ISSN　0386－5878

土木研究所資料第2986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（第1報）

平成3年3月

建設省土木研究所

機械施工部機械研究室

「Copyright © (1992) by P. W. R. I.

All rights reserved. No part of this book may be reproduced by any means, nor transmitted, 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2986号　1991年3月

機械化施工における施工改善手法に関する研究（第1報）

機械研究室　室　長　杉山　篤
主任研究員　村松敏光
研究員　薬師寺伸夫
研究員　高津知司
北嶋公生

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，工場生産等におけるＩＥの調査および土木工事用に改良を加えた調査要領について取りまとめを行っている。

キーワード：ＩＥ，施工改善，ＣＥ，調査要領

はじめに

産業構造の転換に伴う内需の拡大や，豊かな社会の構築へ向けた社会資本の整備が進む中で，土木分野の産業やその技術が重要視されてきている。しかし，土木作業の現場においては，以下のような点が問題となってきている。

第一に，土木作業は一般に危険な環境や苛酷な労働条件で行われていることに加えて，その労働従事者も高齢化してきている。このため土木現場では人材，とりわけ経験が豊富な人材が不足してきている。

第二に，ウォーターフロントや海底トンネルなどの海洋開発，大型の橋梁の架設工事に見られるように，従来に比べ作業が困難な，または複雑な場所での土木工事が増加する傾向にあり，このような土木工事に対するニーズの高度化への対応とそれに伴うコストの両立が求められている。

第三に，土木工事のスピード化ということに対しても要求が高まっている。

以上のようなことから，機械化施工を初めとする，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が，その対応は遅れており，人手に頼った従来の方法が中心となっている。このような状況を解決するためには，他の多くの分野で開発・蓄積されてきた技術を土木分野へトランスファーするとともに，システムマチックで合理的な手法の検討が有効であると考えられる。

自動車製造業や，電気・電子関連業界を初めとした製造業の工場では，従来よりIEやQCなどの手法を利用し，労働環境の改善や合理化を達成してきた。近年では建築業界においてもこのような手法を用い，作業改善，合理化，品質の改善が試みられているものの，施工現場での作業内容や作業環境の違いなど解決すべき課題も多い状況である。

このような背景から土木工事の機械化施工による合理化・自動化のために必要とされる手法の開発ならびにその定量的な評価を行うことを本研究の目的とする。

本調査は，平成元年度の作業として土木工事におけるインダストリアル・エンジニアリング（以下，IE）の適用の視点，IEの適用工程ならびにそこでのIE手法の適用の検討を目的としている。本報告書は以下の調査内容を取りまとめたものである。

1）IEの概要

土木分野ではまだ適用がほとんどみられないIEについて，その歴史的な背景と概要について述べる。

2）製造業におけるIE手法の適用

IEはまず製造業に適用され，発展してきた。ここでは，製造業の工場での適用事例について述べる。

3）建築業におけるIE手法の適用

建築分野では，製造業より遅れて，IEが導入された。建築現場と工場では作業が異なるため問題もあるが，成果がでてきている。

土木工事現場でのIEの適用を考えた場合には，建築分野におけるIEの適用が参考になるものとみ

られる。本章では建築分野でのＩＥの適用事例について述べる。

4）土木工事におけるＩＥ手法の適用に関する検討

在来の調査手法に基づく分析を行い，ＩＥ手法との比較データとする。

土木工事へのＩＥ手法の適用を検討するため，まず，建設企業へのアンケート調査を行い，ＩＥの適用の視点，ＩＥの適用により施工改善すべき工程や具体的な作業，各ＩＥ手法の有効性を調査した。

ＩＥの適用の現状，土木工事の作業の特徴をふまえ，アンケート結果からＩＥ手法の適用を検討した。

5）現場調査計画の検討

改善することが緊急で，同種の工事が数多く同手順で行われ，改善の余地が有り改善効果が期待できる工種に対して，調査計画を立案した。

対象工種として，

① 道路維持修繕工

② トンネル工

③ 土　工

④ 離岸堤

とした。

目　　次

はじめに

1. 概　　要 …… 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 …… 7
2.1 IEの歴史 …… 7
2.2 IEの概念 …… 11
2.3 IEの手法 …… 13

3. 製造業におけるIE手法の適用 …… 21
3.1 製造業におけるIE手法の適用の概要 …… 21
3.2 工場におけるIE手法の適用事例 …… 25

4. 建築業におけるIE手法の適用 …… 36
4.1 建築業におけるIE手法の適用の問題点 …… 36
4.2 建築工事現場におけるIE手法の適用事例 …… 36

5. 土木工事現場におけるIE手法の適用に関する分析 …… 56
5.1 在来調査手法に基づく分析 …… 56
5.2 IE手法の検討方法 …… 97
5.3 工場，建築現場と土木工事現場の相違点 …… 97
5.4 アンケート調査の概要 …… 101
5.5 土木工事におけるIEの適用 …… 105
5.5.1 土　工 …… 105
5.5.2 海洋土木工（離岸堤） …… 133
5.5.3 トンネル工（山岳トンネル発破工法） …… 148
5.5.4 橋梁上部工（鋼橋） …… 163
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） …… 182
5.5.6 ブロック積み・張り工 …… 203
5.5.7 舗装工（セメントコンクリート） …… 215

6. 現場調査計画の検討 …… 239
6.1 調査対象工種 …… 239

6.1.1　工種の選定 …… 239
6.1.2　各工種における調査の概要 …… 239
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） …… 240
6.2.1　打換え工法 …… 240
6.2.2　切削オーバレイ …… 250
6.2.3　路上表層再生工法 …… 253
6.3　トンネル工（NATM） …… 257
6.4　築堤とCABなどを含む共同溝開削 …… 267
6.4.1　築堤工事 …… 267
6.4.2　CABなどを含む共同溝開削 …… 269
6.5　離岸堤 …… 272

7.　おわりに …… 289

付録1）参考文献 …… 291
2）製造業の分野別のIEの適用事例 …… 291
3）調査担当者名簿 …… 319

1. 概　　要

1.1 研究目的

近年の経済的，技術的な発展はめざましく，これにともなって社会資本に対する需要も高度化してきており，建設事業における高度な品質と精度の高い施工の実現が求められている。建設施工現場においては，苦渋作業や危険作業，労働者の高齢化などに加え，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。

このような中で，事業の効率的な執行を実現するには，施工機械単独の改善のみならず機械化施工全体を考慮した新たな改善策が求められている。

機械化施工においては，機械の種類が多く，工法と施工機械が密接に結びついている。このため，改善の対象とする工種・工程・機械を抽出しさらにそれらを改善するのに，工法または建設機械のエキスパートに依存しているのが現状のようである。このような方法での改善においては，改善の効果が客観的に評価されていることが少なく，必ずしも効率的ではない。

これは，改善が客観的かつシステマティクになされていないことに起因している。すなわち，改善を行うとき改善目標を立て，施工全体の調査・分析を充分に行い，その結果から改善箇所と方法を見いだして改善し，さらに改善後のものを評価し改善効果等を把握する一連の作業における定量化が充分行われていない。

そこで，施工機械単独の改善のみならず機械化施工全体を考慮した新たな改善のためには，『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』というシステマティクかつ分析科学的な手法に従わなければならない。

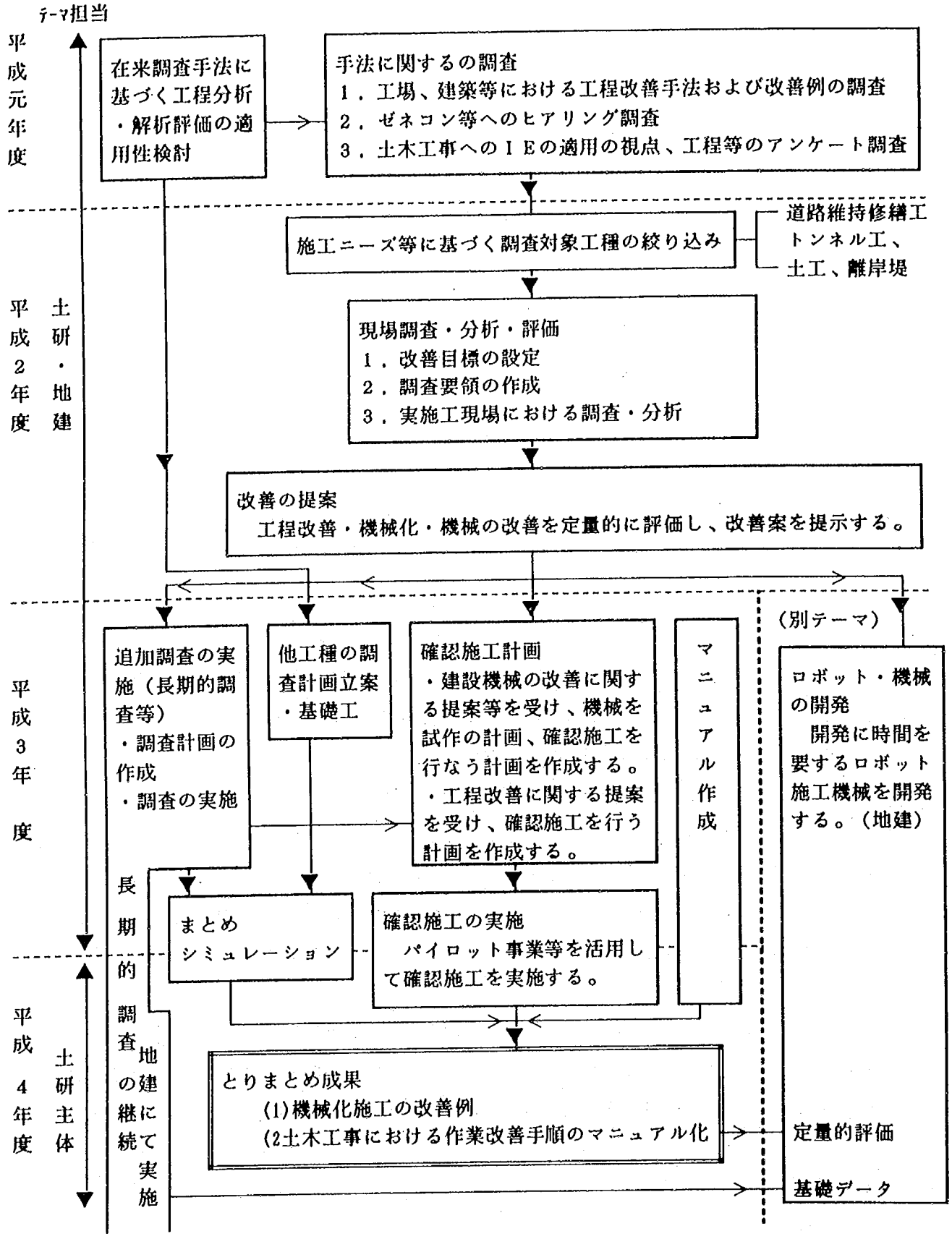
複雑な作業や工程を改善するためのまた，システマティクかつ分析科学的な手法として，工場において昭和20年代に導入され大きな効果を挙げてきたＩＥやＱＣ等の生産工学的手法が挙げられる。近年建設業においても，高層建築を中心としてこれらの手法を活用した体系的なアプローチが試みられており，いくつかの成果が報告されている。しかし，作業環境や作業内容が工場と異なるため，手法の適用や改善に解決すべき課題を残しており，これらの課題を解決して，土木工事へも適用できる方法が必要である。

本研究においては，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』手法を提案することと，生産効率の向上，安全の確保，苦渋の低減等の改善を行うために，作業改善，機械化あるいはロボット化等の課題を抽出することを目的とする。

1.2 全体計画

1.2.1 全体計画

本研究は次の点から成り，全体計画フローを図－1.2.1に示す。



図－1.2.1　機械化施工改善調査計画全体フロー

(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（Construction Engineering）を提案する。

1.2.2 研究経過

平成元年度には，生産工学的手法および工場や一部建設業での実績に関して文献調査を行った。さらに，ゼネコン等へのヒアリングを行って，土木施工の実態に合わせたＩＥの適用性について検討した。これらの調査から，機械化施工において改善の対象とする工種・工程・機械を抽出しさらにそれらを改善するための手法として，ＩＥ手法が応用できることがわかった。また，在来の調査手法に関して調査検討を行ったが，調査目的にはなじまないことも解った。

ＩＥの土木工事への適用性を確認するために，土木工事実務者を対象に，ＩＥの適用の視点，ＩＥの適用すべき工程・作業とその特徴，およびＩＥ手法の有用性等に関するアンケート調査を実施した。その結果，ＩＥ手法の土木工事への適用が可能で，その成果目標としては，工場生産において近年では生産性向上が主体であるが，それのみならず安全性向上や苦渋性解消にも重点をおく必要があることが明らかになった。

1.2.3 平成２年度の研究成果

(1) 機械化施工の改善

(2) 土木工事における作業改善手順のマニュアル化

改善目標を見いだし，調査・分析を行い，改善案を提示して改善を行うという一連の定量的な手順がマニュアル化され，他の工種にも適用できる。すなわち，広く土木工事における建設機械の改良・開発，ロボット化および施工改善が簡潔かつ効率的に行われる。

1.2.4 平成2年度の研究内容

平成元年度の調査業務の成果として，IE手法の土木工事一般への適用の可能性を確認できた。平成2年度は，改善目標を設定し調査表を基にして実現場での調査を行う。調査結果に基づき作業を分析し，施工改善案（工程の組み替え等による工程改善，機械化，機械の改善）を作成する。さらに，その改善案を評価し改善効果を試算する。

それと平行して，調査表を現場調査での誤記入防止等を考慮して必要であれば修正を加える。

平成2年度の調査フローを，図－1.2.2に示す。

(1) 工種の選定と着眼点

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。

① 改善することが緊急の工種を対象とする。

② 同種の工事が数多く同手順で行われているもの。

③ 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，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ることから土工を選定し，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からトンネル工を選定し，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改善の効果が期待されることから離岸堤を選定した。

また，各工種における着眼点は次のとおりである。

1）道路維持修繕工：

① 工事による渋滞。（工事時間の短縮，一工区の延長）

② 重機と交通車両に接して作業を行うので，事故の発生しやすい環境である。（建設機械と作業員の分離，建設機械の改善）

2）トンネル工：

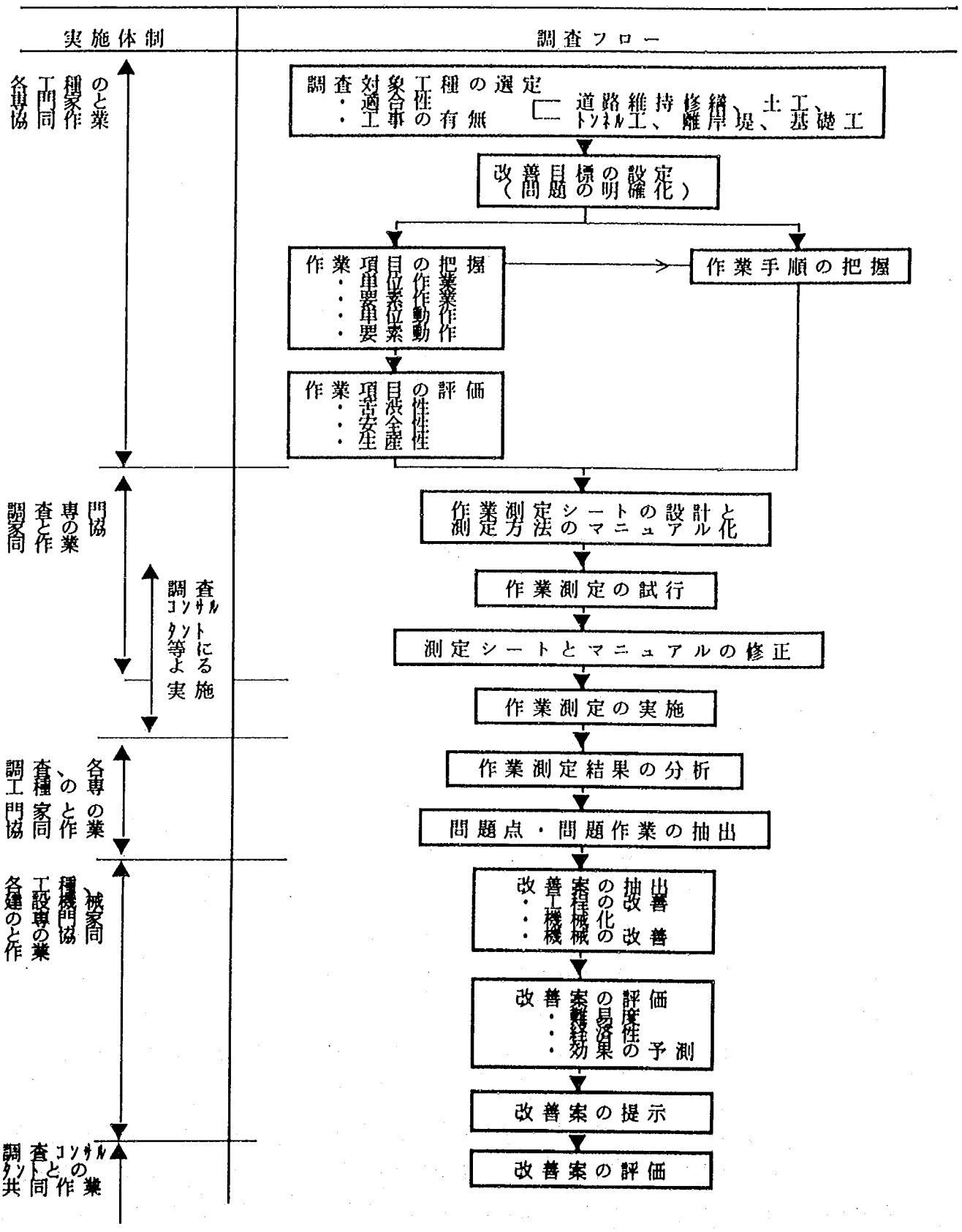
① 粉塵・CO等による悪環境下での作業。（粉塵・CO等の低減）

② 機械故障による作業の停滞。（機械故障の低減）

3）土工：

① 建設機械による事故。（建設機械と作業員の分離，建設機械の改善）

② オペレータによる作業速度のばらつき。（自動・半自動化）



図－1.2.2　施工改善調査フロー

4）離岸堤

① クレーン船と水中作業者との連絡が作業環境に影響されて，安全性や生産性を悪くしている。（効率的な連絡手段の確立）

② 水中作業による事故・作業員の苦渋。（水中作業時間の短縮）

(2) 改善成果のイメージ

改善対象とした工種に関して，作業改善，機械化またはロボット化等による，生産効率の向上，安全の確保，苦渋の低減等の施工改善がなされる。

・道路維持修繕工：渋滞の解消（工事時間の短縮，一工区の延長）

・トンネル工：苦渋性の低減（粉塵・COの低減），生産効率の向上（機械故障の低減）

・土工：安全性の向上（建設機械と作業員の作業スペースの分離）

・離岸堤：安全性の向上（機械化）

(3) 調査方法

調査対象工種に対して，現場調査を行う。

1）改善目標と作業内容を勘案し調査要領を作成する。

① 単位作業，要素作業，単位動作，要素動作等のレベル。

② ワークサンプリング，ストップウォッチ，メモモーション，ビデオ等の計測方法。

③ 調査表・調査手順。

2）作業測定の試行。

3）調査表を必要に応じて修正する。

4）現場での作業測定を実施する。

(4) 分析

作業測定結果を改善目標に従って分析し，施工改善項目（工程の組み替え等による工程改善，機械化，機械の改善）を作成する。

例えば，改善目標が機械の稼働率の向上であるとすると，機械同士の連合作業分析を行う。それにより待ちが明確になり，それが低減するように工程の組み替え等の施工改善項目を提案する。

(5) 提案

改善の効果を試算し改善目標に従って評価し，その結果を付加した形で施工改善案を作成する。

(6) 研究体制

広く土木工事，建設機械，生産工学関係の有識者の意見を聴取し，業務内容をオーソライズするための委員会（「機械化施工改善調査委員会」，長谷川幸男委員長，大林成行副委員長）を設置する。なお調査の推進に当たって効率的な業務遂行のために，実務等を行う担当者レベルのワーキングを必要に応じ開催する。

土木研究所が中心となって全体調査計画，取りまとめ方針の立案を行い，各地方建設局が具体的な調査を実施する体制をとることとする。

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。

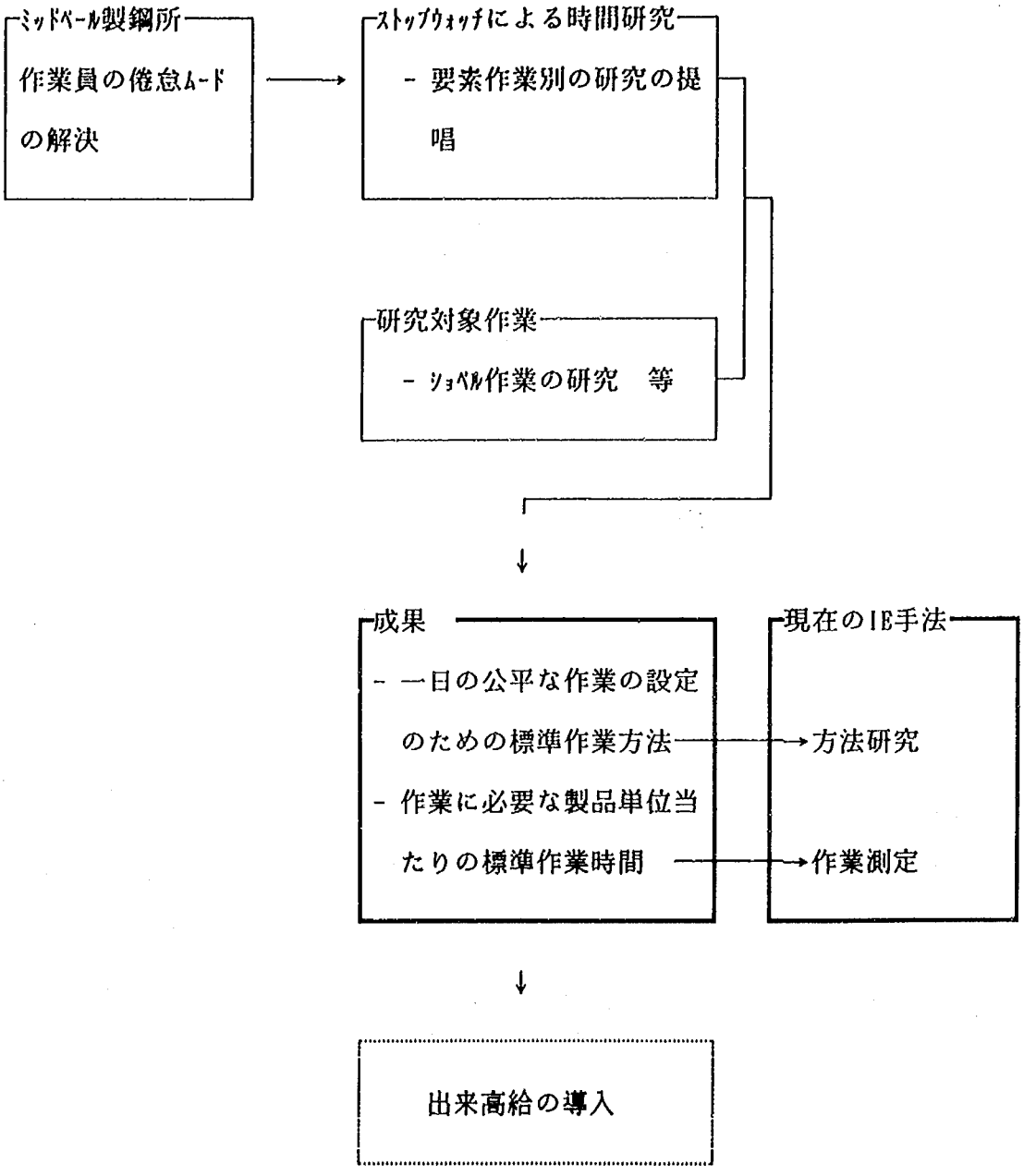
このようなIEの始まりはテーラーの作業研究で，以後，新たなIE手法が開発され，IE自体が広がりをもつとともに，工場だけでなく，オフィスでの管理にも利用され，適用分野自体も広がりつつある。

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。

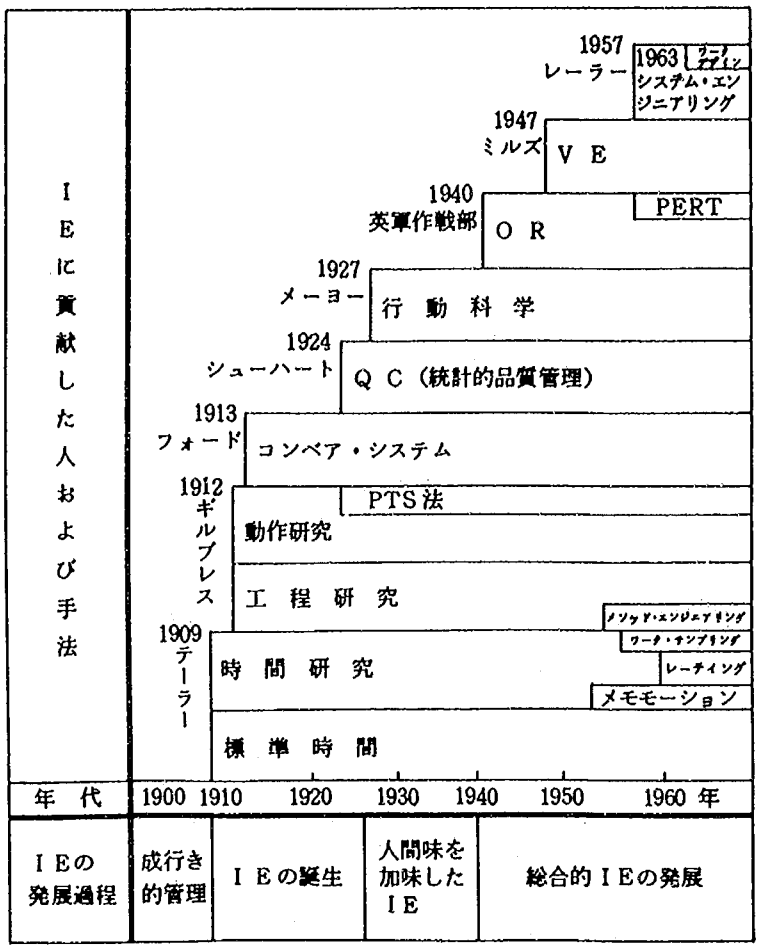
これ以後も，多くの研究者がIEの研究に携わり，IEを発展させてきた（表－2.1.1，図－2.1.2）。



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
ｷﾞﾙﾌﾞﾚｽ	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
ﾌｫｰﾄﾞ	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
ｲｷﾞﾘｽ軍	目的- 攻撃方法の最適化 方法- 問題の定式化、ﾓﾃﾞﾙ 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
ﾐﾙｽ 他	目的- 機能展開をﾍﾞｰｽ とする最適ｼｽﾃﾑの設計 方法- ﾊﾞﾘｭｰｴﾝｼﾞﾆｱﾘﾝｸﾞ、ﾜｰｸﾃﾞｻﾞｲﾝ 、ｼｽﾃﾑｴﾝｼﾞﾆｱﾘﾝｸﾞ、MAP 成果- 総合的なIEへ展開



【出所】文献(75)

図－ 2.1.2　IEの歴史

2.2　IEの概念

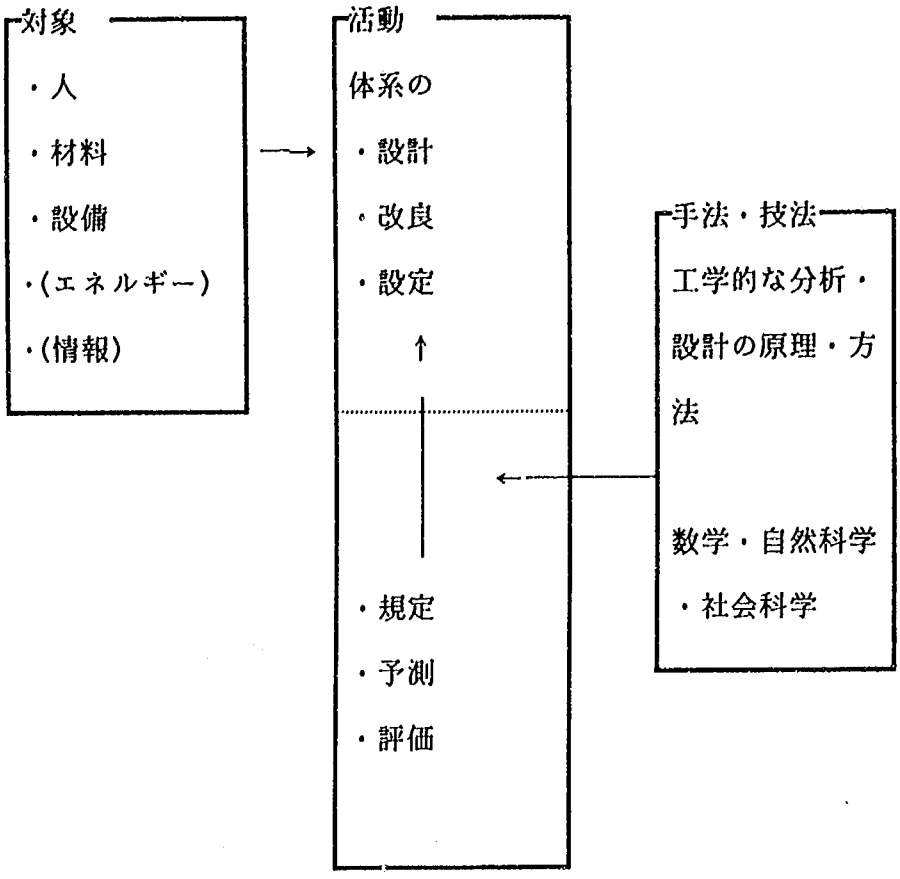
IEは時代とともに発展しているため，IEの定義は未だ明確にはなされておらず，人や国によっても異なる。日本におけるJISでは以下のように定義されている。

