

自動化に適したコンクリート構造物の設計・施工技術の開発に関する

共同研究報告書 (3)

—試験施工結果—

1995年3月

建設省土木研究所
材料施工部コンクリート研究室

財団法人 先端建設技術センター

株式会社 大林組
鹿島建設 株式会社
株式会社 熊谷組
佐藤工業 株式会社
清水建設 株式会社
株式会社 錢高組

大成建設 株式会社
飛島建設 株式会社
西松建設 株式会社
株式会社 間組
前田建設工業 株式会社

Copyright © (1995) by P. W. R. I.

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

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

自動化に適したコンクリート構造物の設計・施工技術の開発に関する 共同研究報告書 (3) - 試験施工結果 -

建設省土木研究所 材料施工部 コンクリート研究室 室長	河野 広隆
研究員	森濱 和正
財団法人 先端建設技術センター 主任研究員	大内田博喜
〃	垣内 幸雄
〃	加藤 勝彦
〃	芝野 昭夫
株式会社 大林組 技術第四部 技術課長	原田 暁
鹿島建設 株式会社 知的財産センター 担当部長	重松 和男
株式会社 熊谷組 技術研究所 材料系研究部 課長	佐藤 孝一
佐藤工業 株式会社 中央技術研究所 副所長	岩藤 正彦
清水建設 株式会社 土木本部 技術第一部 副部長	小野 定
株式会社 錢高組 土木本部 営業部 課長	福永 英治
大成建設 株式会社 技術研究所 副所長	内藤 隆史
飛鳥建設 株式会社 技術本部 土木研究開発部 主任	川端 康夫
西松建設 株式会社 技術研究所 研究部長	大矢 一夫
株式会社 間 組 技術本部技術研究所技術研究部 主任研究員	村上 祐治
前田建設工業株式会社 技術研究所 次長	出頭 圭三

要 旨

建設省総合技術開発プロジェクト「建設事業における施工新技術の開発」では、「自動化に適したコンクリート構造物の設計・施工技術の開発に関する研究」に関して、1990年度より建設省土木研究所、財団法人先端建設技術センター、民間企業11社で共同研究を実施した。

本研究は、建設事業の高品質化、効率化、労働環境の向上を図る方策として、鉄筋コンクリート構造物を対象にして、施工の合理化・省力化に当たって、現行諸基準の問題点を検討し、合理化に適した設計・施工マニュアル（案）の作成を行うものである。

本報告書は、以下の項目について試験施工を実施し、材料、構造物の品質、施工の省力化効果などを調査したその結果をとりまとめたものである。

- ①流動化コンクリート、高性能AE減水剤を用いたコンクリート、高流動コンクリート
- ②ユニット鉄筋
- ③断面の単純化、配筋の標準化

キーワード：流動化コンクリート、高流動コンクリート、高性能AE減水剤を用いたコンクリート、試験施工、ユニット鉄筋、全数継手、断面の単純化、配筋の標準化、点溶接

共 同 研 究 者

機関・企業名	氏 名	役 職 名	担当年度
建設省土木研究所	嶋 久 池 岡 吉 池 藤 小 河 森 村	機械施工部長	90年度
	津 久 池 岡 吉 池 藤 小 河 森 村	機械施工部長	91～92年度
	津 久 池 岡 吉 池 藤 小 河 森 村	材料施工部長	93年度
	津 久 池 岡 吉 池 藤 小 河 森 村	材料施工部長	94年度
	津 久 池 岡 吉 池 藤 小 河 森 村	企画部先端技術開発研究官	90年度
	津 久 池 岡 吉 池 藤 小 河 森 村	"	91～92年度
	津 久 池 岡 吉 池 藤 小 河 森 村	"	93年度～
	津 久 池 岡 吉 池 藤 小 河 森 村	地質化学部コンクリート研究室長	90年度
	津 久 池 岡 吉 池 藤 小 河 森 村	材料施工部コンクリート研究室長	91年度～
	津 久 池 岡 吉 池 藤 小 河 森 村	" 研究員	90年度～
	津 久 池 岡 吉 池 藤 小 河 森 村	積算技術研究センター システム課技術基準係長	90年度～
	津 久 池 岡 吉 池 藤 小 河 森 村		
	津 久 池 岡 吉 池 藤 小 河 森 村		
(財)先端建設技術センター	赤 藤 酒 小 佐 原 糠 小 大 垣 加 芝	専務理事	90年度
	赤 藤 酒 小 佐 原 糠 小 大 垣 加 芝	"	91年度～
	赤 藤 酒 小 佐 原 糠 小 大 垣 加 芝	"	93年度～
	赤 藤 酒 小 佐 原 糠 小 大 垣 加 芝	常務理事	90年度～
	赤 藤 酒 小 佐 原 糠 小 大 垣 加 芝	"	93年度～
	赤 藤 酒 小 佐 原 糠 小 大 垣 加 芝	研究第二部長 部長	90～91年度
	赤 藤 酒 小 佐 原 糠 小 大 垣 加 芝	" "	92年度～
	赤 藤 酒 小 佐 原 糠 小 大 垣 加 芝	" "	94年度
	赤 藤 酒 小 佐 原 糠 小 大 垣 加 芝	" 主任研究員	90～91年度
	赤 藤 酒 小 佐 原 糠 小 大 垣 加 芝	" "	92年度～
	赤 藤 酒 小 佐 原 糠 小 大 垣 加 芝	" "	93年度～
	赤 藤 酒 小 佐 原 糠 小 大 垣 加 芝	" "	94年度～
	赤 藤 酒 小 佐 原 糠 小 大 垣 加 芝		
(株)大林組	扇 菊 原 堅	土木技術本部 技術第四部長	90年度～
	扇 菊 原 堅	" 設計第二部長	90年度～
	扇 菊 原 堅	" 技術第四部 技術課長	90年度～
	扇 菊 原 堅	土木技術本部 技術第四部 技術課長	90年度～
鹿島建設(株)	重 大 本 坂 山 寺 六 坂	知的財産センター 担当部長	90～94年度
	重 大 本 坂 山 寺 六 坂	技術研究所 主管研究員	90～91年度
	重 大 本 坂 山 寺 六 坂	" 主任研究員	90年度
	重 大 本 坂 山 寺 六 坂	" 研究員	90～93年度
	重 大 本 坂 山 寺 六 坂	" 研究員	91年度
	重 大 本 坂 山 寺 六 坂	" 研究員	91年度
	重 大 本 坂 山 寺 六 坂	" 研究員	92～93年度
	重 大 本 坂 山 寺 六 坂	" 研究員	94年度
(株)熊谷組	松 佐 渡 河	技術研究所材料研究部 主任研究員	90～92年度
	松 佐 渡 河	技術研究所材料研究部 課長	93年度～
	松 佐 渡 河	" 係長	90年度～
	松 佐 渡 河	" 研究員	90年度～
佐藤工業(株)	岩 弘 宇	中央技術研究所 副所長	90年度～
	岩 弘 宇	" 主任研究員	90年度～
	岩 弘 宇	" 研究員	90年度～

清水建設（株）	小 野 定	土木本部技術第一部	副部長	90年度～
	木 村 克		課長	90年度
	阿 部 久		課長	92年度
	江 渡 正		課員	90年度～
	戸 栗 智 仁		課員	90年度～
（株）錢高組	鶴 岡 胤	技術本部	技術研究所 副所長	92年度～
	富 士 永	土木本部	生産システム部 課長	92年度～
	福 泰 英 彦 治	〃	営業部 課長	92年度～
大成建設（株）	沖 藤 明	土木本部	土木技術部長	90～91年度
	内 藤 隆 史	技術研究所	副所長	90年度～
	大 友 健	技術研究所	土木構造水理研究グループ	92年度～
飛鳥建設（株）	増 渕 孝 二	技術本部	研究開発部長	90～91年度
	大河原 重 昭	技術本部	研究開発部長	90～93年度
	猪 俣 正	〃	土木研究開発部長	93年度～
	長谷川 昌 弘	〃	技術研究所所長	91年度～
	田 中 齊	〃	〃	91年度～
	川 端 康 夫 人	〃	土木研究開発部主任	91年度～
	大 倉 真	〃	研究開発部部員	90年度
西松建設（株）	大 矢 一 夫	技術研究所	研究部長	90年度～
	松 井 健 一	〃	主任研究員	90年度～
	高 橋 秀 樹	〃	主任研究員	92年度～
	佐 藤 幸 三	〃	主任技師	90年度
	浅 井 功 司	〃	研究員	90～91年度
	原 田 耕	〃	研究員	91年度～
（株）間組	古 部 浩	土木統括本部技術設計第2部	部長	90年度～
	大 崎 幸 雄	〃 第1部	部長	90年度～
	馬 渡 裕 二	〃 第1部	課長	91年度～
	庄 野 昭 夫	〃 第1部	課長	91年度～
	喜 多 達 夫	技術本部技術研究所技術研究部	室長	91年度～
	早 川 雅 彦	土木統括本部技術設計第1部	係長	90年度～
	村 上 祐 治	技術本部技術研究所技術研究部	主任研究員	91年度～
前田建設工業（株）	山 田 一 宇	技術本部	技術研究所 副所長(現技術部長)	90～92年度
	山 村 圭 三	〃	所長	93～94年度
	出 頭 圭 三	〃	次長	90～94年度
	内 田 明	〃	〃 土木材料研究室 副室長	93年度
			(現技術部課長)	
	渡 部 正	〃	〃 副室長	94年度
	舟 橋 政 司	〃	〃 主任研究員	93年度
	牧 野 英 久	〃	〃 研究員	90～93年度
	中 島 良 光	〃	〃 〃	91年度～

近年、建設事業においては、高い品質、高い精度の施工が求められる一方で、土木・建築施工現場の苦渋作業や危険作業から労働者を解放することが望まれている。また、建設業就業者の高齢化、熟練労働者の減少等の影響が問題とされている。

このため、建設事業の高品質化、効率化、労働環境の向上を図る方策として、土木・建築施工の自動化、合理化及び高度化のための新技術を早急に開発し、建設現場に的確に普及させる必要が高まっている。

このような状況を踏まえ、建設省においては1990年度より5年間の予定で総合技術開発プロジェクト「建設事業における施工新技術の開発」に取り組んだ。

この開発の一環として、鉄筋コンクリート構造物を対象にして、施工の合理化・省力化にあたって現行諸基準の問題点を検討し、合理化・省力化に適した設計・施工マニュアル（案）の作成を行うことを目的とする研究に関して、建設省土木研究所、財団法人先端建設技術センター、（株）大林組、鹿島建設（株）、（株）熊谷組、佐藤工業（株）、清水建設（株）、（株）錢高組、大成建設（株）、飛鳥建設（株）、西松建設（株）、（株）間組及び前田建設工業（株）が共同研究を実施した。

本研究では、現行諸基準の見直しや、アンケート調査などを実施^{〔1〕}し、合理化、省力化効果の高いと考えられる以下の3課題について検討した。その結果をとりまとめたものである。

- ① コンクリートの打込み、締固めに関する課題
- ② 鉄筋の加工・組立に関する課題
- ③ 断面の単純化、配筋の標準化に関する課題

なお、本共同研究の遂行にあたっては、山梨大学の松貝 勇先生をリーダーとする建設省「総合技術開発プロジェクト『建設事業における施工新技術の開発』土木部会 合理化施工分科会 鉄筋コンクリートワーキング」の委員の方々及び社団法人日本土木工業協会の「土木工事技術委員会 コンクリート専門部会」の委員の方々には、ご指導、ご鞭撻を頂きました。ここに深く感謝の意を評する次第である。

〔1〕 自動化に適したコンクリート構造物の設計・施工技術の開発に関する共同研究報告書

(1)、共同研究報告書、第89号、1993.3

目 次

序

1. まえがき	1
2. 各種コンクリート、ユニット鉄筋、断面の規格化・単純化、 配筋の標準化に関する試験施工	2
2. 1 試験施工の目的	2
2. 2 試験施工の概要	2
2. 3 鉄筋加工の組立て	10
2. 3. 1 ユニット鉄筋の製作・組立	10
2. 3. 2 ユニット鉄筋の強度試験結果	14
2. 4 コンクリート工	23
2. 4. 1 試験施工の概要	23
2. 4. 2 普通コンクリートの施工	27
2. 4. 3 高流動コンクリートの施工	31
2. 4. 4 流動化コンクリートの施工	56
2. 4. 5 高性能 A E 減水剤を用いたコンクリートの施工	60
2. 4. 6 単位水量の測定結果	64
2. 4. 7 騒音測定結果	69
2. 4. 8 構造体コンクリートの品質調査結果	71
2. 5 施工性の評価	92
2. 6 まとめ	95
3. スポット溶接で製作したユニット鉄筋に関する試験施工	97
3. 1 試験施工の目的	97
3. 2 試験施工の概要	97
3. 3 ユニット鉄筋の試験結果	97
3. 4 施工性の評価	104
3. 5 施工上の問題点	108
3. 6 まとめ	109

1. まえがき

わが国の社会資本の整備状況は、欧米に比べまだまだ低い状況にあり、今後も良質な構造物を大量に建設するあるいは造り替えてゆくことが要請されている。社会資本の整備にあたって、鉄筋コンクリートは欠かすことのできない重要な構造材料である。しかし、鉄筋コンクリート構造物を建設するまでには多くの工程があり、それぞれに多くの熟練工が必要である。また、それらの作業内容は、苦渋作業が多い代表的なものであり、建設産業の人手不足、高齢化の影響の最も深刻な工種のひとつとなっており、鉄筋コンクリート工を自動化あるいは合理化することが急務となっている。

鉄筋コンクリート工を自動化・合理化するにあたっての障害として、ひとつには土木構造物は一品生産が多く、繰返しによる合理化・自動化を行いにくいということがあり、もうひとつとして、現行の基準類は熟練工による作業を前提としており自動化・ロボット化がしにくいということがあげられる。

前者に対しては、一部では既に標準設計等の規格化が進んでいるが、より多種の部材の規格化・標準化や単純化、さらにはそれらに用いる鉄筋のユニット化、部材のユニット化や大型部材のプレキャスト化等が図られなければならない。これらを整備することにより初めて自動化施工やロボット施工の合理性が発揮できる。後者に対しては、自動化・合理化がスムーズに行えるような基準の見直しが必要である。

本課題では、コンクリート工の現場打設を対象に、このような合理化・省力化技術が取り入れられるような鉄筋コンクリートの設計施工に関するマニュアル（案）を作成することを目的として検討した。

検討課題は、以下の3点であり、それらについて実験などを行い、マニュアル素案により、現場で試験施工を実施した。試験施工では、材料や構造物の品質調査、以下のような合理化策がどの程度省力化効果があるか、施工にあたっての問題点などを調査した。

①コンクリートの打込み、締固めに関する課題

流動化コンクリート、高性能AE減水剤を用いたコンクリート、高流動コンクリートの利用

②鉄筋の加工・組立てに関する課題

ユニット鉄筋の利用

③断面の単純化、配筋の標準化に関する課題

なお、試験施工にあたっては、関東地建大宮工事事務所と（株）新井組、九州地建長崎工事事務所と八千代建設（株）の関係者に協力をいただいた。

2. 各種コンクリート、ユニット鉄筋、断面の規格化・単純化、配筋の標準化に関する試験施工

2. 1 試験施工の目的

本試験施工は、建設省総合開発プロジェクト「建設事業における施工新技術の開発」の一環として実施したもので、平成3年度に作成された標準設計1次案を実際の施工現場に適用し、これまでに検討してきた合理化策について

①従来仕様と比較した場合の省人化の度合、経済性および工期等の評価

②実用化に際しての施工上の問題点

等を明らかにすることを目的としている。なお、ここでは、コンクリート施工と鉄筋の加工・組立ての二つを対象にしている。

2. 2 試験施工の概要

試験施工の概要は、以下の通りである。

(1)試験施工の目的

試験施工は、現行仕様と表-2.2.1に示す7つの施工合理化仕様について省人化の度合、経済性および工期等を比較検討することを主目的としている。

表-2.2.1 現行仕様との比較項目

鉄筋の加工・組立て	コンクリート工
①形状の単純化 ②形状寸法の規格化 ③配力鉄筋仕様の改良 ④配筋の標準化 ⑤鉄筋のユニット化	①高流動（締固め不要）コンクリート ②流動コンクリート（現場添加、プラント添加）

(2)試験場所

試験施工区は、建設省関東地方建設局大宮工事事務所が管轄する熊谷バイパスの「堤根改良その2工事」で、武蔵水路及び県道中森鴻巣線と立体交差する約95mの橋梁区間とランプを含む約200mの土工区間から構成されている。

試験施工の対象となる逆T式擁壁（杭基礎）は、バイパス本線とランプとの境界に設置される約80m（20m×4ブロック）であり、起点側に階段工、終点側には重力式擁壁と接続する形になっている。試験施工対象擁壁の構造図を図-2.2.1に示す。

(3)試験期間

各種調査、試験は平成5年1月～2月に実施した。

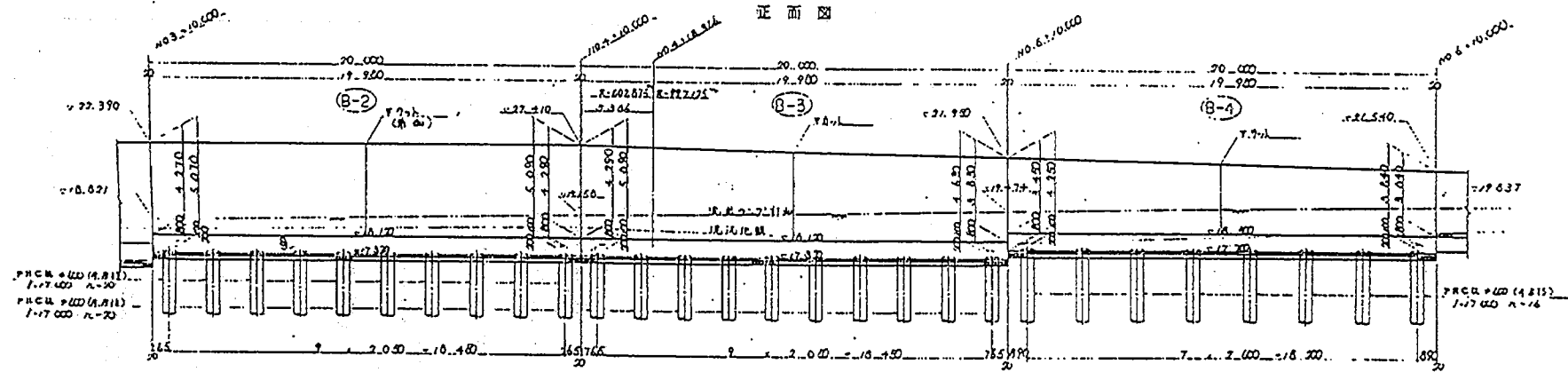
(4)調査者

建設省関東地方建設局大宮工事事務所、建設省土木研究所、共同研究参加会社

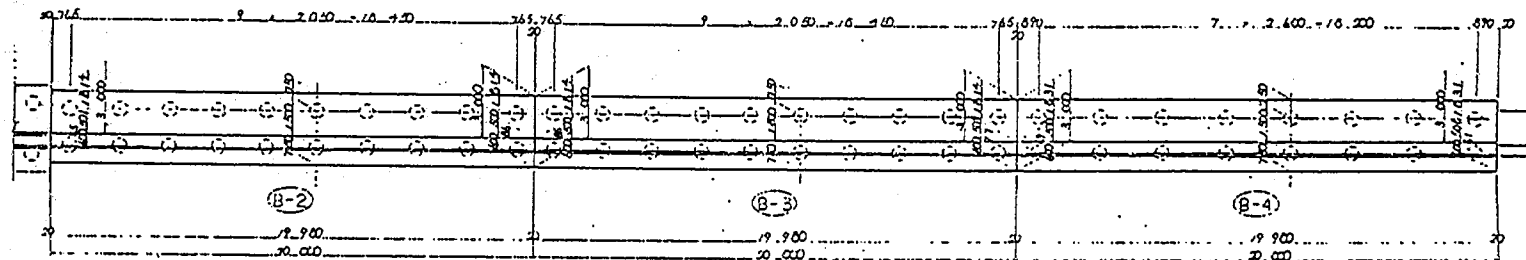
(5)調査内容

逆T型擁壁構造図 縮尺:100

正面図



平面図



断面図

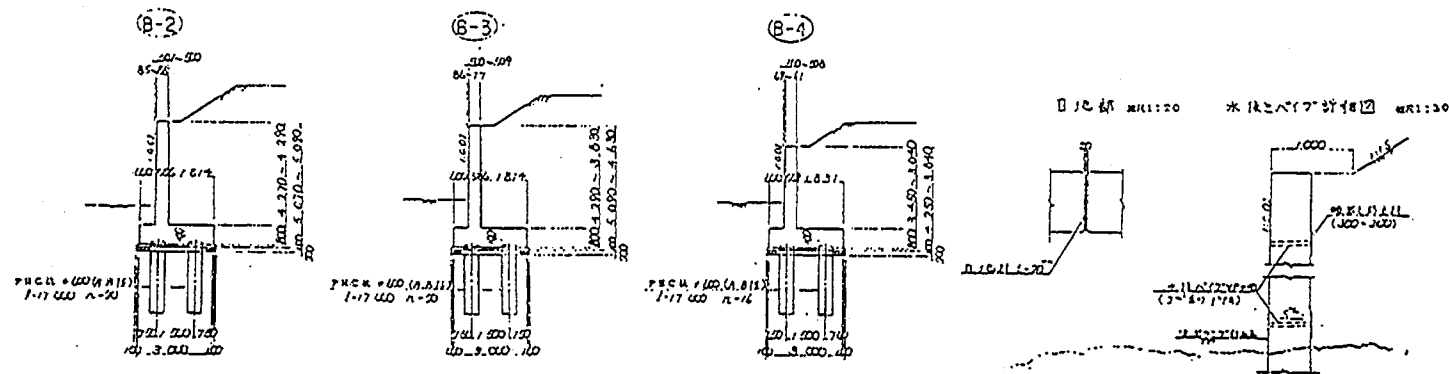


図-2.2.1 逆T型擁壁構造図

試験施工は、表-2.2.1に示した施工合理化仕様項目を擁壁4ブロックに割りつけて行った。施工合理化仕様の組合せは図-2.2.2示すとおりである。

B-1ブロック	B-2ブロック	B-3ブロック	B-4ブロック
現 行 仕 様 (形状・配筋)	形状の単純化 B-2-1 現行仕様 (配筋) B-2-2 配筋仕様 の改良	形状の単純化 鉄筋のユニット化 (立体・面材)	形状の単純化 配筋仕様の改良 配筋の標準化
普 通 コ ン ク リ ー ト	締固め不要コンクリート	流 動 化 コ ン ク リ ー ト	流 動 化 コ ン ク リ ー ト
4 @ 20m = 80m			

図-2.2.2 施工合理化仕様の組合せ

主な調査内容は表-2.2.2に示すとおりである。

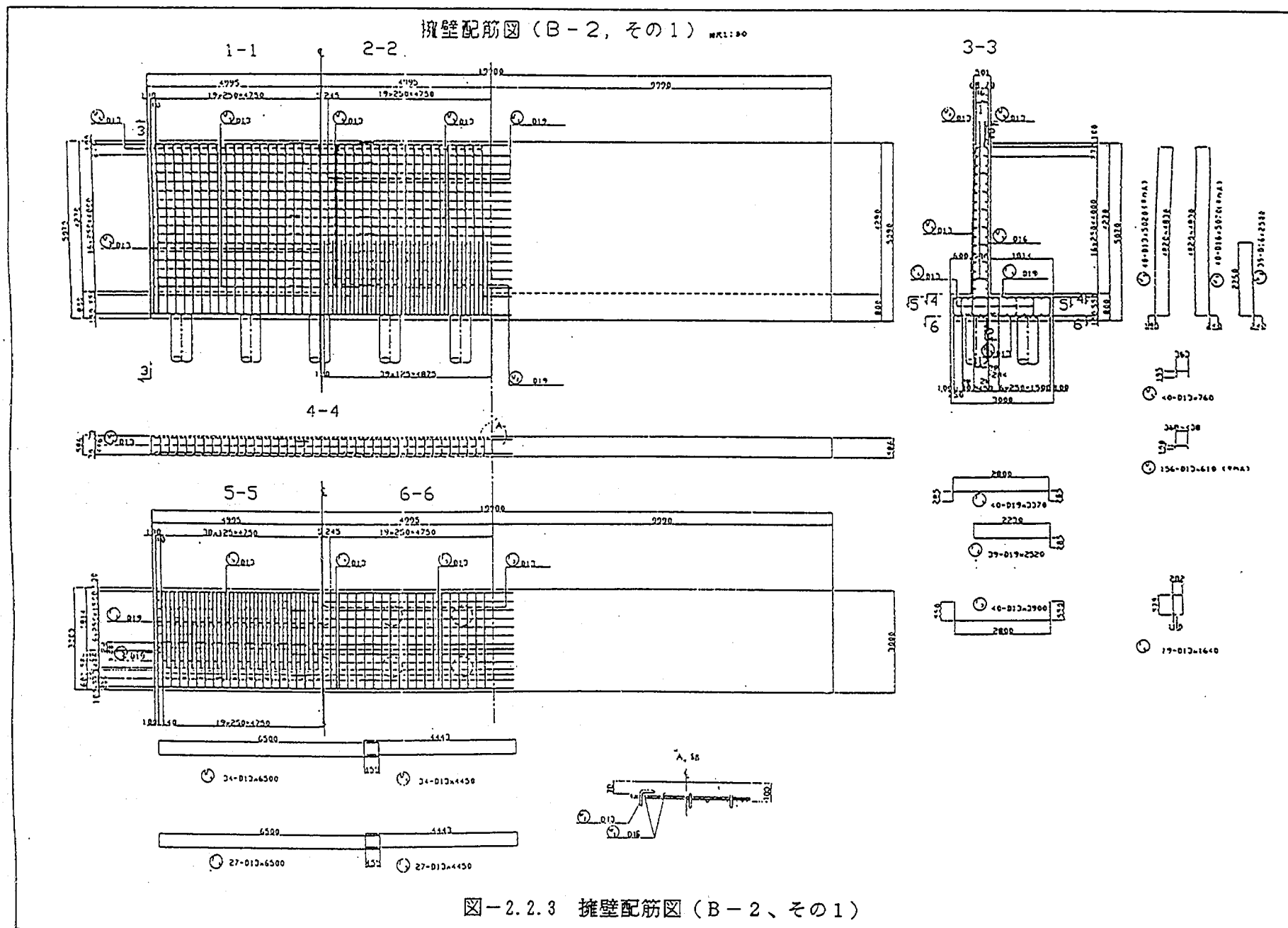
参考に現行仕様と鉄筋の形状・配筋を変えたB-2ブロック、B-3ブロックおよびB-2ブロックの配筋図をそれぞれ図-2.2.3から図-2.2.6に、また、ユニット鉄筋の詳細を図-2.2.7に示す。

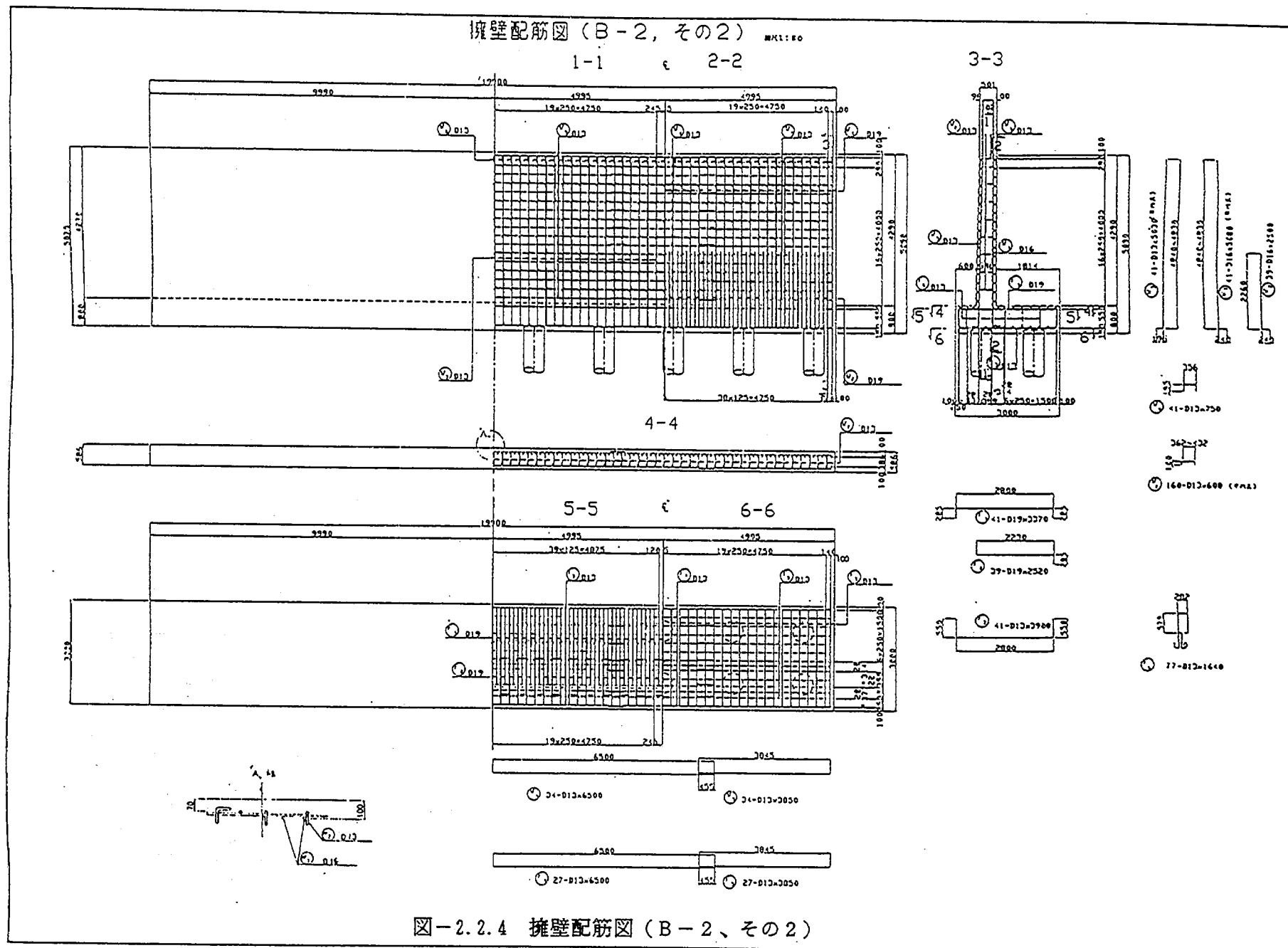
(6)調査方法

調査は、「鉄筋の加工・組立」と「コンクリート」に分けて行った。かく調査方法については、該当する節で述べる。

表-2.2.2 主な調査内容

調 査 項 目	内 容
①経済性及び工期等	- 各施工段階における職種毎の稼働時間 - 仕様する重機の名称、規格、供用時間、実稼働時間等
②ユニット鉄筋の製作及び搬入	- 製作、搬入、据付、現場組立等における職種毎の稼働時間 - 仕様する重機の名称、規格、供用時間、実稼働時間等
③流動化、高流動コンクリート	コンクリート打設における職種毎の稼働時間
④施工性合理化仕様の現場への適用性	
⑤その他 現場作業に従事した人を対象にしたヒアリング	- 作業の軽減度合 - 施工上の問題点及びその作業改善方策等





