ＩＳＳＮ　0386—5878

土木研究所資料第3201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２報）

平成５年８月

建設省土木研究所

材料施工部機械研究室

Copyright©(1993)by P.W.R.I.

All rights reserved. No part of this book may be reprodused by any means, nor transmitted, nor translated into a machine language without the written premission 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、複写は、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3201号 1993年8月

機械化施工における施工改善手法に関する研究（第2報）

機械研究室 室 長 吉 田 正
室 長 杉 山 篤 1)

1) 現 日本道路公団東京第2管理局技術部

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，土木工事へのＩＥの適用において，現場での有効な活用方法を明確にし，実施例を引用してマニュアル（素案）として取りまとめた。

キーワード：施工改善，ＩＥ，定量的評価，省力化，省人化，生産性，安全性，苦渋性，建設工事，建築工事，道路打換工，護岸堤，土工，

執筆者

小澤郁夫　(株)大林組　土木技術本部技術第一部技術課　課長代理
高津知司　建設省土木研究所　機械研究室　研究員
野村正之　建設省土木研究所　機械研究室　主任研究員
橋口和文　日立建機(株)　技術本部第三技術部　主任技師
福川光男　鹿島道路(株)　機械部　部長代理
室　英治　(株)竹中工務店　技術研究所　主席研究員
山崎孝之　(株)システムズ　生産グループ　主任研究員

はじめに

近年、建設事業に対し、高度な品質と精度の高い施工の実現というニーズが高まる一方、建設現場においては苦渋作業や危険作業、労働者の高齢化と熟練労働力の不足による労働生産性の低下が懸念されている。

このような背景の中で、苦渋作業や危険作業の減少などの建設工事の施工改善が各方面で鋭意取り組まれているが、効果的な施工改善を行うために、生産性、苦渋性や安全性などの観点から作業を定量的に評価する手法の確立が望まれている。

そこで、土木工事においてＩＥ（インダストリアルエンジニアリング）手法を適用し、作業の問題点を効率的かつ系統的に整理して改善策を検討する手順を確立することを目的として，機械化施工改善調査委員会の指導のもとに，建設省建設経済局建設機械課，土木研究所材料施工部機械研究室，地方建設道路部機械課，地方建設局技術事務所機械課が，平成元年より研究を実施してきた。

その研究の成果については平成３年度に第１報が報告されているが、それ以後、心理計測実験による安全性・苦渋性評価やＩＥ手法による施工改善効果確認施工など研究が進められており、今回、施工現場や、技術開発現場での効果的な施工改善に資することを目的としてこれらの成果をふまえて土木分野におけるＩＥ手法を総括的に取りまとめてマニュアル形式にした。

平成５年８月

施工改善手法のマニュアル検討小委員会

委員長　　三浦　延恭

目　　次

Ⅰ．機械化施工改善手法のマニュアル

第１編　施工改善手法の概要　　野村正之

第１章　適用の背景 …… 1－1

第１項　施工改善の必要性 …… 1－1

第２項　施工改善の重要性 …… 1－2

1. 従来の施工改善の実態 …… 1－2

2. 歩掛り調査等との相違点 …… 1－2

3. 管理技術の活用 …… 1－3

第２章　本マニュアル（案）の狙い …… 1－4

1. 適用範囲 …… 1－4

2. マニュアル（案）の構成 …… 1－4

3. マニュアル（案）の利用方法の例 …… 1－4

第３章　適用上の注意点 …… 1－5

1. 測定手法に対する検討 …… 1－5

2. 分析手法に対する検討 …… 1－5

3. その他 …… 1－6

第２編　施工改善の進め方　　高津知司　野村正之

第１章　基本プロセス …… 2－1

1. 問題点を確定させるための活動 …… 2－1

2. 改善に必要なデータの収集 …… 2－2

3. 問題点を解決するための活動 …… 2－3

第２章　具体的な方法 …… 2－5

第１項　改善の視点と目的設定 …… 2－5

第２項　測定 …… 2－7

1. 測定項目 …… 2－7

2. 測定レベル …… 2－8

3. 測定手段の選択 …… 2－10

4. データの整理 …… 2－10

第３項　分析 …… 2－12

第４項　改善案の抽出 …… 2－14

第５項　評価 …… 2－16

第3章　実施体制 …… 2－17
1.　実施人員と役割分担 …… 2－17
2.　改善リーダの必要性 …… 2－18
第3編　測定方法　山崎孝之
第1章　測定方法の選定 …… 3－1
第1項　改善の視点と測定方法の対応 …… 3－1
第2項　測定手段の評価 …… 3－3
第2章　測定方法の種類 …… 3－5
第1項　工事実績の記録 …… 3－5
第2項　工程分析 …… 3－6
第3項　稼動（動）分析（ワーク・サンプリング法） …… 3－9
第4項　時間研究 …… 3－14
第5項　動作分析 …… 3－19
第6項　作業環境の測定 …… 3－22
第7項　生体負担の測定 …… 3－24
第3章　データ整理の方法 …… 3－26
第1項　データ整理の手順 …… 3－26
第2項　データ整理の実施例 …… 3－29
第4編　分析方法　事務局
第1章　工事実績を利用した分析方法 …… 4－1
第1項　工事工程の分析方法 …… 4－1
第2項　労務実績の分析方法 …… 4－6
第3項　機械の運行記録の分析 …… 4－9
第2章　工程分析 …… 4－12
第3章　稼動分析 …… 4－15
第4章　作業時間の分析 …… 4－19
第5章　連合作業分析（複式活動分析） …… 4－24
第6章　動作分析 …… 4－27
第7章　苦渋性・安全性の分析 …… 4－31
第1項　環境要因の分析 …… 4－31
第2項　第1目　RMRを利用した分析 …… 4－37
第2目　作業姿勢に関する分析 …… 4－40
第3項　心理反応の分析 …… 4－42

第5編　改善案の抽出と評価　高津知司　野村正之　室　英治
第1章　改善案の立案の方法 …… 5－1
第1項　立案方法の種類と選定 …… 5－1
第2項　改善案の立案の実施方法 …… 5－6
第2章 …… 5－7
第1項　改善案の評価予測と効果の確認 …… 5－7
第2項　改善案の評価の形態 …… 5－8
第6編　目的別の施工改善の進め方　小澤郁夫　橋口和文　福川光男　室　英治
第1章　問題点の認識と目標設定 …… 6－1
第2章　生産性向上（時間短縮）に向けた施工改善 …… 6－3
第1項　第1目　改善の基本的考え方 …… 6－3
第2目　評価項目 …… 6－5
第2項　時間短縮に向けた改善作業手順 …… 6－6
第3項　測定方法 …… 6－7
第4項　分析方法 …… 6－8
第1目　工事実績を利用した分析方法 …… 6－9
第2目　工程分析 …… 6－11
第3目　稼動分析 …… 6－12
第4目　作業時間の分析 …… 6－14
第5目　連合作業分析 …… 6－16
第6目　動作分析 …… 6－17
第5項　第1目　改善案の抽出 …… 6－18
第2目　改善案の評価 …… 6－19
第3章　生産性向上（省力化）に向けた施工改善 …… 6－20
第1項　第1目　省力化の概要 …… 6－20
第2目　評価項目 …… 6－21
第3目　作業者数と工業 …… 6－23
第2項　改善作業の手順 …… 6－24
第3項　第1目　分析に必要な測定データ …… 6－26
第2目　測定手段 …… 6－27
第3目　データの整理・分析 …… 6－29
第4項　第1目　分析方法の種類 …… 6－30
第2目　工事実績記録の分析 …… 6－31
第3目　工程分析 …… 6－32

第４目　稼動分析 …… 6－34
第５目　作業時間の分析 …… 6－36
第６目　連合作業分析 …… 6－39
第５項　第１目　改善案の抽出 …… 6－40
第２目　改善案の評価 …… 6－42
第４章　苦渋性の低減に向けた施工改善 …… 6－43
第１項　第１目　土木作業の苦渋性 …… 6－43
第２目　苦渋要因の評価と改善方向 …… 6－45
第２項　作業手順 …… 6－48
第３項　第１目　測定方法 …… 6－52
第２目　測定結果の整理 …… 6－57
第４項　第１目　時間要因の分析 …… 6－60
第２目　環境要因の分析 …… 6－62
第３目　作業特性の分析 …… 6－64
第４目　生体負担の分析 …… 6－66
第５目　心理計測結果の分析 …… 6－67
第５項　苦渋性の低減に向けた改善案の抽出と評価 …… 6－72
第５章　安全性の向上に向けた施工改善 …… 6－74
第１項　第１目　土木工事における安全性 …… 6－74
第２目　災害の要因とその排除 …… 6－77
第３目　評価項目 …… 6－81
第２項　改善作業の手順 …… 6－83
第３項　測定方法 …… 6－86
第４項　分析方法 …… 6－89
第５項　安全性の向上に向けた改善案の抽出と評価 …… 6－92
第６項　安全作業標準書の作成 …… 6－95
第７編　実施例　事務局
第１章　進路維持修繕工 …… 7－1
第１項　道路維持修繕工・打ち換え工法の事例 …… 7－1
第２項　道路維持修繕工・切削オーバーレイの施工改善の事例 …… 7－25
第３項　道路維持修繕工・表層再生工法の施工改善の事例 …… 7－33
第２章 …… 7－37
第１項　土工・築堤の改善調査の事例 …… 7－37
第２項　土工・ＣＡＢの施工改善の事例 …… 7－42

第3章　トンネル工 …… 7－50
第1項　トンネル工・ＮＡＴＭ工法の施工改善の事例 …… 7－50
第4章　離岸堤 …… 7－58
第1項　海洋土木・離岸堤工（ブロックの据え付け工）の施工改善の事例 …… 7－58

おわりに

付録1　用語定義
付録2　参考文献
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

第１編　施工改善手法の概要

第１編　施工改善手法の概要

第１章　適用の背景

（第１章－第１項　施工改善の必要性）

土木工事は一般に危険で不安定な労働環境、労働条件、気象条件、立地等の下で行われることが多く、厳しい条件の下で行われる。一方、そのマーケットは大規模化、多様化の傾向を強め、工期短縮等のニーズも強い。これらの諸問題を解決するために施工改善を図る必要がある。

〈解説〉

土木工事の主な問題点として以下の様な点が挙げられる。

①労働力不足が進んでおり、あわせて従事者の高齢化も進んでいる。

②屋外作業であるため天候の影響を受けやすく、劣悪な環境での作業が必要となる事がある。また、そのような生産性が低下した場合においても工期は決められており、現場の負担が大きい。

③ウォーターフロント開発、海底トンネル工事、大型橋梁工事等、工事が大規模化、多様化する傾向にあり、従来にない効率的な工事能力が求められつつある。

④工事の大規模化、長期化に伴い、投下資本の早期回収という面から工期短縮のニーズが高まっている。

以上の点から、機械化施工を始めとする、土木作業の合理化、効率化へのニーズは高まってきている。このような状況に対処するため、製造業の生産システム改善で実績のある管理技術（ＩＥ技術）を土木分野に導入する事が有効かつ必要である。

これらの管理技術の導入により、時間短縮、省力化、苦渋性の低減、安全性の向上等の利点が考えられる。すなわち、時間短縮においては、工期の短縮による経費の削減、時間配分の適正化による労働条件の改善（休日の確保）等、省力化においては、人手不足対策、人員配置の適正化による労働環境の改善等、苦渋性の低減においては、建設技術者の高齢化に伴う作業効率の低下対策、イメージアップによる雇用対策等、安全性の向上においては、労働災害の防止、労働環境の改善が図れる。

第１編　施工改善手法の概要

第１章 適用の背景

（第１章－第２項　施工改善手法の重要性）

土木工事を効率的かつ適性に改善するためには長年の知識や経験による定性的データの他に、土木工事の作業の特性を考慮した定量的データを収集分析し、それらを効率的に活用し、対象工事・作業の生産能率を正しく評価していくことが重要である。

（解説）

１．従来の施工改善の実態

近年の国民経済の発展にともなって社会資本に対する需要も拡大、多様化してきており、土木工事においても高品質と短工期の施工の実現が求められている。

このような中で、土木事業の効率的な執行の実現には、施工機械単独の改善のみならず、施工全体を考慮した新たな改善策が必要である。

従来の土木工事の施工改善は、専門家による経験・知見に基づいて行われてきたが、つぎのような問題があった。

①従来の方法では、高度な専門知識や長年にわたる経験が必要であり、また、その専門家の養成は容易ではない。

②知識や経験に基づく施工改善は、定性的な改善に留まり、その改善効果の比較評価が難しく、充分な改善が図れない。

このため、定量的なデータによる施工改善手法を導入することができれば、上記のような問題が解決する。

２．歩掛り調査等との相違点

土木工事分野で実施されている歩掛り調査等では、標準的な施工について、作業手順、投入資源（作業者、機材）、作業の問題点（作業時間、苦渋度、安全度等）について数百にもおよぶデータから当該工種の平均的工数を求めている。

これらのデータはデータの分解能、作業間の関係、施工現場の特殊性（施工条件）の取り扱いにおいて、実態は大きな母集団に包含されるもので、改善目標に対応した問題点の把握や改善案の検討に対応するものではない。従って、歩掛調査等は改善の対象となる実作業の実態とそのデータに基づいた施工改善には対応できない。

３．管理技術の活用

製造業の工場では、管理技術を駆使した作業データに基づく生産の合理化が行われている。この手法は、インダストリアル・エンジニアリング（以下、「ＩＥ」と略す）と呼ばれている。ＪＩＳ　Ｚ８１４１においてＩＥは以下のように定義されている。

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

つまり、経営資源を有効的に活用するために、システムの設計・改良・設定を行うものであり、そこでは定量的に規定、予測、評価をすることが必要となる。工場ラインにおける作業改善にはＩＥ手法の中の作業研究が広く活用されてきた。

作業研究は次の機能を目的として利用されている。

・仕事や作業の仕組みや方法の改善と設計
・作業方法と作業条件の標準化と作業標準の設定
・作業者に対する作業改善の指導
・標準時間の設定による作業管理
・計画・管理部門への時間資料の提供
・生産性の測定
・作業域のレイアウト

建築分野でも、このような作業研究が行われ、成果を上げつつあり、土木作業においても、このような施工改善は有効と思われる。

しかし、土木作業へのこのような改善手法の適用にあたっては、土木工事の特殊性である自然を対象としていること、大型の機械による施工で、しかも作業領域（空間）が広いこと、作業現場が異なること、非繰返し作業が多いこと、作業時間が長いこと、作業者の熟練や判断が要求されることなどを充分に考慮しなければならない。

第１編　施工改善手法の概要

第２章　本マニュアル（案）の狙い

（第２章　本マニュアル（案）の狙い）

このマニュアル（案）に示す施工改善手法は、土木工事の効率的推進を目的として実施する種々の改善活動の指針となるべきものである。その利用にあたっては、マニュアルの構成を把握した上で、取り組む改善目的に合わせて利用する必要がある。

〈解説〉

１．適用範囲

本マニュアル（案）は、土木工事における施工改善手法を初めて系統的に整理統合したものであり、土木工事に関与する技術者の共通の評価手法を普及させるために作成したもので、土木工事における作業の合理化、稼働率の向上、省力化、あるいは工期の短縮など、作業能率の向上、苦渋性の低減、安全性の向上を目的として行う土木工事・作業の改善に適用する。

２．マニュアル（案）の構成

本マニュアル（案）は、図1.2.1に示す構成を有しており、概要の把握、測定・分析手法の解説、目標別の具体的な進め方、実施例と大きく４つの部分より構成されている。

３．マニュアル（案）の利用方法の例

本マニュアル（案）の利用方法には、次の３つの方法がある。

（１）取り組むべき改善目標が明らかな場合は、第６編で各改善目標を選択し、各章の手順に従い、改善を進める。具体的な作業方法は、第３～５編を参照する。

（２）全体の概念をとらえた上で改善を行う場合には、第１～２編を読んだ後、第６編を参照しながら、改善計画を立案し、実施に移す。具体的な方法は、第３～５編を参照する。

（３）具体的な改善事例を参考にする場合には、第７編を読んだ後に、第６編を参照する。

（第３章　適用上の注意点）

施工改善手法の適用にあたっては、改善対象の工種・工程の特徴を十分に把握しなければならない。

土木作業においては、測定手法や分析手法等を検討する上で、工場作業や建築作業と比較して、作業環境、作業範囲、測定対象物（建設機械等）、分析の単位・レベルの扱いに多少の相違点が生じるため注意を要する。

〈角牟説〉

土木工事における施工改善にあたっては、土木工事の特徴を踏まえた手法の適用を検討する必要がある。土木作業の特徴から、以下の点で検討が必要となる。

１．測定手法に対する検討

①作業環境の影響

作業環境は工場では殆ど変わることはないが、土木では自然を相手とした作業が多く作業環境は異なる。したがって、測定に当たっては環境の要因を考慮することが必要となる。

②作業範囲の確認

工場では屋内作業が多く、その作業は一定でしかも狭い範囲内で行われることが多い。これに対して土木工事の場合には移動を伴う作業が多く、しかもその範囲は広い。このため、広範囲に対応できる測定方法を検討する必要がある。

③測定対象物（建設機械等）の特徴

工場の場合には機械が据付けられていることが殆どであるが、建設機械は移動を伴う。このため、機械の稼働率を測定するような場合には、自動的なデータ収集装置をつけるなどの対応が必要となる。一方、一つの機械で複数の作業をする場合もあり、機械自体の作業に注目した測定も検討する必要がある。

２．分析手法に対する検討

①分析単位の選定

土木工事の現場では一つの作業に関わる人員が多いので、工場のように個人の作業員に着目するよりも、グループやチームを単位とした分析を考えなければならない。

②分析レベルの選定

工場では一人の行う作業は少なく専門化されている。このため、動作レベル（掴む、探すなど）で分析が行われているが、土木工事の場合はむしろよりマクロ的なレベルでの分析が必要となる。

③習熟効果の把握

習熟が要求される機械を中心とした作業や、繰返し作業の場合などで標準時間を設定する際には、習熟効果を考慮する必要がある。

3．その他

製造業では標準作業があらかじめ設定され、作業員はその作業手順にそって作業することが義務づけられ、しかもそれが可能である。一方、そのような厳しい管理は土木工事では行われておらず、作業環境が変化する場合には作業者の判断により手順は柔軟に対応されることもある。

また、製造業では、多くのＩＥ手法が開発適用されて、近年では極めて高度なＩＥ手法が開発されている。初期には、作業研究（時間研究と方法研究）を中心に生産現場の改善に利用されてきたが、ＩＥ手法の拡大とともに、適用される分野は拡大しており、適用されるレベルも工場の生産に係わる分野から、経営に係わる分野まで広く関係している。

しかし、土木工事においては、それら全てを一時期に導入するには、背景環境（物理的、人的）が整備されているとは言えない。

そこで、導入の第一段階では、時間研究と方法研究を中心として各手法を適用し、その後各種手法により施工改善を実施することが望ましい。

工場・建築現場・土木現場の分析要素の相違点をまとめると表1.3.1のようになる。

表1.3.1　作業にみられる特徴の比較

		工　場	建築工事	土木工事
作業人員	組作業の人員	少ない	多い	多い
	（例）	切削機械	型枠工事	海洋土木
	一人のする作業種類	少ない	多い	多い
	（例）	電子部品の装着	鉄筋工・鳶工	ﾌﾞﾛｯｸ積み
機械	操作する際の習熟度	余り要求されない	要求される	要求される
	（例）	NC加工機械	ｸﾚｰﾝ作業	ﾊﾟﾜｰｼｮﾍﾞﾙ
	一つの機械のする作業	一種類	数種類	多種類
	（例）	切削機械	ｸﾚｰﾝ作業	ﾊﾟﾜｰｼｮﾍﾞﾙ
作業場所	作業範囲	一定・狭い	異なる・狭い	異なる・広い
	（例）	ﾍﾞﾙﾄｺﾝﾍﾞｱの生産ﾗｲﾝ	鉄筋工	ﾄﾝﾈﾙ工、ｺﾝｸﾘｰﾄ吹き付け
	作業環境	一定	異なる	極めて異なる
	（例）	切削作業	躯体作業	海洋土木工
作業特性	人の移動	ない	多い	頻繁
	（例）	切削作業	型枠工、鳶工	海洋土木・捨石均し
	機械の移動	ない	多い	頻繁
	（例）	工作機械	杭打工事	舗装工事・シールド
	ｻｲｸﾙﾀｲﾑ	短い	長い	長い
	（例）	自動車の	ｸﾚｰﾝ作業	基礎工・泥水処理
	作業手順	決まったとおり殆ど守ることができる	大略は決まっているが細部は個人により異なる	決まっている場合もあるが、状況により異なる
	（例）	自動車の組み立て	各種内装仕上げ工	ﾄﾝﾈﾙ工・当たり取り

第２編　施工改善の進め方

第２編　施工改善の進め方

第１章　基本プロセス

（第１章　基本プロセス）

施工改善は、所定の手続きに従って進めなければならない。基本的なプロセスは、次の３つの大別される。

１．問題点を確定させるための活動

２．改善に必要なデータの収集

３．問題点を解決するための活動

施工改善の実施は、問題点を確定させ、必要に応じて作業測定を実施し、その後解決に向けた行動を行う。具体的には、改善の対象となる工種・工程を絞り込み、問題点を整理する。その結果を基に適切な施工改善目的を明確にして、評価項目を決定する。必要に応じて測定計画を立てデータを収集して、改善提案を行う。改善案は、多分野の専門家との議論を踏まえてとりまとめ、改善効果の分析・評価を行う。

〈解説〉

１．問題点を確定させるための活動

１－１．問題点の認識と分類

現状の施工の問題点を改善の視点に照らし合わせてどの様な問題点が発生しているかを把握し、施工改善の目的を明確にする。

１－２．対象作業の選定

現状の施工の問題点を把握するために、作業項目、分析レベル等を検討する。

１－３．評価項目（指標）の選定

さらに対象作業の問題点を評価するために、評価項目、評価指標を検討する。

１－４．工事実績データの収集

改善情報の収集・検討は主に文献調査とヒアリングによる。

ａ．文献調査

現状の問題点を明確にするために、改善対象となる工事と類似した工事に関する文献

（土木工事における死亡災害発生に関する報告書、夜間作業の問題に関する報告書、悪環境下の作業に関する報告書等）を調査し、改善のための手掛りを把握する。

b．ヒアリング

現状の問題点を明確にするために、現場技術者・作業員等を対象にヒアリングを行い、改善活動の概ねの方向性を得る。

1－5．既存データの分析

工事実積（工事日報、作業日報、労務日報、重機作業日報等）から現状の問題点を定量的に把握する。

1－6．作業測定の必要性の判定

既存データの分析により、新たなデータが必要になった場合には作業測定を実施し、既存データで対応できる場合には改善案の策定にはいる。

2．改善に必要なデータの収集

2－1．測定計画の立案

作業測定が必要であると判定された場合には、施工実態に適合するように測定方法や記録用紙等を設計し、測定計画を立案する。

2－2．測定の実施

測定は、事前測定と本測定に分けて実施する。

a．事前測定

作業測定が必要であると判定された場合には、作業測定が施工実態に適合できるかを検討するために、作業測定の試行を実施する。

b．本測定

作業測定の試行結果から不備な点について修正を行い作業測定を実施する。

2－3．測定結果の分析

改善目標ならびに調査計画等に基づき、分析方法（工程分析、機械の分析、作業者の分析等）を検討する。

2－4．測定結果の評価

現場の作業調査の結果を分析し、施工の問題点について分析する。この際、問題点を

定量的に表現する。

3．問題点を解決するのための活動

3－1．改善目標値の設定

施工上の問題点を生産性の向上、苦渋性の低減、安全性の向上の視点から整理し、改善の目標値を設定する。

3－2．改善案の抽出

調査分析結果から得られた施工の問題点について、改善案を整理し、数多くの改善案を抽出する。改善案は、多分野の専門家との議論を踏まえ、実現性や技術水準等を考慮して絞り込む。

3－3．改善案の評価

改善案を定量的に評価するために、測定データや既存データ等を用いた改善効果のシミュレーションを行う。さらに確認施工を行いそれに関するデータを収集して、改善効果を定量的に把握する。

以上の手順を図に示すと図2.1.1のようになる。ただし、これらの手順は固定的なものではなく、対応する問題により適宜修正が必要であることに注意する。

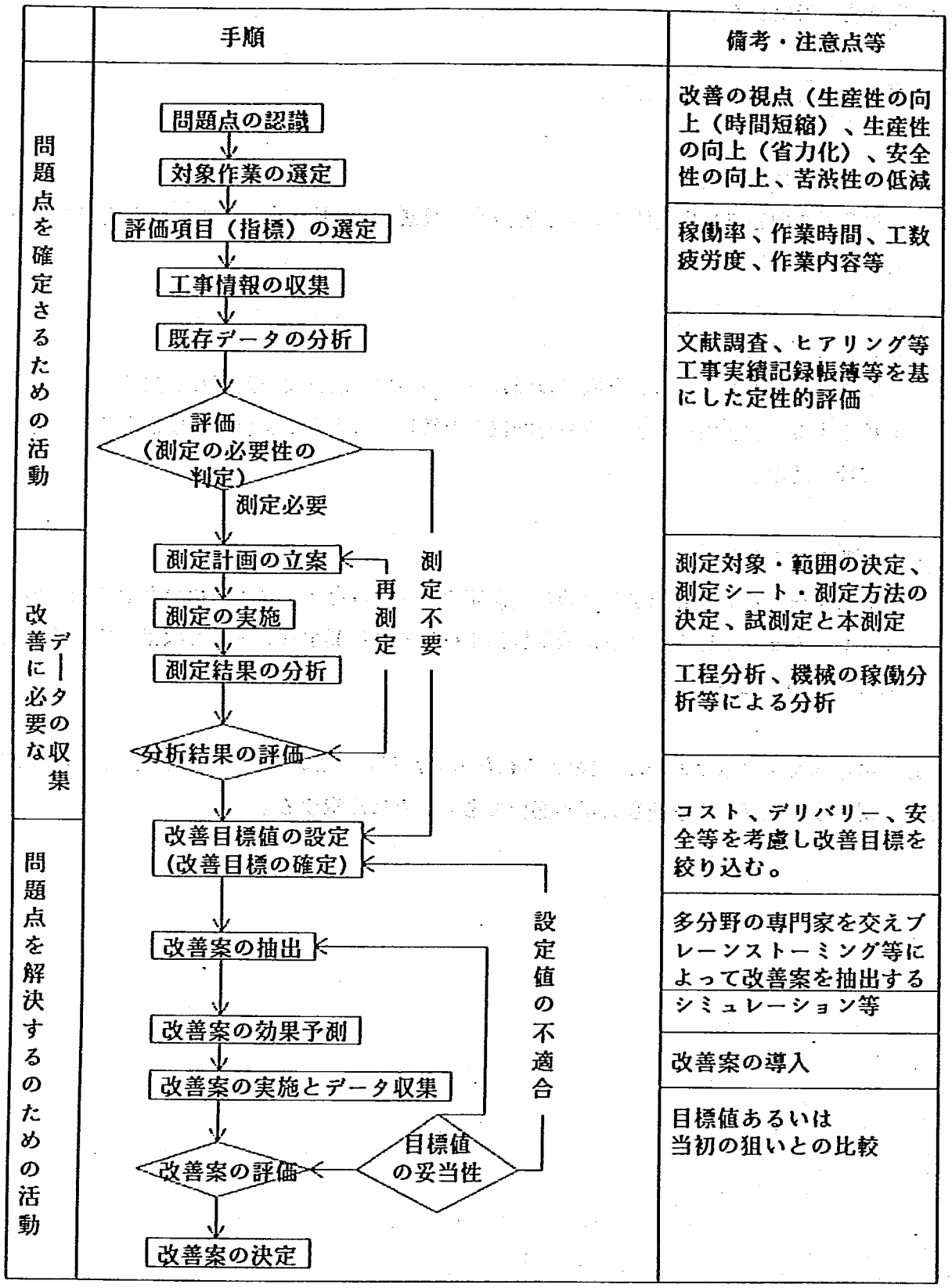


図2.1.1　基本プロセス（例）

（第２章－第１項　改善の視点と目的設定）

施工改善の実施にあたっては、現状の問題点に対して施工改善を行う目的を明かにする必要がある。この際、本マニュアル（案）における改善のための視点には、

１．生産性の向上（時間短縮）
２．生産性の向上（省力化）
３．苦渋性の低減
４．安全性の向上

の４通りがある。

（解説）

本マニュアル（案）における施工改善のための視点の分類、改善内容と本マニュアルの対応部を表2.2.1.1に示す。

表2.2.1.1　改善の視点及び内容（１／２）

本マニュアルでの改善の視点		施工改善の内容	ﾏﾆｭｱﾙ対応章
生産性の向上	時間短縮	目標品質等を確保しながら目標とする施工量（全施工量、日・週・月・年単位施工量）を消化するのに要する時間を可能な限り短縮することである。	第６編第２章
	省力化・省人化	投入労働力を効率的に配分したり、一人当たりの作業量を上げることにより、目標とする施工量（全施工量、日・週・月・年単位施工量）に対する投入労働力の総量を削減することである。	第６編第３章
苦渋性の低減		苦渋性の低減とは、作業に伴う苦渋、すなわち作業環境要因（明るさ、温度、騒音等）、肉体的要因（作業強度、作業姿勢等）、精神的要因（作業の細密さや単調度等）を改善して作業負荷を減らすことである。	第６編第５章

表2.2.1.1　改善の視点及び内容（2／2）

本マニュアルでの改善の視点	施工改善の内容	ﾏﾆｭｱﾙ対応章
安全性の向上	安全性の向上とは、労働災害を発生させる要因、即ち内部要因（人為的ミス、エラー等）と外部要因（機械、設備の危険性等）を排除して、災害の発生を防止し、作業員の安全を確保することである。	第6編第4章

土工、海洋土木、トンネル工、舗装工について生産性の向上、苦渋性の低減及び安全性の向上に関して改善の視点の一例をまとめると表2.2.1.2になる。

表2.2.1.2　改善の視点の一例

改善の視点	土工	海洋土木	トンネル工	舗装工
生産性の向上	細部作業等が人力作業になり、作業時間がかかる。	フローティングクレーンと潜水士が共同作業となり、時間がかかる。	カン・経験にたよる作業が多く、人力作業になり時間かかる。	表面仕上げ作業が人力によるフロート仕上げになり時間がかかる。
苦渋性の低減	危険環境（高所等）・悪環境（粉塵等）作業環境で肉体的疲労を受けやすい。	潜水人力作業で行われているため、きわめて体力の消耗が激しい。	無理な姿勢での作業が多いので肉体的な疲労を受けやすい。	無理な姿勢での作業が多いので肉体的な疲労を受けやすい。
安全性の向上	掘削機械に死角が存在し、作業者と機械の接触事故が発生しやすい。	作業者間の合図や確認のミスから労働災害が発生しやすい。	火薬装填作業の場合、人力作業になるため爆発の可能性がある。	敷均機械と仕上げ機械の間での作業となり接触事故が発生しやすい。

（第２章－第２項　測定）
問題点の把握または改善案の評価を行うために、既存データの収集・検討や作業測定を行う。このため、改善に最も効果的な測定項目や測定手段を選択する必要がある。収集したデータは統計的手法を用い、測定整理した上で、各々の有効性を推定し、必要に応じてデータ間の関係を明らかにする。

〈解説〉

１．測定項目

作業測定の実施は、改善の視点である、生産性の向上（時間短縮）、生産性の向上（省力化）、苦渋性の低減、安全性の向上に基づいて適切な評価項目・測定項目を選ばなければならない。

表2.2.2.1　改善の視点と評価項目及び測定項目（１／２）

改善の視点	評価項目	測定項目
生産性の向上（時間短縮）	作業者の稼働率	稼働率＝稼働時間／作業時間
	機械の稼働率	稼働率＝稼働時間／作業時間
	機械作業の作業時間	作業終了時刻－作業開始時刻
	作業者の作業時間	作業終了時刻－作業開始時刻
生産性の向上（省力化）	作業者の職種別投入数	工程別の作業者数
	作業者の作業時間	作業終了時刻－作業開始時刻
	作業工数（人数×時間）	全作業者の作業別の作業時間
苦渋性の低減	作業者の作業時間	作業終了時刻－作業開始時刻
	作業姿勢	作業姿勢別の作業時間
	悪環境下での作業時間	作業終了時刻－作業開始時刻
	人力を要する作業の作業時間	作業形態別の時間・工数
	作業工数	作業者の作業別の作業時間
	疲労度	エネルギー代謝率・作業時間

表2.2.2.1　測定項目と評価項目（2／2）

改善の視点	評価項目	測定項目
安全性の向上	作業者の作業時間	作業終了時刻－作業開始時刻
	機械と作業者の作業関係	機械と作業者の作業時間の流れ、作業距離
	作業者の作業内容	作業内容別作業時間

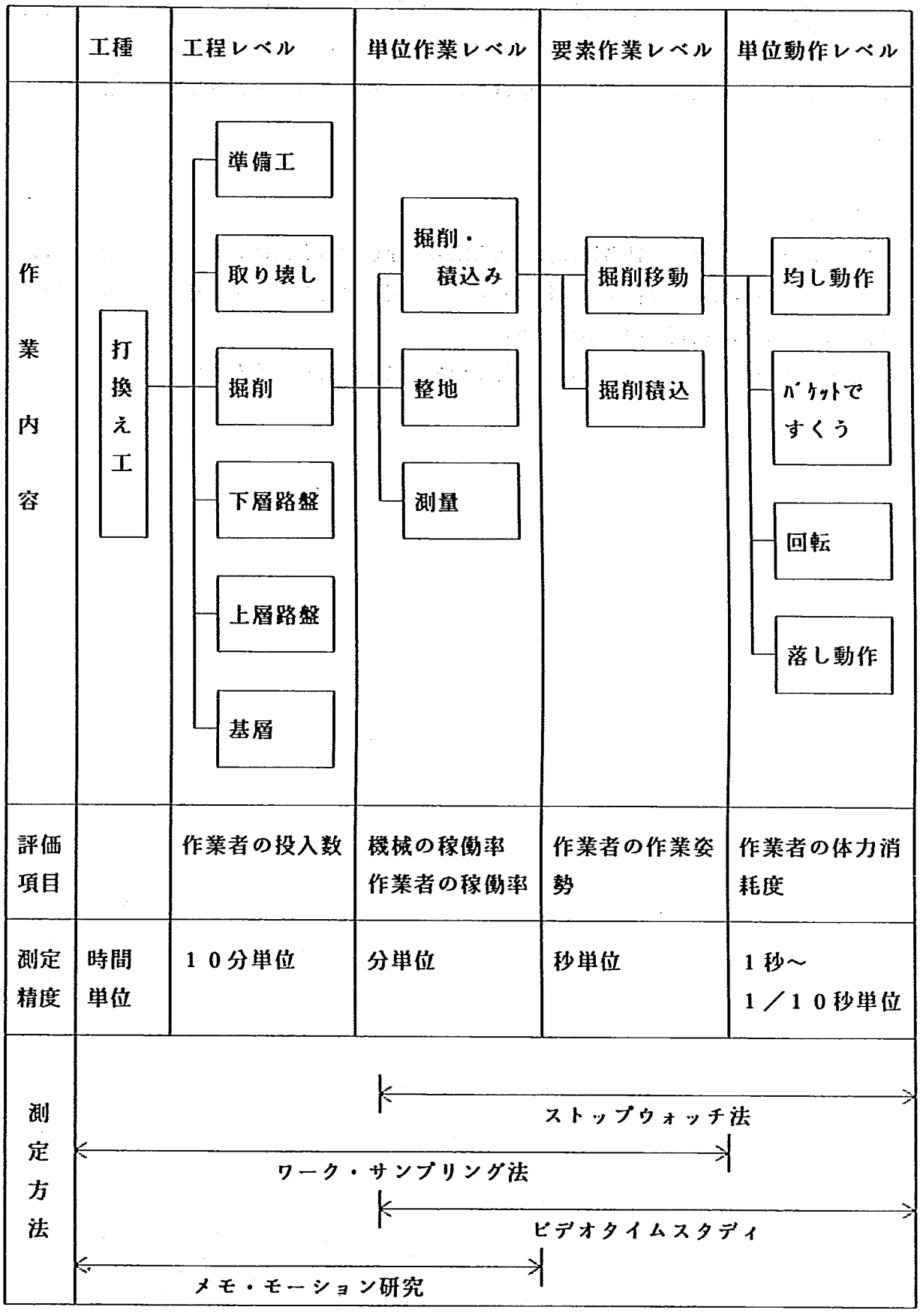
2．測定レベル

作業測定は対象とする作業の特性に合わせた測定レベルで行わなくてはならない。各視点における測定内容と測定レベルを表2.2.2.2に示す。また、具体例として表2.2.2.3に道路修繕の打換え工法での測定レベルを示す。

表2.2.2.2　改善の視点と測定内容及び測定レベル

本マニュアルでの改善の視点		評価項目	測定内容	測定レベル
生産性の向上	時間短縮	重機の作業時間	重機のサイクルタイムを測定する。重機のサイクルタイムは、例えば均し動作、バケットですくう、旋回、落とし動作等で、作業時間は非常に短い。	秒単位
	省力化・省人化	工程別の作業工数	工程別の作業者数と作業時間を測定する。工程別の作業は、例えば準備工、取り壊し工や掘削工、下層路盤工等で作業時間が非常に長い。	10分単位
苦渋性の低減		作業者の作業姿勢	作業者の作業姿勢別の作業時間の測定を行う。作業者の作業姿勢の作業は、たとえば材料を運ぶ、位置を調節する、セットする等で作業時間は比較的短い。	秒単位
安全性の向上		機械と作業者の作行関係	機械と作業者の作業時間、機械と作業者の作業距離を測定する。機械と作業者の作業は例えば掘削作業、積み込み作業、整地作業、測量作業等で、作業時間は比較的長い。	分単位

表2.2.2.3　道路維持修繕　打換え工法における測定レベル



３．測定手段の選択

測定を実施する際には、測定方法が有するそれ自体の特徴に注意する必要がある。表2.2.2.4 に測定手段の一例と測定における留意点等を示す。通常の土木工事においては、0.1 秒単位の測定分析が要求される場合は少ないので、マイクロモーション研究やＰＴＳ法は省略する。

４．データの整理

収集したデータについては各種の統計値を求めて整理すると共に、母集団の特性値であるか否かを統計的手法により検定・推定する。また、必要に応じて、相関分析、重回帰分析等を用いてデータ間の関連を明らかにする。

測定データのまとめ方に関しては、統計学の専門書を参考にするとよい。

表2.2.2.4　測定手段の一例と測定における留意点

測定手段	測定手段の概要	測定レベル	測定項目	測定における留意点	測定精度
ストップウオッチ法	規則的な作業をストップウオッチで直接、また、サイクルタイムが長いときは、普通の時計で作業時間を測定する。	単位作業レベル	機械・作業者の作業時間	観測回数を充分に検討する。直接測定した結果をレーティング（正常なペースと観測対象のペースとを比較判断し、観測時間値を修正する）で修正する必要がある。	秒単位
		要素作業レベル	作業者の作業姿勢別の時間		
		単位動作レベル	機械の動作時間		
ワークサンプイング法（ビデオ・ワークサンプリング法）	観測対象の人や、機械設備について観測した項目をランダムまたは等間隔で測定して、稼働状況を把握する。	工程レベル		ランダムまたは等間隔の観測時間で測定する。離散的な測定で作業の障害とならずに効率的に作業測定を検討する必要がある。	分単位
		単位作業レベル	機械や作業者の作業時間		
		要素作業レベル	動作ベルの作業時間		
ビデオ・タイムスタディ	不規則あるいは規則定期な作業をＶＴＲを使って直接作業時間を測定する。	単位作業レベル	作業者の投入数	ビデオ及び撮影機の位置や移動、また光量の検討を要する。作業者の移動距離によっては固定カメラで追いきれない可能性もある。	秒単位
		要素作業レベル	作業者の作業時間、機械の作業時間		
		単位動作レベル			
メモ・モーション研究（ビデオ・メモ・モーション法）	不規則で作業周期の長い作業を遅い速度で撮影したフィルムのこま数を計算する。	工程レベル	工程別の作業時間		秒単位
		単位作業レベル	機械と作業者の作業時間		

（第２章－第３項　分析）
問題点の定量化または改善案の効果を定量化するために、収集された作業データの分析を行う。分析に際しては、対象作業に適した手法を選択する必要がある

〈解説〉

工事実績データの収集や作業測定が終了後、それらのデータを分析することになる。収集されたデータは、改善すべき項目を抽出したり、改善案を立案する上で基礎となる情報源である。データの分析は、表2.2.3.1にしたがって実施する。

表2.2.3.1　分析方法（１／２）

分析方法	分析方法の概要
工事実績の分析 1.工事工程分析 2.労務実績分析 3.機械の運行記録の分析	主に作業現場で作成されている工事実績記録等を活用してクリティカルになっている工程、工数の多い作業、機械の稼働状況等を把握し改善点を明らかにする。改善項目、目標の設定にはパレード図、統計的手法を活用する。
工程分析	施工現場に於ける作業者、資材の流れ、作業手順を工程プロセスに従って分析し、作業者配置、資材の運搬、作業手順等の改善点明らかにする。工程分析に際しては、工程・図記号を用いて作業手待ち、移動、検査等の時間、移動距離等を分析する。
稼働分析	作業者、施工機械の作業時間を調査し、各々の稼働率を向上させる為の作業改善案と標準時間設定用の余裕率を求めるために行う。作業時間の調査にはストップウオッチ法、ワークサンプリング法、ビデオメモモーション法等が利用される。
作業時間の分析	作業をねらいとする作業改善に合致させた作業単位に分析し工程単位、単位作業、要素作業）、作業測定を行い作業時間データをもとにして時間短縮、省力化等の為の作業改善点を明らかにする。調査には稼働分析と同様な方法が利用される。
連合作業分析	作業者と施工機械の組作業時に発生する各々の手待時間を明らかにし、それらを減少させる為の改善点（作業者配置、機械配置作業手順等）を明らかにする為に行う。縦、または横軸に作業時間軸を取り作業者、施工機械の稼働状況を記録する。

表2.2.3.1　分析方法（2／2）

分析方法	分　析　方　法　の　概　要
動作分析	作業者の動作、施工機械の動作を記録し、各々の動きのムリ、ムダ、ムラを明らかにし、改善点を明らかにする。一般にはサーブリッグ記号を用いて分析する。
苦渋性・安全性の分析	作業環境要因である温熱、照明、騒音、振動、気質、肉体疲労度、危険区域への立ち入り回数等を測定、分析し改善項目を明らかにすることを目的とする。

（第２章－第４項　改善案の抽出）
測定・分析により問題点が明らかにされた後、改善目標を定め改善案の抽出を実施する。改善案の抽出にあたっては、各種の情報を集めブレーンストーミング等により出来るだけ数多く抽出することが望ましい。立案された改善案が必ずしも現場に採用されるとは限らず、実施の段階で代案がしばしば要求されるためで、通常は２～３案程度考案することになるが、複雑な現場ではそれ以上抽出される場合もある。

〈解説〉

測定結果の分析等から明らかになった問題点に対して、作業手順、投資資源（作業者、機械）、改善の視点（生産性の向上、苦渋性の低減、安全性の向上について整理し、改善目標を設定する。

改善案の抽出にあたっては、各工程において要求される作業能力よりもはるかに上回るような作業能力のものを導入してはならない。また、各工程において要求される作業能力について考慮する必要がある。

選択した評価指標について最も改善される案から順序をつけるが、文献調査や多分野の専門家・技術者・学識経験者等へのヒアリングを通して、現実性、技術水準、緊急度、改善のニーズ等を考慮する必要がある。

改善案の立案に当たっては、表2.2.1の基本手法を活用する。立案手法の具体的な適用方法については第５編を参照すること。

表2.2.1　改善案立案の基本手法

立　案　手　法	手　法　の　内　容
ブレーンストーミング法	連想と競争の刺激作用によって、アイデアを数多く立案し、改善に必要なアイデアを分類整理する方法
３Ｓ	単純化・標準化・専門化の３点についてアイデアを羅列していく方法
５Ｗ１Ｈ法	対象、目的、場所、時期、人、手段の各視点から改善案を立案する方法
オースボーンのチェクリスト	アイデアを立案すための着眼点として、いくつかのチェック項目を用意し、１つのテーマについて、各視点から考える方法
欠点列挙法	作業・仕事等について欠点（不備な点、不都合な点、不合理な点等）を数多く提案していく方法
希望点列挙法	現状、環境等を考慮しないで希望点（こうあるべきだ、こうなっているといいのだが）というように、あるべき理想の姿を列挙していく方法

（第２章－第５項　評価）
立案された改善案に対して、測定データや従来までに蓄積されたデータを用いて、改善効果のシミュレーションを行い、定量的な評価をする。さらに、実現場にて確認施工を実施する。

（解説）

改善案が立案されたら、その評価が必要となる。机上検討やシミュレーションによって得られた結果より改善案の評価を下すことになる。この場合、①事前に設定された改善目標への適合性、②改善案を採用した場合の工費、工期、品質等への影響等について検討を行うことが必要となる。

その際、なるべく既存のデータを改善案の立案と効果の算定に役立てるようにするが、作業測定を実施しそのデータを活用する場合には、改善案の立案と実施を円滑に実施できるように、手戻りが無いように注意しなければならない。

改善案が決定されたら早期に改善案による確認施工を実施する必要がある。実施にあたっては、実施計画書等を作成し、対象工事の作業者の理解が得られるようにしなければならない。その場合、下記の様な点が考えられる。

①導入意義の教育（改善の趣旨や作業方法の徹底）
②改善に対する意欲の維持と向上（改善策の実施に積極的に参加できる雰囲気の醸成）

（第３章　実施体制）
施工改善を推進するためには、資料の収集、作業測定の実施、データの分析、改善案の抽出・評価等の各プロセスに合わせて、役割分担を決め、改善対象とする現場等との連絡調整を確実に図ることができる実施体制を整える必要がある

〈解説〉

１．実施人員と役割分担

（１）実施人員の構成
改善実施チームは、概ね４名（調査、各工種の専門家等）、測定実施チームは、概ね４名（計測関係の専門家）の合計８名程度の構成となる。

（２）基礎資料の収集（現状の問題点）
改善実施チームと測定実施チームとの共同作業による基礎資料の収集
○資料収集（作業工程表、図面、工事作業日報等）
○現場の責任者へのヒアリング
○建設会社の技術者へのヒアリング
（改善目標の設定、作業項目の把握、作業手順の把握、作業項目の評価）

（３）事前測定
○測定チームによる測定レベル、測定項目、測定手段および記録用紙等の検討
○改善実施チームによる現場との交渉、打ち合わせ（現場の協力と理解を求める）
○測定チームによる事前測定の実施
○測定チームによる測定計画の修正（事前測定に関して測定方法の見直し、記録用紙の修正等）

（４）本測定
○改善実施チームと測定実施チームの共同作業による現場への測定計画の説明および交渉（現場の協力と理解を求める）

○測定チームによる測定準備
○測定チームによる測定の実施
○測定チームによるデータの整理

（５）分析（問題点の分析）
○改善実施チームによるデータの分析
○改善実施チームによる問題点の定量化

（６）改善案の検討（改善案の抽出、事前評価）
○現場の技術者、その他建設会社の機械技術者、建設機械メーカの技術者（５名程度）、改善チームによる分析結果の検討、改善案の抽出と評価

（７）改善効果確認施工（改善案の評価、決定）
○測定チームによる測定計画の作成
○改善実施チームと測定チームによる現場への測定計画の説明および交渉
○測定チームによる測定準備
○測定チームによる測定の実施
○測定チームによるデータの整理
○改善実施チームによるデータの分析
○現場の建設会社、改善実施チームによる分析結果の検討、改善案の評価

２．改善リーダーの必要性

施工改善の実施では各実施段階で各種の人員が改善対象に接近するため、情報の流れが途切れる等、各部分で不都合が生じる場合がある。

このため、着手から終了までを一貫して担当する改善推進リーダーの配置が必要である。

第3編　測定方法

第３編　測定方法

第１章　測定方法の選定

（第１章－第１項　改善の視点と測定方法の対応）

改善の視点や目的に対応した測定方法を選出することが重要である。測定方法の選定に当たっては、まず、概略的に作業の現状を把握した上で、より詳細なデータを収集することを考える必要がある。改善に必要なデータの収集方法には、帳票や工程表等に記載された工事の実績記録を利用する場合と、専用の機器等を用いて特定作業を対象に各種の現場測定を実施する場合とがある。

（解説）

１．工事実績の記録

工事実績の記録としては、工事工程、労務実績、機械の運行データの３つがある。

工事工程の記録は、工事の推移、工事間の関係等を示すものであり、工事の進捗度の把握や時間短縮などを図る際に役立つ。

労務実績の記録は、作業者の人数や、作業の内容等を示すもので、作業者の配置状況の把握や省力化などを図る際に役立つ。

機械の運行データの記録は、機種、運行台数、作業内容等を示すもので、機械の稼動状況の把握や時間短縮、省力化などに役立つ。

２．工程分析

工程分析は材料や部品、作業者や機械の動きなどを工事や作業の流れに従って調査するものであり、工程における問題点や改善事項を見い出す。

３．稼働分析

稼動分析は作業者や機械の稼働状況を測定するものであり、ワーク・サンプリング法が一般的には用いられる。目視観察による方法と、ビデオカメラにて撮影した映像をもとに間接的に測定する方法とがある。

４．時間研究

時間研究は、作業に要する時間を測定して、作業方法や作業条件との関係から改善点を明らかにするものであり、時計を用いた方法とビデオカメラ等を用いた方法とがある。

5．動作分析

作業者あるいは建設機械の動きを測定して、ムリ・ムダ・ムラを排除し、改善を図るもので、目視観察による方法とビデオカメラや１６ｍｍカメラによる間接的測定方法とがある。

6．作業環境の測定

作業場の環境は作業の速度や能率に影響することが多い。また、作業の軽重は作業者の生理的負担や心理的負担を招き、疲労や危険な状態を生み出すこともある。

作業環境は、作業場の温度、湿度、風速、騒音、振動などについて測定を行うもので、作業の能率や、疲労、安全性との関係から改善点を明らかにする。

7．生体負担の測定

生体負担の測定は、作業を実施することによる作業者への生理的な影響を把握するために行う。これにより、苦渋性の低減のための改善点を明らかにできる。

8．心理計測

心理計測は、作業に対する作業者の心理的な反応を測定して、苦渋性の低減や安全性の向上のための改善点を見い出すもので、アンケート等の自己申告の方法によって行う。改善の視点と測定方法の関係をまとめたものが、表3.1.1である。

表3.1.1　改善の視点と測定方法（特に関連の強いもの）

測定方法＼改善の視点		時間短縮	省力化	苦情性の低減	安全性の向上
工事実績の記録	工事工程	○	○		
	労務実績		○		○
	機械の運行記録	○	○		
工程分析		○	○		
稼働分析（ﾜｰｸ・ｻﾝﾌﾟﾘﾝｸﾞ）		○	○	○	
時間研究		○	○	○	○
動作分析		○		○	○
作業環境の測定				○	○
生体負担の測定				○	
心理計測				○	○

第３編　測定方法

第１章　測定方法の選定

（第１章－第２項　測定手段の評価）

一つの測定方法に複数の測定手段がある場合には、測定データの精度や必要な測定項目、測定時間、測定負荷、対象作業の特性などについて検討を加えて最適なものを選定する。

（解説）

１．データの精度

作業の分類として、大きい順に工程、単位作業、要素作業、動作があるが、対象となる作業の内容および測定に要求される精度によって測定手段を選定する。

２．必要な測定項目

それぞれの測定手段から得られるデータは、精度の他にその内容も異なる為、分析に必要となる測定項目を考慮して選定しなければならない。

３．測定時間

測定手段の中には、稼働状況を長時間にわたって連続的に測定するものや、測定対象を瞬間的に測定し、目的に応じて測定時間を自由に決められるものもある。測定計画に応じて手段を選定する必要がある。

４．測定負荷（投入工数）

測定手段の中には、多くの測定者が必要な場合と、少ない測定者ですむ場合とがある。測定に投入できる工数を考慮する必要がある

５．対象作業の特性

作業の連続性や、作業範囲の大小等、対象とする作業の特性を考慮して測定手段を選定する必要がある。

表3.1.2　測定手段の選定における検討項目

検討項目 / 測定手段	ﾃﾞｰﾀの精度	必要な測定項目	測定時間	測定負荷	対象作業の特性
帳票類	粗い	工事の進捗 工事の停滞原因 労務実績 機械の運行記録	1回／1日	低	非サイクル作業
ﾜｰｸ・ｻﾝﾌﾟﾘﾝｸﾞ	やや粗い	稼働率 稼働時間 稼動率 稼動時間	自由度有り	低	非サイクル作業 (ｻｲｸﾙ作業)
ﾋﾞﾃﾞｵ・ﾜｰｸ・ｻﾝﾌﾟﾘﾝｸﾞ	やや粗い	稼働率 稼働時間 稼動率 稼動時間 安全性の評価	自由度有り	低	非サイクル作業 (ｻｲｸﾙ作業)
ｽﾄｯﾌﾟ・ｳｫｯﾁ	粗い ～ 細かい	作業時間 稼働率 稼動率 サイクルタイム 作業手順	長	高	サイクル作業 (非ｻｲｸﾙ作業)
ﾒﾓ・ﾓｰｼｮﾝ	細かい	不経済動作に対する評価 安全性の評価	長	やや高	長いｻｲｸﾙ作業 非ｻｲｸﾙ作業

（第２章－第１項　工事実績の記録）

工事実績は、毎日提出される所定の帳票により記録する。データの精度を高めるために、日報の記入方法、書式の統一をはかるとともに、未提出、記入もれに注意する。

また、提出される日報に対し、記録の担当者は毎日これを確認して記録を取る。

（解説）

工事実績の記録は、概要的に現状を把握するのに最も簡便な方法であるが、施工改善に役立たせるためにはデータの量が多くならなければならない。必要事項を毎日欠かさず記録するとともに、当該工事だけでなく、次の工事の計画や改善にも適用できるように、記入の書式を統一することが重要となる。

また、最近では、記入を自動的に行うことを目指して、バーコードリーダーやハンディーターミナルなど各種のＯＡ機器が開発されているので、これらの使用も検討する必要がある。特に、機器の運行記録に関しては、自動記録の方法を採用するとデータの精度が向上する。

（第２章－第２項　工程分析）
工程分析では、作業者あるいは材料、製品に着目し、工程図記号を用いてその流れを測定する。前者を作業者工程分析、後者を製品工程分析という。測定は調査する対象及び、作業の範囲を決め、必要な備品を用意して、現場で観察したとおりに正しく記録するとともに、必要に応じて、作業に直接関係している者に聴取り調査を行う。

（解説）

１．測定の計画

（１）調査対象を決定する。作業の内容や特徴を検討して作業者を対象に測定を行うのか、部材、あるいは製品を対象にするのかを決定する。

（２）調査範囲を決める。すなわち、作業の始点と終点を決める。ほとんど、すべての作業は、より大きい作業の一部分となるから範囲を明確にしておくことが大切である。

（３）測定を行う作業の実施時期や、関係者の都合等を確かめて、調査日程をたてる。

２．測定の準備

（１）調査用具として観測板、用紙、筆記具等を準備する。

（２）測定は、表3.2.1に示す工程図記号を用いて行うので、事前にその記号に慣れておくことが必要である。

表3.2.1　工程図記号（ＪＩＳ　Ｚ　8206）

要素工程	記号の名称	記　号	意　　味
加　工	加　工		原料、材料、部品または製品の形状、性質に変化を与えていることを示す。
運　搬	運　搬	○	原料、材料、部品または製品の位置に変化を与えていることを示す。加工記号の1/2～1/3の大きさで示す。○の代わりに⇒を用いてもよい。
停　滞	貯　蔵		原料、材料、部品または製品を計画により貯えていることを示す。
	滞　留		原料、材料、部品または製品が計画に反して滞っている状態を示す。
検　査	数量検査		原料、材料、部品または製品の量または個数を測って、その結果を基準と比較して、その差を求めていることを示す。
	品質検査		原料、材料、部品または製品の品質特性を試験しその結果を基準と比較して、ロットの合格・不合格または個品の良・不良を判定していることを示す。

3．測定の方法

測定は、一般的な作業の流れの場合を主にして行う。作業はいつも同じように行われているとは限らないから、まず最も一般的な場合について調べる。特殊な場合や、条件の変化による方法の変化があった場合は、そのこと自体、問題とすべきこともあるので、補足記録しておくとよい。その頻度も併記する。

a）ただ1つの繰り返しサイクルをもつ場合

このような場合には、1サイクルを測定する。

b）サブサイクルがいろいろの頻度で起こる場合

主たるサイクルを1つ、サブサイクルを1つ、それぞれ測定し、サブサイクルについて、その頻度を数える。

c）サイクルごとに細部的な動きが変わる場合

毎回の作業は、概括的には変化がないが、細かい点に変化がある場合、いくつかのサイクルをサンプルとして観測し、平均的な状態を把握、検討する。

d）サイクルや決まった方法を持たない場合

一定の期間、実態をそのままに観察記録する。

4．測定上の注意点

（1）調査は現場で観測しながら、必要に応じて、関係者から説明を聞く。その際には、現場を離れた別室で聞くことは避けた方がよい。現場では、たえず何かが生じており、現場に

いること自体から情報が得られる。

（2）測定中にも、たえず改善可能性の検討を行いアイデアはすべて記録することが大切である。

第３編　測定方法

第２章　測定方法の種類

（第２章－第３項　稼働（動）分析（ワーク・サンプリング法））

ワーク・サンプリング法とは、観測者がある定められた時間に現場を巡視または見渡して、多数の作業者あるいは機械の作業の内容を瞬間的にとらえて、稼働状況を明らかにする方法である。

測定に際しては、測定担当者や作業項目、測定数、一日の測定回数と測定時間、測定時刻などをあらかじめ設定しておかなければならない。また、実際に測定する際には、所定の測定用紙を用いるが種々の注意点をふまえて実施する必要がある。

また、ワーク・サンプリング法には、ビデオカメラで撮影されたビデオテープをもとに測定するビデオ・ワーク・サンプリング法がある。測定上、繰り返し何度も見直すことのできる長所があるが、方向や視野がある程度限定される為、視野外が発生した場合は他方向から撮影されたビデオテープにて再確認する必要がある。

（解説）

１．測定の計画

（１）測定者

ワーク・サンプリング法は、測定対象の状態を瞬間的に判断しなければならない。また対象が移動することもあるので、測定者は、作業の内容や作業場にある程度精通していることが望ましい。

測定計画の立案ならびに結果の検討に当たっては当該作業の責任者や作業者の参画を得ることが大切である。

（２）作業項目の決定

ａ）作業項目は測定の目的にあわせて具体的に、単位作業程度のレベルで決める。

ｂ）予期しない作業項目を測定した時は、その重要度を考慮して項目を追加設定する。

ｃ）測定者間での解釈の違いをなくす為、各作業項目の定義づけを明確にする。

（３）測定数の決定と精度

測定数は通常〔測定数Ｎ＝測定対象数×１日の測定回数×日数〕で求められるが、観測結果を利用する目的と精度によって決められる。誤差には、Ｓ：相対誤差（精度）とＥ：絶対誤差とがある。稼働率をＰとすると、Ｅ＝ＳＰの関係が得られ、（２．１）式から測定数Ｎを求めることができる。また、この場合、通常使われる信頼度９５％を基準にしている。

$$N = \frac{4P(1-P)}{E^2} = \frac{4(1-P)}{S^2P} \quad \cdots\cdots \quad (2.1)$$

また、Pの値は過去の経験値、資料または事前調査などから決める。

ワーク・サンプリングの誤差は、測定数を多くすればするだけ小さくなるが、測定の目的によって表3.2.2のような測定数を目安とするのが良い。

表3.2.2　観測誤差と測定数の目安　※

測定目的	生起率 P%	絶対誤差 E%	相対誤差 S%	測定数 N
事前調査（本測定の測定数と測定項目を決定する為）	——	——	——	200～500
問題点の調査	15	±3	±20	600
余裕率の決定	20	±1	±5	6，400
作業改善	30	±2．1	±7	2，000
標準時間の決定	70	±1．4	±2	4，500

※「生産管理入門」より

測定数の大きさは、主として、結果の所要精度により決められるが時間およびコスト面からの制約により、充分な測定数をとれないこともある。

また、作業項目毎に生起率が異なるので、所要測定数も結果の誤差も異なるのが普通であるが、その場合、重点項目の所要精度から測定数を決めるのが良い。

（4）1日の測定回数および測定期間

1日の測定回数および測定期間は、通常1日10～20回で1～2週間継続することが多いが、測定の目的、所要精度ならびに作業内容の変化などによって異なる。抽出するサンプルにかたよりが入らないように回数や期間を決めることが重要である。

測定は、測定期間全体を通じてランダムに選定された時刻に行っても良いが、1日の測定回数を等しくし、1日の中でランダムに時刻を決めて行うことが多い。

（5）測定時刻の決定

a）ランダム・サンプリング

測定時刻の決定方法がまずいと、ある特定の作業項目だけを測定し、その結果にかたよりが生じ、真の姿をとらえることができない。したがって、測定時刻はランダムに決定されなければならない。それらの時刻は、表3.2.3に示すランダム時刻表などによって決めることができる。

表3.2.3　ランダム時刻表の例　　１０時間　４０回用

1		2		3		4		5	
38	0.01	4	0.04	21	0.28	14	0.01	25	0.03
9	05	33	23	22	36	32	15	38	08
16	17	13	44	14	44	2	23	18	15
32	28	26	50	40	52	27	30	23	55
20	43	9	1.18	29	58	7	41	28	1.18
18	1.01	34	30	26	1.15	26	50	22	36
29	25	22	37	18	20	18	1.12	16	47
25	53	17	49	6	35	13	32	40	56
26	2.06	7	2.04	25	38	28	52	7	2.07
3	09	36	26	1	2.15	10	2.06	4	19
6	13	16	31	34	30	20	10	31	36
35	23	38	44	3	36	38	26	6	55
22	47	19	55	39	46	29	43	32	3.02
30	3.03	30	3.17	12	56	31	57	21	10
8	06	28	29	5	3.32	16	3.06	29	23
10	20	12	40	38	37	15	15	9	29
13	34	2	4.01	36	50	34	17	27	38
1	4.16	14	18	13	59	17	28	3	4.02
14	54	5	38	31	4.11	36	30	17	14
40	5.07	23	48	8	45	33	42	30	51
2	34	32	56	7	50	5	4.05	36	5.12
28	38	40	5.17	2	5.05	24	32	26	30
7	45	20	27	35	14	35	5.09	1	40
11	6.10	21	56	33	33	21	38	35	50
4	56	35	58	11	46	40	47	5	6.01
21	7.02	1	6.28	15	50	30	6.08	37	10
15	12	39	39	23	6.05	9	37	10	19
34	18	3	48	32	12	19	48	24	27
17	22	24	51	37	29	12	7.00	8	43
31	28	15	52	19	30	37	08	19	7.25
12	30	8	7.23	20	38	8	21	20	34
5	49	31	26	16	7.15	4	24	33	8.04
27	8.01	27	38	27	34	25	44	34	06
37	20	18	8.07	28	50	6	8.01	39	10
23	34	10	12	10	8.19	23	29	14	15
19	45	11	27	4	27	39	41	12	45
36	59	37	45	9	30	22	50	13	9.10
39	9.05	25	9.07	30	9.06	11	53	11	18
24	22	6	19	24	29	3	9.35	15	25
33	46	29	52	17	45	1	56	2	48

b）等時間間隔サンプリング

等しい時間間隔で測定を行う方法である。機械の稼動率、停止率などを把握しようとする場合、機械の作動に周期性がないか、あるいは周期性があってもサンプル時間間隔と一致していなければ、等時間間隔のサンプリングでもよい。しかし、作業者を対象とした測定では、作業者の意図的行為が入る恐れがあるので、あまり使わない方が良い。

c）時間帯別に測定時刻を決める方法

ある時間帯にしか発生しないことがあらかじめわかっている作業項目を重点的に測定したい場合には、その時間帯を他の時間帯と分離し、各時間帯独自に測定時刻を決める方法が用いられる。

2．測定の準備

測定及びデータの集計、整理を容易にする為、記録用紙について以下の点を考慮しながら、様式、用紙の大きさ、用紙の枚数等を決定する。

（1）1日1枚にすると集計に手間がかからないのでこの点を考慮する。

（2）測定項目は記入の順序、集計の容易性を考えて、分類し、順序をつける。

（3）縦、横ともに4～5欄ごとに太線を入れる工夫をするとよい。

（4）用紙が大きい場合、記録する欄をまちがえやすいので、できれば両側に項目覧を設けた方が良い。

記録用紙の様式と記入例を表3.2.4に示す。

また、複数の作業者を一人の測定者で測定する場合には、当該作業者全員のヘルメットに番号を貼ったり、ゼッケン番号を付けてもらう。

表3.2.4　WS記録用紙と記入要領

作業分類		S_1	S_1	S_1	S_1	S_2	S_2	S_2		A	A	A	A	A	A
作業項目 / 氏名または機番		a	b	c	d	e	f	g		歩行中	掃除	雑談	休憩	不在	計
1	A	𝍸	𝍷	𝍸	𝍸						𝍸				15
2	B	𝍸	𝍷	𝍸	𝍸	𝍸					𝍸				15
3	C	𝍷	𝍸		𝍸	𝍸	𝍸	𝍸		𝍸					15
4	D	𝍷	𝍷		𝍸		𝍸			𝍸					15
5	E	𝍷	𝍷	𝍸	𝍷	𝍸		𝍸		𝍸					15
6	F	𝍷	𝍷		𝍷		𝍸			𝍸	𝍸	𝍸			15
7	G	𝍷	𝍸	𝍸	𝍸			𝍸				𝍸			15
8	H	𝍷	𝍸		𝍸						𝍸				15
9	I	𝍸	𝍸				𝍸	𝍸			𝍸		𝍸		15
10															
11															
12															
13															
14															
15															
16															
17															
18															
19															
20															
合計		26	19	4	35	3	7	9		4	5	2	2	1	135
日計		観測者				石川				備考欄					
観測時刻		5.41	6.00	6.24	7.47	8.06	8.54	10.15		10.51	11.01	12.35			

3．測定の方法

測定者は、自分が測定を担当する作業者全員について、決められた時刻に、それぞれの作業内容を瞬間的に判断して記録用紙に記入されている作業項目の欄にチェックする。予期していなかった作業を観察した時は、欄外にその内容を記録しておく。

ビデオカメラによる測定（ビデオワークサンプリング）では、作業者や建設機械の動作が明確に撮影できるアングルを選び、適宜移動することが必要である。それでも、撮影不可能となる場合には、複数のビデオカメラを用いる。

4．測定上の注意点

（1）測定することは、あらかじめ作業者に知らせておく。ただし測定時刻や経路は知らせない。

（2）作業項目以外のことが見られたら、必ず追記しておく。

（3）作業者が不在の場合は、その理由を調べておく。上司か同僚に聞くか、不在の回数が少ない場合には、あとで本人に聞いても良い。

（4）測定者は、測定時刻を忘れないように注意する。

（第２章－第４項　時間研究）

時間研究とは、対象作業を適当な細かさの作業に分割して、それぞれの所要時間を測定するもので、時間短縮や省力化を図る際には最も有効なデータを得ることができる。ストップウォッチ（あるいはデジタル腕時計）を用いて、作業者の動きを観察しながら時間値を直接的に測定する方法と、タイマー内蔵のＶＴＲ等を用いて作業の状況を撮影し、そのビデオテープを再生することによって、間接的に測定する方法とがある。

特に前者の場合には、分割された各作業の内容や区切りの動作等について、事前に検討を加え、測定者全員に周知徹底させておく必要がある。

（解　説）

１．測定の計画

（１）測定すべき作業者

改善を目的とする場合には、熟練工を選ぶことが望ましい。これにより、さらに高度の改善が容易になる。

（２）測定担当者の決定

測定はマンツーマンで行うため、作業者ごとに測定担当者を決めておく。

（３）測定回数の決定

ａ）基本的には、サイクル・タイムが短くなるほど回数は増大する。表3.2.5に測定回数の目安を示した。

表3.2.5　サイクルタイムと測定回数の目安　※

ｻｲｸﾙ･ﾀｲﾑ（分）	0.5まで	0.75まで	1.0まで	2.0まで	5.0まで	10.0まで	20.0まで	40.0まで	40以上
測定回数	６０	４０	３０	２０	１５	１０	８	５	３

※「ＩＥの基礎」より

ｂ）作業の性質上、かなりのバラツキが避けられない場合には、観測回数を増やして平均値の精度を高める必要がある。またバラツキの大きい作業は必ず問題点を含んでいるので、バラツキのない作業へ改善をはかることが重要である。

c）２人以上の作業者が、同一の作業を行っている場合には、一人について長時間観測するよりも、数人の作業者のおのおのについて、短時間観測したり、または日を変えて観測することが望ましい。

（４）作業の分割

時間研究の対象となる作業の内容及び測定データに要求される精度によって、対象作業を適当な細かさの作業に分割し、それぞれの所要時間を測定する。図3.2.2に離岸堤工事における作業分割の例を示した。通常の場合、単位作業または要素作業のレベルで測定を行う。作業の進行を長時間にわたって測定したり、繰返しの少ない作業に対しては単位作業のレベルで行うことが多い。

また、標準時間の設定を目的としたり、細かい作業内容の改善を目的とする場合は、要素作業レベルで行う。

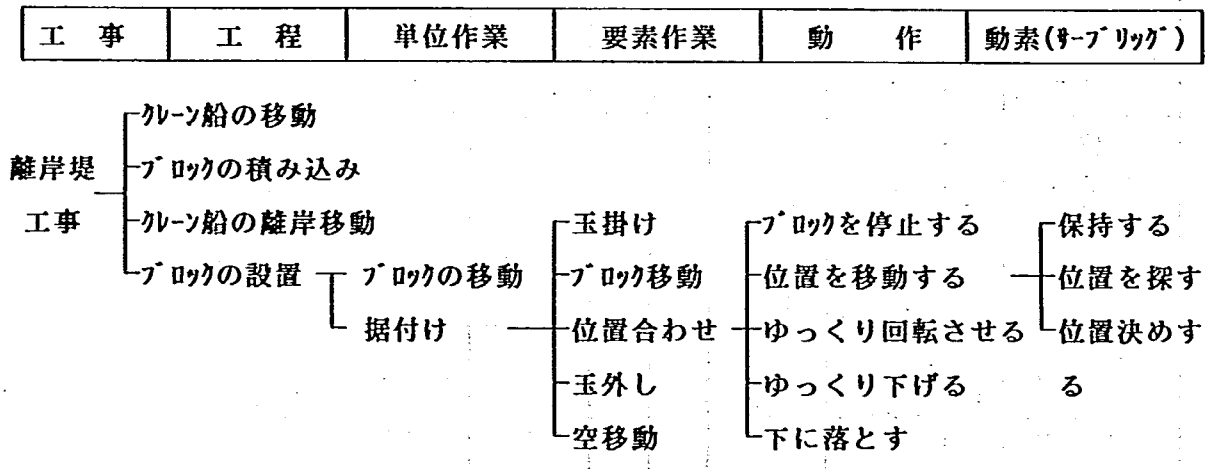


図3.2.2　作業分割の例（離岸堤工事）

２．測定の準備

対象とする作業について、作業手順や内容を事前に調査し、作業間の区切りを明確にしておくことが重要である。繰り返し作業を対象とする際には、作業順序に従って記録用紙にあらかじめ作業名を記載しておくと便利である。

観測板、記録用紙、ストップウォッチの他、必要に応じてカメラ、ＶＴＲを準備する。

３．測定の方法

（１）繰返し作業の場合

通常、ストップウォッチを止めずに作業の区切りの時刻を記録する連続時間観測法によって行う。図3.2.3に離岸堤ブロック据付け作業を対象にした記入例を示す。

ＯＲ欄にストップウォッチの読みの値を記入し、測定終了後に各作業の所要時間を減算で求

め、T欄に記入する。

○作業の順序が変わった場合は、矢印で順序の転倒を示す。

○作業が省略された場合は、棒線（－）を引く。

○あらかじめ記入していない作業が発生した場合は、空欄または、欄外に記入し、矢印で順序を示しておく。

○観測中に作業の中断や手直し等が発生した場合は、その時間値に○印を付けておく。

○時刻の読み取りに失敗した時は、勝手な推定を行わずその欄にM（ｍｉｓｓ）と記入する。

図3.2.3に繰り返し作業を対象とした記入例を示した。

要素作業		1	2	3	4	
A．玉掛け	T					
	R	4	67	129		
B．ﾌﾞﾛｯｸ移動	T					
	R	15	76	141		
C．位置合わせ	T					
	R	30	－			
D．玉外し	T					
	R	162	110			
E・空移動	T					
	R	52	123			
				188		

要素作業Ｄ，Ｅが入れ替わった時

要素作業Ｃが省略された時

要素作業Ｂの次に記入していない要素作業が発生した場合

図3.2.3　繰返し作業を対象とした記入例

（2）非繰返し作業の場合

繰返し作業の場合と同様に、連続時間観測法によって測定する。非繰返し作業では、記録用紙に作業名が記載されていないので、作業の区切りを認めた時に、記録用紙の該当時刻に印を付け、観察された作業の名称をその都度記入する。