「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。」

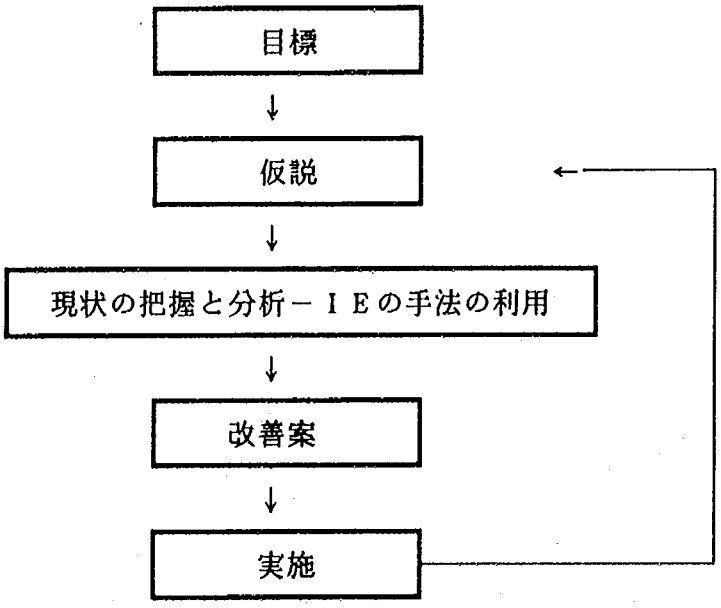
つまり，経営資源を有効に活用するために，システムの設計・改良・設定を行うことであり，そこでは科学的に（定量的に）規定，予測，評価をすることが必要となる。この場合には，単なる工学的な知見だけでなく，数学や自然科学や社会科学までも導入する必要があることを意味している（図－2.2.1）。

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。ｻｰﾌﾞ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。	ｻｰﾌﾞ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）。

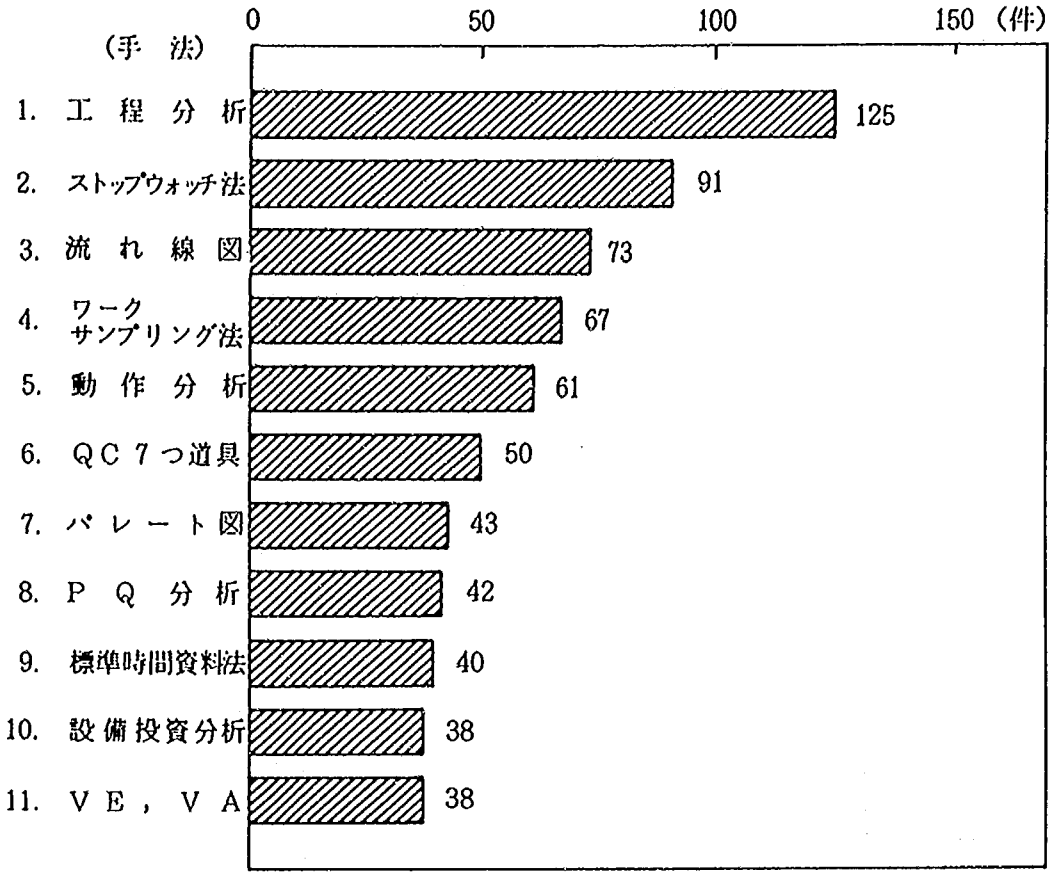
しかし，IE手法としてみた場合には，方法研究（工程分析，流れ線図，動作分析）や時間研究（ストップウォッチ法，ワークサンプリング法）が依然として中心的に利用されており，生産・作業管理，工程管理や作業改善などに極めて重要な手法となっている。

○ よく使用される手法
○ 使用される手法

手法＼適用分野			生産管理								設備管理				物流管理							原料計画				資材管理		購買管理		品質管理					人事・労務管理				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
			工程管理			操業管理																																													
			生産計画	工程改善および進歩	納期管理	仕掛管理	設備能力	原単位歩留	能率（T/H稼働率）		設備計画	工事見積り	設備・工事工程管理	保全管理	修繕費管理	倉庫	レイアウト・スペース（工場および構内輸送（資材トラック））	岸壁・荷役設備	早出・滞船料	配給計画	素材製品在庫	梱包（仕様・作業）	購入計画	配分計画	配合計画	在庫基準	ヤード能力	購買納入方式	在庫基準	常備数	品質設計	検査試験基準	品質保証規格管理	品質安定改善	新製品開発	要員計画	要員設定省力化	外注管理（単価委員）	給与制度	組織制度	人事制度（資格昇進）	能力開発教育	予算管理	原価管理採算計算	体質分析	省力投資計画	経営モデル	経営情報システム	マーケットリサーチ	需要予測	販売計画	販売管理	購買管理	給与計画	エネルギー	アセスメント	
基本手法	M E	工程分析，運搬分析	○	○	○	○	○	○	○	●		○			●	●	○					●				○			○	○	○			○	●	●				○								○			
		作業分析					○		○						●	○						●													●	●															
	W M	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	●	○	○	●	●		○		●				●	●	●	○	●	○	●		○	○		●	○	●	○	○							○	●	○			○		○	○	○	○	○	○	○			
		L P		○								○	●																								○	○	○		○	○		●						○
		D P	●													○					○		●	●	●																○	○		○	○		●					
		PERT	○																																				○	○		○	○							
		E E	○			○					●	○	○			○	○		○	○		○						○	○					○	●		○				○	●	○	●			○				
その他	V E						●							○								●								○			●																	
	ワークデザイン																																		○	○		○	○							○				
	行動科学																																				○			○										
	人間工学																																				○			○			○							
	信頼性工学						○			●	○			●	○																																			
	戦務設計																					○								●	●	●	●	●	●	●														●
	PAC	○	○				○		○													○								○						○			○			○							
	発想法																																																
	SAVE. MAP						●								○																																			

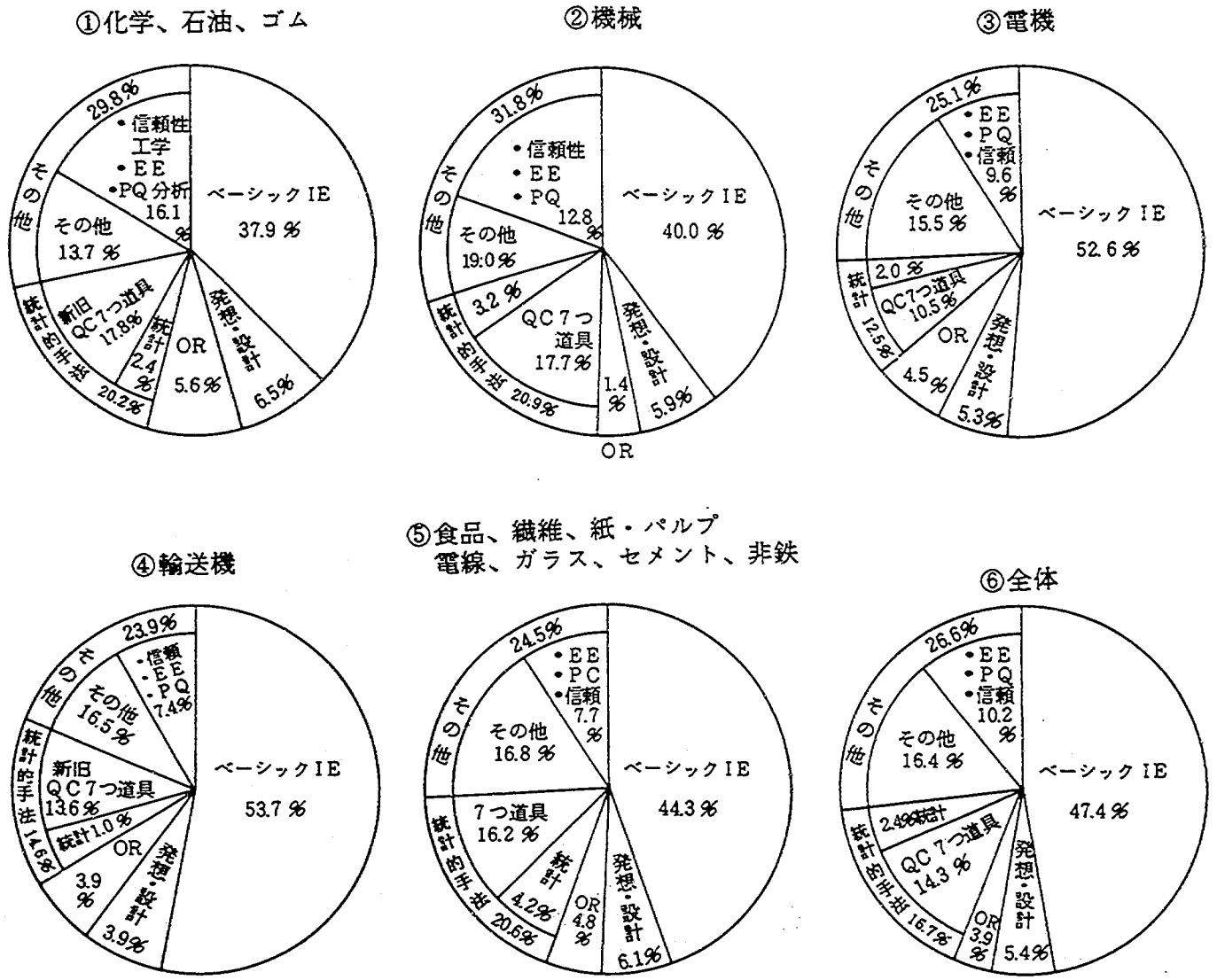
【出所】文献(75)

図－3.1.1　ＩＥ手法と適用分野



出所) 文献(60)

図－3.1.2　製造業における使用ＩＥ手法



(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

出所）文献(60)

図－3.1.3 業種別の使用IE手法

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

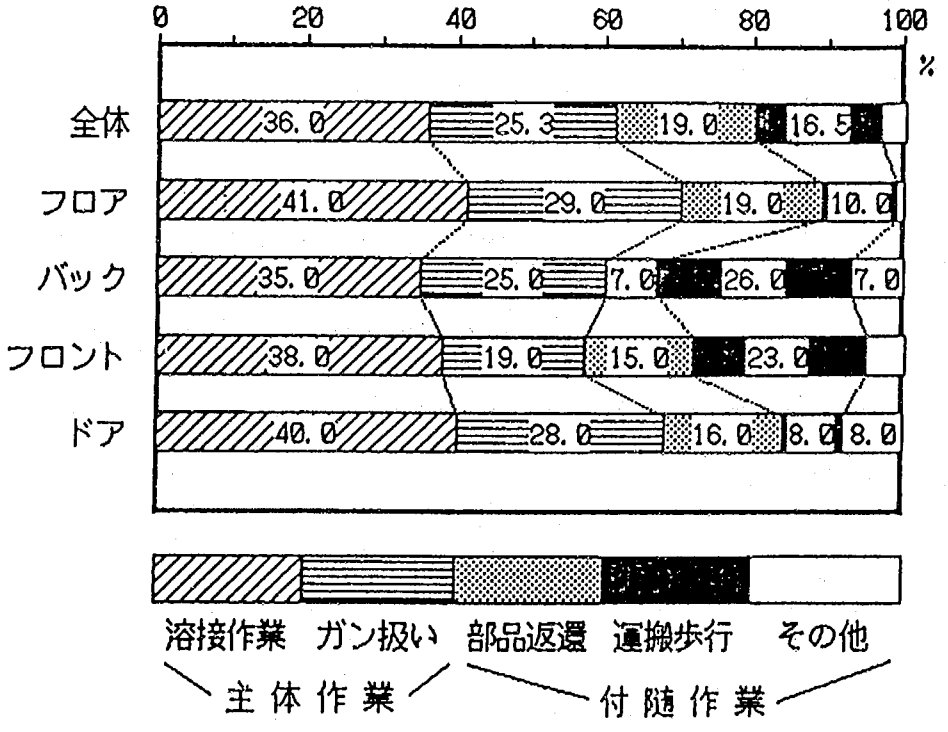
7）対策の効果

から構成されている。

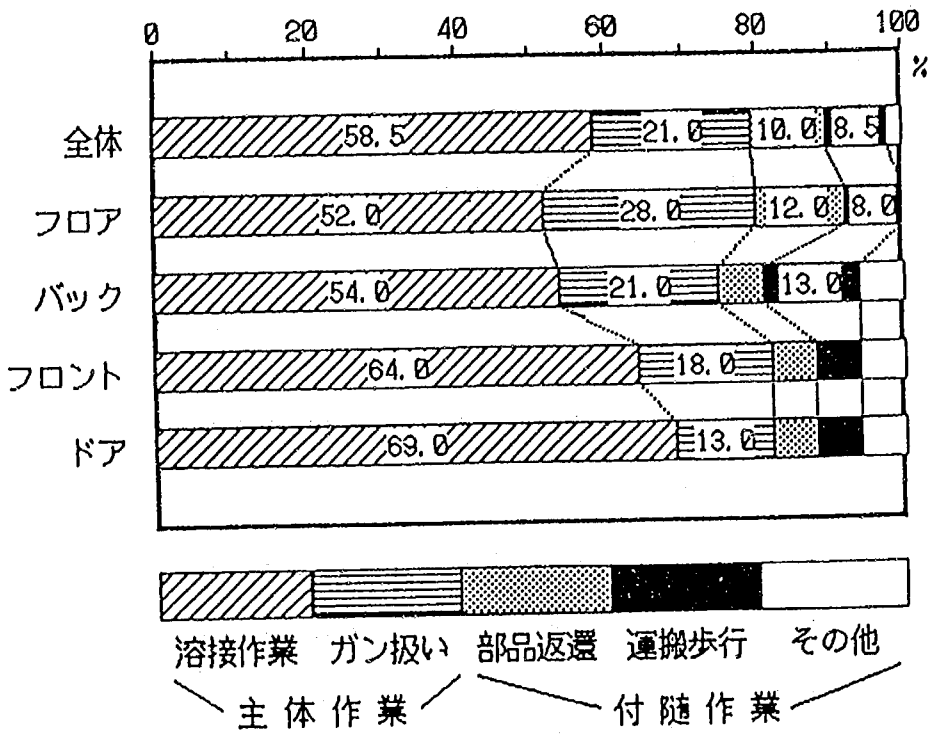
表－3.2.1(1) 工場における事例分析①

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

効果	稼働分析による要因分析（改善後） 

【出所】文献(65)

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

時　刻（時）

	7	8	9	10	11	12	13	14	15
押出機運転者	押出機運転			ガス止め	点検給油	昼食	押出機運転			ガス止め	掃除	終業点検
下回り作業者	合図確認	ドア掃除	窯口掃除	ガス止め	点検給油	昼食	合図確認	ドア掃除	窯口掃除	ガス止め	モルタル準備	引継ぎ

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

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。

【出所】文献(72)

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

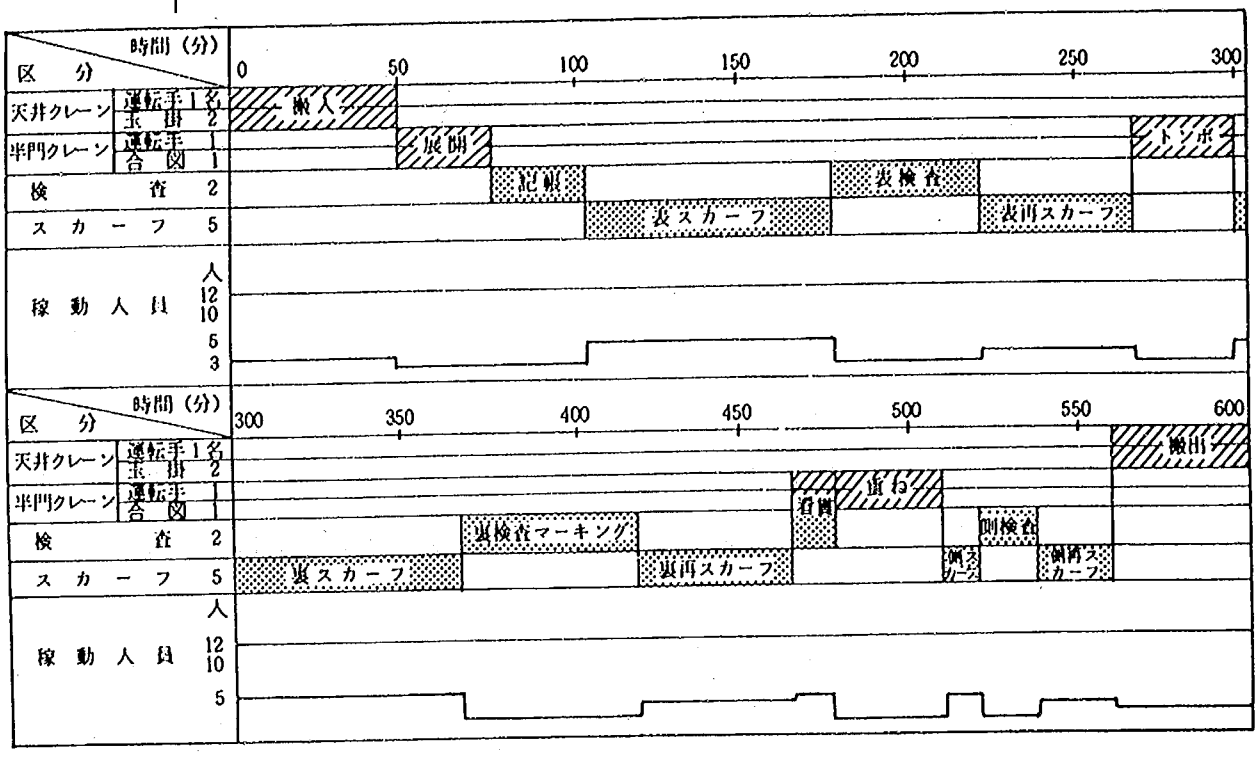
表－3.2.3(2)　工場における事例分析③

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。

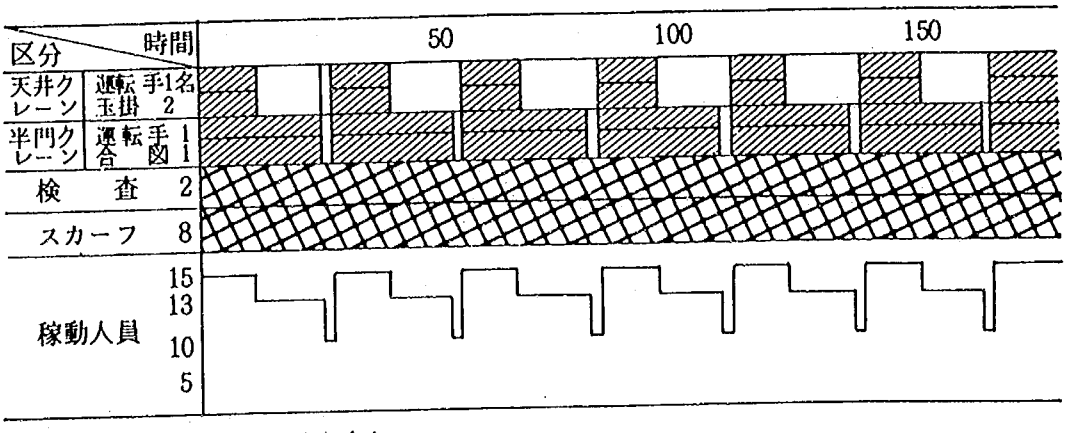
表－3.2.3(3)　工場における事例分析③

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。

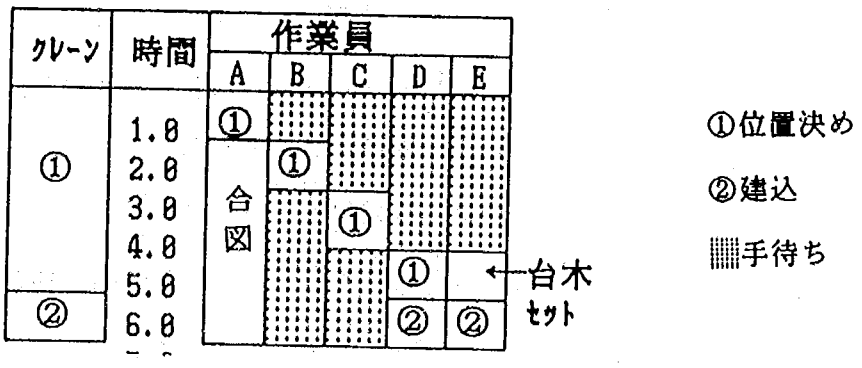
計測は時系列で、クレーンと作業員の作業を計測している。

□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%)

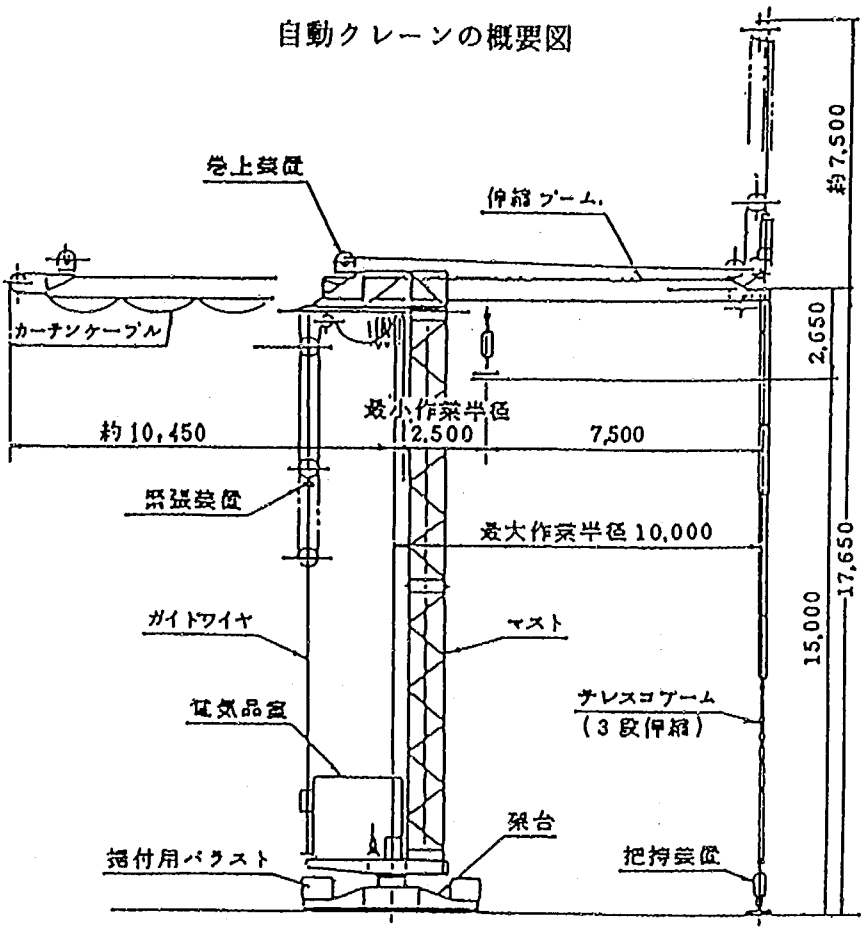
注）①小運搬 ②ﾅｯﾄ ③保持 ④移動 ⑤手待ち

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

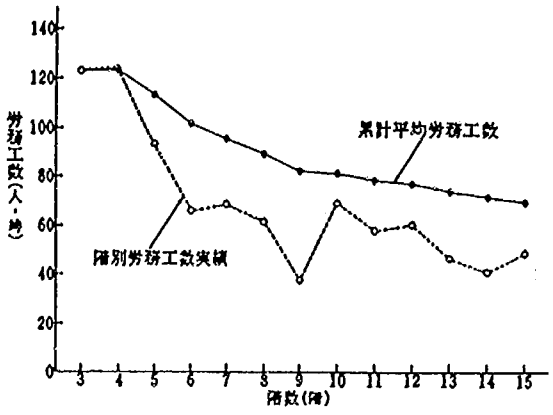
①型枠組立　②型枠解体　③コンクリート打設　④鉄筋組立

⑤ＰＣ工事　⑥その他土工　など

□分析結果

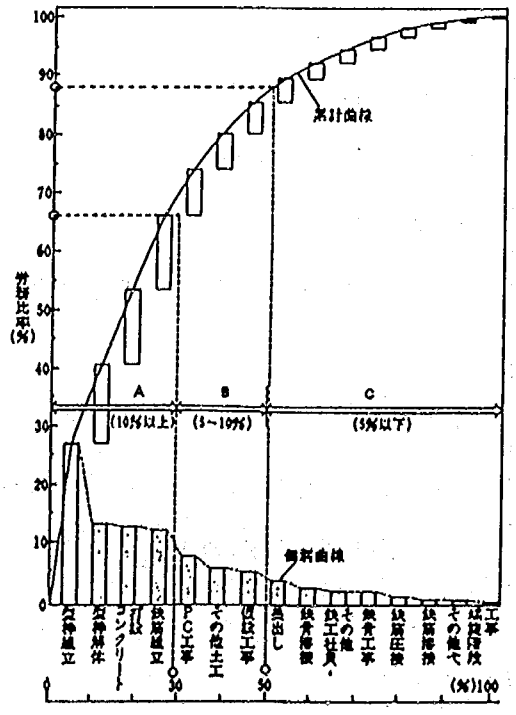
・ＨＰ－Ｒ工法では、労務工数に顕著な習熟効果が見られる。

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
ＰＣ工事	ＰＣ荷卸鳶工	.145　人	.11
	地組鳶手間	.245　人	0
	同上鉄工手間	.320　人	0
	ＰＣ建方手間	.40　人	0.47
左官工事	玄関ＳＤ詰モルタル	4.76　㎏	0
	ﾊﾞﾙｺﾆｰｱﾙﾐｻｯｼ 詰ﾓﾙﾀﾙ	9.26　㎏	0
	同上　膳板ﾓﾙﾀﾙ詰め	3.1　㎏	0
	PCｼﾞｮｲﾝﾄ 部目地ﾓﾙﾀﾙ詰	3.8　㎏	0
建具工事	玄関扉枠取付手間	.47　人	0
	ｱﾙﾐ 製建具取付手間	.70　人	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

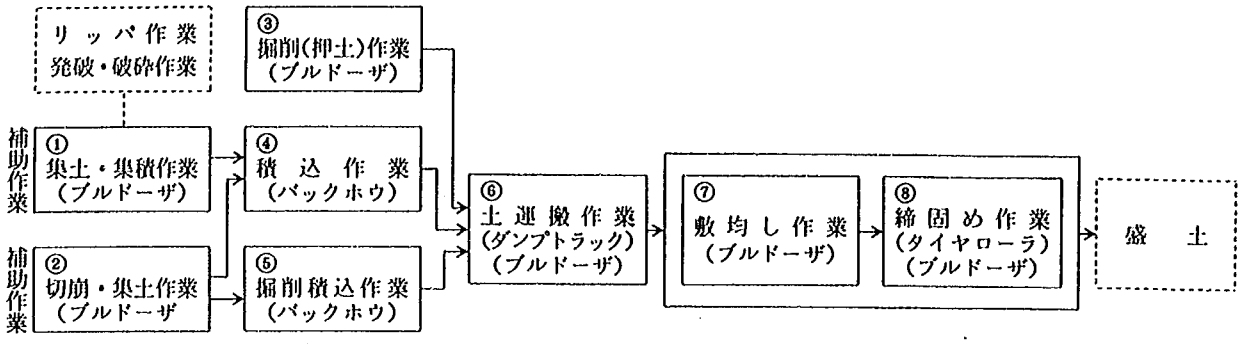
土工における積算合理化調査（要領）は，ブルドーザ作業，バックホウ作業，土運搬作業，敷均し，締固め作業に分類される。また，これら要領の最小単位の工程は**表－5.1.1**のとおりである。