擁壁配筋図(B-3) その1

MR1:80

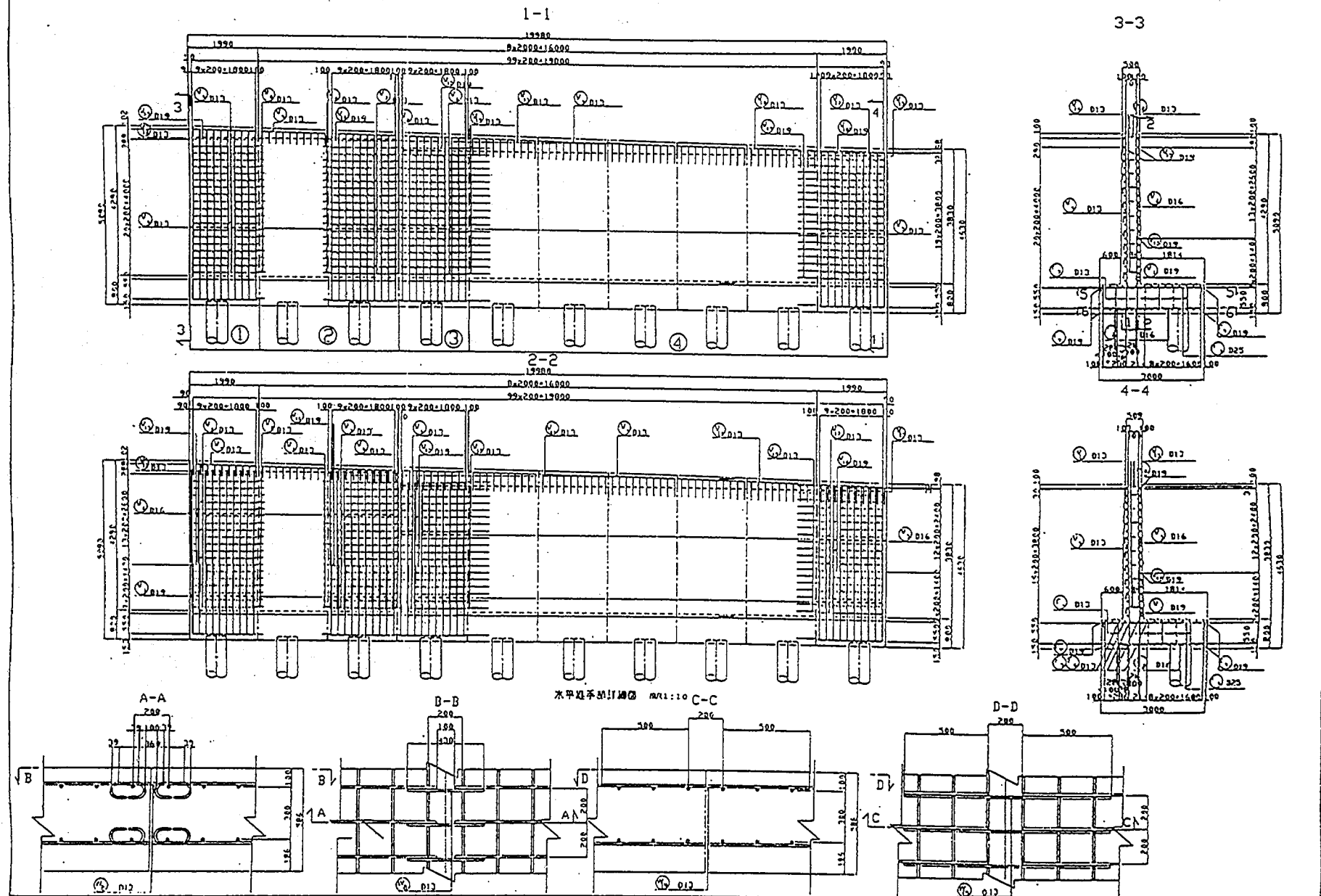
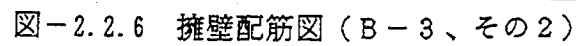


図-2.2.5 擁壁配筋図(B-3、その1)



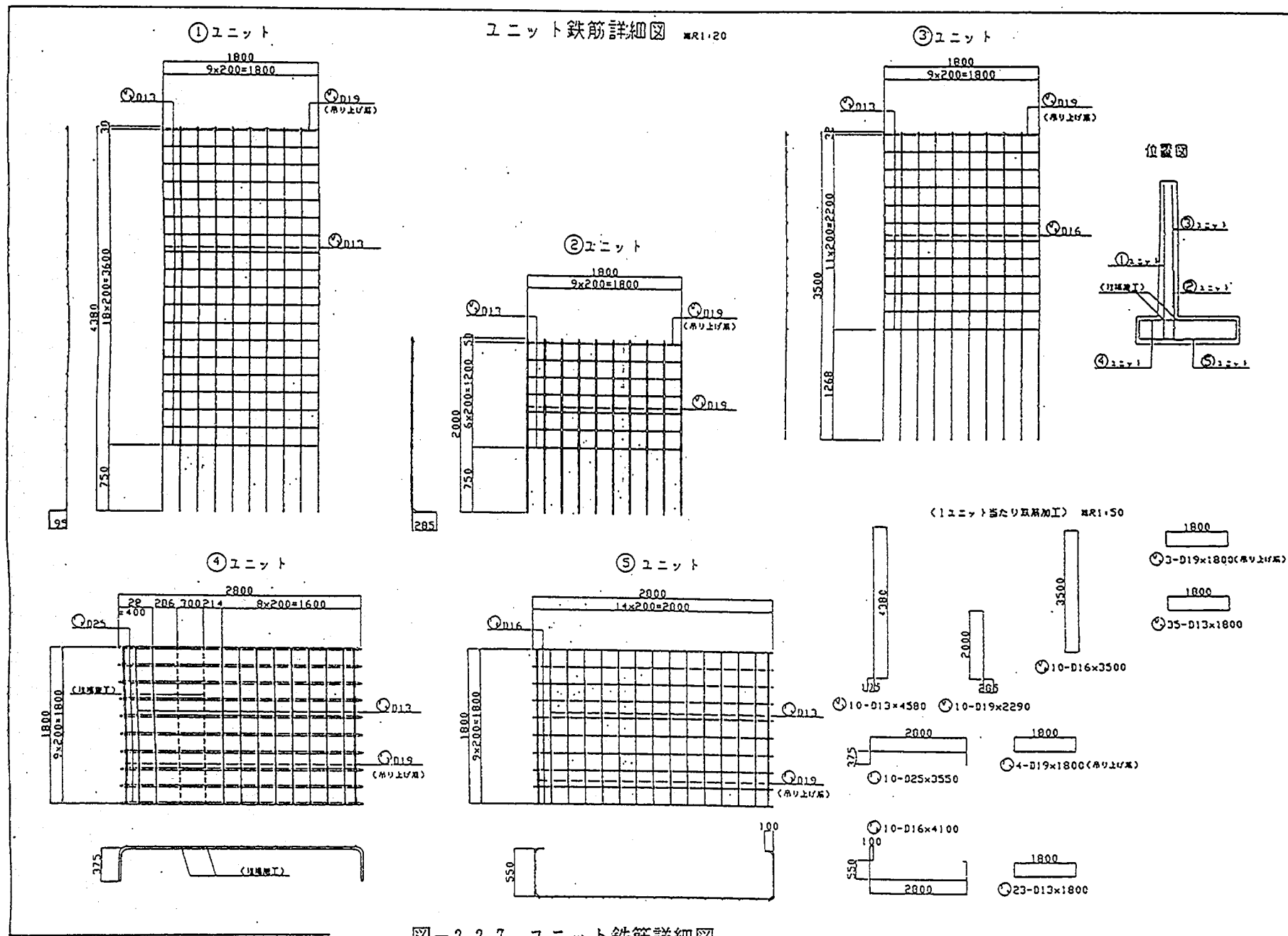


図-2.2.7 ユニット鉄筋詳細図

2.3 鉄筋加工・組立

2.3.1 ユニット鉄筋の製作・組立

B-3ブロックのユニット鉄筋は、壁部において、前面と背面の鉄筋を分割した3種類(①②③)とし、底版部において、上筋と下筋を分割した2種類(④⑤)としている(図-2.3.1)。

原設計においては、主鉄筋として、D25、D19、D16、D13が用いられ、配力鉄筋としてはD13のみが用いられていたが、ユニット化するにあたって、組立て時に吊り下げを考慮して、壁部のユニット鉄筋では上端の配力鉄筋をD19とし、底版部のユニット鉄筋では両端の配力鉄筋をD19として補強した。

ユニット鉄筋の重量は④ユニットが約170kgと最も重く、他のユニットは約100～80kgである。

各ユニット鉄筋は、現場内の架台(写真-2.3.1)上で製作した。製作にあたって、ユニット鉄筋の両端および中央に位置する主鉄筋はすべての配力鉄筋との交点で点溶接し、両端および数本の間中に位置する配力鉄筋はすべての主鉄筋との交点で点溶接した。点溶接しない交点はすべて焼なまし鉄線で結束した。

完成したユニット鉄筋はユニッククレーンで架台から仮置き場に移動させた。

ユニット鉄筋の据付けは、トラッククレーンを用い、(写真-2.3.2)、次の順序ですすめた。

⑤ユニット据付け (写真-2.3.3)

⑤ユニット相互の配力鉄筋の接続

PHC杭中埋部鉄筋の帯鉄筋の取付け

④ユニット据付け (写真-2.3.4)

④ユニット相互の配力鉄筋の接続 (写真-2.3.5)

現場施工配力鉄筋の取付け

①ユニット据付け (写真-2.3.6)

②ユニット据付け (写真-2.3.7)

③ユニット据付け

①②③ユニット相互の配力鉄筋の接続

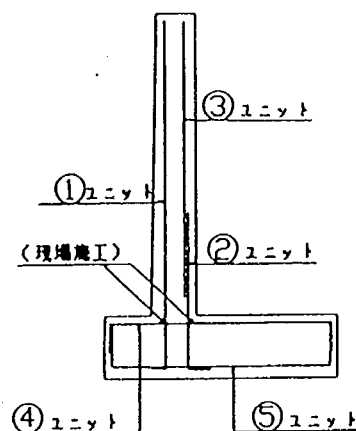


図-2.3.1 ユニット鉄筋の種類

据付け時に次のことが明らかになった。

1) ⑤ユニット鉄筋据付け精度は、PHC杭の中埋部鉄筋の位置による影響を受けることになり、隣接する

⑤ユニット相互の間隔には若干の施工誤差が生じた。

2) ④ユニット据付けは、⑤ユニットの据付け精度に係わりなく、正規の位置に容易に据付けることができた。

3) ①ユニットは、④ユニットに取付けた現場施工配力鉄筋、および仮設の足場をガイドとして据付けた。このとき①ユニットの10本の主鉄筋(圧縮鉄筋)の内2本が中埋部鉄筋の帯鉄筋と交差することになり、この主鉄筋の直角フックを切断することになった。

4) ⑤ユニット相互の配力鉄筋の接続は重ね継手の方法で行い、直筋D13×1200または、半円形フックが両端についたD13×730の2種類の鉄筋を用いたが、この半円形フックが①ユニットの主鉄筋の直角フックと接触

して、①ユニットが正しく据付けられない場合も生じた。これは半円形フックを持つ接続用鉄筋を付け直すことによって解決できた。しかし④ユニットがすでに据付けられているため、この作業はかなり面倒であった。なお、接続用鉄筋が直筋の場合にはこのような不都合は生じなかった。

5) ②ユニットは④ユニットに取付けた現場施工配力鉄筋および①ユニットをガイドとして据付けた。②ユニットの位置は中埋部鉄筋の位置から離れているため、据付けは容易であった。

6) ③ユニットは①ユニットおよび②ユニットをガイドとして据付けた。これらの作業は容易であったが、擁壁の高さが僅かに変化しているため、ユニット鉄筋の方向に注意を払って据付けなければならなかった。

以上、ユニット鉄筋の据付け作業はかなり能率よく行われた。もしも杭がない構造であれば、底版部の鉄筋は立体ユニットにすることも可能であり、ユニット鉄筋の幅も、2 m以上にでき、作業能率はさらに向上できたものと推測される。

またこの度は、点溶接しない主鉄筋と配力鉄筋の交点はすべて焼なまし鉄線で結束したけれども、今後得られる点溶接の強度をもとに、より適した点溶接の位置や箇所数、およびその他の交点の結束の要不要等について明らかにできれば、さらに省力化に役立つと思われる。

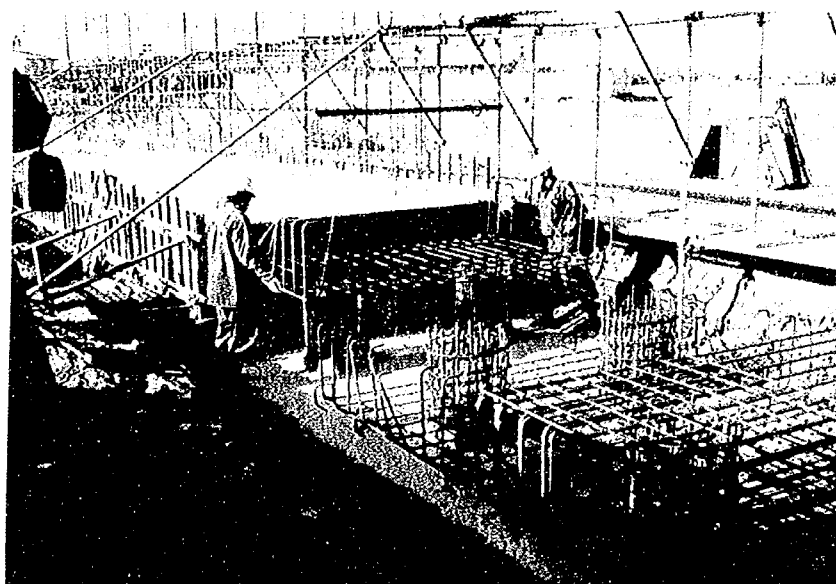
また、ユニット鉄筋を吊り下げるための補強の方法について検討することも望ましい。



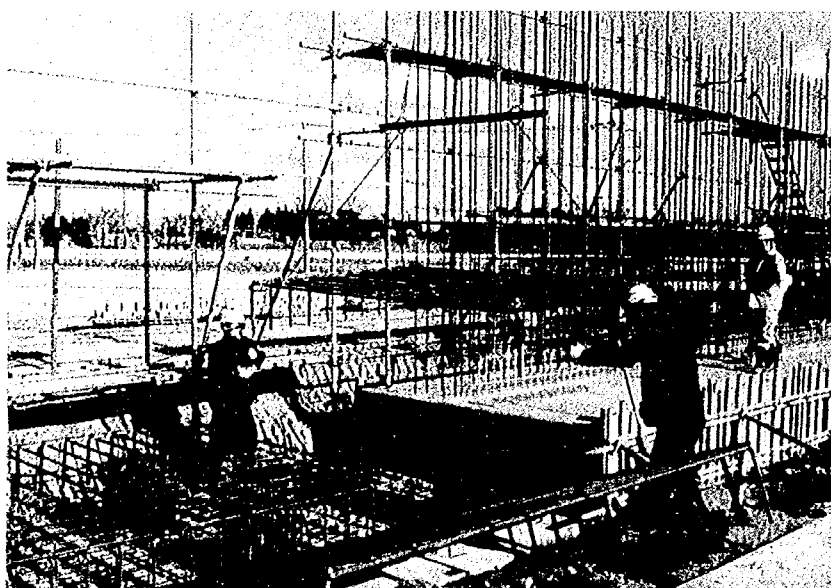
写真-2.3.1 ユニット鉄筋製作架台



写真－2.3.2 使用重機



写真－2.3.3 ⑤ユニット
の据付け



写真－2.3.4 ④ユニット
の据付け

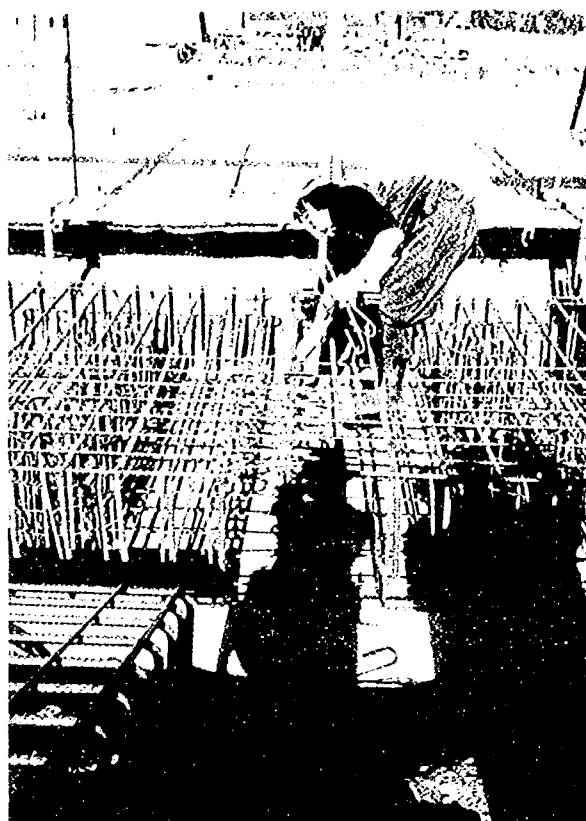


写真-2.3.5 配力鉄筋の接続
(半円形フック付き)

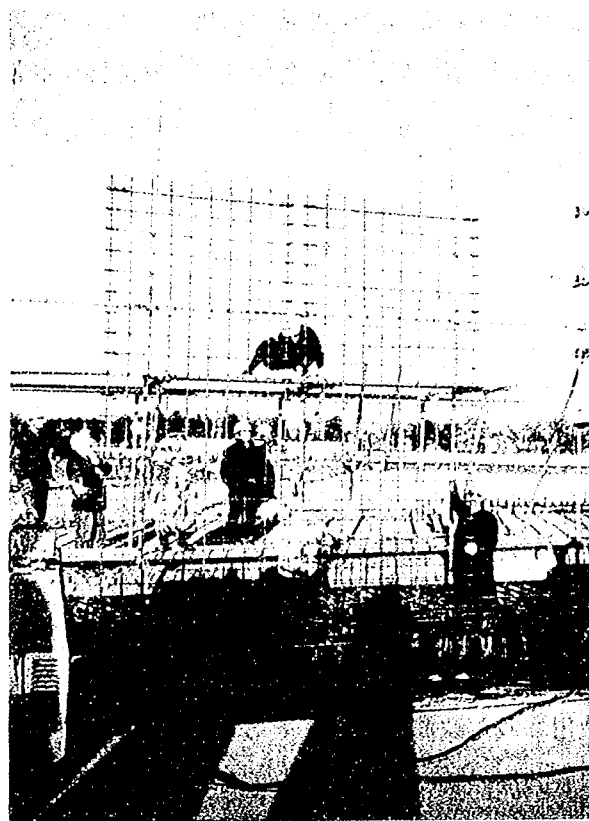


写真-2.3.6 ①ユニットの据付け



写真-2.3.7 ②ユニットの
据付け

2.3.2 ユニット鉄筋の強度試験結果

ユニット鉄筋の製作に点溶接（アーク溶接）を使用したので、抜き取り試験を実施した。試験は、引張および点溶接のせん断試験を行った。試験体の組合せは下記の6通りであり、各々5本の試験体を用意した。また、母材の試験体は各径毎に3本である。

試験体の組合わせ

D 1 3 × D 1 3

D 1 3 × D 1 6

D 1 3 × D 1 9

D 1 3 × D 2 5

D 1 6 × D 1 9

D 1 9 × D 2 5

使用された鉄筋は、全て、S D 2 9 5 A（引張強さ $440\sim 600\text{N}/\text{mm}^2$ ）である。

引張強度試験結果は、表-2.3.1、2.3.2に示す通りであり、母材（表-2.3.3）に比較すると強度は若干低下しているが、伸びはかなり低下している（図-2.3.2~2.3.5、写真-2.3.8）。

表-2.3.4にはせん断引張強度試験結果を示す。

表-2.3.1 引張強度試験結果(その1)

鉄筋の種類	No	降伏荷重 (tf)	最大荷重 (tf)	降伏点 (kg/d)	引張強さ (kg/d)	伸び率(%)		断面積(d)		伸び (%)	収り (%)	総ばね部から破断後 残までの寸法(mm)
						試験前	試験後	試験前	試験後			
D13*D13 (A)	1	4.59	6.74	3693	5422	104.00	破点外破断	1.243	0.4359	-	64.9	95
	2	4.36	6.48	3574	5311	104.00	120.80	1.220	0.8495	16.2	30.4	0
	3	4.41	6.49	3574	5259	104.00	131.00	1.234	0.4536	26.0	63.2	45
	4	4.40	6.52	3557	5271	104.00	111.00	1.237	0.9503	6.7	23.2	0
	5	4.42	6.54	3570	5283	104.00	122.10	1.238	0.7543	17.4	39.1	0
平均値				3594	5309					16.6	44.2	
D13*D13 (B)	1	4.42	6.70	3656	5542	104.00	120.40	1.209	0.8012	15.8	33.7	0
	2	4.73	6.98	3736	5513	104.00	113.90	1.266	1.188	9.5	6.2	0
	3	4.33	6.38	3543	5221	104.00	115.80	1.222	0.8171	11.3	33.1	0
	4	4.31	6.13	3568	5075	104.00	114.20	1.208	0.7698	9.8	36.3	0
	5	4.36	6.46	3542	5248	104.00	127.30	1.231	0.7854	22.4	36.2	13
平均値				3609	5320					13.8	29.1	
D16*D13 (D16)	1	7.47	10.98	4216	6196	128.00	159.85	1.772	0.8012	24.9	54.8	53
	2	7.50	10.80	4139	5960	128.00	146.20	1.812	1.217	14.2	32.8	0
	3	7.52	10.63	4292	6067	128.00	145.80	1.752	1.094	13.9	37.6	0
	4	7.04	10.36	3948	5810	128.00	159.75	1.783	0.7854	24.8	56.0	53
	5	7.62	10.77	4117	5818	128.00	144.60	1.851	1.307	13.0	29.4	0
平均値				4142	5970					18.2	42.1	
D16*D13 (D13)	1	4.66	7.00	3716	5582	104.00	破点外破断	1.254	0.5675	-	54.7	87
	2	4.56	6.65	3729	5437	104.00	134.50	1.223	0.4536	29.3	62.9	47
	3	4.45	6.77	3684	5604	104.00	129.90	1.208	0.5027	24.9	58.4	34
	4	4.67	7.07	3663	5545	104.00	破点外破断	1.275	0.5027	-	60.6	53
	5	4.70	7.07	3721	5598	104.00	129.20	1.263	0.5346	24.2	57.7	45
平均値				3703	5553					26.1	58.9	
D19*D13 (D19)	1	10.20	13.70	3874	5203	152.00	169.30	2.633	1.815	11.4	31.7	0
	2	10.26	14.90	3916	5687	152.00	172.40	2.620	1.767	13.4	32.4	0
	3	10.25	14.48	3835	5417	152.00	167.80	2.673	2.444	10.4	8.6	0
	4	10.04	15.22	3856	5845	152.00	186.70	2.604	1.827	22.8	29.8	0
	5	10.18	15.32	3850	5794	152.00	195.35	2.644	1.159	28.5	56.2	55
平均値				3866	5589					17.3	41.0	
D19*D13 (D13)	1	4.98	7.08	3943	5606	104.00	113.70	1.263	0.9417	9.3	25.4	0
	2	4.72	7.03	3734	5562	104.00	129.45	1.264	0.5945	24.5	53.0	29
	3	4.46	6.67	3617	5410	104.00	131.30	1.233	0.4301	26.3	65.1	40
	4	4.72	6.77	3920	5623	104.00	110.30	1.204	1.039	6.1	13.7	0
	5	5.21	7.71	4427	5551	104.00	125.40	1.177	0.6362	20.6	45.9	25
平均値				3928	5750					17.4	40.6	
D19*D16 (D19)	1	10.16	15.30	3946	5942	152.00	195.85	2.575	1.075	28.8	58.3	52
	2	10.12	15.60	3805	5865	152.00	184.00	2.660	2.011	21.1	24.4	0
	3	10.16	15.59	3792	5819	152.00	177.80	2.679	2.112	17.0	21.2	0
	4	10.10	15.33	3834	5820	152.00	198.60	2.634	0.9940	30.7	62.3	44
	5	10.18	15.54	3927	5995	152.00	195.80	2.592	1.217	28.8	53.0	52
平均値				3861	5888					25.3	43.8	
D19*D16 (D16)	1	6.98	11.27	3850	6216	128.00	160.50	1.813	1.188	25.4	34.5	0
	2	6.76	9.35	3729	5157	128.00	139.60	1.813	1.131	9.1	37.6	0
	3	6.96	10.47	3912	5885	128.00	153.75	1.779	1.048	20.1	41.1	0
	4	6.95	9.20	3878	5134	128.00	138.35	1.792	1.039	8.1	42.0	0
	5	6.78	10.28	3663	5554	128.00	159.75	1.851	0.7163	24.8	61.3	61
平均値				3806	5589					17.5	43.3	

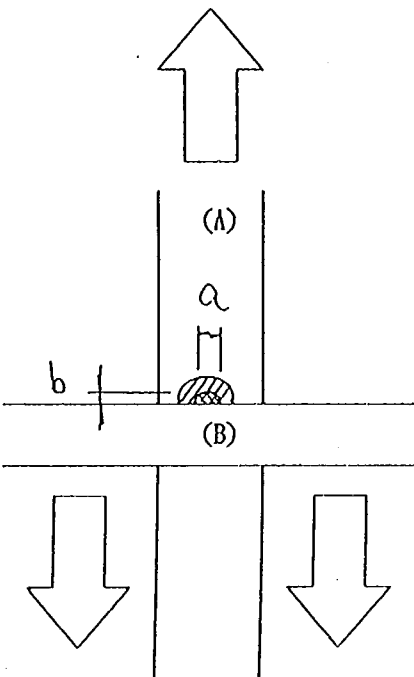
表-2.3.2 引張強度試験結果(その1)

鉄筋の種類	No	母材所重 (tf)	最大所重 (tf)	母材点 (kg/d)	引張強さ (kg/d)	断点距離(m)		断面比(d)		伸び (%)	絞り (%)	断点部境界から鉄筋位 置までの寸法(m)
						試験前	試験後	試験前	試験後			
D25*D13 (D25)	1	17.55	26.45	3796	5721	100.00	131.30	4.623	2.011	31.3	56.5	50
	2	17.60	26.50	3779	5690	100.00	126.90	4.657	2.392	26.9	48.6	65
	3	17.55	26.95	3758	5771	100.00	130.10	4.670	2.392	30.1	48.8	49
	4	17.55	26.45	3724	5612	100.00	115.60	4.713	2.715	15.6	21.2	0
	5	17.50	26.25	3728	5592	100.00	120.90	4.694	2.142	20.9	33.1	0
平均値				3757	5677					25.0	41.6	
D25*D13 (D13)	1	4.65	6.68	3971	5705	104.00	112.70	1.171	0.9764	8.4	16.6	0
	2	4.43	6.43	3658	5310	104.00	118.80	1.211	1.003	14.2	17.2	0
	3	4.56	6.68	3692	5409	104.00	132.70	1.235	0.4418	27.6	64.2	40
	4	4.80	7.03	4003	5863	104.00	117.45	1.199	0.8091	12.9	32.5	0
	5	4.59	6.37	3844	5335	104.00	117.00	1.194	0.9677	12.5	19.0	0
平均値				3834	5524					15.1	29.9	
D25*D19 (D25)	1	17.50	26.10	3736	5572	100.00	131.15	4.684	0.9852	31.2	79.0	45
	2	17.35	26.10	3715	5589	100.00	124.70	4.670	2.061	24.7	55.9	60
	3	17.65	26.43	3759	5629	100.00	125.35	4.695	2.956	25.4	37.0	0
	4	17.80	26.58	3844	5740	100.00	131.25	4.631	1.188	31.3	74.3	50
	5	17.60	26.20	3761	5599	100.00	118.40	4.679	3.269	18.4	30.1	0
平均値				3763	5626					26.2	55.3	
D25*D19 (D19)	1	10.30	15.37	3937	5875	152.00	174.65	2.616	1.767	14.9	32.5	0
	2	10.14	14.96	3926	5792	152.00	169.65	2.583	1.720	11.6	33.4	0
	3	10.04	15.30	3829	5835	152.00	174.20	2.622	1.651	14.6	37.0	0
	4	10.64	15.57	3961	5797	152.00	171.00	2.686	1.948	12.5	27.5	0
	5	10.48	15.34	3938	5765	152.00	168.35	2.661	1.948	10.8	26.8	0
平均値				3918	5813					12.9	31.4	

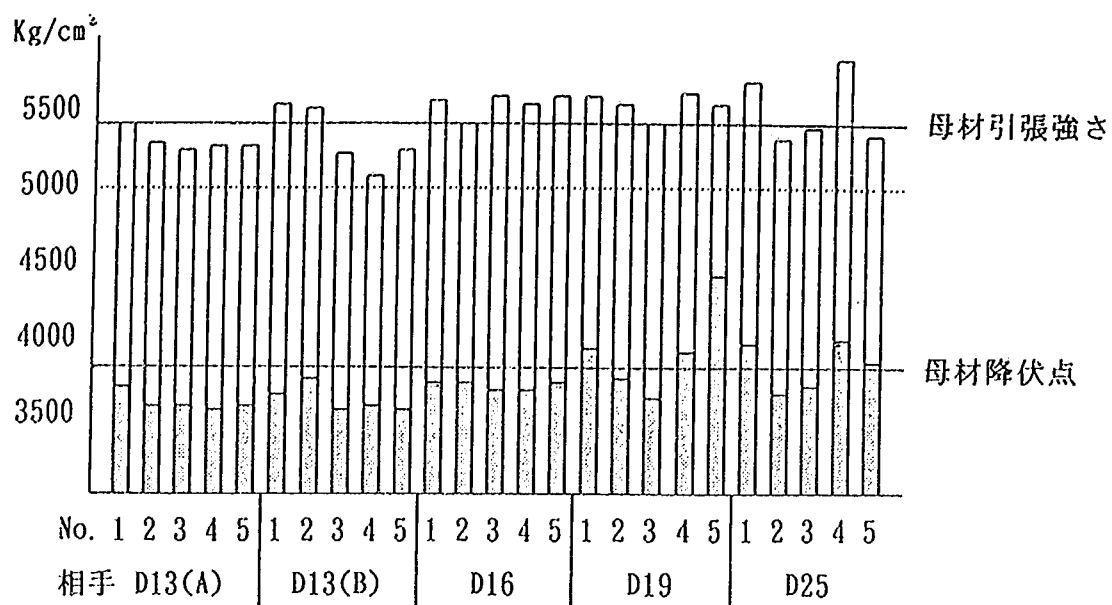
表-2.3.3 引張強度試験結果(母材)

鉄筋の種類	No	母材所重 (tf)	最大所重 (tf)	母材点 (kg/d)	引張強さ (kg/d)	断点距離(m)		断面比(d)		伸び (%)	絞り (%)	備 考
						試験前	試験後	試験前	試験後			
D13	1	4.74	6.87	3857	5590	104.00	-	1.229	0.6151	-	50.0	断点外で破断
	2	4.67	6.67	3778	5396	104.00	-	1.236	0.6151	-	50.2	断点外で破断
	3	4.70	6.61	3784	5322	104.00	134.80	1.242	0.4477	29.6	64.0	
平均値				3806	5436					29.6	54.9	
D16	1	7.04	10.40	3805	5622	128.00	161.65	1.850	0.7390	26.3	60.1	
	2	7.04	10.41	3881	5739	128.00	160.50	1.814	0.6793	25.4	62.6	
	3	7.45	10.75	4040	5830	128.00	160.10	1.844	0.7543	25.1	59.1	
平均値				3909	5730					25.6	60.6	
D19	1	10.25	15.40	3852	5787	152.00	191.55	2.661	1.150	26.0	56.8	
	2	10.25	15.38	3909	5866	152.00	191.55	2.622	1.075	26.0	59.0	
	3	10.25	15.48	3911	5906	152.00	185.75	2.621	1.327	22.2	49.4	
平均値				3891	5853					24.7	55.1	
D25	1	17.65	26.85	3791	5767	100.00	124.40	4.656	1.961	24.4	57.9	断点の位置で破断
	2	17.65	26.90	3815	5814	100.00	132.70	4.627	1.924	32.7	58.4	
	3	17.70	27.15	3770	5783	100.00	-	4.695	1.948	-	58.5	断点外で破断
平均値				3792	5788					28.6	58.3	

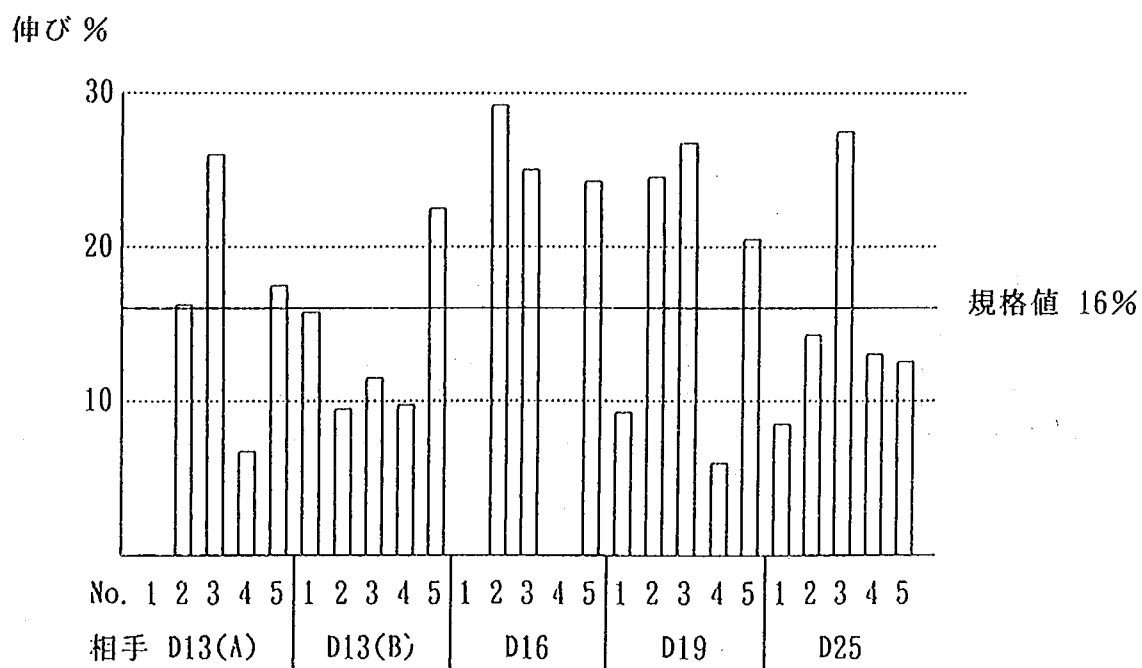
表-2.3.4 セン断強度試験結果

鉄筋の種類	No	破断荷重 (kg)	破面寸法(mm)		備 考
			a	b	
D13*D13 (A) (B)	1	1060	8.0	3.0	
	2	860	4.5	2.0	
	3	1350	7.0	3.8	
	4	1030	10.5	3.5	
	5	880	6.0	2.7	
平均値		1036			
D16*D13	1	1210	7.5	5.0	
	2	460	5.5	2.0	
	3	1010	5.3	2.0	
	4	1450	7.7	3.0	
	5	1220	7.0	3.5	
平均値		1070			
D19*D13	1	990	8.0	5.5	
	2	1120	4.7	3.5	
	3	1260	3.5	5.0	
	4	1920	11.0	2.5	
	5	1420	11.0	3.5	
平均値		1342			
D19*D16	1	1240	9.5	3.5	
	2	1850	13.0	3.0	
	3	1470	8.0	3.7	
	4	1800	14.0	3.5	
	5	2430	12.0	3.5	
平均値		1758			
D25*D13	1	880	8.5	2.3	
	2	670	8.4	2.5	
	3	520	5.2	2.3	
	4	-	2.0	1.2	
	5	-	4.5	1.8	
平均値		690			
D25*D19	1	890	6.5	3.2	
	2	1260	10.0	4.0	
	3	430	7.0	2.8	
	4	1350	10.8	2.8	
	5	480	6.0	3.5	
平均値		882			

