

土木研究所資料

中小規模の下水道開削工事の安全化 に関する調査

平成9年3月

建設省土木研究所
材料施工部施工研究室

Copyright © (1997) by P.W.R.I.

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

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

中小規模の下水道開削工事の安全化 に関する調査

施工研究室 室長 塚田 幸 広
研究員 市村 靖 光
ク 森 芳 徳

要 旨

近年、中小規模の下水管路の埋設工事において土砂崩壊による人身事故や交通解放後の路面沈下等の問題が発生しており、より一層の施工の合理化・安全化に対するニーズが高まっている。このため、本調査では中小規模の下水道開削工事の安全性・施工性の向上を図るべく、I E（インダストリアルエンジニアリング）手法に基づいた改善方策の策定等を行い、改善効果の評価を行った。特に、土留め工に関しては掘削溝内に入らずに土留め設置可能な可動式支保工装置を用いた施工法（5 S工法：Safety & Speedy Sheetpile Supporting System）を開発した。

また巻末の参考資料は、5 S工法の施工上の留意事項とその他の掘削溝内に入らずに土留めを設置する工法例を掲載した。

キーワード：下水道開削工事、安全化、土砂崩壊、埋戻し、I E手法、5 S工法

は じ め に

中小規模の下水管路の埋設工事は、開削施工で行われる事例が多いが、場合によっては作業効率の低下や施工不良を招き、その結果として供用後の路面沈下や不明水の流入が生じることがある。また、比較的掘削深さの浅い現場では、危険に対する認識の薄さから作業手順が不徹底となり、土砂崩壊を生じることもあり、時として人身事故も発生しており、より一層の施工の合理化・安全化に対するニーズが高まっている。このため、本調査では中小規模の下水道開削工事の安全性・施工性の向上を図るべく、I E（イグストリアルエンジニアリング）手法に基づいた改善方策の策定等を行い、改善効果の評価を行った。特に、土留め工に関しては掘削溝内に入らずに土留め設置可能な可動式支保工を用いた施工法（5S工法:Safety & Speedy Sheetpile Supporting System）を開発し、埋戻し工については掘削溝内に入らずに締固め作業が行える方法や厚層まき出しでも十分に締固められる方法の検討、また矢板引抜き部の緩みを防止できる締固め方法の調査を行った。

また、巻末の参考資料には5 S工法の施工上の留意事項とその他の掘削溝内に入らずに土留めを設置する工法例を掲載した。今後はこれらの資料を参考に5 S工法及びその他の工法の採用を積極的に働きかけていくとともに、これらの工法が適材適所に活用され、下水管路工事がより安全且つ迅速に施工が行われることを期待する。

施工研究室 室 長 塚田幸広
研究員 市村靖光
研究員 森 芳徳

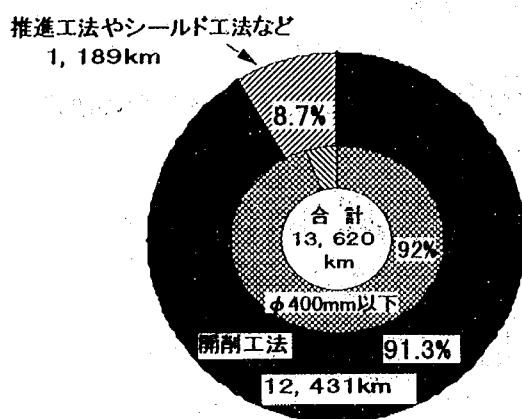
目 次

1	調査概要	
1. 1	調査目的	1
1. 2	調査方法	2
2	現状調査	
2. 1	アンケート調査	3
2. 2	現場計測	6
3	改善方策	
3. 1	改善案の策定	12
3. 2	ヒアリング調査	18
3. 3	各工程の改善方策案	20
3. 4	改善効果の予測	22
4	改善方策の実施	
4. 1	可動式支保工装置の製作	23
4. 2	埋戻し・締固め工に関する予備試験	26
4. 3	作業性試験	34
4. 4	試験施工	43
4. 5	改善効果	48
5	今後の課題	49
	参考文献	50
	参考資料	51

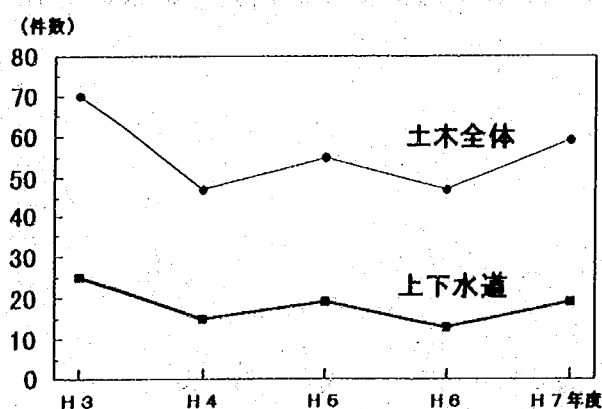
1. 調査概要

1. 1 調査目的

近年、下水道事業においては積極的に整備が推進され、整備の対象が本管から中小口径の支管・枝管へと移行してきている。図－1. 1に94年度に発注された下水道工事の工法別及び管径別の割合を示す。開削工法は全体の91%に相当する工事で採用されており、口径別では $\phi 400\text{mm}$ 以下の中小口径管が全体の92%を占めている。また、上下水道工事における土砂崩壊事故の災害件数は、図－1. 2に示すように土木工事全体の約3～4割程度占めており、発生件数は毎年20件前後で推移している。これらの事故の多くは掘削深さが1.5～3mと比較的浅い開削工事の現場において発生している。また、開削工事が終了し交通を解放した後は、締固め不足等に起因する路面の不等沈下の問題が発生している。このような状況に鑑み、中小規模の開削工事の安全性及び施工性の向上を図るべく、IE手法に基づいた作業分析、改善方策の策定等を行い、試験施工により改善効果の評価を行った。特に土留め工においては、可動式支保工装置を用いた施工法（SS工法：Safety & Speedy Sheetpile Supporting System）を開発した。



図－1. 1 工法別・管径別割合¹⁾



図－1. 2 土砂崩壊事故の推移²⁾

1. 2 調査方法

本調査は、安全性の向上を主目的とし図-1. 3に示すIE手法を用いた施工改善のフローに基づき、改善案の策定を行った。まず現状の問題点を把握するためのアンケート調査と実際に人身災害が発生した現場の担当者に対するアンケート調査により現状の作業の問題点を抽出した。次に実現場の作業状況をビデオで撮影し、その作業の工程分析や作業員の稼働分析等を行い、改善項目を明らかにした。次に各工程または各作業毎に改善案を策定し、その改善案に基づき実際に試験施工を行い、改善効果の評価を行った。

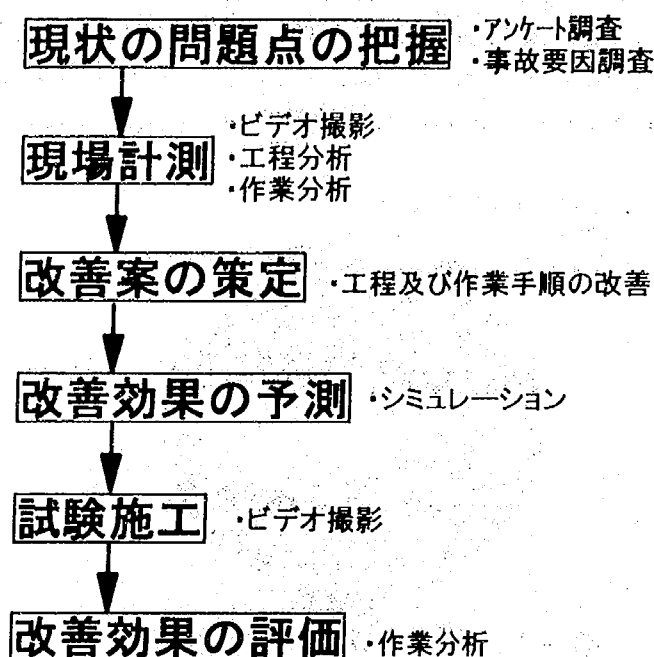


図-1. 3 IE手法に基づいた施工改善のフロー

2. 現状調査

2. 1 アンケート調査

2. 1. 1 現状の問題点とニーズに関するアンケート調査

開削工法における現状の問題点とニーズを明らかにするために、千葉県及び東京都の一部地域の施工業者86社を対象に「中小規模の下水道工事における現状の問題点とニーズに関する調査票」と「開削工法による下水道工事の安全性を阻害する要因」を配布し、アンケート調査を行い回答を取りまとめた。表-2. 1にアンケート調査結果の要旨を示す。問題点・ニーズ共に多かったのが掘削工に関するものと土留め工に関するものであった。特に掘削工ではバックホウの機能の改良、土留め工は新しい土留め工法の開発のニーズが多かった。また、埋戻し・締固めに関しても、現状の方法の信頼性についての問題提起があった。

表-2. 1 アンケート調査結果の要旨

工 種	問 題 点	ニ ー ズ、改 善 案
掘 削 工	バックホウ旋回時の作業員・通行車両との接触、架空線の切断(14)	①警告ランプ、旋回ブザー、センサー等の設置(6) ②旋回動作のメモリー機能の搭載(1) ③無線による誘導、合図の実施(2) ④伸縮可能なブームの開発(1)
	既設埋設物の破損(7)	①事前調査の徹底(4) ②既設埋設管のデータベース化(1) ③バックホウバケット先端にセンサーの設置(1)
	人力床付けに時間がかかる(2)	バックホウのバケットを水平移動可能にする(2)
土 留 工	①当て矢板の切梁、腹起こし設置時期の誤りによる事故(25) ②建込み時の合図不備による事故(7)	①矢板、腹起こし、切梁が一体となった土留め材の開発(10) ②推進式土留めバットの開発(1) ③掘削・土留が同時にできる工法の開発(1)
	木製支保工は再使用しにくい(7)	水圧ジャッキ式7段支保工の使用(7)
埋戻し工	不良な発生土の使用 (2)	埋戻し材料の品質の向上 (2)
	地下水位以下の埋戻し材料(3)	山砂に替わる埋戻し材の開発(3)
締固め工	締固め不足による路面陥没 (5)	より簡便な締固め方法の確立(2)
	ラマ、クハによる締固めに時間がかかる (2)	①バックホウのバケットを転圧機とする(1) ②締固め機械の軽量化、機能の向上(2)
	矢板引抜き時の緩みによる周辺の沈下 (5)	①部分的な転圧方法の開発 (2) ②効率的な注入工法の開発 (2)
管布設工	下水道管の狭所作業での取扱いの困難さ (2)	管の軽量化(1)
付属物工	マンホール設置時に切梁を一部外して行う際の事故 (1)	マンホール用土留の開発 (1)
	マンホール設置時の建設機械の集密化 (1)	マンホールロックを小型化し、バックホウで設置可能とする(1)
そ の 他	①経験未熟者の独自判断による事故 (7) ②作業員の高齢化 (2)	①安全教育の徹底 (1) ②管理、指導の充実 (1) ③作業員の共同作業体制の確立(1)
	残土の処分場がない	改良材を加え、埋戻し材として使用する (3)
	①即日復旧の難易性(4) ②周辺からの苦情 (4)	①全面通行止め等の措置 (2) ②地元住民との事前協議 (2)

() 内は件数を示す

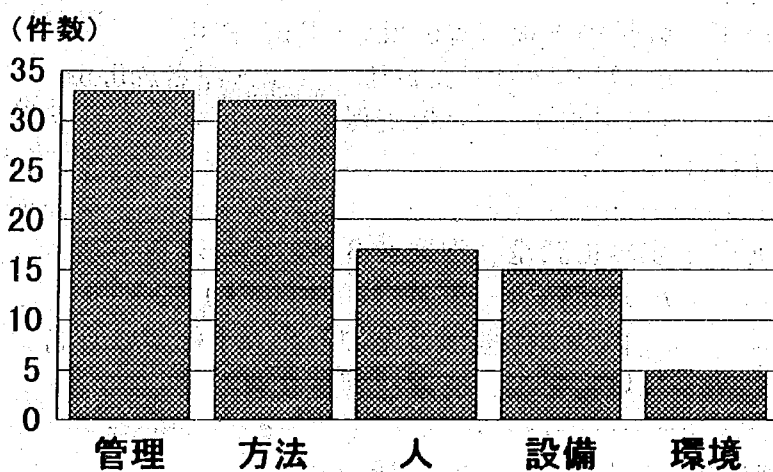
2. 1. 2 事故要因に関するアンケート調査

開削工事で発生した事故形態と発生要因との関係を明らかにするために、平成三・四年度に人身災害を起こした下水道工事現場の当時の現場代表者に対して、「下水道工事に関する事故災害事例の調査票」を配布し、回答を取りまとめた。サンプル数は、29件であり、事故形態の内訳は、土砂崩壊18件、建設機械等4件、その他7件であった。表-2. 2は、土砂崩壊に対する事故要因として回答のあったものを件数の多い順に並べたものである。このうち、管理・教育に関わるものとしては、作業方法の教育不十分が13件と最も多く、以下KY活動等の教育不十分、作業指示が不適切などが挙げられている。作業方法に関しては、回答者の多くが作業手順の不徹底と危険箇所への立ち入りを挙げている。設備に関しては、土留め工の手抜きと事前調査の不備・未実施の件数が多い。また、人的要素については慣れによる安心感から注意力散漫・安全作業に無知などの回答があった。

以上の結果から、事故のほとんどが作業手順の不徹底、危険箇所への立ち入りに起因しており、適切な作業手順を遵守すれば事故は発生しないことが改めて確認できた。また、比較的浅い掘削箇所での当て矢板土留め支保工設置作業において、作業員を危険箇所へ立ち入らせない施工法が強く望まれる。一方、作業方法・安全作業に関する教育を徹底させることも重要であり、新人教育のためのマニュアルの充実、作業員の安全意識、自己啓発の促進法などが必要である。また、作業員が経験を積んでいる場合には、慣れによる安心感から慎重さを欠くことによる事故も多く、この種の是正は一般に困難であると言われているが、分かりやすいヒヤリハット集や事故事例集による危機管理・意識の高揚を図ることが大切である。さらに、現場監督者については、常に現場の状況を掌握し、作業の都度適切な指示を与えていくことが必要であり、このための作業標準の充実、現場責任者・職長の教育・育成が求められる。また、作業員相互のコミュニケーションが十分にできる職場作りを目指すことも重要である。

表－２．２ 土砂崩壊の発生要因

区分	項 目	件数	区分	項 目	件数
管理	作業方法の教育不十分	13	環境	作業場所が狭い	2
	KY活動等の教育不十分	6		照明が暗い	2
	作業指示が不適切	4		夜間工事である	1
	作業手順を決めていない	3	設備	土留工の手抜き	7
	実施計画の検討が不十分	2		試験堀等の事前調査の未実施	6
	人員配置に無理がある	2		不用意な急勾配の掘削	1
	作業前点検の未実施	1		構造設計の誤り	1
	保全体制の不備	1	人	慣れによる安心感で注意力散漫	8
	雇入れ教育の不足	1		安全作業に無知	5
方法	作業手順の不徹底	12		不慣れ、未熟練	2
	危険個所への立ち入り	12		目、耳の欠陥	1
	作業手順にない行為	3		高齢者による作業	1



図－２．１ 土砂崩壊事故の発生要因の区分別件数

2. 2 現場計測

実際の下水道開削工事の現場においてビデオ撮影を行い、各工程における作業員、建設機械の稼働時間を測定し、得られたデータに基づき詳細な工程分析を行うとともに、安全性向上のための施工改善方策の検討を行った。

2. 2. 1 現場条件

表-2. 3~2. 4にビデオ撮影を行った2箇所の下水道開削工事現場の現場条件を示す。調査を行った作業現場は、今後も同様な条件下での工事が増加すると予想される住宅地の狭隘な2現場を選定し、その内の1箇所は湧水のある現場を選定した。作業環境は、2現場とも住宅地内で道路復員が4~5m程度と狭く、道路両側には塀が迫っている狭隘な施工環境であった。また、掘削箇所には既存の埋設管が横断し、上空には電線が道路に平行に通っておりバックホウやクレーン作業の支障になっていた。

表-2. 3-1 現場条件 (A現場)

A 現場	
①日 時	平成5年12月16日
②場 所	千葉県柏市光ヶ丘4丁目
③作業仕様	工 事 名 : 柏第14処理区分污水枝線工事 平成5年度第5-0-16工区 下水道管 : ヒューム管、$\phi 250\text{mm} \times 2\text{m} \times 2\text{本}$ 施 工 長 : 4m 掘削寸法 : 幅約1.1m$\times$深さ約1.5m$\times$長さ約5m 土留め工 : 軽量鋼矢板 (幅0.28m$\times$2m) 使用 バックホウバケットで矢板圧入 (圧入深さ約0.5m) アルミ製水圧ジャッキ板支保工後、松丸太で本支保工 (1段組) 補助工法 : な し
④作業担当	合計8名 : 現場世話役、作業員3名、トラック運転手2名 バックホウオペレータ1名、クレーンオペレータ1名 (オペレータは機械作業のみ、人手作業は6名) そ の 他 : 現場監督者、交通誘導員2名
⑤使用機械	建設機械 : バックホウ1台 : バケット0.2m³ クレーン 1台 : ラフター式、最大釣上重量19t トラック 2台 : 最大積載量4t クワハ 1台
⑥天 候	晴れ

表－2. 3－2 現場条件（A現場）

A 現場

⑦作業環境

当該作業現場は、住宅地にある幅約4mの道路であり、両側に高さ約2mの塀が迫っている狭所である。掘削開口の深さ0.5mの位置を水道管が横切っており、作業に支障が出ている。また、道路端から約1m、高さ約5mの上空を電線が道路に平行して通っており、バックホウやクレーン作業の支障になっている。

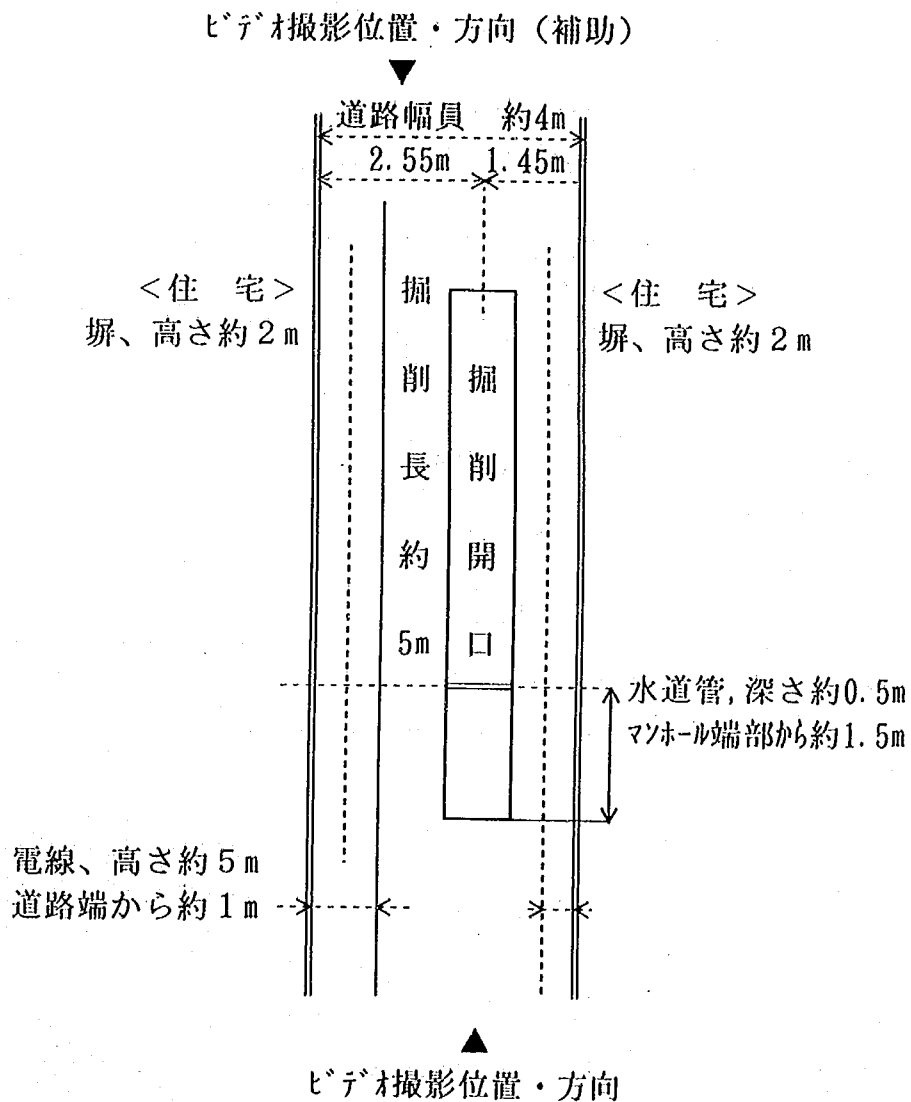


表-2. 4-1 現場条件 (B現場)

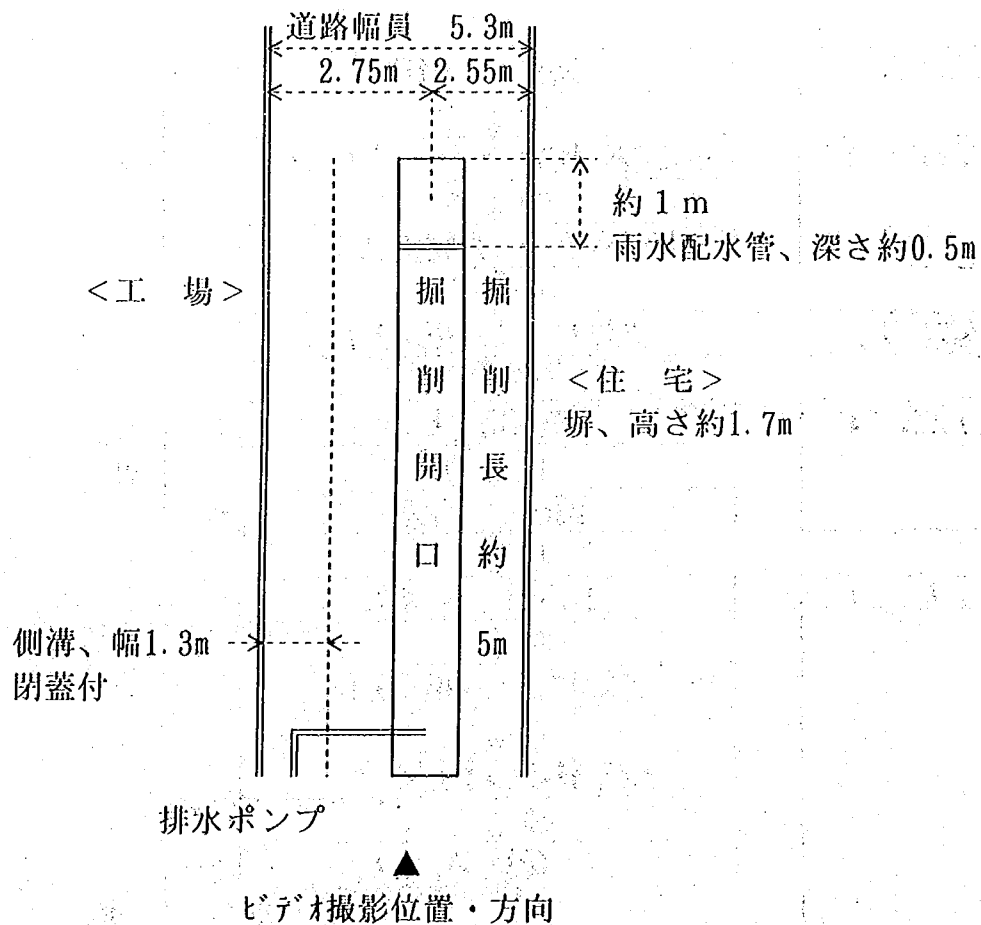
B 現場	
①日 時	平成5年1月28日
②場 所	茨城県つくば市大字栗原
③作業仕様	工 事 名 : 5市単特環第22号、栗原下水管敷設工事その4 下水道管 : 塩ビ管、$\phi 200\text{mm} \times 4\text{m} \times 1$本 施 工 長 : 4m 掘削寸法 : 寸歩幅約1.3m$\times$深さ約2.2m$\times$長さ約5m 土留め工 : 軽量鋼矢板 (長さ2.5m) 使用 バックホウバケットで矢板圧入 (圧入深さ約0.3m) 7μm製水圧ジャッキで本支保 (2段組) 補助工法 : 湧水対策としてポンプによる排水工
④作業担当	合計8名 : 現場世話役、作業者3名、トラック運転手2名 バックホウオペレータ1名、 (オペレータも人手作業を一部担当) そ の 他 : 現場監督者
⑤使用機械	建設機械 : バックホウ 1台 : (バケット0.2m³) トラック 2台 : クレーン 1台 : ポンプ 1台 : (予備2台)
⑥天 候	曇り後雪

表-2. 4-2 現場条件 (B現場)

B 現場

⑦作業環境

当該作業現場は、住宅地にある幅約5.3mの道路であり、両側に工場建屋と住宅の高さ約1.7mの塀が迫っている。また、道路の一方には幅1.3mの側溝が通っており、さらに掘削開口の深さ約0.5mの位置を雨水配水管が横切っていることで、作業に支障が出ている。



2. 2. 2 作業工程

表-2. 5~2. 6に撮影当日の現場の作業工程を示す。2現場とも即日復旧が条件であり掘削から土留め、管布設、埋戻し、締固めまでの全工程が行われた。また、作業は完全通行止めにして行われた。

表-2. 5 作業工程（A現場）

A 現場

本現場の作業工程では、マンホール端部から約1.5mの位置を既存埋設水道管が横切っていたために、マンホール端部から埋設水道管までの約1.5mと、その先約2.5mを2分割し、掘削工、土留め工を2回繰り返して行った。また、同様の理由で、管布設工の管卸し、配管も2に分けて行った。

当該作業の工程（番号は行程の流れる順番を表す）

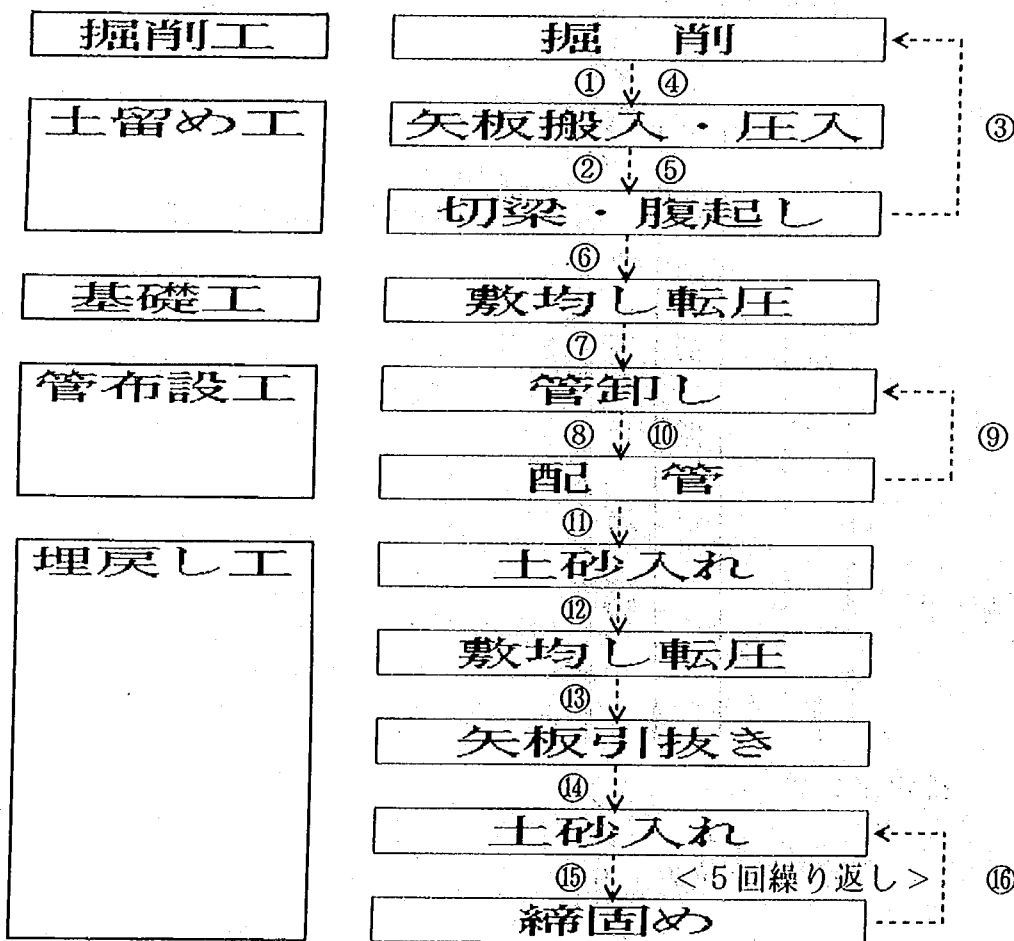
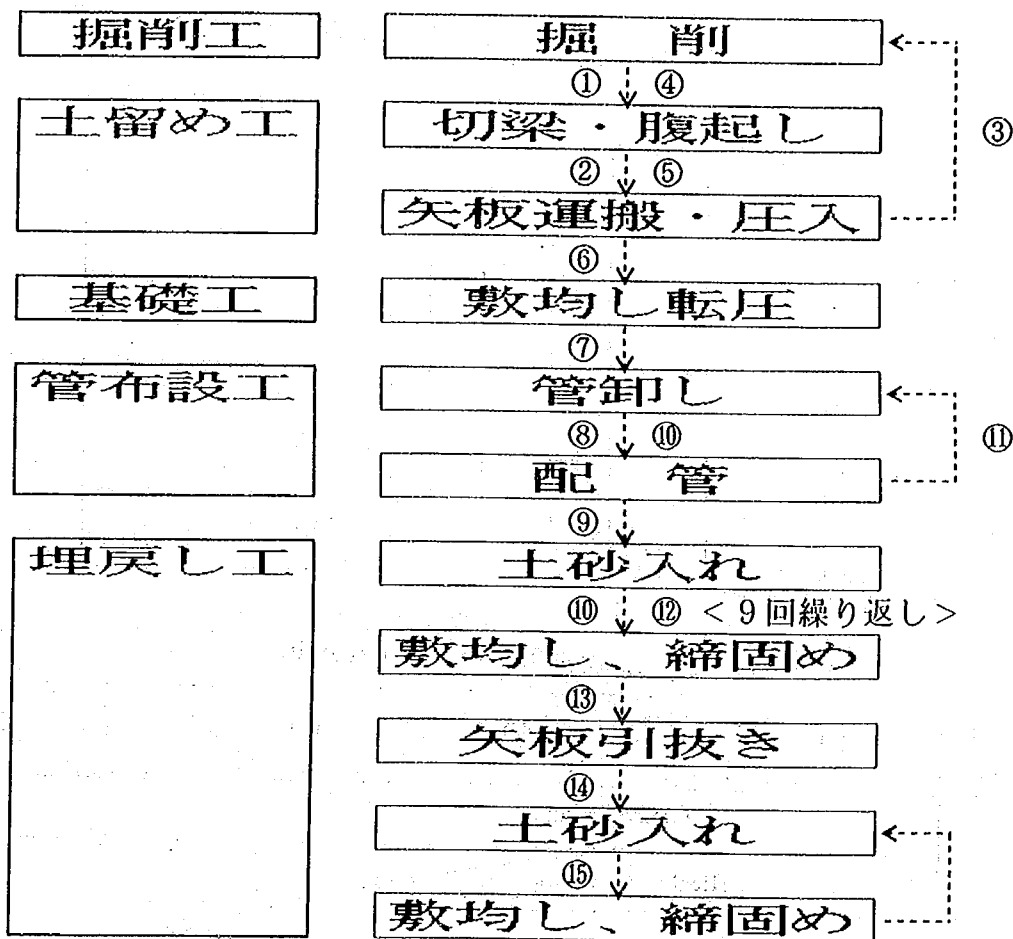


表-2. 6 作業工程 (B現場)

B 現場

本現場の作業工程は、深さ約 2 m 以下に砂利層があるため、バックホウで矢板を圧入しても刺さり難い上に、湧水があるため、切梁・腹起しを行った後に矢板搬入、矢板圧入を行った。また、掘削開口端から、約 1 m の位置に雨水排水管が埋設されているために、2 回に分けて掘削工、土留め工を行った。

当該作業の工程 (番号は行程の流れる順番を表す)



3. 改善方策

3. 1 改善案の策定

3. 1. 1 施工改善の重点

作業分析によって施工改善を検討する際には、工程別時間の長短によって検討する工程の重点を定めることが望まれる。施工全体を効果的に改善するためには、工程時間の長い作業を重点を定めて検討していくことが有効である。そこで、図-3. 1～3. 4に2現場の工程別時間、建設機械の稼働状況及び工程別時間比率を示す。2現場とも掘削工、土留め工、埋戻し工の時間が長く、この3工程で全工程の約8～9割を占めている。このため、この3工程に重点を置きながら施工改善方策を検討することとした。

図-3. 1 工程別時間と建設機械の稼働状況 (A現場)

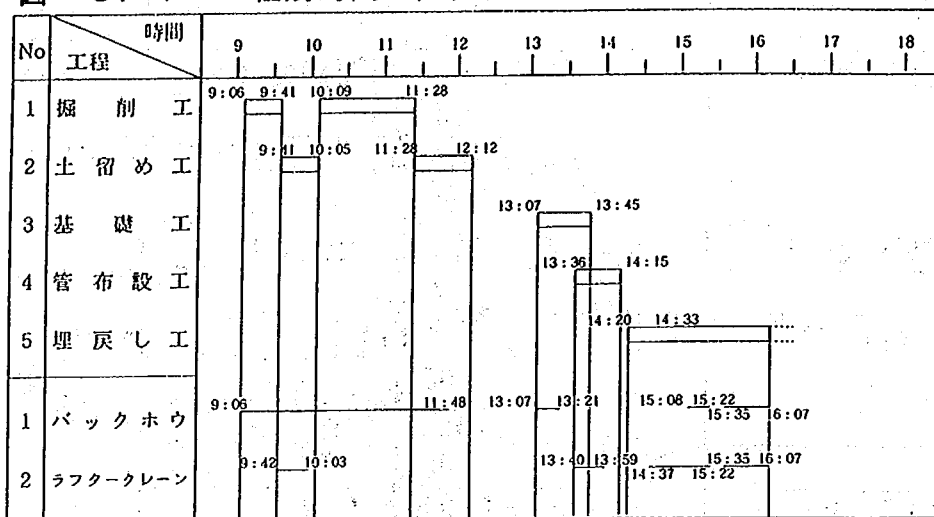


図-3. 2 工程別時間比率 (A現場)