図3.2.4に記入例を示した。

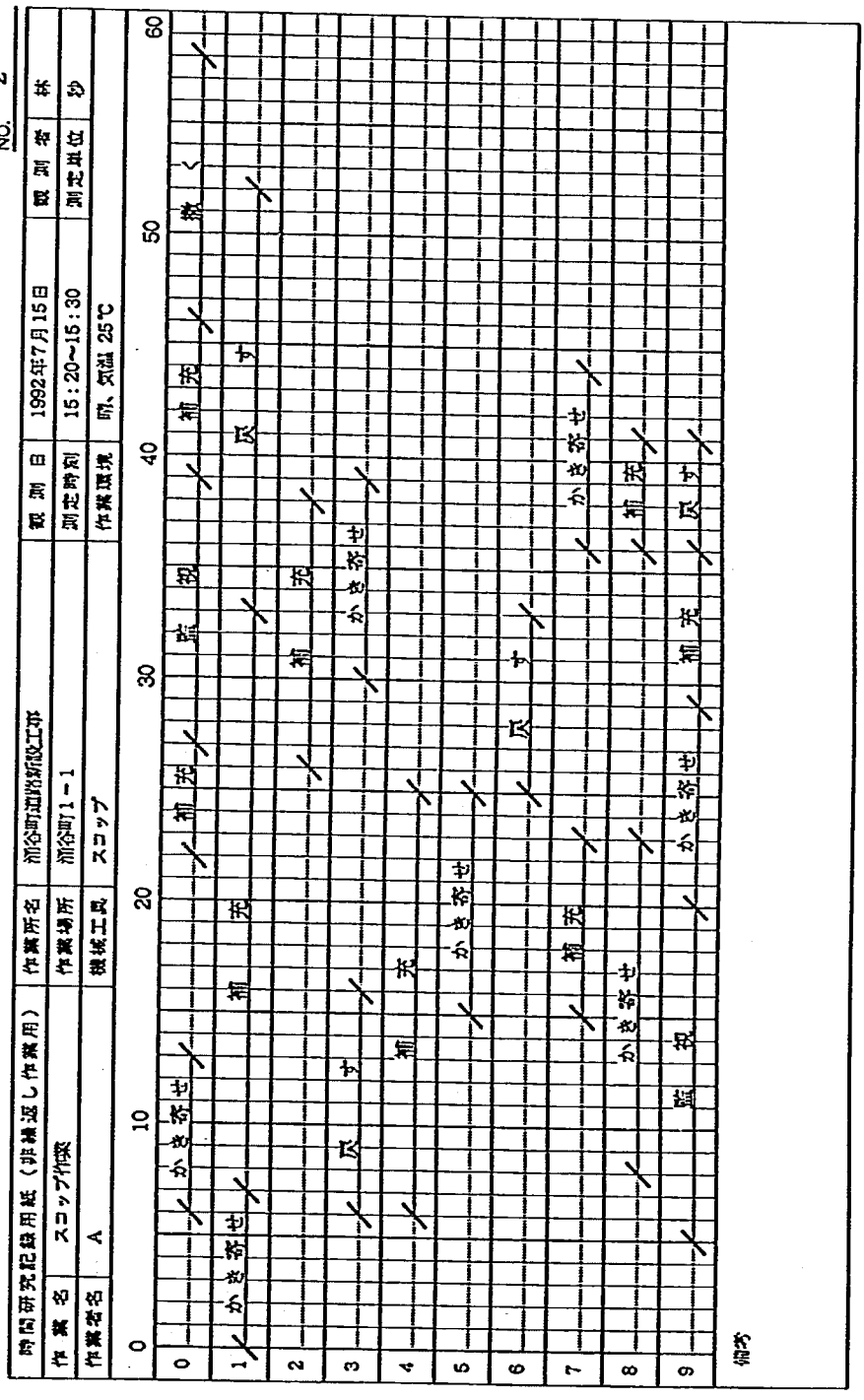


図3.2.4　時間研究記録用紙の例（非繰返し作業用）

4．測定上の注意点

a）測定を始める前に、作業者や関係者に、目的や方法について十分な説明を行い、理解を得ておく。

b）作業者の動作を妨害したり、注意をそらさないで測定できる場所で行う。

c）測定者は、いすに腰かけたり、機械にもたれかかったりして測定してはならない。

d）作業者がわざと作業ペースを速くしたり、遅くしたりしていないか注意する。

（第２章－第５項　動作分析）

動作分析とは、作業者あるいは建設機械の動きを、目視又はビデオカメラ等を用いて測定する方法で、ムダな動作やムリ・危険な動作等を排除して、時間短縮、苦渋性の低減、安全性の向上に役立つ。

作業者を対象とする測定では、一連の動作をサーブリッグ記号を用いて表現し、動作の種類とその発生頻度等を測定する。必要に応じて、作業時の姿勢についても測定を行う。

土木作業においては、建設機械を対象とする測定も重要であり、機種別に予じめ建設機械の動き（動作）を調査した上で、動作別の発生回数や、必要に応じて時間値や動作軌跡等を測定する。

（解説）

１．測定の計画

施工改善の視点に合わせて、測定対象及び測定手段を決定する。目視観察では速い動作や細かい動作の測定は難しく、特に各動作の時間値についても分析を行う場合には、ビデオカメラによる測定が適している。メモモーション法とマイクロモーション法とがあり、前者は、ビデオテープの再生において、一連の動作を短時間で観察することができ、動作の特徴が強調されるため、異常な状態の発見が容易である。

２．測定の準備

目視観察の場合には、記録用紙を準備するとともに、測定者は事前にサーブリッグ記号を暗記し、記入のやり方について充分な練習をしていくことが大切である。

ＶＴＲによる測定では、記録用紙の他、ビデオカメラ、三脚、バッテリー、テープ等の機器類を準備し、カメラの設置位置を事前に検討しておく。

作業場所によっては、複数のカメラを準備する必要がある。

３．測定の方法

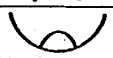
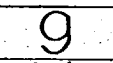
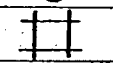
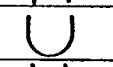
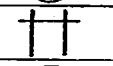
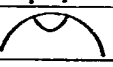
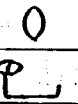
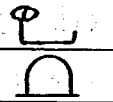
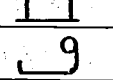
（１）目視観察

作業者が行うすべての動作について、それが発生する順序に従って表3.2.6に示したサーブ

リッグ記号を用いて記録する。

右手・左手に分けてそれぞれの動作を記録するが、苦渋性や安全性との関連を分析する場合には、手以外の使用身体部位や、作業姿勢についても記録を取る。

表3.2.6 サーブリック記号

分類	NO.	名称	文字記号	記号	説明
第1群	1	手を伸ばす(reach)	R		空の手または皿の形
	2	つかむ(grasp)	G		物をつかむ形
	3	運ぶ(move)	M		手や皿に物をのせた形
	4	位置決め(position)	P		手で物をおく形
	5	組合せ(assemble)	A		物を組み合わせた形
	6	使用(use)	U		useの頭文字
	7	分解(disassemble)	DA		組合せから1本除いた形
	8	放す(release)	RL		手や皿から物を落す形
第2群	9	捜す(search)	SH		眼で物を捜す形
	10	選ぶ(select)	ST		選んだ物を指示した形
	11	前置き(pre-position)	PP		ﾎﾞｰﾘﾝｸﾞ・ｱﾚｰを立てた形
	12	検査(inspection)	I		レンズの形
	13	考える(plan)	PN		頭に手をあてて考える形
第3群	14	保持(hold)	H		ﾏｸﾞﾈｯﾄに物がついた形
	15	避け得る遅れ(avoidable delay)	AD		人が寝た形
	16	避け得ない遅れ(unavoidable delay)	UD		人が倒れた形
	17	休む(rest)	R		人が椅子に腰掛けた形

（2）ビデオカメラによる測定

必要なデータが得られるように適切なカメラアングルを選び、測定対象の動きを確実に撮影する。図3.2.6に測定の状況を示す。 撮影したテープを再生して（1）の目視観察の場合と同じ要領で測定する。撮影したは日時や作業の内容等が後日の分析時にわかるように、テープ番号と対応させて、記録用紙に記録しておくことが重要である。

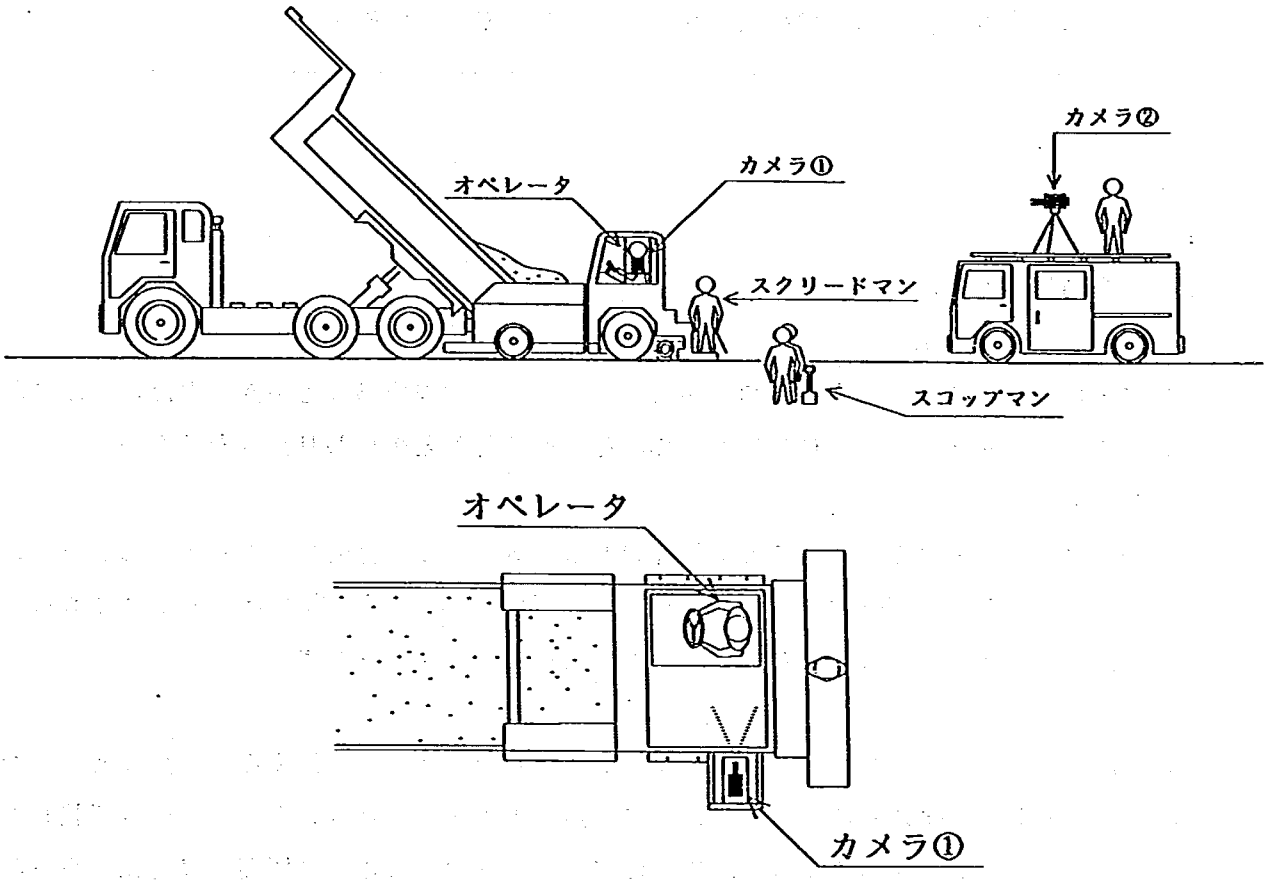


図3.2.6 ＶＴＲによる測定の状況

4．測定上の注意点

（1）動作は作業を構成する最小単位であるため、測定が難しく、事前の準備・検討を綿密に行うことが重要である。

（2）目視観察には限界があるので、ビデオカメラ等による測定も併せて実施すると良い。

（3）ビデオカメラを用いた測定では、再生時に必要とする情報が得られるように鮮明な映像の確保と、測定者によるコメントの録音を忘れてはならない。

（第２章－第６項　作業環境の測定）
作業環境の測定は、作業者に生理的、心理的影響を及ぼす環境状態の把握とともに、その環境を改善する為の基礎資料を得ることを目的とする。また、実際の測定の際は、ＪＩＳの測定方法や使用機器の取り扱い方法にしたがって実施する。

（解説）

１．作業環境の測定項目

（１）温度、湿度、風速

作業者に影響を及ぼす作業環境のうち最も身近で、測定が容易なものが、温度と湿度である。また、風速も体感温度等に影響し、作業能率や疲労等との係わりが少なくない。

（２）照度

人間にとって、外部から入ってくる情報のおよそ８０％が視覚情報であるといわれる。この照度は、心理的な「やる気」、「警戒心」、「活動度」などに影響を与えるとともに、「疲労」、「ミス」といった安全性に係わる要因にも関連する点が大きい。

（３）騒音

人間にとって邪魔に感じたり、害を与えるような音を騒音として捉えることができる。心理的、感覚的な活性化にある程度までは役立つが、大きすぎると「いらだち」や「不快」などの心理的、生理的悪影響を及ぼし、作業に支障をきたす。また、長期間、騒音にさらされると、難聴などの障害が発生する恐れがある。

（４）振動

振動は、機械的運動の周期的、衝撃的あるいは不規則なもので、作業の過程においては、多くの場合、騒音と同時に知覚され、全身が受ける場合と体の一部が受ける場合とで、作業者に及ぼす影響は異なってくる。全身の振動によって生理的影響の現れるレベルはかなり高く、建設工事の作業環境として問題になる事は少ない。しかし、体の一部が振動を受けた場合には、局部的な血行障害などを起こす事が多く、十分な注意が必要である。

就業時間、休憩の確保や特定健康診断などの労働安全衛生法上の制限をうける。

（５）粉塵

トンネル工事などの閉所作業や解体工事等では、多くの粉塵が発生し、これを大量に吸入すると、呼吸器系や目に障害を発生する事がある。このため、一定量以上の粉塵を発生する

環境では、就業制限、防塵器具の着用や特定健康診断などの労働安全衛生法上の制限を受ける。

（6）ガス

トンネル工事や道路工事では多くの排気ガスが発生し、これを大量に吸入すると、呼吸器系の異常や頭痛の原因となることがある。一定量以上の排ガスを発生する環境では、就業制限、マスク等の着用などの労働安全衛生法上の制限を受ける。

2．測定の方法

作業環境の測定方法及び使用機器についてまとめると以下の表3.2.7になる。

表3.2.7　作業環境の測定方法及び使用機器　※

項　目	測　定　方　法	使用する機器
温　度 湿　度	作業者の暴露状況を正しく示す位置に機器を設置して、適当な時間間隔または時刻に測定値を読み取る。	アウグスト乾湿計 湿度計 自記温湿記録機
風　速	風程と計測時間とから平均風速を算出する。熱線風速計を用いて直読する。	風程風速計 熱線風速計
照　度	JIS C 7612（照度測定方法）による。	照度計
騒　音	JIS Z 8731（騒音ﾚﾍﾞﾙ測定法）による。	騒音計、必要に応じ周波数分析器及びデータレコーダ
振　動	JIS Z 8735（振動ﾚﾍﾞﾙ測定法）あるいは労働省告示第85条(ﾁｪﾝｿｰの規格)による	振動計、必要に応じ周波数分析器及びデータレコーダ
粉　塵	JIS Z 8813（浮遊粉じん濃度測定方法通則）による。	粉塵計、個人ダストサンプラー
各種ガス	炭酸ガス、一酸化炭素、酸素、有機溶剤の濃度など労働安全衛生法に基づき測定を義務付けられたものについては、作業環境測定基準による。	各種ガス検知管及び空気採取器

※日本建築学会「作業能率測定指針」より

3．測定上の注意点

（1）作業環境の測定では、作業開始前後の状態について測定を行い、作業による影響の度合がわかるようにする。

（2）使用する機器によって、測定データの内容・精度等が異なるので、目的に応じて機器を選定する。

（第２章－第７項　生体負担の測定）

生体負担の測定は、苦渋性の低減や安全性の向上を目指した施工改善を行う上で重要となる。作業者が受ける生理的な影響を測定して、実施している作業の負荷や、作業者の疲労の度合を把握する。測定項目には、心拍数、エネルギー消費量、疲労、血圧等がある。心拍数及びエネルギー消費量の現場での測定に際しては、専用の機器、装置を準備するとともに、その取扱いに習熟しておく必要がある。

（解説）

１．測定項目及び方法

（１）心拍数（脈拍数）

前腕の母指側の腕間節の近くで動脈の上に軽く指を置き、指先に触れる脈拍をストップ・ウォッチで数える。脈拍の平均拍数を知るには４～５分の脈拍全数から毎分当たりの平均値を求めれば良いが、脈拍の変化状態を知るために１５秒（1/4分）間隔で数え、あるいは１０の拍数に要する時間をはかり、毎分値に換算して時間経過をみるほうがよい。この方法は、簡単であるが前腕を抑えるために、作業者を拘束することになる。

テレメータあるいは小型携帯型データレコーダ等の測定機器を利用すれば、作業に支障をきたすことなく、作業中の心拍数を測定できる。

（２）エネルギー消費量

エネルギー消費量は、作業者から採取した呼気中の酸素濃度を分析することにより求める。しかし、作業時の呼気の採取は、作業の妨げとなり、またガス分析装置も必要となるため、現場での測定は容易ではない。

（３）疲労

疲労には、自覚した疲労、自覚しない疲労とがある。

自覚した疲労の調査は、アンケートなどによって作業者の自覚症状を促えようとするものであり、図3.2.7に示す調査表を用いて行う。自覚しない疲労は、フリッカー値測定器等を用いて測定することができる。

自覚的症状調査表　※

つぎにあげた項目のうち、あてはまるものには○印を、そうでない場合には×印を、その右の空いているところにつけて下さい。

（特にひどい場合は印を、つけて下さい。）

1	頭がおもい		11	考えがまとまらない		21	頭がいたい	
2	全身がたるい		12	話しをするのがいやになる		22	肩がこる	
3	足がだるい		13	いらいらする		23	腰がいたい	
4	あくびがでる		14	気がちる		24	いき苦しい	
5	頭がぼんやりする		15	物事に熱心になれない		25	口がかわく	
6	ねむい		16	ちょっとしたことが思いだせない		26	声がかすれる	
7	目がつかれる		17	することに間違いが多くなる		27	めまいがする	
8	動作がぎこちなくなる		18	物事が気にかかる		28	まぶたや筋肉がピクピクする	
9	足元がたよりない		19	きちんとしていられない		29	手足がふるえる	
10	横になりたい		20	根気がなくなる		30	気分がわるい	

図3.2.7　疲労自覚症状調査のアンケート用紙例

※　日本建築学会「作業能率測定指針」より

（4）血圧

一般的には皮膚の上から血管に圧力を加えて血流を阻止するのに必要な圧力を求め、これを血圧とする間接法が用いられる。

最近では、小型で操作が簡単な測定器が開発されている。各作業者の血圧を測定することにより、血圧の高い人には重労働や重量物を運ぶ作業はさせないなどの配慮が必要である。

2．測定上の注意点

（1）生体負担を定量化するためには、作業者が安静にしている状態での測定値も併せて把握する必要がある。

（2）生体負担の測定においては、できる限り作業者の個人的条件、作業環境、作業内容などを併せて記録しておくことが大切である。

（3）測定に際して、作業者の体に接触することもあるため、作業者に対して、充分な説明を行い、協力に理解を求めることが大切である。

第３編　測定方法

第３章　データ整理の方法

（第３章－第１項　データ整理の手順）

前章の各測定方法で得られたデータについて、分析目的に合った整理をすることが重要である。なお、測定データの整理は、手順を追ってできるだけ早めに行うことが望ましく、最終的には図表化されたものでまとめる。

（解説）

１．工事実績の記録整理

毎日提出される現場の帳票類から得られる実績記録を整理する手順を表3.3.1にまとめた。

表3.3.1　工事実績の記録の整理手順

工事実績	整　理　手　順	目　　的
工事工程	帳票の収集 ↓ 必要諸データの記録 ↓ 目的に応じて ガントチャート式工程表 ネットワーク式工程表 出来高の累積曲線	工程の進捗度の把握 工事停滞の原因追求 工程の予測
労務実績	帳票の収集 ↓ 必要諸データの記録 ↓ 目的に応じて表にまとめる	作業者の配置状況把握 作業時間の記録 時間外作業の状況把握 有資格者配備の確認 作業能率の評価
機械の運行記録	帳票の収集 ↓ 必要諸データの記録 ↓ 目的に応じて集計または算出して表にまとめる	機械の配置状況の把握 実働時間の記録 オペレータ有資格者配置の確認 作業能率の評価

2．工程分析におけるデータの整理

現場観察や帳票データ、聴き取り情報について整理する手順を表3.3.2にまとめた。

表3.3.2　工程分析におけるデータの整理手順

測定方法	整　理　手　順	目　　的
工程分析	工程記号で工程図の作成 ↓ 改善点のピックアップ （改善のＥＣＲＳ） ↓ 改善の為の他の手法の検討	工程のムダの抽出 工程間の不具合抽出

3．稼働分析（ワーク・サンプリング法）におけるデータの整理

（ビデオ）ワーク・サンプリング法から得られたデータを整理する手順を表3.3.3にまとめた。

表3.3.3　稼働分析におけるデータの整理手順

測定方法	整　理　手　順	目　　的
稼働分析（動）	各作業の観測回数の算出 ↓ 観測回数を比率で算出 ↓ 作業を分類し、その比率を表にまとめる ↓ 結果をグラフ化する	改善すべき作業の抽出
	各作業の観測回数の算出 ↓ 稼働率（稼動率）の算出 ↓ 非稼働（非稼動）要因の多い順にグラフ化	稼働率（稼動率）の把握と 非稼働（非稼動）要因の把握

4．時間研究におけるデータの整理

時間研究から得られたデータを整理する手順を表3.3.4にまとめた。

表3.3.4　時間研究におけるデータの整理手順

測定方法	整　理　手　順	目　　的
時間研究	所要時間値の算出 ↓ 異常値の除外 ↓ 平均所要時間の算出 ↓ 所要時間の大きい順にグラフ化	各作業の所要時間の把握と共に改善すべき作業の抽出

5．動作分析におけるデータの整理

動作分析から得られたデータを整理する手順を表3.3.5にまとめた。

表3.3.5　動作分析におけるデータの整理手順

測定方法	整　理　手　順	目　　的
動作分析	動作の種類 ↓ 動作別の発生回数 ↓ 動作別の時間値 ↓ サイモチャートの作成	ムダな動作の発見と最良な作業方法の検討

（第３章－第２項　データ整理の実施例）
　データの図表化された結果は、分析検討を正しく容易に行えるようにできるだけ見やすく加工し、項目や単位を明確に記載することが重要である。

（解説）

１．工事実績の記録の整理例

工事工程の記録から進捗度をガントチャート式工程表をで示したものが図3.3.1である。

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	－	
4	ブロックの設置（３層迄）		5H　3H

図3.3.1　ガントチャート式工程表の例

また、出来高の実績をまとめた例を図3.3.2に示す。

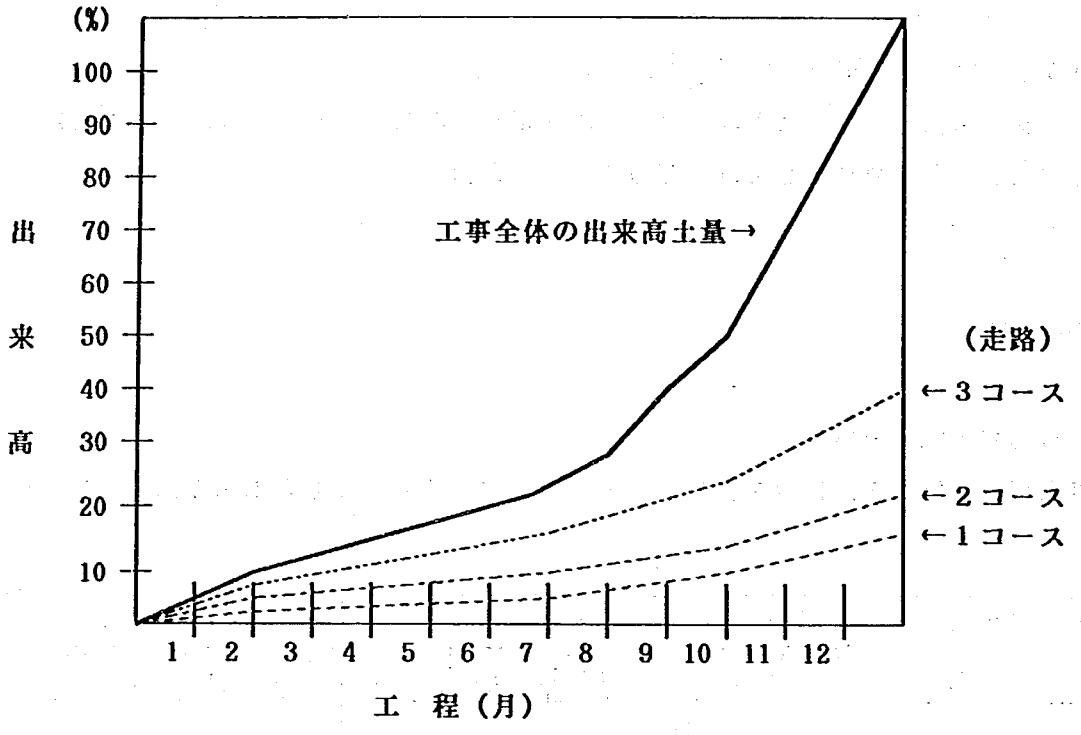


図3.3.2 出来高累積曲線の例

2．稼働（動）分析における整理例

観測された作業項目の回数の算出、稼動率の算出例を表3.3.6に示す。

表3.3.6 観測された作業項目の回数と稼動率の算出例

区分	NO	作業項目	回数					計	%	(非)稼動率(%)
稼動	1	掘削	𝍸	𝍸	𝍸	///		18	25.0	86
	2	旋回	𝍸	𝍸	𝍸			15	20.8	
	3	荷おろし	𝍸	//				7	9.7	
	4	戻し旋回	𝍸	𝍸	𝍸	/		16	22.2	
	5	かき集め	𝍸	/				6	8.3	
非稼動	6	ﾀﾞﾝﾌﾟ待ち	////					4	5.6	14
	7	測量待ち	///					3	4.2	
	8	機械干渉	///					3	4.2	
合計			35	18	15	4		72	100	

また、作業項目別の観測回数の比率をグラフ化すると図3.3.3 になる。

N（測定数）：７２

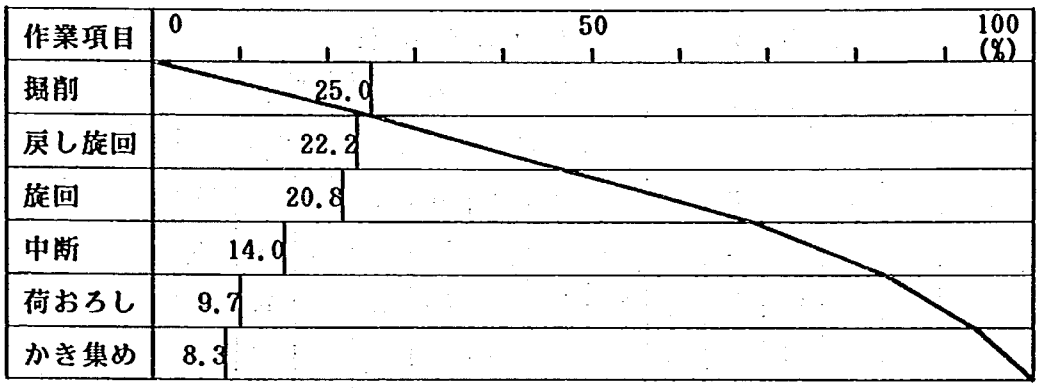


図3.3.3　作業項目別の観測回数の比率

3．時間研究における整理例

所要時間の算出、異常値の除外、平均所要時間の算出例を表3.3.7 に示す。

表3.3.7　時間研究における整理例　　（単位：秒）

時間研究記録用紙（ｻｲｸﾙ作業用）			作業名										旋回式油圧ｼｮﾍﾞﾙによる掘削			NO.1/1	
			測定者名										山下			92年2月5日	
要素作業			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	合計	平均	
1	掘削	T		7	6	5	6	⑭	4	5	5	6	⑨	⑨	44	5.5	
		R		23	48	13	38	13	36	00	46	15	44	16			
2	旋回	T		7	8	7	7	6	7	7	6	7	7	7	76	6.9	
		R		30	56	20	45	19	43	07	52	22	51	23			
3	荷おろし	T		5	4	4	3	5	5	3	⑧	4	⑦	3	36	4.0	
		R		35	00	24	48	24	48	10	00	26	58	26			
4	戻し旋回	T		7	8	8	⑪	8	7	⑫	9	9	9	8	73	8.1	
		R	16	42	08	32	59	32	55	41	09	35	07	34			
5	かき集め	T															
		R															
6	移動	T															
		R															
7		T															
		R															
8	中断	T								19					19		
		R								29							
測定時間			作業所名									機械名					
15:53～16:08			鶴ヶ島									旋回式油圧ショベル					

時間研究によって得られたデータから機械の稼働分析を行い、非稼動時間をまとめた例を表3.3.8に示す。

表3.3.8 非稼働時間と要因の整理例

機械名	非稼動時刻	非稼動時間	要因	小計	比率(%)
ブルドーザ	3:09～ 3:21 3:36～ 3:39	12M 3M	機械干渉	15M	48.4
	4:00～ 4:05 5:11～ 5:13	5M 2M	測定待ち	7M	22.6
	10:11～10:20	9M	指示待ち	9M	29.0
			合　計	31M	100

4．動作分析におけるデータの整理例

チェックリストをもとに油圧ショベルの動作分析データを整理した例を表3.3.9に示す。

表3.3.9　チェックリストによる動作分析の整理例

建設機械名：油圧ショベル　（○：現在問題なし）

動　作	チェック項目	判　定
掘　削	①掘削量は適量か（ムラがあるか）	ムラがある
	②掘削速度にムラがあるか	○
	③油圧ショベルと掘削場所の位置関係は適正か	ムダな動作を発生させている
旋　回	①旋回速度にムラがあるか	○
	②アームの旋回角度は適正か	○
	③旋回方向は適正か	ＡＢ区間において逆旋回が有効
荷おろし	①荷おろしの高さは適正か	○
	②ベッセルに対し均一に荷おろしされているか	後方に片寄っている
	③ダンプトラックとの連係状態は良好か	不充分
かき集め	①このかき集め動作は必要か	必要ない
	②かき集め位置は適正か	○
調べる その他	①レイアウト上ダンプトラックの待機場所は適切か	重機置場の変更の再検討要す
	②ダンプトラックの台数は適正か	○
	③重機の能力は適正か	○
	④後工程の重機との干渉によるロスは発生しているか	後工程の重機の入場ﾀｲﾐﾝｸﾞが早すぎる

第4編　分析方法

第4編　分析方法

第1章　工事実績を利用した分析方法

（第1章－第1項　工事工程の分析方法）

工事工程の分析の目的は、工事実績の結果を利用することにより、重点的に改善するべき作業を見いだし、改善へ展開することにある。具体的には、作業の律速となる作業を分析し、時間短縮を図り、また、作業者のピークとなる作業を分析し、省力化を図る

時間短縮を図るには、ガントチャートやネットワークを利用し、分析を行ない、時間短縮上、重要となる作業を探索する。また、計画値と実績値を比較し、遅れを生じやすい作業を分析する。

省力化を図るには、ガントチャートやネットワークを利用し、時系列的に作業者の職種・配置や人数の推移を分析する。

〈解説〉

1．目的

工事の作業手順には、各作業が順次行なわれる場合と、複数の作業が並行的に行なわれる場合がある。前者の場合には、各作業を時間短縮することにより、工事全体の時間短縮を行なうことが可能である。しかし、後者の場合には、並行的に行なわれる作業の一方が、次の作業に進めなくなる。このような状態を解決し、時間を短縮するためには、作業の律速となる作業を明らかにし、そのような作業を重点的に改善を行なう必要がある。

省力化を行なうためには、作業が順次行なわれる場合、作業者数がピークとなる作業を重点的に改善することが重要となる。しかし、作業が並行的に進む場合には、並行して実施される各作業の場合に、作業者数が最大となる可能性がある。後者の場合に、省力化をするためには、並行的な作業の実施を避けることにより、負荷の平準化を行なうことや、ピークとなっている各作業に対して、省人化を行なうことが必要となる。

この様に工事工程の分析は、どの作業を重点的に改善することかについて、明らかにすることを目的としている。

2．分析準備

工程レベルや要素作業レベルまで広く、利用することが可能である。

工事工程の分析のデータには、作業現場での作業測定を行ないデータを収集することもあるが、工事実績記録など工事現場で記述される調票を利用することができ、最初の問題点を

しぼるときには、後者の方法が効率的に行なえる為に、優先的に行なう。調票による分析により、問題点が明確化されない場合には、現場での作業測定を行なうことを検討する。

3．分析の視点と分析の手順

1）時間短縮を目的とする場合

時間短縮を図るには、第一に、連続的に作業が行なわれる場合には、ガントチャート利用し、作業時間の長い作業に対して重点的に改善を図る。第二に、並行的な作業が含まれる場合には、ネットワークを利用し、クリチカルパスや、作業の余裕の少ないところを重点的に改善を図る。第三には、計画と実績を比較し、遅れやすい作業を重点的に改善を図る。

（1）ガントチャートを利用した分析[6)9)]

工程をガントチャート（バーチャートとも呼ぶ）に記述し、逐次的に工程が実施されている場合には、各工程の時間をパレート図に記し、最も時間のかかる工程を重点的に改善する。

ガントチャートによる分析は簡便であるが、複数の作業が同時に行なわれている場合には、この分析方法は適切ではない。この場合には、ネットワークを利用した分析を行なうことが妥当である。

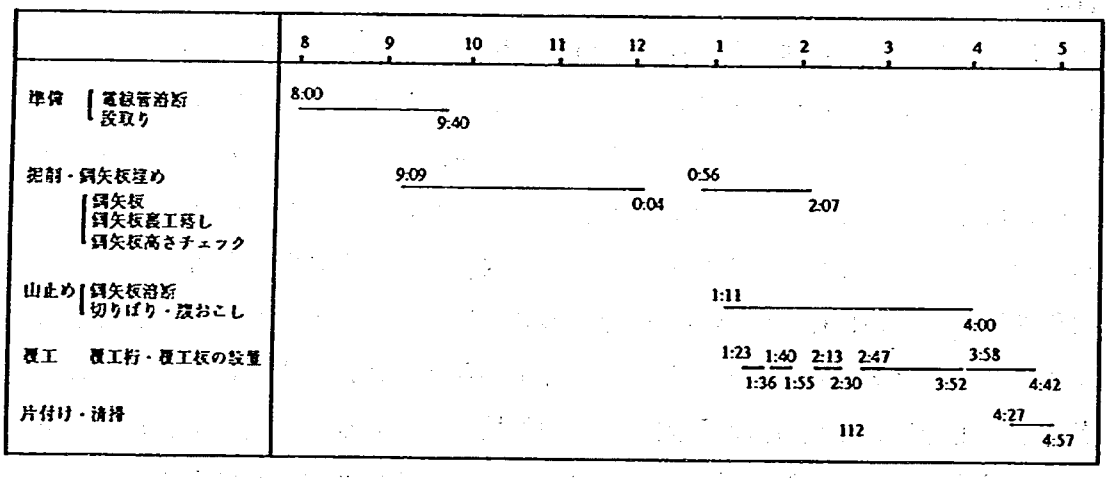
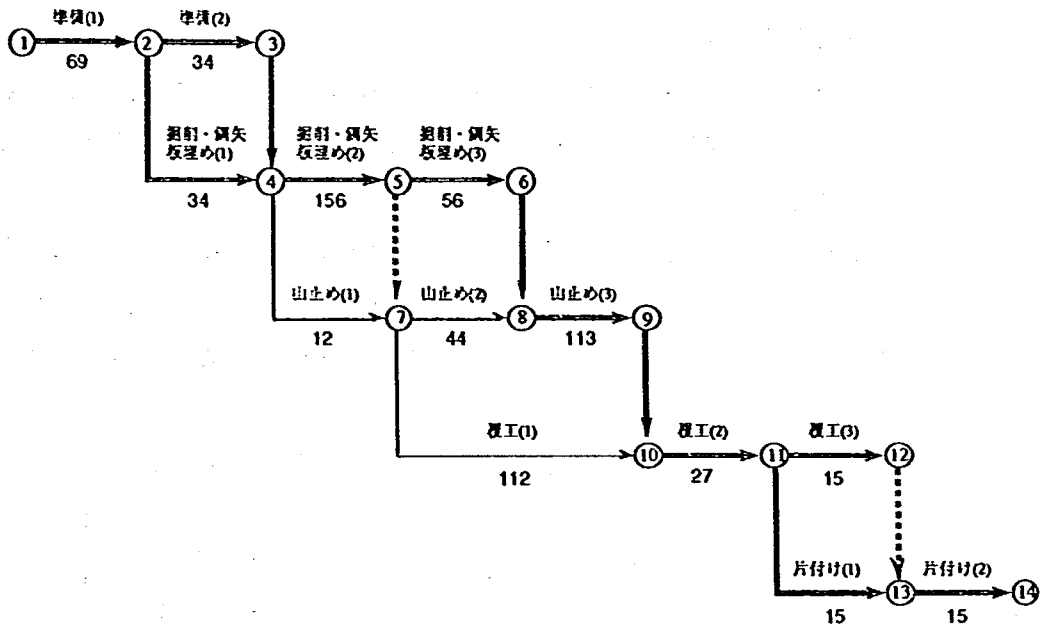


図4.1.1　ガントチャートの例（土工・CABの例）

（2）ネットワークを利用した分析[6)9)]

ネットワークは、複雑な作業や工程関係を記述するのに有効な方法である。
ネットワークを利用した分析により、全体作業を決定している経路（クリティカル・パス）を見つけ、余裕時間が少なく、時間が長い作業を重点的に改善を行なう。
具体的には、各作業についてクリティカル・パス、作業時間、全体余裕、自由余裕に関する情報を整理し、前述の視点から、改善の重点工程を分析する。



注１）太線部はクリティカル・パスを示す。

注２）矢線の数値は実稼動時間（分）を示す。

図4.1.2　ネットワークを利用した工程の表記（土工・CABの例）

表4.1.1　ネットワークを利用した分析結果の整理（土工・CABの例）

工　程	余裕（分）		時間短縮効果の弾力性係数
	全体余裕	自由余裕	
準備（1）	0	0	0.14
準備（2）	0	0	—
掘削・鋼矢板埋め（1）	0	0	—
掘削・鋼矢板埋め（2）	0	0	0.32
掘削・鋼矢板埋め（3）	0	0	0.12
山止め（1）	144	144	—
山止め（2）	12	12	—
山止め（3）	0	0	0.23
覆工（1）	57	57	—
覆工（2）	0	0	0.06
覆工（3）	0	0	—
片付け（1）	0	0	—
片付け（2）	0	0	0.03

注）弾力性係数＝工事全体の時間短縮の割合／工程の時間短縮の割合

（3）計画と実績の比較を利用した分析

工事計画に対して、施工実績の作業の進捗に遅れる場合には、特定の作業が常に遅れやすいなど問題となっている可能性がある。このような場合には、計画時間と実績時間の差を分析し、どの作業が遅れやすいのかを分析する。

つぎに、遅れやすい作業について、遅延要因（遅れる理由：資材の待ち、手待ちなど）を整理し、遅延要因の頻度をパレート図に整理する。計画時間と実績時間の差が大きい工程や、頻度の多い遅延要因や、遅延する時間に与える影響の大きい要因を重点的に改善する。

表4.1.2　計画時間と実績時間の比較結果（トンネル工・発破工法の例）

		計画	実際	遅れ（分）
上半	削孔・装薬・発破	1:30	0:49	△41
	ズリ出し	1:15	0:30	△45
	支保工建込	1:00	1:00	0
	吹付け	2:30	3:02	32
	ロックボルト	1:30	1:00	△30
下半	削孔・装薬・発破			
	ズリ出し	2:30	3:12	42

2）省力化を目的とした分析

作業の進捗に従って、実際に作業を行なっている人数を時系列で記述し、この変化と、ガントチャートやネットワークによる作業間の関係を併記し、作業者の最大の山となる作業を見いだすことにより、省人化のポイントとなる作業を把握し、当該作業を重点的に改善する。この時、人数の推移だけでなく、職種、配置、作業別にデータを整理する。

分析結果に対し、該当する作業が順次行なわれている場合、対象作業の作業者数を低減することにより、省力化を図る。作業が並行して行なわれる工程では、並行作業を解消することで、負荷を平準化することにより改善を図るか、対象作業それぞれに対して、作業者数を低減することにより、省力化を図る。

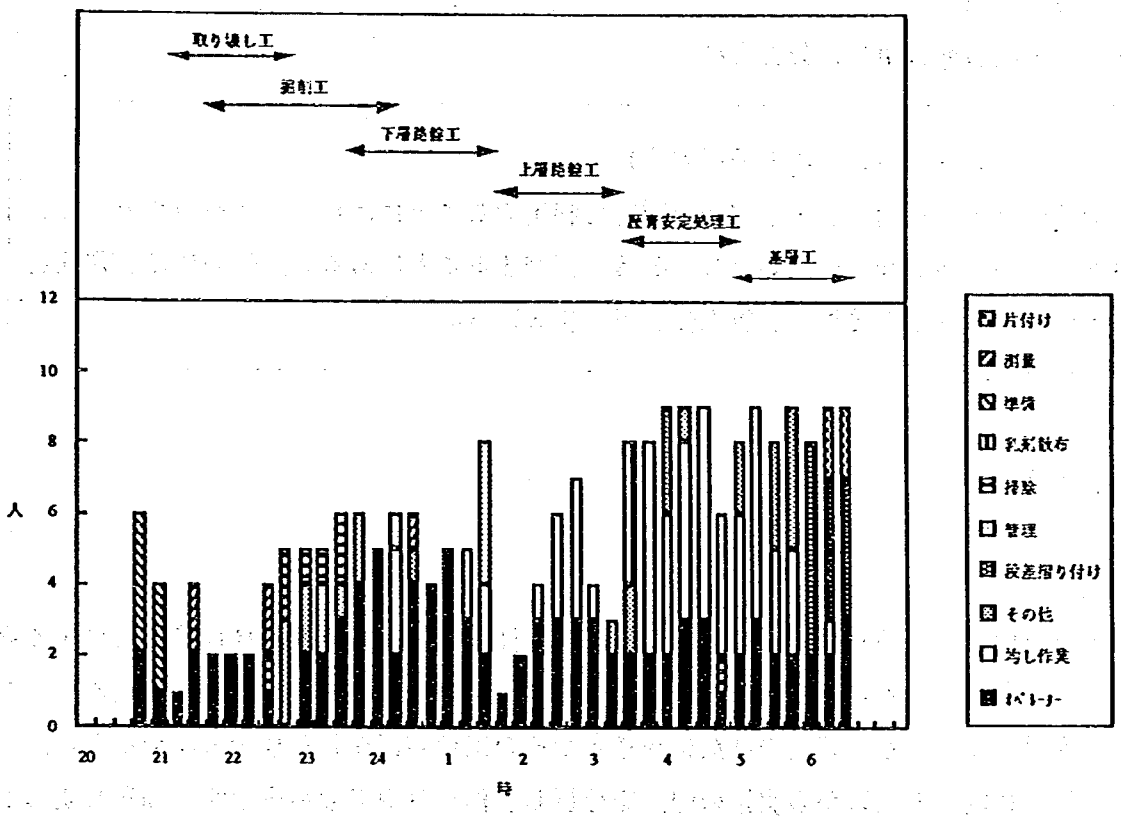


図4.1.3　作業内容別の作業者数の推移の分析の例（道路・打換工）

3）改善効果のシミュレーションへの利用

各工程時間を改善した場合、その結果についてネットワークを利用することにより、クリチカル・パスを見つけ、工事時間を推定することが可能となる。

第４編　分析方法

第１章　工事実績を利用した分析方法

（第１章－第２項　労務実績の分析方法）
労務実績の分析の目的は、工事実績の記録を利用することにより、工数を中心として、重点的に改善すべき作業を見いだし、改善へ展開することにある。具体的には、作業者数、工数の多い作業を分析し、省人化、省力化を図る。

（解説）

１．目的

土木工事現場では、多くの職種の作業者が工事に従事し、一人が多様な作業に従事する場合もある。作業に対する作業者数や作業工数は必ずしも均一ではなく、機械化が進んでいないため、人手を要したり、特定の作業に作業者やその工数が偏在したりする場合がある。

もし、労務に関する調票から実績の記録を分析し、作業者や工数が集中する作業を明らかにすることができれば、効率的に、省力化や省人化のために改善を図ることが可能となる。また、日常の事故、負傷の記録を分析することにより、危険性の原因を分析することが可能となり、安全性の向上に向けた改善を行なうことができる。

このように、労務実績の分析は、労務に関する帳票を分析し、改善目標上、重要な作業を明らかにし、改善へ展開することを目的とする。現場での作業測定に入る前に、事前にこの分析をすることにより、効率的な改善を行なうことができる。もし、労務実績の分析で問題点が明かとならない場合には、現場での作業測定を行なうことが望ましい。

２．分析準備

作業者に関する１日の作業内容や作業時間に関するデータを準備する。

作業者についてのデータとして、作業内容、就労時間、人数、職種および業務経験等を、作業に付随するデータとして、作業条件（作業環境、土質、作業場所、天候など）、出来高等を、危険性のデータとして、事故の発生状況や原因などを準備する。

３．分析の視点と分析の手順

１）省力化を目的とする場合

省力化を改善の目的とする場合、作業者数の低減や、作業時間の短縮、これらの結果である工数の低減を図ることが重要となる。これらの数値は、出来高、作業条件など作業者外の

条件と、作業者の能力など作業者内の条件により変化する。従って、作業別に、これらの諸条件と作業者数や工数等の関係を明らかにすることにより、改善上のポイントが得られる。

（１）作業別の労務実績の分析

職種、配置、作業内容別に、人工数、作業者数を比較し、これらの大きい作業を重点的に行なう。また、各作業者が適切な配置や作業が設定されていない場合、改善を行なう。

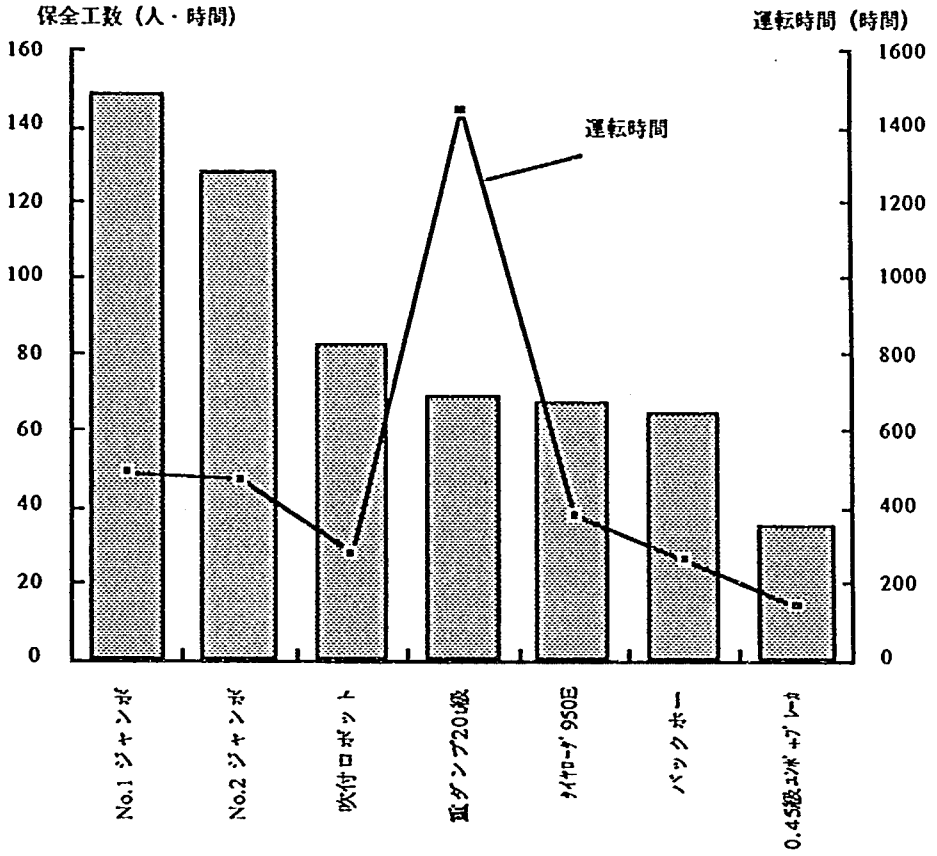


図4.1.4　重機別の保全工数の分析例（トンネル工・NATM工法）

（２）作業条件別の分析

工数や作業者数に影響する作業条件を検討し、作業条件と、工数、作業者数、出来高などの関係を分析し、工数、作業者数が大きくなる条件や、出来高が低下する条件を明らかにする。

作業条件と、出来高、工数、作業者数の関係を分析するには、各変数間の独立性の検定、変数間の相関関係、多変量解析、主成分分析、因子分析など統計的な分析手法を利用する。

2）安全性の向上を目的とする場合

事故やけがの発生状況について、要因別の発生頻度を整理し、どのような要因で発生頻度が高くなるかを明らかにする。統計的にデータ数が多く得られた場合には、統計的な分析を行なう。

第4編　分析方法

第1章　工事実績を利用した分析方法

（第1章－第3項　機械の運行記録の分析）
土木工事に利用される機械は、必ずしも効率的に利用されていない場合や、故障などで作業が中断したり、保全作業が必要となる場合が発生する。このような場合には、問題となる機械や作業を見いだし、重点的に改善を行なうことにより、作業時間の短縮や、省力化を図ることができる。

機械の運行記録の分析から作業時間の短縮を図るためには、機械の効率、機械の稼動状況や機械の保全作業を分析対象とする。省力化を図るためには、作業時間を短縮し、総工数を低減することを目標とする。

（解説）

1．目的

機械は必ずしも効率的に利用されていない場合や、故障などで作業が中断したり、保全に時間を要する場合がある。機械作業の効率を改善するためには、機械の作業効率を把握し、作業効率が低下する要因を分析することが必要であり、その分析結果は工事計画のための標準資料として反映することができる。また、保全の実態を明らかにすることにより、機械稼動を高めるための改善項目を発見することができ、予防保全に関する基礎データに発展することができる。特に、作業が順次行なわれる作業手順の場合には、一台の機械の故障が工事全体へ影響するため、保全は重要な改善テーマとなる。

機械の稼動分析は、機械の運行に関する実績から、機械の配置状況、実動時間、作業効率を分析することで、機械の作業効率の向上や、機械の保全時間や工数の低減を行なうことを目的とする。これらの機械の稼動の分析データには、工事現場で記述される機械の稼動日報を利用することができ、最初の問題点をしぼるときには、効率的な方法である。しかし、調票による分析により問題点が明確化されない場合には、現場での作業測定を行なうことを検討する。

2．分析準備

機械自体について、1日の稼動時間、保全の時間および作業条件（土質、天候など）に関する情報を用意する。もし、可能であれば、単位作業、要素作業レベルでの作業内容や、保全内容についても、情報を準備する。これらのデータは、主として、長期にわたるデータを

利用することが望ましく、これには、帳票によるデータを利用することが有効である。

3．分析の視点と分析手順

1）時間短縮を目的とする場合

工事時間の短縮をするには、機械の効率の向上、機械の稼動率の向上、さらに非稼動時間に影響するような保全時間の低減が重要となる。ここでは、機械の稼動日報から、これらの問題点について分析を行ない、改善すべき機械を抽出することを目的とする。

（1）作業効率に関する分析

作業効率の分析を行なう場合、機械別、さらに作業別の作業効率に関係する指標（稼動時間、出来高／機械の稼動時間）を対象とした分析により、稼動の長い機械や作業効率の低い機械を重点的に改善する。土木工事の作業の分析では、土質や作業条件により、機械効率等が変化するため、施工条件との関係を分析することが望ましい。作業条件との関係を分析するには、調器の稼動日報から、作業条件との独立性の検定、相関関係の分析、多変量解析、因子分析などを用いて、統計的な分析を行ない、効率が低下する作業条件を抽出し、改善を図る。

（2）機械の稼動率の分析

機械の稼動率を分析する場合、機械別に稼動率を算出し、稼動率の低い機械を重点的に改善する。稼働率においても、作業効率の分析と同様に、作業条件との関係を分析することにより、改善ポイントを抽出できる可能性があるため、同様の分析を行なう。

＜指標＞

稼動率　＝　稼動日数／配置日数　または　実稼動時間／（実稼動時間＋非稼動時間）

（3）機械の保全に関する分析

機械の故障や保全に関する分析から、故障の大きい機械、保全時間の大きい機械、故障間隔の短い機械、平均修復時間の大きい機械を重点的に改善する。この際、定期的な保全と偶発的な故障による保全を分類すること、機械の部位別、原因別に分類することが重要である。

＜指標＞

・保全回数および故障回数
・保全時間および故障時間
・平均作業中断時間　＝　作業中断時間／故障回数
・平均故障間隔　＝　作業時間／故障回数　または作業日数／故障回数
・平均保全時間　＝　保全時間／保全回数

機械の故障は、後工程へ影響すると共に、保全に時間や作業者を必要とする。故障の低減は、工程を円滑に進め、保全作業を低減する意味で、重要である。同様に、故障に伴う時間ロスや工数の発生と、保全に要する時間や工数を比較し、予防保全の立場から、適切な保全を行なうことが望ましい。

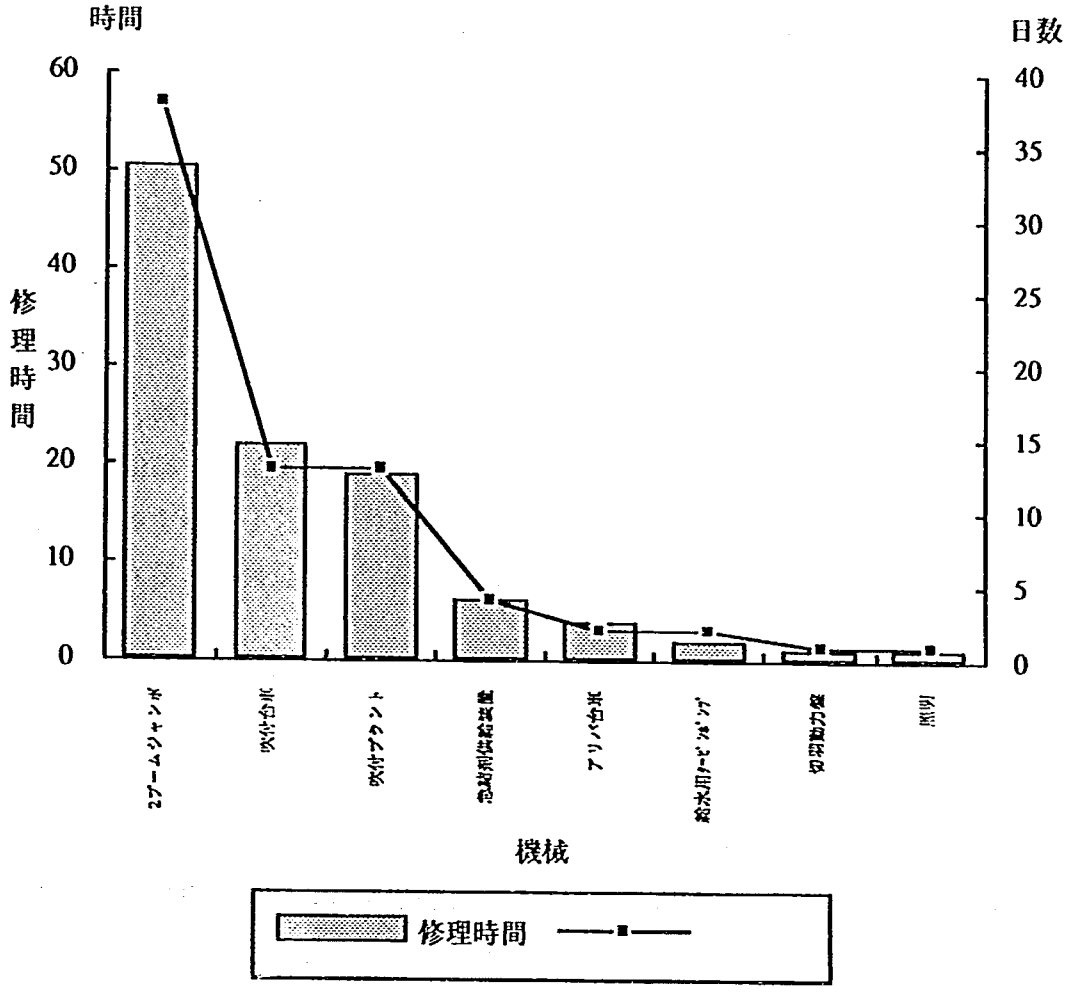


図4.1.5　トンネル工・NATM工法の重機の保全時間の比較

2）省力化を目的とする場合

機械を効率的に使用することができれば、機械のオペレータの作業時間を短縮することができ、省力化を行なうことができる。また、機械の故障や保全作業を低減することができれば、同様に省力化を行なうことができる。従って、工数の分析と同様な分析を行ない、工数低減により省力化を図る。

（第２章　工程分析）
工程分析は、土木工事を構成する工程、単位作業、要素作業に注目し、各構成要素をを工程図に記述した後、各構成要素について統合、省略することにより、作業の改善を図ることを目的とする。工程分析は、構成要素それぞれ単独に改善を検討する場合には特に、有効である。

〈解説〉

１．目的

作業のムリ、ムダ、ムラをなくし、作業の合理的に行なうことで、時間短縮、省力化、苦渋性の低減を図ることが可能となる。ここでは、土木工事を構成する工程、単位作業および要素作業に注目し、各構成要素を工程図に記述し、包括的な作業情報を整理することで、工程の省略や組み替えなど、作業のやり方を検討し、工程、機械等の設備、作業方法に改善項目を抽出することを目的とする。

工程分析[3)]は、構成要素を単独に改善する場合に有効であり、組作業など複数の作業が関連しながら行なわれる場合には、連合作業分析（複式活動分析）を行なう。

２．分析準備

工程分析を行なうには、工程図記号を利用し、情報を整理する。作業工程に注目するには単純工程分析、作業者に注目し、分析するには作業者工程分析を行なう。
分析するレベルにより、単位作業、要素作業に作業を分割し、工程分析のレベルを決定しておく。

３．分析の視点と分析範囲

１）時間短縮を目的とする場合

工程分析の結果から、総轄表を作成し、以下の視点から分析を進め、改善を図る。

・作業時間の長い作業の重点的な改善

作業時間の大きい工程を重点的に改善することで、時間短縮効果の大きな作業を見い出すことが可能となる。

・移動の短縮

移動距離は短くすることにより、移動時間を短縮することができる。従って、移動距離の長い工程を重点的に改善する。

・停滞の削減

停滞の解消は、直接に作業時間の短縮へ寄与する。

別工程が停滞要因になっている場合には、このような停滞要因を解消するような改善を図る。また、停滞をしている時間を利用し、他の作業を行なうことにより、停滞時間を利用することができる。

・工程の簡素化

工程数を減らすことができれば、直接時間短縮へ寄与する。このため、各工程を削減する余地がないかという点について、検討を行なう。

表4.2.1　工程分析表と総括表（離岸堤・据付工の例）

（工程分析表）

作業	工程	機械	移動	時間（秒）	人員	工程図記号
玉かけ	加工			17	2	
ブロック移動	運搬	クレーン	90°	69	1	
位置合わせ	加工			167	2	
検査	検査				2	
玉外し	加工			7	2	
ワイヤー移動	運搬	クレーン	90°	42	1	
合計	6			302	5（除く，重複）	

（総括表）

工　程	工程数	時間（秒）	人員（人）
加　工	3	191	4
運　搬	2	111	1
検　査	1	NA	2
停　滞	0	0	0
合　計	6	302	5

2）省力化を目的とする場合

工程分析の結果を利用し、総轄表を作成し、以下の視点から分析を進め、改善を進める。

・作業者数の多い工程の重点的な改善

作業者数の多い工程に対して、重点的に改善する。

・時間短縮

時間短縮を図ることにより、工数を低減することが可能となる。

時間短縮を目的とした分析と同様の視点で、省力化の可能性を分析する。

（第3章　稼動分析（稼働分析））
稼動分析（稼働分析）は、長時間にわたり、作業の状況を測定し、所定時間内の作業内容を分析することにより、改善を図ることを目的とする。
作業時間を短縮するには、付加価値の高い作業の構成比率の向上や、稼動率の向上を図るように分析を行なう。省力化には、作業ピークとなる作業工程を分析することにより、改善点を抽出する。苦渋性の低減には、作業の余裕の程度を分析し、適切な余裕に至らない場合には、改善を図る。

〈解説〉

1．目的

土木作業では、特定の作業に時間を要したり、付加価値の低い補助作業などに時間を要したり、手待ちが発生することがある。もし、時間や工数のかかる作業を削減したり、手待ち作業を解消することができれば、作業を効率的に行なうことができる。

稼動分析は、作業の状況を長時間に渡り測定し、所定時間内の作業の内容や稼動状況を分析することにより、作業の改善に発展させることを目的とする。機械を対象とした場合には、「稼動」という用語を、作業者を対象とした場合には、「稼働」という用語を利用する。但し、本項では、便宜的に稼動という用語で統一する。

2．分析準備

ワークサンプリングや、ビデオ・メモモーションなどにより、稼動率に関するデータを整理する。稼動率のデータは、少なくとも作業別に準備し、機械や作業者別の情報があれば、更に多様な分析を行なうことができる。

3．分析の視点と分析手順

1）時間短縮を目的とする場合

（1）作業者や機械の稼働率の分析

作業者や機械別に、稼動率（稼動率＝有効作業時間／実動時間）を分析し、稼動率が低い場合には、重点的な改善を行なう。但し、機械については、ならしや保全な付帯的な時間を

含む場合と、含まない場合を明確に区別する。

もし、稼動率が低い場合には、非稼動の時間が発生する要因を整理し、要因別に非作業時間の構成を求め、最も非作業が発生する要因について、重点的な改善を行なう。

（2）作業内容の分析

主体作業、付帯作業、余裕、非作業別に区分した、作業別の構成比率を求める。

もし、付帯作業、余裕、非作業に属する作業の構成比が高い場合には、該当する作業を重点的に改善する。主体作業の構成比が大きい場合には、機械や作業者の稼動は高いものと判断されることから、機械の能力の向上や施工方法など本質的な改善を検討する必要がある。

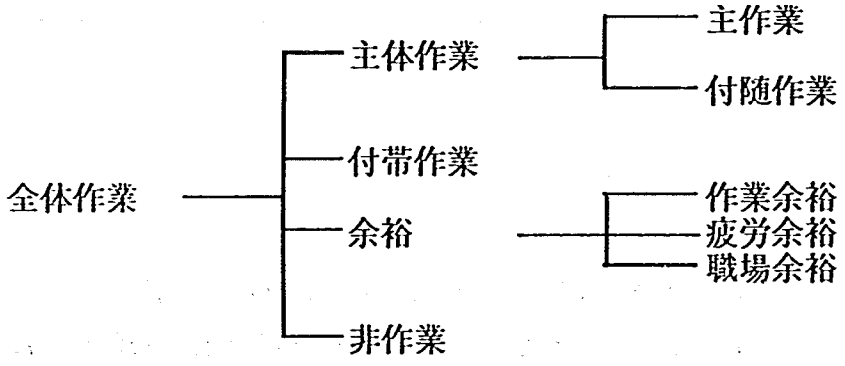


図4.3.1　作業の区分

2）省力化を目的とする場合

（1）作業構成比率の分析

稼動の高い作業に対して、作業の構成比率の高い作業に、人を要している可能性が高い。このため、作業者の稼働分析を行ない、作業の構成比率の高い作業を中心に改善を行なう。

（2）作業者数の時間推移の分析

土木作業では、特定の作業に作業者数のピークが発生し、他の作業では、必ずしも、作業者の稼働率は高くないことがある。このような問題を解決するには、どの作業に作業者数のピークが発生するのかを見極める必要がある。また、作業者が適切な配置や適切な作業を行なっていない場合も発生するため、作業者の職種、配置および作業内容を分析する必要がある。

このため、一定時間間隔で、作業に携わる作業者数の推移を分析し、ピークが、発生している作業について、重点的に改善を行なう。具体的には、時系列的に作業に従事する数を分析し、工程分析やネットワーク、ガントチャートと比較し、どのような作業に作業者のピークとなるかを分析し、負荷を平準化できるように改善を行なう。なお、ピーク時に発生して

いる作業の作業者が、別の作業で必ず必要となる場合があるため、改善案については十分検討を行なう必要がある。
作業者の職種や、配置、作業内容別に作業者数の時間的推移を分析することにより、適切な作業者の配置や、作業に問題がある時には、改善を図る。

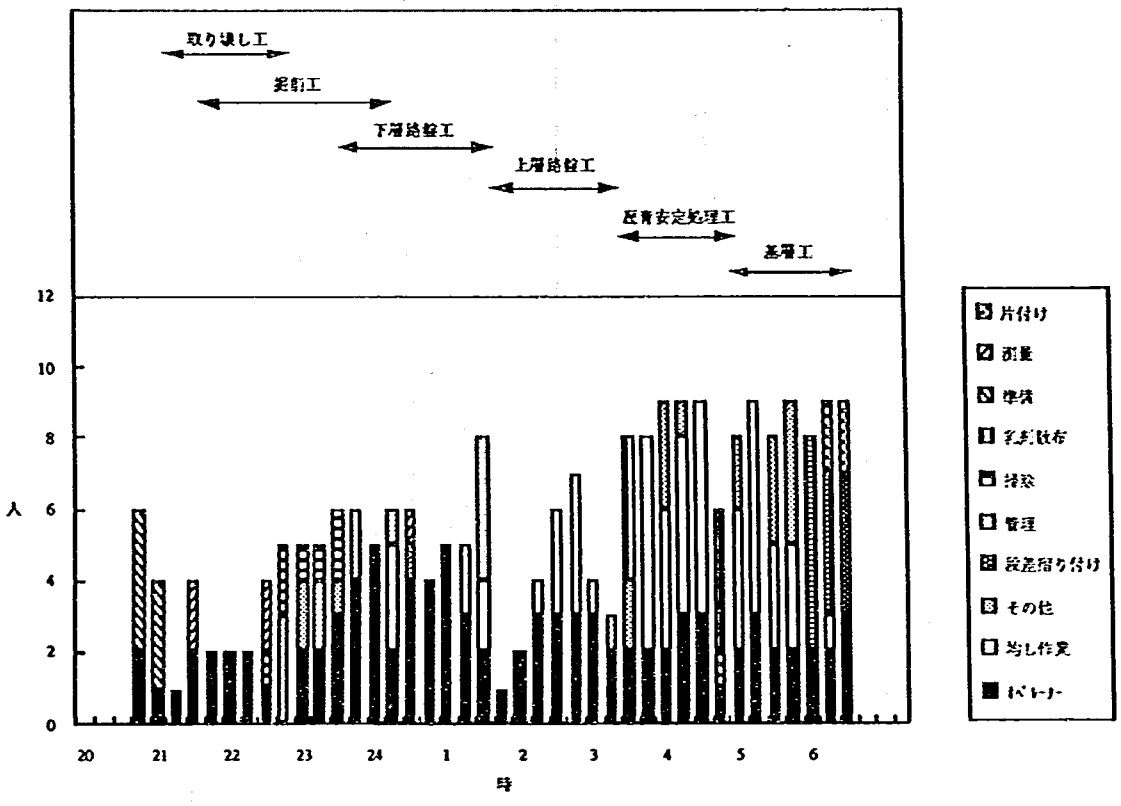


図4.3.2　作業者数の推移の分析例（道路・打換え工）

3）苦渋性の低減を目的とする場合

適切な休憩をとられていない場合には、苦渋性が高まるものと予想される。従って、作業者に適正な作業の余裕を与えることにより、苦渋性を低減することができる。作業余裕は、正味の作業時間に、不規則・偶発的に発生する作業に必要となる時間（作業余裕）、生理的な欲求からくる時間（人的余裕）、休憩時間、疲労開腹のための時間（疲労余裕）からなり、適切な余裕を作業の標準と比較し、考慮する必要がある。
作業測定で得られた余裕率を求め、表に示す作業余裕率の設定値と比較し、もし、余裕が少ない場合には、余裕を増やす様に改善を行なう。

余裕率　＝　余裕時間／正味作業時間

表4.3.1　余裕率の設定値の例

	男(%)	女(%)
1. 定数的余裕：		
個人余裕	5	7
基本的疲労余裕	4	4
2. 変数的余裕：		
a. 立位余裕	2	4
b. 異常姿勢余裕		
少し苦しい姿勢	0	1
苦しい(身体を曲げて)	2	3
非常に苦しい（横になったり，手足をのばしたり）	7	7
c. 力や筋肉の使用（持ち上げたり，引っぱったり，押したり）		
持ち上げる荷重		
5ポンド	0	1
10	1	2
15	2	3
20	3	4
25	4	6
30	5	8
35	7	10
40	9	13
45	11	16
50	13	20
60	17	(最高)
70	22	
d. 悪い照明		
推奨値をやや下まわる	0	0
推奨値をかなり下まわる	2	2
まったく不十分	5	5
e. 大気の条件(*)		
(温度と湿度)		
冷却力（カタ温度計）		

ミリカロリ/cm²/秒	男女とも(*)
16	0
14	0
12	0
10	3
8	10
6	21
5	31
4	45
3	64
2	100

	男	女
f. 細かい注意		
かなり精密な仕事	0	0
精密または正確さを要する仕事	2	2
きわめて精密，きわめて正確さを要する仕事	5	5
g. 騒音レベル		
連続	0	0
断続，大	2	2
断続，非常に大急ピッチで大	5	5
h. 精神的負荷		
かなり複雑な工程	1	1
複雑または広範囲の注意	4	4
きわめて複雑	8	8
i. 単調さ		
小	0	0
中	1	1
大	4	4
j. 退屈		
やや退屈	0	0
退屈	2	1
きわめて退屈	5	2

注 (*) ワークスタディ ILO 日本生産性本部よりご好意によって転載.
(*) J. B. シアラー氏の設定.
(*) 就業時間に対するパーセントである（風土に慣れた人）.

