れ	37 機械と作業者の近接	土6 作業区域の混雑	38 肉体・精神疲労
<b 1. 特に法面での誘導作業>	0.3	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.5	0.3	0.4
<b 2. 掘削・盛土を対象とする建設機械操縦作業>	0.4	0.2	0.0	0.5	0.8	0.0	0.9	0.9	0.0	0.8	0.9	0.8	0.7
<b 3. 建設機械による補助作業>	0.4	0.2	0.0	0.0	0.8	0.0	0.9	0.6	0.0	0.8	0.9	0.8	0.7
<b 4. 車両運転作業>	0.2	0.1	0.0	0.0	0.7	0.0	0.9	0.0	0.3	0.8	0.9	0.8	0.7

表－9.3.4.2－4　作業単位別・要因別重要度　c. 離岸堤工－Ⅰ. 苦渋性要因（その1）

c. 離岸堤工 Ⅰ. 苦渋性要因（重要度） (1) 作業要因	1 作業の実稼働時間の長さ	2 重筋作業	3 神経作業	4 不自然な姿勢の作業	5 不安定な足場での作業	6 転落の可能性	7 海中作業	8 作業による汚れ	12 騒音	13 振動	14 遠隔でのコミュニケーション	15 使用建設機械の死角	16 使用機材のエネルギー接触	17 重量物の取り付け・取り外し	18 使用機材の操作の複雑さ	海1 潜水方式	19 使用機材の操作の不統一	20 使用機材の非自動化状況	21 使用建設機械の作業スペースの広さ
＜c 1. 船のアンカー移動作業＞	0.9	0.2	0.2	0.3	0.3	0.3	0.0	0.2	0.1	0.0	0.2	0.0	0.2	0.0	0.2	0.0	0.3	0.2	0.3
＜c 2. 船の接岸・離岸補助作業＞	0.9	0.2	0.2	0.3	0.3	0.3	0.0	0.2	0.1	0.1	0.2	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.3	0.0	0.5
＜c 3. 潜水夫の海中・海面移動作業＞	0.4	0.0	0.2	0.6	0.6	0.0	0.6	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	0.0	0.0	0.0
＜c 4. ブロック上での作業員の移動作業＞	0.3	0.0	0.2	0.6	0.6	0.6	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
＜c 5. 玉掛け作業＞*	0.7	0.4	0.2	0.2	0.2	0.1	0.0	0.2	0.1	0.0	0.2	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0	0.3	0.0	0.5
＜c 6. 据え付け 玉外し作業＞	0.9	0.4	0.5	0.5	0.6	0.6	0.6	0.6	0.1	0.0	0.7	0.0	0.0	0.5	0.0	0.4	0.3	0.0	0.5
＜c 7. 据え付け 位置合わせ作業＞	0.9	0.4	0.5	0.5	0.6	0.6	0.6	0.6	0.1	0.0	0.7	0.0	0.0	0.5	0.0	0.4	0.0	0.0	0.0
＜c 8. 海中部敷均作業＞	0.9	0.4	0.5	0.5	0.6	0.0	0.6	0.6	0.1	0.0	0.7	0.0	0.0	0.5	0.0	0.4	0.0	0.0	0.0
＜c 9. 積み込み クレーン操縦作業＞	0.8	0.0	0.2	0.2	0.0	0.0	0.0	0.1	0.2	0.2	0.2	0.3	0.0	0.0	0.3	0.0	0.8	0.2	0.6
＜c10. 据え付け クレーン操縦作業＞	0.9	0.0	0.8	0.2	0.0	0.0	0.0	0.1	0.2	0.2	0.8	0.5	0.0	0.0	0.3	0.0	0.9	0.2	0.8
＜c11. 積み込み トレーラー運転作業＞	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.3
＜c12. 操船作業＞	0.9	0.0	0.2	0.0	0.2	0.1	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.0	0.0	0.2	0.0	0.5	0.3	0.6

*積み込み 玉外しを含む

表－9.3.4.2－5　作業単位別・要因別重要度　c. 離岸堤工－Ⅰ. 苦渋性要因（その2）

c. 離岸堤工 Ⅰ. 苦渋性要因（重要度） (2) 環境要因	22 気温	海2 海水の温度	23 天候	24 風	海3 波の高さ	海4 潮の流れの速さ	26 照明の明るさ（暗さ）	海5 海中での視認性の悪さ	28 要求作業量	海7 人力捨て石均し量	海8 敷均し底の凹凸	29 要求精度	海6 ブロックの据付形式	30 不慣れ作業不十分 クレーン	玉外し	玉掛け	潜水夫	位置合わせ	31 現場への不慣れ	37 機械と作業者の近接	38 肉体・精神疲労
＜c 1. 船のアンカー移動作業＞	0.3	0.0	0.2	0.4	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.5
＜c 2. 船の接岸・離岸補助作業＞	0.3	0.0	0.2	0.4	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.5
＜c 3. 潜水夫の海中・海面移動作業＞	0.1	0.6	0.1	0.1	0.3	0.3	0.0	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.2
＜c 4. ブロック上での作業員の移動作業＞	0.1	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.2
＜c 5. 玉掛け作業＞*	0.3	0.0	0.2	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0	0.5	0.3	0.5
＜c 6. 据え付け 玉外し作業＞	0.5	0.6	0.2	0.4	0.8	0.8	0.0	0.7	0.7	0.6	0.0	0.8	0.6	0.0	0.8	0.0	0.0	0.0	0.6	0.5	0.7
＜c 7. 据え付け 位置合わせ作業＞	0.5	0.6	0.2	0.3	0.8	0.8	0.0	0.7	0.6	0.0	0.0	0.6	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9	0.6	0.5	0.7
＜c 8. 海中部敷均作業＞	0.0	0.6	0.0	0.3	0.8	0.8	0.0	0.7	0.6	0.7	0.4	0.6	0.5	0.0	0.0	0.0	0.9	0.0	0.6	0.5	0.7
＜c 9. 積み込み クレーン操縦作業＞	0.1	0.0	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.5	0.5
＜c10. 据え付け クレーン操縦作業＞	0.1	0.0	0.2	0.1	0.3	0.0	0.0	0.0	0.8	0.0	0.3	0.9	0.8	0.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	0.7	0.7
＜c11. 積み込み トレーラー運転作業＞	0.1	0.0	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	0.2
＜c12. 操船作業＞	0.1	0.0	0.2	0.3	0.4	0.2	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0	0.5

*積み込み 玉外しを含む

表－9.3.4.2－6　作業単位別・要因別重要度　c. 離岸堤工－Ⅱ. 危険性要因（その1）

c. 離岸堤工 Ⅱ. 危険性要因（重要度） (1) 作業要因	3 神経作業	5 不安定な現場での作業	6 転落の可能性	7 海中作業	12 騒音	14 遠隔でのコミュニケーション	15 使用建設機械の死角	16 使用機材のエネルギー接触	17 重量物の取り付け・取り外し	18 使用機材の操作の複雑さ	海1 潜水方式	19 使用機材の操作不統一	21 使用建設機械の作業スペースの広さ
＜c 1. 船のアンカー移動作業＞	0.3	0.4	0.4	0.0	0.1	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
＜c 2. 船の接岸・離岸補助作業＞	0.3	0.4	0.4	0.0	0.1	0.3	0.5	0.2	0.0	0.1	0.0	0.2	0.0
＜c 3. 潜水夫の海中・海面移動作業＞	0.2	0.5	0.0	0.9	0.1	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9	0.0	0.0
＜c 4. ブロック上での作業員の移動作業＞	0.2	0.4	0.7	0.0	0.1	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
＜c 5. 玉掛け作業＞*	0.5	0.2	0.2	0.9	0.2	0.6	0.0	0.0	0.5	0.1	0.0	0.0	0.3
＜c 6. 据え付け 玉外し作業＞	0.7	0.7	0.7	0.9	0.1	0.8	0.0	0.1	0.7	0.1	0.7	0.0	0.9
＜c 7. 据え付け 位置合わせ作業＞	0.7	0.7	0.7	0.9	0.1	0.8	0.0	0.1	0.7	0.1	0.7	0.0	0.9
＜c 8. 海中部敷均作業＞	0.7	0.7	0.0	0.9	0.1	0.8	0.0	0.1	0.5	0.1	0.7	0.9	0.8
＜c 9. 積み込み クレーン操縦作業＞	0.7	0.0	0.0	0.0	0.3	0.3	0.5	0.4	0.0	0.5	0.0	0.8	0.8
＜c10. 据え付け クレーン操縦作業＞	0.9	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	0.0	0.9	0.9
＜c11. 積み込み トレーラー運転作業＞	0.2	0.0	0.0	0.0	0.3	0.2	0.3	0.0	0.0	0.3	0.0	0.3	0.5
＜c12. 操船作業＞	0.3	0.1	0.1	0.0	0.2	0.2	0.1	0.0	0.0	0.2	0.0	0.3	0.4

＊積み込み 玉外しを含む

表－9.3.4.2－6　作業単位別・要因別重要度　c．離岸堤工－Ⅱ．危険性要因（その2）

c．離岸堤工 Ⅱ．危険性要因（重要度） (2)　環境要因	23 天候	24 風	海3 波の高さ	海4 潮の流れの速さ	26 照明の明るさ（暗さ）	海5 海中での視認性の悪さ	28 要求作業量	海7 人力捨て石均し量	海8 敷均し底の凹凸	29 要求精度	海6 ブロックの据付形式	30 作業不慣れ・習熟不十分					31 現場への不慣れ	37 機械と作業者の近接	38 肉体・精神疲労
												クレーン	玉外し	玉掛け	潜水夫	位置合わせ			
＜c 1. 船のアンカー移動作業＞	0.1	0.2	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.4	0.3
＜c 2. 船の接岸・離岸補助作業＞	0.4	0.3	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.2	0.5
＜c 3. 潜水夫の海中・海面移動作業＞	0.8	0.8	0.9	0.9	0.0	0.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9	0.0	0.7	0.0	0.9
＜c 4. ブロック上での作業員の移動作業＞	0.6	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	0.0	0.8
＜c 5. 玉掛け作業＞*	0.1	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.7	0.7	0.0	0.0	0.3	0.2	0.5
＜c 6. 据え付け 玉外し作業＞	0.8	0.8	0.9	0.9	0.0	0.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	0.3	0.9	0.0	0.9	0.0	0.7	0.0	0.9
＜c 7. 据え付け 位置合わせ作業＞	0.8	0.8	0.9	0.9	0.0	0.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	0.3	0.0	0.0	0.9	0.9	0.7	0.0	0.9
＜c 8. 海中部敷均作業＞	0.8	0.8	0.9	0.9	0.0	0.9	0.0	0.3	0.3	0.0	0.7	0.3	0.0	0.0	0.9	0.0	0.7	0.0	0.9
＜c 9. 積み込み クレーン操縦作業＞	0.2	0.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.4	0.6
＜c10. 据え付け クレーン操縦作業＞	0.6	0.8	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9	0.6	0.9
＜c11. 積み込み トレーラー運転作業＞	0.2	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0	0.3
＜c12. 操船作業＞	0.5	0.4	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	0.0	0.5

*積み込み 玉外しを含む

9.3.5　苦渋性・危険性の評価モデル作成

9.3.5.1　評価モデルの設定，およびその使い方

9.3.4までの結果を総合して，「a. 道路維持修繕工」「b. 土工」「c. 離岸堤工」の3工種を例に，評価モデルを組み立てた結果を，

「a. 道路維持修繕工」…… 表－9.3.5.1－1，表－9.3.5.1－2

「b. 土工」…… 表－9.3.5.1－3，表－9.3.5.1－4

「c. 離岸堤工」…… 表－9.3.5.1－5，表－9.3.5.1－6

に示す。

評価モデルは下の図－9.3.5.1のような構造を持ち，表頭（表の横並び）には苦渋性・危険性要因が，表側（表の縦並び）には作業単位が示されている。

図－9.3.5.1　評価モデルの構造

(1)　作業要因

	1 要因		2 要因		……	苦渋度 基礎合計点
作業単位 a 1	1 2 ③	7.0 3.5 0.0	① 2 3	8.0 4.8 0.0		46.5
重要度		0.7		0.8		
作業単位 a 2						

(2)　環境要因

	22 要因		23 要因		……
作業単位 a 1	1 2 3	6.0 3.6 0.0	1 2 3	6.0 1.2 0.0	
重要度		0.6		0.6	
作業単位 a 2					

本モデルでの評価対象は作業単位であるから，評価したい作業単位に対して，9.3.1.で設定した苦渋性・危険性要因の視点から，9.3.3で設定したその要因の評価指標・段階を用いて評価することになる。但し作業要因は作業内容が定まればあらかじめ評価できる要因であるので，既にモデル上では評価済みである（図－9.3.5.1の例では要因1が尺度段階3，要因2が尺度段階1に評価されている）。実際に作業現場で評価の必要があるのは環境要因のみである。

本モデルでの苦渋度／危険度算定の考え方は，（各要因の評価尺度段階値 × その要因の重要度）

の値（＝苦渋度／危険度加算点）を全要因について積算するというものである。作業要因については，上述の通り既に各要因の尺度段階（マトリクスの各セル左の1，2，3）が評価されているので，それらの合計点である基礎苦渋度／基礎危険度も既に求まっている（図－9.3.5.1の例では基礎苦渋度46.5点）。

また表では尺度段階の右横に，あらかじめ尺度段階値に重要度を乗じた苦渋度加算点／危険度加算点が示されているので，具体的に特定の作業単位の苦渋度／危険度を算出する時には，まず評価対象作業工程の環境要因をすべて尺度段階1～3で評価した上で，その横に示された加算点を足し上げ，これに作業要因に基づく基礎合計点を加えればよい。

図－9.3.5.1の例：作業単位a1の苦渋性評価において，環境要因22を尺度段階2，環境要因23を1と評価した場合，作業単位a1の苦渋度は，

作業要因基礎苦渋度46.5点＋環境要因苦渋度（3.6点＋6.0点＋……）
↑　↑
要因22　要因23

ということになる。

表－9.3.5.1－1　a．道路維持修繕工のI．苦渋度評価モデル（その1）

a．道路維持修繕工 I　苦渋度評価 (1)　作業要因	1 作業の実稼働時間の長さ		2 重筋作業		3 神経作業		4 不自然な姿勢の作業		5 不安定な足場での作業		6 作業による汚れ	
＜a 1. 取り壊し 掘削補助作業＞	1	7.0	①	8.0	1	5.0	1	7.0	①	7.0	①	7.0
	2	3.5	2	4.8	②	3.0	②	3.5	2	4.2	2	4.9
	③	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0
重要度		0.7		0.8		0.5		0.7		0.7		0.7
＜a 2. 敷均補助作業＞	1	7.0	①	7.0	1	5.0	①	6.0	1	6.0	1	6.0
	②	3.5	2	4.2	②	3.0	2	3.0	②	3.6	②	4.2
	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0
重要度		0.7		0.7		0.5		0.6		0.6		0.6
＜a 3. アスファルト敷均補助作業＞	1	7.0	①	7.0	①	8.0	①	8.0	1	7.0	①	7.0
	②	3.5	2	4.2	2	4.8	2	4.0	②	4.2	2	4.9
	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0
重要度		0.7		0.7		0.8		0.8		0.7		0.7
＜a 4. 小型機械作業＞	1	7.0	①	6.0	1	7.0	①	6.0	1	7.0	1	6.0
	②	3.5	2	3.6	②	4.2	2	3.0	②	4.2	②	4.2
	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0
重要度		0.7		0.6		0.7		0.6		0.7		0.6
＜a 5. 湧き水処理作業＞	1	7.0	1	6.0	1	6.0	1	6.0	①	7.0	①	6.0
	②	3.5	②	3.6	②	3.6	②	3.0	2	4.2	2	4.2
	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0
重要度		0.7		0.6		0.6		0.6		0.7		0.6
＜a 6. 誘導作業＞	1	6.0	1	4.0	1	7.0	1	5.0	1	6.0	1	5.0
	2	3.0	2	2.4	②	4.2	2	2.5	2	3.6	2	3.5
	③	0.0	③	0.0	3	0.0	③	0.0	③	0.0	③	0.0
重要度		0.6		0.4		0.7		0.5		0.6		0.5
＜a 7. 検査・管理作業＞	1	5.0	1	4.0	1	7.0	1	5.0	1	6.0	1	5.0
	2	2.5	2	2.4	②	4.2	2	2.5	2	3.6	2	3.5
	③	0.0	③	0.0	3	0.0	③	0.0	③	0.0	③	0.0
重要度		0.5		0.4		0.7		0.5		0.6		0.5
＜a 8. 乳剤散布作業＞	1	6.0	1	5.0	1	6.0	1	5.0	1	6.0	①	7.0
	2	3.0	②	3.0	2	3.6	②	2.5	2	3.6	2	4.9
	③	0.0	3	0.0	③	0.0	3	0.0	③	0.0	3	0.0
重要度		0.6		0.5		0.6		0.5		0.6		0.7
＜a 9. 交通規制・解除作業＞	1	6.0	1	4.0	1	6.0	1	5.0	1	6.0	1	5.0
	2	3.0	②	2.4	②	3.6	2	2.5	2	3.6	2	3.5
	③	0.0	3	0.0	3	0.0	③	0.0	③	0.0	③	0.0
重要度		0.6		0.4		0.6		0.5		0.6		0.5
＜a 10. 照明などの設置作業＞	1	3.0	1	3.0	1	5.0	1	4.0	1	5.0	1	4.0
	2	1.5	②	1.8	2	3.0	2	2.0	2	3.0	2	2.8
	③	0.0	3	0.0	③	0.0	③	0.0	③	0.0	③	0.0
重要度		0.3		0.3		0.5		0.4		0.5		0.4
＜a 11. ローラー系建設機械操縦作業＞*	①	6.0	1	0.0	1	7.0	1	6.0	1	7.0	1	5.0
	2	3.0	2	0.0	②	4.2	2	3.0	2	4.2	2	3.5
	3	0.0	③	0.0	3	0.0	③	0.0	③	0.0	③	0.0
重要度		0.6		0.0		0.7		0.6		0.7		0.5
＜a 12. 敷均建設機械操縦作業＞	①	6.0	1	0.0	①	7.0	1	5.0	1	6.0	1	5.0
	2	3.0	2	0.0	2	4.2	2	2.5	2	3.6	2	3.5
	3	0.0	③	0.0	3	0.0	③	0.0	③	0.0	③	0.0
重要度		0.6		0.0		0.7		0.5		0.6		0.5
＜a 13. 切削機操縦作業＞	①	6.0	1	0.0	①	8.0	1	5.0	1	6.0	1	5.0
	2	3.0	2	0.0	2	4.8	2	2.5	2	3.6	2	3.5
	3	0.0	③	0.0	3	0.0	③	0.0	③	0.0	③	0.0
重要度		0.6		0.0		0.8		0.5		0.6		0.5
＜a 14. アスファルトフィニシャー操縦作業＞	①	5.0	1	0.0	①	7.0	1	6.0	1	6.0	1	6.0
	2	2.5	2	0.0	2	4.2	2	3.0	2	3.6	2	4.2
	3	0.0	③	0.0	3	0.0	③	0.0	③	0.0	③	0.0
重要度		0.5		0.0		0.7		0.6		0.6		0.6
＜a 15. 取り壊し 建設機械操縦作業＞	①	6.0	1	3.0	①	6.0	1	5.0	1	7.0	1	5.0
	2	3.0	2	1.8	2	3.6	2	2.5	2	4.2	2	3.5
	3	0.0	③	0.0	3	0.0	③	0.0	③	0.0	③	0.0
重要度		0.6		0.3		0.6		0.5		0.7		0.5
＜a 16. 特に狭所での掘削建設機械操縦作業＞	①	6.0	1	6.0	①	7.0	1	6.0	1	7.0	1	4.0
	2	3.0	2	3.6	2	4.2	2	3.0	2	4.2	2	2.8
	3	0.0	③	0.0	3	0.0	③	0.0	③	0.0	③	0.0
重要度		0.6		0.6		0.7		0.6		0.7		0.4

*トラクターショベル操縦を含む

表－9.3.5.1－1　a．道路維持修繕工の I．苦渋度評価モデル（その2）

a．道路維持修繕工 I　苦渋度評価 (1)　作業要因	9 粉塵		11 作業対象から受ける熱		12 騒音		13 振動		15 使用建設機械の死角		16 使用機材のエネルギー接触	
＜a 1. 取り壊し 掘削補助作業＞	①	8.0	1	0.0	1	6.0	1	6.0	1	0.0	①	3.0
	2	4.0	2	0.0	2	3.6	2	3.6	2	0.0	2	1.8
	3	0.0	③	0.0	③	0.0	③	0.0	③	0.0	3	0.0
重要度		0.8		0.0		0.6		0.6		0.0		0.3
＜a 2. 敷均補助作業＞	①	8.0	1	0.0	1	5.0	1	4.0	1	0.0	①	3.0
	2	4.0	2	0.0	2	3.0	2	2.4	2	0.0	2	1.8
	3	0.0	③	0.0	③	0.0	③	0.0	③	0.0	3	0.0
重要度		0.8		0.0		0.5		0.4		0.0		0.3
＜a 3. アスファルト敷均補助作業＞	①	5.0	①	5.0	1	3.0	1	3.0	1	0.0	①	2.0
	2	2.5	2	2.5	2	1.8	2	1.8	2	0.0	2	1.2
	3	0.0	3	0.0	③	0.0	③	0.0	③	0.0	3	0.0
重要度		0.5		0.5		0.3		0.3		0.0		0.2
＜a 4. 小型機械作業＞	①	6.0	1	2.0	1	7.0	①	6.0	1	0.0	①	4.0
	2	3.0	②	1.0	②	4.2	2	3.6	2	0.0	2	2.4
	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	③	0.0	3	0.0
重要度		0.6		0.2		0.7		0.6		0.0		0.4
＜a 5. 湧き水処理作業＞	①	5.0	1	0.0	1	2.0	1	2.0	1	0.0	1	0.0
	2	2.5	2	0.0	2	1.2	2	1.2	2	0.0	2	0.0
	3	0.0	③	0.0	③	0.0	③	0.0	③	0.0	③	0.0
重要度		0.5		0.0		0.2		0.2		0.0		0.0
＜a 6. 誘導作業＞	1	7.0	1	1.0	1	6.0	1	5.0	1	0.0	1	2.0
	②	3.5	2	0.5	2	3.6	2	3.0	2	0.0	2	1.2
	3	0.0	③	0.0	③	0.0	③	0.0	③	0.0	③	0.0
重要度		0.7		0.1		0.6		0.5		0.0		0.2
＜a 7. 検査・管理作業＞	1	5.0	1	2.0	1	2.0	1	2.0	1	0.0	1	0.0
	②	2.5	2	1.0	2	1.2	2	1.2	2	0.0	2	0.0
	3	0.0	③	0.0	③	0.0	③	0.0	③	0.0	③	0.0
重要度		0.5		0.2		0.2		0.2		0.0		0.0
＜a 8. 乳剤散布作業＞	①	5.0	1	0.0	1	3.0	1	3.0	1	4.0	1	0.0
	2	2.5	2	0.0	2	1.8	2	1.8	2	2.4	2	0.0
	3	0.0	③	0.0	③	0.0	③	0.0	③	0.0	③	0.0
重要度		0.5		0.0		0.3		0.3		0.4		0.0
＜a 9. 交通規制・解除作業＞	1	5.0	1	0.0	1	4.0	1	2.0	1	0.0	1	0.0
	2	2.5	2	0.0	2	2.4	2	1.2	2	0.0	2	0.0
	③	0.0	③	0.0	③	0.0	③	0.0	③	0.0	③	0.0
重要度		0.5		0.0		0.4		0.2		0.0		0.0
＜a 10. 照明などの設置作業＞	1	4.0	1	0.0	1	2.0	1	2.0	1	0.0	1	0.0
	2	2.0	2	0.0	2	1.2	2	1.2	2	0.0	2	0.0
	③	0.0	③	0.0	③	0.0	③	0.0	③	0.0	③	0.0
重要度		0.4		0.0		0.2		0.2		0.0		0.0
＜a 11. ローラー系建設機械操縦作業＞*	1	6.0	1	2.0	1	6.0	1	6.0	①	8.0	1	0.0
	②	3.0	2	1.0	②	3.6	②	3.6	2	4.8	2	0.0
	3	0.0	③	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	③	0.0
重要度		0.6		0.2		0.6		0.6		0.8		0.0
＜a 12. 敷均建設機械操縦作業＞	1	6.0	1	0.0	①	5.0	①	6.0	1	8.0	1	0.0
	2	3.0	2	0.0	2	3.0	2	3.6	②	4.8	2	0.0
	③	0.0	③	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	③	0.0
重要度		0.6		0.0		0.5		0.6		0.8		0.0
＜a 13. 切削機操縦作業＞	1	7.0	1	0.0	①	7.0	1	7.0	①	7.0	1	0.0
	2	3.5	2	0.0	2	4.2	②	4.2	2	4.2	2	0.0
	③	0.0	③	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	③	0.0
重要度		0.7		0.0		0.7		0.7		0.7		0.0
＜a 14. アスファルトフィニシャー操縦作業＞	①	5.0	1	4.0	1	5.0	1	4.0	1	7.0	1	0.0
	2	2.5	2	2.0	②	3.0	②	2.4	②	4.2	2	0.0
	3	0.0	③	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	③	0.0
重要度		0.5		0.4		0.5		0.4		0.7		0.0
＜a 15. 取り壊し 建設機械操縦作業＞	1	7.0	1	0.0	①	7.0	①	7.0	①	6.0	1	0.0
	2	3.5	2	0.0	2	4.2	2	4.2	2	3.6	2	0.0
	③	0.0	③	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	③	0.0
重要度		0.7		0.0		0.7		0.7		0.6		0.0
＜a 16. 特に狭所での掘削建設機械操縦作業＞	1	6.0	1	0.0	①	6.0	①	5.0	①	8.0	1	0.0
	2	3.0	2	0.0	2	3.6	2	3.0	2	4.8	2	0.0
	③	0.0	③	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	③	0.0
重要度		0.6		0.0		0.6		0.5		0.8		0.0