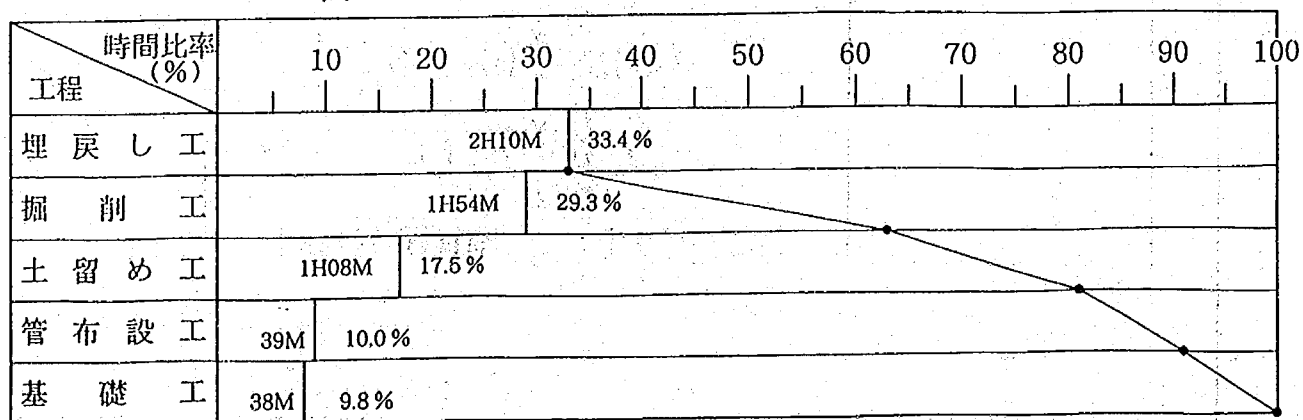


図-3.3 工程別時間と建設機械の稼働状況 (B現場)

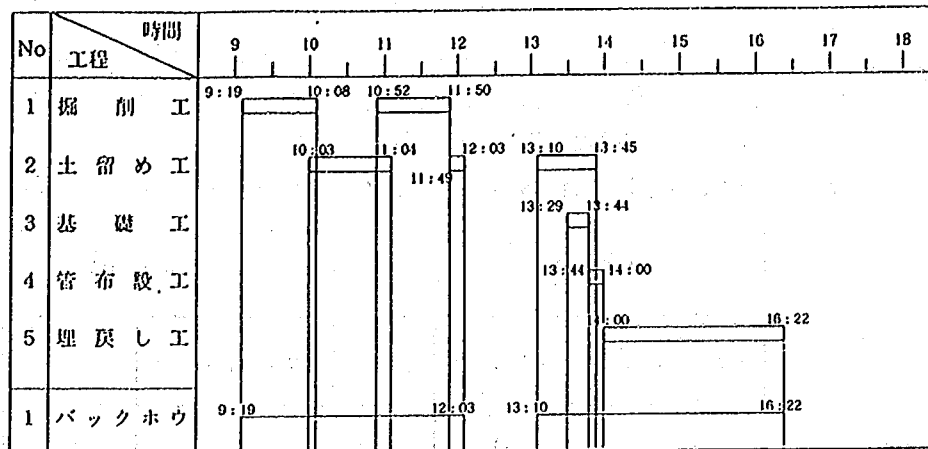
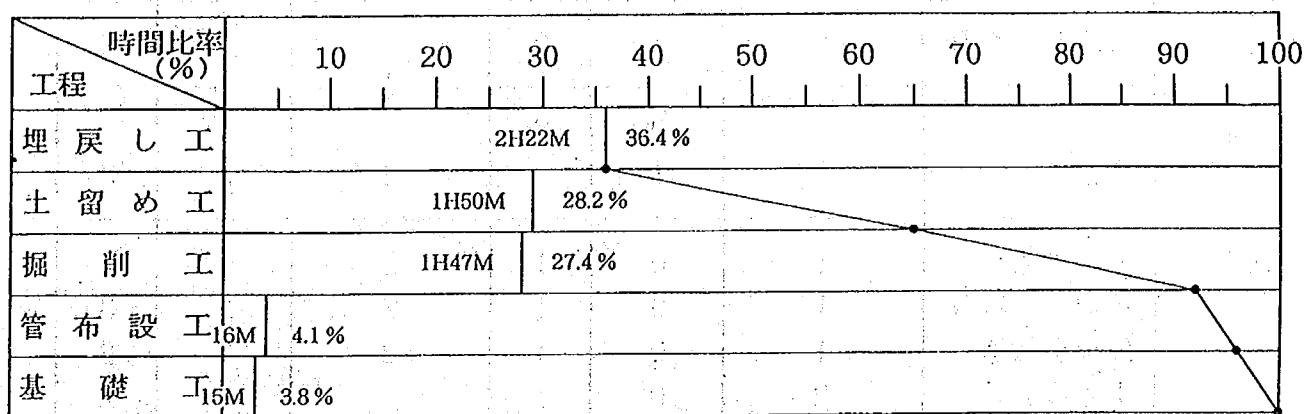


図-3.4 工程別時間比率 (B現場)



3. 1. 2 各工程の作業分析

(1) 全体

表-3. 1 は、実際に測定した作業チャートからトラック運転手が人力作業に参加可能かどうかを判断したものである。全作業において最低1名は、人力作業に参加可能であり、作業員を1名減らしても現行の作業を行えることが確認できる。

表-3. 1 トラック運転手・オペレータの人力作業への参加可能人数

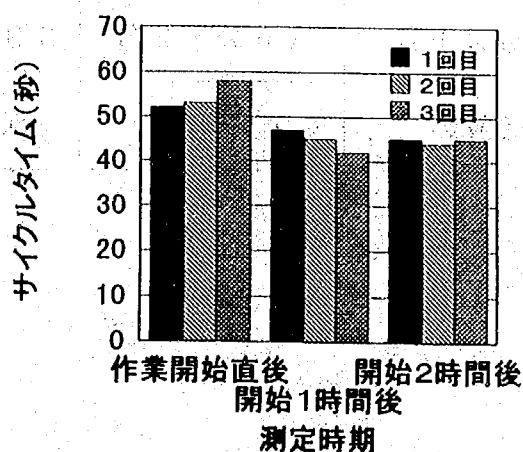
工 程	作業項目	A 現場			B 現場		
		トラック運転手	ハ°レータ	合計	トラック運転手	ハ°レータ	合計
掘削工	掘 削	1	0	1	1	0	1
土留め工	矢板設置圧入 切梁・腹越し	1	0	1	2	1	3
		2	1	3	2	1	2
基礎工	敷均し・転圧	2	1	3	2	2	3
管布設工	管卸し 配管	2	0	2	2	2	3
		2	1	3	2	2	3
埋戻し工	土砂投入	1	0	1	2	0	2
	敷均し・転圧	1	0	1	2	2	3
	矢板引抜き	1	0	1	2	2	2
	土砂投入	2	0	1			2
	締固め	1	0	1	2	2	3

(2) 掘削工

写真－3. 1 に掘削工の作業状況を示す。両現場とも既設埋設管の位置が台帳と異なっており、埋設管を破損させないように慎重に掘削したため多大な時間を費やしていた。掘削に用いられていたバックホウは、両現場ともに小旋回型であり、キャタピラ幅以内で旋回可能なタイプであった。図－3. 5 にはA現場における掘削時のバックホウのサイクルタイムを示す。A現場は幅員4 mの狭い道路であり、両側の上空約5 mの位置に電線が通っているため、バックホウの旋回作業が困難な状況であった。このため、作業開始当初は旋回に不慣れで時間を費やしていたが、1時間後にはサイクルタイムが17%程度短くなり、それ以降は一定していた。狭所におけるバックホウの旋回は、作業の習熟度の影響が大きいため、バックホウに安全な旋回作業を記憶させる装置を搭載し、作業効率や安全性を向上させる必要がある。



写真－3. 1 掘削作業状況



図－3. 5 掘削時の旋回サイクルタイムの変動

(3) 土留め工

写真－3. 2に土留め工の作業状況を示す。下水道工事における労働災害で最も件数の多いのが、作業員が無補強の掘削溝内で作業を行っている時に起こる土砂崩壊である。今回同時に行っているアンケート調査等からも危険要因として指摘されている。表－3. 2に示すようにA・B両現場においても、作業員が切梁・腹起こし設置時に、掘削溝無補強の状態で、A現場では40分間、B現場では27分間掘削開口内に入っている。土留め設置に多くの時間を費やしているため、土留め工の施工性の改善も行う必要がある。



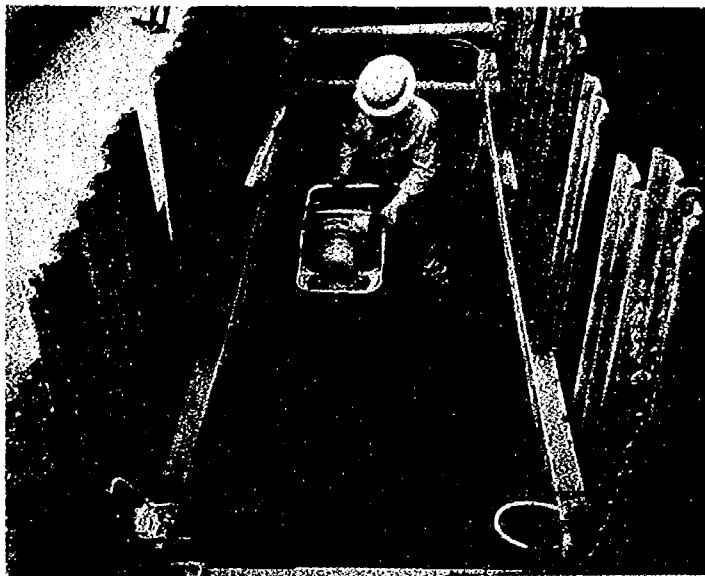
写真－3. 2 土留め作業状況

表－3. 2 無補強の掘削溝内作業時間

現場名	A 現場		B 現場
作業時間×人数	42分×1名	26分×2名	39分×2名
作業内容	矢板設置の補助	支保工の設置	支保工の設置

(4) 埋戻し工

写真－３．３に締固めの作業状況を示す。締固め作業は、A・B両現場ともに作業員２名がタンパで行っており、厚さ３０ｃｍ程度締固めを行った後、タンパをクレーンもしくは人力で一端搬出し、土砂を投入した後に再び搬入するといった作業が繰り返されている。表－３．３に示す通り、タンパの使用回数は５～６回程度であり、搬入・搬出がその都度行われる。搬入・搬出作業は、人手で行う場合は苦渋作業となっている。さらにこのような開削工事の締固めに対しては、締固め度の管理が行われていないのが実状であり、交通解放後、締固め不足箇所における路面沈下の問題が生じている。



写真－３．３ 締固め作業状況

表－３．３ タンパの搬入・搬出作業

現場名	A現場	B現場
使用回数	５回	６回
作業時間	１５分	１７分
運搬方法	クレーン	作業員２名

3. 2 ヒアリング調査

ビデオ撮影終了後、2現場の代理人に対し下水道開削工事における安全性及び施工性に
関するヒアリング調査を行った。表-3. 4～3. 5にヒアリング調査結果の要旨を示す。

表3-4 安全性と施工効率に関する現場代理人ヒアリング結果（A現場）

基本行程	当該作業の安全性・効率阻害要因とその対策	全体的な安全性・効率阻害要因とその対策
掘削工	●開削開口部の広さ ・開口部が広いほど危険が大きくなるため、極力狭くしている。作業空間が広い場合には開削距離を長くして管を一斉に布設する方が仕上がり精度がよく、作業効率もよい。 ●バックホの旋回作業 ・バックホの旋回半径内に人が入るのは危険である。入らないように教育はしているが、実際作業では接近せざるを得ない時がある。狭い路地での作業時には、特に注意が必要である。	<作業環境の要因> ●掘削場所の埋設物 ・掘削場所に埋設管が多いため破損のないように注意してる ●歩行者の通行 ・歩行者の通行に注している。作業空間に余裕があれば、安全通路を確保するが、狭い路地では安全通路を設置できない。 ●冬季作業時の作業ペースの焦り ・昼間の短い冬季等は、時間に追われて作業ペースに焦りが出る
土留め工	●バックホの矢板圧入 ・バックホによる矢板圧入時に、矢板からバケットが外れ、バックホの手前にいた作業者と接触した死亡事故があった。バックホの手前は危険であるため、人はバケットより外にいるようにし、バックホから遠いところから手前に向かって打込みを行っている。	<建設機械の要因> ●機械操縦方式の差異 ・機械の操縦方式の違いは、操作性に大きな差がでる。出来るだけ使い慣れた機械を使っている。 ●慣れた気分による注意力散漫 ・作業者の慣れによって注力散漫になるため、休憩時に作業内容を説明し、注意を促してる。 ・盆、正月、給料日前等は、気分高揚により注意力が低下する
基礎工	●タコによる締固め作業 ・締固め時に、タコで足を打つ怪我が起こる。	●安全教育の不足・欠如 ・安全教育はOJTが中心
管布設工	●玉架け作業 ・玉架け作業時の落下に注意している。	●年齢的な体力差 ・若年者は開削部を飛び越えたり飛び降りたりと軽率で、年輩者は反射神経が鈍く動きが緩慢。
埋戻し工	●湧水による土留めの崩壊 ・湧水があると、矢板がいつべんに崩れる可能性があるため矢板引抜工の危険度は高い。 ●掘削開口部をトラックがまたぐ ・開削口をトラックがまたぐのは危険である。 ●バックホの旋回作業 ・土砂埋戻し作業時のバックホ旋回半径内に、人が進入するのは危険である。	●事前作業による疲労 ・夕方それまでの作業で疲れてくるため、安全性が低下する。

表 3-5 安全性と施工効率に関する現場代理人ヒアリング結果（B現場）

基本行程	当該作業の安全性・効率阻害要因とその対策	全体的な安全性・効率阻害要因とその対策
掘削工	● 既存埋設管位置・土質の事前把握 ・道路幅員が狭く、水等の弱い地質が、側溝やガス管、水道管などが埋設されている。掘削時に、土質の調査を行い、掘削の進捗を確認する。 ・掘削時に、土質の調査を行い、掘削の進捗を確認する。	● 作業環境の安全性・効率阻害要因とその対策 ・掘削時に、土質の調査を行い、掘削の進捗を確認する。
土留め工	● 湧水、砂層にによる土留めの崩壊 ・掘削時に、土質の調査を行い、掘削の進捗を確認する。	● 掘削時に、土質の調査を行い、掘削の進捗を確認する。
埋戻し工	● 狭い道路幅員 ・掘削時に、土質の調査を行い、掘削の進捗を確認する。	● 掘削時に、土質の調査を行い、掘削の進捗を確認する。

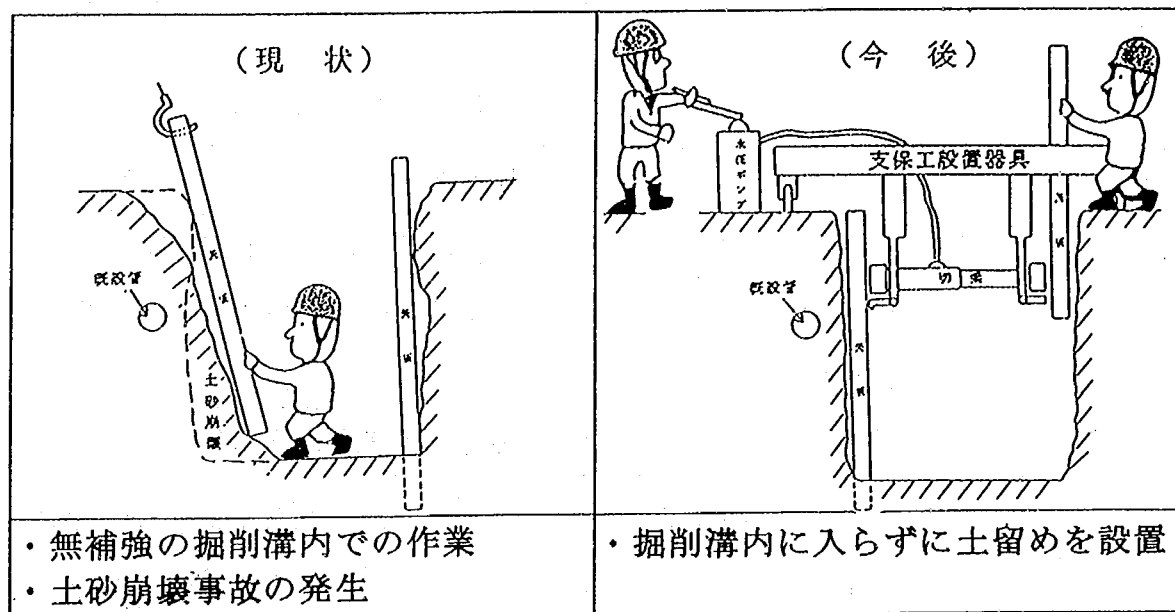
3. 3 各工程の改善方策案

以上の作業分析結果と現場代理人へのヒアリング結果から安全性と施工効率に関する改善方策の検討を行った。表-3. 6に各工程の改善方策案を示す。

表-3. 6 各工程の改善方策案

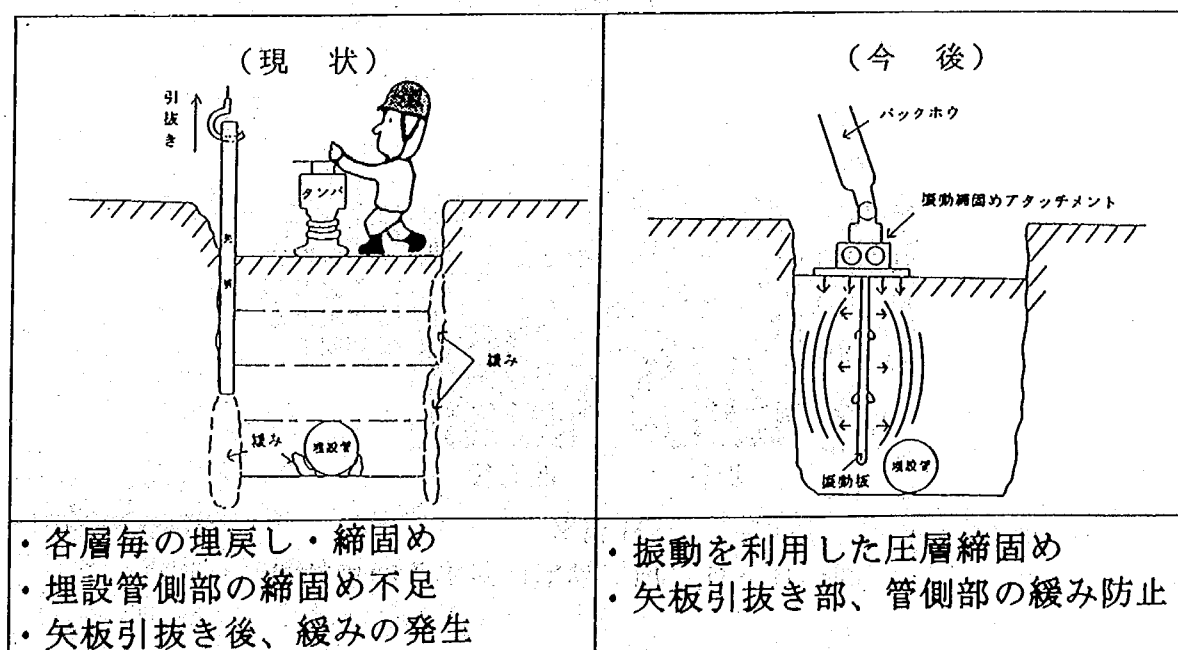
工 程 別	改 善 方 策 案	改 善 要 素		適 用 作 業 現 場	
		安 全 性	施 工 効 率	A 現 場	B 現 場
全 体	●世話役と作業者2名、トラックマン2名、バックホウオペレータの基本班編成化	○		○	○
	●ラフタークレーンの未使用	○	○	○	
	●道路の完全通行止め徹底で長距離一斉工事実施	○	○	○	○
	●軽量下水道管使用の促進	○	○	○	
	●安全教育の徹底・充実	○		○	○
掘削工	●バックホウ作業位置を旋回側に寄せることで、旋回反対側に安全通路を確保	○		○	○
	●小型バックホウにオート旋回・アーム伸縮機能を搭載	○	○	○	○
	●簡易取替え可能で軽量のバックホウ・バケット・アタッチメントの開発	○	○	○	○
	●既存埋設管位置のデータベース化	○	○	○	○
土留め工	●矢板圧入端をGLから出す	○	○	○	
	●簡易土留め方式の標準化	○	○	○	
	●矢板・切梁・腹起しの一体施工用キットの開発	○	○	○	○
	●軽量幅広矢板の開発	○	○	○	○
	●オープンシールド工法開発	○	○	○	○
埋戻し工	●矢板引抜き時の土落とし用器具の開発	○	○	○	○
	●人手運搬の容易な軽量タンバの開発	○	○	○	○
	●締固め度合いの基準設定	○	○	○	○

図－３．６に土留め工の施工改善のイメージを示す。左図に示すような当て矢板工法における土砂崩壊事故に対応するには、右図に示すように作業員が掘削溝内に入らずに簡易的に土留めを設置する施工法を考案した。



図－３．６ 土留め工の施工改善のイメージ

図－３．７に埋戻し工の施工改善のイメージを示す。当該工事の埋戻し・締固め作業は、左図に示すように30cm以下のまき出し厚で何層にも敷均し、各層毎にタンパー等の小型の締固め機械で作業を行うため、作業員が苦渋性を伴いながら多くの作業時間を費やしている。また、矢板引抜き部や管側部の緩みが路面沈下の要因となっている。そこで改善案の1つとして、作業員が掘削溝内に入らず厚層締固めが可能であるバックホウの油圧を利用した振動締固めアタッチメントによる施工方法の検討を行った。



図－３．７ 埋戻し工の施工改善のイメージ

3. 4 改善効果の予測

以上の分析結果に基づき、表-3. 7に示す改善案を採用した場合どれだけ作業時間が短縮されるかをシミュレーションした結果を図-3. 6に示す。A現場では67分、B現場では57分の作業時間の縮減が図られ、約20%の作業効率の向上が見込まれる。

表-3. 7 各工程における改善方策の適用例

現場名	A現場	B現場
掘削工	バックホウのオート旋回機能の採用	バックホウのオート旋回機能の採用
土留め工	簡易土留め工法の採用	支保工一体型土留め装置の採用
管布設工	軽量下水道管の採用	—
埋戻し工	タンパーの軽量化	流動化処理土による埋戻し

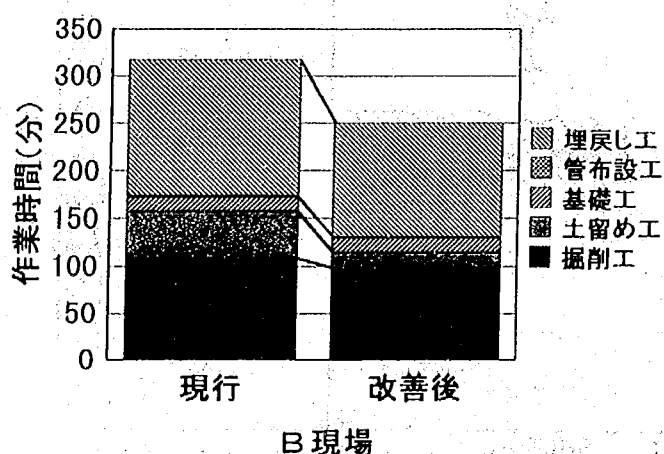
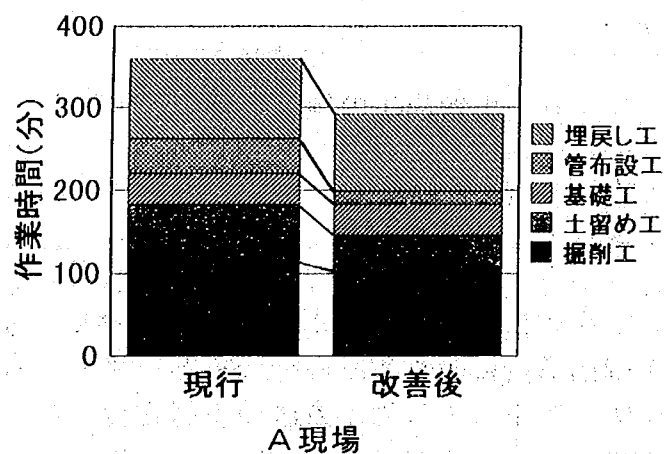


図-3. 6 施工効率に対する改善効果

4. 改善方策の実施

これまでの調査結果から土留め工と埋戻し工を対象に改善方策を試験施工により実施し、その改善効果の確認を行うことにした。土留め工は、改善案の1つとして提案された支保工一体型土留め装置を検討し、土木研究所内の実験フィールドで試験施工を行った。埋戻し工は、現在一般的に使用されているタンパーを含む6種類の締固め機械を用いて予備試験及び作業性試験を行い、最終的に土留め工の試験施工と同一地盤においてタンパーとアタッチメント式コンパクターを用いた試験施工を行った。

4. 1 土留め工

4. 1. 1 可動式支保工（5S）装置の製作

5S装置の設計・製作は、表－4. 1に示す項目を考慮しながら製作し、試験施工を行い各部材の作動の確認及び改良点の検討を行った。写真－4. 1. 1に装置の最終モデルをまた写真－4. 1. 2に装置の4回に及ぶ改良過程を示す。

表－4. 1 可動式支保工（5S）装置の設計・製作目標

安全性	1. 作業員が無補強の掘削溝内に入らない。 2. バックホウによる装置及び各部材の吊り上げ作業は行わない。 3. 土留め作業中は、バックホウの作業半径内で作業を行わない。
施工性	1. 構造は、シンプルで軽量かつコンパクトとする。 2. 装置の移動等は人力で簡易的に行える。 3. 既存の矢板や支保工等が使用できるようにフレキシブルな構造とする。 4. 作業時間は従来の当て矢板工法以下とする。



写真－4. 1. 1 可動式支保工（5S）装置

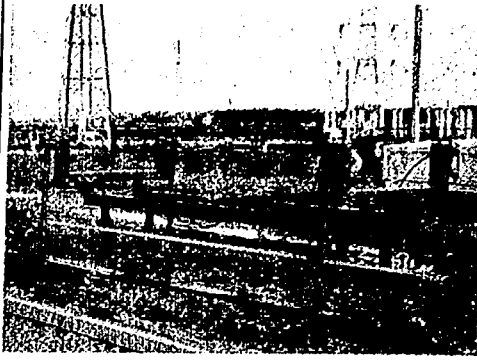
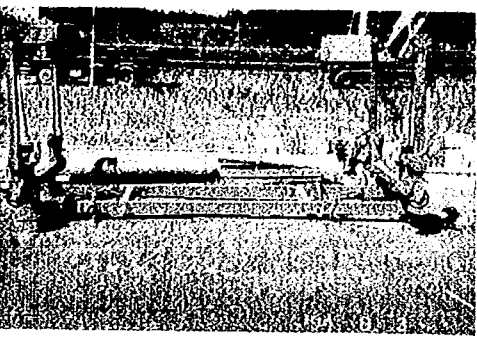
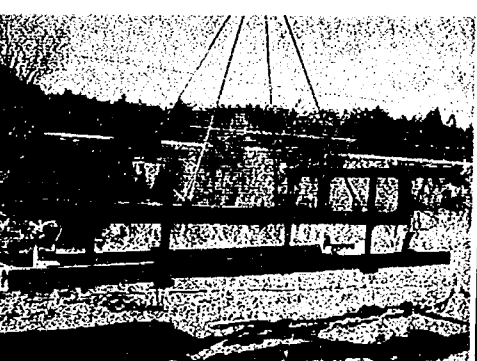
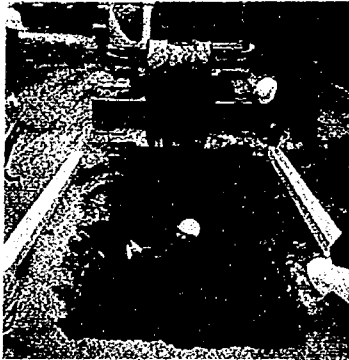
TYPE	写 真	仕 様 及 び 特 徴
I		・ 寸 法 L3m×B1.5m×H1.45m ・ 重 量 129.9kg ・ 対応掘削寸法 L(3~4)m×B0.8m×H(1.5~2)m ・ 特 徴 キャスターにより人力で移動にした。 支保工の設置は、装置をクックリで吊り上げ、 キャスター部のピンを調整してスライドする方式を 採用した。
II		・ 寸 法 L3m×B(1.5~1.9)m×H(1.2~1.7)m ・ 重 量 112.8kg ・ 対応掘削寸法 L(3~4)m×B(0.8~1.2)m×H(1.5~2)m ・ 特 徴 支保工の設置は、ウィンチを用いてキャスター部をス ライドできる方式を採用した。 掘削幅(0.8~1.2m)方向にもスライドできる。
III		・ 寸 法 L3m×B(1.5~1.9)m×H(1.2~1.7)m ・ 重 量 113.4kg ・ 対応掘削寸法 L(3~4)m×B(0.8~1.2)m×H(1.5~3)m ・ 特 徴 支保工の設置は、ブラケット部にピン穴を設け、 2段を別個にスライド・設置可能な方式を採用 した。 装置全体をコンパクトにした。
IV		・ 寸 法 L2m×B(1.5~1.9)m×H(1.2~1.7)m ・ 重 量 225kg ・ 対応掘削寸法 L(3~4)m×B(0.8~1.2)m×H(1.5~3)m ・ 特 徴 支保工の設置はブラケット部材にラックを設け、ハ ンドルを回転しスライドできる方式を採用した。 キャスター上部にネジ式ジョッキを設け30cm程度上 下のスライドを可能とした。 幅方向スライドを両キャスター部で50cm可能とした

写真-4. 1. 2 可動式支保工（5S）装置の改良過程

4. 1. 2 施工手順

写真－4. 2に従来の当て矢板工法と5 S工法の作業手順を示す。当て矢板工法の場合、矢板の設置・圧入作業時及び支保工設置作業時に、作業員1名が無補強の掘削溝内に入って作業しているのが確認できる。これに対し、5 S工法では掘削溝内に全く入らずに全作業が行える。5 S工法の詳細な作業手順は参考資料2に示す。

(1) 当て矢板工法



①矢板の設置・圧入



②支保工の設置



③土留め設置完了

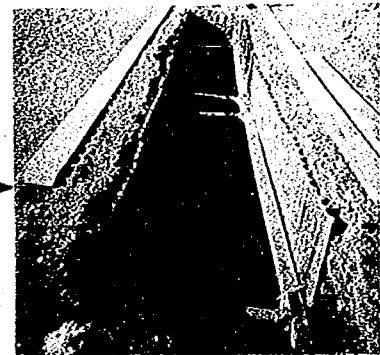
(2) 5 S工法



①装置の移動・設置



②矢板の設置・圧入



③土留め設置完了

写真－4. 2 各工法の作業手順

4. 2 埋戻し・締固め工に関する予備試験

現在、締固め作業で一般的に使用されているタンパーと最近国内で開発あるいは海外から導入された締固め機械で当該工事に適用可能な締固め機械5機種を用い、各機種の基本的な締固め特性を調査するための予備試験を行った。

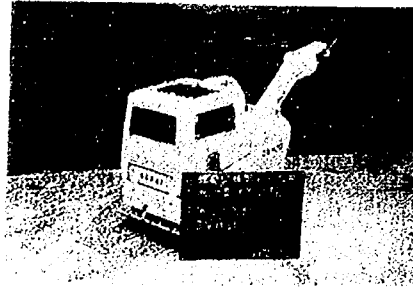
4. 2. 1 試験に用いた締固め機械

試験に用いた6種類の締固め機械の形状及び仕様を写真－4. 3及び表－4. 2に示す。

締固め試験に用いた締固め機械の仕様



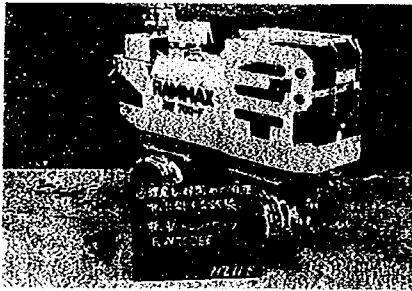
1) VT70BL (タイピングランマー)
従来型のタンパー



2) DVH39 (ヘビーウェイトコンパクター)
従来型のコンパクターに比べ重量があり、
締固め能力が大きい。
前後進レバー付きのため、作業性も良い。



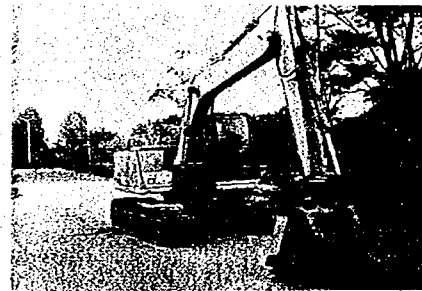
3) HS-6000 (油圧コンパクター)
バックホウ用アタッチメントでバケット
に替えてコンパクターアタッチメントを装
着させる。