出所）作業測定の技術、日本能率協会編

（第４章　作業時間の分析）

作業時間の分析は、適切な作業に分割された作業単位について、その作業時間を測定して、作業方法や、作業条件との関係を分析し、施工改善を行なうことを目的とする。時間研究の結果を利用し、作業時間の短縮を行なうには、最も作業時間が長くなる作業や作業条件を重点的に改善する。省力化には、時間研究から、工数を分析し、工数の多い作業を重点的に改善する。

苦渋性の低減や安全性の向上を行なうには、苦渋性や危険性の高い条件下の作業時間を分析し、作業時間が短縮するように改善を図る。余裕率を分析し、標準的な余裕率に比べ、作業負荷が多い場合には、余裕率が多くなるように、改善を図る。

〈解説〉

１．目的

土木作業に対して、適切な作業に分割し、作業単位を設定し、時間を要する作業の時間を短縮することで、生産性を改善することができる。また、適切な余裕を供なう作業時間を設定したり、苦渋性の高い作業環境での作業時間を短縮することで、苦渋性を改善することができる。同様に、危険性を伴う作業に対して、作業時間を短縮することができれば、安全性を高めることになる。

作業時間の分析は、土木作業を構成する作業単位の時間を測定し、作業方法や作業条件に対し、作業との関係を分析し、施工改善を行なうことを目的とする。

２．分析準備

作業の始点、終点を決定し、作業分割を行ない、ストップウォッチ法や、ビデオ・メモモーション法により、分割した作業単位別の時間を測定する。

土木作業の作業時間は施工条件に依存することが多いため、その背景となるデータも測定する必要がある。次のようなデータを準備しておくと、分析に有効である。

・作業条件（土質、天候など）
・人工数
・施工量
・手直し

測定されたデータについては、一般的に平均値を利用するが、異常値は棄却する。
時間データは少なくとも、以下の点を考慮し、区分を行なう。

・手作業と機械作業

・変動的作業と固定的作業

作業条件により、作業時間が影響を受けやすい作業（変動的作業）とそうでない作業（固定的作業）や、サイクル作業、サイクル外作業および不規則作業は区別する。

3．分析の視点と分析手順

1）時間短縮を目的とした場合

（1）作業時間および作業回数の分析

作業単位別に、平均作業時間や作業回数を求め、パレート図に整理する。
作業別に、発生回数数（生起数）、平均作業時間、総作業時間を整理し、これらの特性値の大きい作業を重点的に改善を行なう。特に、付加価値を生まない主体作業でない作業や、準備作業、そして非稼動時間が多い場合には、該当する作業の改善の優先順位は高い。特に、この視点は各作業が逐次的に行なわれる場合に時間短縮には有効である。

標準偏差を求めることで、作業時間のバラツキを比較することができる。バラツキが大きい場合には、サンプル数を多く設定し、測定を実施することが妥当であるが、更に、バラツキが発生する場合には、該当作業に作業ムラが発生する要因があるものと解釈される。このような場合には、要因を検討し、改善に結び付ける。

表4.4.1　ブロック積込工のサイクルタイムの時間研究の例

	平均作業時間(秒)	標準偏差
玉掛け	18	6.3
ブロック移動	66	11.9
位置合わせ	55	80.7
玉外し	17	11.3
ワイヤー移動	32	8.9

（2）作業効率に関する分析

作業効率に関する特性値として、出来高／人工数または出来高／作業時間を求め、これらの指標の低い作業を重点的に改善する。
また、作業効率は、作業の開始時や、安定時、終了時など変化する。時間帯区分や、作業レ

イアウト区分を設定し、特性値の低い区分について、改善を行なう。

（３）施工条件別の作業時間の分析

土木作業では、施工条件が作業時間、作業効率に影響しやすい。作業条件の変化により、作業時間が長くなるような場合には、施工条件の変化に対して生産性が低下しない改善を実施する必要がある。

ここでは、まず、作業条件別の作業時間や作業効率の関係を求める。この場合には、独立性の検定や、相関分析を行ない、どの様な施工条件で、生産性が低下しているのかを分析する。また、複数の作業条件を考慮するには、因子分析や多変量解析を実施する。

（４）習熟に対する分析

土木作業は経験が生産性に影響することが知られている。また、一日の作業の中でも、作業効率が変化し、慣れが作業効率に影響している。このように、同一作業を繰り返すことにより、作業時間が減少する現象は習熟と呼ばれている。

習熟による作業時間または作業効率の変化を分析し、習熟曲線を求める。この様な習熟曲線により、作業者の習熟の程度や安定した効率に至るまでの時間を判断することができる。特に、習熟が低い場合には、次の様な判断を元に、改善を図る。

習熟が高い作業では、経験により効率の向上が行なわれやすいため、経験の積極的な積み重ねにより、改善効果が表われやすい。一方、習熟率が低い作業では、経験による効率の向上はゆるやかであり、経験によるだけでなく、教育・訓練や作業方法の検討も必要とする。

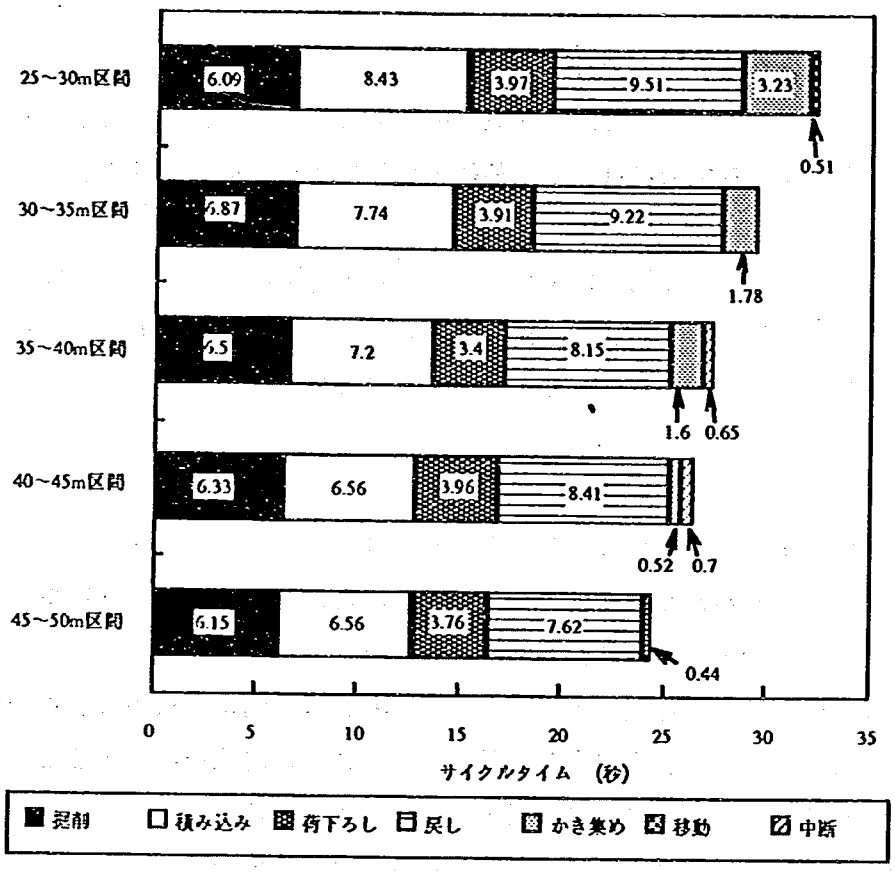


図4.4.1　油圧ショベルの１日のサイクルタイムの推移（道路維持修繕工・打換え工法の例）

（５）標準時間の設定

時間研究データから標準時間を設定し、工期、歩掛りなどの予測に利用することが可能であり、工事計画に有用なデータとなる。時間研究から分析された標準時間を利用した予測方法については、工事工程の分析の欄を同様の考え方に従い進める。

２）省力化を目的とした場合

時間短縮と同様に、作業別に工数を分析し、工数の多い作業、特に付加価値の低い、主体作業でない作業を重点的に改善する。

３）苦渋性の低減を目的とした場合

(1)苦渋性の高い作業の低減

苦渋性の高い環境や作業について、あらかじめ、評価点をつける。評価方法は作業者や専門家へのヒアリングにより決定するか、ＲＭＲなど苦渋性の分析の欄に従う。

苦渋性の高い作業に、携わっている作業時間や工数を求め、苦渋性が高く、作業時間や

工数の多い作業を重点的に改善する。

(2)作業負荷の低減

作業者別に作業負荷を時間的に分析し、負荷の多い場合には、負荷の軽減を図るか、作業者間の負荷の均一化を行なう。

作業者別に、休憩回数、休憩時間、一連続作業時間の分布を比較し、休憩の少ない場合や、連続作業時間の長い場合には、作業者の負荷の低減を行なう。

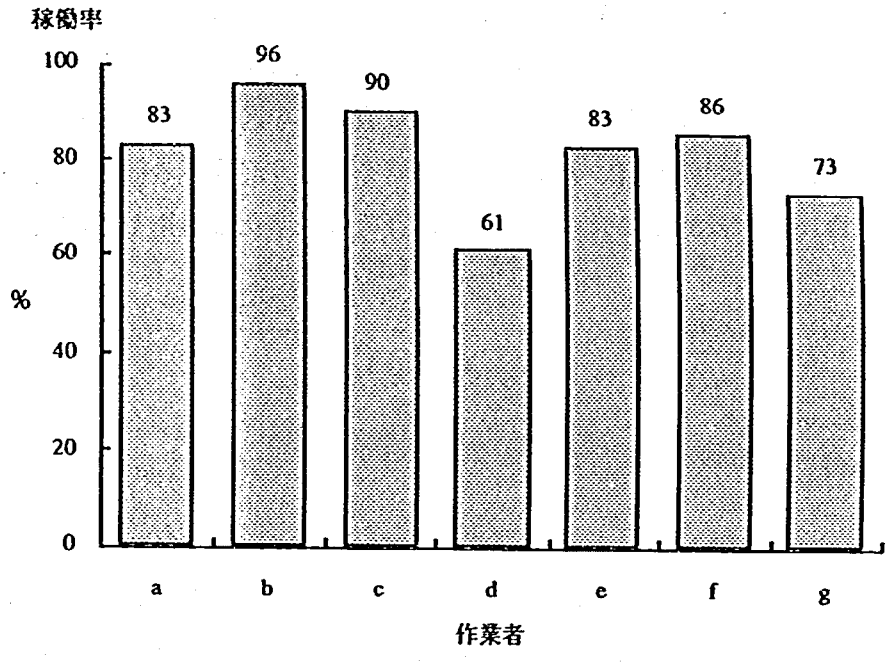


図4.4.2　作業者別の稼動率の比較（土工・CABの例）

4）安全性の向上を目的とした場合

(1)危険作業の低減

苦渋性の高い作業の低減と同様の方法で、危険性の高い作業に携わっている時間が長いものについて、重点的に改善を行なう。

(2)苦渋性の低減

苦渋性の高い作業は、精神的な疲労を伴い、この疲労が注意力の低減の誘因となり、事故を発生するなど、危険性を高める。従って、苦渋性の低減の視点で、適切な改善を行なうことが、事故の予防となる。

（第5章　連合作業分析（複式活動分析））

連合作業分析（複式活動分析）は、作業間の関連を改善し、生産性を高め、また、機械と共同作業を行なう作業員の作業を低減することにより、安全性や、苦渋性に対して改善を図ることを目的とする。

時間研究により得られたデータの分析結果から、時間短縮を行なうためには、まず、手待ちの解消を図り、次いで、有効作業で時間の要する作業を重点的に改善する。省力化については、手待ちの多い作業者の作業改善により省人化を図るか、または、時間短縮と同様の方法で、作業時間の短縮による工数の削減を行なう。作業者間の負荷が平準化されていない場合には、苦渋性の低減のために、負荷の平準化を目指した改善を重点的に行なう。

〈解説〉

1．目的

土木工事では、重機同士が輻輳しながら作業したり、作業者同士の共同作業（組作業）を行なったり、一人の作業者が複数の作業を同時に行わねばならない時がある。このような作業では、各作業間の時間的な制約の中で、手待ちが発生したり、補助作業のための要員が発生するなど、改善を行なう余地がある。また、機械と作業者の共同作業では、事故が発生する危険性があったり、事故に至らずとも、精神的な負担は大きく、安全面で改善する必要が高いものと予想される。

連合作業分析（複式活動分析とも呼ぶ）[7)]は、作業間の関連を改善することにより、手待ちを解消し、生産性を高め、改善を図り、また、機械と共同作業を行なう作業員の作業を低減することにより、安全性や、苦渋性に対して改善を図ることを目的とする。

2．分析準備

連合作業分析（複式活動分析）を行なうには、マン－マシンチャート、マン－マンチャート、マシン－マシンチャートに作業を記述し、総括表を作成する。分析単位は、要素作業レベルまたは単位作業レベルを対象とする。

3．分析の視点と分析手順

1）時間短縮を目的とする場合

作業者や重機の作業を表4.2.2に示す３つの区分に整理し、総轄表を作成する。

表4.2.2　作業区分

単独自動	作業者が他の作業に制約されずに行える作業や、機械が自動的に行なう作業
連合	作業者や重機などが、制約をもち共同で行なう作業
手待ち	作業者や重機の作業中断

表4.2.3　連合作業分析総轄表（離岸堤・据付工の例）（単位：秒、%）

	玉かけ作業者	位置合わせ・玉外し作業者	クレーンオペレータ
単独自動	17　(6)	7　(2)	111 (37)
連合	0　(0)	167　(55)	167 (55)
手待ち	285　(94)	128　(43)	24　(8)
合　計	302 (100)	150 (100)	302

総轄表に対し、以下の手順に従い、問題となる作業者や機械について改善を図る。

・手待ちの比率の高い作業者、機械に対して、稼動率が向上する様に改善を図る。

・特に、主作業の中心になる作業者や機械を中心に検討を行なう。

・手待ちが少ない場合には、単独自動、連合作業の時間短縮を図る。

・単独自動の作業の比率が高い場合には、該当する作業者や機械を重点的に改善する。

改善を考える上では、改善案の連合作業分析表を作成し、総轄表に整理して、効果を検討する。

2）省力化を目的とする場合

総轄表を用いて、手待ち作業の多い作業者の削減を目的とし、手待ち比率が高い作業者を中心として、省力化を図る。

3）苦渋性の低減

総轄表を用いて、以下の視点から改善を行なう。

・作業負荷の平準化

手待ちの比率を比較し、手待の少ない作業者を重点的に改善し、作業負荷の削減や、作業負荷の均一化を図る。

・連合作業の削減

連合作業の多い場合には、精神的な疲労は大きいものと判断され、連合作業比率の高い場合には、当比率が低減できるような改善を行なう。

4）安全性の分析

総轄表を利用し、以下の視点から改善を行なう。

・連合作業の削減

機械と作業者の連合作業は、危険性を伴うことが多い。連合作業の比率が高く、危険性が高い場合には、作業を削減するように改善を図る。 第6章　動作分析

動作分析は、人間や、人間の動作を反映した重機の動作を分析し、動作のムリ、ムダ、ムラを排除し、改善を図ることを目的とする。動作分析には、サーブリック分析が一般的である。重機の動作分析には、ビデオなどにより、作業測定を実施し、動作を記述する。

サーブリック分析では、定量的な分析は困難であるが、補助的な動作や停滞に分類される動作の低減を検討し、時間短縮を図る。重機の動作分析は、人間の操作・動作を間接的に分析することになり、動作時間の長い動作や、手直しが多く発生する動作を中心に改善を図る。

（第6章　動作分析）

動作分析は、人間や、人間の動作を反映した建設機械の動作を分析し、動作のムリ、ムダ、ムラを排除し、改善を図ることを目的とする。動作分析には、サーブリック分析が一般的である。建設機械の動作分析には、ビデオなどにより、作業測定を実施し、動作を記述する。

サーブリック分析では、定量的な分析は困難であるが、補助的な動作や停滞滞に分類される動作の低減を検討し、時間短縮を図る。建設機械の動作分析は、人間の操作・動作を間接的に分析することとなり、動作時間の長い動作や、手直しが多く発生する動作を中心に改善を図る。

〈解説〉

1．目的

要素作業は、動作から構成され、作業改善を行なうには、ムリな動作やムダな動作を排除し、ムラなく、安全で、効率的な動作を設定する必要がある。土木作業の場合には、動作は、作業者だけでなく、オペレータの動作が反映される重機など機械についても、分析対象として考える。

動作分析[8)]は、作業者や機械の動作を記述し、作業の問題点を抽出することを目的としている。ここでは、動作分析として、サーブリック分析と、ＶＴＲを利用した重機を中心とした動作分析について述べる。

2．分析準備

サーブリック分析を行なうには、分析対象である作業について、動作を観測し、サーブリック記号で表現し、データを整理しておく。

ＶＴＲを利用した分析では、分析対象となる機械に対して、ビデオカメラで作業観測し、データを整理しておく。

3．分析の視点と分析手順

1）サーブリック分析

サーブリック分析は複数の基本的動作により動作方法を記述し、分析する方法である。定性的な分析が中心であり、定量的な分析には必ずしも有効ではない。定量的な分析を行なうためには、ストップウォッチ法、ＰＴＳ法、ビデオメモモーション法などで、動作の時間を測定することが有効である。

サーブリック分析表のデータは、表4.2.4に示すサーブリック記号群別に整理し、総括表を作成する。総括表は、サーブリック記号別の総数と構成比を記述する。

表4.2.4　サーブリック記号の分類

区分1	仕事を行なう上で必要な動作 例）空手移動、つかむ、荷重移動、位置決め，組み合わす、使う、放す
区分2	区分1の補助的動作 例）調べる、探す、見いだす、選ぶ、考える、前置き
区分3	仕事を行なわない動作 例）保持、避けられない手待、避けられる手待、休む

表4.2.5　サーブリック分析の総括表

サーブリック記号	右手	目	右手	小計
区分1 空手移動・・・				
小計				
区分2 調べる・・・				
小計				
区分3 保持・・・				
小計				
合計				

（1）時間短縮を目的とする場合

サーブリック分析の結果は、動作経済の原則に従い、改善を実施し、最良の作業動作を設定する。具体的には、サーブリック分析の総括表を用いて、以下の視点で改善を図る。

＜動作経済の原則＞

・動作の総数の削減

動作の総数の多い動作を重点的に改善する。

・動作の省略

区分2に類別される動作を中心に、補助的な作業を削減する。

・動作の同時的実施

区分3に類別される動作が多い場合には、動作の休止が少なくなるように、同時に作業を行ったり、動作手順を組替える。

・動作距離の削減

区分1に類別され、移動が伴う動作が多い場合には、動作距離を短くできる様に改善を図る。

他の応用的分析として、熟練者、非熟練者の動作の比較を行ない、改善を図る。具体的には熟練者と非熟練者の動作を比較し、どの作業が、作業効率に寄与しているのか動作の内容を分析し、適切な動作を設定する。熟練者の動作の解明は、作業の自動化に対する必要機能の抽出へと発展する可能性もあり、この様な視点からも分析結果を検討する。

（2）苦渋性の低減を目的とする場合

・時間短縮と同様の分析

動作のムダをなくし、作業の効率化を図ることで、作業の苦渋性を低減する。

・制限動作の削減

サーブリックの動作、特に区分1に類別されるものについて、移動経路が自由な動作や、移動の力を要する動作など、作業者の筋力や巧遅性が求められる制約的な動作を明確化し、該当する動作について重点的に改善する。

2）ＶＴＲを利用した動作分析

ビデオカメラを利用した作業測定を利用した、土木用の建設機械の動作に対する分析について述べる。一般に、土木作業の機械の機械動作の分析は間接的に、機械の運転を行なうオペレータの動作に対する分析と同じである。

分析手順は、①動作の分割、②観測、③総括表の作成、④データの分析である。総括表は、表4.2.6のように整理する。平均動作時間の算出については、測定の異常値は以下の形で処理

する。

・データの棄却

特別な要因により、動作時間が長い場合には、データは棄却する。

・作業のムラとしての取扱

特別な要因がない場合には、作業の固有の特性によるものと考えられる。

このような場合には、逆に、作業上、問題と見なすべきである。

作業のムラの度合を図るには、分散をとってみるとそのバラツキを評価することができる。

なお、このような作業は、精度を高めるために、測定回数は増やしておく。

表4.2.6　機械の動作分析総括表（油圧ショベルの例）

動作名	動作数 (a)	平均動作時間（秒） (b)	総時間（秒） (a)×(b)
掘削	18	5.8	104
積み込み	18	7.4	133
荷下ろし	18	5.0	90
戻し	18	4.5	81
かき集め	5	1.5	8
移動	0		0
中断	0		0
合計		24.2	436

総括表から、以下の手順で改善を図る。

・動作数の削減

動作数の多い作業について、重点的に改善する。

・動作時間の短縮

平均動作時間や、総時間数の大きい動作を、重点的に改善する。

・手直し／やり直しの削減

機械作業では、1度で作業が終らず、品質確保の為に、手直しややり直しを行なうことがある。このような場合には、手直しややり直しが発生し易い動作を重点的に改善する。

第４編　分析方法

第７章　苦渋性・安全性の分析

（第７章－第１項　環境要因の分析）

苦渋性、危険性の要因として、環境要因があり、この環境要因の測定結果を分析する方法として、環境要因の分析がある。環境要因の分析の方法として、基準との適合性の評価や作業別の比較がある。

〈角罕訫〉

１．目的

苦渋性や危険性の要因として、環境要因がある。環境要因は主として、以下のものである。

①温熱環境

②照明環境

③騒音、振動

④気質

環境要因の分析の視点は、悪い環境にいる時間を低減すること（作業の低減）、環境を善くすることである。前者は作業環境に対する時間研究であることから、ここでは、後者の作業環境自体を分析評価することを主目的とする。

２．分析の視点と分析手順

１）適性標準との比較

（１）温熱環境

温冷感指標（PMV）を算出する。

$$PMV=[0.352\exp\{-0.042(M/Adu)\}+0.032]L$$

L:人体熱負荷(W/㎡)、M:代謝量(W)、Adu：人体の体表面積(㎡)

予想不満足率(PPD)を算出する。

$$PPD=100-95\exp[-(0.03353PMV4+0.2179PMV2)]$$

PPDは、熱的に不満足に感じる人の割合（百分率）を示す。PPDが高い場合には、熱環境からの遮断や、作業時間の短縮を図る。

（２）照明環境

照明環境については、労働安全衛生規則[16]で、以下の様に、定められている。

□労働安全衛生規則　第604条

事業者は労働者を常時就業させる場所の作業面の照度を次の基準に適合させねばらない。但し、感光材料を扱う作業場、構内の作業場その他特殊な作業を行なう場についてはこの限りでない。

- 精密な作業　　300ルクス以上
- 普通の作業　　150ルクス以上
- 粗な作業　　70ルクス以上

また、JISでは、工場や事務所など場所や作業に応じて、適正な基準が勧告されている。

土木分野は屋外作業が中心であるために、室内作業と必ずしも該当しないが、作業のレベルからみて、極端に照度が低い場合には、照明環境の改善を検討する必要がある。

表4.5.1　照度基準（工場）[19]

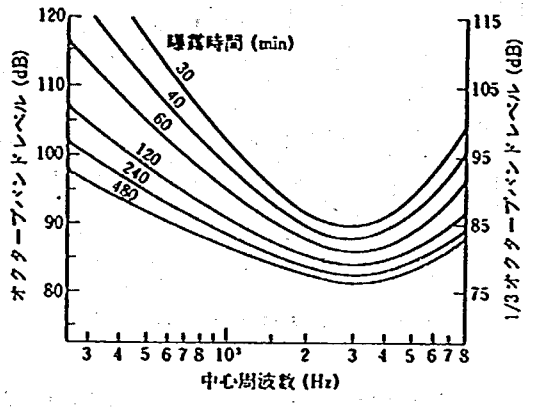
照度 (lx)	場所	作業
3000		
2000	○製図室などの計器盤および制御盤	精密機械、電子部品の製造、印刷工場でのきわめて細かい視作業、たとえば、 ○組立a、○検査a、○試験a、○選別a、○設計、○製図
1500		
1000	設計室、製図室	機械工場での選別、検査、印刷工場での植字、校正、化学工場での分析など細かい視作業、たとえば、 ○組立b、○検査b、○試験b、○選別b
750		
500	制御室	一般の製造工程などでの普通の視作業、たとえば、 ○組立c、○検査c、○試験c、○選別c、○包装a、 ○倉庫内の事務
300		
200	電気室、空調機械室	粗な視作業、たとえば、 ○限定された作業、 ○包装b、○荷造a
150		
100	出入口、階下、通路、階段、洗面所、便所、作業を伴う倉庫	ごく粗な視作業、たとえば、 ○限定された作業、 ○包装c、○荷造b、c
75		
50	屋内非常階段、倉庫、屋外動力設備	○荷積み、荷降し、荷の移動などの作業
30		
20	屋外（通路、構内貨物用）	—
10		

(注)　1. 同種作業名について、見る対象物および作業の性質に応じ次の3つに分ける。
(1) a は細かいもの、暗色のもの、対比の弱いもの、とくに高価なもの、衛生に関係ある場合、精度の高いことを要求される場合、作業時間の長い場合などを表す。
(2) b は(1)と(3)の中間のものを表す。
(3) c は粗いもの、明色のもの、対比の強いもの、頑丈なもの、さほど高価でないものを表す。
2. 危険作業のときは、2倍の照度とする。

出所）JIS9110

（３）騒音、振動[11) 12)]

騒音は中心周波数と暴露時間により、許容基準が設定されている。もし、作業時間と騒音レベル、中心周波数を測定し、許容水準より高い場合には、騒音対策を講じる必要がある。



出所）日本作業衛生学会(1990)

図4.5.1　聴力保護のための騒音の許容基準

振動は振動数と加速度により、暴露時間について、許容水準が設定されている。もし、許容水準を越えている場合には、振動対策を図る必要がある。

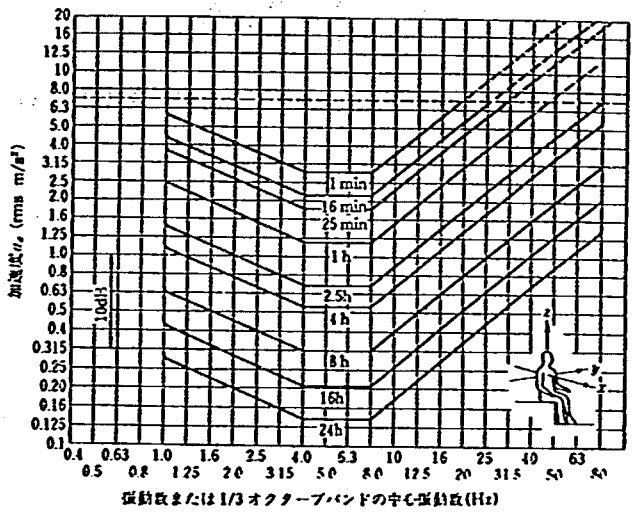


図4.5.2　全身垂直振動のＩＳＯ疲労-能力減退境界

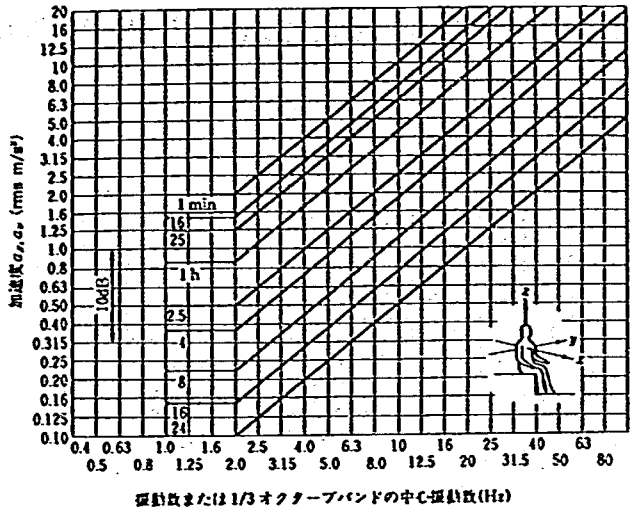


図4.5.3　全身水平振動のＩＳＯ疲労-能力減退境界

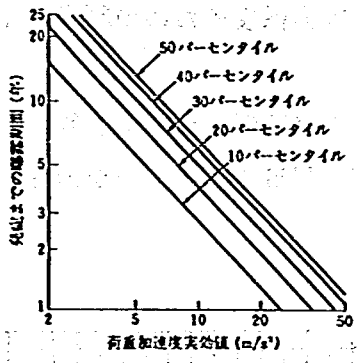


図4.5.4　手腕系振動暴露に対する評価基準（ＩＳＯ；1986）

（4）気質[13)]

日本産業衛生学会により粉塵の許容水準濃度を表4.4.4に示す。許容水準濃度を越えている場合には、粉塵対策を行なう。

表4.5.2　粉塵の許容基準濃度

I．遊離珪酸含有10%以上の粉塵……次式により計算する。

吸入性粉塵*1　$M=\frac{2.9}{0.22Q+1}$ (mg/m³)，　総粉塵*1　$M=\frac{12}{0.23Q+1}$ (mg/m³)

ここに，M：許容濃度，Q：粉塵中遊離珪酸含有率（%）。

II．各種粉塵

粉塵の種類		許容濃度 (mg/m³)	
		吸入性粉塵*1	総粉塵*1
第1種粉塵	滑石，ろう石，アルミニウム，アルミナ，珪藻土，硫化鉱，硫化焼鉱，ベントナイト，カオリナイト，活性炭，黒鉛	0.5	2
第2種粉塵	遊離珪酸10%未満の鉱物性粉塵，酸化鉄，カーボンブラック，石炭，酸化亜鉛，二酸化チタン，ポルトランドセメント，石灰石，大理石，研磨材料粉塵，鉄粉，綿塵，木粉，革粉，コルク粉，ベークライト	1	4
第3種粉塵	その他の無機および有機粉塵	2	8
石綿粉塵	クリソタイル，アモサイト，トレモライト，アンソフィライト，アクチノライト	時間荷重平均：5 μm以上の石綿繊維で2繊維/cm³（これに対応する石綿粉塵の重量濃度：0.12 mg/m³） ceiling値：5 μm以上の石綿繊維で10繊維/cm³（いかなるときも15分間の平均濃度がこの値をこえてはならない）	
	クロシドライト	0.2繊維/cm³	

（注）*1　吸入性粉塵：次に示す分粒特性を有する分粒装置を通過した粒子を吸入性粉塵とする。

$P=1-\frac{D^2}{D_5^2}$ $(D\leq D_5)$，　$P=0$ $(D>D_5)$

ここに，P：透過率，D：粉塵の相対沈降径（μm），D_5：7.07 μm。

*2　総粉塵：捕集器の入口における流速を50~80 cm/sとして捕集した粉塵を総粉塵とする。

*3　粉塵の許容濃度とは，遊離珪酸10%以上の粉塵および第1種，第2種，第3種粉塵測定法によって測定された濃度である。

*4　石綿粉塵の測定法はメンブランフィルター法またはX線回折法によるか，あるいは，これらの方法で得られる値と比例的関係をもつ値の得られる他の方法によるものとする。

2）作業間の比較

騒音や振動などでは、特定の重機から発生するなど、作業や重機別にその環境要因の影響は異なる。従って、環境要因について、悪環境の作業を優先的に改善を図ることが望ましく、各要因についてそのレベルを比較し、重点的な改善を行なう。

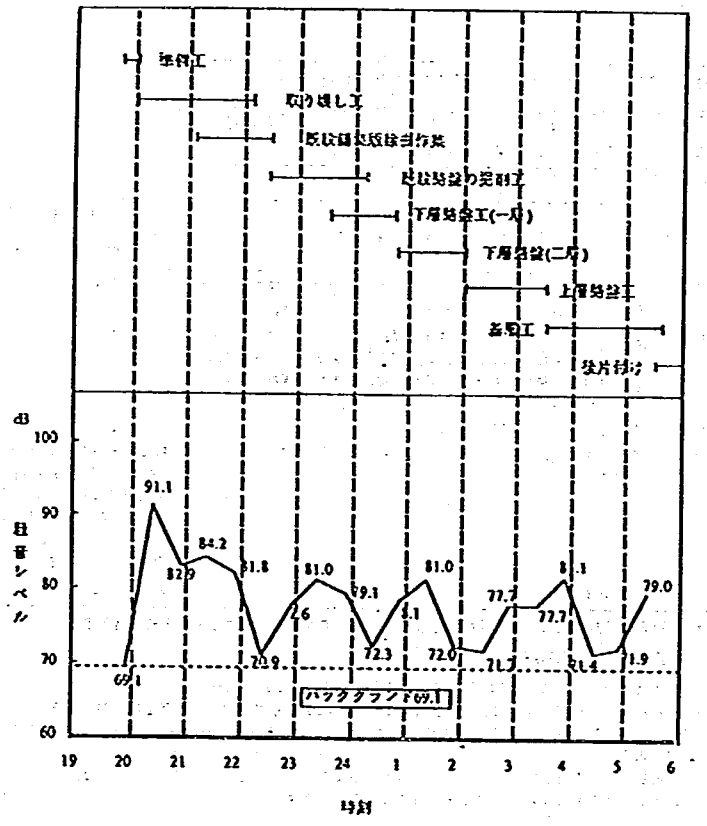


図4.5.5　作業別の騒音レベルの測定の例（道路・打換え工）

（第７章－第２項－第１目　ＲＭＲを利用した分析）
肉体疲労を評価することができれば、肉体的疲労の高い作業を重点的に改善することにより、作業全体の苦渋度を低減することができる。一般に、人間は、動作、作業、運動を行なうと、筋収縮にエネルギーが必要とされる。ＲＭＲを利用した分析は、作業別のエネルギー代謝に注目し、エネルギー代謝の状況を分析することを目的とする。これにより間接的に、動的な筋収縮を中心とした肉体疲労度を評価し、疲労の大きい作業を中心に改善を行なう。

〈解説〉

１．目的

肉体的な疲労を評価することで、疲労度の高い作業を抽出することができれば、重点的な改善を行なうことが可能である。肉体疲労を評価することができれば、肉体的疲労の高い作業を重点的に改善することにより、作業全体の苦渋度を低減することができる。一般に、人間は、動作、作業、運動を行なうと、筋収縮にエネルギーが必要とされる。作業に伴い、エネルギー代謝が行なわれることを意味し、作業別にエネルギー代謝は異なるため、エネルギー代謝の状況を分析することにより、動的な筋収縮を中心とした肉体疲労度を分析することができる。

一般に、エネルギー代謝については、ＲＭＲ（エネルギー代謝率）が研究されている。ＲＭＲは標準基礎状態のエネルギー代謝（単位時間当りのエネルギー代謝：1000～1500kcal/日）に比較した倍率を示した数値であり、工場作業では作業種類別に測定が行なわれている。ＲＭＲ分析は、エネルギー代謝（ＲＭＲ）を利用し、作業の疲労を分析することを目的とする。

２．分析準備

作業者が携わる作業について、ＲＭＲの値と作業時間を明らかにする。

ＲＭＲの値については、酸素消費量を計測し、算出する。しかし、土木作業はフィールドでの作業が多いこと、多種多様な作業で構成されることから、現場で実験的に求めることは容易ではない。工場作業のＲＭＲ値は多く研究されていることから、類似性の高い工場作業のＲＭＲ値や、使用する身体部位からみたＲＭＲ値を、土木作業の概数値として利用する。

表4.5.3　身体部位の利用状況からみたRMR値

身体使用部位	土木作業	RMR	備考
手先	立ち休み	0.4	
（座った作業）	立位監視	0.9	
	ミキサー運転	0.7	
上肢と手先	トラック	1.0	
	ショベル	2.7	
	ダンプ	1.3	
	ブルドーザ	2.6	
	グレーダ	2.9	
	歩行	2.1*	70m/分
	清掃（ほうき）	2.2*	日常のほうき作業
主として上肢	フルイ	3.0	
（全身も動作に加わる）			
全身	スコップ	6.5*	ショベル作業（16kg, 18回/分）
（重量物取扱）	レーキ	6.0*	泥のかきよせ
	乳剤散布車押し	5.5*	トロッコ押し
重い工具による	つるはし	8.5	
全身の大きい動作	ハンマー	7.8	3kg, 1分間52回

注）＊は備考欄の作業を類似としてみた場合のRMR値

3．分析の視点と分析手順

（1）作業別のＲＭＲ値の比較

作業別のＲＭＲ値を比較し、ＲＭＲ値の高い作業について、重点的に改善を行なう。

表4.5.4　道路維持修繕工の作業者の作業のＲＭＲの比較例

	RMR（仮定）
スコップ作業	6.5
レーキ作業	6.0
コテ仕上作業	8.0
ホーキ作業	2.2
コテ部タックコート	2.0
転圧（ダンパ）作業	3.0
転圧補助作業	0.3

（２）エネルギー代謝に関する分析

作業者別にエネルギー代謝を分析すれば、作業者と作業の関係から、どの作業でエネルギー代謝が多いかを明らかにすることが可能であり、エネルギー代謝の多い作業について、重点的に改善する。ここでは、この様なエネルギー代謝は直接的に測定することは容易でないため、エネルギー代謝率と作業時間から、便宜的に以下の指標で代替し、分析を行う。

エネルギー代謝指標 ＝ ＲＭＲ × 作業時間

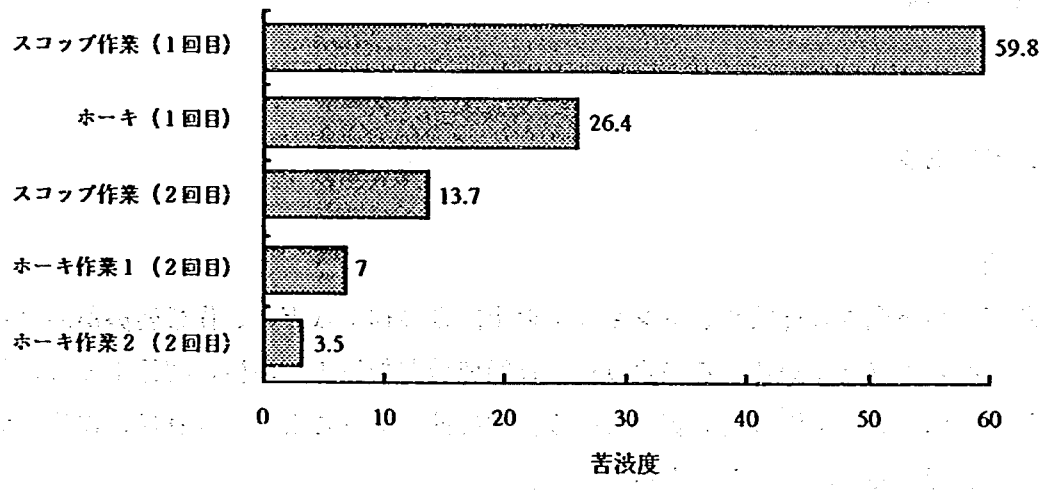


図4.5.6 エネルギー代謝に関する分析結果の例（道路・表層再生工事）

（３）エネルギー代謝率と稼働率[10)]

主作業の平均ＲＭＲ（ｘ）とし、稼働率（または実働率）をｙ（％）とすると、次の関係が提案されている。もし、観測された実働率が計算式で記述される値より高い場合には、稼動率を低減する必要がある。

$\log y = -0.030803\ x + 2.06394$

出所）大島正光、1979：疲労の研究　第二版、同文書院、東京

または

$y = -5\ x + 85$

出所）齋藤一、1967：労働時間休憩、交代制、同文書院、東京

（第7章－第2項－第2目　作業姿勢に関する分析）
作業姿勢により、作業の苦渋度が異なることから、作業姿勢の改善により、苦渋性を低減することが可能となる。作業姿勢の分析は、作業姿勢の頻度を測定することにより、苦渋性が高い姿勢を抽出し、改善を図ることにより、作業の苦渋性の改善を図ることを目的とする。

（解説）

1．目的

道路工事の下向きの作業や、トンネル工の上向きの作業などは、作業姿勢が悪いことから、苦渋性の原因となっている。このように、作業姿勢が作業の苦渋性に関係することから、作業姿勢を評価し、苦渋性の高い姿勢を伴う作業を抽出することができれば、作業姿勢の改善を通して、苦渋性を改善することができる。

作業姿勢の分析は、動作分析及び稼働分析と同様に、作業姿勢を観測し、作業中に取りうる作業姿勢の頻度と、作業姿勢に対する苦渋性をもとに、苦渋性を間接的に評価を行い、改善点を抽出することとを目的とする。

2．分析準備

作業者の作業をビデオカメラにより観測し、離散的なサンプリングにより、作業姿勢の頻度を測定する。

3．分析の視点と分析手順

・苦渋性の低減を目的とする場合

作業姿勢は、図4.5.7に示す区分に従い、作業姿勢の発生頻度を整理する。長町ら（ダイキン工業における職務際設計、高年齢雇用開発協会）[15)]の研究では、力学モデル、金伝図、HR、RMR、心理的つらさの相関分析から、つらさ指数を設定している。つらさ指数で、5以上はムリな姿勢に区分されている。

構成される作業に対して、つらさ指数別に作業姿勢の発生頻度を分析し、つらさ指数が5以上の姿勢が多く発生する作業について、重点的に観測を行う。

No.	つらさ指数	姿勢	動作内容	具体例
9	10		膝を深く曲げた中腰で上体を前屈	かかとは浮いている（水泳のスタート直前の格好）
8	6		膝を伸ばした中腰で上体を深く前屈	 90度以上 この姿勢で膝が曲っていても同じ
7	6		膝を曲げた中腰で上体を前屈	 45～90度（腰） 0～45度（膝）
6	5		膝を伸ばした中腰で上体を前屈	 45～90度 足に障害物があっても同じ
5	5		しゃがんだ姿勢（かかとがついている）	かかとが浮くと膝前に出る——区分(J)
4	5		膝を伸ばし上体を軽く前屈	 30～45度 無理な姿勢に見えたら——区分(G)
3	4		膝を軽く曲げ上体を軽く前屈	 0～50度 立ち姿勢で軽く膝が当る
2	3		立ち姿勢で背伸び（かかとが浮いている）	目より高い物を取る格好
1	1		立ち姿勢	 0～30度 背筋が伸びている

出所）長町三生逼、現代の人間工学、朝倉書店、1986

図4.5.7　作業姿勢の区分[15)]

（第7章－第3項　心理反応の分析）
作業者の主観的な評価を分析する方法は、疲労など苦渋を捉える方法の一つである。
ここでは、作業者が感じる苦渋性についての心理反応や、作業中に感じる危険感を分析することにより、作業者の認識度が高い作業を重点的に改善を図る方法を提案する。

（解説）

1．目的

苦渋性は、作業者が感じる心理反応と捉えられる。同様に、危険性においても、作業中に感じる危険感が事故などの潜在性を示しているものと考えられる。

心理反応の分析は、作業者の苦渋感や危険感を分析することを目的とする。

2．分析準備

作業者の心理反応を分析するには、作業別に、苦渋感や危険感を調査することが必要である。これには、以下の方法が有効である。

・ヒアリング

ヒアリングによる調査は、定性的な調査となるが、定量的な質問を行なうことで、苦渋感や危険感の程度を決定する。

・調票方式

調票方式は、アンケート形式で、苦渋感や危険感を定量的に評価することができる。

いづれの方法にせよ、施工条件が苦渋感や危険感に影響するため、施工条件に関する前提条件をもうけた評価か、施工条件に対する相対的な評価を明らかとする。

3．分析の視点と分析手順

1）ヒアリング調査（定性的調査）

作業者へのヒアリングを実施し、苦渋性の対象、苦渋性の原因について、整理する。調査結果は、苦渋性の因果関係を明かにし、特性要因図[4)]に整理し、苦渋性の要因に対して改善を図る。

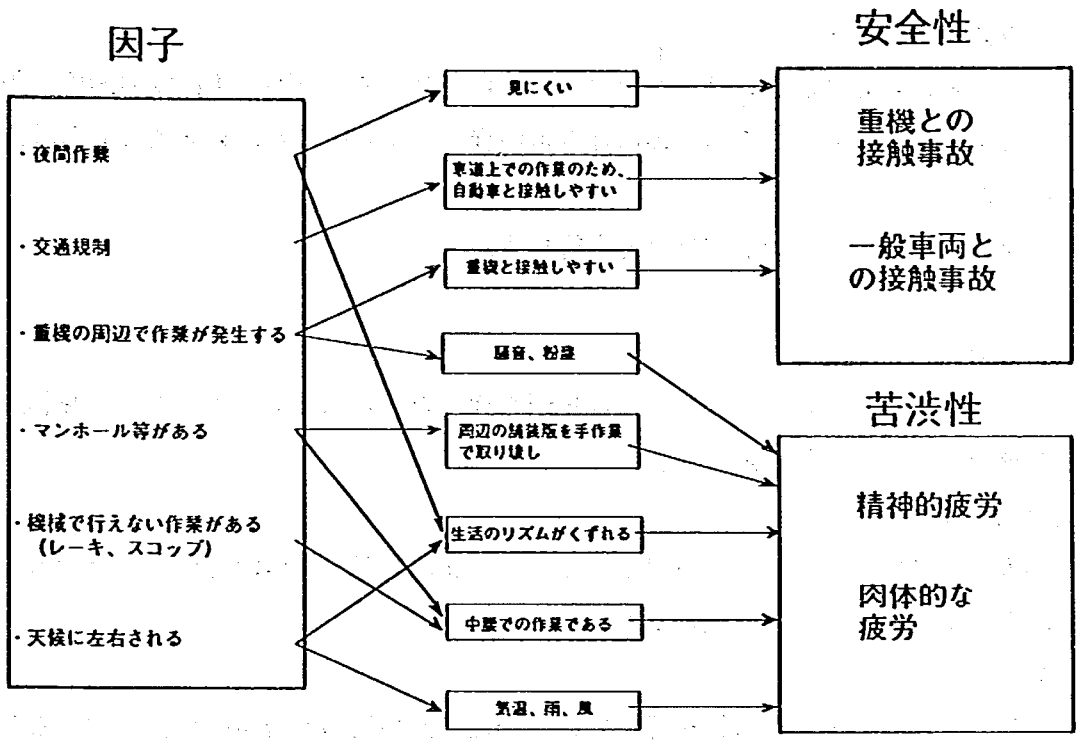


図4.5.8　苦渋性の対象と要因のヒアリング調査の整理例（道路維持修繕工）

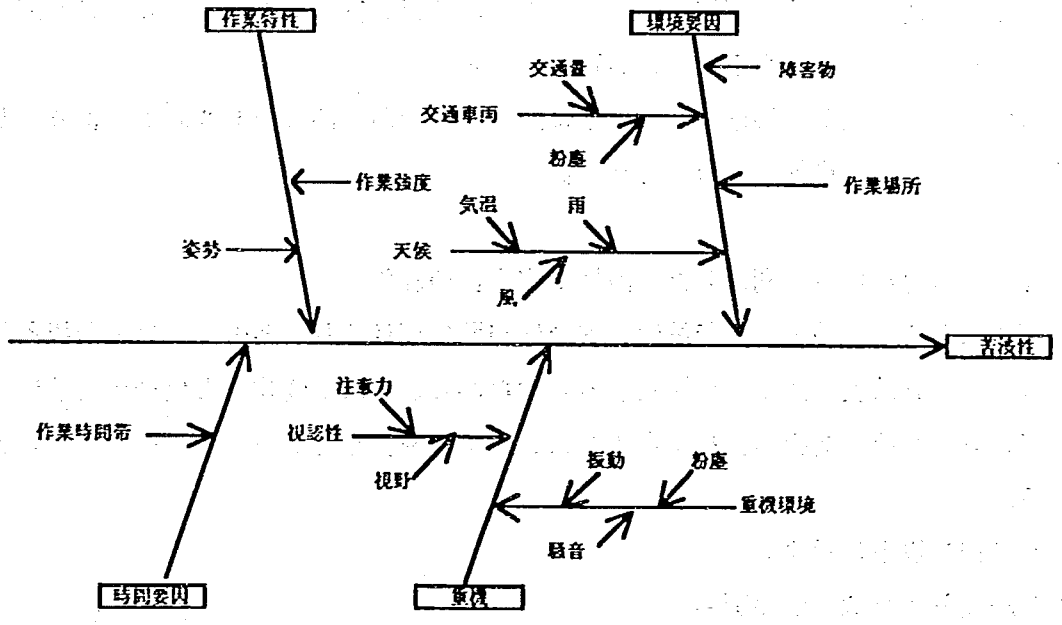


図4.5.9　苦渋性の特性要因図の例（道路維持修繕工・打換え）

2）調票調査（定量的調査）

（1）調査結果の分析手順[14)]

多くの被験者に対して、心理計測を行なうことにより、苦渋要因と苦渋度の関係を明らかにすることが可能である。分析のためには、苦渋度と苦渋要因の対応を前提とした計測を行なう必要がある。

計測結果は、以下の手順で、統計処理を行なう。

①母集団の検定

計測サンプルについて検定を行ない、母集団を代表とした結果であるかどうかを判断する。

有効なサンプルのみ分析を進める。

②要因の独立性の検定

苦渋要因の間で独立性について検定し、独立的な変数を苦渋度の決定要因の候補とし、従属的な場合には、適切な変数を決定する。

③相関分析

要因と苦渋度について相関分析を行ない、相関性の高い要因を苦渋度の決定要因として残す。

④理論的な妥当性の検討

相関の高い要因について、理論的な妥当性について検討する。

偶然、相関が高かった要因については、棄却する。

⑤重回帰分析による評価モデルの検討

②～④から絞り込まれた苦渋要因について、重回帰分析を行なうことにより、各要因の重み付けがなされた評価モデルをうることが可能となる。

この段階で、どの変数が苦渋性や、安全性に関連するのかを評価モデル式から割り出し、重要な要因について、重点的に改善を行なう。

（2）心理計測の分析結果を利用した苦渋性や安全性の評価

評価モデル式から、環境要因と苦渋性、安全性が関係づけられ、要因について前提条件が明らかになると、苦渋度や危険度が決定する。すなわち、要因が変化した場合の苦渋度や危険度が算出されるため、前提条件を決定すれば、苦渋度や安全度がある程度評価することが可能となる。

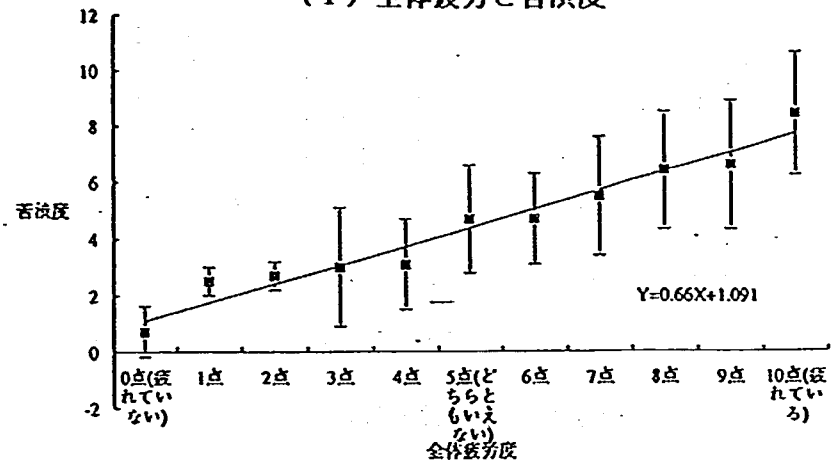
このような例を以下に示す。

①疲労と苦渋度および危険度の関係

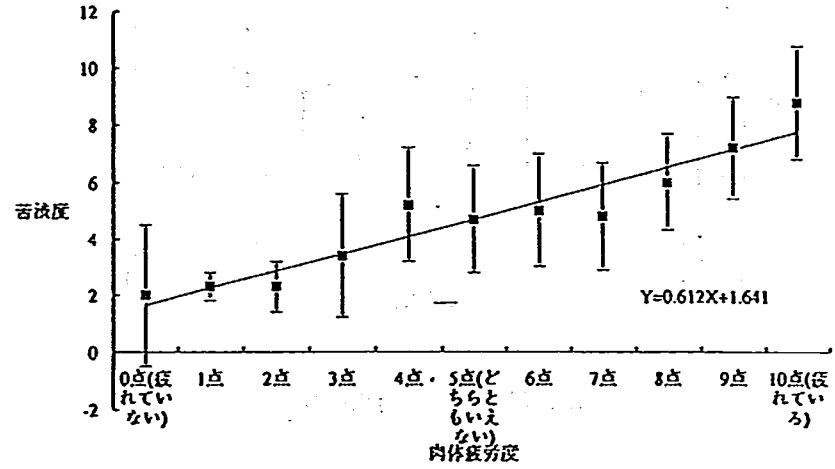
疲労が増加すれば、苦渋度、危険度が増加する。従って、疲労の状況を把握することにより、苦渋度、危険度を把握することができる。日常の作業のなかで、作業者の疲労が高まっ

ている場合には、休息をとるなどの対策を取る必要がある。

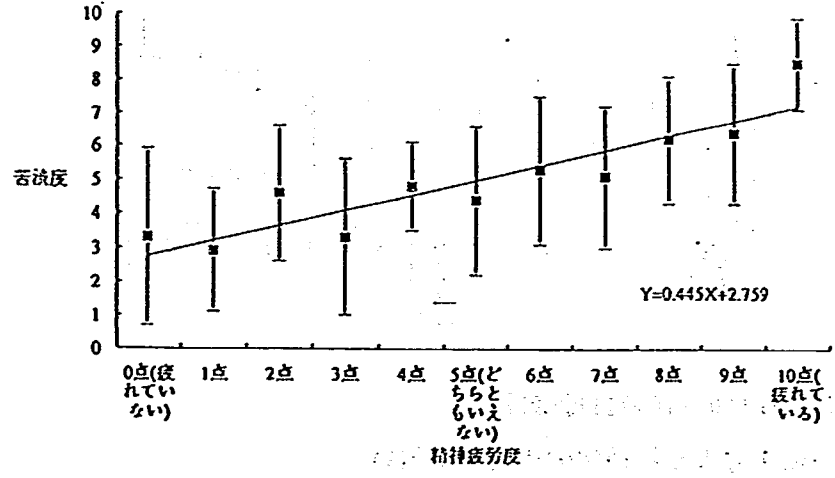
（１）全体疲労と苦渋度



（２）肉体疲労と苦渋度



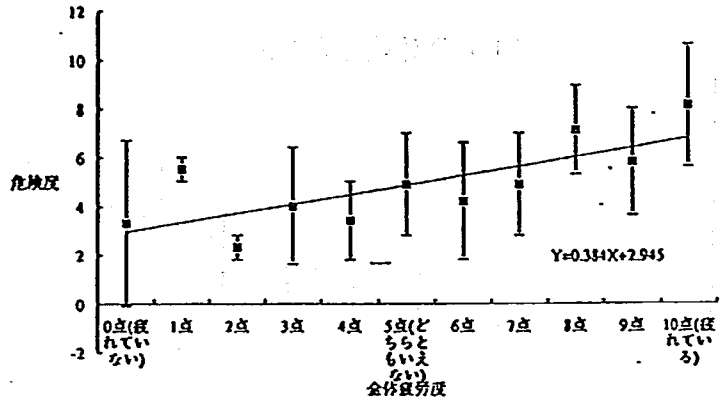
（３）精神疲労と苦渋度



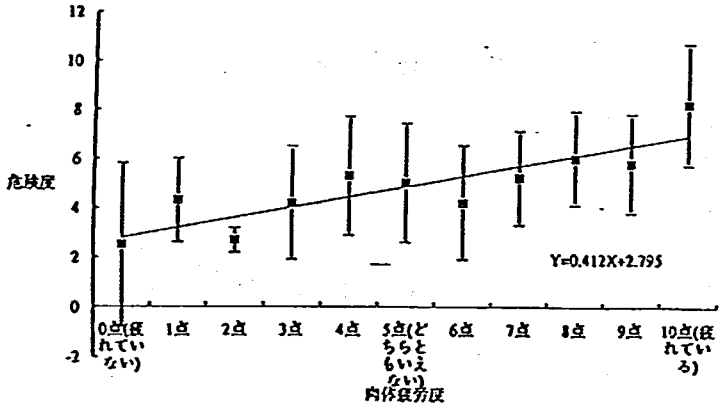
注）疲労度、苦渋度は0～10の11段階評価

図4.5.10　疲労と苦渋度の関係の例

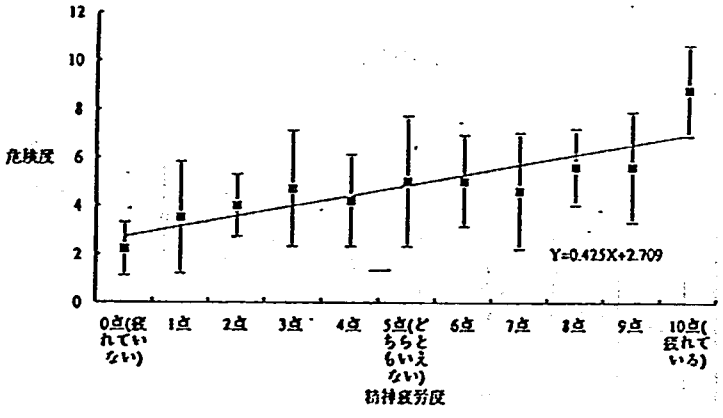
（1）全体疲労と危険度



（2）肉体疲労と危険度



（3）精神疲労と危険度



注1）疲労度、苦渋度は0～10の11段階評価

2）危険度は肉体疲労より精神疲労の相関が強い

図4.5.10　疲労と危険度の関係の例

②環境要因の評価

道路維持修繕工、土工・築堤、海洋・離岸堤工を取り上げ、作業全体について、環境要因が変化した場合の苦渋度、危険度を以下に示す。

表4.5.5　環境要因の前提条件と苦渋度の例

（1）道路維持修繕工

状況	苦渋度	順位
今回実施時	4.8	
(1) 作業が早朝だったら	4.8	7
(2) 作業が日中だったら	4.5	9
(3) 作業が夜間だったら	5.4	5
(4) 真夏だったら	6.6	2
(5) 真冬だったら	5.9	4
(6) 強い風が吹いていたら	6.3	3
(7) カンカン照りだったら	6.9	1
(8) 晴れていたら	5.0	6
(9) くもりだったら	4.7	8

（2）土工・築堤

状況	苦渋度	順位
今回実施時	5.0	
(1) 作業が早朝だったら	5.0	7
(2) 作業が日中だったら	4.3	10
(3) 作業が夜間だったら	7.4	1
(4) 真夏だったら	6.5	3
(5) 真冬だったら	5.4	5
(6) 強い風が吹いていたら	5.5	3
(7) カンカン照りだったら	5.1	6
(8) 晴れていたら	4.4	8
(9) くもりだったら	4.4	8
(10) 土質が非常に良かったら	3.1	11
(11) 土質が非常に悪かったら	7.2	2

（3）海洋・離岸堤工

状況	苦渋度	順位
今回実施時	4.4	
(1) 作業が早朝だったら	5.2	11
(2) 作業が日中だったら	4.9	12
(3) 作業が夜間だったら	6.9	3
(4) 真夏だったら	6.1	5
(5) 真冬だったら	5.8	6
(6) 強い風が吹いていたら	7.8	1
(7) カンカン照りだったら	5.6	9
(8) 晴れていたら	4.5	14
(9) くもりだったら	4.3	15
(10) うねりや波が非常に大きかったら	7.7	2
(11) うねりや波がほとんどなかったら	3.9	18
(12) 透明度が悪かったら(1m以内)	4.7	13
(13) 透明度が良かったら(5m以内)	4.3	16
(14) 潮流がはやかったら	6.5	4
(15) 潮流がほとんどなかったら	4.2	16
(16) 海上での据えつけだったら	5.3	10
(17) 海面近くでの据えつけだったら	5.8	6
(18) 海中深くでの据えつけだったら	5.8	6

表4.5.6　環境要因の前提条件と危険度の例

（1）道路維持修繕工

状況	危険度	順位
今日実施時	5.4	
(1) 作業が早朝だったら	5.4	6
(2) 作業が日中だったら	4.9	9
(3) 作業が夜間だったら	6.2	2
(4) 月曜だったら	6.3	1
(5) 月冬だったら	5.7	5
(6) 強い風が吹いていたら	6.2	2
(7) ポンポン雨だったら	6.2	2
(8) 晴れていたら	5.1	7
(9) くもりだったら	5.0	8

（2）土工・築堤

状況	危険度	順位
今日実施時	3.9	
(1) 作業が早朝だったら	4.2	7
(2) 作業が日中だったら	3.9	8
(3) 作業が夜間だったら	6.6	1
(4) 月曜だったら	4.3	5
(5) 月冬だったら	4.4	4
(6) 強い風が吹いていたら	4.7	3
(7) ポンポン雨だったら	4.3	5
(8) 晴れていたら	3.8	10
(9) くもりだったら	3.9	8
(10) 土質が非常に良かったら	3.2	11
(11) 土質が非常に悪かったら	6.1	2

（3）海洋・離岸堤工

状況	危険度	順位
今日実施時	5.6	
(1) 作業が早朝だったら	5.2	13
(2) 作業が日中だったら	5.2	13
(3) 作業が夜間だったら	6.8	4
(4) 月曜だったら	5.7	8
(5) 月冬だったら	5.8	6
(6) 強い風が吹いていたら	7.4	2
(7) ポンポン雨だったら	5.7	8
(8) 晴れていたら	5.1	16
(9) くもりだったら	5.2	13
(10) うねりや波が非常に大きかったら	7.6	1
(11) うねりや波がほとんどなかったら	4.9	18
(12) 波形勾配が悪かったら(1m以内)	5.5	11
(13) 波形勾配が良かったら(2m以内)	5.1	16
(14) 潮流がはやかったら	7.2	3
(15) 潮流がほとんどなかったら	5.3	12
(16) 海上での施工だったら	5.8	6
(17) 海岸近くでの施工だったら	6.1	5
(18) 海中部での施工だったら	5.7	8

③苦渋度および危険度の評価モデル

苦渋度、危険度について、特に、関連が大きい変数として、以下のものを選定し、各変数が決定した場合の苦渋度、危険度の評価モデルを作成することができた。

各変数を決定することに、苦渋度、危険度を予測するとともに、苦渋度や危険度に関係の深い要因を抽出することができ、これにより、改善の重点を絞り込むことが可能となる。

表4.5.7　変数一覧

1. 作業単位：X_1（カテゴリー）
2. 作業阻害要因の有無：X2（カテゴリー）
3. 経過時間：X_3（分）
4. 中断時間率：X_4（%）

苦渋度	定数項	作業単位	作業阻害	経過時間	中断率
Y ＝	4.91	＋X_1	＋0.014[有]（－0.008[無]）	＋0.0003X_3	－0.006X_4

但し作業単位のカテゴリー変数値は、以下の通りである。

[道路] 掘削・土砂の除去作業	－1.90
[道路] 下層・敷均補助	＋0.16
[道路] 上層・レーキ／スコップ	＋2.11
[土工] 掘削・油圧シャベル	＋1.23
[土工] 移動・ダンプ操縦	＋0.44
[土工] 敷均・油圧シャベル	－0.26
[土工] 法面・小型ブルドーザー	－0.89
[離岸堤] 据付・玉掛け	－1.56

図4.5.11　苦渋度の評価モデルの例

危険度	定数項	作業単位	作業阻害	経過時間	中断率
Y =	4.45	$+X_1$	+0.57[有] (−0.35[無])	$+0.002X_3$	$-0.003X_4$

但し、作業単位のカテゴリー変数値は、以下の通りである。

[道路] 掘削・土砂の除去作業	+0.24
[道路] 下層・敷均補助	+0.71
[道路] 上層・レーキ／スコップ	+0.58
[土工] 掘削・油圧シャベル	−1.38
[土工] 移動・ダンプ操縦	−0.70
[土工] 敷均・油圧シャベル	−0.41
[土工] 法面・小型ブルドーザー	−1.97
[離岸堤] 据付・玉掛け	+3.24

表4.5.8　危険度の評価モデルの例

第５編　改善案の抽出と評価

第５編　改善案の抽出と評価

第１章　改善案の立案の方法

（第１章－第１項　立案方法の種類と選定）

生産性、苦渋性、または安全性の問題点が定量的に把握された後に、各問題点に対して改善目標値を設定し、改善案を立案する。

改善案の立案にあたっては、立案方法の特徴と進め方に注意して適切に選定しなければならない。

（解説）

１．立案方法の種類

１－１．ブレーンストーミング法

ブレーンストーミング法は、解決案に必要なアイデアの創出と整理に主眼が置かれた方法である。

①ブレーンストーミング法の特徴

一般に集団でアイデアを出すと、個人でアイデアを出すよりも多くのアイデアを得られ易い。これは、連想と競争の刺激作用とが働くからである。この作用を利用して、多くのアイデアを出し合うものである。また、このアイデアの中から直面する問題点の解決・改善にヒントになるもの、役立つものを見つけだすことができる。

ブレーンストーミングが普通の会議と根本的に異なるのは、参加者がワイワイガヤガヤやりながら、自由で愉快な雰囲気の中で、アイデアを出していく点である。

しかし、ブレーンストーミング法においては必ず守らなければならない次のルールがある。

ａ．他人のアイデアを批判しない。

ｂ．自由奔放なアイデア（現実ばなれしたアイデア等）を歓迎する。

ｃ．アイデアを数多く提案する。

ｄ．他人のアイデアからいろいろなアイデア（アイデアの解体、結合、改善等）を生み出してもよい。

②ブレーンストーミング法の進め方

構成人員は、司会者（進行係）１名、記録者１～２名、発現者（アイデアを出す人）６～８名、の合計１０名程度が望ましい。その進め方の概要は次のとおりである。

ａ．テーマを決める。

ｂ．司会者・記録者を決める。

c．問題の背景、重要性についての説明をする。

d．ブレーンストーミングを実施する。

e．アイデアを整理分類する。

f．アイデアの現実性を評価する。

実施時間は、３０分～１時間程度が適当である。

会場は、１０～１２名程度の構成で、人員構成に比べてやや狭めの部屋を使用するのが望しい。小さい部屋を利用することによって、参加者同士が接近し、親近感も高まり、リラックスした気持ちで議論に参加できる。

会場の設定については、図5.1.1.1に一例を示す。また、図5.1.1.1でもわかるように出されたアイデアは、参加者全員が見えるように書き出すほうが良い。また、記録者の配置については、近年電子複写式ホワイトボードが普及してきているため不要の場合もある。

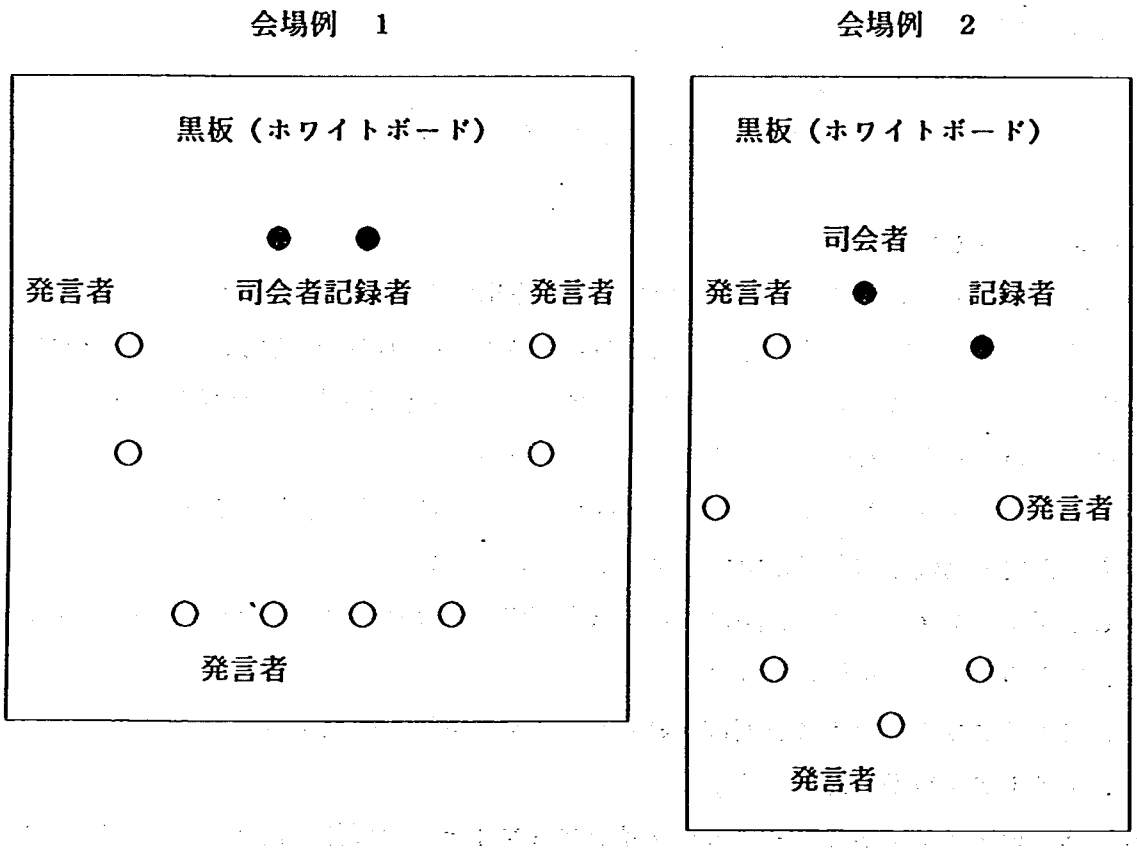


図5.1.1.1 ブレーンストーミングの会場の例

③ブレーンストーミング法の注意点

a）解析等を中心にするのではなく、創造力、独創力等を用いて問題を解くことが望ましい。

b）漠然とした問題ではなく、具体的な問題にする。

c）２つ以上問題が混じり合ったテーマは議題にしない。

1－2．5W1H法

5W1H法とは、何を、なぜ、どこで、いつ、誰が、どのように、という問いかけをしてアイデアを出していく方法である。

①5W1H法の特徴

5W1H法は、対象・目的・場所・順序・人・手段の各観点から改善案を検索する方法である。いつ、どこで、誰が、なぜ、何を、どのように、という項目を自分に質問してアイデアを出していくため、その項目に関してはアイデアの落ちがなく検討することができる。

②5W1H法の進め方

表-5.1.1に主要項目を示す。

表-5.1.1　5W1H

区　分	5W1H	意味	対策の方法
①対象	what　?	何をしているのか　この仕事はやめられないか	不必要な仕事
②目的	why　?	なぜその仕事が必要か　目的をはっきりさせる	を取除く
③場所	where ?	どこで実施するか　そこでやらなければならないか	組合せや順序
④順序	when　?	いつやるのが最もよいか　その時する必要があるか	を変えてみる
⑤人	who　?	だれがやるべきか　他の人の方がよくはないか	を変えてみる
⑥手段	how　?	どのようにしているか　ほかにやり方はないか	単純化する

③5W1H法の注意点

6項目だけに集中して、その他に必要な項目を見逃さないようにしなければならない。

1－3．3S

3Sとは、3つのS（Simplification, Standardization, Specification）の3つの視点により改善策を求めていく方法である。

①3Sの特徴

・単純化：構造を単純化したり、方法を単純化したり、作業量を減少させるという考え方で改善策を求めていく。

・標準化：方法、手続き、様式、帳票の統一化等により、規格、基準を定め、作業を画一化し改善策を求めていく。

・専門化：機種・品種を絞り込んで限定し、作業の分担化、同じ作業の統合等によって技術の集中、品質管理の集中等を図るものである。

②３Ｓの進め方

３つの原則に従い、部材の単純化、施工の簡素化、部材の標準化、作業方法の標準化、競争優位のある施工が行えるような改善ができないかを検討する。

１－４．オースボーンのチェックリスト

オースボーンのチェックリストとは、アイデアを出すための着眼点として、チェック項目を用意して、１つのテーマについて色々な角度から考えることによってアイデアを出していく方法である。

①オースボーンのチェックリストの特徴

問題についてアイデアを考えるときに、何らかの手がかりがあったほうが考え易い。

手がかりをあらかじめ、チェックリストとして整理したものが、オースボーンチェックリストである。

②オースボーンのチェックリストの進め方

以下のチェックリストに従い、アイデアを発想させてみる。

＜チェックリスト＞

・他に使い道はないか
・他からアイデアが借りられないか
・変えてみたらどうか
・大きくしてみたらどうか
・小さくしてみたらどうか
・他のもので代用できないか
・入れ替えてみたら
・逆にしてみたらどうか
・組み合わせてみたらどうか

１－５．その他

その他にも色々な方法があるが、２つの方法について概略を示す。

①欠点列挙法

欠点列挙法とは、作業・仕事について欠点（不備な点、不都合な点、不合理な点等）を数多く出していく方法である。また、その欠点がわかればその問題点を解消するためのアイデアもわきやすい。

②希望点列挙法

希望点列挙法とは、現状・環境等に関係なしに希望点（こうすればいい、ああなればいいのだが）を列挙していく方法である。また、その希望点に関してどうすればよいかというアイデアをだしやすい。

（参考文献　ＩＥ基礎要論　税務経理協会、発想の技術　日本経営出版）

２．改善案の絞り込み

作業分析結果からえられた問題点について、改善案を抽出する。

改善案の抽出に関しては、各種情報機関から出されている新工法・新技術に関する情報等を基に、考えられる改善案を数多く出す。

他分野の専門化、技術者、必要に応じては学識経験者等を交えて、ブレーンストーミング等を行い、数多くの改善提案を行う。改善案に対して、作業方法、作業手順、投資資源（作業者、機械、材料等）、作業の問題点（生産性の向上、苦渋性の低減、安全性の向上）等の各種視点について整理する。

改善案を絞り込む目的で、技術的水準や改善ニーズを基に、優先順位を付ける。優先順位の付け方として決まった方法はないが、改善案を実施する上での支障や課題、改善案の妥当性等を現場の関係者を対象にヒアリングやアンケート調査を行うとよい。

さらに、多分野の専門家、技術者、必要に応じて学識経験者等を対象に改善案について現実性、技術水準、コスト、緊急度、改善のニーズ、期待できる効果等に関してヒアリングを行い、改善案を絞り込む。

流れ作業方式で工程が構成されている場合、工程全体の作業効率について総合な検討をしなければならない。例えば、各工程において要求される作業能力よりもはるかに上回るような作業能力のものを導入してはいけない。また、各工程での作業能力に差がなければないほどラインバランスはとれている。

以上の結果より、改善案の中から実現性、技術水準、緊急度、改善のニーズ等を考慮して改善の効果の期待できるものから優先順位をつける。

第５編　　改善案の抽出と評価

第１章　　改善案の立案の方法

（第１章－第２項　改善案の立案の実施方法）

改善案の立案は、改善に関係する技術者によって、適切な時期と場所と時間帯を選んで行わなければならない。

（解説）

１．改善案を立案する関係者

改善案の立案にあたっては、発注者側担当技術者、施工現場技術者、建設機械関係技術者等の必要と思われる技術者を交えることが望ましい。

生産性の向上、苦渋性の低減、安全性の向上の諸問題に関して作業方法（作業の単純化、習熟時期の短縮、工程の結合等）による改善、作業順序（工程等を入れ変えて作業の容易化、二つ以上の作業の並行作業等）による改善、作業内容（機械化、自動化）による改善等があげられる。これらの改善案についての現実性、技術水準、コスト、改善のニーズ、品質管理等の問題で、いずれも工事発注者側担当技術者、施工現場技術者、建設機械関係技術者等に非常に関係が深いので、改善の立案に参加を促すことが重要である。

２．実施時期

ブレーンストーミング等で改善案が提案されたならば、早急にその改善案に対して建設情報センター等の情報機関より資料を取り寄せて、施工に関する新技術・新工法・諸問題等の報告書を調査して、技術水準、現実性、コスト等を考慮して改善案を絞り込み早急に行うことが必要である。

３．実施場所

立案関係者が集まり易い場所を設定しなければならない。

立案関係者による現場の状況の視察および現状把握が行える様に現場の近くに場所を設定することが望ましい。

４．時間帯

実施に当たって、適切な時間帯を設定する必要がある。

現場の関係者から現場の状況や問題点の説明を受けるので、できれば作業終了後の夕刻が望ましい。

第５編　改善案の抽出と評価

第２章　改善案の評価方法

（第２章－第１項　改善案の評価予測と効果の確認）

改善案に対して、改善効果を定量的に試算し評価しなければならない。その際には、改善案の導入効果を定量的に明らかにするため改善効果の確認測定を行うことが望ましい。

〈解説〉

１．改善効果確認施工

改善案によって、生産性、苦渋性及び安全性が改善されているかを定量的に確かめなければならない。

そのために、改善案を実現場において実施しなければならない。

改善効果を事前にシミュレーションしたものについて、その改善効果を確認するために施工現場に改善適用機械を導入して実施工を行う。

改善効果確認施工を実施することによって、改善前と改善後を比較して改善効果を定量的に表す。

２．改善効果確認施工の測定及び分析

１）測定計画の立案

生産性、苦渋性、および安全性を評価するために、問題点の抽出プロセスと同様に、適切な評価項目を剪定し、適切な測定計画を立案する。

２）測定の実施

測定計画に従い、的確な測定を実施する。

３）分析

測定結果から、生産性、苦渋性及び安全性の効果について、改善前と改善後を定量的に比較する。もし、効果が得られていない場合には、どこが問題かを分析し、次の改善へと進める。

（第２章－第２項　改善案の評価の形態）
改善案の評価には、事前評価と事後評価があり、定量的に把握しようとしている評価対象のおかれた条件を考慮して適宜実施する必要がある。既存のデータがある場合については実施が容易であるが、その他の場合については、現場と充分な連絡調整を図る必要がある。

〈解説〉

１．改善効果の事前評価

①既存のデータがある場合

改善効果を事前に評価するために、改善前の施工現場でのデータを用いて、改善を取り込んだ作業のデータを組み入れて机上で算出する。また、前提条件として、改善に適用していない作業での生産効率は同じである。改善が盛り込まれている作業では、改善効果の割合は同じものとする。以上の前提条件をふまえて改善後のデータを補正する。この補正したデータを改善前の施工データに組み入れて試算する。

②既存のデータがない場合

改善案を盛り込んでフィールドで試験施工を行う。

○測定レベルは、改善前と同じレベルを設定する。（例えば、単位作業レベル）

○測定項目は、改善前と同じ項目を設定する。（例えば、機械のサイクルタイム）

○測定方法は、改善前と同じ方法を設定する。（例えば、ストップウォッチ法）

○分析方法は、改善前と同じ方法を設定する。（例えば、機械の作動率分析）

以上の条件で測定と分析を行い、改善前と改善後を比較して改善効果を調べる。

前提条件として、改善を適用していない作業での生産効率は同じである。また、改善が盛り込まれている作業では、改善効果の割合は同じである。以上の結果から前提条件を踏まえて改善後のデータを補正する。補正したデータを改善前の施工現場のデータに組み入れて試算する。

２．改善案の実施による事後評価

改善案を実現場で実施し、改善効果を定量的に評価する。

改善効果を事前にシミュレーションしたものについて、その改善効果を確認するために施

工現場に改善案を盛り込んで実施工を行う。また、その場合の条件は、

○施工条件を揃える。（改善後の施工条件、測定項目及び分析方法が事前に測定しているデータと整合がとれない場合、改めて改善後の施工現場に合わせて、改善前の施工現場での測定を行う。）

○測定レベルは、シミュレーションと同じレベルを設定する（例えば、単位作業レベル）

○測定項目は、シミュレーションと同じ項目を設定する（例えば、サイクルタイムの動作時間）

○測定方法は、シミュレーションと同じ方法を設定する（例えば、ストップウォッチ法）

○分析方法は、シミュレーションと同じ方法を設定する（例えば、サイクルタイムの動作分析）

以上の結果から最初に想定したレベルで、作業時間、作業工数、作業者数等についてシミュレーションの結果とを比較検討して、改善効果を定量的に評価する。

第6編　目的別の施工改善の進め方

第６編　目的別の施工改善の進め方

第１章　問題点の認識と目標設定

（第１章　問題点の認識と目標設定）

目的別（生産性、苦渋性及び安全性）の施工改善を進めるためには、目標設定を的確に行い、目標達成に必要な改善作業の種類を明らかにする。改善の種類が、作業方法の改善、作業工程の改善、作業負荷の軽減、作業環境の改善、工事計画の改善等のいずれに該当するかを把握した上で目標を設定し、それに応じた作業データの測定とその分析が行われなければならない。