注1) D13*D13では主筋に相当する方をAとし、配力筋に相当する方をBとした。
 注2) D25*D13の4と5は既に破断していた。

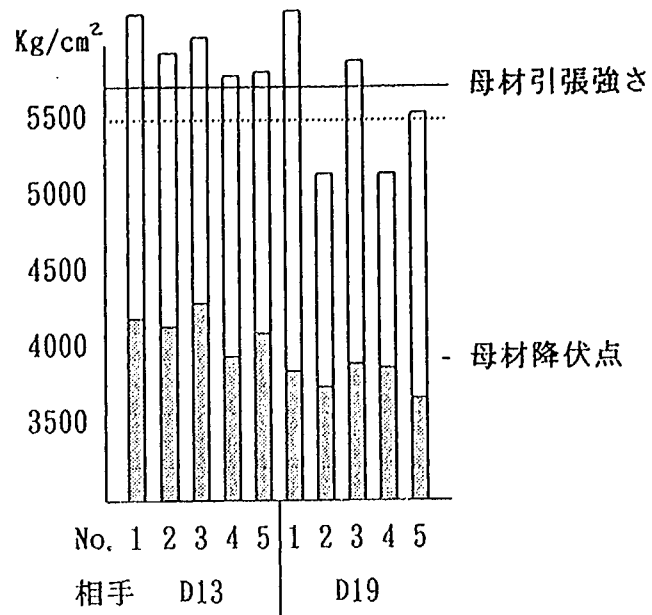


(1) D 1 3 引張強度試験結果

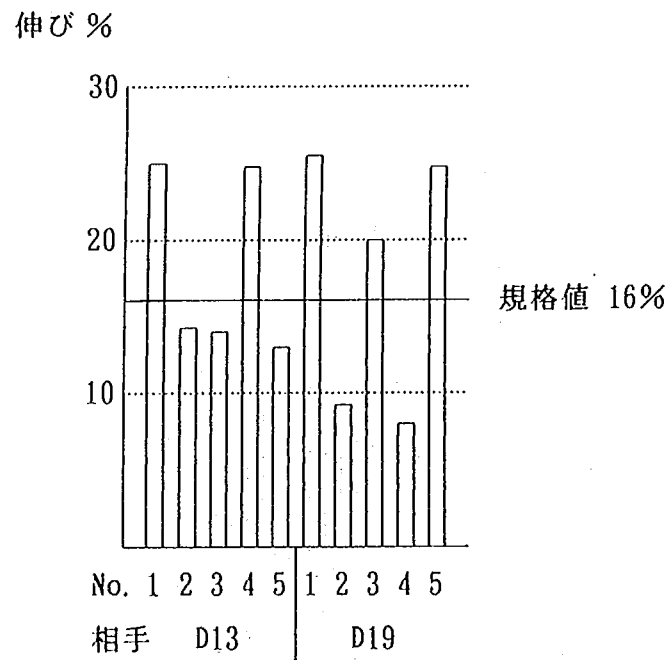


(2) D 1 3 伸び試験結果

図-2.3.2 D 1 3 引張試験結果

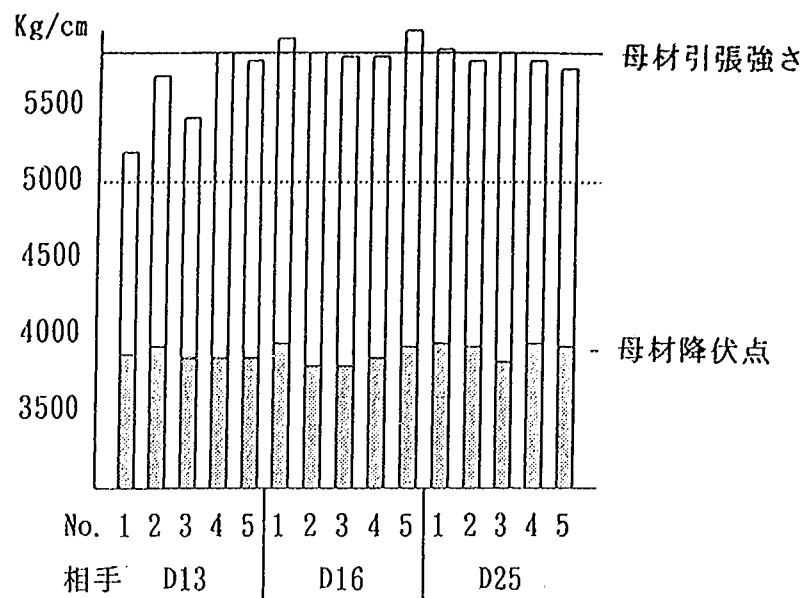


(1) D 1 6 引張強度試験結果

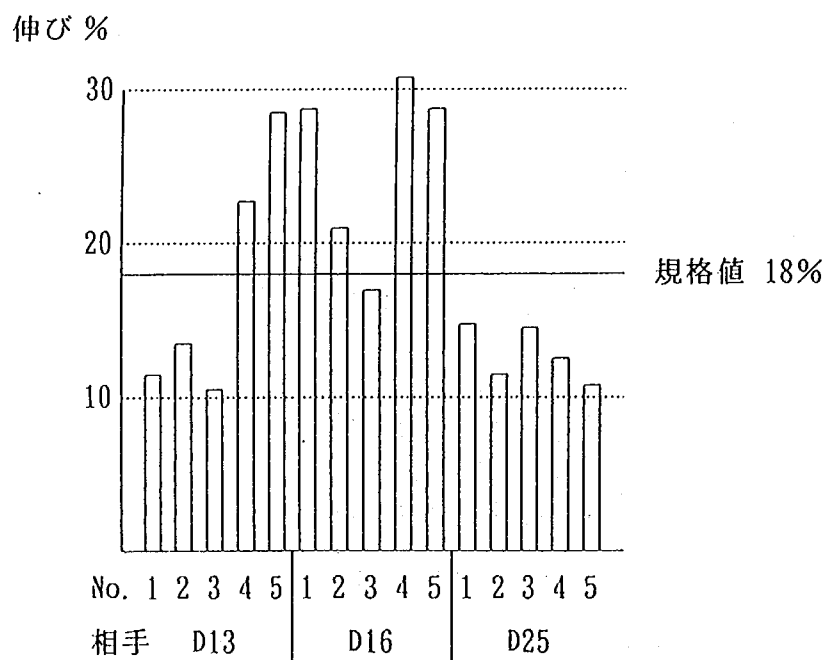


(2) D 1 6 伸び試験結果

図-2.3.3 D 1 6 引張試験結果

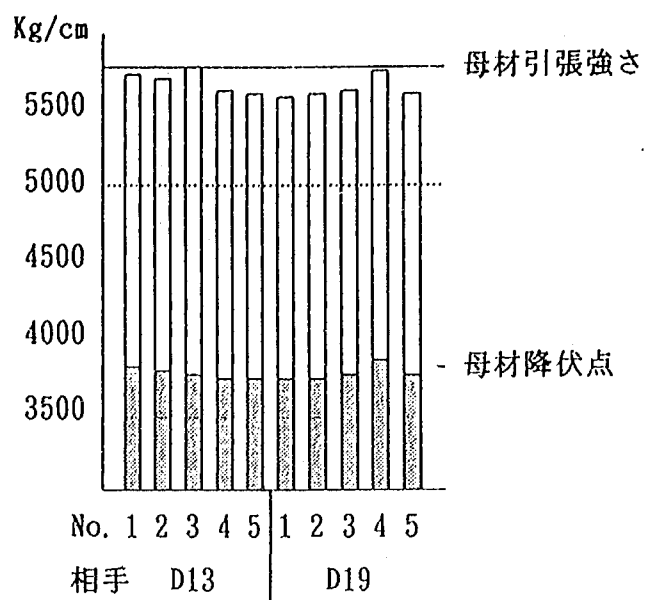


(1) D 1 9 引張強度試験結果

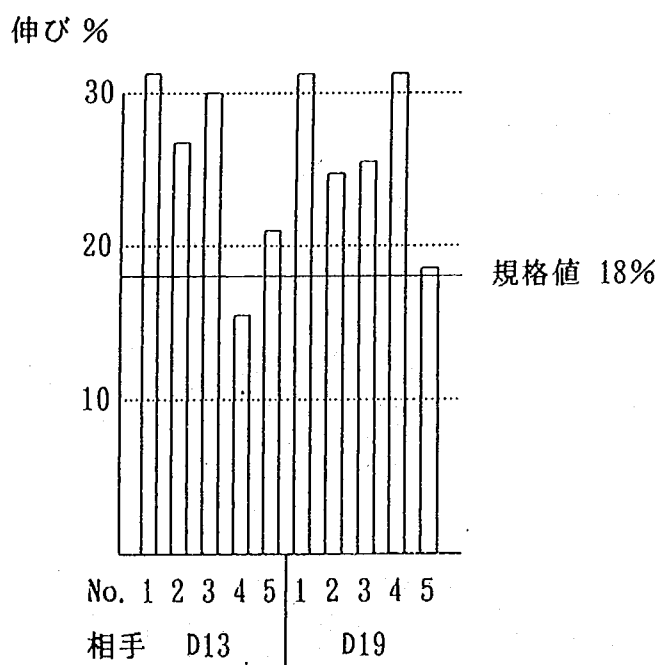


(2) D 1 9 伸び試験結果

図-2.3.4 D 1 9 引張試験結果



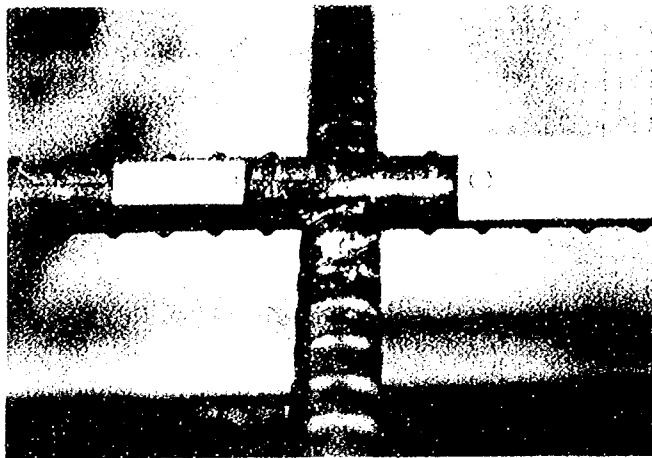
(1) D 2 5 引張強度試験結果



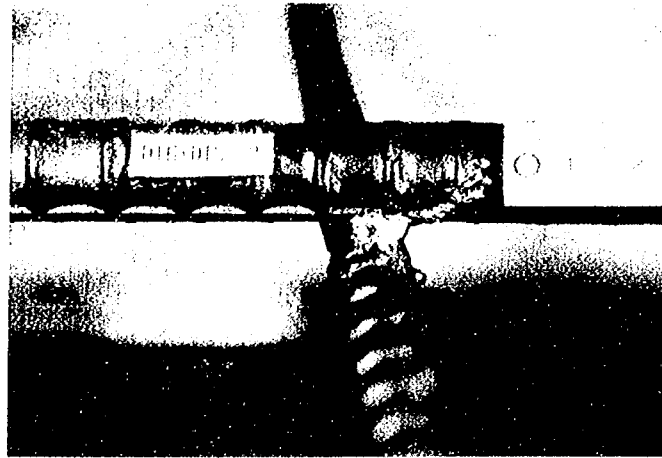
(2) D 2 5 伸び試験結果

図-2.3.5 D 2 5 引張試験結果

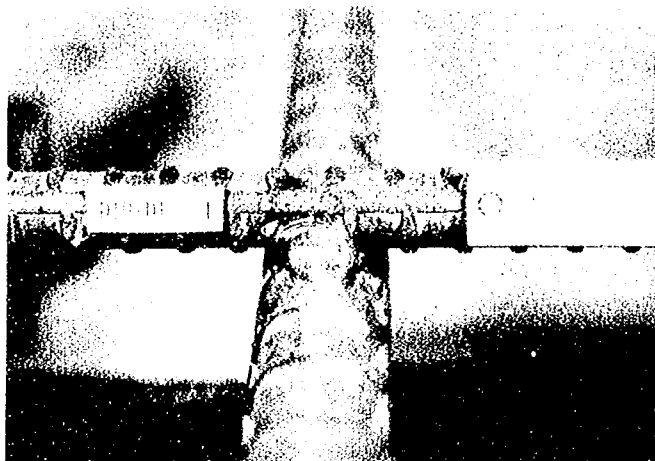
溶接状況写真



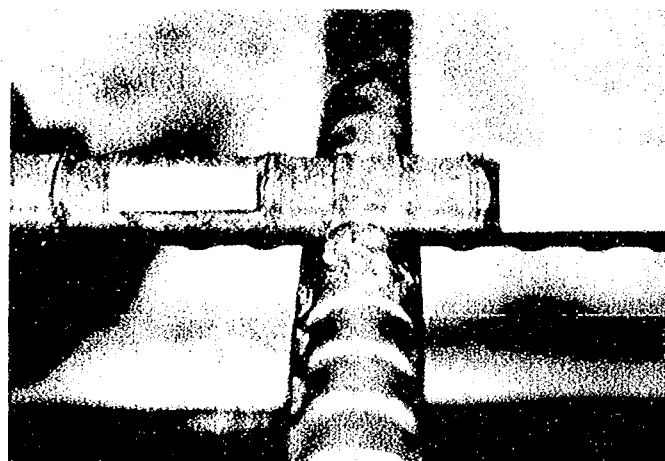
D 1 3 × D 1 3 No. 4



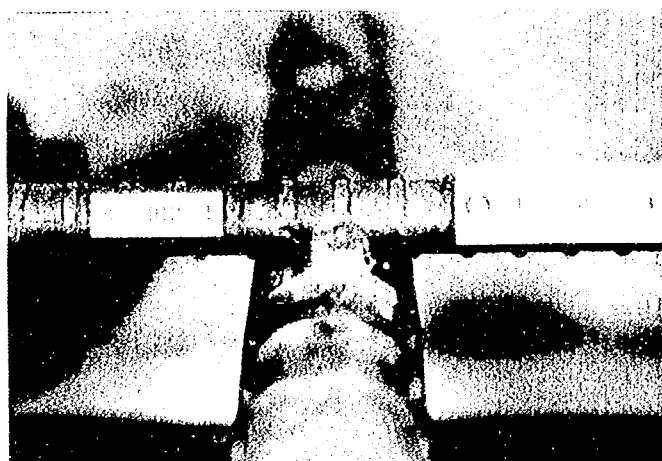
D 1 6 × D 1 3 No. 3



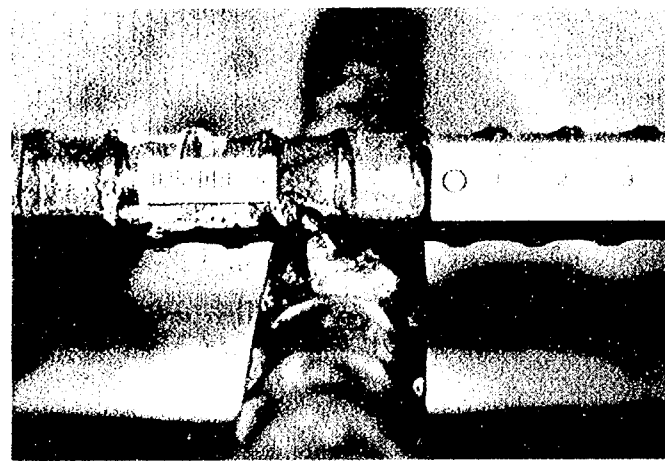
D 1 9 × D 1 3 No. 4



D 1 9 × D 1 6 No. 4



D 2 5 × D 1 3 No. 1



D 2 5 × D 1 9 No. 5

写真-2.3.8 溶接状況写真

2. 4 コンクリート工

2.4.1 試験施工概要

(1)コンクリートの種類とブロック割り

コンクリートの種類とブロック割りは、表2.4.1-1に示すとおりである。

表2.4.1-1 コンクリートの種類とブロック割

ブロック	コンクリートの種類	打設日
B-1	普通コンクリート（スラブ [°] 8 cm、設計標準強度210kg/cm ² ）	1/30
B-2	高流動コンクリート（スラブ [°] フロー 65±5cm）	2/10
B-3	流動化コンクリート（スラブ [°] 8 cm→15cm）	2/ 4
B-4	高性能AE減水剤を用いたコンクリート（スラブ [°] 15cm）	2/12

(2)使用材料および配合

(a)使用材料

使用材料のメーカー及び品質は、以下のとおりである。

セメント	：小野田セメント(株)	高炉セメントB種	比重=3.04
石灰石粉	：奥多摩工業(株)	炭酸カルシウム	比重=2.70(高流動コンクリート用)
細骨材	：栃木県栃木市尻内町	陸砂	比重=2.61 FM=2.75
粗骨材	：栃木県栃木市尻内町	陸砂利(Gmax25)	比重=2.63 FM=6.85
AE減水剤	：ポゾリスNo.70		
流動化剤	：レオビルドNP-20（流動化コンクリート用）		
高性能AE減水剤	：レオビルドSP-8N（高性能AE減水剤を用いたコンクリート用）		
高性能減水剤	：レオビルドNL-1440（高流動コンクリート用）		
AE助剤	：レオビルドNo.775S（高流動コンクリート用）		
増粘剤	：山宗化学ビスコン100（グルコース系増粘剤、高流動コンクリート用）		

(b)コンクリートの配合

普通コンクリート、流動化コンクリート、高性能AE減水剤を用いたコンクリート用の配合を表2.4.1-2に、高流動コンクリートの配合を表2.4.1-3に示す。

(3)コンクリートの打設要領

コンクリートの打設要領は、表2.4.1-4に示すとおりである。

(4)コンクリートの品質調査要領

コンクリートの品質調査要領は表2.4.1-5に示すとおりである。

表2.4.1-2 コンクリートの配合

コンクリートの種類	Gmax (mm)	スランプ ^o (cm)	空気量 (%)	W/C (%)	s/a (%)	単 位 量 (kg/m ³)				
						W	C	S	G	Ad
1	25	8±2.5	4±1	57.5	44.5	153	266	835	1049	0.708
2	25	8→15	4±1	57.5	46.5	153	271	867	1007	0.722
3	25	15±2.5	4±1	57.5	46.5	153	275	864	1002	4.125

注) 1: 普通コンクリート、2: 流動化コンクリート、3: 高性能AE減水剤を用いたコンクリート

表2.4.1-3 高流動コンクリートの配合

W/C (%)	w/pd (%)	s/pt (%)	Gvol m'/m'	目標 スランプ ^o フロー (cm)	目標 空気量 (%)	単位量(kg/m ³)					SP剤 (*) P×%	AE剤 P×%	増粘 剤 W×%
						W	C	SD	S	G			
57.5	95.0	75.4	0.33	65±5	4±1	175	304	227	707	868	1.6	3A	0.05

*)SP剤の添加率: セメント換算粉体重量($C+SD \times \rho_c / \rho_{SD}$)に対する体積比、 ρ_c :セメントの比重、 ρ_{SD} :石粉の比重

表-2.4.1-4 コンクリート打設要領

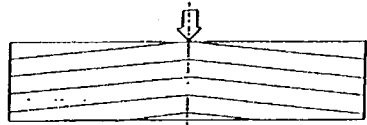
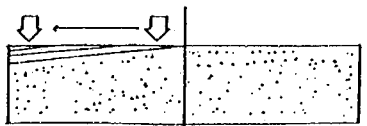
共通	①コンクリートの打設は、コンクリート標準示方書及び建設省土木工事共通仕様書に準じ実施する。 ②せき版間の隙間や転用せき版の孔は、必ず塞いでおく。とくに型枠とフーチングコンクリートの間に隙間がないことを確認する。(高流動コンクリートは特に留意する。) ③コンクリートの打設前に先打ちのコンクリートを十分に湿らせておく。 ④生コン車の配車にあたっては、現着時間が練上りから30分程度になるよう、デリバリがつき、指示を与える。 ⑤打設スピードは、時間$20\sim30\text{m}^3/\text{hr}$とする。 ⑥アジテータ車の遅れ、ポンプの故障などによる中断の後、打設を再開する場合には、中断前に打設したコンクリートが十分な流動性を保っていることを確認する。 ⑦練混ぜ後、長時間を経過して流動性が低下したコンクリートは打設してはならない。 ⑧不慮の事態(型枠の変形、締固め作業の不徹底etc.)に際しては、打設を中止し、適切な処理を行う。 ⑨コンクリート表面のブリージング水、ゴミ等は、随時除去する。 ⑩型枠の存置期間は5日以上とし、その間は5°C以上に保つ。 ⑪天端は乾燥防止のため仕上げ期間中は風よけシートをかぶせ、その後は湿布養生とする。		
	普通コンクリート	高性能AE減水剤、流動化コンクリート	高流動コンクリート
	①ポンプの筒先より、コンクリート面までの落下高さは、1.5m以内とする。 ②1層の打設厚は50cmで2層で1m以内とし、コンクリートの高低差は1m以内になるよう、打設箇所を調整する。 ③締固めのピッチは、1m以内、1ヶ所十分な締固めを実施する。(コンクリートの状態を確認の上、作業標準を定める。) ④コンクリートの投入口は、3ヶ所以上とし、上記打設作業に合わせ投入口を増やす。	①ポンプの筒先より、コンクリート面までの落下高さは1.5m以内とする。 ②1層の打設厚は50cmで2層で1m以内とし、コンクリートの高低差は1m以内になるよう、打設箇所を調整する。 ③締固めのピッチは、1m以内、1ヶ所十分な締固めを実施する。(コンクリートの状態を確認の上、作業標準を定める。) ④コンクリートの投入口は、3ヶ所以上とし、上記打設作業に合わせ投入口を増やす。	①投入は、擁壁の中央部1ヶ所から行い、下図に示すように擁壁天端まで連続で打設する。  ②筒先より、コンクリート面までの落下高さは、1.5m以内とする。 ③打残しは片側ずつ方押しで打設する。  ④打設直後、天端は粗仕上げを行う。 ⑤鉄筋が障害となってコンクリートが流動しない場合、勾配が急な場合はパイプ・レークを使用する。

表2.4.1-5 コンクリート品質調査要領

時 期	普通コンクリート		高性能AE減水剤、 流動化コンクリート		高流動コンクリート	
	管理項目	頻度	管理項目	頻度	管理項目	頻度
共 通	①天候、外気温（経時変化）					
製造時	①表面水データ ②補正水量 ③練混ぜ負荷 ③練上り時刻 ④スランプ、空気量 ⑤目視状態 ⑥車番	午前 午後 毎 バッチ " 毎車 " " "	①表面水データ ②補正水量 ③練混ぜ負荷 ③練上り時刻 ④スランプ、空気量 ⑤目視状態 ⑥車番	午前 午後 毎 バッチ " 毎車 " " "	①表面水データ ②補正水量 ③練混ぜ負荷 ③練上り時刻 ④スランプフロー、空気量 ⑤目視状態 ⑥車番	2バッチ 1回 毎 バッチ " 毎車 " " "
現着時	①到着時間 ②スランプ、空気量、温度 ③圧縮強度 ④車番 ⑤単位水量	毎車 " 1/3 毎車 "	①到着時間 ②スランプ、空気量、温度 ③圧縮強度 ④車番 <流動化後> ⑤流動化剤の添加量 ⑥スランプ、空気量、温度 ⑦圧縮強度 ⑧単位水量 ⑨騒音測定	毎車 " 1/3 毎車 " 毎車 " 1/3 毎車 1/3	①到着時間 ②スランプフロー、空気量、温度、Vロート ③圧縮強度 ④車番 ⑤単位水量	毎車 " 1/3 毎車 "
筒 先	①スランプ、空気量 ②圧縮強度 ③ポンプ吐出圧	バッチ リ時 1回	①スランプ、空気量 ②圧縮強度 ③ポンプ吐出圧	バッチ リ時 1回	①スランプフロー、空気量 ②圧縮強度 ③ポンプ吐出圧	バッチ リ時 1回
打設時	①打設コンクリートの性状（随時） ②流動勾配（高流動コンクリートのみ、随時） ③騒音測定（随時）					
構造体	①表面硬度 ②表面あばた（①②③）ともに工事終了にて測定） ③ひびわれ幅及び位置					

* 1/3 とは、生コン3台に1回の試験頻度を指す。

2.4.2 普通コンクリートの施工

(1) フレッシュコンクリートの品質

フレッシュコンクリートの品質を、表2.4.2-1に示す。アジテータ車の運搬時間および打設までの待ち時間は、21～28分であり、製造直後と運搬後のスランプロスおよび空気量の減少は、それぞれ、0～3 cm、0～0.08%であった。

表2.4.2-1 コンクリートの品質

			打設終了時間	スラフ° (cm)	空気量 (%)	コンクリート 温度 (°C)	備 考
1 台目	練上り	8:13	—	10.0	3.8	10.0	単位水量試験
	打設開始	8:35		10.0	3.8	10.0	
2 台目	練上り	8:35	—	10.5	3.7	10.0	
	打設開始	8:56		9.5	3.6	11.0	
3 台目	練上り	8:44	9:19	9.5	4.2	10.0	
	打設開始	9:08		8.0	3.4	11.0	
4 台目	練上り	8:53	9:33	8.5	4.0	10.0	単位水量試験
	打設開始	9:20		8.5	3.5	11.0	
5 台目	練上り	9:14	9:51	9.5	3.8	10.0	
	打設開始	9:35		9.0	3.5	11.0	
6 台目	練上り	9:27	10:04	10.5	3.7	10.0	
	打設開始	9:55		8.5	3.6	11.0	
7 台目	練上り	9:38	10:18	10.0	4.1	10.0	単位水量試験
	打設開始	10:05		8.0	3.5	11.0	
8 台目	練上り	9:56	10:30	10.5	4.4	10.0	
	打設開始	10:21		7.5	3.6		
9 台目	練上り	10:13	10:51	11.0	3.9	10.0	
	打設開始	10:35		8.0	3.5	11.0	

(2) 打設方法

コンクリートの打設は、小山生コンクリート工場で練混ぜた、4.5m³のコンクリートをアジテータ車で打設現場まで運搬し、コンクリートポンプ車によりコンクリートを打設現場まで圧送した。そして、打設現場のコンクリート量が所定の量になった時点で4台のバイブレータにより締固め、次の打設箇所にコンクリートポンプ車の筒先を移動させてコンクリートを打設した。

(3) 打設人員および使用機械

a) 人員

・ポンプの人員

ポンプ車の制御 : 1 人

筒先に管理および保守 : 2 人

・型枠

型枠の打設時の点検 : 2 人 (大工)

型枠の再振動 : 1 人 (土工)

・コンクリート打設

バイブレーターによる締固め係 : 4 人

バイブレターの移動 : 2 人

b) 使用機械

・ポンプ車

三菱シュビングコンクリートポンプ車

形式 ダイヤクリート1000BR

最大吐出量 $100\text{m}^3/\text{hrs.}$

シャシ形式 三菱P-FP-413J

エンジン最大出力 $290\text{PS}/2200\text{r. p. m}$

・バイブレーター

フレキシブルバイブレーター(5m) 4 台

振動部は、50cm程度の機械

(4) 打設状況

コンクリートポンプ車 1 台あたりの打設時間は、9～16分であった。コンクリートの打設高さは、1 層あたり 1 m 程度で 4 層打設し、コンクリートの締固めはバイブレータにより行った。1 層目および 2 層目は、ポンプ車の筒先をコンクリートの落下高さを制御するために打設位置まで低下させたが、3 層目および 4 層目は、打設位置までの高さがなかったために筒先を水平にして、打設を行った。

普通コンクリートの圧送中に 3 回ほど、コンクリートの閉塞があり、ポンプ車のブームを上げて圧送管に閉塞したコンクリートを除去した。

コンクリートポンプ車の圧送時の圧力および回転数は以下のとおりであった。

・ポンプ車圧力計 : 最大 $60\text{kg}/\text{cm}^2$

・ポンプ車回転計 : 最大 1350r. p. m

コンクリートポンプ車の筒先の移動は、表 2.4.2-2 に示すとおりである。2 層目でのコンクリートポンプ車の筒先は、6 箇所移動しており、その位置は 3m、5.4m、9m、12m、13.5m、16.2m であった。

コンクリートの打設順序は、図 2.4.2-1 に示す。

表2.4.2-2 コンクリートポンプの筒先の移動

時刻	生コン車	打設層	筒先の位置	備考
9:25	4	2	B-2より3m	4台目終了
9:42	5	2	5.4m	5台目終了
9:45	5	2	9m	
9:49	5	2	12m	5台目終了
9:53	5	2	13.5m	6台目開始
9:55	5	2	16.2m	
10:02	6	3	3.5m	6台目終了
10:05	7	3	3.5m	7台目開始
10:06	7	3	5.4m	
10:14	7	3	10m	
10:18	8	3	12m	7台目終了
10:20	8	3	12.5m	8台目開始
10:22	8	3	16.5m	
10:23	8	3	18m	
10:27	8	4	3.6m	
10:29	8	4	7.2m	8台目終了
10:36	9	4	9m	9台目開始
10:36	9	4	11m	
10:46	9	4	14.5m	
10:48	9	4	17.2m	
10:51	9	4	18.5m	9台目終了