4) RW700EF (振動トレンチローラ)
赤外線遠隔操作により、掘削機内に作業
員が入らずに作業が行える。



5) 狭隙部締固め機械
水平板と垂直板を装着したアタッチメン
トをバックホウのバケット部に替えて取付
ける。まき出し厚を1m程度にしても締固
め効果が得られる。



6) PC-120 (転圧モード搭載型バックホウ)
アーム、ブーム及びバケットがボタンを
押すだけで繰り返し振動を起こし、転圧作
業が行える。

写真－4. 3 締固め機械

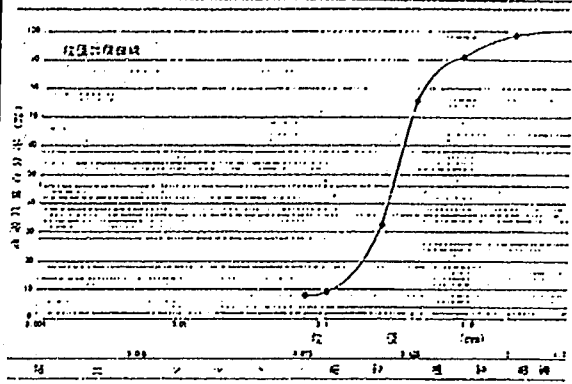
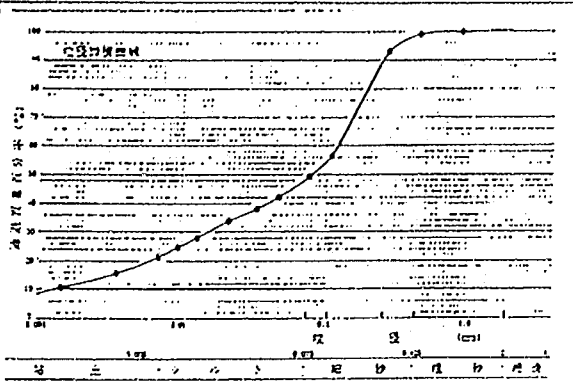
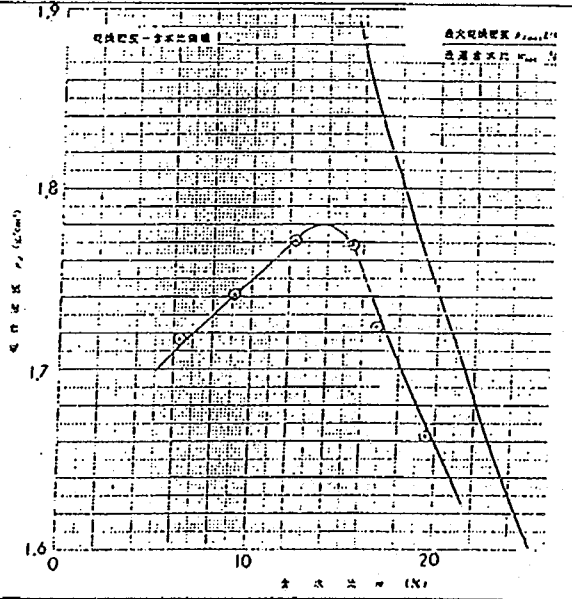
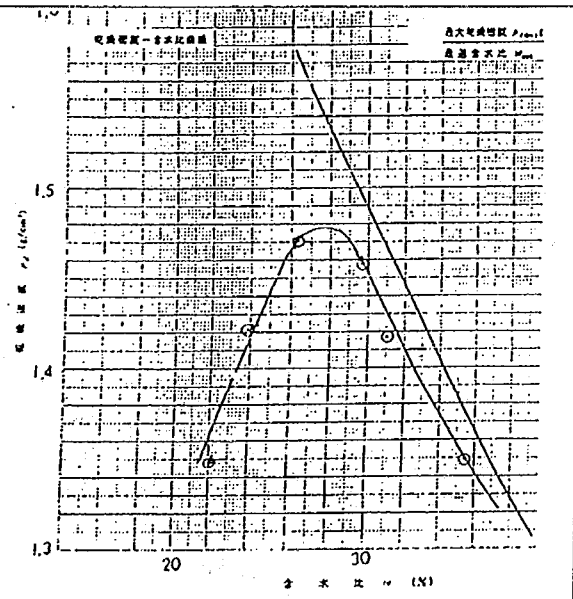
表－4. 2 締固め機械の仕様

型 式	VT70BL	DVH39	HS-6000	RW700EF	狭隙部締固め機械	PC-120
重量(kg)	70	395	374	700	260	—
起振力(kgf)	—	4,100	2,900	3,500	2,000	—
振動数(vpm)	600	3,780	2,000	2,000	2,600	—
プレート寸法(mm)	330×270	600×900	580×660	500×1660	500×580	バケット

4. 2. 2 試験に用いた地盤材料

予備試験では山砂と砂質土の2種類、作業性試験では山砂を用いた。各々の土質試験結果を表-4. 3に示す。両方とも自然含水比の状態で行ったが、山砂は、12~13%と最適含水比より1~2%乾燥側であったのに対し、砂質土は、30~31%と2~3%湿润側であった。

表-4. 3 土質試験結果

	山 砂	砂質土
粒 径 加 積 曲 線		
乾 燥 密 度 - 含 水 比 曲 線		
ρ_{dmax} w_{opt}	1.779 (g/cm³) 13.8 (%)	1.478 (g/cm³) 27.6 (%)
土粒子の 密度	2.682 (g/cm³)	2.691 (g/cm³)

4. 2. 3 埋戻しの管理基準

埋戻し土の締固め管理基準は、表－4. 4 に示すように道路管理者によって異なるが、概ね現場CBR値で3～9%以上、土研式貫入試験値でNd＝13～16以上である。

表－4. 4 道路の埋戻し・締固めに関する管理基準

道路管理者	管 理 基 準 値
建設省	ρ_{dmax} の90%以上
道路公団	ρ_{dmax} の90%以上
東京都	土研式貫入試験 Nd＝16以上 現場CBR＝3%以上 平板載荷試験 K30＝4.5以上
大阪市	土研式貫入試験 Nd＝13以上 ρ_{dmax} の90%以上 現場CBR＝9%以上
名古屋市	即時室内CBR＝3%以上かつ10日後室内CBR＝10%以上

本試験では、上記の管理基準を考慮して

山砂・・・・・・Nd＝16以上

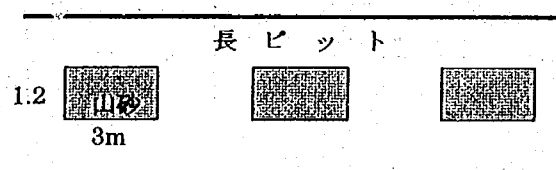
砂質土・・・・・・Nd＝10以上

を締固めの目標に設定した。

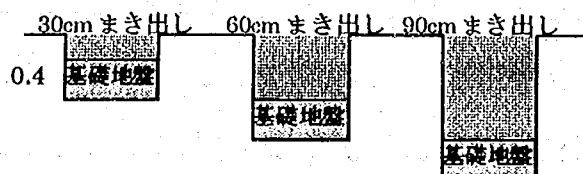
4. 2. 4 試験地盤

図－4. 1 に試験地盤を示す。試験地盤は、締固め材料を敷均した後、土研式簡易貫入(Nc)試験を行い、Nc＝0の状態であることを確認した。試験地盤の下部の境界条件である基礎地盤は、試験地盤への影響を少なくするため、試験に用いる締固め材料を用いて40cmの厚さに山砂、砂質土の土研式貫入試験の値(Nd値)が各々16、10以上になるまで締固めた。

(平面図)



(断面図)



図－4. 1 試験地盤

4. 2. 5 試験条件

試験条件を表-4. 5に示す。締固め機械によっては、土質・まき出し厚の条件により走行不可能となるケースも見られた。

表-4. 5 予備試験 試験条件表

締固め機械	土 質(含水比)	転圧時間* ¹	まき厚	備 考
従来型コンパクター	山 砂(12~13%)	4分(1回転圧) 8分(2回転圧)	30cm 60cm	・90cmは走行不能。
	砂質土(30~32%)	16分(4回転圧)		
ヘビークラウコンパクター	山 砂(12~13%)	1分30秒(2回転圧) 6分(8回転圧) 12分(16回転圧)	30cm 60cm	・90cm及び砂質土は走行不能。
	砂質土(30~32%)			
アタッチメント式油圧コンパクター* ²	山 砂(12~13%)	5分20秒(30秒/ヶ所) 17分20秒(2分/ヶ所)	30cm 60cm	・8ヶ所転圧/ケース ・山砂60cmは未実施
	砂質土(30~32%)	33分20秒(4分/ヶ所)	90cm	
振動トレンチローラー	山 砂(12~13%)	1分20秒(2回転圧) 5分20秒(8回転圧)	30cm 60cm	・90cm及び山砂60cmは走行不能
	砂質土(30~32%)	10分40秒(16回転圧)		
狭隙部締固め機械* ³	山 砂(12~13%)	11分40秒(1分/ヶ所) 31分40秒(3分/ヶ所) 40分(3分/ヶ所:垂直板装着時)	90cm 140cm (山砂のみ)	・1ケース当り10ヶ所転圧・垂直板が長さ1mあるため、30・60cmは未実施。
	砂質土(30~32%)	11分40秒(1分/ヶ所) 21分40秒(2分/ヶ所) 41分40秒(4分/ヶ所)		
振動バケット	山 砂(12~13%)	1分	30cm	・1ケースだけ実施。

*1: 転圧時間とは、幅1.2m×長さ3mの地盤を転圧するのに要した時間。

*2: 転圧時間には、移動時間も含む。

*3: 転圧時間には、移動時間及び垂直板の挿入時間も含む。

4. 2. 6 計測項目

計測項目を表-4. 6に、計測箇所の位置を図-4. 2に示す。測定方法及び計測の時間は表に示す通りとした。

表-4. 6 計測項目

項 目	測定方法	測定の時期
密度	コアカッター（表面・地中）	締固め終了後
N c 値	土研式簡易貫入試験機	締固め終了後
N d 値	土研式貫入試験機	締固め終了後
沈下量	水準測量（水糸による）	締固め前・後

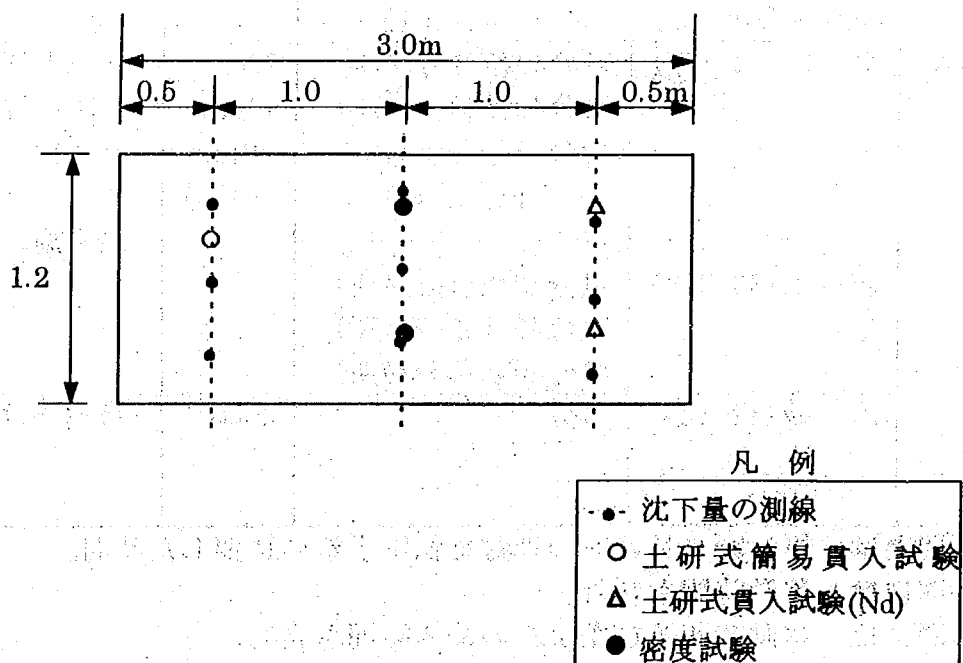
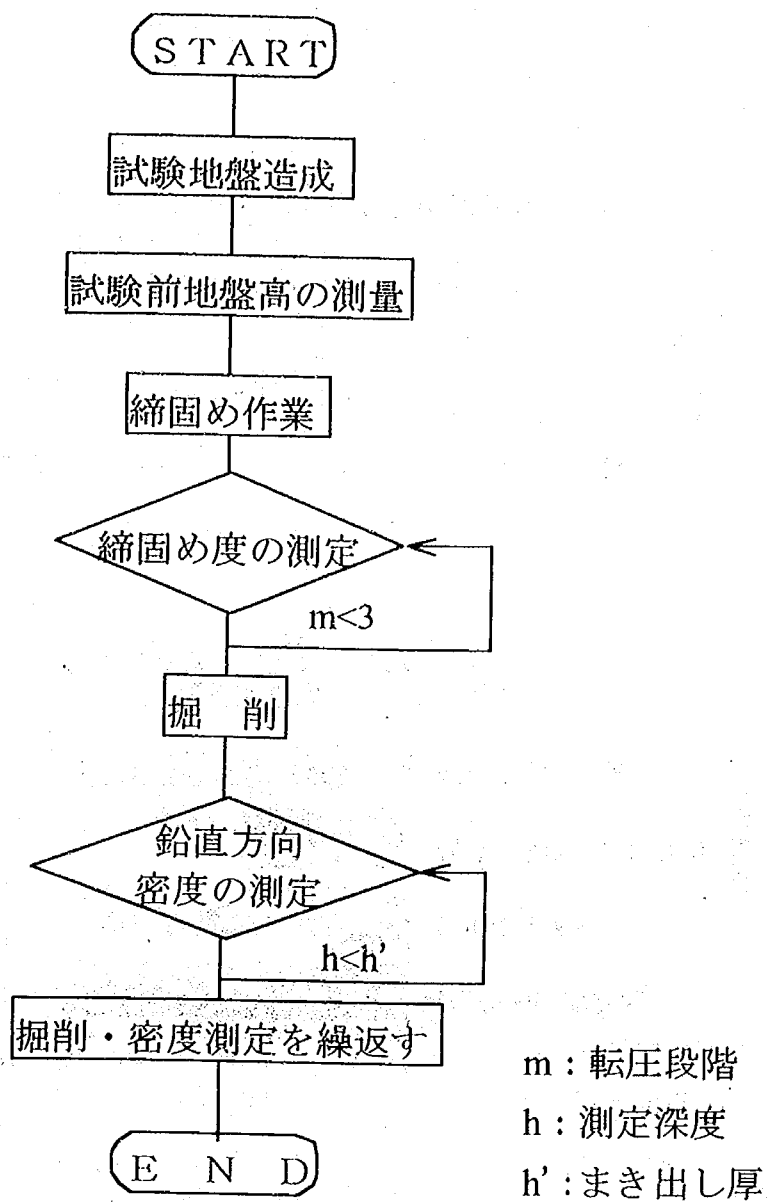


図-4. 2 計測位置

4. 2. 7 試験手順

試験の作業手順は図－4. 3に示す通りとした。



図－4. 3 試験のフロー

4. 2. 8 試験結果

予備試験の結果を以下に示す。詳細な試験データは参考資料1に示す。

(1) 各締固め機械のまき出し厚と転圧時間

山砂の試験結果と試験中に撮影していたビデオの映像から、各締固め機械が、試験地盤(B1.2m×L3m)を基準値($N_d=16$)以上締固めるのに必要なまき出し厚と転圧時間を表3.1.3-1及び図3.1.3-1に示す。5機種の中でアタッチメント式油圧コンパクターだけが、その他の機種の約半分の時間で締固め作業が行えることとなる。

表-4. 7 各締固め機械が基準値($N_d=16$)以上締固める条件

締固め機械	従来型コンパ	ハビ-ウェイト コンパクター	アタッチメント式 油圧コンパクタ	振動トレンローラー	狭隘部締固め機械
まき出し厚	60cm	30cm	90cm	30cm	90cm
転圧時間	12分 (3回)	12分 (16回)* ¹	5分20秒 (30秒/ヶ所)	10分40秒 (16回)* ²	11分40秒 (60秒/ヶ所)

*1、*2：基準値以上の値が得られなかったため、実験で行った最大転圧回数を採用した。

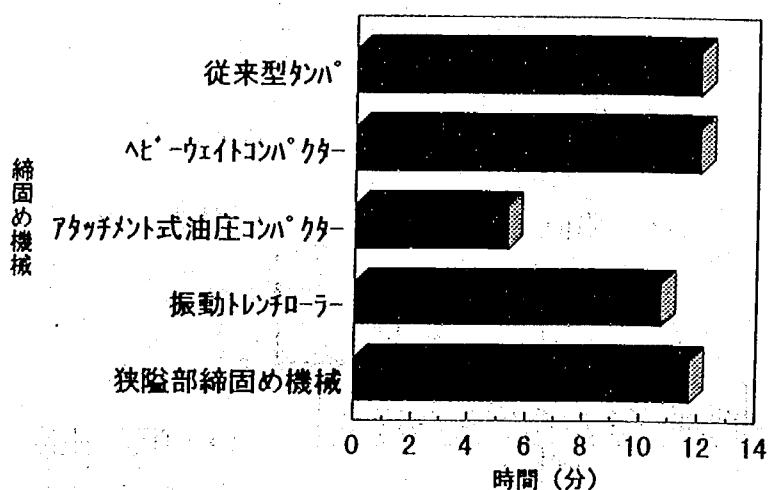


図-4. 16 各締固め機械の作業時間

(2) 土質の違いによる締固め傾向

土質別の貫入抵抗と締固め度の変化を以下の図に示す。2種類の土質で同じ条件で試験を行った結果、貫入抵抗では、左図に示すように、山砂が砂質土に比べ大きい値を示した。逆に締固め度では、右図に示すように、砂質土の方が最適含水比からかなり湿潤側であったにもかかわらず、山砂より大きくなる傾向にあった。

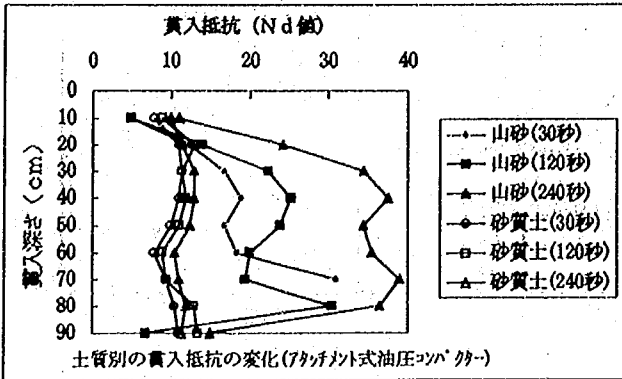


図-4. 17. 1

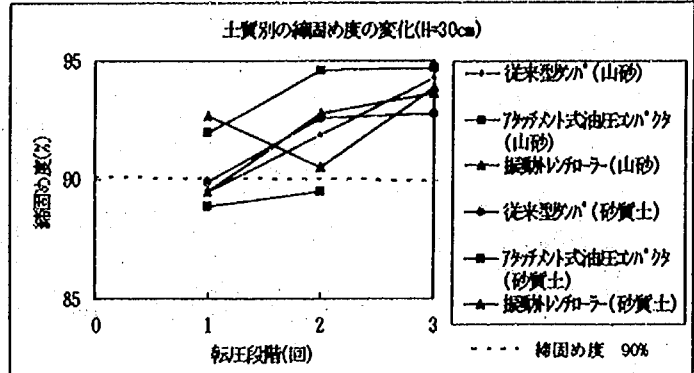


図-4. 17. 2

(3) 深さ方向の貫入抵抗値と締固め度

山砂における貫入抵抗値と(左側)と深さ方向の締固め度の変化(右図)を以下に示す。貫入抵抗は、全体的に上層部から中層部にかけて増加し、中層部から下層部にかけては増加するケースや減少するケース、またはあまり変化しないケースが見られる。一方、締固め度では、全体的に表面が最も大きく、中・下層部に向かうに従い減少する傾向にある。

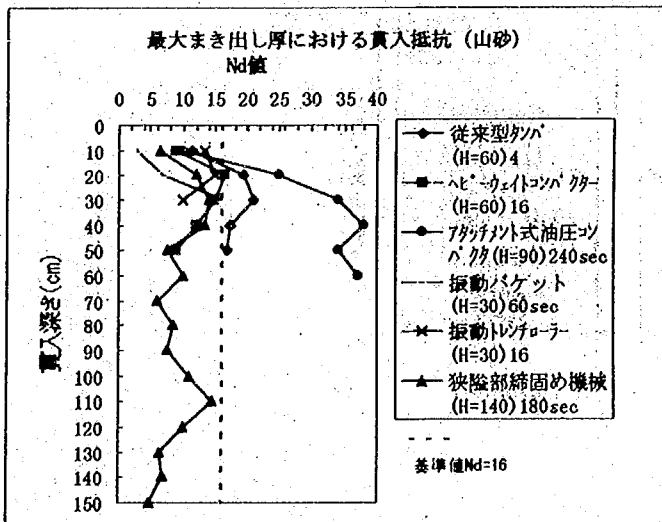


図-4. 18. 1

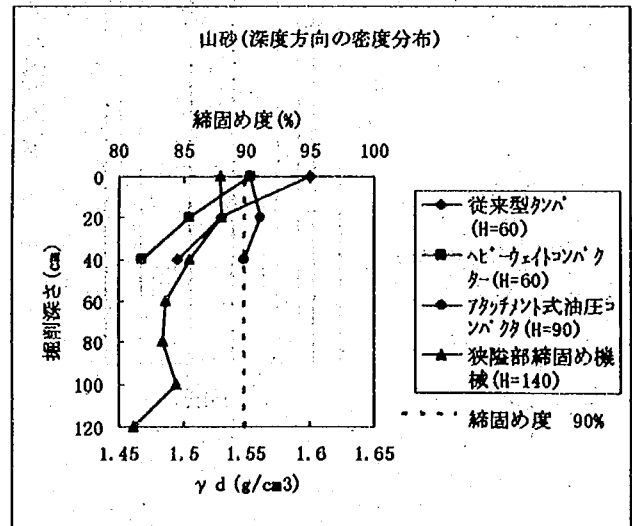


図-4. 18. 2

4. 3 作業性試験

4. 3. 1 締固め条件の設定

予備試験の結果から、各締固め機械の施工条件を表-4. 8の通り設定した。

表-4. 8 試験ケース

ケース名	1	2	3
使用する締固め機械 (型 式)	従来型コンパ [°] (VT70BL)	アタッチメント式コンパ [°] クター (HS6000)	ヘビ [°] -ウェイトコンパ [°] クター (DVH39)
まき出し厚	30 c m	支保工設置箇所まで1層	30 c m
転圧時間・回数	2回	1分	16回
締固め層数	5層	3層	5層
ケース名	4	5	
使用する締固め機械 (型 式)	振動トリツローラー (RW700EF)	狭隘部締固め機械	
まき出し厚	30 c m	支保工設置箇所まで1層	
転圧時間・回数	8回	1分	
締固め層数	5層	3層	

*表層部は、砕石を用いて埋戻し、締固めを行った。

4. 3. 2 試験地盤

試験地盤は、実現場を想定し図-4. 18に示すように支保工・矢板等の土留めと埋設管(塩ビ管)を設置した。

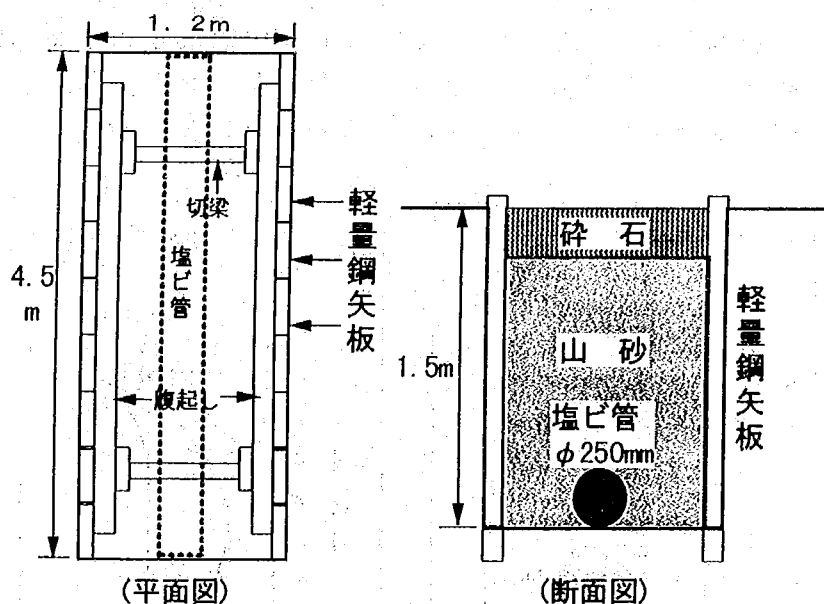


図-4. 18 試験地盤

4. 3. 3 試験結果

4. 3. 3. 1 作業時間

各ケースの締固め作業に費やした作業時間を図-4. 19に示す。また、表-4. 9に予備試験と作業性試験の作業時間の順位を示す。予備試験の結果では、従来型タンパは作業時間が長く、アタッチメント式油圧コンパクターは、他の4機種に比べ短かった。しかし、作業性試験では、従来型タンパの作業時間が他の4機種に比べ、短い時間で作業が行えた。この要因としては、以下の項目が考えられる。

(1) 従来型タンパ

作業員が日常使用しているため、他の機種より習熟度が高く、作業がスムーズに行えた。

(2) ヘビークイットコンパクター

重量があるため、狭隘な掘削溝内では操作しづらかった。

(3) アタッチメント式油圧コンパクター

厚層まき出しで行えたが、面的でなく点的な締固めのため、碎石による仕上げ転圧に作業時間を費やした。

(4) 振動トロチロー

締固め能力も小さく、平行安定性がないため転倒する恐れがあり、作業を慎重に行った。

(5) 狭隘部締固め機械

垂直板が取り付けられているため、挿入・引抜きに時間を要し、作業性も悪かった。

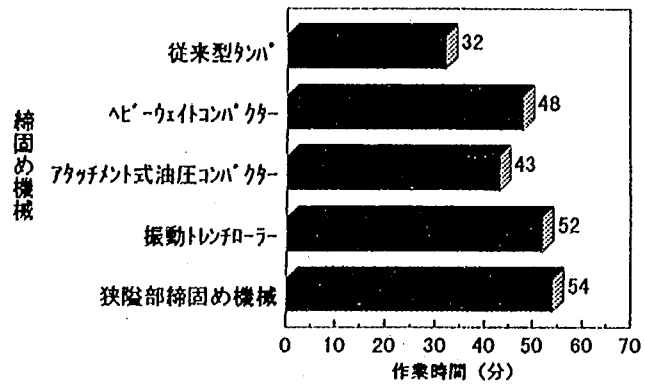


図-4. 19

表-4. 9 予備試験と作業性試験の作業時間順位

締固め機械名	従来型タンパ	ヘビークイットコンパクター	アタッチメント式油圧コンパクター	振動トロチロー	狭隘部締固め機械
予備試験	4	4	1	2	3
作業性試験	1	3	2	4	5

4. 3. 3. 2 地表面の締固め度

各ケースの地表面の締固め度を図-4. 20に示す。各ケースともほぼ90%以上の値が得られた。

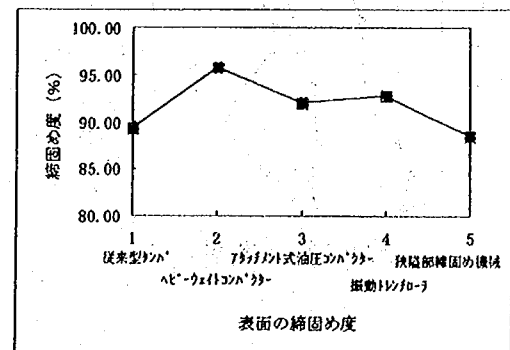


図-4. 20

4. 3. 3. 3 貫入抵抗 (Nd 値)

図-4. 20. 1~4. 20. 5に各ケースの砂地盤締固め後、碎石締固め後および矢板引抜き部の貫入抵抗を示す。碎石締固め後では、各ケースとも基準値以上の値を得ており、層の境界部で貫入抵抗が大きくなっている。また、全体的に矢板引抜き部の貫入抵抗が小さく、従来型タンパのケースでは中層部から、ヘビークェイクンパクターのケースでは、下層部で空洞となっているのが確認できた。

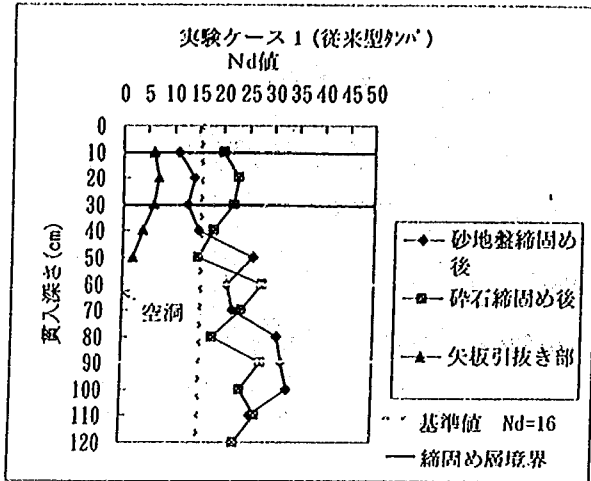


図-4. 20. 1

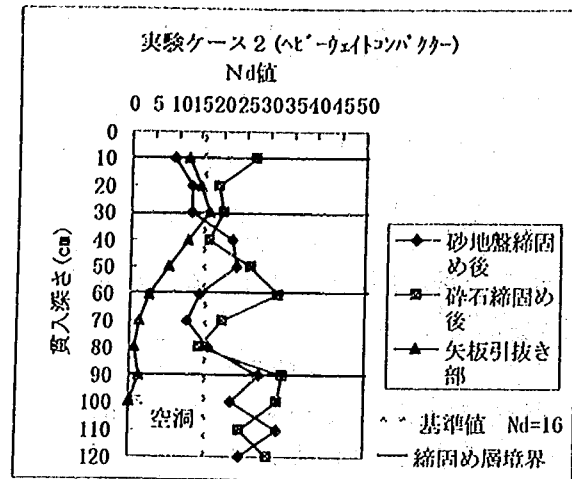


図-4. 20. 2

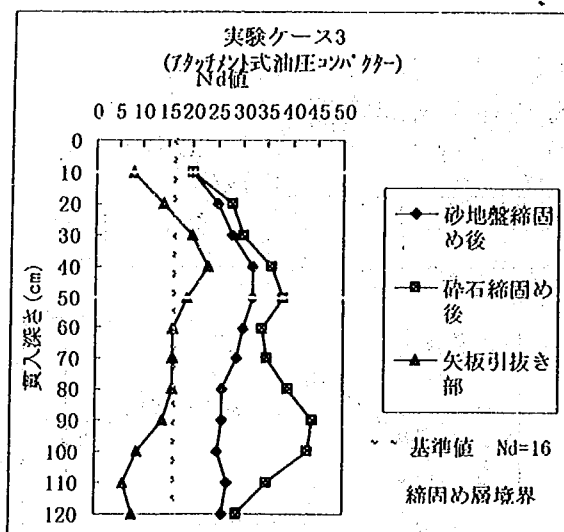


図-4. 20. 3

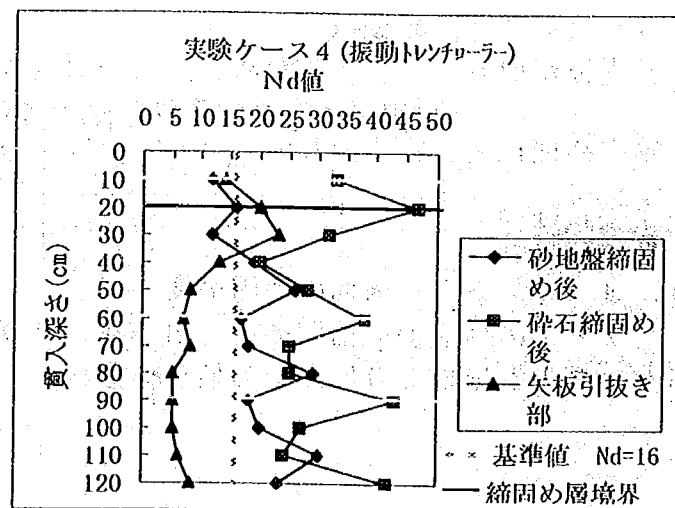


図-4. 20. 4

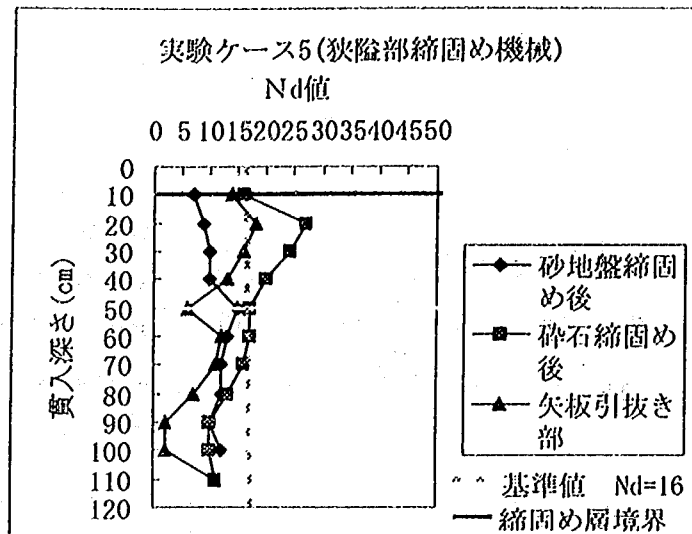


図-4. 20. 5

4. 3. 3. 4 埋設管の周方向応力の変化

周方向応力は、下式により算出した。

$$\sigma_x = E \frac{\varepsilon_x + \nu \varepsilon_y}{1 - \nu}$$

ここで

σ_x : 周方向応力(Kgf/cm²)

E : 弾性係数 30,000(Kgf/cm²)

ε_x : 周方向ひずみ($\times 10^6$)

ε_y : 軸方向ひずみ($\times 10^6$)

ν : ポアソン比(=0.38)

図-4. 21. 1～4. 21. 5に各ケースの転圧段階ごとの周方向応力を示す。各ケースとも初期転圧後に大きな応力が発生しており、管頂部(13)より管底部(17)の圧縮応力が大きく発生している。図-4. 21. 6に示す各ケースの碎石転圧後の応力は、従来型タハ°→7タッチメント式油圧コハ°クター→狹隘部締固め機械→振動トロツローラー→ヘビ°-ウェイトコハ°クターの順で大きくなっている。また、従来型タハ°の最大応力は、150kgf/cm²程度であり、許容曲げ応力の180kgf/cm²には達していないことが確認できた。