＊トラクターショベル操縦を含む

表－9.3.5.1－1　a．道路維持修繕工の I．苦渋度評価モデル（その3）

a．道路維持修繕工 I．苦渋度評価 (1) 作業要因	道2 取り壊し時の廃材の飛散状況		18 使用機材の操作の複雑さ		19 使用機材の操作の不統一		20 使用機材の非自動化状況		21 使用建設機械の作業スペースの広さ		苦渋度基礎合計点
＜a 1. 取り壊し 掘削補助作業＞	①	7.0	1	0.0	1	0.0	1	0.0	1	0.0	46.5
	2	3.5	2	0.0	2	0.0	2	0.0	2	0.0	
	3	0.0	③	0.0	③	0.0	③	0.0	③	0.0	
重要度		0.7		0.0		0.0		0.0		0.0	
＜a 2. 敷均補助作業＞	1	3.0	1	0.0	1	0.0	1	0.0	1	0.0	38.3
	2	1.5	2	0.0	2	0.0	2	0.0	2	0.0	
	③	0.0	③	0.0	③	0.0	③	0.0	③	0.0	
重要度		0.3		0.0		0.0		0.0		0.0	
＜a 3. アスファルト敷均補助作業＞	1	0.0	1	2.0	1	3.0	1	2.0	1	0.0	49.7
	2	0.0	2	1.2	2	2.1	2	1.0	2	0.0	
	③	0.0	③	0.0	③	0.0	③	0.0	③	0.0	
重要度		0.0		0.2		0.3		0.2		0.0	
＜a 4. 小型機械作業＞	①	6.0	1	5.0	1	4.0	1	4.0	1	0.0	55.3
	2	3.0	2	3.0	2	2.8	2	2.0	2	0.0	
	3	0.0	③	0.0	③	0.0	③	0.0	③	0.0	
重要度		0.6		0.5		0.4		0.4		0.0	
＜a 5. 湧き水処理作業＞	1	0.0	1	2.0	1	2.0	1	1.0	1	0.0	29.2
	2	0.0	2	1.2	2	1.4	2	0.5	2	0.0	
	③	0.0	③	0.0	③	0.0	③	0.0	③	0.0	
重要度		0.0		0.2		0.2		0.1		0.0	
＜a 6. 誘導作業＞	1	4.0	1	0.0	1	0.0	1	0.0	1	0.0	9.7
	②	2.0	2	0.0	2	0.0	2	0.0	2	0.0	
	3	0.0	③	0.0	③	0.0	③	0.0	③	0.0	
重要度		0.4		0.0		0.0		0.0		0.0	
＜a 7. 検査・管理作業＞	1	0.0	1	0.0	1	1.0	1	2.0	1	0.0	6.7
	2	0.0	2	0.0	2	0.7	2	1.0	2	0.0	
	③	0.0	③	0.0	③	0.0	③	0.0	③	0.0	
重要度		0.0		0.0		0.1		0.2		0.0	
＜a 8. 乳剤散布作業＞	1	0.0	1	3.0	1	3.0	1	2.0	1	0.0	19.3
	2	0.0	②	1.8	2	2.1	2	1.0	2	0.0	
	③	0.0	3	0.0	③	0.0	③	0.0	③	0.0	
重要度		0.0		0.3		0.3		0.2		0.0	
＜a 9. 交通規制・解除作業＞	1	0.0	1	1.0	1	2.0	1	2.0	1	0.0	6.0
	2	0.0	2	0.6	2	1.4	2	1.0	2	0.0	
	③	0.0	③	0.0	③	0.0	③	0.0	③	0.0	
重要度		0.0		0.1		0.2		0.2		0.0	
＜a 10. 照明などの設置作業＞	1	0.0	1	2.0	1	1.0	1	1.0	1	0.0	1.8
	2	0.0	2	1.2	2	0.7	2	0.5	2	0.0	
	③	0.0	③	0.0	③	0.0	③	0.0	③	0.0	
重要度		0.0		0.2		0.1		0.1		0.0	
＜a 11. ローラー系建設機械操縦作業＞*	1	0.0	1	5.0	1	4.0	1	4.0	1	8.0	34.6
	2	0.0	②	3.0	2	2.8	2	2.0	②	3.2	
	③	0.0	3	0.0	③	0.0	③	0.0	3	0.0	
重要度		0.0		0.5		0.4		0.4		0.8	
＜a 12. 敷均建設機械操縦作業＞	1	0.0	①	6.0	1	4.0	1	4.0	1	8.0	38.0
	2	0.0	2	3.6	2	2.8	2	2.0	②	3.2	
	③	0.0	3	0.0	③	0.0	③	0.0	3	0.0	
重要度		0.0		0.6		0.4		0.4		0.8	
＜a 13. 切削機操縦作業＞	1	0.0	①	6.0	1	5.0	1	4.0	1	7.0	43.0
	2	0.0	2	3.6	2	3.5	②	2.0	②	2.8	
	③	0.0	3	0.0	③	0.0	3	0.0	3	0.0	
重要度		0.0		0.6		0.5		0.4		0.7	
＜a 14. アスファルトフィニシャー操縦作業＞	1	0.0	①	5.0	1	4.0	1	3.0	1	6.0	35.5
	2	0.0	2	3.0	2	2.8	②	1.5	②	2.4	
	③	0.0	3	0.0	③	0.0	3	0.0	3	0.0	
重要度		0.0		0.5		0.4		0.3		0.6	
＜a 15. 取り壊し 建設機械操縦作業＞	1	0.0	①	5.0	1	5.0	1	3.0	①	8.0	45.0
	2	0.0	2	3.0	2	3.5	2	1.5	2	3.2	
	③	0.0	3	0.0	③	0.0	③	0.0	3	0.0	
重要度		0.0		0.5		0.5		0.3		0.8	
＜a 16. 特に狭所での掘削建設機械操縦作業＞	1	0.0	①	4.0	1	5.0	1	3.0	①	8.0	44.0
	2	0.0	2	2.4	2	3.5	2	1.5	2	3.2	
	③	0.0	3	0.0	③	0.0	③	0.0	3	0.0	
重要度		0.0		0.4		0.5		0.3		0.8	

＊トラクターショベル操縦を含む

表－9.3.5.1－1　a．道路維持修繕工の Ⅰ．苦渋度評価モデル（その4）

a．道路維持修繕工 Ⅰ．苦渋度評価 (2) 環境要因	22 気温		23 天候		24 風		25 作業時間帯		26 照明の明るさ (暗さ)		27 照明のまぶしさ	
＜a 1. 取り壊し 掘削補助作業＞	1	6.0	1	6.0	1	7.0	1	6.0	1	7.0	1	7.0
	2	3.6	2	1.2	2	3.5	2	0.0	2	4.2	2	4.2
	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	—	3	0.0	3	0.0
重要度		0.6		0.6		0.7		0.6		0.7		0.7
＜a 2. 敷均補助作業＞	1	6.0	1	6.0	1	7.0	1	6.0	1	7.0	1	7.0
	2	3.6	2	1.2	2	3.5	2	0.0	2	4.2	2	4.2
	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	—	3	0.0	3	0.0
重要度		0.6		0.6		0.7		0.6		0.7		0.7
＜a 3. アスファルト敷均補助作業＞	1	4.0	1	6.0	1	6.0	1	6.0	1	8.0	1	8.0
	2	2.4	2	1.2	2	3.0	2	0.0	2	4.8	2	4.8
	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	—	3	0.0	3	0.0
重要度		0.4		0.6		0.6		0.6		0.8		0.8
＜a 4. 小型機械作業＞	1	5.0	1	6.0	1	6.0	1	6.0	1	7.0	1	7.0
	2	3.0	2	1.2	2	3.0	2	0.0	2	4.2	2	4.2
	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	—	3	0.0	3	0.0
重要度		0.5		0.6		0.6		0.6		0.7		0.7
＜a 5. 湧き水処理作業＞	1	5.0	1	6.0	1	6.0	1	5.0	1	6.0	1	5.0
	2	3.0	2	1.2	2	3.0	2	0.0	2	3.6	2	3.0
	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	—	3	0.0	3	0.0
重要度		0.5		0.6		0.6		0.5		0.6		0.5
＜a 6. 誘導作業＞	1	5.0	1	6.0	1	5.0	1	6.0	1	7.0	1	7.0
	2	3.0	2	1.2	2	2.5	2	0.0	2	4.2	2	4.2
	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	—	3	0.0	3	0.0
重要度		0.5		0.6		0.5		0.6		0.7		0.7
＜a 7. 検査・管理作業＞	1	6.0	1	6.0	1	6.0	1	5.0	1	7.0	1	7.0
	2	3.6	2	1.2	2	3.0	2	0.0	2	4.2	2	4.2
	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	—	3	0.0	3	0.0
重要度		0.6		0.6		0.6		0.5		0.7		0.7
＜a 8. 乳剤散布作業＞	1	4.0	1	6.0	1	6.0	1	5.0	1	5.0	1	5.0
	2	2.4	2	1.2	2	3.0	2	0.0	2	3.0	2	3.0
	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	—	3	0.0	3	0.0
重要度		0.4		0.6		0.6		0.5		0.5		0.5
＜a 9. 交通規制・解除作業＞	1	4.0	1	5.0	1	6.0	1	6.0	1	6.0	1	6.0
	2	2.4	2	1.0	2	3.0	2	0.0	2	3.6	2	3.6
	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	—	3	0.0	3	0.0
重要度		0.4		0.5		0.6		0.6		0.6		0.6
＜a 10. 照明などの設置作業＞	1	4.0	1	5.0	1	4.0	1	5.0	1	7.0	1	6.0
	2	2.4	2	1.0	2	2.0	2	0.0	2	4.2	2	3.6
	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	—	3	0.0	3	0.0
重要度		0.4		0.5		0.4		0.5		0.7		0.6
＜a 11. ローラー系建設機械操縦作業＞*	1	4.0	1	6.0	1	5.0	1	6.0	1	7.0	1	7.0
	2	2.4	2	1.2	2	2.5	2	0.0	2	4.2	2	4.2
	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	—	3	0.0	3	0.0
重要度		0.4		0.6		0.5		0.6		0.7		0.7
＜a 12. 敷均建設機械操縦作業＞	1	4.0	1	5.0	1	4.0	1	6.0	1	6.0	1	6.0
	2	2.4	2	1.0	2	2.0	2	0.0	2	3.6	2	3.6
	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	—	3	0.0	3	0.0
重要度		0.4		0.5		0.4		0.6		0.6		0.6
＜a 13. 切削機操縦作業＞	1	5.0	1	6.0	1	5.0	1	6.0	1	7.0	1	6.0
	2	3.0	2	1.2	2	2.5	2	0.0	2	4.2	2	3.6
	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	—	3	0.0	3	0.0
重要度		0.5		0.6		0.5		0.6		0.7		0.6
＜a 14. アスファルトフィニシャー操縦作業＞	1	5.0	1	6.0	1	4.0	1	6.0	1	8.0	1	7.0
	2	3.0	2	1.2	2	2.0	2	0.0	2	4.8	2	4.2
	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	—	3	0.0	3	0.0
重要度		0.5		0.6		0.4		0.6		0.8		0.7
＜a 15. 取り壊し 建設機械操縦作業＞	1	4.0	1	5.0	1	5.0	1	6.0	1	7.0	1	7.0
	2	2.4	2	1.0	2	2.5	2	0.0	2	4.2	2	4.2
	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	—	3	0.0	3	0.0
重要度		0.4		0.5		0.5		0.6		0.7		0.7
＜a 16. 特に狭所での掘削建設機械操縦作業＞	1	5.0	1	5.0	1	5.0	1	6.0	1	7.0	1	7.0
	2	3.0	2	1.0	2	2.5	2	0.0	2	4.2	2	4.2
	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	—	3	0.0	3	0.0
重要度		0.5		0.5		0.5		0.6		0.7		0.7

＊トラクターショベル操縦を含む

表－9.3.5.1－1　a．道路維持修繕工の I．苦渋度評価モデル（その5）

a．道路維持修繕工 I．苦渋度評価 (2) 環境要因		28 要求作業量		道3 切断汚水		道4 建設機械の可動域の狭さ		道5 アスファルトの厚さ		道6 人力廃材積み込み		29 要求精度
＜a 1. 取り壊し 掘削補助作業＞	1	7.0	1	0.0	1	7.0	1	7.0	1	9.0	1	5.0
	2	3.5	2	0.0	2	3.5	2	4.2	2	4.5	2	3.0
	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0
重要度		0.7		0.0		0.7		0.7		0.9		0.5
＜a 2. 敷均補助作業＞	1	7.0	1	0.0	1	6.0	1	2.0	1	2.0	1	6.0
	2	3.5	2	0.0	2	3.0	2	1.2	2	1.0	2	3.6
	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0
重要度		0.7		0.0		0.6		0.2		0.2		0.6
＜a 3. アスファルト敷均補助作業＞	1	6.0	1	0.0	1	7.0	1	6.0	1	1.0	1	7.0
	2	3.0	2	0.0	2	3.5	2	3.6	2	0.5	2	4.2
	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0
重要度		0.6		0.0		0.7		0.6		0.1		0.7
＜a 4. 小型機械作業＞	1	7.0	1	6.0	1	7.0	1	5.0	1	0.0	1	5.0
	2	3.5	2	3.6	2	3.5	2	3.0	2	0.0	2	3.0
	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0
重要度		0.7		0.6		0.7		0.5		0.0		0.5
＜a 5. 湧き水処理作業＞	1	6.0	1	0.0	1	6.0	1	1.0	1	0.0	1	5.0
	2	3.0	2	0.0	2	3.0	2	0.6	2	0.0	2	3.0
	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0
重要度		0.6		0.0		0.6		0.1		0.0		0.5
＜a 6. 誘導作業＞	1	6.0	1	0.0	1	7.0	1	4.0	1	0.0	1	5.0
	2	3.0	2	0.0	2	3.5	2	2.4	2	0.0	2	3.0
	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0
重要度		0.6		0.0		0.7		0.4		0.0		0.5
＜a 7. 検査・管理作業＞	1	5.0	1	0.0	1	6.0	1	4.0	1	0.0	1	6.0
	2	2.5	2	0.0	2	3.0	2	2.4	2	0.0	2	3.6
	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0
重要度		0.5		0.0		0.6		0.4		0.0		0.6
＜a 8. 乳剤散布作業＞	1	6.0	1	0.0	1	6.0	1	2.0	1	0.0	1	5.0
	2	3.0	2	0.0	2	3.0	2	1.2	2	0.0	2	3.0
	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0
重要度		0.6		0.0		0.6		0.2		0.0		0.5
＜a 9. 交通規制・解除作業＞	1	5.0	1	1.0	1	7.0	1	1.0	1	0.0	1	3.0
	2	2.5	2	0.6	2	3.5	2	0.6	2	0.0	2	1.8
	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0
重要度		0.5		0.1		0.7		0.1		0.0		0.3
＜a 10. 照明などの設置作業＞	1	5.0	1	0.0	1	6.0	1	1.0	1	0.0	1	3.0
	2	2.5	2	0.0	2	3.0	2	0.6	2	0.0	2	1.8
	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0
重要度		0.5		0.0		0.6		0.1		0.0		0.3
＜a 11. ローラー系建設機械操縦作業＞*	1	7.0	1	0.0	1	7.0	1	4.0	1	0.0	1	7.0
	2	3.5	2	0.0	2	3.5	2	2.4	2	0.0	2	4.2
	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0
重要度		0.7		0.0		0.7		0.4		0.0		0.7
＜a 12. 敷均建設機械操縦作業＞	1	7.0	1	0.0	1	7.0	1	2.0	1	0.0	1	7.0
	2	3.5	2	0.0	2	3.5	2	1.2	2	0.0	2	4.2
	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0
重要度		0.7		0.0		0.7		0.2		0.0		0.7
＜a 13. 切削機操縦作業＞	1	7.0	1	0.0	1	8.0	1	6.0	1	0.0	1	5.0
	2	3.5	2	0.0	2	4.0	2	3.6	2	0.0	2	3.0
	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0
重要度		0.7		0.0		0.8		0.6		0.0		0.5
＜a 14. アスファルトフィニシャー操縦作業＞	1	6.0	1	0.0	1	6.0	1	5.0	1	0.0	1	7.0
	2	3.0	2	0.0	2	3.0	2	3.0	2	0.0	2	4.2
	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0
重要度		0.6		0.0		0.6		0.5		0.0		0.7
＜a 15. 取り壊し 建設機械操縦作業＞	1	7.0	1	0.0	1	8.0	1	6.0	1	0.0	1	5.0
	2	3.5	2	0.0	2	4.0	2	3.6	2	0.0	2	3.0
	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0
重要度		0.7		0.0		0.8		0.6		0.0		0.5
＜a 16. 特に狭所での掘削建設機械操縦作業＞	1	7.0	1	0.0	1	9.0	1	5.0	1	0.0	1	7.0
	2	3.5	2	0.0	2	4.5	2	3.0	2	0.0	2	4.2
	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0
重要度		0.7		0.0		0.9		0.5		0.0		0.7

＊トラクターショベル操縦を含む

表－9.3.5.1－1　a．道路維持修繕工の I．苦渋度評価モデル（その6）

a．道路維持修繕工 I．苦渋度評価 (2) 環境要因	30 不慣れ作業・習熟不十分 ブレーカー		30 不慣れ作業・習熟不十分 バックホウ		30 不慣れ作業・習熟不十分 ニブラ		30 不慣れ作業・習熟不十分 フィニシャー		30 不慣れ作業・習熟不十分 ブルドーザー		31 現場への不慣れ	
＜a 1. 取り壊し 掘削補助作業＞	1	0.0	1	0.0	1	0.0	1	0.0	1	0.0	1	7.0
	2	0.0	2	0.0	2	0.0	2	0.0	2	0.0	2	3.5
	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0
重要度		0.0		0.0		0.0		0.0		0.0		0.7
＜a 2. 敷均補助作業＞	1	0.0	1	0.0	1	0.0	1	0.0	1	3.0	1	6.0
	2	0.0	2	0.0	2	0.0	2	0.0	2	1.8	2	3.0
	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0
重要度		0.0		0.0		0.0		0.0		0.3		0.6
＜a 3. アスファルト敷均補助作業＞	1	0.0	1	0.0	1	0.0	1	4.0	1	0.0	1	5.0
	2	0.0	2	0.0	2	0.0	2	2.4	2	0.0	2	2.5
	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0
重要度		0.0		0.0		0.0		0.4		0.0		0.5
＜a 4. 小型機械作業＞	1	5.0	1	0.0	1	0.0	1	0.0	1	0.0	1	6.0
	2	3.0	2	0.0	2	0.0	2	0.0	2	0.0	2	3.0
	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0
重要度		0.5		0.0		0.0		0.0		0.0		0.6
＜a 5. 湧き水処理作業＞	1	0.0	1	0.0	1	0.0	1	0.0	1	0.0	1	6.0
	2	0.0	2	0.0	2	0.0	2	0.0	2	0.0	2	3.0
	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0
重要度		0.0		0.0		0.0		0.0		0.0		0.6
＜a 6. 誘導作業＞	1	1.0	1	1.0	1	0.0	1	0.0	1	0.0	1	6.0
	2	0.6	2	0.6	2	0.0	2	0.0	2	0.0	2	3.0
	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0
重要度		0.1		0.1		0.0		0.0		0.0		0.6
＜a 7. 検査・管理作業＞	1	0.0	1	0.0	1	0.0	1	0.0	1	0.0	1	5.0
	2	0.0	2	0.0	2	0.0	2	0.0	2	0.0	2	2.5
	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0
重要度		0.0		0.0		0.0		0.0		0.0		0.5
＜a 8. 乳剤散布作業＞	1	0.0	1	0.0	1	0.0	1	0.0	1	0.0	1	6.0
	2	0.0	2	0.0	2	0.0	2	0.0	2	0.0	2	3.0
	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0
重要度		0.0		0.0		0.0		0.0		0.0		0.6
＜a 9. 交通規制・解除作業＞	1	0.0	1	0.0	1	0.0	1	0.0	1	0.0	1	6.0
	2	0.0	2	0.0	2	0.0	2	0.0	2	0.0	2	3.0
	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0
重要度		0.0		0.0		0.0		0.0		0.0		0.6
＜a 10. 照明などの設置作業＞	1	0.0	1	0.0	1	0.0	1	0.0	1	0.0	1	6.0
	2	0.0	2	0.0	2	0.0	2	0.0	2	0.0	2	3.0
	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0
重要度		0.0		0.0		0.0		0.0		0.0		0.6
＜a 11. ローラー系建設機械操縦作業＞*	1	0.0	1	0.0	1	0.0	1	0.0	1	0.0	1	6.0
	2	0.0	2	0.0	2	0.0	2	0.0	2	0.0	2	3.0
	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0
重要度		0.0		0.0		0.0		0.0		0.0		0.6
＜a 12. 敷均建設機械操縦作業＞	1	0.0	1	0.0	1	0.0	1	0.0	1	9.0	1	6.0
	2	0.0	2	0.0	2	0.0	2	0.0	2	5.4	2	3.0
	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0
重要度		0.0		0.0		0.0		0.0		0.9		0.6
＜a 13. 切削機操縦作業＞	1	0.0	1	0.0	1	0.0	1	0.0	1	0.0	1	7.0
	2	0.0	2	0.0	2	0.0	2	0.0	2	0.0	2	3.5
	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0
重要度		0.0		0.0		0.0		0.0		0.0		0.7
＜a 14. アスファルトフィニシャー操縦作業＞	1	0.0	1	0.0	1	0.0	1	8.0	1	0.0	1	5.0
	2	0.0	2	0.0	2	0.0	2	4.8	2	0.0	2	2.5
	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0
重要度		0.0		0.0		0.0		0.8		0.0		0.5
＜a 15. 取り壊し 建設機械操縦作業＞	1	8.0	1	0.0	1	7.0	1	0.0	1	0.0	1	6.0
	2	4.8	2	0.0	2	4.2	2	0.0	2	0.0	2	3.0
	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0
重要度		0.8		0.0		0.7		0.0		0.0		0.6
＜a 16. 特に狭所での掘削建設機械操縦作業＞	1	0.0	1	9.0	1	1.0	1	0.0	1	0.0	1	8.0
	2	0.0	2	5.4	2	0.6	2	0.0	2	0.0	2	4.0
	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0
重要度		0.0		0.9		0.1		0.0		0.0		0.8