(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

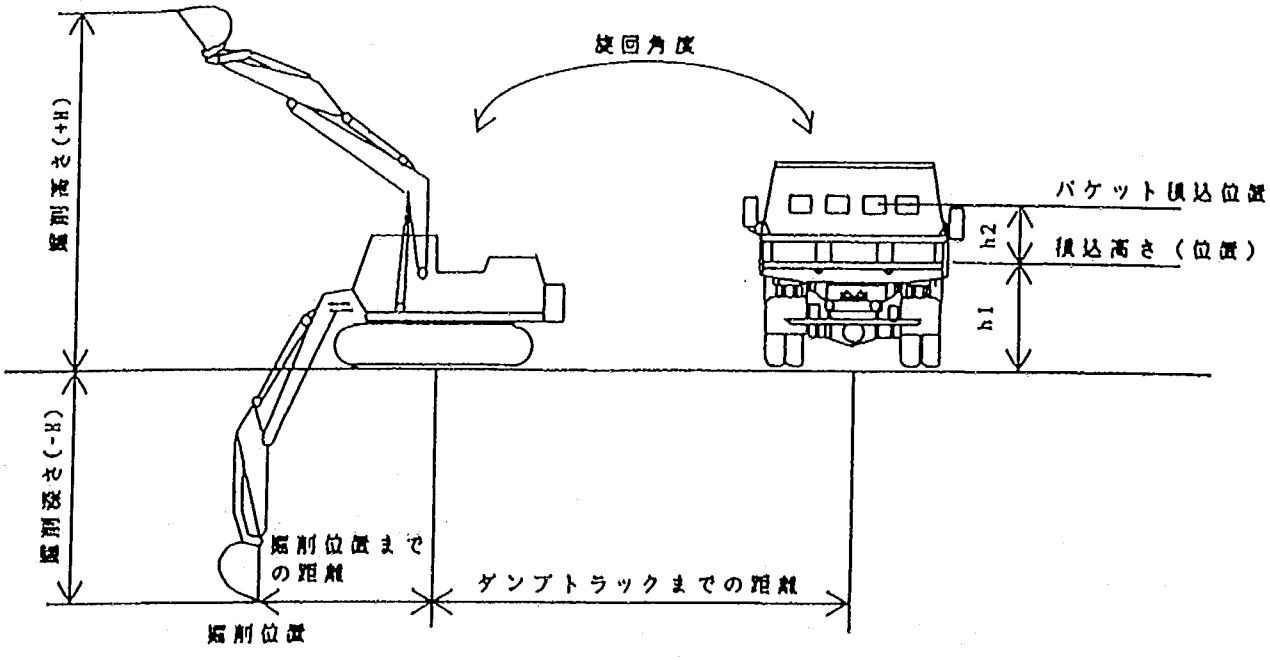


図－5.1.1　土工工程フロー

(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。

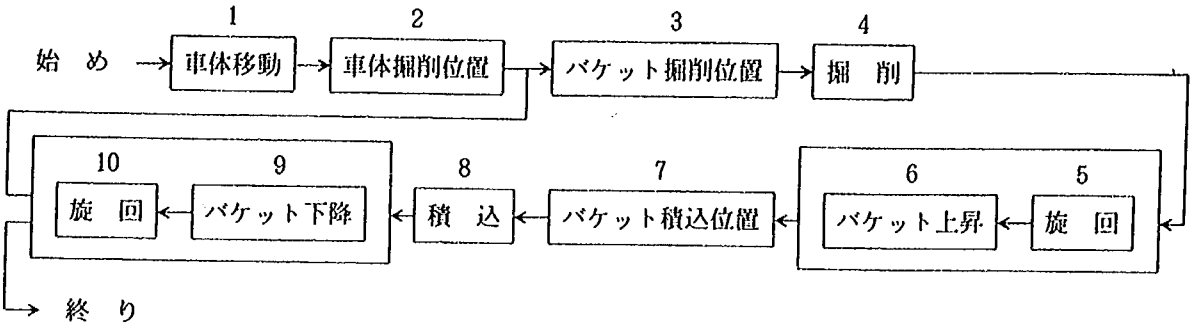


図－5.1.2　掘削積込作業概念図

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 $= 3{,}600 \times q \times f \times E/cm$ （㎥/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。

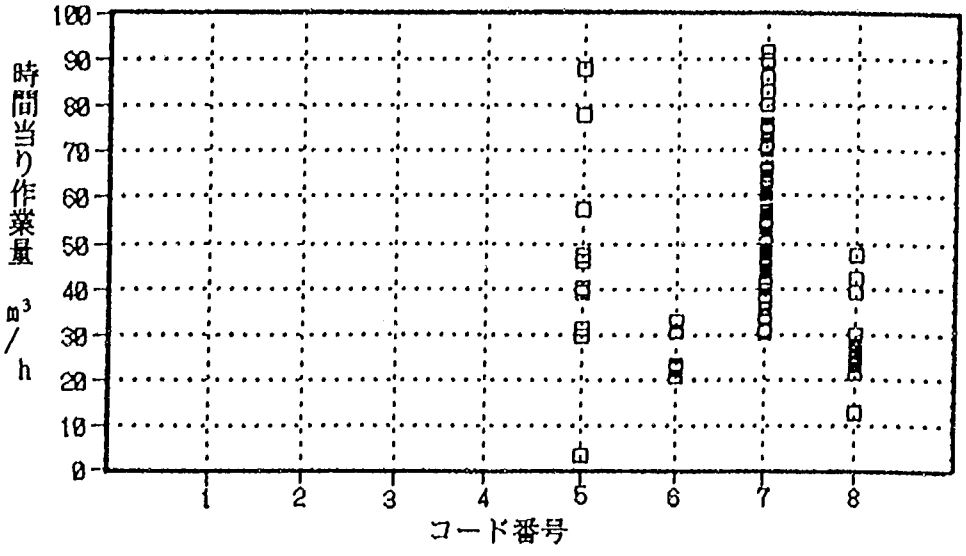
5.1.4　今後の計画

平成2年度は，施工ニーズに基づく調査対象工種の抽出を行い，元年度の調査により提案される作業調査・記述・分析手法を用いて，実施工現場での調査を行い，下記事項について検討を行う予定である。

① 工程組替え効果の定量的な検討

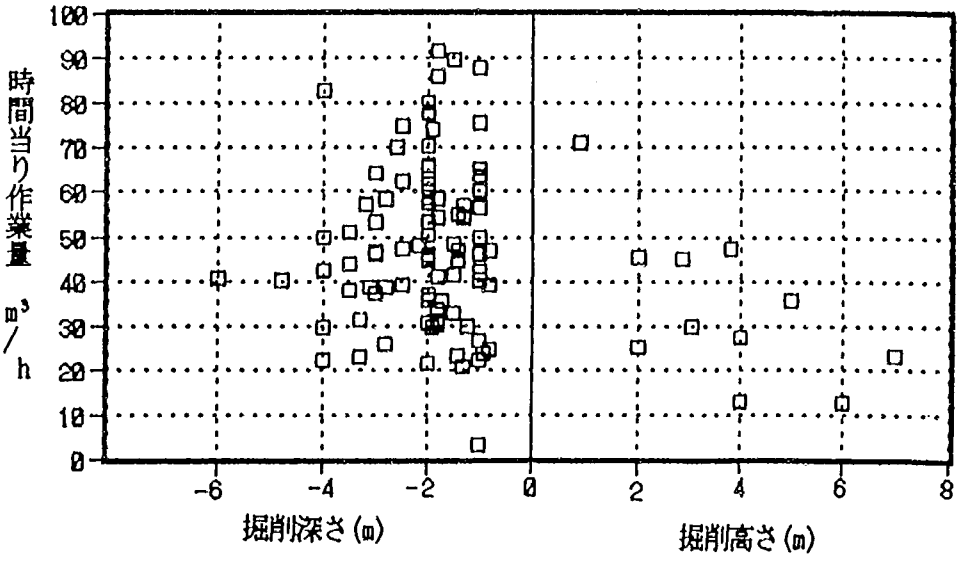
② 建設機械の改善効果の定量的な検討

解　析　結　果

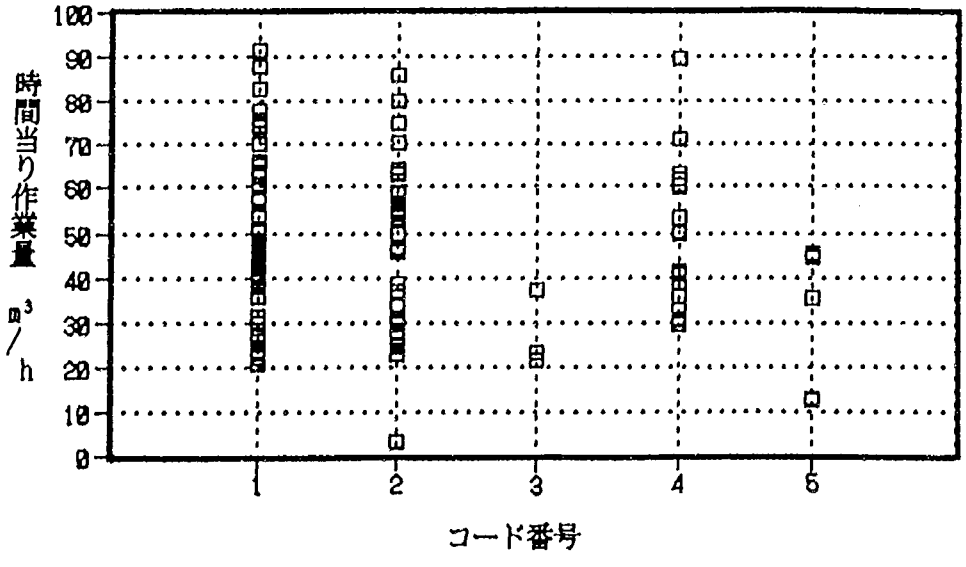


コード番号	現　場　地　形
1	掘削作業に当たり、欠損等の障害物がある場合
2	掘削作業に当たり、欠損等の障害物がない場合
3	掘削量が多く掘削場所間又は捨所間の移動が少なく連続掘削作業ができる場合
4	掘削量が少なく掘削場所間又は捨所間の移動が多く連続掘削作業ができないに合
5	上記1と3の組合せ現場の場合
6	上記1と4の組合せ現場の場合
7	上記2と3の組合せ現場の場合
8	上記2と4の組合せ現場の場合
9	その他（　）記入する

別図－1　現場地形

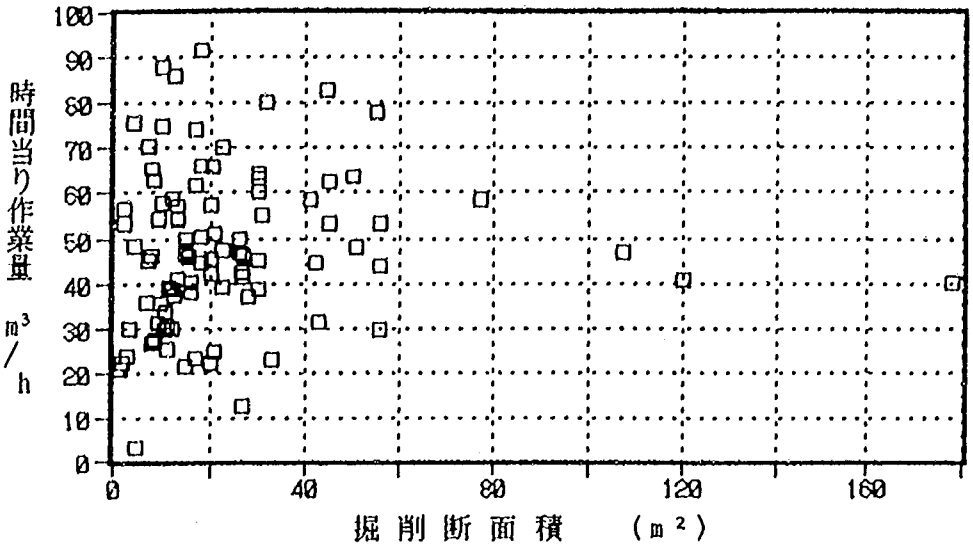


別図－2　掘削深さ

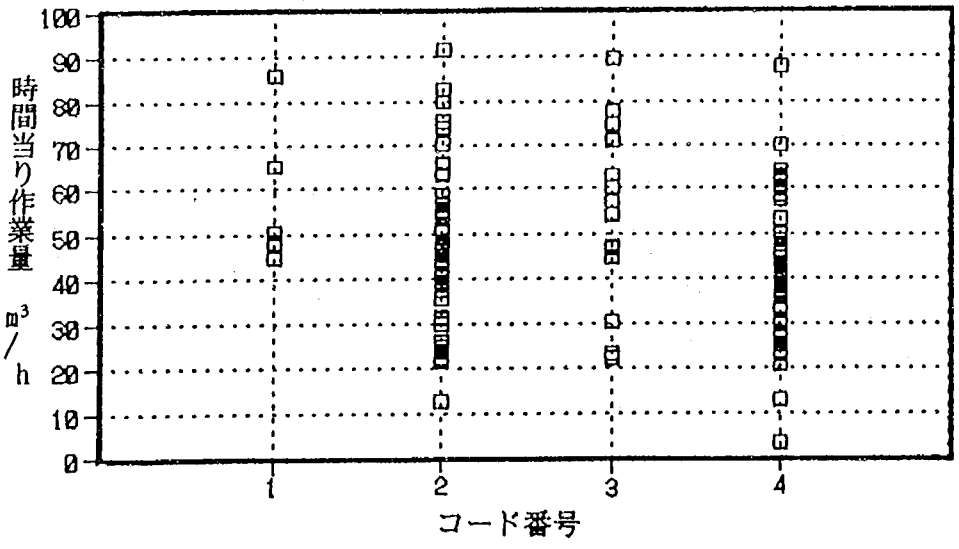


コード番号	土質区分	掘削対象物の状態
1	土砂	地山（自然状態）が比較的容易に掘削できる状態にあるもの
2	土砂	地山（自然状態）が中程度に掘削できる状態にあるもの
3	土砂	地山（自然状態）が比較的困難な掘削状態にあるもの
4	土砂、岩	掘りゆるめられている状態にあるもの
5	岩	地山（自然状態）状態にあるもの

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)

別表－2　工種・作業一覧表

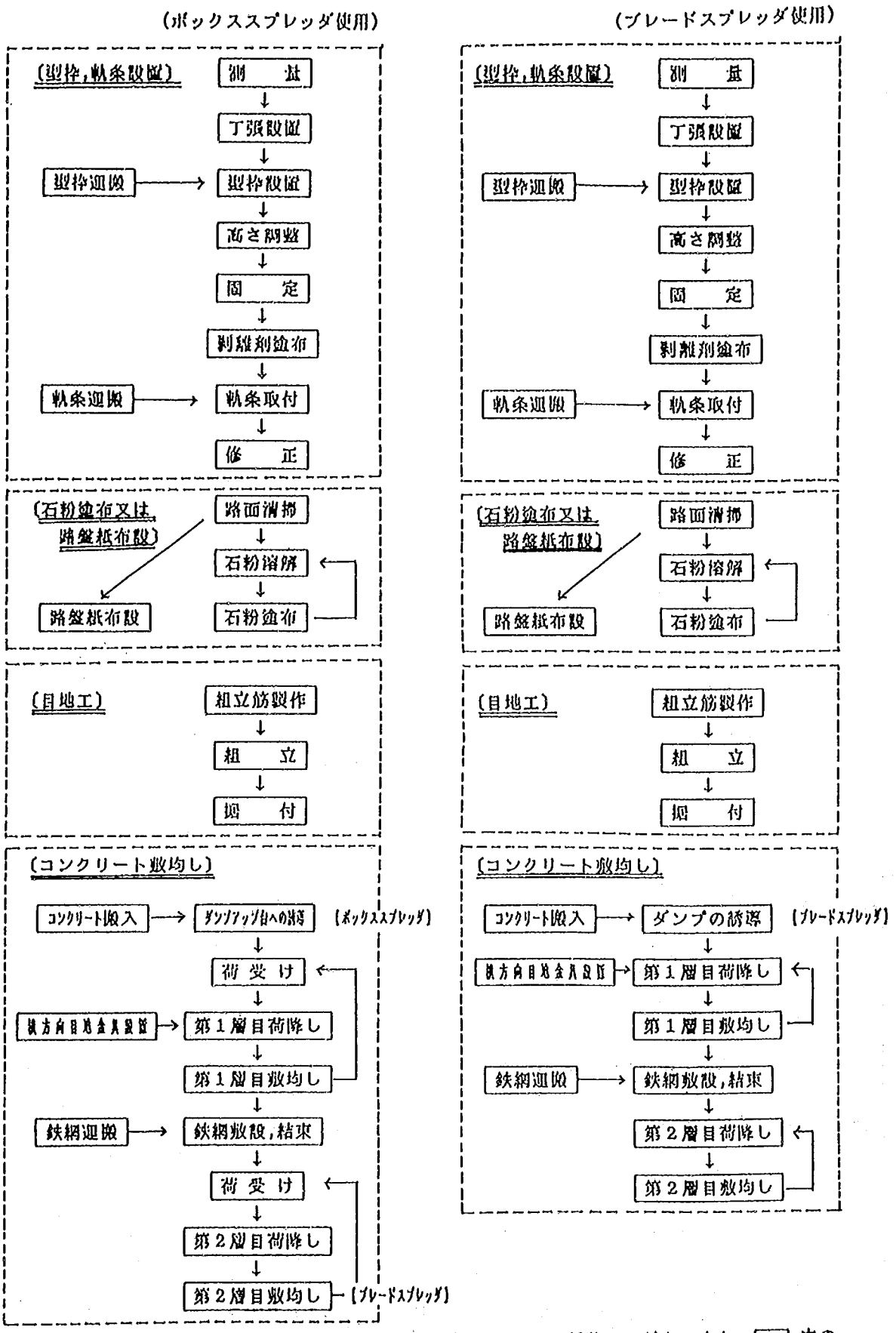
工種	作業 ＼ 箇所	北海道	東北	関東	四国1	四国2	四国3	四国4	四国5
舗装準備	石粉塗布	○	○	○	○	○			
	型枠工	○	○	○	○	○	○	○	○
	軌条設置及び取外し	○	○	○	○	○	○	○	○
	目地工	○	○	○	○	○	○	○	○
	鉄網製作	○		○					
セメントコンクリート舗装（機械施工）	コンクリートの敷均し	○	○	○	○	○	○	○	○
	鉄網舗設	○	○	○	○	○	○	○	○
	締固め	○	○	○	○	○	○	○	○
	平坦仕上げ	○	○	○	○	○	○	○	○
	粗面仕上げ	○	○	○	○	○	○	○	○
セメントコンクリート舗装（人力施工）	コンクリートの敷均し	○		○			○	○	
	鉄網舗設	○		○			○	○	
	締固め	○		○			○	○	
	平坦仕上げ	○		○			○	○	
	粗面仕上げ	○		○			○	○	
目地切り及び目地材注入	目地切り及び清掃	○	○	○	○	○	○	○	○
	目地充填	○	○	○	○	○	○	○	○
養生工（初期養生）	三角屋根		○	○					
	膜養生	○	○	○			○	○	○
養生工（後期養生）	養成マット，麻袋	○	○	○	○	○	○	○	○
	散水	○	○	○	○		○	○	○

1. 実施工における細分可能な最小工程

別図－6，7は，施工業者の意見を参考として作成した工程図である。ここに示す作業工程は，セメントコンクリート舗装要綱に基づき，最も一般的に行われる機械施工の工程を可能な限り細分している。

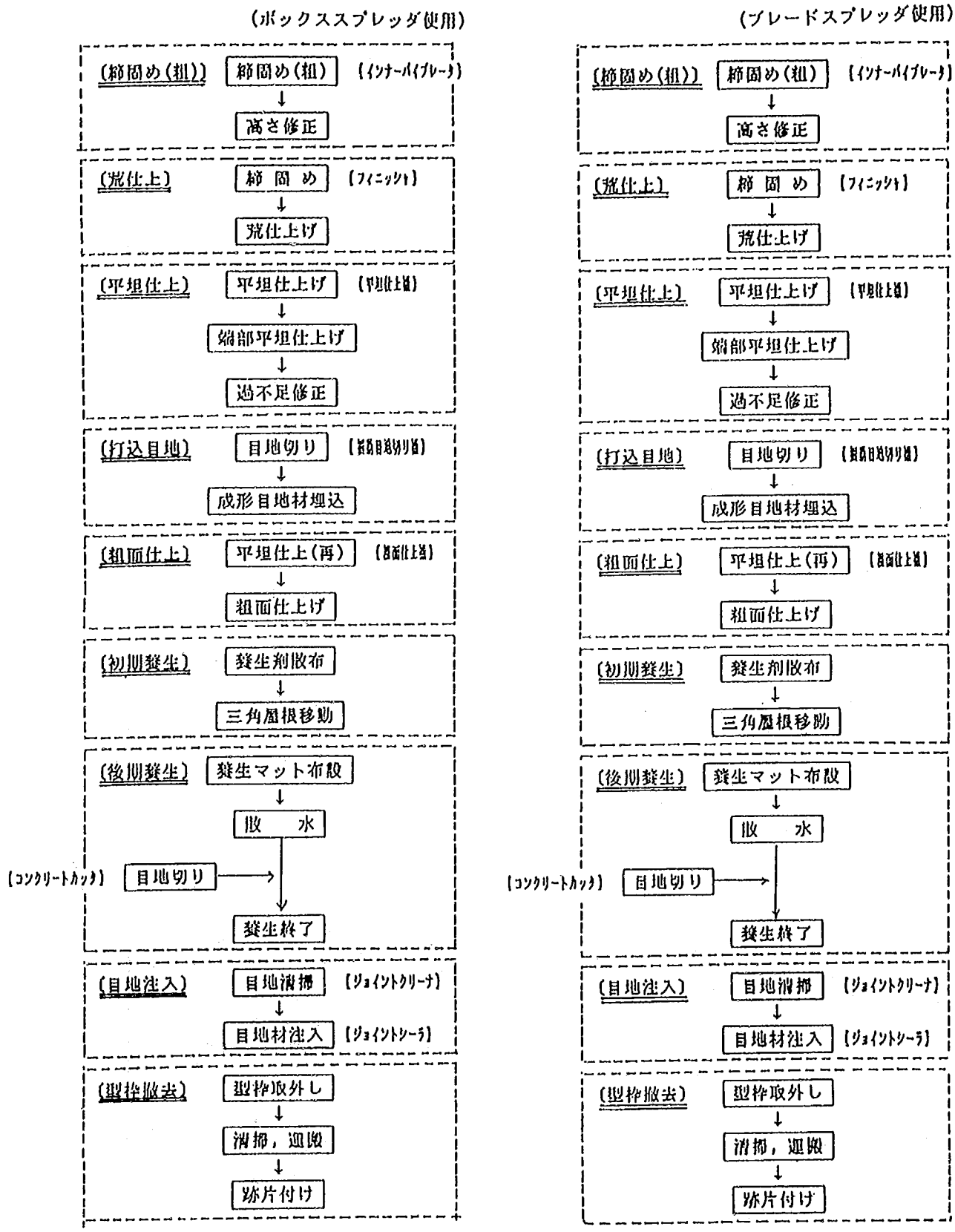
図中点線で囲んだブロックは，セメントコンクリート舗装における工種を，また□内のものは各作業内容を表わす。

この図を見ると，使用するスプレッダがボックス形かブレード形かにより，敷均し工程に若干の差が生ずるが，他の工程は全く同様となっていることが分かる。



※ 点線で囲ったブロックは、コンクリート舗装の工種を、また、□ 内のものは作業内容を表わす。

別図－6　コンクリート舗装の舗設工程図(1)



※ 点線で囲ったブロックは、コンクリート舗装の工種を、また、□ 内のものは作業内容を表わす。

別図－7　コンクリート舗装の舗設工程図(2)

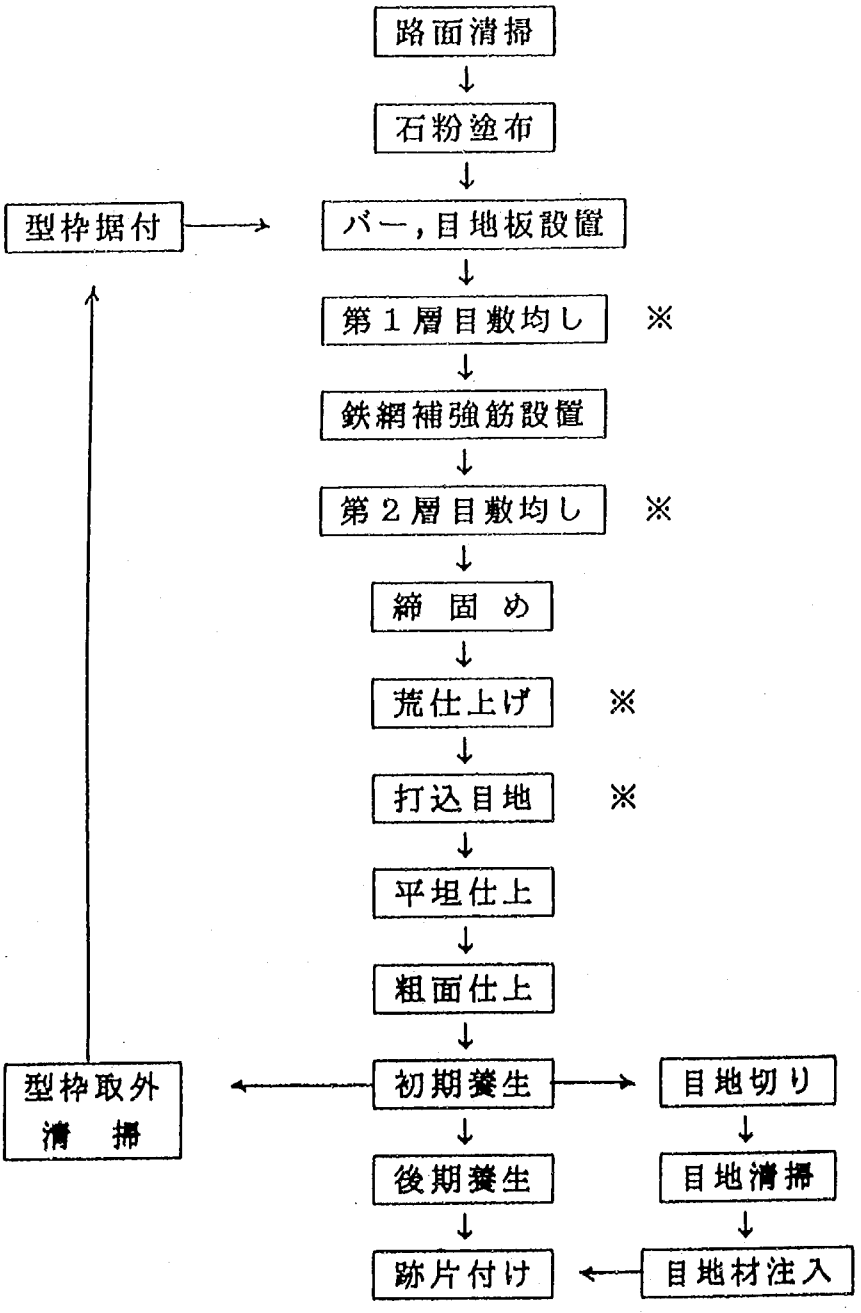
2. 最小単位工程相互の関連の整理

別図－8～15は，調査データの様式－2（コンクリート舗装の工程図）に示されている工程図である。この図に示されている工種名及び作業名の一部には，前掲の別図－6～別図－7に示す工種名，作業名と一致しないものが見られるが，その理由は不明である。

これらの各工程は，時間の経過順に並べられているが，施工業者からのヒアリングによれば，実際の施工では一部の工程又は作業が時間的にオーバラップして行われることがあるとのことであった。ただし，どの工程で，どの程度オーバラップするのかは，調査データからは不明である。

別表－3に8件の調査データの一覧を示す。別表－2の場合と同様に，調査箇所によっては実施されていない工程がある。

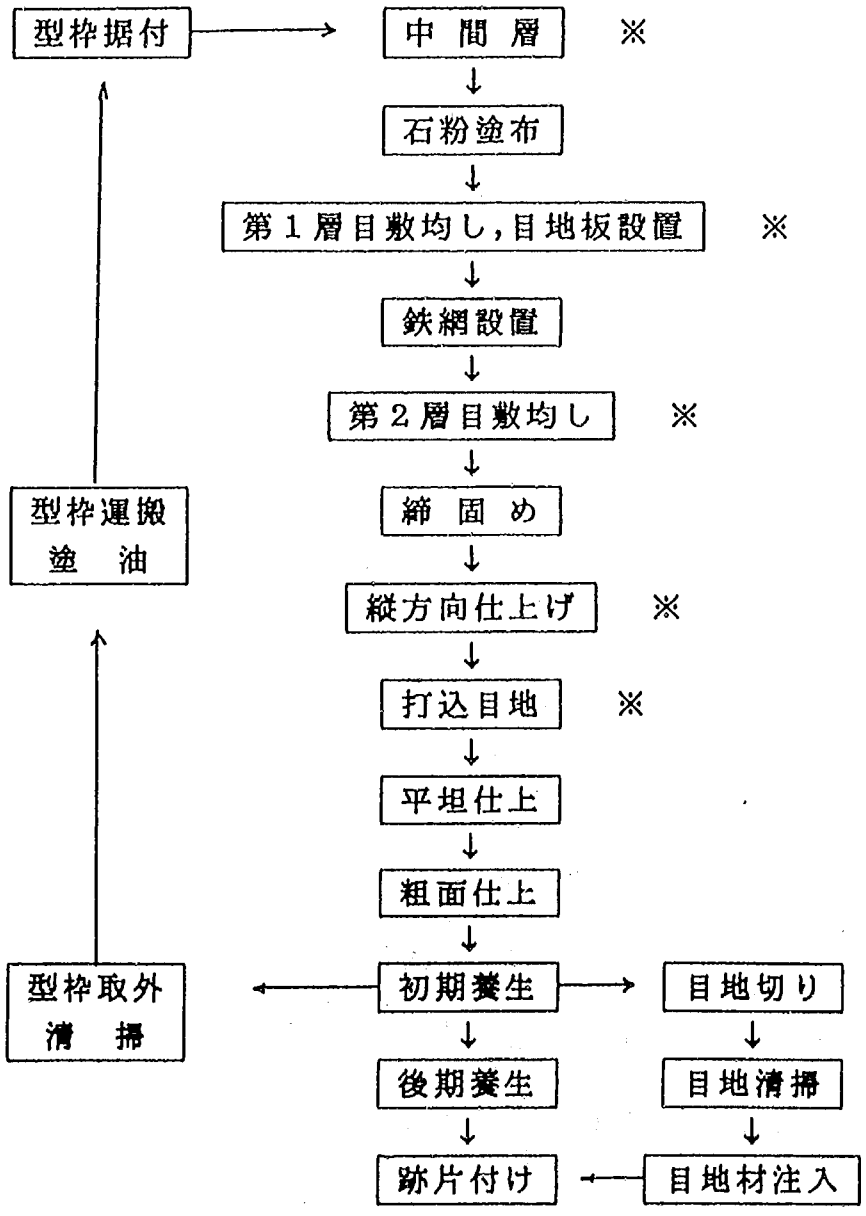
調査データの工程図



※印は、長期調査表の様式-３，４，５，６，７には記載されていない工種。

別図－８　作業工程図(1)