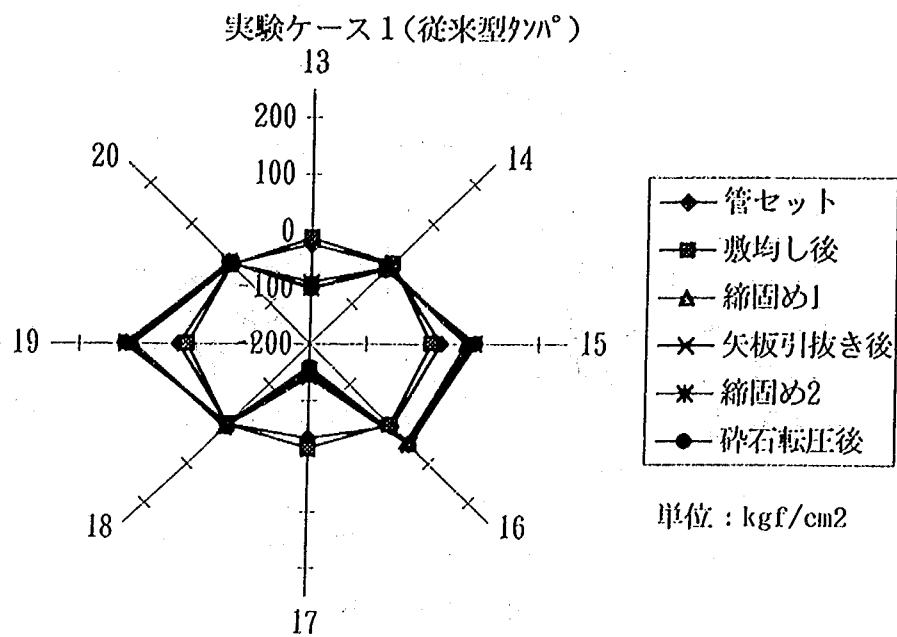


図-4. 21. 1

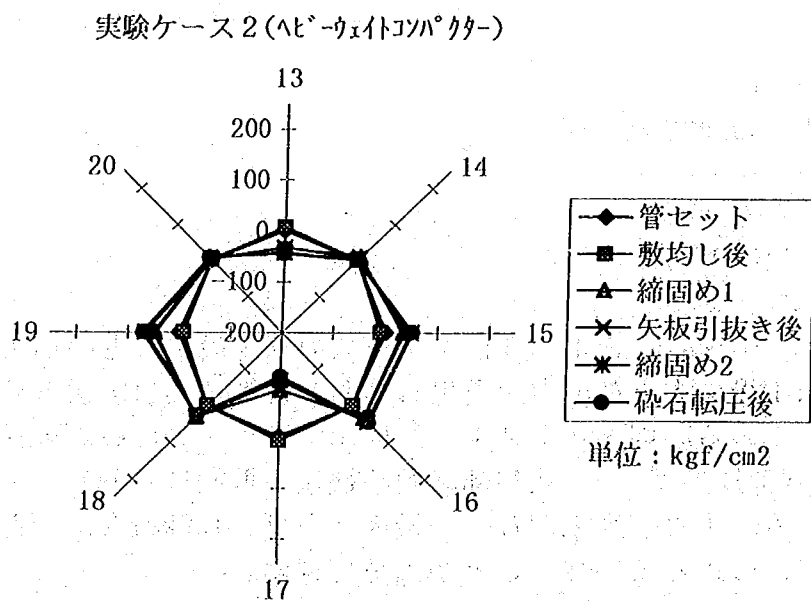


図-4. 21. 2

実験ケース 3 (アタッチメント式油圧コンパクター)

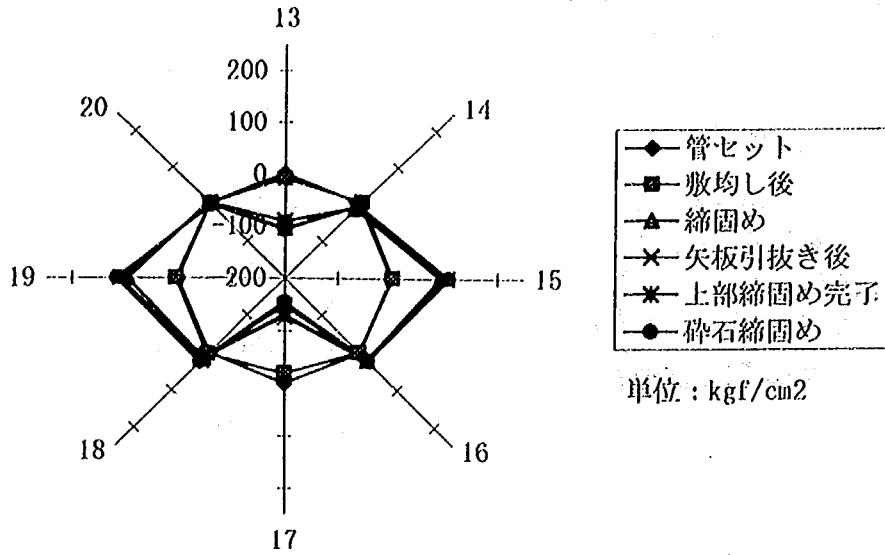


図-4. 21. 3

実験ケース 4 (振動トロフローラー)

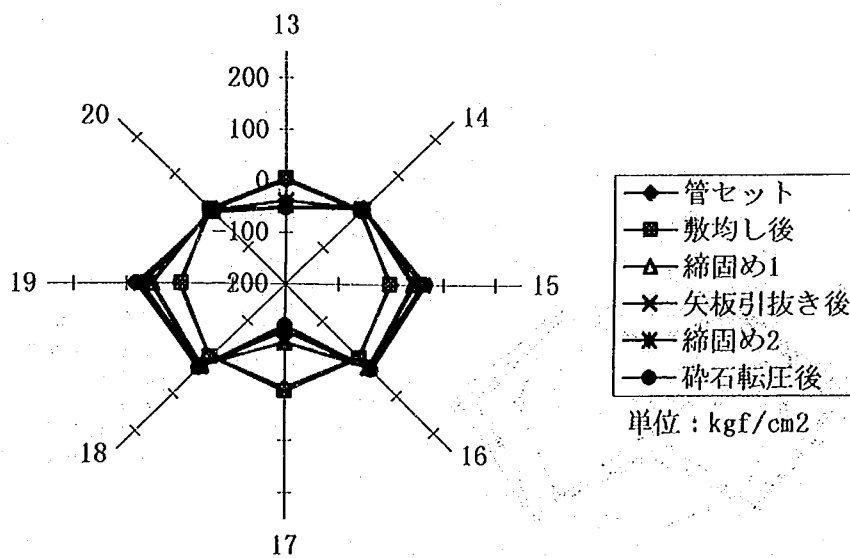


図-4. 21. 4

実験ケース 5 (狭隙部締固め機械)

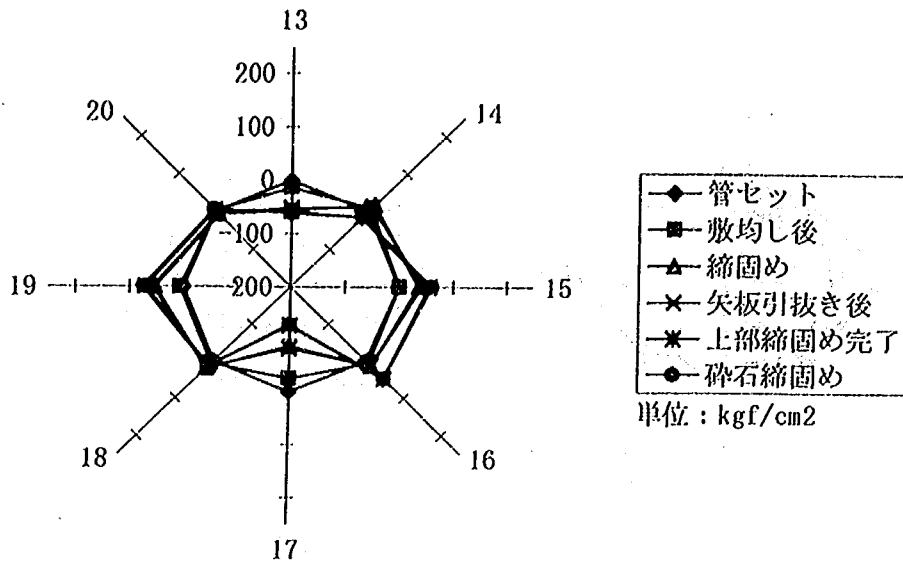


図-4. 21. 5

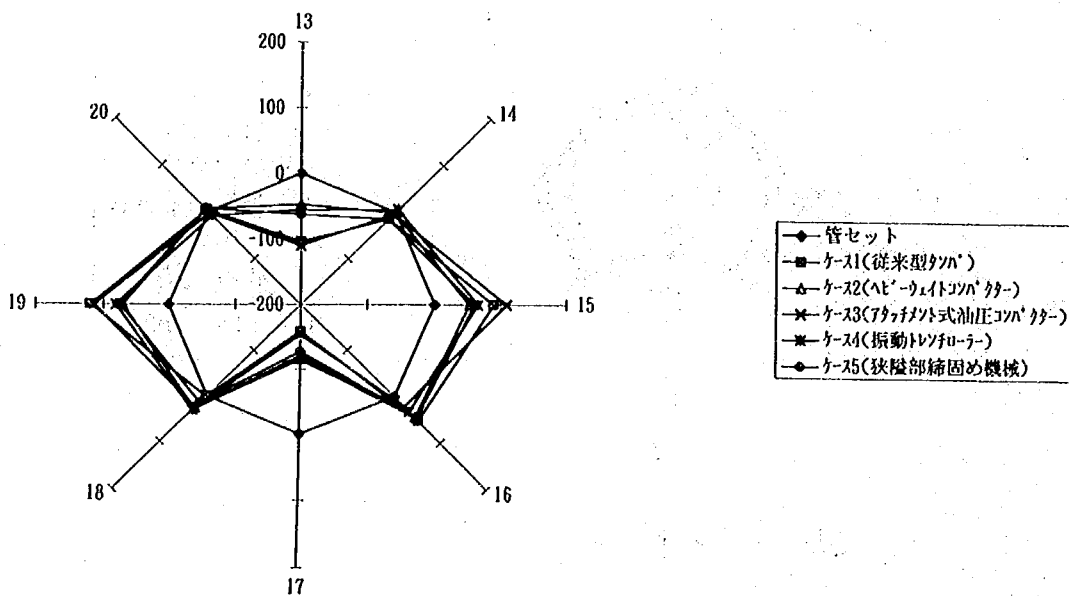


図-4. 21. 6 砕石転圧後

4. 3. 3. 5 地表面の振動レベル

作業性試験では、振動計を用いて試験中に随時振動の計測を行った。震源(締固め機械)から3m離れた地表面での計測結果を表-4. 9に示す。アタッチメント式油圧コンパクターが105dBと大きく、市街地などで使用するには問題があると考えられる。

表-4. 10 各ケースの地表面振動レベル

ケース名	1	2	3	4	5
使用機械名	従来型コンパ	ヘビーウェイト コンパクタ	アタッチメント式 油圧コンパクタ	振動トレンチ ローラ	狭隙部締固め機械
振動レベル(dB)	90	95	105	90	90

4. 3. 4 総合評価

以上の予備試験および作業性試験の結果についての総合評価を表-4. 10に示す。評価方法は、A:10点、B:5点、C:0点式で行った。

表-4. 11 総合評価

機械名 項目	従来型コンパ	ヘビーウェイトコン パクター	アタッチメント式 油圧コンパクタ	振動トレンチロー ラ	狭隙部締固 め機械
厚層まき出し	B	C	A	C	B
溝内に入らない	C	C	A	B	A
操作しやすい	B	B	B	A	B
作業時間が短い	A	C	B	C	C
狭隙部の転圧	A	C	B	C	C
仕上げ転圧	B	A	C	B	C
苦労性	C	B	A	A	A
接触の可能性	C	B	B	A	B
振動・騒音	B	B	C	B	B
合 計	40	30	50	45	40

4. 3. 5 まとめ

各締固め機械の特徴を以下に示す。

(1) 従来型クハ

- ・小型ながら締固め能力が大きく、表層部であればよく締固められる。
- ・小回りが利きハンドリングが良い。
- ・作業員の体に振動が伝わったり、誤って足を打撃してしまうこともあるため苦渋性を伴う。
- ・排気ガスを多量に噴出するため、掘削溝内において呼吸が苦しくなる場合もある。
- ・まき出し厚を大きくすると、クハ自体が地盤内にもぐってしまい、走行不能になる。
- ・重心が高いため、転倒する危険性がある。

(2) ヘビークラフトコンパクター

- ・転圧プレートが大きく重量があるため、表面の仕上げ転圧に適している。
- ・前後進切換レバーが付いているが、重量が390kgもあり、転圧面が多少傾斜しているような場合、人力では方向修正が不能になる。
- ・砂質土のように粘性分がある程度含まれる地盤では、粘性土分が摩擦抵抗になり、転圧プレートと地盤の間に摩擦が働き走行不能になる。

(3) アタッチメント式油圧コンパクター

- ・5機種の中で最も締固め能力が大きく、90cmのまき出し厚でも30秒程度の締固めで深部まで締固めが可能である。
- ・掘削溝内に作業員が入らずに締固め作業が行える。
- ・点的な締固めのため、表面の仕上げ転圧には不向きである。
- ・振動およびアーム・ブームから発生する騒音が大きく、オペレーターにも振動が伝わり苦渋性が伴う。

(4) 振動トレンチローラー

- ・掘削溝内に作業員が入らずに赤外線による遠隔操作で締固め作業が行える。
- ・重量および起振力は大いだが、厚層締固めは行えない。
- ・水平安定性がないため、地盤が傾斜している場合及び地盤の圧縮性が大い場合などは、転倒する恐れがある。

(5) 狭隘部締固め機械

- ・掘削溝内に作業員が入らずに締固め作業が行える。
- ・垂直板が取り付けがあると挿入・引抜きにも時間を要し、作業性も悪い。
- ・垂直板を振動させながら引抜いても、跡が緩みとして残り表面を更に別の転圧機などを用いて締固める必要がある。

(6) 転圧モード搭載型バックホウ

- ・路床の転圧作業を行うには、能力的に適さない機種である。

4. 4 試験施工

4. 4. 1 試験概要

本試験施工は、一定の施工条件下において、可動式支保工装置（5 S 工法）と従来の当て矢板工法及び枠組み支保工による土留め施工を行い、安全性・施工性の改善効果の確認を行った。また、埋戻し・締固め作業においては、アタッチメント式油圧コンパクター及びカンパーを用い、厚層締固めによる締固め効果及び当該作業への適用性を調査した。

4. 4. 2 試験に使用した装置・機械

表－4. 1 2 に土留め工及び埋戻し工において使用した装置・機材の仕様及び特徴を示す。

表－4. 1 2 装置及び機材の仕様

装置及び機材名	仕 様 及 び 特 徴
可動式支保工装置	B(0.8～1.2m)×H(0.5～2.5m)×L3m 160kg
枠組み支保工	B(1～1.2m)×H1m×L(2.5m・3m) 400kg 支保工が2段組で一体化した土留め装置。
軽量鋼矢板	B0.25m×H0.04m×L2m 21kg/枚 現在実現場で一般的に使用されている矢板。
幅広鋼矢板	B0.6m×H0.055m×L2m 50kg/枚 幅が軽量鋼矢板の2倍以上あり施工効率の向上が期待できる。
F R P 軽量矢板	B0.33m×H0.045m×L2m 7.2kg/枚 重量が軽量鋼矢板の1/3で作業員の苦労性の低減が図れる。
アタッチメント式コンパクター	B0.445m×H0.47m×L0.51m 168kg(HS3000)

4. 4. 3. 試験内容

4. 4. 3. 1 施工条件

表-4. 13に全ケースの掘削長、使用矢板、使用締固め機械の一覧を示す。また図-4. 22には、試験地盤の基本的な掘削断面を示す。

2

表-4. 13 試験ケース一覧

Case	掘削長	土留め方法	使用矢板	締固め機械
1	8 m	従来工法：2段支保	軽量鋼矢板	タンパー
2	8 m	5 S工法：2段支保	〃	アタッチメント式コンパクター
3	5 m	枠組み支保工	幅広鋼矢板	〃
4	3 m	〃	FRP軽量矢板	〃
5	4 m	5 S工法：1段支保	幅広鋼矢板	〃
6	8 m	〃 〃	FRP軽量矢板	〃
7	4 m	〃 〃	軽量鋼矢板	〃

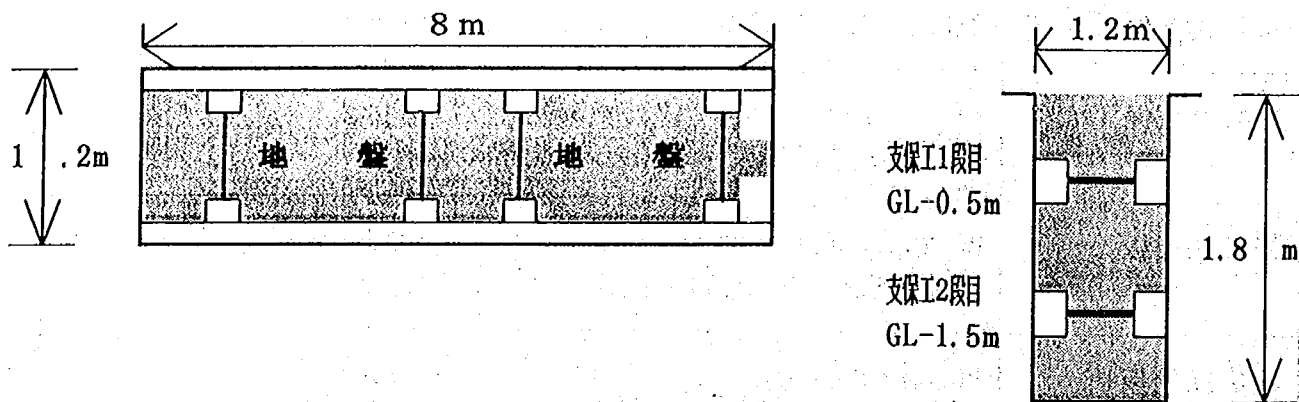


図-4. 22 試験地盤

4. 4. 3. 2 ビデオ撮影

掘削から土留め、埋戻しに至る一連の作業を終始ビデオで撮影した。ビデオカメラは、作業全体が撮影できる場所に設置した。

4. 4. 3. 3 画像データに基づく作業分析

撮影した画像データを基に、工程別作業時間、作業員の掘削溝内への進入時間、建設機械の作業半径内での作業時間等を抽出し安全性及び施工性に関する作業分析を行った。

4. 4. 3. 4 締固め効果の確認

締固めた地盤を土研式貫入試験機を用いて貫入試験を行い、深さ方向の締固め状況を調査した。試験場所は、掘削溝中央部及び矢板引抜き部で行った。

4. 4. 4 試験結果

4. 4. 4. 1 施工記録

表－4. 14に各ケースの3工程（掘削工、土留め工、埋戻し工）の作業時間を示す。

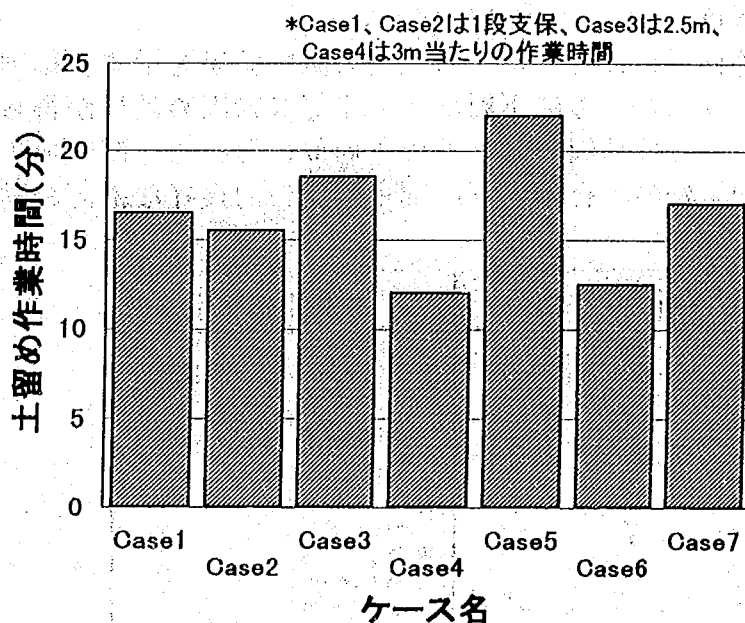
表－4. 14 工程別作業時間一覧

Case	土留め方法	締固め機械	掘削工	土留め工	埋戻し工
1	当て矢板工法	タンパー	43分	56分30秒	74分30秒
2	5 S 工法	7タッチメント式コンパクター	22分	15分30秒	72分
3	枠組み支保工	〃	31分30秒	18分30秒	—
4	〃	〃	30分	12分	—
5	5 S 工法	〃	30分	22分	37分
6	〃	〃	29分	13分30秒	—
7	〃	〃	17分	17分	—

4. 4. 4. 2 土留め工作業時間

図－4. 23に各ケースの掘削長4 m当たりの土留め工作業時間を示す。Case4、Case6の2ケースは12分程度で早く、Case3及びCase5は各々18.5分、22分と遅い。これらの要因は、以下の項目が考えられる。

- (1) Case4、case6は、FRP軽量矢板を使用しているため、矢板の設置・圧入時間が短かった。
- (2) Case3、case5は、幅広鋼矢板を使用したが、1枚毎バックホウで吊り上げて設置したため、矢板の設置・圧入作業に時間を要した。



図－4. 23 土留め工作業時間

4. 4. 4. 3 埋戻し作業時間

図-4. 24に3ケースの掘削長4 m当たりの埋戻し・締固め作業時間を示す。アタッチメント式コンパクターを用いたケース(Case2, Case5)は、タンパーを用いたケース(Case1)の75%程度の作業時間で行えた。。この要因としては、アタッチメント式コンパクターは厚層まき出しで締固めを行えるため、埋戻し材の敷均し作業や転圧作業の時間が少なかったためと考えられる。

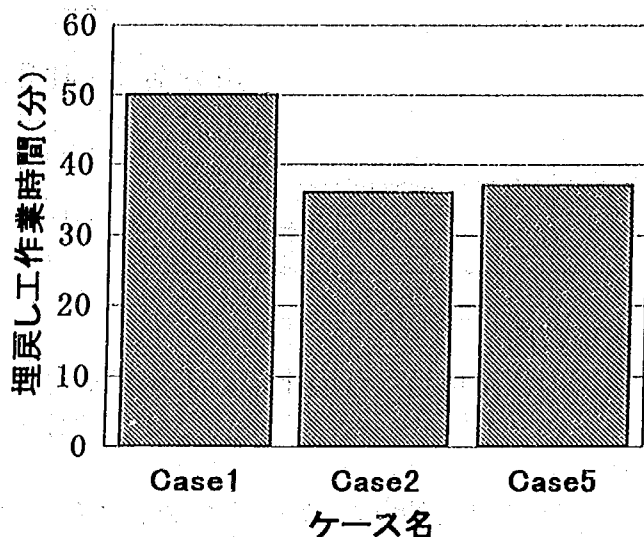


図-4. 24 埋戻し作業時間

4. 4. 4. 4 貫入抵抗

図-4. 25に締固め作業後に行った土研式貫入試験結果を示す。掘削溝中央部では、タンパー及びアタッチメント式コンパクターともに下層部まで良好な締固め効果が得られている。一方、矢板引抜き部ではタンパーで締め固めた地盤の下層部において空洞が発生しているのが確認できた。アタッチメント式コンパクターの場合は、下層部まで比較的良好な締固め効果が得られていると考えられる。

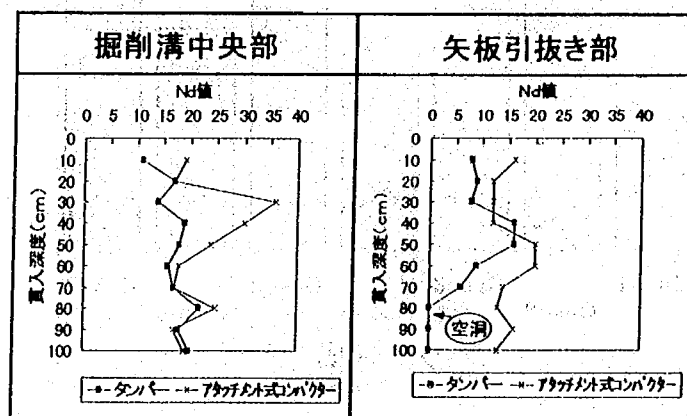


図-4. 25 土研式貫入試験結果

4. 4. 4. 5 ヒアリング 調査結果

試験施工後、現場代理人及び作業員に対し、今回の試験施工で採用した5 S 装置や器具等に対するヒアリングを行った。ヒアリング内容の要旨を表-4. 15に示す。

表-4. 15 ヒアリング結果の要旨

装置及び機材名	安全性	施工性
可動式支保工装置	・ハンドルを回転させるのに多少苦渋性を感じられ、座った態勢で作業を行うと手が弾かれる可能性がある。 ・掘削幅が予想外に変化すると切梁加圧時に支保工が脱落する可能性がある。	・狭隘な施工環境を考慮すると全長（3 m）が長い感じがする。 ・ラックの余裕が大きすぎるため、ギヤがずれる。 ・装置が設置された状態で矢板の圧入作業を行うのは難しい
枠組み支保工	・支保工が一体化しているため作業が簡易的である。 ・埋戻しにおいて、早い段階で撤去するので土砂崩壊の危険性がある。	・組立てが簡単。 ・施工上、掘削幅を広くする必要がある。 ・矢板を設置した背面が緩い状態で残り、路面沈下の原因になる場合がある。
幅広鋼矢板	・断面積が大きいいため、矢板圧入時にバック材による過大な上載圧が必要である。	・長さが2 m以上には、軽量鋼矢板でも人力で運搬できないため、幅広鋼矢板を採用した方が効率化が図れると考えられる。
F R P 軽量矢板	・圧入、引抜き時に端部が破損しやすい。 ・圧入時のたわみが大きい。 ・砂質系の地盤では圧入するのが難しい。	・非常に軽量なため、作業員が苦渋性を感じることなく、効率よく設置できる。 ・幅が50cm程度のタイプがあればより効率化が図れる。
アタッチメント式コンパクター	・作業員が、掘削溝内に全く入らずに且つ圧層で締固め作業が行えた。 ・バケットとの交換作業を運転席上で操作しながら行えるようにする。	・コンパクター本体が180度回転可能とし、排土・整地作業が可能な構造とする。 ・ピンロックを併用することで取付け時間の短縮が図れた。

4. 5 改善効果

以上の結果とこれまでの現場撮影データを参考に、表-4. 16に示すような工程を想定し、従来の施工法と土留め工では5S装置、埋戻し工ではアタッチメント式コンパクターを採用した施工法の試算を行った。掘削から土留め、管布設、埋戻し、締固めまでの全体の作業時間を算出した結果を図-4. 26に示す。A工程に対しB工程及びC工程は、15～20%の作業時間の縮減が期待できると同時に安全性の向上が図れることが確認できた。

表-4. 16

工 程	A工程	B工程	C工程
土留め方法	当て矢板工法	5S工法	
掘削寸法	B1. 2m×L4m×H1. 8m		
使用支保	アルミ製水圧式切梁・腹起しによる1段		
使用矢板	鋼矢板		FRP製軽量矢板
作業員数	現場監督1名、作業員4名		
掘削機械	バックホウ(0.25m3) 1台		
締固め機械	タンパー	アタッチメント式コンパクター	
締固め条件	30cm×7層	80cm×3層	100cm,80cm,50cm

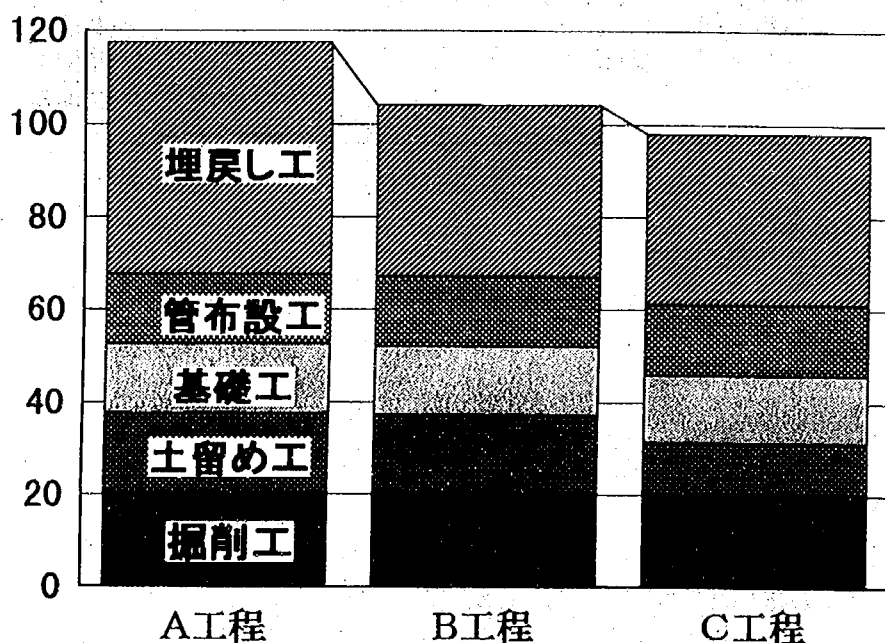


図-4. 26 全工程作業時間

5. 今後の課題

5 S 工法は試作段階であり、今後実用化を図るためには以下の課題が残されている。

- (1) 実現場での施工実績。
- (2) 土質、地下水位、幅員、掘削深さなど採用可能な現場条件の明確化。
- (3) より省力化・省人化を図るための装置の改良。

最近では、下水道に限らず上水道、都市ガス、電話ケーブル等の中小開削工事の数の増加に伴い、土砂崩壊による災害の防止等の安全対策や施工性の向上を目的とした改善が図られつつある。例えば、中小のゼネコンや鉄鋼メーカーなどにより、一体型支保工などの安全且つ取り扱いやすい装置あるいは器具の開発が行われている。今後は、下水道工事に関係する部局や財団等と協力し、市町村の発注者に工法の採用を働きかけていくとともに、これらの装置や器具を用いた工法をとりまとめ、より安全な施工が可能となるように指針的なものに整理していきたいと考えている。

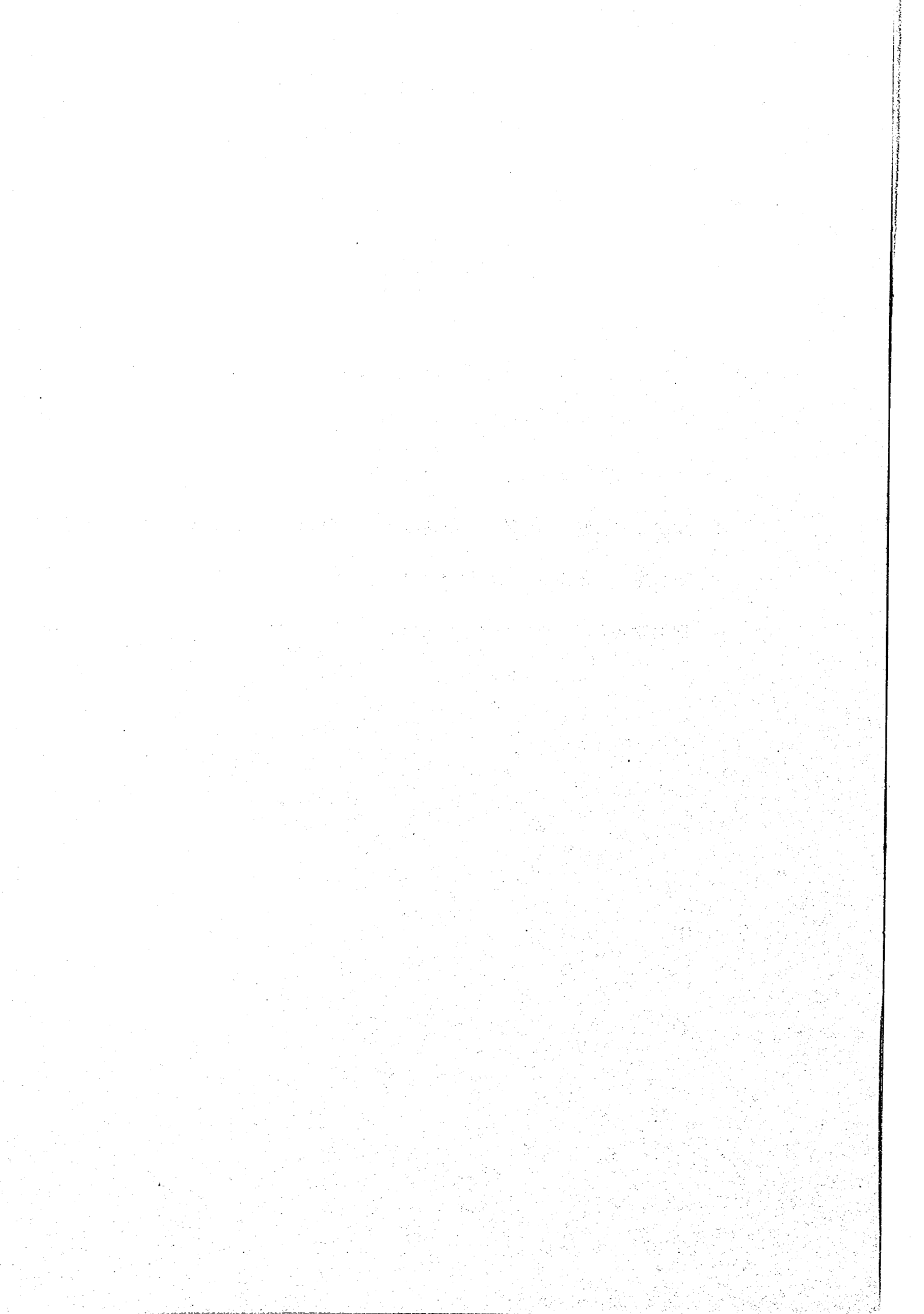
また、公共事業全体において工事費のコスト縮減が早急な課題となっている。下水道事業においても5 S 工法やその他の新しい工法を採用することにより、どの程度のコスト縮減が見込めるのかの検討も今後行っていく必要があると考えている。

参考文献

- 1) 日本下水道協会：下水道統計－要覧－ 平成7年度版
- 2) 建設業労働災害防止協会：安全衛生年鑑H4～H8年版.