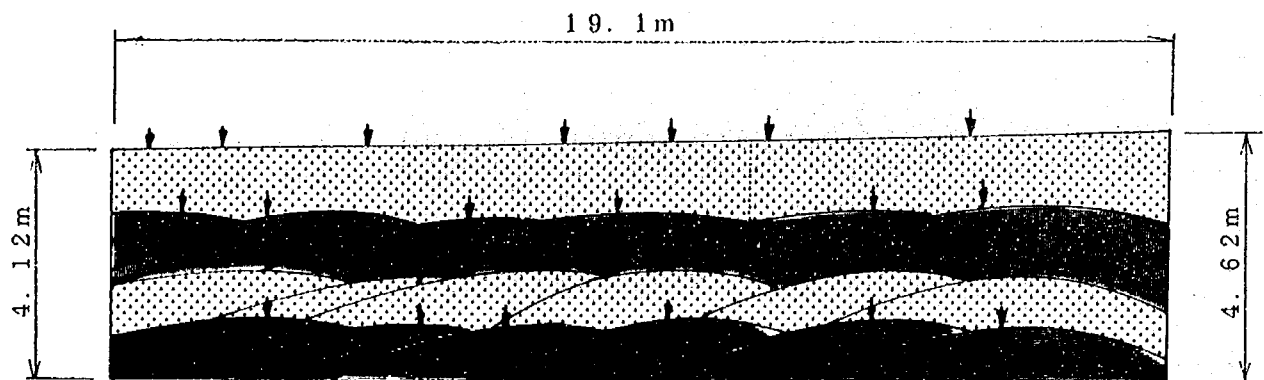


図2.4.2-1 普通コンクリートの打設順序

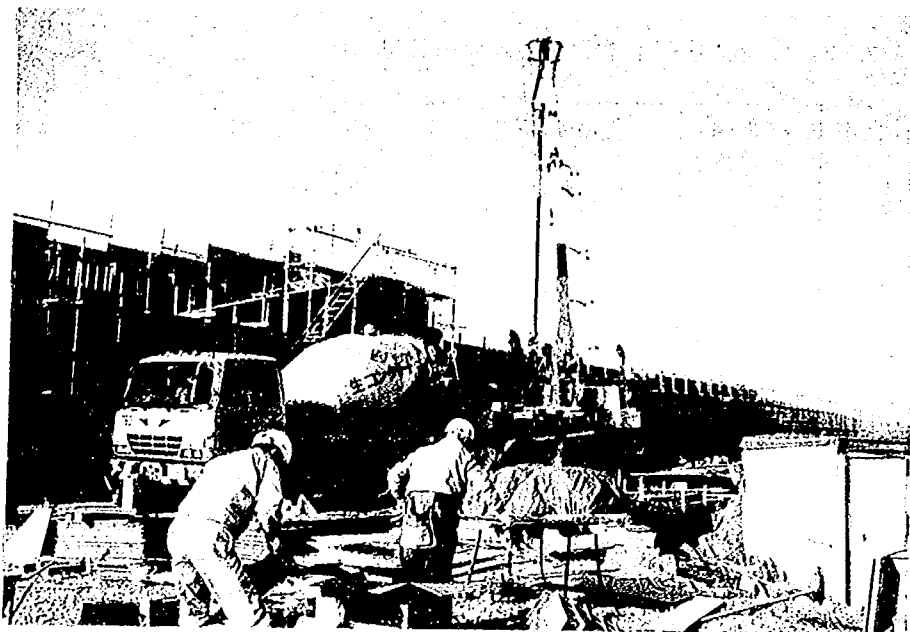


写真2.4.2-1 1層目打
設状況

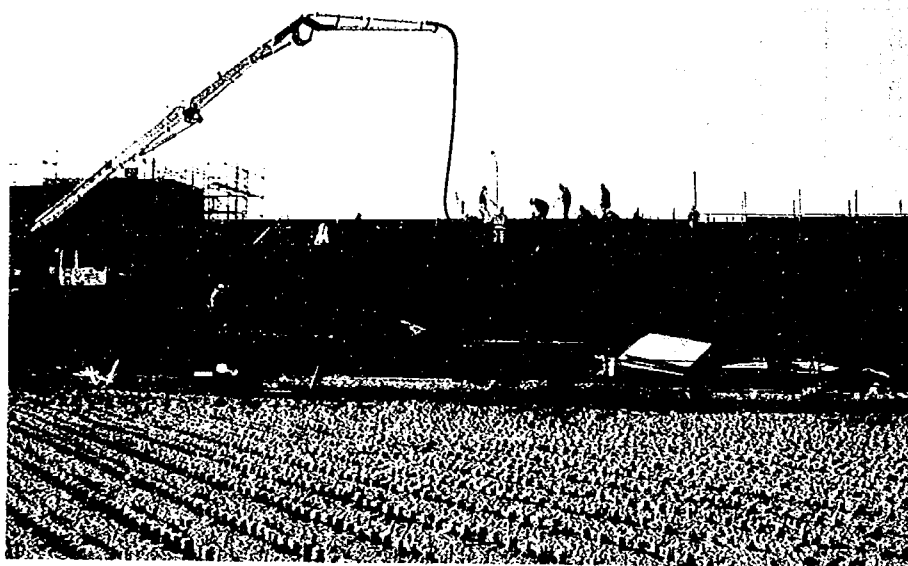


写真2.4.2-2 2層目打
設状況



写真2.4.2-3 4層目打
設状況

普通コンクリートの打設状況

2.4.3 高流動コンクリートの施工

(1) 今回の試験施工条件の特徴

高流動コンクリートを施工した擁壁は、長さ20m、厚さ0.5m、高さ4.27~4.29m、体積43m³であり、施工の合理化を図るために、ポンプの筒先は擁壁長さ20mの中央1箇所とした。また、鉛直方向についても、自由落下80cm程度となるようにし、極力移動回数を少なくし、3回とした。その結果、ポンプ筒先は自由落下80cm程度となる状態からコンクリート中に80cm程度挿入した状態でコンクリートを打ち込んだ。

一般的な壁の場合、今までの施工実績からスランプフロー55cmで流動距離5m、60cmで7mまでは十分に充填し、粗骨材の分離がないことを確認している。今回の試験施工ではこれらの結果を基にして、10m流動させることを考え、目標スランプフローを65±5cmとした。また、目標空気量は、耐久性の観点から4±1%とした。

(2) フレッシュコンクリートの品質

フレッシュコンクリートの品質は、表2.4.3-1に示すとおりである。

スランプフローは、目標65±5cmに対し、練り上がり64.0~68.3cm、現着63.8~66.5cmであり、空気量は目標4±1%に対し、練上り5.8%~9.8%、現着3.7~4.8%であった。

スランプフローは、目標値65±5cmを十分に満足する結果となった。空気量については、高流動コンクリートの場合、練混ぜ直後からの時間の経過に伴って空気量の低下が大きい傾向にあるため、バチャープラントによる試験練りの結果、練上り30~60分後の空気量を4±1%とするためには練上り時の空気量を6~8%程度にしなければならないことを確認しており、練上り時の設定空気量を7±1%とし、現着時の空気量の結果より、練上り時の空気量をAE助剤の添加量によって調整した。

表2.4.3-1 フレッシュコンクリートの品質

生コン車	時 刻		練混ぜ 負荷(A)	表面水率 (%)	打 設 終了時間	スラフ° (cm)	スラフ°フロ- (cm)	Vロート 流下時間 (s)	空気量 (%)	コンクリート 温 度 (°C)
1 台目	練上り	8:31				26.5	64.0		6.3	11.0
	現 着	8:50	96.0	9.4	9:08	27.0	64.0	15.1	4.8	11.0
2 台目	練上り	8:48				26.0	61.0		9.8	11.0
	現 着	9:04	96.5	9.4	9:20	27.0	64.0	11.2	4.6	11.0
3 台目	練上り	9:10				27.0	64.3		8.7	11.0
	現 着	9:26	93.0	9.0	9:41	27.0	64.5	16.7	4.6	11.0
4 台目	練上り	9:27				27.0	64.5		8.2	11.0
	現 着	9:43	90.5	9.0	10:08	27.5	65.0	9.5	4.6	11.0
5 台目	練上り	9:47				27.0	65.5		6.4	11.0
	現 着	10:11	91.5	8.6	10:22	27.0	63.8	11.2	4.3	11.0
6 台目	練上り	10:25				27.0	67.3		5.1	12.0
	現 着	10:40	90.5	8.6	10:52	27.5	66.5	8.7	4.0	11.0
7 台目	練上り	10:33				27.5	67.3		6.8	12.0
	現 着	10:53	92.0	8.8	11:08	27.5	65.5	11.2	4.2	12.0
8 台目	練上り	10:52				27.0	64.5		5.5	12.0
	現 着	11:09	95.5	9.0	11:25	27.0	64.0	13.8	4.1	12.0
9 台目	練上り	11:16				27.0	66.0		5.9	12.0
	現 着	11:32	92.5	8.4	11:46	27.5	66.0	9.4	4.5	12.0
	筒 先	11:45				27.0	64.0		3.7	12.0
10台目	練上り	11:34				27.5	67.0		5.8	13.0
	現 着	11:51	95.0	8.6	12:00	27.0	65.5	14.3	4.0	12.0

但し、10台目は3m³練り。

(3)打込み方法

コンクリートは、ポンプ車を用いて順次打設した。

ポンプの筒先は、施工の合理化を図るため、擁壁長さ20mの中央1箇所（片側の流動距離10m）。

一般的な壁の場合、今までの施工実績から、スランプフローの55cm流動距離5m、60cmで7mまでは十分に充填し、粗骨材の分離がないことを確認していることから、2～3箇所にポンプの筒先を移動した方がよいと考えられた。しかし、試験施工の主目的が施工の合理化を図ることであり、どの程度分離せずに流動し、充填するのかを確認することに主眼をおき、目標スランプフローを $65 \pm 5\text{cm}$ とし、ポンプの筒先を水平方向に移動させないことにした。

また、鉛直方向についても、自由落下1m以下になるようにし、極力移動回数を少なくした（3回）。

なお、バイブレータによる振動締固めは行わなかった。

(4)打込み人員及び使用機械

(a)人員

・ポンプ車の人員

ポンプ車の制御 : 1人

筒先管理 : 1人

・型枠

型枠のたたき : 6人

(b)コンクリート打込み機械

・ポンプ車

三菱シュピングコンクリートポンプ車

形式 : ダイヤクリート1000BR

最大吐出量 : $100\text{m}^3/\text{hr}$

シャシ形式 : 三菱P-FP-413J

エンジン最大出力 : $300\text{PS}/2000\text{r. p. m}$

現場読み値

ポンプ車圧力計 : 最大 $90 \sim 110\text{kgf}/\text{cm}^2$

ポンプ車設定吐出量 : $50\text{m}^3/\text{hr}$

(5)打込み状況

コンクリートの打設時間は、表2.4.3-2に示すとおりである。

ポンプ車の設定吐出量は $50\text{m}^3/\text{h}$ とし、約3時間で高さ4.3mを打設した（打上がり速度 $1.4\text{m}/\text{h}$ ）。

コンクリートはポンプの筒先より左右に均等に流動し、流動勾配はほとんどなく、ほぼ水平に10mを充分充填することができた（図2.4.3-1参照）。

しかし、打込み中に空気が流動途中でコンクリート表面に浮上がってくる現象が観察された。流動途中で表面に浮上がった空気は、コンクリート表面部で泡状となり、空気を多く含んだペースト状のものを形成し、

その層が10m流れた流動先端に溜まる結果となった。

打込み終了後、コンクリート中に手を入れて確認したところ、打込部より水平方向に6～7mまでは表面部にも十分に粗骨材が存在することが確認されたが、7mよりも流動距離が長くなると表面部はモルタルが多くなり、流動先端部では表面部より深さ60cmまではモルタル多い層であった。

表2.4.3-2 コンクリート打設時間

生コン車	時 刻		打設時間 (分)	備 考
	打設開始	打設終了		
1	8:56	9:08	10	打設終了後流動勾配測定
2	9:11	9:20	9	
3	9:33	9:41	8	
4	10:00	10:08	8	
5	10:14	10:22	8	打設終了後流動勾配測定
6	10:44	10:52	8	
7	10:59	11:08	9	打設終了後流動勾配測定
8	11:17	11:25	8	
9	11:38	11:46	8	
10	11:55	12:00	5	

純打設時間（生コン車の待ち時間を除いた打設時間）＝ 76分

一車あたりの平均打設時間（10台目を除く）＝ 8.4分

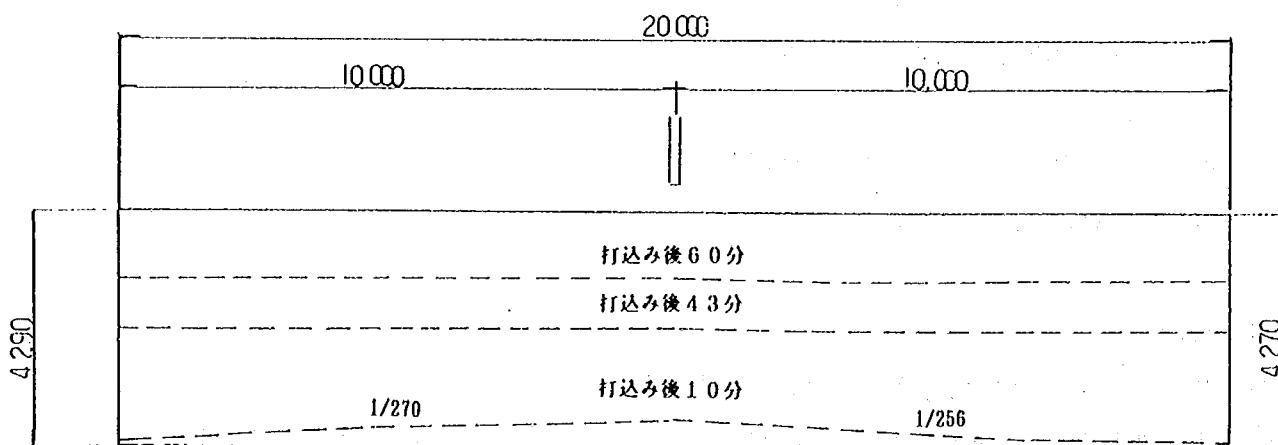


図2.4.3-1 流動勾配測定結果

(6)問題点及び今後の課題

(a)フレッシュコンクリートの品質管理における空気量設定について

高流動コンクリートの場合、練混ぜ直後から時間の経過に伴って空気量の低下が大きい傾向にあるため、目標空気量 $4 \pm 1\%$ に対し、バッチャープラントによる試験練りの結果から、練上り時の設定空気量を $7 \pm 1\%$ とし、現着時の空気量の試験結果より、練上り時の空気量をAE助剤の添加量によって調整した。

今後、空気量の管理を行う上で、練上りからの空気量の低下を少なくする必要があり、配合及び混和剤について検討する必要がある。

(b)コンクリートの打込み方法

表面部に空気泡が発生した原因については、コンクリート中の連行空気によることとポンプ圧送時及び打込み時に巻込んだ空気によることの2つが考えられる。

前者については今までに同様の配合、製造方法で実施工に供するコンクリートを製造しているが、このような空気泡は発生しておらず、コンクリート中の4%程度の空気が起因しているとは考えにくい。

後者については、ポンプの筒先をコンクリート中に挿入して打込んだことによって、ポンプ車の吸込み口、ホースのジョイント部及び筒先より巻込んだ空気をコンクリート深くに入れることになり、その結果空気泡の発生を助長させたことが考えられる。ただし、このことについても、どの部分でどの程度巻込むのか、また、巻込んだとした場合、その空気が今回生じた表面部の空気泡の発生原因となるのか等については定かではない。

今後は打込み方法、特にポンプの筒先をどのように設置するか、また、その設置位置によって空気の巻き込みや表面部の空気泡の発生がどのような関係にあるのかについて検討する必要がある。さらに、打込み方法、部材の形状、鉄筋量等とコンクリートの流れ方の関係を把握する必要がある。

(c)コンクリートの流動距離と適正なスランプフローとの関係

コンクリートの流動距離と適正なスランプフローとの関係については、部材の形状、打上げ高さ及び鉄筋量等によって異なるが、今回の試験施工では今までの施工実績を基にして、目標スランプフローを $65 \pm 5\text{cm}$ として10m流動させた。その結果、7mよりも流動距離が長くなると表面部はモルタルが多くなった。

今後は、骨材の分離を生じさせず、密実にコンクリートを充填させるために許容される限界の流動距離をコンクリートの流動性、施工条件との関連で把握する必要がある。

B-2ブロック（高流動コンクリート）

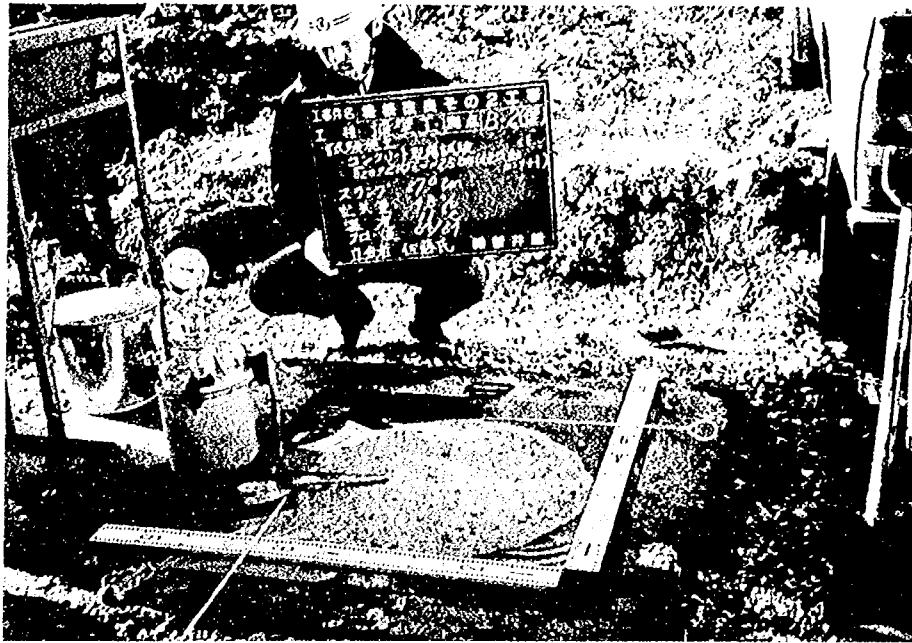


写真2.4.3-1 スランプフロー試験

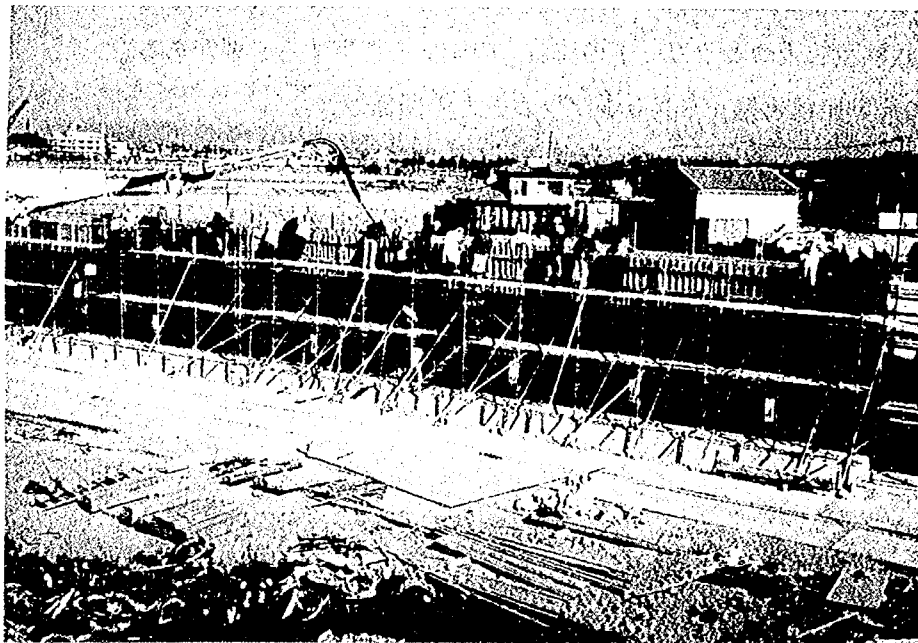


写真2.4.3-2 打込み状況（ポンプ筒先：ブロック中央1箇所）

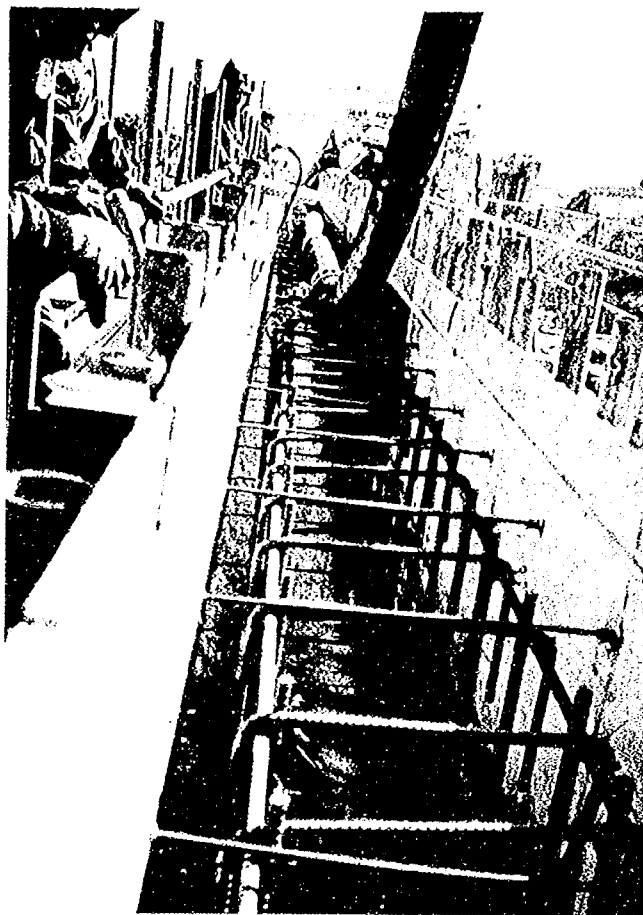


写真2.4.3-3 流動状況



写真2.4.3-4 打上り状況

(7)高流動コンクリートのコアの品質

打設したコンクリートの品質を確認するため、壁体天端より鉛直方向にコアを採取し、各種試験を行った。

(a)コア供試体の採取位置、コア長さ及び寸法

- ①採取位置
- ・壁体中央（ポンプ筒先位置）
 - ・中央より5m（流動距離5m）
 - ・中央より10m（流動距離10m）の3ヶ所

②コア長さ及び寸法：長さ1.5m、 ϕ 10cm

(b)試験項目

①圧縮強度及び静弾性係数

①、②、③の部分について実施

②単位容積重量及び骨材分布

①、②、③の部分について実施

③細孔径分布

①、②、③の部分について実施

その試料を用いて試験を実施

(c)試験結果

圧縮強度、静弾性係数、単位容積重量及び骨材分布に関する試験結果は、表2.4.3-3に示す。

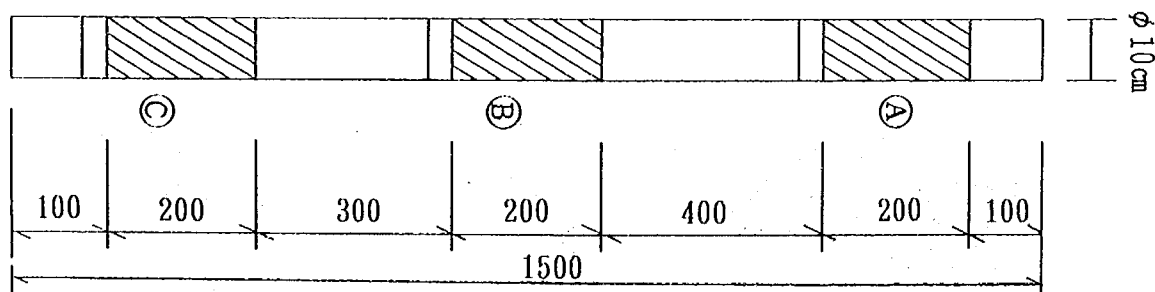


図2.4.3-2

圧縮強度は、327～403kgf/cm²の範囲にあり、ポンプ筒先位置と流動距離5mの位置及び10mの位置において大差はなく、深さ方向において上になるほど若干低下する傾向にある。

粗骨材率は、流動距離5mまではほとんど差はないが、流動距離が10mになると減少し、特に上になるほど少なくなる傾向を示した。

単位容積重量は、粗骨材量の影響を受け粗骨材率と同様な傾向を示した。

細孔径分布について、流動距離と全細孔容積の関係を図2.4.3-3に示す。図に示すようにコアの採取位置による全細孔容積の変化は少ない結果となった。

全細孔容積はサンプリングや試験方法等によってその値が大きく変化するが、既往の文献（鳥居、川村；コンクリート表面部の細孔構造と塩素イオン透過性、コンクリート工学年次論文報告集13-1、1991）によれ

ば、スランプ8cmの普通コンクリートの全細孔容積は、 $W/C=55\%$ で $10 \times 10^{-2} \text{cc/g}$ 、 $W/C=65\%$ で $12 \times 10^{-2} \text{cc/g}$ 程度である。これに対し、今回の高流動コンクリート ($W/C=57.5\%$) の全細孔容積は、 $8.4 \sim 9.9 \times 10^{-2} \text{cc/g}$ であり、その緻密さは普通コンクリートと同程度であると考えられる。

また、コアの上中下においても差は少ない結果となっており、このことから深さ方向において水セメント比の変化が少ないものと推察される。

表2.4.3-3 コア供試体の試験結果

採取位置	天端から の深さ (m)	圧縮強度 ^{*)} kgf/cm ²	静弾性係数 $\times 10^5 \text{kgf/cm}^2$	単位容積 重量 kg/m ³	コア表面 粗骨材 面積率 %	粗骨材率 ^{**)} %
ポンプ 筒先位置	0.2	350	2.64	2355	33.9	102
	0.8	327	2.77	2326	30.1	91
	1.3	373	2.83	2377	34.3	104
ポンプ筒先 から流動 距離 5m の位置	0.2	365	2.71	2355	30.5	92
	0.8	346	2.89	2357	33.0	100
	1.3	395	3.45	2398	37.1	112
ポンプ筒先 から流動 距離 5m の位置	0.2	358	2.51	2253	5.3	16
	0.8	388	2.31	2257	7.5	23
	1.3	403	2.78	2361	28.9	87

*)コンクリート材令49日

**)配合における粗骨材体積率(33.1%)に対するコア表面粗骨材面積率の比

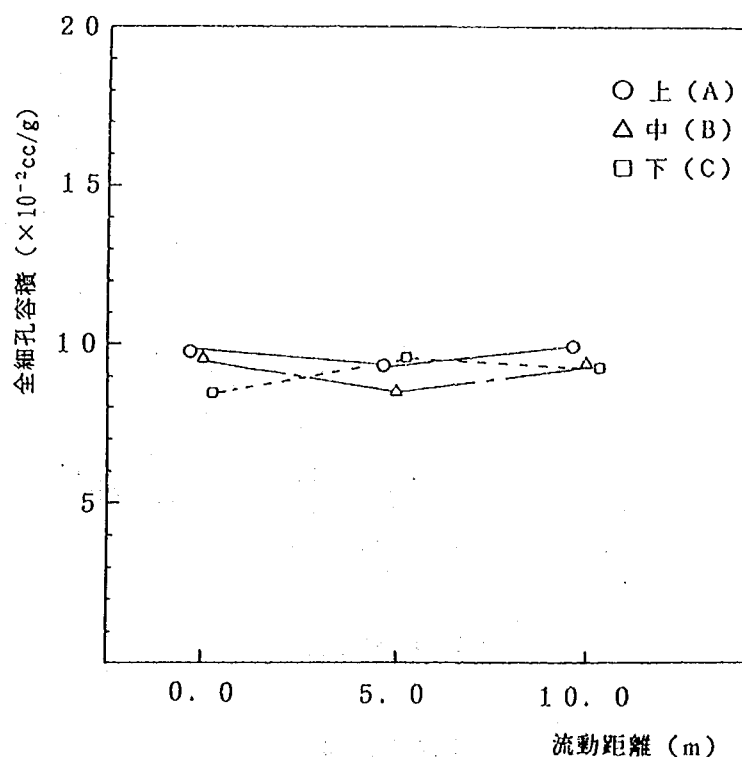


図2.4.3-3 流動距離と全細孔容積との関係

表2.4.3-4 細孔量の測定結果 (NO. 1-A)

項 目 細孔半径 (Å)	INTRUSION VOLUME (cc/g)	
	細 孔 容 積	累積細孔容積
76000~17000	0.0040	0.0040
17000~ 5700	0.0086	0.0126
5700~ 3100	0.0043	0.0169
3100~ 1800	0.0028	0.0197
1800~ 1100	0.0026	0.0223
1100~ 600	0.0019	0.0242
600 ~ 260	0.0038	0.0280
260 ~ 140	0.0049	0.0329
140 ~ 80	0.0099	0.0428
80 ~ 45	0.0156	0.0584
45 ~ 25	0.0208	0.0792
25 ~ 15	0.0180	0.0972

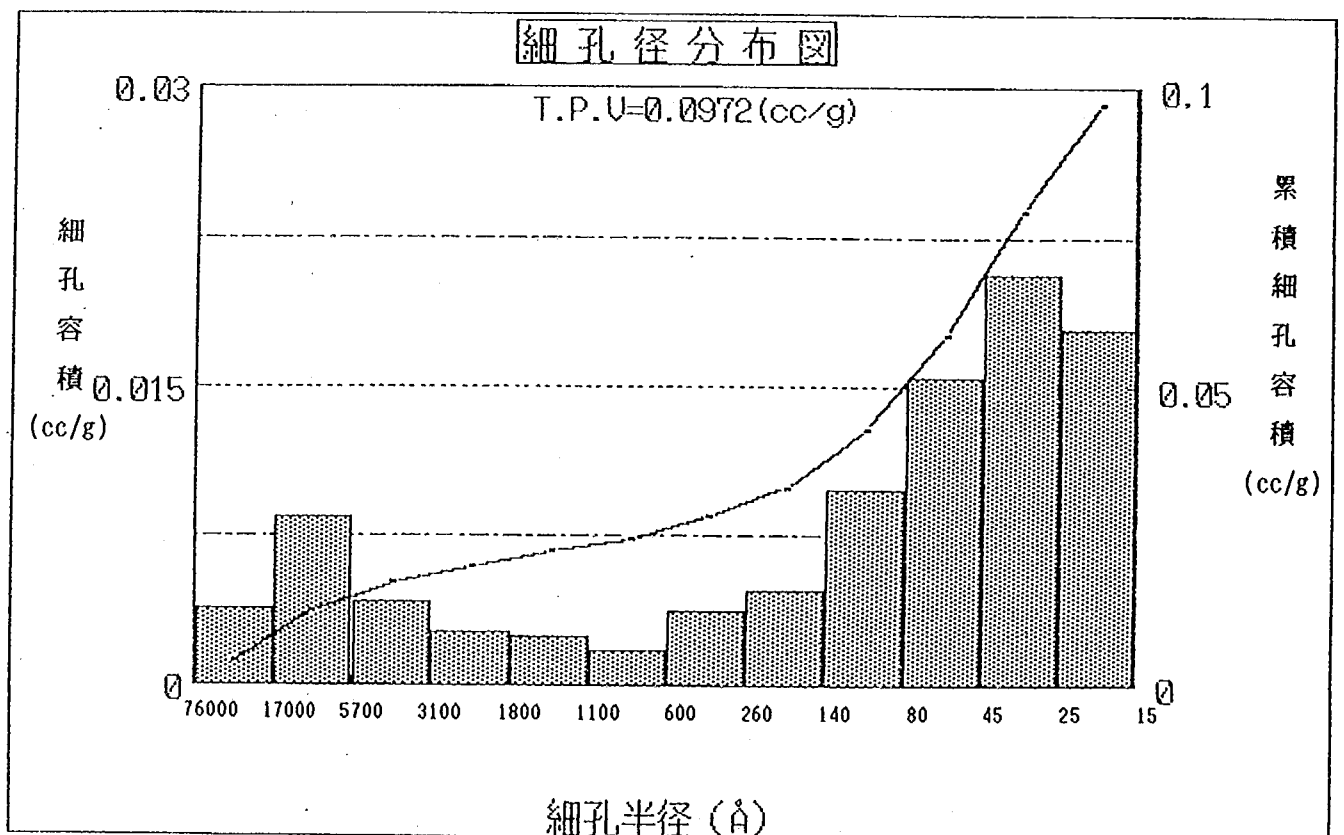


図2.4.3-4

表2.4.3-5 細孔量の測定結果 (NO. 1-B)

項 目 細孔半径 (Å)	INTRUSION VOLUME (cc/g)	
	細 孔 容 積	累積細孔容積
76000~17000	0.0022	0.0022
17000~ 5700	0.0052	0.0074
5700~ 3100	0.0035	0.0109
3100~ 1800	0.0030	0.0139
1800~ 1100	0.0029	0.0168
1100~ 600	0.0022	0.0190
600 ~ 260	0.0041	0.0231
260 ~ 140	0.0063	0.0294
140 ~ 80	0.0126	0.0420
80 ~ 45	0.0169	0.0589
45 ~ 25	0.0191	0.0780
25 ~ 15	0.0170	0.0950