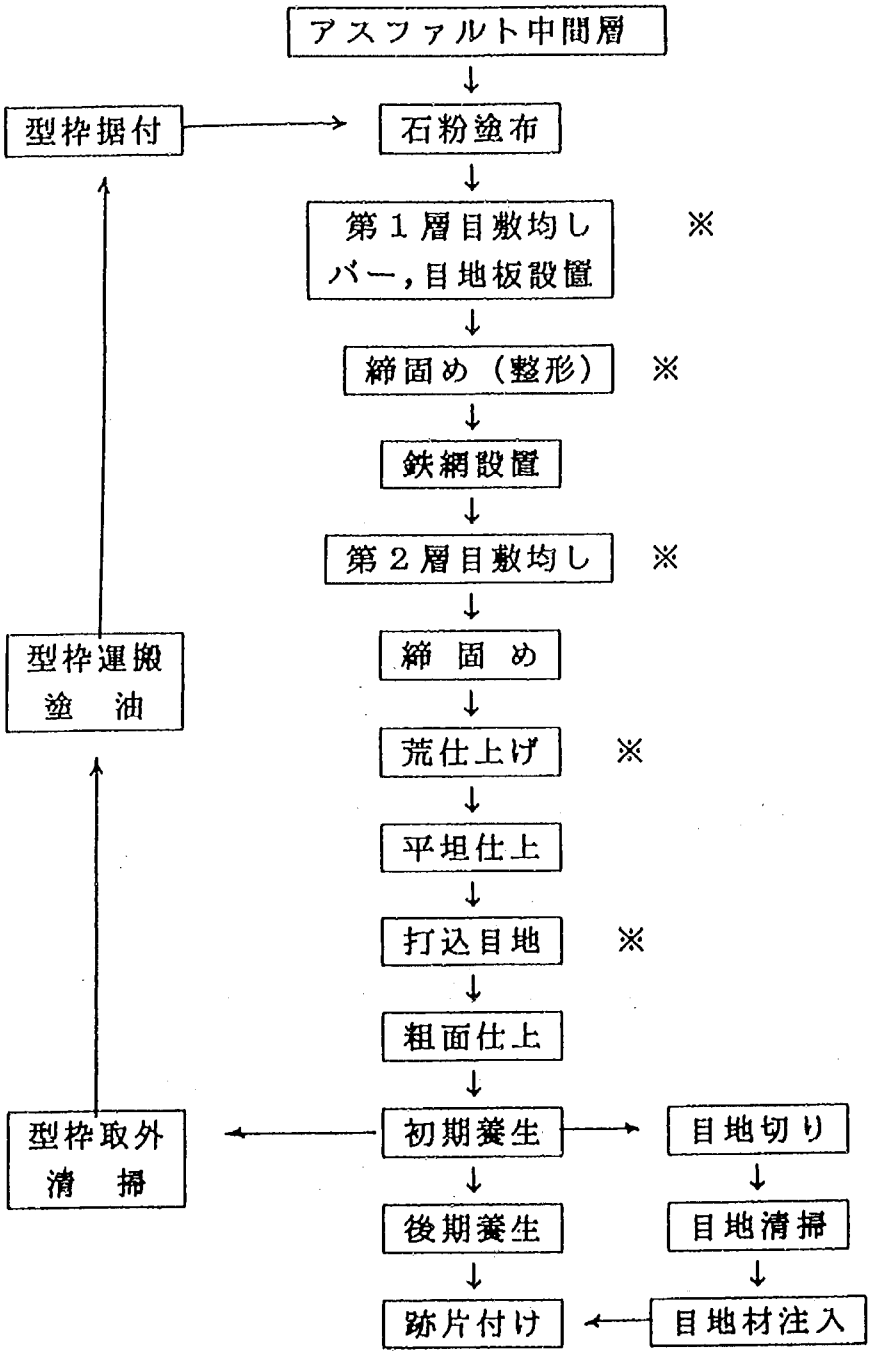
調査データの工程図



※印は、長期調査表の様式-３，４，５，６，７には記載されていない工種。

別図－９　作業工程図(2)

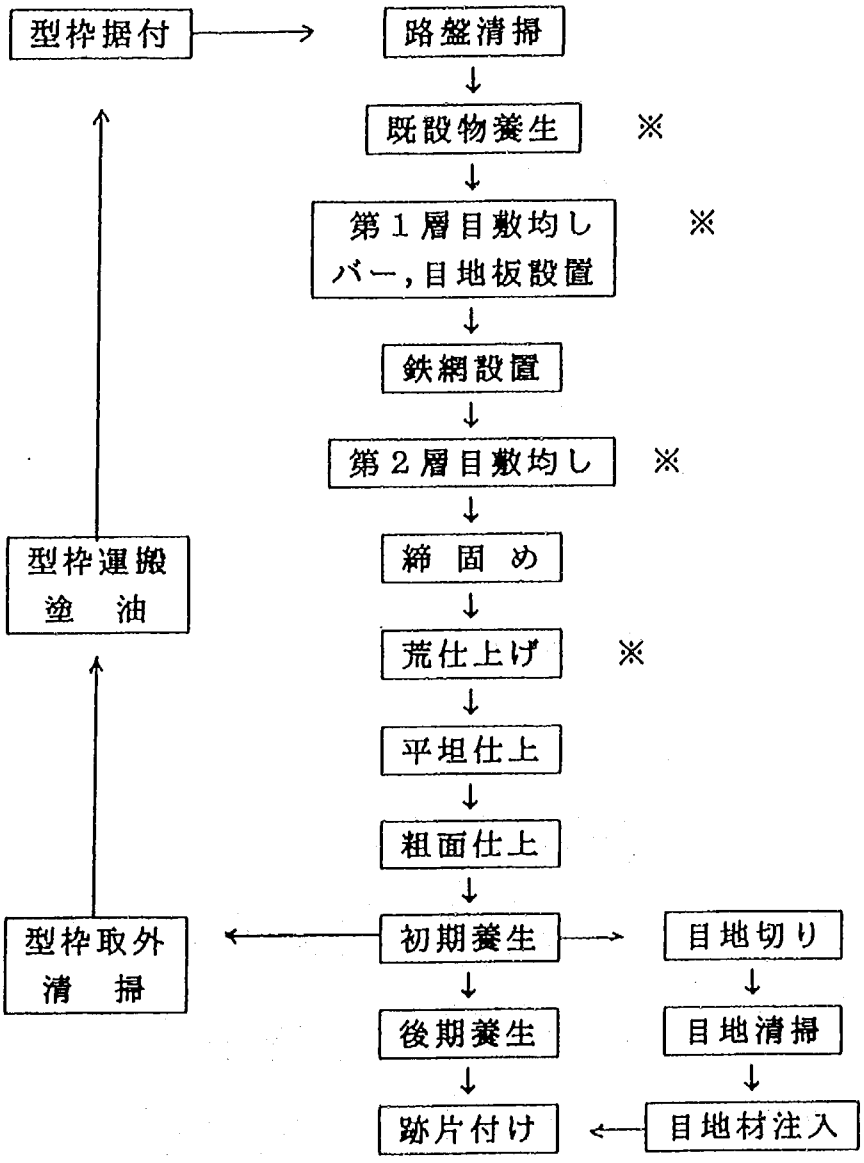
調査データの工程図



※印は、長期調査表の様式-３，４，５，６，７には記載されていない工種。

別図－10　作業工程図(3)

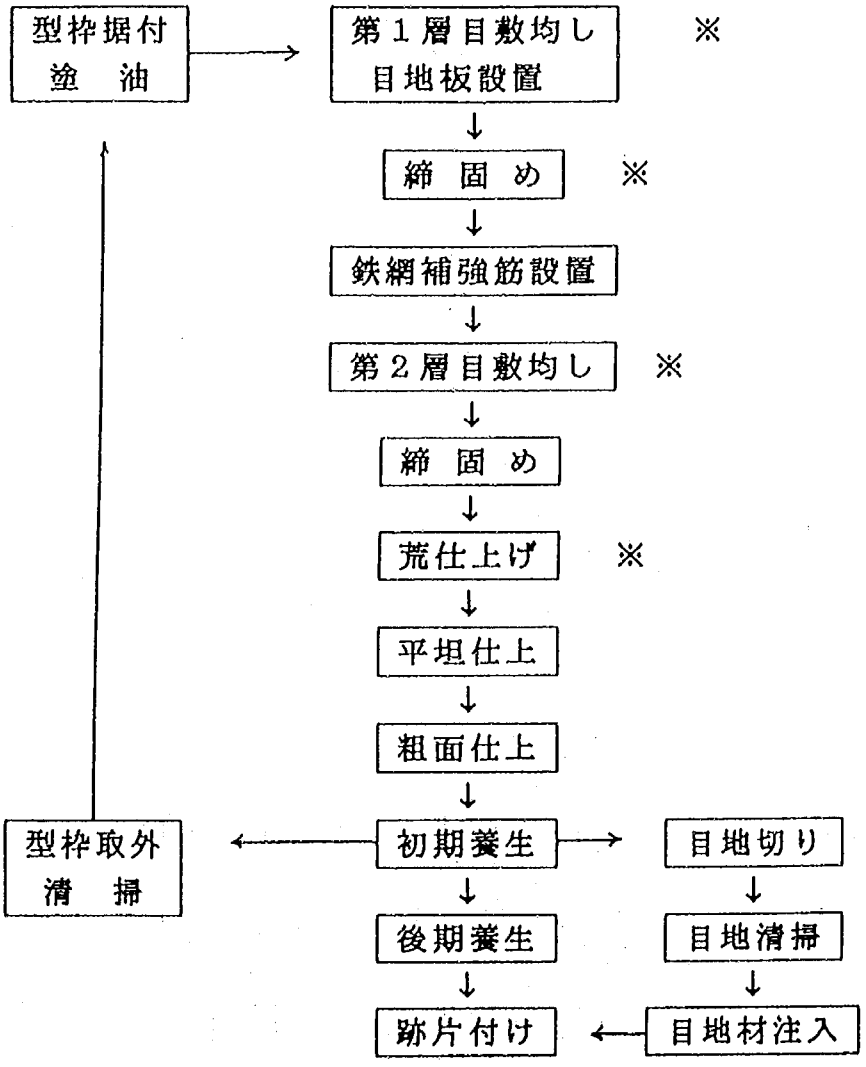
調査データの工程図



※印は、長期調査表の様式-３，４，５，６，７には記載されていない工種。

別図－11　作業工程図(4)

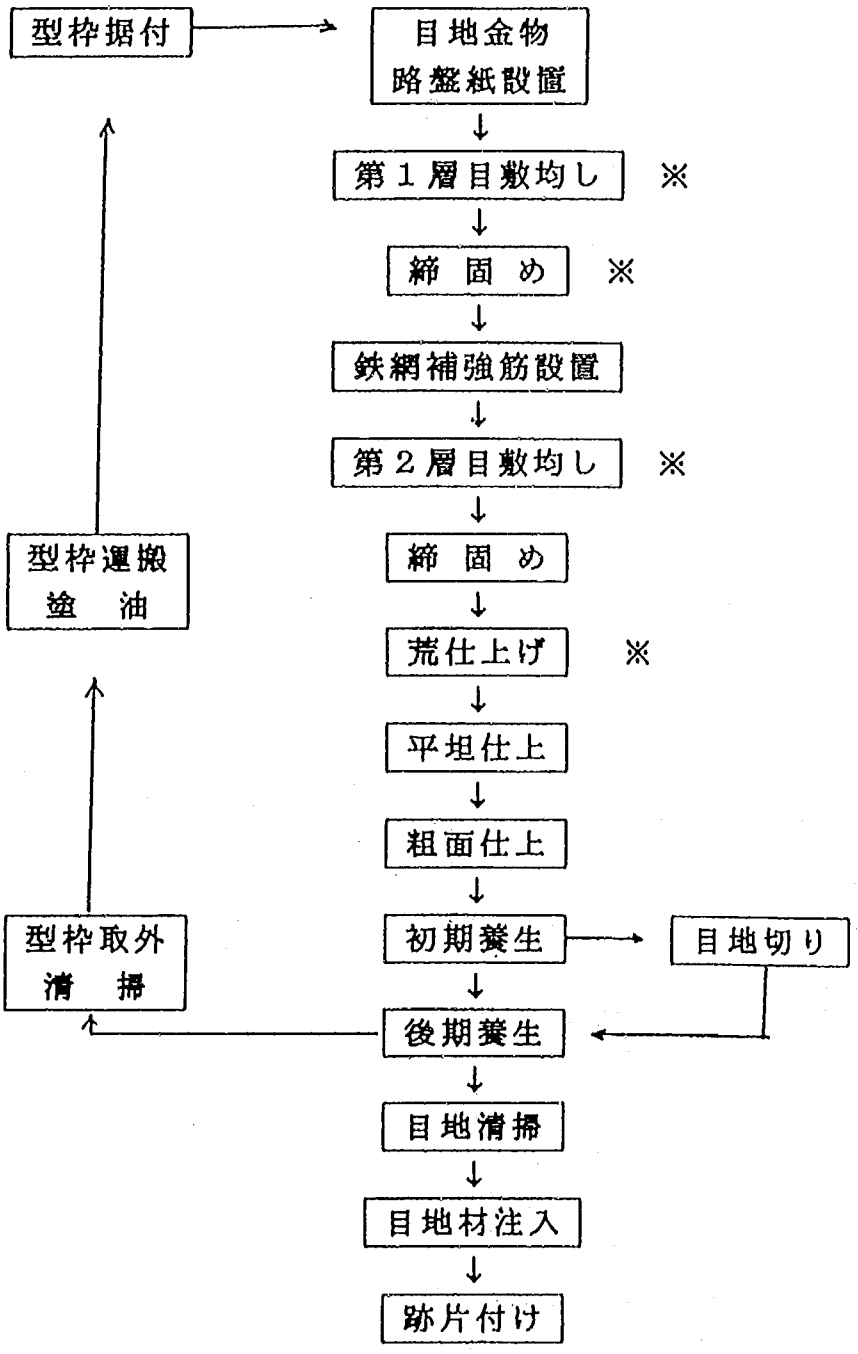
調査データの工程図



※印は、長期調査表の様式-３，４，５，６，７には記載されていない工種。

別図－12　作業工程図(5)

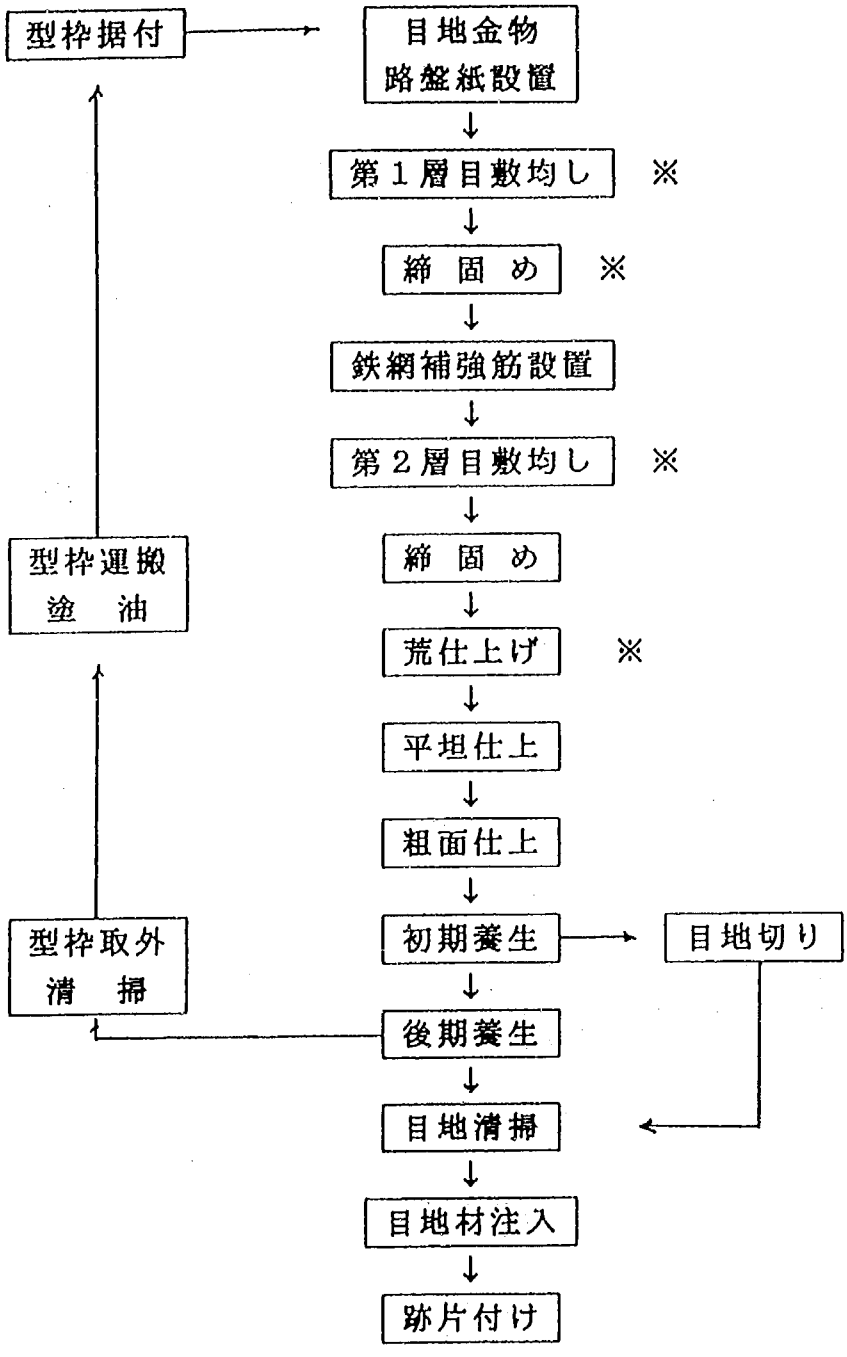
調査データの工程図



※印は、長期調査表の様式-３，４，５，６，７には記載されていない工種。

別図－13　作業工程図(6)

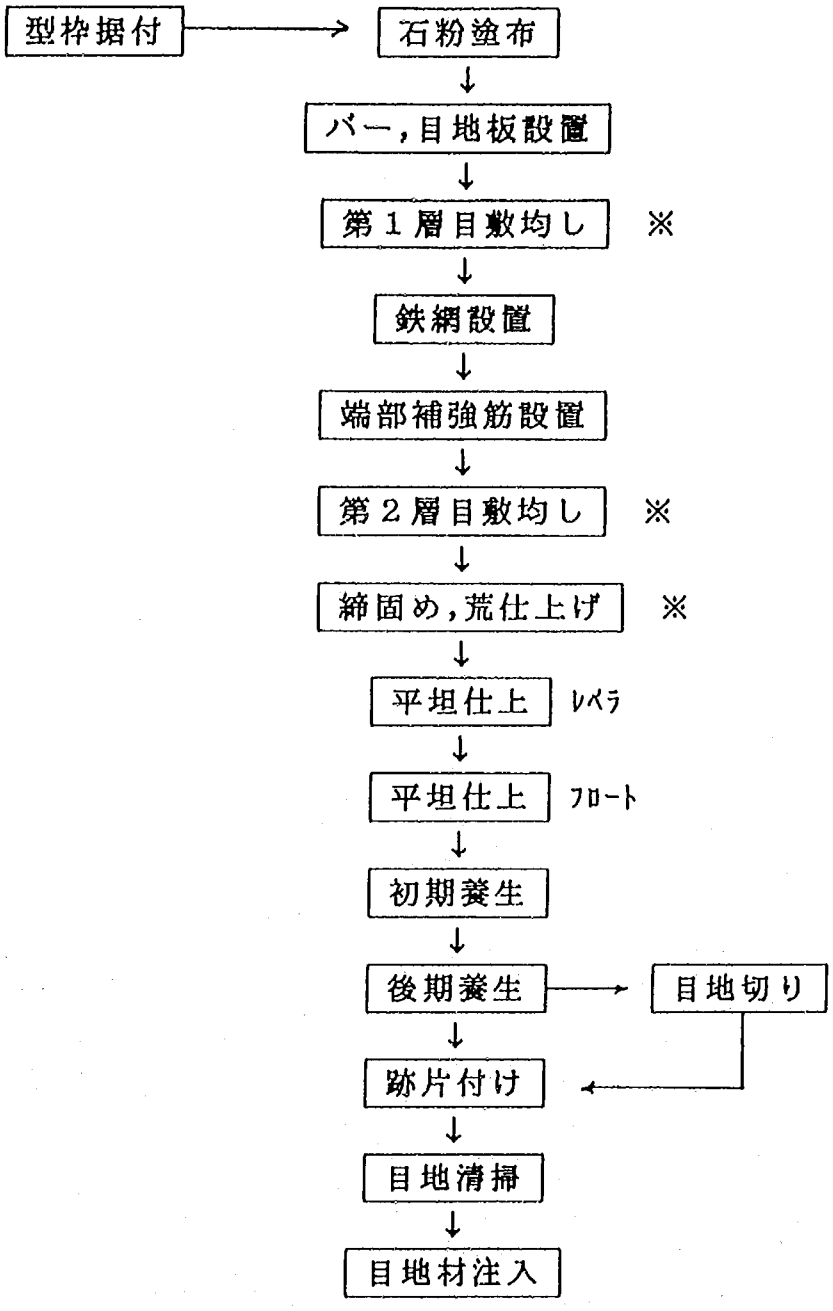
調査データの工程図



※印は、長期調査表の様式-３，４，５，６，７には記載されていない工種。

別図－14　作業工程図(7)

調査データの工程図



※印は、長期調査表の様式-３，４，５，６，７には記載されていない工種。

別図－15　作業工程図(8)

別表－3　コンクリート舗装工程一覧表

箇所 / 工種	北海道	東北	関東	四国1	四国2	四国3	四国4	四国5	標準
路面清掃	○			○					○
アスファルト中間層		○	○						
石粉塗布	○	○	○					○	○
型枠設置	○	○	○	○	○	○	○	○	○
バー，目地板設置	○	○	○	○	○			○	○
目地金物路盤紙設置						○	○		
既設物養生				○					
第1層目敷均し	○	○	○	○	○	○	○	○	○
締固め			○		○	○	○		○
鉄網，補強筋設置	○	○	○	○	○	○	○	○	○
第2層目敷均し	○	○	○	○	○	○	○	○	○
締固め	○	○	○	○	○	○	○	○	○
荒仕上げ	○		○	○	○	○	○	○	○
縦方向仕上げ		○							
打込目地	○	○	○						○
平坦仕上げ	○	○	○	○	○	○	○	○	○
粗面仕上げ	○	○	○	○	○	○	○		○
初期養生	○	○	○	○	○	○	○	○	○
後期養生	○	○	○	○	○	○	○	○	○
目地切り	○	○	○	○	○	○	○	○	○
目地清掃	○	○	○	○	○	○	○	○	○
目地材注入	○	○	○	○	○	○	○	○	○
型枠取外し清掃	○	○	○	○	○	○	○		○
型枠運搬塗油		○	○	○	○	○	○		○

3. 各最小単位工程における作業の定量的評価

3.1 調査データの整理

「調査データ」の8件について記載されている主な作業内容を対象工事別に，工種，作業名，作業手段，作業手順，作業員編成，延作業人員，労務費，機械経費，人力依存度，および労務費構成比の各項目についてとりまとめた。

労務費の単価は，(財)経済調査会の積算資料(1989年10月号)を参考にし，機械経費については建設機械等損料算定表(昭和62年版)を参考にし算出した。また，機械経費には機械の運転に携わる運転員の労務費を含んでいる。

なお，人力依存度とは，その作業に係わった労務費を所要経費で除したものをいい，労務費構成比とは，その作業に係わった労務費をその工事全体の労務費で除したものを示す。

このデータの整理表は時間分析を行うことを意図しているが，調査データから各工程又は作業別の所要時間を知ることは不可能である。

表中の＊印を付した数値は，人員編成と総工数を勘案して推定したものである。

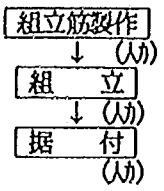
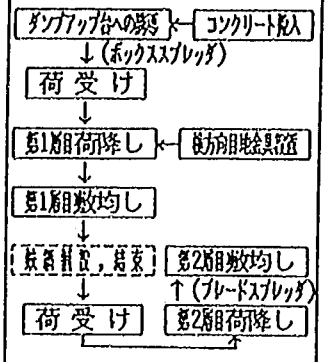
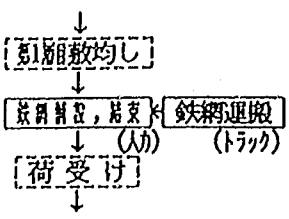
別表－4　作業内容の分析評価(1)

一般道路　1/5　(1)

標準的な作業状態	工種		舗設準備	同左	同左
	作業		石粉塗布又は路盤紙布設	型枠工，運搬据付丁張，剥離剤塗布	軌条設置及び取外し
	作業手段		人力	人力，機械	人力，機械
	作業手順		路面清掃 →(ほうき) 石粉溶解 →(バケツ) 石粉塗布 (ローラ刷毛 デッキブラシ) → 路盤紙布設 (人力)	測量 → 丁張設置 → 型枠設置 ← 型枠運搬 (トラック) → 高さ調整 → 固定 → 剥離剤塗布 → 清掃 → 型枠取外	軌条据付 ← 軌条運搬 (トラック) →(人力) 修正 →(人力) 軌条取外 (人力)
	人力依存度(%)		100	65.7	88.3
	労務費構成比(%)		7.9	15.2	5.6
作業内容の分析評価	作業内容	安全性	特になし。	積込，荷降時におけるクレーン作業	積込，荷降時におけるクレーン作業
		苦渋性	風の強いときには石粉が舞い上がり衣服等が汚れる。	重量物(型枠)の人力運搬	重量物(軌条)の人力運搬
	作業環境	安全性	特になし。	特になし。	特になし。
		苦渋性	風の強いときには石粉が舞い上がる。	特になし。	特になし。
	施工上の技術的問題	施工能率	機械化されていない。作業手順が確立されていない。能率が不安定。	型枠の機械設置が不可能	軌条の機械設置が不可能
		品質	(石粉)作業基準の不確立。塗りむらが多い (路盤紙類)コンクリート打設までの固定が困難	アスファルト中間層，路盤工の精度により型枠の据付精度が困難	型枠の据付精度により軌条の精度が決定される。

別表－5　作業内容の分析評価(2)

一般道路　2/5　(2)

標準的な作業状態	工種		舗設準備	コンクリート舗設	同左
	作業		目地工,鉄筋組立 運搬設置	コンクリート 敷均し	鉄網舗設
	作業手段		人力,機械	人力,機械	人力
	作業手順				
	人力依存度(%)		80.6	24.2	100
	労務費構成比(%)		9.4	6.2	10.6
作業内容の分析評価	作業内容	安全性	特になし。	敷均し機械の往復走行による作業員の接触の危険 ダンプの誘導による接触の危険	足場が悪い。
		苦渋性	足場が悪い	コンクリートによる汚れ	足場が悪い。 コンクリートによる汚れ。 重量物のため人力での設置がきつい。
	作業環境	安全性	特になし。	特になし。	特になし。
		苦渋性	特になし。	コンクリートによる汚れ 足場が悪い	コンクリートによる汚れ。
	施工技術上の問題	施工能率	特になし。	オペレータの熟練度により作業能率が変化する。	布設高さが調節しにくい。 専任の作業員がなく他の作業と兼業のため作業能率が低下。
		品質	据付精度がコンクリート打設時に乱されがちである。	オペレータの熟練度による材料むら。	布設の高さ保持が困難。

別表－6　作業内容の分析評価(3)

一般道路　3/5　(3)

標準的な作業状態	工種		コンクリート舗設	同左	同左
	作業		締固め	平坦仕上げ	粗面仕上げ
	作業手段		人力，機械	人力，機械	人力
	作業手順		締固め(粗) ↓(インナーバイブレータ) 高さ修正 ↓(人力) 締固め ↓(フィニッシャ) 荒仕上げ	平坦仕上げ ↓(平坦仕上) 端部平坦仕上 ↓(人力) 過不足修正 (人力)	目地切り ↓(縦目地切り) 成形目地材打込 ↓(人力) 再平坦仕上 ↓(人力) 粗面仕上げ (粗仕上げ)
	人力依存度(%)		19.1	51.7	100
	労務費構成比(%)		4.4	9.5	5.8
作業内容の分析評価	作業内容	安全性	特になし。	(人力)後方確認が困難。	特になし。
		苦渋性	コンクリートによる汚れ。 振動・騒音が大きい。	(人力)フロート操作がきつい。 熟練度，体力が要求される。	特になし。
	作業環境	安全性	特になし。	特になし。	特になし。
		苦渋性	振動・騒音が大きい。 (人力)足場が悪い。	特になし。	特になし。
	施工上の技術的問題	施工能率	特になし。	施工機械と人力施工との調整が困難。	特になし。
		品質	特になし。	熟練度が要求される。	熟練度が要求される。