＜参考資料＞

参考資料 1	埋戻し・締固め工に関する予備試験結果……………	53
〃 2	５Ｓ工法の施工上の留意事項……………	65
〃 3	無補強の掘削溝内に入らずに土留めを設置する工法例……………	69
〃 4	埋戻し・締固め工に関する予備試験・作業性試験 写真集……………	79
〃 5	試験施工 写真集……………	99
〃 6	関連発表論文……………	109



参考資料 1 埋戻し・締固め工に関する予備試験結果

1. 1 山砂のケース

(1) 転圧段階における貫入抵抗 (Nd 値) の変化 (山砂)

各締固め機械の転圧段階 (1～3 段階) における貫入抵抗の変化を各まき出し厚ごとに整理した。

(30cm まき出し)

①従来型タンバとアタッチメント式油圧コンパクターは、各々 4 回転圧、30 秒転圧で基準値を満足している。

②ヘビーウェイトコンパクターと振動トレンチローラーは、16 回転圧で基準値に近い値に達している。

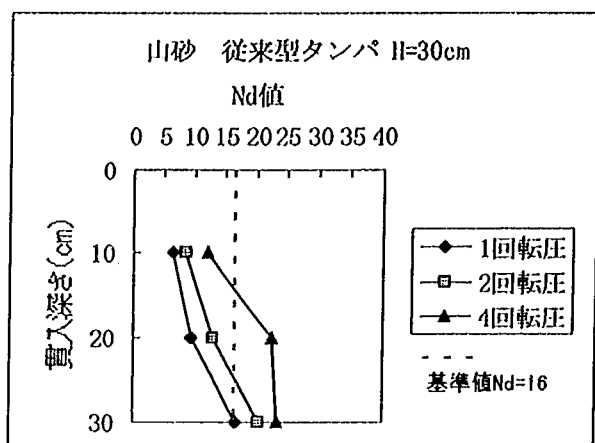


図-4.4.1

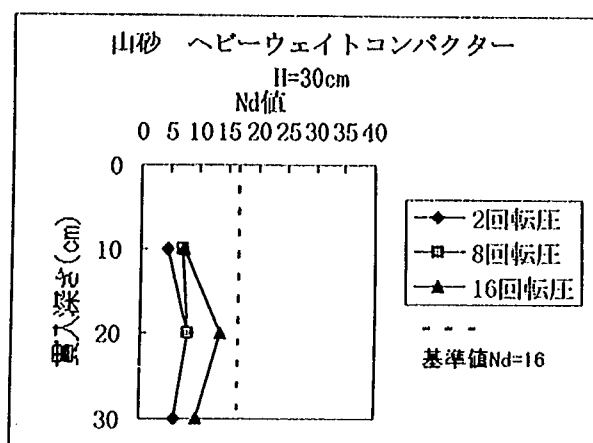


図-4.4.2

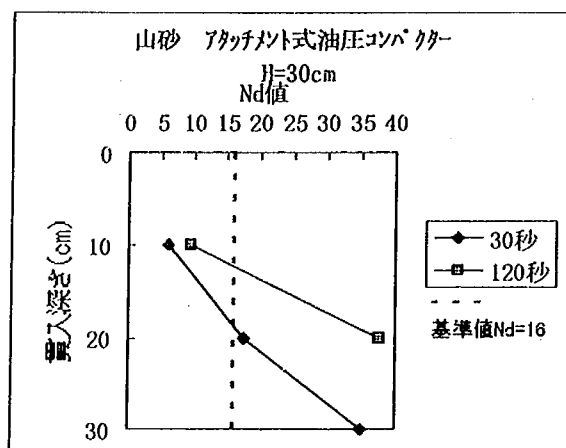


図-4.4.3

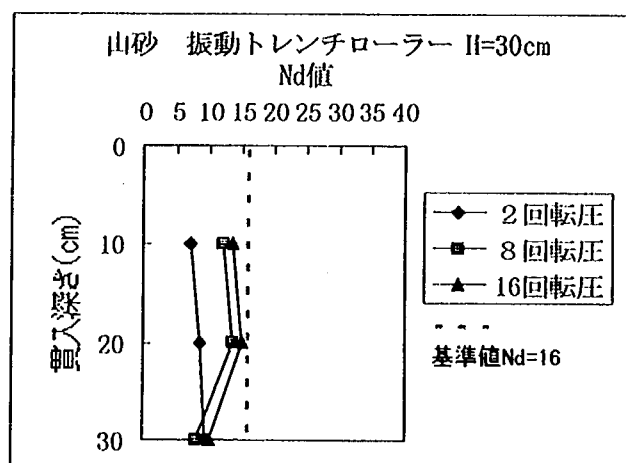


図-4.4.4

(60cmまき出し)

①従来型タンパは、4回転圧を行えば下層部まで基準値以上締固めることができる。

②ヘビーウェイトコンパクターは、16回転圧を行えば上層部で基準値程度に締固まるが、下層部では締固め効果があまり見られない。

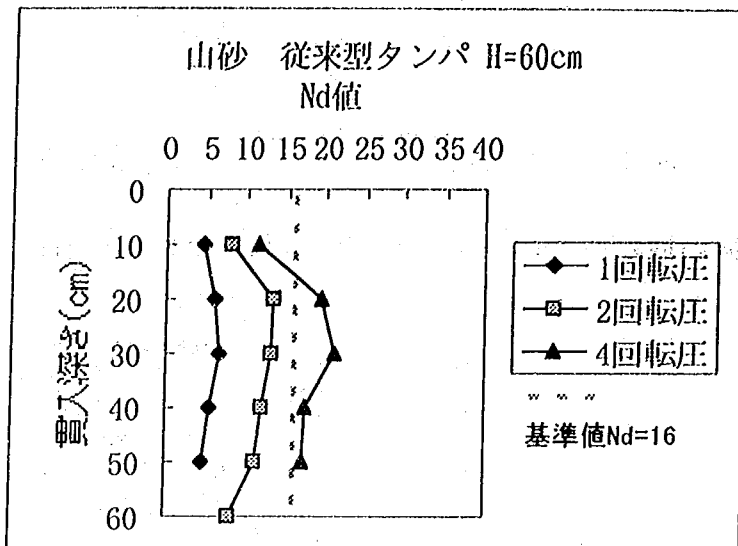


図-4.5.1

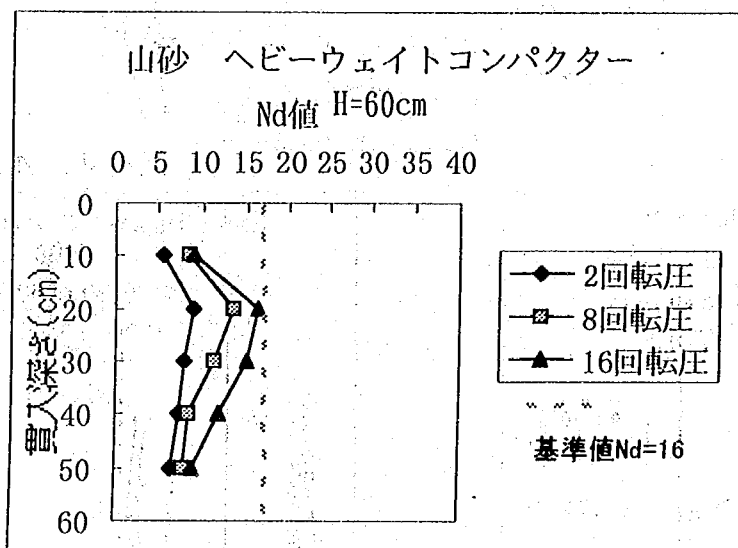


図-4.5.2

(90cmまき出し)

- ①アタッチメント式油圧コンパクターは、30秒転圧で下層部まで基準値以上の締固め効果が得られ、それ以上締固めるとさらに貫入抵抗が増加する。また、下層部ほど貫入抵抗が大きくなる傾向になる。
- ②狭隘部締固め機械は、垂直板付よりも垂直板無しの方が全体的な締固め効果が得られる。垂直板付の場合は、垂直板先端部で貫入抵抗の増加が確認できる。

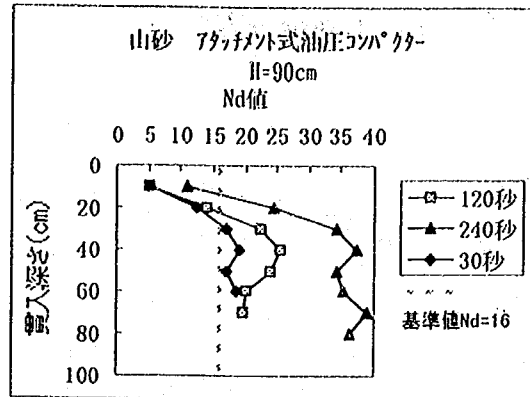


図-4.6.1

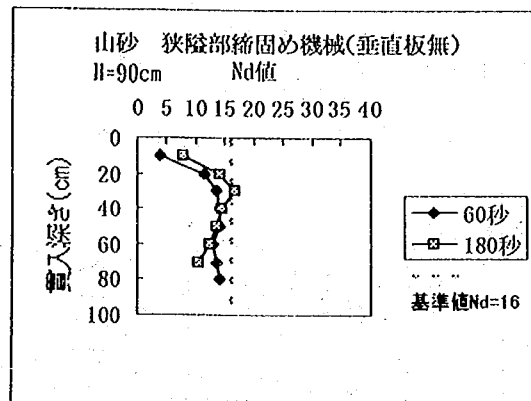


図-4.6.2

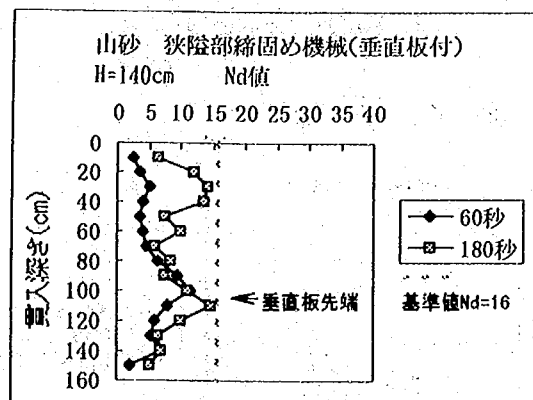


図-4.6.3

(2) 転圧段階における表面密度の変化

各締固め機械の転圧段階における表面密度変化を各まき出し厚毎に締固め度で整理した。

- ① 全体的にまき出し厚が小さい方が締固め度大きい。
- ② 基準値の90%まで達していないケースもあるが、全ケースとも85%以上の値は得られている。
- ③ 従来型ツパは、30cmまき出し及び60cmまき出しともに最終段階で95%程度の値が得られており、転圧段階における密度の上昇率も大きい。

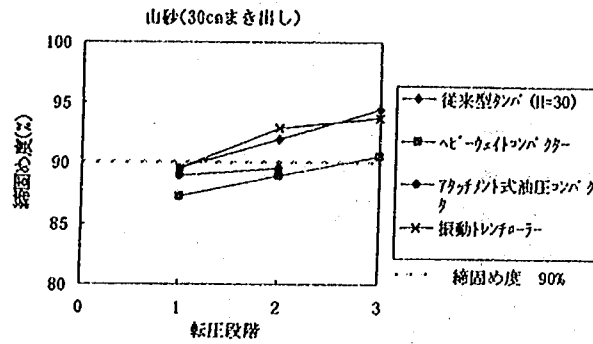


図-4.7.1

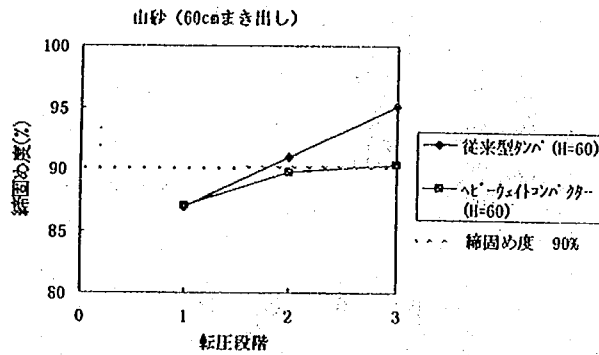


図-4.7.2

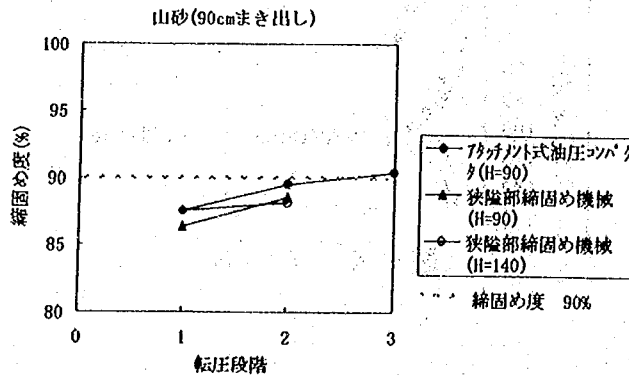


図-4.7.3

(3) 深さ方向の密度分布

まき出し厚60cm以上のケースについては、実験終了後、開削しながら20cmごとにコアカッター法により密度の計測を行った。以下に、各ケースの深さ方向の密度分布を示す。

表面は、全体的に90%前後の締固め度が得られているが、中・下層部では7タッチメント式油圧コンパクターが90%以上の値を得ている以外は低下している。

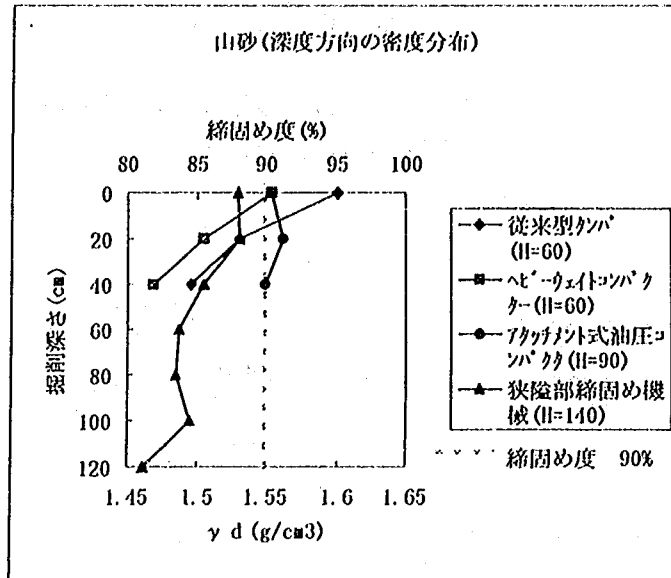


図-4.8

(4) 転圧段階における圧縮率の変化

各締固め機械の転圧段階における圧縮率の変化を各まき出し厚ごとに整理したグラフを以下に示す。ここで圧縮率とは、下式から算定した。

$$\text{圧縮率}(\%) = \text{沈下量}(\text{cm}) / \text{まき出し厚}(\text{cm})$$

- ①全体的にまき出し厚が小さい程、圧縮率が大きい。
- ②従来型タンパでは、30cmまき出しで最終的に50%程度の値が得られているが、60cmまき出しでは30%程度の値しか得られていない。
- ③アタッチメント式油圧コンパクターは、全体的に従来型タンパの圧縮率に比べて小さいが、30cmまき出しで47%、90cmまき出しで42%とその差が5%程度である。

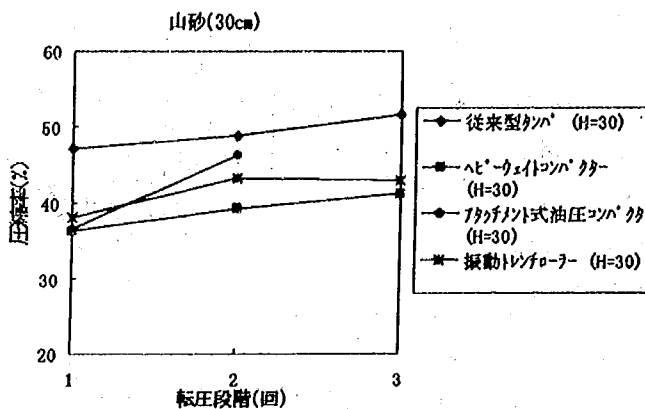
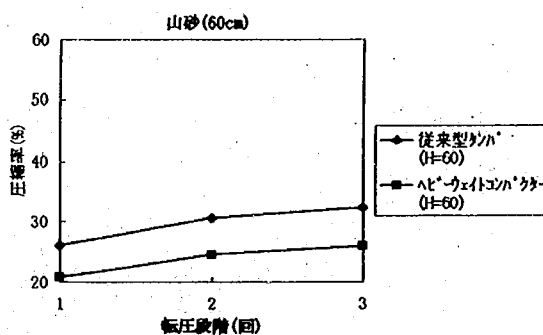


図-4.9.1
転圧段階(回)



山砂(90cm)
図-4.9.2

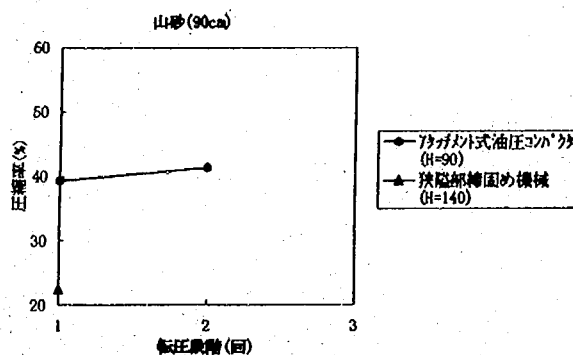


図-4.9.3

1. 2 砂質土のケース

(1) 転圧段階における貫入抵抗 (N_d) の変化

砂質土の貫入抵抗値は、山砂に比べて全体的に小さいため、 $N_d = 10$ を目安の基準値とした。

(30cmまき出し)

- ①従来型タンパとアタッチメント式油圧コンパクターは、深さ20cmで10cmの値より大きくなる傾向があるが、振動トレンチローラーは下層部ほど小さい値となっており、表面より下はあまり締固められていない。
- ②従来型タンパとアタッチメント式油圧コンパクターは、各々2回転圧、30秒転圧で $N_d=10$ 以上の値が得られている。
- ③アタッチメント式油圧コンパクターは、転圧段階による変化が見られない。

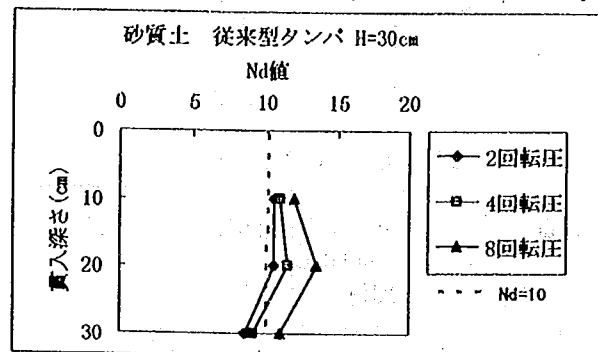


図-4.10.1

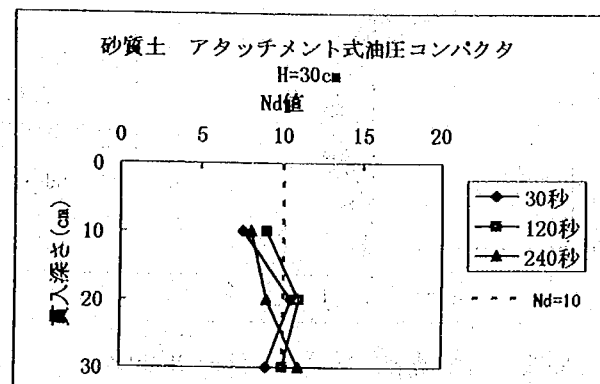


図-4.10.2

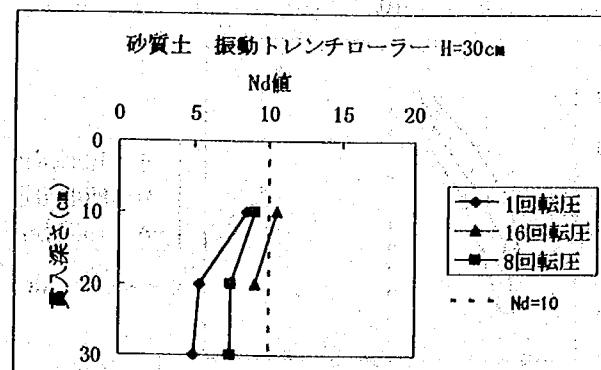


図-4.10.3

(60cmまき出し)

①従来型タンバと振動トレンチローラーは、下層部ほどNd値が小さくなる傾向にあるが、アタッチメント式油圧コンパクターは、下層部においてもNd=10以上の大きい値を示している。

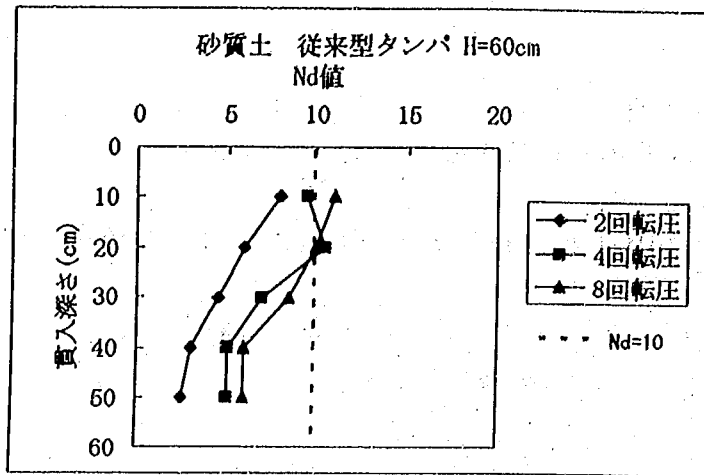


図-4. 11. 1

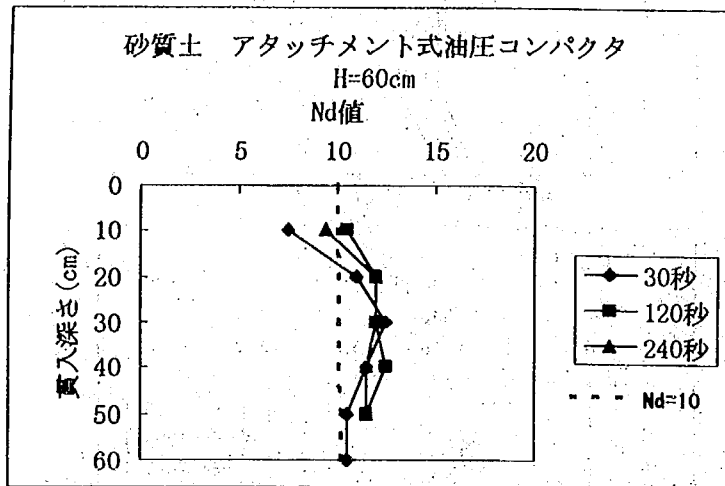


図-4. 11. 2

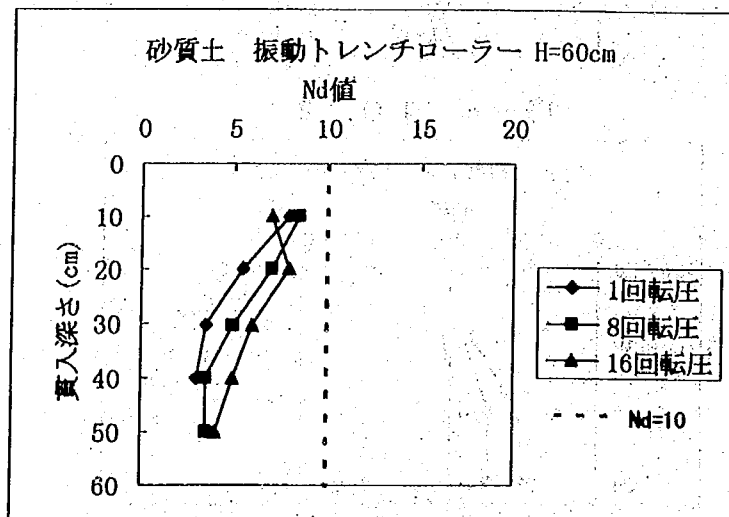


図-4. 11. 3

(90cmまき出し)

- ①アタッチメント式油圧コンパクターは、30秒転圧であっても下層部まで締固め効果が得られている。
- ②狭隘部締固め機械は、転圧段階による変化が見られず、全体的にアタッチメント式油圧コンパクターよりも小さい値となっている。

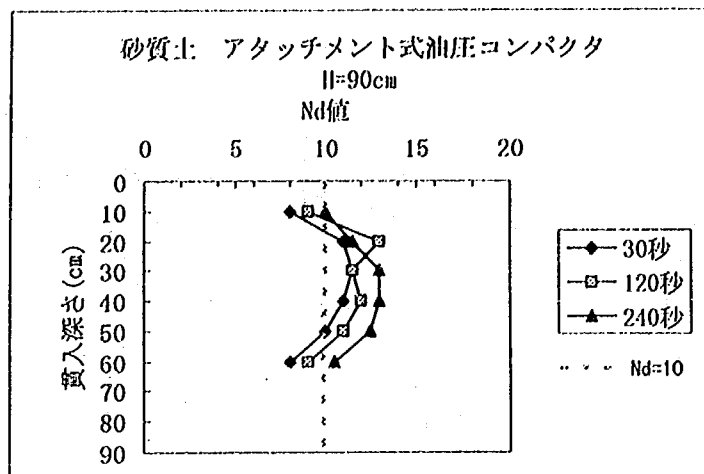


図-4.12.1

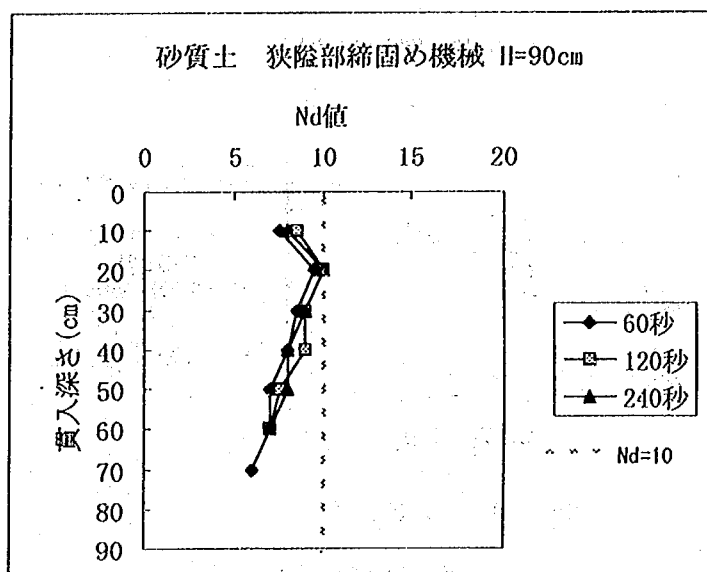


図-4.12.2

(2) 転圧段階における表面密度の変化

各締固め機械の転圧段階における表面密度変化を各まき出し厚毎に締固め度で整理した。

①最終転圧段階では、全ケースとも締固め度が90%以上になっている。

②機種による締固め度の違いは、あまり見られない。

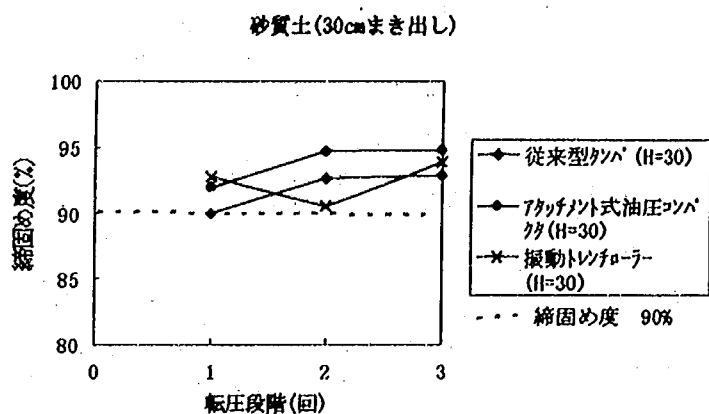


図-4. 13. 1

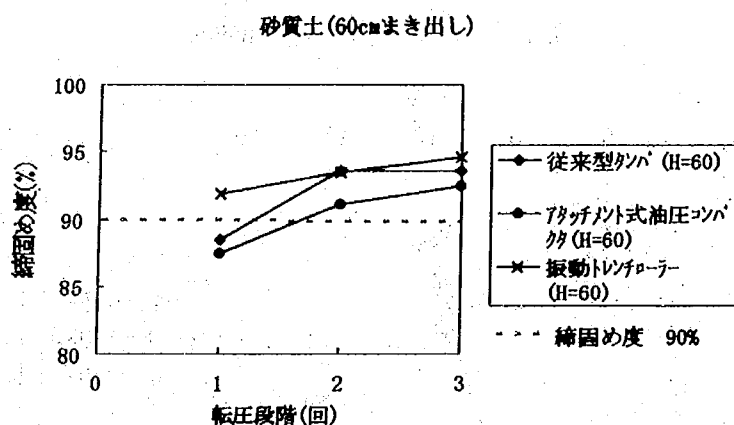


図-4. 13. 2

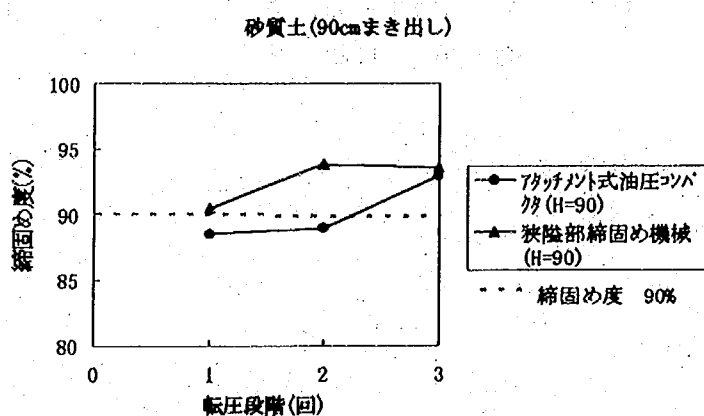


図-4. 13. 3

(3) 深さ方向の密度分布

まき出し厚60cm以上のケースについては、実験終了後、開削しながら20cmごとにコアカッター法により密度の計測を行った。以下に、各ケースの深さ方向の密度分布を示す。表面では全ケース95%以上の値が得られているが、深さ20cmになると5~10%程度低下している。

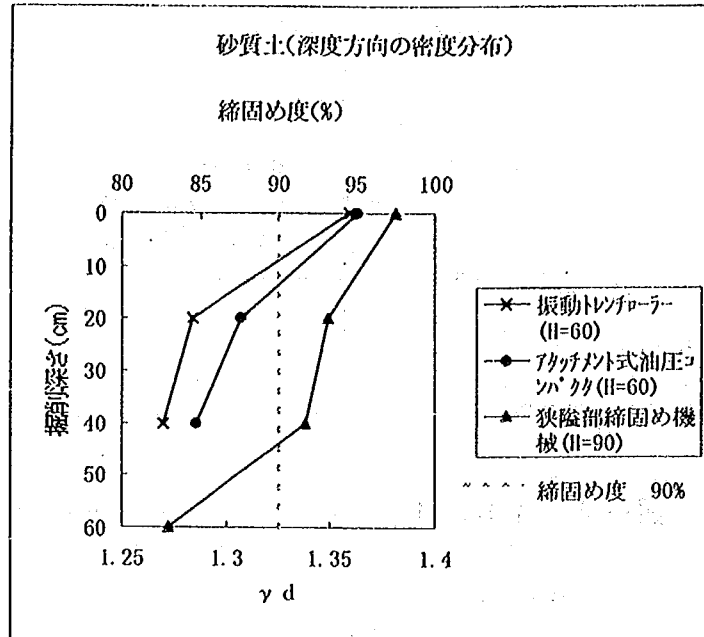


図-4.14

(4) 転圧段階における圧縮率の変化

各締固め機械の転圧段階における圧縮率の変化を各まき出し厚ごとに整理した。

- ① 全体的にまき出し厚が小さい程、圧縮率が高い。
- ② 従来型ツパでは、30cmまき出しで最終的に55%程度の値を得ているが、60cmまき出しでは40%程度の値しか得られていない。
- ③ アタッチメント式油圧コンパクターは、全ケースにおいて40%以上の値を得ている。

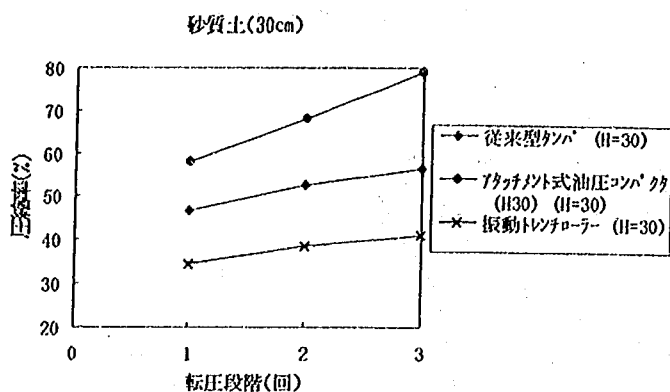


図-4. 15. 1

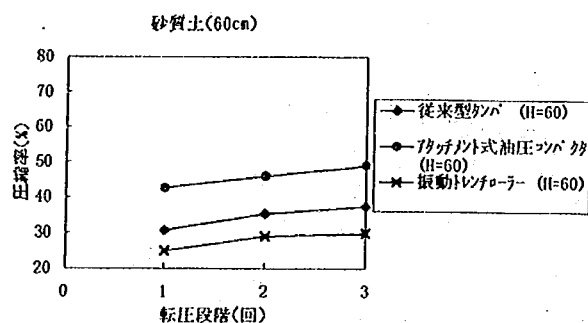


図-4. 15. 2

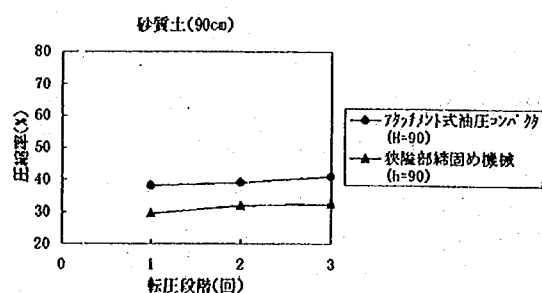


図-4. 15. 3

参考資料 2 5 S 工法施工上の留意事項

1. 安全管理

5 S 工法による土留め施工の安全管理については、「労働安全衛生規則」、「市街地土木工事公衆災害防止対策要綱」、「土木工事安全施工技術指針」等の関連する各項目を遵守する。

2. 可動式支保工（5 S）装置の取扱い上の留意事項

2. 1 装置の準備

- ・支保工吊り部材の取付けなど装置を吊り上げる場合には、必ず装置のメインフレーム上に付いている4つのワイヤー掛けにワイヤーを接続する。
- ・所定の掘削幅に対応できるように装置中央部のボルトによる調整を行う。
- ・腹起しは、両端を必ずゴムバンドで連結する。
- ・水圧ポンプのホース先端部のカプラーを水圧ジャッキに接続しポンプ本体は5 S 装置中央部のデッキに載せる。