＊トラクターショベル操縦を含む

表－9.3.5.1－1　a．道路維持修繕工の Ⅰ．苦渋度評価モデル（その7）

a．道路維持修繕工 Ⅰ．苦渋度評価 (2)　環境要因	32 作業予定時間とのズレ	33 一般通行車両	34 現地周辺の民家の存在	35 作業区域上空の障害物	36 作業区域地下の障害物	37 機械と作業者の近接
＜a 1. 取り壊し 掘削補助作業＞	1 5.0 2 3.0 3 0.0	1 6.0 2 3.0 3 0.0	1 5.0 2 2.5 3 0.0	1 5.0 2 3.5 3 0.0	1 0.0 2 0.0 3 0.0	1 3.0 2 1.5 3 0.0
重要度	0.5	0.6	0.5	0.5	0.0	0.3
＜a 2. 敷均補助作業＞	1 6.0 2 3.6 3 0.0	1 5.0 2 2.5 3 0.0	1 5.0 2 2.5 3 0.0	1 0.0 2 0.0 3 0.0	1 0.0 2 0.0 3 0.0	1 6.0 2 3.0 3 0.0
重要度	0.6	0.5	0.5	0.0	0.0	0.6
＜a 3. アスファルト敷均補助作業＞	1 6.0 2 3.6 3 0.0	1 6.0 2 3.0 3 0.0	1 6.0 2 3.0 3 0.0	1 0.0 2 0.0 3 0.0	1 0.0 2 0.0 3 0.0	1 6.0 2 3.0 3 0.0
重要度	0.6	0.6	0.6	0.0	0.0	0.6
＜a 4. 小型機械作業＞	1 6.0 2 3.6 3 0.0	1 7.0 2 3.5 3 0.0	1 6.0 2 3.0 3 0.0	1 0.0 2 0.0 3 0.0	1 4.0 2 2.4 3 0.0	1 6.0 2 3.0 3 0.0
重要度	0.6	0.7	0.6	0.0	0.4	0.6
＜a 5. 湧き水処理作業＞	1 5.0 2 3.0 3 0.0	1 4.0 2 2.0 3 0.0	1 6.0 2 3.0 3 0.0	1 0.0 2 0.0 3 0.0	1 0.0 2 0.0 3 0.0	1 5.0 2 2.5 3 0.0
重要度	0.5	0.4	0.6	0.0	0.0	0.5
＜a 6. 誘導作業＞	1 5.0 2 3.0 3 0.0	1 7.0 2 3.5 3 0.0	1 6.0 2 3.0 3 0.0	1 4.0 2 2.8 3 0.0	1 0.0 2 0.0 3 0.0	1 7.0 2 3.5 3 0.0
重要度	0.5	0.7	0.6	0.4	0.0	0.7
＜a 7. 検査・管理作業＞	1 6.0 2 3.6 3 0.0	1 6.0 2 3.0 3 0.0	1 5.0 2 2.5 3 0.0	1 0.0 2 0.0 3 0.0	1 0.0 2 0.0 3 0.0	1 5.0 2 2.5 3 0.0
重要度	0.6	0.6	0.5	0.0	0.0	0.5
＜a 8. 乳剤散布作業＞	1 5.0 2 3.0 3 0.0	1 5.0 2 2.5 3 0.0	1 5.0 2 2.5 3 0.0	1 0.0 2 0.0 3 0.0	1 0.0 2 0.0 3 0.0	1 6.0 2 3.0 3 0.0
重要度	0.5	0.5	0.5	0.0	0.0	0.6
＜a 9. 交通規制・解除作業＞	1 7.0 2 4.2 3 0.0	1 8.0 2 4.0 3 0.0	1 6.0 2 3.0 3 0.0	1 0.0 2 0.0 3 0.0	1 0.0 2 0.0 3 0.0	1 5.0 2 2.5 3 0.0
重要度	0.7	0.8	0.6	0.0	0.0	0.5
＜a 10. 照明などの設置作業＞	1 5.0 2 3.0 3 0.0	1 6.0 2 3.0 3 0.0	1 5.0 2 2.5 3 0.0	1 0.0 2 0.0 3 0.0	1 0.0 2 0.0 3 0.0	1 5.0 2 2.5 3 0.0
重要度	0.5	0.6	0.5	0.0	0.0	0.5
＜a 11. ローラー系建設機械操縦作業＞*	1 6.0 2 3.6 3 0.0	1 7.0 2 3.5 3 0.0	1 5.0 2 2.5 3 0.0	1 0.0 2 0.0 3 0.0	1 3.0 2 1.8 3 0.0	1 7.0 2 3.5 3 0.0
重要度	0.6	0.7	0.5	0.0	0.3	0.7
＜a 12. 敷均建設機械操縦作業＞	1 6.0 2 3.6 3 0.0	1 6.0 2 3.0 3 0.0	1 5.0 2 2.5 3 0.0	1 0.0 2 0.0 3 0.0	1 3.0 2 1.8 3 0.0	1 7.0 2 3.5 3 0.0
重要度	0.6	0.6	0.5	0.0	0.3	0.7
＜a 13. 切削機操縦作業＞	1 6.0 2 3.6 3 0.0	1 5.0 2 2.5 3 0.0	1 6.0 2 3.0 3 0.0	1 5.0 2 3.5 3 0.0	1 5.0 2 3.0 3 0.0	1 7.0 2 3.5 3 0.0
重要度	0.6	0.5	0.6	0.5	0.5	0.7
＜a 14. アスファルトフィニシャー操縦作業＞	1 6.0 2 3.6 3 0.0	1 5.0 2 2.5 3 0.0	1 5.0 2 2.5 3 0.0	1 0.0 2 0.0 3 0.0	1 1.0 2 0.6 3 0.0	1 5.0 2 2.5 3 0.0
重要度	0.6	0.5	0.5	0.0	0.1	0.5
＜a 15. 取り壊し 建設機械操縦作業＞	1 6.0 2 3.6 3 0.0	1 7.0 2 3.5 3 0.0	1 6.0 2 3.0 3 0.0	1 6.0 2 4.2 3 0.0	1 6.0 2 3.6 3 0.0	1 7.0 2 3.5 3 0.0
重要度	0.6	0.7	0.6	0.6	0.6	0.7
＜a 16. 特に狭所での掘削建設機械操縦作業＞	1 7.0 2 4.2 3 0.0	1 6.0 2 3.0 3 0.0	1 5.0 2 2.5 3 0.0	1 8.0 2 5.6 3 0.0	1 8.0 2 4.8 3 0.0	1 8.0 2 4.0 3 0.0
重要度	0.7	0.6	0.5	0.8	0.8	0.8

＊トラクターショベル操縦を含む

表－9.3.5.1－1
a．道路維持修繕工のI．苦渋度評価モデル（その8）

a．道路維持修繕工 I．苦渋度評価 (2) 環境要因	道7 作業幅の狭さ		38 肉体・精神疲労	
＜a 1. 取り壊し 掘削補助作業＞	1	6.0	1	8.0
	2	3.0	2	4.8
	3	0.0	3	0.0
重要度		0.6		0.8
＜a 2. 敷均補助作業＞	1	6.0	1	6.0
	2	3.0	2	3.6
	3	0.0	3	0.0
重要度		0.6		0.6
＜a 3. アスファルト敷均補助作業＞	1	7.0	1	7.0
	2	3.5	2	4.2
	3	0.0	3	0.0
重要度		0.7		0.7
＜a 4. 小型機械作業＞	1	7.0	1	7.0
	2	3.5	2	4.2
	3	0.0	3	0.0
重要度		0.7		0.7
＜a 5. 湧き水処理作業＞	1	6.0	1	6.0
	2	3.0	2	3.6
	3	0.0	3	0.0
重要度		0.6		0.6
＜a 6. 誘導作業＞	1	7.0	1	6.0
	2	3.5	2	3.6
	3	0.0	3	0.0
重要度		0.7		0.6
＜a 7. 検査・管理作業＞	1	6.0	1	6.0
	2	3.0	2	3.6
	3	0.0	3	0.0
重要度		0.6		0.6
＜a 8. 乳剤散布作業＞	1	6.0	1	5.0
	2	3.0	2	3.0
	3	0.0	3	0.0
重要度		0.6		0.5
＜a 9. 交通規制・解除作業＞	1	7.0	1	6.0
	2	3.5	2	3.6
	3	0.0	3	0.0
重要度		0.7		0.6
＜a 10. 照明などの設置作業＞	1	6.0	1	5.0
	2	3.0	2	3.0
	3	0.0	3	0.0
重要度		0.6		0.5
＜a 11. ローラー系建設機械操縦作業＞*	1	7.0	1	6.0
	2	3.5	2	3.6
	3	0.0	3	0.0
重要度		0.7		0.6
＜a 12. 敷均建設機械操縦作業＞	1	7.0	1	7.0
	2	3.5	2	4.2
	3	0.0	3	0.0
重要度		0.7		0.7
＜a 13. 切削機操縦作業＞	1	8.0	1	6.0
	2	4.0	2	3.6
	3	0.0	3	0.0
重要度		0.8		0.6
＜a 14. アスファルトフィニシャー操縦作業＞	1	6.0	1	5.0
	2	3.0	2	3.0
	3	0.0	3	0.0
重要度		0.6		0.5
＜a 15. 取り壊し 建設機械操縦作業＞	1	8.0	1	7.0
	2	4.0	2	4.2
	3	0.0	3	0.0
重要度		0.8		0.7
＜a 16. 特に狭所での掘削建設機械操縦作業＞	1	9.0	1	7.0
	2	4.5	2	4.2
	3	0.0	3	0.0
重要度		0.9		0.7

＊トラクターショベル操縦を含む

表－9.3.5.1－2　a．道路維持修繕工の Ⅱ．危険度評価モデル（その1）

a．道路維持修繕工 Ⅱ．危険度評価 (1)　作業要因	3 神経作業	5 不安定な足場での作業	11 作業対象から受ける熱	12 騒音	15 使用建設機械の死角	16 使用機材のエネルギー接触
＜a 1. 取り壊し 掘削補助作業＞	① 6.0 ② 3.0 ③ 0.0	① 7.0 ② 4.9 ③ 0.0	① 0.0 ② 0.0 ③ 0.0	① 4.0 ② 2.4 ③ 0.0	① 8.0 ② 5.6 ③ 0.0	① 4.0 ② 2.4 ③ 0.0
重要度	0.6	0.7	0.0	0.4	0.8	0.4
＜a 2. 敷均補助作業＞	① 5.0 ② 2.5 ③ 0.0	① 6.0 ② 4.2 ③ 0.0	① 0.0 ② 0.0 ③ 0.0	① 2.0 ② 1.2 ③ 0.0	① 0.0 ② 0.0 ③ 0.0	① 0.0 ② 0.0 ③ 0.0
重要度	0.5	0.6	0.0	0.2	0.0	0.0
＜a 3. アスファルト敷均補助作業＞	① 7.0 ② 3.5 ③ 0.0	① 7.0 ② 4.9 ③ 0.0	① 6.0 ② 3.6 ③ 0.0	① 3.0 ② 1.8 ③ 0.0	① 0.0 ② 0.0 ③ 0.0	① 3.0 ② 1.8 ③ 0.0
重要度	0.7	0.7	0.6	0.3	0.0	0.3
＜a 4. 小型機械作業＞	① 7.0 ② 3.5 ③ 0.0	① 7.0 ② 4.9 ③ 0.0	① 3.0 ② 1.8 ③ 0.0	① 6.0 ② 3.6 ③ 0.0	① 0.0 ② 0.0 ③ 0.0	① 6.0 ② 3.6 ③ 0.0
重要度	0.7	0.7	0.3	0.6	0.0	0.6
＜a 5. 湧き水処理作業＞	① 5.0 ② 2.5 ③ 0.0	① 7.0 ② 4.9 ③ 0.0	① 0.0 ② 0.0 ③ 0.0	① 2.0 ② 1.2 ③ 0.0	① 0.0 ② 0.0 ③ 0.0	① 0.0 ② 0.0 ③ 0.0
重要度	0.5	0.7	0.0	0.2	0.0	0.0
＜a 6. 誘導作業＞	① 7.0 ② 3.5 ③ 0.0	① 6.0 ② 4.2 ③ 0.0	① 2.0 ② 1.2 ③ 0.0	① 5.0 ② 3.0 ③ 0.0	① 0.0 ② 0.0 ③ 0.0	① 4.0 ② 2.4 ③ 0.0
重要度	0.7	0.6	0.2	0.5	0.0	0.4
＜a 7. 検査・管理作業＞	① 5.0 ② 2.5 ③ 0.0	① 5.0 ② 3.5 ③ 0.0	① 1.0 ② 0.6 ③ 0.0	① 2.0 ② 1.2 ③ 0.0	① 0.0 ② 0.0 ③ 0.0	① 0.0 ② 0.0 ③ 0.0
重要度	0.5	0.5	0.1	0.2	0.0	0.0
＜a 8. 乳剤散布作業＞	① 6.0 ② 3.0 ③ 0.0	① 5.0 ② 3.5 ③ 0.0	① 0.0 ② 0.0 ③ 0.0	① 4.0 ② 2.4 ③ 0.0	① 0.0 ② 0.0 ③ 0.0	① 0.0 ② 0.0 ③ 0.0
重要度	0.6	0.5	0.0	0.4	0.0	0.0
＜a 9. 交通規制・解除作業＞	① 7.0 ② 3.5 ③ 0.0	① 6.0 ② 4.2 ③ 0.0	① 0.0 ② 0.0 ③ 0.0	① 4.0 ② 2.4 ③ 0.0	① 0.0 ② 0.0 ③ 0.0	① 0.0 ② 0.0 ③ 0.0
重要度	0.7	0.6	0.0	0.4	0.0	0.0
＜a 10. 照明などの設置作業＞	① 5.0 ② 2.5 ③ 0.0	① 5.0 ② 3.5 ③ 0.0	① 0.0 ② 0.0 ③ 0.0	① 3.0 ② 1.8 ③ 0.0	① 0.0 ② 0.0 ③ 0.0	① 0.0 ② 0.0 ③ 0.0
重要度	0.5	0.5	0.0	0.3	0.0	0.0
＜a 11. ローラー系建設機械操縦作業＞*	① 7.0 ② 3.5 ③ 0.0	① 6.0 ② 4.2 ③ 0.0	① 0.0 ② 0.0 ③ 0.0	① 5.0 ② 3.0 ③ 0.0	① 8.0 ② 5.6 ③ 0.0	① 0.0 ② 0.0 ③ 0.0
重要度	0.7	0.6	0.0	0.5	0.8	0.0
＜a 12. 敷均建設機械操縦作業＞	① 7.0 ② 3.5 ③ 0.0	① 6.0 ② 4.2 ③ 0.0	① 0.0 ② 0.0 ③ 0.0	① 6.0 ② 3.6 ③ 0.0	① 8.0 ② 5.6 ③ 0.0	① 0.0 ② 0.0 ③ 0.0
重要度	0.7	0.6	0.0	0.6	0.8	0.0
＜a 13. 切削機操縦作業＞	① 6.0 ② 3.0 ③ 0.0	① 5.0 ② 3.5 ③ 0.0	① 0.0 ② 0.0 ③ 0.0	① 7.0 ② 4.2 ③ 0.0	① 7.0 ② 4.9 ③ 0.0	① 0.0 ② 0.0 ③ 0.0
重要度	0.6	0.5	0.0	0.7	0.7	0.0
＜a 14. アスファルトフィニシャー操縦作業＞	① 7.0 ② 3.5 ③ 0.0	① 6.0 ② 4.2 ③ 0.0	① 5.0 ② 3.0 ③ 0.0	① 6.0 ② 3.6 ③ 0.0	① 8.0 ② 5.6 ③ 0.0	① 0.0 ② 0.0 ③ 0.0
重要度	0.7	0.6	0.5	0.6	0.8	0.0
＜a 15. 取り壊し 建設機械操縦作業＞	① 7.0 ② 3.5 ③ 0.0	① 7.0 ② 4.9 ③ 0.0	① 0.0 ② 0.0 ③ 0.0	① 7.0 ② 4.2 ③ 0.0	① 8.0 ② 5.6 ③ 0.0	① 0.0 ② 0.0 ③ 0.0
重要度	0.7	0.7	0.0	0.7	0.8	0.0
＜a 16. 特に狭所での掘削建設機械操縦作業＞	① 8.0 ② 4.0 ③ 0.0	① 6.0 ② 4.2 ③ 0.0	① 0.0 ② 0.0 ③ 0.0	① 6.0 ② 3.6 ③ 0.0	① 7.0 ② 4.9 ③ 0.0	① 0.0 ② 0.0 ③ 0.0
重要度	0.8	0.6	0.0	0.6	0.7	0.0

＊トラクターショベル操縦を含む

表－9.3.5.1－2　a．道路維持修繕工の II．危険度評価モデル（その2）

a．道路維持修繕工 II．危険度評価 (1) 作業要因	道2 取り壊し時の廃材の飛散状況		18 使用機材の操作の複雑さ		19 使用機材の操作の不統一		21 使用建設機械の作業スペースの広さ		危険度 基礎合計点
＜a 1. 取り壊し 掘削補助作業＞	①	7.0	1	0.0	1	0.0	1	0.0	21.0
	2	3.5	2	0.0	2	0.0	2	0.0	
	3	0.0	③	0.0	③	0.0	③	0.0	
重要度		0.7		0.0		0.0		0.0	
＜a 2. 敷均補助作業＞	1	2.0	1	0.0	1	0.0	1	0.0	6.7
	2	1.0	2	0.0	2	0.0	2	0.0	
	③	0.0	③	0.0	③	0.0	③	0.0	
重要度		0.2		0.0		0.0		0.0	
＜a 3. アスファルト敷均補助作業＞	1	5.0	1	2.0	1	2.0	1	0.0	20.9
	2	2.5	2	1.2	2	1.4	2	0.0	
	③	0.0	③	0.0	③	0.0	③	0.0	
重要度		0.5		0.2		0.2		0.0	
＜a 4. 小型機械作業＞	①	3.0	1	5.0	1	5.0	1	0.0	22.8
	2	1.5	2	3.0	2	3.5	2	0.0	
	3	0.0	③	0.0	③	0.0	③	0.0	
重要度		0.3		0.5		0.5		0.0	
＜a 5. 湧き水処理作業＞	1	2.0	1	2.0	1	1.0	1	0.0	9.5
	2	1.0	2	1.2	2	0.7	2	0.0	
	③	0.0	③	0.0	③	0.0	③	0.0	
重要度		0.2		0.2		0.1		0.0	
＜a 6. 誘導作業＞	1	3.0	1	0.0	1	0.0	1	0.0	5.0
	②	1.5	2	0.0	2	0.0	2	0.0	
	3	0.0	③	0.0	③	0.0	③	0.0	
重要度		0.3		0.0		0.0		0.0	
＜a 7. 検査・管理作業＞	1	1.0	1	0.0	1	1.0	1	0.0	2.5
	2	0.5	2	0.0	2	0.7	2	0.0	
	③	0.0	③	0.0	③	0.0	③	0.0	
重要度		0.1		0.0		0.1		0.0	
＜a 8. 乳剤散布作業＞	1	1.0	1	3.0	1	4.0	1	0.0	1.8
	2	0.5	②	1.8	2	2.8	2	0.0	
	③	0.0	3	0.0	③	0.0	③	0.0	
重要度		0.1		0.3		0.4		0.0	
＜a 9. 交通規制・解除作業＞	1	3.0	1	1.0	1	1.0	1	0.0	3.5
	2	1.5	2	0.6	2	0.7	2	0.0	
	③	0.0	③	0.0	③	0.0	③	0.0	
重要度		0.3		0.1		0.1		0.0	
＜a 10. 照明などの設置作業＞	1	2.0	1	3.0	1	3.0	1	0.0	0.0
	2	1.0	2	1.8	2	2.1	2	0.0	
	③	0.0	③	0.0	③	0.0	③	0.0	
重要度		0.2		0.3		0.3		0.0	
＜a 11. ローラー系建設機械操縦作業＞*	1	2.0	1	5.0	1	5.0	1	8.0	22.3
	2	1.0	②	3.0	2	3.5	②	4.8	
	③	0.0	3	0.0	③	0.0	3	0.0	
重要度		0.2		0.5		0.5		0.8	
＜a 12. 敷均建設機械操縦作業＞	1	2.0	①	5.0	1	4.0	1	8.0	28.4
	2	1.0	2	3.0	2	2.8	②	4.8	
	③	0.0	3	0.0	③	0.0	3	0.0	
重要度		0.2		0.5		0.4		0.8	
＜a 13. 切削機操縦作業＞	1	5.0	①	5.0	1	5.0	1	8.0	33.3
	2	2.5	2	3.0	②	3.5	②	4.8	
	③	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	
重要度		0.5		0.5		0.5		0.8	
＜a 14. アスファルトフィニシャー操縦作業＞	1	2.0	①	5.0	1	5.0	1	8.0	29.5
	2	1.0	2	3.0	②	3.5	②	4.8	
	③	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	
重要度		0.2		0.5		0.5		0.8	
＜a 15. 取り壊し 建設機械操縦作業＞	1	8.0	①	6.0	1	5.0	①	8.0	36.0
	2	4.0	2	3.6	2	3.5	2	4.8	
	③	0.0	3	0.0	③	0.0	3	0.0	
重要度		0.8		0.6		0.5		0.8	
＜a 16. 特に狭所での掘削建設機械操縦作業＞	1	5.0	①	5.0	1	1.0	①	8.0	34.0
	2	2.5	2	3.0	2	0.7	2	4.8	
	③	0.0	3	0.0	③	0.0	3	0.0	
重要度		0.5		0.5		0.1		0.8	

＊トラクターショベル操縦を含む

表－9.3.5.1－2　a．道路維持修繕工の Ⅱ．危険度評価モデル（その3）

a．道路維持修繕工 Ⅱ．危険度評価 (2)　環境要因	23 天候		24 風		25 作業時間帯		26 照明の明るさ (暗さ)		27 照明のまぶしさ		28 要求作業量	
＜a 1. 取り壊し 掘削補助作業＞	1	6.0	1	5.0	1	5.0	1	6.0	1	7.0	1	0.0
	2	0.6	2	2.5	2	3.0	2	3.6	2	4.9	2	0.0
	3	0.0	3	0.0	3	—	3	0.0	3	0.0	3	0.0
重要度		0.6		0.5		0.5		0.6		0.7		
＜a 2. 敷均補助作業＞	1	6.0	1	5.0	1	5.0	1	6.0	1	6.0	1	0.0
	2	0.6	2	2.5	2	3.0	2	3.6	2	4.2	2	0.0
	3	0.0	3	0.0	3	—	3	0.0	3	0.0	3	0.0
重要度		0.6		0.5		0.5		0.6		0.6		
＜a 3. アスファルト敷均補助作業＞	1	6.0	1	5.0	1	6.0	1	7.0	1	7.0	1	0.0
	2	0.6	2	2.5	2	3.6	2	4.2	2	4.9	2	0.0
	3	0.0	3	0.0	3	—	3	0.0	3	0.0	3	0.0
重要度		0.6		0.5		0.6		0.7		0.7		
＜a 4. 小型機械作業＞	1	5.0	1	5.0	1	6.0	1	6.0	1	7.0	1	0.0
	2	0.5	2	2.5	2	3.6	2	3.6	2	4.9	2	0.0
	3	0.0	3	0.0	3	—	3	0.0	3	0.0	3	0.0
重要度		0.5		0.5		0.6		0.6		0.7		
＜a 5. 湧き水処理作業＞	1	5.0	1	5.0	1	5.0	1	6.0	1	6.0	1	0.0
	2	0.5	2	2.5	2	3.0	2	3.6	2	4.2	2	0.0
	3	0.0	3	0.0	3	—	3	0.0	3	0.0	3	0.0
重要度		0.5		0.5		0.5		0.6		0.6		
＜a 6. 誘導作業＞	1	5.0	1	5.0	1	5.0	1	6.0	1	6.0	1	0.0
	2	0.5	2	2.5	2	3.0	2	3.6	2	4.2	2	0.0
	3	0.0	3	0.0	3	—	3	0.0	3	0.0	3	0.0
重要度		0.5		0.5		0.5		0.6		0.6		
＜a 7. 検査・管理作業＞	1	5.0	1	4.0	1	3.0	1	6.0	1	6.0	1	0.0
	2	0.5	2	2.0	2	1.8	2	3.6	2	4.2	2	0.0
	3	0.0	3	0.0	3	—	3	0.0	3	0.0	3	0.0
重要度		0.5		0.4		0.3		0.6		0.6		
＜a 8. 乳剤散布作業＞	1	6.0	1	5.0	1	5.0	1	6.0	1	6.0	1	0.0
	2	0.6	2	2.5	2	3.0	2	3.6	2	4.2	2	0.0
	3	0.0	3	0.0	3	—	3	0.0	3	0.0	3	0.0
重要度		0.6		0.5		0.5		0.6		0.6		
＜a 9. 交通規制・解除作業＞	1	6.0	1	4.0	1	6.0	1	7.0	1	5.0	1	0.0
	2	0.6	2	2.0	2	3.6	2	4.2	2	3.5	2	0.0
	3	0.0	3	0.0	3	—	3	0.0	3	0.0	3	0.0
重要度		0.6		0.4		0.6		0.7		0.5		
＜a 10. 照明などの設置作業＞	1	5.0	1	5.0	1	6.0	1	7.0	1	6.0	1	0.0
	2	0.5	2	2.5	2	3.6	2	4.2	2	4.2	2	0.0
	3	0.0	3	0.0	3	—	3	0.0	3	0.0	3	0.0
重要度		0.5		0.5		0.6		0.7		0.6		
＜a 11. ローラー系建設機械操縦作業＞*	1	6.0	1	5.0	1	6.0	1	7.0	1	7.0	1	0.0
	2	0.6	2	2.5	2	3.6	2	4.2	2	4.9	2	0.0
	3	0.0	3	0.0	3	—	3	0.0	3	0.0	3	0.0
重要度		0.6		0.5		0.6		0.7		0.7		
＜a 12. 敷均建設機械操縦作業＞	1	6.0	1	5.0	1	6.0	1	7.0	1	7.0	1	0.0
	2	0.6	2	2.5	2	3.6	2	4.2	2	4.9	2	0.0
	3	0.0	3	0.0	3	—	3	0.0	3	0.0	3	0.0
重要度		0.6		0.5		0.6		0.7		0.7		
＜a 13. 切削機操縦作業＞	1	5.0	1	5.0	1	4.0	1	7.0	1	7.0	1	0.0
	2	0.5	2	2.5	2	2.4	2	4.2	2	4.9	2	0.0
	3	0.0	3	0.0	3	—	3	0.0	3	0.0	3	0.0
重要度		0.5		0.5		0.4		0.7		0.7		
＜a 14. アスファルトフィニシャー操縦作業＞	1	6.0	1	5.0	1	5.0	1	7.0	1	7.0	1	0.0
	2	0.6	2	2.5	2	3.0	2	4.2	2	4.9	2	0.0
	3	0.0	3	0.0	3	—	3	0.0	3	0.0	3	0.0
重要度		0.6		0.5		0.5		0.7		0.7		
＜a 15. 取り壊し 建設機械操縦作業＞	1	6.0	1	6.0	1	5.0	1	7.0	1	7.0	1	0.0
	2	0.6	2	3.0	2	3.0	2	4.2	2	4.9	2	0.0
	3	0.0	3	0.0	3	—	3	0.0	3	0.0	3	0.0
重要度		0.6		0.6		0.5		0.7		0.7		
＜a 16. 特に狭所での掘削建設機械操縦作業＞	1	6.0	1	5.0	1	6.0	1	8.0	1	7.0	1	0.0
	2	0.6	2	2.5	2	3.6	2	4.8	2	4.9	2	0.0
	3	0.0	3	0.0	3	—	3	0.0	3	0.0	3	0.0
重要度		0.6		0.5		0.6		0.8		0.7		