〈解説〉

１．問題点の認識

施工改善を実施するにあたっては、生産性、苦渋性及び安全性の視点について各々適切な改善目標を設定し、それに基づいて適切な測定、改善案の抽出さらに改善案の評価を行わなければならない。その際、作業方法の改善には作業員の手足の動きを中心とした作業動作を対象としたものから、作業場所のレイアウト、作業手順を対象としたものまである。

これらの改善によって省力化、省人化、工期、安全、作業環境面の向上が図られなければならない。本編では以下のような構成で目的別の施工改善の進め方を解説している。

第２章　生産性の向上（時間短縮）に向けた施工改善

第３章　生産性の向上（省力化）に向けた施工改善

第４章　苦渋性の低減に向けた施工改善

第５章　安全性の向上に向けた施工改善

２．改善の視点の分類

生産性の向上、苦渋性の低減、安全性の向上について改善目標を設定する。

①生産性の向上（時間短縮）について

作業時間の短縮を目的として、作業者と機械の稼働率、機械作業の作業時間、作業者の作業時間等を評価項目にした目標を設定する。

②生産性の向上（省力化）について

省力化を目的として、作業者の職種別投入数、作業者の作業時間、作業工数を評価項目にして改善目標を設定する。

③苦渋性の低減について

苦渋性作業の低減を目的として、作業者の作業時間、作業姿勢、悪環境下での作業時間人力を要する作業の作業時間、作業工数、疲労度等を評価項目にした改善目標を設定する。

④安全性の向上について

安全性の向上を目的として作業者の作業時間、機械と作業者の作業関係、作業者の作業内容を評価項目として改善目標を設定する。

3．問題点の認識と改善の進め方の相互関係

問題点を認識し、改善の方策を検討していくためには、問題点の位置付けをあらかじめ把握しておくことにより進め方も明らかとなる。

すなわち改善しようとしている方法・工程等の対象がどのような改善の視点に立脚しているかを明らかにし、適用する測定手法と分析手法にリンクさせることにより問題点をより一層深く把握することができる。これらは、直面する問題点により大きく変動することが予測されるため、事前の調査が改善の進め方の速度を左右する要因となる。

（第２章－第１項－第１目　改善の基本的考え方）

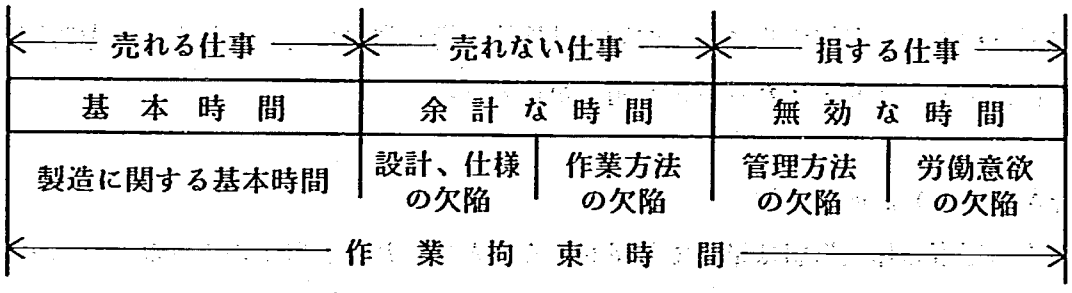
作業時間の短縮は、工事原価の低減の他厳しい作業環境下における作業員の拘束時間の減少等を目的としている。この為には時間短縮に最も効果を上げる作業項目を調査選定した後に改善目標を設定し、作業内容と時間を構造的に分析して、目標達成の為の問題点を抽出する。

〈解説〉

１．時間短縮の意義

作業改善において時間短縮をはかる為にはまず、ムダな時間を排除することが大切である。一般的な生産現場における総時間の内訳は、下図のように基本的に必要な作業時間、なんらかの欠陥に基づく余計な時間、及び無効時間の３つに大別される。大方の作業においてこれらのムダな時間の占める割合は多く、時間短縮の改善目的はこれらのムダな時間を減少させることにあるとされている。土木工事現場においても同様の考え方が当てはまる。

生産作業における拘束時間評価



（現場の１Ｅ手法・日科技連より出典）

２．土木分野の作業条件や制約

一般製造業とは異なり自然環境下での野外作業には多くの制約条件がある。また、作り出す構造物も同一の物は殆ど無いため、同一の作業条件とはならない場合が多い。

（作業条件に関する制約条件）	（内　　容）
1．自然環境の制約	・天候により作業工程（時間）が減じ、確保できない場合があり、また正確な予測が困難である。 ・日照時間、気温等の環境が経時変化する。
2．施工手段（機械）の制約	・施工対象物（ワーク）が固定している為、施工機械（ツール）をその場に運搬しなければならない。（分解、組立、運搬時間が必要となる）
3．関連作業との制約	・関連作業工程、資材搬入工程
4．周辺環境の制約	・作業可能時間が周辺環境等の要因で定まってしまい工事サイドの時間の設定が不可能。（飛行場、道路補修、市街地、住宅地での工事等）
5．使用材料の経時変化	・材料の経時変化（特性）条件（アスファルト合材、生コンクリート等）

3．作業時間構造の把握

作業改善に際しては作業時間を構造的に把握し、定量的に問題を明らかにする必要がある。作業時間を構造的に把握するには、作業の階層性、構成作業の時間の長さ、作業時間の付加価値、作業手順とクリティカルパスを明らかにする。

4．作業（施工）形態の分類

また土木工事の作業形態は単独で作業を行うことはまれで、以下のような形態に分類することができ、問題点の定量化、時間短縮の対策方法が各々異なる。

作業形態の種類	作　業　例	改善対象作業項目の例
①単独作業 並列作業	切り土、整地土工	サイクルタイムの短縮
②組合せ作業	掘削＋捨土 客土＋敷均し	連続性の確保
③連続組合せ作業 （直列作業）	舗装作業、コンクリート打設工	組合せ機械の能力バランス

（第２章－第１項－第２目　評価項目）

時間短縮の指標は単位生産量当たりの作業時間とする。またこれに関連する標準時間、稼働率、工数等の指標を利用する。これらの評価指標は作業条件との関係を明確にしておく必要がある。

〈解説〉

１．評価指標

単位生産量当たりの作業時間を対象とし、各作業レベルの目標時間を定め、改善目的に合った評価項目の指標値を算出する。目標時間の設定には標準歩掛り表や過去の工事実績より算出した標準時間か、または施工シミュレーションによる標準時間を参考にする。

標準時間＝主作業時間＋準備時間
稼働率＝実作業時間÷総時間
工数＝作業時間×作業員数
非作業時間率＝非作業時間÷総勤務時間

標準時間の構成は以下のようになる。

- 標準時間
  - 主作業時間
    - 正味時間
      - 主体時間
      - 付随時間
    - 余裕時間
  - 準備時間（段取時間）
    - 正味時間
    - 余裕時間

・正味時間は実質作業時間で、本来の作業に費やされる主体時間と作業中の機械の調整、段取りなどに費やされる付随時間で構成される。
・余裕時間は管理上、人間の生理上、作業を持続するために必要とされている正当なゆとり時間。

（第２章－第２項　時間短縮に向けた改善作業手順）

測定・分析により改善項目を定量化し、目標値を定め、手順に沿って再帰的に繰り返し改善を行うが、工事の内容、改善対象個所によって手順を省略できる場合もあり、既存のデータのみを分析することにより改善対策の抽出が可能な場合もある。いずれの場合も効率的な作業手順が望まれるが、特に現在進行中の工事を対象とする場合には後追い管理とならないよう素早い対応が必要である。

改善作業の手順は次の通りであるが、詳細な手順フローは図2-1-1を参照する。

作業内容	手　順
問題点の確定作業	視点と目的設定 → 定量化 → 分 析 → 評 価
↓	
改善に必要なﾃﾞｰﾀの抽出	測定計画 → 実 施 → 分 析 → 評 価
↓	
改善対策の実施	改善目標値の設定 → 改善案の抽出 → 実 施 → 評 価

（解説）

１．問題点の確定作業

顕在化している工事情報をもとに改善対策点を見い出す作業であり、土木工事の場合には当初予測した自然環境条件と大幅に異なった場合作業の時間短縮によって対応する事例が多い。その場合どの作業を選定するかが改善作業のポイントとなる。

２．改善に必要なデータの抽出

直接作業現場で測定する場合にはその作業の時間測定と行為の内容、さらに他の作業との関連を同時に把握する場合もあり、測定方法の選定を考慮する。

３．改善対策の実施

時間測定によって得られたデータをもとにその作業の時間構成を分解し、準備時間の短縮、余裕時間の短縮を検討し、主作業能力の拡大、作業間に発生するムダな時間の抽出とその時間の有効利用等総合的に時間短縮（時間活用）を具体化する。

（第２章－第３項　測定方法）

発生した現象（工程、作業の遅れ）によっておおよその改善対象、項目の絞り込みは可能であるが、潜在している現象を把握する為には測定範囲をマクロレベルからミクロレベルへと展開することも重要であり、それに応じた測定方法を採用する必要がある。

さらに、単に時間のみを測定するのではなく対象作業の状態を同時に観察、記録する事によって問題点の要因を明らかにすることが可能となる。

〈解説〉

工事記録や作業日報、各種伝票類によって目的を達成できる場合もあるが、繰り返し作業が多い工事においてはミクロレベルの測定が必要な場合もあり、ストップウォッチ法やビデオカメラによる測定が必要となってくる。

なお、各測定方法の詳細は、本マニュアル第３編測定方法を参照すること。

（第２章－第４項　分析方法）

分析方法は作業改善の対象が工程から要素作業、動作レベルまで幅広く考えられるので以下のように整理される。これらの中から改善ニーズに対応させた形で適切な方法を選択する必要がある。

１．工事実績の分析
　１）工事工程の分析
　２）労務実績の分析
　３）機械の運行記録の分析
２．工　程　分　析
３．稼　働　分　析
４．作業時間の分析
５．連合作業分析
６．動　作　分　析
７．苦渋性安全性の分析

また、これらの分析方法を単一で用いて改善点を明確化できる場合もあるが、いくつかの方法を組み合わせる場合もある。

〈解説〉

１．各レベルの分析について

作業を要素別に分割し、それぞれに分析を行い、そのレベルに合った分析により問題個所を定量化することが可能であるが、関連のある要素作業の接続部に発生するムダな時間の抽出も必要である。各レベルごとに定量化された値を標準値と比較することにより改善、目標値が設定されるが、その対象となる要素作業の構成内容を稼働時間と非稼働時間に明確に区分することにより改善案の抽出が可能となる。

（第２章－第４項－第１目　工事実績を利用した分析方法）

工事実績データを利用することにより改善項目の選定が可能となる。パレート図、バーチャートやネットワーク等を利用し、時間短縮の改善の効果が期待できる項目を選定する。また計画値と実績値を比較し、その差を明確にして改善を進める。

（１）工事工程の分析 ---------- 工程時間の構成や工程間の相互関係を明らかにし、改善項目を選定する。

（２）労務実績の分析 ---------- 作業時間、工数の多い作業を分析し改善項目を選定する。

（３）機械の運行記録の分析 ----- 不稼働時間を分析し改善項目を検討する。

〈解説〉

１．工事工程の分析

工事実績（工事日報、作業日報）等からパレート図、ガントチャート、ネットワーク等を用いて改善点を定量的に把握する。また作業の形態によりその分析方法も異なる。

・単独作業または並列作業 ------- 工程をガントチャートに記述、各工程をパレート図に記し、作業時間の長い工程を改善の対象とする。

・組合せ作業 ---------- 工程をネットワークに記述し、クリティカルパスや余裕の少ない項目を改善の対象とする。

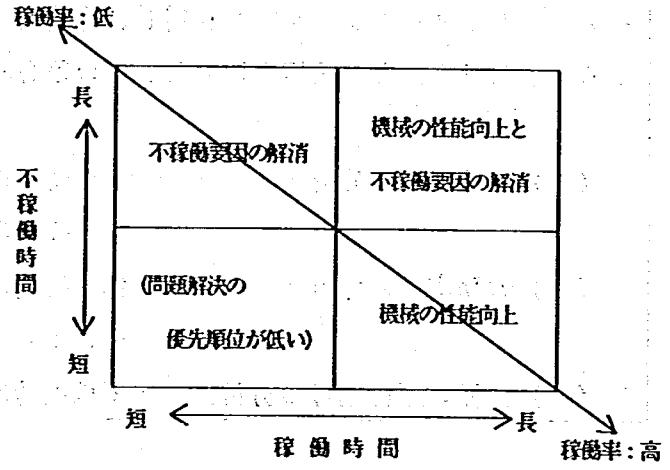
・計画と実績との差異 ---------- 差異の大きいものを改善の対象とする。また予測に基づく事前対策も必要である。

２．労務実績の分析

労務実績の記録により、作業者の配置、実働人数、作業内容、労務実績が判明する。特に作業時間、人工の多い作業の作業内容を分析することによりその要因が作業者個人の能力・技能によるか、または作業環境によるかを分析し、改善対策を検討する。

3．機械の稼働分析

工事実績（機械作業日報、タコグラフ、給油伝票）等により稼働時間を抽出し、さらに工事工程分析結果より機械の稼働状況、作業効率を抽出する事で時間短縮の為の作業改善を検討する。工事時間の短縮にむけた改善の方向と稼働率の関係を示すと、稼働率が低い機械作業は不稼働要因を解消する必要が高く、また稼働率が高い機械作業は機械自体の性能向上を図る必要がある。稼働時間が長く、しかも不稼働要因の解消の両面で対応する必要がある。また稼働時間が短く、しかも不稼働時間が短い作業は、他の機械作業に比べて問題解決の優先順位は低いものと考えられる。



（第２章－第４項－第２目　工程分析）

工程分析は、各作業の構成要素を工程図に記述し作業者、資材の流れ、作業手順を工程プロセスに従って分析し作業者の配置、資材の運搬、作業手順等の改善点を明らかにする。工程分析には、作業工程に着目した単純工程分析と作業者に着目した作業者工程分析とがある。

（解説）

１．単純工程分析

対象工事を各々の工程に分割し、各工程の工程時間（終了時刻－開始時刻）を算出し、各工程を長い順に並び替えたパレート分析を行うことにより時間短縮改善効果のある工程を絞り込むことが可能となる。

また、各工程時間をネットワークに表すことにより各工程時間の関係を明確にすることができる。

２．作業者工程分析

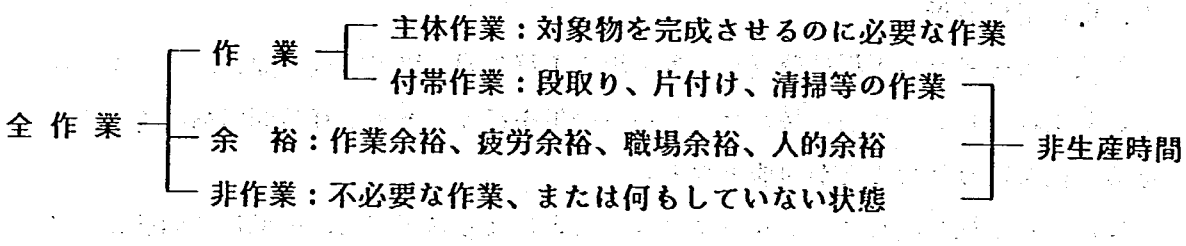
工事に従事する作業者の作業内容を分析することにより、人的作業の効率化をはかる。人的作業は、下記のような４工程に分類することができるので、単位作業における作業者の工程分析を実施することにより具体的な時間短縮項目の絞り込みが可能となる。

作業者工程分析		
記号	工程	内容
○	作業	据え付、整形、はつり
□	検査	計測、計量、検測
○	移動	
▽	手待ち	

（第２章－第４項－第３目　稼働分析）
長時間にわたり作業の状況を測定し工事用機械の実稼働時間の効率、稼働阻害要因を明らかにする。

（解説）

作業の質の改善とムダな時間削除により時間短縮を行うことを目的とする。
その為には、まず作業を機能別に分類し、非生産時間を抽出し改善対策を図る。



改善の基本は、主体作業時間を延ばし、非生産時間である付帯作業、余裕、非作業の時間短縮を図ることである。

土木工事においては施工条件が各々異なる為、施工の前後に行う付帯作業は必要不可欠であるが、ここは時間短縮の可能性も高い。また、作業余裕についてみると施工場所が毎回移動し、また野外での作業も多い為余裕時間も多くなりがちであるが、作業環境の改善等によって時間短縮の期待も大きい。非作業時間については、重機作業において前後の工程の影響による遅れが要因となることが多いので工程分析による対策が必要となる。分析の一例として、現場Ａの重機の稼働分析において、各重機の作動率（準備、保全時間などを除いた作動時間／作業時間）を分析した結果を表6.2.1 に示す。この結果、掘削、下層路盤の各工程で利用される重機では、油圧ショベルの稼働率は高いが、モータグレーダ、マカダムローラの作動率が低いことが判る。特に、工程が同時に行われ、重機が輻輳する状況では、作動率が低下する。

表6.2.1　重機の稼働分析の結果（現場A）

（単位：%）

	稼働率	単独工程時	同時工程時	適用工程
油圧ショベル	92	100	85	取壊
モータグレーダ	63	70	55	下層路盤工
マカダムローラ	37	37	—	下層路盤工、上層路盤工、基礎工
タイヤローラ	92	92	—	下層路盤工、上層路盤工、基礎工
アスファルトフィニッシャ	88	88	—	下層路盤工、上層路盤工、基礎工

前工程の作動率の影響による低下

注）作動率＝有効作業時間／（有効作業時間＋手持ち時間）

（第２章－第４項－第４目　作業時間の分析）

作業を工程、単位、要素の各作業単位に分割し、作業方法や作業条件との関係を分析し、作業のムリ、ムダ、ムラを検討する。

時間短縮を目的とした場合

（１）作業時間および作業回数の分析・・・非生産時間の多い作業の抽出

（２）作業能率に関する分析　・・・・・・作業能率の低い作業を抽出し改善する。

（３）施工条件別の作業時間の分析・・・・作業環境の変化に対する改善

（４）習熟に対する分析・・・・・・・・・経験による作業時間修正

（５）標準時間の限定・・・・・・・・・・作業の標準時間を設定する事により進捗状況の把握、予測を可能とする。

分析データはパレート図に整理する事により、問題点（個所）の抽出を容易にする。

（解説）

前目稼働分析において抽出した改善項目について時間研究を行った例を記す。掘削工程を行う油圧ショベルの作動時間（準備、保全時間などを除いた時間）が最も長く、下層路盤工程を行うモータグレーダの作業時間が短いことが明かとなった。このことは、油圧ショベルの効率が低いことを意味する。さらに、モータグレーダの不作動要因について、時間研究を行ったところ、前工程の終了待ちによる作業中断が最も大きく、６０％弱を占めていることが明かとなった。

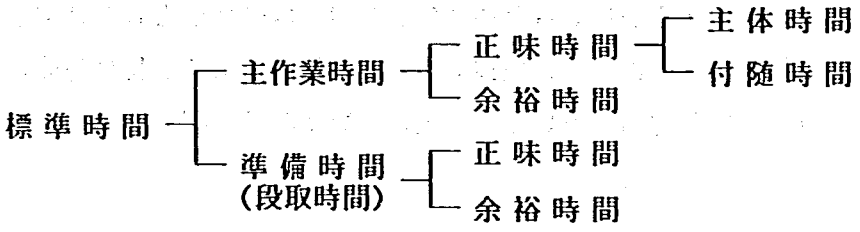
これらの分析の結果、工事時間を短縮するには、油圧ショベルの効率を高めることが改善の重要点となるものと判断される。

例のごとく稼働状況の分析内容をパレート図に表すことにより具体的な改善点の絞り込みが可能となる。

標準時間の構成と設定の目的

標準時間の設定は、現場管理上広範な利用目的がある。

標準時間の構成は、作業正味時間に余裕時間を加えたものである。一般に標準時間の構成は次のようになる。



主作業時間とは作業対象の単位作業量に対して本来の作業を実施するのに要する時間のことで、出来高に正比例してかかる時間をいう。

準備時間とは、その仕事のために行われる機械アタッチメントの段取り片付け、施工の準備など、単位作業に対して１回だけ発生する時間をいう。

また、正味時間とは実質的作業時間のことで、これは本来の作業だけに費やされた主体時間と機械の手入れなどに費やされた付随時間とから成り立つ。余裕時間音は管理上の欠陥や個人的理由、疲労などによって作業が中断されたために生じる遅延時間のことである。

一般に土木工事における標準時間の設定には、作業環境が複雑な場合もあり、実績資料等を用いる方が簡便である。

各作業について、過去の実績を作業票、作業日報などにより集計し、算術平均、移動平均、加重移動平均などにより作業粉ごとの標準時間を決める方法である。この場合、実績時間値であるから、余裕時間は含まれていると考えてよい。ただ除外時間も含まれている可能性があるので、２回以上の実績値を比較して判別する。

したがって、簡便な手法であるから比較的精度が低い。資料の分類整理が必要であるが、特に請負の時間設定などには、相手が納得しやすく、事前に見積りができる長所もある。

（第２章－第４項－第５目　連合作業分析）

作業者と機械の組作業時における相互関係を明らかにし、稼働状態を適正にするための改善案を検討する。

〈解説〉

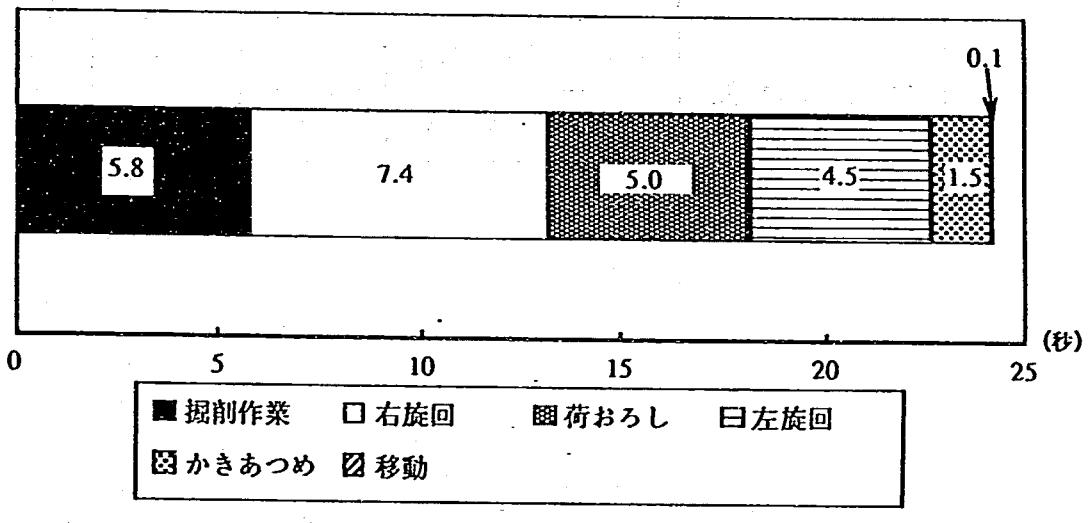
人と機械の相互関係を明らかにするためには、機械の稼働状態と人の作業手順とを同時間系列で並列に記録することにより、把握することが可能である。特に時間短縮を目的とする場合は“遊び”手待ち時間の多い関連作業について改善を図る。

（第２章－第４項－第６目　動作分析）

作業者の動作、施工機械の動作を記録し、各々の動作を分析することにより、ムリ、ムダ、ムラを抽出し改善する。土木工事はマクロレベルでは繰返し性、同一性が少ないが、構成される各作業においては繰返し性の多い要素作業が含まれているので（土砂の積み込みや掘削作業等）時間単位は小さいが全工事に占める割合が多く、時間短縮改善の効果が高い。

〈解説〉

動作時間と動作内容を同時に把握する必要があるので、ビデオを用いた分析方法が一般的である。
この分析方法を用いた実施例として、油圧ショベルの掘削積込み作業のサイクルタイム内の動作分析を示す。



サイクルタイム内の要素作業時間（旋回式油圧ショベル）

分析の結果、１サイクルの内、３０％が旋回作業に費やされていることが判り、時間短縮の効果が期待できる。

（第２章－第５項－第１目　改善案の抽出）

改善案の立案に際しては、既存データ、現状調査の結果をもとにして最も改善効果の大きい所に着目し、作業者、重機オペレータ等、できるだけ多くの関係者全員参加のもと一方的な改善案にならないようにその改善対象作業に直接携わる人々の参加が必要である。

・改善案の抽出は５Ｗ１Ｈ法等を利用して整理する。
・非生産時間発生の原因と改善関係部門は下表のようになり、大幅な改善を実施する為には工事発注者（設計側）の承諾が必要な場合もある。

非生産時間	原　　因	改善に関係する部門		
		設計担当	管理担当	作業担当
余計な作業時間	設計、仕様の欠陥	○		
	作業方法の欠陥	○	○	
無効な時間	管理方法の欠陥		○	○
	労働意欲の欠落		○	○

（第２章－第５項－第２目　改善案の評価）
改善案による作業の改善効果に対して、時間短縮以外に省力化、安全性、苦渋性、品質、経済性等について、評価する必要がる。

（解説）

１．改善案の評価
・改善案は、生産性、苦渋性、品質、経済性、その他の面から総合的な評価を行う。
・シミュレーション技法等を活用し、可能な限り定量的評価を行う。
・改善案がもたらす作業者への負担を考慮する。
・選定された改善案は試行を行い、再度作業測定を行い、問題点を解決する。

２．改善案の実施
・改善案を実施し、効果を確認する。
・測定結果を用いて、標準化や管理の資料として利用する。

（第３章－第１項－第１目　省力化の概要）

生産性向上（省力化）に向けた施工改善は、目標とする施工量を所定の期間内に消化すべく投入労働力を効率的に配置することで、作業者数の総量を削減するか、一人当たりの施工量を増加させることを目的とする。

改善の対象としては、①工程・作業手順、②施工・作業方法、③工事用機械などがあり、省力化に影響する要因の中から多くの人手を要する作業、人力に頼らざるを得ない作業または無理・無駄の多い作業を抽出し、作業者の削減が労働強化に結びつかないよう配慮しながら省力化を図るものとする。

〈解説〉

生産性の向上は、作業者や施工機械などの工事用資源投入量を削減したり、作業時間を短縮することで、作業者１人当たりの作業量や単位時間当たりの作業量を増加させることにあり、作業環境の改善や安全性の向上などが、十分に確保された上でなされなければならない。

生産性に影響を与える要因をまとめると、以下のようになる。

①作業環境――天候・気温・湿度・風速・騒音・粉塵・振動・安全設備・先行作業の完成度・他作業との干渉・作業域の整備度・移動の容易さ・近隣環境による制約等

②作業方法――作業手順・作業方法・作業要領・投入する職種や機械の種類等

③作業行為――作業者のモラル・作業者の技能・材料の品質・機械の性能や能力等

④作業管理――作業計画・作業速度・作業の打合せ・作業指示・作業の割当等

以上の要因に対して、生産性向上に向けた改善を行う場合の着眼点は「ムリ」、「ムダ」、「ムラ」の観点である。無理な作業計画は逆に生産性の低下につながり、作業者や機械に手待ちがある状況では、計画や段取りの悪さがこれらの無駄を生み出す原因となっている。また、工数のバラツキや作業時間のバラツキといったムラは、作業方法や計画に問題がある場合が多い。省力化の作業改善では、このような作業形態を抽出・排除することで作業効率を向上させ、作業者数を削減することを目的とする。

なお、最近土木工事の生産現場では、作業員不足・作業員の高齢化といった背景から「省力化」の取組みとともに、危険作業や苦渋作業を機械化・ロボット化するなどして現場の作業員を省く「省人化」の試みも積極的に実施されている。

（第３章－第１項－第２目　評価項目）
評価項目は、基本的には作業者一人当たりの作業量（例えば、㎡／人、㎥／人、kg／人等）、単位時間当たりの作業量（例えば、㎡／日、㎥／日、kg／日等）あるいは単位工数当たりの作業量（例えば、㎡／人・日、㎥／人・日、kg／人・日等）で表される。しかし、改善対象が特定の工事単位、工区単位の場合は、工事全体や工区全体を対象とした作業者数、工数を評価項目としても良い。

〈解説〉

改善対象が特定の工事単位、工区単位の例を以下に示す。

１．作業者数

対象とする工事に関して、投入されている作業者数を工程別に把握し、投入人員の多い作業を重点的に見直し、作業者数の削減を図る。

表6.3.1は省力化を図るために、道路維持修繕工での各工程別最大作業者数の分析結果の例である。この事例では、アスファルト（Ａｓ）安定処理工および基礎工の敷均し補助作業において最も人手がかかっており、補助作業員を削減することにより省力化を図れる可能性がある。

表6.3.1　道路維持修繕工での各工程別最大作業者数

工　程	最大作業者数	作業内容
準備工	６名	準備段取り(4),オペレータ(2)
舗装撤去工	３名	オペレータ(1),高さ管理(2)
掘削工	６名	オペレータ(1),高さ管理(4) 掃除(1)
下層路盤工	６名	オペレータ(3),高さ管理(3)
上層路盤工	６名	オペレータ(2),均し補助作業(4)
ＡＳ安定処理工	８名	オペレータ(3),均し補助作業(5)
基層工	８名	オペレータ(3),均し補助作業(5)
後片付け	８名	オペレータ(2),段差摺り付け(4) 片付け(2)

2．工数

作業者の工程別または作業別の作業時間の測定結果から工数（工数＝作業者数×作業時間：人・日，人・時等）を算出し、省力化の改善では、工数の最も大きい工程または作業に着目し作業員削減を検討する。

表6.3.2 はトンネル工事の上半作業の工程別工数の分析結果の例である。この事例では、ロックボルト工において最も多くの工数がかかっており、かつ作業者数の投入数も最大であることから、この工程を省力化することによって全体作業者数の低減を図れる可能性のあること、また、工程時間に着目した場合、吹付工程の占める割合が多く時間短縮の必要性もあることがうかがわれる。

表6.3.2　トンネル工事上半作業の工程別工数

工　程	時間（分）	作業者数（人）	工数（人・時）
切羽削孔	25	8	3.33
装薬	24	7	2.80
退避・発破	16	0	0
ズリ出し	36	5	3.00
切羽吹付け	20	2	0.67
支保工建込み	39	8	5.20
吹付け	182	2	6.07
ロックボルト	71	9	10.65

（第３章－第１項－第３目　作業者数と工数の捉え方）
作業者数または工数は、作業内容や測定に要求される精度に合わせて要素作業・単位作業・工程等に分割して捉え、これに基づき測定や分析を行い改善を図る。

〈解説〉

省力化を図る場合、作業をどのような細かさで、またどのような範囲で捉えるかによってその評価が異なる。作業者個人の生産性は、作業者がある一定期間に行った作業内容によって評価されるが、土木工事の特性として作業者がグループやパーティーの単位で一連の作業を行う場合が多い。このため、作業者個人の生産性が向上しても、またある工程のある作業だけ省力化が図られても、全体の省力化とはならないこともある。

一般に、問題点の定量化や改善案の抽出を行うには要素作業や単位作業レベルで、最終目標である作業員の削減は工程レベルでそれぞれ作業者数や工数を捉えるのが適当と思われる。

（第３章－第２項　改善作業の手順）

生産性向上（省力化）を目的とした施工改善は、図2.1.1に従って実施する。

(1)測定計画の立案

(2)測定の実施

(3)測定結果の分析・評価

(4)改善目標値の設定

(5)改善案の抽出

(6)改善案の実施・評価

改善案の評価で期待した効果が得られない場合は、測定計画の練り直しや改善案の見直しなどを行い、目標を達成するまで上記の手順を繰り返し行う。

〈解説〉

１．測定計画の立案

測定計画は、できるだけ当該作業関係者の参加を求め幅広く討議し、その内容を具体的に策定する。作業関係者全員の協力無くしては期待通りの成果は期待できず、極力早い時期からの参加を求めるようにする。

なお、測定計画には主に次の事項を含めて決定する。

○測定対象とその範囲―どの工事、どの工程、どの作業か

○測定の手順――――――日常の工事実績資料や作業者からの事情聴取で済むのか、作業測定を実施するのか

○測定の項目――――――工程別の作業者数、作業時間、作業内容、施工数量等

○測定方法――――――観測者の人数、測定機器、測定期間等

○測定結果の整理方法―得られるデータの形式にあった記録用紙、集計用紙

２．測定の実施

測定は、計画に基づき適切かつ的確に行う。

また、作業中の現場を測定する場合には、作業を妨げることなく、平常通りの作業ができるような配慮が必要である。

3．測定結果の分析・評価

データは、測定後できるだけ速やかに処理する。また、データの信頼性および再現性を確保するため、作業時の環境条件や作業状況を必ず併記し、いつ誰が見ても理解できるようにする。

4．改善目標値の設定

省力化に基づく施工改善では、改善目標である「作業者数の削減」と評価項目である「作業者一人当たりの作業量、単位時間当たりの作業量、単位工数当たりの作業量、作業者数または工数」に対して、作業関係者の聞き取り調査や関連資料の検討から問題点の内容や改善の方向を比較し、どの工程のどの作業をどの程度省力化するのかできるだけ具体的にその目標値を設定する。その際、改善の程度は努力することで達成できる内容となるよう留意する。

5．改善案の抽出

測定データの整理・分析結果から問題点を明確化した後、改善案の抽出を行う。

6．改善案の実施・評価

効果の期待度、改善の容易さ、緊急度などから改善案を絞り込み実現場で試行する。

期待した効果が得られない場合は、測定計画を練り直すなど目標を達成するまで繰り返し行う。

（第３章－第３項－第１目　分析に必要な測定データ）

省力化の各種分析において、必要となるデータには以下のようなものがある。

(1)作業者数（職種別、工程・単位作業別）

(2)作業者の作業時間（実作業時間と中断時間を区分）

(3)複数の作業者、作業者と機械との共同作業の場合の共同作業時間、作業分担

(4)作業者の稼働時間、稼働率

(5)一連の工程や単位作業の流れ

(6)施工方法、作業方法・手順

(7)その他制約条件等（施工量、施工環境、機械・資材の仕様、天候など）

〈解説〉

省力化に向けた施工改善では、その評価項目である作業者一人当たりの作業量、単位時間当たりの作業量、単位工数当たりの作業量および工数などを把握するために、作業者の数とその作業時間を明確に把握することが重要である。さらに、改善案を検討するためには、その作業内容と問題点を整理するために、施工方法、作業方法・手順、工程の流れ、施工量、その他の制約条件（施工環境、機械・資材、天候など）のデータも必要になる。

分析に必要なデータを各測定方法毎に整理すると次のようになる。

○工事実績記録の分析：工事日報、労務日報、機械運行表など

○工程分析：一連の工程または単位作業の流れ（加工、運搬、停滞、検査）、作業者や工事用機械の動き、実施する作業内容

○稼働分析：作業者や施工機械などの稼働時間、稼働率

○作業時間の分析：工程作業時間、単位作業時間、要素作業時間

○連合作業分析：作業者と機械、作業者または機械同士の共同作業時間

（第3章－第3項－第2目　測定手段）

測定は、当該工事の現場関係者の聞き取り調査を行うほか、必要に応じて現場調査を行う。

現場における調査では、各種帳票データでの調査のほか、現場の作業実施状況をビデオカメラで測定したり、作業内容や作業時間等の作業測定を行う。

主な測定手段には、以下のようなものがある。

(1)工事実績資料の調査や聴取り調査：工事実績記録の分析、工程分析等

(2)ビデオカメラによる測定(ﾋﾞﾃﾞｵﾒﾓﾓｰｼｮﾝ法等)：稼働分析、作業時間の分析等

(3)ストップウオッチ法：作業時間の分析

〈解説〉

調査手段としては、現場において日常作成される作業日報や工事工程の記録などの帳票類の分析・調査や工事関係者からの事情聴取などだけで目的を達成できるものがあるが、より詳細に作業の実状を把握するためには現場での作業測定が必要とされることが多い。

以下に調査方法の概要を紹介する。

1．工事実績資料の調査や聴き取り調査

工事日報等の帳票類から工程関連のデータを抽出して、バーチャートやネットワーク手法を用いて実施工程表を作成し、労務実績の記録（作業者数、実施内容、作業時間など）と合わせて、工程別の作業者数や作業工数を整理・分析する。

聴き取り調査では、現場関係者に面接し施工図、施工要領書などの資料を収集するとともに、工事工程や作業順序などの要点を克明に記録する。データが不十分な場合は一部作業測定を実施し補足する。

2．ビデオカメラによる測定

ビデオカメラによる測定は、視覚情報を正確に再現することができるので、作業記録になる他、測定後の詳細な作業分析に有効である。

稼働分析には、測定時刻をランダムまたは一定間隔にしたワークサンプリング法を用いる。

3．ストップウォッチ法

ストップウォッチ法は、作業を直接観測しながら作業時間を記録する方法でマンツーマン方式が原則となる。したがって、多数の観測者を必要とするため、コスト面や作業の障害となるケースもあるので測定対象を限定したり、ビデオカメラなどを併用する。

なお、各測定方法の詳細は、本マニュアル第3編測定方法を参照されたい。

（第３章－第３項－第３目　データの整理・分析）

測定したデータは、測定目的や方法に応じて適切に整理・分析する。

データ処理における主な注意事項を以下に示す。

(1) 測定時の作業の環境条件や作業の状況等を、付帯事項として必ず併記するとともに、測定結果はできるだけ速やかに整理する。

(2) データは、事前に準備した所定の記録用紙に記入する。

(3) データは、職種・作業内容別に整理する。

(4) データ分析に際しては、統計的手法を活用する。

(5) 異常値と思われるデータは、特にその取扱いを慎重に行うとともに、データ量が不足する場合は、補充測定を行う。

〈解説〉

1．測定データは、作業条件や実施状況などの付帯事項を併記し、記憶が鮮明な極力早い時期に整理する。併記すべき主な事項は①測定対象作業名、②測定目的、③測定時期・期間、④測定機器名および仕様、⑤実施場所・施工部位、⑥作業の状況、⑦その他（天候、測定時の記号等）とする。

2．データは、測定者以外の人が見てもすぐ理解できるものでなければならず、事前に準備した所定の記録用紙に記録し整理する。また、測定中に気づいた点は必ずメモを残しデータの再現性を確保する。

3．データは、測定目的に応じて工事工区、作業内容、機械、作業者、施工部位、作業グループ別に分類、整理する。

4．特性や傾向をより明確化するには図表が有効で、目的に応じて度数表、ヒストグラム、パレート図などによって表す。

5．異常値とは、何らかの要因で通常とは異なった値になったもので、その出現状況の背景を整理すると、改善・改良の情報が多く含まれている場合もあるので、一概に棄却するのでなく、むしろ十分に検討するなど慎重に取扱うものとする[1]。

（第３章－第４項－第１目　分析方法の種類）

分析に際しては、測定の可能性や有効性を検討した上で、作業全体を対象としたものからより細かい作業へと分析を進めていく。単一の分析方法で改善点を明確化できる場合もあるが、通常は以下のようないくつかの方法を組み合わせて分析を行う。

(1)工事実績記録の分析
(2)工程分析
(3)稼働分析
(4)作業時間の分析
(5)連合作業分析

〈解説〉

分析手法は、調査・測定の目的、調査の対象および調査期間に応じて適宜選択する。上記の５方法以外に、動作分析や苦渋・安全の分析（ヒューマンファクタ）などの方法があるが本章では除く。

分析のアプローチや改善のレベルが明らかでない場合には、測定の可能性や有効性を検討した上で、その重点を作業全般の概略分析からより細分化した詳細分析へ進めていくことが望ましい。

単一の分析方法のみで問題点の解明が可能な場合もあるが、通常はいくつかの方法を組み合わせて実施する場合が多い。

例えば、省力化の目的に対して、次のような手順で実施する[2)]。

手順 1：「工事実績の分析（工事工程実績）」や「工程分析」によって、作業者数を時系列的に分析し、重点的に改善すべき工程の絞り込みや、改善の着眼点を把握する。

手順 2：「稼働分析」によって仕事の状況を長時間にわたって観察し、作業者の稼働率から各工程に従事する作業者数の変動、工程上の問題点を明らかにし、改善のための要点をまとめる。

手順 3：「作業時間の分析（単位作業レベル）」で作業内容・構成を明らかにし、各作業に要した時間値から人数や組み合わせについて検討する。

なお、各分析方法については、本マニュアル第４編分析方法も併せて参照されたい。

（第３章－第４項－第２目　工事実績記録の分析）
工事実績記録を利用した分析は、主に工事工程と労務実績を対象とし、工事管理用の各種帳票データから工種別の日程や労務の実績、工程別の工数を把握し重点的に改善すべき問題点を明らかにする。

（解説）

工事実績記録の分析では、主に作業現場で作成されている工事の工程実績や労務実績の記録を活用する。

工事工程分析において、作業工程が逐次的に行われる場合は作業者数がピークとなる工程を重点的に分析する。また、工程が複数並行して行われる場合は、並行する工程のうちクリティカルになっている工程を重点的に分析し、並行作業を解消して作業負荷を平準化したり、各工程毎の作業数を削減することにより省力化を図る。

労務実績分析では、労務に関する各種調票から職種、人員配置および作業内容別に作業者数、工数を調査しこれらの大きい作業を明らかにし改善点を明らかにする。

図6.3.1 にトンネル工事（NATM工法）の工事実績記録の分析例として、ジャンボの保全工数を示す。この分析により、ジャンボの保全に関しては、ドリフタ部が工数・回数ともに多いことがわかる。

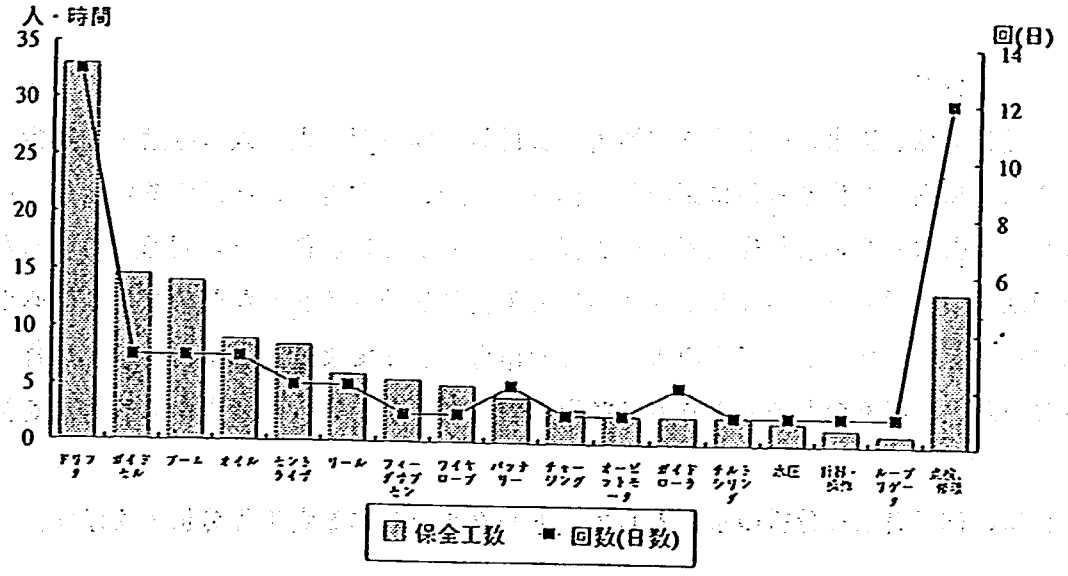


図6.3.1 ジャンボの部位別の保全工数
（トンネル工事実績記録の分析）

（第３章－第４項－第３目　工程分析）

工程分析は、施工現場における作業者や資材の流れ、作業手順を工程の順序に従って分析し、作業者の配置、資材の運搬、作業手順などの改善点を明らかにするためのもので、分析に際しては、工程図記号（表 3.2.1）を用い作業の手待ち、移動、検査等の時間や移動距離を記録し、工程の順序や流れから工程の改善点を抽出する。

工程分析は、その対象により作業工程に着目した単純工程分析と、作業者に着目した作業者工程分析とがある。

〈解説〉

１．単純工程分析

単純工程分析は、対象工事の工程上の問題点を明らかにするために実施するもので、現場での聴き取り調査や、必要に応じて行う現場での現状調査をもとに各種工事を構成する工程の順序やそれらの要点を工程分析表としてまとめる。

工程分析表により、各工程の前後関係、関連作業の工程などを明らかにし全工程数、各工程の工程時間（終了時刻－開始時刻）の長短および工数の大小などから問題となる工程を絞り込む。

表6.3.3 に、工程分析の事例として離岸堤据付工の工程分析表を示す。

２．作業者工程分析

作業者工程分析は、工事に従事する作業者に着目し、作業者一人一人の行動・作業内容等を実施する順序に従って作業者毎に記録し、作業の手順、作業内容、移動する場合はその状況、手待ちの原因などを調査し作業者分析工程表としてまとめ、作業上の問題点を明らかにする。分析結果の検討では、各作業工程において重要な部分や不必要な部分などを明らかにし、省略できる工程はないか、工程の入れ替えや結合によってより簡単な作業手順や作業方法にならないか、工程そのもののやり方を簡単にできないかといった観点から改善点を抽出する。

表6.3.4 に、作業者工程分析の事例として、モルタル塗り作業者工程分析表を示す。

表6.3.3　離岸堤据付工の工程分析表

作業	工程	機械	移動	工数 (人・秒)	工程図記号 ○	⇨	▽	◇
玉かけ	○			34				
ブロック移動	⇨	クレーン	90°	69				
位置合わせ	○			668				
検査	◇							
玉外し	○			7				
ワイヤー移動	⇨	クレーン	90°	1				
合計	6			779				

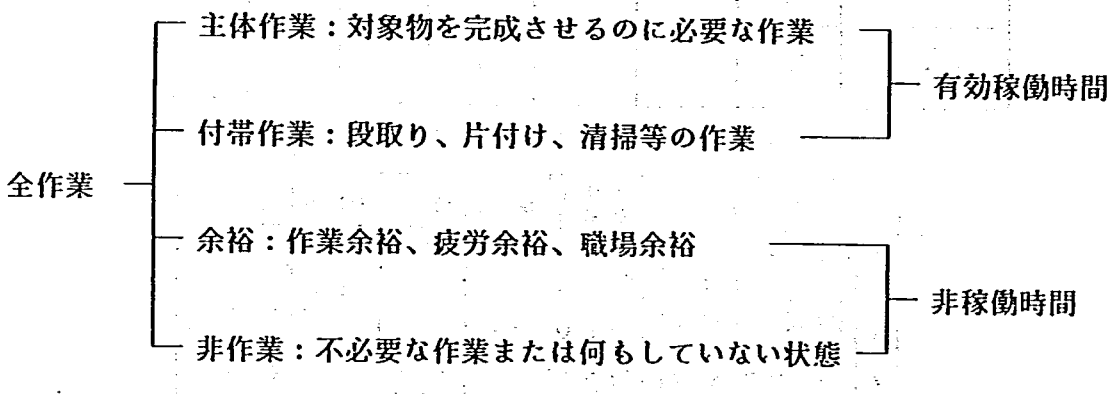
表6.3.4　モルタル塗り作業者工程分析表[3)]

No.	説明	作業	検査	移動	手待	距離	時間	使用工具	備考
1	資材置場まで歩く	○	□	●	▽	22 m			
2	コテ・サン木を一輪車にのせる	●	□	○	▽		2分	一輪車	
3	フォークリフトまで運ぶ	○	□	●	▽	12 m			
4	フォークリフトを待つ	○	□	○	▽		1.2分		平均待時間
5	一輪車をフォークリフトにのせる	●	□	○	▽			フォークリフト	
6	フォークリフトが2階にいくまで待つ	○	□	○	▽		1分		
7	階段で2階へ上がる	○	□	●	▽	10 m			
8	一輪車をフォークリフトからおろす	●	□	○	▽		0.3分		
9	モルタル塗り場まで運ぶ	○	□	●	▽	14 m			
10	一輪車からコテ・サン木をおろす	●	□	○	▽		0.2分		
11	コテ・サン木を待つ	●	□	○	▽				サン木は必要数だけ待つ
12	塗り場まで歩く	○	□	●	▽	4 m			
13	サン木位置を決める	○	■	○	▽		5分	スケール水糸	
14	サン木を固定する	●	□	○	▽		1.5分		
15	モルタル塗りを行う	●	□	○	▽		10分	コテ	
16	コテを持ったままサン木を取りに戻る	○	□	●	▽	4 m			
17	サン木を待つ	●	□	○	▽				
18	次の塗り場まで歩く	○	□	●	▽	3 m			
	(以下省略)	○	□	○	▽				
		○	□	○	▽				
合計									

（第３章－第４項－第４目　稼働分析）
稼働分析は、作業時における作業者、施工機械の稼働状況を定量的に把握することを目的としたものである。

〈解説〉

稼働分析を行う場合、作業を次のように分類[1]し、各々の時間および稼働率を求め作業の実状を把握する。



省力化に向けた施工改善では、主に作業者を対象とした稼働率分析を行う。作業者の稼働率分析では、作業者の作業時間の内、有効稼働時間の全作業時間に占める割合を分析する。

分析の結果、稼働率が極端に低い場合は、作業上または管理上何らかの問題があるとみなすことができる。

表6.3.5 は、道路維持修繕工（表層再生工法）フルイ・ホーキ作業者の稼働分析の実施例である。ここでは、作業者が調査対象区間に存在した時間を作業時間とし、全く作業を行わなかった時間（ただ見ている時間）を中断時間としている。この分析結果では、フルイ・ホーキ作業はリペーバだけでは仕上げが不十分であるため、作業が断続的に発生しており、稼働率はフルイ作業者が35%、ホーキ作業者が49%といづれも50%を下回っているため、２つの作業を統合化することで表層再生工の人力作業の作業員を１人削減した。

表6.3.5 道路維持修繕工（表層再生工法）作業者の稼働分析

No	作業者別の作業内容	30m区間の作業時間(秒)	稼働時間の合計(秒)	中断時間の合計(秒)	稼働率(%)
1	左側スコップ作業	780	634	146	81
2	左側レーキ作業	780	495	285	63
3	左側フルイ作業	780	271	509	35
4	左側ホーキ作業	780	381	399	49
5	右側レーキ作業	780	650	130	83
6	右側スコップ作業	780	520	270	67

（第３章－第４項－第５目　作業時間の分析）
作業時間の分析は、工事実績の分析・工程分析・稼働分析により大筋の改善点を明かにした後、さらに特定の作業に関して詳細な分析が必要な場合に実施する。作業を工程単位から要素作業までに分割し、それぞれの時間を測定することで作業方法と時間値との関係を明らかにさせ、作業時間がかかりすぎたり大きくばらついている作業の改善を図る。

〈解説〉

作業時間の分析では、作業を分割してそれぞれの作業時間を測定し、作業方法と時間値との関係を明確にする。作業手順は、先ず工程レベルでの概括的な分析から着手し、作業時間がかかるものや時間のばらつきなどの観点から改善項目を明らかにしてから、改善の必要な作業分割レベルの分析を行うことが望ましい。

トンネル工事での事例を図6.3.2 に示す。

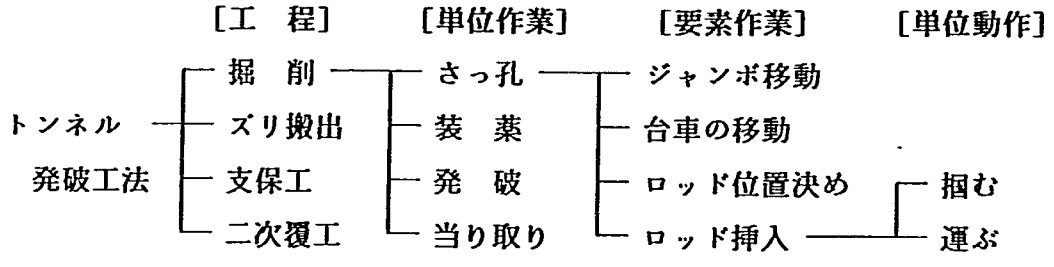


図6.3.2　トンネル工事の作業分割例

時間研究の成果は、省力化の評価指標を求める基礎データとなるので、実施中の作業内容とともに、作業者数や施工量等も併せて把握する。また、同種の作業を行う作業グループの中から１名を選んで測定する場合は、その構成人数や全体の施工量等を記録し、常に全体としての状況を把握することも必要である。

離岸工の作業時間の分析の実施例を以下に示す。

図6.3.3 は、工程レベルの概括的な分析結果を各工程時間の時間比率としてまとめたものである。この結果、クレーン船の移動等に要する時間は少なく、２日間の作業時間の約90%

がブロック据付および積込みの人力作業に費やされていることから、さらに問題点を明らかにするため、次ステップとしてこれらの工程の詳細分析を行うこととした。

No.	工　　程	時　間 (h) 1 2 3 4 5 6 7 8 9	時間比率 (%)	
1	ブロック据付		45	90
2	ブロック積込		45	
3	ｸﾚｰﾝ船Aの移動・着岸		7	
4	ｸﾚｰﾝ船Bの着岸・移動		3	

図6.3.3　離岸工の工程別時間比率

表6.3.6は、離岸工のうちブロック据付および積込工の詳細分析として各要素作業毎の時間と工数をまとめたもので、表6.3.7 はさらに第2ステップとして人力作業のみに着目し、作業者別・作業別の工数して詳細分析を行ったものである。

ブロック据付および積込工程に係わる作業を第2ステップで詳細に検討した結果、陸上側の作業者2名はこの作業のみを実施しており、人力作業全体の工数に占める割合は7％と小さいことが明らかとなった。これらのことから、玉掛け治具の改良や機械化により積込み作業（陸上玉掛け）の省力化を図ることとした。

表6.3.6　離岸工の作業時間の分析例(第１ステップ)

単位作業＼要素作業		玉掛け	ﾌﾞﾛｯｸ移動	位置合せ	玉外し	ﾜｲﾔ移動	合計
積　込		936	5,256	2,808	576	3,456	13,032
		31	—	94	19	—	144
据付	1　層	595	3,415	5,845	245	1,470	10,570
		20	—	195	8	—	223
	2　層	450	1,650	1,375	425	800	4,700
		15	—	46	14	—	75
	3　層	180	792	612	84	336	2,004
		6	—	20	3	—	29
	小　計	1,225	4,857	7,832	754	2,606	17,274
		41	—	261	25	—	327
合　計		2,161	10,113	10,640	1,330	6,062	30,306
		72	—	355	44	—	471
備考：作業要員数		2人	ｸﾚｰﾝ作業	2人	2人	ｸﾚｰﾝ作業	

上段：作業時間（秒）　　下段：工数（人・分）

表6.3.7　離岸工の作業時間の分析例(第２ステップ)

作業＼作業者		積込作業	据付作業			合　計
		陸側玉掛け	船台(2人)		潜水(2人)	
		(2人)	位置合せ玉外し	船台玉掛け	位置合せ、玉外し	
積　込		31	113	—	—	144
		7	24	—	—	31
据付	1層			20	203	223
		—	—	4	43	47
	2層			15	60	75
		—	—	3	13	16
	3層			6	23	29
		—	—	1	5	6
	小計			41	286	327
		—	—	9	61	69
合　計		31	113	41	286	471
		7	24	9	61	100%

上段：作業工数（人・分）　下段：工数の構成比（%）

（第３章－第４項－第６目　連合作業分析）

連合作業分析は、作業者や施工機械がお互いに制約をもつ共同作業において、それらの共同作業時間、あそびや手待ち等の時間を工程単位毎に測定し、改善すべき工程や作業を絞り込む。

〈解説〉

人と機械、または人と人との作業が共同して行われる作業について、作業相互の時間関係から作業者や機械の稼働・あそび・手待ちを把握し、省力化では主にあそびや手待ち等の多い作業について改善を図る。

図6.3.4 は、ブロック積込工の連合作業分析の実施例である。この結果、クレーン作業と作業者の作業は密接に関係し、特に２人の陸上作業者(A,B)のサイクルタイム（約３分間）に占める稼働率は約７％と小さく、しかも陸側と船台側にそれぞれ各２名を配置しているため省力化の余地が大きい。

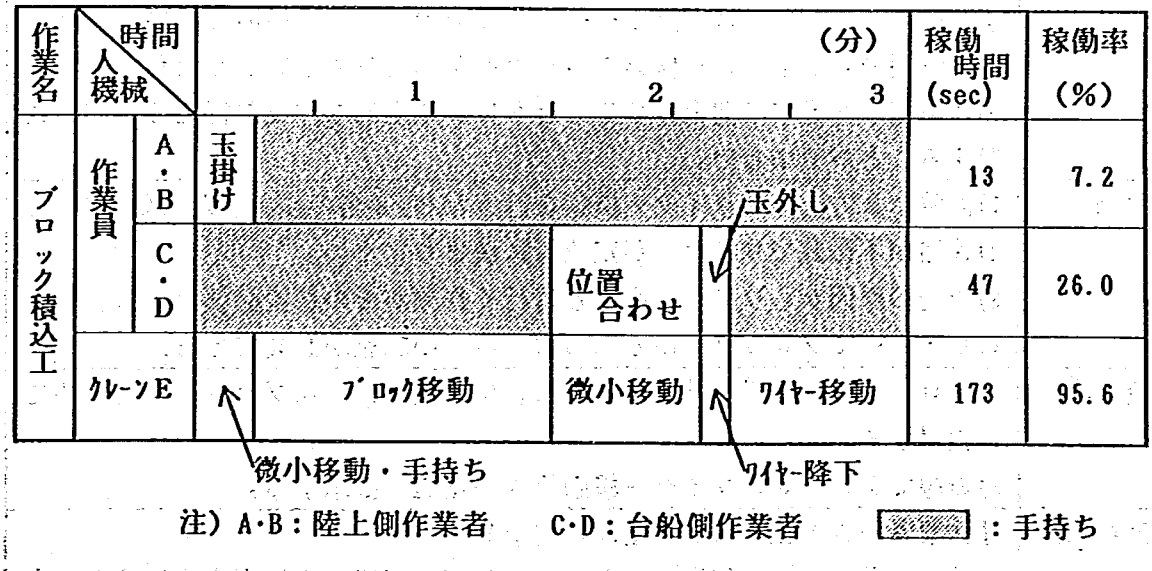


図6.3.4　ブロック積込工の連合作業分析

（第３章－第５項－第１項　改善案の抽出）
改善案の立案に当たっては、見い出された問題点の優先順位を明確にし、それらに対応した改善案を、作業改善の原則や５Ｗ１Ｈ法などの観点から立案する。

〈解説〉

改善の対象は、作業現場の配置、工程、作業手順、作業の方法、工事用資源（作業者、機械、材料）、作業環境など広範囲に及ぶが、作業測定分析により作業の内容や工数が明確になったので、これらを本に最終的に改善すべき問題事項を決め、優先度の高いものから改善アイデアを「改善の４原則」や「５Ｗ１Ｈ」等を利用して発想・立案する。

表6.3.8～6.3.9に離岸堤工事（ブロック積込工）と道路維持修繕工事（表層再生工法）の施工改善案の例を示す。

表6.3.8　離岸堤の施工改善案

作業名	ブロック積込工
問題点	陸上側作業者２名による玉掛け作業は、積込作業工数全体の７％しか占めず、他の作業時間では手持ち状態となりその稼働率は極めて低い。また、作業時間のムラも大きく作業のバラツキが起こりやすい。したがって、省力化を図り稼働率を向上させるとともに、定型的な作業が行える方向へ改善することが望ましい。
原因	1)同時に２方向からワイヤー掛けを行うため、２名の作業者が必要となる。 2)連絡が不徹底でワイヤーが定位置に決まりにくい。 3)上記の原因からワイヤーを取りに行く作業がその都度必要となる。 4)ワイヤーでブロックを吊るため重心位置の調整が必要である。
改善案	1)ブロックの自動脱着装置を考案し、少人数で確実なブロック把持方法を検討する。 2)無線でクレーンのワイヤー移動位置を正確に指示する。
改善効果	【作業者の省力化→労働生産性の向上】 脱着の自動化により作業を１名でできれば、玉掛け作業者を半減することができ、ブロック積込工の現有施工体制を１グループ５名から４名の作業に省力化が可能となる。 また、上記の改善後工数は２０％低減することになり、据付作業の生産性は２５％向上する。

表6.3.9　道路維持修繕工（表層再生工法）の施工改善案

作業名	作業のフルイ作業とホーキ作業
問題点	フルイ作業の稼働率が３５％、ホーキ作業の稼働率が４９％と、いずれも５０％をきっており、作業者を統合化する余地がある。
原因	フルイ作業は、リペーバにより仕上げが不十分な場合に発生する作業であり、作業が発生したり、しなくなったりする。 また、ホーキ作業は断続的に行われており、稼働率が低くなっている。
改善案	フルイ作業とホーキ作業の稼働率はいずれも５０％以下であるので、１人で２つの作業を行うことで作業員を１人削減することが可能である。この場合はホーキ作業をリペーバ作業が片側全部終了した時点でまとめて行うという方策が考えられる。また、リペーバの仕上げ能力を高めればフルイの作業そのものが必要でなくなる。
改善効果	【作業者の統合化→労働生産性の向上】 作業者が１人削減できれば、それだけで労働生産性が向上し、労働者不足に対する対応策にもなる。
備考	作業者の統合化により、段取り、片付その他の作業全体への影響を実施に際しては検討しておく必要がある。

（第３章－第５項－第２目　改善案の評価）

立案された改善案は改善項目別に整理し、概略評価により実行可能性のあるいくつかの案を選択し、さらにその絞り込んだものに対してその実施方法を詳細に検討し有効な改善案を選択し実施する。

改善案は、その導入初期の段階では作業測定を必ず実施し、その測定結果に基ずき改善効果を当初設定した目標値と比較し評価する。

また、改善案の実施に伴い発生する工程の変化や新たな作業の増加、他の作業への影響等についても事前に検討し、別途にその対策を講じておく。

〈解説〉

立案された改善案全てを実行することは困難であるので、まず概略評価によりいくつかの案を選択する。この段階では、改善案といっても略図や簡単な文章にすぎない場合が多いので、①技術的に実現できるか、②経済的な効果があるかといった観点で３段階評価程度の粗い基準で評価する[5]。

概略評価で選んだ改善案に対して、作業内容に関わるものはその方法や手順を具体的に、資機材を改良する場合は、関連する作業の検討も合わせて行い改善計画を具体化する。この段階で改善内容が具体化されたので、技術面と経済面からさらに詳細な検討を加え、①具体化における問題点とそれに対応した技術的な課題と解決方法、②作業員や作業工数の低減として期待される効果、③改善に要する費用、④実施方法などを総合的にみて最も有効なものにまとめる。

また、改善案を実施することにより発生すると考えられる工程の変化、新たな準備作業の増加、対象作業が他の作業と関係する場合は手持ちや作業の輻輳などが発生しないか等を事前に検討して、新たな問題が予想される場合は別途対策を講じておく。

改善案の実施に際しては、実施要領書を作成し関係者の理解を十分得た上で実施に移す。なお、導入初期は試行期間をとして作業測定を行い、目標に対する効果を確認しながら行うものとする。

（第４章－第１項－第１目　土木作業の苦渋性）

土木作業では、精神的作業（集中力、注意力、判断力等を必要とする作業）による疲労と肉体的作業（力を必要とする作業、悪環境下における作業、無理な姿勢での作業等）による疲労とが複雑に関連しあって作業者に苦渋をもたらす。

苦渋性に影響を及ぼす因子には、作業の量や作業の質（肉体作業や精神作業）、作業条件（作業方法自体及び環境要因）等があるので、これらの現状を把握した上で評価を実施しなければならない。また、苦渋性は、作業者の主観や個人差に左右され易い点を留意する必要がある。

（解説）

１．作業と苦渋性

苦渋には精神的苦渋と、肉体的苦渋があり、実施する作業の量や内容、環境条件等が深く関係している。

１）精神的苦渋

精神的苦渋は、精神的疲労が主たる要因である。例えば、作業者に注意力、集中力等を求める作業、単純作業等を長時間継続することによって、精神的疲労が高まり、労働意欲の減退等の原因で注意力、集中力等を長時間保つことができなくなる。従って、注意力、集中力を回復させるために適切な休憩、疲労の少ない作業方法や環境を検討する必要がある。

２）肉体的苦渋

肉体的苦渋は、肉体的疲労が主たる要因である。例えば、作業者の軽作業に関しては、体力の消耗は少ないために長時間継続することは可能なこともあるが、重作業に関しては、体力の消耗が著しくなり、肉体的な疲労が高まり、長時間継続することは不可能となる。従って、消耗した体力の回復させるために適切な休憩や疲労しにくい作業方法や環境に改善する必要がある。

3）作業条件と苦渋

同じ作業でも作業条件の変化によって作業者に与える苦渋性は異なる。

例えば、施工現場において障害物（マンホール、地下埋設物、電柱及び構造物等）の有る無しによっても、作業者に体力、注意力、集中力等を求める度合いが違う。また、同じ作業にでも、夜間作業と日中作業では異なる。夜間作業は、日中の作業に比べて視界が悪く作業しずらいので、作業者に与える苦渋性は大きいものとなる。

さらに、気候、天候の変化によっても異なる。気温、湿度、天候の変化によって作業者の生活リズムの崩れ等によって、作業者に与える肉体的、精神的苦渋は異なる。

2．苦渋性の評価

苦渋性がどの項目とどのような形で係わっているかを明らかにして、評価項目を絞り込んでいく必要がある。この際、作業者の主観や個人差に左右され易い点を留意する必要がある。

（第４章－第１項－第２目　苦渋要因の評価と改善方向）

苦渋性の低減に向けた施工改善の実施にあたっては、時間要因、環境要因、作業自体の特性等の要因を考慮して、適切な評価対象を選択し、改善を図る。

苦渋性について評価する場合には、各要因を個別に評価し、要因別に苦渋性の低減の方向へ改善を行なう方法と、各要因から発生する疲労や生体負担を評価し、苦渋性が低減する様に改善を行なう方法とがある。最終的には、各要因と苦渋の関係を明らかにし、改善を行なうことが望ましい。

〈解説〉

１．苦渋の要因

苦渋性の要因は３つに分類される。

・時間要因

・環境要因

・作業自体の特性

各要因と苦渋性との関係を表6-4-1～表6-4-3に整理する。

表6-4-1　時間要因と苦渋性の関係

要因	苦渋性との関係
作業時間	作業時間が長いほど、疲労が高まり、苦渋性が増大する。
作業時間帯	昼間作業に比べて、夜間作業は疲労が高く、苦渋性が増大する。
作業時間 （実稼働時間）	作業時間や実稼働時間が長いほど、疲労が高く、苦渋性が増大する。
一連続作業時間	同等作業時間でも、１回の連続作業時間が長いほど、疲労回復に時間を要する為、苦渋性が高まる。
余裕率	休憩時間、休憩回数、非稼働時間が少ないほど、疲労が高く、苦渋性が増大する。

表6-4-2　環境要因と苦渋性の関係

要因	苦渋性との関係
温熱環境	温度、湿度、気流、輻射からなう温熱環境は、快適性が高いと感じる範囲が研究されており、この範囲外では、人間の不快感が高まるため、苦渋性が増大する。
照明環境	作業の特性に適した照明環境があり、この照明条件を下回る環境では、肉体的な疲労が高く、また、作業周辺への注意集中が必要なことが要求されるために、精神疲労が高まる。
作業時の天候	クレーン作業や海洋工事のように、天候条件が作業性に影響する場合には、天候条件により、注意力の増加に伴う精神疲労の増大や、作業量の増大に伴う肉体疲労の増大により、苦渋性が高まる。
騒音・振動	騒音・振動のレベルが高くなると、難聴など身体への損傷や変調がもたらされるため、苦渋性が増大する。
気質環境（浮遊粉塵、ばい煙、有毒ガス等)	浮遊粉塵や煤煙、有毒ガスなどの濃度が高くなると、身体への損傷や変調がもたらされるため、苦渋性が増大する。
作業対象外の障害物の存在	作業環境に障害物が存在する場合には、通常の作業条件での作業に比べて、新たな注意力が必要となるなど、精神疲労の原因となる。また、障害物がある場合には、通常とは異なる作業が発生するなど、苦渋性は増大する。

表6-4-3　作業自体の特性

要因	苦渋性との関係
作業強度	エネルギー代謝が大きいほど、作業強度が大きく、肉体疲労の増加に結び付きやすく、苦渋性が高まる。
作業者の作業姿勢	作業姿勢により、筋力への負担が異なるため、苦渋性に影響する。
作業者の力を必要とする作業	力を必要とする作業では、その力により疲労が異なるため、苦渋性に影響する。
作業足場の状態	作業足場の状態により、生体負担や、注意力の喚起に伴う精神疲労が異なるため、苦渋性に影響する。
作業の要求能力特性	要求能力（単純作業、単調作業、多能的作業、堪能力的作業等）により、疲労の程度に影響する。また、個人の能力と作業に必要とされる能力の差が大きい場合には、作業者への負担が大きく、苦渋性が高まる。
組作業	組作業は単独作業に比べて、作業のﾍﾟｰｽが他律的となるため作業者の精神的な負担が大きくなり、苦渋性が高い。

2．苦渋度

作業の結果として発生する苦渋性について、生体負担・疲労という側面から、その程度を評価する方法として、次の２つがある。

（１）生体負担の測定

心拍数、血圧など生理的な変化に着目し、その生体反応の度合いから、苦渋性を評価する。

（２）心理計測

疲労感など、心理的な影響について、アンケート・ヒアリング調査を行い、その結果から、苦渋性を評価する。

（第４章－第２項　作業手順）
苦渋性の低減を行う際の作業手順は、概ね以下のとおりである。
１．測定計画の立案
２．測定の実施
３．測定データの整理・分析
４．目標設定
５．改善案の抽出
６．改善案の実施と評価

〈解説〉

１．測定計画の立案

１）事前調査

測定計画を立案するに当って、可能なかぎり、多くの情報を収集する。

（１）工事実績記録の調査

疲労は注意力の低下をもたらし、事故の原因となる。逆に、注意力の必要な作業は疲労を増大させる。また、長時間作業は疲労の原因となり、苦渋性を高めることとなる。
従って、工事実績記録から、就労時間の実態、過去の事故やケガの状況を把握する。

（２）ヒアリング調査

作業者へのヒアリング調査を行ない、苦渋性の高い作業やその背景、自覚症状等について情報を収集する。

（３）苦渋要因の整理

予備調査の結果から、苦渋性に影響する要因について因果関係の整理や、特性要因図の作成を行なう。

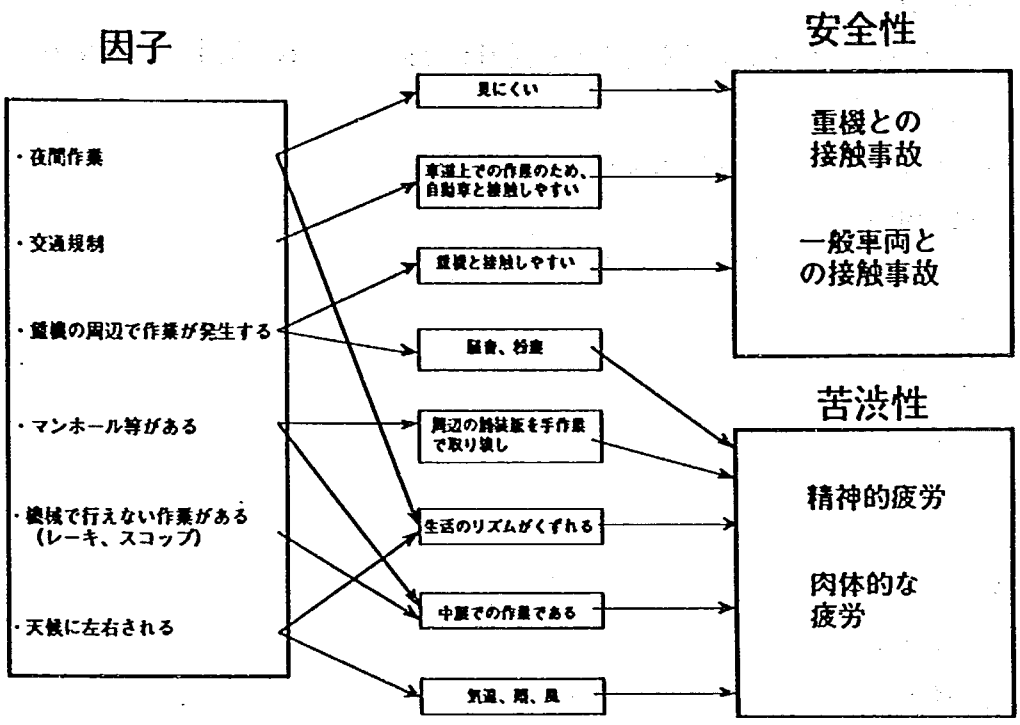


図6-4-1　苦渋に関する道路打換工のヒアリング調査結果

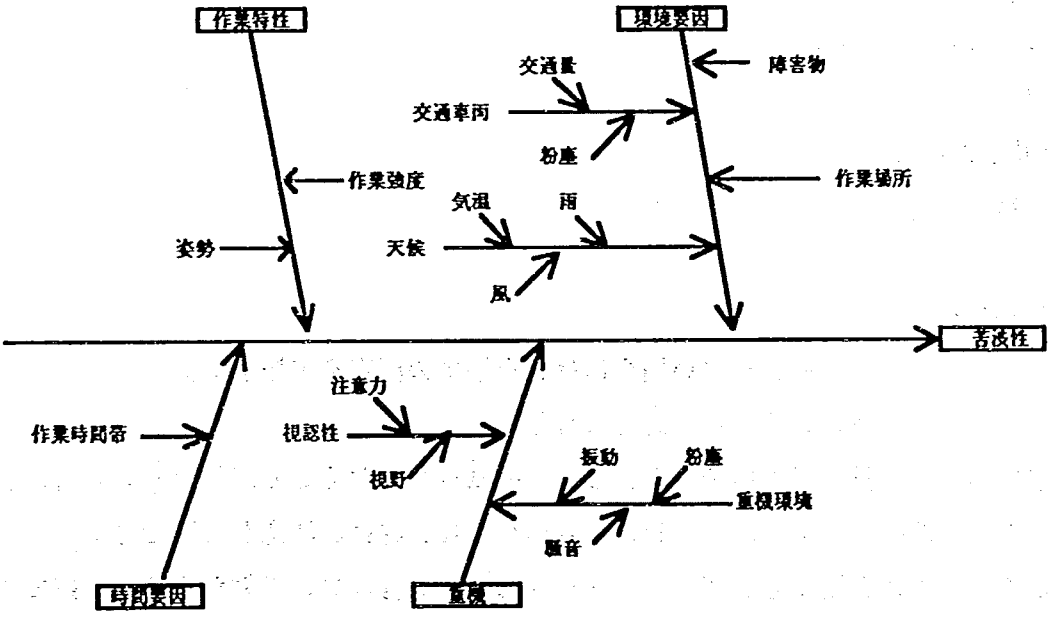


図6-4-2　道路打換工における苦渋性の特性要因図

2）測定項目の選定

事前調査に基づき、苦渋性に深く関係する要因を選択し、それを測定項目とする。

（1）時間要因

・作業時間、稼働時間、非稼働時間
・作業時間帯
・作業の発生回数や作業量、出来高

（2）環境要因

・温度、湿度
・騒音、振動
・照度
・天候
・気質
・障害物の有無

（3）作業の特性

・作業強度
・作業姿勢
・作業の力または取扱い物の重量
・作業の足場や作業場所
・要求能力

（4）生体負担、心理計測

・心拍数
・フリッカー値
・疲労自覚症状調査

2．測定の実施

・評価項目に対してデータが無い場合には、現場での測定を実施する。
・測定は計画に基づき、適切かつ的確に行なう。
・測定に必要な機材や記録用紙を準備し、一度試行しておくことが望ましい。特に、屋内で利用する機材をフィールドで利用する場合には、特に、注意が必要である。
・測定実施前に、実施の方法について充分な打合せを行ない、実態が正確に把握できる様に、現場への協力を願う。
・測定に当っては、できる限り気づいたことをメモするなど、現状の問題点を測定段階においても把握することを心掛ける。
・測定結果は、統計的処理や図表化を行ない、データの整理を行なう。