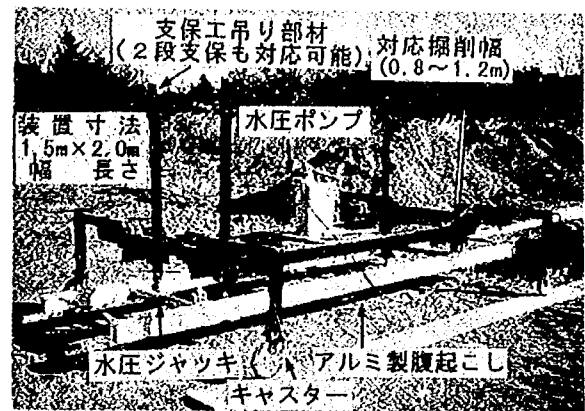


写真-1 装置の準備状況

2. 2 装置の移動

- ・装置の移動は必ず前後2人ずつ配置し4人で行うこと。
- ・道路の横断勾配があるような場合は、キャスター上部のネジジャッキで調整を行う。
- ・キャスターが走行する延長線上に障害物や段差等が存在する場合は、キャスター部における幅方向のスライドを行う。
- ・所定の掘削溝の上まで移動したら掘削側面と腹起しの間隔が両側とも均等になるように調整し、キャスターのストッパーを固定する。

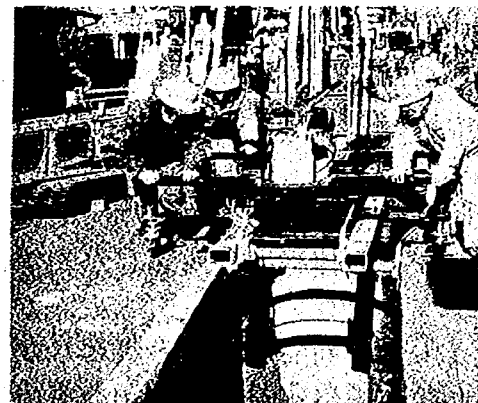


写真-2 装置の移動状況

2. 3 支保工の吊り落とし

- ・水圧ジャッキにカプラーがしっかりと接続されているかを確認する。
- ・掘削幅と腹起しの間隔が10cm以上離れている場合はブラケットの伸張を行う。
- ・支保工スライド用ディスクからピンを引抜く時は、支保工の自重がハンドルにかかるのでしっかりと押さえておく。
- ・ハンドルを回転させて支保工を溝内へスライドさせる場合、前後の水平間隔を保ちながらゆっくりとスライドさせる。
- ・スライド作業時に水圧ポンプのホースが装置等に引掛からないように注意する。

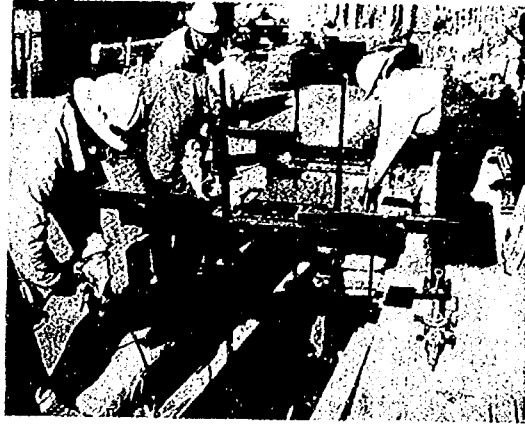


写真-3 支保工のスライド作業

2. 4 矢板の設置・圧入

- ・矢板の運搬が人力で行えず車両系建設機械で行う時は、労働安全衛生規則第164条を遵守する。
- ・矢板の運搬・設置時には、車両系建設機械の作業半径内に立ち入らないよう注意する。
- ・矢板の圧入をバックホウのバケット先端で行うときは、そこから可能な限り離れてオペレーターへの指示を行う。
- ・矢板は、矢板の頭部が装置のメインフレーム以下になるまで圧入する。



写真-4 矢板の設置作業

2. 5 切梁ジャッキの伸張

- ・水圧ジャッキの伸張は、腹起しが均等に拡がるように行う。
- ・腹起しと矢板の間隔が広いと腹起しがブラケットから脱落する危険性があるので確認しながら行う。
- ・ジャッキの加圧は、水圧ポンプのメーターが所定の値以上になるまで行う。
- ・カプラー脱着時は、ジャッキの水圧が下がっていないことを確認する。

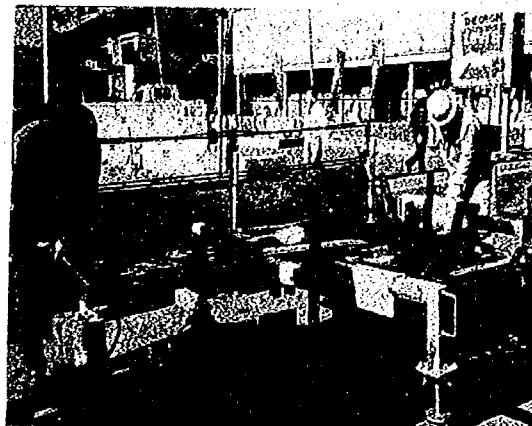


写真-5 水圧ポンプによる加圧作業

2. 6 装置と支保工の分割

- ・ブラケット固定用のピンを引抜くために作業員が溝内に入る時は、掘削溝が土留めで完全に補強されていることを確認してから入る。
- ・ブラケット固定用のピンが引抜き難い時は、キャスター上部のネジジャッキで高さの調整を行う。
- ・ピン引き抜き後は、支保工吊り部材を最上部まで巻き上げる。
- ・支保工の脱落防止補助のため、チェーン等を用いて腹起しと矢板を連結する。



写真－6 ピンの引抜き作業

参考資料－３

無補強の掘削溝内に入らずに土留めを設置する工法例

5 S 工 法

(Safety & Speedy Sheetpile Supporting System)

1. 規 格 : 長さ 2 m × 幅 (1. 5 ~ 2. 5) m × 高さ (1. 5 ~ 2. 5) m

2. 重 量 : 装置本体 2 2 5 k g
 アルミ製支保工 8 0 k g (1 段)

3. 適用掘削寸法 : 幅 (0. 8 ~ 1. 2) m × 高さ (1. 5 ~ 3) m

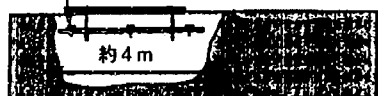
4. 概 要

予め支保工を設置した可動式支保工装置を掘削溝上に移動し、支保工のスライド、矢板の設置・圧入、切梁ジャッキの加圧を行う。装置がコンパクトで既設横断管にも対応可能であるため、市街地や住宅地など非常に狭隘な施工環境で掘削深さが 2 m 程度 (1 段支保工) までの現場に適している。使用する矢板や支保工は、従来使用されている材料を使用できる。2 段支保も対応可能である。



5. 施工手順

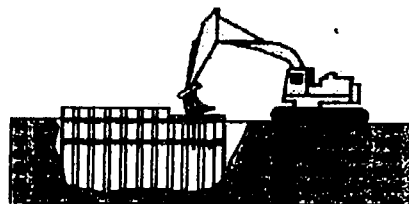
切り梁ジャッキ
の位置



①バックホウで 4m 掘削した後、装置を人力で移動しセットする



②装置と溝のすき間に軽量鋼矢板を挿入する



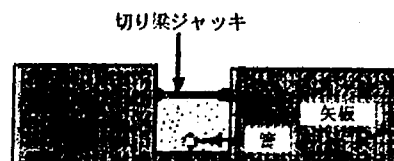
③鋼矢板を地中に 20cm 程度押し込む



④切り梁ジャッキを伸ばす



⑤ブラケットのピンを抜いて装置の上部を切り離す



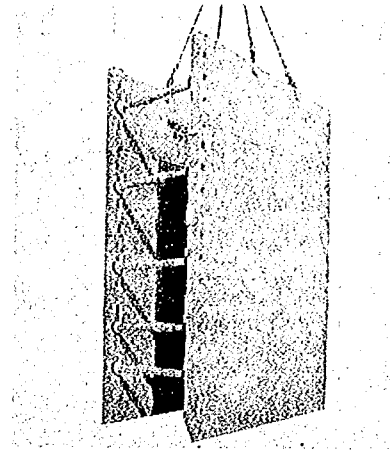
⑥管を設置して埋め戻した後、矢板などを撤去する

たて込み簡易土留め工法

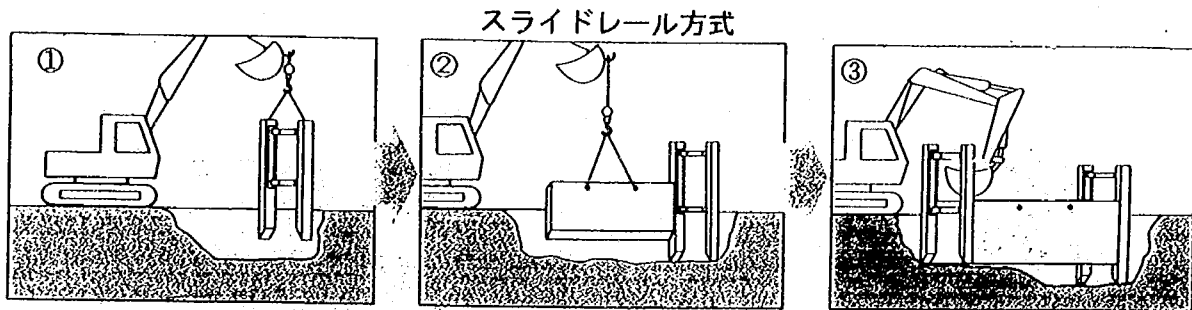
1. 規格：長さ(2.5、3)m×幅(0.8～4.7)m×高さ(0.5～2.4)m
2. 重量：850kg（長さ2.5m、高さ1.5mの場合）
3. 適用掘削寸法：幅(0.8～4.7)m×高さ(1.5～6)m

4. 概要

スライドレールとパネルを用いるスライドレール方式と箱形構造の縦梁プレート方式の2種類があり、施工条件によって使い分けることができる。矢板や支保工がないためそれらの設置作業時間が省略され、掘削幅も狭くできるなどの利点がある。



5. 施工手順

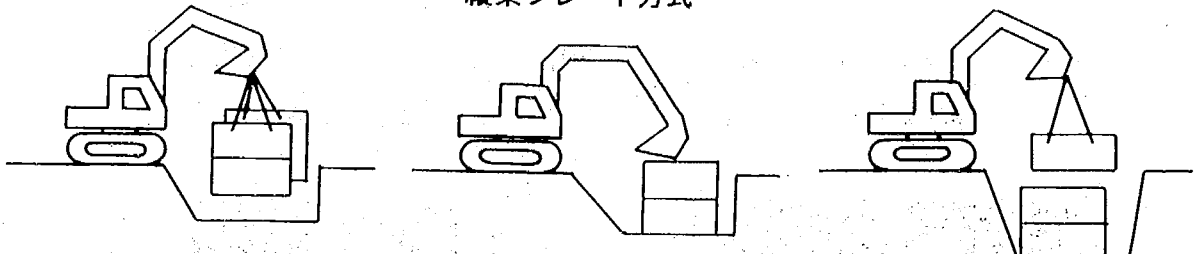


①レールたて込みと仮押え固定

②パネルの挿入

③パネル・レールの押込み

縦梁プレート方式



①専用の吊り金具のあるバックホウで、予堀内に組立ユニットを吊下ろす。
この段階で吊り金具を取外す

②上パネル上部にプロテクターを当てがい、バックホウで掘削しながら組立ユニットを押し込む。掘削と押し込みは30～50cm単位とする。

③3段の場合、押し込まれた2段のユニットにもう1段の組立ユニットを継足す。継足し後、②と同様に掘削しながら押し込む。

自走式支保工法

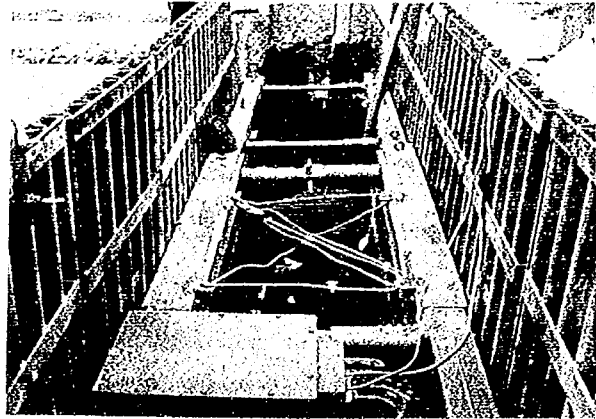
1. 規格：長さ(4.17～5.17)m×幅(1～1.2)m×高さ(2.5～4)m

2. 重量：本体 500kg
専用土留めパネル 60kg/枚 (h=2.5m)

3. 適用掘削寸法：幅(1～1.2)m×高さ(1.5～3.5)m

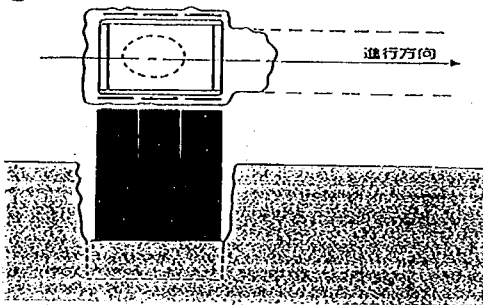
4. 概要

切梁と支保工が一体化した支保工がバックホウの油圧を駆動源とし、リモコン操作により予め土留めパネル側面にセットしてあるブラケット上をスライドする。専用の土留めパネルは簡易門型クレーンにて設置・引抜きを行う。



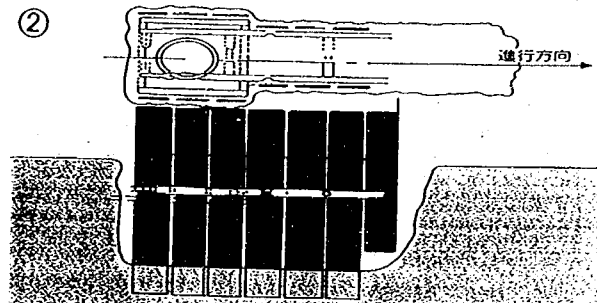
5. 施工手順

① 人孔部の発進



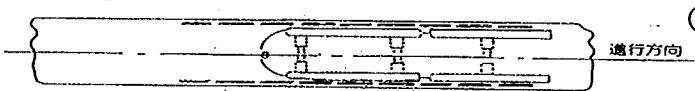
1. 埋設位置、地下埋設物の確認と位置設定。
(カッター幅は+50mm/mの余裕をとる)
2. 機材搬入。
3. 舗装取壊し。
4. 自立可能深さまで掘下げる。
5. 仮受支保の組込みと土留材の立込み。

②



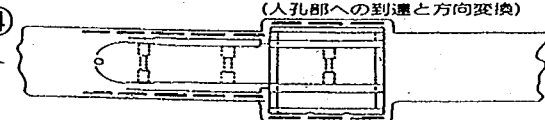
1. 人孔部の土留材を押込みながら床付けまで掘下げる。
2. 仮受支保材上へ掘削ゲージに幅合わせた自走式支保工をセットする。
3. 管路部の掘削に合わせ土留材を立込み、自走式支保工をスライドする。
4. 人孔部のブロック組立てと埋戻し。
5. 人孔部の仮受支保材撤去、埋戻し。

③



1. 掘削、床付け、基礎、配管、砂埋め、土砂埋戻し作業に合わせて自走支保機をスライドする。
2. 後部転圧、仮舗装。

④



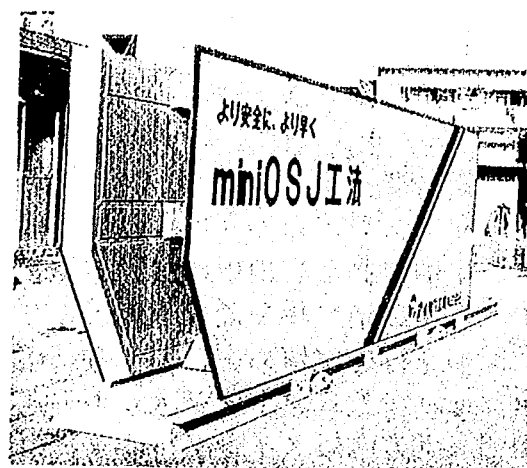
1. 作業手順①と同じ要領で土留を行う。
2. 自走支保機を人孔部の土留枠上へスライドする。
3. 方向変換する場合には補助支保材をバックホウで吊り上げ、二ツ折、続いて本体をスライドし本体を吊り上げる。
4. 以下繰返し作業。

mini オープンシールド工法

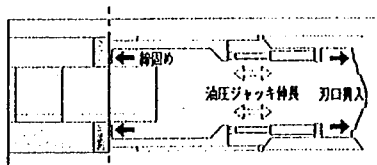
1. 規格：長さ（6.295～7.27）m×幅1m×高さ（2.2.5）m
2. 重量：8,800kg、11,000kg
3. 適用掘削寸法：幅1m×高さ（2.2.5）m

4. 概要

バックホウにより掘削を行いながら、装置後方の反力板により埋戻し土を締めめると同時に装置を推進させ、掘削した土砂をバックホウを旋回して再後方に埋戻す。装置推進用のジャッキの油圧はバックホウから供給し、操作もバックホウの運転手が行う。装置本体の昇降には専用自動昇降装置を用いる。

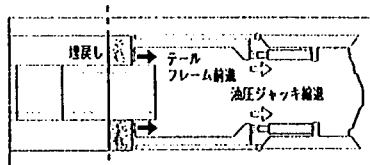


5. 施工手順



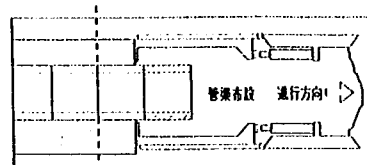
1

油圧ジャッキを伸ばすとテールフレームが後退して埋戻し土が締められ、十分な反力が得られる状態になるとフロント部が前進して刃口が切羽に貫入する。



2

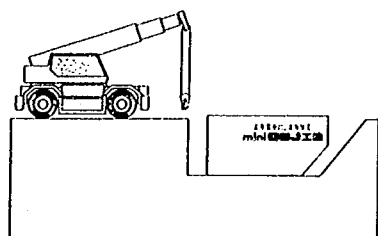
次に、切羽の掘削とともに油圧ジャッキを縮めることでフロント部の自重と両面摩擦力を反力に、テールフレームを前進させて、それとともに生じる最後方の空隙部に埋戻し土を投入する。



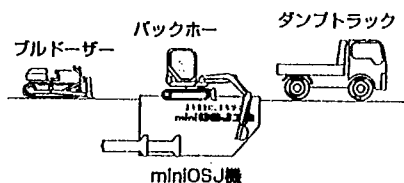
3

前記1～2の工程をくり返してテール部に所定の空隙が確保できると管渠を布設する。

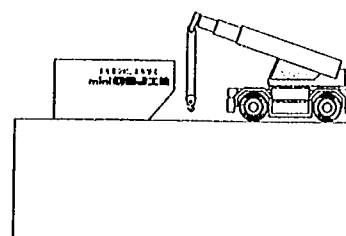
推進原理



①装置の据付け、発進



②掘進および管渠の布設



③埋戻し、装置の自昇、搬出

枠組み支保工

1. 規格：

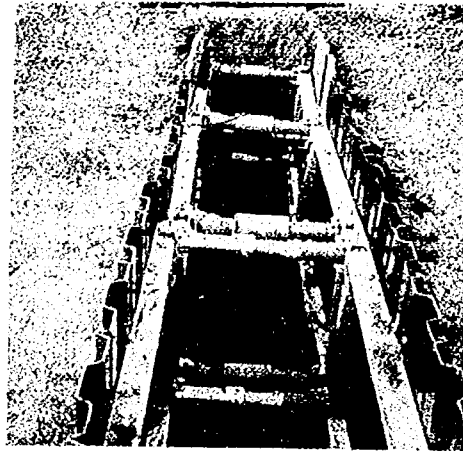
支保工本体 長さ(2.5、3)m×幅(0.8～1.5)m×高さ(0.85～1.25)m
 幅広矢板 長さ(1.5～)m×幅0.6m×高さ50mm×厚さ(4～5)mm

2. 重量： 枠組み支保工 400kg (長さ2.5mの場合)
 幅広矢板 29.1kg/m

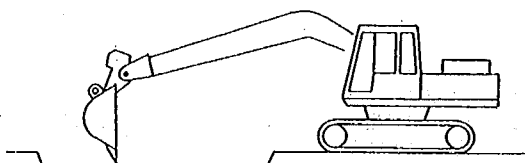
3. 適用掘削寸法：幅(0.8～1.5)m×高さ(1.5～3)m

4. 概要

ボックス型に組み立てられた支保工材を1次掘削された溝の中に設置し、腹起しに沿って幅広鋼矢板を設置・圧入しながら2次掘削を行い土留めを構築する。切梁はネジジャッキ方式と水圧ジャッキ方式の2種類で水平方向にスイング可能な種類もあり、用途により使い分けることができる。

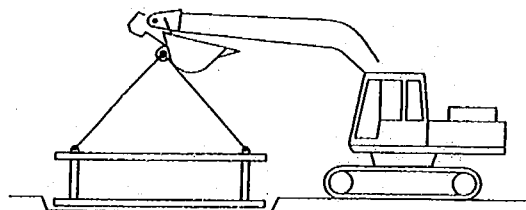


5. 施工手順



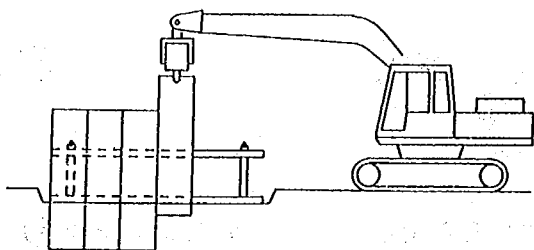
① 表層（舗装）掘削

舗装及び表面部分を、30cm位溝掘削



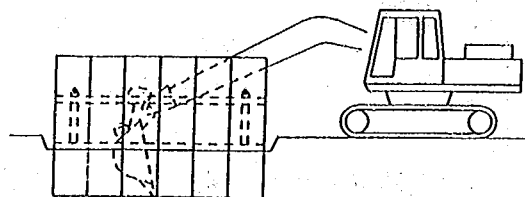
② 枠組支保工据付

掘削された溝穴に、枠組支保工を据付ける



③ 矢板立込み

バックホーに取付けた矢板打込機（ミニパイプロ）にて、中広矢板を枠組支保工に沿わせて、50～100cm打込み、据付ける。



④ 掘削及び支保工移動

バックホーにて据付られた矢板の中を掘削しながら、枠組支保工を下げる。

エアバッグ土留め工法

1. 規格：長さ1 m×幅0.5 m×高さ1 m

2. 重量：4 kg

3. 適用掘削寸法：幅1 m×高さ2 m

4. 概要

気密性の布で作った袋体（エアバッグ）を用い、空気の圧力を利用して地山を保持する工法。その他の土留め材を必要とせず、掘削幅を狭くすることが可能であり、掘削及び埋戻し土量を減らすことができる。またコンプレッサーによる空気注入によりスピーディーな施工が可能である。

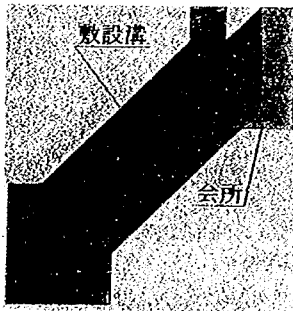
5. 施工手順



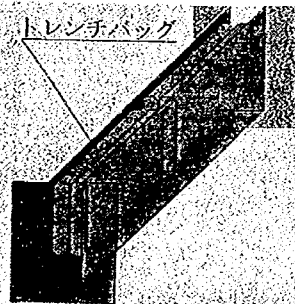
1. 掘削

2. 土留め

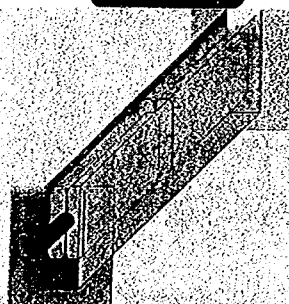
3. 吊降ろし



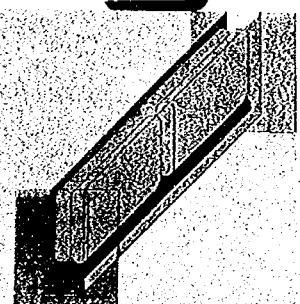
パイプ径にややゆとりをもたせた溝幅を掘削する



空気圧により膨張させたトレンチバッグを構内にセットし、土留めを施す



トレンチバッグの内圧を減圧し、パイプを溝底に設置する



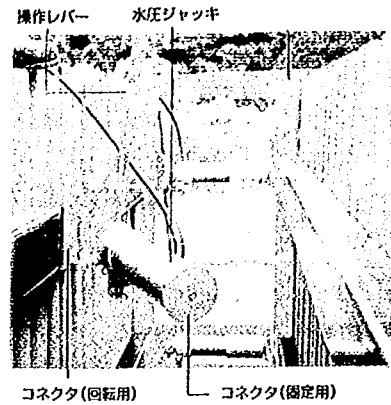
スイング式土留め工法

1. 規 格：スイング式切梁 長さ（0.7～2.1）m
 腹起し 長さ（1.2、2.8、4）m

2. 適用掘削寸法：幅（0.7～2.1）m×高さ（1.5～3）m

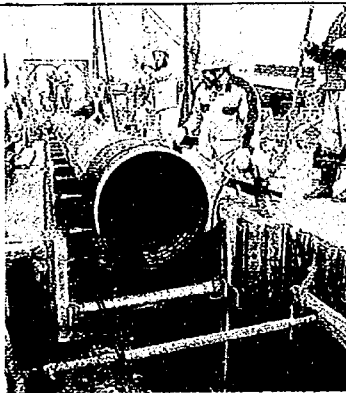
3. 概 要

回転（スイング）可能な水圧ジャッキとジャッキを腹起しに固定するコネクタ及び腹起しを受けるために矢板に取付けるフリーストッパー等の各部材を用いた土留め工法。管設置時にジャッキを腹起しの上部までスイング可能であるため、施工の迅速化や掘削幅の縮小が期待できる。



4. 施工手順

1



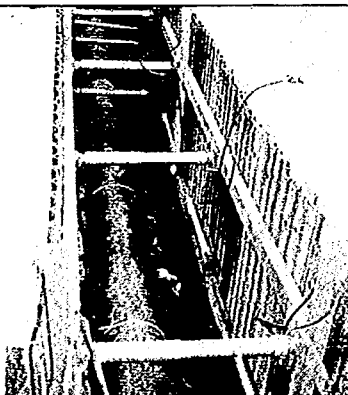
敷設パイプを上段ジャッキの真上までおろす

2



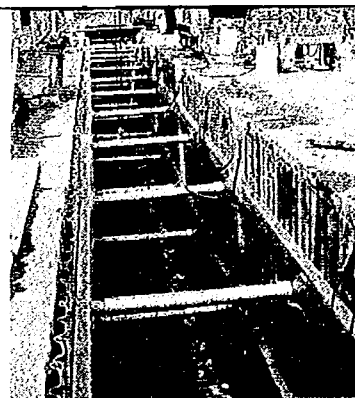
上段ジャッキを管軸方向に旋回させ腹起しの上に載せる

3



上段ジャッキを戻し、下段ジャッキを②と同様にする

4



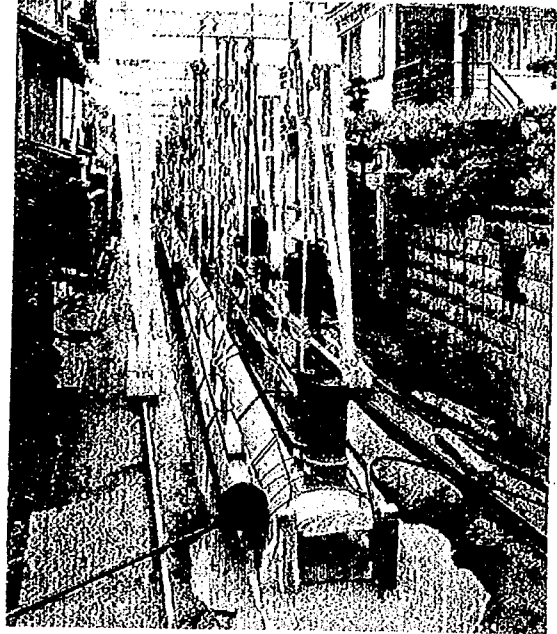
下段ジャッキを戻す

沈埋工法

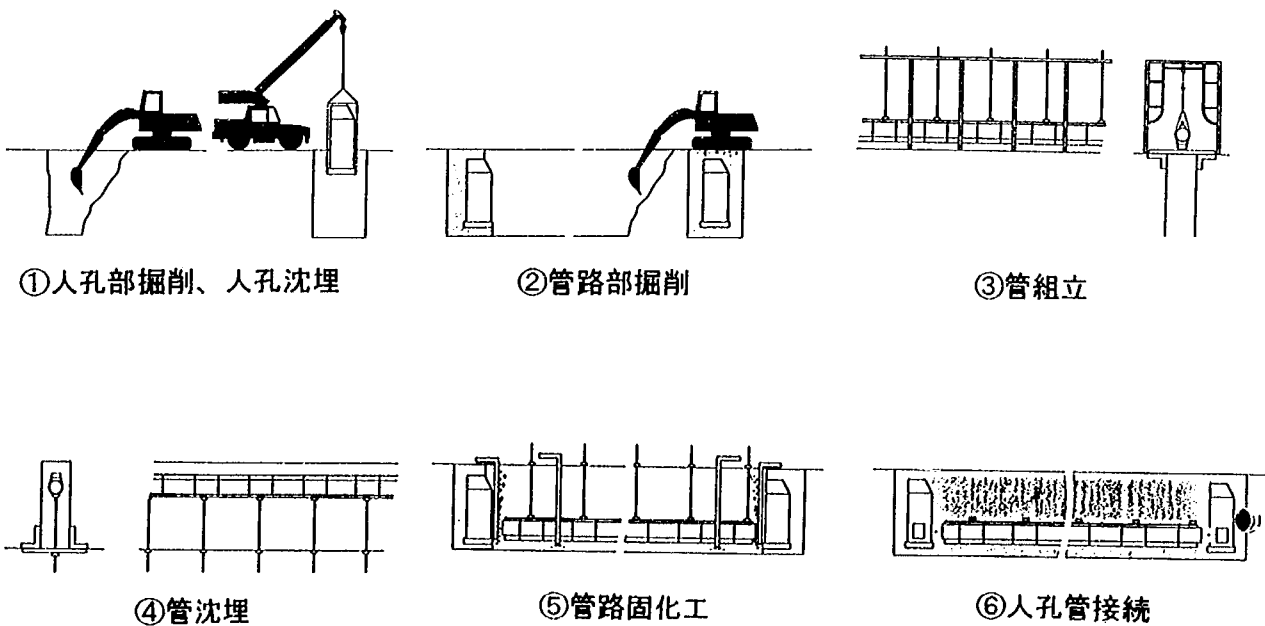
1. 必要機材：門型クレーン、バックホウ
2. 適用掘削寸法：現場条件に応じて対応可能。

3. 概要

泥水安定液を用いながらバックホウで溝掘削を行い、一定の長さに予め連結した管渠またはボックスカルバートを門型クレーンで吊落とし、安定液を固化することによって管渠等を埋設できる工法。土留め材が不要であるため掘削断面を通常より狭くすることができる。また、基礎工・埋戻し工の必要がなく不等沈下の問題も解消することができる。既設横断管が存在する場合には、水中接続機で管どうしを安定液中で接続することも可能である。