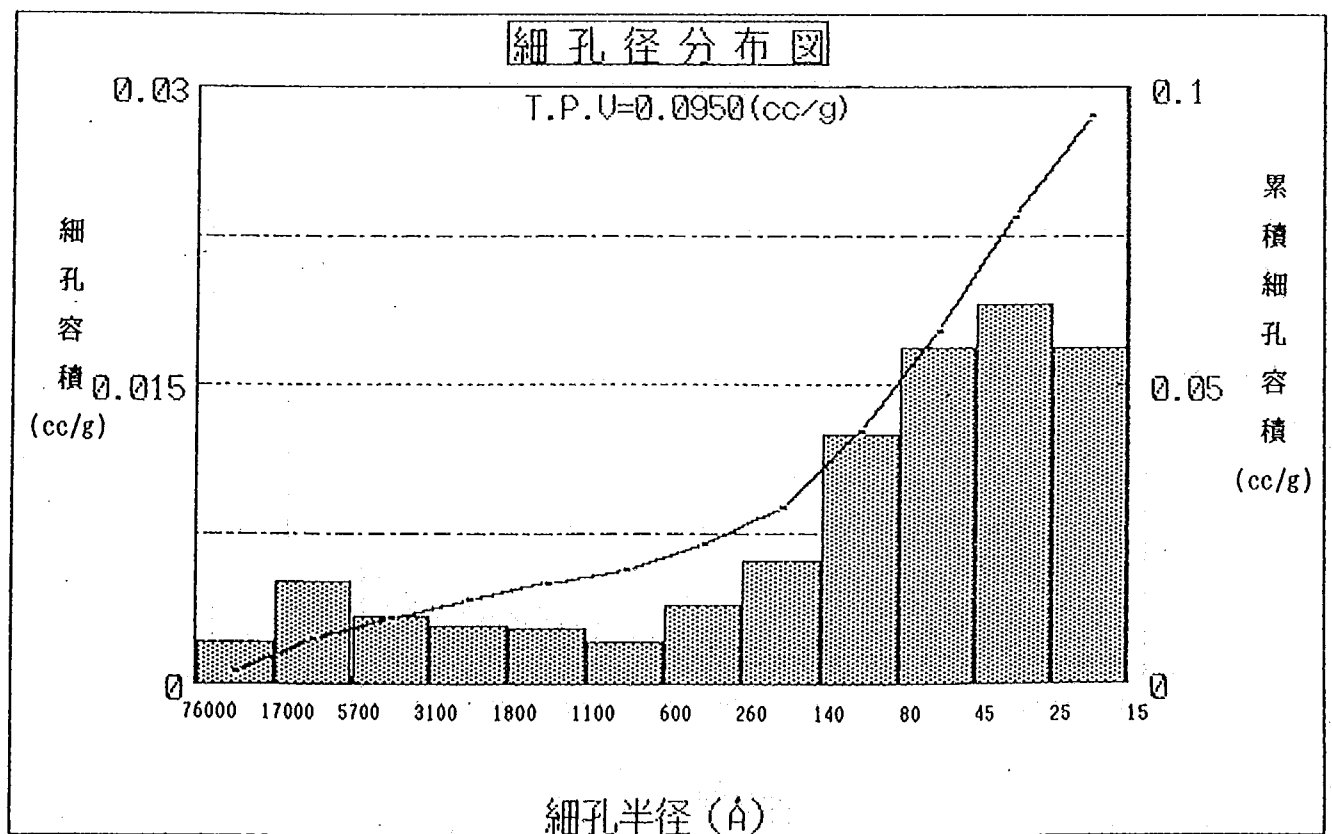


図2.4.3-5

表2.4.3-6 細孔量の測定結果 (NO. 1-C)

項目 細孔半径 (Å)	INTRUSION VOLUME (cc/g)	
	細孔容積	累積細孔容積
76000~17000	0.0012	0.0012
17000~5700	0.0070	0.0082
5700~3100	0.0033	0.0115
3100~1800	0.0023	0.0138
1800~1100	0.0020	0.0158
1100~600	0.0017	0.0175
600~260	0.0039	0.0214
260~140	0.0055	0.0269
140~80	0.0106	0.0375
80~45	0.0144	0.0519
45~25	0.0168	0.0687
25~15	0.0151	0.0838

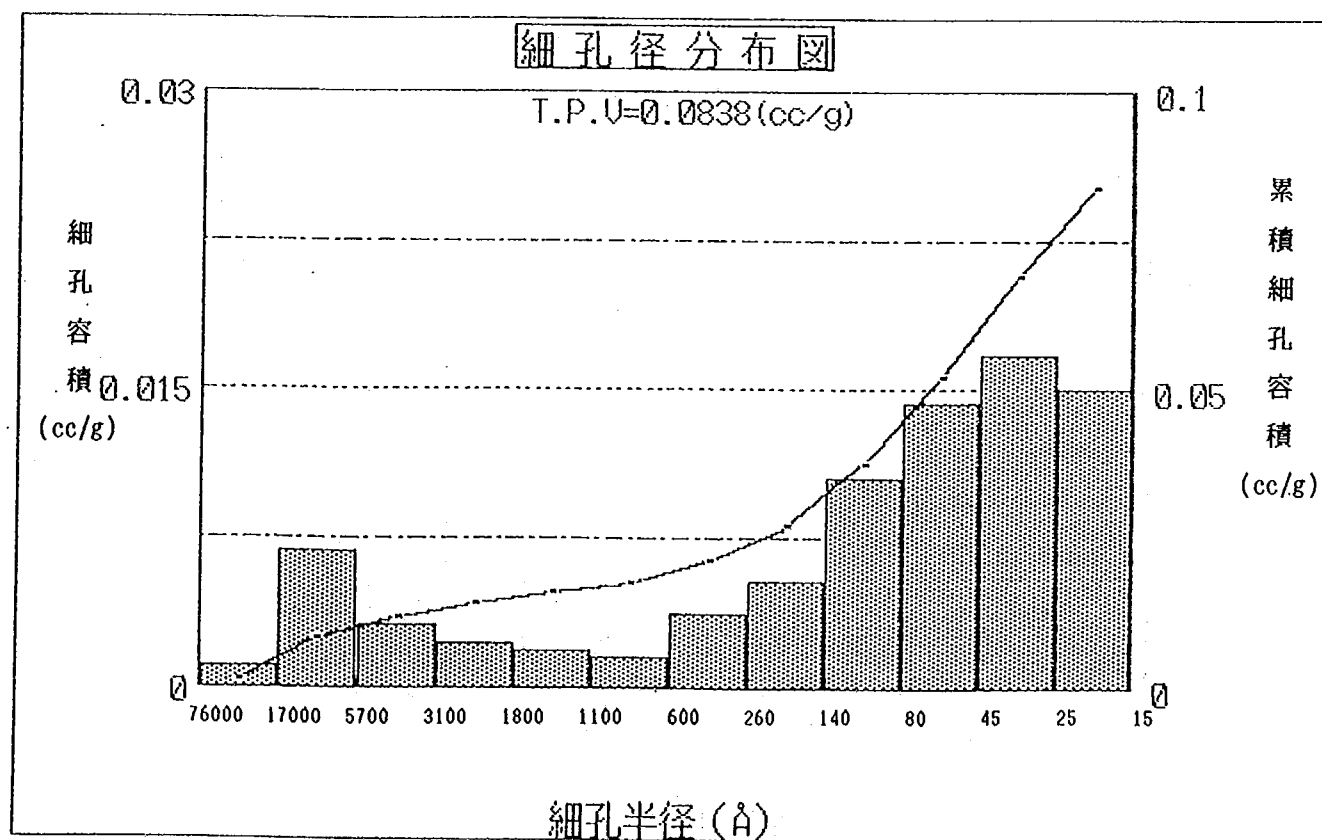


図2.4.3-6

表2.4.3-7 細孔量の測定結果 (NO. 2-A)

項目 細孔半径 (Å)	INTRUSION VOLUME (cc/g)	
	細孔容積	累積細孔容積
76000~17000	0.0057	0.0057
17000~5700	0.0072	0.0129
5700~3100	0.0037	0.0166
3100~1800	0.0028	0.0194
1800~1100	0.0024	0.0218
1100~600	0.0018	0.0236
600~260	0.0035	0.0271
260~140	0.0053	0.0324
140~80	0.0110	0.0434
80~45	0.0153	0.0587
45~25	0.0183	0.0770
25~15	0.0164	0.0934

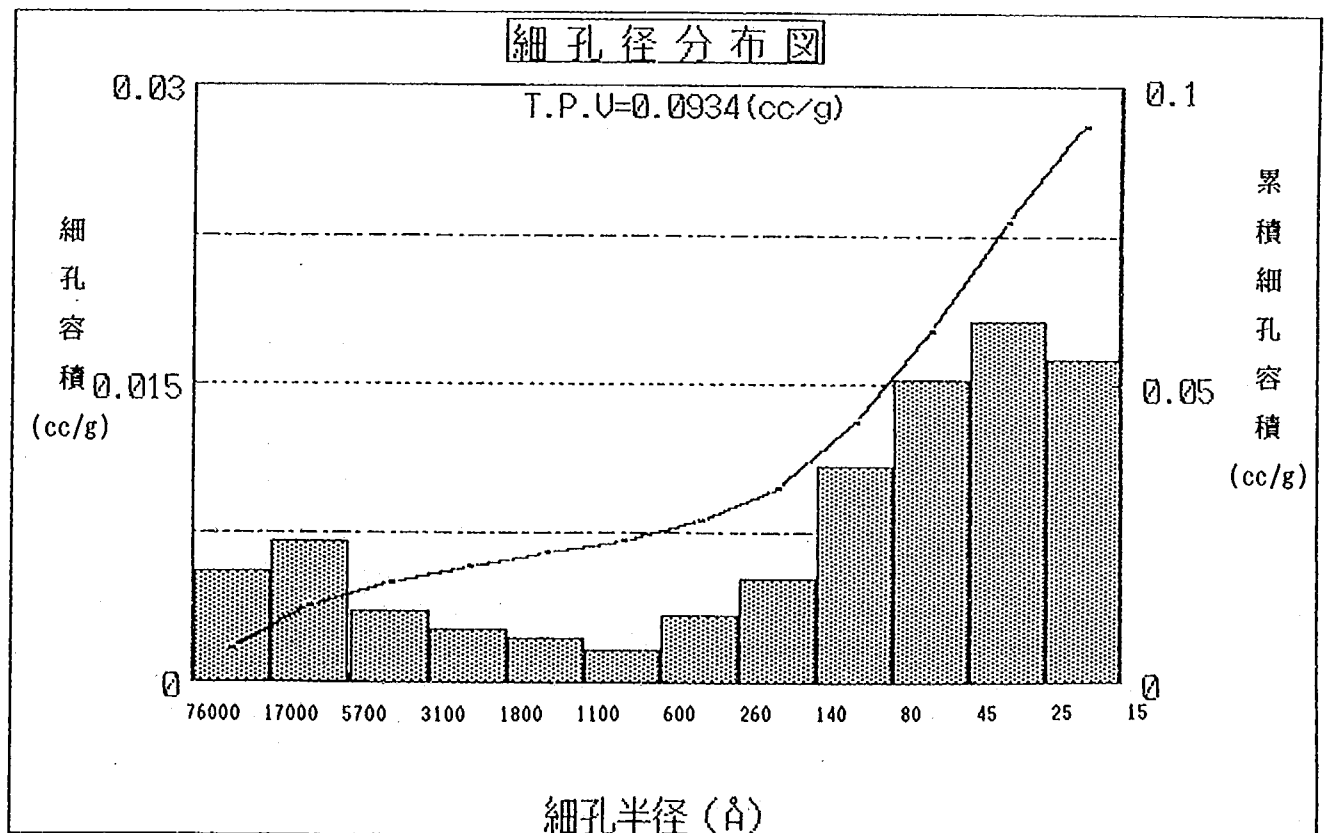


図2.4.3-7

表2.4.3-8 細孔量の測定結果 (NO. 2-B)

項 目 細孔半径 (Å)	INTRUSION VOLUME (cc/g)	
	細 孔 容 積	累積細孔容積
76000~17000	0.0038	0.0038
17000~ 5700	0.0051	0.0089
5700~ 3100	0.0030	0.0119
3100~ 1800	0.0021	0.0140
1800~ 1100	0.0021	0.0161
1100~ 600	0.0019	0.0180
600 ~ 260	0.0042	0.0222
260 ~ 140	0.0057	0.0279
140 ~ 80	0.0098	0.0377
80 ~ 45	0.0138	0.0515
45 ~ 25	0.0177	0.0692
25 ~ 15	0.0156	0.0848

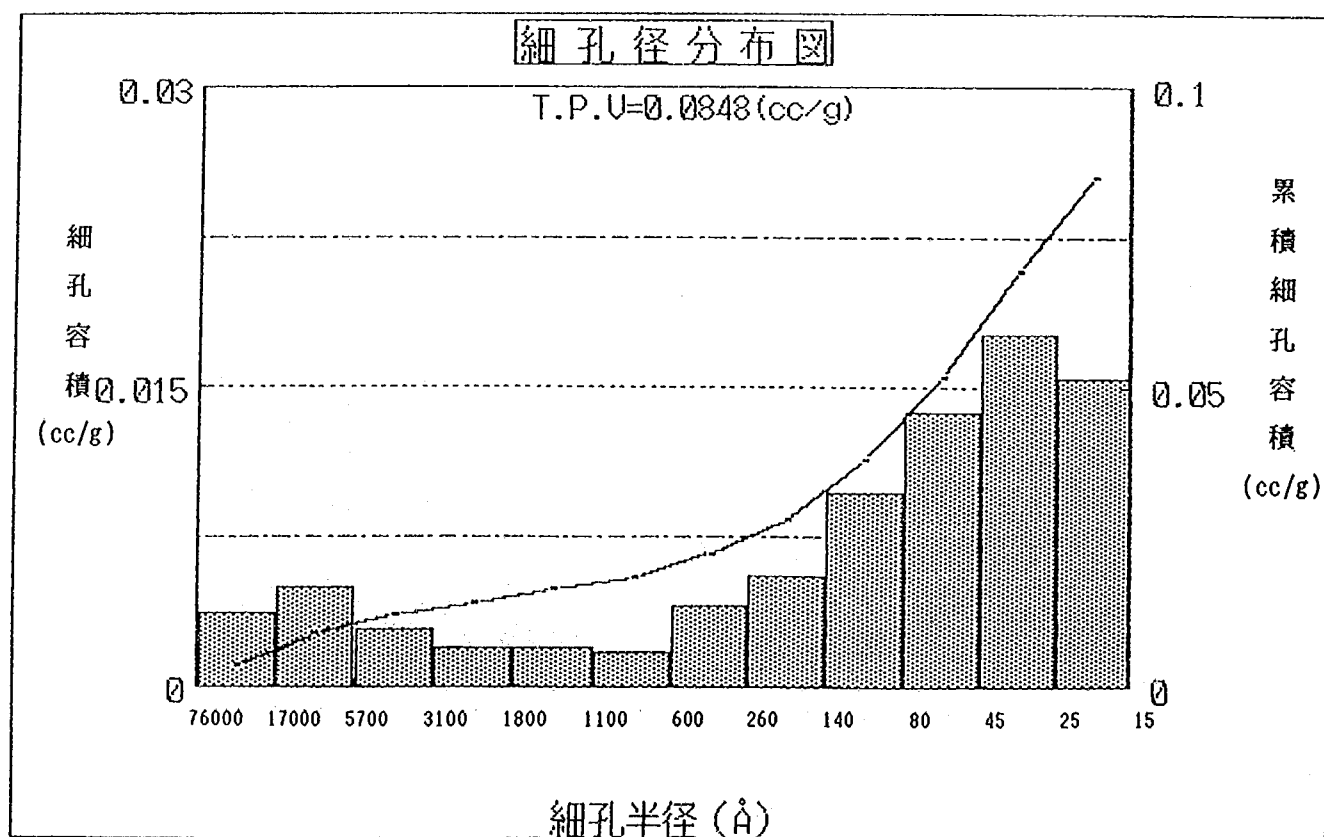


図2.4.3-8

表2.4.3-9 細孔量の測定結果 (NO. 2-C)

項目 細孔半径 (Å)	INTRUSION VOLUME (cc/g)	
	細孔容積	累積細孔容積
76000~17000	0.0058	0.0058
17000~5700	0.0065	0.0123
5700~3100	0.0028	0.0151
3100~1800	0.0021	0.0172
1800~1100	0.0024	0.0196
1100~600	0.0021	0.0217
600~260	0.0048	0.0265
260~140	0.0072	0.0337
140~80	0.0121	0.0458
80~45	0.0153	0.0611
45~25	0.0184	0.0795
25~15	0.0161	0.0956

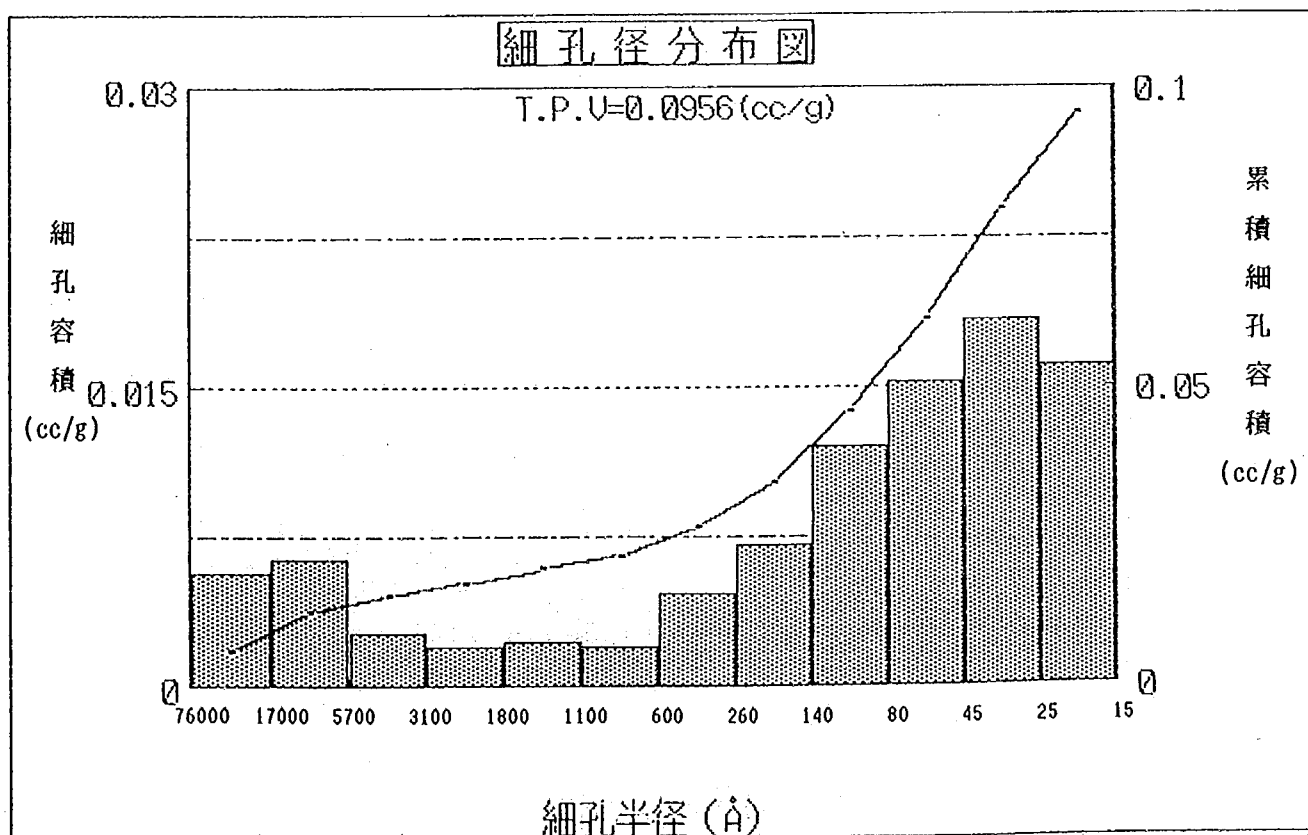


図2.4.3-9

表2.4.3-10 細孔量の測定結果 (NO. 3-A)

項 目 細孔半径 (Å)	INTRUSION VOLUME (cc/g)	
	細 孔 容 積	累積細孔容積
76000~17000	0.0034	0.0034
17000~ 5700	0.0058	0.0092
5700~ 3100	0.0045	0.0137
3100~ 1800	0.0030	0.0167
1800~ 1100	0.0025	0.0192
1100~ 600	0.0020	0.0212
600 ~ 260	0.0041	0.0253
260 ~ 140	0.0062	0.0315
140 ~ 80	0.0124	0.0439
80 ~ 45	0.0169	0.0608
45 ~ 25	0.0199	0.0807
25 ~ 15	0.0179	0.0986

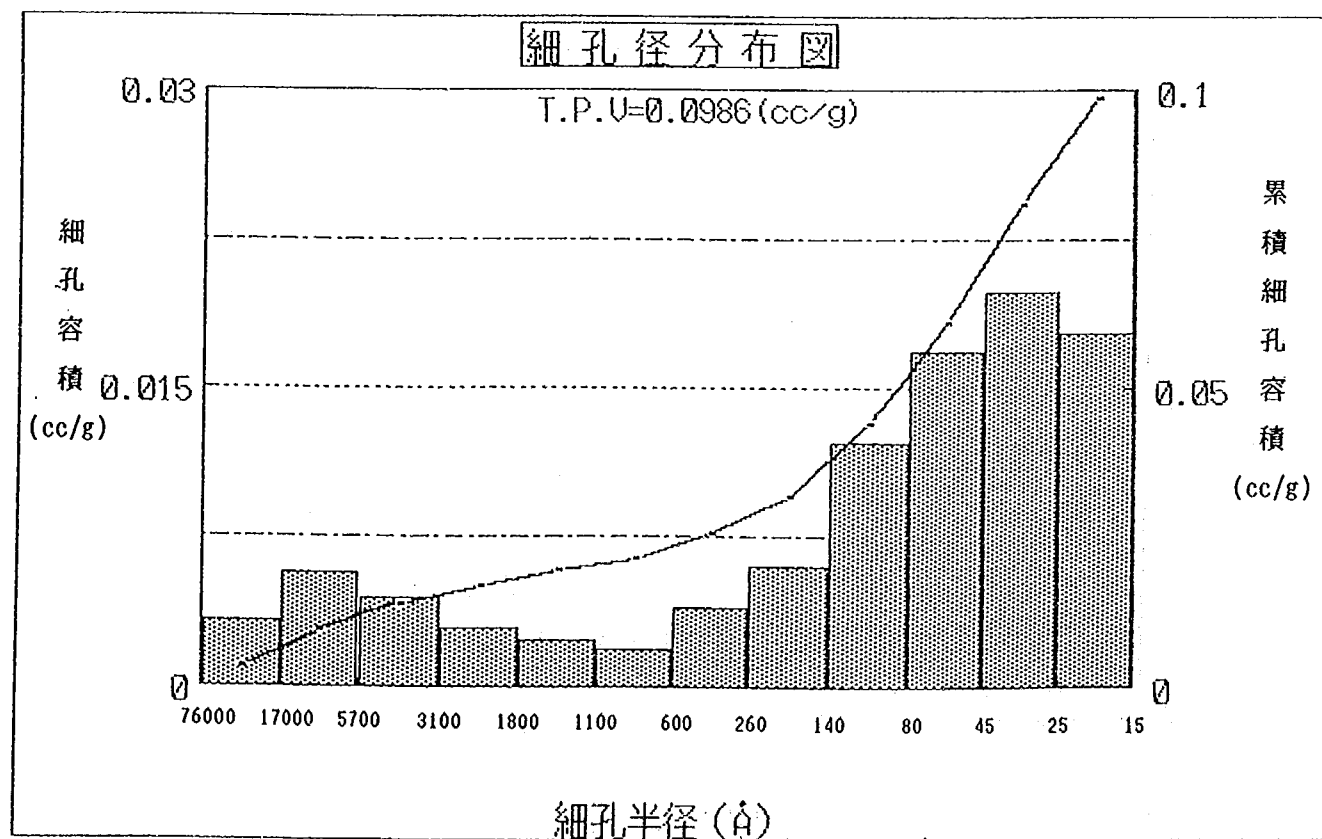


図2.4.3-10

表2.4.3-11 細孔量の測定結果 (NO. 3-B)

項目 細孔半径 (Å)	INTRUSION VOLUME (cc/g)	
	細孔容積	累積細孔容積
76000~17000	0.0029	0.0029
17000~5700	0.0046	0.0075
5700~3100	0.0025	0.0100
3100~1800	0.0024	0.0124
1800~1100	0.0028	0.0152
1100~600	0.0024	0.0176
600~260	0.0044	0.0220
260~140	0.0079	0.0299
140~80	0.0151	0.0450
80~45	0.0168	0.0618
45~25	0.0166	0.0784
25~15	0.0160	0.0944

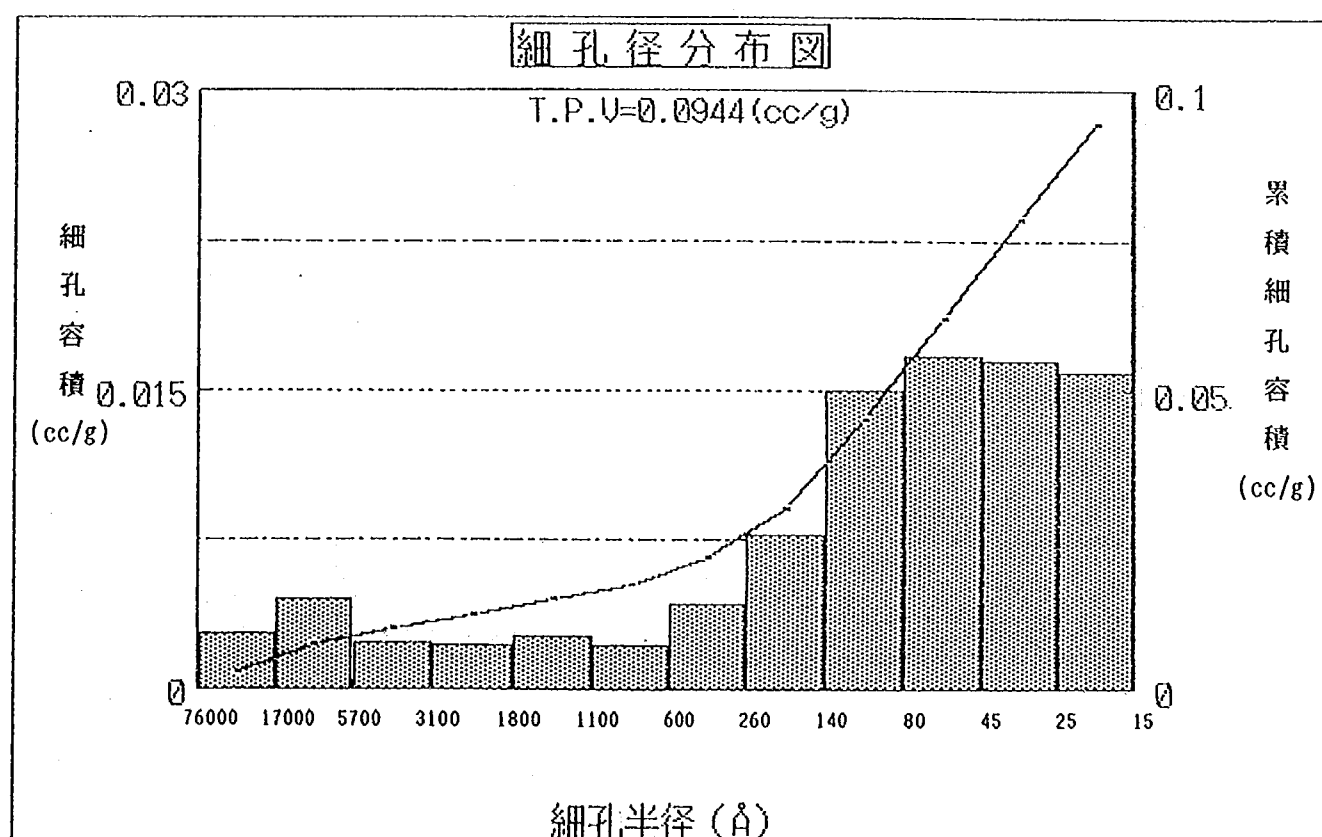


図2.4.3-11

表2.4.3-12 細孔量の測定結果 (NO. 3-C)

項目 細孔半径 (Å)	INTRUSION VOLUME (cc/g)	
	細孔容積	累積細孔容積
76000~17000	0.0031	0.0031
17000~5700	0.0059	0.0090
5700~3100	0.0036	0.0126
3100~1800	0.0022	0.0148
1800~1100	0.0020	0.0168
1100~600	0.0019	0.0187
600~260	0.0040	0.0227
260~140	0.0062	0.0289
140~80	0.0116	0.0405
80~45	0.0159	0.0564
45~25	0.0193	0.0757
25~15	0.0166	0.0923

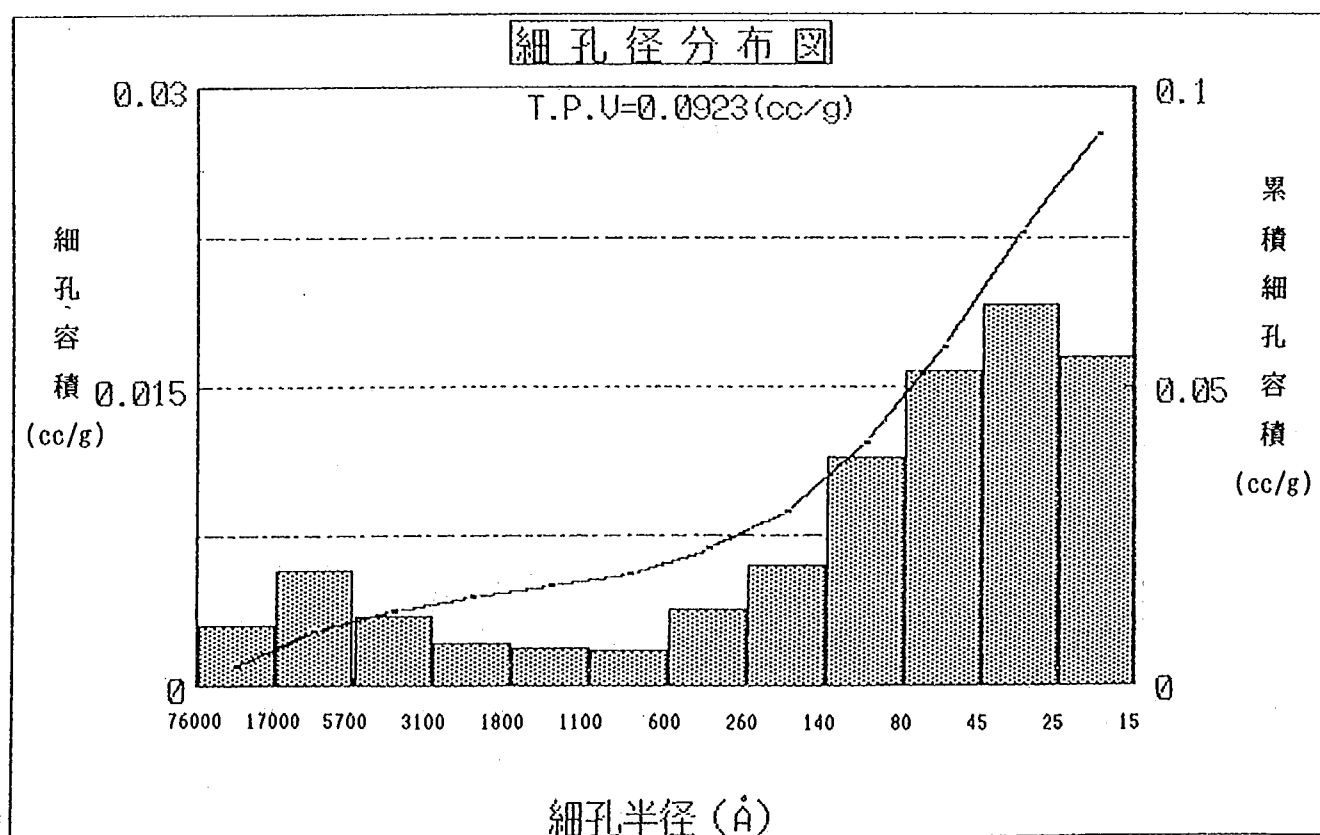


図2.4.3-12

(8)高流動コンクリートの凍結融解及び乾燥収縮試験結果

(a)試料

供試体の種類及び数量並びに試験開始材齢は次のとおりである。

凍結融解試験	:	10×10×40cm	3個
乾燥収縮試験	:	10×10×40cm	3個
試験開始材齢	:	28日	

(b)試験方法

1)凍結融解試験

ASTM C 666 A法 「水中におけるコンクリートの急速凍結融解試験方法」によった。

試験はD, 冷液槽、温液槽および試験槽よりなる三槽式試験機を用いて供試体の中心温度を-18℃から+5℃に定め、一日約7.5サイクルの速度で凍結融解の繰返しを行うもので、試験装置の概略および温度履歴は、図2.4.3-13に示すとおりである。

搬入された供試体は、試験開始時まで20℃の水中養生を行ったのち、JIS A 1127 に準じタワミ一次共鳴振動数および供試体質量を測定し、内面に突起を有する比較的硬質ゴム袋に入れて試験を開始した。以後測定は30サイクル毎とし相対動弾性係数(PC)を下式により求めた。

$$PC = \frac{f_1^2}{f_0^2} \times 100$$

ここに、PC : Cサイクル後の相対動弾性係数(%)。

f_0 : 試験開始時のタワミ一次共鳴振動数。

f_1 : Cサイクル後のタワミ一次共鳴振動数。

2)乾燥収縮試験(長さ変化)

JIS A 1129 [モルタルおよびコンクリートの長さ変化試験方法(ダイヤルゲージ法)]によった。

試験は、搬入された供試体を28日(基長)まで温度20±1℃で水中養生したのち基準値を測定し、速やかに温度20±1℃、湿度60±3%の恒温恒湿中に保存して経過期間(1週、4週、8週、3カ月および6カ月)後の長さ変化量および質量を測定した。