3．分析

・測定されたデータは、速やかに処理する。

・データは測定条件を必ず併記し、客観性や信頼性を確保。

・分析は、問題点を明確に抽出できる様にし、もし問題点が抽出されない場合には、測定方法や分析方法を再度検討する。

4．改善案の設定

分析結果に基づき、

・苦渋の要因の解消

・苦渋性の低減

を目的とし、なるべく具体的な改善目標値を設定する。

5．改善案の抽出

改善目標を達成する改善案を抽出しなけらばならない。

1）苦渋要因の解消

環境要因、作業特性、時間要因について、各苦渋要因が解消する改善案を立案する。

2）苦渋性の低減

作業者が感じる疲労や苦渋を軽減する改善案を立案する。

6．改善案の評価

既存データや改善案単独の施工による改善効果確認シミュレーション及び効果確認施工を行ない、改善案を評価する。

改善案に関するデータを用いて改善案を取り入れ、また、前提条件を取り込んで苦渋性がどのように変化するか机上で算出し、事前に改善案を評価する。また、改善効果を確認するために改善案を導入した実施工を行ない、各評価項目について、作業測定の分析結果とシミュレーションの結果とを比較検討する。

（第４章－第３項－第１目　測定方法）
苦渋性の低減に向けた施工改善において、分析に必要なデータは、時間要因、環境要因作業特性、疲労があり、適宜選択する必要がある。分析に要するデータを得るには、適適切な測定方法を選定し、的確に実態を把握する必要がある。

〈解説〉

１．測定方法の選定

苦渋性の低減に向けた施工改善において、必要なデータは、

・時間要因
・環境要因
・作業特性
・疲労

に関するものであり、目的により、適宜選択する必要がある。各データを測定するには、適切な測定方法を選定しなければならない。表6-4-4には、苦渋性の要因の測定項目と測定方法の概要、表6-4-5には、疲労度合いの測定項目と測定方法の例を示す。

表6-4-4　苦渋性の要因の測定項目と測定方法

要因		測定項目	測定方法
時間要因	作業時間	・作業開始時間 ・作業終了時間 ・作業中断時間 ・作業発生回数 作業者別、作業別に把握する	時間研究
	一連作業時間	・作業開始時間 ・作業終了時間 ・作業発生回数 作業者別、作業別に把握する	時間研究
	休憩回数、休憩時間、余裕率	・休憩開始、終了時間 ・休憩回数 ・作業終了時間、作業開始時間	時間研究 稼働分析
	作業時間帯	・工事開始時間 ・工事終了時間	時間研究
環境要因	温熱環境	・温度 ・湿度 ・気流 ・輻射	アスマン通風乾湿計 熱線風速計 黒球温度計
	照明環境	・照度	照度計
	作業時の天候	・快晴／晴／曇り／雨など ・風速 ・波、うねり	目視による方法 気象情報
	騒音・振動	・騒音レベル ・騒音周波数 ・振動加速度	騒音計（一定時間間隔または、発生源別） 振動レベル計（一定時間間隔または、発生源別）
	気質環境（浮遊粉塵、ばい煙、有毒ガス等）	・浮遊粉塵の浮遊量 ・ガスの濃度	浮遊測定法・補集測定法 ガス状汚染物質の測定装置
	作業対象外の障害物の存在	・レイアウト	・図面 ・現地での測量
作業特性	作業強度	・心拍数 ・エネルギー代謝率（RMR） 基礎代謝量 労働代謝量	・テレメータ ・酸素消費量の測定 ・実績資料
	作業者の作業姿勢	・作業姿勢 ・時間、頻度	時間研究 動作分析
	作業者の力を必要とする作業	・対象物の大きさ、重さ	・重量計など
	作業足場の状態	・足場の形状 ・足場の摩擦係数	現地での目視
	組作業	・組作業の割合	・方法研究（連合作業分析）

表6-4-5　疲労の測定方法の例

測定対象		測定項目	測定方法
生体負担	心拍数	・心拍数	・テレメータ ・前腕の母指側の腕関節近傍の動脈からの心拍数の読み取り
	フリッカー値	・フリッカー値	・フリッカー値測定器
心理計測	自覚症状・自己申告	・肉体疲労度 ・精神疲労度 ・苦渋度 ・疲労部位 ・疲労原因 ・自覚症状	・帳票調査 ・ヒアリング調査

1）時間要因の測定方法

・作業者の作業別の時間、工数

：作業別の作業時間について、時間研究を行なう。

・作業別の一連続作業時間、作業時間帯

：時間研究により測定を行なう。

・休憩回数、休憩時間、余裕率

：時間研究や稼働分析により、測定を行なう。

さらに時間要因として、他の苦渋性の要因別に作業時間を測定する。

・作業者の姿勢別工数：姿勢別（しゃがんだ姿勢、中腰、直立等）の作業時間を測定する。

・作業者の作業に必要とする人力別工数：人力別（10ｋｇ、20ｋｇ、30ｋｇ等）の作業時間を測定する。

・作業者の作業床面別工数：作業床面別（良い、普通、悪い）の作業時間を測定する。

・作業者の作業場所別工数：作業場所別（右、左、中央、隅等）の作業時間を測定する。

・作業者の作業環境別工数：作業環境別（騒音・振動、排気ガス、粉塵等）の作業時間を測定する。

2）環境測定の測定方法

・温度・湿度の測定には、アスマン通風温度計、アウグスト乾湿計、自記乾湿計などを作業者の暴露状況を正しく示す位置に設置して、適当な時間間隔または時刻に測定する。

・風速の測定には、風程と計測時間とから平均風速を算出する。風程風速計、熱線風速計を用いて測定する。
・照度の測定には、適当な時間間隔で照度計を用いて測定する。
・天候は、現場での目視により行なう。
・騒音の測定には、適正な時間間隔で騒音計、必要に応じて周波数分析機及びデータレコーダを用いて測定する。
・振動の測定には、適正な時間間隔で振動計、必要に応じて周波数分析機及びデータレコーダを用いて測定する。
・粉塵の測定には、適正な時間間隔で粉塵計、個人ダストサンプラーを用いて測定する。
・各種ガスの濃度の測定には、適正な時間間隔で各種ガス検知管及び空気採取器を用いて測定する。

3）作業特性

・作業強度に関して、ＲＭＲの測定を行なう。
：ＲＭＲは、基礎代謝に対する労働代謝の割合を示し、エネルギー代謝率を意味する。
一般には、基礎代謝および労働代謝について、酸素消費量から換算する。
フィールドでの測定は容易ではない場合には、過去の測定資料から概数値として利用する。
・作業姿勢
：作業姿勢は、４編５章で示す区分に分割し、測定を行なう。
・作業者の力を必要とする作業
：取り扱う対象物の大きさや重さを測定する
・足場の状態
：足場の凹凸の状況、滑り易さを目視で確認する
・作業要求能力
：ヒアリングや帳票で、作業に必要とする能力や、作業者の自己能力を調査する。
・組作業
：組作業の状況は、連合作業分析により、測定を行なう。

4）疲労の度合い

・心拍数
：前腕からの関節部位の動脈から心拍数をカウントする方法があるが、心拍数をテレメータ等の測定装置で計測することが望ましい。作業の前後に計測する。
・フリッカー値

：フリッカー測定器置を利用し、測定を行なう。

フリッカー値の測定結果は、相対評価を行なうことが妥当であり、作業の前後に測定を行なう。

・心理計測（自覚症状自己申告法）

：精神疲労、肉体疲労の度合いを帳票やヒアリングにより調査する。

5）その他（レイアウト分析の測定方法）

・作業空間の寸法：作業現場の縦、横、高さをメジャーで測定する。

・建設機械間の位置関係：建設機械の作業半径、建設機械間の距離をメジャーで測定する。

・建設機械と作業者の位置関係：建設機械の作業半径、作業者との距離をメジャーで測定する。

・作業者の現場内の移動距離・回数：作業者の移動距離をメジャーで測定する。また、移動の回数・時間も測定する。

・現場と資材の仮置き場との位置関係：仮置き場と現場までの距離を地図またはメジャーで測定する。また、運搬回数・時間も測定する。

（第４章－第３項－第３目 測定結果の整理）
苦渋性に関する測定結果を分析し、問題点を明らかにするためには、測定結果を適切に整理しなければならない。
問題点の抽出が容易な様に、図表化すると共に、統計的なデータ処理を行なうなどデータの有意かどうかを検定する必要がある。もし、妥当な測定結果が得られない場合には再度、測定計画を練り直す。

（解説）

１．時間要因の測定結果の整理例

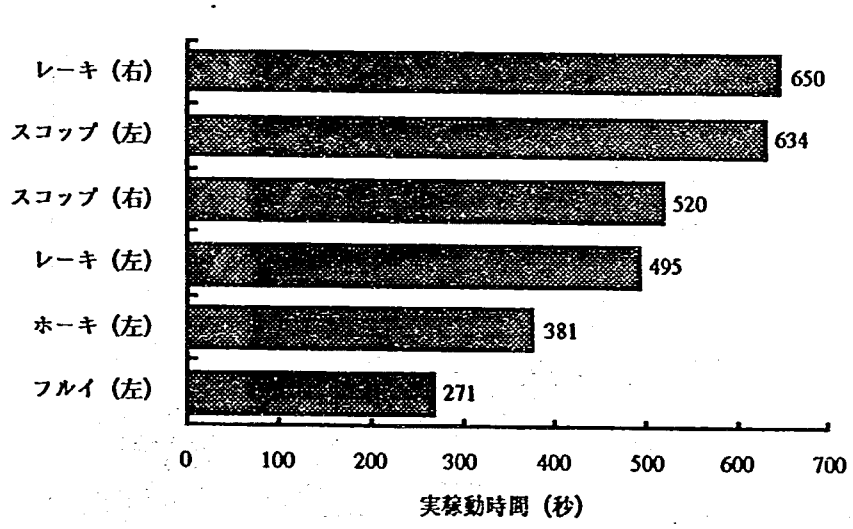


図6-4-3　一定区間における作業者の実稼働時間の測定結果（道路・表層再生工法の例）

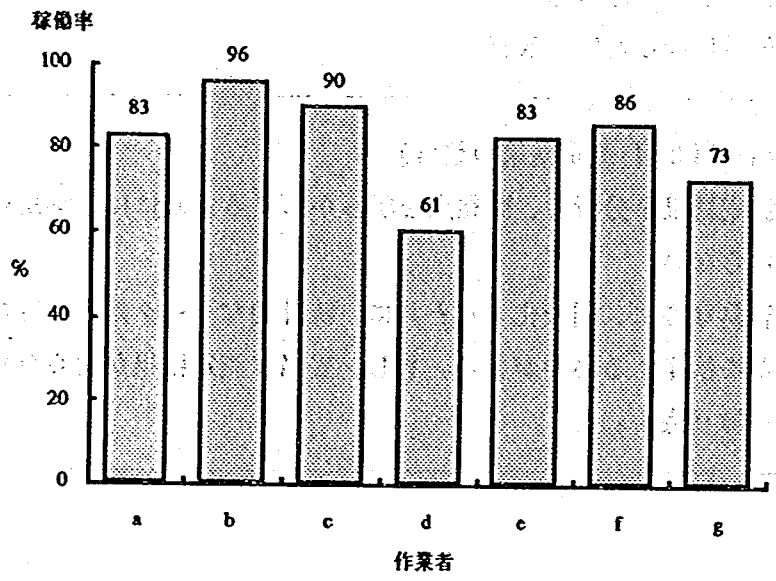


図6-4-4　作業者の稼動率の測定結果（土工・ＣＡＢの例）

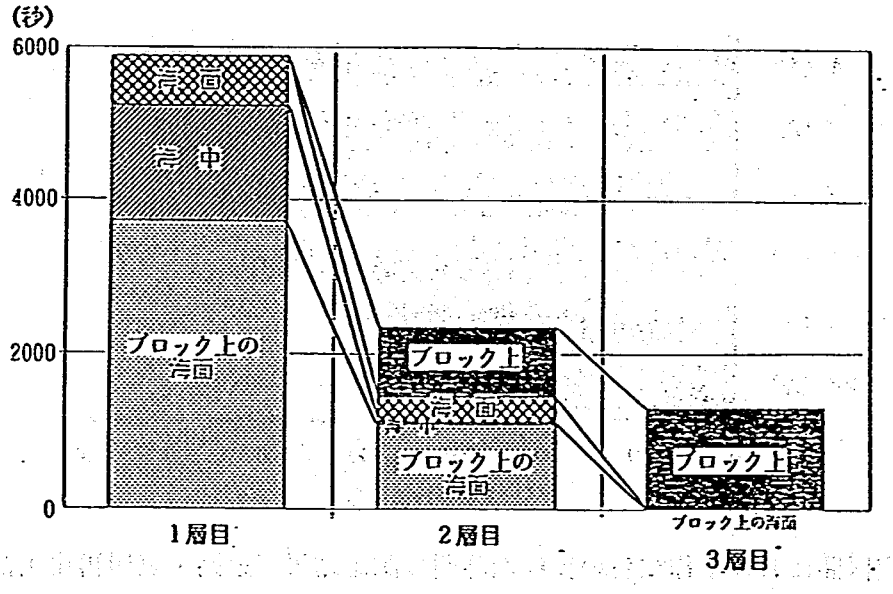


図6-4-5　作業場所にみた潜水夫の作業時間測定結果（離岸堤工）

2．環境要因の測定結果の整理例

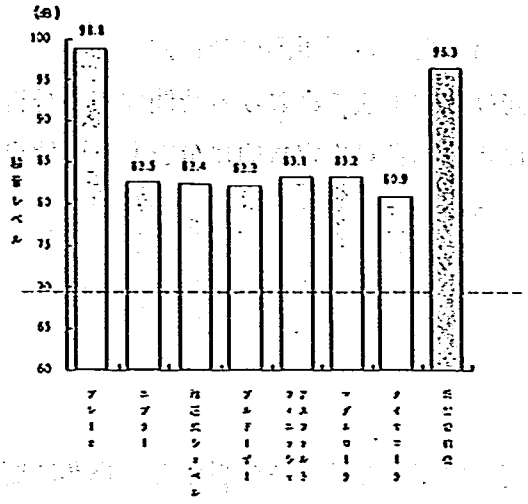
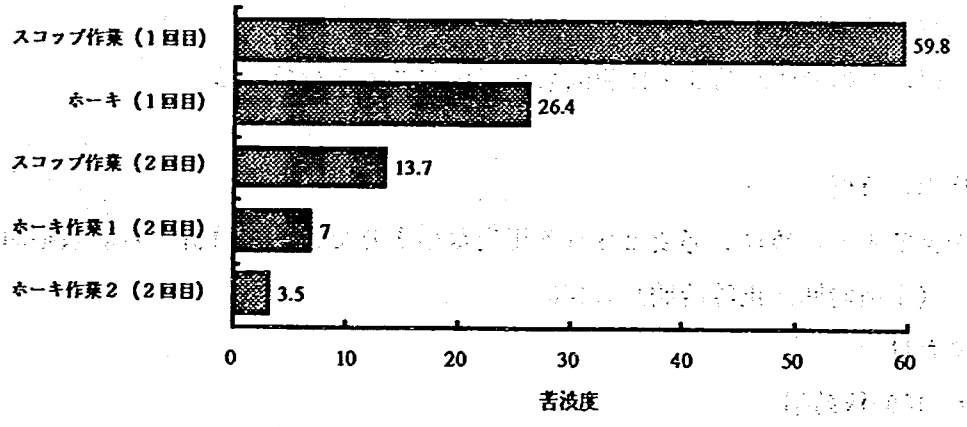


図6-4-6　騒音の測定結果の整理例（道路・打換え工法）

3）作業特性の測定結果の整理例



注）苦渋度=ＲＭＲ×一定工事区間における実稼働時間と定義する

図6-4-7　エネルギー代謝に基づく作業別の苦渋度（表層再生工法の例）

（第４章－第４項－第１目　時間要因の分析）
苦渋性の低減に向けた施工改善における時間要因の分析とは、作業者の作業時間や工数を把握することにより作業量を定量的に分析し、問題点を抽出する手法である。

（解説）

１．作業時間の分析

作業の開始する時間と終了する時間を分析する。作業時間は、（作業の終了時刻－作業開始時刻）でもとめられる。作業時間の長い作業は、疲労など苦渋性が高いものと判断される。

２．一連続作業時間の分析

中断しない連続作業時間を分析する。連続作業時間は、（作業終了時刻－作業開始時刻）で求められる。連続作業時間の長い作業は、疲労など苦渋性の高いもと判断される。

３．休憩回数、休憩時間の分析

休憩回数・休憩時間を分析する。
疲労の回復のための休憩時間・休憩回数が適正であるか分析する。

４．余裕率の分析

作業を継続するために、必要とされる正当なゆとりであるか分析する。余裕率は、
余裕率＝（余裕時間／正味時間）×100
　　または
　＝　100-稼動率
で求められる。

余裕率が適性な水準以下の場合や、作業者毎に余裕率のバラツキが大きい場合には、問題があるものと判断され、適正な余裕率または稼動率への改善や、作業負荷の平準化による作業余裕の確保を行なう。

5．作業時間帯の分析

作業者には、生活リズムに個人差がある。作業の時間帯によっては、生活リズムが崩れ作業に能力が発揮できない場合もある。特に夜間作業の場合、作業者の生活リズムが昼夜まったく逆転してしまい、作業者にとっては苦渋性が高い。また、夜明け前になると作業者 の疲労と生活リズムのズレから眠くなり作業者に苦渋性を与える。

従って、残業や夜間作業が発生している場合には、夜間作業時間を短縮するように改善を図る。

（第４章－第４項－第２目　環境要因の分析）
苦渋性の低減に向けた施工改善の実施における環境要因の分析とは、作業の環境要因を測定し、定量的に分析し、問題点を抽出する手法である。

（解説）

１．気温（温度）、湿度、輻射熱、気流（風）など温熱環境の分析

温熱環境要素には気温、湿度、輻射熱、気流が存在する。これらはいずれも作業時の不快感の重ような要因である。通常、気温・湿度は、気流や輻射熱の影響の受けないアスマン通風乾湿計で、また、気流は熱線風速計、輻射熱は黒球温度計で測定を行う。温熱環境の快適性を示す指標として気温、湿度、輻射熱、気流を総合評価したＰＭＶ指数（快適感の平均予想申告）や、ＰＭＶ指数で示された環境において集団構成員の何％が不快を感じるかを数値で予測するＰＰＤ指数で評価する。

２．照度、グレアなど照明環境の分析

夜間や、昼間でも照明が必要な場所での作業では、照明の明るさやグレア（視野の中に高輝度の光を見るとそのまぶしさのために完全な視覚機能が果たせなくなる現象。光源が直接、目にはいる不快グレアと明るい光源があると暗い視対象が見えにくくなる視覚低下グレアが存在する）問題になる。照度は照度計で測定する。また、グレアは、照度、および光 源と視覚のなす角度が分かればこれから算定できる。各種作業における照度、グレアの適 正基準が提唱されている。

照度やグレアが適性基準に至っていない場合や、特に照明環境の悪い作業については、適正な照明環境を確保するか、または、現状の照明環境でも作業が実施できるように、作業方法を変更するように、改善を行なう。

３．騒音、振動、低周波騒音の分析

騒音は全体の作業量よりも作業の正確さの方に多く影響を及ぼすことが知られており、また判断を必要とする作業は、そうでない作業にくらべて騒音の影響を受けやすいことが見いだされている。従って騒音は苦渋性との関連性が深い。振動については、人間の生理機能、心理面などに大きな影響を与える。騒音の評価量として現在最も多く用いられているのは騒

音レベル（ｄＢ）であり、騒音計により測定される。一方、振動は振動レベル計によって測定される。「うるささ」の物理量は、一次的なものに音の強度、二次的なものに周波数構成（高周波成分が多いほどうるさく感じる）および時間的要因と関係している。　不快さは、音の強度や周波数構成等に関連していることが知られている。また、騒音は、注意力の低下、作業能率の低下をもたらし、会話等の明瞭度を下げ情報伝達の良否を左右するので、これらの定量的評価が今後必要である。一方、振動については、振動周波数ごとに人体の各器官に生理的な機能変化をもたらすことがある。

騒音、振動の測定結果が適性基準を上回る場合や、騒音、振動環境が相対的に悪い作業について、騒音、振動を低減できるように発生源を改善する。

4．気質（浮遊粉塵、ばい煙、有毒ガス。酸欠、悪臭）の分析

作業環境における気質は、短期的にもまた長期的にも重要な苦渋要因である。気質には、有機粉塵、ばい煙、有毒ガス、酸素欠乏、悪臭などが含まれ、作業内容や場所によって、関係する項目は大きく異なる。浮遊粉塵測定法では単一の機器で粉塵の全実態を把握することはできない。散乱光を利用して浮遊状態のまま濃度を評価する浮遊測定法、粉塵を捕集して評価する捕集測定法に大別できる。粉塵以外では、一酸化炭素、二酸化炭素、窒素　酸化物などを初めとするガス状汚染物質の測定装置が開発されている。作業における気質の適正基準が提唱されている。気質は、環境要因の中でも重要な要因の一つである。

気質が適性水準以上の場合や、気質が相対的に悪い作業については、気質の改善を図るか、人手作業を無くすように自動化を図る必要がある。

5．作業対象外の障害物の存在の分析

電柱、周囲の建物（人家等）、構造物、電線（電話線）、地下埋設物（水道管、ガス管等）作業対象外の障害物である。以上の障害物の存在する作業では、注意力、集中力等を必要とされる作業なので、精神的苦渋を作業者に与える。

障害物の存在がもたらす苦渋性への影響については、４項別目を参照する。

6．天候の分析

天候の変化によって、風、雨、雪等の状況下での作業については、生活リズムが崩れ、肉体的疲労も多く作業者に与える苦渋性は高い。

天候要因がもたらす影響は、生体負担や心理計測の結果と照らし合せ、その関係を明らかにする必要がある。

（第４章－第４項－第３目　作業特性の分析）
苦渋性の低減に向けた施工改善における作業特性の分析とは、作業方法が人間の苦渋性に影響する要因を定量的に分析し、問題点を抽出する手法である。

（解説）

１．作業強度（ＲＭＲ）の分析

作業強度を示す指標として労働時代謝量が存在するが、これは個人差が大きく、その影響も受けやすい。同じ作業ならば、ほぼ一定の値がえられるＲＭＲ（エネルギー代謝率）が作業強度指数としてよく利用されている。ＲＭＲ＝（作業時消費エネルギー－安静時エネルギー）／基礎代謝量で求められる。また、この指標と作業時間の積をとることで、作業に伴うエネルギー代謝量が求められる。

このエネルギー代謝量を、そのまま作業の苦渋度と見なすことはできないが、少なくともこの数字が低いよりも高い方が、作業者によって体力を消耗する度合いが大きいことが判断できる。

従って、ＲＭＲの大きな作業や、ＲＭＲと作業時間の積が大きい作業について、重点的な改善が求められる。

２．作業姿勢の分析

作業姿勢別の作業時間及び工数を分析することによって、作業者の苦渋性を評価できる。作業姿勢別（しゃがんだ姿勢、中腰の姿勢、直立の姿勢等）に分類して、それに対する作業時間または観測回数を測定して、全作業者の姿勢別の工数を求める。

作業姿勢と疲労の関係は研究が行なわれており、苦渋性の高い姿勢に対して、工数の多い作業は、疲労等の苦渋性の高いものと評価できる。このように苦渋姿勢が多い場合には、姿勢が洛になるように、作業の改善を図る。

３．作業足場の状態の分析

作業足場の状態別の作業時間及び工数を分析することによって、作業者の苦渋性を評価する。作業足場の状態別（良い、普通、悪い等）に分類して、それに対する作業時間を測定して、全作業者の作業足場別の作業時間を合計して工数を求める。

4．組作業の分析

組作業の場合、作業者が協調しながら、作業を行なうため、両者のタイミングを合わせる必要があり、精神的な負荷が大きい。このため、連合作業分析で、協調作業の割合が多い場合には、この時間を短縮するか、単独作業で作業が行なえるように、改善を図る。 第4章 苦渋性の低減に向けた施工改善

（第４章－第４項－第４目　生体負担の分析）

苦渋性の低減に向けた施工改善における生体負担の分析とは、苦渋性に関連する生理的反応について、定量的に分析し、問題点を抽出する手法である。

生体負担の測定は、生理的な反応をもとに、苦渋度を評価する方法である。主として実験室レベルで行なわれることが多いため、フィールドで測定する場合には、十分な準備を必要とし、また、その測定結果を十分に理解することが重要となる。測定結果に至った原因との関係を明らかにし、その関係が明確となった段階で、その要因に対して、改善を行なうことが望まれる。

〈解説〉

１．心拍数

心拍数は、簡単に測定できる。負荷を加えたときに心拍量の変化とよく相関するので、疲労や運動の生理研究に利用されている。

筋労働の結果や、精神的作業負荷により、心拍数は増加するため、心拍数の変動を分析すると、作業負荷の度合いを評価することができる。しかし、精神的作業負荷による心拍数の変動は、肉体的な作業負荷によるものに比べて、複雑な変動をする。心拍数の変動と作業者の行動との対応関係をとることが必要であることから、注意深く、測定および分析を行なう必要がある。

２．フリッカー値

精神疲労の指標の一つに感覚系のチラツキ融合頻度（フリッカー値：ＣＦＦ）がよく利用される。光をセクタで切り、その周波数を下げていった場合にちらつきの見え始める周波数をフリッカー値と呼ぶ。フリッカー値の低下率が大きいほど、精神疲労の程度が高いとされている。

（第４章－第４項－第５目　心理計測結果の分析）
苦渋性の低減に向けた施工改善における心理計測の分析とは、苦渋性に関連する心理的反応について、作業者の自覚症状を定量的に分析し、問題点を抽出する手法である。

〈解説〉

１．心理計測の結果の分析方法

多くの被験者に対して、心理計測を行なうことにより、苦渋要因と苦渋度の関係を明らかにすることが可能である。分析のためには、苦渋度と要因の対応を前提とした計測を行なう必要がある。

計測結果は、以下の手順で統計処理を行ない、苦渋要因と苦渋度の関係を明らかにし、改善へ結び付ける。

（１）母集団の検定
（２）要因の独立性の検定
（３）相関分析
（４）理論的な妥当性の検討
（５）重回帰分析による評価モデルの作成

２．心理計測結果を利用した苦渋度の評価方法と改善への適用

（１）疲労度と苦渋性

疲労度と苦渋性は、相関が強いため、疲労度（０～10の11段階評価）全体、肉体疲労度、精神疲労度を計測することにより、苦渋度（０～10の11段階評価）を評価することができる。

従って、作業者の疲労度の申告値を明らかにすることにより、その作業の苦渋度を評価すすることができる。この結果を利用することにより、苦渋度の高い作業を重点的に改善する。

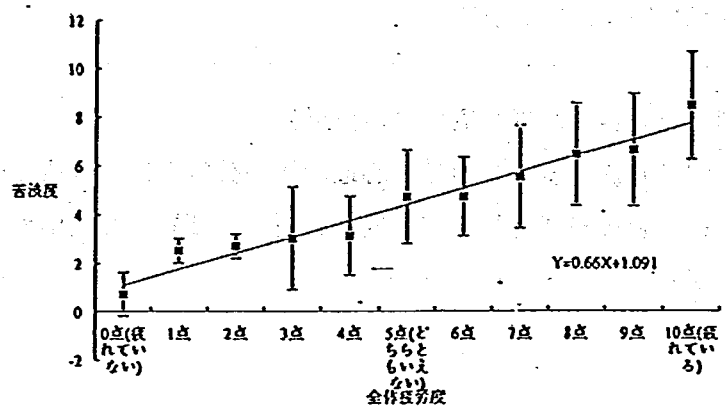


図6-4-8　全体疲労度と苦渋度の関係

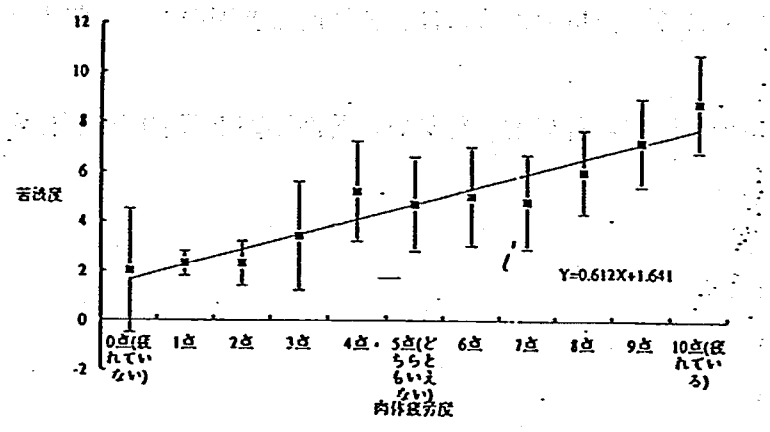


図6-4-9　肉体疲労度と苦渋度の関係

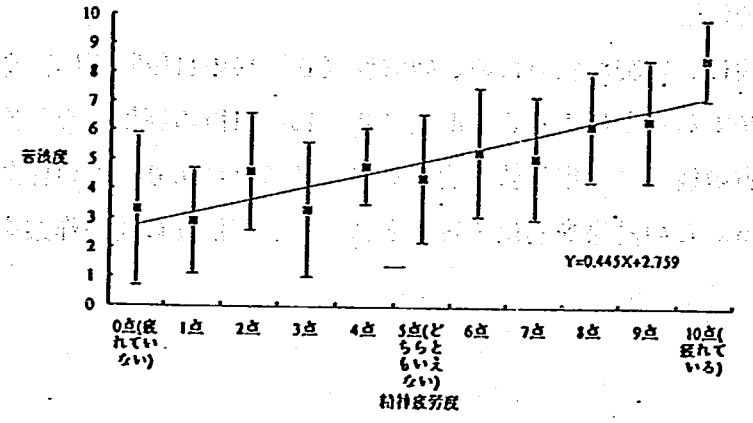


図6-4-10　精神疲労度と苦渋度の関係

（２）環境要因と苦渋度

工種別に、環境要因と苦渋度の関係は別表の様に分析された。従って、環境要因を測定することにより、おおまかな苦渋度を評価することができ、苦渋度の高くなる要因について改善を行なう。

表6-4-6　作業環境要因と苦渋度

（A）道路維持修繕工（打換え工・切削オーバーレイ）

状況	苦渋度	順位
今回実施	4.8	
(1) 作業が早朝だったら	4.8	7
(2) 作業が日中だったら	4.5	9
(3) 作業が夜間だったら	5.4	6
(4) 真夏だったら	6.6	2
(5) 真冬だったら	5.9	4
(6) 強い風が吹いていたら	6.3	3
(7) ホンホン回りだったら	6.9	1
(8) 晴れていたら	5.0	6
(9) くもりだったら	4.7	8

（B）土工・築堤

状況	苦渋度	順位
今回実施	5.0	
(1) 作業が早朝だったら	5.0	7
(2) 作業が日中だったら	4.3	10
(3) 作業が夜間だったら	7.4	1
(4) 真夏だったら	5.5	3
(5) 真冬だったら	5.4	5
(6) 強い風が吹いていたら	5.5	3
(7) ホンホン回りだったら	5.1	6
(8) 晴れていたら	4.4	8
(9) くもりだったら	4.4	8
(10) 土質が非常に良かったら	3.1	11
(11) 土質が非常に悪かったら	7.2	2

（C）海洋・離岸堤工

状況	苦渋度	順位
今回平均(0)	4.4	
(1) 作業が早朝だったら	5.2	11
(2) 作業が日中だったら	4.9	12
(3) 作業が夜間だったら	6.9	3
(4) 月災だったら	6.1	5
(5) 月冬だったら	5.8	6
(6) 強い風が吹いていたら	7.8	1
(7) ホンホン当りだったら	5.6	9
(8) 晴れていたら	4.5	14
(9) くもりだったら	4.3	15
(10) うねりや波が非常に大きかったら	7.7	2
(11) うねりや波がほとんどなかったら	3.9	18
(12) 湿潤度が高かったら(1m以内)	4.7	13
(13) 湿潤度が良かったら(3m以内)	4.2	16
(14) 湿気が低かったら	6.5	4
(15) 湿気がほとんどなかったら	4.2	16
(16) 海上での思えつりだったら	5.3	10
(17) 海岸近くでの思えつりだったら	5.8	6
(18) 海中での思えつりだったら	5.8	6

（3）苦渋要因と苦渋度の関係

苦渋要因として、作業単位、障害物のような作業阻害要因の有無、作業経過時間（分）、作業余裕としての作業中断時間（3分以上の手待ち状態：分）が苦渋度に大きく関係があることが分析され、その苦渋度を以下のモデル式で評価することが可能であることが調査結果より明かとなった。

苦渋度を下げるためには、作業の阻害要因を低下させること、作業の余裕を設けること、作業方法を変更することにより、作業単位の苦渋度を低減させることが必要であることが判る。

苦渋度の評価モデル式の例

苦渋度	定数項	作業単位	作業阻害	経過時間	中断率
Y =	4.91	$+X_1$	+0.014〔有〕(−0.008〔無〕)	$+0.0003X_3$	$-0.006X_4$

但し作業単位のカテゴリー変数値は、以下の通りである。

〔道路〕掘削・土砂の除去作業	−1.90
〔道路〕下層・敷均補助	+0.16
〔道路〕上層・レーキ／スコップ	+2.11
〔土工〕掘削・油圧シャベル	+1.23
〔土工〕移動・ダンプ操縦	+0.44
〔土工〕敷均・油圧シャベル	−0.26
〔土工〕法面・小型ブルドーザー	−0.89
〔擁岸堤〕据付・玉掛け	−1.56

（第４章－第５項　苦渋性の低減に向けた改善案の抽出と評価）
苦渋性の低減に向けた改善案を出すプロセスについては、基本プロセスに準じて行なう。苦渋性の改善の目標設定は容易ではないことも多いが、可能なかぎり、具体的な改善の目標を設定するように心掛ける。

〈解説〉

対象となる苦渋性の指標の改善につながるプロセスを考案し施工改善を実施していくことが必要である。

１．改善の目標設定

解析データより、改善の目標を設定する。目標の設定としては、直接苦渋度の改善目標とする場合と、苦渋の要因について改善目標を設定することが考えられる。

しかし、苦渋性の改善目標に関して、定量的な目標の設定が容易でないことや目標水準の妥当性は必ずしも明確でないことも多い。少なくとも、改善すべき対象（作業や要因など）を明確化し、改善を図ることが重要である。

２．改善の提案

情報機関から資料を取り寄せて、施工に関する苦渋の諸問題を調査し、技術水準、改善のニーズ、緊急度等を考慮して検討する。関係する分野の技術者を交えたブレーン・ストーミング法等で得られた改善項目を施工に関する問題点に対して、作業手順、投資資源（作業者、機械）、作業の問題点について整理する。

ブレーンストミーンングなど改善案の抽出を行なう場合、苦渋性に影響する要因について明らかにし、その要因のレベルを低減したり、無くしたりする方向で改善案を検討する。

３．案の絞り込み

ブレーンストーミング法等で得られた改善案を作業手順、投資資源、作業の問題点等に整理する。また、この改善案に対しては、文献調査等で施工に関する諸問題点を調査する。改善案についての現実性、技術水準、コスト等について多分野の専門家等を対象にヒアリングを行う。以上の結果より、改善案の中から現実性、技術水準、緊急度、改善のニーズ等を考

慮して、改善の効果の期待できるものから優先順位をつける。

4．改善効果の試算

改善効果を事前に評価するために、既存のデータもしくは新たな改善案に焦点を絞り込んだ測定を行い、改善案を取り入れた効果について、苦渋性の評価モデル等の利用により机上で算出する。

新たな改善案に焦点を絞り込んだ測定を行う場合は、測定レベル、測定項目、測定方法、分析方法を改善前と同じものを設定し、分析を行い、改善前と改善後を比較して改善効果を調べる。また、前提条件として、改善が適用していない作業での作業効率は同じであり、改善が盛り込まれている作業では、改善効果の割合は同じである。以上の結果から前提条件を踏まえて改善後のデータを補正する。補正したデータを改善前の施工現場でのデータに組み入れて試算する。

5．改善案の評価

改善効果を事前に試算したものについて、その改善効果を確認するために施工現場に改善案を盛りこんだで実施工を行う。測定レベル、測定項目、測定方法、分析方法について試算したものと同じものを設定し、分析を行う。以上の結果から最初に想定したレベルでの作業時間、作業工数、作業者数等について試算の結果とを検討する。

改善前と改善後を比較するために、改善効果確認施工を実施する。

比較する条件として、改善前の施工条件を揃える。（改善後の施工条件、測定項目及び分析方法が事前に測定しているデータと整合がとれない場合、改めて改善後の施工現場に合わせて、改善前の施工現場の測定を行う。）

測定レベル、測定項目、測定方法、分析方法は、改善前と同じものを設定する。以上の条件を揃えて分析し、最初に想定したレベルで作業時間、作業量、作業者数等をそれぞれ改善後と比較して評価する。

（第５章一第１項一第１目　土木工事における安全性）

「施工改善」と言うと、時間短縮、省力化等生産性の向上のみに改善の眼が向けられがちだが、安全性の向上を目的とした改善を行う場合は、まず安全を優先して考えるべきである。

１．安全性の改善は、災害の原因を追求し、そのポテンシャルを低減する事が基本である。

２．災害の発生状況を見ると、近年、労働災害の減少が鈍化している中で、建設業における死亡災害は全産業中の４割、死傷災害においては全体の約３割に上がっている。

３．土木工事で多い災害は、建設機械に伴う挟まれ・巻き込まれ・激突されで、次いで仮設物・建築物からの墜落・転落、等である。

（解説）

１．労働災害と災害ポテンシャル

働くということは、人が動くことであり、多かれ少なかれ、危険が伴うものであるということを常に認識していなければならない。

米国のハインリッヒの調査によると、重傷の災害　１件に対し、軽症が　２９件、ヒヤリ・ハットの事故が　３００件であった。　言い換えれば、一人の重傷者が発生するのに２９回の軽症と、幸運にも難を免れたが３００回もの事故につながる危険があるわけで、３３０回の不安全行為があっても重大事故として表面にでるのは１回だけという事になる。

水面上にある災害（重傷・軽症）を少なくするには、水面下のヒヤリ・ハットの事故を重視し、これを低減する必要がある。

建設工事現場で災害が多発しているということは、それを起こす可能性（災害ポテンシャル）が多く存在していることを意味する。

目標の工期中に、仕上がり良く、しかも無災害で工事を完成するためには安全を先取りした工事の計画・施工が重要となる。

災害が発生すると、重大事故の場合、被災者一人の問題で終わらず、家庭崩壊になったり、又、社会的責任から、その会社が経営危機に陥ってしまう事にもなりかねない。

時間短縮、省力化等生産性の向上に改善の眼が向けられると、作業者に無理を強いる事にもなりかねず、安全がおろそかなってしまう恐れがある。

安全性の向上を目的に改善を行う場合には、まず安全を第一優先で考えるべきである。

2．災害の発生状況

最近の労働災害の発生状況を見ると、近年、労働災害の減少が鈍化している中で、建設工事現場で発生する労働災害のうち、死亡災害については、全産業中の４割、死傷災害においては全体の約３割の多きに上っている。　図6.5.1 に労働災害死亡者数の推移を示す。

土木工事で多い災害は、

(1) 建設機械等による災害（道路、土地整理、上下水道）

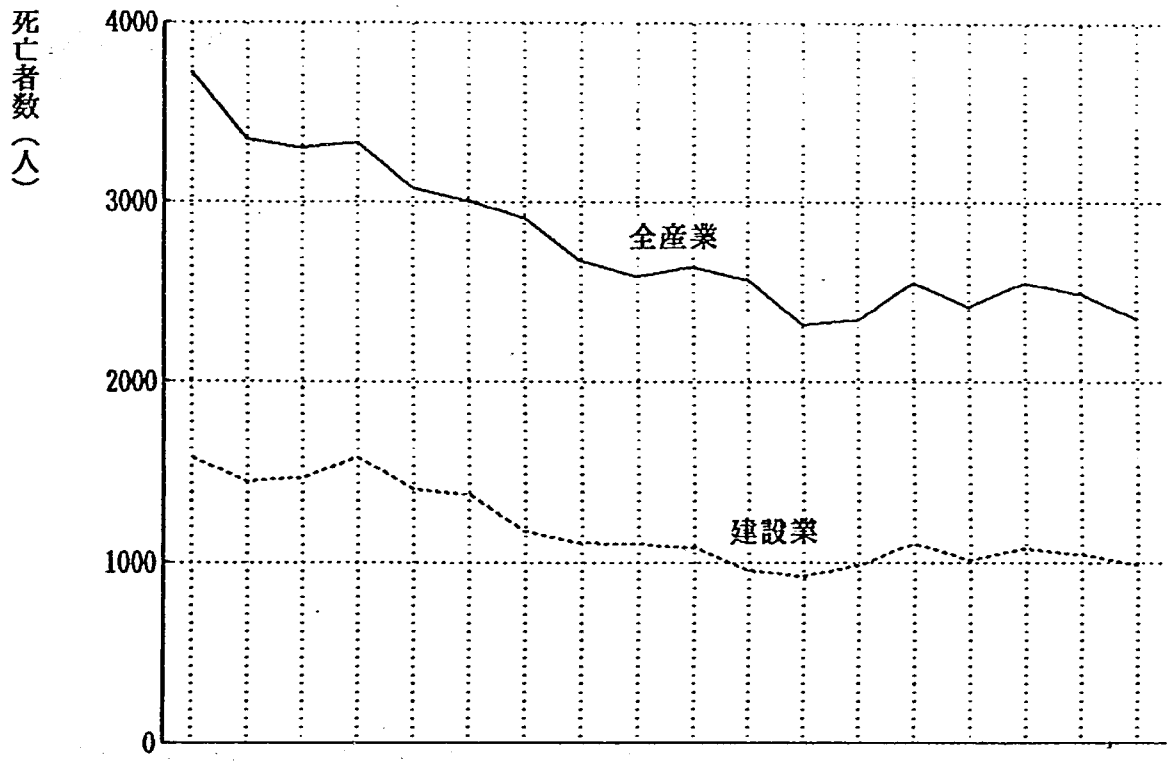
(2) 自動車等による災害（道路、土地整理）

(3) 墜落による災害（道路、橋梁、砂防）

(4) 土砂崩壊等による災害（上下水道、道路）

(5) 飛来、落下による災害、クレーン等による災害

等である。その例を表6.5.1 に示す。



	'75	'76	'77	'78	'79	'80	'81	'82	'83	'84	'85	'86	'87	'88	'89	'90	'91	'92
全産業	3725	3345	3302	3326	3077	3009	2912	2674	2588	2635	2572	2318	2342	2549	2419	2550	2489	2354
建設業	1582	1451	1464	1583	1404	1374	1173	1113	1106	1083	960	927	983	1106	1017	1075	1047	993

図6.5.1　労働災害死亡者数の推移（建設業労働災害防止協会資料より）

表6.5.1　土木工事における死亡災害の工事・災害の種類別発生状況（平成２年）

工事の種類 / 災害の種類	土木工事												
	水力ダム	トンネル	地下鉄	鉄道	橋梁	道路	河川	砂防	土地整理	上下水道	港湾	その他	小計
墜落による災害	1	2	0	1	14	18	9	12	2	7	1	5	72
飛来・落下による災害	2	0	1	0	4	4	2	3	4	5	1	2	28
倒壊による災害	0	2	0	0	1	2	2	3	4	5	2	1	22
土砂崩壊等による災害	0	4	0	0	2	13	2	7	4	31	0	7	70
落盤等による災害	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
クレーン等による災害	0	1	0	0	2	9	3	3	1	3	2	1	25
自動車等による災害	1	3	0	3	0	31	6	5	11	6	0	10	76
建設機械等による災害	2	9	0	1	0	45	12	8	19	14	0	8	118
電気による災害	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	2
爆発・火災等による災害	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	2	3
取扱運搬等による災害	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	2
その他の災害	0	2	0	0	2	2	9	1	3	6	7	6	38
合計	6	23	1	5	25	124	46	43	50	77	14	42	456

（安全衛生年鑑より）

（第５章一第１項一第２目　災害の要因とその排除）
　災害の要因は、作業者を中心として外部要因と内部要因に分けられる。
土木工事において災害の要因を排除するためには
　１．作業環境、作業条件の改善
　２．作業者の技能の向上
　３．機械の予防保全
　４．機械を運転するために必要な資格の取得
等が必要である。
　「定位置の作業でない」「繰り返し作業でない」「流れ作業でない」「標準化しにくい作業である」など建設工事における作業には特有な危険が存在する。

（解説）

　安全性を考えるとき、作業者を中心として外部要因と内部要因に分けられる。外部要因とは作業者の外部の環境や設備、作業条件等であり、内部要因とは作業手順や操作、姿勢など、人間のミスやエラーから生じるものなどである。
　苦渋作業は精神疲労を発生させ、ミスやエラーを誘発し、事故を生じさせる可能性が高く、苦渋性の低減は安全性の向上の観点からも重要となる。
　これらの災害の要因を排除するためには、次の項目が重要となる。

１．作業環境、作業条件の改善
　作業者が墜落するおそれのある場所、土砂等が崩壊するおそれのある場所等に係る危険を防止するため必要な措置を講じ、労働者を就業させる建設物その他の作業場について、道路、床面、階段等の保全並びに換気、採光、照明、温度、防湿、休養、避難、及び清潔、に必要な措置、その他労働者の健康、風紀及び生命の保持のため必要な措置を講じなければならない。

２．作業者の技能の向上
　建設業では技術革新のスピードと、作業者の技能の習得とが噛み合わないために災害が発生しているとも言われている。作業者の技能の向上は、新しい技術に適応しようとする各人

の努力に依るところが大であるが、管理者や現場監督者は作業者への新しい技術に必要な技能の習得のための教育・訓練を行う事が重要となる。

3．機械の予防保全

労働災害には、機械設備等の不備に起因するものと、作業者の不安全な行動に起因するものとがあり、一般的にはこの両者が組み合わされて発生する場合が多い。

労働災害を防止するためには、これらの災害要因をなくす事が決め手となるが、後者は人間が介在し、人間は必ずミスを犯すものであるという観点に立つと、機械設備等の点検・整備を十分に実施し、安全な状態に保つ事が重要となる。

4．建設機械の運転免許、安全教育

建設業における建設機械による災害のうち、最近の死亡災害について、建設機械の種類別にみると、掘削用機械（パワーショベル、ドラグショベル等）に係わるものが最も多く、次いで、整地・運搬・積込み用機械（ブルドーザ、トラクタショベル等）、締固め用機械（ローラ等）、基礎工事用機械（杭打ち機、杭抜き機等）の順になっている。

また、事故の型別にみると、はさまれ、巻き込まれに係わるものが最も多く、次いで墜落・転落・転倒に係わるもの、激突に係わるものの順になっており、これらで全体の約9割を占めている。

昭和47年に施工された労働安全衛生法により、建設機械の運転業務に付く場合には、指定教習期間が行う技能講習を終了していること、または労働省令で定める資格を有することが必要となっている。表6.5.2 にその主なものを記述する。

表6.5.2　車両系建設機械等就業制限一覧表（労働安全衛生法、労働安全衛生規則等）

建設機械の分類（用途別分類）	労働安全衛生法施工令別表第7分類番号	機械型式別分類	主な機械名称等	就業制限等		【参考】
				技能講習等了証	特別教育	路上での運転免許
1.整地・運搬・積込み用機械	1－1	ブルドーザー	ブルドーザー	機体重量3t以上（自走式）	機体重量3t未満（自走式）	
	1－2	モーター・グレーダー	モーター・グレーダー	3t以上（自走式）	3t未満（自走式）	大型特殊
	1－3	トラクター・ショベル	トラクター・ショベル、ホイールローダー、トラクターローダー	3t以上（自走式）	3t未満（自走式）	大型(小型)特殊
	1－4	ずり積機	ロッカーショベル	3t以上（自走式）	3t未満（自走式）	
	1－5	スクレーパー	モーター・スクレーパー	3t以上（自走式）	3t未満（自走式）	
2.掘削用機械	2－1	パワー・ショベル	パワー・ショベル	機体重量3t以上（自走式）	機体重量3t未満（自走式）	大型特殊
	2－2	ドラグ・ショベル	ドラグ・ショベル	3t以上（自走式）	3t未満（自走式）	
	2－3	ドラグライン	ドラグライン	3t以上（自走式）	3t未満（自走式）	
	2－4	クラムシェル	クラムシェル	3t以上（自走式）	3t未満（自走式）	
3.基礎工事用機械	3－1	くい打機	ディーゼルハンマー ドロップハンマー バイブロハンマー	機体重量3t以上（自走式）	機体重量3t未満（自走式）作業装置の操作非自走式	
	3－2	くい抜機	同上	同上	同上	
	3－3	アースドリル	アースドリル	3t以上（自走式）	同上	
	3－4	リバース・サーキュレーション・ドリル	リバース・サーキュレーション・ドリル	3t以上（自走式）	同上	
	3－5	せん孔機（チューピングマシンを有する物に限る）	ベノトマシン	3t以上（自走式）	同上	
	3－6	アース・オーガ	アース・オーガ	3t以上（自走式）	同上	
	3－7	ペーパー・ドレーン・マシン	ペーパー・ドレーン・マシン	3t以上（自走式）	同上	
4.締固め用機械	4－1	ローラー	ロード・ローラー、タイヤ・ローラー		自走式	大型特殊
			タンピング・ローラー バイブレーション・ローラー		自走式	大型特殊
5.コンクリート打設用	5－1	コンクリートポンプ車	コンクリートポンプ車(ブーム付きに限る)		作業装置の操作	自動車の種類に応じた免許
6.解体用機械	6－1	ブレーカ	ブレーカ	機体重量3t以上	機体重量3t未満	大型特殊
建設機械		高所作業車		作業床高10m以上	作業床高2m以上10m以下	自動車の種類に応じた免許
		ボーリングマシーン			掘削装置の操作	
車両系荷役運搬機械		不整地運搬車		最大積載量1t以上	最大積載量1t未満	
クレーン等	玉掛け作業			吊り上げ荷重1t以上	吊り上げ荷重1t未満	
	移動式クレーン	吊り上げ荷重5t以上：移動式クレーン運転士免許 吊り上げ荷重1t以上5t未満：小型移動式クレーン運転技能講習 吊り上げ荷重1t未満：移動式クレーン運転特別教育				自動車の種類に応じた免許

危険性という観点から建設作業を考えてみると、定位置での作業ではない、単なる繰返し作業ではない、流れ作業ではない、標準化しにくい作業である、等があり、特有な災害が発生する。

①「移動」による危険

建設作業は定位置の作業でなく位置を移動する過程に危険が存在する。具体的には、作業者の移動時の　a.足の運び　　b.姿勢　　c.速さ　　d.眼（視線）　などの動作がそれである。

つまり、作業する位置決めのための移動における「動作」の中に危険が存在する。

②「作業」による危険

作業のために動作が変化する過程に危険が存在する。具体的には、作業者の a.手のさばき b.工具の持ち方・使い方 c.足のふんばり d.視線（注目）e.動作の大きさ・速さ・強さ f.無理のない動き・身のこなし
などの動作がそれである。

③「協同作業」による危険

建設作業の特色として、足場・梯子等の設備に支持され、クレーン・掘削機等の機械を使いながら作業が進められる。つまり、「作業者」と「作業者」、「作業者」と「機械」、「機械」と「機械」等の協同作業によって建設特異の作業形態が構成されている。この過程に危険が存在する。

④「運搬作業」による危険

建設資材等を運ぶ運搬作業は、建設作業における基本で、経路や設備が、その工事の設計・施工計画に大きな影響を与える。

これら建設資材等の移動・積卸しの作業が行われる「運搬作業」の過程に危険が存在する。

このように建設作業には、程度の差はあるものの危険がともなっている。
作業危険の管理は、現場監督者と作業者の１人ひとりによってのみ可能である。
「作業手順を定め、これを遂行させる」ことが現場監督者の本来業務といわれている。
作業危険の管理は、手順や各動作が順調に正しく現場に定着するための危険排除を行い安全な作業環境づくりをすることであり、これによって、作業者の意欲を駆り立てると共に技能を高めることにもなる。

（第５章一第１項一第３目　評価項目）
安全の問題を定量的にとらえるための評価項目については、これまで一般的に使用された例もなく設定が難しいが、土木工事で多い災害から考えられる評価項目としては、
１．作業者の危険区域への立入り回数および時間
２．機械の危険区域への立入り回数および時間
３．作業者と機械の協同作業時間
等が挙げられる。

（解説）

安全性の評価を定量的にとらえるための評価項目については、これまで一般的に使用された例もなく、設定する事は非常に難しいが、土木作業において多く発生している災害を考慮すると、評価項目として以下がある。

１．作業者の危険区域への立入り回数および時間

例えば、・油圧ショベルやクレーン等の旋回範囲内への立入り回数および時間
・道路上での工事における作業区域外（一般自動車の通行帯等）への立入り回数および時間
・仮設、建設物への昇降回数および時間

等の定量的な把握により、危険性がある程度判断できる。

２．機械の危険区域への立入り回数および時間

例えば、・作業区域外へバケットや吊荷がはみ出した回数およびその時間
・路肩等、崩壊の危険のある場所への移動回数および時間
・機械の移動（特に後退）回数

等の定量的な把握により、危険性がある程度把握できる。

３．作業者と機械の協同作業時間

作業者と機械との協同作業は、危険を伴う事が多い。
協同作業の比率、作業時間等の測定により危険性がある程度定量的に把握できる。

4．作業者へのアンケート調査

例えば、・ヒヤリ・ハットした状況

・その原因（ポテンシャル）

・各々の発生頻度

等の作業者全員（機械の運転手も含む）へのアンケート調査により、その現場における災害ポテンシャルをある程度定量的に把握できる。

その他、例えば各々の災害ポテンシャルについて、重要度、緊急度順に５点または１０点法による評価等、種々の評価項目が考えられるが、いずれにしても安全性の向上に向けた施工改善を行うに当たり、改善目標に合わせて、どんな評価項目を採用したら最も効果的か、事前に十分な検討が必要となる。

（第５章一第２項　改善作業の手順）

安全性の向上に向けた施工改善の作業の手順で特筆すべき事は以下の通りである。

１．問題点の明確化：a.文献調査やヒヤリングにより現状の問題点を明確にする。
b.報告書等により定量化できる問題点を定量化しておく。

２．測定計画の立案：安全性に関しては作業条件、環境等の測定が必要になるので、立案に際しては機器の選定も重要である。

３．測定の実施：一定の時間毎に気象条件、現場写真、等を抑えておくと有効である

４．測定データの整理・分析：本章では時間、作業内容、回数等がメインとなるため単独作業用調査表や作業分析用調査表等が最適である

５．改善目標の設定：より重要で効果的な改善目標を選定し、改善項目の優先順位を決める。

６．改善案の抽出：より多くの人々により考えられる総ての改善案を抽出する。

７．改善案の評価：緊急度、期待度、容易さ等から改善案を評価し、試行・測定を実施する。

８．改善作業の標準化：安全作業のための標準書を作成し、作業者全員に教育・徹底する。

（解説）

１．問題点の明確化

「対象となる工事」「作業内容」「改善したい項目」「改善程度」等を具体的に設定する。

その際に、該当工事、作業の関係者への聞き取り調査や、工事資料等により問題点を明確にしておく事が重要である。

２．既存データの分析と作業測定の必要性の判定

それぞれの問題点、改善項目の定量的な評価を実施するためにどのような評価項目が最適か、についても十分な検討を加える必要がある。

その評価項目に基づき、問題点を定量的に把握できるものは定量化し、新たなデータが必要な場合は作業測定に移行し、既存データで対応できる場合は改善案の策定に入る。

3．測定計画の立案

作業測定が必要と判定されたら、次は測定を実施するに当たっての計画・準備が必要となる。計画に当たっては、測定者全員による立案が有効である。

測定場所、日時はもとより、目標を達成するために最適な「測定対象」「範囲」「測定方法」「測定担当者の割り当て」等、綿密な準備と計画を行う。天候に左右される工事や作業および測定方法の場合は、その時の天候による影響等についても十分な衆知徹底が必要となる。また、その測定結果の分析方法も考慮の上、どのようなデータを整理・集計すべきかも合わせて検討し、測定シート等を設計の上測定計画表を作成しておくべきである。

4．測定の実施

前記の測定計画に基づき、測定を適切かつ的確に行う。測定に必要な機材や帳票類は、一度試行しておく事が望ましい。

測定実施前に現場への説明を行い、実施方法について十分な打合わせを行い、実態を正確に把握できるように、協力を願っておく。測定に当たっては、工事・作業の妨げにならない事はもちろん、普段通りに作業を遂行できるような配慮が必要である。

測定には工程毎に機械や作業者の稼働分析、動作分析等が必要である。

また、作業環境、作業条件等の定量的な評価方法に付いては、本章では述べないが、工程毎の温度、湿度、騒音、振動、波の高さ、視界、現場写真等は抑えておくと、後日の分析・評価の際に有効となる。

5．測定データの整理・分析

分析方法によって測定データの集計・整理が異なる。

本章における測定データは時間、及び回数が主となることから各作業者、機械毎の単独作業用調査票や作業分析用調査票によるデータの整理・集計が最適と考える。

6．改善目標の設定

分析結果に基づき、災害ポテンシャルの撲滅、低減のために、より重要で効果的な改善目標を選定し、問題点の内容や改善の方向を比較して、改善項目の優先順位を決める。

7．改善案の抽出

分析結果に対して、工事、測定関係者によりブレーンストーミング等を実施の上、考えられる改善案を総て抽出する。

8．改善案の評価

効果の期待度、改善の容易さ、改善の緊急度などから改善案を評価する。

その改善案に沿って机上のシミュレーションを行い、改善効果が期待できる見通しが得られたら実現場で改善案に沿って試行する。

期待した効果が得られない場合は、測定計画を練り直すなど、目標を達成するまで繰返し実施する。

9．改善作業の標準化

改善の目標が達成されたら、その作業の安全作業のための標準書を作成し、作業者全員にその目的、作業の進め方など教育・徹底を図る。

（第５章一第３項　測定方法）

安全性の向上に向けた施工改善を行うに当たっては、適切な測定方法を用いてデータを収集しなければならない。

改善に必要なデータを得るために有効と思われる測定方法を示す。

１．工事実績

労務日報、機械日報等の帳票により、過去に発生した災害とその要因の集計および発生頻度、重要度順に整理する。

２．作業環境

作業環境の測定、作業現場の記録等により、工程毎に気象条件、作業条件、現場状況等のデータを集計・整理する。

３．工程分析

ビデオ・ワーク・サンプリング法により、作業手順、作業内容、作業時間等を測定する。

４．連合作業分析

ビデオ・ワーク・サンプリ法により作業者と機械、作業者または機械同士の協同作業時間等を測定する。

５．動作分析

ビデオカメラにより、作業者の姿勢、手足の運び等を測定する。

６．アンケート調査

アンケート調査により、ヒヤリ・ハットの発生頻度、その原因等を把握する。

（解説）

安全性の向上を目的として測定する場合には、作業条件、作業環境の測定や記録が欠かせないので十分な配慮を要する。　対象工事、現場、測定位置、測定日時、測定機器（カメラ、ビデオカメラ、温湿計、騒音計、振動計等）とその台数、測定担当者の割当等、測定に当たり漏れの無いよう準備が必要である。

問題点を定量的に捉えるために分析に必要なデータを洩れなく収集しなければならない。

各データを適切な方法により測定、収集する為に、測定方法の選定が重要である。

施工改善に当たっては、現状を把握し、問題点をまず大局的に捉え、その上で更に詳細な

測定をする事が一般的であるが、安全性の向上の場合、作業現場の測定、環境要因の測定、作業者や機械の動作の測定等が主となる。

1．工事実績

工事日報、労務日報、機械日報等の帳票データにより安全上の問題点を把握し、適切な改善を行う。

a. 過去に発生した災害とその要因の集計を行う。

b. 災害の重要度、発生頻度順に問題点を整理する。

c. その他現場監督者や作業者（運転手も含む）へ、従来発生した災害（軽症も含む）と、その要因等に付いても聞き取り調査を行う。

d. ワイヤーのキンク、モーメントリミッタの作動、シリンダー、ポンプ、配管等からの油洩れ、タイヤの摩耗や切れ、空気圧．．．等、始業点検、終業点検、月例・年次点検および、特定自主検査等の実施状況。

e. 機械の運転手や玉掛け作業者の免許や資格の保有状況。

等の記録を行う。

2．作業環境

騒音、振動、粉塵、排ガス、明るさ、視界、気温、湿度、海象など作業者や機械の稼働、動作等に影響を与えると思われる以下の環境要因について測定を行う。

a. 温度、湿度、不快指数：注意力が散漫になり易い。

b. 粉塵、照度、視界：身体に害を与えると共に、周囲が見ずらく、危険回避が難しい。

c. 騒音、振動：難聴等の原因になると共に、合図や警報音が聞こえなくなる。

d. 風速、海象：海流の速さや波の高さなど、離岸堤工事では重要な作業環境となる。

以上のような測定は、適当な時間間隔（工程毎等）に実施する事が望ましい。

3．工程分析及び連合作業分析

ビデオ・ワーク・サンプリング法により、

a. 作業手順、作業内容、作業時間、稼働状況

b. 作業者と機械との連合作業、複数の作業者の協同作業における作業分担状況

c. 作業者と機械、作業者または機械同士の協同作業時間

などを測定する。

測定に当たっては以下の点を注意する。

(1) 極力全体が見えるところにカメラを設置すること。どうしても陰になるところがある場合には、カメラを増設して対処すること。

(2) 各作業者や機械の「働き」「動き」等が判ること。
(3) 作業者と機械との協同作業が判ること。
(4) 作業者や機械・設備等による各種建設用資材の移動・積卸し作業が判ること。

5．動作分析

ビデオカメラにより、
・各種作業時の作業者の姿勢、手足の運び、動作の大きさ・速さ、工具の使い方
などを測定する。測定に当っては、前項の注意点に気をつける。

6．アンケート調査

自己申告により得られる、ヒヤリ・ハットの発生頻度やその原因等について調査する。

アンケートの内容は、「滑りそうになった」「滑った」「滑って転んだ」、「つまずきそうになった」「つまずいた」「つまずいて倒れた」等、本人が経験した事、或いは、各人が見てヒヤリ・ハットの原因になりそうなことなど極力吸い上げるような調査用紙を作成しなければならない。そのためにも、十分な事前検討が必要である。

1日の仕事が終わってからでは忘れてしまう事も多いと思われるので、半日毎に調査を実施することが望ましい。

（第５章一第４項　分析方法）

安全性の向上を目的として作業実態の把握、改善項目を抽出するために、作業測定を実施し、整理されたデータを適切な方法で分析する必要がある。

分析方法には次がある。

１．工事実績の分析

1）労務実績の分析：作業者に関するデータから作業者の配置、作業時間、事故等を分析する。

2）機械の運行記録の分析：機械の配置状況、実働時間、機械・設備の点検、整備の状況等を分析する。

２．作業環境の分析

作業環境、作業条件、気象条件等で危険と思われるものはないか、十分に安全が確保できるか等の分析を行う。

３．危険性の高い作業の分析

作業者、機械、及びそれらの協同作業において危険と思われる作業の頻度、時間等を単位作業、要素作業毎に分析する。

４．動作の分析

作業者の基本動作の分析をする。

５．アンケート調査の分析

自己症状申告の方法に準じ、アンケート調査結果の分析を行う。

（解説）

１．工事実績の分析

工事日報、作業日報、労務日報等から事故や災害の記録を抜き出し、原因別発生状況の集計を行い、事故や災害、並びにその要因となる災害ポテンシャルについて発生頻度順あるいは、重要度順等の順位付けを行う。

また、それらの事故や災害が機械・設備に起因する、あるいは関連があるような場合は、機械日報等により、機械・設備の配置状況、稼働時間、日常点検、月例・年次点検や整備が適切に行われているかも調べておく必要がある。

2．作業環境の分析

(1) 作業域の広さ、現場（地盤等）の耐荷重、傾斜の度合い等

作業域は作業者や機械が作業するに十分な広さがあるか、足場は作業者や機械が作業するに十分な強度を有しているか、傾斜があり滑り易くなっていないか等について分析する。

(2) 機械・設備の配置状況等

作業者が頻繁に通行するところに機械・設備が置いてないか、機械が旋回、移動するところに作業者がいたり設備が置いてないか等について分析する。

(3) 危険物等の表示、安全措置の実施状況等

危険物には誤操作による事故防止のための表示がなされているか、危険箇所へは作業者の進入、転落等を防止するための保護柵等が設置されているか、監視員、誘導員の配置は適切か等について分析する。

(4) 雰囲気温度、湿度、輻射熱、気流（風）等温熱環境の分析

いずれも作業時の不快感の重要な要因であり、これらが高いと作業者や運転者の注意力が散漫になり、事故や災害が起こり易くなる。

温熱環境の快適性を示す指標として気温、湿度、輻射熱を総合評価したＰＭＶ指数（快適感の平均予想申告）や、ＰＭＶ指数で示された環境において集団構成員の何％が不快を感じるかを数値で予測するＰＰＤ指数で評価する事もできる。

(5) 照度、グレア等照明環境の分析

夜間や、昼間でも照明が必要な場所での作業では、照明の明るさやグレアが問題になる。各種作業に置ける照度やグレアの適正基準が設けられており、その基準に至っていない場合や、特に照明環境の悪い作業に付いては、適正な照明環境を確保するか、現状の照明環境でも作業が行えるように、作業方法を変更する等、改善を行う必要がある。

(6) 騒音、振動の分析

振動は人間の生理機能、心理面などに大きな影響を与え、騒音は難聴の原因となったり、会話や合図等の明瞭度を下げ情報伝達を難しくする。

騒音、振動についても適正基準が設けられており、それを上回る場合や、騒音、振動環境が相対的に悪い作業について、騒音、振動を低減するように発生源を改善する必要が生じる。

(7) 気質（浮遊粉塵、ばい煙、有毒ガス、酸欠、悪臭）

作業環境における気質は、人間の生理機能、心理面などに大きな影響を与えると共に、視界を妨げる等安全上環境要因の中でも重要な要因の一つである。

気質が適正水準以上の場合や、相対的に悪い現場については、気質の改善を図るか、人手による作業を無くすよう自動化を図る必要がある。

(8) 天候の分析

天候の変化によって、風、雨、雪等の状況下での作業については、生活リズムが崩れ易く、肉体的疲労も多く、安全上問題となる。特に、離岸堤等の工事では、重要な環境要因となる海流の速度や波の高さなどがある。

これらの作業環境、作業条件等に対する分析を行う。

3．危険性の高い作業の分析

(1) 作業者の分析：危険箇所への立ち入り回数および時間等

(2) 機械の分析：危険箇所への移動回数、旋回回数および時間等

各作業者、機械およびそれらの協同作業において危険と思われる作業の頻度、時間等を単位作業、要素作業に注目して分析する。

4．動作の分析

(1) 姿勢、使用、操作方法等でヒヤリ・ハットの要因になるものはないか？

(2) 実態と標準と比較して作業手順や操作のミス等はないか？

(3) 視野、注目の仕方等で無理はないか？

(4) 誤り易い作業はないか？

など作業者の基本動作の分析をする。

5．アンケート調査の分析

自己申告の方法で、ヒヤリ・ハットの発生頻度やその原因と思われる事を重要度、高い頻度順に整理、分析する。

（第５章一第５項　安全性の向上に向けた改善案の抽出と評価）

安全性の向上に向けた改善案は、現状の技術水準も考慮して選定すべきである。また、改善効果の定量的な評価も行わなければならない。

分析データから改善案を抽出するためには、極力広範囲の人に参画してもらい、次のようなプロセスを経なければならない。

(1) 改善目標の設定：安全基準を満たす
(2) 改善案の抽出：ブレーンストーミング法等による。
(3) 改善案の絞り込み：それぞれの改善案に優先順位を付ける。
(4) 改善効果の試算：シミュレーションにより、改善効果を試算する。
(5) 改善案の評価：改善効果の確認施工を実施する。

（解説）

１．改善目標の設定

目標は災害の撲滅であるが、コストとのバランスを検討する必要がある。いったん災害が発生すると、工事がストップさせられたり、業者指名を解かれたり、莫大な損害を被る事になる。「災害の後追い型」から脱却して「安全衛生の先取り型」へ移行するためには相応のコストが必要になるので工事の設計及び見積もりに当たっては十分な配慮が必要である。

作業環境や作業条件等については、各種の安全基準を満足する事が最低限の目標となる。

２．改善案の抽出

安全性の向上に向けた改善案の抽出作業を行うには、ブレーンストーミング等の手法を活用すると良い。（詳細は、第５編　改善案の抽出と評価　を参照）

改善案の抽出は作業現場責任者、安全担当者、測定実施者、当該工事作業者、関係する分野の技術者等、広範囲の人々を交えて実施する事が重要である。

「環境、作業条件」「作業者、機械、工具、材料」「不要作業の削減、工程改善、作業方法改善」「機械化、自動化」「安全に関する各人の意欲の換気」等に着眼して、改善案を抽出する。その代表例を 表6.5.3 に示す。

表6.5.3　安全性の向上に向けた改善の着眼点

（1）　環境・作業条件等

写真撮影、ビデオ撮影等により映し出された物から、災害ポテンシャルと考えられる事柄で、より重要度の高い物から順に改善案を抽出する。

例えば、

1）転落、墜落の危険のあるところに柵をしてあるか。

2）土砂等の崩壊防止策が施されているか。

3）換気、採光、照明等は十分か。

4）風が強く、波が高いにもかかわらず作業が行われていないか。

5）十分な耐荷重のあるところに機械等が設置されているか。

6）整理整頓がなされているか。

（2）　ヒヤリ・ハットの原因

自己申告の方法に準じて収集された原因の撲滅を図るために遂行すべき改善案を抽出する。

例えば、

1）用途外の使用は行われていないか。

2）滑ったり、つまづき易い場所はないか。現場内は整理・整頓されているか。

3）監視員や誘導員が適切に配置され、警報、合図等は相手に十分伝わっているか

4）機械、工具等のＰＭ（整備、予防保全．．．）は、しっかり行われているか。

（3）　免許、資格等の所有

1）玉掛け作業、機械の運転等を行う作業者は免許や資格をもっているか。

2）たとえ機械のチョイ移動、姿勢を変える、軽量物のつり上げ等であっても有資格者でない人が行っていないか。

3．改善案の絞り込み

ブレーンストーミング法等により得られた改善案を作業手順、投資資源、作業の問題点等に整理し、改善案についての現実性、技術水準、コスト等について、多分野の専門家を対象にヒヤリングを行う。

以上の結果より、抽出された改善案の中から、その、緊急度、現実性、技術水準、改善のニーズ等を考慮して、効果の期待度の高いものから優先順位を決める。

例えば、

（1）滑ったり、つまずいたりのヒヤリ・ハットが非常に多い現場では、

・整理、整頓、清掃の徹底を図る方策を優先的に採用する。

（2）作業者と機械の協同作業時間の長い現場では、

・協同作業時間をなくす、または短縮する方策を優先的に採用する。

（3）作業者が機械の旋回範囲内に入って作業する時間が長い現場では、

・旋回することなく作業が進められる工法の採用、または接触防止型バックホウの研究、開発などを優先する。

等抽出された改善案を優先順位を決めて、実施すべき改善方法の絞り込みを行う。

4．改善効果の試算

改善効果を事前に評価するために、既存のデータ、もしくは新たな改善案を採用した場合の改善効果を机上でシュミレーションしてみる。それで期待する効果が発揮できると判断されたら確認施工と測定に移るが、もし期待する効果が得られそうにない場合は、どこにその原因があるかを検討の上、そこから再度手順に従って繰り返す必要がある。

5．改善案の評価

改善効果を事前にシミュレーションしたものについて、その改善効果を確認するために、その改善案を盛り込んでフィールドで実施工を行う。改善前・後を比較してその効果を定量的に評価する。その際には、極力事前に測定した作業形態に似た現場、作業条件等の基に実施し、測定レベル、測定項目、測定方法、分析方法等も改善前と同様の方法とする。

以上の条件を揃えて分析し、最初に想定したレベルで作業時間、作業者数、作業条件等をそれぞれ改善後と比較して評価する。

もし、期待した効果が得られない場合は、その原因がどこにあるかを究明し、そこから再度手順に従って繰り返す。

（第５章一第６項　安全作業標準書の作成）

効果が確認されたら、安全作業標準書を作成し、それを徹底させるための体制を確立しなければならない。

作業標準は、作業のあるべき姿を決めたもので、安全・品質・生産の三要素を具備し実施に当たっては作業が確実（安全と品質の確保）、容易（労力と能率の確保）であることが要件とされる。このようにして決められた作業標準書には、作業に伴う危険箇所が記されていなければならない。