別表－7　作業内容の分析評価(4)

一般道路　4/5　(4)

標準的な作業状態	工種		目地切及び目地材注入	同左	養生工(初期)
	作業		目地切及び清掃	目地填充	三角屋根
	作業手段		人力,機械	人力,機械	人力,機械
	作業手順		養生マット布設 → 散水 → 目地切り(コンクリートカッタ) → 養生終了	目地清掃 → (ジョイントクリーナ) 目地材注入 (ジョイントシーラ)	三角屋根設置 → (トラッククレーン,人力) 三角屋根移動 → (人力) 三角屋根取外し (トラッククレーン,人力)
	人力依存度(%)		34.7	75.7	80.9
	労務費構成比(%)		7.0	4.3	4.0
作業内容の分析評価	作業内容	安全性	特になし。	特になし。	クレーン使用のため組立解体が危険。
		苦渋性	振動・騒音が大きい 汚水の飛散による汚れ。 粉塵が多い。	特になし。	特になし。
	作業環境	安全性	特になし。	特になし。	特になし。
		苦渋性	特になし。	特になし。	特になし。
	施工上の技術的問題	施工能率	特になし。	特になし。	特になし。
		品質	施工時期とコンクリート強度の確認。	特になし。	特になし。

別表－8　作業内容の分析評価(5)

一般道路　5/5　(5)

標準的な作業状態	工種		養生工(初期)	養生工(後期)	同左
	作業		膜養生	養生マット，麻袋	散水
	作業手段		人力	人力，機械	人力，機械
	作業手順		養生剤散布 (人力)	マット運搬 ↓ (トラック，人力) 布設，移動 ↓ (人力) マット撤去 (人力)	散水 (散水車，人力)
	人力依存度(%)		100	51.8	40.0
	労務費構成比(%)		3.1	3.0	4.0
作業内容の分析評価	作業内容	安全性	特になし。	特になし。	特になし。
		苦渋性	特になし。	特になし。	特になし。
	作業環境	安全性	特になし。	特になし。	特になし。
		苦渋性	特になし。	特になし。	特になし。
	施工上の技術的問題	施工能率	特になし。	特になし。	特になし。
		品質	人力では均一散布が困難。	風等によるはがれの対策。	特になし。

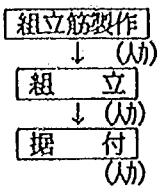
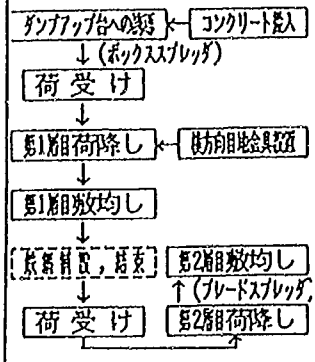
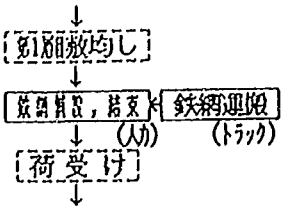
別表－9　作業内容の分析評価(6)

トンネル 1/5 (6)

標準的な作業状態	工種		舗設準備	同左	同左
	作業		石粉塗布又は路盤紙布設	型枠工，運搬据付丁張，剥離剤塗布	軌条設置及び取外し
	作業手段		人力	人力，機械	人力，機械
	作業手順		路面清掃 →(ほうき) 石粉溶解 →(バケツ) 石粉塗布 (ローラ刷毛 デッキブラシ) → 路盤紙布設 (人力)	測量 → 丁張設置 → 型枠設置 ← 型枠運搬 (トラック) → 高さ調整 → 固定 → 剥離剤塗布 ／ 清掃 ← 型枠取外	軌条据付 ← 軌条運搬 (トラック) → (人力) 修正 → (人力) 軌条取外 (人力)
	人力依存度(%)		100	78.2	59.8
	労務費構成比(%)		0.4	12.8	5.2
作業内容の分析評価	作業内容	安全性	特になし。	積込，荷降時におけるクレーン作業	積込，荷降時におけるクレーン作業
		苦渋性	風の強いときには石粉が舞い上がり衣服等が汚れる。	重量物(型枠)の人力運搬	重量物(軌条)の人力運搬
	作業環境	安全性	特になし。	特になし	特になし
		苦渋性	風の強いときには石粉が舞い上がる。狭い。暗い。換気が不十分。	場所が狭い。暗い。換気が不十分。	場所が狭い。暗い。換気が不十分。
	施工上の技術的問題	施工能率	機械化されていない。作業手順が確立されていない。能率が不安定。	型枠の機械設置が不可能	軌条の機械設置が不可能
		品質	(石粉)作業基準の不確立。塗りむらが多い (路盤紙類)コンクリート打設までの固定が困難	アスファルト中間層，路盤工の精度により型枠の据付精度が困難	型枠の据付精度により軌条の精度が決定される。

別表－10　作業内容の分析評価(7)

トンネル　2/5　(7)

標準的な作業状態	工種		舗設準備	コンクリート舗設	同左
	作業		目地工,鉄筋組立 運搬設置	コンクリート 敷均し	鉄網舗設
	作業手段		人力,機械	人力,機械	人力
	作業手順				
	人力依存度(%)		76.8	22.2	100
	労務費構成比(%)		8.1	4.2	14.5
作業内容の分析評価	作業内容	安全性	特になし.	敷均し機械の往復走行による作業員の接触の危険 ダンプの誘導による接触の危険	足場が悪い.
		苦渋性	特になし.	コンクリートによる汚れ	足場が悪い. コンクリートによる汚れ. 重量物のため人力での設置がきつい.
	作業環境	安全性	特になし.	特になし.	特になし.
		苦渋性	場所が狭い.暗い. 換気が不十分.	コンクリートによる汚れ 足場が悪い.場所が狭い. 暗い.換気が不十分.	コンクリートによる汚れ. 足場が悪い.暗い. 換気が不十分.
	施工技術上の問題	施工能率	特になし.	オペレータの熟練度により作業能率が変化する.	布設高さが調節しにくい. 専任の作業員がなく他の作業と兼業のため作業能率が低下.
		品質	据付精度がコンクリート打設時に乱されがちである.	オペレータの熟練度による材料むら.	布設の高さ保持が困難.

別表－11　作業内容の分析評価(8)

トンネル 3/5 (8)

標準的な作業状態	工種		コンクリート舗設	同左	同左
	作業		締固め	平坦仕上げ	粗面仕上げ
	作業手段		人力，機械	人力，機械	人力
	作業手順		締固め(粗) ↓(インナーバイブレータ) 高さ修正 ↓(人力) 締固め ↓(フィニッシャ) 流仕上げ	平坦仕上げ ↓(平坦仕上) 端部平坦仕上 ↓(人力) 過不足修正 (人力)	目地切り ↓(縦目地切削機) 成形目地材打込 ↓(人力) 再平坦仕上 ↓(人力) 粗面仕上げ (粗仕上)機
	人力依存度(%)		34.8	36.1	100
	労務費構成比(%)		7.1	7.1	10.5
作業内容の分析評価	作業内容	安全性	特になし。	(人力)後方確認が困難。	特になし。
		苦渋性	コンクリートによる汚れ。 振動・騒音が大きい。	(人力)フロート操作がきつい。 熱線度，体力が要求される。	特になし。
	作業環境	安全性	特になし。	特になし。	特になし。
		苦渋性	振動・騒音が大きい。 (人力)足場が悪い。 場所が狭い。暗い。 換気が不十分。	場所が狭くフロートの引きしろがない。暗い。 換気が不十分。	場所が狭い。暗い。 換気が不十分。
	施工技術上の問題	施工能率	特になし。	施工機械と人力施工との調整が困難。	特になし。
		品質	特になし。	熱線度が要求される。	熱線度が要求される。

別表－12　作業内容の分析評価

トンネル 4/5 (9)

標準的な作業状態	工種		目地切及び目地材注入	同左	養生工(初期)
	作業		目地切及び清掃	目地填充	三角屋根
	作業手段		人力，機械	人力，機械	
	作業手順		養生マット布設 → 散水 → 目地切り(コンクリートカッタ) → 養生終了	目地清掃 → (ジョイントクリーナ) 目地材注入 (ジョイントシーラ)	
	人力依存度(%)		59.3	96.6	
	労務費構成比(%)		16.2	5.1	
作業内容の分析評価	作業内容	安全性	特になし。	特になし。	
		苦渋性	振動・騒音が大きい 汚水の飛散による汚れ。 粉塵が多い。	特になし。	
	作業環境	安全性	特になし。	特になし。	
		苦渋性	場所が狭い。暗い。 換気が不十分。	場所が狭い。暗い。 換気が不十分。	
	施工上の技術的問題	施工能率	特になし。	特になし。	
		品質	施工時期とコンクリート強度の確認。	特になし。	

別表－13　作業内容の分析評価(10)

トンネル　5/5　(10)

標準的な作業状態	工種		養生工(初期)	養生工(後期)	同左
	作業		膜養生	養生マット，麻袋	散水
	作業手段		人力，機械	人力，機械	人力，機械
	作業手順		養生剤散布 (人力)	マット運搬 ↓ (トラック，人力) 布設，移動 ↓ (人力) マット撤去 (人力)	散水 (散水車，人力)
	人力依存度(%)		38.2	89.3	22.7
	労務費構成比(%)		1.4	5.5	1.9
作業内容の分析評価	作業内容	安全性	特になし。	特になし。	特になし。
		苦渋性	特になし。	特になし。	特になし。
	作業環境	安全性	特になし。	特になし。	特になし。
		苦渋性	場所が狭い。暗い。換気が不十分。	場所が狭い。暗い。換気が不十分。	場所が狭い。暗い。換気が不十分。
	施工上の技術的問題	施工能率	特になし。	特になし。	特になし。
		品質	人力では均一散布が困難。	風等によるはがれの対策。	特になし。

別表－14　工種別人力依存度，労務費構成比

工種作業名	(a) 人力依存度	(b) 労務費構成比	(a) × (b)
1. 鉄網舗設	100	12.5	1250
2. 型枠工	70.6	14.1	995
3. 粗面仕上げ	100	8.0	800
4. 目地充填	85.2	8.8	749
5. 目地工(目地鉄筋)	78.9	8.8	694
6. 目地切り清掃	48.2	11.3	545
7. 石粉塗布	100	4.4	440
8. 軌条設置取外し	70.6	4.2	392
9. 平坦仕上げ	44	8.4	370
10. 養生マット敷設	70	4.2	294
11. 三角屋根養生	80.9	2.1	169
12. 膜養生	68	2.3	156
13. 締固め	26	5.7	148
14. コンクリート敷均し	23.4	5.2	122
15. 散水	32.7	3.0	98

別表－15　作業日数・作業員一覧表

工種・作業 ＼ 調査箇所 ／ 施工条件		北海道	東北	関東	四国1	四国2	四国3	四国4	四国5	標準又は平均
		369.6 m 3447.5 ㎡	634 m 7398 ㎡	1880 m 18267 ㎡	185.5 m 1205.8 ㎡	109 m 708 ㎡	1062.5 m 7050 ㎡	713.8 m 4736 ㎡	956.5 m 6695.5 ㎡	
舗設準備	石粉塗布又は路盤紙塗布	(4) 2	(6) 11.5	(38) 4	(3) 6	(2) 4	—	—	—	
	型枠工	(26) 82	(7) 85	(36) 182	(3) 9	(6) 28	(12) 80	(12) 80	(11) 71	
	軌条設置,取外し	(5) 25	(14) 43	(15) 64	(3) 6	(4) 8	(12) 30	(12) 30	(16) 37	
	目地工	(4) 20	(6) 36	(52) 144	(2) 9	(5) 15	(19) 62	(19) 62	(12) 32	
コンクリート舗設	コンクリート舗設	(7) 37	(6) 12	(15) 88	(2) 8	(2) 6	(14) 16	(10) 16	(13) 39	
	鉄網舗設	(7) 17	(6) 27	(15) 120	(2) 10	(2) 12	(14) 82	(10) 90	(13) 91	
	締固め	(7) 29	(6) 9	(15) 49	(2) 10	(2) 6	(14) 54	(10) 42	(13) 39	
	平坦仕上げ	(7) 48	(6) 9	(15) 144	(2) 6	(2) 10	(14) 44	(10) 36	(13) 39	
	粗面仕上げ	(7) 66	(6) 18	(15) 45	(2) 16	(2) 10	(14) 62	(10) 50	(13) 54	
目地切り及び目地材注入	目地切及び清掃	(4) 10	(6) 23	(28) 143	(36) 7	(5) 27	(16) 147	(16) 147	(13) 34	
	目地填充	(4) 25	(2) 27	(14) 52	(14) 3	—	(3) 45	(3) 45	(3) 9	
初期養生	三角屋根	—	(6) 24	(15) 75	—	—	—	—	—	
	膜養生	(9) 18	(6) 3	(38) 53	—	—	(16) 16	(16) 16	—	
後期養生	養生マット,麻袋	(9) 36	(6) 18	(53) 22	(3) 9	(3) 9	(16) 32	(16) 32	(17) 42	
	散水	(14) 14	(6) 6	(80) 80	—	—	(21) 21	(21) 21	—	
延べ作業人員（人）		429	351.5	1445	99	135	691	667	487	
面積当たりの作業人員(100㎡/人)		12.4	4.7	7.9	8.2	19.1	9.8	14.0	7.2	

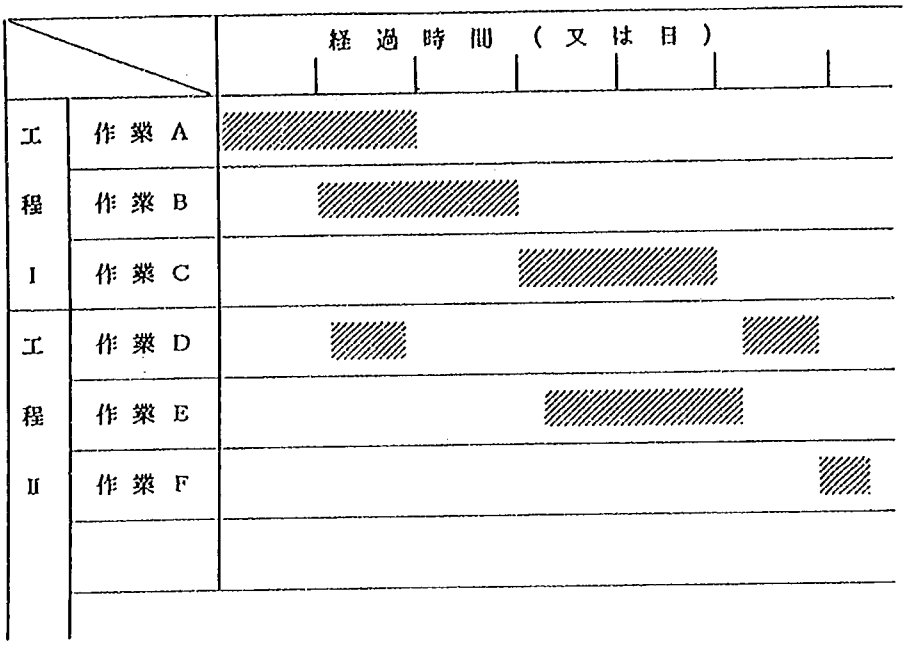
※（ ）内の数値は，推定した作業日数を，数値は，作業人員を表わす。

4. 作業研究に必要な調査内容

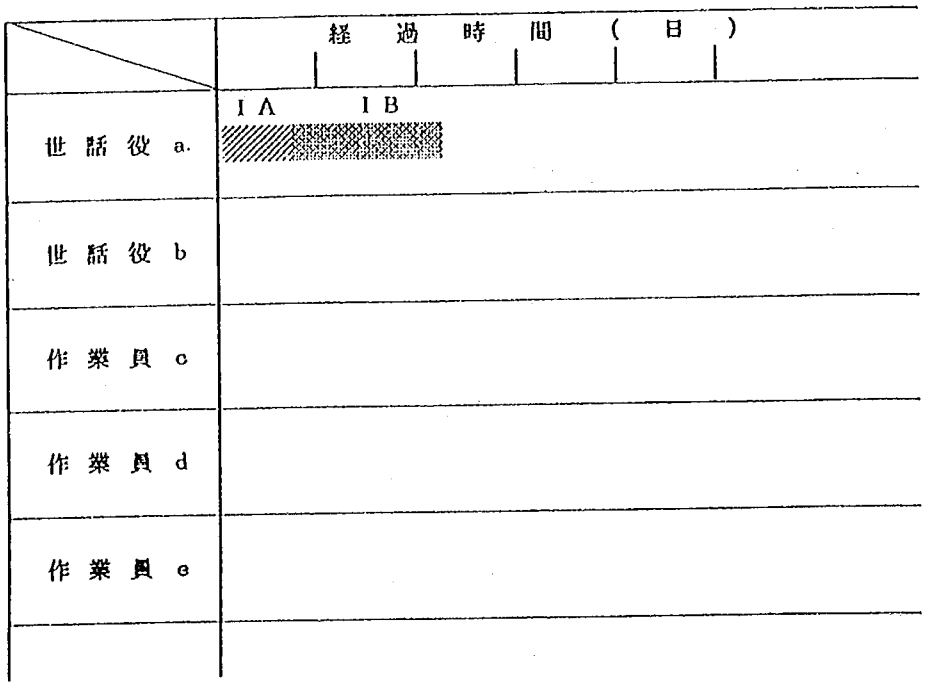
前項で指摘した問題点を解決するために必要な調査内容は，以下の通りである。

1）各工程中の作業がもれなく記載されること。

2）各工程中の工種又は作業を，時間の経過に従い移行する状況を明らかにできること。例として，下表のようなものが挙げられる。



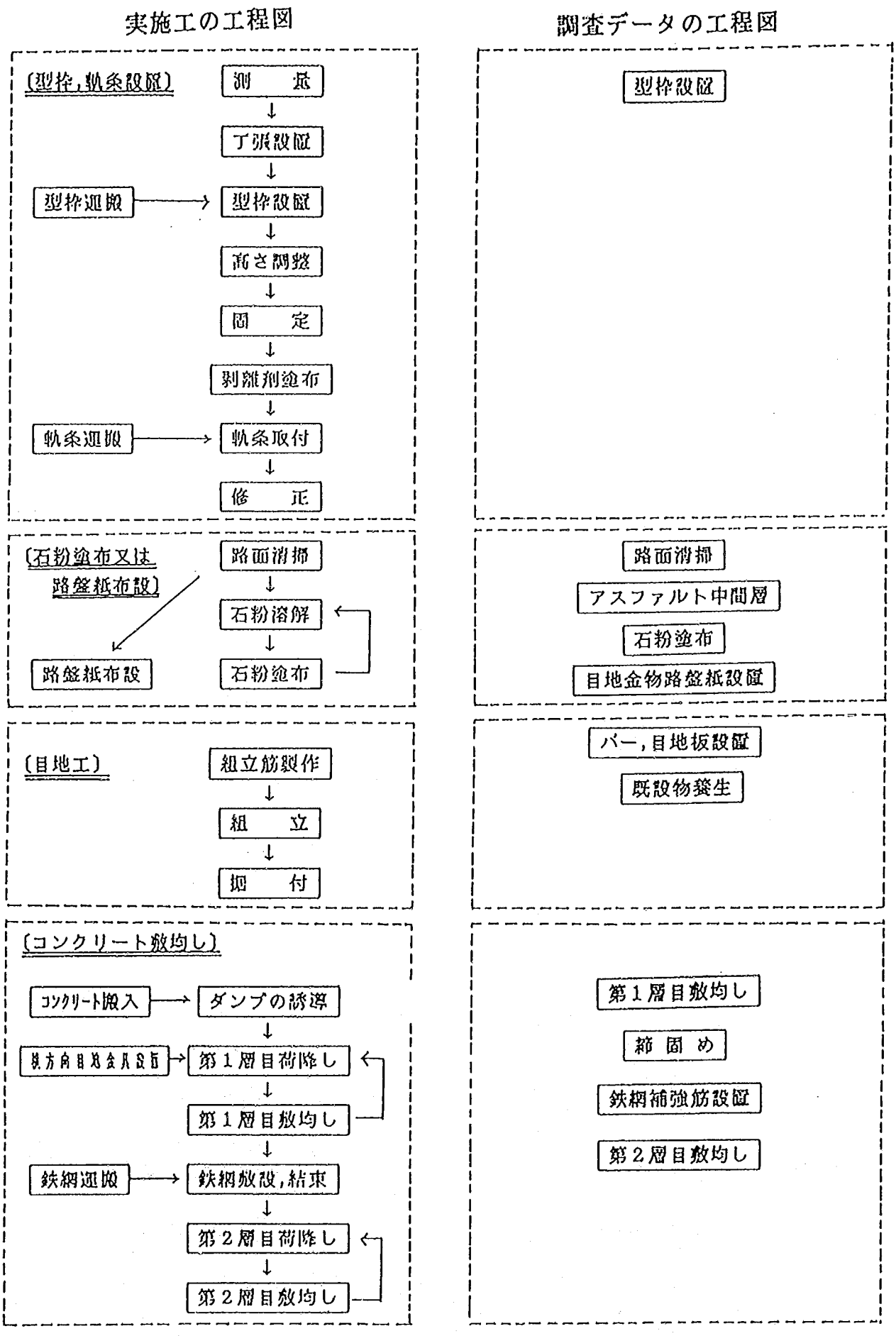
3）作業員の編成と従事する作業，就労時間を明らかにできること。



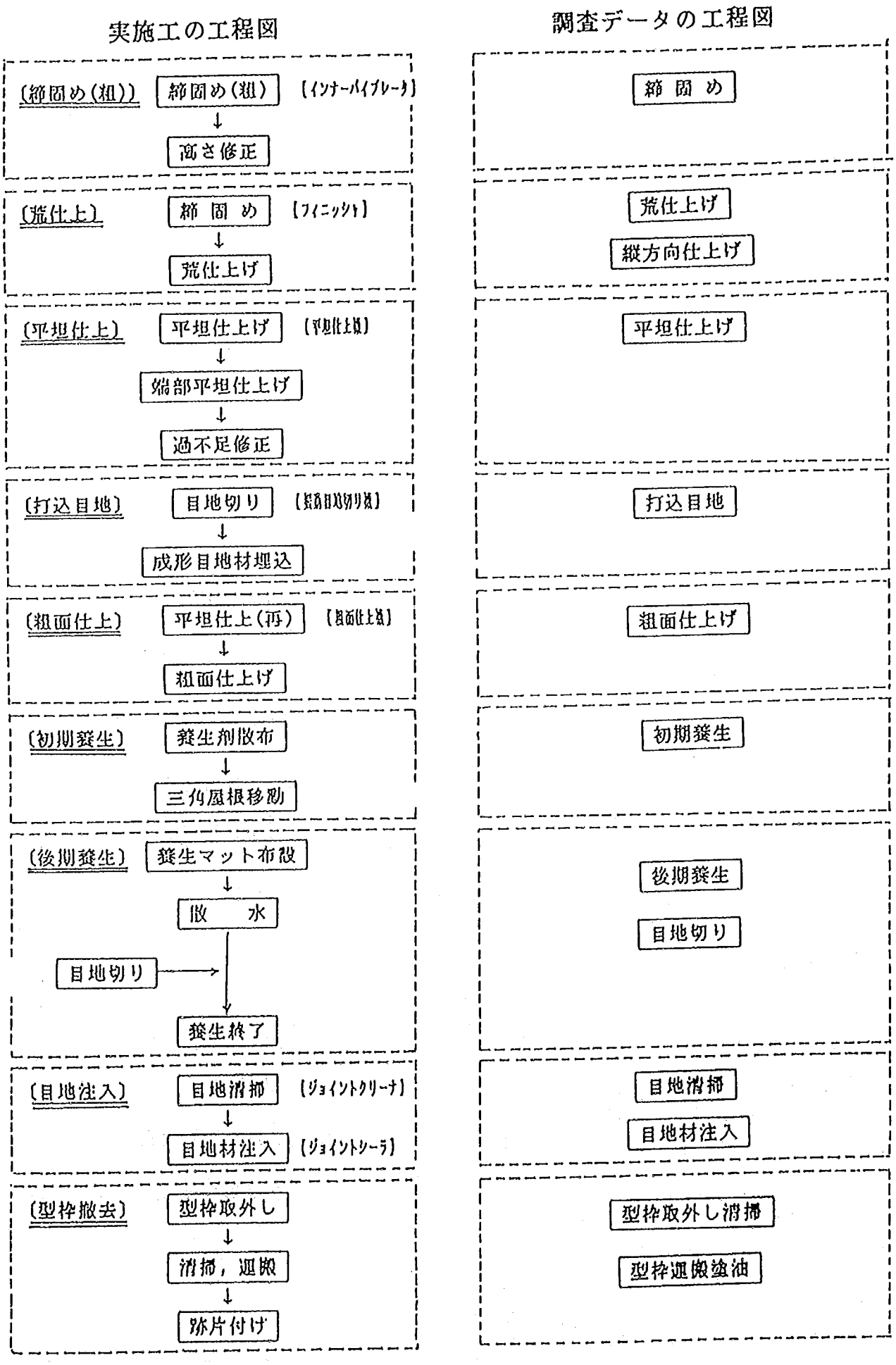
4）工程，工種又は，作業別に使用機械の種別，台数，稼動時間を明らかにできること。

5）使用材料，機械等の運搬経路，輸送時間等。

6）その他。



別図－16　作業工程対比図(1)



別図－17　作業工程対比図(2)

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（摑む，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	積みブロック張り	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
			－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。	－ワークサンプリング ↓ 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	－ワークサンプリング －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。	－ビデオメモモーション ↓ 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
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的問題解決とは迄った視点となる。 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
			－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、ハンドる操作 －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	－ﾜｰｸｻﾝﾌﾟﾘﾝｸﾞ －ﾋﾞﾃﾞｵﾒﾓﾓｰｼｮﾝ ↓ －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（ﾊﾟｲﾌﾟ等）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	－特殊環境で作業する	【機械】 －細かなところが作業できない －オペレータ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	作業のサイクルタ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、改善のﾎﾟｲﾝﾄを抽出する	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 －道路事情の悪さ －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	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	作業のサイクルタ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
			－モルタルのはねかえり －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 －熟練度が要求される				

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	－重機部材を人手で扱う －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 －仮置（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		必要な力	作業姿勢	
					半径内外	距離			
： ： ： ：									

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－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 イロハニ	付随作業 abcd	その他 ABC	待ち	力・保持部材	作業姿勢	作業場所 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		【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

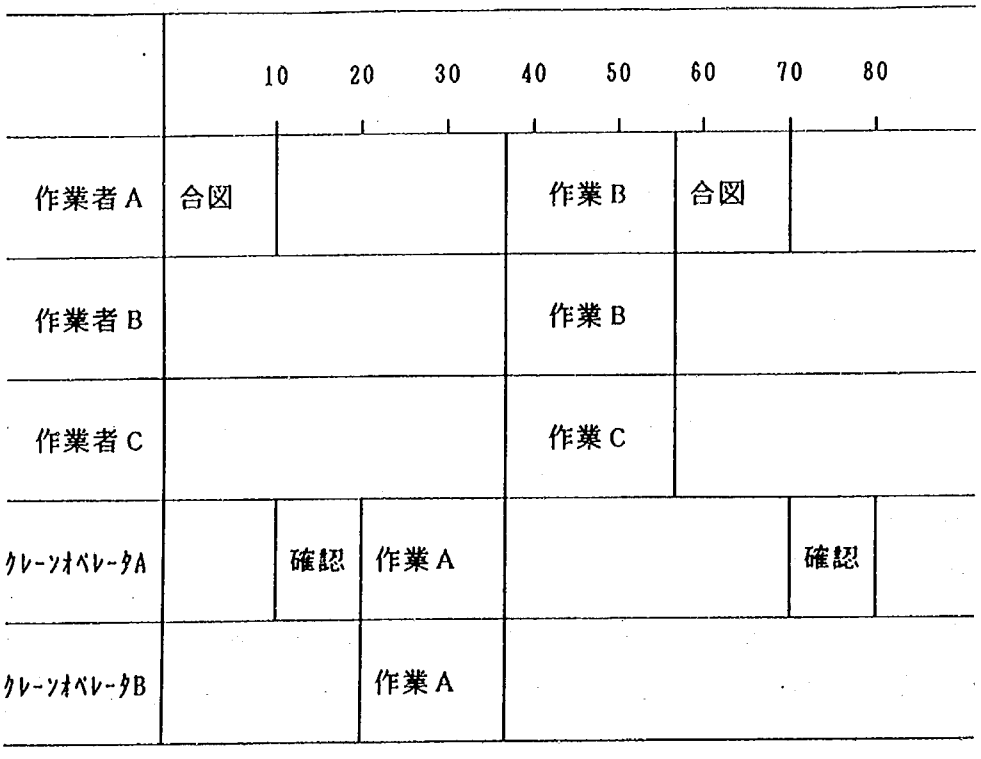
集計・整理方法としてはマン－マンチャートを用いて分析する。これにより，海中作業者とクレーンオペレータの間で，合図や確認がどのように行われているかを分析し，合図や確認すべき箇所とその方法わ見直す。表－5.5.23にはマン－マンチャート図の例を示した。