5. 施工手順



参考資料－ 4

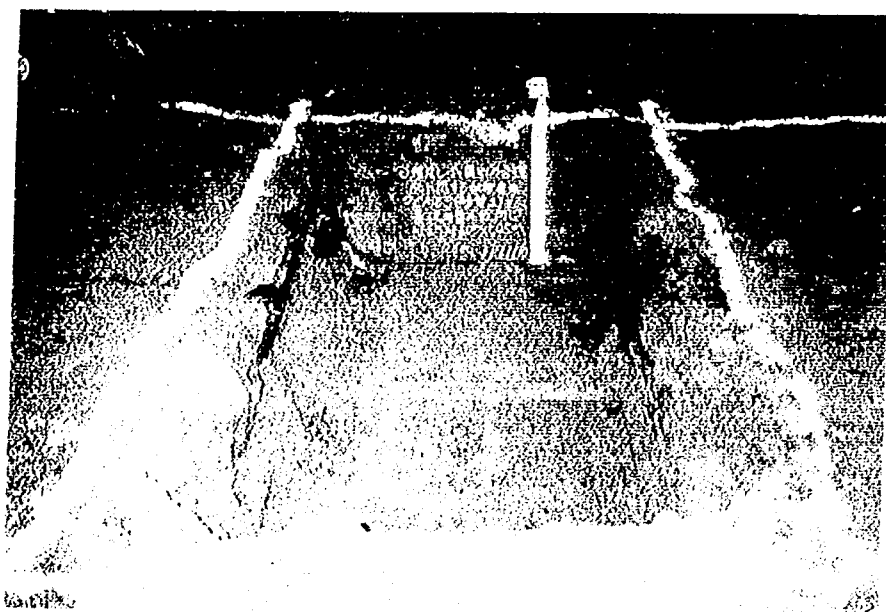
埋戻し・締固め工に関する予備試験・作業性試験写真集

予備試験

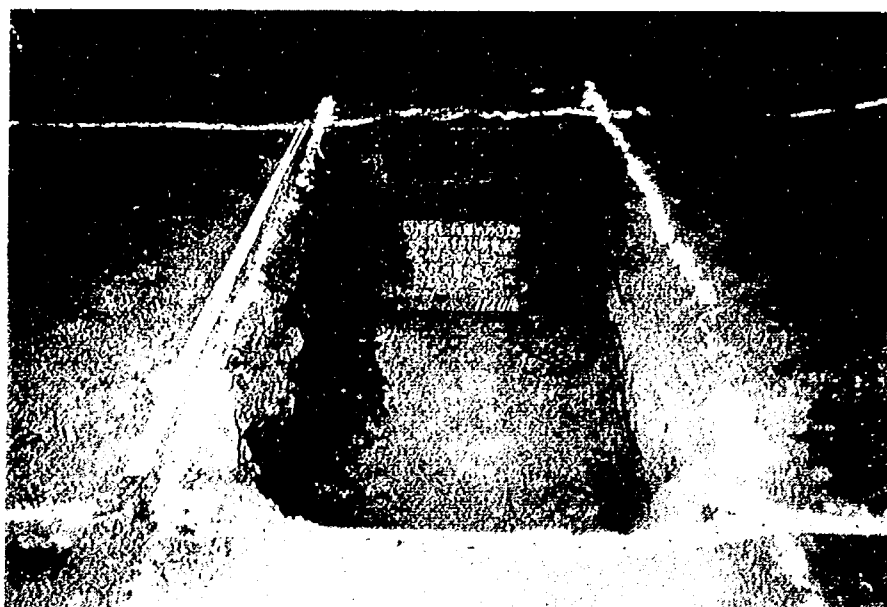
基礎地盤の造成



$H = 0.3 \text{ m}$



$H = 0.6 \text{ m}$

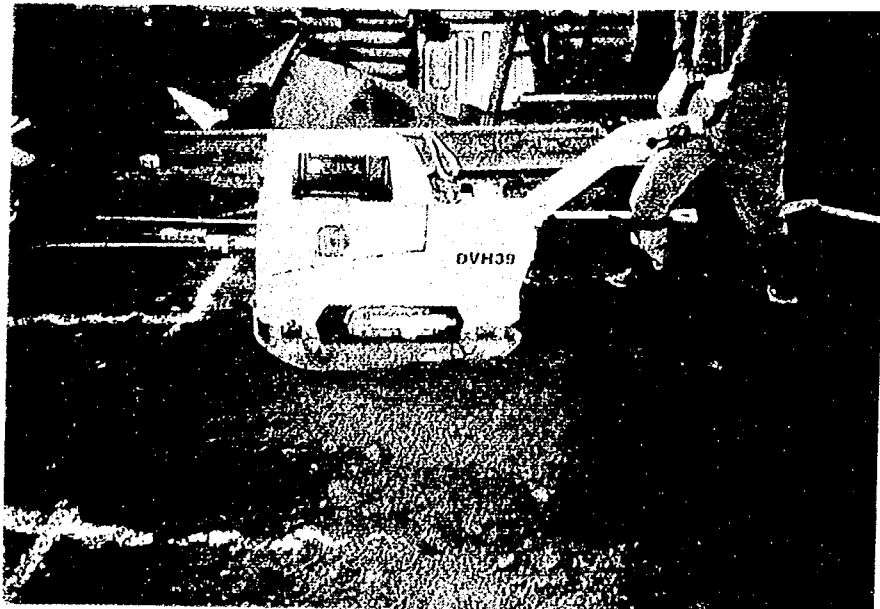


$H = 0.9 \text{ m}$

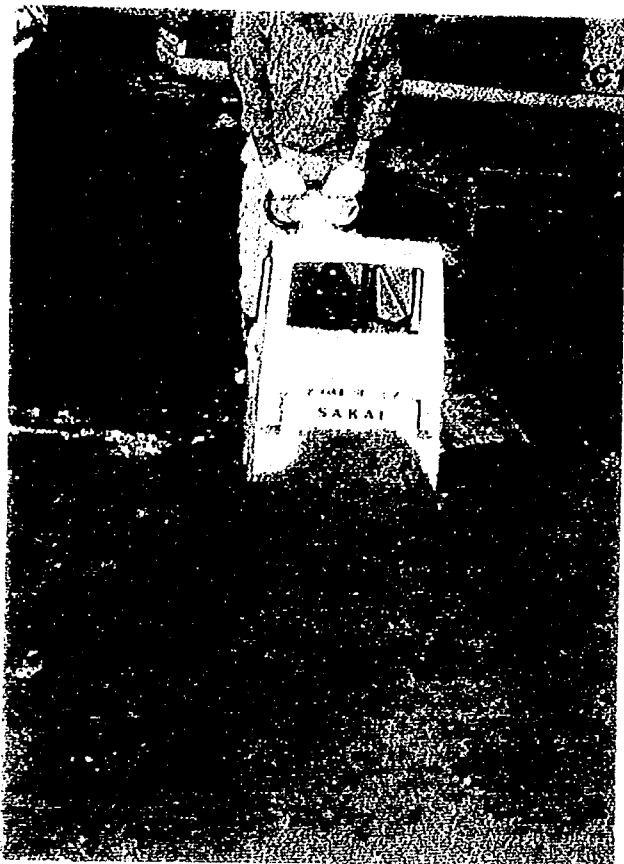
各締固め機械の取組状況



従来型タンパー



ヘビーウェイトコンパクター

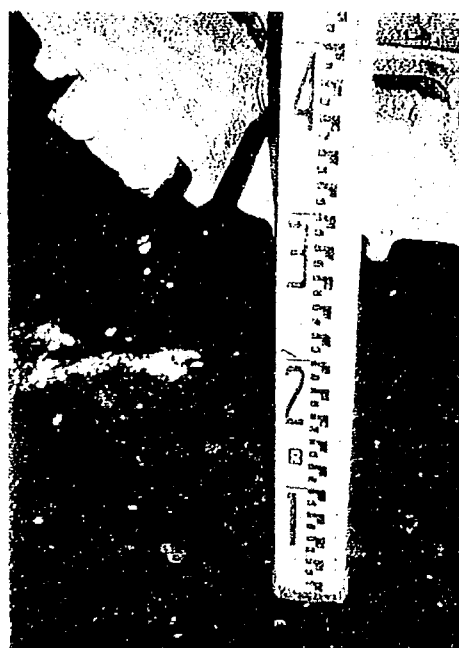
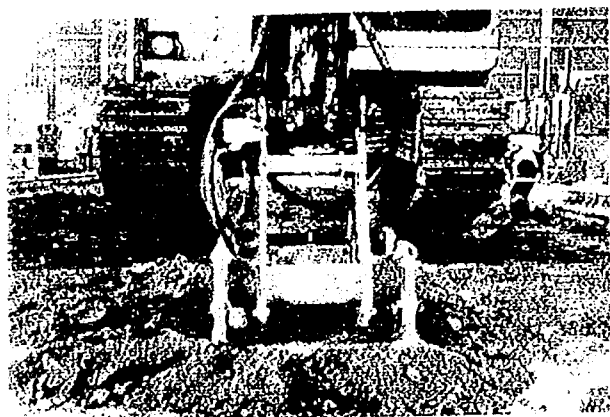
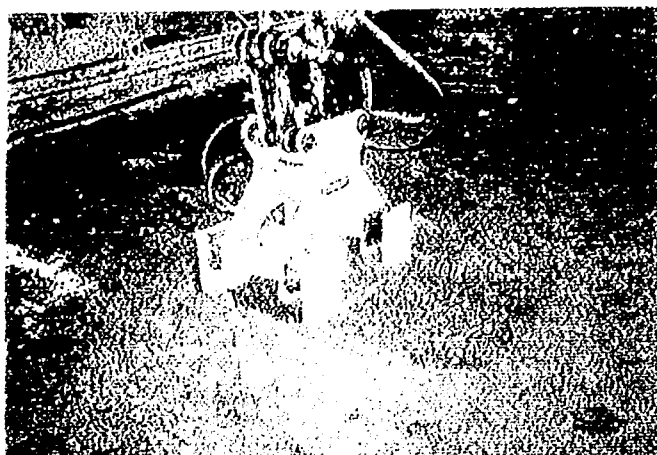
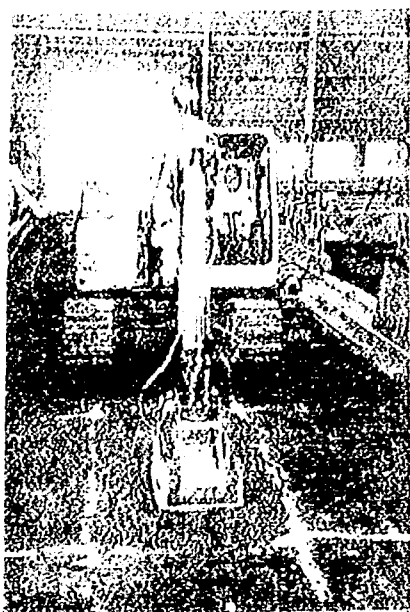


走行不能

(砂質土 30 cm まき出し)

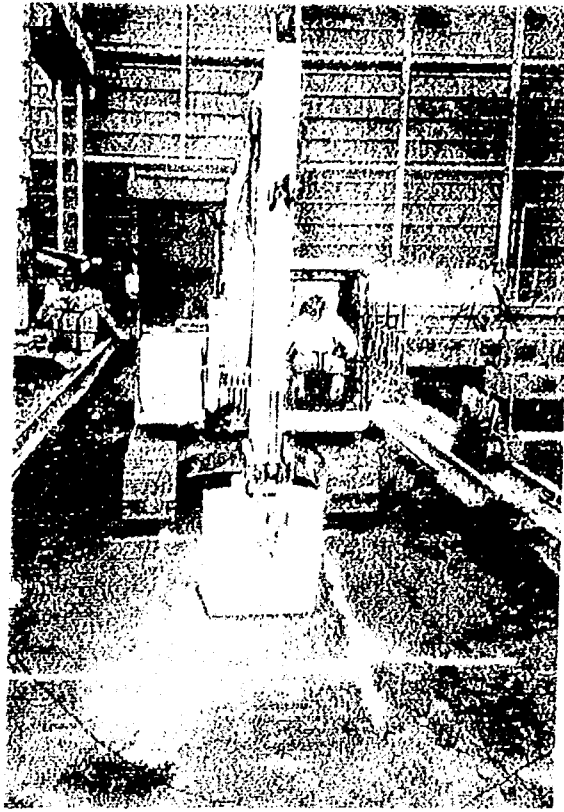
砂質土の場合、土に粘性があるためプレートに摩擦力が働き、機械の重量も大きいため、走行不能となった。



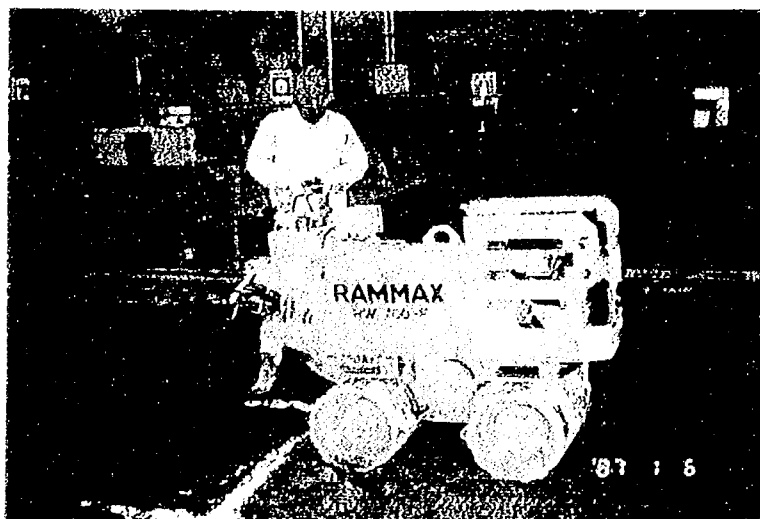


締固め時のバックホウの浮上がり

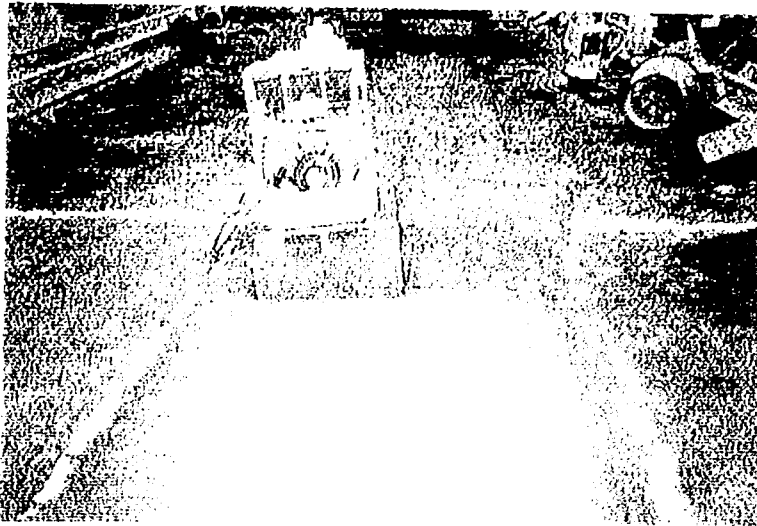
アタッチメント式油圧コンパクタ



振動バケット



振動トレンチローラー

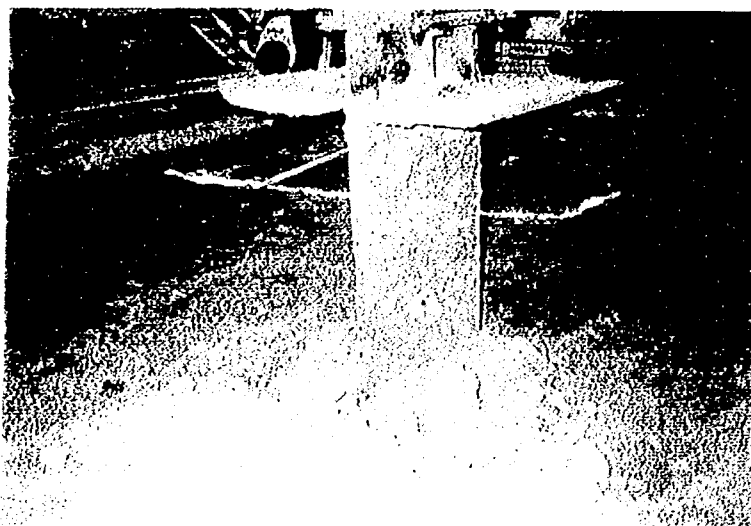
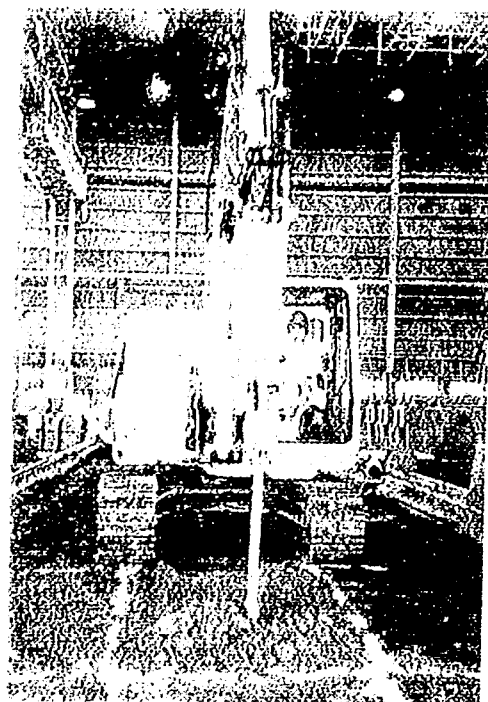


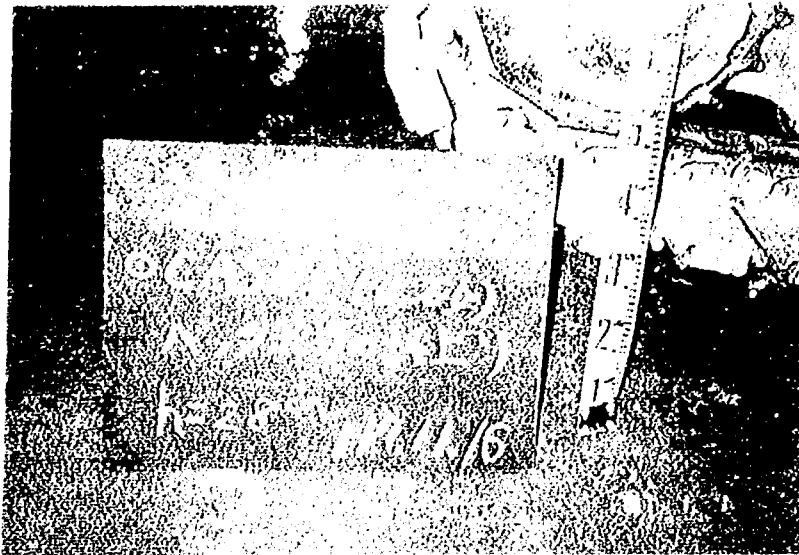
走行不能
(山砂 60cm まき出し)



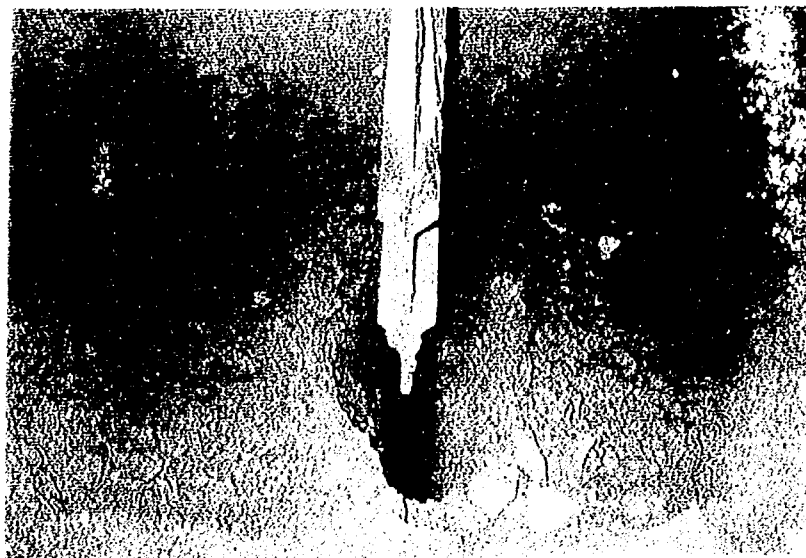
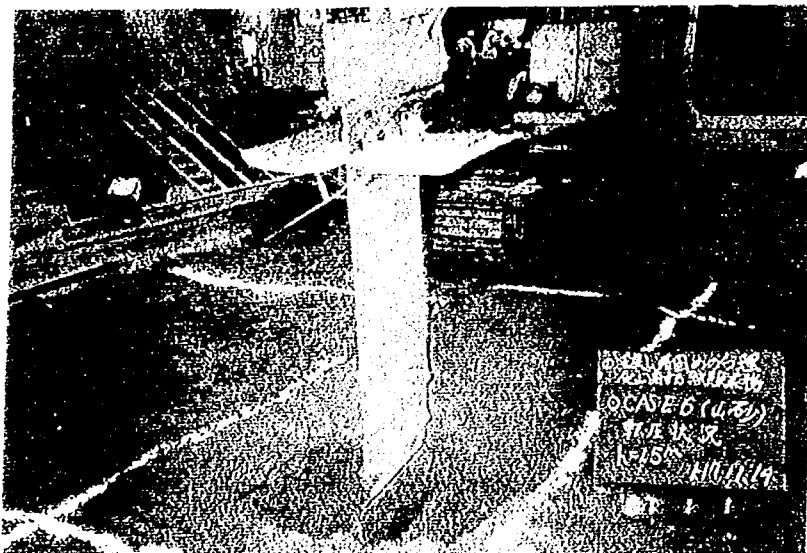
山砂の場合、まき出し厚を大きくすると初期沈下が大きく、機械が土に埋もれ車輪が空回転してしまう。

狹隘部締固め機械





締固め時のバックホウの浮上がり



垂直板抜き部の緩み



コアカッターの採取

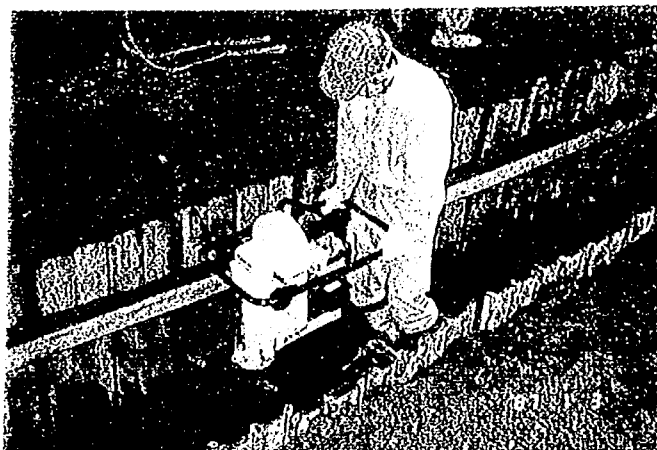


土研式貫入試験

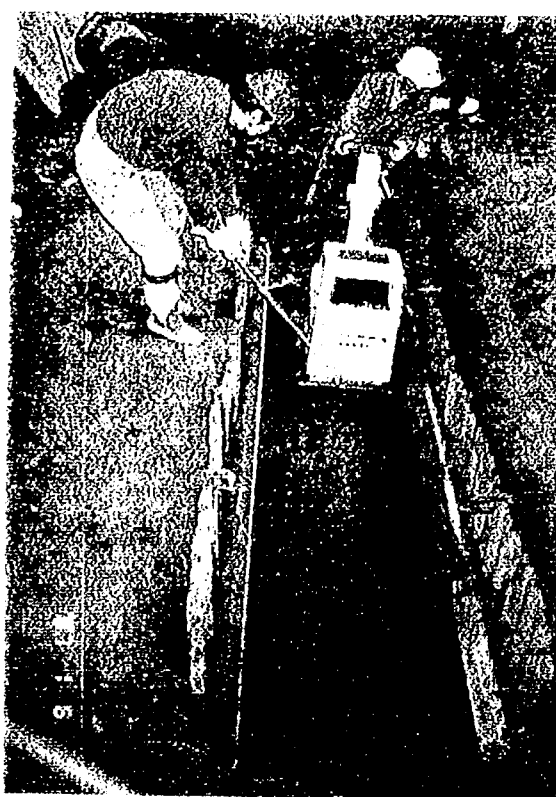
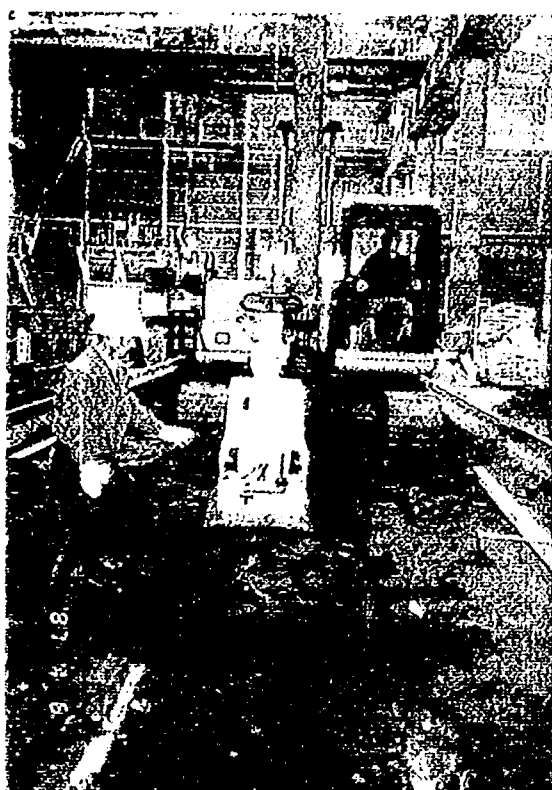
(基礎地盤 砂質土 $N_d \geq 10$)

(基礎地盤 山砂 $N_d \geq 16$)

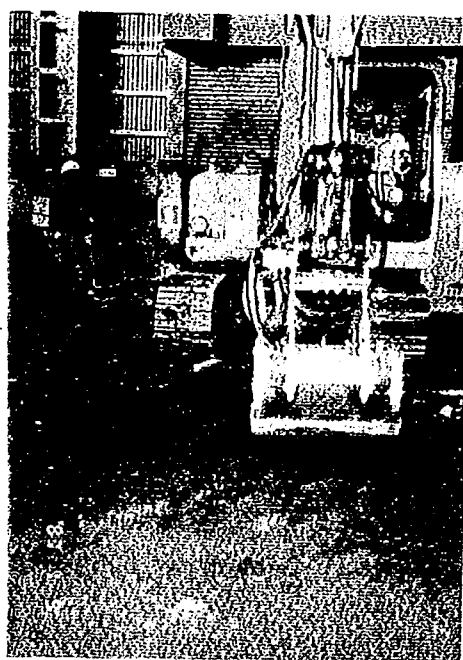
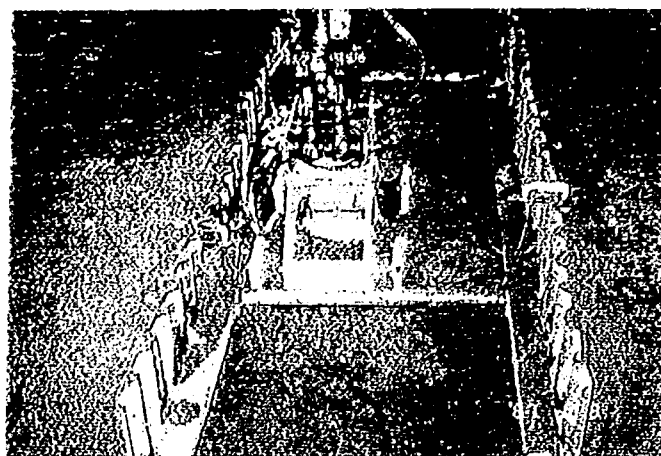
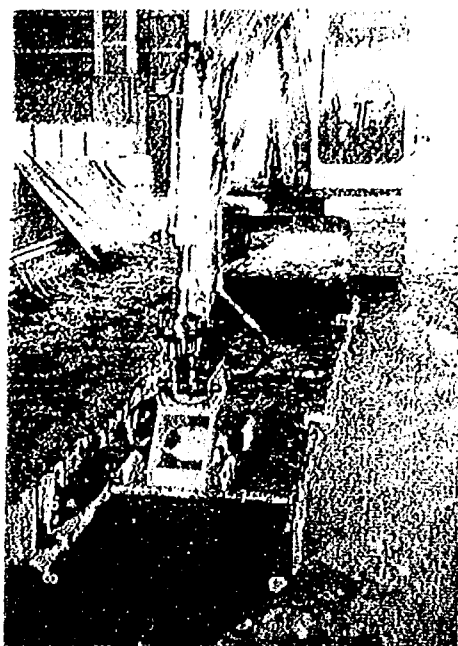
作業性試験
各機械の転圧状況



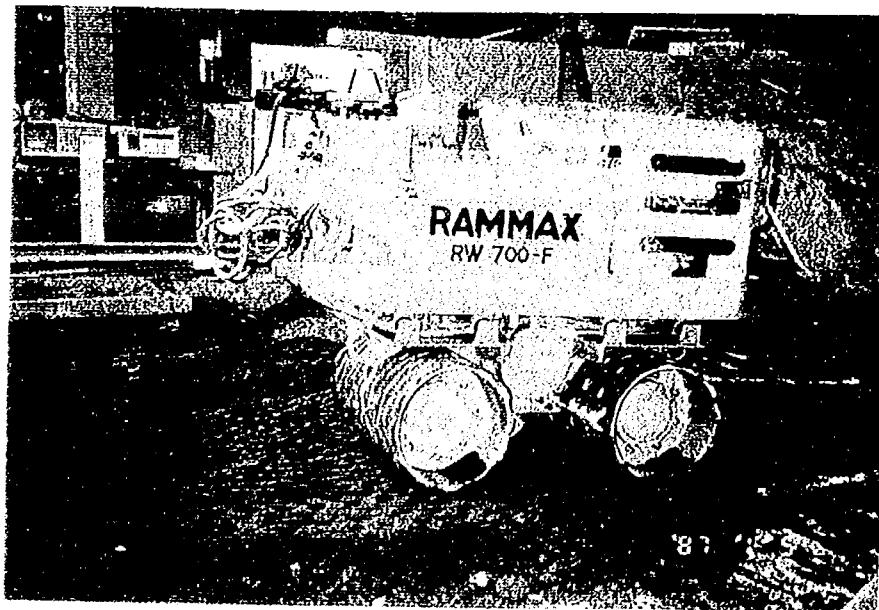
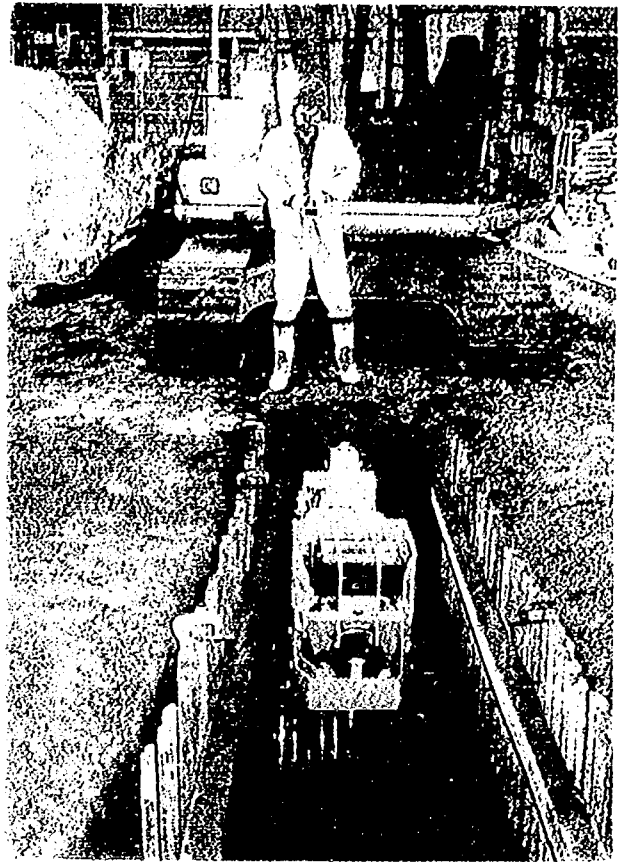
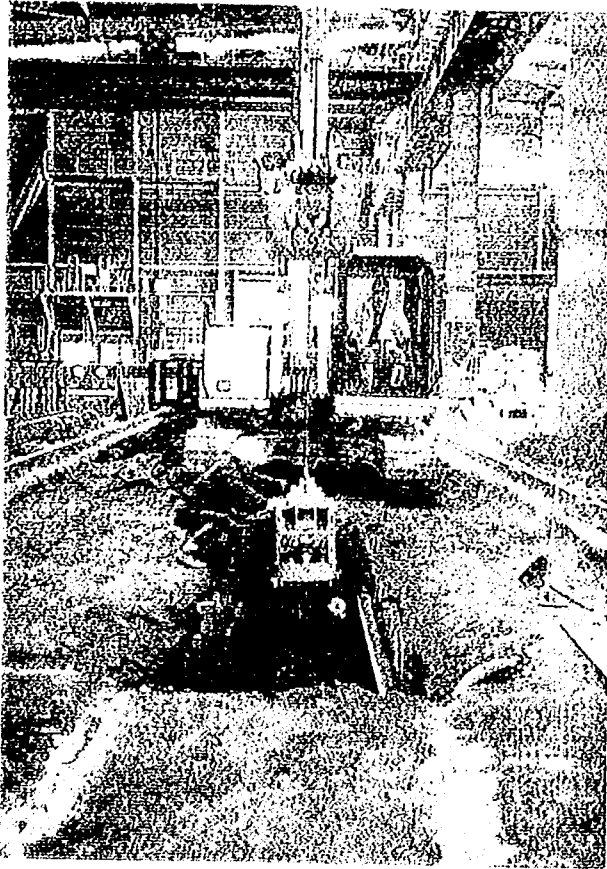
従来型タンパー



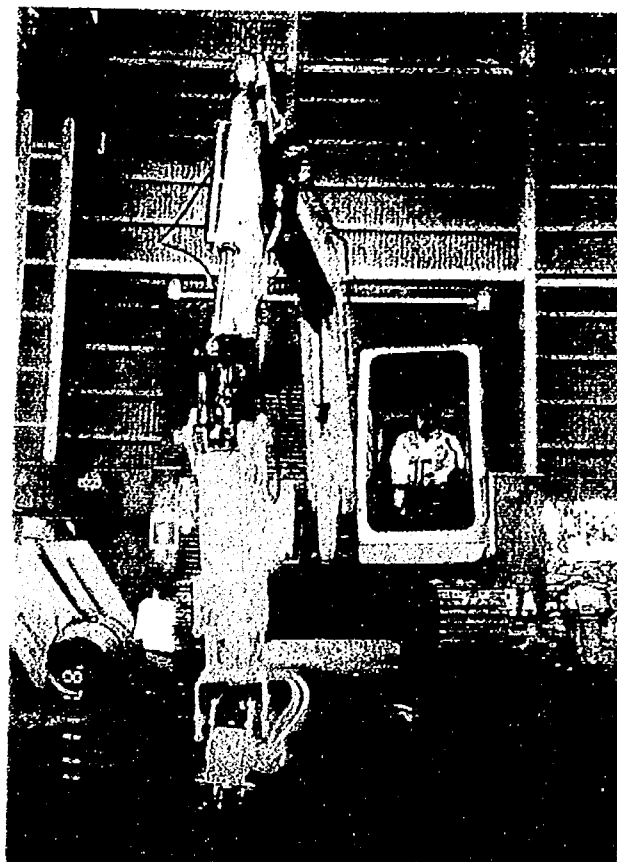
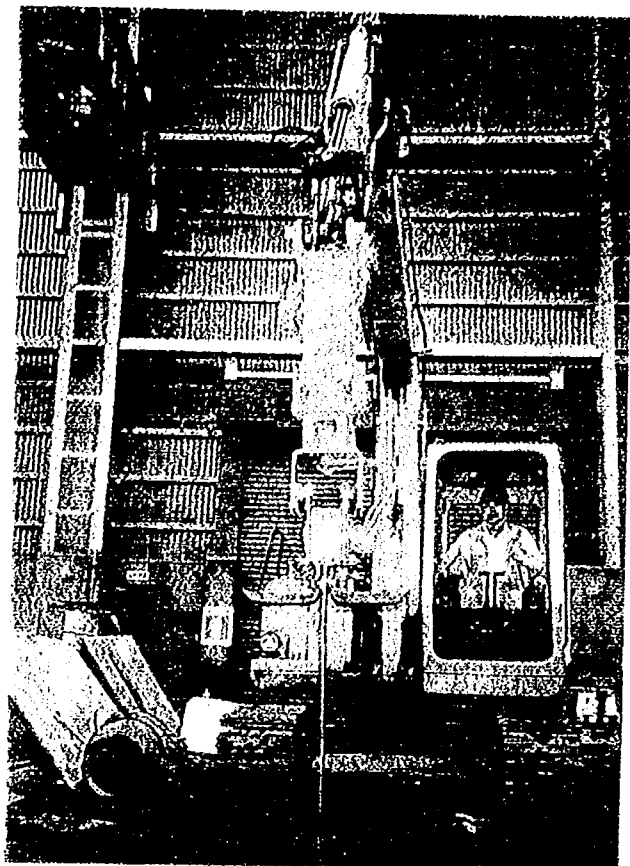
ヘビーウェイトコンパクター