＊トラクターショベル操縦を含む

表－9.3.5.1－2　a．道路維持修繕工の II．危険度評価モデル（その4）

a．道路維持修繕工 II．危険度評価 (2) 環境要因	道4 建設機械の稼働域の狭さ		29 要求精度		30 不慣れ作業・習熟不十分 ブレーカー		30 不慣れ作業・習熟不十分 バックホウ		30 不慣れ作業・習熟不十分 ニブラ		30 不慣れ作業・習熟不十分 フィニシャー	
＜a 1. 取り壊し 掘削補助作業＞	1	0.0	1	0.0	1	0.0	1	0.0	1	0.0	1	0.0
	2	0.0	2	0.0	2	0.0	2	0.0	2	0.0	2	0.0
	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0
重要度		0.0		0.0		0.0		0.0		0.0		0.0
＜a 2. 敷均補助作業＞	1	0.0	1	0.0	1	0.0	1	0.0	1	0.0	1	0.0
	2	0.0	2	0.0	2	0.0	2	0.0	2	0.0	2	0.0
	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0
重要度		0.0		0.0		0.0		0.0		0.0		0.0
＜a 3. アスファルト敷均補助作業＞	1	0.0	1	0.0	1	0.0	1	0.0	1	0.0	1	4.0
	2	0.0	2	0.0	2	0.0	2	0.0	2	0.0	2	2.4
	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0
重要度		0.0		0.0		0.0		0.0		0.0		0.4
＜a 4. 小型機械作業＞	1	0.0	1	0.0	1	0.0	1	0.0	1	0.0	1	0.0
	2	0.0	2	0.0	2	0.0	2	0.0	2	0.0	2	0.0
	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0
重要度		0.0		0.0		0.0		0.0		0.0		0.0
＜a 5. 湧き水処理作業＞	1	0.0	1	0.0	1	0.0	1	0.0	1	0.0	1	0.0
	2	0.0	2	0.0	2	0.0	2	0.0	2	0.0	2	0.0
	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0
重要度		0.0		0.0		0.0		0.0		0.0		0.0
＜a 6. 誘導作業＞	1	0.0	1	0.0	1	0.0	1	0.0	1	0.0	1	0.0
	2	0.0	2	0.0	2	0.0	2	0.0	2	0.0	2	0.0
	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0
重要度		0.0		0.0		0.0		0.0		0.0		0.0
＜a 7. 検査・管理作業＞	1	0.0	1	0.0	1	0.0	1	0.0	1	0.0	1	0.0
	2	0.0	2	0.0	2	0.0	2	0.0	2	0.0	2	0.0
	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0
重要度		0.0		0.0		0.0		0.0		0.0		0.0
＜a 8. 乳剤散布作業＞	1	0.0	1	0.0	1	0.0	1	0.0	1	0.0	1	0.0
	2	0.0	2	0.0	2	0.0	2	0.0	2	0.0	2	0.0
	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0
重要度		0.0		0.0		0.0		0.0		0.0		0.0
＜a 9. 交通規制・解除作業＞	1	0.0	1	0.0	1	0.0	1	0.0	1	0.0	1	0.0
	2	0.0	2	0.0	2	0.0	2	0.0	2	0.0	2	0.0
	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0
重要度		0.0		0.0		0.0		0.0		0.0		0.0
＜a 10. 照明などの設置作業＞	1	0.0	1	0.0	1	0.0	1	0.0	1	0.0	1	0.0
	2	0.0	2	0.0	2	0.0	2	0.0	2	0.0	2	0.0
	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0
重要度		0.0		0.0		0.0		0.0		0.0		0.0
＜a 11. ローラー系建設機械操縦作業＞*	1	8.0	1	0.0	1	0.0	1	0.0	1	0.0	1	0.0
	2	4.8	2	0.0	2	0.0	2	0.0	2	0.0	2	0.0
	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0
重要度		0.8		0.0		0.0		0.0		0.0		0.0
＜a 12. 敷均建設機械操縦作業＞	1	8.0	1	0.0	1	0.0	1	0.0	1	0.0	1	0.0
	2	4.8	2	0.0	2	0.0	2	0.0	2	0.0	2	0.0
	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0
重要度		0.8		0.0		0.0		0.0		0.0		0.0
＜a 13. 切削機操縦作業＞	1	7.0	1	0.0	1	0.0	1	0.0	1	0.0	1	7.0
	2	4.2	2	0.0	2	0.0	2	0.0	2	0.0	2	4.2
	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0
重要度		0.7		0.0		0.0		0.0		0.0		0.7
＜a 14. アスファルトフィニシャー操縦作業＞	1	7.0	1	0.0	1	9.0	1	0.0	1	9.0	1	0.0
	2	4.2	2	0.0	2	5.4	2	0.0	2	4.5	2	0.0
	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0
重要度		0.7		0.0		0.9		0.0		0.9		0.0
＜a 15. 取り壊し 建設機械操縦作業＞	1	8.0	1	0.0	1	0.0	1	8.0	1	2.0	1	0.0
	2	4.8	2	0.0	2	0.0	2	4.8	2	1.0	2	0.0
	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0
重要度		0.8		0.0		0.0		0.8		0.2		0.0
＜a 16. 特に狭所での掘削建設機械操縦作業＞	1	7.0	1	0.0	1	0.0	1	0.0	1	0.0	1	0.0
	2	4.2	2	0.0	2	0.0	2	0.0	2	0.0	2	0.0
	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0
重要度		0.7		0.0		0.0		0.0		0.0		0.0

＊トラクターショベル操縦を含む

表－9.3.5.1－2　a．道路維持修繕工の Ⅱ．危険度評価モデル（その5）

a．道路維持修繕工 Ⅱ．危険度評価 (2) 環境要因		30 不慣れ作業・習熟不十分 ブルドーザー		31 現場への不慣れ		32 作業予定時間とのズレ		33 一般通行車両		34 現場周辺の民家の存在		35 作業区域上空の障害物	
＜a 1. 取り壊し 掘削補助作業＞	1	0.0	1	6.0	1	5.0	1	6.0	1	5.0	1	0.0
	2	0.0	2	3.0	2	3.0	2	3.6	2	3.0	2	0.0
	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0
重要度		0.0		0.6		0.5		0.6		0.5		0.0
＜a 2. 敷均補助作業＞	1	3.0	1	5.0	1	5.0	1	5.0	1	5.0	1	0.0
	2	1.5	2	2.5	2	3.0	2	3.0	2	3.0	2	0.0
	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0
重要度		0.3		0.5		0.5		0.5		0.5		0.0
＜a 3. アスファルト敷均補助作業＞	1	0.0	1	6.0	1	5.0	1	7.0	1	6.0	1	0.0
	2	0.0	2	3.0	2	3.0	2	4.2	2	3.6	2	0.0
	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0
重要度		0.0		0.6		0.5		0.7		0.6		0.0
＜a 4. 小型機械作業＞	1	1.0	1	6.0	1	5.0	1	7.0	1	6.0	1	0.0
	2	0.5	2	3.0	2	3.0	2	4.2	2	3.6	2	0.0
	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0
重要度		0.1		0.6		0.5		0.7		0.6		0.0
＜a 5. 湧き水処理作業＞	1	0.0	1	6.0	1	4.0	1	5.0	1	6.0	1	0.0
	2	0.0	2	3.0	2	2.4	2	3.0	2	3.6	2	0.0
	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0
重要度		0.0		0.6		0.4		0.5		0.6		0.0
＜a 6. 誘導作業＞	1	1.0	1	7.0	1	5.0	1	8.0	1	4.0	1	4.0
	2	0.5	2	3.5	2	3.0	2	4.8	2	2.4	2	2.4
	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0
重要度		0.1		0.7		0.5		0.8		0.4		0.4
＜a 7. 検査・管理作業＞	1	0.0	1	3.0	1	3.0	1	5.0	1	5.0	1	0.0
	2	0.0	2	1.5	2	1.8	2	3.0	2	3.0	2	0.0
	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0
重要度		0.0		0.3		0.3		0.5		0.5		0.0
＜a 8. 乳剤散布作業＞	1	0.0	1	6.0	1	5.0	1	7.0	1	7.0	1	0.0
	2	0.0	2	3.0	2	3.0	2	4.2	2	4.2	2	0.0
	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0
重要度		0.0		0.6		0.5		0.7		0.7		0.0
＜a 9. 交通規制・解除作業＞	1	0.0	1	6.0	1	6.0	1	8.0	1	7.0	1	0.0
	2	0.0	2	3.0	2	3.6	2	4.8	2	4.2	2	0.0
	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0
重要度		0.0		0.6		0.6		0.8		0.7		0.0
＜a 10. 照明などの設置作業＞	1	0.0	1	6.0	1	4.0	1	7.0	1	6.0	1	0.0
	2	0.0	2	3.0	2	2.4	2	4.2	2	3.6	2	0.0
	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0
重要度		0.0		0.6		0.4		0.7		0.6		0.0
＜a 11. ローラー系建設機械操縦作業＞*	1	0.0	1	6.0	1	5.0	1	7.0	1	6.0	1	0.0
	2	0.0	2	3.0	2	3.0	2	4.2	2	3.6	2	0.0
	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0
重要度		0.0		0.6		0.5		0.7		0.6		0.0
＜a 12. 敷均建設機械操縦作業＞	1	8.0	1	6.0	1	5.0	1	7.0	1	6.0	1	0.0
	2	4.0	2	3.0	2	3.0	2	4.2	2	3.6	2	0.0
	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0
重要度		0.8		0.6		0.5		0.7		0.6		0.0
＜a 13. 切削機操縦作業＞	1	0.0	1	6.0	1	5.0	1	7.0	1	6.0	1	5.0
	2	0.0	2	3.0	2	3.0	2	4.2	2	3.6	2	3.0
	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0
重要度		0.0		0.6		0.5		0.7		0.6		0.5
＜a 14. アスファルトフィニシャー操縦作業＞	1	0.0	1	6.0	1	5.0	1	7.0	1	6.0	1	0.0
	2	0.0	2	3.0	2	3.0	2	4.2	2	3.6	2	0.0
	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0
重要度		0.0		0.6		0.5		0.7		0.6		0.0
＜a 15. 取り壊し 建設機械操縦作業＞	1	0.0	1	6.0	1	6.0	1	7.0	1	6.0	1	7.0
	2	0.0	2	3.0	2	3.6	2	4.2	2	3.6	2	4.2
	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0
重要度		0.0		0.6		0.6		0.7		0.6		0.7
＜a 16. 特に狭所での掘削建設機械操縦作業＞	1	0.0	1	6.0	1	6.0	1	7.0	1	6.0	1	8.0
	2	0.0	2	3.0	2	3.6	2	4.2	2	3.6	2	4.8
	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0
重要度		0.0		0.6		0.6		0.7		0.6		0.8

＊トラクターショベル操縦を含む

表－9.3.5.1－2　a．道路維持修繕工の II．危険度評価モデル（その6）

a．道路維持修繕工 II．危険度評価 (2) 環境要因		36 作業区域地下の障害物		37 機械と作業者の近接		道7 作業幅の狭さ		38 肉体・精神疲労
＜a 1. 取り壊し 掘削補助作業＞	1	4.0	1	6.0	1	6.0	1	7.0
	2	2.8	2	3.0	2	3.0	2	4.2
	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0
重要度		0.4		0.6		0.6		0.7
＜a 2. 敷均補助作業＞	1	0.0	1	5.0	1	5.0	1	6.0
	2	0.0	2	2.5	2	2.5	2	3.6
	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0
重要度		0.0		0.5		0.5		0.6
＜a 3. アスファルト敷均補助作業＞	1	0.0	1	6.0	1	7.0	1	7.0
	2	0.0	2	3.0	2	3.5	2	4.2
	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0
重要度		0.0		0.6		0.7		0.7
＜a 4. 小型機械作業＞	1	6.0	1	6.0	1	6.0	1	7.0
	2	4.2	2	3.0	2	3.0	2	4.2
	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0
重要度		0.6		0.6		0.6		0.7
＜a 5. 湧き水処理作業＞	1	0.0	1	4.0	1	6.0	1	6.0
	2	0.0	2	2.0	2	3.0	2	3.6
	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0
重要度		0.0		0.4		0.6		0.6
＜a 6. 誘導作業＞	1	0.0	1	7.0	1	6.0	1	6.0
	2	0.0	2	3.5	2	3.0	2	3.6
	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0
重要度		0.0		0.7		0.6		0.6
＜a 7. 検査・管理作業＞	1	0.0	1	2.0	1	3.0	1	4.0
	2	0.0	2	1.0	2	1.5	2	2.4
	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0
重要度		0.0		0.2		0.3		0.4
＜a 8. 乳剤散布作業＞	1	0.0	1	5.0	1	5.0	1	5.0
	2	0.0	2	2.5	2	2.5	2	3.0
	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0
重要度		0.0		0.5		0.5		0.5
＜a 9. 交通規制・解除作業＞	1	0.0	1	6.0	1	6.0	1	6.0
	2	0.0	2	3.0	2	3.0	2	3.6
	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0
重要度		0.0		0.6		0.6		0.6
＜a 10. 照明などの設置作業＞	1	0.0	1	5.0	1	6.0	1	5.0
	2	0.0	2	2.5	2	3.0	2	3.0
	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0
重要度		0.0		0.5		0.6		0.5
＜a 11. ローラー系建設機械操縦作業＞*	1	4.0	1	8.0	1	7.0	1	7.0
	2	2.8	2	4.0	2	3.5	2	4.2
	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0
重要度		0.4		0.8		0.7		0.7
＜a 12. 敷均建設機械操縦作業＞	1	5.0	1	8.0	1	7.0	1	7.0
	2	3.5	2	4.0	2	3.5	2	4.2
	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0
重要度		0.5		0.8		0.7		0.7
＜a 13. 切削機操縦作業＞	1	5.0	1	7.0	1	7.0	1	6.0
	2	3.5	2	3.5	2	3.5	2	3.6
	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0
重要度		0.5		0.7		0.7		0.6
＜a 14. アスファルトフィニシャー操縦作業＞	1	3.0	1	8.0	1	7.0	1	6.0
	2	2.1	2	4.0	2	3.5	2	3.6
	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0
重要度		0.3		0.8		0.7		0.6
＜a 15. 取り壊し 建設機械操縦作業＞	1	7.0	1	7.0	1	7.0	1	7.0
	2	4.9	2	3.5	2	3.5	2	4.2
	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0
重要度		0.7		0.7		0.7		0.7
＜a 16. 特に狭所での掘削建設機械操縦作業＞	1	7.0	1	8.0	1	7.0	1	7.0
	2	4.9	2	4.0	2	3.5	2	4.2
	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0
重要度		0.7		0.8		0.7		0.7

＊トラクターショベル操縦を含む

表－9.3.5.1－3　b．土工の Ⅰ．苦渋度評価モデル（その1）

b．土　工 Ⅰ．苦渋度評価 (1)　作業要因	1 作業の実稼働時間の長さ		2 重筋作業		3 神経作業		4 不自然な姿勢の作業		5 不安定な足場での作業		8 作業による汚れ	
＜b1. 特に法面での誘導作業＞	1	3.0	1	0.0	1	3.0	1	0.0	1	3.0	1	4.0
	2	1.8	2	0.0	②	1.5	2	0.0	②	1.5	2	3.2
	③	0.0	③	0.0	3	0.0	③	0.0	3	0.0	③	0.0
重要度		0.3		0.0		0.3		0.0		0.3		0.4
＜b2. 掘削・盛土を対象とする建設機械操縦作業＞	①	7.0	1	0.0	1	8.0	1	9.0	1	8.0	①	4.0
	2	4.2	2	0.0	②	4.0	2	1.8	②	4.0	2	3.2
	3	0.0	③	0.0	3	0.0	③	0.0	3	0.0	3	0.0
重要度		0.7		0.0		0.8		0.9		0.8		0.4
＜b3. 建設機械による補助作業＞	1	4.0	1	0.0	1	5.0	1	4.0	1	4.0	1	4.0
	2	2.4	2	0.0	②	2.5	②	0.8	②	2.0	②	3.2
	③	0.0	③	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0
重要度		0.4		0.0		0.5		0.4		0.4		0.4
＜b4. 車両運転作業＞	1	5.0	1	0.0	1	3.0	1	2.0	1	1.0	1	2.0
	2	3.0	2	0.0	2	1.5	2	0.4	2	0.5	2	1.6
	③	0.0	③	0.0	③	0.0	③	0.0	③	0.0	③	0.0
重要度		0.5		0.0		0.3		0.2		0.1		0.2

表－9.3.5.1－3　b．土工の Ⅰ．苦渋度評価モデル（その2）

b．土　工 Ⅰ．苦渋度評価 (1)　作業要因	9 粉塵		12 騒音		13 振動		15 使用建設機械の死角		16 使用機材のエネルギー接触		18 使用機材の操作の複雑さ	
＜b1. 特に法面での誘導作業＞	1	4.0	1	1.0	1	1.0	1	0.0	1	0.0	1	0.0
	②	2.8	2	0.3	2	0.6	2	0.0	2	0.0	2	0.0
	3	0.0	③	0.0	③	0.0	③	0.0	③	0.0	③	0.0
重要度		0.4		0.1		0.1		0.0		0.0		0.0
＜b2. 掘削・盛土を対象とする建設機械操縦作業＞	①	5.0	①	1.0	①	3.0	①	6.0	1	1.0	1	1.0
	2	3.5	2	0.3	2	1.8	2	3.0	2	0.5	②	0.4
	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	③	0.0	3	0.0
重要度		0.5		0.1		0.3		0.6		0.1		0.1
＜b3. 建設機械による補助作業＞	1	5.0	①	1.0	①	3.0	①	6.0	1	1.0	1	1.0
	②	3.5	2	0.3	2	1.8	2	3.0	2	0.5	②	0.4
	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	③	0.0	3	0.0
重要度		0.5		0.1		0.3		0.6		0.1		0.1
＜b4. 車両運転作業＞	1	2.0	1	1.0	1	1.0	1	3.0	1	0.0	1	1.0
	②	1.4	②	0.3	②	0.6	②	1.5	2	0.0	2	0.4
	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	③	0.0	③	0.0
重要度		0.2		0.1		0.1		0.3		0.0		0.1

表－9.3.5.1－3　b．土工の Ⅰ．苦渋度評価モデル（その3）

b．土　工 Ⅰ．苦渋度評価 (1)　作業要因	19 使用機材の操作不統一		20 使用機材の非自動化		21 使用建設機械の作業スペース		苦渋度 基礎合計点
＜b1. 特に法面での誘導作業＞	1	0.0	1	0.0	1	0.0	5.8
	2	0.0	2	0.0	2	0.0	
	③	0.0	③	0.0	③	0.0	
重要度		0.0		0.0		0.0	
＜b2. 掘削・盛土を対象とする建設機械操縦作業＞	1	9.0	1	1.0	1	8.0	38.9
	2	8.1	②	0.5	②	4.0	
	③	0.0	3	0.0	3	0.0	
重要度		0.9		0.1		0.8	
＜b3. 建設機械による補助作業＞	1	9.0	1	1.0	1	8.0	26.9
	2	8.1	②	0.5	②	4.0	
	③	0.0	3	0.0	3	0.0	
重要度		0.9		0.1		0.8	
＜b4. 車両運転作業＞	1	5.0	1	1.0	1	5.0	3.8
	2	4.5	2	0.5	2	2.5	
	③	0.0	③	0.0	③	0.0	
重要度		0.5		0.1		0.5	

表－9.3.5.1－3　b. 土工の I. 苦渋度評価モデル（その4）

b. 土　工 I. 苦渋度評価 (2) 環境要因		22 気温		23 天候		24 風		28 要求作業量		土3 土砂の運搬のしにくさ		土4 敷均し場所と土砂を降ろす場所が離れていること
＜b1. 特に法面での誘導作業＞	1	5.0	1	4.0	1	3.0	1	0.0	1	0.0	1	0.0
	2	1.5	2	0.4	2	1.8	2	0.0	2	0.0	2	0.0
	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0
重要度		0.5		0.4		0.3		0.0		0.0		0.0
＜b2. 掘削・盛土を対象とする建設機械操縦作業＞	1	2.0	1	3.0	1	3.0	1	6.0	1	0.0	1	9.0
	2	0.6	2	0.3	2	1.8	2	3.0	2	0.0	2	0.9
	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0
重要度		0.2		0.3		0.3		0.6		0.0		0.9
＜b3. 建設機械による補助作業＞	1	2.0	1	3.0	1	3.0	1	3.0	1	0.0	1	0.0
	2	0.6	2	0.3	2	1.8	2	1.5	2	0.0	2	0.0
	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0
重要度		0.2		0.3		0.3		0.3		0.0		0.0
＜b4. 車両運転作業＞	1	2.0	1	2.0	1	3.0	1	6.0	1	7.0	1	0.0
	2	0.6	2	0.2	2	1.8	2	3.0	2	1.4	2	0.0
	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0
重要度		0.2		0.2		0.3		0.6		0.7		0.0

表－9.3.5.1－3　b. 土工の I. 苦渋度評価モデル（その5）

b. 土　工 I. 苦渋度評価 (2) 環境要因		土5 土質		29 要求精度		30 不慣れ作業・習熟不十分バックホウ		30 不慣れ作業・習熟不十分ブルドーザー		30 不慣れ作業・習熟不十分ダンプトラック		31 現場への不慣れ
＜b1. 特に法面での誘導作業＞	1	0.0	1	4.0	1	0.0	1	0.0	1	0.0	1	2.0
	2	0.0	2	3.2	2	0.0	2	0.0	2	0.0	2	0.6
	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0
重要度		0.0		0.4		0.0		0.0		0.0		0.2
＜b2. 掘削・盛土を対象とする建設機械操縦作業＞	1	5.0	1	7.0	1	9.0	1	9.0	1	0.0	1	6.0
	2	3.0	2	5.6	2	4.5	2	4.5	2	0.0	2	1.8
	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0
重要度		0.5		0.7		0.9		0.9		0.0		0.6
＜b3. 建設機械による補助作業＞	1	5.0	1	3.0	1	6.0	1	0.0	1	7.0	1	4.0
	2	3.0	2	2.4	2	3.0	2	0.0	2	3.5	2	1.2
	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0
重要度		0.5		0.3		0.6		0.0		0.7		0.4
＜b4. 車両運転作業＞	1	3.0	1	0.0	1	0.0	1	0.0	1	8.0	1	3.0
	2	1.8	2	0.0	2	0.0	2	0.0	2	4.0	2	0.9
	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0
重要度		0.3		0.0		0.0		0.0		0.8		0.3

表－9.3.5.1－3　b. 土工の I. 苦渋度評価モデル（その6）

b. 土　工 I. 苦渋度評価 (2) 環境要因		37 機械と作業者の近接		土6 作業区域の混雑		土1 法面傾斜		土2 走行用鉄板の必要性		38 肉体・精神疲労	
＜b1. 特に法面での誘導作業＞	1	0.0	1	4.0	1	4.0	1	0.0	1	4.0	
	2	0.0	2	2.0	2	2.8	2	0.0	2	2.0	
	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	
重要度		0.0		0.4		0.4		0.0		0.4	
＜b2. 掘削・盛土を対象とする建設機械操縦作業＞	1	4.0	1	8.0	1	7.0	1	1.0	1	8.0	
	2	2.0	2	4.0	2	4.9	2	0.7	2	4.0	
	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	
重要度		0.4		0.8		0.7		0.1		0.8	
＜b3. 建設機械による補助作業＞	1	2.0	1	7.0	1	4.0	1	0.0	1	4.0	
	2	1.0	2	3.5	2	2.8	2	0.0	2	2.0	
	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	
重要度		0.2		0.7		0.4		0.0		0.4	
＜b4. 車両運転作業＞	1	0.0	1	0.0	1	0.0	1	5.0	1	7.0	
	2	0.0	2	0.0	2	0.0	2	3.5	2	3.5	
	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	
重要度		0.0		0.0		0.0		0.5		0.7	

表－9.3.5.1－4　b．土工の Ⅱ．危険度評価モデル（その1）

b．土　工 Ⅱ．危険度評価 (1)　作業要因	3 神経作業		5 不安定な足場での作業		12 騒音		15 使用建設機械の死角		16 使用機材のエネルギー接触		18 使用機材の操作の複雑さ	
＜b1. 特に法面での誘導作業＞	1	5.0	1	7.0	1	1.0	1	6.0	1	6.0	1	0.0
	②	2.5	②	3.5	2	0.3	2	3.0	2	3.0	2	0.0
	3	0.0	3	0.0	③	0.0	③	0.0	③	0.0	③	0.0
重要度		0.5		0.7		0.1		0.6		0.6		0.0
＜b2. 掘削・盛土を対象とする建設機械操縦作業＞	1	6.0	1	8.0	①	1.0	①	7.0	1	2.0	1	3.0
	②	3.0	②	4.0	2	0.3	2	3.5	2	1.0	②	1.2
	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	③	0.0	3	0.0
重要度		0.6		0.8		0.1		0.7		0.2		0.3
＜b3. 建設機械による補助作業＞	1	3.0	1	7.0	①	1.0	①	4.0	1	2.0	1	3.0
	②	1.5	②	3.5	2	0.3	2	2.0	2	1.0	②	1.2
	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	③	0.0	3	0.0
重要度		0.3		0.7		0.1		0.4		0.2		0.3
＜b4. 車両運転作業＞	1	2.0	1	2.0	1	1.0	1	5.0	1	2.0	1	2.0
	②	1.0	2	1.0	②	0.3	②	2.5	2	1.0	2	0.8
	3	0.0	③	0.0	3	0.0	3	0.0	③	0.0	③	0.0
重要度		0.2		0.2		0.1		0.5		0.2		0.2