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　マンーマンチャートの例



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。

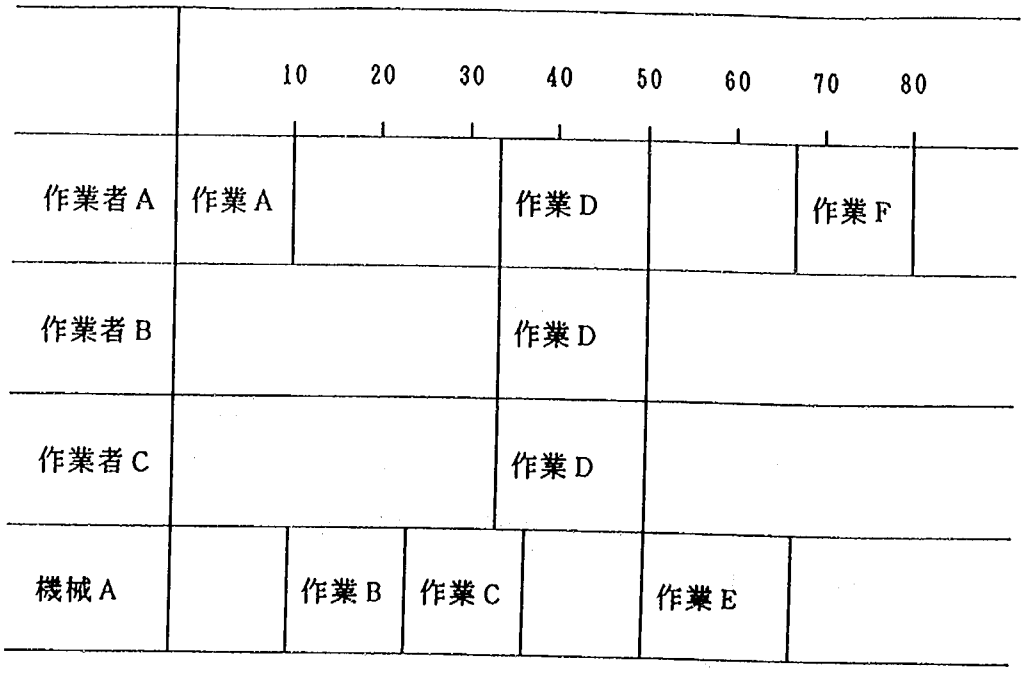
b 測定方法

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ー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。マンーマシンチャート図の例を表－5.5.24に示した。

表－5.5.24 マンーマシンチャート分析の例



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土船が多い。

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 ・熟練工を要する	・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（ﾏﾝﾏｰﾝﾁｬｰﾄ）	・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	・ビデオメモモーソン法 ・得られたデータ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（熟練度によっても違う） ・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 ・熟練度が要求される ・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	・熟練工の作業	・分析対象者は熟練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	・主体作業と付帯作業	

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	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－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

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

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

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

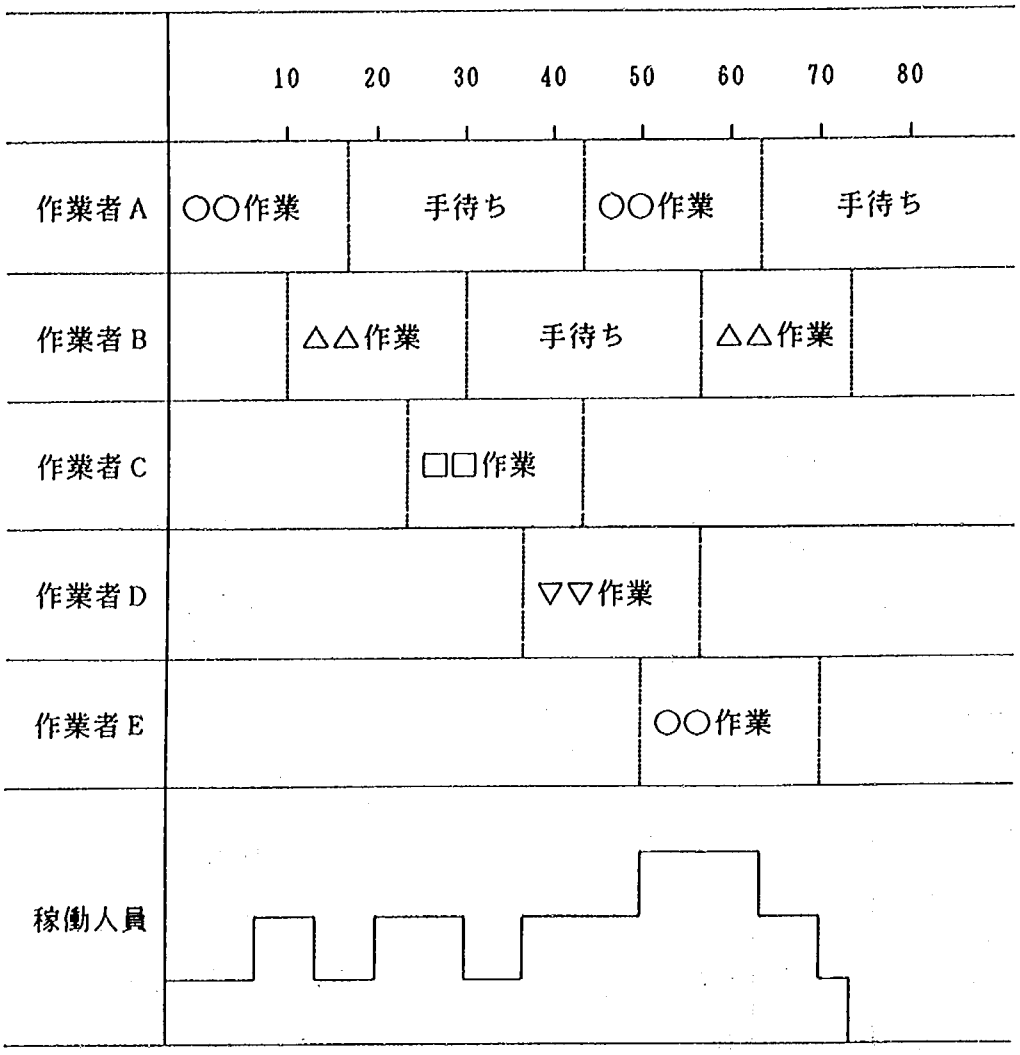
観測時刻	作業者							
	作業グループA				作業グループB			
注）→	主作業 イロハニ	付随作業 イロハニ		手待ち	主作業 イロハニ	付随作業 イロハニ		手待ち
： ： ： ：								

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にマンーマシンチャートの例を示した。

表－5.5.33　マンーマンチャートの例



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

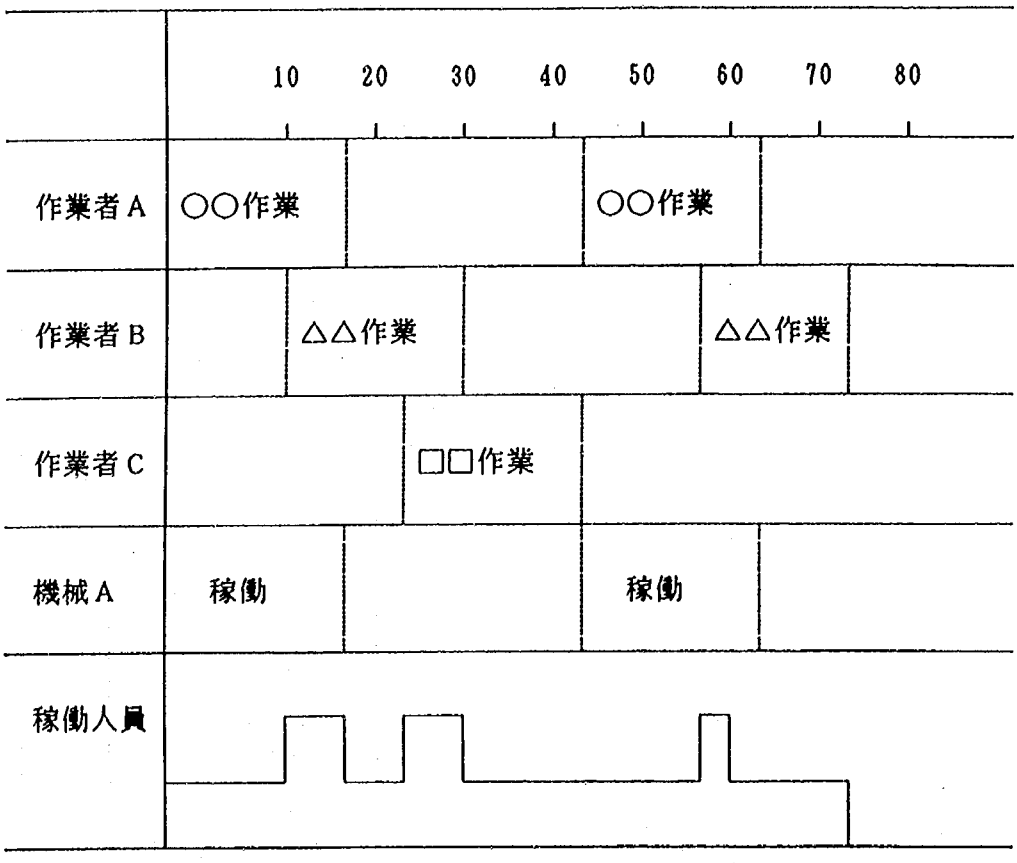
穿　孔　機	時　　間							
作業内容	0.00	0.30	1.30	2.00	2.30	3.00	3.30	4.00
1．								
2．								
3．								
4．								
5．								
計								

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				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、準備作業等）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）	・ビデオタイムスタディ ↓ ・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、準備作業等） ・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
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
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
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
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（マンーマンチャート分析）

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、集土、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 －熟練性のいる作業 －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 マンーマシンチャート、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。	↓ ・マンーマンチャート分析		

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錯する）	・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 ・熟練度が要求される ・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 ・オペレータ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

作業名	作業工数			災害の現状	
	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。

・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 イロハニ	付随作業 イロハニ		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

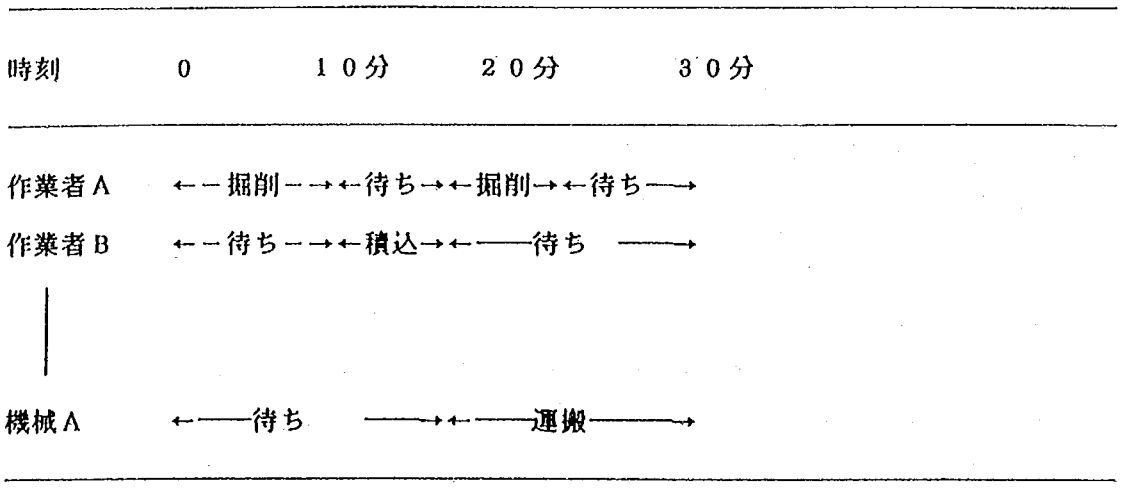
	主体作業	付随作業				待ち
		A	B	C		
グループA						
B						
C						

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，マンーマシンチャート（作業者間の場合には，マンーマンチャート分析）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　マンーマシンチャート分析の例



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	・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(ﾊﾞｯｸﾎｳ)を利用している ・ﾊﾞｹｯﾄからﾌﾞﾛｯｸが落ちる 【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	・ﾜｰｸｻﾝﾌﾟﾘﾝｸﾞ ・ﾋﾞﾃﾞｵﾒﾓﾓｰｼｮﾝ ↓ ・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】 ・ﾌﾞﾛｯｸが重い。しかし、積みﾌﾞ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。	－ﾜｰｸｻﾝﾌﾟﾘﾝｸﾞ －ﾋﾞﾃﾞｵﾒﾓﾓｰｼｮﾝ ↓ 機械や人の稼働の分析 作業別の時間の分析 －ﾋﾞﾃﾞｵﾒﾓﾓｰｼｮﾝ ↓ 連合工程分析(ﾏｼｰﾏｼﾝﾁｬｰﾄ、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嵌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.....	移動準備.....	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，マンーマシンチャート分析が有効な方法である。表－5.5.66のようなマンー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　作業のマンー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 －ﾜｰｸｻﾝﾌﾟﾘﾝｸﾞ法による作業測定 ↓ －（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。	－ワークサンプリング －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 －荷降ろし機械と敷均機械の間で作業する 【手順】 －敷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㎜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・作業の結果や進捗に影響をうける －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湊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。	－ﾜｰｸｻﾝﾌﾟﾘﾝｸﾞ －ﾋﾞﾃﾞｵﾒﾓﾓｰｼｮﾝ －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（ﾏﾝｰﾏｼﾝ 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】 －熟練を要する －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、かつその作業は熟練を伴う。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 －熱練度が要求される －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（ﾏﾝｰ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，100㎏／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－ 6.5.71　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		必要な力	作業姿勢	
					半径内外	距離			
： ： ： ：									

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，マンー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　中央部　角	
： ： ： ：							

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。

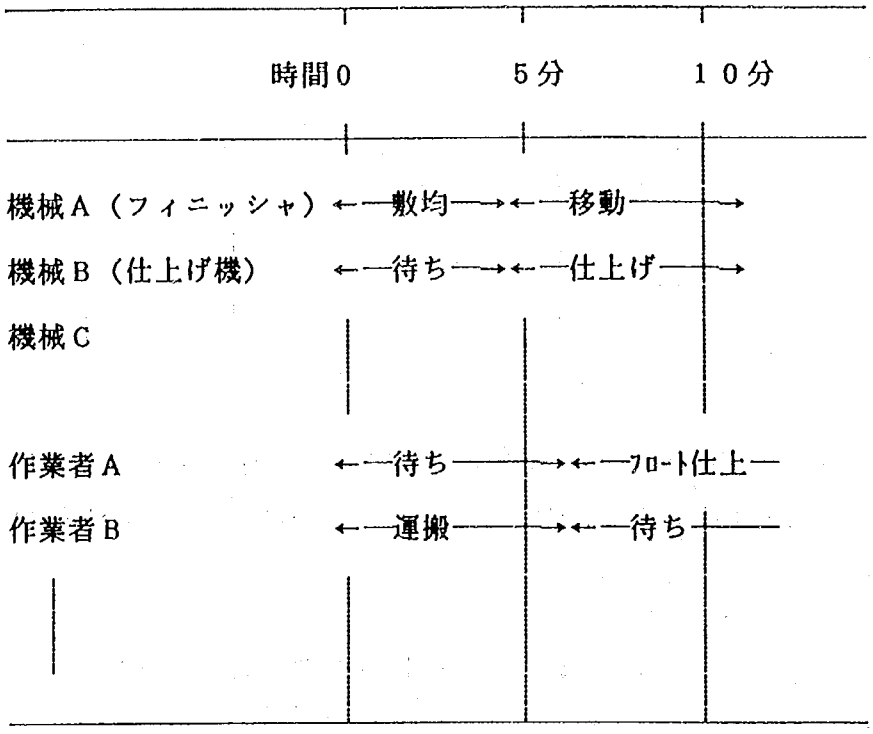
表－5.5.80　作業者の姿勢別の時間構成・工数構成の分析シートの例

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のようなマンー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　マンー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，どれぐらいのウェ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

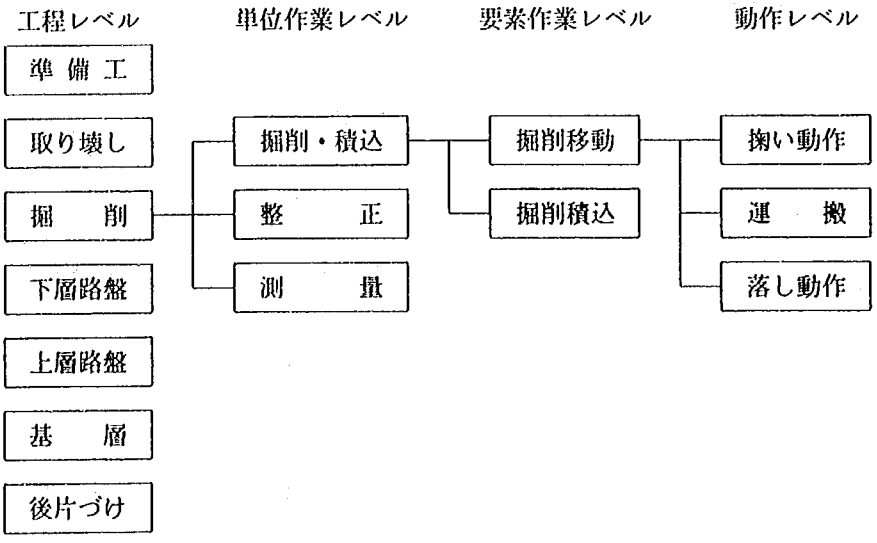
のような要素作業についての測定を行うこととする。

(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。

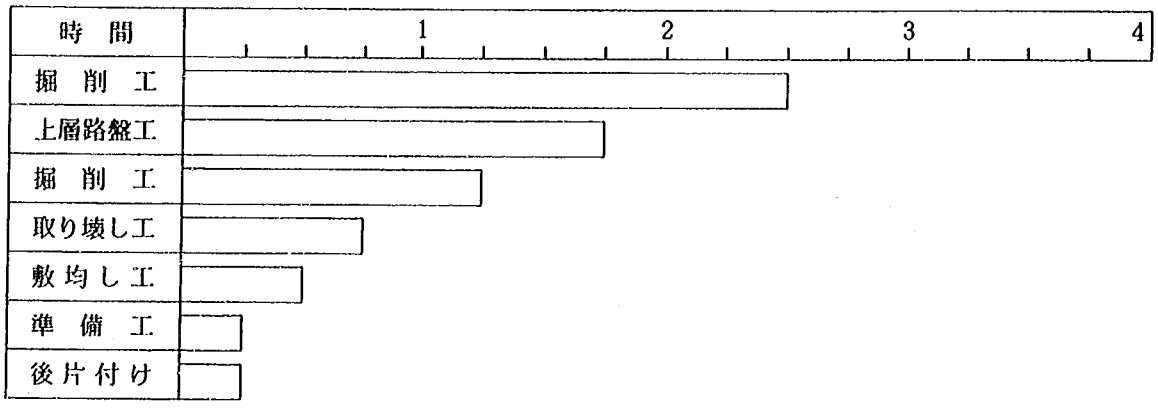
(1) 機械作業に関する調査

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	1ｍ	1ｈ15ｍ	1ｈ14ｍ	99％
	バ　ッ　ク　ホ　ー	積み込み	21：02	22：39	3ｍ	1ｈ37ｍ	1ｈ34ｍ	97％
下層路盤工	マカダムローラー		1：23 2：35	1：48 3：29	14ｍ 21ｍ	25ｍ 54ｍ	11ｍ 33ｍ	44％ 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	3ｍ	トラック待ち
下層路盤	転 あ つ	マカダムローラー	23：08	5ｍ	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，マカダッ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

<table>
<tr><th>時間</th><th>機械</th><th>レーキA</th><th>レーキB</th><th>スコップA</th><th>スコップB</th></tr>
<tr><td>1</td><td rowspan="12">掻
き
出
し</td><td></td><td></td><td rowspan="2">スコップ</td><td>スコップ</td></tr>
<tr><td>2</td><td rowspan="2">レーキ</td><td rowspan="2">レーキ</td><td rowspan="3">待ち</td></tr>
<tr><td>3</td><td rowspan="2">待ち</td></tr>
<tr><td>4</td><td rowspan="2">待ち</td><td rowspan="3">スコップ</td></tr>
<tr><td>5</td><td rowspan="2">スコップ</td></tr>
<tr><td>6</td><td rowspan="2">待ち</td><td rowspan="2">待ち</td></tr>
<tr><td>7</td><td rowspan="2">レーキ</td><td rowspan="2">レーキ</td></tr>
<tr><td>8</td><td rowspan="2">待ち</td></tr>
<tr><td>9</td><td rowspan="2">待ち</td><td rowspan="2">待ち</td></tr>
<tr><td>10</td><td rowspan="2">待ち</td></tr>
<tr><td>12</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>分</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
</table>

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。

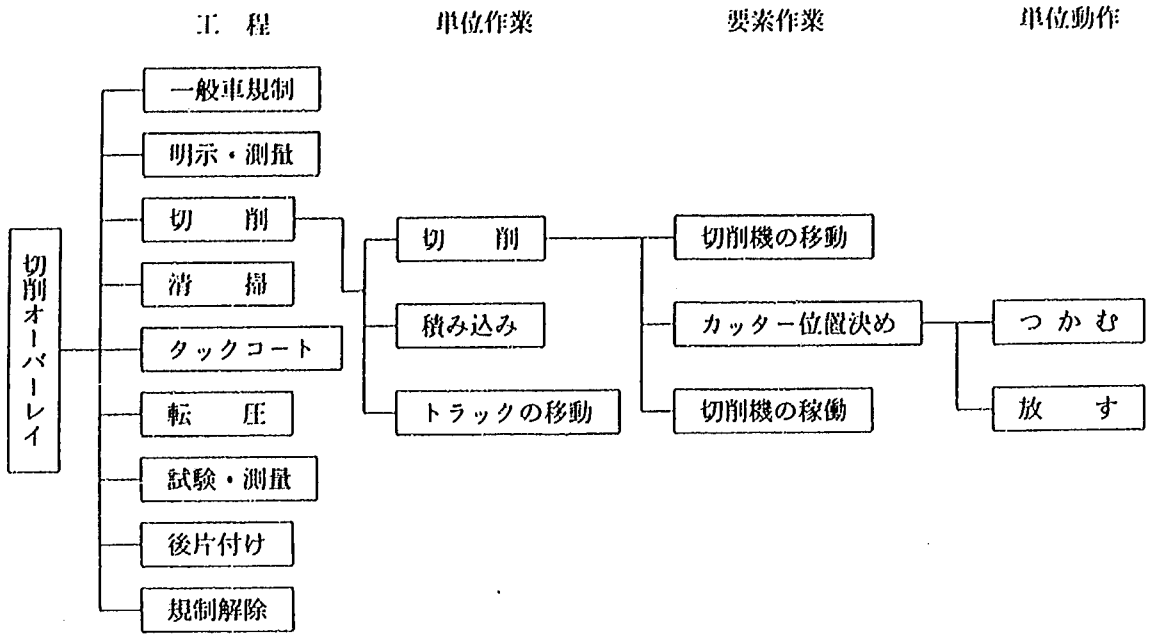
また，作業人員の削減や苦渋性の解消を検討する清掃や舗設作業については単独作業に注目して調査を行う。

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。

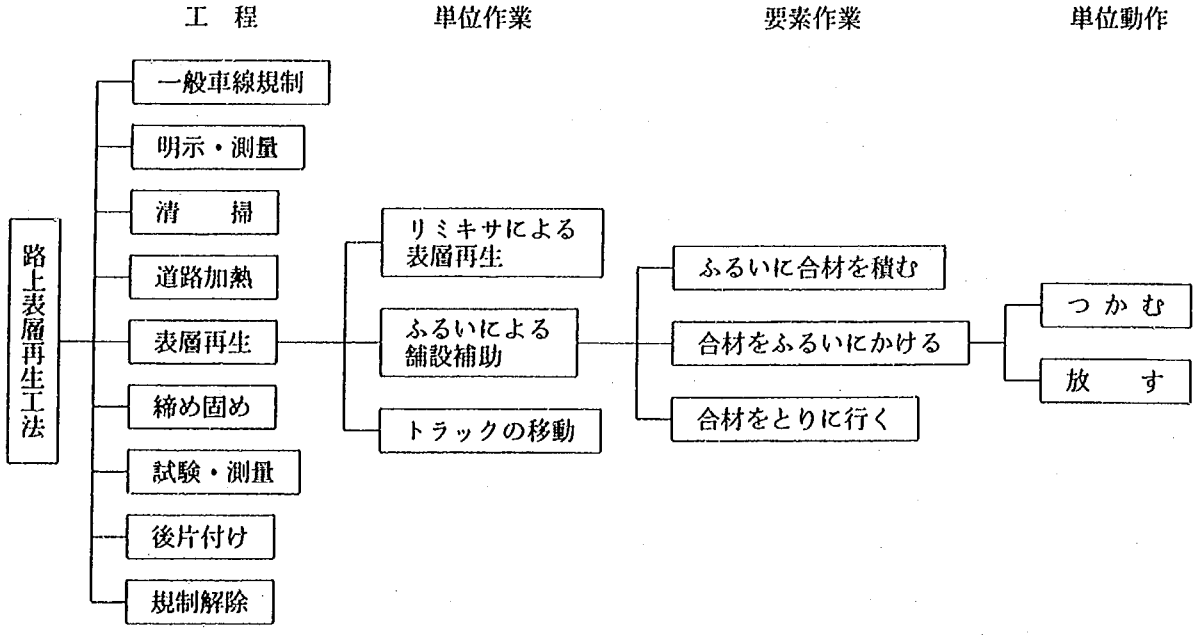
また，作業人員の削減や苦渋性の解消を検討するほうきによる清掃やスコップ，ふるいによる舗設作業等については単独作業に注目して調査を行う。

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

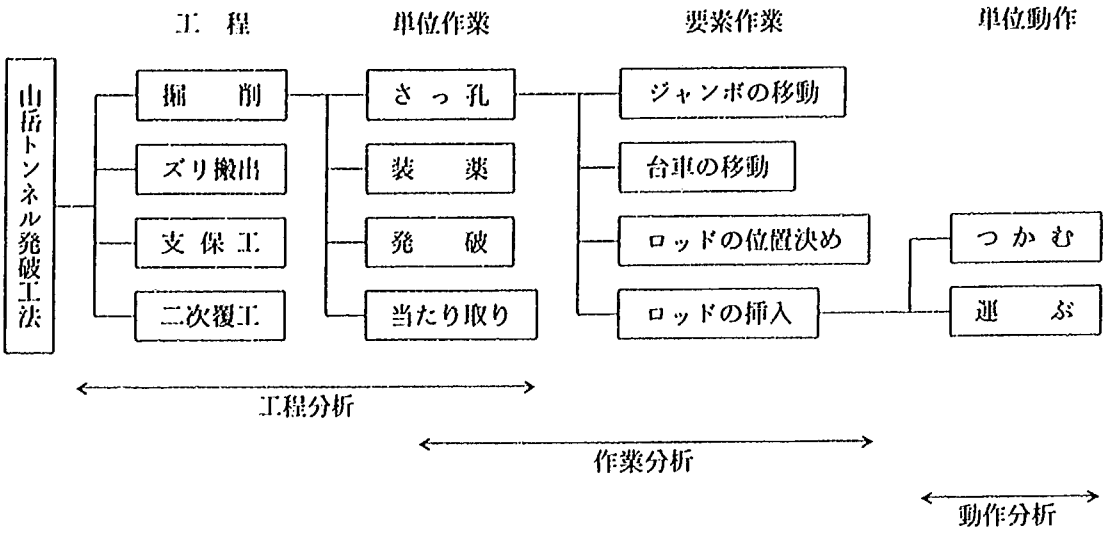
III　調査の対象

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。

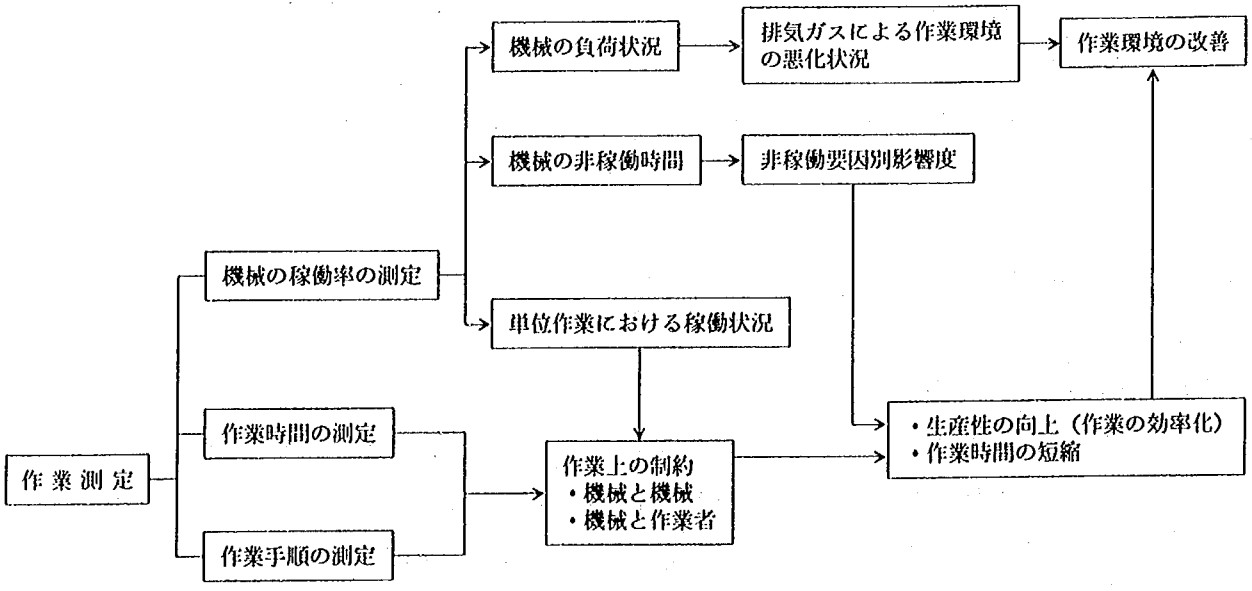
(2) 作業の制約状況についての分析

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。

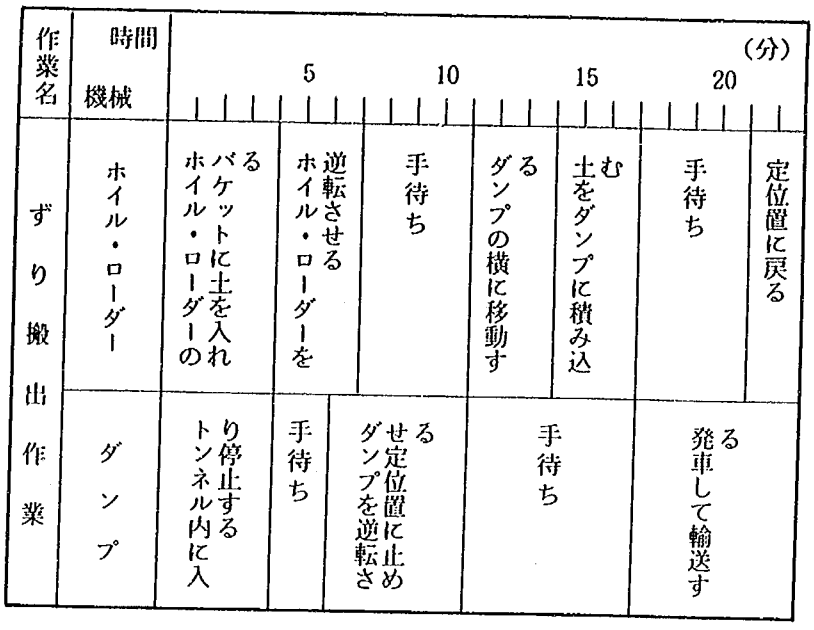
⑤ 各担当のストップウォッチを同時にスタートさせ，要素作業の始終点の読みをサイクルシートに記録していく。