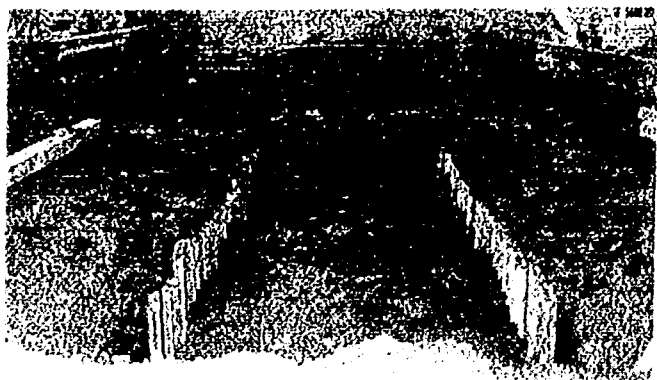
アタッチメント式油圧コンパクタ



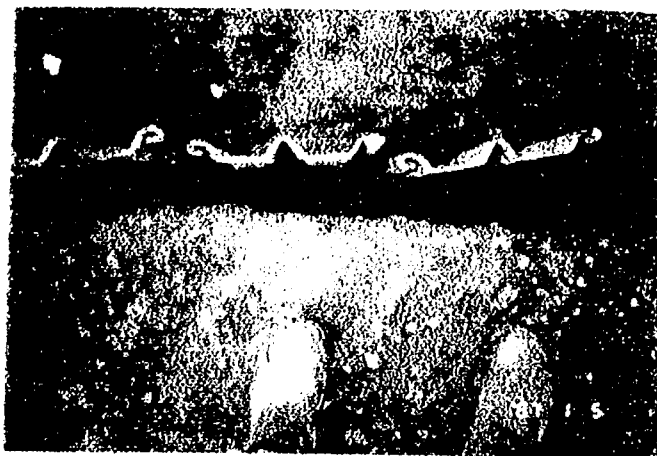
振動トレンチローラー



狭隘部締固め機械



矢板撤去前の状況



矢板設置裏の隙間



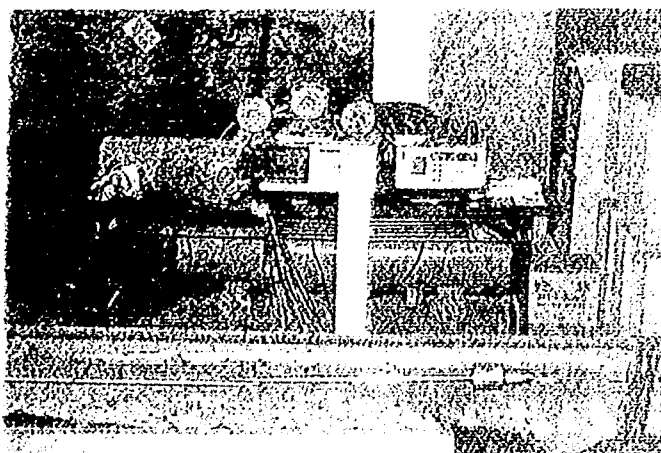
矢板の引き抜き



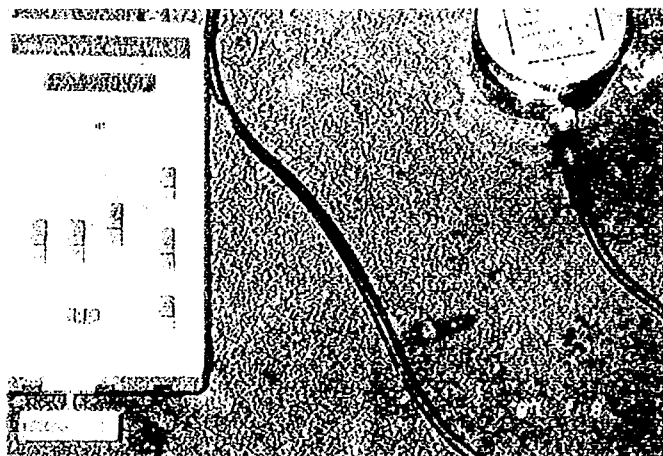
矢板引き抜き後の緩み



土研式貫入試験

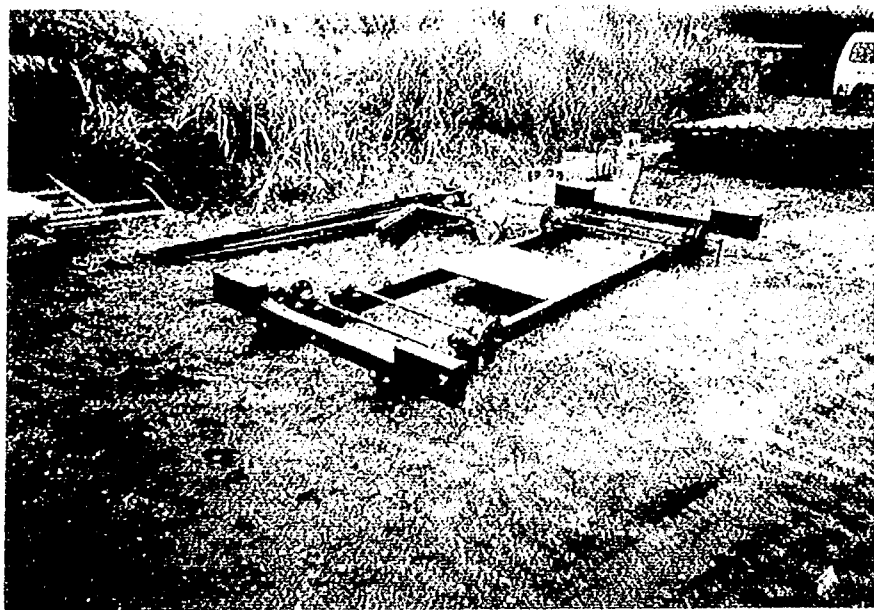


埋設管のひずみ計測

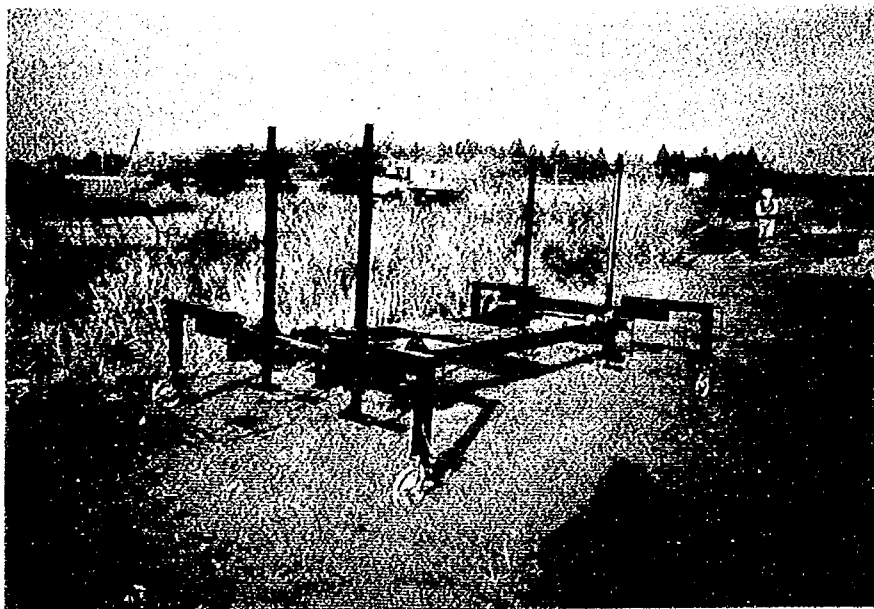


振動レベルの計測

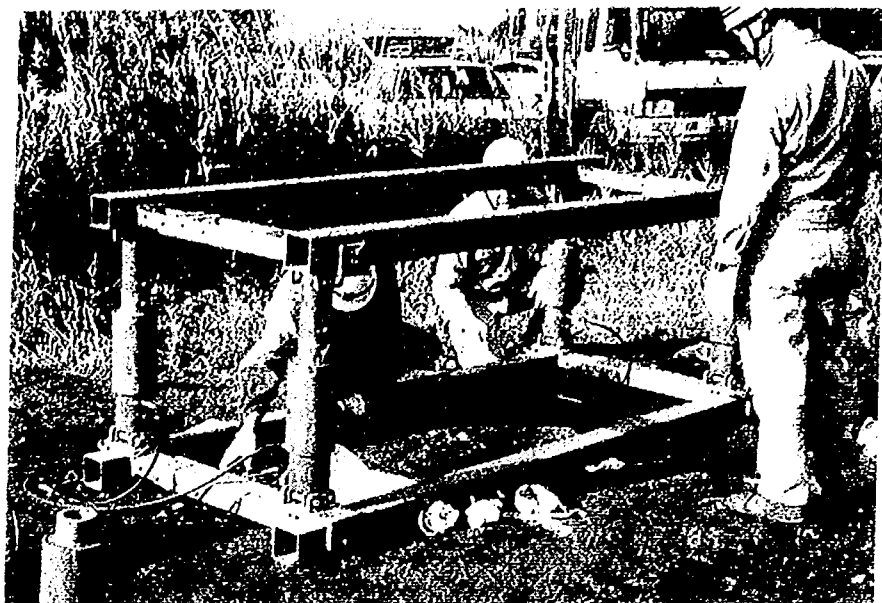
参考資料－5
試験施工 写真集



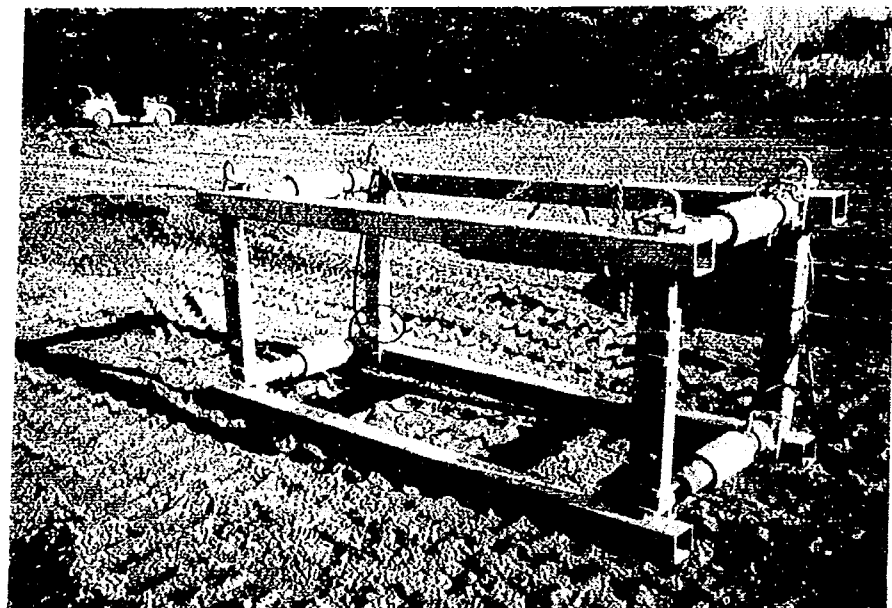
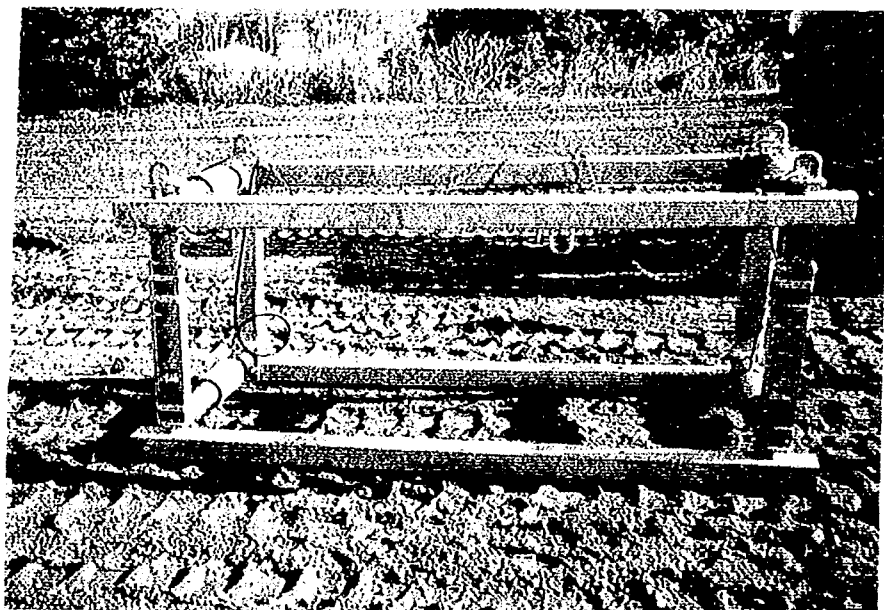
5 S 装置分割状態



可動式支保工装置（5 S 装置）全景



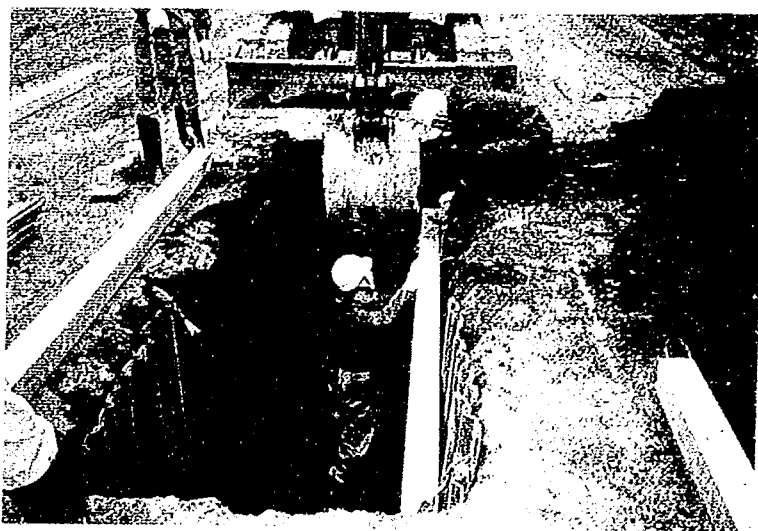
桷組み支保工
組立て状況



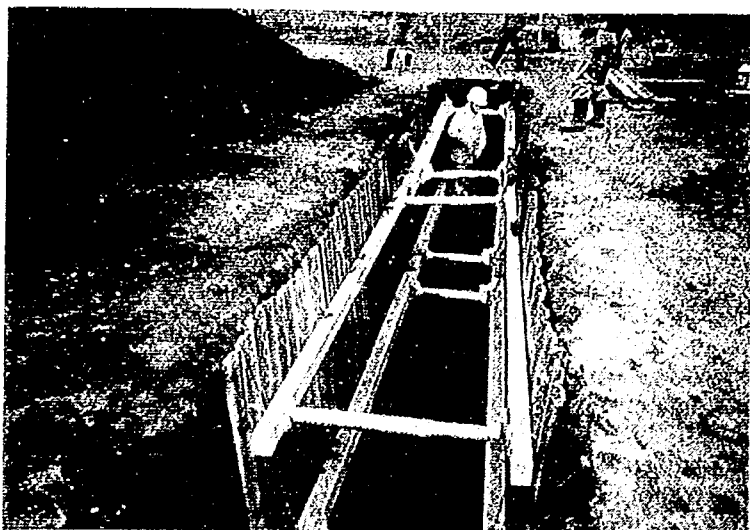
桷組み支保工



怪量鋼矢板の設置

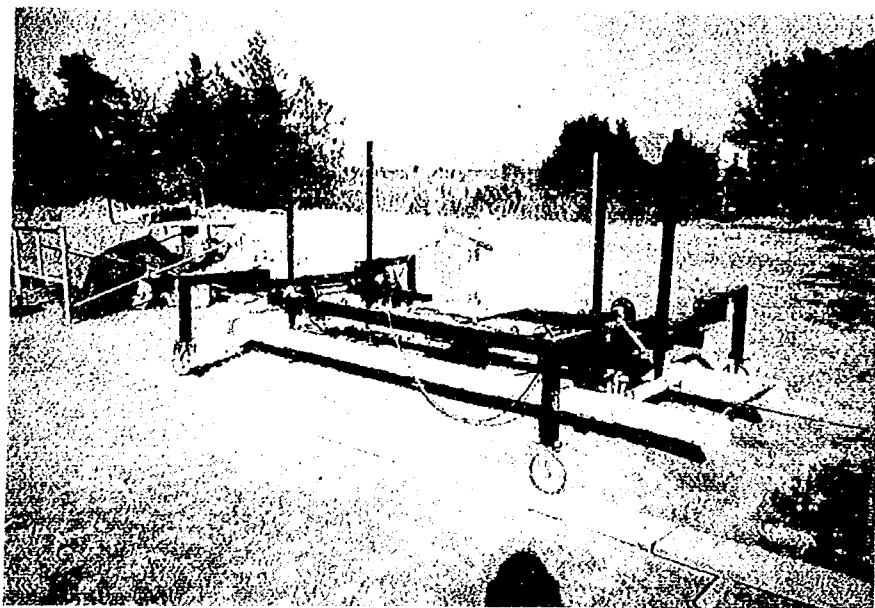


支保工の設置

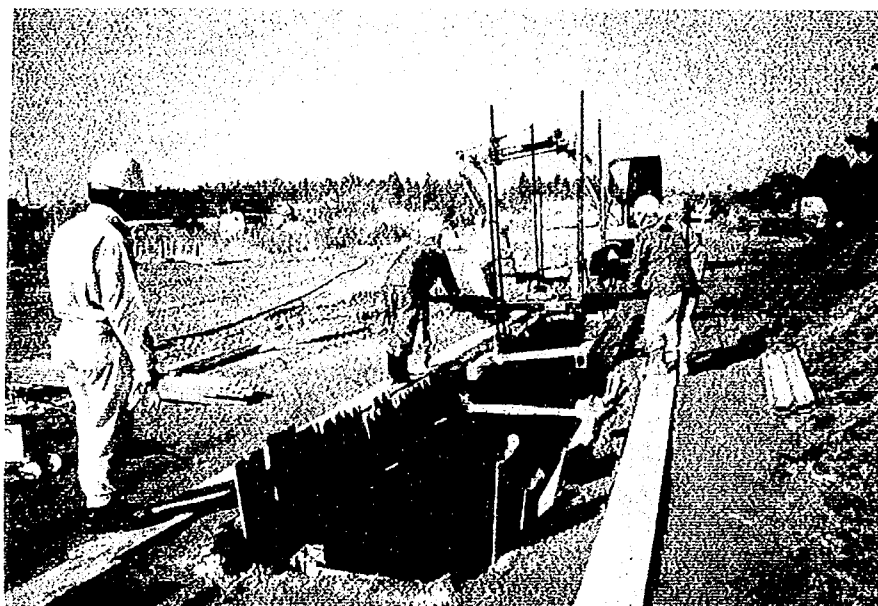


土留め設置完了

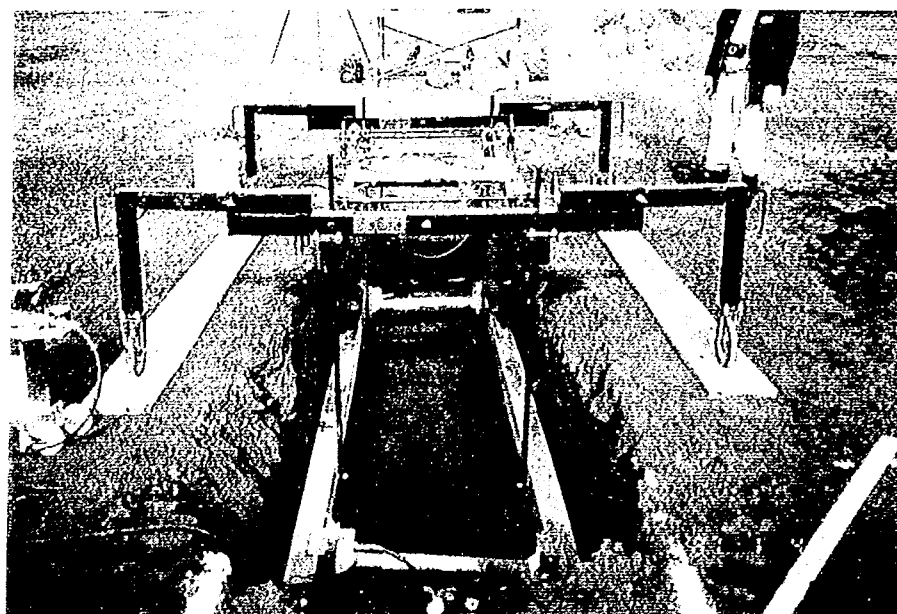
従来工法



5 S 装置
(支保工設置状態)

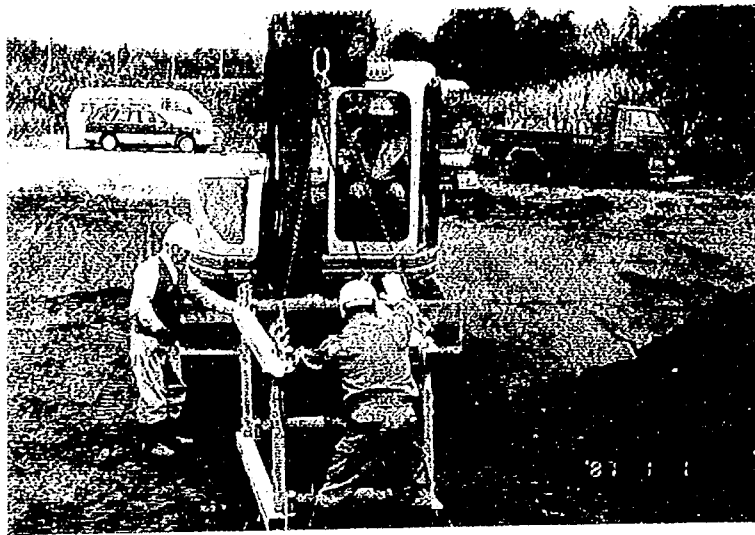
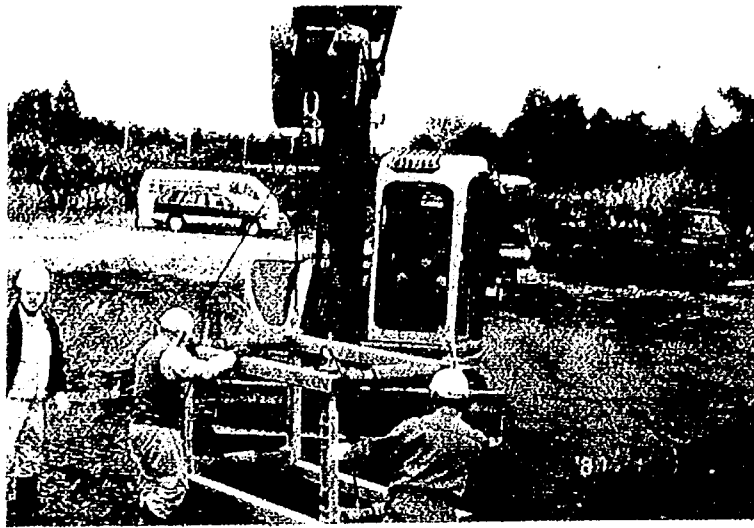


装置の移動



支保工の溝内への
スライド

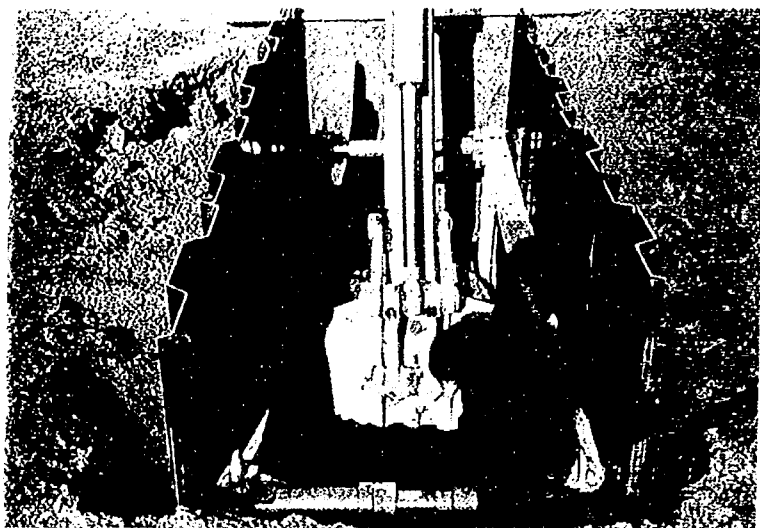
5 S 工法による土留め設置



杵組み支保工の設置作業状況



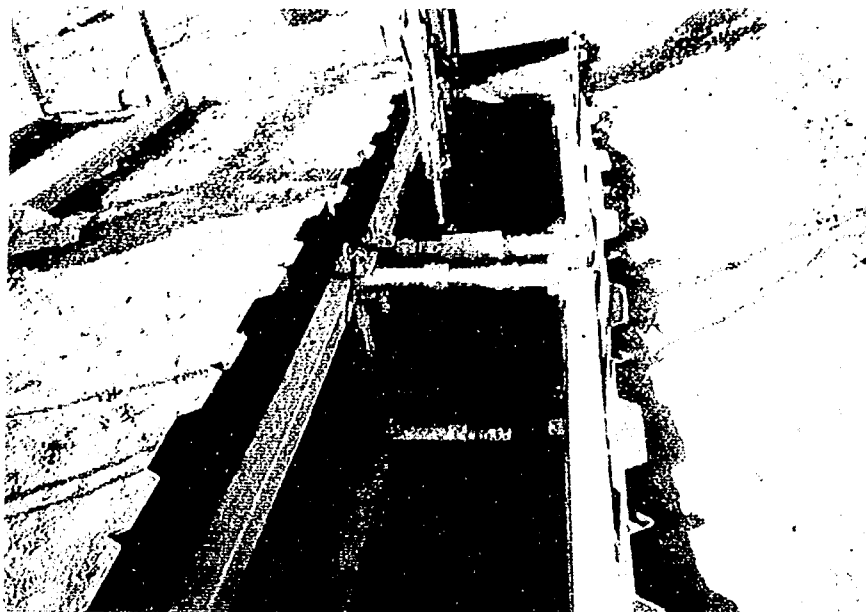
土留めの外側にクリアランスができるため発生土を投入する。



2次掘削



枠組み支保工による土留め設置完了



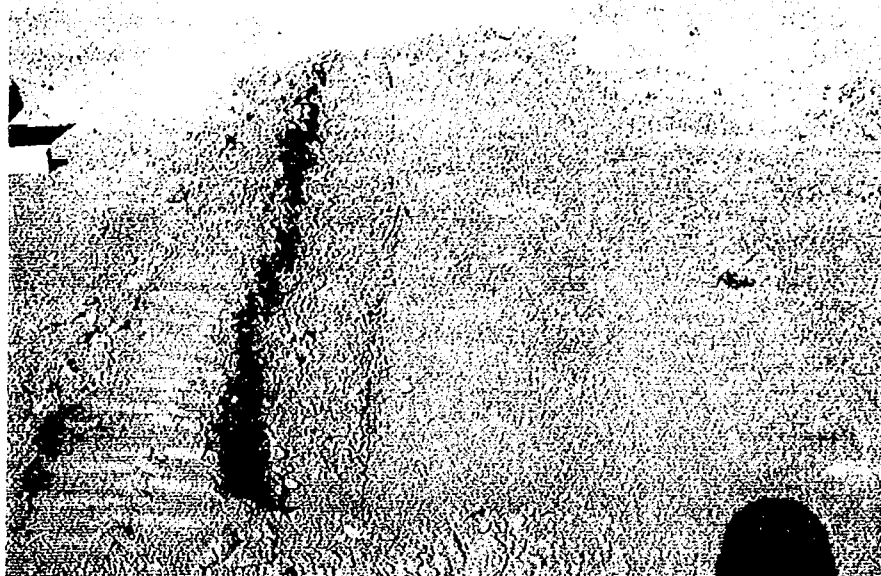
アタッチメント式コンパクター
による溝内締固め作業状況



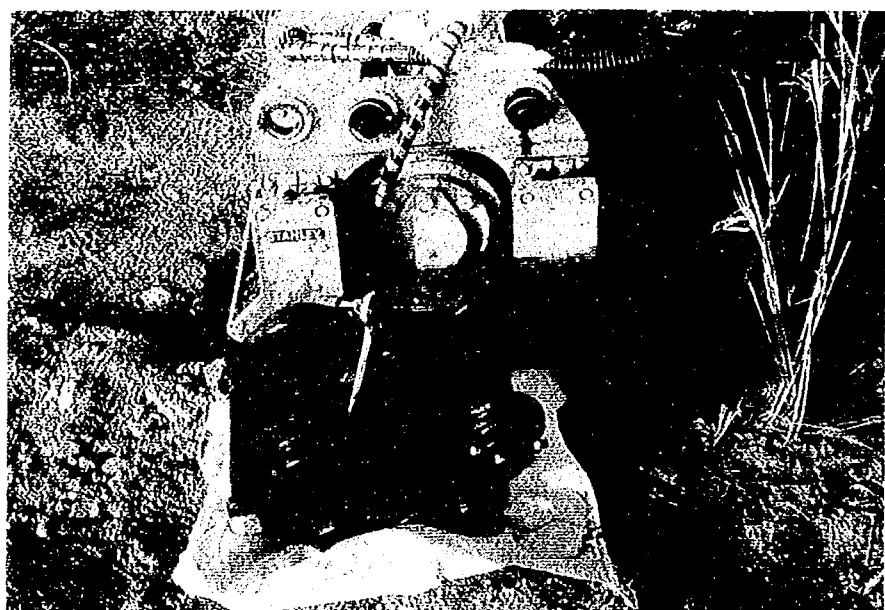
表層部の発生土の敷均し



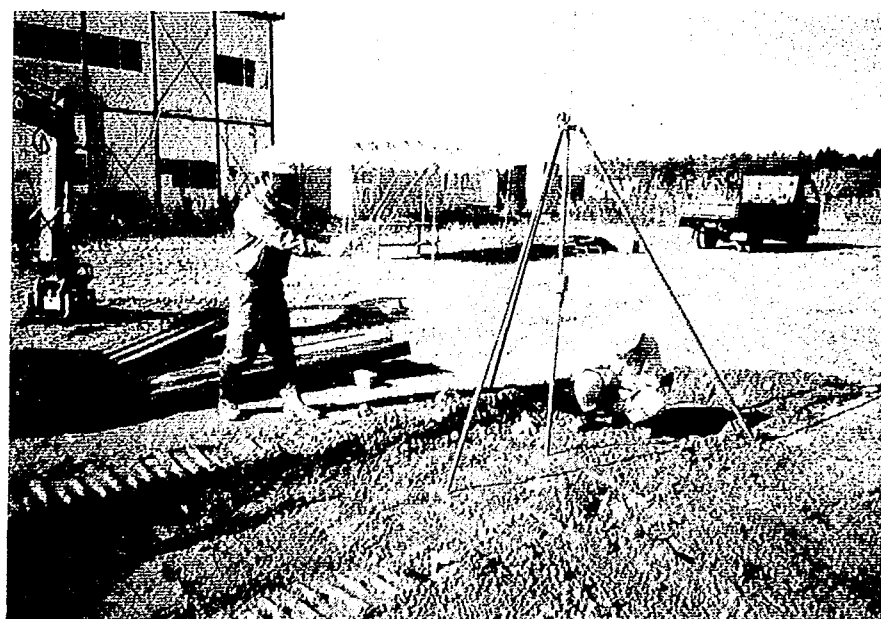
表層部の締固め作業状況



表層部締固め
作業終了後



コンパクター本体
及びピンロック



土研式貫入試験機によ
る締固め程度の調査

参考資料 6 関連発表論文

- (1) 森芳徳、市村靖光：中小規模の下水道工事における施工改善に関する調査，
平成6年度 第49回土木学会, 1994.
- (2) 森芳徳、市村靖光：当て矢板工法の改善とその評価，
平成7年度 第32回下水道研究発表会, 1995.
- (3) 森芳徳、市村靖光：中小規模の下水管路工事における施工改善とその評価，
平成7年度 第34回土木研究所研究発表会, 1995.
- (4) 森芳徳、市村靖光：中小規模の下水管路工事における安全な土留め施工法の提案，
平成8年度 第35回下水道研究発表会, 1996.
- (5) 森芳徳、市村靖光：狭隘な掘削溝内における締固め方法の合理化
平成8年度 第51回土木学会, 1996

中小規模の下水道開削工事の安全化
に関する調査

ISSN 0386-5878
土木研究所資料第3485号
平成9年3月(1997)
材料施工部施工研究室
塚田幸広・市村靖光・森 芳徳

要 旨

近年、中小規模の下水管路の埋設工事において土砂崩壊による人身事故や交通解放後の路面沈下等の問題が発生しており、より一層の施工の合理化・安全化に対するニーズが高まっている。このため、本調査では中小規模の下水道開削工事の安全性・施工性の向上を図るべく、I E (インダストリアルエンジニアリング) 手法に基づいた改善方策の策定等を行い、改善効果の評価を行った。特に、土留め工に関しては掘削溝内に入らずに土留め設置可能な可動式支保工装置を用いた施工法(5 S 工法: Safety & Speedy Sheetpile Supporting System)を開発した。

また巻末の参考資料は、5 S 工法の施工上の留意事項とその他の掘削溝内に入らずに土留めを設置する工法例を掲載した。

キーワード: 下水道開削工事、安全化、土砂崩壊、埋戻し、I E 手法、5 S 工法



郵便はがき

50円切手
をはって
下さい。

3 0 5 - □ □

建設省土木研究所

材料施工部施工研究室 行

茨城県つくば市大字旭一番地

No. 03

No. 03

配布先氏名



配布先住所

土木研究所資料第3485号

部

中小規模の下水道開削工事の安全化に関する調査

上記のとおり受領しました。

所 属 (住所)

氏 名

印

土木研究所資料第3485号

○