表－9.3.5.1－4　b．土工の Ⅱ．危険度評価モデル（その2）

b．土　工 Ⅱ．危険度評価 (1)　作業要因	19 使用機材の操作不統一		21 使用建設機械の作業スペース		危険度 基礎合計点
＜b1. 特に法面での誘導作業＞	1	0.0	1	5.0	6.0
	2	0.0	2	2.5	
	③	0.0	③	0.0	
重要度		0.0		0.5	
＜b2. 掘削・盛土を対象とする建設機械操縦作業＞	1	8.0	1	9.0	20.7
	2	7.2	②	4.5	
	③	0.0	3	0.0	
重要度		0.8		0.9	
＜b3. 建設機械による補助作業＞	1	8.0	1	9.0	15.7
	2	7.2	②	4.5	
	③	0.0	3	0.0	
重要度		0.8		0.9	
＜b4. 車両運転作業＞	1	6.0	1	4.0	3.8
	2	5.4	2	2.0	
	③	0.0	③	0.0	
重要度		0.6		0.4	

表－9.3.5.1－4　b. 土工の Ⅱ. 危険度評価モデル（その3）

b. 土 工 Ⅱ. 危険度評価 (2) 環境要因		23 天候		24 風		28 要求作業量		土4 敷均し場所と土砂を降ろす場所が離れていること		土5 土質		29 要求精度
＜b1. 特に法面での誘導作業＞	1	3.0	1	1.0	1	0.0	1	0.0	1	0.0	1	0.0
	2	0.3	2	0.6	2	0.0	2	0.0	2	0.0	2	0.0
	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0
重要度		0.3		0.1				0.0		0.0		
＜b2. 掘削・盛土を対象とする建設機械操縦作業＞	1	4.0	1	2.0	1	0.0	1	5.0	1	8.0	1	0.0
	2	0.4	2	1.2	2	0.0	2	0.5	2	4.8	2	0.0
	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0
重要度		0.4		0.2				0.5		0.8		
＜b3. 建設機械による補助作業＞	1	4.0	1	2.0	1	0.0	1	0.0	1	8.0	1	0.0
	2	0.4	2	1.2	2	0.0	2	0.0	2	4.8	2	0.0
	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0
重要度		0.4		0.2				0.0		0.8		
＜b4. 車両運転作業＞	1	2.0	1	1.0	1	0.0	1	0.0	1	7.0	1	0.0
	2	0.2	2	0.6	2	0.0	2	0.0	2	4.2	2	0.0
	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0
重要度		0.2		0.1				0.0		0.7		

表－9.3.5.1－4　b. 土工の Ⅱ. 危険度評価モデル（その4）

b. 土 工 Ⅱ. 危険度評価 (2) 環境要因		30 不慣れ作業・習熟不十分 バックホウ		30 不慣れ作業・習熟不十分 ブルドーザー		30 不慣れ作業・習熟不十分 ダンプトラック		31 現場への不慣れ		37 機械と作業者の近接		土6 作業区域の混雑
＜b1. 特に法面での誘道作業＞	1	0.0	1	0.0	1	0.0	1	2.0	1	5.0	1	3.0
	2	0.0	2	0.0	2	0.0	2	0.6	2	2.5	2	1.5
	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0
重要度		0.0		0.0		0.0		0.2		0.5		0.3
＜b2. 掘削・盛土を対象とする建設機械操縦作業＞	1	9.0	1	9.0	1	0.0	1	8.0	1	9.0	1	8.0
	2	4.5	2	4.5	2	0.0	2	2.4	2	4.5	2	4.0
	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0
重要度		0.9		0.9		0.0		0.8		0.9		0.8
＜b3. 建設機械による補助作業＞	1	9.0	1	6.0	1	0.0	1	8.0	1	9.0	1	8.0
	2	4.5	2	3.0	2	0.0	2	2.4	2	4.5	2	4.0
	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0
重要度		0.9		0.6		0.0		0.8		0.9		0.8
＜b4. 車両運転作業＞	1	9.0	1	0.0	1	3.0	1	8.0	1	9.0	1	8.0
	2	4.5	2	0.0	2	1.5	2	2.4	2	4.5	2	4.0
	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0
重要度		0.9		0.0		0.3		0.8		0.9		0.8

表－9.3.5.1－4　b. 土工の Ⅱ. 危険度評価モデル（その5）

b. 土 工 Ⅱ. 危険度評価 (2) 環境要因		土1 法面傾斜		土2 走行用鉄板の必要性		38 肉体・精神疲労
＜b1. 特に法面での誘導作業＞	1	8.0	1	0.0	1	4.0
	2	5.6	2	0.0	2	2.0
	3	0.0	3	0.0	3	0.0
重要度		0.8		0.0		0.4
＜b2. 掘削・盛土を対象とする建設機械操縦作業＞	1	8.0	1	3.0	1	7.0
	2	5.6	2	2.1	2	3.5
	3	0.0	3	0.0	3	0.0
重要度		0.8		0.3		0.7
＜b3. 建設機械による補助作業＞	1	0.0	1	8.0	1	7.0
	2	0.0	2	5.6	2	3.5
	3	0.0	3	0.0	3	0.0
重要度		0.0		0.8		0.7
＜b4. 車両運転作業＞	1	0.0	1	8.0	1	7.0
	2	0.0	2	5.6	2	3.5
	3	0.0	3	0.0	3	0.0
重要度		0.0		0.8		0.7

表－9.3.5.1－5　c．離岸堤工の Ⅰ．苦渋度評価モデル（その1）

c．離岸堤工 Ⅰ．苦渋度評価 (1) 作業要因	1 作業の実稼働時間の長さ		2 重筋作業		3 神経作業		4 不自然な姿勢の作業		5 不安定な足場での作業		6 転落の可能性	
＜c1. 船のアンカー移動作業＞	1	9.0	1	2.0	1	2.0	①	3.0	1	3.0	1	3.0
	2	7.2	②	1.0	②	0.6	2	1.5	2	1.5	②	1.5
	③	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	③	0.0	3	0.0
重要度		0.9		0.2		0.2		0.3		0.3		0.3
＜c2. 船の接岸・離岸補助作業＞	1	9.0	1	2.0	1	2.0	①	3.0	1	3.0	1	3.0
	2	7.2	②	1.0	②	0.6	2	1.5	2	1.5	②	1.5
	③	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	③	0.0	3	0.0
重要度		0.9		0.2		0.2		0.3		0.3		0.3
＜c3. 潜水夫の海中・海面移動作業＞	1	4.0	1	0.0	1	2.0	①	6.0	1	6.0	1	0.0
	2	3.2	②	0.0	②	0.6	2	3.0	②	3.0	2	0.0
	③	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	③	0.0
重要度		0.4		0.0		0.2		0.6		0.6		0.0
＜c4. ブロック上での作業員の移動作業＞	1	3.0	1	0.0	1	2.0	①	6.0	1	6.0	1	6.0
	2	2.4	②	0.0	②	0.6	2	3.0	②	3.0	②	3.0
	③	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0
重要度		0.3		0.0		0.2		0.6		0.6		0.6
＜c5. 玉掛け作業＞ （積み込み 玉外し作業を含む）	1	7.0	①	4.0	1	2.0	①	2.0	1	2.0	1	1.0
	2	5.6	2	2.0	②	0.6	2	1.0	2	1.0	2	0.5
	③	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	③	0.0	③	0.0
重要度		0.7		0.4		0.2		0.2		0.2		0.1
＜c6. 据え付け 玉外し作業＞	1	9.0	1	4.0	1	5.0	①	5.0	①	6.0	1	6.0
	2	7.2	②	2.0	②	1.5	2	2.5	2	3.0	②	3.0
	③	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0
重要度		0.9		0.4		0.5		0.5		0.6		0.6
＜c7. 据え付け位置合わせ作業＞	1	9.0	1	4.0	①	5.0	①	5.0	①	6.0	1	6.0
	2	7.2	②	2.0	2	1.5	2	2.5	2	3.0	②	3.0
	③	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0
重要度		0.9		0.4		0.5		0.5		0.6		0.6
＜c8. 海中部敷均作業＞	1	9.0	1	4.0	①	5.0	①	5.0	1	6.0	1	0.0
	②	7.2	②	2.0	2	1.5	2	2.5	②	3.0	2	0.0
	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	③	0.0
重要度		0.9		0.4		0.5		0.5		0.6		0.0
＜c9. 積み込み クレーン操縦作業＞	①	8.0	1	0.0	1	2.0	1	2.0	1	0.0	1	0.0
	2	6.4	2	0.0	②	0.6	2	1.0	2	0.0	2	0.0
	3	0.0	③	0.0	3	0.0	③	0.0	③	0.0	③	0.0
重要度		0.8		0.0		0.2		0.2		0.0		0.0
＜c10. 据え付け クレーン操縦作業＞	①	9.0	1	0.0	①	8.0	1	2.0	1	0.0	1	0.0
	2	7.2	2	0.0	2	2.4	2	1.0	2	0.0	2	0.0
	3	0.0	③	0.0	3	0.0	③	0.0	③	0.0	③	0.0
重要度		0.9		0.0		0.8		0.2		0.0		0.0
＜c11. 積み込み トレーラー運転作業＞	1	3.0	1	0.0	1	0.0	1	0.0	1	0.0	1	0.0
	②	2.4	2	0.0	2	0.0	2	0.0	2	0.0	2	0.0
	3	0.0	③	0.0	③	0.0	③	0.0	③	0.0	③	0.0
重要度		0.3		0.0		0.0		0.0		0.0		0.0
＜c12. 操船作業＞	1	9.0	1	0.0	1	2.0	1	0.0	1	2.0	1	1.0
	②	7.2	2	0.0	②	0.6	2	0.0	2	1.0	2	0.5
	3	0.0	③	0.0	3	0.0	③	0.0	③	0.0	③	0.0
重要度		0.9		0.0		0.2		0.0		0.2		0.1

表－9.3.5.1－5　c. 離岸堤工の I. 苦渋度評価モデル（その2）

c. 離岸堤工 I. 苦渋度評価 (I) 作業要因	7 海中作業		8 作業による汚れ		12 騒音		13 振動		14 遠隔でのコミュニケーション		15 使用建設機械の死角	
＜c1. 船のアンカー移動作業＞	1	0.0	1	2.0	1	1.0	1	0.0	1	2.0	1	0.0
	②	0.0	②	1.0	②	0.5	2	0.0	②	1.0	2	0.0
	3	—	3	0.0	3	0.0	③	0.0	3	0.0	③	0.0
重要度		0.0		0.2		0.1		0.0		0.2		0.0
＜c2. 船の接岸・離岸補助作業＞	1	0.0	1	2.0	1	1.0	1	1.0	1	2.0	1	0.0
	②	0.0	②	1.0	2	0.5	2	0.4	②	1.0	2	0.0
	3	—	3	0.0	③	0.0	③	0.0	3	0.0	③	0.0
重要度		0.0		0.2		0.1		0.1		0.2		0.0
＜c3. 潜水夫の海中・海面移動作業＞	①	6.0	①	6.0	1	0.0	1	0.0	①	0.0	1	0.0
	2	4.2	2	3.0	2	0.0	2	0.0	2	0.0	2	0.0
	3	—	3	0.0	③	0.0	③	0.0	3	0.0	③	0.0
重要度		0.6		0.6		0.0		0.0		0.0		0.0
＜c4. ブロック上での作業員の移動作業＞	1	0.0	1	2.0	1	0.0	1	0.0	1	0.0	1	0.0
	②	0.0	②	1.0	2	0.0	2	0.0	②	0.0	2	0.0
	3	—	3	0.0	③	0.0	③	0.0	3	0.0	③	0.0
重要度		0.0		0.2		0.0		0.0		0.0		0.0
＜c5. 玉掛け作業＞ （積み込み 玉外し作業を含む）	1	0.0	1	2.0	1	1.0	1	0.0	1	2.0	1	0.0
	②	0.0	②	1.0	2	0.5	2	0.0	②	1.0	2	0.0
	3	—	3	0.0	③	0.0	③	0.0	3	0.0	③	0.0
重要度		0.0		0.2		0.1		0.0		0.2		0.0
＜c6. 据え付け 玉外し作業＞	1	6.0	①	6.0	1	1.0	1	0.0	1	7.0	1	0.0
	②	4.2	2	3.0	2	0.5	2	0.0	②	3.5	2	0.0
	3	—	3	0.0	③	0.0	③	0.0	3	0.0	③	0.0
重要度		0.6		0.6		0.1		0.0		0.7		0.0
＜c7. 据え付け位置合わせ作業＞	1	6.0	①	6.0	1	1.0	1	0.0	1	7.0	1	0.0
	②	4.2	2	3.0	2	0.5	2	0.0	②	3.5	2	0.0
	3	—	3	0.0	③	0.0	③	0.0	3	0.0	③	0.0
重要度		0.6		0.6		0.1		0.0		0.7		0.0
＜c8. 海中部敷均作業＞	①	6.0	①	6.0	1	1.0	1	0.0	①	7.0	1	0.0
	2	4.2	2	3.0	2	0.5	2	0.0	2	3.5	2	0.0
	3	—	3	0.0	③	0.0	③	0.0	3	0.0	③	0.0
重要度		0.6		0.6		0.1		0.0		0.7		0.0
＜c9. 積み込み クレーン操縦作業＞	1	0.0	1	1.0	①	2.0	1	2.0	1	2.0	1	3.0
	②	0.0	2	0.5	2	1.0	②	0.8	②	1.0	②	1.5
	3	—	③	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0
重要度		0.0		0.1		0.2		0.2		0.2		0.3
＜c10. 据え付け クレーン操縦作業＞	1	0.0	1	1.0	①	2.0	1	2.0	①	8.0	①	5.0
	②	0.0	2	0.5	2	1.0	②	0.8	2	4.0	2	2.5
	3	—	③	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0
重要度		0.0		0.1		0.2		0.2		0.8		0.5
＜c11. 積み込み トレーラー運転作業＞	1	0.0	1	0.0	1	1.0	1	1.0	1	0.0	1	3.0
	②	0.0	2	0.0	②	0.5	2	0.4	2	0.0	②	1.5
	3	—	③	0.0	3	0.0	③	0.0	③	0.0	3	0.0
重要度		0.0		0.0		0.1		0.1		0.0		0.3
＜c12. 操船作業＞	1	0.0	1	1.0	1	1.0	1	1.0	1	1.0	1	2.0
	②	0.0	2	0.5	②	0.5	2	0.4	2	0.5	②	1.0
	3	—	③	0.0	3	0.0	③	0.0	③	0.0	3	0.0
重要度		0.0		0.1		0.1		0.1		0.1		0.2

表－9.3.5.1－5　c. 離岸堤工の I. 苦渋度評価モデル（その3）

c. 離岸堤工 I. 苦渋度評価 (1) 作業要因		16 使用機材のエネルギー接触		17 重量物の取り付け・取り外し		18 使用機材の操作の複雑さ		海1 潜水方式		19 使用機材の操作の不統一		20 使用機材の非自動化状況
＜c1. 船のアンカー移動作業＞	1	2.0	1	0.0	1	2.0	1	0.0	1	3.0	1	2.0
	2	1.0	2	0.0	2	1.0	2	0.0	2	0.3	2	0.6
	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	—	3	0.0	③	0.0
重要度		0.2		0.0		0.2		0.0		0.3		0.2
＜c2. 船の接岸・離岸補助作業＞	1	0.0	1	0.0	1	1.0	1	0.0	1	3.0	1	0.0
	2	0.0	2	0.0	2	0.5	2	0.0	2	0.3	2	0.0
	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	—	3	0.0	③	0.0
重要度		0.0		0.0		0.1		0.0		0.3		0.0
＜c3. 潜水夫の海中・海面移動作業＞	1	0.0	1	0.0	1	0.0	1	4.0	1	0.0	1	0.0
	2	0.0	2	0.0	2	0.0	2	0.8	2	0.0	2	0.0
	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	—	3	0.0	③	0.0
重要度		0.0		0.0		0.0		0.4		0.0		0.0
＜c4. ブロック上での作業員の移動作業＞	1	0.0	1	0.0	1	0.0	1	0.0	1	0.0	1	0.0
	2	0.0	2	0.0	2	0.0	2	0.0	2	0.0	2	0.0
	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	—	3	0.0	③	0.0
重要度		0.0		0.0		0.0		0.0		0.0		0.0
＜c5. 玉掛け作業＞ （積み込み 玉外し作業を含む）	1	0.0	1	5.0	1	0.0	1	0.0	1	3.0	1	0.0
	2	0.0	2	4.5	2	0.0	2	0.0	2	0.3	2	0.0
	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	—	3	0.0	③	0.0
重要度		0.0		0.5		0.0		0.0		0.3		0.0
＜c6. 据え付け 玉外し作業＞	1	0.0	1	5.0	1	0.0	1	4.0	1	3.0	1	0.0
	2	0.0	2	4.5	2	0.0	2	0.8	2	0.3	②	0.0
	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	—	3	0.0	3	0.0
重要度		0.0		0.5		0.0		0.4		0.3		0.0
＜c7. 据え付け位置合わせ作業＞	1	0.0	1	5.0	1	0.0	1	4.0	1	0.0	1	0.0
	2	0.0	2	4.5	2	0.0	2	0.8	2	0.0	2	0.0
	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	—	3	0.0	③	0.0
重要度		0.0		0.5		0.0		0.4		0.0		0.0
＜c8. 海中部敷均作業＞	1	0.0	1	5.0	1	0.0	1	4.0	1	0.0	1	0.0
	2	0.0	2	4.5	2	0.0	2	0.8	2	0.0	2	0.0
	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	—	3	0.0	3	0.0
重要度		0.0		0.5		0.0		0.4		0.0		0.0
＜c9. 積み込み クレーン操縦作業＞	1	0.0	1	0.0	1	3.0	1	0.0	1	8.0	1	2.0
	2	0.0	2	0.0	2	1.5	2	0.0	2	0.8	2	0.6
	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	—	3	0.0	③	0.0
重要度		0.0		0.0		0.3		0.0		0.8		0.2
＜c10. 据え付け クレーン操縦作業＞	1	0.0	1	0.0	1	3.0	1	0.0	1	9.0	1	2.0
	2	0.0	2	0.0	2	1.5	2	0.0	2	0.9	2	0.6
	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	—	3	0.0	③	0.0
重要度		0.0		0.0		0.3		0.0		0.9		0.2
＜c11. 積み込み トレーラー運転作業＞	1	0.0	1	0.0	1	0.0	1	0.0	1	2.0	1	0.0
	2	0.0	2	0.0	2	0.0	2	0.0	2	0.2	2	0.0
	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	—	3	0.0	③	0.0
重要度		0.0		0.0		0.0		0.0		0.2		0.0
＜c12. 操船作業＞	1	0.0	1	0.0	1	2.0	1	0.0	1	5.0	1	3.0
	2	0.0	2	0.0	2	1.0	2	0.0	2	0.5	2	0.9
	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	—	3	0.0	③	0.0
重要度		0.0		0.0		0.2		0.0		0.5		0.3

表－9.3.5.1－5

c. 離岸堤工の 1. 苦渋度評価モデル（その4）

c. 離岸堤工 1. 苦渋度評価 (1) 作業要因	21 使用建設機械の作業スペース		苦渋度 基礎合計点
＜c1. 船のアンカー移動作業＞	1	3.0	10.9
	2	1.8	
	③	0.0	
重要度		0.3	
＜c2. 船の接岸・離岸補助作業＞	1	5.0	8.1
	2	3.0	
	③	0.0	
重要度		0.5	
＜c3. 潜水夫の海中・海面移動作業＞	1	0.0	25.6
	2	0.0	
	③	0.0	
重要度		0.0	
＜c4. ブロック上での作業員の移動作業＞	1	0.0	13.6
	2	0.0	
	③	0.0	
重要度		0.0	
＜c5. 玉掛け作業＞ （積み込み 玉外し作業を含む）	1	5.0	13.6
	2	3.0	
	③	0.0	
重要度		0.5	
＜c6. 据え付け 玉外し作業＞	1	5.0	36.3
	2	3.0	
	③	0.0	
重要度		0.5	
＜c7. 据え付け位置合わせ作業＞	1	0.0	39.5
	2	0.0	
	③	0.0	
重要度		0.0	
＜c8. 海中部敷均作業＞	1	0.0	50.2
	2	0.0	
	3	0.0	
重要度		0.0	
＜c9. 積み込み クレーン操縦作業＞	1	6.0	20.5
	2	3.6	
	③	0.0	
重要度		0.6	
＜c10. 据え付け クレーン操縦作業＞	1	8.0	43.8
	②	4.8	
	3	0.0	
重要度		0.8	
＜c11. 積み込み トレーラー運転作業＞	①	3.0	4.4
	2	1.8	
	3	0.0	
重要度		0.3	
＜c12. 操船作業＞	1	6.0	10.7
	2	3.6	
	③	0.0	
重要度		0.6	

表－9.3.5.1－5　c．離岸堤工の Ⅰ．苦渋度評価モデル（その5）

c．離岸堤工 Ⅰ．苦渋度評価 (2) 環境要因	22 気温		海2 海水の温度		23 天候		24 風		海3 波の高さ		海4 潮の流れの速さ	
＜c1. 船のアンカー移動作業＞	1	3.0	1	0.0	1	2.0	1	4.0	1	2.0	1	0.0
	2	1.5	2	0.0	2	1.4	2	1.6	2	1.4	2	0.0
	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0
重要度		0.3		0.0		0.2		0.4		0.2		0.0
＜c2. 船の接岸・離岸補助作業＞	1	3.0	1	0.0	1	2.0	1	4.0	1	2.0	1	0.0
	2	1.5	2	0.0	2	1.4	2	1.6	2	1.4	2	0.0
	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0
重要度		0.3		0.0		0.2		0.4		0.2		0.0
＜c3. 潜水夫の海中・海面移動作業＞	1	1.0	1	6.0	1	1.0	1	1.0	1	3.0	1	3.0
	2	0.5	2	0.6	2	0.7	2	0.4	2	2.1	2	0.6
	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0
重要度		0.1		0.6		0.1		0.1		0.3		0.3
＜c4. ブロック上での作業員の移動作業＞	1	1.0	1	0.0	1	1.0	1	1.0	1	0.0	1	0.0
	2	0.5	2	0.0	2	0.7	2	0.4	2	0.0	2	0.0
	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0
重要度		0.1		0.0		0.1		0.1		0.0		0.0
＜c5. 玉掛け作業＞ （積み込み 玉外し作業を含む＞	1	3.0	1	0.0	1	2.0	1	4.0	1	0.0	1	0.0
	2	1.5	2	0.0	2	1.4	2	1.6	2	0.0	2	0.0
	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0
重要度		0.3		0.0		0.2		0.4		0.0		0.0
＜c6. 据え付け 玉外し作業＞	1	5.0	1	6.0	1	2.0	1	4.0	1	8.0	1	8.0
	2	2.5	2	0.6	2	1.4	2	1.6	2	5.6	2	1.6
	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0
重要度		0.5		0.6		0.2		0.4		0.8		0.8
＜c7. 据え付け位置合わせ作業＞	1	5.0	1	6.0	1	2.0	1	3.0	1	8.0	1	8.0
	2	2.5	2	0.6	2	1.4	2	1.2	2	5.6	2	1.6
	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0
重要度		0.5		0.6		0.2		0.3		0.8		0.8
＜c8. 海中部敷均作業＞	1	0.0	1	6.0	1	0.0	1	3.0	1	8.0	1	8.0
	2	0.0	2	0.6	2	0.0	2	1.2	2	5.6	2	1.6
	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0
重要度		0.0		0.6		0.0		0.3		0.8		0.8
＜c9. 積み込み クレーン操縦作業＞	1	1.0	1	0.0	1	2.0	1	1.0	1	0.0	1	0.0
	2	0.5	2	0.0	2	1.4	2	0.4	2	0.0	2	0.0
	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0
重要度		0.1		0.0		0.2		0.1		0.0		0.0
＜c10. 据え付け クレーン操縦作業＞	1	1.0	1	0.0	1	2.0	1	1.0	1	3.0	1	0.0
	2	0.5	2	0.0	2	1.4	2	0.4	2	2.1	2	0.0
	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0
重要度		0.1		0.0		0.2		0.1		0.3		0.0
＜c11. 積み込み トレーラー運転作業＞	1	1.0	1	0.0	1	2.0	1	1.0	1	0.0	1	0.0
	2	0.5	2	0.0	2	1.4	2	0.4	2	0.0	2	0.0
	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0
重要度		0.1		0.0		0.2		0.1		0.0		0.0
＜c12. 操船作業＞	1	1.0	1	0.0	1	2.0	1	3.0	1	4.0	1	2.0
	2	0.5	2	0.0	2	1.4	2	1.2	2	2.8	2	0.4
	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0
重要度		0.1		0.0		0.2		0.3		0.4		0.2