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）



○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目（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		

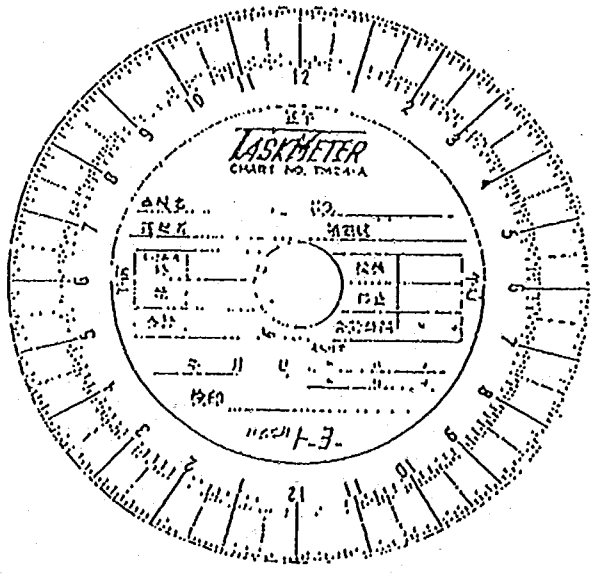
② 機械稼働計（タスクメーター）の設置

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

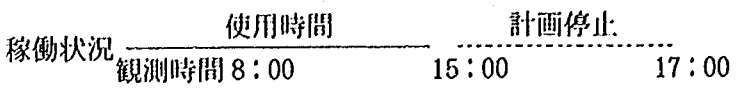
○記入シート



○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

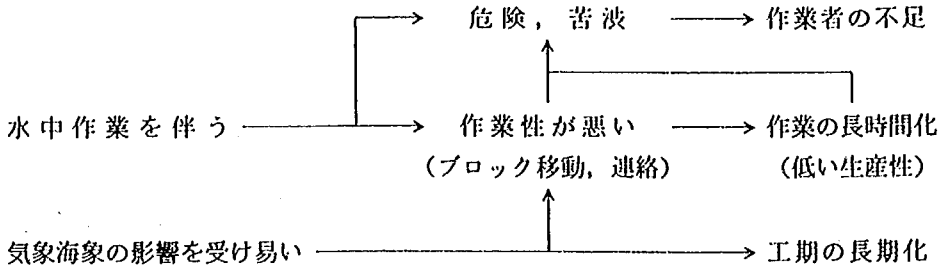
に従事する潜水夫は不足する傾向にあり，労働生産性の向上や省力化が強く求められる。

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

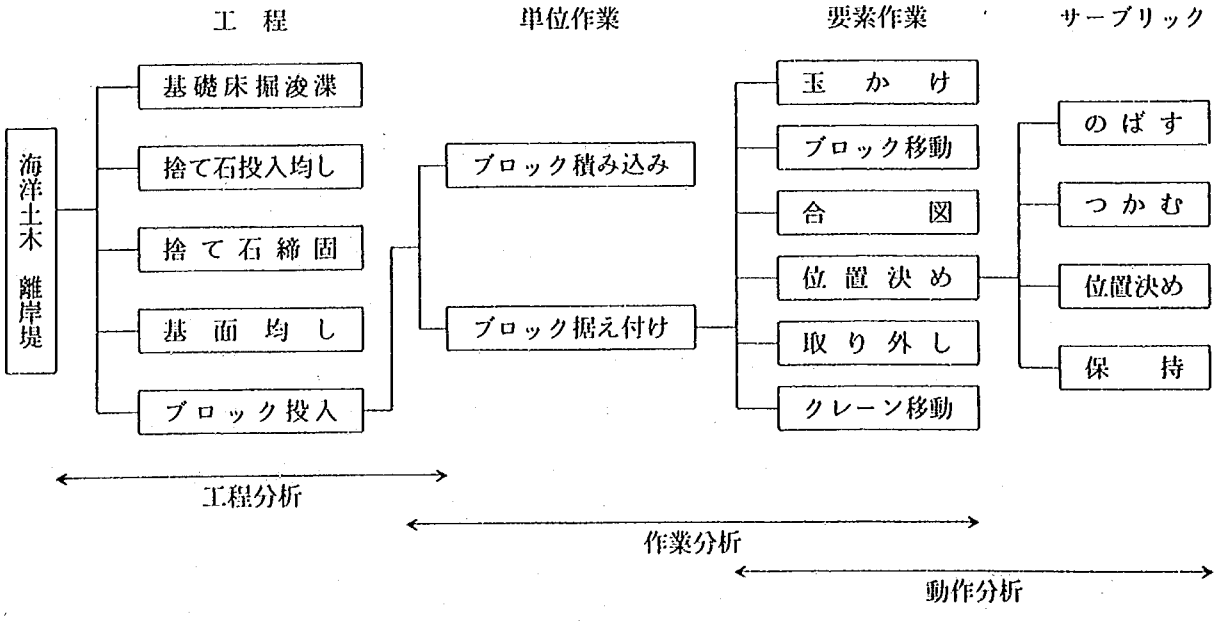
て海洋土木（離岸堤）における新たな施工改善手法について検討を行うものとする。

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。

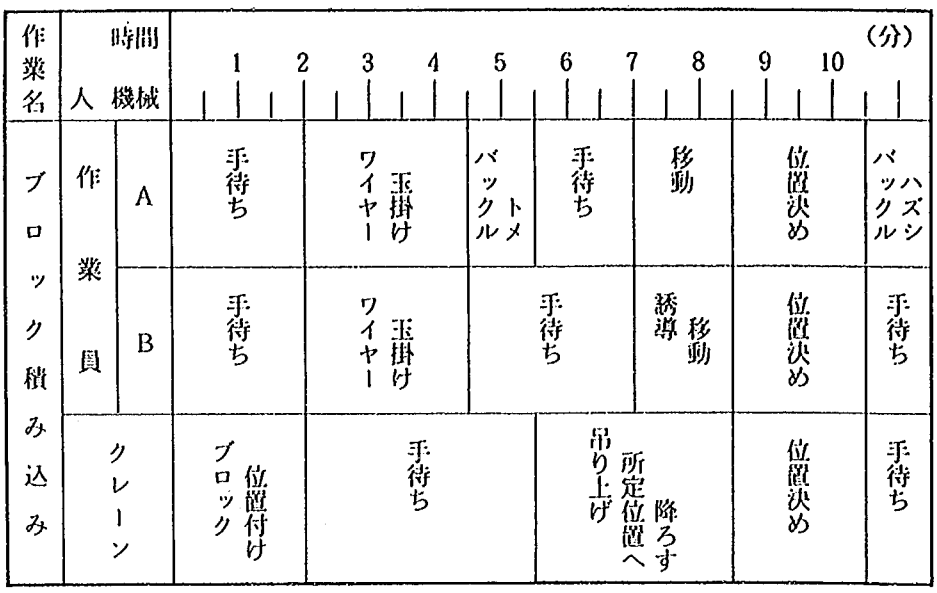
：潜水工のように，容易にその作業が認識しにくい場合は，拡声器からの音声により判断する。

：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 | | | | | | | | | | | | | | | | |

○連合作業分析（人－機械分析）



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。

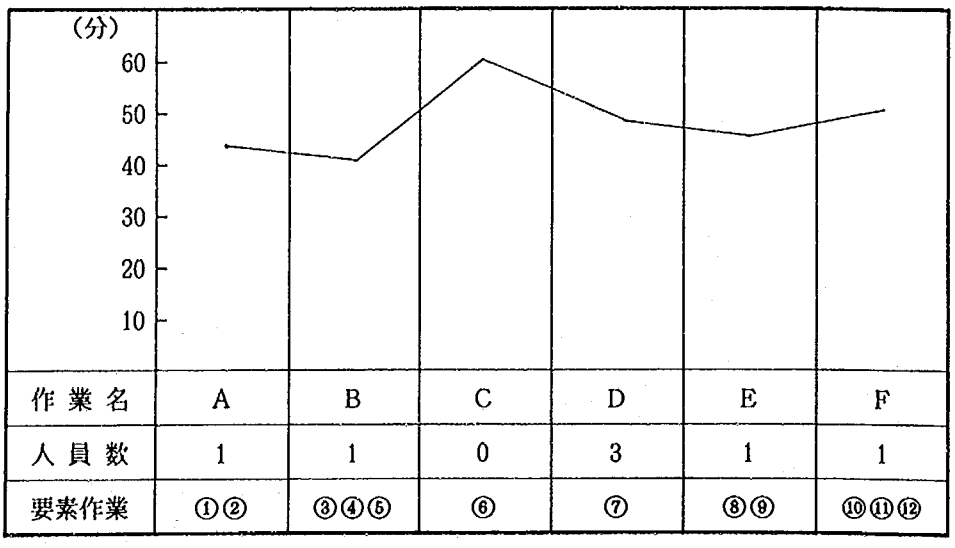
(3) (1)より，バラツキを算出する。

(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



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。

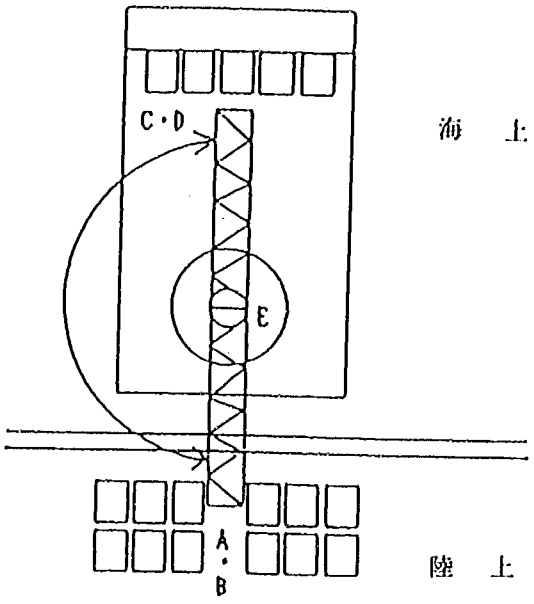
・１層目の位置合わせ作業は危険を伴い，しかもその作業時間は長い。

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。

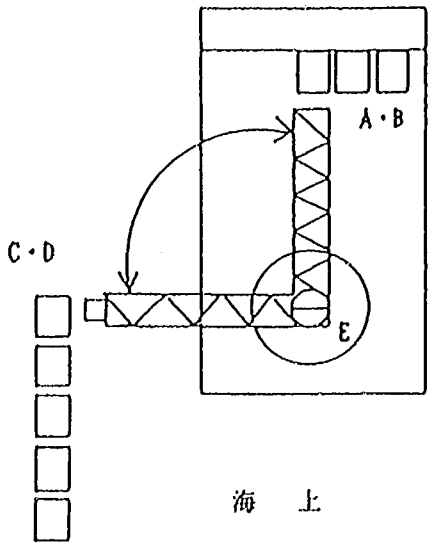
ブロック積み込み作業



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



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，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。

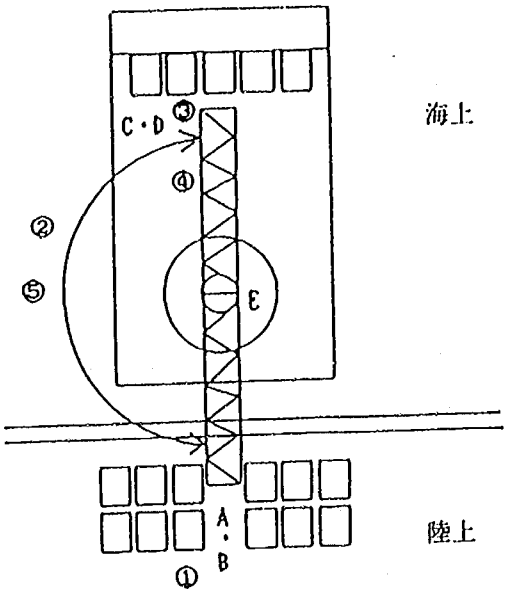
No.	工程	時間比率（%）	
1	ブロックの設置（3層迄）	48	91
2	ブロック積み込み	43	
3	クレーン船の移動・着岸	6	
4	クレーン船の離岸移動	3	
計		100 %	

・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 15 H 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＼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

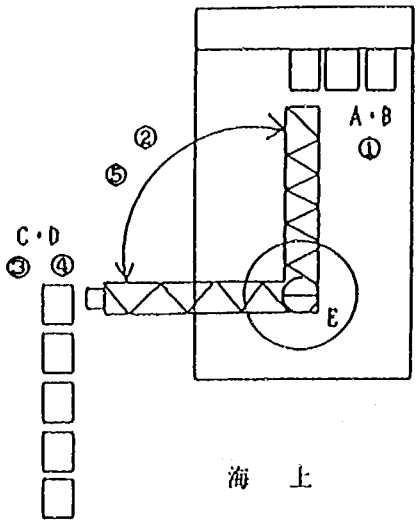
①・要素作業手順の分析

・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	ブロック設置 2層	ブロック設置 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

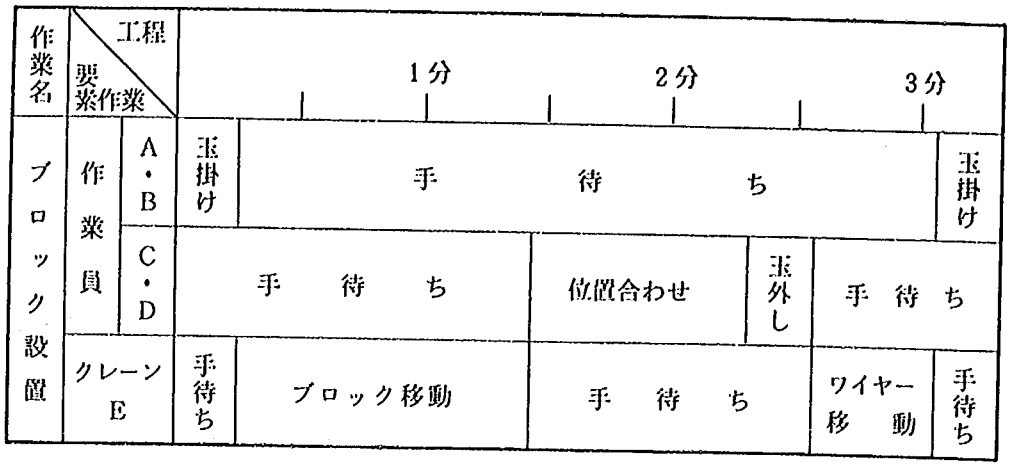
$$\text{機械の稼働率} = \frac{1\text{分}51\text{秒}}{5\text{分}02\text{秒}} = \frac{111}{302} = 37\,\%$$

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



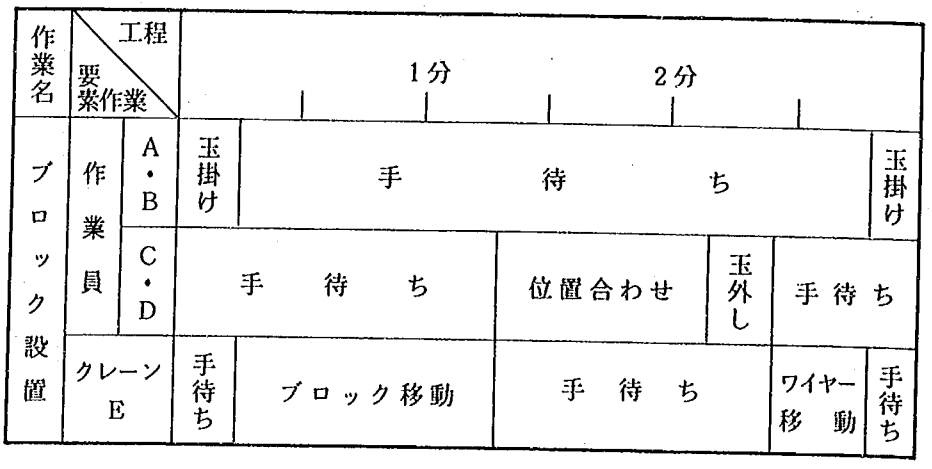
$$\text{機械の稼働率} = \frac{1\text{分}38\text{秒}}{3\text{分}08\text{秒}} = \frac{98}{188} = 52\,\%$$

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

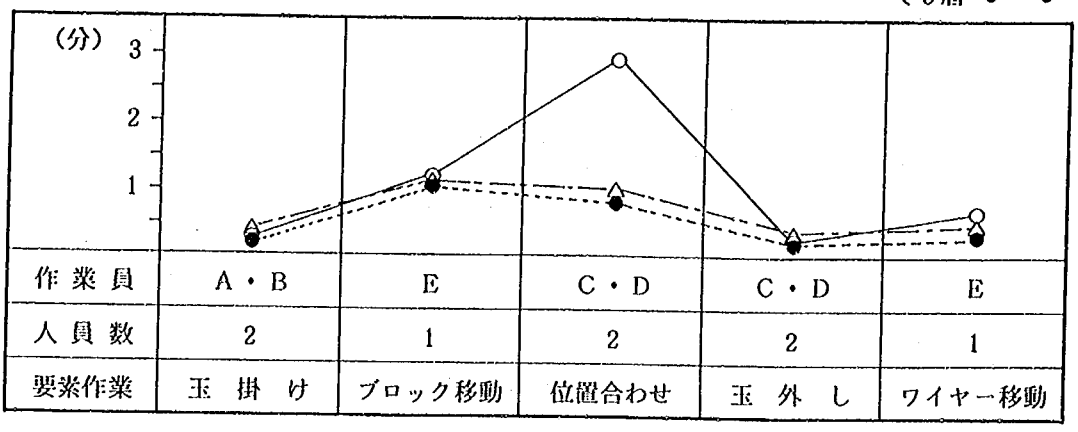
$$\text{A・Bの稼働率} = \frac{15\text{秒}}{2\text{分}47\text{秒}} = \frac{15}{157} = 9\,\%$$

$$\text{C・Dの稼働率} = \frac{58\text{秒}}{2\text{分}47\text{秒}} = \frac{58}{167} = 35\,\%$$

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



作業員	A・B	E	C・D	C・D	E
人員数	2	1	2	2	1
要素作業	玉掛け	ブロック移動	位置合わせ	玉外し	ワイヤー移動

・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. 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みられるが，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，機械化のまえに現状で改善すべきことも多いものとみられ，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みられる。本調査報告書の前半で示したように，工場ではＩＥを適用し生産や作業の改善を行い，建築分野でもこのような手法を適用し，近年，成果がえられてきている。

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る。しかし，このような相違をふまえ適用すればＩＥは有効な問題解決の有力な方法となり，ＩＥに取り組む価値があるものと考えられる。

本調査では，建設会社へのアンケート調査を実施し，この結果から土木工事へのＩＥの適用の検討を行った。

従来，工場でのＩＥの適用の視点は主として生産性の向上に重点が置かれていた。しかし，アンケート調査の結果から，土木工事では安全性や苦渋性の解消という点に重点をおいた適用を検討する必要がある。

アンケート結果からＩＥを適用すべき工程や作業を明らかにし，そこでの問題とその原因，そして作業の特徴を踏まえ，ＩＥの適用に関して分析した。加えて，具体的なＩＥの適用方法について提案を行った。

今後，この結果を踏まえ，実際に土木工事へ適用し，作業改善を行う必要があろう。これには，具体的な実施計画が必要であり，このような実施計画については，以下の点について検討する必要があり，これらは次期の課題である。

- 現場の担当者へのヒアリングの実施や既存資料の有効利用の検討を含めて，ＩＥ手法の具体的な適用のために細部をつめていく必要がある。
- 測定の実施には現場の理解を得た上で，観測者と綿密に実施方法を徹底しておくことが求められる。

（付録１）参考文献

（付録１）参考文献

文 献 一 覧

（１） 田村 恭 他：「工事計画および管理の体系化，建築の技術施工，No.127，P53，（1977）
（２） 森 一 他：「工事例にみる管理技術の展開」，建築の技術施工，No.127，P163，（1977）
（３） 青木義次：「現場科学の確立を目指して」，建築の技術施工，1977年3月号，P31
（４） 黒田 隆 他：「建築のコスト情報」，建築の技術施工，1977年3月号，P39
（５） 清水裕一 他：「工程の計画と管理システム」，建築の技術施工，1978年9月号，P53
（６） 田村 恭 他：「80年代における工事管理はどうあるべきか」，建築の技術施工，1980年1月
（７） 土谷耕介：「QC品質管理」，建築の技術施工，1980年1月号，P45
（８） 森 一：「IE－インダストリアル・エンジニアリング」，建築の技術施工，1980年1月号，P55
（９） 玉井 昭：「VE－バリュー・エンジニアリング」，建築の技術施工，1980年1月号，P71
（10） 嘉納成男：「新しい工程管理」，建築の技術施工，1980年1月号，P83
（11） 田辺 登 他：「建築における施工評価の実施例」，建築の技術施工，1980年1月号，P99
（12） 野中 稔 他：「建築業におけるジョブデザイン」，建築の技術施工，1980年1月号，P107
（13） 斎藤 実：「HP－R工法の開発と管理技術」，建築の技術施工，1980年1月号，P117
（14） 岩崎武俊：「工事管理におけるシステム的VEの展開」，建築の技術施工，1980年1月号，P133
（15） 吉田哲二：「鉄筋工事へのロボット技術適用の試み」，建築の技術施工，1981年1月号，P145
（16） 田村 恭 他：「建築施工の機械化」，建築の技術施工，No.216，P63，（1984）
（17） 大槻忠夫：「建築生産におけるシステム工法と生産の合理化」，建築の技術施工，1984年7月号
（18） 大槻忠夫：「建築生産におけるシステム工法と生産の合理化」，建築の技術施工，1984年8月号
（19） 村石房男 他：「鉄部塗装の劣化度写真見本帖について」，建築の技術施工，1984年8月号，P89
（20） 渡辺智昭 他：「コンクリート外壁の生産システム」，建築の技術施工，1986年4月号，P41
（21） 村岡和男：「福井越前大仏五重の計測による施工管理」，建築の技術施工，1986年4月号
（22） 畔木穣治 他：「特集 作業所におけるOA化⑨」，建築の技術施工，1986年11月号，P85
（23） 田渕 順 他：「特集 作業所におけるOA化⑩」，建築の技術施工，1986年11月号，P91
（24） 逸見義男 他：「特集 作業所におけるOA化⑪」，建築の技術施工，1986年11月号，P97
（25） 佐藤達夫 他：「工事管理のOA化実例１」，建築の技術施工，1987年3月号，P98
（26） 三富信芳：「建築現場における溶接ロボットの施工」，建築の技術施工，1987年6月号，P25
（27） 河岡道顕 他：「粘着目地桟を用いたタイル型枠先付け工法」，建築の技術施工，1987年6月
（28） 山川純一：「工事管理のOA化実例７」，建築の技術施工，1987年10月号，P83
（29） 三浦延恭 他：「建設ロボット全研究〔Ⅲ〕」，建築の技術施工，No.271，P73，（1988）
（30） 前田純一郎：「建設ロボット全研究〔Ⅳ〕」，建築の技術施工，No.271，P105，（1988）
（31） 本条寿史 他：「カーエアコン用コンプレッサの１個流し生産」，工場管理，Vol.34，No.2，P41

(32) 竹市勝美：「全員一丸で企業の体質改善」，工場管理，Vol.34，No.3，P53
(33) 康 英之 他：「ストックレス生産8つの方策」，工場管理，Vol.34，No.4，P67
(34) 吉田忠弘 他：「ストックレス生産8つの方策」，工場管理，Vol.34，No.4，P67
(35) 稲田善樹：「熱間圧延機ロール入替え時間の短縮」，工場管理，Vol.34，No.5，P50
(36) 藤井 哲 他：「システム・インテグレーション」，工場管理，Vol.34，No.5，P63
(37) 「松下電器－FA現場の小集団新戦力（茨木工場）」，工場管理，Vol.34，No.8，P22
(38) 「松下電器－FA現場の小集団新戦力（八日市工場）」，工場管理，Vol.34，No.8，P29
(39) 「松下電器－FA現場の小集団新戦力（門真工場）」，工場管理，Vol.34，No.8，P37
(40) 「松下電器－FA現場の小集団新戦力（武生）」，工場管理，Vol.34，No.8，P58
(41) 「先端工場のフレキシブルFA（三菱重工業）」，工場管理，Vol.34，No.9，P33
(42) 斎藤武男 他：「先端工場のフレキシブルFA（三協機械）」，工場管理，Vol.34，No.9，P4
(43) 中津川 栄：「先端工場のフレキシブルFA（リコー）」，工場管理，Vol.34，No.9，P47
(44) 小林厚視：「先端工場のフレキシブルFA（オリオン機械）」，工場管理，Vol.34，No.9，P54
(45) 「三協ONPS改善活動事例」，工場管理，Vol.34，No.9，P71
(46) 今村信義 他：「池田電機のVPM－30活動」，工場管理，Vol.34，No.10，P41
(47) 三鍋輝雄 他：「日産化学工業のVPM－30活動」，工場管理，Vol.34，No.10，P48
(48) 奥村博昭：「岩崎工業の『すてっぷ20活動』」，工場管理，Vol.34，No.10，P55
(49) 米久保光宏：「山武ハネウエルのJUMP改善活動」，工場管理，Vol.34，No.14，P28
(50) 「日本電気の生産革新」，工場管理，Vol.35，No.6，P20
(51) 村田邦夫 他：「1個流し生産で体質改革」，工場管理，Vol.35，No.7，P101
(52) 澤田善次郎：「これからの標準作業」，工場管理，Vol.35，No.8，P29
(53) 「100％良品質づくりの標準作業」，工場管理，Vol.35，No.8，P47
(54) 「リードタイムを20％に短縮」，工場管理，Vol.35，No.8，P54
(55) 「工場革新ドキュメント」，工場管理，Vol.35，No.11，P30
(56) 「協力工場の生産革新 サンデンのASP活動」，工場管理，Vol.35，No.11，P58
(57) 小原慎一郎 他：「富士通の高信頼性運動」，工場管理，Vol.35，No.13，P30
(58) 「高生産性への飽くなきチャレンジ」，鉄鋼のIE，Vol.26，No.1，P7（1988）
(59) 藤田昇平：「作業の高度化のアプローチ」，鉄鋼のIE，Vol.26，No.1，P17（1988）
(60) 「昭和63年鉄鋼各社のIE活動」，鉄鋼のIE，Vol.27，No.2＆3，P17（1989）
(61) 「世界のトップをめざして新たなる飛躍」，鉄鋼のIE，Vol.27，No.4，P7（1989）
(62) 畑原 隆：「試験部門の要員効率化」，鉄鋼のIE，Vol.27，No.5，P20（1989）
(63) 木村好博：「修理部門の効率化アプローチ」，鉄鋼のIE，Vol.26，No.6，P22（1989）
(64) 「表面処理製品のトップメーカーが狙う体質改善」，鉄鋼のIE，Vol.27，No.6，P6（1898）
(65) 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