（解説）

安全作業標準書の作成に当たっては、原案をもとに現場監督者・関係者（安全担当者）による検討会において「もっとよいすすめ方がないか」「不要な部分がないか」「作業動作に誤りがないか」「安全作業の急所が抜け落ちていないか」等について検討を加え、形を整える。

次に、「成文化」することが大事で、作業主任者・現場監督者・担当者等が協力して、作成に当たることになる。その要領には、以下がある。

a. わかりやすい言葉・絵でシート形式とする。
b. 標準化しやすい作業から始める。
c. 代表的な作業を選択して作成する事も一方法である。

ところで、完成した作業標準書が実際の工事・作業で必ずしもうまくゆくとは限らない。材料・機械・工期・作業工程等は常に変化しているため、常時改善を進めなければならない。

最後にこの標準書に基づき各作業者に安全性の重要さを認識させ、教育（指導・訓練）を徹底しなければならない。

第7編　実　施　例

7編　実施例

第1章　道路維持修繕工

（第1章－第1項　道路維持修繕工・打ち換え工法の施工改善の事例）

〈解説〉

1．調査プロセス

道路維持修繕工・打換え工法の改善調査を図7.1.1に示すようなフローにて実施した。この調査は、事前調査、本調査および効果確認調査の3つから構成される。事前調査は、改善目的を設定することを目的とする。本調査では、最初の年度で問題点を抽出し、改善案の抽出までを行ない、翌年度以降、改善案の評価のために、効果確認調査を実施した。

施工改善の調査を実施するに当り、フローの手順に従い、ヒアリング調査、現場との交渉・打合せ、作業測定の実施、分析など調査を遂行するために調査グループを結成した。この調査を実施した調査グループの規模は、最大投入人数で5名であった。

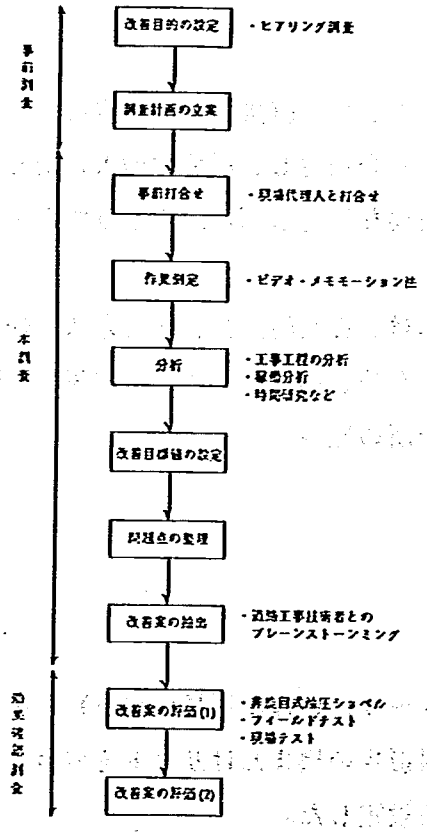


図7.1.1　調査の手順

2．改善目的の設定

道路工事の専門家へのヒアリング調査を実施したところ、現場ではつぎのような問題意識を持っていることが判った。

・一般車両の交通への障害から、夜間工事が行なわれることが多いが、一定時間までに交通開放を行なわねばならないが、作業の進捗状況が遅れる場合には、作業者の精神的負担となっている。また、工事時間を延長した場合、交通車両への影響は大きくなる。
従って、工期や作業時間の短縮のニーズは高い。

・夜間工事が多く、天候により作業スケジュールが変更されるなど、作業条件の厳しさから、作業者の不足や作業者の高齢化が進み、省力化の要望は高い。
このようなことから、時間短縮および省力化を目的とした施工改善を行なうことにした。

3．調査計画の立案

改善目的が明確化された段階で、具体的な調査実施計画を立案した。
現段階では、工程の進捗や、投入される作業者の情報などが明確化されていなかったため、工事区域を全般に観測し、準備から後片付けまでの全作業時間を対象とし、調査を行なうことを計画した。このため、作業範囲を広く効率的に観測でき、作業状態の再現性が高い、ビデオカメラを利用した作業測定を計画した。

4．事前打合せ

施工改善調査の第２ステップとして、直接、作業測定を実施する方針とし、３現場（現場Ａ、現場Ｂ、現場Ｃと定義する）を選定し、現場代理人に対して、主旨説明を行ない、調査の協力を求めた。主として、重要な確認事項は次の通りであった。

・作業の特徴
作業測定を実施する場合には、作業時間帯、作業方法、作業エリアの特徴を考慮し、測定の準備をする必要があるため、施工図面による確認、口頭による説明を受けた。

・作業観測用カメラの設置場所の確認

・測定実施日

・その他諸注意事項

5．作業測定

打換え工法の場合には（巾３～４ｍ、作業延長が40m）と広く、全領域をビデオカメラで作業の観測を行なうために、撮影用の櫓またはリフトを準備した。工区の両端から、現場を撮影するようにビデオカメラを設定した。
図7.1.2には、工区とカメラ設定位置の例を示す。図7.1.3には、作業観測の様子を示す。

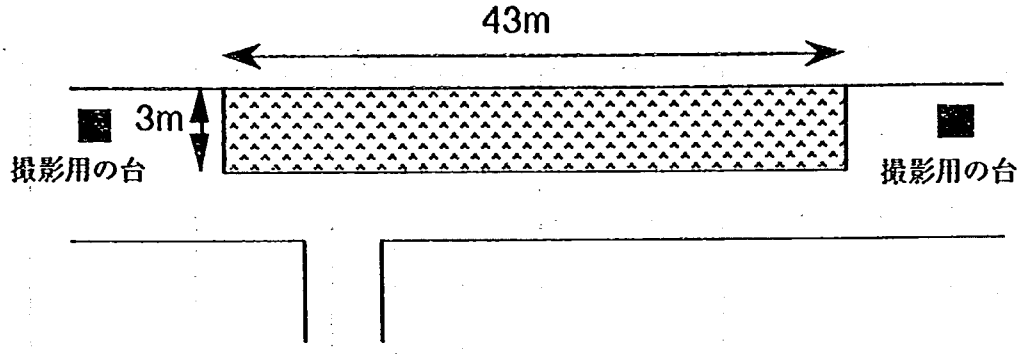


図7.1.2　工事区域レイアウトの例（現場C）

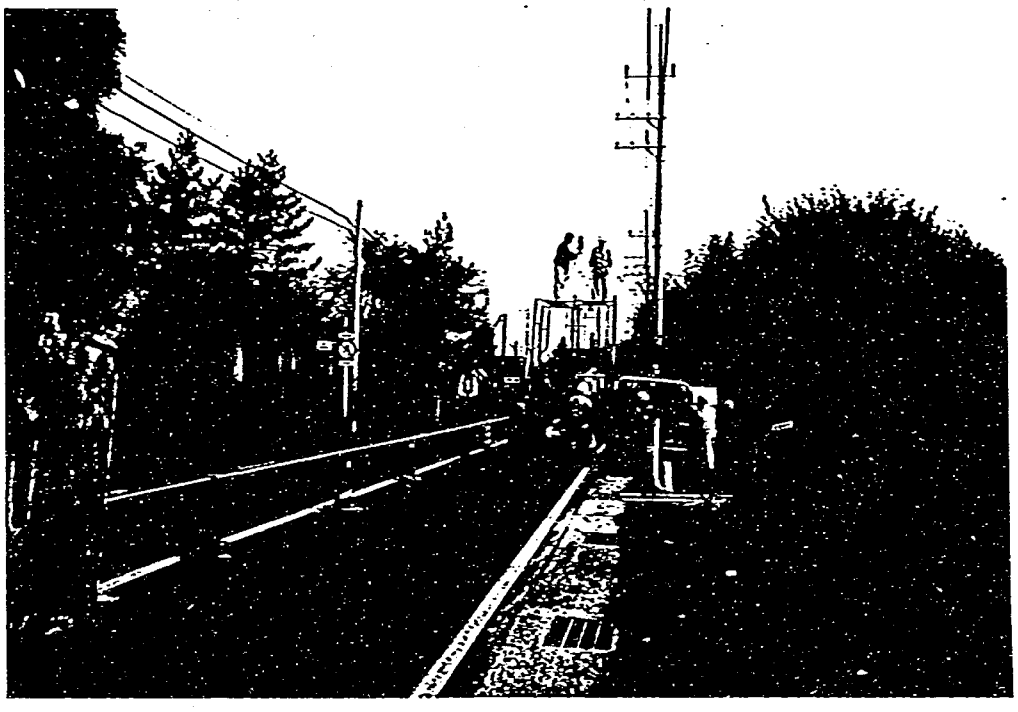


図7.1.3　櫓を利用した作業観測（ビデオ・メモ・モーション法）の例（現場C）

カメラでの作業測定以外に、図7.1.4に示すような調票におおまかな作業の開始時間、終了時間、重機のレイアウトを一旦記入し、作業の問題点や中断理由など気づいた点をメモする様にした。

		1	2	3	4	5	6	7	8			
時から 時	工程	バックホー	トラック1	トラック2	運搬用トラック	モーターグレーダー	マカダムローラ	タイヤローラ	ｱｽﾌｧﾙﾄﾌｨﾆｯｼｬ	作業者の作業	メモ	配置図
0~												
10~	15											1
20~												
30~	30											2
40~												
50~	45											3

配置図1

配置図2

配置図3

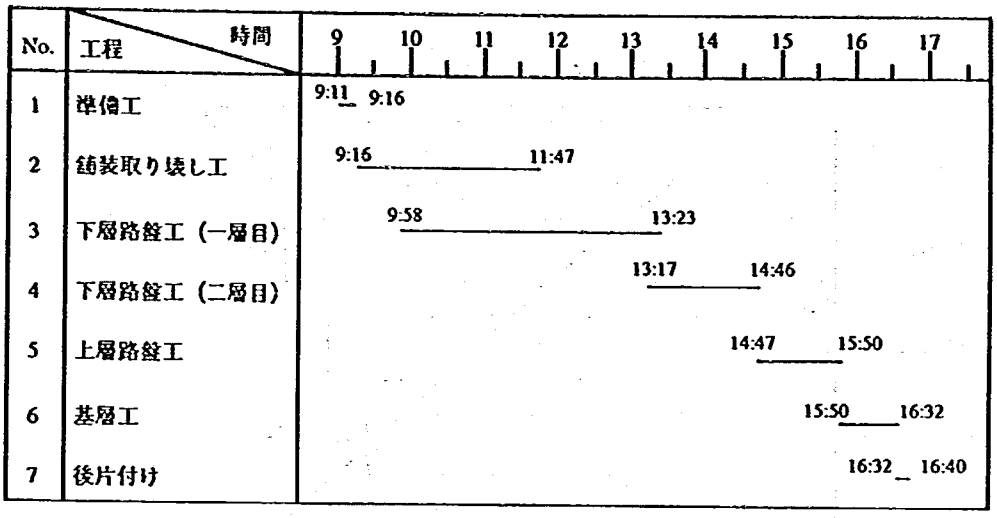
図7.1.4　調票の例

6．分析

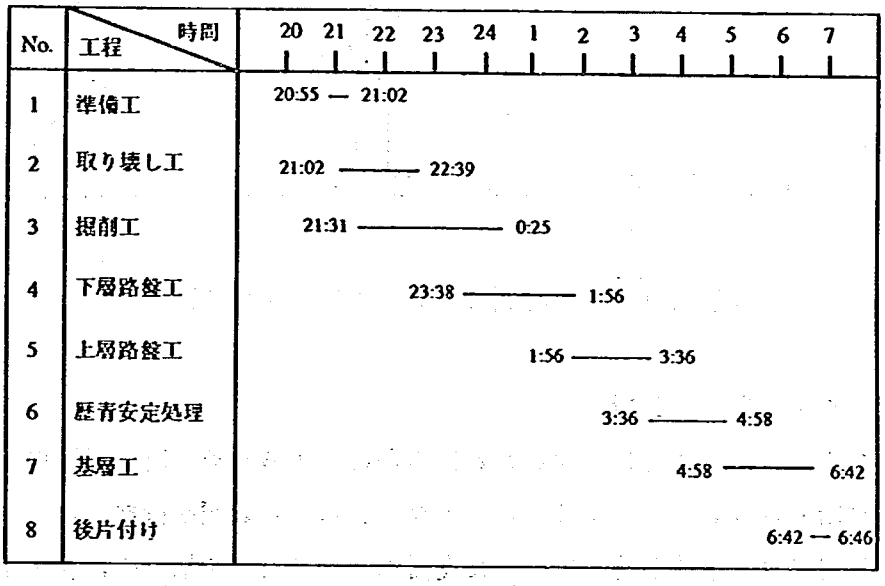
（1）時間短縮を目的とした分析

①工事工程の分析（ガントチャート）

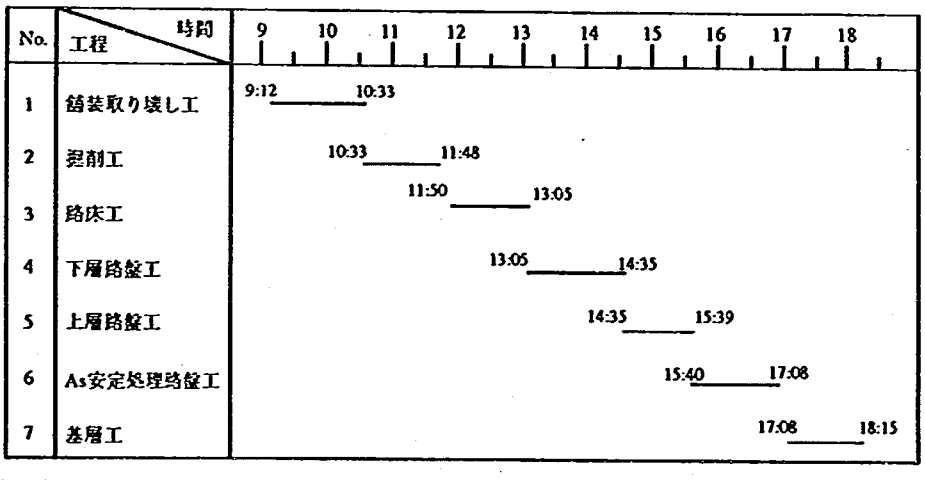
3現場の測定データから工程レベルの進捗状況についてガントチャートに整理した。この結果、現場Cだけが工程が逐次的に行なわれており、各工程が律速段階となっている。現場Cのデータについて、各工程時間をパレート図に整理したところ、下層路盤工の時間が長く、時間短縮効果が高いものと判断された。



（現場A）



（現場B）



（現場C）

図7.1.5　工程時間のガントチャート図

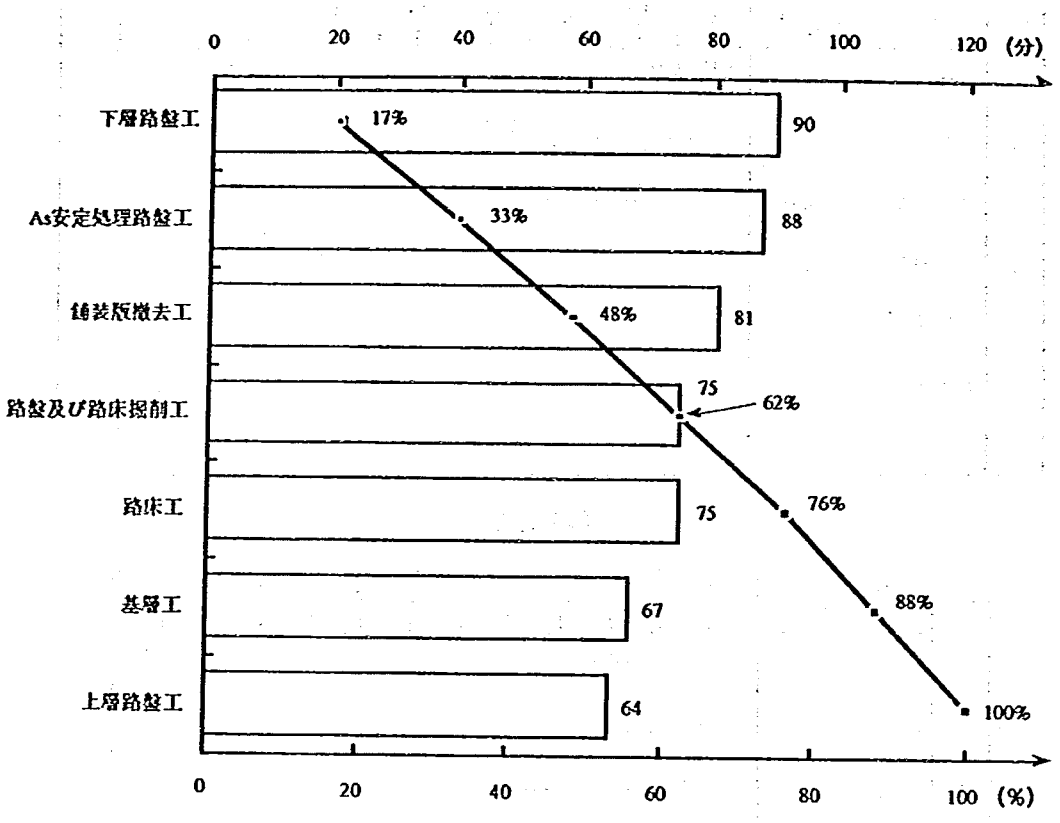
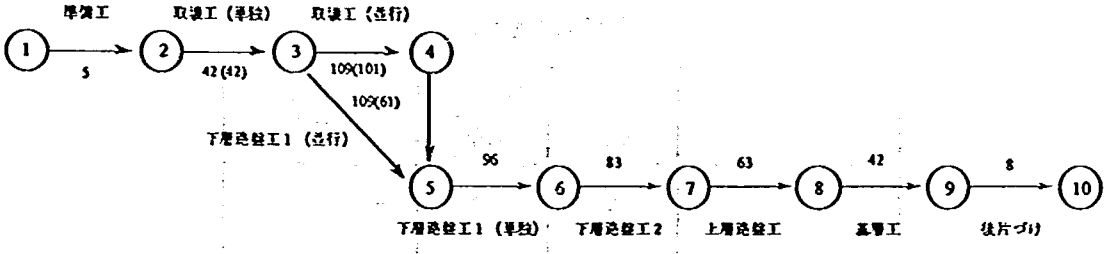


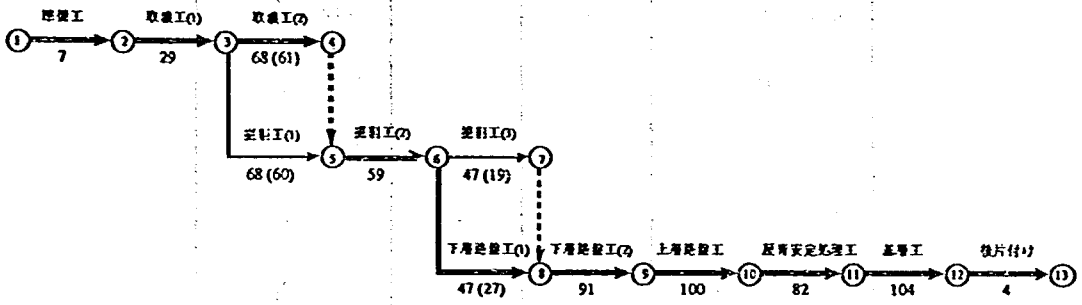
図7.1.6　工程時間のパレート図（現場C）

②ネットワークを利用した分析

現場Aおよび現場Bは、並行に行なわれる工程が存在するため、時間短縮の効果はガントチャートでは判断できない。このため、ネットワークによる表記を行なった。また、並行して行なわれる工程では、手待ち時間を除いた実質的な作業時間を括弧内に表示することにより、どちらが作業時間の短縮の律速工程となっているのかを分析した。



（現場Ａ）



（現場Ｂ）

注）矢の数値は作業時間の（分）を示し、カッコ内の数値は実稼動時間を示す。

図7.1.7　工事工程のネットワークによる表現

このようなネットワークによる分析結果をふまえ、ＰＥＲＴによる作業余裕および、時間短縮効果の弾力性係数を分析した。作業余裕は、仮に重機の手待ちが発生し、作業時間が延長しても、工事全体に影響を与えない余裕の程度を表し、余裕が低い経路は、工事全体の工期を決定する経路となっている。弾力性係数は、（全体の時間短縮の割合／工程の短縮割合）で定義され、その工程が時間短縮した場合に、工事時間全体にもたらす影響を評価するものである。時間短縮効果の寄与の割合と理解でき、この数値大きい方が工事時間の短縮にもたらす影響が大きい。この結果、現場Ａでは、見掛け上は、下層路盤工の時間が長くても、掘削工の方が時間短縮効果が高いこと、同様に、現場Ｂでは、下層路盤工の時間短縮効果が高いことが明らかとなった。

表7.1.1　作業余裕および時間短縮効果の弾性率の分析結果

（現場A）

	余裕（分）		時間短縮効果の弾力性係数	
	全体	自由		
準備工	0	0	0.01	
取壊工(1)	0	0	0.05	0.17
取壊工(2)	0	0	0.12	
掘削工(1)	1	1	——	0.10
掘削工(2)	0	0	0.10	
掘削工(3)	28	28	——	
下層路盤工(1)	0	0	0.08	0.23
下層路盤工(2)	0	0	0.15	
上層路盤工	0	0	0.17	
歴青安定処理工	0	0	0.14	
基層工	0	0	0.18	
後片付け	0	0	0.01	

（現場B）

	時間短縮の弾力性係数	主要重機
準備	0.01	——
取壊工	0.34	油圧ショベル
下層路盤工（1層目）	0.12	モータ・グレーダ
下層路盤工（2層目）	0.18	モータ・グレーダ
上層路盤工	0.20	アスファルトフィニシャ
基層工	0.14	アスファルトフィニシャ
後片づけ	0.02	——

注）時間短縮の弾性係数＝当該工程の時間短縮に対して、全体工程の時間短縮に寄与する比率
工程全体の時間短縮の割合／工程の時間短縮の割合

③稼動分析および時間研究

①から②の分析結果から、掘削工、下層路盤工の両工程を改善することが、効果的な改善を行なえることが明らかとなってきた。この結果をふまえ、道路打換え工が重機中心の作業であることから、掘削工、下層路盤工を中心に、重機の稼動分析および時間研究を実施した。

【現場A】

現場Aの重機の稼動分析を行ない、各重機の稼動率（準備、保全時間などを除いた稼動時間／作業時間）を分析した結果を表7.1.2に示す。この結果、掘削、下層路盤の各工程で利用される重機では、油圧ショベルの稼動率は高いが、モータグレーダ、マカダムローラの稼動率が低いことが判る。工程が同時に行なわれ、重機が輻輳する状況では、稼動率が低下するものとみられる。

表7.1.2　重機の稼動分析の結果（現場A）

（単位%）

	稼動率	単独工程時	同時工程時	適用工程
油圧ショベル	92	100	85	取壊
モーターグレーダ	63	70	55	下層路盤工
マカダムローラ	37	37	—	下層路盤工, 上層路盤工, 基層工
タイヤローラ	92	92	—	下層路盤工, 上層路盤工, 基層工
アスファルトフィニシャ	88	88	—	下層路盤工, 上層路盤工, 基層工

前工程の影響による稼動率の低下

注）稼動率＝実稼動作業時間／実動時間

さらに、時間研究を行なったところ、掘削工程を行なう油圧ショベルの実稼動時間（準備、保全時間などを除いた時間）が最も長く、下層路盤工程を行なうモータグレーダの作業時間が短いことが明らかとなった。このことから、他の重機に比較し、1日の作業延長に対して、油圧ショベルの効率が低いものと判断される。さらに、モータグレーダの非稼動要因について、時間研究を行なったところ、前工程の終了待ちによる作業中断が最も大きく、60%弱を占めていることが明らかとなった。

これらの分析の結果から、工事時間を短縮するには、油圧ショベルの効率を高めることが改善の重要点となるものと判断される。

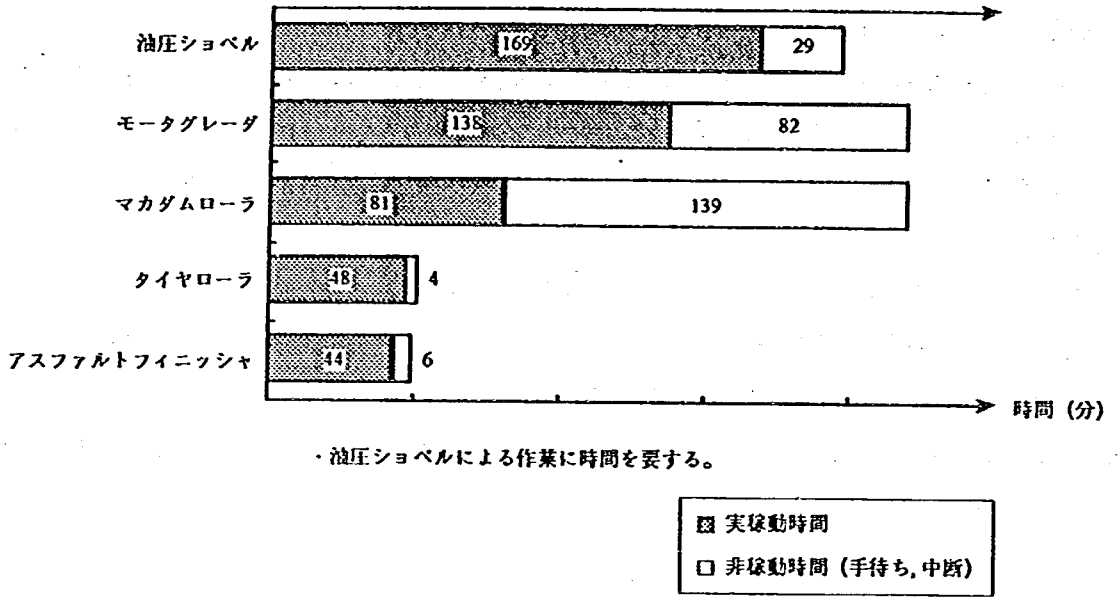


図7.1.8　重機の時間研究結果（現場A）

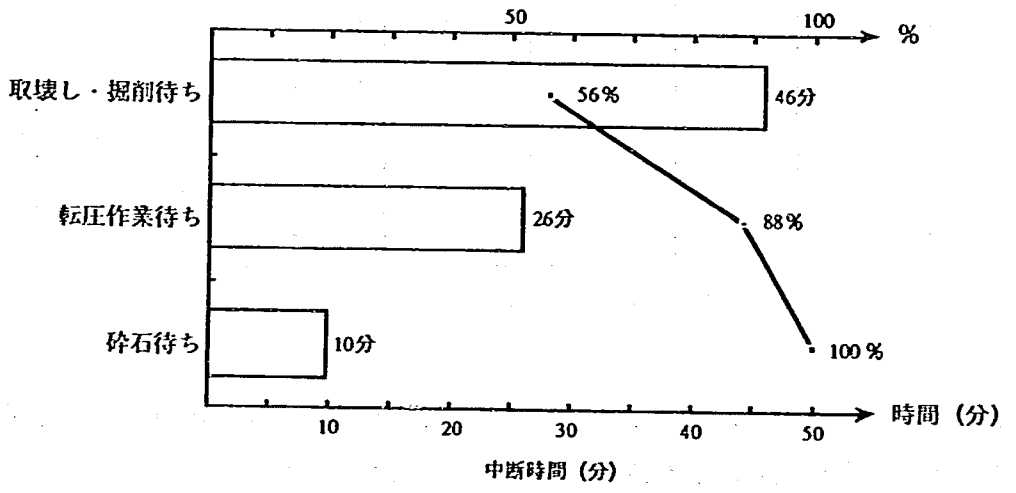


図7.1.9　モータグレーダの非稼動要因の時間研究結果のパレート図（現場A）

【現場B】

現場Bでは、下層路盤工が工事全体の時間短縮の寄与が高い。このため、まず下層路盤工における重機の稼動分析を行なった。図7.1.10には稼動率の分析結果を示す。各重機は、40～90%の稼動率にある。さらに、各重機の実稼動時間について、時間研究を行なった。その分析結果を図7.1.11に示す。このことから、下層路盤工ではブルドーザが中心に作業していることがわかる。このブルドーザの非稼動時間を分析すると、他の重機による干渉による作業中断が多く、全体の8割弱を占めている。

従って、当現場では、狭いエリア内（交差点部分）に複数の重機が輻輳しながら作業をしているため、非稼動状況が多く発生していることが明らかとなった。また、ブルドーザの稼動

率を高めるためには、油圧ショベルの作業待ちを解消することが有効であるものとも判明した。

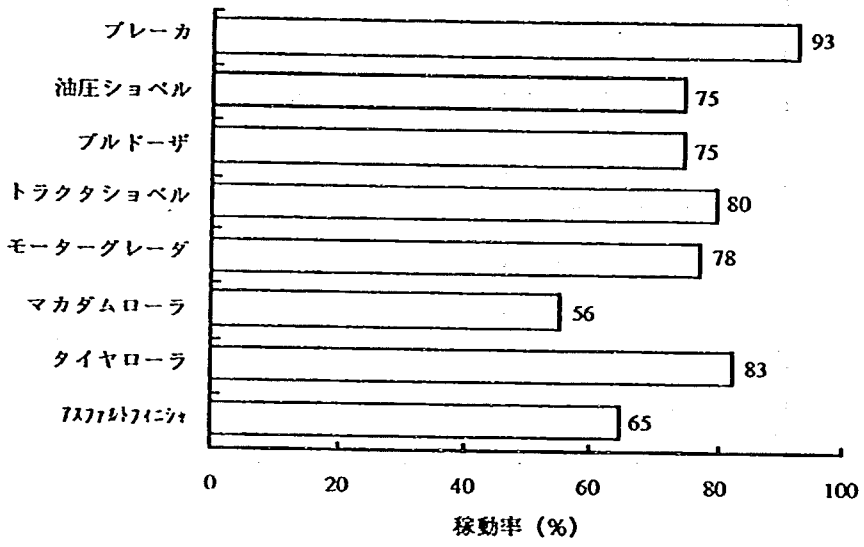


図7.1.10　稼動分析の結果（現場B）

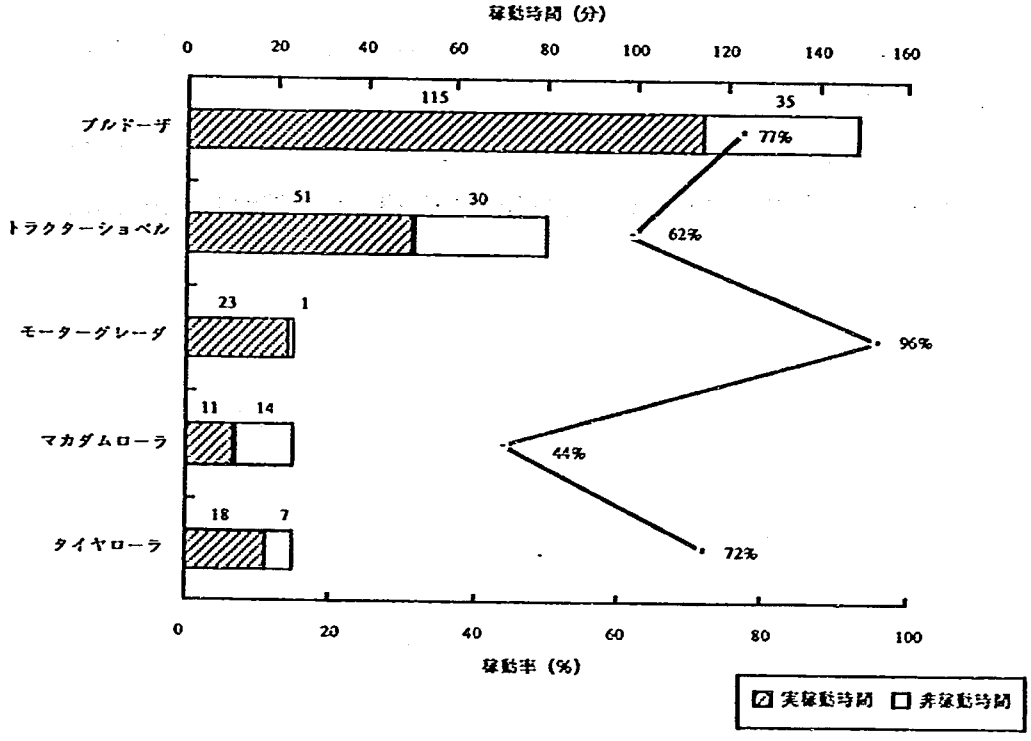


図7.1.11　下層路盤工の時間研究の結果（現場B）

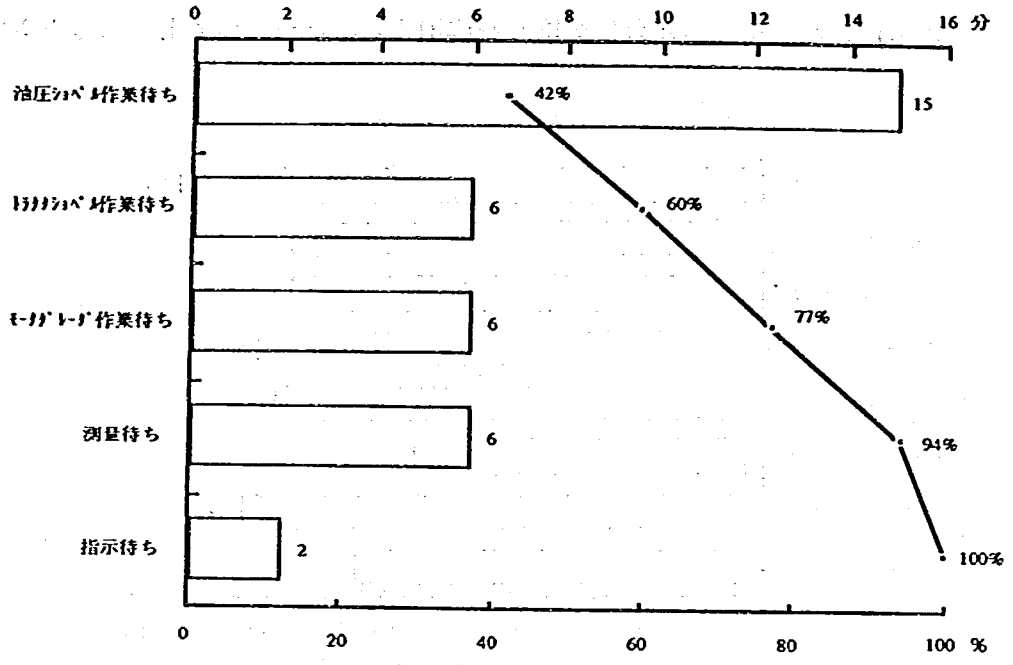


図7.1.12　ブルドーザの非稼動要因の時間研究の結果のパレート図（現場B）

【現場C】

現場Cにおいても、下層路盤工の時間短縮の効果が高い。このため、下層路盤工における重機の稼動分析および時間研究を行なった。図7.1.13、図7.1.14には稼動分析および時間研究の分析結果を示す。モータグレーダの実稼動時間が長く、その稼動率が約70%であるため、稼動率の向上の余地が高く、モータグレーダ作業の効率化が進むと、工事時間の短縮を図ることができるものと判断される。

モータグレーダの非稼動要因の時間研究を行なったところ、約8割は、モータグレーダの適切な高さの品質が確保できず、手直しによる転圧・計測待ちに起因する理由であることが判った。

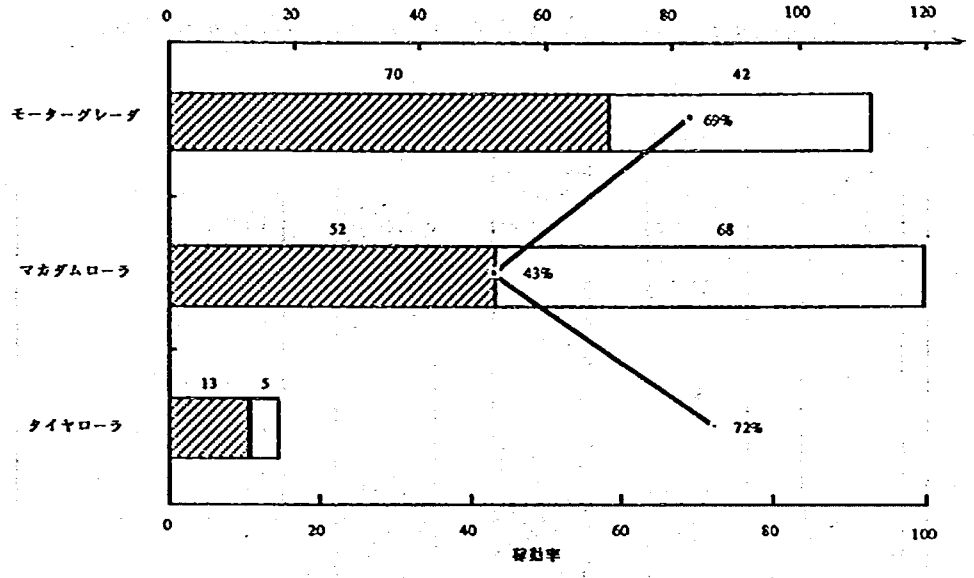


図7.1.13　下層路盤工の重機の稼動に関する時間研究及び稼動分析の結果（現場C）

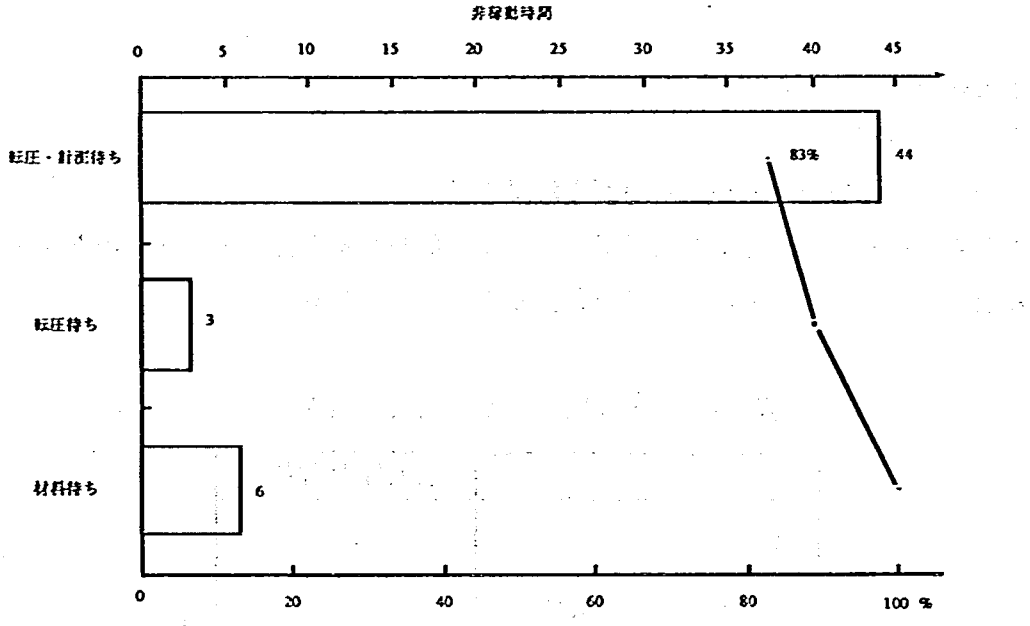


図7.1.14　モータグレーダの非稼動要因の時間研究の結果（現場C）

④重機の動作分析

現場Aでは、油圧ショベルの稼動率は高く、油圧ショベルの効率自体を向上することが求められる。ここでは、油圧ショベルの動作を分析することで、どのような動作を効率化するのが適切かを分析した。

油圧ショベルの作業について、4つの時間帯で15分間サンプリングを行ない、油圧ショベルの動作について時間研究を行なった。旋回動作に約33～46％を占めており、また、かき集め

動作を除き、他の動作に比べて、標準偏差が大きく、バラツキが大きいものとみられる。その平均時間は最小時間の3倍程度となった。狭所での掘削作業のため、アームを折り畳む動作が必要であり、旋回時間が長くなっていることが主たる理由と考えられる。

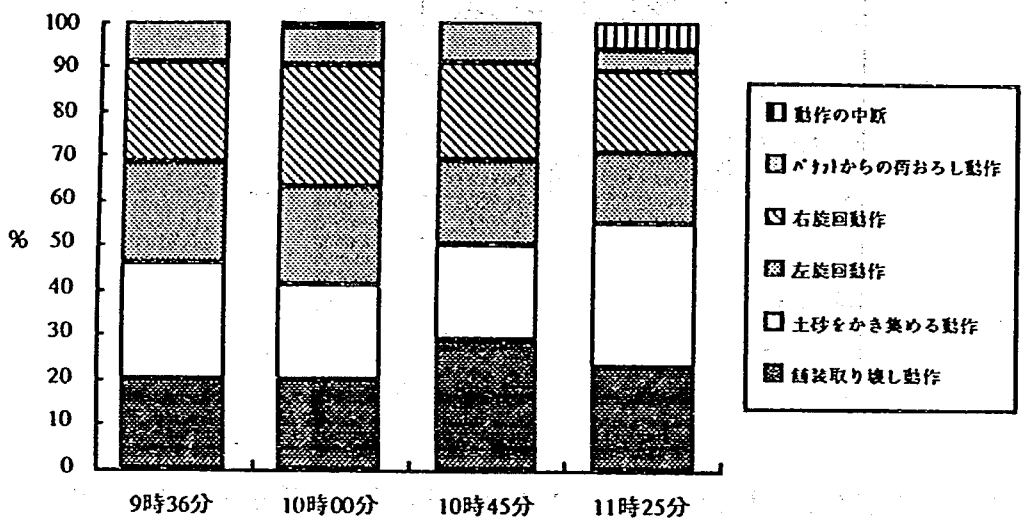


図7.1.15　油圧ショベルの動作時間の内訳（%）

（2）省力化を目的とした分析

①工事工程の分析

各工程で、最大必要とする作業者の測定結果を示す。

このことから、取り壊し工と下層路盤工が並行に行なわれる場合、アスファルトフィニッシャが入る上層路盤工と基層工に作業者を必要とすることが判る。

表7.1.3　工程別の作業者数（現場A）

	最大作業者数
取壊工	4
下層路盤工（1層目）	4
下層路盤工（2層目）	5
上層路盤工	8
基層工	8

②稼動分析

ワークサンプリングによる稼動分析を行なうことにより、工程の進行と作業者数の推移を分析した結果を図7.1.16に示す。稼動分析の結果では、工事後半のアスファルト・フィニッシャの関係の工程で最も作業者を必要とし、前半は必ずしも、稼動が高くないことが明らかとなった。

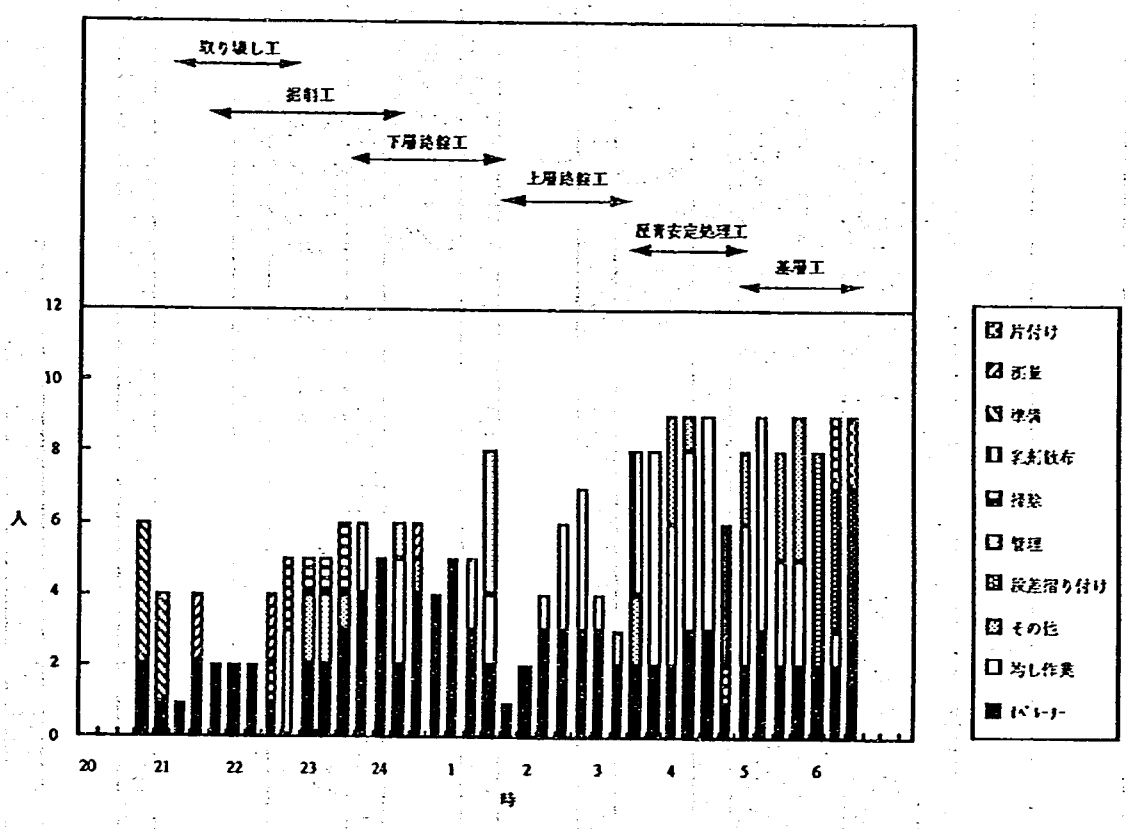


図7.1.16　稼動分析結果（現場B）

③連合作業分析

アスファルトフィニッシャの補助作業について、連合作業分析を行なった。この複式活動分析表（表7.1.3）を元に、補助作業の時間研究および稼動分析に利用したものを表7.1.4に示す。

この結果、作業者の稼動率はレーキとスコップの作業間で、さらに、左右の位置の間でも異なることが明らかとなった。さらに、稼動が高いのは、最初の立ち上がり時期であることが明らかとなった。

表7.1.4　連合作業分析の結果（マンーマシンチャート）

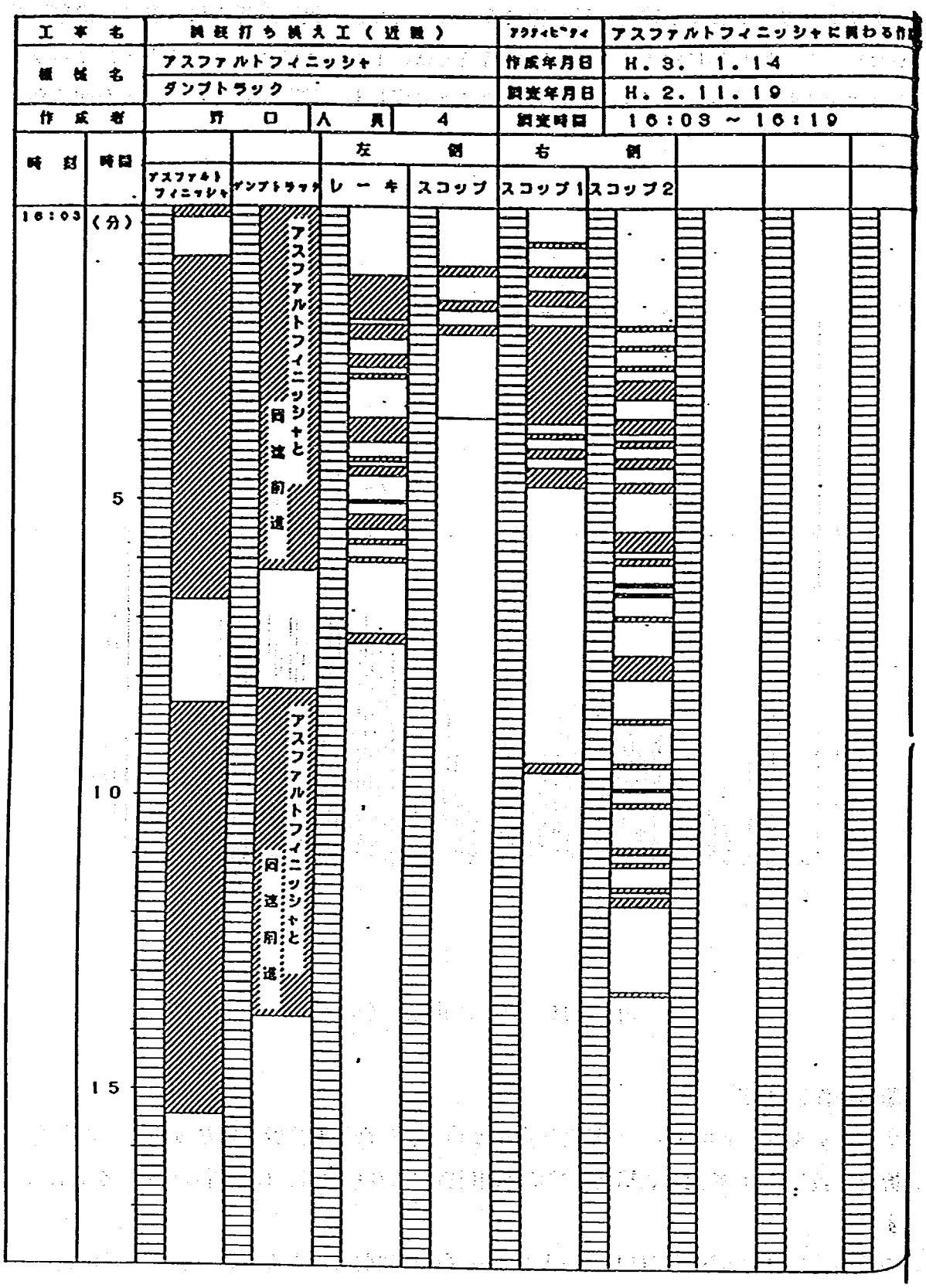


表7.1.5　アスファルトフィニッシャの補助作業の時間研究と稼働分析の結果

開始後の時間帯	左		右	
	レーキ	スコップ	スコップ1	スコップ2
0～5分未満	106 (35%)	32 (11%)	103 (34%)	76 (25%)
5分以上10分未満	34 (11%)	0 (0%)	7 (2%)	76 (25%)
10分以上15分未満	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	39 (13%)

注）カッコ内は稼働率を示す。

7．問題点の整理

以上の分析結果から、時間短縮を図る上では、油圧ショベルとモータグレーダなど前半の工程に問題が多いものと判断される。このためには、以下の改善方向で改善を検討することが妥当とみられる。

<改善方向>

－油圧ショベルの作業の効率化

・特に、狭所作業において、旋回動作の効率化

－モータグレーダの効率および稼動率の向上

・高さ管理の容易化

・前工程（掘削工程）の効率化

作業者の人数を工程別に比較した結果、アスファルト・フィニッシャに時間を要していることが明らかとなった。作業員の稼動分析を行なった結果、アスファルト・フィニッシャの作業には、オペレータ以外に、補助作業要員が多いこと、しかも、必ずしも高い稼動率でないことから、補助作業の省力化が重要であることが明らかとなった。

次に、問題点の整理から、改善案を検討するうえでの、改善目標の設定を試みた。
油圧ショベルの自動化では、油圧ショベルの全作業時間に対して旋回時間に相当する3から4割程度のうち、

このような問題点を踏まえ、改善案を検討する上で、具体的な改善目標を次に設定した。

工事時間の短縮では、油圧ショベルの作業を改善する場合、油圧ショベルの作業時間に対して旋回動作時間に相当する3～4割り程度が時間短縮目標となるものと考えた。モータグレーダの作業の改善では、その作業時間に対して、モータグレーダの作業手直し作業に伴う手待ち時間に相当する3割（現場Cの測定結果）を時間短縮の改善目標とするのが適切と考

えた。

アスファルトフィニシャの補助作業の改善については、省人化として８名で基層工、瀝青安定処理工を行ない、補助作業要員を１名低減することを改善目標とした。これ以上、省人化を行なうと、他の工程も省人化する必要が生じる。

８．改善案の提案

このような分析結果について、専門家からなるワーキング・グループ（約７名）を結成し、改善案を検討した。この結果、非旋回型の掘削機械、アスファルトフィニッシャの補助作業の自動化など、改善案が抽出された。

表7.1.6　改善案の例

改善の視点	改善案の例
時間短縮	・旋回の少ない取壊・積込用機械の利用 －非旋回式油圧ショベル －厚い舗装が切削できる大型切削機
省力化	・アスファルトフィニシャの改善 －スリードマンの作業の自動化

９．効果確認調査（フェーズ１）

打ち換え工法の改善案として、非旋回型油圧ショベルを利用した効果について、調査を実施した。非旋回型の油圧ショベルは重機前部にあるバケット内に土砂を落し込み、ベルト・コンベアで後部に送り込む方式をとり、旋回時間が殆どなくなるメリットをもつ。

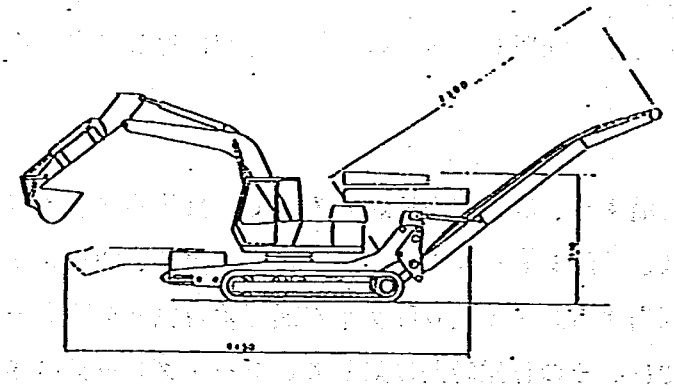


図7.1.17　非旋回式油圧ショベル

本調査は、実験上で、通常の油圧ショベルと非旋回型油圧ショベルの効率を比較するフィールドテストと、既設の一般道路の路盤で、通常の油圧ショベルと非旋回型油圧ショベルを利用した効果を確認する現場テストからなる。

フィールドテストおよび現場テストで、油圧ショベルのサイクルタイムの時間研究を行なった。その結果を図7.1.18に示す。

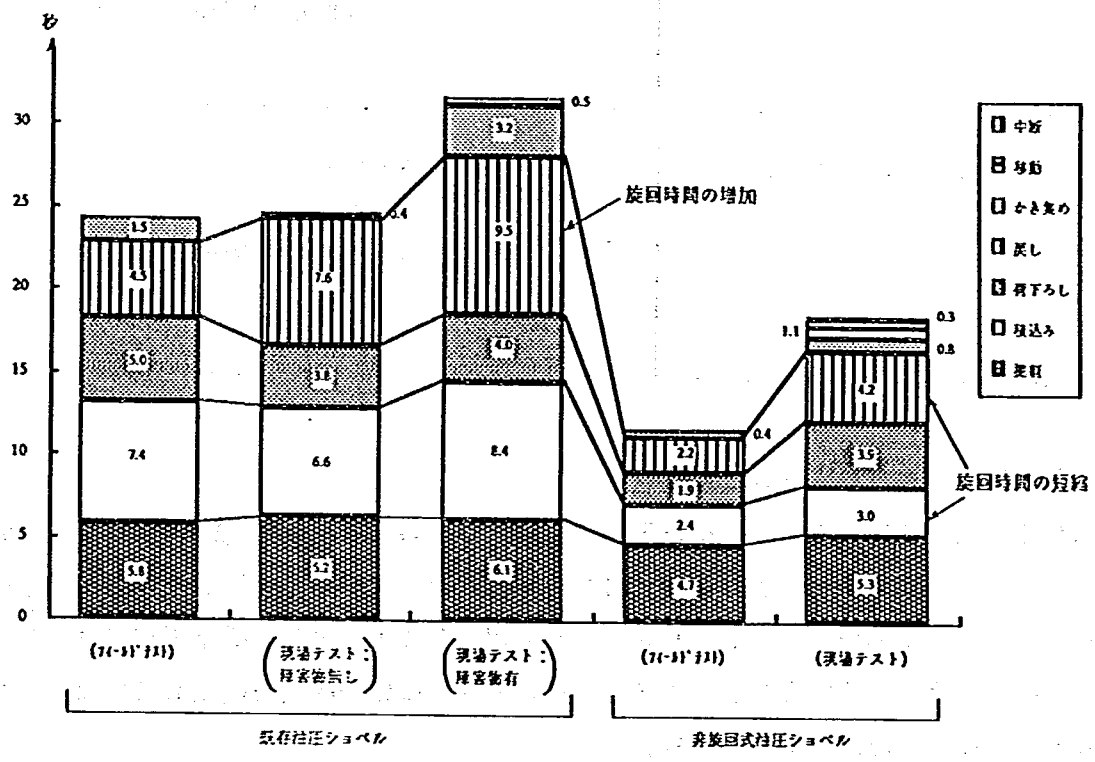


図7.1.18　既存油圧ショベルおよび非旋回式油圧ショベルのサイクルタイムの比較
（時間研究の例）

このことから、既存油圧ショベルに比べ、非旋回式油圧ショベルのサイクルタイムが短いことが判る。その主たる理由は、旋回時間の短縮である。

現場テストでは、既存油圧ショベルは障害物がある場合に、旋回時間が長くなる。非旋回式油圧ショベルは、重機の性能（馬力など）の点で、土砂の密度が高い現場テストでは、フィールドテストに比べてサイクルタイムが長くなるが、障害物の有無にかかわらず、既存の油圧ショベルのサイクルタイムより短い。このことから、改善案の有効性が確認された。

さらに、フィールドテストの実験結果および、打ち換え工法（現場C）の作業測定の結果から、非旋回型油圧ショベルを利用した効果についてシミュレーションを行った。この結果、同じ作業距離であれば、作業時間は約10%程度短縮し、同じ作業時間であれば、作業延長が約20%伸びることが予測され、非旋回型油圧ショベルの効果が確認された。

表7.1.7　改善効果のシミュレーション結果

条　件	改善効果
1．同一施工延長における時間短縮効果	改善前の作業時間：7時間29分 改善後の作業時間：6時間47分 （42分［9.4%］短縮）
2．同一時間における施工延長効果	改善前の施工延長：43m 改善後の施工延長：50m（16%増）

10．効果確認調査（フェーズ2）

打ち替え工法の改善案として、従来工法の既設舗装版の取り壊し/除去作業工程に、切削用コールドミリング機（ビルトゲン社製　2100DC、2m、クローラ型）を利用した効果確認調査を実施した。切削用コールドミリング機を使用することにより、従来工法ではブレーカ、コンクリート破砕機、油圧式ショベル（0.7m³）の3台の建設機械を使用していた工程が切削機械1台で作業を行えるようになる。



図7.1.19　切削用コールドミリング機

本調査では高速道路においてコールドミリング機を使用している現場（D現場）と一般国道において従来工法を採用している作業現場（E現場）の２箇所の作業測定を実施し、この測定結果から一般国道の従来の打ち替え工法に、コールドミリング機を導入した場合の効果予測を行っている。

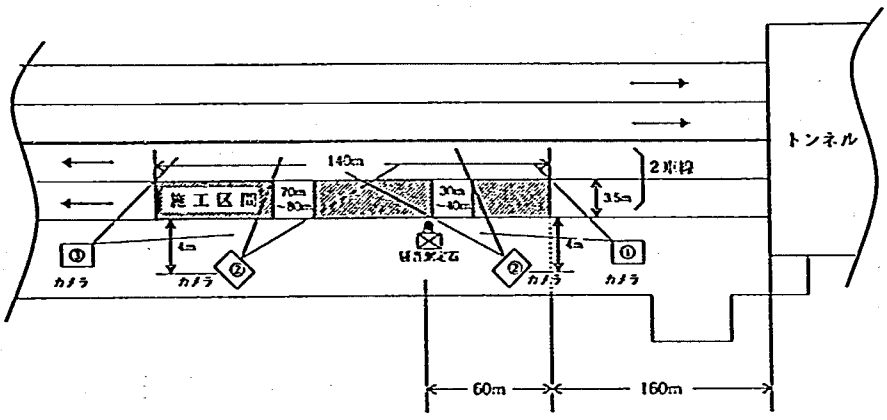


図7.1.20　工事区域のレイアウト図（D現場）

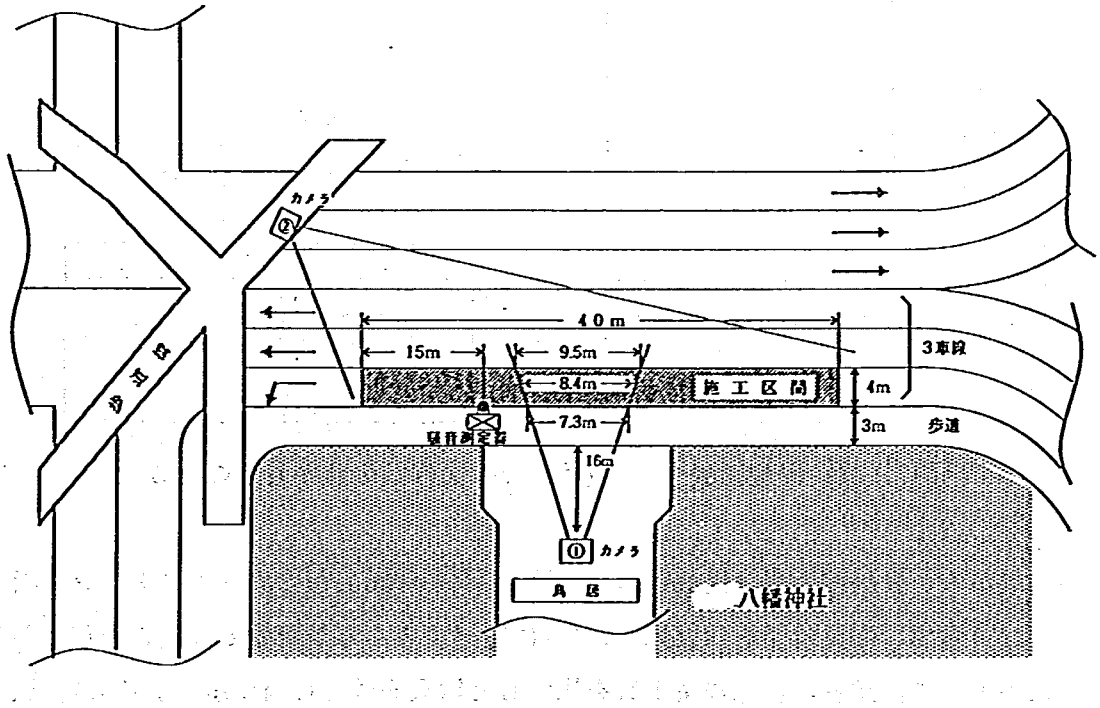


図7.1.21　工事区域のレイアウト図（E現場）

また、E現場の工程をガントチャートに記した結果を図7.1.22に記す。

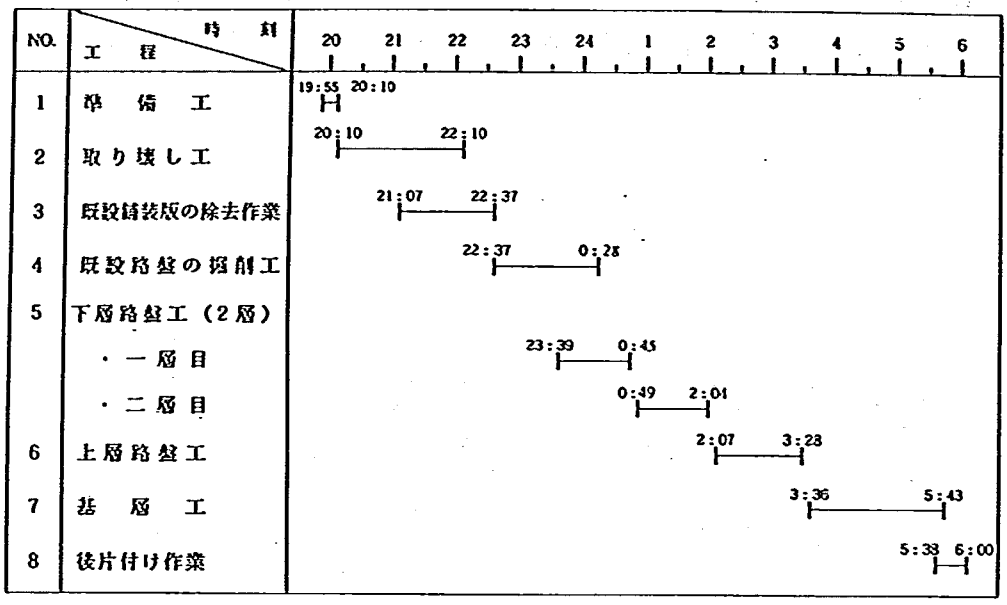
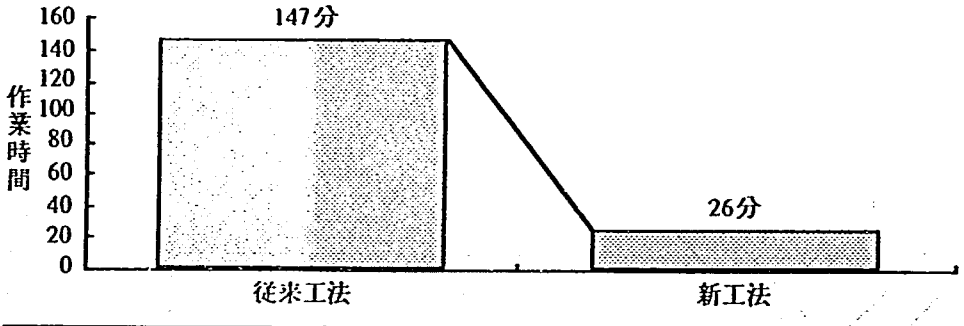


図7.1.22　工事工程のガントチャート（E現場）

E現場の既設舗装版の取り壊し工/除去作業に、D現場で使用しているコールドミリング機を導入した場合を想定して、作業時間の比較を行った結果を図7.1.23に示す。



	従来工法	新工法
取り壊し作業	57	
取り壊し並びに既設舗装版の除去作業	63	26
除去作業	27	
計	147	26

図7.1.23　既設舗装版の取り壊し/除去作業の作業時間の比較

この結果から、E現場の既設舗装版の取り壊し/除去作業工程にコールドミリング機を導入することによって、作業時間を147分から26分に短縮することが可能であることがわかる。また、同様の工程の作業者の正味作業工数を比較した結果を図7.1.24に示す。この結果、新型工法を使用することにより、作業者の正味作業工数が著しく減少しており、省力化に対して

も効果があることがわかる。このことから作業時間の短縮ならびに省力化の面で改善案の効果が確認された。

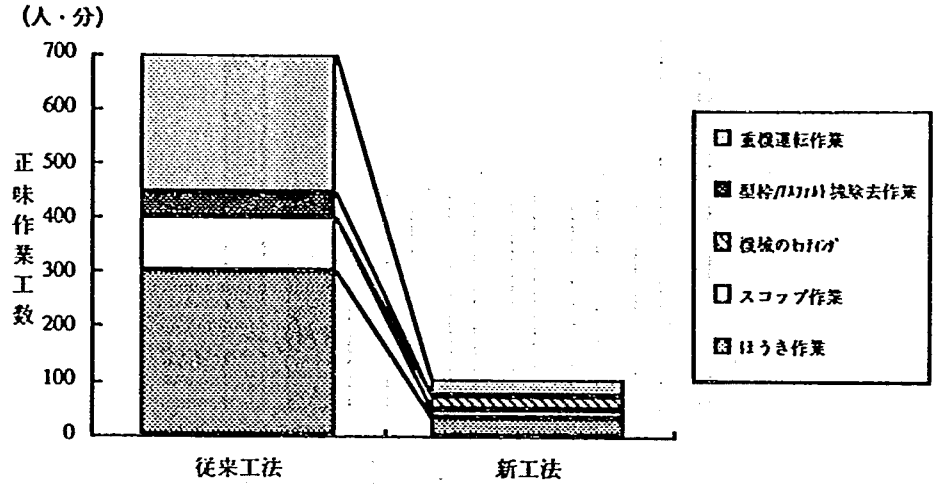


図7.1.24　既設舗装版の取り壊し/除去作業工における正味作業工数の比較

従来工法（E現場）における騒音レベルの測定結果を図7.1.25に示す。この結果から取り壊し工におけるブレーカ使用時の騒音レベルが最も高くなっていることがわかる。

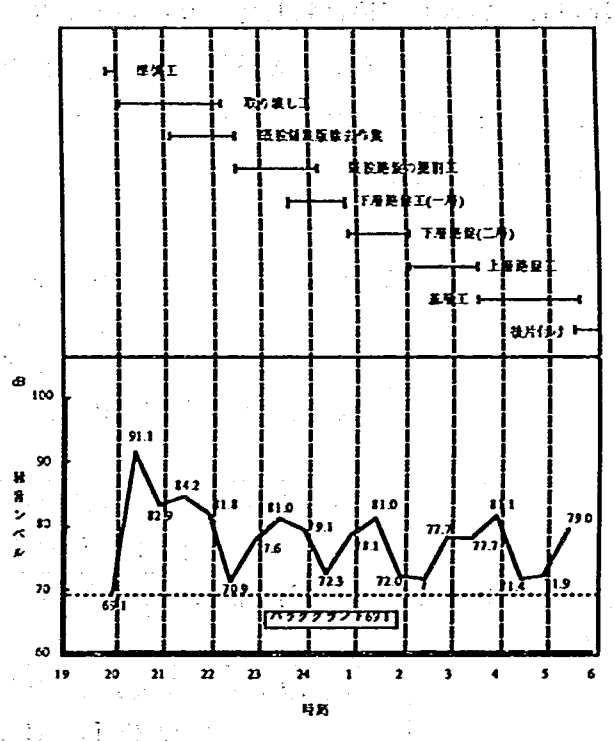


図7.1.25　従来工法による騒音レベルの推移（E現場）

個々の建設機械から発生する騒音を比較した結果を図7.1.26に示す。新型切削機から発生する騒音レベルは、ブレーカよりは小さくなるが、取り壊し/除去作業で使用している他のコンクリート破砕機や油圧式ショベルと比較して騒音が高くなっており、コールドミリング機

の騒音レベルを下げることが今後の改善課題であることが判明した。

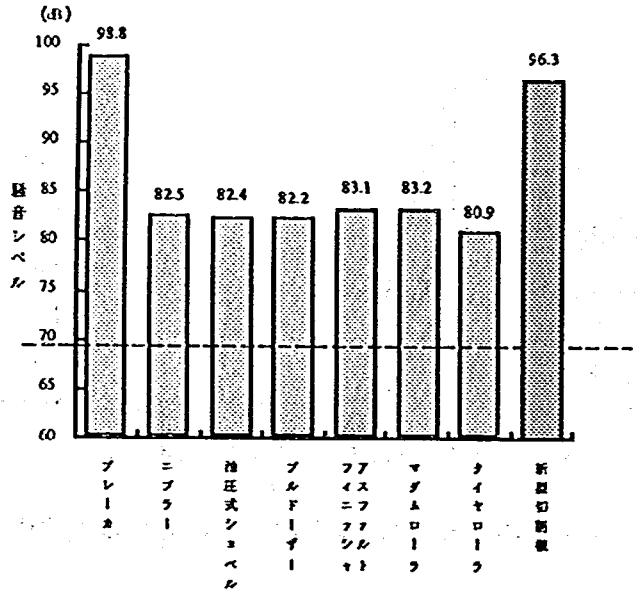


図7.1.26　個別建設機械の騒音レベルの比較

さらに、従来工法を採用しているE現場に対して、コールドミリング機を導入した場合の効果についてのシミュレーションを行った。この結果から、同じ作業距離であれば、作業時間は約20%程度短縮し、同じ作業時間であれば、作業延長が約40%伸びることが予想され、コールドミリング機の効果が確認された。

表7.1.8　改善効果のシミュレーション結果

条　件	改善効果
1. 同一施工延長における時間短縮効果	改善前の作業時間　10時間5分
	改善後の作業時間　8時間4分 (2時間1分【20%】短縮)
2. 同一施工延長における作業者の正味作業工数の削減効果	改善前の正味作業工数　3162人分
	改善後の正味作業工数　2583人分 (579人分【18%】削減)
3. 同一時間における施工延長効果	改善前の施工延長　40m
	改善後の施工延長　56m (16m【40%】増)

第７編　実施例

第１章　道路維持修繕工

（第１章－第２項　道路維持修繕工・切削オーバーレイの施工改善の事例）

〈解説〉

１．改善目的の設定

自動車の交通量が増加するにつれ道路の表層の劣化が進み、この維持修繕工の工法の一つとして、切削オーバーレイによる道路維持修繕工事が行なわれている。しかし、工事を行う場合には道路の一部を封鎖して作業を行う必要があり、一般車両の交通の妨げとなる。このため、現状よりも短い時間で施工を行うことが求められている。また、工事は主として機械作業により行われているものの、補助作業として人手作業が発生しており、これらの作業のうち苦渋性が高い作業を把握することにより、作業改善を行うことが求められている。
このような背景から、切削オーバーレイの施工について、時間の短縮、および人手作業の工数を低減による苦渋性の低減を改善目的として設定した。

２・作業測定

ビデオカメラを利用し、ビデオメモモーションによる作業測定を実施した。切削工事については夜間工事について測定し、オーバーレイについては、切削工事と別現場の昼間工事を測定した。切削工事ならびにオーバーレイ工事は、共に作業工事区間が270～300mと長いことからカメラの視野でカバーが可能である50～60m区間に関しての測定を行った。

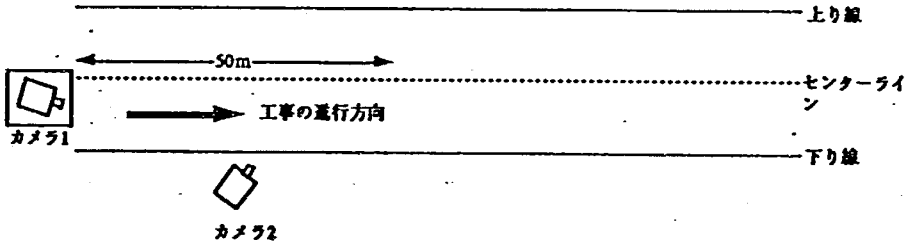


図7.1.27　現場平面図とビデオ配置図の例（切削工事）

3．分析

（1）切削工程の分析

①時間短縮を目的とした分析

切削工事では、重機が直列に配置され、作業が進む。コールドミリング機が切削を行なった後、作業者またはスイーパが清掃を行なう。50m区間について、工程のガントチャートを図7.1.28に示す。