表－9.3.5.1－5　c．離岸堤工の Ⅰ．苦渋度評価モデル（その6）

c．離岸堤工 Ⅰ．苦渋度評価 (2) 環境要因	26 照明の明るさ（暗さ）		海5 海中での視認性の悪さ		28 要求作業量		海7 人力捨て石均し量		海8 敷均底の凹凸		29 要求精度	
＜c1. 船のアンカー移動作業＞	1	0.0	1	0.0	1	0.0	1	0.0	1	0.0	1	0.0
	2	0.0	2	0.0	2	0.0	2	0.0	2	0.0	2	0.0
	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0
重要度		0.0		0.0		0.0		0.0		0.0		0.0
＜c2. 船の接岸・離岸補助作業＞	1	0.0	1	0.0	1	0.0	1	0.0	1	0.0	1	0.0
	2	0.0	2	0.0	2	0.0	2	0.0	2	0.0	2	0.0
	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0
重要度		0.0		0.0		0.0		0.0		0.0		0.0
＜c3. 潜水夫の海中・海面移動作業＞	1	0.0	1	7.0	1	0.0	1	0.0	1	0.0	1	0.0
	2	0.0	2	1.4	2	0.0	2	0.0	2	0.0	2	0.0
	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0
重要度		0.0		0.7		0.0		0.0		0.0		0.0
＜c4. ブロック上での作業員の移動作業＞	1	0.0	1	0.0	1	0.0	1	0.0	1	0.0	1	0.0
	2	0.0	2	0.0	2	0.0	2	0.0	2	0.0	2	0.0
	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0
重要度		0.0		0.0		0.0		0.0		0.0		0.0
＜c5. 玉掛け作業＞ （積み込み 玉外し作業を含む）	1	0.0	1	0.0	1	5.0	1	0.0	1	0.0	1	0.0
	2	0.0	2	0.0	2	2.5	2	0.0	2	0.0	2	0.0
	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0
重要度		0.0		0.0		0.5		0.0		0.0		0.0
＜c6. 据え付け 玉外し作業＞	1	0.0	1	7.0	1	7.0	1	6.0	1	0.0	1	8.0
	2	0.0	2	1.4	2	3.5	2	2.4	2	0.0	2	7.2
	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0
重要度		0.0		0.7		0.7		0.6		0.0		0.8
＜c7. 据え付け位置合わせ作業＞	1	0.0	1	7.0	1	6.0	1	0.0	1	0.0	1	6.0
	2	0.0	2	1.4	2	3.0	2	0.0	2	0.0	2	5.4
	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0
重要度		0.0		0.7		0.6		0.0		0.0		0.6
＜c8. 海中部敷均作業＞	1	0.0	1	7.0	1	6.0	1	7.0	1	4.0	1	6.0
	2	0.0	2	1.4	2	3.0	2	2.8	2	2.0	2	5.4
	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0
重要度		0.0		0.7		0.6		0.7		0.4		0.6
＜c9. 積み込み クレーン操縦作業＞	1	0.0	1	0.0	1	5.0	1	0.0	1	0.0	1	0.0
	2	0.0	2	0.0	2	2.5	2	0.0	2	0.0	2	0.0
	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0
重要度		0.0		0.0		0.5		0.0		0.0		0.0
＜c10. 据え付け クレーン操縦作業＞	1	0.0	1	0.0	1	8.0	1	0.0	1	3.0	1	9.0
	2	0.0	2	0.0	2	4.0	2	0.0	2	1.5	2	8.1
	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0
重要度		0.0		0.0		0.8		0.0		0.3		0.9
＜c11. 積み込み トレーラー運転作業＞	1	0.0	1	0.0	1	2.0	1	0.0	1	0.0	1	0.0
	2	0.0	2	0.0	2	1.0	2	0.0	2	0.0	2	0.0
	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0
重要度		0.0		0.0		0.2		0.0		0.0		0.0
＜c12. 操船作業＞	1	0.0	1	0.0	1	3.0	1	0.0	1	0.0	1	0.0
	2	0.0	2	0.0	2	1.5	2	0.0	2	0.0	2	0.0
	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0
重要度		0.0		0.0		0.3		0.0		0.0		0.0

表－9.3.5.1－5　c．離岸堤工の Ⅰ．苦渋度評価モデル（その7）

c．離岸堤工 Ⅰ．苦渋度評価 (2) 環境要因	海6 ブロックの据付形式		30 不慣れ作業・習熟不十分 クレーン		30 不慣れ作業・習熟不十分 玉外し		30 不慣れ作業・習熟不十分 玉掛け		30 不慣れ作業・習熟不十分 潜水夫		30 不慣れ作業・習熟不十分 位置合わせ	
＜c1. 船のアンカー移動作業＞	1	0.0	1	0.0	1	0.0	1	0.0	1	0.0	1	0.0
	2	0.0	2	0.0	2	0.0	2	0.0	2	0.0	2	0.0
	3	—	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0
重要度		0.0		0.0		0.0		0.0		0.0		0.0
＜c2. 船の接岸・離岸補助作業＞	1	0.0	1	0.0	1	0.0	1	0.0	1	0.0	1	0.0
	2	0.0	2	0.0	2	0.0	2	0.0	2	0.0	2	0.0
	3	—	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0
重要度		0.0		0.0		0.0		0.0		0.0		0.0
＜c3. 潜水夫の海中・海面移動作業＞	1	0.0	1	0.0	1	0.0	1	0.0	1	0.0	1	0.0
	2	0.0	2	0.0	2	0.0	2	0.0	2	0.0	2	0.0
	3	—	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0
重要度		0.0		0.0		0.0		0.0		0.0		0.0
＜c4. ブロック上での作業員の移動作業＞	1	0.0	1	0.0	1	0.0	1	0.0	1	0.0	1	0.0
	2	0.0	2	0.0	2	0.0	2	0.0	2	0.0	2	0.0
	3	—	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0
重要度		0.0		0.0		0.0		0.0		0.0		0.0
＜c5. 玉掛け作業＞ （積み込み 玉外し作業を含む）	1	0.0	1	0.0	1	0.0	1	5.0	1	0.0	1	0.0
	2	0.0	2	0.0	2	0.0	2	2.5	2	0.0	2	0.0
	3	—	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0
重要度		0.0		0.0		0.0		0.5		0.0		0.0
＜c6. 据え付け 玉外し作業＞	1	6.0	1	0.0	1	8.0	1	0.0	1	0.0	1	0.0
	2	1.2	2	0.0	2	4.0	2	0.0	2	0.0	2	0.0
	3	—	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0
重要度		0.6		0.0		0.8		0.0		0.0		0.0
＜c7. 据え付け位置合わせ作業＞	1	6.0	1	0.0	1	0.0	1	0.0	1	0.0	1	9.0
	2	1.2	2	0.0	2	0.0	2	0.0	2	0.0	2	4.5
	3	—	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0
重要度		0.6		0.0		0.0		0.0		0.0		0.9
＜c8. 海中部敷均作業＞	1	5.0	1	0.0	1	0.0	1	0.0	1	9.0	1	0.0
	2	1.0	2	0.0	2	0.0	2	0.0	2	4.5	2	0.0
	3	—	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0
重要度		0.5		0.0		0.0		0.0		0.9		0.0
＜c9. 積み込み クレーン操縦作業＞	1	0.0	1	6.0	1	0.0	1	0.0	1	0.0	1	0.0
	2	0.0	2	3.0	2	0.0	2	0.0	2	0.0	2	0.0
	3	—	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0
重要度		0.0		0.6		0.0		0.0		0.0		0.0
＜c10. 据え付け クレーン操縦作業＞	1	8.0	1	9.0	1	0.0	1	0.0	1	0.0	1	0.0
	2	1.6	2	4.5	2	0.0	2	0.0	2	0.0	2	0.0
	3	—	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0
重要度		0.8		0.9		0.0		0.0		0.0		0.0
＜c11. 積み込み トレーラー運転作業＞	1	0.0	1	0.0	1	0.0	1	0.0	1	0.0	1	0.0
	2	0.0	2	0.0	2	0.0	2	0.0	2	0.0	2	0.0
	3	—	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0
重要度		0.0		0.0		0.0		0.0		0.0		0.0
＜c12. 操船作業＞	1	0.0	1	0.0	1	0.0	1	0.0	1	0.0	1	0.0
	2	0.0	2	0.0	2	0.0	2	0.0	2	0.0	2	0.0
	3	—	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0
重要度		0.0		0.0		0.0		0.0		0.0		0.0

表－9.3.5.1－5　c. 離岸堤工の I. 苦渋度評価モデル（その8）

c. 離岸堤工 I. 苦渋度評価 (2) 環境要因		31 現場への不慣れ		37 機械と作業者の近接		38 肉体・精神疲労
<c1. 船のアンカー移動作業>	1	0.0	1	2.0	1	5.0
	2	0.0	2	0.4	2	2.5
	3	0.0	3	0.0	3	0.0
重要度		0.0		0.2		0.5
<c2. 船の接岸・離岸補助作業>	1	2.0	1	0.0	1	5.0
	2	0.4	2	0.0	2	2.5
	3	0.0	3	0.0	3	0.0
重要度		0.2		0.0		0.5
<c3. 潜水夫の海中・海面移動作業>	1	2.0	1	0.0	1	2.0
	2	0.4	2	0.0	2	1.0
	3	0.0	3	0.0	3	0.0
重要度		0.2		0.0		0.2
<c4. ブロック上での作業員の移動作業>	1	2.0	1	0.0	1	2.0
	2	0.4	2	0.0	2	1.0
	3	0.0	3	0.0	3	0.0
重要度		0.2		0.0		0.2
<c5. 玉掛け作業> (積み込み 玉外し作業を含む)	1	5.0	1	3.0	1	5.0
	2	1.0	2	0.6	2	2.5
	3	0.0	3	0.0	3	0.0
重要度		0.5		0.3		0.5
<c6. 据え付け 玉外し作業>	1	6.0	1	5.0	1	7.0
	2	1.2	2	1.0	2	3.5
	3	0.0	3	0.0	3	0.0
重要度		0.6		0.5		0.7
<c7. 据え付け位置合わせ作業>	1	6.0	1	5.0	1	7.0
	2	1.2	2	1.0	2	3.5
	3	0.0	3	0.0	3	0.0
重要度		0.6		0.5		0.7
<c8. 海中部敷均作業>	1	6.0	1	5.0	1	7.0
	2	1.2	2	1.0	2	3.5
	3	0.0	3	0.0	3	0.0
重要度		0.6		0.5		0.7
<c9. 積み込み クレーン操縦作業>	1	5.0	1	5.0	1	5.0
	2	1.9	2	1.0	2	2.5
	3	0.0	3	0.0	3	0.0
重要度		0.5		0.5		0.5
<c10. 据え付け クレーン操縦作業>	1	7.0	1	7.0	1	7.0
	2	1.4	2	1.4	2	3.5
	3	0.0	3	0.0	3	0.0
重要度		0.7		0.7		0.7
<c11. 積み込み トレーラー運転作業>	1	3.0	1	0.0	1	2.0
	2	0.6	2	0.0	2	1.0
	3	0.0	3	0.0	3	0.0
重要度		0.3		0.0		0.2
<c12. 操船作業>	1	5.0	1	0.0	1	5.0
	2	1.0	2	0.0	2	2.5
	3	0.0	3	0.0	3	0.0
重要度		0.5		0.0		0.5

表－9.3.5.1－6　c．離岸堤工のⅡ．危険度評価モデル（その1）

c．離岸堤工 Ⅱ．危険度評価 (1) 作業要因	3 神経作業		5 不安定な足場での作業		6 転落の可能性		7 海中作業		12 騒音		14 遠隔でのコミュニケーション	
＜c1．船のアンカー移動作業＞	1	3.0	1	4.0	1	4.0	1	0.0	1	1.0	1	3.0
	②	0.9	2	2.0	②	2.0	②	0.0	②	0.5	②	1.5
	3	0.0	③	0.0	3	0.0	3	—	3	0.0	3	0.0
重要度		0.3		0.4		0.4		0.0		0.1		0.3
＜c2．船の接岸・離岸補助作業＞	1	3.0	1	4.0	1	4.0	1	0.0	1	1.0	1	3.0
	②	0.9	2	2.0	②	2.0	②	0.0	2	0.5	②	1.5
	3	0.0	③	0.0	3	0.0	3	—	③	0.0	3	0.0
重要度		0.3		0.4		0.4		0.0		0.1		0.3
＜c3．潜水夫の海中・海面移動作業＞	1	2.0	1	5.0	1	0.0	①	9.0	1	1.0	①	7.0
	②	0.6	②	2.5	2	0.0	2	6.3	2	0.5	2	3.5
	3	0.0	3	0.0	③	0.0	3	—	③	0.0	3	0.0
重要度		0.2		0.5		0.0		0.9		0.1		0.7
＜c4．ブロック上での作業員の移動作業＞	1	2.0	1	4.0	1	7.0	1	0.0	1	1.0	1	2.0
	②	0.6	②	2.0	②	3.5	②	0.0	2	0.5	②	1.0
	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	—	③	0.0	3	0.0
重要度		0.2		0.4		0.7		0.0		0.1		0.2
＜c5．玉掛け作業＞ （積み込み 玉外し作業を含む）	1	5.0	1	2.0	1	2.0	1	9.0	1	2.0	1	6.0
	②	1.5	2	1.0	2	1.0	②	6.3	2	1.0	②	3.0
	3	0.0	③	0.0	③	0.0	3	—	③	0.0	3	0.0
重要度		0.5		0.2		0.2		0.9		0.2		0.6
＜c6．据え付け 玉外し作業＞	1	7.0	①	7.0	1	7.0	1	9.0	1	1.0	1	8.0
	②	2.1	2	3.5	②	3.5	②	6.3	2	0.5	②	4.0
	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	—	③	0.0	3	0.0
重要度		0.7		0.7		0.7		0.9		0.1		0.8
＜c7．据え付け位置合わせ作業＞	①	7.0	①	7.0	1	7.0	1	9.0	1	1.0	1	8.0
	2	2.1	2	3.5	②	3.5	②	6.3	2	0.5	②	4.0
	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	—	③	0.0	3	0.0
重要度		0.7		0.7		0.7		0.9		0.1		0.8
＜c8．海中部敷均作業＞	①	7.0	1	7.0	1	0.0	①	9.0	1	1.0	①	8.0
	2	2.1	②	3.5	2	0.0	2	6.3	2	0.5	2	4.0
	3	0.0	3	0.0	③	0.0	3	—	③	0.0	3	0.0
重要度		0.7		0.7		0.0		0.9		0.1		0.8
＜c9．積み込み クレーン操縦作業＞	1	7.0	1	0.0	1	0.0	1	0.0	①	3.0	1	3.0
	②	2.1	2	0.0	2	0.0	②	0.0	2	1.5	②	1.5
	3	0.0	③	0.0	③	0.0	3	—	3	0.0	3	0.0
重要度		0.7		0.0		0.0		0.0		0.3		0.3
＜c10．据え付け クレーン操縦作業＞	①	9.0	1	0.0	1	0.0	1	0.0	①	5.0	①	0.0
	2	2.7	2	0.0	2	0.0	②	0.0	2	2.5	2	0.0
	3	0.0	③	0.0	③	0.0	3	—	3	0.0	3	0.0
重要度		0.9		0.0		0.0		0.0		0.5		0.0
＜c11．積み込み トレーラー運転作業＞	1	2.0	1	0.0	1	0.0	1	0.0	1	3.0	1	2.0
	2	0.6	2	0.0	2	0.0	②	0.0	②	1.5	2	1.0
	③	0.0	③	0.0	③	0.0	3	—	3	0.0	③	0.0
重要度		0.2		0.0		0.0		0.0		0.3		0.2
＜c12．操船作業＞	1	3.0	1	1.0	1	1.0	1	0.0	1	2.0	1	2.0
	②	0.9	2	0.5	2	0.5	②	0.0	②	1.0	2	1.0
	3	0.0	③	0.0	③	0.0	3	—	3	0.0	③	0.0
重要度		0.3		0.1		0.1		0.0		0.2		0.2

表－9.3.5.1－6　c. 離岸堤工の II. 危険度評価モデル（その2）

c. 離岸堤工 II. 危険度評価 (1) 作業要因	15 使用建設機械の死角		16 使用機材のエネルギー接触		17 重量物の取り付け・取り外し		18 使用機材の操作の複雑さ		海1 潜水方式		19 使用機材の操作不統一	
＜c1. 船のアンカー移動作業＞	1	0.0	1	0.0	1	0.0	1	0.0	1	0.0	1	0.0
	2	0.0	②	0.0	2	0.0	②	0.0	2	0.0	②	0.0
	③	0.0	3	0.0	③	0.0	3	0.0	3	—	3	0.0
重要度		0.0		0.0		0.0		0.0		0.0		0.0
＜c2. 船の接岸・離岸補助作業＞	1	5.0	1	2.0	1	0.0	1	1.0	1	0.0	1	2.0
	2	2.5	2	1.0	2	0.0	2	0.5	2	0.0	2	0.2
	③	0.0	③	0.0	③	0.0	③	0.0	3	—	③	0.0
重要度		0.5		0.2		0.0		0.1		0.0		0.2
＜c3. 潜水夫の海中・海面移動作業＞	1	0.0	1	0.0	1	0.0	1	0.0	①	9.0	1	0.0
	2	0.0	2	0.0	2	0.0	②	0.0	2	1.8	2	0.0
	③	0.0	③	0.0	③	0.0	3	0.0	3	—	③	0.0
重要度		0.0		0.0		0.0		0.0		0.9		0.0
＜c4. ブロック上での作業員の移動作業＞	1	0.0	1	0.0	1	0.0	1	0.0	1	0.0	1	0.0
	2	0.0	2	0.0	2	0.0	2	0.0	2	0.0	2	0.0
	③	0.0	③	0.0	③	0.0	③	0.0	3	—	③	0.0
重要度		0.0		0.0		0.0		0.0		0.0		0.0
＜c5. 玉掛け作業＞（積み込み 玉外し作業を含む）	1	0.0	1	0.0	①	5.0	1	1.0	1	0.0	1	0.0
	2	0.0	2	0.0	2	4.5	2	0.5	2	0.0	2	0.0
	③	0.0	③	0.0	3	0.0	③	0.0	3	—	③	0.0
重要度		0.0		0.0		0.5		0.1		0.0		0.0
＜c6. 据え付け 玉外し作業＞	1	0.0	1	1.0	①	7.0	1	1.0	①	7.0	1	0.0
	2	0.0	2	0.5	2	6.3	2	0.5	2	1.4	②	0.0
	③	0.0	③	0.0	3	0.0	③	0.0	3	—	3	0.0
重要度		0.0		0.1		0.7		0.1		0.7		0.0
＜c7. 据え付け位置合わせ作業＞	1	0.0	1	1.0	①	7.0	1	1.0	①	7.0	1	0.0
	2	0.0	2	0.5	2	6.3	2	0.5	2	1.4	2	0.0
	③	0.0	③	0.0	3	0.0	③	0.0	3	—	③	0.0
重要度		0.0		0.1		0.7		0.1		0.7		0.0
＜c8. 海中部敷均作業＞	1	0.0	1	1.0	①	5.0	1	1.0	①	7.0	1	9.0
	2	0.0	2	0.5	2	4.5	2	0.5	2	1.4	2	0.9
	③	0.0	③	0.0	3	0.0	③	0.0	3	—	③	0.0
重要度		0.0		0.1		0.5		0.1		0.7		0.9
＜c9. 積み込み クレーン操縦作業＞	1	5.0	1	4.0	1	0.0	①	5.0	1	0.0	1	8.0
	②	2.5	2	2.0	2	0.0	2	2.5	2	0.0	2	0.8
	3	0.0	③	0.0	③	0.0	3	0.0	3	—	③	0.0
重要度		0.5		0.4		0.0		0.5		0.0		0.8
＜c10. 据え付け クレーン操縦作業＞	①	0.0	1	0.0	1	0.0	①	6.0	1	0.0	1	9.0
	2	0.0	2	0.0	2	0.0	2	3.0	2	0.0	2	0.9
	3	0.0	③	0.0	③	0.0	3	0.0	3	—	③	0.0
重要度		0.0		0.0		0.0		0.6		0.0		0.9
＜c11. 積み込み トレーラー運転作業＞	1	3.0	1	0.0	1	0.0	1	3.0	1	0.0	1	3.0
	②	1.5	2	0.0	2	0.0	2	1.5	2	0.0	2	0.3
	3	0.0	③	0.0	③	0.0	③	0.0	3	—	③	0.0
重要度		0.3		0.0		0.0		0.3		0.0		0.3
＜c12. 操船作業＞	1	1.0	1	0.0	1	0.0	1	2.0	1	0.0	1	3.0
	②	0.5	2	0.0	2	0.0	2	1.0	2	0.0	2	0.3
	3	0.0	③	0.0	③	0.0	③	0.0	3	—	③	0.0
重要度		0.1		0.0		0.0		0.2		0.0		0.3

表－9.3.5.1－6

c．離岸堤工の Ⅱ．危険度評価モデル（その3）

c．離岸堤工 Ⅱ．危険度評価 (1) 作業要因	21 使用建設機械の作業スペース		危険度 基礎合計点
＜c1. 船のアンカー移動作業＞	1	0.0	4.9
	2	0.0	
	③	0.0	
重要度		0.0	
＜c2. 船の接岸・離岸補助作業＞	1	0.0	4.4
	2	0.0	
	③	0.0	
重要度		0.0	
＜c3. 潜水夫の海中・海面移動作業＞	1	0.0	28.1
	2	0.0	
	③	0.0	
重要度		0.0	
＜c4. ブロック上での作業員の移動作業＞	1	0.0	7.1
	2	0.0	
	③	0.0	
重要度		0.0	
＜c5. 玉掛け作業＞ （積み込み 玉外し作業を含む）	1	3.0	9.5
	2	1.8	
	③	0.0	
重要度		0.3	
＜c6. 据え付け 玉外し作業＞	1	9.0	30.6
	2	5.4	
	③	0.0	
重要度		0.9	
＜c7. 据え付け位置合わせ作業＞	1	9.0	35.5
	2	5.4	
	③	0.0	
重要度		0.9	
＜c8. 海中部敷均作業＞	1	8.0	39.5
	2	4.8	
	③	0.0	
重要度		0.8	
＜c9. 積み込み クレーン操縦作業＞	1	8.0	18.9
	②	4.8	
	3	0.0	
重要度		0.8	
＜c10. 据え付け クレーン操縦作業＞	①	9.0	29.0
	2	5.4	
	3	0.0	
重要度		0.9	
＜c11. 積み込み トレーラー運転作業＞	1	5.0	3.0
	2	3.0	
	③	0.0	
重要度		0.5	
＜c12. 操船作業＞	1	4.0	2.4
	2	2.4	
	③	0.0	
重要度		0.4	

表－9.3.5.1－6　c．離岸堤工の Ⅱ．危険度評価モデル（その4）

c．離岸堤工 Ⅱ．危険度評価 (2) 環境要因		23 天候		24 風		海3 波の高さ		海4 潮の流れの速さ		26 照明の明るさ(暗さ)		海5 海中での視認性の悪さ
＜c1. 船のアンカー移動作業＞	1	1	1	2	1	3	1	0.0	1	0.0	1	0.0
	2	0.7	2	0.8	2	2.1	2	0.0	2	0.0	2	0.0
	3	0	3	0	3	0	3	0.0	3	0.0	3	0.0
重要度		0.1		0.2		0.3		0.0				0.0
＜c2. 船の接岸・離岸補助作業＞	1	4	1	3	1	2	1	0.0	1	0.0	1	0.0
	2	2.8	2	1.2	2	1.4	2	0.0	2	0.0	2	0.0
	3	0	3	0	3	0	3	0.0	3	0.0	3	0.0
重要度		0.4		0.3		0.2		0.0				0.0
＜c3. 潜水夫の海中・海面移動作業＞	1	8	1	8	1	9	1	9.0	1	0.0	1	9.0
	2	5.6	2	3.2	2	6.3	2	1.8	2	0.0	2	1.8
	3	0	3	0	3	0	3	0.0	3	0.0	3	0.0
重要度		0.8		0.8		0.9		0.9				0.9
＜c4. ブロック上での作業員の移動作業＞	1	6	1	3	1	0	1	0.0	1	0.0	1	0.0
	2	4.2	2	1.2	2	0	2	0.0	2	0.0	2	0.0
	3	0	3	0	3	0	3	0.0	3	0.0	3	0.0
重要度		0.6		0.3		0		0.0				0.0
＜c5. 玉掛け作業＞ (積み込み 玉外し作業を含む)	1	1	1	2	1	0	1	0.0	1	0.0	1	0.0
	2	0.7	2	0.8	2	0	2	0.0	2	0.0	2	0.0
	3	0	3	0	3	0	3	0.0	3	0.0	3	0.0
重要度		0.1		0.2		0		0.0				0.0
＜c6. 据え付け 玉外し作業＞	1	8	1	8	1	9	1	9.0	1	0.0	1	9.0
	2	5.6	2	3.2	2	6.3	2	1.8	2	0.0	2	1.8
	3	0	3	0	3	0	3	0.0	3	0.0	3	0.0
重要度		0.8		0.8		0.9		0.9				0.9
＜c7. 据え付け位置合わせ作業＞	1	8	1	8	1	9	1	9.0	1	0.0	1	9.0
	2	5.6	2	3.2	2	6.3	2	1.8	2	0.0	2	1.8
	3	0	3	0	3	0	3	0.0	3	0.0	3	0.0
重要度		0.8		0.8		0.9		0.9				0.9
＜c8. 海中部敷均作業＞	1	8	1	8	1	9	1	9.0	1	0.0	1	9.0
	2	5.6	2	3.2	2	6.3	2	1.8	2	0.0	2	1.8
	3	0	3	0	3	0	3	0.0	3	0.0	3	0.0
重要度		0.8		0.8		0.9		0.9				0.9
＜c9. 積み込み クレーン操縦作業＞	1	2	1	9	1	0	1	0.0	1	0.0	1	0.0
	2	1.4	2	3.6	2	0	2	0.0	2	0.0	2	0.0
	3	0	3	0	3	0	3	0.0	3	0.0	3	0.0
重要度		0.2		0.9		0		0.0				0.0
＜c10. 据え付け クレーン操縦作業＞	1	6	1	8	1	4	1	0.0	1	0.0	1	0.0
	2	4.2	2	3.2	2	2.8	2	0.0	2	0.0	2	0.0
	3	0	3	0	3	0	3	0.0	3	0.0	3	0.0
重要度		0.6		0.8		0.4		0.0				0.0
＜c11. 積み込み トレーラー運転作業＞	1	2	1	4	1	0	1	0.0	1	0.0	1	0.0
	2	1.4	2	1.6	2	0	2	0.0	2	0.0	2	0.0
	3	0	3	0	3	0	3	0.0	3	0.0	3	0.0
重要度		0.2		0.4		0		0.0				0.0
＜c12. 操船作業＞	1	5	1	4	1	3	1	0.0	1	0.0	1	0.0
	2	3.5	2	1.6	2	2.1	2	0.0	2	0.0	2	0.0
	3	0	3	0	3	0	3	0.0	3	0.0	3	0.0
重要度		0.5		0.4		0.3		0.0				0.0