(c)試験結果

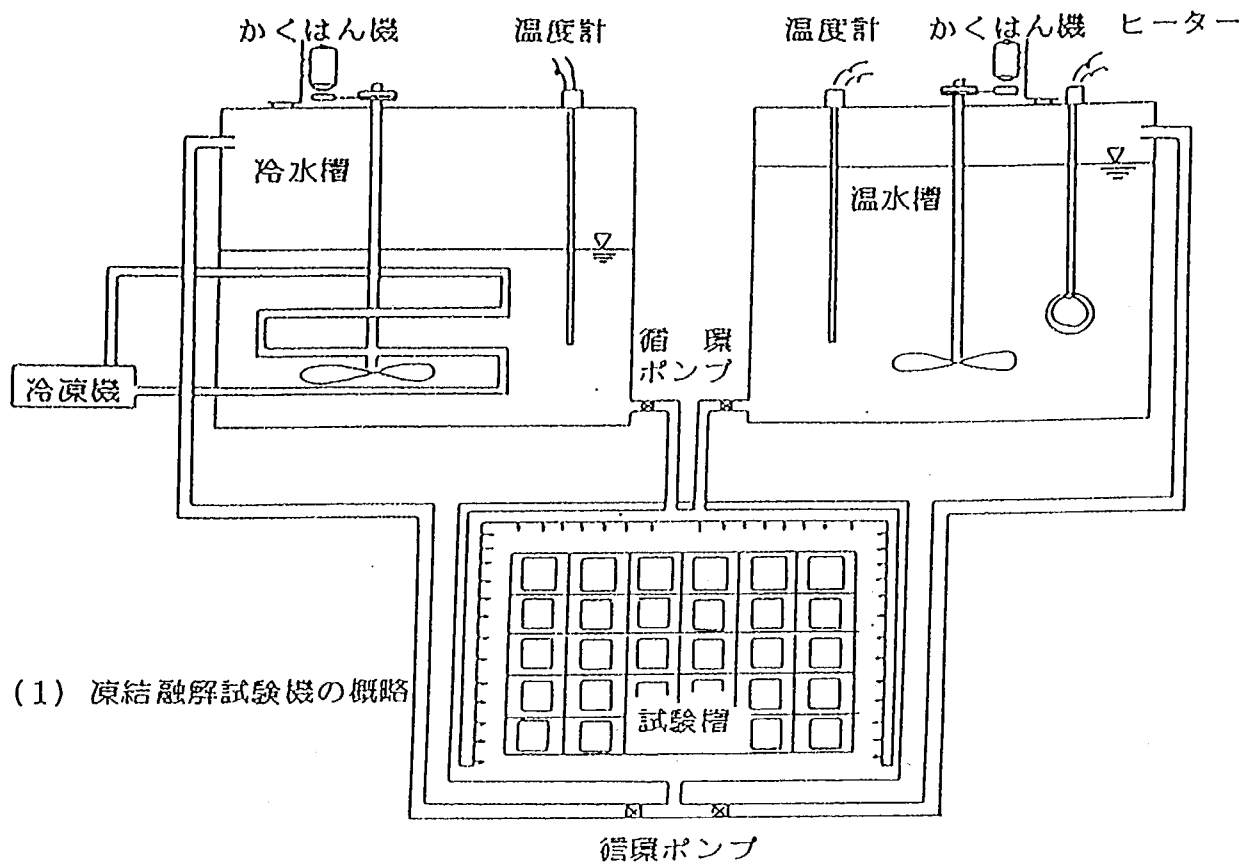
1)凍結融解試験

試験結果は、表2.4.3-13~14、図2.4.3-14に示すとおり、供試コンクリートの凍結融解に対する耐久性は極めて良好で300サイクル後の相対動弾性係数は101%であった。

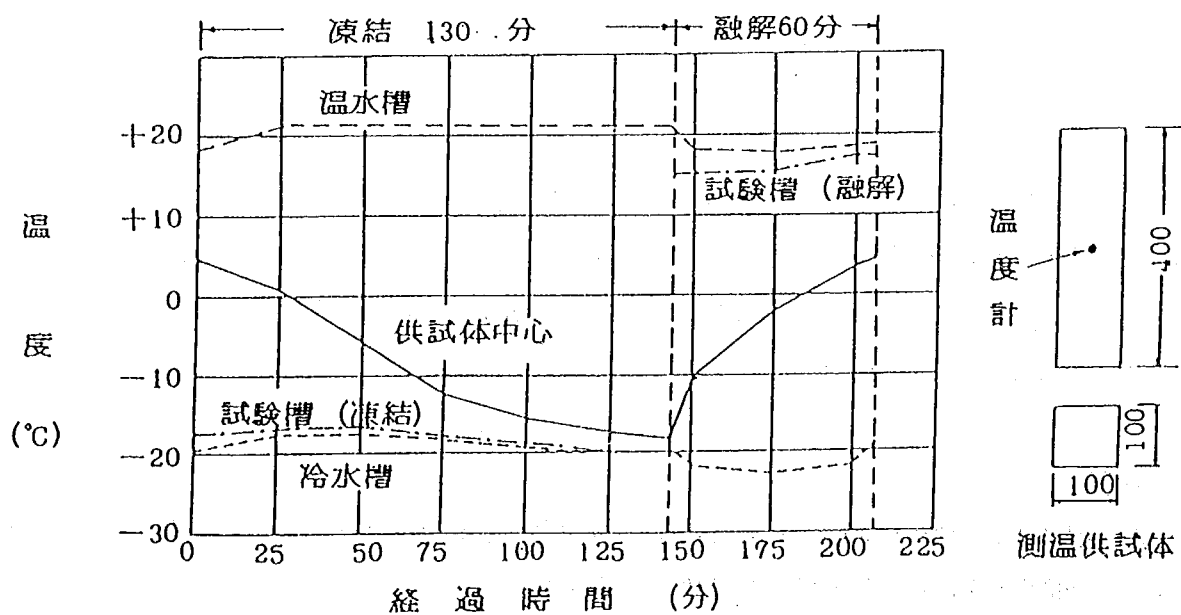
また、スケーリングによる質量変化率も300サイクル後で0.61%と小さかった。

2)乾燥収縮試験(長さ変化)

経過期間3カ月までの乾燥収縮による長さ変化試験結果は、表2.4.3-15~16、図2.4.3-15に示すとおりで試験は継続中。



(1) 凍結融解試験機の概略



(2) 供試体の温度履歴

図2.4.3-13 凍結融解試験機の概略および供試体の温度履歴

表2.4.3-13 凍結融解試験結果（相對動彈性係數）

供試体	試験開始時 動彈性係數	相 對 動 弾 性 係 數 (%)									
		30サイクル	60	90	120	150	180	210	240	270	300
1	4.19	99	100	100	100	100	100	100	100	100	101
2	4.04 4.10	99 99	100 100	100 100	101 100	102 101	102 101	101 100	102 101	102 101	101 101
3	4.08	99	100	100	99	100	100	100	100	100	100

表2.4.3-14 凍結融解試験結果（質量變化率）

供試体	試験開始時 供試体質量 (kg)	質 量 変 化 率 (%)									
		30サイクル	60	90	120	150	180	210	240	270	300
1	9.413	+0.03	+0.04	+0.03	+0.04	0	-0.13	-0.20	-0.34	-0.44	-0.55
2	9.356 9.371	+0.01	0	+0.01	-0.02	-0.09	-0.19	-0.25	-0.36	-0.45	-0.61
3	9.344	+0.03	+0.03	+0.03	+0.02	-0.01	-0.30	-0.40	-0.49	-0.59	-0.67
	平均	+0.02	+0.02	+0.02	+0.01	-0.03	-0.21	-0.28	-0.24	-0.49	-0.61

表2.4.3-15 乾燥収縮試験結果（長さ変化）

供試体	長さ変化率 ($\times 10^{-4}$)				
	1 週	4 週	8 週	3ヵ月	6ヵ月
1	1.6	4.0	5.3	6.0	
2	1.9 1.7	4.2 4.1	5.4 5.3	6.3 6.2	
3	1.7	4.0	5.3	6.4	

表2.4.3-16 乾燥収縮試験結果（質量減少）

供試体	質量減少率 (%)				
	1 週	4 週	8 週	3ヵ月	6ヵ月
1	0.64	0.99	1.13	1.23	
2	0.61 0.62	0.96 0.97	1.10 1.11	1.20 1.21	
3	0.62	0.96	1.09	1.19	

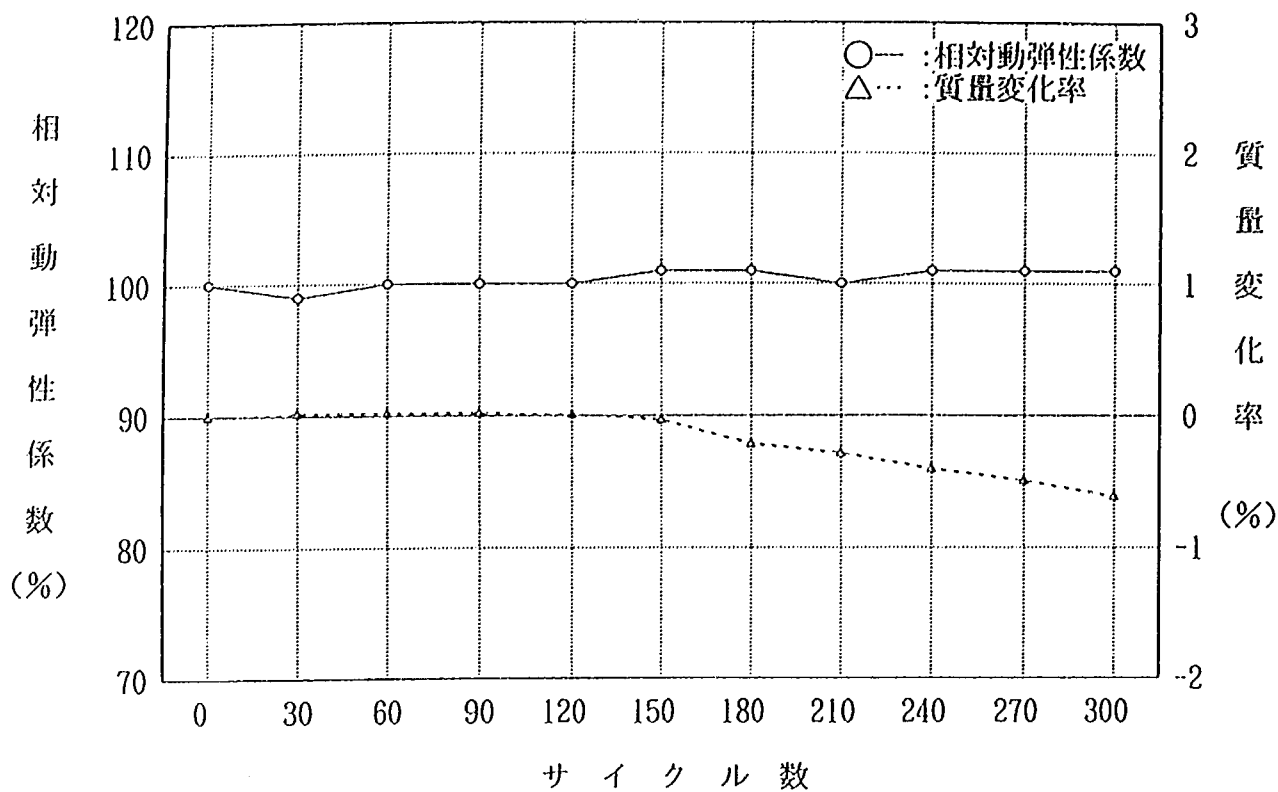


図2.4.3-14 凍結融解試験結果

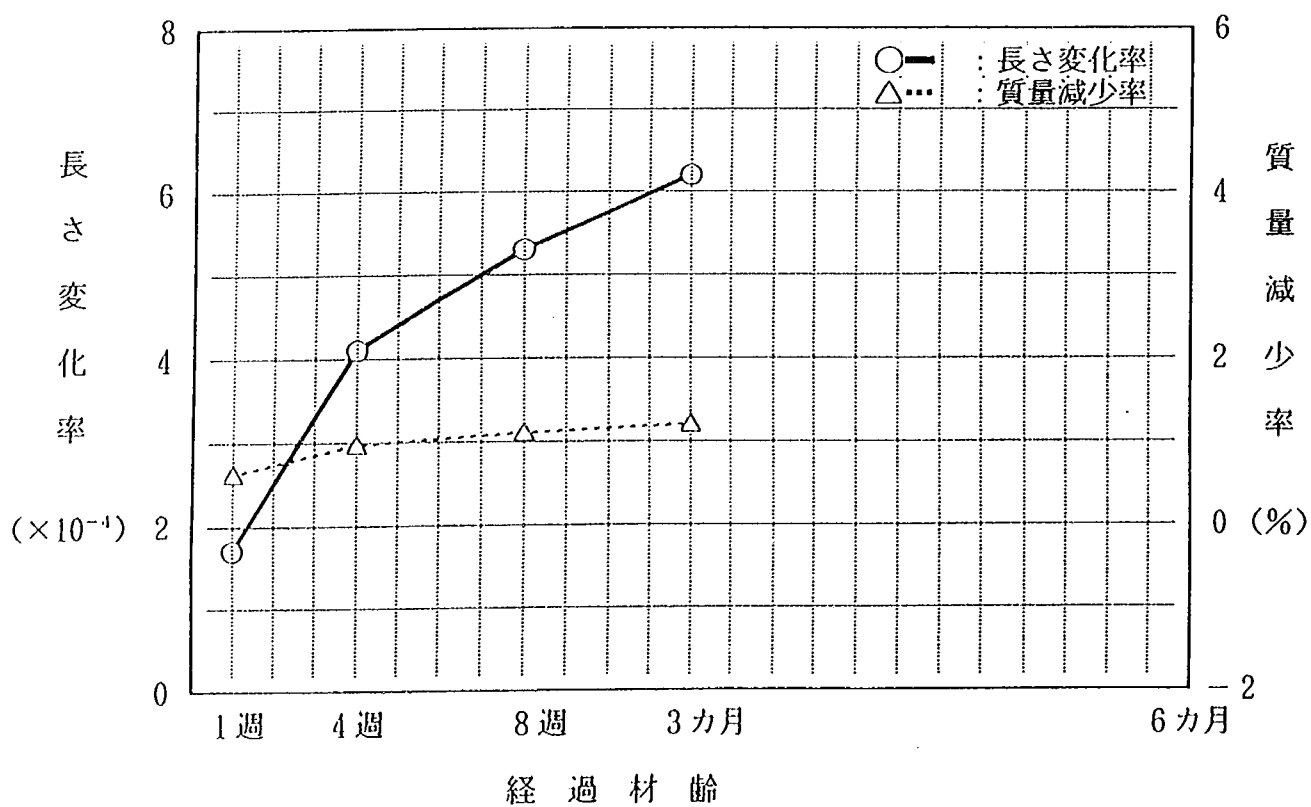


図2.4.3-15 乾燥収縮試験結果

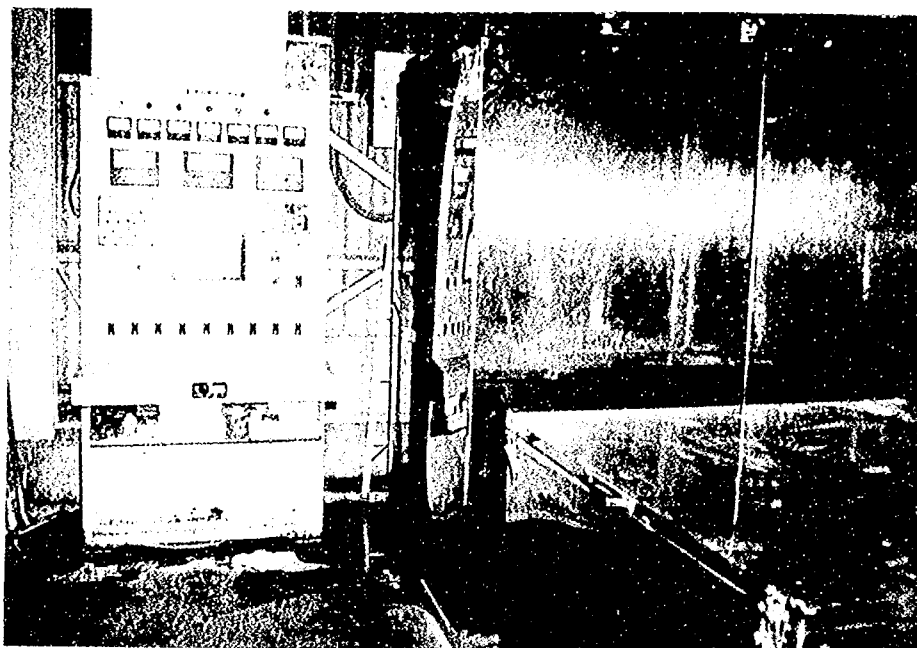


写真2.4.3-1

凍結融解装置

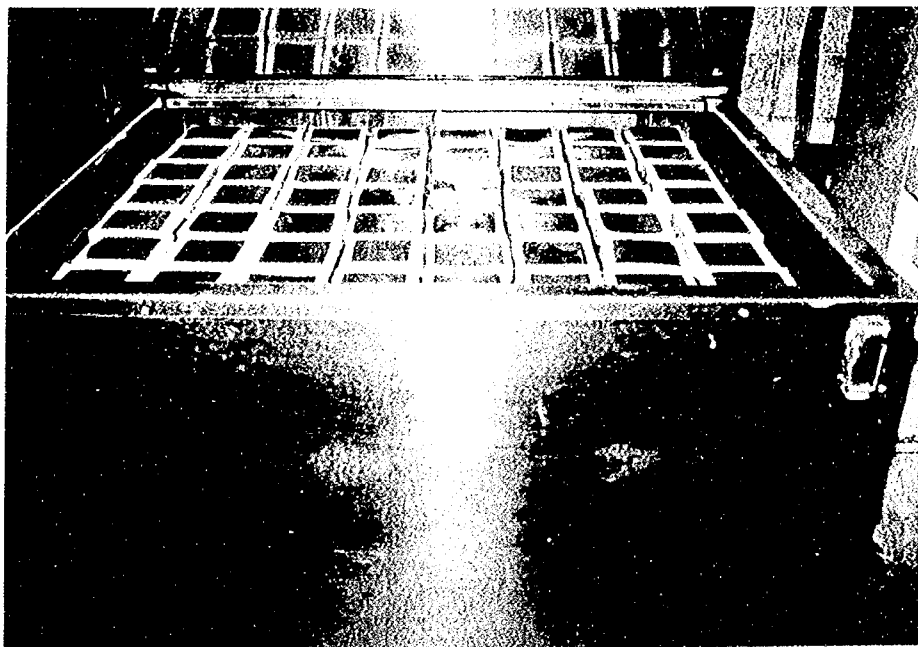


写真2.4.3-2

試験槽



写真2.4.3-3

上 面 0 サイクル



写真2.4.3-4

総プロ 上 面 150 サイクル

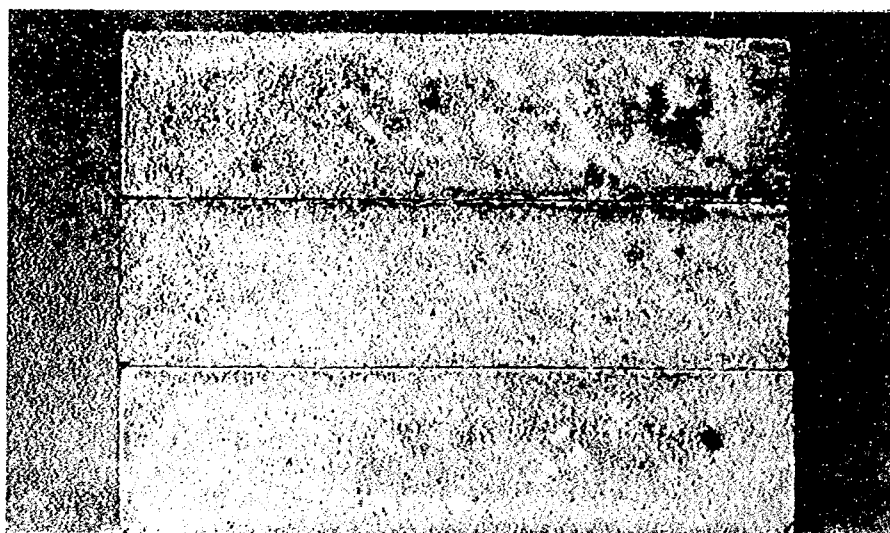


写真2.4.3-5

総プロ 上 面 300 サイクル

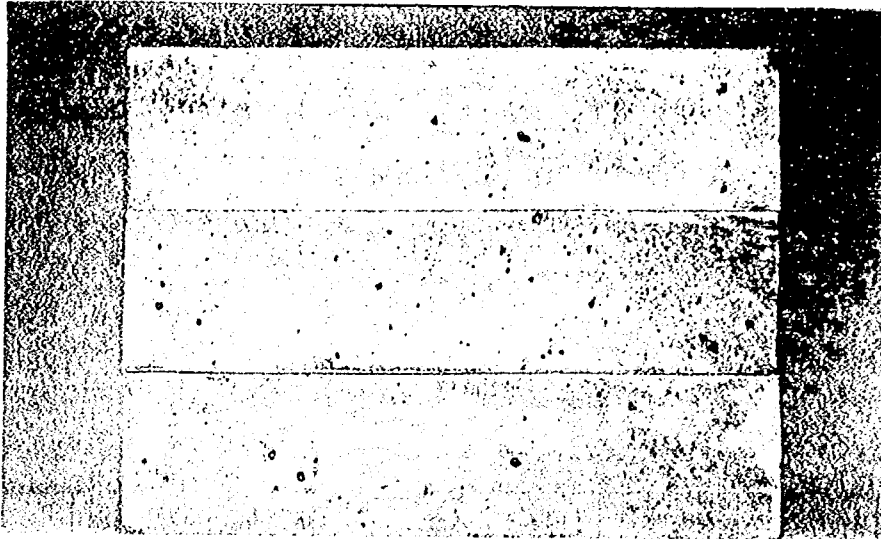


写真2.4.3-6

側 面 0 サイクル

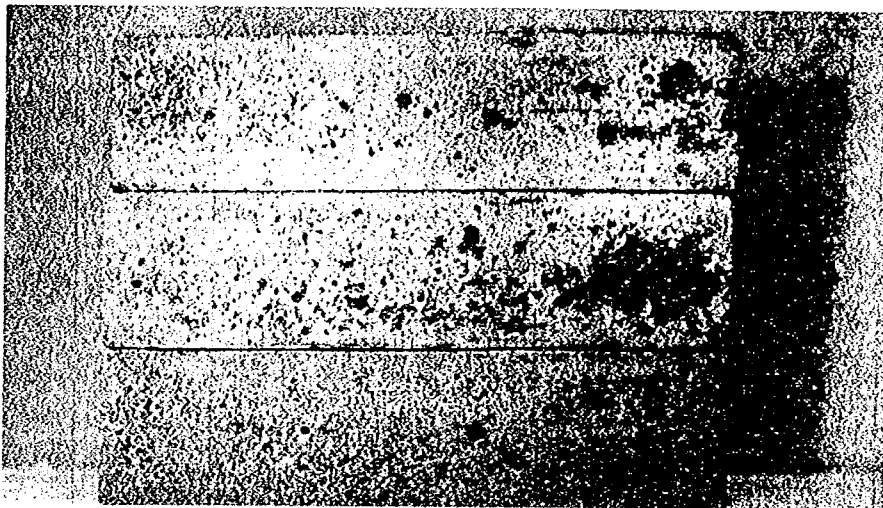


写真2.4.3-7

総プロ 側 面 150 サイクル

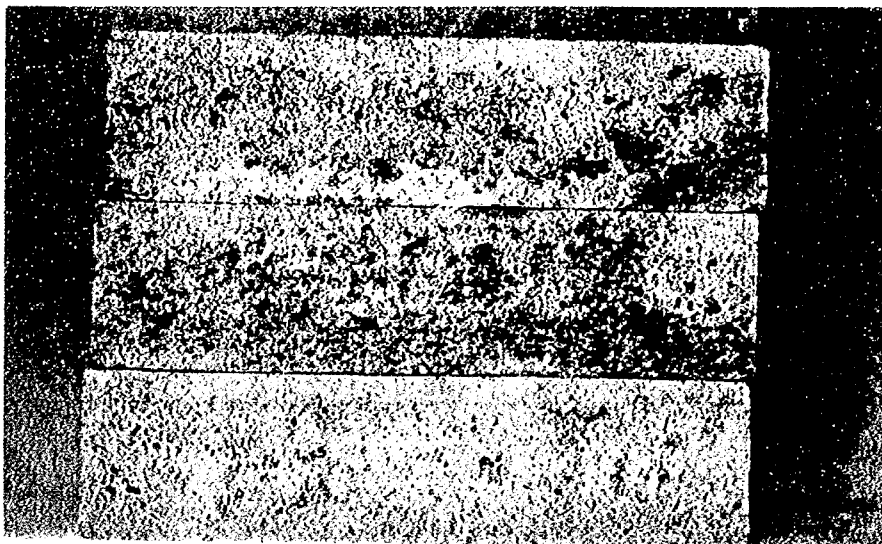


写真2.4.3-8

総プロ 側 面 300 サイクル

2.4.4 流動化コンクリートの施工

(1)フレッシュコンクリートの品質

フレッシュコンクリートの品質の確認結果を以下に示す。コンクリートの品質は、流動化前、流動化後ともに所定の品質を満足していた。スランプは、練上り直後から現着までに0.5～1.0cm程度の低下が確認されたが、空気量は、練上りから流動化後までに大きな変化はなかった。また、ポンプ圧送後のスランプの低下は、1.0cmに留まった。

表2.4.4-1 コンクリートの品質

生コン車	時 刻		練混ぜ負荷 (A)	表面水率 (%)	打設終了時間	スランプ (cm)	空気量 (%)	コンクリート温度 (°C)
1 台目	練上り	7:36	100, 115	9.0	8:33	10.0	4.7	10.0
	現着	8:00				9.5	4.4	11.0
	流動化後	8:10				16.5	4.6	11.0
2 台目	練上り	8:15	114, 125	9.5	8:52	8.0	4.2	10.0
	現着	8:35				7.0	4.1	11.0
	流動化後	8:43				16.0	4.0	11.0
3 台目	練上り	8:27	112, 115	9.2	9:04	8.5	4.1	10.0
	現着	8:50				8.0	3.9	11.0
	流動化後	9:56				16.5	3.9	11.0
4 台目	練上り	8:37	110, 113	9.0	9:21	9.0	4.0	10.5
	現着	9:00				8.0	3.9	11.0
	流動化後	9:07				16.0	3.6	11.0
5 台目	練上り	8:52	115, 113	9.0	9:34	9.0	4.1	10.5
	現着	9:15				8.0	3.5	11.0
	流動化後	9:21				15.0	3.6	11.0
6 台目	練上り	9:13	105, 115	9.3	9:49	8.0	3.7	11.0
	現着	9:35				7.5	3.8	11.0
	流動化後	9:41				16.5	3.6	11.0
7 台目	練上り	9:24	103, 106	9.3	10:05	7.5	3.6	11.0
	現着	9:50				7.5	3.7	11.0
	流動化後	9:56				14.5	3.5	11.0
8 台目	練上り	9:35	110, 110	9.3	10:09	9.0	3.8	11.0
	現着	10:05				8.5	3.9	11.0
	流動化後	10:11				15.5	4.0	11.0
9 台目	練上り	9:42	113, 115	9.5	10:30	8.5	3.7	11.0
	現着	10:15				7.0	3.8	11.0
	流動化後	10:23				13.5	3.6	11.0
10 台目	練上り	9:52	115, 115	9.2	10:42	7.5	4.0	11.0
	現着	10:30				6.0	3.5	12.0
	流動化後	10:37				16.0	3.5	12.0
	筒先	10:45				15.0	3.2	13.0

(2)打設方法

- ・ 1 層当たりの打設厚 1 m
 - ・ バイブレータ、コンクリート投入時常時
 - ・ バイブレータの配置は以下の 2 種の方法
- ①フレキシブルホースの左右に 1 m ピッチで 2 組ずつ
 - ②打設していく方向に 3 組、その反対方向に 1 組、各 1 m ピッチ

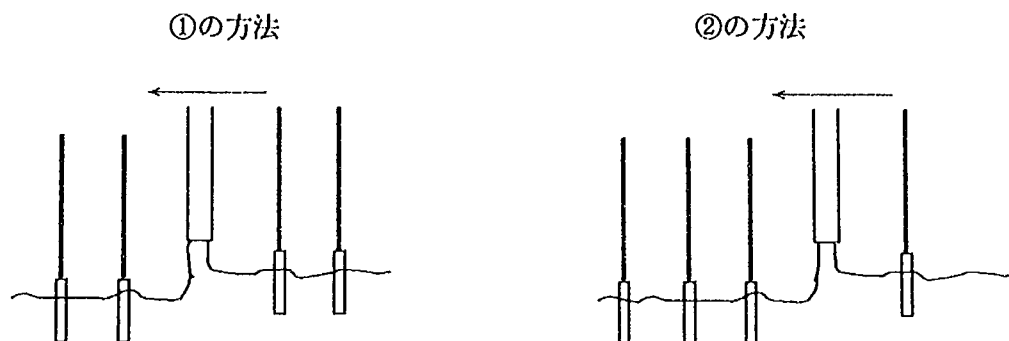


図2.4.4-1

(3)コンクリート打設の人員および使用機械

①人員

- | | |
|----------------------|----------------------|
| ・ ポンプの人員 | ・ コンクリート打設 |
| ポンプ車の制御 : 1 人 | バイブレーターによる締固め係 : 4 人 |
| 筒先管理 : 1 人 | バイブレーターの移動その他 : 2 人 |
| ・ 型枠 | |
| 型枠の打設時の点検 : 2 人 (大工) | |
| 型枠の再振動 : 1 人 (土工) | |

②コンクリート打設の機械

・ ポンプ車

三菱シュビングコンクリートポンプ車
形式 ダイヤクリート1000BR
最大吐出量 1000m³/hrs.
シャシ形式 三菱P-FP-413J
エンジン最大出力 300PS/2200r. p. m

(現場読み値)

ポンプ車圧力計 : 最大50~60kgf/cm²
ポンプ車回転計 : 回転計故障

・ バイブレーター

フレキシブルバイブレーター (5 m) 4 台
振動部は、50cm程度の機械

(4)打設状況

①ポンプ筒先の移動状況

表2.4.4-2 ポンプ筒先の移動状況

時 刻	生コン車	打 設 層	筒先の位置	備 考
8 : 2 5	1	1	B 4 側より 4.5m	打設開始
3 2	1	1	2.0m	
3 3	1	1		1 車目終了
4 4	2	1	2.0m	2 車目開始
4 6	2	1	10m	
4 9	2	1	14.5m	
5 2	2	1		2 車目終了
5 7	3	1	14.5m	3 車目開始
5 9	3	1	17.5m	
9 : 0 3	3	1	19.2m	
0 4	3	1		3 車目終了
1 5	4	2	1.5m	4 車目開始
1 6	4	2	4.0m	
1 8	4	2	7.0m	
2 1	4	2		4 車目終了
2 6	5	2	11.0m	5 車目開始
2 7	5	2	14.5m	
3 0	5	2	17.0m	
3 3	5	2	19.0m	
3 4	5	2		5 車目終了
4 2	6	3	1.5m	6 車目開始
4 6	6	3	4.5m	
4 8	6	3	7.0m	
4 9	6	3		6 車目終了
5 9	7	3	7.0m	7 車目開始
1 0 : 0 1	7	3	10.0m	
0 4	7	3	12.0m	
0 5	7	3		7 車目終了
1 1	8	3	12.0m	8 車目開始
1 4	8	3	16.0m	
1 5	8	3	18.5m	
1 8	8	4	1.5m	
1 9	8	4		8 車目終了
2 4	9	4	1.5m	9 車目開始
3 0	9	4	13.0m	9 車目終了
3 8	1 0	4	13.0m	10 車目開始
4 2	1 0	4		打設終了