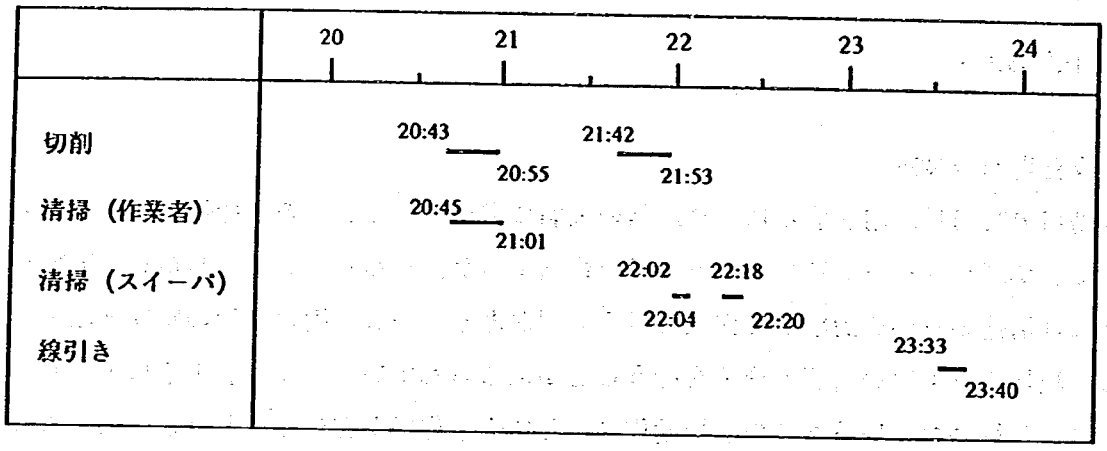
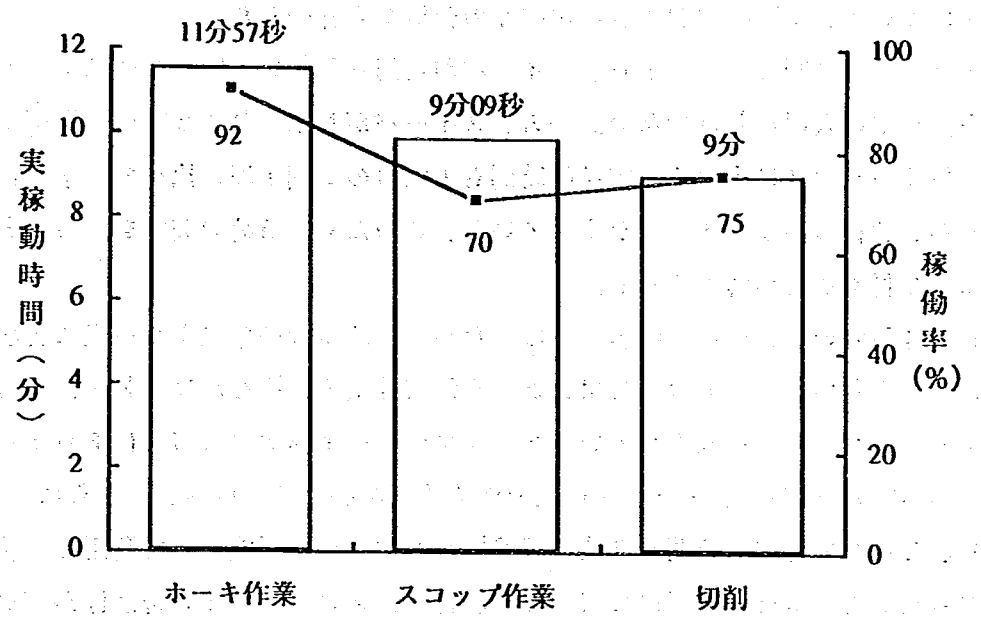


図7.1.28　50m区間の工程のガントチャート

直列に配置された作業工程では、全体の作業速度は、各作業の作業のうち、最も遅い作業の速度に制約される。50m区間の作業について稼動分析および時間研究を行ない、作業速度について分析した（図7.1.29）。

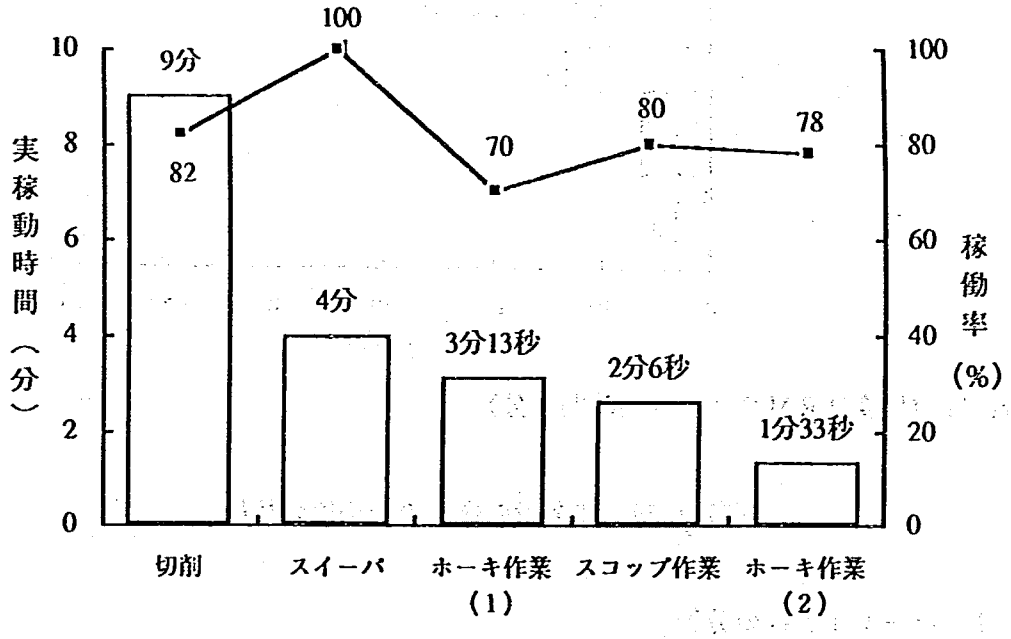
この結果より、スイーパによる清掃がない場合には、作業者の清掃が多く必要となる。作業者の稼動は高く、作業者の清掃が全工程の作業速度を規定する傾向が高くなるため、清掃の作業者の効率を向上しないかぎり、作業の短縮が難しいことが考えられる。一方、スイーパが作業に加わる場合には、作業者の清掃作業が低減するため、コールドミリング機の作業時間の短縮が重要となる。後者の場合、コールドミリング機はダンプ待ちにより稼動率が低下していたため、ダンプ待ちを低減することにより、作業時間が短縮されることがわかる。

（1回目）



注）スイーパがない

（2回目）



注）スイーパが入る

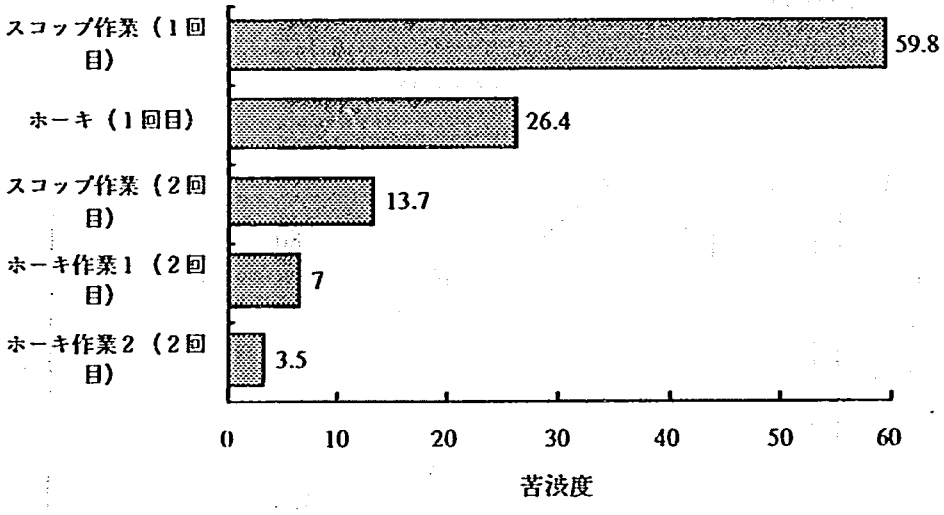
図7.1.29　切削工程の時間研究と稼動分析の結果

②苦渋性の低減

苦渋性について、時間研究および作業強度の分析から評価した。

時間研究の結果（図7.1.29）より、スイーパが利用されない1回目の切削工程では、実稼働時間や稼動率の大幅な差は少ない。一方、スイーパが利用される2回目の切削工程では、稼動率は負荷バランスは少なく、実稼働時間も1回目の切削工程に比べて、水準自体が低下しているが、負荷のバランスに差が生じている。このため、負荷の調整を図ることが苦渋性の低減に結び付くことが考えられる。

しかし、作業者の作業は作業内容が異なるため、時間研究の結果より一概に苦渋性を評価することができない。ここでは、ＲＭＲという作業強度の指標を用いた苦渋性の分析を行なった。まず、既存資料で定義されているスコップやホーキ作業のＲＭＲはそれぞれ、6.5、2.2であった。この数値から、スコップ作業の作業強度が高いことが判る。さらに、このＲＭＲを利用し、ＲＭＲ×実稼働時間を作業の苦渋性を示す一つの尺度として利用し、苦渋性の分析を行なった。この結果、1回目の清掃作業、特に、スコップ作業の苦渋性が高いものと判断された。



注）苦渋度の尺度はＲＭＲ×実稼働時間（分）

図7.1.30　作業者の作業の苦渋性の比較

（2）オーバーレイ工程の分析

①時間短縮を目的とした分析

オーバーレイ工事の50m区域における工程をガントチャートに記した結果を図7.1.31に示す。このガントチャートから舗設、締め固め、合材供給の各工程が重なりながら行われていることがわかる。これらの作業では、重機は直列的な作業配置で行われており、各工程のうち能力的なネック要因を明らかにすることが重要となる。

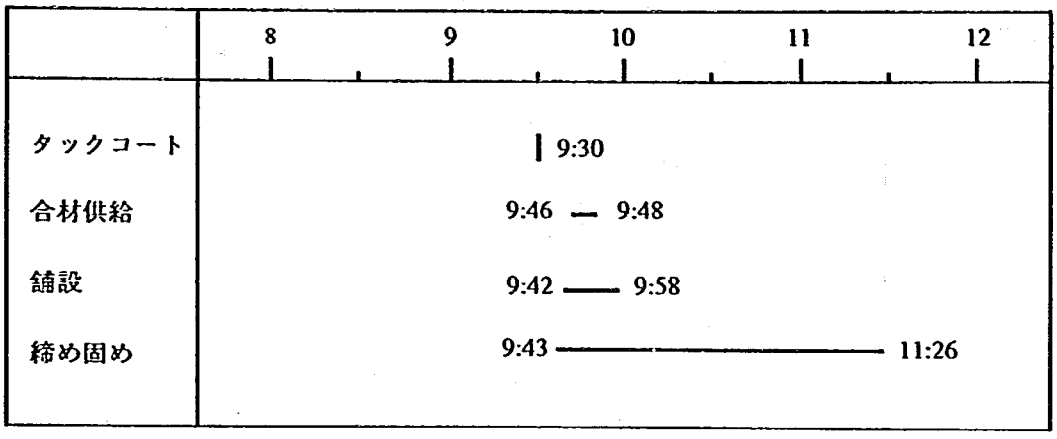


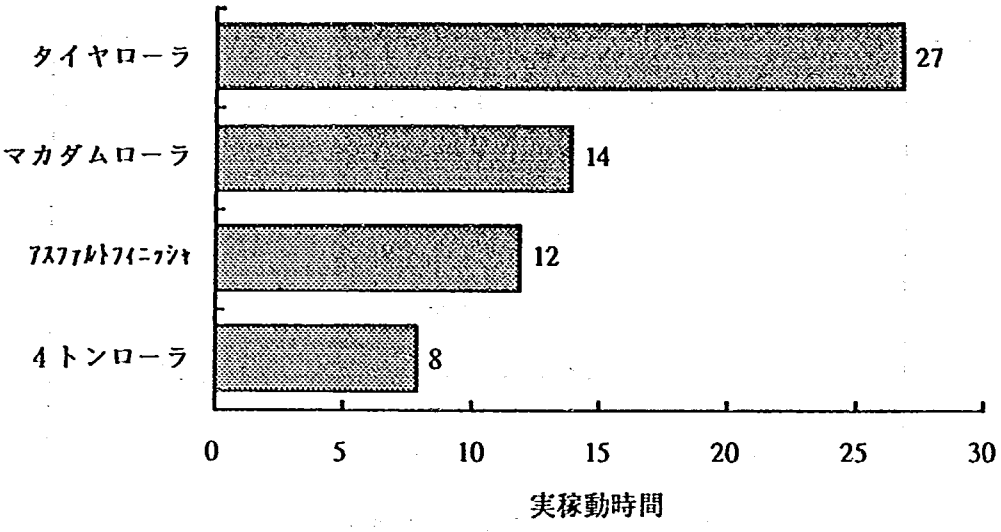
図7.1.31　工事工程のガントチャート

オーバーレイ工事における各機械の稼動分析を行った結果、タイヤローラや4tローラの稼動率は100%であった。しかし、アスファルトフィニッシャならびにマカダムローラについては、ダンプ交換待ちの発生により稼動率はそれぞれ86%ならびに80%となっていた。従って、タイヤローラならびに4トンローラの作業能力に余力がある場合には、ダンプ交換時間を短くすることによって作業効率を向上できる可能性があることが明らかとなった。

表7.1.9　オーバーレイ工事における各機械の稼動率の分析

機械名	稼動開始 ～ 終了時刻	時間	停止時間	停止要因	稼動率
ｱｽﾌｧﾙﾄﾌｨﾆｯｼｬ	9:42 ～ 9:56	14M	2M	ダンプ交換	86%
マカダムローラ	9:43 ～ 10:08	25M	5M	ダンプ待ち	80%
タイヤローラ	9:52 ～ 10:46	54M	0M	－	100%
4トンローラ	11:01 ～ 11:26	25M	0M	－	100%

次に、時間研究を行なうことにより、作業の速度を評価し、どの作業が全工程の速度を決定するかを分析した。50m区間の各重機の実稼動時間は、タイヤローラが最も長く、次いでマカダムローラが長い。ローラの実稼動時間は、区間内に入り、出ていくまでの時間と定義し、観測したため、当該区間と区間外を往復する場合の、区間外の時間が入っている。この点については、カメラアングルから、厳密な区間の出入りを観測することが困難であった理由による。アスファルト舗装要領に従うと、50m区間の実稼動時間は、タイヤローラでは約4分、マカダムロータでは約12分となる。このことは、マカダムローラが、アスファルトフィニッシャと同程度の作業時間を必要とすることを意味している。従って、アスファルトフィニッシャとローラの作業速度が、同時に高まらない限り、時間短縮は難しいものとみられる。



注1）実稼動時間は、区間に最初に入り、区間から最初に出て行く時間とする。

注2）タイヤローラ、マカダムローラには、区間外にいる時間が含まれる。

図7.1.32　区間内の重機の実稼動時間の時間研究結果

②苦渋性の低減を目的とした分析

オーバーレイ工事におけるオペレータ以外の作業者9名について、稼動分析を行なったところ、最大で91%、最小で14%と、バラツキがあり作業負荷が異なっていることから作業負荷の平準化が必要と見られる。

表7.1.10　作業者別の稼動分析の結果

ｾﾞｯｹﾝ	作業内容	作業時間	作業合計時間	観測時間	稼働率
5	スコップ	3分06秒	3分06秒	9:42～9:56 (14分)	22%
14	スコップ	2分00秒	2分00秒		14%
3	レーキ	12分55秒	12分55秒		92%
9	スコップ	3分01秒	3分01秒		22%
10	コテ仕上げ	6分11秒	7分58秒		57%
	ホーキ	32秒			
	スコップ	47秒			
	その他	28秒			
8	転圧	11分52秒	11分52秒	9:45～9:58 (13分)	91%
6	転圧補助	2分56秒	3分25秒		26%
	スコップ	29秒			
	スコップ	2分20秒	2分20秒	内不明2分50秒	21%
4	レーキ	9分29秒	9分39秒	9:42～9:56 (14分)	69%
	スコップ	10秒			

切削工程の分析と同様に苦渋性を分析するため、オーバーレイ工事の作業者の作業の時間研究と、ＲＭＲを利用した作業強度の分析を実施した。時間研究の結果（図7.1.33）より、実稼働時間は、稼働率と同様に作業者により、バラツキが生じていることがわかった。
次に表7.1.11に示す様に、作業者の作業のＲＭＲ値を仮定した。Σ（ＲＭＲ×実稼働時間）で示される指標を、苦渋性の前提として利用した場合、特に、レーキ作業を行なう作業者（作業者３など）の苦渋性が高く、作業者間のバラツキもあることがわかった。

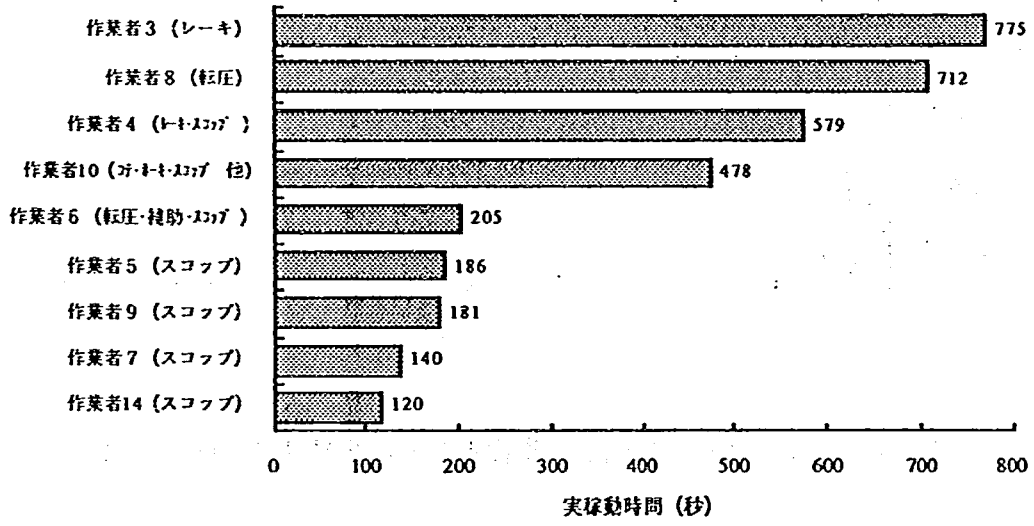
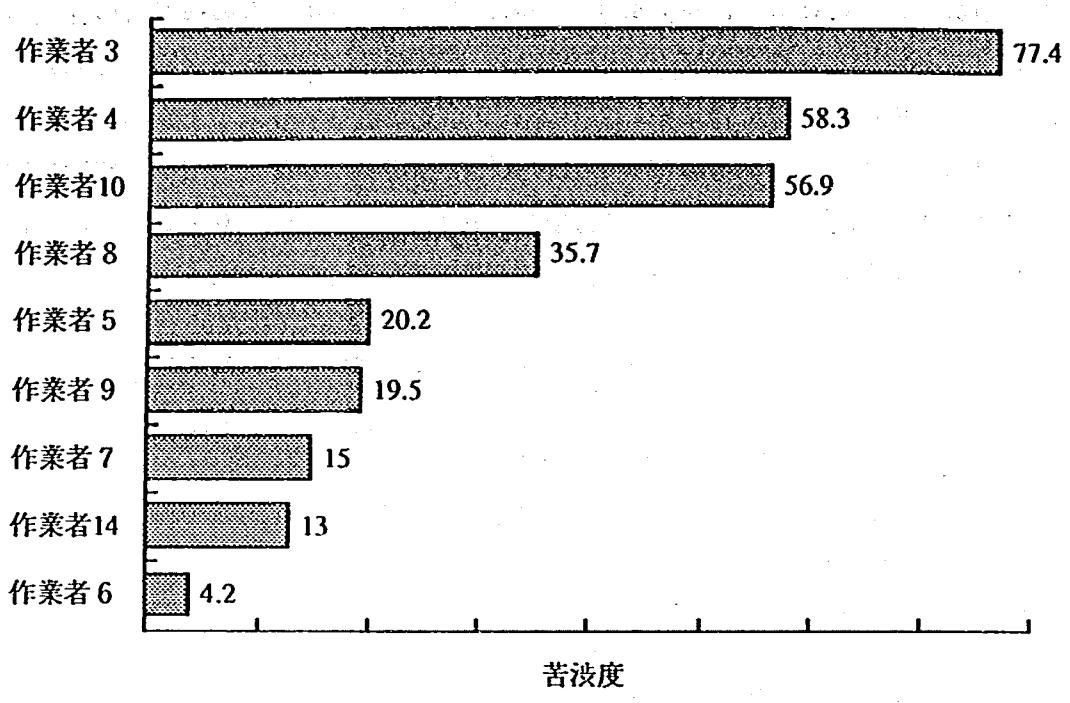


図7.1.33　作業者別の実稼働時間

表7.1.11　作業者別のＲＭＲの仮定

	RMR（仮定）
スコップ作業	6.5
レーキ作業	6.0
コテ仕上作業	8.0
ホーキ作業	2.2
コテ部タックコート	2.0
転圧（ダンパ）作業	3.0
転圧補助作業	0.3



注）苦渋度は、エネルギー代謝量に関する指標として、ＲＭＲ×実稼動時間（分）で定義する。

図7.1.34　オーバーレイ工事における作業者の苦渋性の比較

4．問題点の整理

時間短縮には、切削工程ではトラック待ち時間を短くすることや、スイパーを利用した清掃が重要となることが明らかとなった。オーバーレイ工程では、アスファルトフィニッシャやローラを同時に作業の効率化をすることが必要となることがわかった。

苦渋性の低減では、スコップ作業やレーキ作業の苦渋度が高くなっていることから、これらの作業の工数を減少させるなどの改善の必要性が高いことが明らかとなった。

5．改善案の抽出

問題点に対して、専門家とのブレーンストーミングを実施し、改善案を抽出した。時間短縮の改善案としては、廃材の輸送能力の向上、アスファルトフィニッシャに対する合材供給の方法の変更などが提案された。苦渋性の低減では、人手の清掃作業の改善、アスファルトフィニッシャの仕上げ能力の向上などの改善案が提案された。

第７編　実施例

第１章　道路維持修繕工

（第１章－第３項　道路維持修繕工・表層再生工法の施工改善の事例）

（解説）

１．改善目的の設定

路上表層再生工法においても、切削オーバーレイなどの道路維持修繕工と同様に、工期の短縮のニーズが高い。高齢化や作業者不足から、省力化の改善ニーズも高い。また、夜間作業が多いことや、人手による補助作業の発生などに伴い、苦渋性の改善のニーズが発生している。このようなことから、時間短縮、省力化、苦渋性の低減を改善目的として、調査を実施した。

２．作業測定

上下２車線の道路について、１日、230mの施工延長について、カメラの視野の関係から、上下線、各60mの区間の作業を観測した。

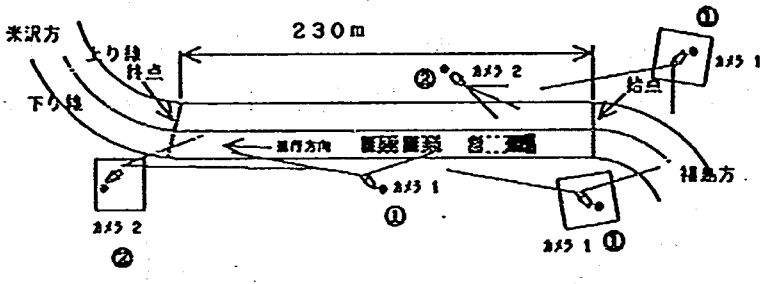


図7.1.35　現場平面図とカメラ位置

３．分析結果

（１）工事工程の分析

路上表層再生工法では、道路予熱、合材供給、リペーブ、締固めの各工程が直線的に重機が配置され、連続して行われる。従って、各重機の作業速度が同一でないかぎり、各工程は最も作業速度が遅い工程にあわせて、作業が行われているものとみられる。このため、全作業エリアで作業時間を比較した場合、各工程の作業時間には、ほとんど差が生じない。そこで、各工程のうち能力的にネックとなっている要因を明らかにすることを目的として、限ら

れた区間（60m）における機械の実稼動時間の分析を行った結果を図7.1.36に示す。この結果から単位作業距離における稼動時間を比較した場合、ロードヒータが最も長くなっていることが判明した。このことからロードヒータの作業能力が、全体の作業速度を決定していることが明らかとなった。

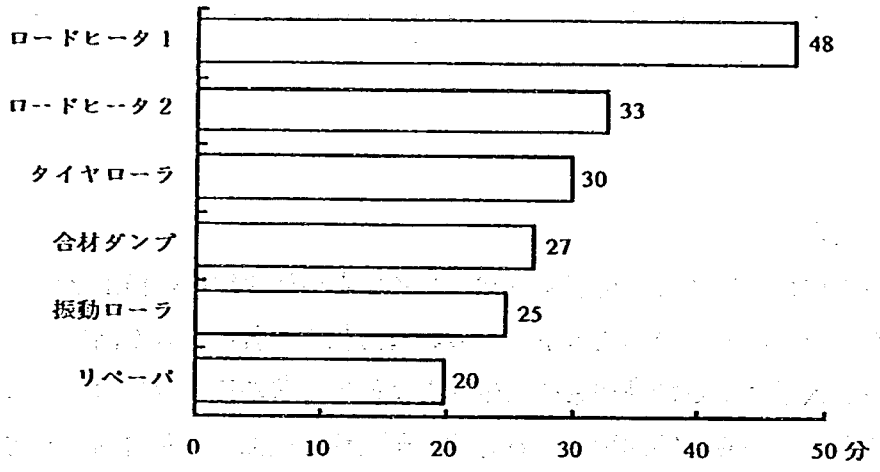


図7.1.36　調査区間における実稼動時間のパレート図

2．稼動分析

各機械の稼動分析を行った結果を図7.1.37に示す。ロードヒータの稼動率は、96%と高い水準にあり、その一方でリペーパの稼動率は75%とロードヒータよりも低い水準にあり、作業速度を上げる余裕がある。従って、作業効率を向上させるためには、作業時間が最もかかっており、かつ稼動率が高いロードヒータ自体の能力を向上させる必要があると見られる。

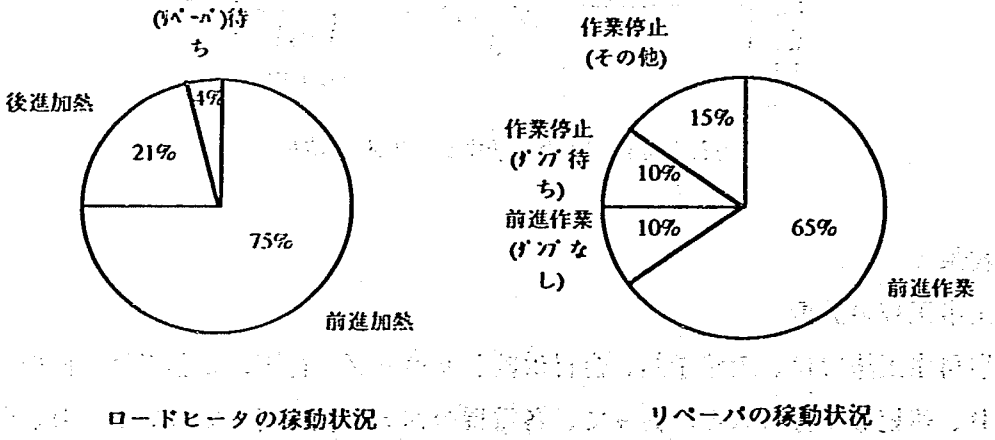


図7.1.37　表層再生工法における各機械の稼動率の分析

（３）苦渋性の低減を目的とした分析

①稼動分析

表層再生工法におけるオペレータ以外の作業者６名について稼動率を分析したところ、図7.1.38に示したように、最大で83%、最小で35%と稼動率にバラツキがあり、作業者により作業負荷が異なっていることが判明した。このことから、苦渋性の低減には、負荷の平準化ということが必要であることや、低稼働の作業者の作業を統合すれば、省力化につながる可能性があるものとみられる。

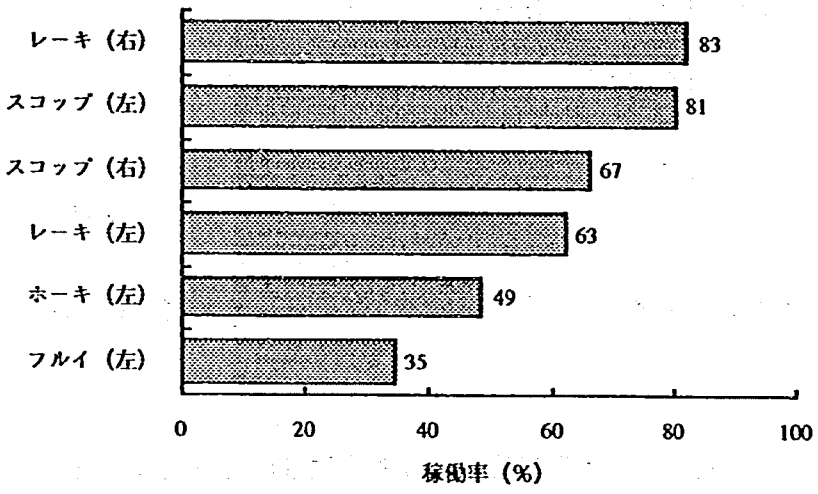


図7.1.38　作業者別の稼動分析の結果

②苦渋性に関する時間研究

稼働率の分析と同様に、時間研究の結果より、作業者の実稼働作業も、位置や作業内容により、大きくバラツキが発生していることが明かとなる。

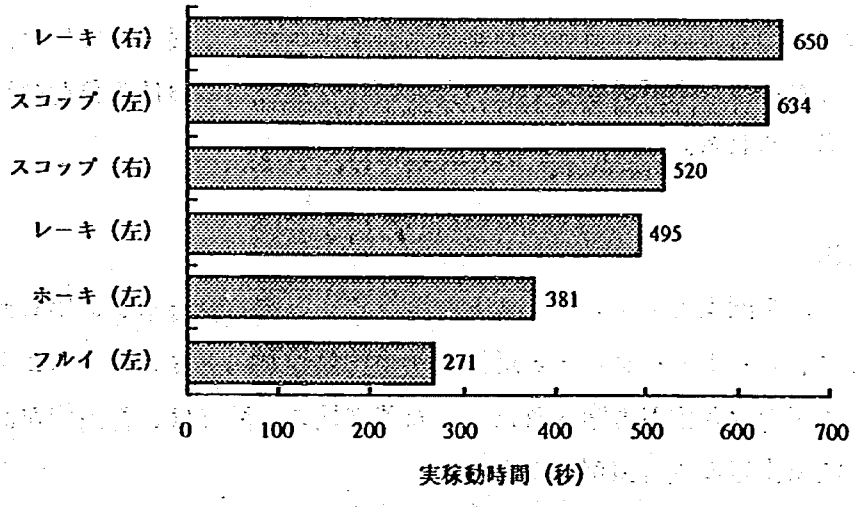
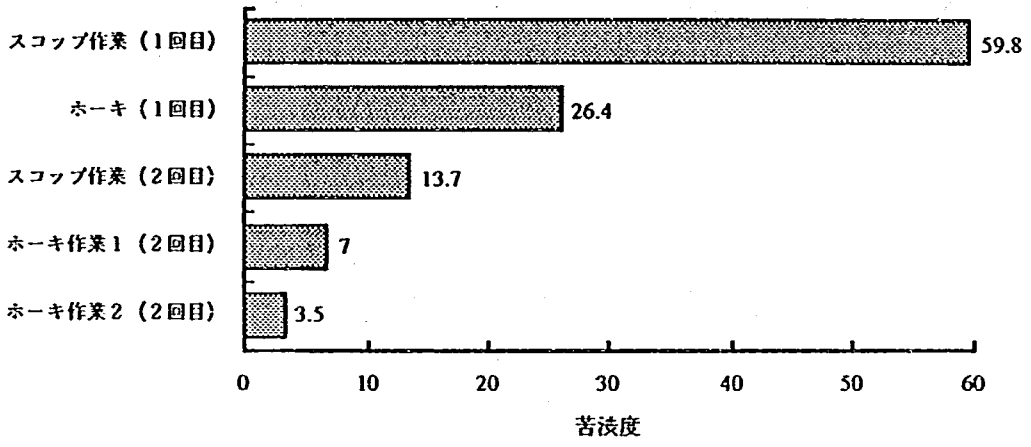


図7.1.39　　作業者の実稼働時間

作業内容を含めた苦渋性を評価するために、ＲＭＲと作業時間（分）の積を苦渋性の指標として利用し、分析を行なった。この結果、レーキやスコップ作業の苦渋性は高く、ホーキ、フルイの苦渋性は低いものとみられる。



注）苦渋度は、エネルギー代謝量に関する指標として、ＲＭＲ×実稼動時間（分）で定義する。

図7.1.40　表層再生工法における作業者の苦渋性の比較

4．問題点の整理

時間生産性の向上に関しては、道路の余熱工程のロードヒータの作業が全工程の作業速度を決定しているものとみられ、作業全体の生産性を向上させるためには、ロードヒータの作業生産性を向上させることが求められる。

また、機械の補助作業に関しては、フルイ、ホーキの作業を行なうのと、スコップならびにレーキ作業を行なうのとでは、作業強度からみた苦渋度が大きく異なっていた。従って、スコップやレーキ作業の工数を低減すること、ならびに作業者間における負荷の平準化をはかる必要があると考えられる。

5．改善案の抽出

問題点に対して、専門家とのブレーンストーミングを実施し改善案を抽出した。時間短縮の改善案としては、ロードヒータによる道路過熱の作業性を向上させるために電磁波を用いた適切な過熱装置等の改善案が考案された。また苦渋性の低減では、苦渋度が高いスコップやレーキ作業の機械化等の改善案が提案された。

（第２章－第１項　土工・築堤の改善調査の事例）

〈解説〉

１．改善の目的の設定

土工の築堤工事は、土砂密度により効率が依存しており、含水比が低い場合には、出来高は大きいが、含水比が低い場合には、乾燥時間が必要となるため、出来高は低下する。さらに、工期が限定されているため、短期に効率良く施工することが求められる。このため、土質条件がよいときに、効率よく作業することにより、生産性を高めることが可能となる。
これらのことから、生産性の向上として、時間短縮および省力化を改善目的として設定し、改善調査を実施した。

２．作業測定

ビデオカメラを利用し、ビデオメモモーションによる作業測定を実施した。
２つの走路を利用し土運搬が行われるため、作業測定結果を整理する場合には、走路による相違が把握できるように、２つの作業エリアを区別した。

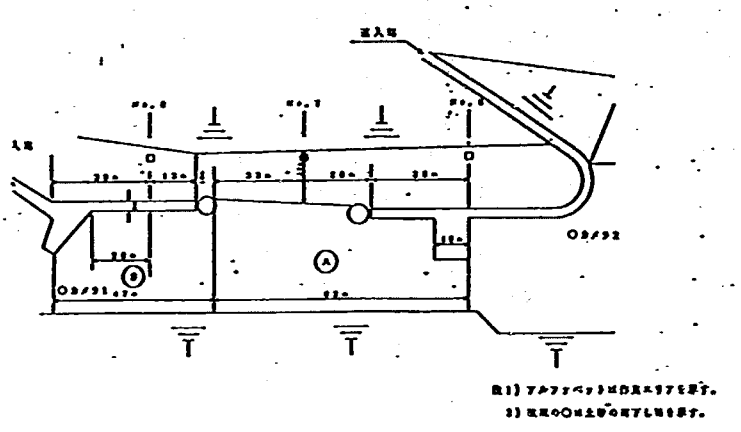


図7.2.1　作業エリアの分割例

3．分析

（1）時間短縮を目的とする分析

調査対象現場では、ダンプトラックにより土運搬を行い、油圧ショベルで配土した土砂に対して、ブルドーザで敷均しを行っている。このため、これは直列的な作業手順と考えられる。このため、土運搬、配土、敷均しの能力的な問題点を明らかにすることを計画した。

まず、土運搬の回数を把握した。土運搬は作業開始直後、30回／時間以上となるが、その後、20～24回／時間に低下する（図7.2.2）。

次に、配土作業を行う油圧ショベルの実稼動時間と、土運搬の回数の一次相関をとると、土運搬回数が増加すると、油圧ショベルの実稼動時間が増加することが判った（図7.2.3）。

さらに、土運搬回数の実績の平均値の範囲では、油圧ショベルの稼動に余裕が存在することが明らかとなった。

同様に、ダンプトラックによる土運搬回数と、大型ブルドーザの実稼動時間の関係を分析すると、ダンプトラックによる運搬回数の方がブルドーザの作業効率に影響することが明らかとなった。

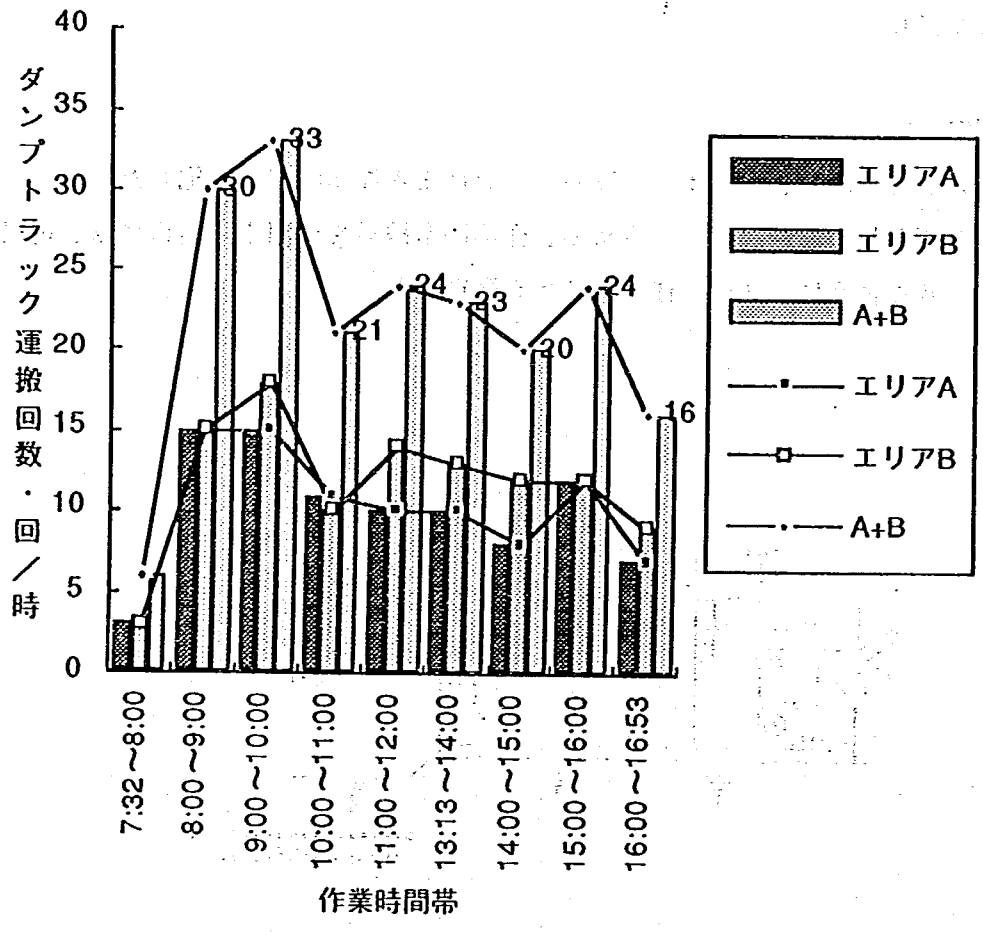
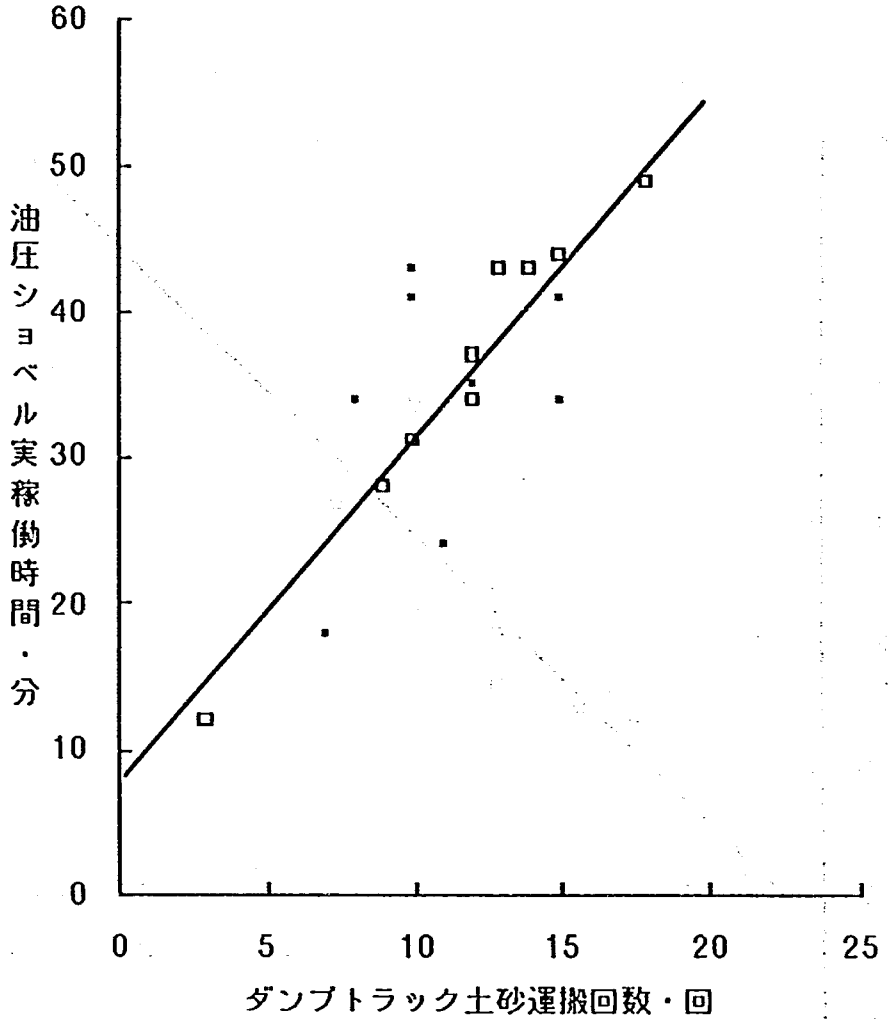
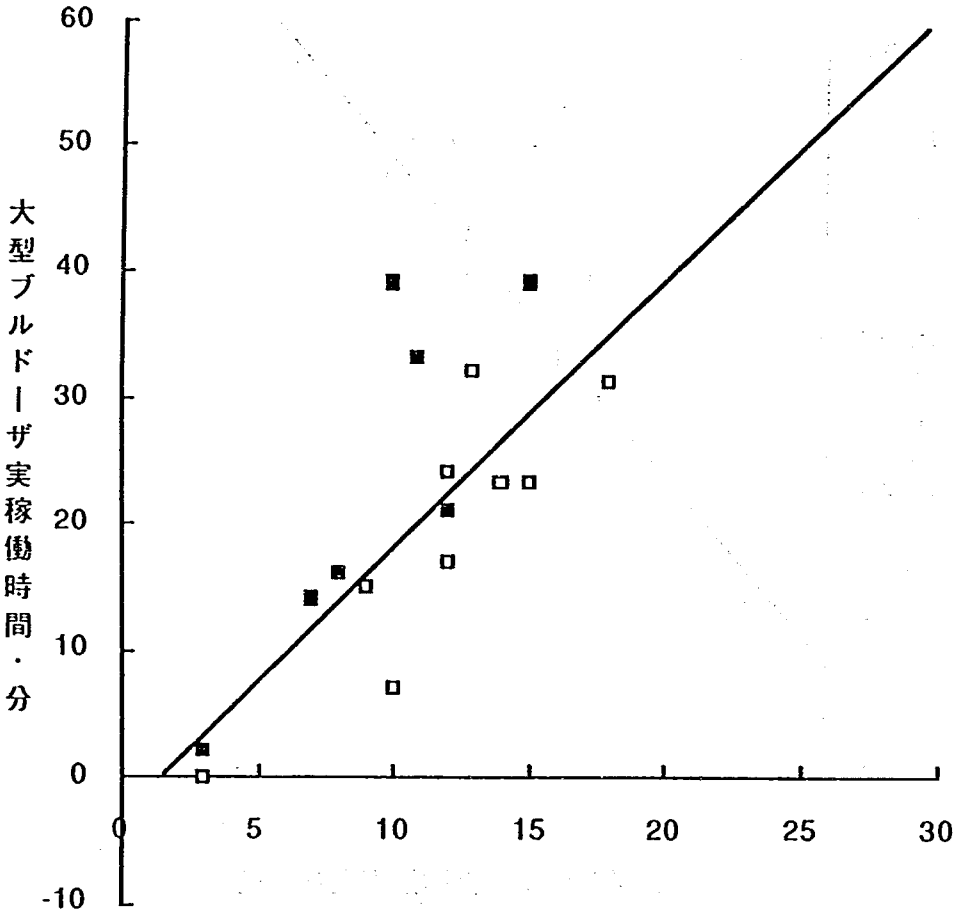


図7.2.2　ダンプトラックの土運搬回数の分析結果



注）□：エリアA、■：エリアB

図7.2.3　ダンプトラックの土運搬回数と油圧ショベルの実稼動時間の関係



注）□：エリアA、■：エリアB

図7.2.4　ダンプトラックの土運搬回数と大型油圧ブルドーザの実稼動時間の関係

（2）省力化を目的とする分析

油圧ショベルおよびブルドーザの各オペレータの作業について、時間研究を行い、工数を分析した。この結果、各重機の作業工数、オペレータの稼動率は大差ないものと判断される。しかし、油圧ショベルの配土は土質が悪いため、補助的な作業として行われており、このような付帯作業に、主作業と同等の工数を必要としていることから、改善の余地があるものとみられる。

表7.2.1　時間研究の結果

	人数	作業工数	稼動率
油圧ショベル	2	603人分	65%
ブルドーザ	2	639人分	69%

4．問題点の整理

土運搬の能力が低く、後工程の配土および敷均し工程が効率よく作業ができず、時間短縮には土運搬の能力が律速となっている。省力化では、付帯作業的な配土作業をなくすことが、重要と考えられる。

5．改善案の抽出

上記の問題点に対して、専門家によるブレーンストーミングを実施し、改善案を抽出した。時間短縮には、土運搬能力の拡大が必要となる。

省力化には、直接、土砂の荷下ろしを行い、敷均しができることが望ましく、鉄板走路の代替としてセメントにより硬化した土砂の利用、キャタピラ式トラックの利用、悪い土質でも直接敷均せるブルドーザの利用などが提案された。

（第２章－第２項　土工・ＣＡＢの施工改善の事例）

〈解説〉

１．改善目的の設定

ＣＡＢの工事は都市部で行われるため、交通への障害が発生する可能性がある。更に、既設配管が存在するため、工事時間や工期が長くなり、工期を短縮するには、工事の生産性の向上は重要な改善となる。施工においては、夜間工事を伴うこと、人力作業が多いため、人手不足や高齢化が問題となっており、省力化や、苦渋性の低減を行なうことが求められれている。

このような背景から、ＣＡＢの施工について、時間の短縮および、さらに苦渋性の低減として、人手作業の工数を低減することを改善目的として設定した。

２．作業測定

ビデオカメラを利用し、ビデオメモモーションによる作業測定を実施した。
作業測定結果を整理する場合には、配管がある側とない側では、作業条件が異なり、さらに、前半と後半では作業効率が異なることが予想されたため、４つのエリアを設定し、作業データを整理した。

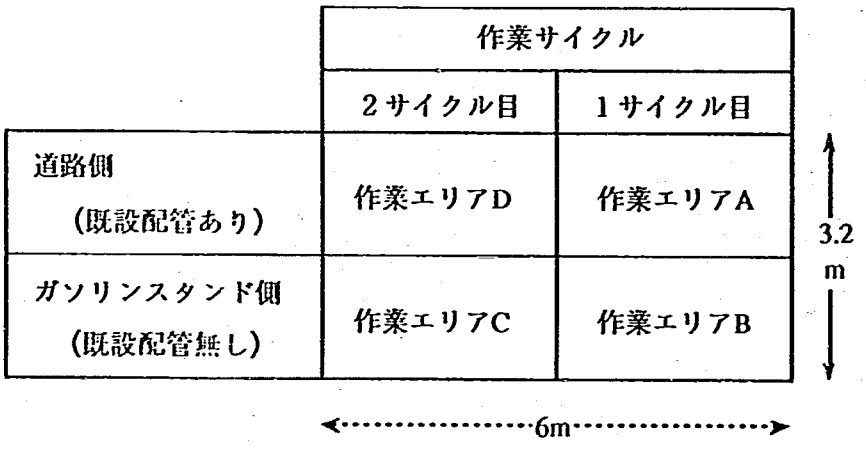


図7.2.5　作業エリアの分割例

3．分析

（1）時間短縮を目的とした分析

①工事工程の分析

工事工程をガントチャートに記した結果を図7.2.6に示す。このガントチャートから掘削、山止め、覆工、後片付けが重なりながら、行われていることを示す。この結果、時間短縮の寄与率が大きい工程が明確とならないため、ネットワークを利用した分析を行った。

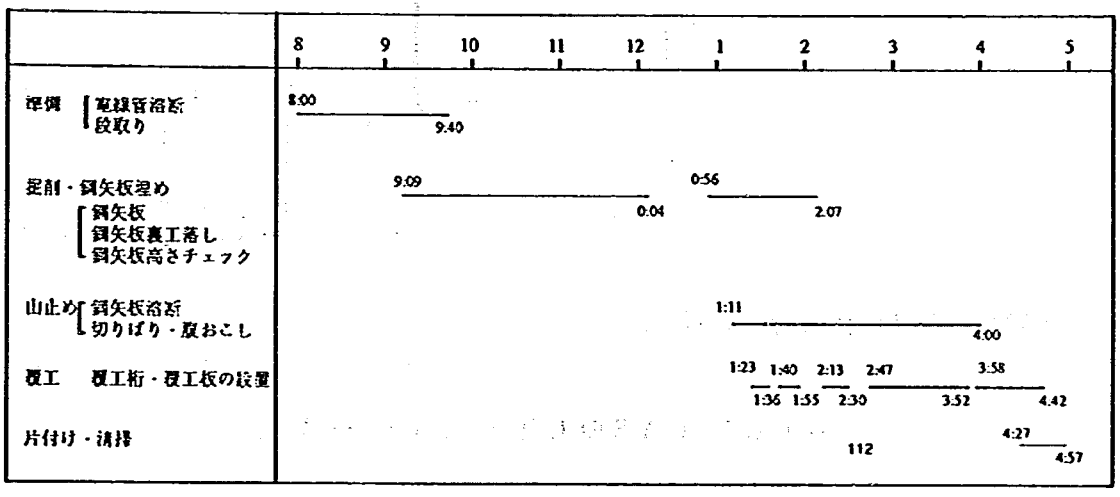
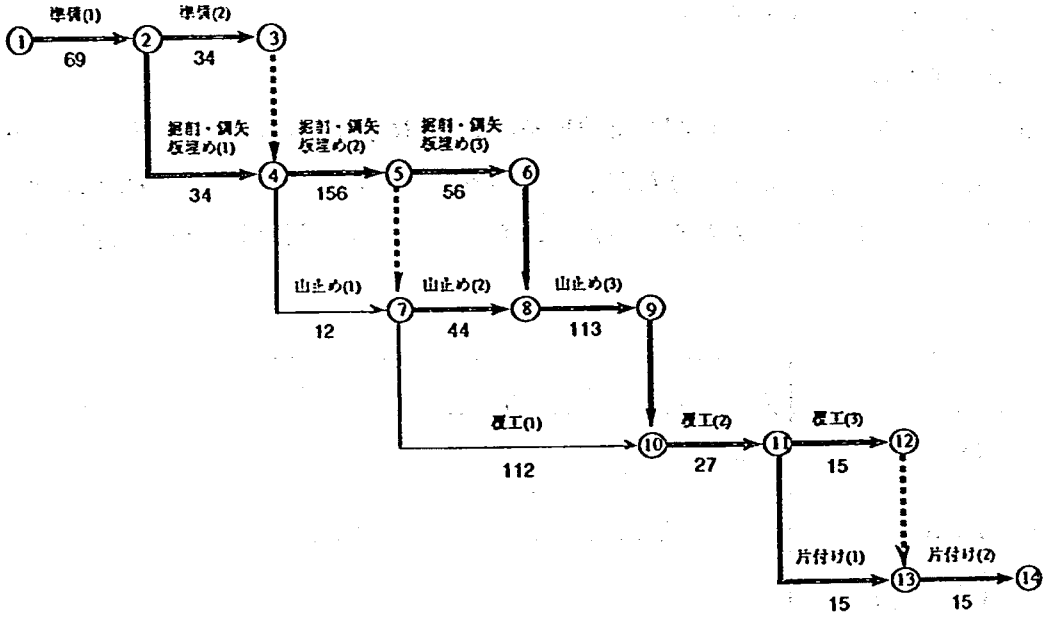


図7.2.6　工事工程のガントチャート

ネットワークを利用し分析する場合、掘削および山止めの鋼矢板の打ち込みは油圧ショベルを中心とした作業であり、分析上同一工程として再定義したほうが問題点を把握し易いものとみられる。このネットワークによる分析結果を図7.2.7に示す。このネットワークによるＰＥＲＴ分析した結果、余裕が少なく、時間短縮の寄与が大きい工程は、油圧ショベルを利用する掘削・鋼矢板埋め込みが重要であることが判った。



注）矢線の数値は実作業時間を示す。

図7.2.7　ＣＡＢの工程のネットワーク表現

表7.2.2　ＣＡＢのＰＥＲＴ分析の結果

工　程	余裕（分）		時間短縮効果の弾力性係数
	全体余裕	自由余裕	
準備（1）	0	0	0.14
準備（2）	0	0	—
掘削・鋼矢板埋め（1）	0	0	—
掘削・鋼矢板埋め（2）	0	0	0.32
掘削・鋼矢板埋め（3）	0	0	0.12
山止め（1）	144	144	—
山止め（2）	12	12	—
山止め（3）	0	0	0.23
覆工（1）	57	57	—
覆工（2）	0	0	0.06
覆工（3）	0	0	—
片付け（1）	0	0	—
片付け（2）	0	0	0.03

注）弾力性係数＝工事全体の時間の短縮割合／工程の時間の短縮割合

②稼動分析

油圧ショベルの稼動分析を行った結果、稼動率は約84%となっていることが、明らかとなった。従って、時間短縮を行うためには、非稼動時間を低減を図るか、作業効率を向上させることが重要であることが明らかとなった。

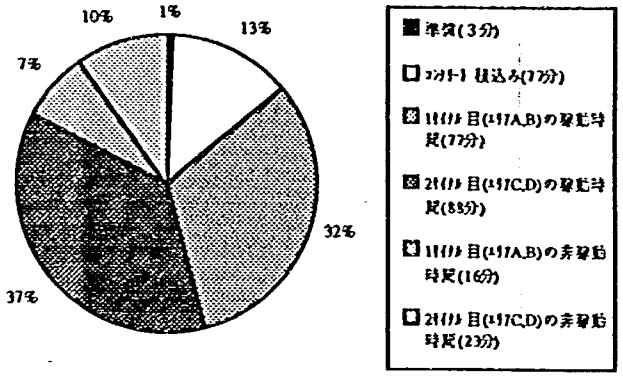


図7.2.8　油圧ショベルの稼動分析

③時間研究

油圧ショベルの作業に対して、時間研究を行った。時間研究の結果、油圧ショベルの稼動時間は掘削、鋼矢板埋め込みの効率を向上させることが時間短縮に有効であるものと判断される。さらに、既設配管のあるエリアA、Dでは、油圧ショベルの稼動時間が少なく、人手作業に依存しているもの。

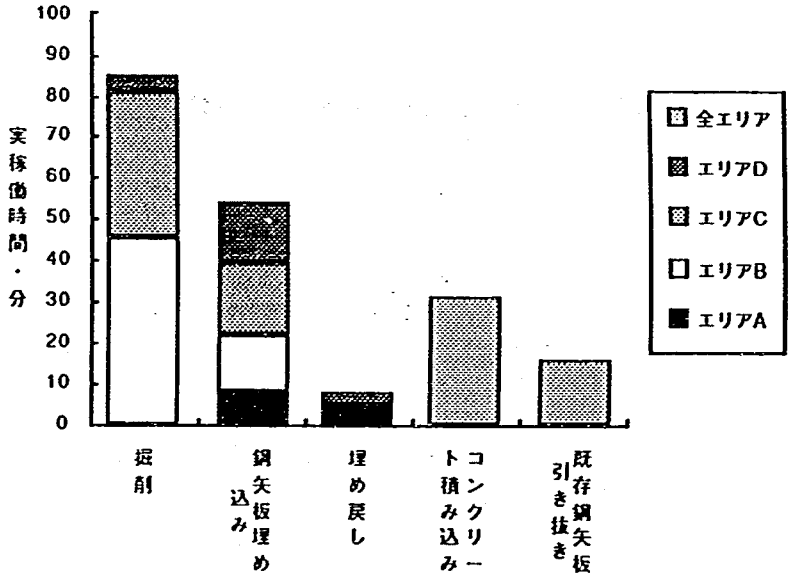


図7.2.9　油圧ショベルの稼動時間

さらに、油圧ショベルの非稼動時間を分析したところ、掘削作業中に非稼動状況が発生していること、人手による掘削作業待ちによる要因がもっとも大きく、4割弱を占めていることが明らかとなった。

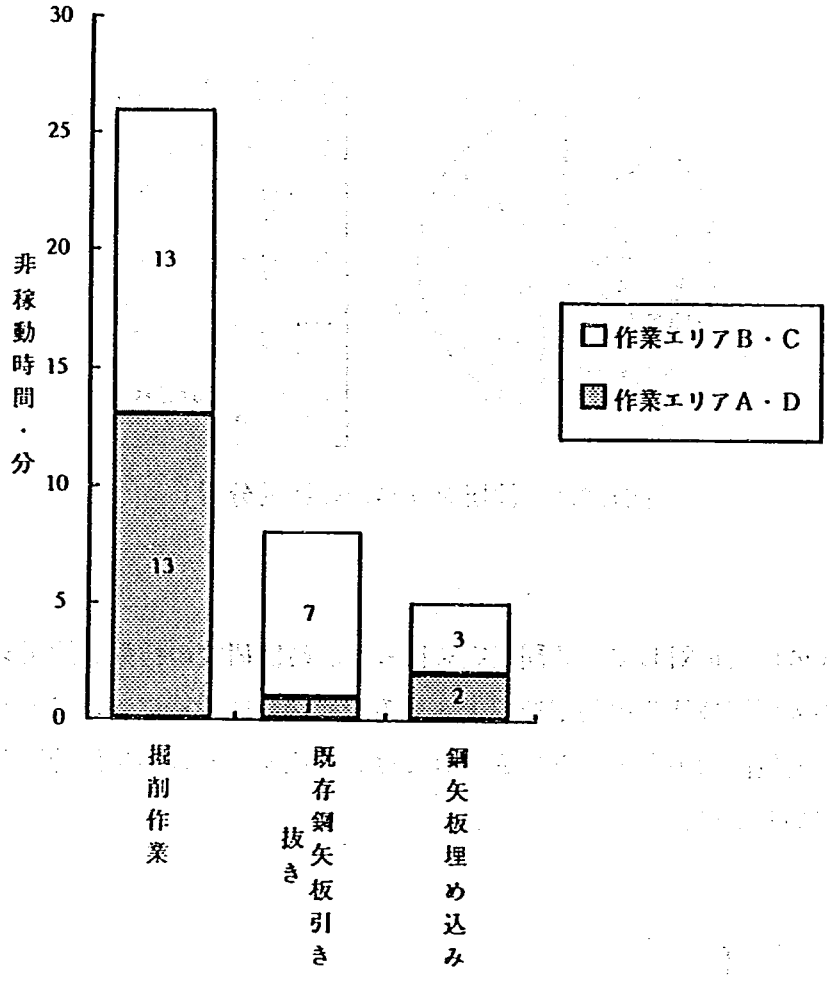


図7.2.10　単位作業別の非稼動時間の発生状況

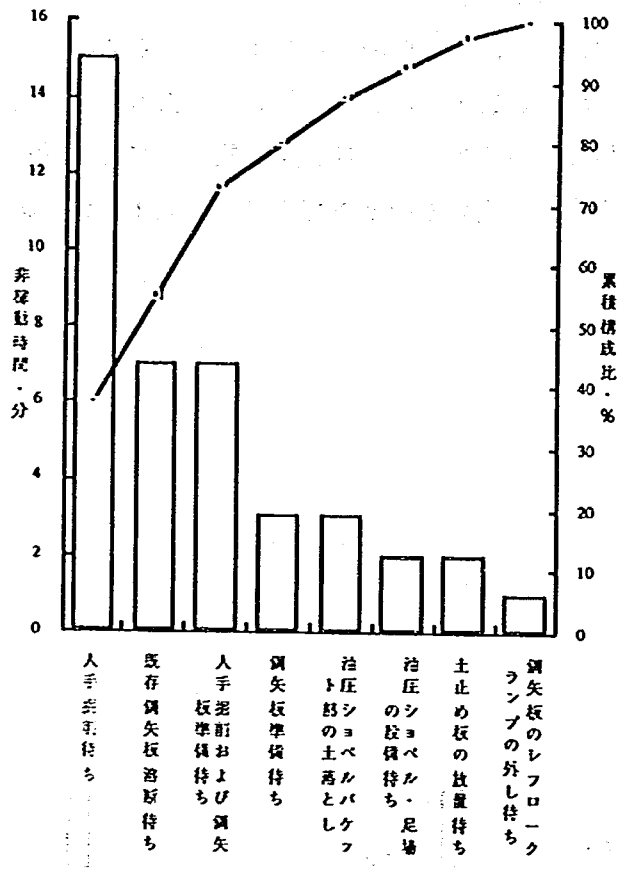


図7.2.11　油圧ショベルの要因別の非稼動時間のパレート分析図

（2）苦渋性の低減を目的とした分析

①稼働分析

作業者７名について、稼働率を分析したところ、最大で96%、最小で61%と、バラツキがあり、作業負荷が異なるため、作業負荷の平準化が必要とみられる。この場合、ＣＡＢの工事では作業者主体に行われるため、適切な作業配分が重要とみられる。

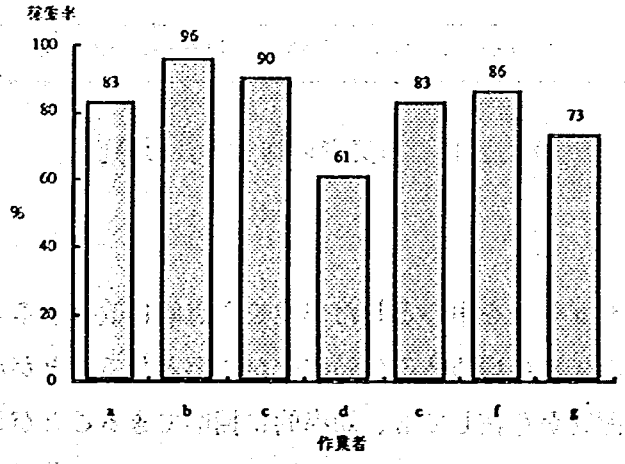


図7.2.12　作業者別の稼働分析の結果

②時間研究（作業工数の分析）

人手の作業工数の低減は、苦渋性の低減に寄与することから、時間研究を実施し、作業工数の分析を行った。この結果、覆工板の設置、鋼矢板の打ち込み補助、掘削などの工数が大きいことが判明した。特に、覆工板の設置は、重量物（約100kg／板）を２名で運搬するため、ＲＭＲ（エネルギー代謝率）が高いものと予想され、改善上重要であるものと判断される。

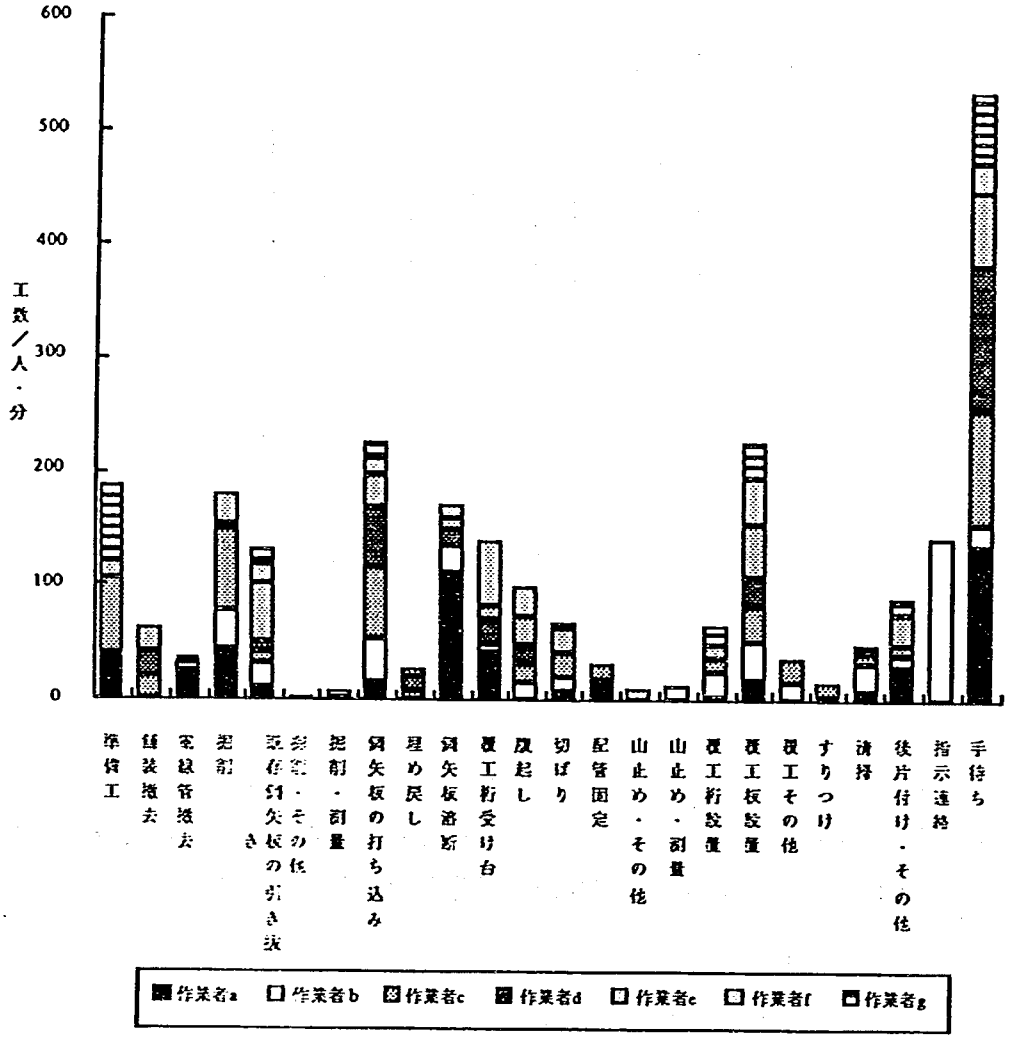


図7.2.13　作業者の作業工数の分析

４．問題点の整理

時間短縮には、油圧ショベルを中心とした作業を重点的に改善すること、油圧ショベルの改善には、掘削および鋼矢板の埋め込みの効率化が重要となることが明らかとなった。特に、掘削においては、既設配管が存在しても、効率的に掘削できることが重要であり、この改善により、人手掘削の待ちの低減や、苦渋性の低減において、改善効果が期待できる。

苦渋性の低減では、特に、覆工板の設置は工数が多く、重量物の取扱のために、改善が必要であることが明らかとなった。

5．改善案の抽出

問題点に対して、専門家とのブレーンストーミングを実施し、改善案を抽出した。時間短縮の改善案としては、掘削、鋼矢板の埋め込みを効率的に施工できる多目的掘削機械の利用、配管を傷つけない掘削機械の利用や、配管のセンサの利用などが提案された。苦渋性の低減では、覆工板の軽量化や、重機を利用した設置などのが提案された。

（第３章－第１項　トンネル工・ＮＡＴＭ工法の施工改善の事例）

〈解説〉

１．改善目的の設定

トンネル工・ＮＡＴＭ工法は、作業環境や労働条件の面などから、労働者の不足や高齢化が問題となっており、生産性の向上が今後重要となってくるものと予想される。さらに、粉塵環境での作業時間短縮は苦渋性の低減に寄与する。このようなことから、時間短縮や省力化を改善目的に設定し、改善調査を実施した。

２．作業測定

切羽付近の作業について、カメラ２台を設置し、ビデオメモモーションにより、１サイクルの作業を観測した。

トンネルの切羽付近は暗く、また、粉塵が発生するため、ビデオカメラ２台の観測では、作業者の個別認識が難しく、明確な作業識別の可能な範囲が限定されたここから、今後は、カメラの設置台数やストップウォッチ法などを併用するなど工夫が必要である。

３．分析

（１）時間短縮を目的とした分析

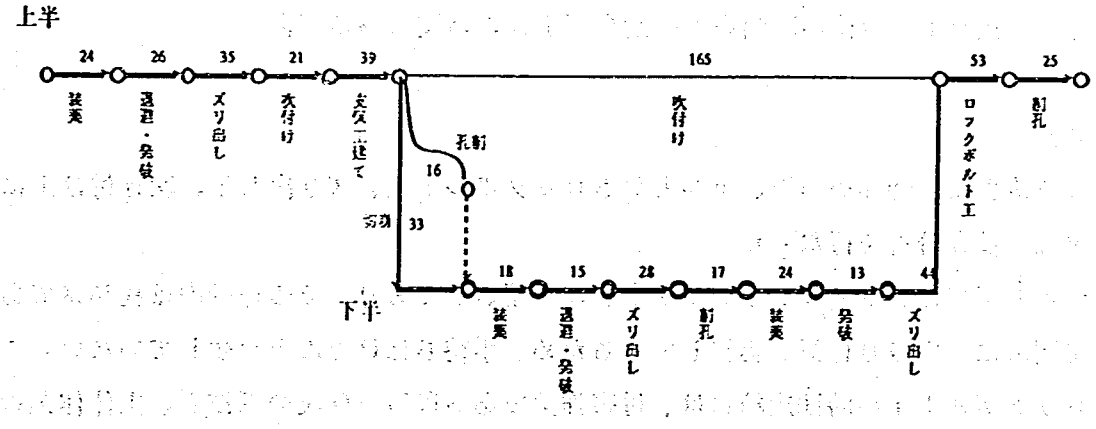
①工事工程の分析

ＮＡＴＭの工程レベルで、作業時間の計画実績値の比較を行なった。この結果、下半と吹き付け作業について、計画より作業時間が長くなっていることが明らかとなり、このような工程は円滑な作業となるように改善を図ることが重要とみられる。

表7.3.1　工程時間の計画値と実績値の比較

		計画	実際	遅れ（分）
上半	削孔・装薬・発破	1:30	0:49	△41
	ズリ出し	1:15	0:30	△45
	支保工建込	1:00	1:00	0
	吹付け	2:30	3:02	32
	ロックボルト	1:30	1:00	△30
下半	削孔・装薬・発破			
	ズリ出し	2:30	3:12	42

次に、工事時間の時間短縮上、重要となる工程を分析するために、ネットワークを利用した分析を行なった。調査対象となる現場の工事工程はネットワークを利用し、図7.3.1に表現できる。このネットワークを利用し、ＰＥＲＴを利用した分析を行なった。この結果、時間余裕の少ない工程で、時間短縮効果の高い工程は、単独工程としてはロックボルト工、複数の工程を統合する場合には、ズリ出し工の改善が重要と考えられる。



注）矢線の数値は作業時間（分）

図7.3.1　トンネル工・ＮＡＴＭの工程のネットワークを利用した表現

表7.3.2　トンネル工・ＮＡＴＭのＰＥＲＴによる分析結果

	余裕（分）		時間短縮の効果の弾力性係数
	全体	自由	
装薬	0	0	0.05
発破	0	0	0.05
ズリ出し	0	0	0.07
吹付	0	0	0.04
支保工	0	0	0.08
吹付	26	0	－
下半・切崩	0	0	0.06
下半・削孔	17	17	－
下半・装薬	0	0	0.05
下半・発破	0	0	0.03
下半・ズリ出し	0	0	0.06
下半・削孔	0	0	0.03
下半・装薬	0	0	0.05
下半・発破	0	0	0.03
下半・ズリ出し	0	0	0.09
ロックボルト工	0	0	0.11
削孔	0	0	0.05

注）弾力性係数＝工事全体の時間短縮の割合／工程の時間短縮の割合

②稼動分析

全分析を踏まえ、時間短縮上、重要となるロックボルト工、ズリ出し工、吹き付け工について、重機の稼動分析を行なった。

ロックボルト工では、ドリルジャンボが中心に利用されており、その稼動率は約70％である。非稼動時間には、段取り作業を実施しているため、手待ちはほとんど発生していない。このため、ロックボルト工の時間短縮には、付帯作業である段取り作業の低減と、主体作業の効率の向上が重要と見られる。

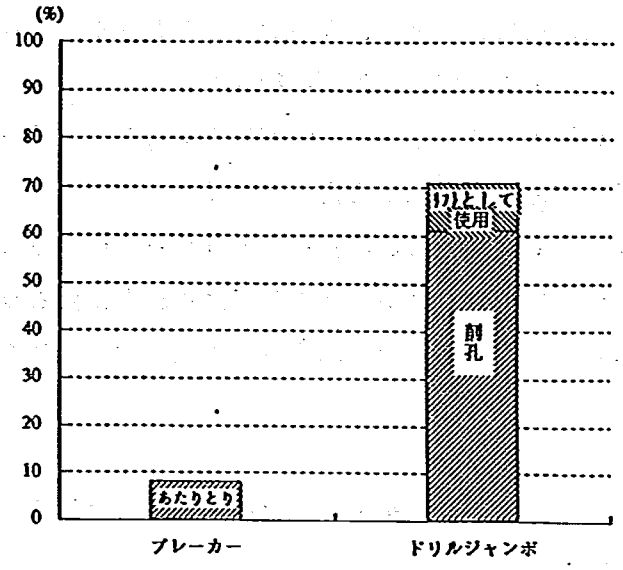


図7.3.2　ロックボルト工における重機の稼動率の分析結果

次に、下半上半のズリ出し工程の重機の稼動率を分析した結果を図7.3.3に示す。ホイールローダの稼動率は他の重機に比べ高いことから、手待ちによる作業効率の短縮余地は少なく、ホイールローダの作業効率自体の向上が時間短縮上重要と見られる。