表－9.3.5.1－6　c. 離岸堤工の Ⅱ. 危険度評価モデル（その5）

c. 離岸堤工 Ⅱ. 危険度評価 (2) 環境要因	28 要求作業量		海7 人力捨て石均し量		海8 敷均し底の凹凸		29 要求精度		海6 ブロックの据付形式		30 不慣れ作業・習熟不十分クレーン	
＜c1. 船のアンカー移動作業＞	1	0.0	1	0.0	1	0.0	1	0.0	1	0.0	1	0.0
	2	0.0	2	0.0	2	0.0	2	0.0	2	0.0	2	0.0
	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	—	3	0.0
重要度				0.0		0.0		0.0		0.0		0.0
＜c2. 船の接岸・離岸補助作業＞	1	0.0	1	0.0	1	0.0	1	0.0	1	0.0	1	2.0
	2	0.0	2	0.0	2	0.0	2	0.0	2	0.0	2	1.0
	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	—	3	0.0
重要度				0.0		0.0		0.0		0.0		0.2
＜c3. 潜水夫の海中・海面移動作業＞	1	0.0	1	0.0	1	0.0	1	0.0	1	0.0	1	0.0
	2	0.0	2	0.0	2	0.0	2	0.0	2	0.0	2	0.0
	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	—	3	0.0
重要度				0.0		0.0		0.0		0.0		0.0
＜c4. ブロック上での作業員の移動作業＞	1	0.0	1	0.0	1	0.0	1	0.0	1	3.0	1	0.0
	2	0.0	2	0.0	2	0.0	2	0.0	2	0.6	2	0.0
	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	—	3	0.0
重要度				0.0		0.0		0.0		0.3		0.0
＜c5. 玉掛け作業＞ （積み込み 玉外し作業を含む）	1	0.0	1	0.0	1	0.0	1	0.0	1	0.0	1	2.0
	2	0.0	2	0.0	2	0.0	2	0.0	2	0.0	2	1.0
	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	—	3	0.0
重要度				0.0		0.0		0.0		0.0		0.2
＜c6. 据え付け 玉外し作業＞	1	0.0	1	0.0	1	0.0	1	0.0	1	7.0	1	3.0
	2	0.0	2	0.0	2	0.0	2	0.0	2	1.4	2	1.5
	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	—	3	0.0
重要度				0.0		0.0		0.0		0.7		0.3
＜c7. 据え付け位置合わせ作業＞	1	0.0	1	0.0	1	0.0	1	0.0	1	7.0	1	3.0
	2	0.0	2	0.0	2	0.0	2	0.0	2	1.4	2	1.5
	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	—	3	0.0
重要度				0.0		0.0		0.0		0.7		0.3
＜c8. 海中部敷均作業＞	1	0.0	1	3.0	1	3.0	1	0.0	1	7.0	1	3.0
	2	0.0	2	1.5	2	1.5	2	0.0	2	1.4	2	1.5
	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	—	3	0.0
重要度				0.3		0.3		0.0		0.7		0.3
＜c9. 積み込み クレーン操縦作業＞	1	0.0	1	0.0	1	0.0	1	0.0	1	0.0	1	8.0
	2	0.0	2	0.0	2	0.0	2	0.0	2	0.0	2	4.0
	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	—	3	0.0
重要度				0.0		0.0		0.0		0.0		0.8
＜c10. 据え付け クレーン操縦作業＞	1	0.0	1	0.0	1	0.0	1	0.0	1	2.0	1	9.0
	2	0.0	2	0.0	2	0.0	2	0.0	2	0.4	2	4.5
	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	—	3	0.0
重要度				0.0		0.0		0.0		0.2		0.9
＜c11. 積み込み トレーラー運転作業＞	1	0.0	1	0.0	1	0.0	1	0.0	1	0.0	1	0.0
	2	0.0	2	0.0	2	0.0	2	0.0	2	0.0	2	0.0
	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	—	3	0.0
重要度				0.0		0.0		0.0		0.0		0.0
＜c12. 操船作業＞	1	0.0	1	0.0	1	0.0	1	0.0	1	0.0	1	0.0
	2	0.0	2	0.0	2	0.0	2	0.0	2	0.0	2	0.0
	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	0.0	3	—	3	0.0
重要度				0.0		0.0		0.0		0.0		0.0

表－9.3.5.1－6　c. 離岸堤工の Ⅱ. 危険度評価モデル（その6）

c. 離岸堤工 Ⅱ. 危険度評価 (2) 環境要因	30 不慣れ作業・習熟不十分 玉外し	30 不慣れ作業・習熟不十分 玉掛け	30 不慣れ作業・習熟不十分 潜水夫	30 不慣れ作業・習熟不十分 位置合わせ	31 現場への不慣れ	37 機械と作業者の近接
＜c1. 船のアンカー移動作業＞	1 0.0 2 0.0 3 0.0	1 0.0 2 0.0 3 0.0	1 0.0 2 0.0 3 0.0	1 0.0 2 0.0 3 0.0	1 5.0 2 1.0 3 0.0	1 4.0 2 0.8 3 0.0
重要度	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.4
＜c2. 船の接岸・離岸補助作業＞	1 0.0 2 0.0 3 0.0	1 0.0 2 0.0 3 0.0	1 0.0 2 0.0 3 0.0	1 0.0 2 0.0 3 0.0	1 3.0 2 0.6 3 0.0	1 2.0 2 0.4 3 0.0
重要度	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.2
＜c3. 潜水夫の海中・海面移動作業＞	1 0.0 2 0.0 3 0.0	1 0.0 2 0.0 3 0.0	1 9.0 2 4.5 3 0.0	1 0.0 2 0.0 3 0.0	1 7.0 2 1.4 3 0.0	1 0.0 2 0.0 3 0.0
重要度	0.0	0.0	0.9	0.0	0.7	0.0
＜c4. ブロック上での作業員の移動作業＞	1 0.0 2 0.0 3 0.0	1 0.0 2 0.0 3 0.0	1 0.0 2 0.0 3 0.0	1 0.0 2 0.0 3 0.0	1 7.0 2 1.4 3 0.0	1 0.0 2 0.0 3 0.0
重要度	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	0.0
＜c5. 玉掛け作業＞ （積み込み 玉外し作業を含む）	1 7.0 2 3.5 3 0.0	1 7.0 2 3.5 3 0.0	1 0.0 2 0.0 3 0.0	1 0.0 2 0.0 3 0.0	1 3.0 2 0.6 3 0.0	1 2.0 2 0.4 3 0.0
重要度	0.7	0.7	0.0	0.0	0.3	0.2
＜c6. 据え付け 玉外し作業＞	1 9.0 2 4.5 3 0.0	1 0.0 2 0.0 3 0.0	1 9.0 2 4.5 3 0.0	1 0.0 2 0.0 3 0.0	1 7.0 2 1.4 3 0.0	1 0.0 2 0.0 3 0.0
重要度	0.9	0.0	0.9	0.0	0.7	0.0
＜c7. 据え付け位置合わせ作業＞	1 0.0 2 0.0 3 0.0	1 0.0 2 0.0 3 0.0	1 9.0 2 4.5 3 0.0	1 9.0 2 4.5 3 0.0	1 7.0 2 1.4 3 0.0	1 0.0 2 0.0 3 0.0
重要度	0.0	0.0	0.9	0.9	0.7	0.0
＜c8. 海中部敷均作業＞	1 0.0 2 0.0 3 0.0	1 0.0 2 0.0 3 0.0	1 9.0 2 4.5 3 0.0	1 0.0 2 0.0 3 0.0	1 7.0 2 1.4 3 0.0	1 0.0 2 0.0 3 0.0
重要度	0.0	0.0	0.9	0.0	0.7	0.0
＜c9. 積み込み クレーン操縦作業＞	1 0.0 2 0.0 3 0.0	1 0.0 2 0.0 3 0.0	1 0.0 2 0.0 3 0.0	1 0.0 2 0.0 3 0.0	1 3.0 2 0.6 3 0.0	1 4.0 2 0.8 3 0.0
重要度	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.4
＜c10. 据え付け クレーン操縦作業＞	1 0.0 2 0.0 3 0.0	1 0.0 2 0.0 3 0.0	1 0.0 2 0.0 3 0.0	1 0.0 2 0.0 3 0.0	1 9.0 2 1.8 3 0.0	1 6.0 2 1.2 3 0.0
重要度	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9	0.6
＜c11. 積み込み トレーラー運転作業＞	1 0.0 2 0.0 3 0.0	1 0.0 2 0.0 3 0.0	1 0.0 2 0.0 3 0.0	1 0.0 2 0.0 3 0.0	1 5.0 2 1.0 3 0.0	1 0.0 2 0.0 3 0.0
重要度	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0
＜c12. 操船作業＞	1 0.0 2 0.0 3 0.0	1 0.0 2 0.0 3 0.0	1 0.0 2 0.0 3 0.0	1 0.0 2 0.0 3 0.0	1 4.0 2 0.8 3 0.0	1 0.0 2 0.0 3 0.0
重要度	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	0.0

表－9.3.5.1－6
c. 離岸堤工の Ⅱ.危険度評価モデル（その7）

c．離岸堤工 Ⅱ．危険度評価 (2) 環境要因		38 肉体・精神疲労
＜c1. 船のアンカー移動作業＞	1	3.0
	2	1.5
	3	0.0
重要度		0.3
＜c2. 船の接岸・離岸補助作業＞	1	5.0
	2	2.5
	3	0.0
重要度		0.5
＜c3. 潜水夫の海中・海面移動作業＞	1	9.0
	2	4.5
	3	0.0
重要度		0.9
＜c4. ブロック上での作業員の移動作業＞	1	8.0
	2	4.0
	3	0.0
重要度		0.8
＜c5. 玉掛け作業＞ （積み込み 玉外し作業を含む）	1	5.0
	2	2.5
	3	0.0
重要度		0.5
＜c6. 据え付け 玉外し作業＞	1	9.0
	2	4.5
	3	0.0
重要度		0.9
＜c7. 据え付け位置合わせ作業＞	1	9.0
	2	4.5
	3	0.0
重要度		0.9
＜c8. 海中部敷均作業＞	1	9.0
	2	4.5
	3	0.0
重要度		0.9
＜c9. 積み込み クレーン操縦作業＞	1	6.0
	2	3.0
	3	0.0
重要度		0.6
＜c10. 据え付け クレーン操縦作業＞	1	9.0
	2	4.5
	3	0.0
重要度		0.9
＜c11. 積み込み トレーラー運転作業＞	1	3.0
	2	1.5
	3	0.0
重要度		0.3
＜c12. 操船作業＞	1	5.0
	2	2.5
	3	0.0
重要度		0.5

9.3.5.2　評価モデルの検証

昨年度の「苦渋性・安全性の評価手法に関する心理計測実験」では，作業者に直接，作業の苦渋度，危険度を10点満点（点数が高いほど，苦渋度，危険度共に高い）で申告させたデータを分析している。その結果の一つに「作業工程」の平均苦渋度，平均危険度が得られているので，これを本調査の「作業単位」の基礎苦渋度，基礎危険度と比較する。

	昨年度調査結果（苦渋度）		本年度調査結果（苦渋度）	
道　路	上層　スコップ作業	7.3	a 3　アスファルト敷均し補助	49.7
	取壊　ニブラ操縦	7.0	a 15　取り壊し建設機械	45.0
	上層　レーキ作業	6.8		
	掘削　油圧シャベル操縦	6.3	a 16　掘削建設機械	44.0
	取壊　ブレーカ操縦	5.4		
	下層　敷均し補助	5.0	a 2　敷均し補助作業	38.3
	上層　段差すり付け	5.0		
	下層　マカダムローラー	4.7	a 11　ローラー系建設機械	34.6
	上層　アスファルトフィニッシャー	4.6	a 14　アスファルトフィニッシャー操縦	35.5
	掘削　土砂の除去	2.7		
	上層　乳剤散布	2.0	a 8　乳剤散布	19.3
土　工	掘削　油圧シャベル	5.8	b 2　掘削盛土建設機械	38.9
	運搬　ダンプ操縦	5.3	b 4　車両運転	3.8
	法面均小型ブルドーザー	4.9		
	敷均　油圧シャベル	4.2		
離岸堤	据付　クレーン操縦	6.0	c 10　据え付けクレーン操縦	43.8
	据付　玉掛け	6.0	c 5　玉掛け作業	13.6
	積込　クレーン操縦	3.3	c 9　積み込みクレーン操縦	20.5
	据付　海面位置合わせ	3.0	c 7　据え付け位置合わせ	39.5
	据付　海上位置合わせ	2.0		

昨年度調査と本年度調査では評価対象とする作業が，作業工程レベルと作業単位で異なるため，単純な比較はできないが，少なくとも道路維持修繕工では両年の結果に類似した傾向が見られた。また工種横断的に最も苦渋性が高い作業を比較すると，苦渋度の大きさは妥当な数値に評価されており，本モデルが工種横断的に使用できる可能性も示唆された。

9.3.6　生産性の簡易評価

9.3.6.1　生産性の定義

生産性は一般的には，投入量に対する産出量の比として定義されている。なお，生産性は生産効率または生産効率と同一である。

生産性は生産の投入量と産出量の関係を表わしているため，両方の対象の選択の方法により，生産性の指標は異なる。

生産性における投入量としては，次の4つの種類がある。

表－9.3.6.1－1　生産性の評価指標

投入＼産出	物量表示	価値表示
労働	物的労働生産性 $=\frac{\text{生産量}}{\text{労働量}}$	価値労働生産性 $=\frac{\text{生産額}}{\text{労働量}}$
設備	物的設備生産性 $=\frac{\text{生産量}}{\text{設備}}$	価値設備生産性 $=\frac{\text{生産額}}{\text{設備}}$
原材料	物的原材料生産性 $=\frac{\text{生産量}}{\text{原材料}}$	価値原材料生産性 $=\frac{\text{生産額}}{\text{原材料}}$
労働＋設備＋原材料	物的総生産性 $=\frac{\text{生産量}}{\text{労働＋設備＋原材料}}$	価値総生産性 $=\frac{\text{生産額}}{\text{労働＋設備＋原材料}}$

① 労働

投入下労働者の数や工数など

② 設備

設備の稼働時間や台数など

③ 原材料

原材料の投入量など

④ 上記の量の総和

産出量としては，次の２つがある。

① 物的指標

掘削量，コンクリートの打設量など

産出量として物的指標を選択した場合の生産性を物的生産性という。物的生産性の異なる製品間での比較は難しい。

② 価値指標

産出量には一般的に，付加価値が利用される。

付加価値は企業が生産を通じて新しく産み出した価値であり，次の式で表現される。

付加価値＝売上金額－中間投入額（原料費＋燃料費＋動力費など）

＝賃金＋地代＋利潤＋利子＋税金

産出量として付加価値を選択した場合の生産性を付加価値生産性という。

表－9.3.6.1－2には，生産性を評価するための主要な指標を示す。

表－9.3.6.1－2　生産性の評価指標（例）

	評価指数	算出式	単位	特徴
価値生産性	付加価値労働生産性	付加価値額／労働力	円／人	－生産性向上による成果配分について，産業間，国際間，企業間で比較するのに適している。 －建設産業の場合は複雑に変化し，必ずしも技術進歩を反映しないことがある。
	施工労働生産性	施工高／全現場従事者の延べ労働時間	円／人・時間	－生産現場に直接関連するデータから評価する生産性を評価する尺度である。 －土木，建築別，工種別を分離しやすい。
	建設原単位	工事現場の延べ労働者人数／工事評価額 など	人日／100万円 など	－建設事業の円滑な推進を図るために，主要な建設資材や労働力について，需要原単位を把握し，将来の予測や，需給の安定化を推進するために調査される指標。 －3年毎に調査が行われる。 －建設工事のデフレータは，市場価格とは無関係に作成される部分がある。
物的生産性	物的労働生産性	施工量／所要労働量 施工量／日数など	施工量／人・時間 など	－経済的価値とは異なり，市場価格の影響を排除した評価ができる。 －土木の場合，工種や生産プロセスに適応した評価方法の確立が必要となる。
その他	総労働生産性	生産量（価値または物量） ／（労働者数×賃金＋減価償却＋原材料×単価）	施工単位／円	－生産に関わる諸要素についての寄与の度合いをみる指標である。 －工種，構造物，施工条件を明確に定義し算出する必要がある。

9.3.6.2　マクロ的な視点での生産性評価指標

1）価値生産性

(1)　付加価値労働生産性

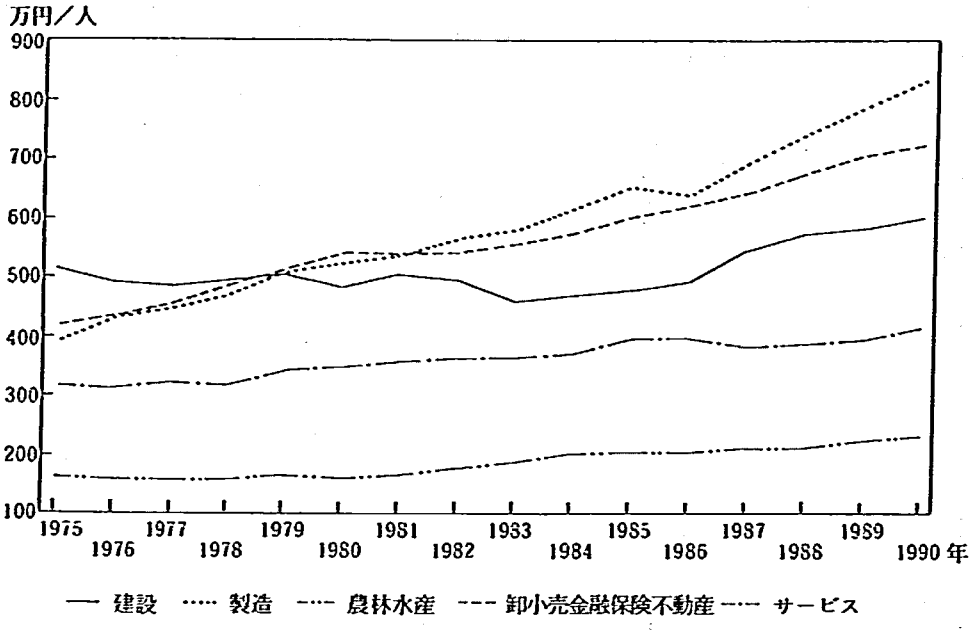
付加価値労働生産性の評価尺度は次の式で与えられる。

付加価値労働生産性＝付加価値（総生産額）÷就業者数）……（式9.3.6.2－1）

注）・付加価値額：産出額－中間投入額

・単位は円／人である

付加価値労働生産性は各時点での価値を利用する場合（名目値）と，基準年度の価値に実質化する場合（実質値）がある。



図－9.3.6.2－1　建設業の実質付加価値労働生産性の推移（1985年基準）

付加価値労働生産性は，生産向上による成果配分について，産業間，国際間，企業間で比較するのに適している。しかし，次の理由から，建設産業の場合は複雑に変化し，必ずしも技術進歩を反映しないことがある。

①　産業特性

単品受注生産であり，単価変動が大きい場合があり，価値が物的生産量と必ずしも一致しない。

②　付加価値の定義

一般には，付加価値は産出額と中間投入額の差（産出額－中間投入額）から求められるが，建設産業の場合には，基準年度の産業連関表を基に賃金指数の変化等により，付加価値額が推計されており，基準年度の付加価値額が延長されることとなる。

③　デフレータの算出

名目値から実質値へ換算するためのデフレータは，一般的には消費者物価や卸売り物価と

いった市場価格をベースとして利用される。しかし，建設産業の場合のデフレータは，中間投入に対するデフレータと，賃金指数を基に，市場価格とは無関係に作成される場合がある。

④ 就業者数の把握

臨時工や日雇いなどの就業形態が建設産業ではあることから，正確に就業者数を把握できず，また，労働者兼業の場合に建設産業に寄与する労働力が正確に把握されていない。

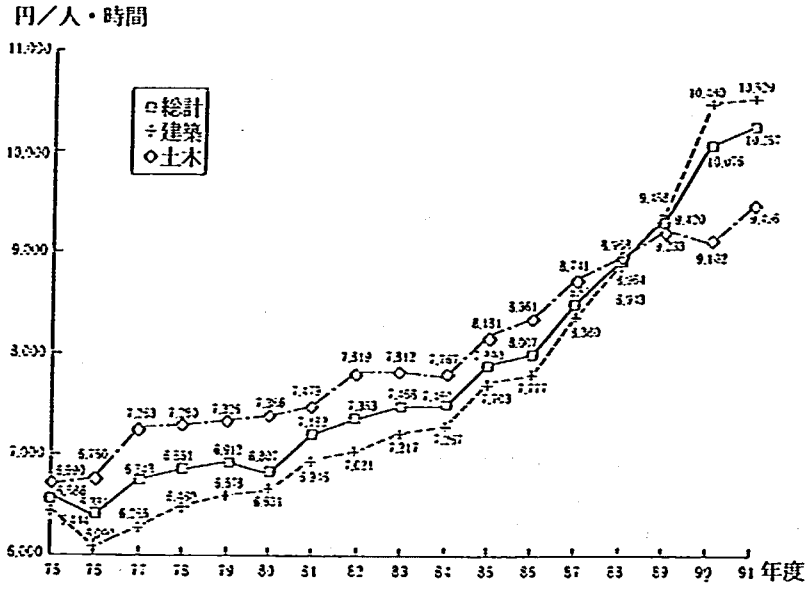
2）施工労働生産性

施工労働生産性は，物的産出量の代わりに施工高を利用した，現場レベルの生産性を示す指標であり，次式で与えられる。

施工労働生産性 ＝ 施工高 ÷ 全現場労働者の延べ労働時間 …… （式9.3.6.2－2）

注）・単位は円／人・時間である

施工高，全現場労働者の延べ労働時間は工事現場のデータとして収集できることから，工種や工法別など，生産性に影響する条件別に生産性を把握することができる。



注）日建連法人会員57社による

図－9.3.6.2－2　実質施工労働生産性（実数）

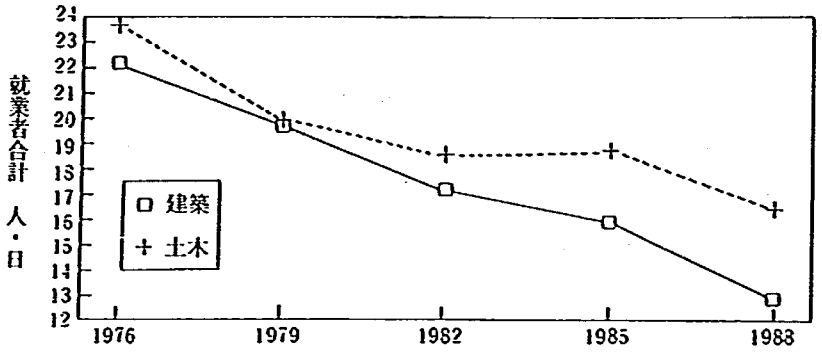
3）建設原単位

建設原単位は建設省が3年毎に調査している指標である。この調査の目的は，建設事業の円滑な推進を図るために，主要な建設資材や労働力について，需要原単位を把握し，将来の予測や，需給の安定化を推進することにある。

この指標では，工事現場における工事に直接従事した全労働者の延べ人数を1日8時間を一人一日と換算し，工事評価額（100万円単位）に対する就業者数が求められている。なお，就業者数には，管理部門の作業者（技術者など），警備員は含まれていない。

建設原単位は，3年毎に調査が行われるため，経年の変化が把握できない。また，実質付加価

値生産性と同様に，建設工事のデフレータは，市場価格とは無関係に作成される部分がある。



図－9.3.6.2－3　実質建設原単位の例（工事費評価額百万円当り）

4）物的生産性

付加価値生産性は必ずしも，技術的進歩を反映した数値とはならない。従って，施工現場の生産効率の実質的な変化を把握するためには，物的生産性（式9.3.6.2－3）を求めることが重要となる。

物的生産性＝産出量／投入量　……（式9.3.6.2－3）

注）産出量：施工量を示す量

（道路延長距離，盛土量，据付ブロック工数など）

投入量：労働者数，延べ労働時間，工事時間

物的生産性については，土木分野を画一的に評価することは困難であり（表－9.3.6.2参照），工種や工法別に分析，評価することが適切である。

表－9.3.6.2　物的生産性の評価指標の例

工　事	工　種	評価指標の例
道路舗装工事	アスファルト舗装工	施工量÷所要労働量
土　工	築　堤	盛土量÷所要労働量
	CAB	施工延長÷所要労働量
護岸堤	ブロック据付	ブロック据付量÷所要労働量