純打設時間（生コン車の待ち時間を除いた打設時間）＝ 68分
 一車あたり平均打設時間（10台目を除く）＝ 7.1分

②打設順序

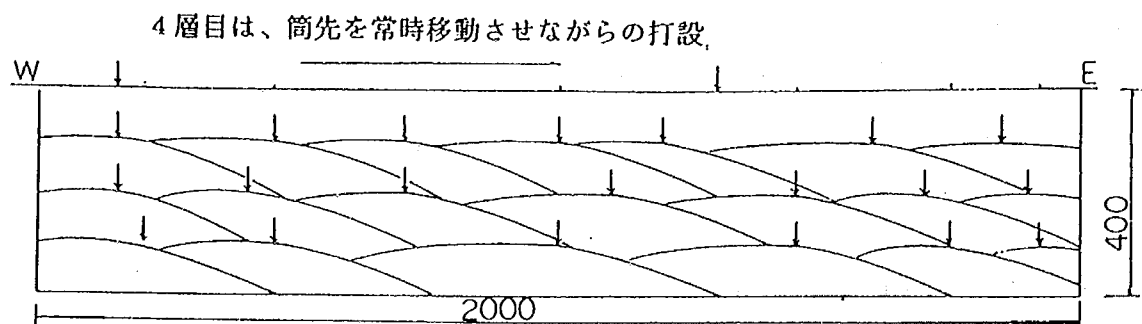


図2.4.4-2

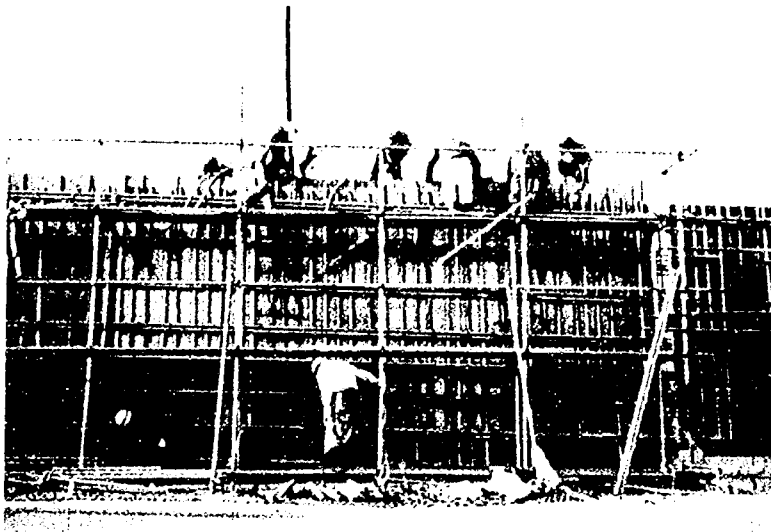


写真2.4.4-1
流動化コンクリート
打設状況



写真2.4.4-2
3層目打設状況



写真2.4.4-3
4層目打設状況

2.4.5高性能A E 減水剤を用いたコンクリートの施工

(1)フレッシュコンクリートの品質

フレッシュ性状を下表に示す。砂の表面水率測定値は7.1%であった。室内試験と同一配合ではスランプが規定値をオーバーするおそれがあるため実機においては表面水率を測定値より0.4～1.1%大きめに設定してスランプ値を調整した。推定（補正）した単位水量とスランプの経時変化を下图に示す。単位水量とスランプは弱い相関を持つ。単位水量6 kgでスランプは1～1.5cm変動するようである。

表2.4.5-1

生コン車	時 刻	練混ぜ 負 荷 (A)	細骨材の 表面水率 測定値 (%)	粗骨材の 表面水率 設定値 (%)	打設終 了時間	スランプ (cm)	空気量 (%)	コンクリート 温 度 (℃)
1 台目	練 上 り	7:53	110	7.5	8:36	16.5	4.9	10.5
	現 着	8:32	105			17.5	5.0	10.5
2 台目	練 上 り	8:15	105	7.8	8:45	17.5	4.2	10.5
	現 着	8:39	110			17.5	4.8	10.5
3 台目	練 上 り	8:44	115	7.8	9:14	17.0	4.0	10.5
	現 着	9:06	120			17.0	3.5	11.0
4 台目	練 上 り	9:00	113	8.0	9:29	16.0	4.3	11.0
	現 着	9:20	128			15.5	4.6	11.0
5 台目	練 上 り	9:19	120	8.0	9:45	16.5	3.7	10.0
	現 着	9:38	113			17.5	4.6	11.0
6 台目	練 上 り	9:30	110	8.0	9:57	17.0	4.1	10.0
	現 着	9:49	128			16.0	4.1	11.0
7 台目	練 上 り	9:51	125	8.3	10:24	15.0	3.7	10.5
	現 着	10:14	130			17.0	4.3	11.0
	筒 先	10:20				15.0	4.1	11.0

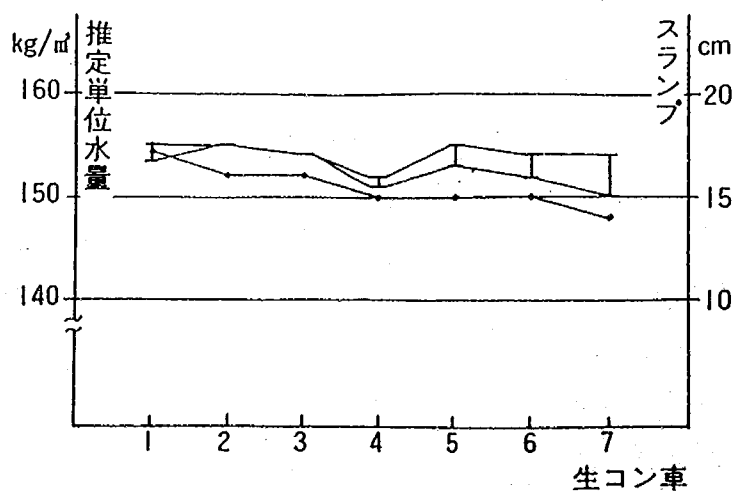


図2.4.5-1

(2)打設方法

ピストン式ポンプ車のブームにて、フレキシブルホースを鉄筋間に突っ込み直接打設した。打設速度は約 $40\text{m}^3/\text{H}$ であった。壁高は約 3m で、これを3層に分けて打設した。1、2層は6箇所からコンクリートを注入し、3層は筒先を浮かせ移動しながら注入した。

締固めは原則として4台のバイブレータによって行った。型枠タタキは層毎に程度が異なる。即ち1層目は北側面のみ、2層目は両面、3層目はタタキなしであった。

(3)打設人員および使用機器

1)打設人員

表2.4.5-2

	1層目	2層目	3層目
・ポンプの人員 ポンプ車の制御 筒先管理	1人 1人	1人 1人	1人 1人
・型枠 型枠の打設時の点検 型枠のタタキ	0人 1人	1人 2人	1人 0人
・コンクリートの打設 バイブレータによる締固め バイブレータの移動 均し	4人 2人 0人	4人 2人 0人	2人 2人 3人

2)コンクリート打設時の機械

・ポンプ車

I H I ピストン式ポンプ

形式 : IPF110B-7E21

最大吐出量 : $100\text{m}^3/\text{hr}$

シャーシ形式 : ISUZU P-CVR17K

エンジン最大出力 : $260\text{ps}/2500\text{rpm}$

(現場読み値)

ポンプ車圧力計 : 最大 $130\text{kg}/\text{cm}^2$

ポンプ車回転数 :

・バイブレータ

フレキシブルバイブレータ (5m) 4台 (1層目、2層目)、2台 (3層目)

(4)打設状況

フレキシボー又は1、2層は鉄筋の間に突っ込み、コンクリートの自由落下長を最大 1.0m とした。ホースの位置は壁全長を等分するように決められた(下図の矢印の位置)。3層目はホースを移動しながら打設した。

1層当たりの打設厚さは約 1m である。筒先の左右に各々1~3ピッチ、計4箇所で行った。締固め作業時間は、コンクリートの打設時間とほぼ同じ ($10\text{m}^3/\text{H}$) であった。このコンクリートはスランプ

が15cmを超えているため流動しやすく、最大流動距離は6m程度となった。なお最先端のバイブレータは前層の表面10～20cmの再振動も行っている。

3層目は締固め作業要因の一部を仕上げに回し、残りで締固め作業を行った。

打設順序図

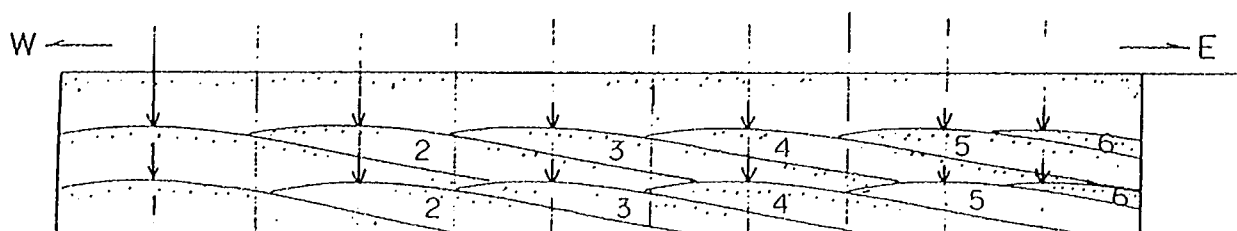


図2.4.5-2

表2.4.5-3 ポンプ筒先の移動について

時 刻	生コン車	打 設 層	筒先の位置	備 考
8 : 3 2	1	1	西端より 1.8m	打設開始
3 6	1	1	5.5m	1車目終了
3 9	2	1	5.5m	2車目開始
4 3	2	1	9.1m	
4 5	2	1	9.1m	2車目終了
9 : 0 6	3	1	9.1m	3車目開始
0 8	3	1	12.7m	
1 2	3	1	16.4m	
1 4	3	1	16.4m	3車目終了
2 0	4	1	16.4m	4車目開始
2 2	4	1	18.2m	
2 4	4	1	18.2m	1層目完了
2 6	4	2	1.8m	2層目開始
2 9	4	2	1.8m	4車目終了
3 8	5	2	5.5m	5車目開始
4 2	5	2	9.1m	
4 4	5	2	12.7m	
4 5	5	2	12.7m	5車目終了
4 9	6	2	12.7m	6車目開始
5 1	6	2	16.4m	
5 3	6	2	18.2m	2層目終了
5 5	6	3		
5 7	6	3	連続	6車目終了
1 0 : 1 4	7	3	移動打設	7車目開始
2 4	7	3		7車目終了

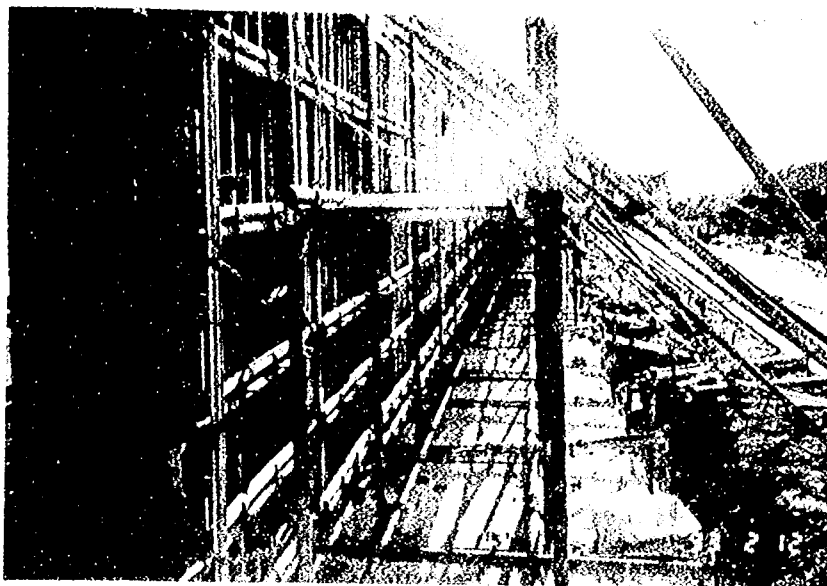


写真2.4.5-1
4ブロック
型枠支保工



写真2.4.5-2
2層目
打設状況



写真2.4.5-3
3層目
打設状況

2.4.6 単位水量の測定結果

(1) 測定方法

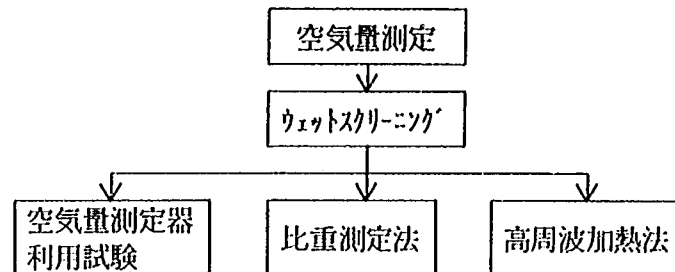
単位水量の測定は、以下の3種の方法による。

①空気量試験を利用する方法

②比重測定法

③高周波加熱乾燥法

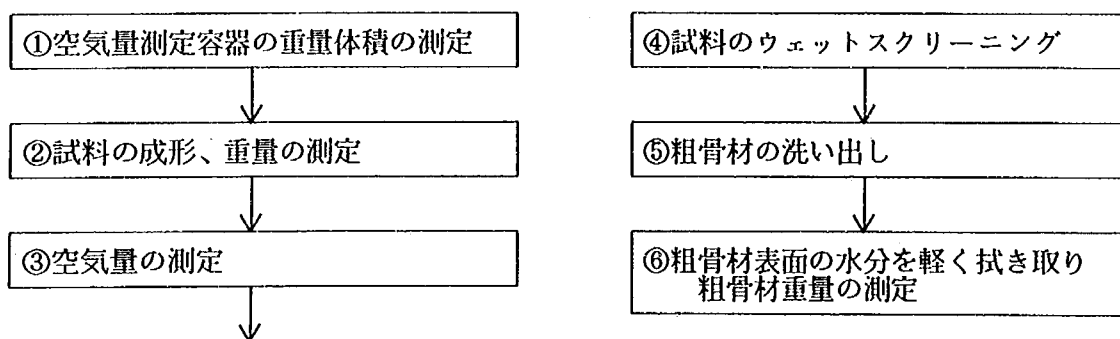
以下に測定の基本的な流れを示す。



(2) 空気量試験を利用する方法

空気量を測定する試料を用い、これに含まれる粗骨材量を測定後、単位水量を測定した。

〈測定手順の概略〉



〈推定方法〉

単位水量 W (kg/cm^3) は、以下の式より算出した。

$$W = \alpha \times \{M0 - C0 / \alpha - \rho_s (V - V \cdot A / 100 - C0 / \rho_c - GV) - GW\} / (1 - \rho_s) \\ \times 1 \text{ m}^3 \text{ コンクリートの単位容積重量} / M0$$

$M0$: コンクリートの試料重量

$C0$: コンクリートの重量比 (試料重量 / 1 m^3 コンクリート重量) による試料中のセメント量

GW : 試料洗い出しによる粗骨材重量

V : 空気量測定容器の体積

A : 空気量

ρ_c : セメントの比重

ρ_s, ρ_g : 細骨材、粗骨材の表乾比重

GV : 粗骨材の絶対容積 ($GV = GW / \rho_g$)

α : 試料採取補正係数

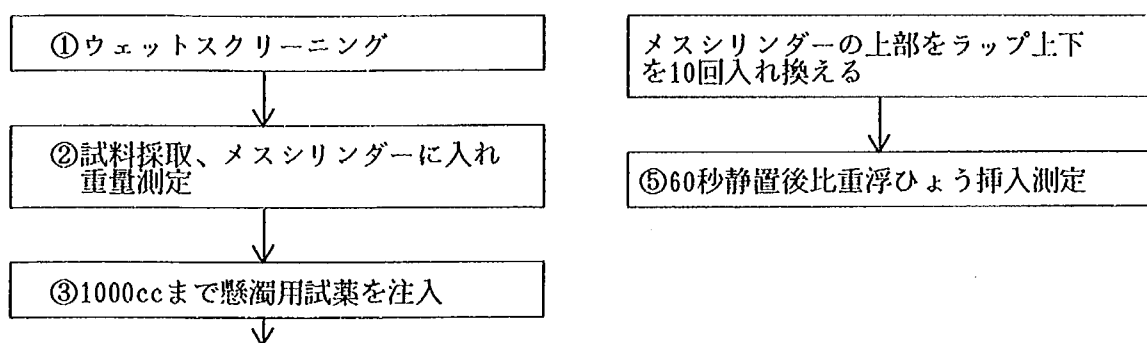
$$\alpha = (M0 - G0) / (M0 - GW)$$

G0は、コンクリートの重量比（試料重量／1 m³コンクリート重量）による試料中の粗骨材重量を算出した値

(3) 比重測定法

対象とする試料を一定量の水に分散させ、比重浮ひょうにより、このときの比重を測定することで、セメント量、単位水量を測定した。

〈測定手順の概略〉



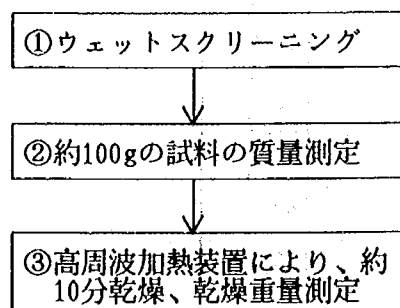
〈推定方法〉

H4. 12. 7に小山レミコン（株）埼玉工場で実施した予備実験の結果をより、比重浮ひょうと単位水量の検量線を求め、これより単位水量を推定した。

(4) 高周波加熱乾燥法

高周波加熱装置により、試料の水分を強制的に逸散させ、その時の質量減によりコンクリートの単位水量を推定した。

〈測定手順の概略〉



なお、高性能AE減水剤を用いたコンクリートでは、1車のみコンクリート乾燥させ、単位水量を推定した。

〈推定方法〉

単位水量 W (kg/cm²) は、以下の式より算出する。

$$W = W_t \times \{ S (100 / (100 + p)) + C \} - S (p / (100 + p))$$

W : 単位水量

W_t : 含水率

S : 配合上の細骨材重量

C : 配合上のセメント重量

p : 吸水率

流動化コンクリート及び高性能AE減水剤を用いたコンクリートは、小山レミコンで事前に実施した実験により、測定含水率と配合含水率との検量線を求め、同様に推定を行った。

(5) 単位水量の測定結果

〈普通コンクリートの単位水量推定結果〉

生コン車 No.	空気量推定法	比重推定法	高周波加熱法	
			測定値直推定	検査線換算推定
1	159.0	156	183.0	
4	154.3	154	178.7	
7	155.4	152	174.3	
平均	156.2	154	178.7	
標準偏差	1.98	1.63	3.55	
母標準偏差	2.42	2.00	4.35	

〈流動化コンクリートの単位水量推定結果〉

生コン車 No.	空気量推定法	比重推定法	高周波加熱法	
			測定値直推定	検査線換算推定
2	173.0	178.7	162.1	157.7
3	175.8	172.5	167.8	170.7
4	175.0	170.0	172.3	181.0
5	181.4	171.3	166.6	168.1
6	184.5	172.5	167.8	170.7
7	174.5	172.5	162.1	157.7
8	177.2	171.3	168.9	173.3
9	173.4	172.5	164.4	162.9
10	172.8	170.0	163.3	160.3
平均	176.4	172.4	166.1	166.9
標準偏差	3.79	2.46	3.23	7.44
母標準偏差	4.02	2.61	3.43	7.89

〈高性能A E減水剤を用いたコンクリートの単位水量推定結果〉

生コン車 No.	空気量推定法	比重推定法	高周波加熱法		
			測定値直推定	検査線換算推定	コンクリート
1	181.2	160.8	178.1	264.8	166.0
2	168.0	159.2	180.4	278.3	
3	158.0	156.7	168.0	203.7	
4	169.1	160.8	171.3	224.1	
5	160.1	158.3	173.6	237.6	
6	167.7	157.5	169.1	210.5	
7	149.3	154.2	162.3	169.8	
平均	164.8	158.2	171.8	227.0	
標準偏差	9.38	2.20	5.70	34.36	
母標準偏差	10.13	2.38	6.16	37.11	

〈普通コンクリートの単位水量推定結果〉

生コン車 No.	空気量推定法	比重推定法	高周波加熱法	
			測定値直推定	検査線換算推定
1	168.8	159.0	135.2	
2	185.9	166.0	134.2	
3	181.4	169.0	135.2	
4	180.4	165.0	141.2	
5	176.5	165.0	139.2	
6	183.9	167.0	148.2	
7	180.9	163.0	144.2	
8	175.5	158.0	135.2	
9	177.5	161.0	138.2	
10	179.7	160.0	140.2	
平均	179.1	163.3	139.1	
標準偏差	4.56	3.49	4.30	
母標準偏差	4.80	3.68	4.53	

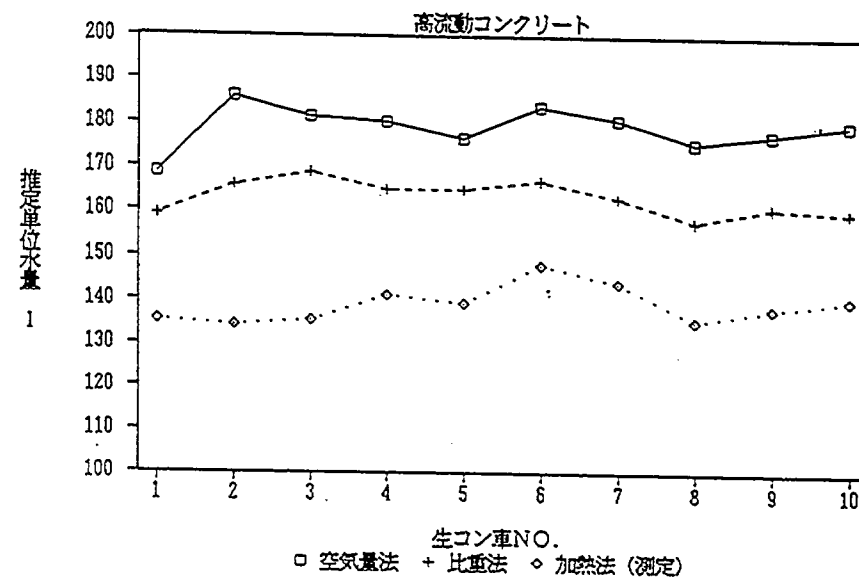
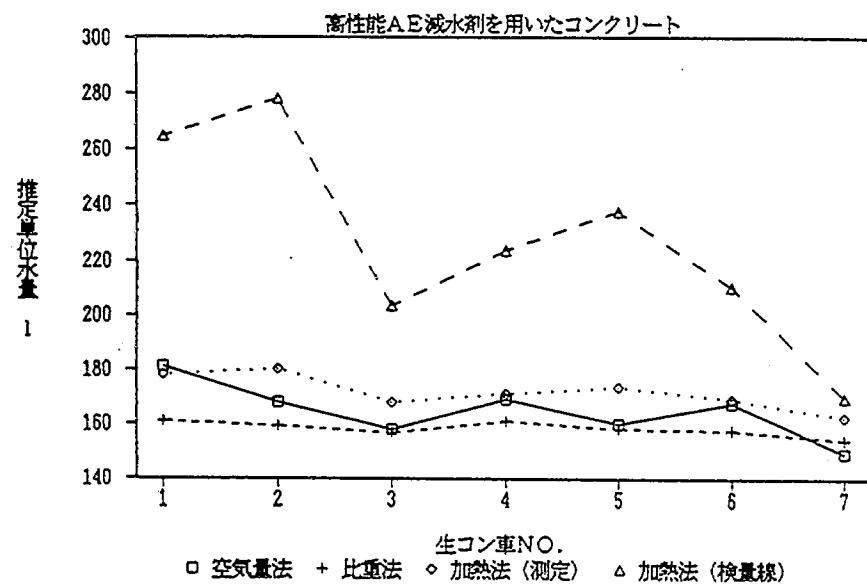
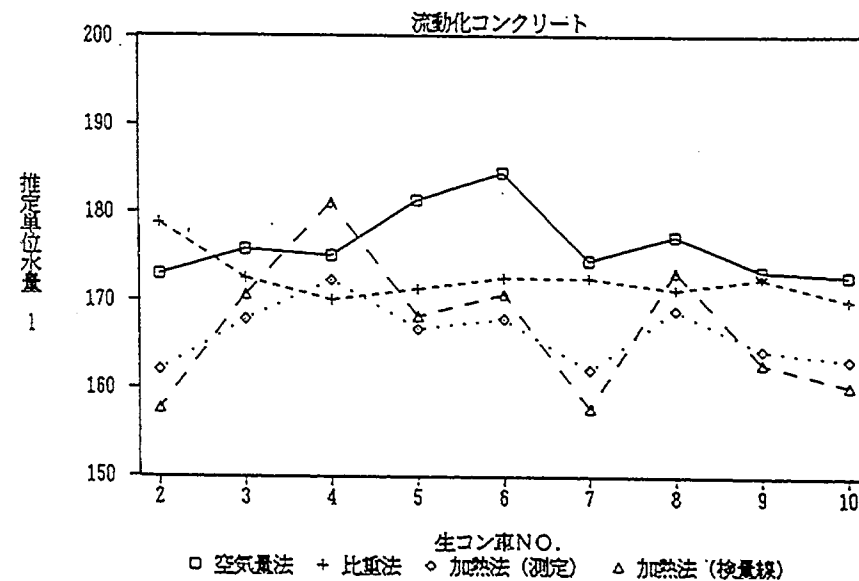
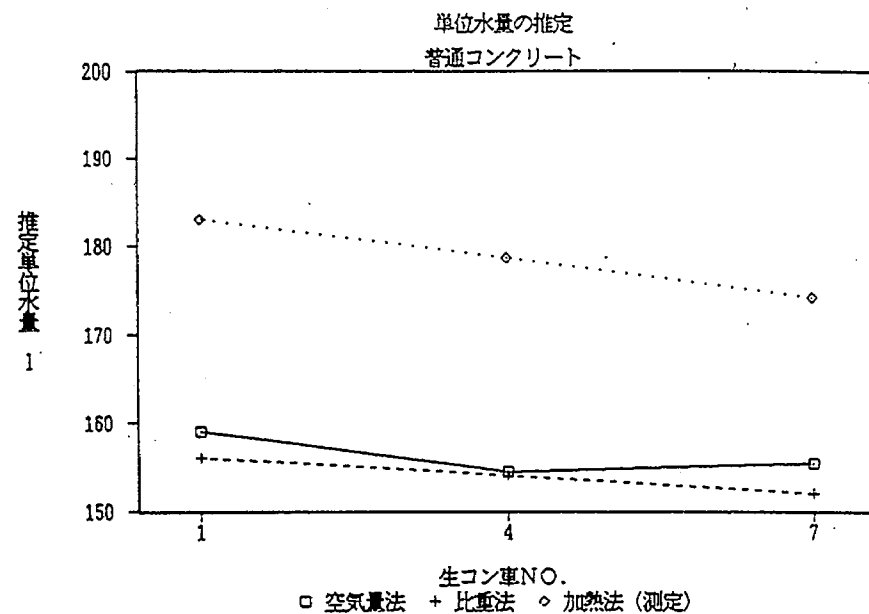


図2.4.6-1

2.4.7 騒音測定結果

コンクリート打込みに伴う騒音測定は、図2.4.7-1に示す位置において測定した。測定結果は表2.4.7-1に示すとおりである。

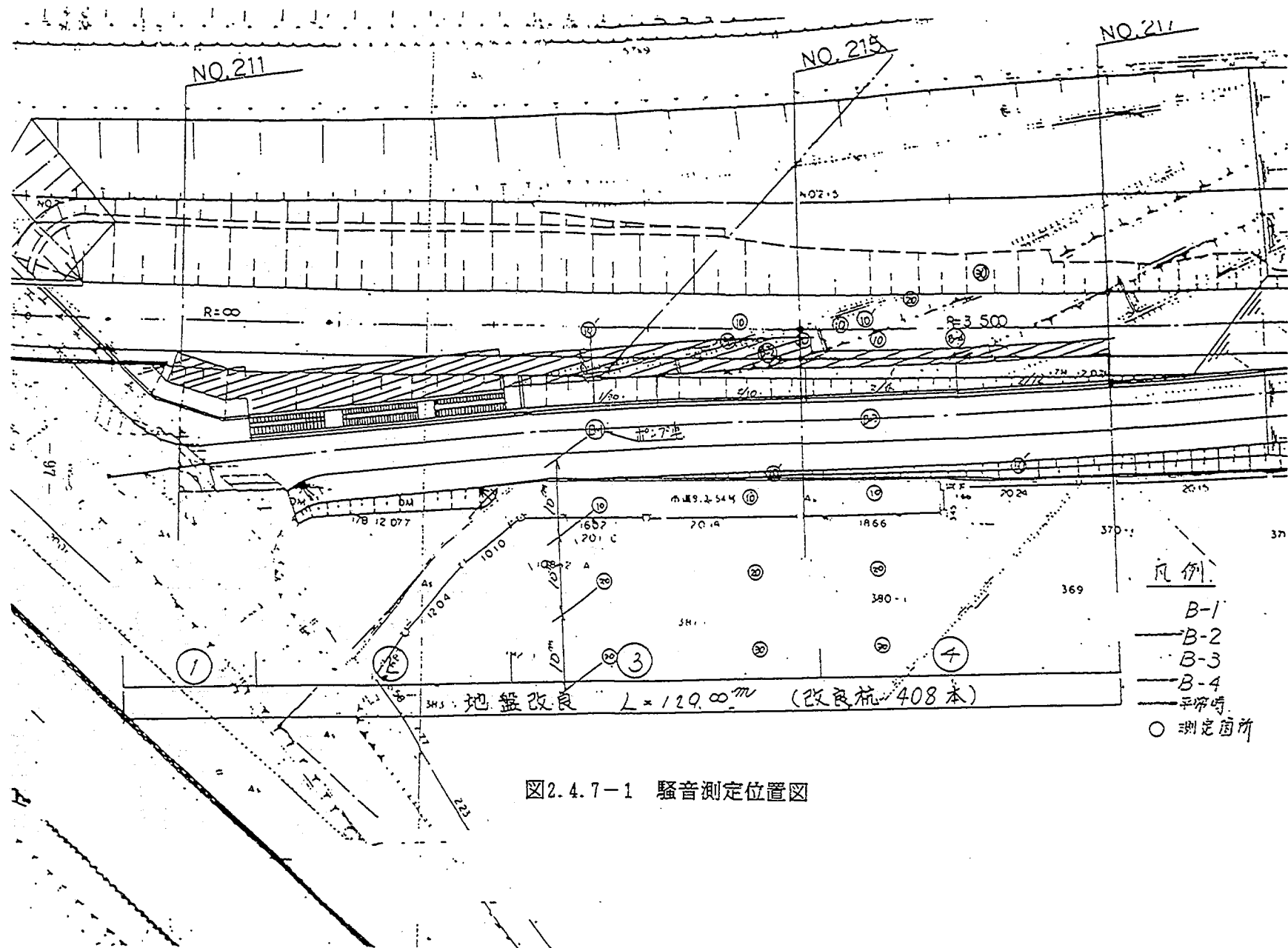
コンクリートを打設しない平常時の騒音測定結果はどの地点においても約45dB～65dBであった。平常時には周辺の車の走行の音を拾うため、最大と最小の差は20dB程度であった。

コンクリート打設時には、B-2（高流動コンクリート）のコンクリート打設を除き、ポンプ車の反対側10mの地点で82dB～84dBであり、コンクリートの種類による差はほとんどなかった。特に、現場添加の流動化コンクリートのミキサ攪拌の影響はほとんどないようである。それに対し、バイブレータを使用しないB-2（高流動コンクリート）では61～72dB（反対側10mの地点で型枠を叩いている状態で77dB）と幾分小さい結果となった。

表2.4.7-1 騒音測定結果

測 定 位 置	測 定 結 果
平常時	10m max 67 dB、min 49 dB
	20m max 62 dB、min 46 dB
	30m max 65 dB、min 44 dB
	反対10m max 66 dB、min 35 dB
B-1 (普通コンクリート)	10m 79 dB
	20m 73 dB
	30m 70 dB
	反対10m 84 dB
B-2 (高流動コンクリート)	10m 72 dB (77 dB 型枠たたき)
	20m 64 dB
	30m 61 dB
	反対10m 77 dB (型枠たたき)
B-3 (現場後添加型 流動化コンクリート)	10m 75 dB (82 dB ミキサー攪拌)
	20m 74 dB (72 dB ミキサー攪拌)
	30m 72 dB (70 dB ミキサー攪拌)
	反対10m 84 dB
B-4 (高性能AE剤を 用いた流動化 コンクリート)	10m 78 dB
	20m 77 dB
	30m 75 dB
	反対10m 82 dB

*)測定位置はポンプ車より離れた距離。



2.4.8 構造体コンクリートの品質調査結果

(1)品質管理用供試体の圧縮強度試験結果

各ブロックの品質管理用供試体の圧縮強度試験結果は、表2.4.8-1に示すとおりである。

表2.4.8-1 各ブロックの品質管理用供試体の圧縮強度試験

ブロック	コンクリートの種類		圧縮強度 (kgf/cm ²)			
			材齢 7 日		材齢 28 日	
B-1	普通コンクリート		141 145 134	140	293 301 284	293
B-2	高流動コンクリート		249 214 215	226	407 382 378	389
B-3	流動化コンクリート	流動化前	137 157 151	148	286 295 289	290
		流動化後	133 141 141	138	282 289 277	283
B-4	高性能AE減水剤を用いた コンクリート		133 141 146	140	281 293 310	295

(2)構造体コンクリートの品質調査

(a)試験項目及び方法

シュミットハンマー反発硬度：材料学会法により各ブロック33箇所測定した。

ひびわれ及びあばた調査：スケッチ及び写真によった。

測定日時：平成5年3月9日～10日

(b)測定結果

1)シュミットハンマー反発硬度

測定は1ブロックについて、上中下3箇所を各11箇所、計33箇所について実施した。各測定場所は、5 cm ピッチで縦×横=20点の升目を設け測定点とした。測定箇所は、図2.4.8-1～2に示すように定尺(90～180)の型枠用材の跡を参考とし、升目を描き位置決めを行った。また、反発硬度からの圧縮強度の推定は、日本材料学会の下記の式により推定した。なお、コンクリート面は乾燥しており、シュミットハンマーは鉛直面に当てているので補正は行っていない。

$$F = -184 + 13 R_0$$

F：圧縮強度(kgf/cm²)