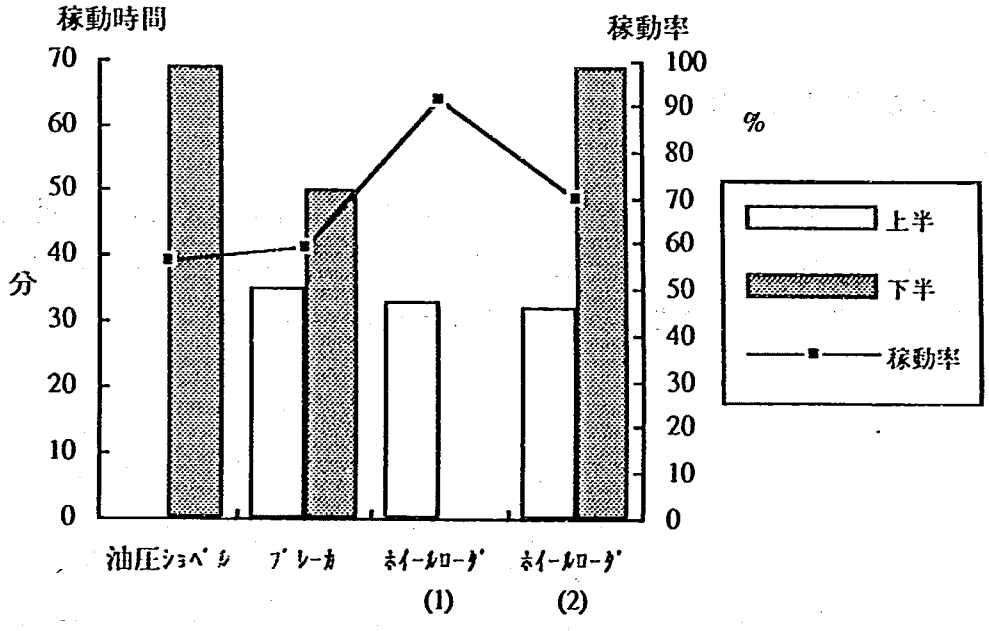


図7.3.3　ズリ出し工程の重機の稼動率の分析結果

同様に、吹き付け工程では、吹き付け機の稼動率は86%以上であり、手待ち時間の低減により、稼動率を向上させ改善方向だけでなく、吹き付け方法自体の改良を含めた、改善が必要とみられる。

③時間研究

ロックボルトの押し込みには、一般に、人力で行なわれるが、孔荒れなどで挿入しにくい場合には、ジャンボのリフトを利用し、作業を行なう。

そこで、ロックボルトの挿入作業について、時間研究を行なった結果、孔荒れにともなうリフトを利用した挿入は、全体の半分以上を占め、サイクルタイムも人力のみの2倍必要とすることが明らかとなった。したがって、削孔による孔荒れの低減もしくは、機械化によるロックボルトの挿入時間の短縮がロックボルト工の時間短縮が重要とみられる。さらに、このような改善は、作業者の人力作業の低減が図られ、苦渋性の低減にもつながるため、重要な改善テーマである。

表7.3.3　ロックボルトの挿入作業の分析例

	観測回数	サイクルタイム
人力のみによる挿入	4	48秒
人力とリフトの移動を利用した挿入	5	95秒

（2）省力化を目的とした分析

①稼動分析

比較的観測が容易であった上半作業について、工程別に作業者数を観測し、時間推移を分析した結果を図7.3.4に示す。この分析結果より、ロックボルト工で作業者数がピークとなっており、この工程の省人化の優先順位は高いものと予想される。

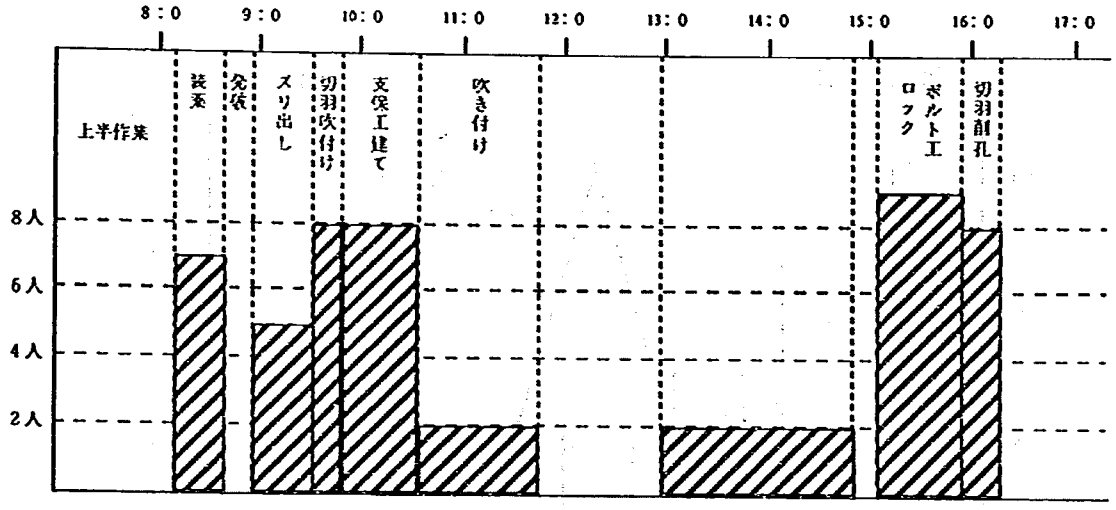


図7.3.4　上半作業のおける工程別の作業者数の推移

4．問題点の整理

トンネル・ＮＡＴＭの時間短縮を行なうには、ズリ出しのホイールローダの効率の向上、ロックボルト工におけるジャンボの効率の向上、吹き付け効率の向上が重要と分析された。また、省力化には、ロックボルト工の省人化が重要と分析された。

5．改善案の立案

問題点の分析結果を元に、専門家によるブレーンストーンミングを実施し、改善案を抽出した。その例として、時間短縮を行なうには、ズリの連続的搬出、ロックボルト工の機械化（ジャンボへの挿入機の取付け）、ハネ返りの材料や型枠を利用した吹き付け方法などが提案された。省力化の改善案としては、ロックボルト工の自動化、機械化の提案が提案された。

6．保全に関する分析

トンネル工では、重機の故障は、その重機の適用されている工程だけでなく、後工程も中断させる可能性があるため、重機の保全は作業改善の重要なテーマである。ここでは、機械稼動に関する調票を利用し、重機の保全実態に関する分析を行なった。

調票は、トンネルの施工機械使用実態調査票（調査期間：３ヶ月）および、建設機械故障日報（調査期間：11ヶ月）を利用した。

図7.3.5には重機別の保全に投入した工数を、図7.3.6には運転時間当りの工数を示す。この結果、ジャンボの保全に工数を要しており、運転時間当りの保全工数も高いため、改善の必要性が高いことが判った。次に、ジャンボの部位別に比較すると、ドリフタの保全が多いた

め、ドリフタの信頼性を高めることが保全上重要であるものとみられる。

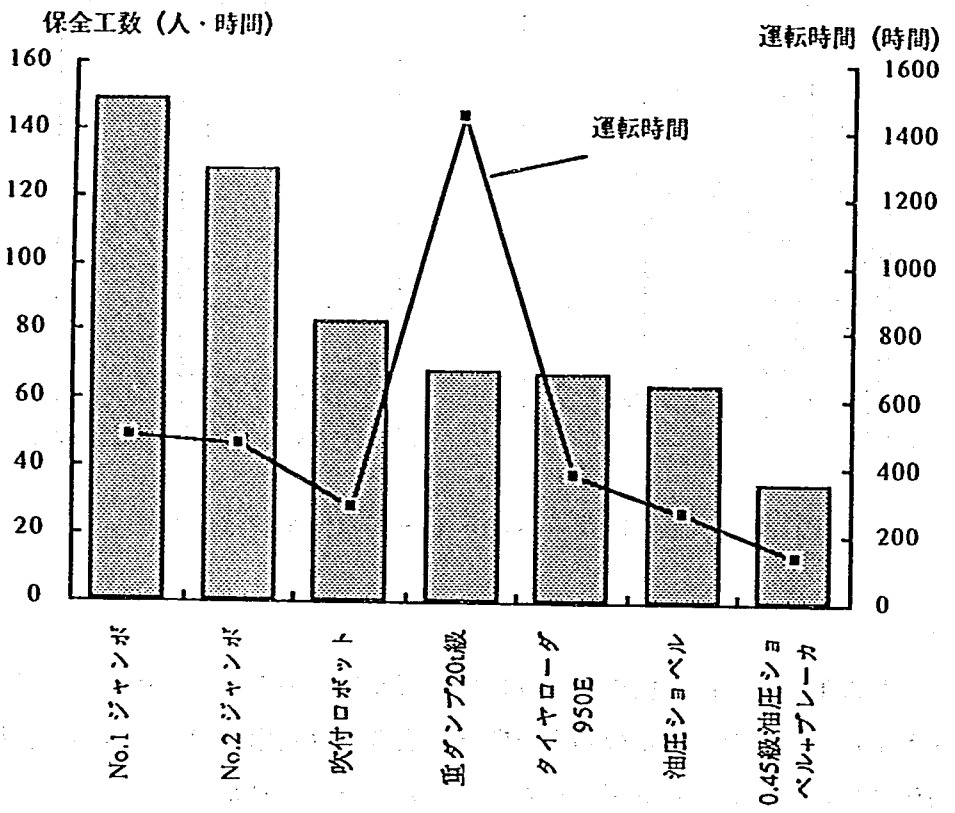


図7.3.5　重機別の保全工数（単位：人、時間）

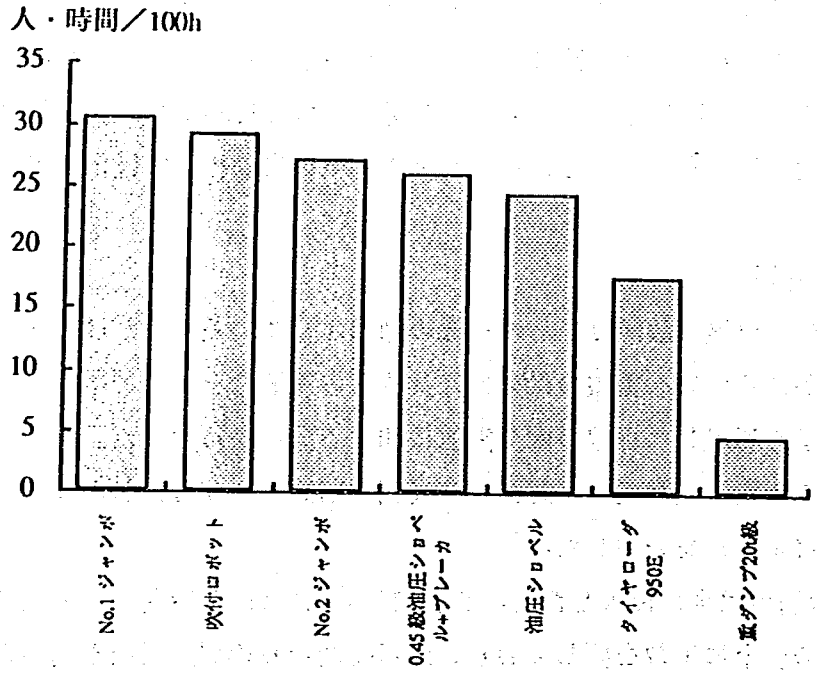


図7.3.6　重機別の運転時間当りの保全工数（単位：人時）

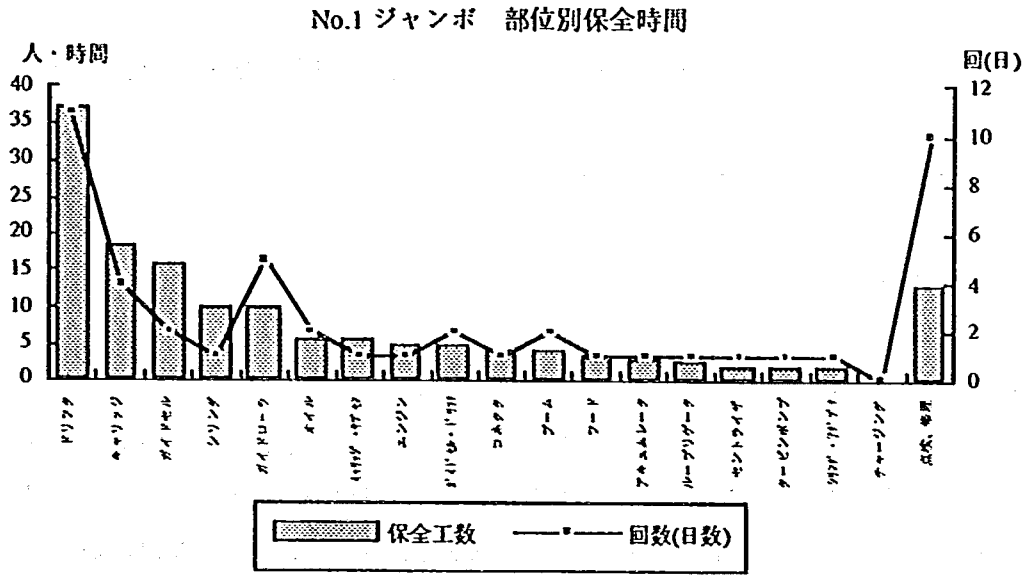


図7.3.7　ジャンボの部位別の保全工数

（第４章－第１項　海洋土木・離岸堤工（ブロックの据え付け工）の施工改善の事例）

（解説）

１．改善目標の設定

離岸堤のブロックの据え付け工は、工事が海象の影響を受け易く、施工可能な日に効率的に施工することが必要となる。また、水中部の据え付けには、潜水士による作業が必要となるが、この潜水士を中心に作業者の不足や、高齢化が進んでおり、省力化が重要となってきている。

このようなことから、時間短縮および省力化を目的とした改善調査を実施した。

２．作業測定

据え付け工について、ブロック積込みとブロック据え付けの作業について、２日間にわたり、作業測定を実施した。ビデオカメラ２台によるビデオカメラによる作業測定を行なった。

３．分析結果

（１）時間短縮を目的とした分析

①工程分析

ブロックの据え付け工について、２日間の作業測定を実施し、工程の分析の結果、船の移動など補助的な作業を除くと、海中への据え付けが一番時間を要していることが明らかとなった。

No	工程／時間	第１日目	第２日目
		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	起重機台船の移動・着岸	1h	
2	ブロック積込	5h　2h	
3	クレーン船の離岸・移動	0.5h	
4	ブロックの据付		5h　2h

図7.4.1　工程のガントチャート

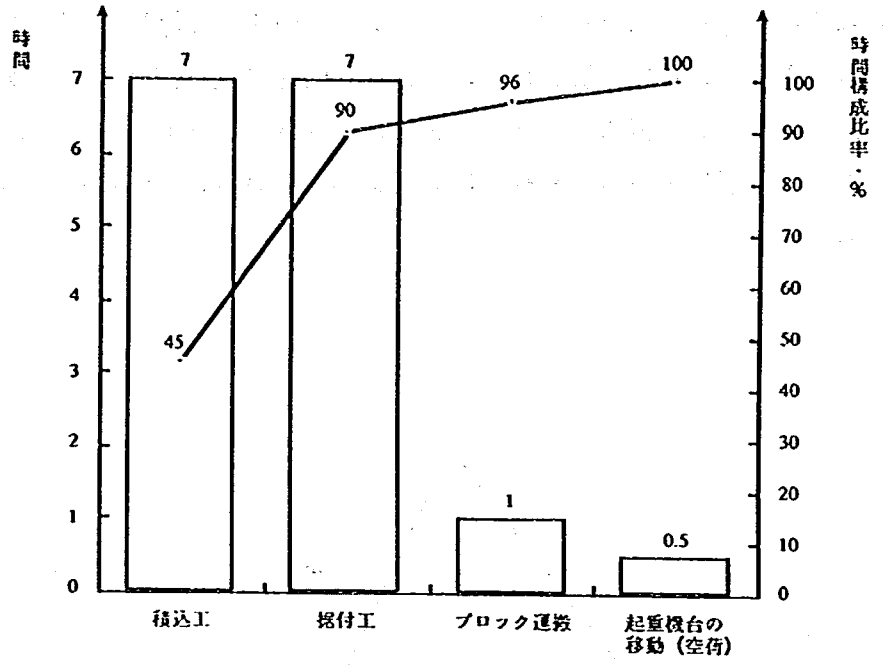


図7.4.2　工程時間のパレート図

（2）時間研究

ブロックの積込みおよび据え付けの各単位作業について、サイクルタイムおよび作業個数を分析した。この結果、作業工数は同じであるが、特に、積込に比べ据付のサイクルタイムが長いことが明らかとなった。特に、据付個数の多い、海中への1層目のブロックの据付が最もサイクルタイムが長いことが明らかとなった。

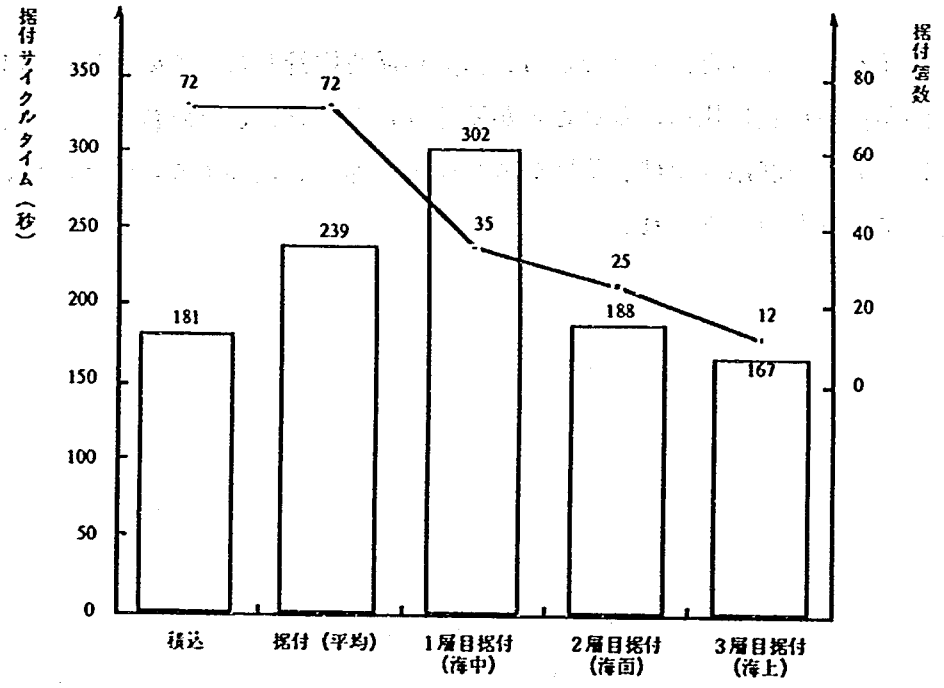


図7.4.3　ブロック積込み作業と据付作業のサイクルタイム

次に、要素作業に区分し、据付層別のサイクルタイムの比較を行ない、据付作業について、サイクルタイムが異なる背景を分析した。表7.4.1には、据付層別のサイクルタイムの構造を示す。この結果、各層とも、玉掛け、ブロック移動、玉外し、ワイヤー移動の時間は大きくは異ならないが、第1層目の位置合わせには時間を要していることが大きな特徴であることが明らかとなった。

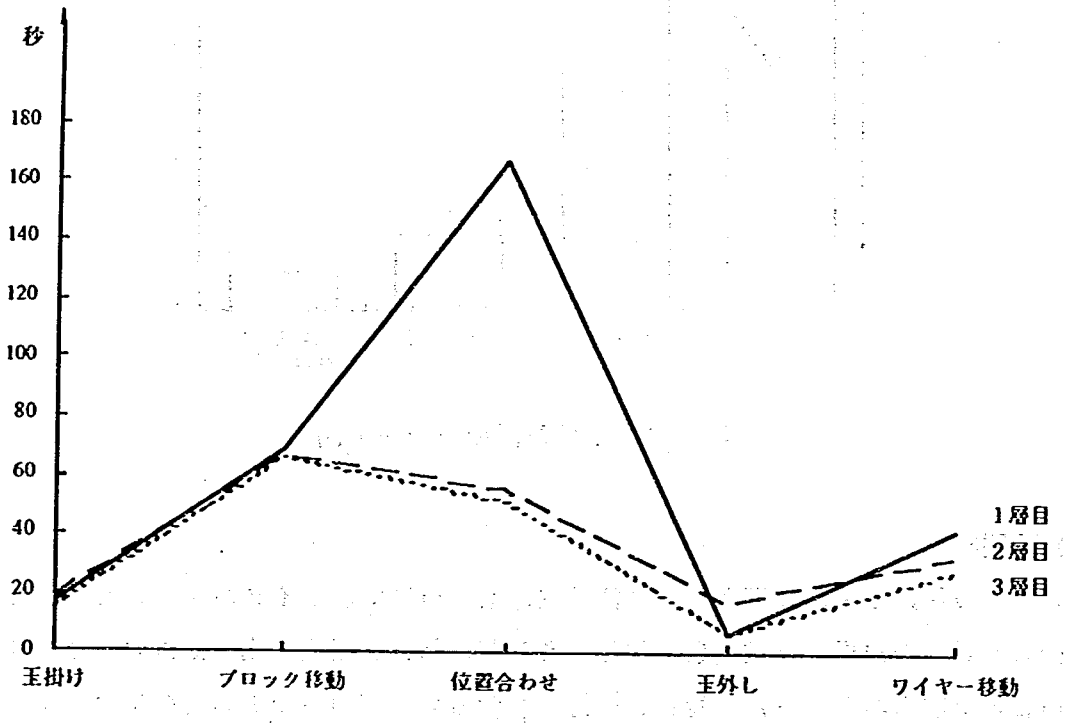


図7.4.4　サイクルタイムの時間研究結果

さらに、サイクルタイムと作業個数から、作業時間を推計した。この結果、第1層目の据付作業の時間が他の作業に比べ、多いことが確認された。また、位置合わせでの手直し（海面に下げた後、もう一度吊り上げ、位置決めを仕直す作業と定義する）の比率が、この作業時間に影響しているものとみられる。

表7.4.1　要素作業別の時間の推計結果

	玉掛け	ブロック移動	位置合わせ	玉外し	ワイヤー移動	位置合わせの手直し比率
積込	936	5,256	2,808	570	3,456	——
据付（1層目）	595	2,415	5,845	245	1,470	40%
据付（2層目）	450	1,650	1,375	425	800	25%
据付（3層目）	180	792	612	84	330	25%

（2）省力化を目的とした分析

ブロックの積込み作業および据付作業について、必要な要員を調査したところ、5名の要員を必要としたことが明らかとなった。

さらに、作業工数を各作業別に比較すると、据付の位置合わせ・据付作業の工数が大きいことが判る。このため、他の作業者に比べて、負担が大きく、危険作業であるため、省人化を検討する必要があろう。一方、作業工数が少ないが、作業者2名を必要としており、省人化の余地を検討する必要もあろう。

表7.4.2　作業者の作業の時間研究結果

		要員数	手待ちを除く作業工数(人・分)	作業場所
積込工	クレーン	1	——	台船
	玉掛け	2	31	陸上
	位置合わせ玉外し	2	113	台船
据付工	クレーン	1	——	台船
	玉掛け	2	41	台船
	位置合わせ玉外し	2	286	海中またはブロック上→危険

4．問題点の整理

以上の分析で抽出された問題点の整理を表7.4.3に示す。

表7.4.3　海洋・離岸堤工の問題点の分析結果（例）

生産時間の短縮へ向けた問題点	・据付工の作業時間が長い。 ・特に、海中への1層目の据付は据付個数が多く、サイクルタイムが大きく、全作業時間へ与える影響は大きい。 ・海中での据付は精度が要求されるため、2層目、3層目に対し、位置合わせに時間を要している。
省力化へ向けた問題点	・玉掛け要員、位置合わせ・玉外し要員として、各2名を必要とする。 ・前者はワイヤーをかける時のみ作業を行なうため、手待ちが多く、省人化の対象となる。 ・後者は据付時では、苦渋性や危険性を伴うため、省力化が求められる。

5．改善案の検討

海洋工事の専門家によるブレーンストーミングを実施し、改善案の抽出を実施した。改善案の例を表7.4.4に示す。

表7.4.4　改善案の例

改善目的	改善案の例
時間短縮	・クレーン台船の動揺を減らす。 －足付台船（SEP）の利用 －仮設橋梁上へのクレーンの設置 ・複数のブロックの同時据付
省力化	・装脱着の作業性の改善 －装着、脱着の容易な金具 －装着、脱着の自動化機械

6．効果確認調査

離岸堤工の改善案として、自動玉外し装置を利用した効果について、効果確認調査を実施した。

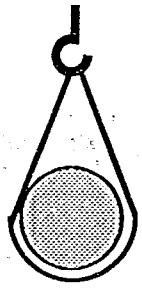
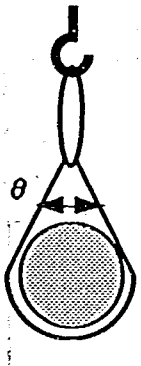
本装置は、フックにかかる荷重が少なくなると、自動的にフックが開放し、玉外しが行なわれる装置である。実験開始前には、玉外しの省力化が可能になり、水中等の玉外し作業の苦渋性や、安全性の向上が図られるものと予想された。

このような背景から、この調査は、効果の確認および、調査結果を通してえられる開発課題を明らかにすることを目的とした。

（1）工法の比較

自動玉外し装置には、荷重で開放するタイプや、リモコンで開放するタイプのものがあるが、海洋工事のため、海中での玉外しや防錆の点から、上市されている荷重開放タイプのものを利用した。当自動玉外し装置を利用するに当たって、ブロックの安定的なワイヤーの角度と、フックが機能する角度が合わなかったため、２重にワイヤーをかけることで対応した。

表7.4.5　工法の比較

	従来工法	新工法
使用治具	従来フック	自動玉外し装置
玉外しの方法	作業者が玉外しを行なう	ブロックが着底するなど、フックの荷重が0に近づくと、自動的にフックが開放し、玉外しが行なわれる
ワイヤーのかけ方		
	<1段階> 1本のワイヤーで玉掛けを行なう	<2段階> 2本のワイヤーで玉掛けを行なう。下のワイヤーをブロックにかけた後、上のワイヤーでフックに掛ける。 背景）ブロックを安定させるのに必要なワーヤーの角度（θ）に比べて、フックの機能する角度が小さい。

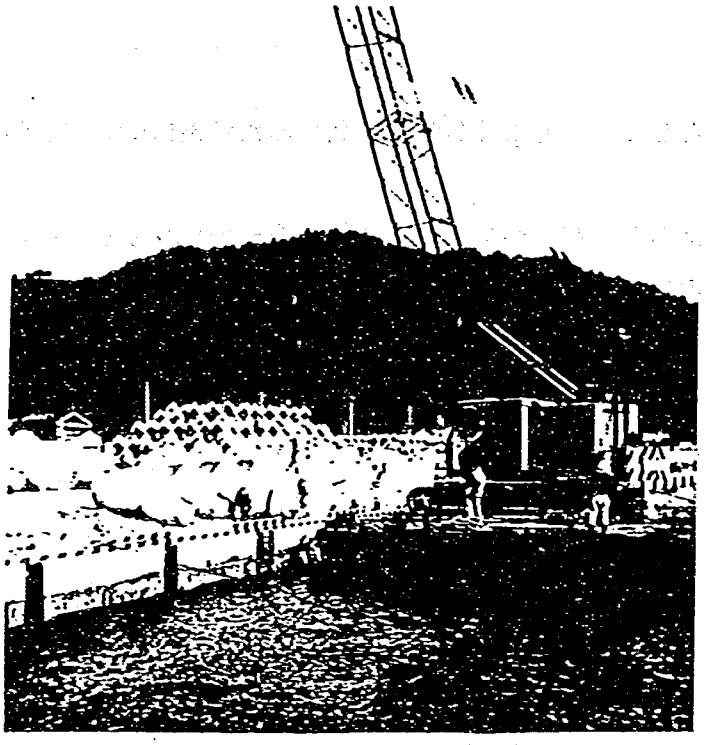


図7.4.5　自動玉外し装置を利用したブロック積込み

（2）調査計画

実験、当日には、海象が必ずしも良好でなかったため、新しい工法によるブロック据付工を行なうことができなかったため、その効果については、積込工の効果をもとにしたシミュレーションにより効果の検討を行なうことにした。

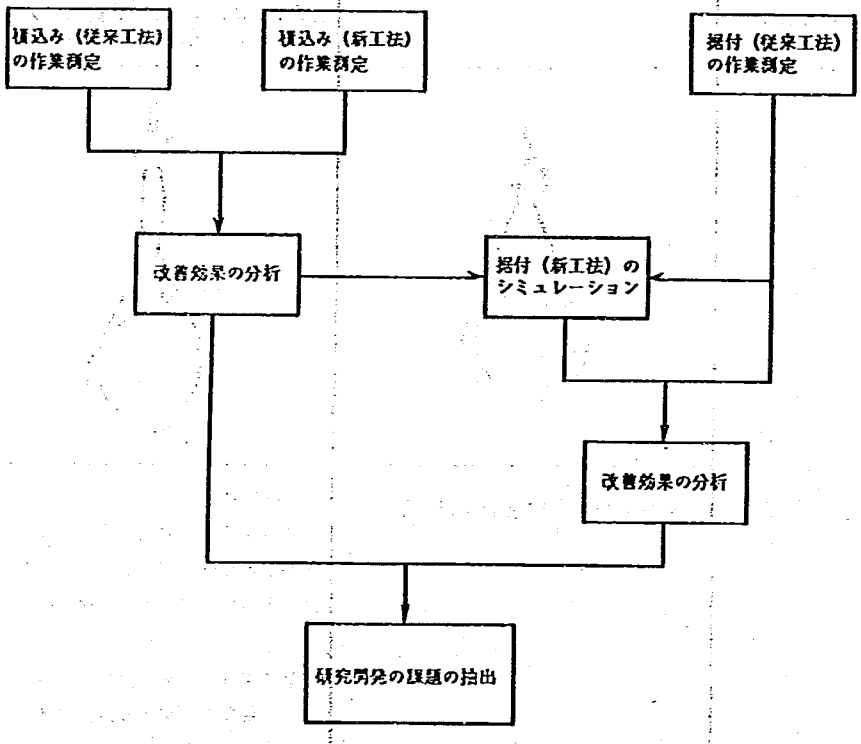
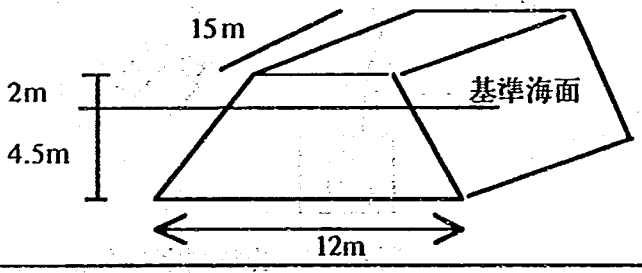


図7.4.6　調査計画

（３）調査条件

表7.4.6　測定条件

工事	離岸堤工
施工方法	・乱積み ・旋回角・・・・180度
ブロック	ジュゴンブロック（１２ｔ）
重機	・４５ｔ吊りクレーン ・５００ｔ積み台船 ・曳舟
作業者	A．写真撮影、監督 B．重機オペレータ C．曳舟操船 D．玉掛け E．玉掛け F．アンカー取り、玉掛け G．潜水夫 H．潜水補佐
実験実施日	９月上旬（２日間） １日　積込み工 １日　積込み工、据付工
実験実施場所	日本海側地区
天候、海象	・曇り ・うねりレベル・・・・階級１ ・波の高さ・・・・・・階級３ ・海中透明度・・・・・２～３ｍ ・温度・・・・・・・・23℃ ・水温・・・・・・・・21℃ ・湿度・・・・・・・・60％
離岸堤の完成形状	

（4）作業測定

台船、海上、陸側の作業者について、作業測定を行なうために、複数台のカメラを利用した。海中の潜水夫の作業は海上から観測することができないため、補足的に、海中カメラを利用し、観測を行なった。

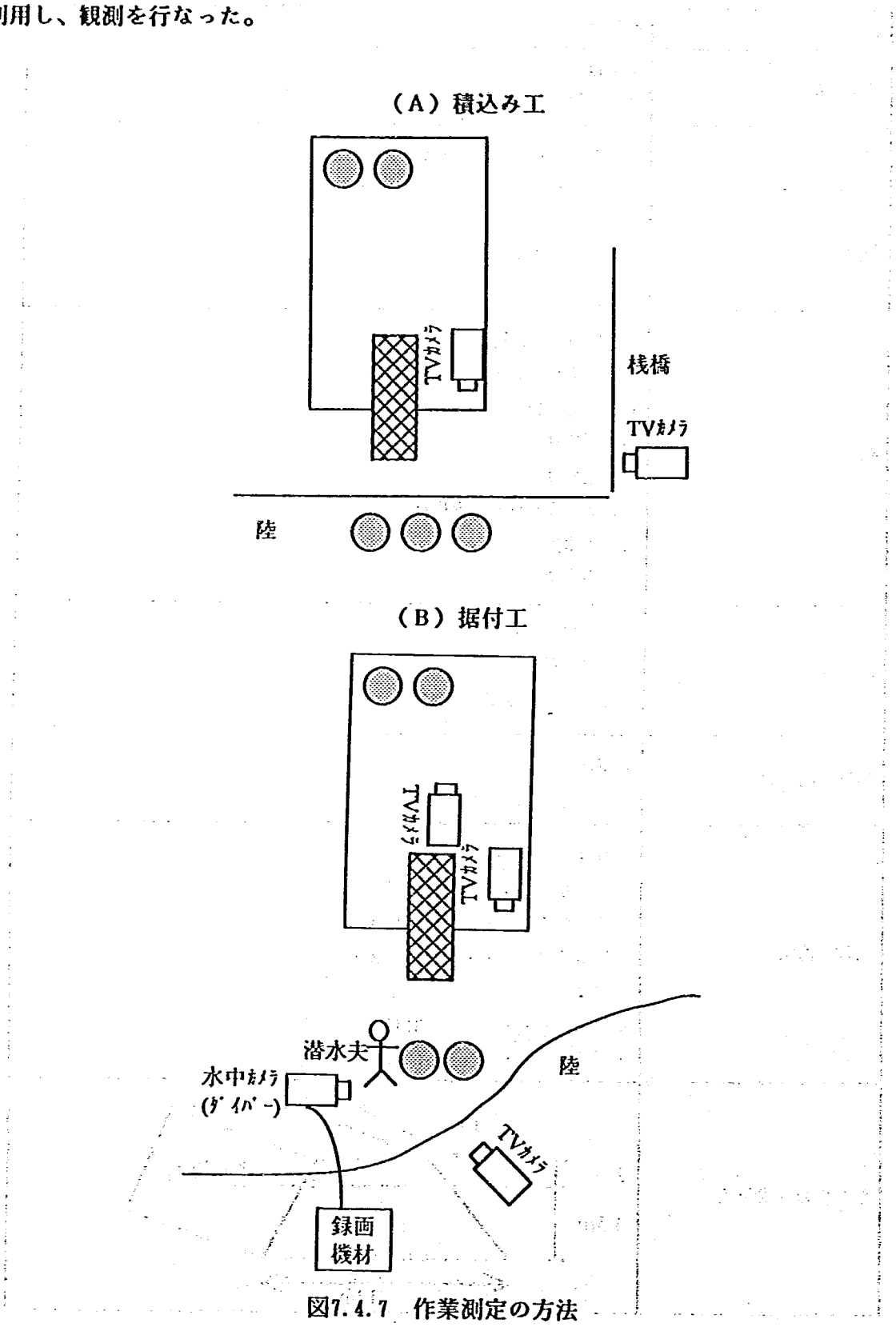


図7.4.7　作業測定の方法

（５）分析結果

①生産性に関する効果

サイクルタイムに対する時間研究を行ない、生産性の効果を分析を行なった。

積込工では、玉外し作業の時間が短縮するが、ブロック移動やワイヤー移動などクレーンの旋回の時間、玉掛け作業の時間が増大した。

クレーンの旋回時間の増大は自動玉外し装置による施工に不慣れな要因が大きいことが、ヒアリング調査で明かとなった。

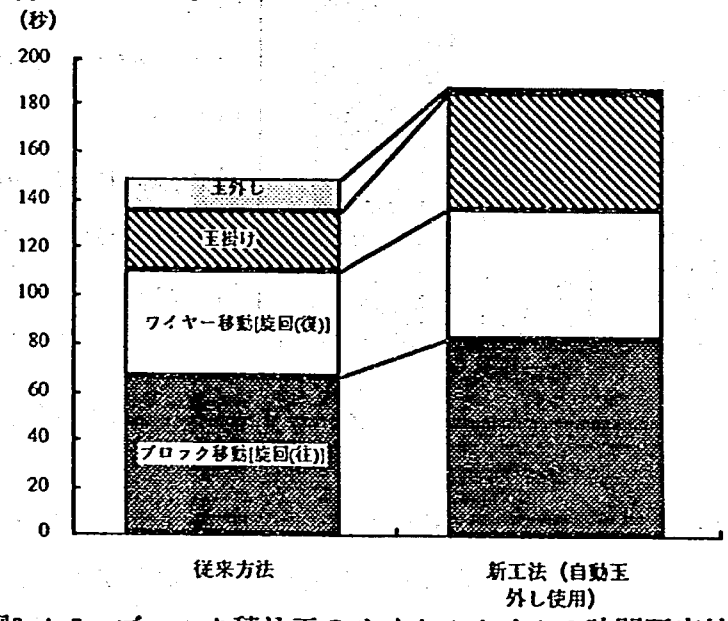


図7.4.7　ブロック積込工のサイクルタイムの時間研究結果

次に、玉掛け作業の時間の時間研究を行なったところ、新工法の自動玉外し装置では、２本のワイヤーを利用するために、作業時間が２倍に増加することがわかった。

以上の結果から、自動玉外し装置の機能として、ブロックの形状を問わず、玉掛けが効率よく、安定的に行なえるよう、改善する必要があることが明かとなった。

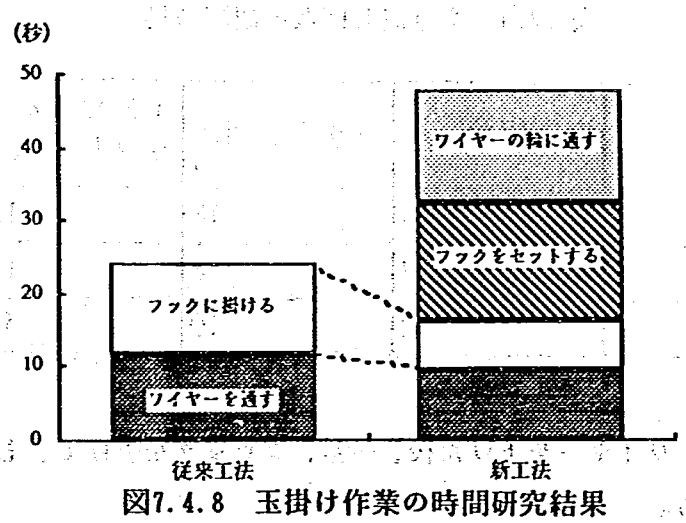


図7.4.8　玉掛け作業の時間研究結果

②ブロック据付工の分析結果

ブロックの据付の従来工法について、サイクルタイムの時間研究を行なった結果、海面位置に据え付けられる２層目のサイクルタイムが最も短く、海上で天端を合わせる必要がある３層目の据付のサイクルタイムが最も長いことが明かとなった。

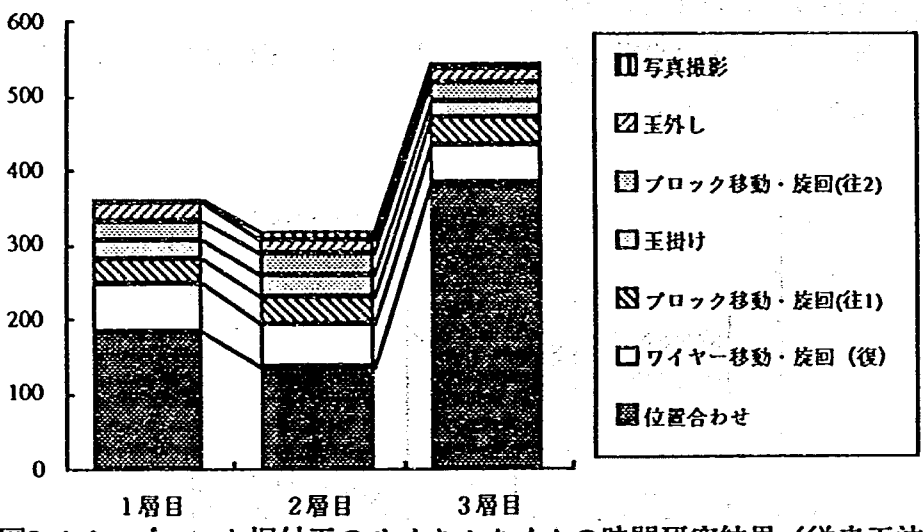


図7.4.9　ブロック据付工のサイクルタイムの時間研究結果（従来工法）

サイクルタイムの差は特に、位置合わせ作業が主たる要因となっているため、位置合わせ作業におけるやり直し回数を測定したところ、３層目のやり直しが最も、多いことが判明した。このことから、荷重で開放する自動玉外し装置を据付工に利用した場合、やり直しの度に、玉外しが行なわれる可能性があり、効率の低下や、危険性が高くなるものと判断され、調査日の施工条件で施工するには、自動玉外し機に適切なタイミングで玉外しが行なわれる機能が必要であることが予想される。また、３層目も容易に据え付けることのできる工法やブロックの開発も同時に改善すべきと見られる。

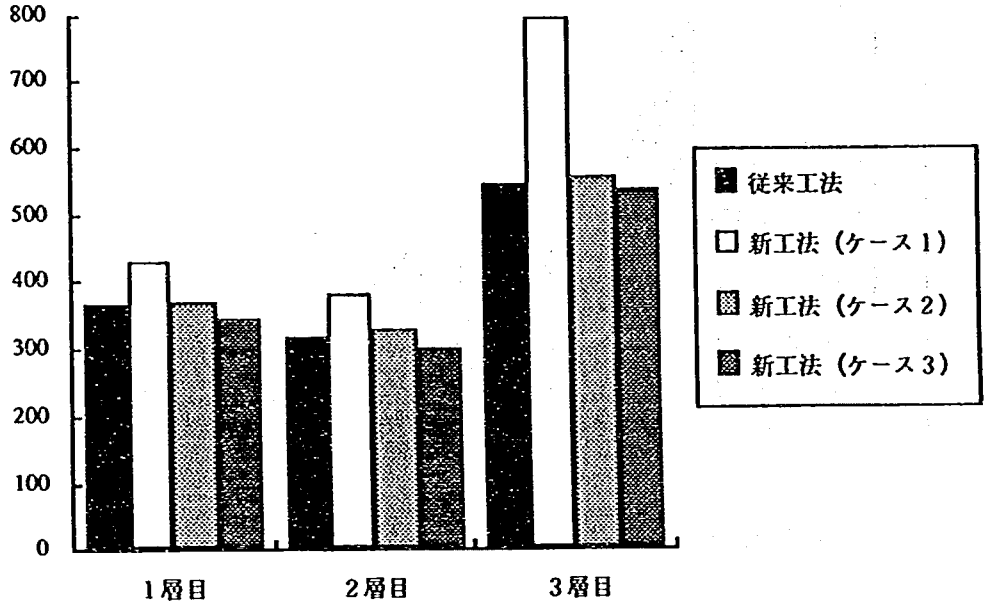
表7.4.7　やり直し回数の観測結果

	据付個数	やり直し回数	１個当りのやり直し回数
１層目	15	18	1.2
２層目	7	8	1.1
３層目	2	10	5.0

注）やり直し回数は、ワイヤーを下げた後、一旦、ブロックを上げて、もう一度下げることを１回と定義する。

積込み工（従来工法、新工法）、据付工の作業測定の結果から、新工法のサイクルタイムを分析した。

仮に、現状の玉外し装置を利用した場合には、サイクルタイムが長くなることが明かとなった（ケース１）。一方、玉掛け作業が容易で、適切なタイミングで玉外しが行なわれる場合には、僅かであるが、サイクルタイムが短縮する（ケース３）ことが判った。



注）ケース１：やり直しの発生に対して、玉掛けを再度行なうことを前提とする。

玉掛け時間、玉外し時間の前提を以下に示す。

玉掛け時間=据付工の玉掛け時間×補正係数

玉外し時間=据付工の玉外し時間×補正係数

補正係数=積込工の新工法の時間／従来工法の時間

ケース２：やり直しの発生に対して、玉掛けが発生しないことを前提とする。

他の条件はケース１と同じとする。

ケース３：玉掛け時間は据付工の従来工法の玉掛け時間と同等とする

他の条件はケース２と同じとする

図7.4.10　据付工のサイクルタイムのシミュレーション結果

③苦渋・安全に関する分析結果

潜水夫の作業について、分析したところ、１層目に、苦渋性や危険性の高い海中作業が集中していることが判った。

水中カメラを利用した観測の結果、海中では、玉外し作業、位置合わせ作業、海中移動を行なっていることが明かとなった。

従って、自動玉外し装置が、前述、ケース３のシミュレーションのように玉外しが行なわれる場合には、海中や、天端での作業が減少することが明かとなった。

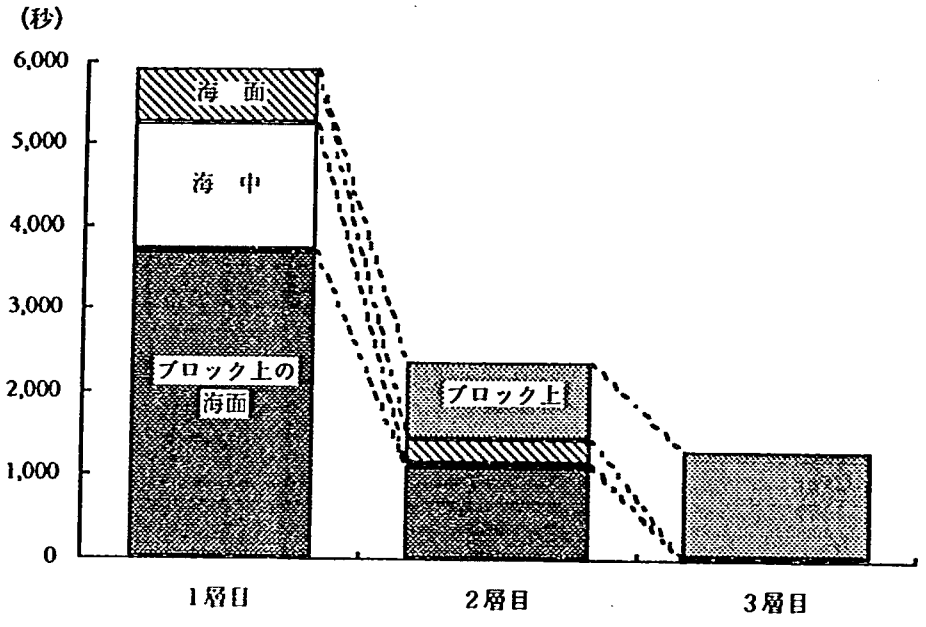


図7.4.11　潜水夫の作業場所の時間研究結果

表7.4.8　自動玉外し装置の改善効果

	作業の特徴	苦渋性の低減に関する効果	安全性の向上に関する効果
１層目の海中の玉外し作業の減少	１層目の海中作業は、位置合わせおよび玉外し作業が行なわれており、苦渋性や危険性が高い。	海中作業が1505秒から304秒(20.2%)減少するため、海中作業が低減する可能性がある。	海中作業は危険性を伴うため、危険環境での作業時間が20.2%減少する。
２層目のブロック上の玉外し作業の減少	ブロック上の作業には、玉外しの為のブロック上の移動が存在し、危険性の高い作業となっている。		２層目のブロック上の作業は893秒から140秒（15.7%）減少する。
３層目のブロック上の玉外し作業の減少	同上		３層目のブロック上の作業のうち、1296秒から、33秒(2.5%)減少する。

注）ケース３の新工法のサイクルタイムを前提とする。

おわりに

おわりに

土木作業は危険、苦渋といった作業環境の悪さ、作業者の高齢化の熟練工の不足など多くの問題に直面している。しかし、このような問題解決には、合理的な方法をとることが必要である。

例えば、今後、機械化へのニーズは高まってくるものと見られるが、機械化すべき作業やそのプライオリティを検討する必要がある。加えて、機械化の前に現状で改善すべきことも多いものと見られ、どこを改善すべきかを把握する必要がある。

このような作業の問題解決に対してＩＥは極めて有力な方法となるものと見られる。第１報で示したように工場ではＩＥを適用した生産や作業の改善を行っており、建築分野でもこのような手法を適用して、近年、成果が得られてきている。

土木工事においては、その作業の特性上、工場で利用されているＩＥをそのまま導入することは難しいことが予想されていた。しかし、このような相違を踏まえた適用により、ＩＥは有効な問題解決手段となることが期待され、ＩＥへの取り組みを進めてきた。

今回の報告では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、そして作業の特長を踏まえたＩＥの適用に関して記述しており、ＩＥの適用方法及びその実施例まで加えて円滑に現場適用できるように取りまとめた。

今後、この報告をもとに、効果的な作業改善を科学的・系統的に行えるよう、実際の土木現場での普及に努めたい。

謝辞

本研究の実施および本マニュアルの作成にあたり，ご指導を賜った，「機械化施工改善調査委員会」および「施工改善手法のマニュアル検討小委員会」に感謝の意を表します．

機械化施工改善調査委員会

委員長	長谷川　幸男	早稲田大学　システム科学研究所　教授
副委員長	大林　成行	東京理科大学　理工学部土木工学科　教授
委員	國島　正彦	東京大学　工学部土木工学科　教授
	谷本浦　伯恭	京都大学　工学部土木工学科　助教授
	三浦　延治	国士舘大学　工学部建築学科　教授
	室　英昌	(株)竹中工務店　技術研究所　主席研究員
	中谷　一雄	建設大臣官房技術調査室　技術調査官
	吉田　秀夫	建設省建設経済局建設機械課　課長補佐
	折敷　利顕	建設省河川局治水課　課長補佐
	酒井　正道	建設省道路局国道第一課　課長補佐
	太田　彦寛	(株)大林組　情報システムセンター　部長
	和田　顕史	清水建設(株)　土木本部技術第二部　副部長
	国近　光男	鹿島建設(株)　土木技術本部工務部　専門部長
	内藤　寛	日本舗道(株)　総合技術部生産技術グループ　専門部長
	野坂　史	三菱重工業(株)　高砂研究所建機研究推進室　主務
	本田　宣篤	(株)エミック　取締役
	杉山	建設省土木研究所　機械研究室長

途中交代委員

委員	塚田　幸広	(前)建設大臣官房技術調査室　技術調査官
	橋元　和男	(前)建設省建設経済局建設機械課　課長補佐
	小川　鶴蔵	(前)建設省河川局治水課　課長補佐
	桐越　信司	(前)建設省道路局国道第一課　課長補佐
	橋場　克	(前)建設省道路局国道第一課　課長補佐

施工改善手法のマニュアル検討小委員会

委員長	三浦　延恭	国士舘大学　工学部建築学科　教授
副委員長	室　英治	(株)竹中工務店　技術研究所　主席研究員
委員	斉藤　清志	建設省建設経済局建設機械課　調査第二係長
	杉山　知篤	建設省土木研究所　機械研究室長
	高津　敏司	建設省土木研究所　機械研究室　研究員
	村松　郁夫	建設省中部地方建設局　道路部機械課　課長
	小澤　光男	(株)大林組　土木技術本部技術第一部技術課　主任技師
	福川　和文	鹿島道路(株)　機械部部長代理
	橋口　孝之	日立建機(株)　技術本部第三技術部　主任技師
	山崎　和二	(株)システムズ　生産グループ主任研究員
	棟沢　宏	(財)先端建設技術センター　研究第二部長

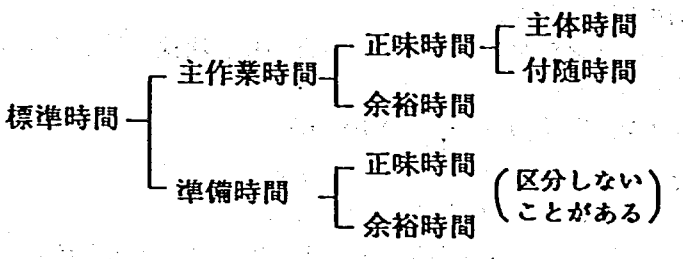
途中交代委員

委員	土井　弘次	(前)建設省建設経済局建設機械課　調査第二係長
	名木　博道	(前)(株)大林組　土木技術本部技術第一部技術課　課長代理
	野口　孝彪	(前)(株)システムズ　生産グループマネージャー
	原田	(前)(財)先端建設技術センター　研究第二部長

（付録１）用語定義

用語	意味・定義	備考（JIS番号）
特性要因図	特定の結果と原因系との関係を系統的に表した図。	G53
パレート図	項目別に層別して、出現度数の大きさの順に並べるとともに、累積和を示した図。例えば、不良品を不良のないよう別に分類し、不良個数の順に並べてパレート図を作ると不良の重点順位が分かる。	G54
弾力性分析	二つの変量X, Yの変化率 $\frac{dX}{X}$ および $\frac{dY}{Y}$ の比を用いて問題としている一方の変量の変動を分析すること。 YのXに関する弾力性係数は、つぎの式で定義される。 $$\eta = \frac{dY}{Y} \Big/ \frac{dX}{X} \Big/ \frac{dY}{dX} \Big/ \frac{Y}{X}$$ たとえば、所得Xが10%増加したのに対して需要Yが8%増加したとすれば、需要の所得弾力性係数 η は0.8 (=0.08/0.10)である。η の値はプラス(+)にも(-)にもなりうる。η の絶対値が1より大きい場合は弾力性大、または弾力的であるといい、1より小さい場合は弾力性小、または比弾力的であるという。	A27
時系列分析	経済統計・気象庁統計など時間とともに推移する変量の系列の構造を分析すること。 時系列分析では、変更変動、循環変動、季節変動、偶然変動に分けて分析を行なうのが普通である。	A28
ABC分析	在庫品目が非常に多いときそれを使用金額の大きさの順に並べて、A, B, Cの3種類に分類し、能率的に重点管理を行なうやり方。	B11
日程計画	指定期日、手持資源などの制約のもとで計画達成に必要な作業の日程を決めること。	E1
手順計画	目標達成に必要な作業、作業順序、所要時間および資源などを決めること。	E2
進度管理	計画を実行して行く途中で計画と実績を比較検討し必要な処置をとること。	E3
PERT	工事などの企画（project）の手順計画を矢線図に表示し、時間的要素を中心として、計画の評価、調整および進度管理を行なう手法。	E2
作業	目標達成のための諸活動。 矢線図内では、作業は矢線で表示される。各作業の個々の時間見積りが全体の日程計画の基礎となる。	E8
所要時間	作業をするのに要する時間。	E13
開始時刻	作業の開始時刻。 最早開始時刻と最遅刻開始時刻の両端が考えられる。前者は作業を始めうる最も早い時刻であり、後者は工期に影響することなく、作業の着手を遅らせうる限界の時刻である。	E16
終了時刻	作業の終了時刻。 最早終了時刻と最遅終了時刻の両端が考えられる。前者は作業が最早開始時刻で着手された場合の終了時刻であり、後者は最遅開始時刻で始めた場合の終了時刻である。	E17

用語	意味・定義	備考（JIS番号）
余裕時間	工期に影響することなく、作業を遅らせうる時間。 余裕時間には総余裕時間（total float）と自由余裕時間（free float）が考えられる。前者は作業を最早開始時刻で始め、最遅終了時刻で終了する場合に出てくる余裕時間であり、後者は作業を最早開始時刻で始め、後続する作業も最早開始時刻で始めてもなお存在する余裕時間である。	E18
最長経路， クリチカルパス	すべての経路のうち、その長さが最も長い経路。 工期はこの長さにより定まり、この経路上の作業は重点管理の対象となる。	E22
標準時間	普通の状態で作業を行なうときに要する時間。 主としてＣＰＭで用いる。	E25
シミュレーション， 模擬実験	対象とする体系についての模型による実験。 たとえば、風洞による航空機の性能に関する実験、電子計算機あるいは手作業による待ち行列、交通の流れ、企業行動などに関する実験など。	G1
インダストリアル エンジニアリング， ＩＥ	人、材料、設備、エネルギー及び情報の総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、自然科学及び社会科学の専門知識と経験とを利用して行なうものである。	生産管理（基本） 2
生産性	投入量に対する産出量の比。次式で表す。 $\text{生産性} = \frac{\text{産出量 (output)}}{\text{投入量 (input)}}$ 通常、分子には生産量、生産金額又は付加価値（added value）を用いる。 また、分母には労働量を用いることが多いが、投下資本・設備・原材料などの諸量を用いることもある。	生産管理（基本） 13
日程	①仕事の着手から完了までの所要時間 ②仕事の構成要素の順序付けと、それぞれに対応する期間との関係を示す計画。	生産管理（基本） 15
作業計画	作業中に含まれている“むり、むだ、むら”を省いて、最も疲労が少なく、かつ適切な作業方法、すなわち標準作業方法を定めるとともに、これに要する時間を調べて標準時間を設定するための手法体系。 備考　・作業研究の手法はいろいろ開発されているが、主なものは工程分析、時間研究、動作研究、PTS (Predetermined Time System)及び稼働分析である。	生産管理（基本） 17
工程	仕事を遂行する過程。 その過程を構成する個々の要素、又はそれらの要素の順序関係を示した系列を意味する。 備考　・前者を要素工程、後者を工程系列ということもある。	生産管理（基本） 18

用語	意味・定義	備考（JIS番号）
標準時間	適正に習熟した作業者が、定められた方法・条件の下で、正常な作業ペースで仕事をするときに必要であると定められた作業時間。 一般に構成は次のとおりである。  備考　・許容時間、指定時間、時間標準も同意義に用いることが多い。	生産管理（基本）19
工数	仕事量又はその単位。一般には仕事に要する人数と時間との積で表す。 備考　・作業能力を表すために用いることもある。	生産管理（基本）20
作業	対象物の物的・情熱的な特性を計画的に変化させたり、観察・評価・処理すること。 具体的には取り扱われる原材料の加工（変形、変質）・運搬・検査・監視・帳票処理など。	生産管理（基本）22
負荷	一定の期間内に、人又は設備課せられる仕事の量。その量は、一般に工数で表す。	生産管理（基本）26
生産能力	一定の期間内に、人又は設備が処理できる仕事の量。 一般に、単位期間当たりの保有工数、生産高などで表す。	生産管理（基本）27
能率	目的のために有効に利用した量と、消費したすべての量との比率。効率と呼ぶこともある。	生産管理（基本）29
ガントチャート	日程管理図表の一種で、横軸方向に月、週、日、時刻などの時間目盛をと、これに品種別の工程又は個数の予定や進度をとるとか、個人別又は機械別の仕事の区分、生産数などをとるもの。これによって進度や余力の管理が容易となる。 備考　・個の主の図表はH.L.ガントが創始したもので、アメリカでは日程図表の一般名となっているが、日本では日程表、予定表、進度表など種々の名称を用いている。	生産管理（工程管理）17
リードタイム	①日程計画において着手時期又は完了時期を算定する際に定める仕事の所要期間。先行期間とも呼ばれる。ただし、着手時間単位で表す。 リードタイムは次のように用いる。 リードタイム＝納期(完了時期)-着手時期 ②購買管理においては、リードタイムは発注時期又は納入時期を算定する際に用いる。 リードタイム＝納入時期-発注時期 備考　・リードタイムは調達期間とも呼ばれる。	生産管理（工程管理）20
作業日報	製造現場における日々の作業実績（品名、作業名、生産数、作業時間など）をまとめて記録する伝票。 個人単位のものとグループ単位のものとがある。 作業時間票ともいう。 必要に応じて、設備稼働時間、材料使用量、加工条件、間接作業時間なども記録する。	生産管理（工程管理）29

用語	意味・定義	備考（JIS番号）
ラインバランシング	流れ作業において、各作業者の受持作業の所要時間ができるだけ均等になるように、そのラインで行なわれるべき作業のすべてを各作業者に配分すること。その際、作業内容間の先行の必要性、その他の制約条件を満足させながら、作業内容や方法を調整する。 ラインバランシングの適否をみるために、次式で示すライン効率を用いる。 ライン効率（η）$=\frac{\Sigma ti}{nc}\times 100(\%)$ ここに、n：工程数　c：ピッチタイム ti：i番目の作業者の作業時間 各工程の作業時間を折れ線又は棒グラフで図示したものをピッチダイアグラム という。	生産管理（工程管理）33
稼働率	人又は機械における実働時間に対する有効稼働時間の比率。有効稼働時間とは、生産に直接役立っている時間で、解釈には広狭があるが、利用目的や測定方法を考慮して決められる。	生産管理（工程管理）38
設備保全	設備本来の機能を発揮し、運転、使用可能な状態に維持するとともに、故障、欠陥などを回復するための処置及び活動（JIS A 8115 番号M1参照。） 備考　・設備の劣化を防止するために、設備の点検整備、給油などを行うほか、設備の使用前の構造・性能、使用中の設備の劣化状態、修理後の回復状態などを調べるため設備検査を行う。設備の劣化を回復するためには修理を行う。	生産管理（設備管理）8
保全予防	設備保全の情報や新しい技術に基づいて、操作性、信頼性、保全性、安全性、経済性などが優れた設備の選定、調達又は設計を行い、設備保全をしないですむような体制を目指した設備保全活動。	生産管理（設備管理）15
予知保全	設備に異常な状態が現われていないかを検出、測定又は監視して、劣化の程度が使用限度にきた時点で、分解、検査、部品交換、修理する設備保全方法。	生産管理（設備管理）16
工程図	製造工程の途中の状態又は一連の工程全体を示す制作図。	2205
故障率	ある時点まで動作してきたアイテムが引き続く単位期間内に故障を起こす割合。 備考1・一般に故障率として瞬間故障率と平均故障率とを使用しているが、単に故障率という場合には瞬間故障率を指す。 実際には、平均故障率を次の式で求める。 平均故障率$=\frac{\text{期間中の総故障率}}{\text{期間中の総動作時間}}$ 2・故障率の単位として$\%/10^3h$, FIT$=10^{-9}/h$などを用いる。	F26
保全	アイテムを使用及び運用可能状態に維持し、又は故障、欠点などを回復するためのすべての処置及び活動。 備考1・保全の管理上の分類は、次のとおりである。 保全 ┬ 予防保全 ┬ 時間計画保全 ┬ 定期保全

（付録２）参考文献

参考文献

1）日本建築学会：作業能率測定指針，1990，丸善㈱

2）日本鉄鋼連盟ＩＥ委員会：ＩＥによる実戦的問題解決の進め方，1987

3）秋庭　雅夫：インダストリアル・エンジニアリング，日科技連出版社，1987

4）村松　林太郎：生産管理の基礎、国元書房，1970

5）佐藤　方彦監修：人間工学基準数値数式便覧，技報堂出版社，1992

6）大島　正光ほか：人間工学，朝倉書店，1989

7）長町　三生：現代の人間工学，朝倉書店，1989

8）労働安全衛生規則

9）労働安全衛生法

10）建設業労働災害防止協会資料

11）JIS　9110

12）人間工学教育研究会：人間工学入門，日刊工業新聞社，1983

13）中村　剛教：建設ＩＥの進め方，理工図書㈱，1984

14）（社）日本建築学会：作業能率測定指針，丸善㈱，1990

15）甲斐　章人：基礎要論，税務経理協会

16）原　　政治：現場のＩＥ（Ⅳ）－時間分析，日科技連

17）藤田　彰久：ＩＥの基礎，建帛社

18）坂本　碵也：生産管理入門，理工学社

19）松田　文次郎：図説・建設作業と安全の教育技報，労働基準調査会

（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

「機械化施工における施工改善手法の研究」調査担当者名簿

所属	官職	氏名	担当期間
東北地方建設局道路部機械課	課長補佐	赤坂富雄	H1. 4 ～ H3. 3
	〃	深堀哲男	H3. 4 ～ H5. 3
	〃	山田仁一	H5. 4 ～
	業務第二係長	阿部新治	H1. 4 ～ H3. 3
	〃	斎藤純二	H3. 4 ～ H5. 3
	〃	山尾昭	H5. 4 ～
	技官	加藤司	H1. 4 ～ H1. 3
	〃	伊藤圭	H4. 4 ～
東北地方建設局技術事務所機械課	課長	中川光一	H1. 4 ～ H3. 3
	〃	佐藤文夫	H3. 4 ～ H5. 3
	〃	武藤一成	H5. 4 ～
	機械調査係長	木村信悦	H1. 4 ～ H1. 3
	〃	井上秀秋	H3. 4 ～
	技官	亀田誠	H1. 4 ～ H1. 3
	〃	今野順二	H4. 4 ～
関東地方建設局道路部機械課	課長補佐	関谷洋一	H1. 4 ～ H1.10
	〃	村松貞夫	H1.10 ～ H2. 3
	〃	須田光俊	H2. 4 ～ H3. 3
	〃	中澤秀吉	H3. 4 ～ H4. 3
	〃	佐々木敏彦	H4. 4 ～
	業務第一係長	佐生新一	H1. 4 ～ H1. 6
	〃	小池賢司	H1. 7 ～ H4. 3
	〃	吉永弘志	H4. 4 ～ H5. 3
	開発調査係長	佐々木喜八	H5. 4 ～
関東地方建設局技術事務所機械課	課長	須田光俊	H1. 4 ～ H2. 3
	〃	佐々木敏彦	H2. 4 ～ H4. 3
	〃	小池賢司	H4. 4 ～
	管理係長	小室日出男	H1. 4 ～ H2. 3
	〃	後藤正洋	H2. 4 ～ H5. 3
	〃	樋口明	H5. 4 ～
	技官	秋出和正	H1. 4 ～ H2. 3
	〃	伊藤敦	H2. 4 ～ H3. 3
	〃	増尾健	H3. 4 ～ H5. 3
	〃	水上紀明	H5. 4 ～

「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
北陸地方建設局道路部機械課	課長補佐	倉島　冠	H1. 4 ～ H3. 3
	〃	中森良次	H3. 4 ～ H4. 3
	〃	羽賀清治	H4. 4 ～ H5. 3
	〃	三日月晋一	H5. 4 ～
	業務第一係長	羽賀清治	H1. 4 ～ H2. 3
	〃	三日月晋一	H2. 4 ～ H3. 3
	〃	穂苅正昭	H3. 4 ～ H5. 3
	〃	上杉修二	H5. 4 ～
	技官	宮島　実	H1. 4 ～ H2. 3
	〃	姫野芳範	H2. 4 ～ H4. 3
	〃	中村　学	H4. 4 ～
北陸地方建設局技術事務所機械課	課長	上村　弘	H1. 4 ～ H5. 3
	〃	穂苅正昭	H5. 4 ～
	機械調査係長	渡辺敏男	H1. 4 ～ H2. 3
	〃	前田孝司	H2. 4 ～
	技官	姫野芳範	H1. 4 ～ H2. 3
	〃	池上則明	H2. 4 ～ H5. 3
	〃	笠原邦昭	H5. 4 ～
中部地方建設局道路部機械課	課長補佐	山田信夫	H1. 4 ～ H2. 3
	〃	中沢秀吉	H2. 4 ～ H3. 3
	〃	安江規尉	H3. 4 ～ H4. 3
	〃	植村　靖	H4. 3 ～ H5. 3
	整備係長	阪井則行	H1. 4 ～ H2. 3
	〃	永江　豊	H2. 4 ～ H3. 3
	〃	長谷　誠	H3. 4 ～ H4. 3
	〃	山崎茂雄	H4. 4 ～
	技官	勅使河原雅敏	H1. 4 ～ H2. 3
	〃	平井佳津美	H2. 4 ～ H4. 3
	〃	田中良二	H4 .4 ～
中部地方建設局技術事務所機械課	課長	梅田佳男	H1. 4 ～ H3. 3
	〃	野呂純行	H3. 4 ～
	設計係長	永江　豊	H1. 4 ～ H2. 3
	〃	山崎茂雄	H2. 4 ～ H3. 3
	〃	野村良一	H3. 4 ～ H4. 3

「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
中部地方建設局技術事務所機械課	設計係長	相羽　学	H4. 4 ～
	技官	浜松利行	H1. 4 ～ H4. 3
	〃	水谷幸司	H4. 4 ～
近畿地方建設局道路部機械課	課長補佐	高津敏夫	H1. 4 ～ H3. 3
	〃	堀内憲	H3. 4 ～ H4. 3
	〃	松島隆憲	H4. 4 ～ H5. 3
	〃	渡辺昭	H5. 4 ～ H
	業務第一係長	池田一利	H1. 4 ～ H2. 3
	〃	石松豊	H2. 4 ～ H4. 3
	〃	石田啓直	H4. 4 ～
	技官	菊池弘	H1. 4 ～ H4. 3
	〃	福村尚樹	H4. 4 ～
近畿地方建設局技術事務所機械課	課長	阿部重美	H1. 4 ～ H2. 3
	〃	吉岡壮明	H2. 4 ～ H3. 3
	〃	川崎収	H3. 4 ～ H5. 3
	〃	横江重行	H5. 4 ～
	建設専門官	八尾正勝	H5. 4 ～
	機械調査係長	松本克英	H1. 4 ～ H2. 3
	〃	榊原孝志	H2. 4 ～ H4. 3
	〃	元木真二	H4. 4 ～ H5. 3
	技官	堀内厚志	H1. 4 ～ H5. 3
中国地方建設局道路部機械課	課長補佐	佐々木輝夫	H1. 4 ～ H2. 3
	〃	須田道夫	H2. 4 ～ H3. 3
	〃	村上輝久	H3. 4 ～ H5. 3
	〃	片岡孝次	H5. 4 ～
	整備係長	中村照行	H1. 4 ～ H3. 3
	〃	森田敏文	H3. 4 ～ H5. 3
	〃	山根圭太郎	H5. 4 ～
	技官	宮武英信	H1. 4 ～ H2. 3
	〃	新宅孝輔	H2. 4 ～ H4. 3
	〃	小島哲哉	H4. 4 ～ H5. 3
	〃	仲田忍	H5. 4 ～
中国地方建設局技術事務所機械課	課長	橋本勝美	H1. 4 ～ H2. 3

「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
中国地方建設局技術事務所機械課	課長	今本輝信	H2. 4 ～ H3. 3
	〃	児玉浩	H3. 4 ～ H5. 3
	〃	出原浩	H5. 4 ～
	専門職	高下輝久	H1. 4 ～ H4. 3
	〃	田口尚武	H4. 4 ～
	技官	新宅孝輔	H1. 4 ～ H2. 3
	〃	溝川克己	H2. 4 ～ H3. 3
	〃	小島哲哉	H3. 4 ～ H4. 3
	〃	和田慎司	H4. 4 ～
四国地方建設局道路部機械課	課長補佐	喜多良男	H1. 4 ～ H3. 3
	〃	末宗仁吉	H3. 4 ～ H4. 3
	〃	尾崎宏一	H4. 4 ～
	整備係長	尾崎宏一	H1. 4 ～ H2. 3
	〃	村上正典	H2. 4 ～ H3. 3
	〃	小松修夫	H3. 4 ～ H4. 3
	〃	宮本正司	H4. 4 ～
	技官	二川義人	H1. 4 ～ H2. 3
	〃	竹内伸一	H1. 4 ～ H1. 3
	〃	大林智仁	H1. 4 ～ H1. 3
	〃	茅原晶	H5. 4 ～
四国地方建設局技術事務所機械課	課長	須田道夫	H1. 4 ～ H2. 3
	〃	末宗仁吉	H1. 4 ～ H3. 3
	〃	尾崎宏一	H3. 4 ～ H4. 3
	〃	小松修夫	H4. 4 ～ H5. 3
	〃	岩澤委式	H5. 4 ～
	機械調査係長	河野信雄	H1. 4 ～ H3. 3
	〃	泉川暢宏	H3. 4 ～
	技官	茅原晶	H1. 4 ～ H2. 3
	〃	宇田浩	H2. 4 ～ H4. 3
	〃	三上勇二	H4. 4 ～
九州地方建設局道路部機械課	課長補佐	相園芳光	H1. 4 ～ H2. 3
	〃	西武人	H2. 4 ～ H5. 3
	〃	村上輝久	H5. 4 ～
	業務第一係長	稲富公男	H1. 4 ～ H1. 6

「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
九州地方建設局道路部機械課	業務第一係長	石井　開	H1. 7 ～ H2. 3
	〃	出原　浩	H2. 4 ～ H3. 3
	〃	河崎英巳	H3. 4 ～ H4. 3
	〃	安藤泰宣	H4. 4 ～
九州地方建設局技術事務所機械課	課長	村上輝久	H1. 4 ～ H3. 3
	〃	篠原　眞	H3. 4 ～
	機械調査係長	木村直紀	H1. 4 ～ H2. 6
	〃	鴇　治幸	H2. 7 ～
	技官	南嶋哲郎	H1. 4 ～ H3. 3
	〃	久保田孝行	H3. 4 ～
建設経済局建設機械課	専門官	太田　宏	H4. 9 ～
	課長補佐	太田　宏	H1. 4 ～ H1.11
	〃	橋元和男	H1.11 ～ H3. 7
	〃	吉田　正	H3. 7 ～ H5. 3
	〃	村松敏光	H5. 4 ～
	直轄係長	近藤治久	H1. 4 ～ H3. 3
	〃	阿部新治	H3. 4 ～ H5. 3
	〃	須田幸彦	H5. 4 ～
	技官	清水浩信	H1. 4 ～ H5. 3
		（旧姓 小田）	
		姫野芳範	H5. 4 ～
土木研究所機械研究室	室長	長　健次	H1. 4 ～ H2. 3
	〃	杉山　篤	H2. 4 ～ H5. 3
	主任研究員	村松敏光	H1. 4 ～ H3. 3
	〃	野村正之	H3. 4 ～ H5. 3
	研究員	薬師時伸夫	H1. 4 ～ H3. 3
	〃	高津知司	H1. 4 ～
	〃	藤野健一	H5. 4 ～
	技官	北嶋公生	H1. 4 ～ H4. 5
	〃	米村克己	H4. 5 ～ H5.
	部外研究員	斉藤俊也	H4. 4 ～ H4. 9