(66) 室 英治 他：「建築工事における標準労務歩掛り設定１」，日本建築学会梗概集，1987年10月
(67) 鷲尾 進 他：「建築工事における標準労務歩掛り設定２」，日本建築学会梗概集，1987年10月
(68) 室 英治：「大規模プラントによる鉄筋工事の施工性評価」，日本建築学会梗概集，1987年10月
(69) 柳田 晃：「クレーン稼働実態からみた超高層ＲＣ造建築の生産特性」，日本建築学会梗概集，1988年
(70) 田中幸一郎：「大規模プラント工事におけるタワ
(71) 湯谷孝夫 他：「超高層ＲＣ造住宅における躯体工事の研究」，日本建築学会梗概集，1989年10月
(72) 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）
(73) 原 一郎 他：「工業経営ハンドブック」，技報堂（1966）
(74) 「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」，建設省（1988）
(75) 「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）
(76) 「新編 自動車工学便覧 第９編」，自動車技術会（1983）
(77) 今泉益正 他：「現場の改善手法テキスト（上）」，日科技連出版社（1985）
(78) 塩沢清茂 他：「総合システムのためのＩＥ」，日科技連出版社（1989）
(79) 今泉益正 他：「現場の改善手法テキスト（下）」，日科技連出版社（1985）
(80) 新郷重夫：「トヨタ生産方式のＩＥ的考察」，日刊工業新聞社（1980）
(81) 「現場を根こそぎ改善する事典」，工場管理編集部，日刊工業新聞社（1985）
(82) 平野裕之：「工場を合理化する事典」，日刊工業新聞社（1987）
(83) 岩井正和：「オール松下の生産革命」，にっかん書房（1985）
(84) 山本行雄：「ホンダの勝ち残り生産戦略」，にっかん書房（1986）
(85) 山本行雄：「三菱重工業の生産革新」，にっかん書房（1987）
(86) 土屋 裕 他：「おはなしＶＥ」，日本規格協会（1988）
(87) 古川 光：「おはなしＩＥ」，日本規格協会（1988）
(88) 「建設メカトロ化調査研究報告書」，日本産業用ロボット工業会（1985）

（付録２）製造業の分野別のＩＥの適用事例

（付録２）製造業の分野別のＩＥの適用事例

1. 鉄鋼分野

鉄鋼業においては，ＩＥ的手法による合理化は，製銑，製鋼，圧延に付随する従的な工程や，保守・修繕作業において主に適用されている。これは，現在行われている高炉，もしくは電炉による鉄の生産方法は，極めて完成度の高いものであり，また，年間の生産量からみても，容易に変更できるものではないからである。また，ＩＥ手法の適用目的も，作業の合理化，安全化を図るというよりは，石油ショック以降の鉄鋼不況に対応するための，人員削減によるコスト低減が主目的となっているものが多い。

上記のような背景から，鉄鋼分野においては，時間研究などによって作業そのものの改善を図るケースより，いかに作業要員を減らすかが注目されてきた。よって，手法として作業者工程分析，連合工程分析などによる人の適性配置化，また，PERTなどによる効率の良い工程の分析が中心となっている。また，稼働率を把握するためのワークサンプリングなども行われているが，その目的も頻度の多い作業特性の把握のために用いられている。

最近の合理化へのアプローチについては，いわゆるデザインアプローチ的なものが主流となりつつある。これは，現状の状況でできる改善を摸索するのではなく，ORDLIX法に代表されるように，まず理想的な作業の設計（Method Design）を行ってから，実現可能な具体案をまとめる手法である。その背景として，鉄鋼分野においての現状改善的な作業の合理化が，ほぼ限界に達しつつあると見てもよかろう。今後，このアプローチ手法の適用が増大してくることが予想される。

業種	適用工程	手法		分析・測定対象	対策	効果
		作業研究	その他ＩＥ手法			
鉄鋼	コークス押出工程	作業者工程分析	パレート分析	２名同時作業の洗い出し	作業に２名必要な要因を分析し，無人化できるものは無人化，確認作業等はテレビカメラや現場の装置を改善 現場の掃除箇所，回数の提言	９×４名→５×４名
	出銑工程（生産量減少に対する対応）	ワークサンプリング			出銑工程とその下工程の要員を直営社員と協力会社員とに分離（新技術への対応，高齢者の高熱作業からの解放）	修理要員を合わせた製銑工程で207名→187名へ
	分塊作業（生産量の減少に対する対応）		ＭＡＰ法 ＰＥＲＴ法	作業工数	同種作業の集中化（時間帯の集中化） 監視・管理の集中化（操作盤，操作スイッチの集中化，記録作業の簡素化	２直から１直へ 36人→27人へ省力化
	分塊，造塊工程		ＰＥＲＴ法	作業工数	作業改善などによる同時必要人員の削減と要員のプール化	作業の効率化によって50名の要員削減
	圧延工程		ORDLIX（Organized Design for Line and Crew Systems）	（個人のスキル評価）	設備仕様，レイアウトの違う大型，中型の工場の圧延に対応できる圧延機動グループの設置	８班体制から７班体制へ
	仕上げ工程（コイル状線材の酸洗工程）	ワークサンプリング法		作業工数	工程の改善と天井クレーンを床上での操作に変更	天井クレーン専属運転手を省力
	精製工程（ステンレス鋼板生産）	連合工程分析		作業工数	高能率ラインへの負荷集約 クレーン運転の床上操作化要員の機動配置化	要員合理化80名

業　種	適用工程	手法		分析・測定対象	対策	効果
		作業研究	その他ＩＥ手法			
鉄鋼	切板梱包ライン		作業工程別標準時間の設定	稼働ロス 作業工数	作業工程別標準能率設定とその職務設計 稼働ロス分析による作業改善	要員合理化８人，17工数
	動力部門			点検作業 装置操作作業	異常発生頻度の実績チェックに基づく点検ランク，基準，項目の見直し バルブ操作の遠隔化，起動停止の集中化	２年間で14名削減 ２年間で６名削減
	厚板スラブの土間手入工程	作業時間設定 連合工程分析		作業工数	バッチ処理から連続処理へ	作業能率が2.4倍へ
	修理部門		最も効率的な要員配置を基にした理想状態の設定 ・各要素作業の基礎時間の設定 ・作業工程間の相互関係の明確化 ・PERTを用いた正味作業時間の設定 ・理論理想状態の設定，評価	クルー人数の違いによる効率化の評価	理想作業状態と実際の作業状態の配置人員の差から，クルー要因の少人数化を試行	従来の一律的なクルーの要員配置から，配置人員別作業発生量に応じたクルー編成による，１クルー当たりの要員の小人数化
	修理部門（製鋼工程鍋修理作業）	標準時間の設定	作業要員，作業能率の算定		作業変動に対応できる外注作業に改善	49名→36名へ
	発電点検作業		PERT法	作業工数	ボイラー，タービンの点検工期の短縮	点検工程の短縮13回
	発電点検作業（ボイラー運転，タービン運転）		MAP法 PERT法	点検作業（点検頻度，点検箇所）	点検作業の削減（頻度の見直し，点検箇所の削減） 点検の集中化	点検要員３×４名→１×４名へ

業　種	適用工程	手法		分析・測定手法	対策	効果
		作業研究	その他ＩＥ手法			
鉄鋼	製鋼工程（ターンディッシュ整備作業）	ストップウォッチ法 ワークサンプリング 作業者工程分析	シミュレーション分析	作業工数	ターンディッシュの増設による整備基数の平滑化 クレーン操作の地上運転化	５人の省人化
	材料試験	作業工程分析 連合工程分析		作業工数	ハンドリング作業軽減のために無人搬送車，自動積卸し装置を導入 測定・記録作業などのデータ処理に測定機・検出機とマイコンを導入	加工機の導入によって要員が約１／２に 試験機の導入によって要員が約１／４に
	転炉における炉中成分分析	ストップウォッチ法 連合工程分析	パレート図分析	作業工数	歩行時間の削減につながるレイアウトの改善 サンプルの鋳型の材質，形状の変更によるサンプル切断作業の省略	１製鋼作業当たり1.35分の時間短縮

2. 自動車分野

自動車の生産システムは，各工程とも生産タクトに合わせる形で同期生産システムを取っており，生産管理，品質管理面からの検討が行われたシステムとなっている。このシステムの中では，工程別，作業別に標準作業時間が設定され，作業者の配置がきめられている。

標準時間は，工数決定や設備能力管理，能率管理，原価管理などの基礎データとして利用され，重要な位置付けを占めている。

標準時間の設定には，工程別に作業を要素作業に分割し，1／100～1／1000分単位にストップウォッチ法またはPTS法等のＩＥ手法により時間測定し，余裕時間を付加し，決定されている。標準時間は，作業条件に応じて，メインテナンスされ，常に最新状態に維持されている。

組立工程においては，常に，設備稼働率や動作に対する分析が行われ，ムダな動作やロスを削減することが検討されている。ここでは，ワークサンプリングやメモモーション研究などが利用されている。

ロット生産から1個流し生産に移行しており，これにより従来の生産システムの問題点が顕在化し，前述の手法による改善が行われる一方で，仕掛かり在庫の低減によるコストダウンが図られている。

業　種	適用工程	手法		分析・測定対象	対策	効果
		作業研究	その他ＩＥ手法			
自動車	リア・アクセルの取付	－		歩行ロス，作業時間	ラインと作業台の同期	締め付けトルク10秒へ 歩行ロス22.4秒短縮
	足周り部分の準備工程およびリアアブソーバー／リアデラムの締め付け工程	－		締め付けトルク， 取付時間	仮止め手順の変更	作業時間72→69秒
	トラックのキャビン（フロア，リア，フロント，バック）の組立工程	－ワークサンプリング法		稼働率，動作	歩行ロス一設備間の縮小 レイアウト変更一作業台，シュータ，部品棚の廃止，縮小	仕掛かり241枚（46％削減） 歩行数538歩削減 生産性8.4％向上
		－ビデオ・メモモーション		稼働率，動作	設備レイアウト 作業方法 簡易治具の開発 など	仕掛かり185枚（36％削減） 歩行数210歩削減 生産性13.7％向上
自動車部品	エバポレーターの組立	PTS		作業時間	作業の自動化	118→90 sec
	クーリングユニットの組立工程			作業時間（手待ち）	U字ライン，自動化（ボンド塗布），治具改良	人員 半分
	ヒーターユニットの組立	－		手待ち	U字ライン，保管のインライン化，溶接工程（2→1）	7人→1人，生産性2.6倍，運搬距離2／3，手待ち0，中間仕掛かり1
	金型加工		－PERT	－部品情報，見積もり工数等工程情報 －最早最遅時間 －作業日程		－管理業務 720 h→516 h/月 －NC稼働率 4008時間/年向上

業　種	適用工程	手法		分析・測定対象	対策	効果
		作業研究	その他ＩＥ手法			
自動車部品	カーエアコン用コンプレッサーの生産			－工数，段取り替え在庫ロス，リードタイム，負荷	－平準化スケジューリング －コンピューターとLANによる制御システム －PULL生産方式による１個流し生産	－生産リードタイム 7.7 h→3.6 h －仕掛かり在庫 1100→650台 －検査NG品補充時間の分析 126→36 min －省人化 80→42人 －工程内不良率50%減 －稼働状況モニターシステムにより，早期の設備稼働率の立ち上げ
	ワイヤーハーネス用切断，圧着段替，測定工程	－ライムスタディー		－要素作業別の時間	－動作の改善	－作業の標準化 －教育訓練 －段替えの低減 －外段取り

3. 機械分野

機械の製造においても多品種少量生産により，これに対応した形で柔軟な生産システムが採用されている。ここでは，設備別の稼働時間，要素作業別に管理がされて，機械の待ち時間の減少，作業の合理化が行われている。

ここでは，FMSシステムに対応した形で，グループテクノロジーといった手法や，ラインバランス率の管理が行われている。

作業においては，ビデオメモモーションやワークサンプリングなどの手法の利用により，最適な作業，工程改善が行われている。

業　種	適用工程	手法		分析・測定対象	対策	効果
		作業研究	その他ＩＥ手法			
産業機械	工作機械の中型箱物部品加工工程	－	－グループテクノロジー －ラインバランス率管理	－加工時間 －機械稼働率（最多時間加工の分析） －実稼働率	－FMS化 －新たな工作機器の導入 －コンピューターによる工作順序の計画	－生産能力（150個→280個／月） －リードタイム 60日→8日
	縦型フライス盤による斜め加工（外加工）			－加工時間（段取り時間など），工数	－マシニングセンターの改良による，ライン内加工	－マニュアル機からFMSへ2割り（省力化） →コスト 1／3
	鈑金加工		－（FMS化前）グループテクノロジー	－金型の利用状況 －段取り時間 －設備稼働時間 －作業工数 －材料歩留まり	－金型の標準化 200→48種類 －図面修正，プログラム変更 －FMSラインの導入	－生産性 2直体制で正味稼働時間：10→18時間 －省力化 4人2直体制→2人 －材料歩留まり 75％ －リードタイム50％減少 －仕掛かり品50％以上削減
	農機具の生産	－ビデオメモモーション －ワークサンプリング		－要素作業別の時間 －主作業，各付随作業，各準備作業等の回数		
	プレス段取り	－		－要素作業別の時間	－パンチユニットの改善による段取り時間の短縮	－段取り時間 1時間22分→30秒

4. 電気・電子分野

電気・電子分野における作業研究としては，ワークサンプリング，メモモーションといったＩＥ手法が適用され，工程別，要素作業別に時間ロス，手待ちロス，作業時間の管理が行われており，生産性の向上が行われている。また，標準作業の工数管理としては，これらの時間研究に加えて，ＰＴＳ法も利用されている。

ＶＴＲのような量産工場では，ＦＡ化が進んでおり，自動化率が高い。ここでは，自動化に適した組立評価を行うため，組立評価法が各社で研究され，自動化に対して，設計面からの検討も行われている。

自動化，機械化の進んだラインの中では，多品種生産による切り替えに注目し，連合作業分析として，機械と人間の作業時間の分析が行われ，コストダウン，工数の削減が図られている。

品質管理においても，特性要因図やパレート分析が利用され，不良率の低減への試みが行われている。

業　種	適用工程	手法		分析・測定対象	対策	効果
		作業研究	その他ＩＥ手法			
電気・電子	電気・電子製品の組立	ワークサンプリング		規律ロス		16.2％→1.7％
		連続稼働分析		朝の取掛かりロス		11.9％→1.1％
		ワークサンプリング モーションマインド		手待ちロス 作業時間	手待ちロス，作業手順や時間のバラツキ	生産性　700台／日→800台／日
	セラミック電子部品の焼成工程		－特性要因図	外観不良率 不良要因（人，方法，設備材料）	－リヤフタによる反応不良の改善 →リヤフタの反りの測定	－不良率 2.6％→1.6％ －効果金額 16.9万円／月
	VTR量産工場における組立		－組立性評価	－組立方向の垂直一方向化 －機能の単純・標準モジュール化 －締結の単純化 －機能構造の兼用，複合化 －部品整列，分離の容易化 －構成部品要素の最小化	－自動倉庫＋自走台車 －組立ロボット －生産管理，稼働管理，品質管理等のバックアップシステム	
		－PTS法		－組立工数		
	VTR生産組立工程		－組立性評価		－自動組立 （ロボットの利用）	－1／10の省力化 －連続稼働
			－組立性評価法 （Design for Assembly）	－部品形状や性質などの設計要因，組立要因，未付加作業要因 －工程の流れ		

業　種	適用工程	手法		分析・測定対象	対策	効果
		作業研究	その他ＩＥ手法			
電気・電子	ミニ・モールドトランジスタのリード成形工程		－特性要因図	－成形機の動作件数 －成形機の誤動作故障時間	－コネクタ部の改良による接触不良の低減 －ＩＣソケットの改良 －ノイズの低減	－誤動作 1／15
	ＴＶの生産ライン	－		－機種切り替えに伴う切り替え時間 ・設備切り替え ・計測機設置・調整 ・作業支持，品質チェック ・工程落セットの処理 ・治具接続，外しなど	－作業マニュアル －計測室の設備改善 －調整用センサーの操作法 ボルト→ハンドル操作 リモートコントロール化 －	－切り替え時間 75分～55分 －全作業時間 25％カット －生産能力 300台アップ
	掃除機の生産	－ビデオメモモーション		－動作（捻り，うつむき，歩行，もちかえ等） －要素作業時間（仮置き作業，重複作業） －設備稼働率 －工程編成（ラインバランスロス，仮置き，重複作業） －作業方法（荷姿，供給方法，挿入・配線，作業環境） －トラブル停止の把握，メインテナンス状況	①ステッカーの排除 ②持ち替え作業→２つの工具のドッキング ③仮置き作業の廃止と手待ち時間の利用	ステッカー排除 9円／台 新工具　4万円／月 仮置き作業廃止 16万円／月
			－工程順位表		フクロオリエ挿入機のトラブル解消→二重巻きバネの利用	工数削減 3人 効果金額 90万円／月
			－トラブルチェックシート			

業　種	適用工程	手法		分析・測定対象	対策	効果
		作業研究	その他ＩＥ手法			
電気・電子	プリント板ユニットの組立		－工場管理システムの利用	－実装ミス，仕上げミス，その他の不良要因	①異形部品の挿入の自動化，自動化部品尾大，自動修復装置 ②段取りミスの防止 ハンダ付け条件の見直し ③パターン間隔と形状の見直し，自動化しやすい実装配置・形状の選択	自動実装率 約65→98％ 不良率　1／6
	大型コンピューターの装機組立（最終工程）		－パレート図 －特性要因図	－不良項目 －不良要因	①チェック方法の統一など	不良件数 63→1件／月
	電気レンジトランスの組立，試験，箱詰め工程	－ワークサンプリング －連続時間観測		－工程の各要素作業時間	・ムダ作業が32％ ・リンプ内作業の手待ち多し →ラインバランスの調整，アンプ打ち機械を1→2台持ち トランス供給方法の改善	工程時間 68.5→60秒 ピッチタイム 21.5→17.0秒 要員　5名→4名
	40Ｗ用安定機の線処理，線カシメ，溶着，箱詰め工程	－		－各要素作業時間 －ラインバランス	・工程間の時間バラツキが大きい	

業　種	適用工程	手法		分析・測定対象	対策	効果
		作業研究	その他ＩＥ手法			
素材加工・成形	射出成形	－連合工程分析		－機械の作業時間（型閉，射出，チャージ・冷却，エジェクタ） －作業者の要素作業別時間	①外装用小箱の組立の短時間化→ワンタッチタイプの組立方法 ②色表示ラベルの張り付けから，予め印刷する	サイクル時間 85→75秒
	射出成形の色替え作業	－連合工程分析		－成形機の作業時間（本生産ロット，停止，パージ運転，本生産次ロット） －作業者の要素作業時間	①供給スイッチの切るタイミングによる作り過ぎ →事前停止数テーブルの作成 ②本生産終了後の色替え作業の準備，前作業段取り →事前の作業準備，色替え	切替時間 10分短縮 作り過ぎ 0
	成形品の組立・包装	－運搬作業分析		－運搬作業工数	①メインコンベアとリブリ作業の離れ →アプリ作業工程装置の改良とコンベア上への設置	要員 8.5名→7.5名 運搬工程の削除
	電線の製造			－工程待ち時間 －仕掛かり		

5. 建築分野

建築分野のＩＥ的な取り組みに関する報告は10年ほど前からみられるが，製造業のような分野に比べ，歴史が浅い。

建築分野でＩＥ手法の適用により，作業研究として工数分析や作業の改善や工法の検討が行われている。高層建築の躯体工事などでは，製造業におけるＩＥ手法であるビデオメモモーションやストップウォッチ法，ワークサンプリング法が利用され，要素作業別，単位作業別，工程作業別に測定が行われている。また，これらのミクロ的な分析とともに作業日報，帳表データおよび専用調査シートから，マクロ的な分析も行われている。

機械に注目した形では，クレーン作業など揚重作業に関わる稼働率分析が行われている。オペレーショングラフ，ビデオメモモーション，ストップウォッチ法，労務実績から，作業要素別の時間の計測，稼働要因の分析が検討されている。これらの分析結果を元に，揚重作業の自動化が行われている。

ORの手法であるネットワークやPERT／CPMが，作業の作業工程計画の立案に利用されており，概略工程計画から詳細な工程計画がコンピューターの利用により行われ，適正な工期の把握や工程管理に適用している。

業　種	適用工程	手法		分析・測定対象	対策	効果
		作業・時間研究法	その他ＩＥ手法			
建築	超高層RC住宅の躯体工事 －組立鉄筋工法における鉄筋工	－ビデオメモモーション（フープ地組作業）		作業別（選別・小運搬，ラップ，結束別）の工数	新治具の利用 作業改善（パイプの差替作業をなくする）	－工数の減少
		－ビデオメモモーション（梁ユニット筋地組作業）		作業別（St.選別運搬，St.ラップ・セット，St.結束，主筋選別運搬，主筋差込，その他）の工数		
		－専用シート（柱主筋の作業工数の変化）		工数	作業の編成	工数の減少，工程の短縮
	超高層RC造建築	－タワークレーンのオペレータビデオ映像のタイムラプスビデオ録画		稼働時間（玉掛け，揚重，建込み，空荷回転）		
	クレーン作業	－稼働率分析		－オペレーショングラフによる稼働測定 ・on/off ・巻上げ/下げ ・旋回 ・ブーム起/伏		
	大規模プラントの揚重	－VTRメモモーション －ストップウォッチ法 －揚重機の稼働調査 －労務実績調査		－取外作業および配筋作業の作業要素別時間 －資材搬入のパターンと稼働要因 －歩掛かり	－揚重機の鉄筋把持機能の改良 －揚重機の自動化	
	高層集合住宅の住戸内スラブの作業	－目視によるタイムスタディー －ビデオメモモーション		工数（解体，配筋，取付，建込み）		－在来工法に比べて，一方向ボイドスラブが有効 作業量－35.9％

業　種	適用工程	手法		分析・測定対象	対策	効果
		作業・時間研究法	その他ＩＥ手法			
建築	ＲＣ造集合住宅の作業工程（47工程	－ビデオメモモーション －作業メモ		要素作業時間，単位作業時間，工程作業時間		－工程単位が労務歩掛かり設定には有効
	大規模プラントの鉄筋工事（加工場～鉄筋取付場）	－帳表データ		部位鉄筋別の工数		－ユニット化工法が工数面で有利
		－ビデオメモモーション －工数および工期の算出		把持別，巻き上げ別，旋回等の詳細な作業レベルの工数，工数の測定		
			－インターフェース・マトリックス（多工区同期化工法のサイクル工程計画支援手法）			
	高層住宅の躯体工事（型枠，鉄筋）	－メモモーション		－工法（APS工法，在来工法）別の稼働時間，部位別工数		
		－施工管理業務の情報		－会社別，日別の就労状況（工数）		－工区別，作業項目別の工数，歩掛かりの容易な人手，及びそれに伴う次工程の改善と次工事のレベルアップ
	機材センターのパイプの入着～製品ストック	－メモモーション －ストップウォッチ法		－単位作業別の工程，要素作業時間	－シミュレーション ・必要作業時間 ・作業配置，フォール走行時間	

業　種	適用工程	手法		分析・測定対象	対　策	効　果
		作業・時間研究法	その他ＩＥ手法			
建　築	集合住宅のPCの取付	－ビデオメモモーション		－単位作業別時間		－（標準工数の設定） －（改善案の提出、工数の予測）
		－日報，日誌および調査シート		－工区別サイクル別の作業時間 －工数		
	プレハブ中層住宅施工（仕上げ木工事）	・マンツーマンによるストップウォッチ計時 ・36㎜カメラによる写真記録		作業の生起数，所要時間，稼働率		－管理上のチェックポイントおよび，改善の着眼点の抽出
	鉄筋コンクリートの作業	－ストップウォッチによる継続観測法 －ビデオカメラの記録撮影法		工程，作業の実態を要素作業別に計測		
	超高層建築のカーテンウォル工事	－マンツーマンによるストップウォッチ計測（墨だし～ガラス内部シールの最終工程の26作業）		作業別の時間		－作業の統計特性値、作業率および手待ち率の把握
	大型型枠工法に伴う施工工程	－１分間隔のワークサンプリング		単位作業および要素作業の時間および工数		－時間，工数，稼働率変動およびその要因を分析
		－10分間隔のワークサンプリング		１サイクル工程分を単位として，作業を測定		
		－８㎜カメラによるメモモーション				

業　種	適用工程	手法		分析・測定対象	対策	効果
		作業・時間研究法	その他ＩＥ手法			
建築			－SPCシート （標準工程を設定した管理シート） ①基本作業，②各工程の欠陥0，③対応技術，④施工工程の確立，⑤機械損失の予測，⑥標準工程の設定の試み，⑦他工事との競合の調整，⑧連繋施工，⑨組織活動の確立	品質の確保		
	ピン構造住宅用手金の転造ねじ加工	－ビデオメモモーション －作業日報		運転時間，チョコ停発生状況，不良率	－新治具の開発 －設備改良	－チョコ停回数　34回→3回／日 －無人運転時間　20分→200分 －不良率　0.0043％→0.0021％
	鉄筋圧接作業	－作業者工程分析		－要素作業別（組立運搬，検査，停滞）の作業手順，作業方法		
	柱型枠パネルの形状寸法と作業工程数	－製品分析		－要素作業別（加工運搬，停滞，検査）別の作業時間		
	梁のコンクリート打設	－多重活動分析		－各オペレータ，各作業ステップ（バイブレータ，手待ちなど）別の作業時間		
		MTM-Bygg		－PickUp，Pix，Stroke，Examine，Regrasp別作業時間		

業　種	適用工程	手法		分析・測定対象	対策	効果
		作業・時間研究法	その他ＩＥ手法			
建築	スリップウォーム工法のジョブデザイン			-作業時間 -作業姿勢		
	ミッコースラブ工法		-PERT/CPM	-要素作業別の作業計画		
			-アロー型ネットワーク	-主要工事のネットワークおよび工程日数 -工程日数・能率の算出と，工法区割計画 -工法検討資料 -開始日，完了日 -工事歩掛りの更新		-熟練技術者と同等の工程計画 -工程計画のビジュアル化 -工事受注時の適性工期
			-分岐型アローネットワーク	-概略工程計画 -詳細工程計画 -工程管理		

（付録３）「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３）

「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～
	業務第二係長	阿部新治	H1. 4～
	技官	加藤司	H1. 4～
東北地方建設局技術事務所機械課	課長	中川光一	H1. 4～
	機械調査係長	木村信悦	H1. 4～
	技官	亀田誠	H1. 4～
関東地方建設局道路部機械課	課長補佐	関谷洋一	H1. 4～1.10
	〃	村松貞夫	H1.10～2. 3
	〃	須田光俊	H2. 4～
	業務第一係長	佐生新一	H1. 4～1. 6
	〃	小池賢司	H1. 7～
関東地方建設局技術事務所機械課	課長	須田光俊	H1. 4～2. 3
	〃	佐々木敏彦	H2. 4～
	管理係長	小室日出男	H1. 4～2. 3
	〃	後藤正様	H2. 4～
	技官	秋出和正	H1. 4～2. 3
	〃	伊藤敦	H2. 4～
北陸地方建設局道路部機械課	課長補佐	倉島冠	H1. 4～
	業務第一係長	羽賀清治	H1. 4～2. 3
	〃	三日月晋一	H2. 4～
	技官	宮島実	H1. 4～2. 3
	〃	姫野芳範	H2. 4～
北陸地方建設局技術事務所機械課	課長	上村弘	H1. 4～
	機械調査係長	渡辺敏男	H1. 4～2. 3
	〃	前田孝司	H2. 4～
	技官	姫野芳範	H1. 4～2. 3
	〃	池上則明	H2. 4～
中部地方建設局道路部機械課	課長補佐	山田信夫	H1. 4～2. 3
	〃	中沢秀吉	H2. 4～
	整備係長	坂井則行	H1. 4～2. 3
	〃		H2. 4～
	技官	勅使河原雅敏	H1. 4～
	〃	平井佳津美	H1. 4～

所　　属	官　　職	氏　　名	担当期間
中部地方建設局技術事務所機械課	課　　長	梅田住男	H1. 4～
	設計係長	永江　豊	H1. 4～2. 3
	〃	山崎茂雄	H2. 4～
	技　　官	浜松利行	H1. 5～
近畿地方建設局道路部機械課	課長補佐	髙津敏夫	H1. 4～
	業務第一係長	池田一利	H1. 4～2. 3
	〃	石松　豊	H2. 4～
	技　　官	菊池　弘	H1. 4～
近畿地方建設局技術事務所機械課	課　　長	阿部重美	H1. 4～2. 3
	〃	吉岡壮明	H2. 4～
	機械調査係長	松本克英	H1. 4～2. 3
	〃	榊原孝志	H2. 4～
	技　　官	堀内厚志	H1. 4～
中国地方建設局道路部機械課	課長補佐	佐々木輝夫	H1. 4～2. 3
	〃	須田道夫	H2. 4～
	整備係長	中村照行	H1. 4～
	技　　官	富武英信	H1. 4～2. 3
	〃	新宅孝輔	H2. 4～
中国地方建設局技術事務所機械課	課　　長	橋本勝美	H1. 4～2. 3
	〃	今本輝信	H2. 4～
	専門職	高下輝久	H1. 4～
	技　　官	新宅孝輔	H1. 4～2. 3
	〃	溝川克己	H2. 4～
四国地方建設局道路部機械課	課長補佐	喜多良男	H1. 4～
	整備係長	尾崎宏一	H1. 4～2. 3
	〃	村上正典	H2. 4～
	技　　官	二川義人	H1. 4～2. 3
	〃	竹内伸一	H2. 4～
四国地方建設局技術事務所機械課	課　　長	須田道夫	H1. 4～2. 3
	〃	末宗仁吉	H2. 4～
	技　　官	茅原　晶	H1. 4～2. 3
	〃	宇田　浩	H2. 4～
建設経済局建設機械課	課長補佐	橋元和男	H1. 4～
	直轄係長	近藤治久	H1. 4～
	技　　官	小田浩信	H1. 4～
	計画第二係長	進藤　嵩	H1. 4～
	技　　官	石川裕一	H1. 4～

機械化施工における施工改善手法に関する研究（第１報）

ISSN　0386－5878
土木研究所資料第2986号
平成４年３月（1992）

杉山　篤，村松敏光，薬師寺伸夫
高津知司，北嶋公生

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，工場生産等におけるＩＥの調査および土木工事用に改良を加えた調査要領について取りまとめを行っている。

キーワード：ＩＥ，施工改善，ＣＥ，調査要領

郵便はがき

四十一円切手をはって下さい。

〒305-□□

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. 1

No. 1

配布先氏名

配布先住所

土木研究所資料第2986号　　部

上記のとおり受領しました。

所　属（住所）

氏　名　　印