5）総コスト生産性

総コスト生産性は生産に関わる諸要素（作業者，設備・機械，原材料など）について，産出量に対する寄与の度合いをみる指標である。総コスト生産性は次式で求める。

総コスト生産性＝生産量（価値または物量）／

（労働者数×賃金＋減価償却＋原材料×単価）

総コスト生産性は工種，構造物，施工条件毎に異なるため，これらの条件を明確に定義し算出する必要がある。

9.3.6.3　ミクロ的な視点での生産性評価

工場作業の改善において，IE（インダストリアル・エンジニアリング）が発展した背景には，PTS（Predetermined Time Study）という手法の確立がある。PTSとは，基本動作に標準的な時間値が与えられており，人間の作業を基本動作で記述し，標準的な作業時間を設定する方法である。PTSを利用することにより，最適な動作を設定できるとともに，標準時間を把握できることに大きな意義がある。

しかし，PTSのなかで，有名なMTM（Methods Time Measurement）で用いられる基本動作の時間単位は10万分の1時間（0.036秒）であり，土木作業を記述するには非常に細かすぎる単位であり，最適な動作や標準時間の分析は容易ではない。また，土木作業は工場作業と異なり，サイクルタイムが長く，移動や運搬が多いため，工場の動作レベルでの評価手法を利用するのは適切ではない。

従って，土木作業における動作のようなミクロレベルの評価方法には，次の様な条件を満たすことが望ましいものと考えられる。

・1回の作業時間（サイクルタイム）が長い

・分析時間が短くできる

このような条件を満たす方法として，MOST（Maynard Operation Sequence Technique）が提案されており，ここで利用されている時間値を利用することにより，大まかであるが，一連の作業時間を事前に評価できるものと予想される。

MOST手法は，IE手法の1種とみなせるが，以下の特徴がある。

・作業対象物の移動に注目している

・分析に必要な時間はMTMの1／10～1／100程度である

・比較的長いサイクルタイム（2分～数時間）に利用できる方法がある

（Maxi MOST/2歩以上の歩行を伴う作業の評価に有効である）

1）以降では，MOST，特にMaxi MOSTを活用し，設定されている作業時間について整理している。なお，MOSTでは，次の時間単位が利用されている。

100 Index = 100 TMU = 3.6 秒

作業者の生産性を評価するには，該当する基本的な動作を抽出し，各動作の基本時間の総和を求めることにより，標準時間を決定することにより行う。

1）歩行と所要時間

土木作業では，歩行動作を伴うことが多いが，MOST手法では歩行は，部分歩行と直線歩行に区別されている。前者は，重いものを運ぶ歩行や，決められた作業域内を動く場合であり，後者は2つの作業域間の直線的な歩行である。

両者を区別し，歩行距離や歩行数を設定または測定できれば，移動に必要な所要時間を求めることができる。

表－9.3.6.3－1　歩行と所要時間の関係

数値は '以下' を示す

Maxi MOST' システム		A－アクション距離	
インデックス × 100	部分歩行 歩数	直線歩行 メートル	インデックス × 100
0	2	2	0
1	9	7	1
3	23	18	3
6	42	36	6
10	70	60	10
16	108	90	16
24	153	130	24
32	203	170	32
42	264	220	42
54	333	280	54
67	408	340	67
81	489	410	81
96	578	490	96
113	675	570	113
131	784	670	131
152	901	770	152
173	1023	870	173
196	1153	980	196

注）2歩以下，2m以下の歩行は他の作業をしているものとし，他の作業の所要時間で換算する。

2）身体の動作と所要時間

土木作業の場合には，中腰になって作業する仕事や座る動作や立ち上がる動作を伴う。各動作により，標準的な動作時間が設定されている（表－9.3.6.3－2）。下表を利用することにより，重量物の上下方向の運搬の生産性も評価することができる。

3）部品ハンドリングと所要時間

部品のハンドリングのしやすさも，動作時間に影響する（表－9.3.6.3－2）。例えば，対象物の大きさや，重量，形状により，所要時間は異なる。

4）工具の使用と所要時間

作業に必要な工具の種類や必要な動作回数により，所要時間を決定する（表－9.3.6.3－4～6）。

表－9.3.6.3－2　身体の動作と所要時間の関係

Maxi MOST' システム				B－胴の動作				
インデックス値 × 100	1～2方向の胴の動作	開閉物の通過	シーケンスで発生する結合動作	はしご		はしご（妨害物付き）		インデックス値 × 100
				軽い荷	重い荷	軽い荷	重い荷	
				段の数				
1	1～2回のかがむ 両膝をつく 座る、または立つ よじ登る	ドア ハッチ	かがむ＋座る 立つ＋かがむ					1
3	座る＋立つ 這い歩きをする もぐりこみ 両膝をつく 2よじ登る 3かがむ よじ登る（対象物） 床に伏す	2回ドア 2回ハッチ 自動ドア マンホール	座る＋2～3回かがむ 立つ＋2～3回かがむ 座る＋立つ＋2～3回かがむ よじ登る＋2～3回かがむ ドア＋2～3回かがむ ハッチ＋2～3回かがむ ハッチ＋床に伏す 2回よじ登る＋2～3回かがむ	10	3	5	5	3
6	這い歩きする （体を平にして） 2床に伏す	2回マンホール 自動ドア マンホール（妨害物付き）	2回ドア＋2～3回かがむ 2回ハッチ＋2～3回かがむ 2回ハッチ＋床に伏す	25	8	20	6	6
10		2回マンホール （妨害物付き）		45	17	40	14	10
16					29		26	16
24					42		40	24

※ 'かがむ' はかがむおよび立ち上るを含む

表－9.3.6.3－3　部品ハンドリングと所要時間の関係

Maxi MOST システム　　P：部品ハンドリング

インデックス値 ×100	普通の部品のハンドリング														表面で対象物を移動				線状物の取扱い		インデックス値 ×100
	部品のハンドリング							調整が必要なハンドリング							移動のみ		移動および調整		取扱い		
	小さい部品	小さく軽い，または中位の大きさで中位の重さ			中位または重い	重く大きくかさばるまたは特別	重くかさばるまたは特別	小さい部品	小さく軽い，または中位の大きさ，中位の重さ			中位または重い	重く大きくかさばるまたは特別	重くかさばるまたは特別	軽い台車コンベアテーブル	中位または重いもののレール，テーブルコンベア	軽い台車コンベアテーブル	中位または重いもののレール，テーブルコンベア	ストレート	手の中へまたは床の上で	
	つかむ保持＋移動	集める＋移動	移動	置く	位置決め	据える	操作	つかむ保持＋移動	集める＋移動	移動	置く	位置決め	据える	操作	押すは引く又	滑らす	押すは引く又	滑らす	手繰る	巻き込む	
	アクション数			対象物の数				アクション数			対象物の数				距離（メートル）				本数		
1	2	2	3	2	1			2		1					2.5	1			2	1	1
3		8	10	6	3	2	1		6	7	4	2	1		9	4	6.5	3	8	3	3
6		17			6	4	2		15	16	10	5	3	2	17.5	8.5	15	7.5	16	7	6
10					10	7	4					10	7	3	30	14.5	28	14	28	13	10
16						12	6						11	6	48	24	46	22.5	44	21	16

注）表面の移動：30センチ以上引っ張ったり，滑らせながら移動させる。

表－9.3.6.3－4　工具の使用状況と所要時間の関係 (1)

数値は'以下'を示す

Maxi MOST' システム			標準ネジの組立てまたは分解								T. 工具使用						
インデックス値 × 100	ドライバー		スパナ			ラチェット		動力工具			手						インデックス値 × 100
	小ネジ	座金のネジ									開始のみ	回す					
												ゆるく締める／緩める				きつく締める	
ネジ径	すべて	すべて	20 mm	40 mm	>40 mm	20 mm	40 mm	6 mm	25 mm	>25 mm	N/A	6 mm	25 mm	40 mm	>40 mm	6 mm	ネジ径
	ネジの本数																
1																	1
3								1	1		2	1					3
6	1	1						2	2	1	4	2	1		1	1	6
10	2	2	1			1		4	3	3	6	3	2	1	2	2	10
16	3	3		1		2	1	6	6	4	10	5	4	2	3	3	16
24	4	5	2		1	3		9	8	6		8	6	3	4	5	24
32	6	6	3	2		4	2	12	11	9		10	8	4	6	7	32
42	8	9	4			6	3			12			11	5	7	9	42
54	10	11	6	3	2	8	4							7	9	11	54
67			7	4	3	9	5							8	12		67
81			9	5		11	6							10			81

表－9.3.6.3－5　工具の使用状況と所要時間の関係 (2)

それぞれの数値は'以下'を示す

Maxi MOST' システム	一　般　工　具　I												T：工具使用									
インデックス値 ×100	手で回す			押すまたは引く		てこで動かす	打つ						工具での材料処理									インデックス値 ×100
	アクション数		回転数	アクション数		アクション数	アクション数						シールガン	グリースガン	絞り出しピン	チューブ	指，手ブラシあるいはスティック	噴出缶	エアゾル缶	テープのロール		
	アクション数			手			手		ハンマー		木づち	大ハンマー										
	指で回す	手首で回す	腕で回す	ふつう	重い	てこバール	手首を使って打つ	腕を使って打つ	手首を使って打つ	腕を使って打つ	腕を使って打つ	腕を使って打つ	引く	レバーの動作	滴らす	1箇所 (25mm)	1箇所 (25mm)	噴出	0.1 m²	30cm あるいは1糸		
1	3	4	2	6	1	3	10	5	17	4	3				1							1
3	26	15	16	19	7	16	31	15	59	16	11	4	1	4	7		2	8		1		3
6	58	31	36		16	34		30		32	22	10	5	14	16	6	6	20	1	3		6
10	102	53	63			60					37	18	11	28		16	12		3	5		10
16												29	19	48					6	8		16
24												43	28	72					9	12		24

表－9.3.6.3－6　工具の使用状況と所要時間の関係 (3)

数値は'以下'を示す

Maxi MOST' システム	一　般　工　具　II																			T－工具使用
インデックス値 × 100	表面の清掃			切る，スライスする					ベンチでひねるまたはまげる	書く		マーク	考える		ヤスリでバリをとる	ドリフトピンで工具をはずす	手でタップ立てネジ切り		待ちまたはプロセス時間		インデックス値 × 100
	面　積 (単位＝0.1 ㎡)			切断数 ストローク数						マーカー		ハンマー刻印	検査	読む			発生回数				
	エアー清掃	ブラッシング	拭く	ベンチ			ハサミ	ナイフ	ループ数	文字，信号											
				軟かい	中位	硬い				大きさ		文字数字	点数	単語数値	m	工具なし	直径		秒	分	
										25㎜	75㎜						8㎜	20㎜			
1				2	1		3	1	1				2	4					35		1
3	4	3	2	6	4	2	16	7	4	9	5	1	7	13	0.3	2			11		3
6	11	9	8	12	8	5	35	16	8	23	13	4	13		0.6	6			22		6
10	23	16	15		14	9		27	15	41	24	7			0.9	10			36		10
16	39	27	25			15					40	12			1.5	16	1		58	1	16
24	57	40	37									17			2.4			1			24
32		53	51									23			3.3					2	32
42																	2				42
54																	3	2		3	54

おわりに

土木作業は危険，苦渋といった作業環境の悪さ，作業者の高齢化の熟練工の不足など多くの問題に直面している。しかし，このような問題解決には，合理的な方法をとることが必要である。

例えば，今後，機械化へのニーズは高まってくるものと見られるが，機械化すべき作業やそのプライオリティを検討する必要がある。加えて，機械化の前に現状で改善すべきことも多いものと見られ，どこを改善すべきかを把握する必要がある。

このような作業の問題解決に対してＩＥは極めて有力な方法となるものと見られる。第１報で示したように工場ではＩＥを適用した生産や作業の改善を行っており，建築分野でもこのような手法を適用して，近年，成果が得られてきている。

土木工事においては，その作業の特性上，工場で利用されているＩＥをそのまま導入することは難しいことが予想されていた。しかし，このような相違を踏まえた適用により，ＩＥは有効な問題解決手段となることが期待され，ＩＥへの取り組みを進めてきた。

今回の報告では，「機械化施工における施工改善手法に関する研究（第１報），（第２報）」及び生産性，苦渋性，安全性に関する施工の簡易評価方法について，一連の施工改善手法の研究を取りまとめたものである。

これらの評価方法は，生産性，苦渋性，安全性について，有用なデータを提供するものと考えられるが，土木作業の全般に適用するには，今後現場で多く活用することにより，より適切な評価項目，評価指標あるいは評価尺度，評価ポイントの選定や設定を行うことが可能になり，有効に活用できるものと思える。

今後は，この報告書で提案された施工改善手法を用いて，土木工事における作業を定量的に分析し，効率的，客観的かつ系統的な施工改善ができるように，広く普及していく予定である。

（付録１）参考文献

（付録１）参考文献

文献一覧

（１）「ＩＥによる実践的問題解決の進め方」，社団法人日本鉄鋼連盟，秀研社印刷（1989）

（２）「昭和63年鉄鋼各社のＩＥ活動」，鉄鋼のＩＥ，Vol.27，No.2&3，P17（1989）

（３）鈴木政利：「建設工事における自動揚重機の開発研究」，日本建築学会梗概集：1983年9月

（４）岸本 巌 他：「現場の作業改善事例コーナー」，標準化と品質管理，Vol.42，P51（1989）

（５）坂本碩也：「生産管理入門」，理工学社

（６）藤田彰久：「ＩＥの基礎」，建帛社

（７）(社)日本建築学会：「作業能率測定指針」，丸善(株)，1990

（８）大島正光 他：「人間工学」，朝倉書店，1989

（９）「労働安全衛生法」

（10）長町三生：「現代の人間工学」，朝倉書店，1986

（11）原 政治：「現場のＩＥ（IV）－時間分析」，日科技連

（12）松田文次郎：「図説・建設作業と安全の教育技報」，労働基準調査会

（13）「JIS 9110」

（14）人間工学教育研究会：「人間工学入門」，日刊工業新聞社，1983

（15）中村剛教：「建設ＩＥの進め方」，理工図書(株)，1984

（16）「建設業労働災害防止協会資料」

（17）甲斐章人：「基礎要論」，税務経理協会

（18）村松林太郎：「生産管理の基礎」，国元書房，1970

（19）「土木研究所資料 機械化施工における施工改善手法に関する研究（第一報）」，建設省土木研究所（1991）

（20）「土木研究所資料 機械化施工における施工改善手法に関する研究（第二報）」，建設省土木研究所（1993）

（21）「機械化施工における施工改善調査業務報告書」，(財)先端建設技術センター（1994）

（付録２）「機械化施工における施工改善手法の研究」
調査担当者名簿

（付録２）

「機械化施工における施工改善手法の研究」調査担当者名簿

所　　属	官　　職	氏　　名	担当期間
東北地方建設局道路部機械課	課長補佐	赤坂富雄	H1. 4～H3. 3
	〃	深堀哲男	H3. 4～H5. 3
	〃	山田仁一	H5. 4～H6. 3
	業務第二係長	阿部新治	H1. 4～H3. 3
	〃	斎野純二	H3. 4～H5. 3
	〃	山尾昭	H5. 4～H6. 3
	技官	加藤司	H1. 4～H4. 3
	〃	伊藤圭	H4. 4～H6. 3
東北地方建設局技術事務所機械課	課長	中川光一	H1. 4～H3. 3
	〃	佐藤文夫	H3. 4～H5. 3
	〃	武藤一成	H5. 4～H6. 3
	機械調査係長	木村信悦	H1. 4～H3. 3
	〃	井上秀秋	H3. 4～H6. 3
	技官	亀田誠	H1. 4～H4. 3
	〃	今野順二	H4. 4～H6. 3
関東地方建設局道路部機械課	課長補佐	関谷洋一	H1. 4～H1.10
	〃	村松貞夫	H1.10～H2. 3
	〃	須田光俊	H2. 4～H3. 3
	〃	中澤秀吉	H3. 4～H4. 3
	〃	佐々木敏彦	H4. 4～H6. 3
	業務第一係長	佐生新市	H1. 4～H1. 6
	〃	小池賢司	H1. 7～H4. 3
	〃	吉永弘志	H4. 4～H5. 3
	開発調査係長	佐々木喜八	H5. 4～H6. 3
関東地方建設局技術事務所機械課	課長	須田光俊	H1. 4～H2. 3
	〃	佐々木敏彦	H2. 4～H4. 3
	〃	小池賢司	H4. 4～H6. 3
	管理係長	小室日出男	H1. 4～H2. 3
	〃	後藤正洋	H2. 4～H5. 3
	〃	樋口明	H5. 4～H6. 3
	技官	秋山和正	H1. 4～H2. 3
	〃	伊藤敦	H2. 4～H3. 3
	〃	増尾健	H3. 4～H5. 3
	〃	稲垣義明	H5. 4～H6. 3

所　　属	官　　職	氏　　名	担当期間
北陸地方建設局道路部機械課	課長補佐	倉島　　冠	H1. 4～H3. 3
	〃	中森良次	H3. 4～H4. 3
	〃	羽賀清治	H4. 4～H5. 3
	〃	三日月晋一	H5. 4～H6. 3
	業務第一係長	羽賀清治	H1. 4～H2. 3
	〃	三日月晋一	H2. 4～H3. 3
	〃	穂苅正昭	H3. 4～H5. 3
	〃	上杉修二	H5. 4～H6. 3
	技　　官	宮島　　実	H1. 4～H2. 3
	〃	姫野芳範	H2. 4～H4. 3
	〃	中村　　学	H4. 4～H6. 3
北陸地方建設局技術事務所機械課	課　　長	上村　　弘	H1. 4～H5. 3
	〃	穂苅正昭	H5. 4～H6. 3
	機械調査係長	渡辺敏男	H1. 4～H2. 3
	〃	前田孝司	H2. 4～H6. 3
	技　　官	姫野芳範	H1. 4～H2. 3
	〃	池上則明	H2. 4～H5. 3
	〃	笠原邦昭	H5. 4～H6. 3
中部地方建設局道路部機械課	課長補佐	山田信夫	H1. 4～H2. 3
	〃	中沢秀吉	H2. 4～H3. 3
	〃	安江規尉	H3. 4～H4. 3
	〃	植村　　靖	H4. 3～H5. 3
	〃	近藤治久	H5. 4～H6. 3
	整備係長	阪井則行	H1. 4～H2. 3
	〃	永江　　豊	H2. 4～H3. 3
	〃	長谷　　誠	H3. 4～H4. 3
	〃	山崎茂雄	H4. 4～H6. 3
	技　　官	勅使河原雅敏	H1. 4～H2. 3
	〃	平井佳津美	H2. 4～H4. 3
	〃	田中良治	H4. 4～H6. 3
中部地方建設局技術事務所機械課	課　　長	梅田佳男	H1. 4～H3. 3
	〃	野呂純行	H3. 4～H6. 3
	機械設計係長	永江　　豊	H1. 4～H2. 3
	〃	山崎茂雄	H2. 4～H3. 3
	〃	野村良一	H3. 4～H4. 3
	〃	相羽　　学	H4. 4～H6. 3
	技　　官	濱松利行	H1. 4～H4. 3
	〃	水谷幸司	H4. 4～H6. 3

所　　属	官　　職	氏　　名	担当期間
近畿地方建設局道路部機械課	課長補佐	高津敏夫	H1. 4～H3. 3
	〃	堀内　憲	H3. 4～H4. 3
	〃	松島隆憲	H4. 4～H5. 3
	〃	渡辺　昭	H5. 4～H6. 3
	業務第一係長	池田一利	H1. 4～H2. 3
	〃	石松　豊	H2. 4～H4. 3
	〃	石田啓直	H4. 4～H6. 3
	技　　官	菊池　弘	H1. 4～H4. 3
	〃	福村尚樹	H4. 4～H6. 3
近畿地方建設局技術事務所機械課	課　　長	阿部重美	H1. 4～H2. 3
	〃	吉岡壮明	H2. 4～H3. 3
	〃	川崎　収	H3. 4～H5. 3
	〃	横江重行	H5. 4～H6. 3
	建設専門官	八尾正勝	H5. 4～H6. 3
	機械調査係長	松本克英	H1. 4～H2. 3
	〃	樽原孝志	H2. 4～H4. 3
	〃	元木真二	H4. 4～H6. 3
	技　　官	堀内厚志	H1. 4～H5. 3
	〃	福原功二	H5. 4～H6. 3
中国地方建設局道路部機械課	課長補佐	佐々木輝夫	H1. 4～H2. 3
	〃	須田道夫	H2. 4～H3. 3
	〃	村上輝久	H3. 4～H5. 3
	〃	片岡孝次	H5. 4～H6. 3
	整備係長	中村照行	H1. 4～H3. 3
	〃	森田敏文	H3. 4～H5. 3
	〃	山根圭太郎	H5. 4～H6. 3
	技　　官	宮武英信	H1. 4～H2. 3
	〃	新宅孝輔	H2. 4～H4. 3
	〃	小島哲哉	H4. 4～H5. 3
	〃	仲田　忍	H5. 4～H6. 3
中国地方建設局技術事務所機械課	課　　長	橋本勝美	H1. 4～H2. 3
	〃	今本輝信	H2. 4～H3. 3
	〃	児玉　浩	H3. 4～H5. 3
	〃	出原　浩	H5. 4～H6. 3
	専門職	高下輝久	H1. 4～H4. 3
	〃	田口尚武	H4. 4～H6. 3
	技　　官	新宅孝輔	H1. 4～H2. 3
	〃	溝川克己	H2. 4～H3. 3
	〃	小島哲哉	H3. 4～H4. 3
	〃	和田慎司	H4. 4～H6. 3

所　　属	官　　職	氏　　名	担当期間
四国地方建設局道路部機械課	課長補佐	喜多良男	H1. 4～H3. 3
	〃	末宗仁吉	H3. 4～H4. 3
	〃	尾崎宏一	H4. 4～H6. 3
	整備係長	尾崎宏一	H1. 4～H2. 3
	〃	村上正典	H2. 4～H3. 3
	〃	小松修夫	H3. 4～H4. 3
	〃	宮本正司	H4. 4～H6. 3
	技　　官	二川義人	H1. 4～H2. 3
	〃	竹内伸一	H2. 4～H4. 3
	〃	大林智仁	H4. 4～H5. 3
	〃	茅原　晶	H5. 4～H6. 3
四国地方建設局技術事務所機械課	課　　長	須田道夫	H1. 4～H2. 3
	〃	末宗仁吉	H2. 4～H3. 3
	〃	尾崎宏一	H3. 4～H4. 3
	〃	小松修夫	H4. 4～H5. 3
	〃	岩澤委式	H5. 4～H6. 3
	機械調査係長	河野信雄	H1. 4～H3. 3
	〃	泉川暢宏	H3. 4～H6. 3
	技　　官	茅原　晶	H1. 4～H2. 3
	〃	宇田　浩	H2. 4～H4. 3
	〃	三上勇二	H4. 4～H6. 3
九州地方建設局道路部機械課	課長補佐	相園芳光	H1. 4～H2. 3
	〃	西　武人	H2. 4～H5. 3
	〃	村上輝久	H5. 4～H6. 3
	業務第一係長	稲富公男	H1. 4～H1. 6
	〃	石井　開	H1. 7～H2. 3
	〃	出原　浩	H2. 4～H3. 3
	〃	河崎英巳	H3. 4～H4. 3
	〃	安藤泰宣	H4. 4～H6. 3
九州地方建設局技術事務所機械課	課　　長	村上輝久	H1. 4～H3. 3
	〃	篠原　貢	H3. 4～H6. 3
	機械調査係長	木村直紀	H1. 4～H2. 6
	〃	鴇　治幸	H2. 7～H6. 3
	技　　官	南嶋哲郎	H1. 4～H3. 3
	〃	久保田孝行	H3. 4～H6. 3

所　　属	官　　職	氏　　名	担当期間
建設経済局建設機械課	専　門　官	太田　　宏	H4. 9～H6. 3
	課長補佐	太田　　宏	H1. 4～H1.11
	〃	橋元和男	H1.11～H3. 7
	〃	吉田　　正	H3. 7～H5. 3
	〃	村松敏光	H5. 4～H6. 3
	直轄係長	近藤治久	H1. 4～H3. 3
	〃	阿部新治	H3. 4～H5. 3
	〃	須田幸彦	H5. 4～H6. 3
	技　　官	清水浩信 (旧姓 小田)	H1. 4～H5. 3
	〃	姫野芳範	H5. 4～H6. 3

機械化施工における施工改善手法に関する研究

ISSN　0386－5878
土木研究所資料第3331号
平成7年1月（1995）

吉田　正，石松　豊，藤野健一
米村克己

要　旨

近年，社会活動の高度化に伴い社会資本への要求が高まっているが，建設現場における労働環境の改善，省力化，省人化などの課題がある。本研究においては，工事の定量的記述手法を基にした施工改善手法を開発し，それを用いた施工改善を行うことを目的とする。

本資料は，今までに出された「機械化施工における施工改善手法に関する研究（第1報）（第2報）」およびそれ以降の研究成果である簡易評価手法についてまとめている。

キーワード：施工改善，IE，定量的評価，省力化，省人化，生産性，安全性，苦渋性，簡易評価

郵便はがき

五十円切手をはって下さい

3 0 5 - □□

茨城県つくば市大字旭一番地

建設省土木研究所
機械研究室
行

No.

No.

配布先氏名

配布先住所

土木研究所資料第 3331 号　　部

上記のとおり受領しました。

所　属（住所）

氏　名　　印