R₀：基準硬度

測定結果は、表2.4.8-2～4に示すとおりであり、測定材齢が個々に異なるので相対値で見ると、全体としては上部の強度が中央から下の部分に比べ低めとなっている。

表2.4.8-4 圧縮強度集計値(kgf/cm²)

	B-1	B-2	B-3	B-4	B-5
上 部	2 4 3	2 3 1	2 2 9	2 1 0	2 2 8
中 央	2 4 7	2 4 0	2 4 8	2 2 3	2 3 9
下 部	2 6 5	2 2 8	2 3 9	2 3 3	2 4 1
平 均	2 5 1	2 3 3	2 3 9	2 2 2	2 3 6

表2.4.8-2 シュミットハンマー試験結果(その1)

ブロック B-1			ブロック B-2		
位置	反発硬度	圧縮強度 kgf/cm ²	位置	反発硬度	圧縮強度 kgf/cm ²
101	32.05	233	201	30.65	214
102	33.65	253	202	32.00	232
103	35.40	276	203	32.15	234
104	34.15	260	204	33.10	246
105	32.35	237	205	33.05	246
106	35.60	279	206	32.00	232
107	32.25	235	207	31.10	220
108	34.90	270	208	34.00	258
109	36.25	287	209	33.05	246
110	33.95	239	210	32.90	233
111	32.55	264	211	32.80	242
112	34.45	263	212	32.20	235
113	34.40	263	213	31.75	229
114	34.55	265	214	32.60	240
115	35.55	278	215	32.70	241
116	33.45	251	216	31.05	220
117	34.05	259	217	33.35	250
118	33.30	249	218	30.20	208
119	33.00	245	219	32.40	237
120	33.25	248	220	32.20	235
121	32.70	241	221	32.00	232
122	31.80	229	222	32.00	232
123	32.00	232	223	32.50	238
124	33.60	253	224	31.00	219
125	33.95	257	225	33.50	252
126	33.40	250	226	31.20	242
127	34.35	263	227	31.20	222
128	31.85	230	228	32.75	242
129	30.50	212	229	31.20	228
130	35.75	281	230	31.70	228
131	31.60	227	231	30.80	216
132	31.60	227	232	31.40	224
133	32.80	242	233	30.60	214

表2.4.8-3 シュミットハンマー試験結果(その2)

ブロック B-1			ブロック B-2		
位置	反発硬度	圧縮強度 kgf/cm ²	位置	反発硬度	圧縮強度 kgf/cm ²
301	30.80	216	401	29.90	205
302	31.25	222	402	30.50	213
303	31.20	222	403	32.10	233
304	31.80	229	404	28.85	191
305	32.35	237	405	30.30	210
306	32.30	236	406	33.35	250
307	30.50	212	407	29.85	204
308	34.95	270	408	31.85	230
309	32.90	244	409	32.55	239
310	32.90	244	410	29.35	198
311	34.30	262	411	31.80	229
312	30.45	212	412	32.65	240
313	31.75	229	413	30.85	219
314	33.60	253	414	31.90	231
315	32.75	242	415	31.95	231
316	31.75	229	416	30.15	208
317	32.25	235	417	30.65	214
318	32.00	232	418	33.10	246
319	32.95	244	419	31.30	223
320	34.00	258	420	30.50	213
321	32.50	238	421	31.10	220
322	32.85	243	422	30.95	218
323	32.60	240	423	31.25	222
324	32.20	248	424	31.40	224
325	31.35	224	425	30.90	218
326	34.30	262	426	32.20	235
327	32.85	243	427	32.05	233
328	31.25	222	428	31.20	222
329	32.70	241	429	31.85	230
330	35.10	273	430	32.00	232
331	31.30	223	431	30.20	209
332	32.85	243	432	31.70	228
333	33.10	245	433	31.00	219

図2.4.8-1 シュミットハンマー測定位置および圧縮強度（その1）
（数字の上段は測定位置No.、下段は圧縮強度）

B - 3

4290	301	304	307									3830
	○216	○229	○212									
				○310	○313	○316	○319	○322	○325	○328	○331	
				244	229	229	244	243	224	222	223	
	○302	○305	○308	○311	○314	○317	○320	○323	○326	○329	○332	
	222	237	270	262	253	235	258	240	262	241	243	
○303	○306	○309	○312	○315	○318	○321	○324	○327	○330	○333		
222	236	244	212	242	232	238	248	243	272	245		
											G. L.	
20000												

○ 印はシュミットハンマー測定位置を示す。

B - 4

3450		○401	○404	○407	○410	○413	○416	○419	○422	○425	○428	○431	3040
		205	191	204	198	219	208	223	218	218	222	209	
		○402	○405	○408	○411	○414	○417	○420	○423	○426	○429	○432	
		213	210	230	229	231	214	213	222	235	230	228	
		○403	○406	○409	○412	○415	○418	○421	○424	○427	○430	○433	G. L.
		233	250	239	240	231	246	220	224	233	232	219	
20000													

図2.4.8-2 シュミットハンマー測定位置および圧縮強度（その2）
（数字の上段は測定位置No.、下段は圧縮強度）

2)ひびわれ及びあばた

ひびわれ及びあばたの位置は図2.4.8-3~4に示すとおりである。まず、ひびわれについてはB-1に小さいものが1箇所認められ、B-2には両サイドにヘアークラック（ひびわれ幅0.04mm以下）、B-3には、小さいものが1箇所認められ、B-4には全く認められない。

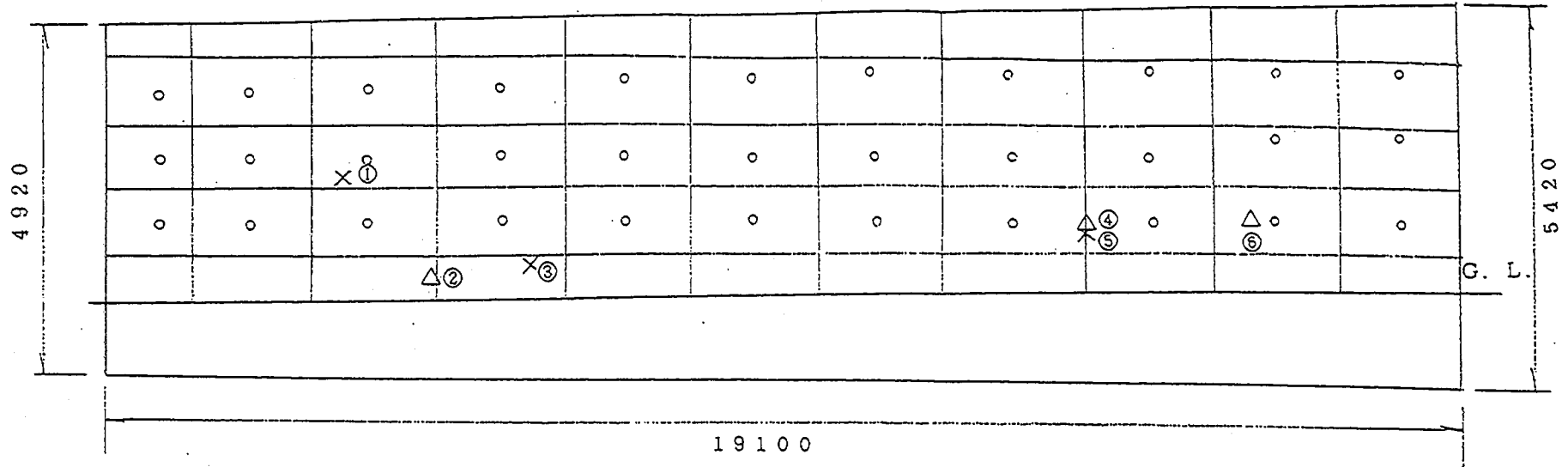
あばたについては、B-1に3箇所認められるが、程度の軽いものである。ひびわれ及びあばたのスケッチを図2.4.8-5~6に、測定結果のまとめを表2.4.8-5に示す。ただし、B-3の左側部分については、コンクリート面に気泡が多く面が粗い。以上の観察結果からひびわれ及びあばたは全体としては極めて少なく良好な充填状態にあると思われる。

表2.4.8-5 ひびわれおよびあばた

(寸法はmm)

位 置	状 況		
B-1-①	ひびわれ	l=200	最大幅0.2
B-1-③	ひびわれ	l=450	最大幅1.2
B-1-⑤	ひびわれ	l=400	最大幅1.2
B-2	ヘアークラック(ブロック面の両サイド)	幅0.04以下	
B-3	ひびわれ	l=200	最大幅0.6
B-1-②	あばた	l×h=800×500	
B-1-④	あばた	l×h=450×200	
B-1-⑥	あばた	l×h=500×200	

B-1



○ 印はシュミットハンマー測定位置を示す。
 × 印はひびわれ位置を示す。
 △ 印はあばた位置を示す。

B-2

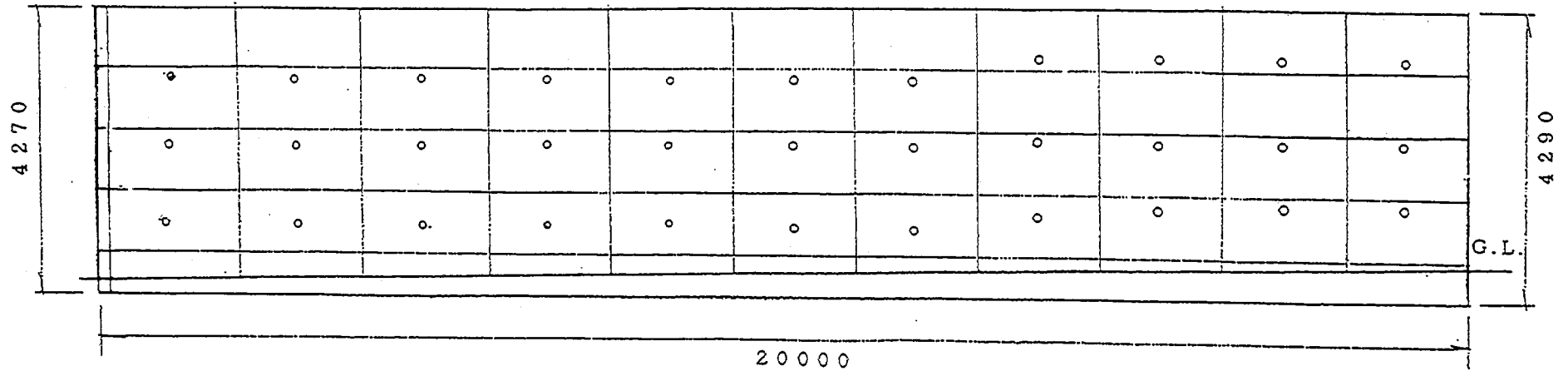
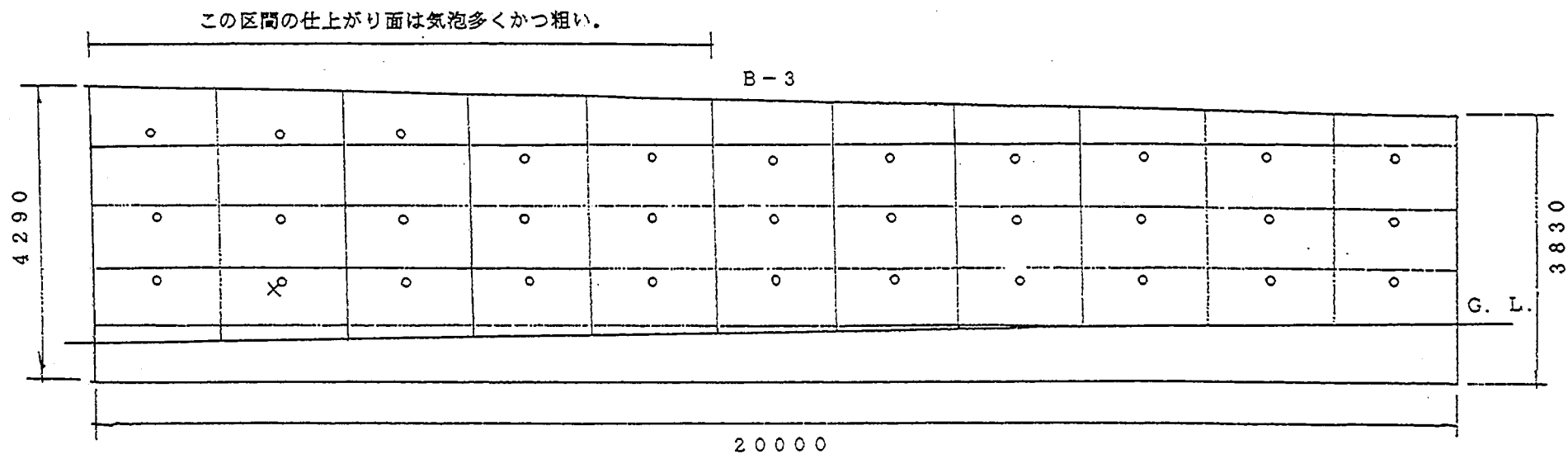


図2.4.8-3 ひびわれおよびあばた位置 (その1)



○ 印はシュミットハンマー測定位置を示す。
 × 印はひびわれ位置を示す。

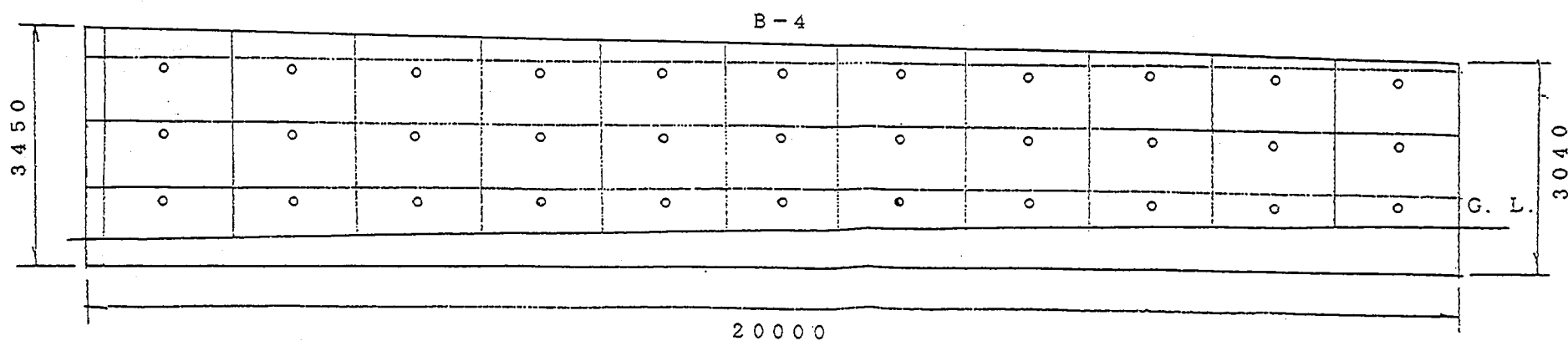
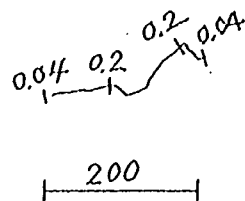
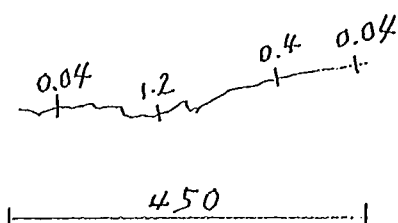


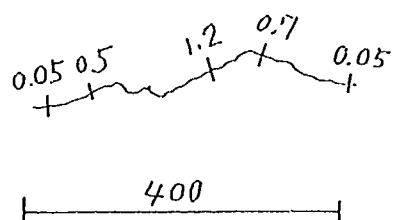
図2.4.8-4 ひびわれおよびあばた位置 (その2)



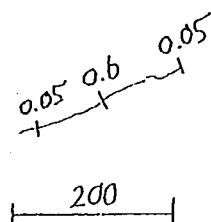
B-1-①
(3290, 2220)



B-1-③
(5950, 3480)



B-1-⑤
(16810, 3220)



B-3
(2600, 2940)

図2.4.8-5 ひびわれ状況スケッチ

()内は左端からの距離、擁壁上端からの距離mm

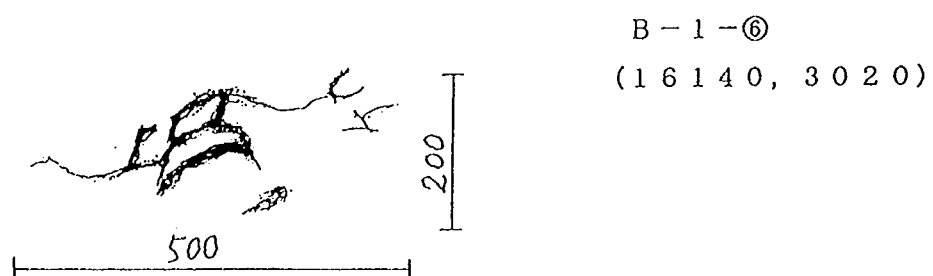
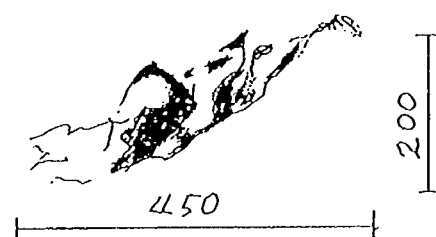
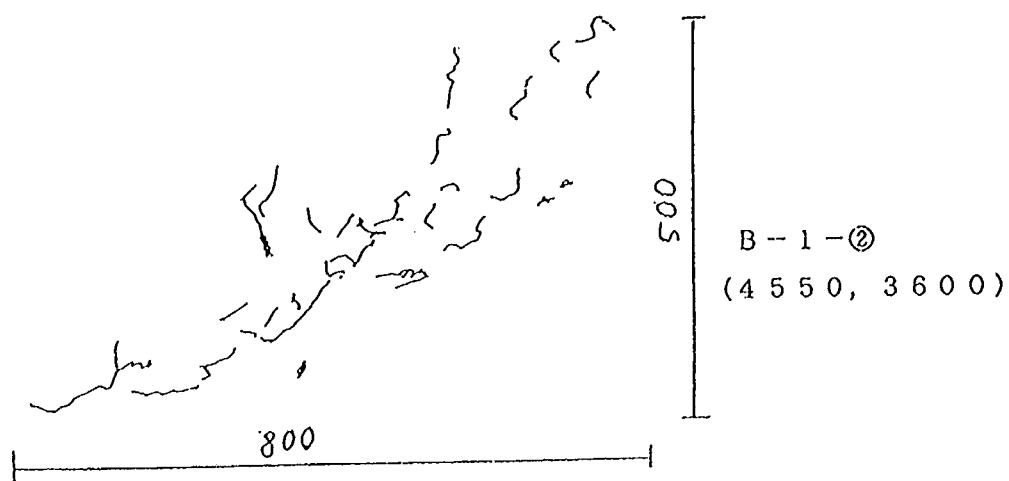


図2.4.8-6 あばた状況スケッチ

() 内は左端からの距離、擁壁上端からの距離mm

写 真 集

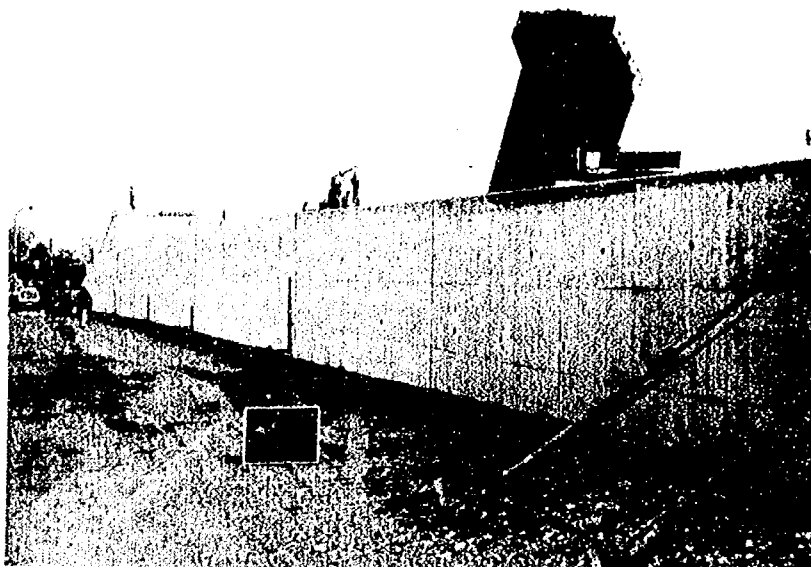


写真-1
現場全景

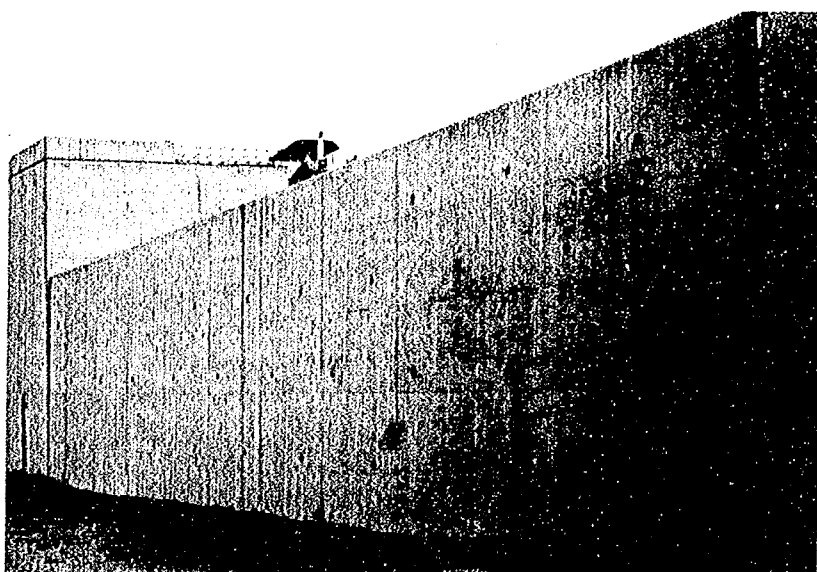


写真-2
ブロックB-1

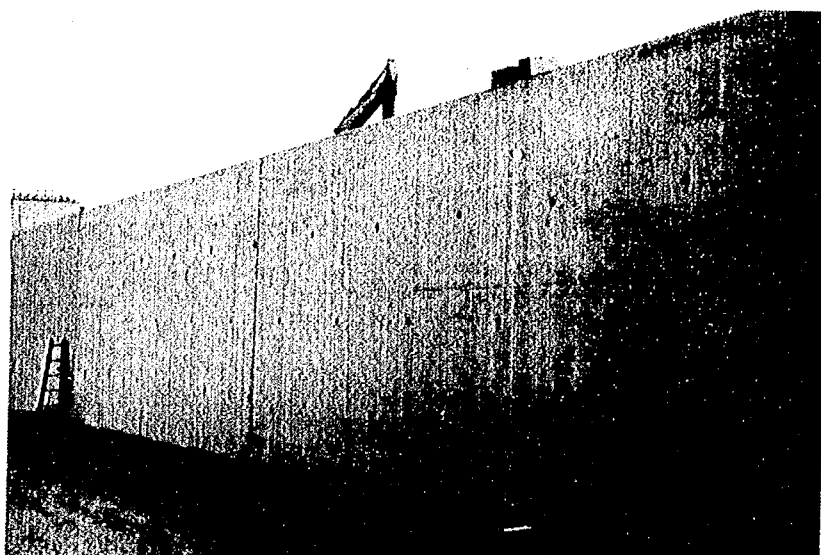


写真-3
ブロックB-2

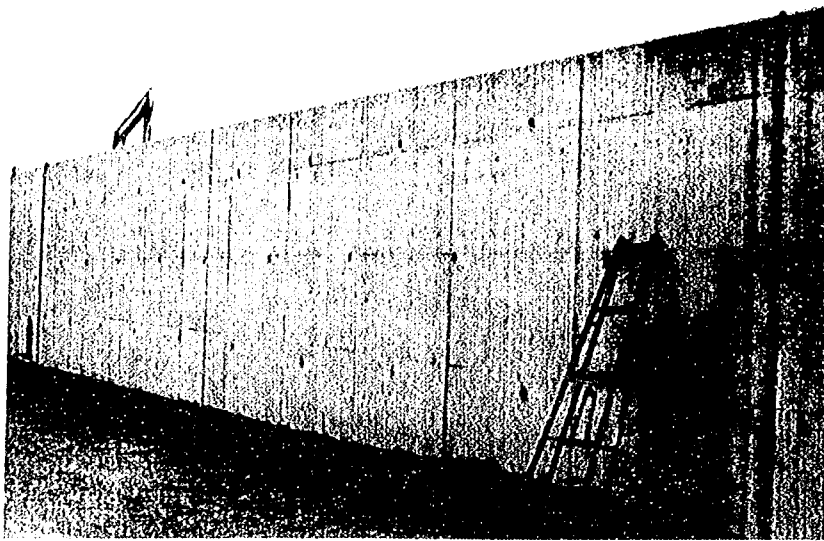


写真-4
ブロックB-3

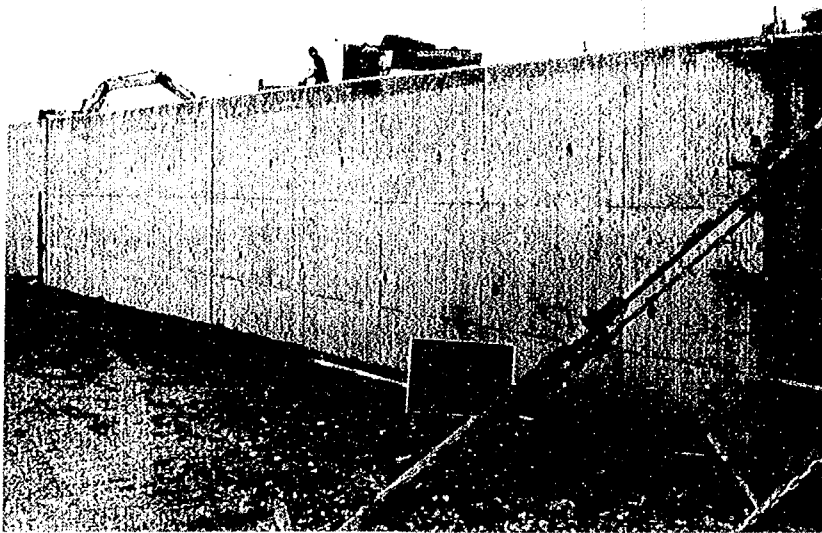


写真-5
ブロックB-4



写真-6
シュミットハンマー
(B-1)



写真-7

シュミットハンマー
(B-2)



写真-8

シュミットハンマー
(B-3)



写真-9

シュミットハンマー
(B-4)



写真-10
ひびわれ
(B-1-①)

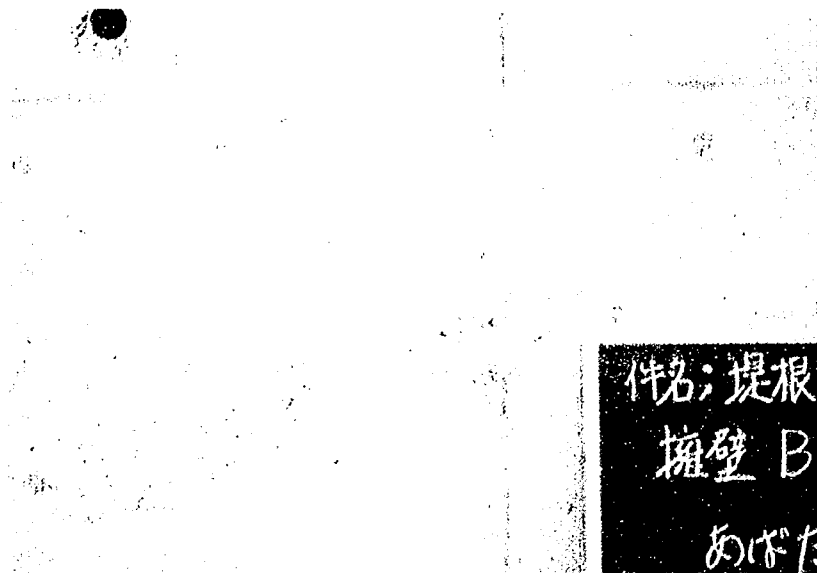


写真-11
あばた
(B-1-②)

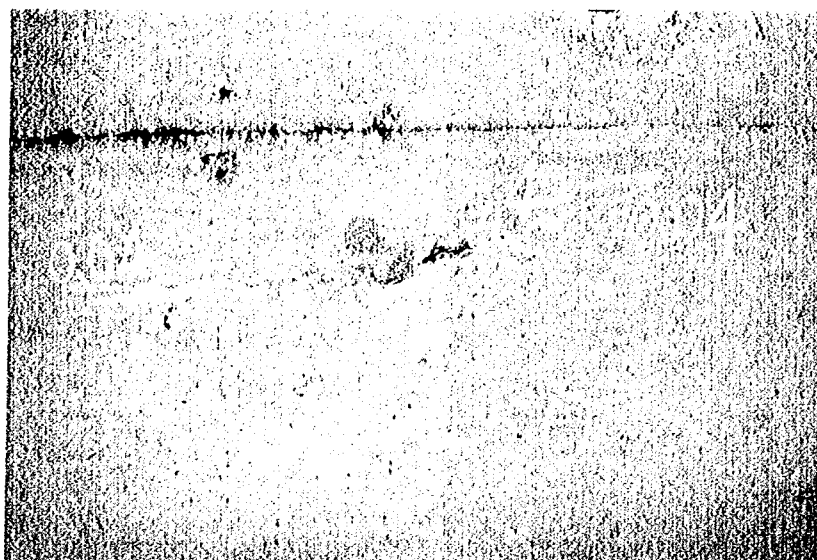


写真-12
ひびわれ
(B-1-③)



写真-13

ひびわれ、あばた

(B-1-④⑤)

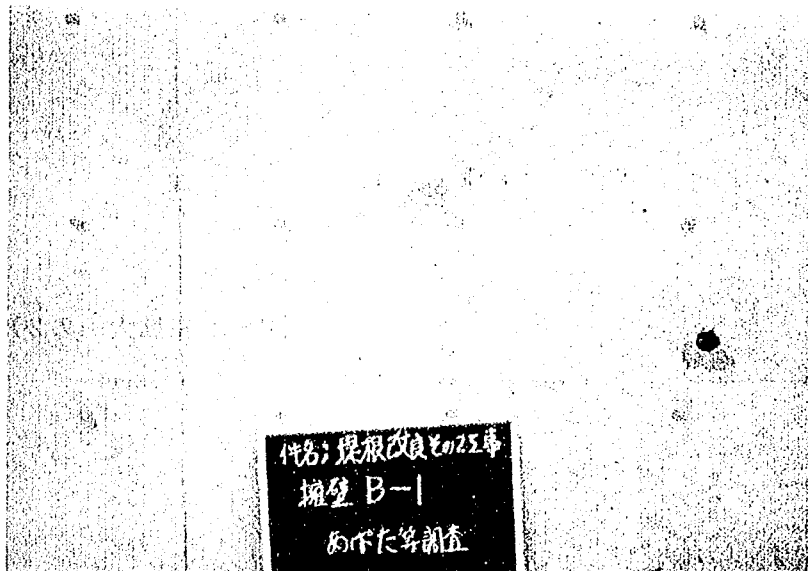


写真-14

あばた

(B-1-⑥)

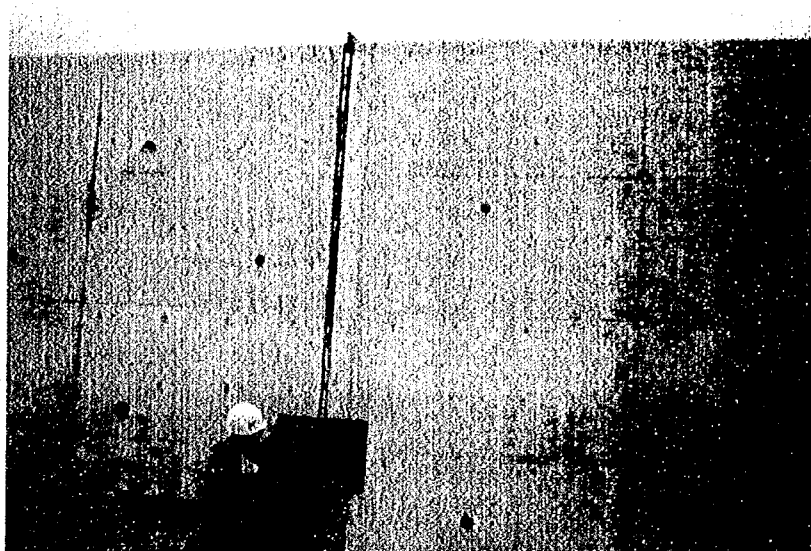


写真-15

ひびわれ

(B-2 左全体)

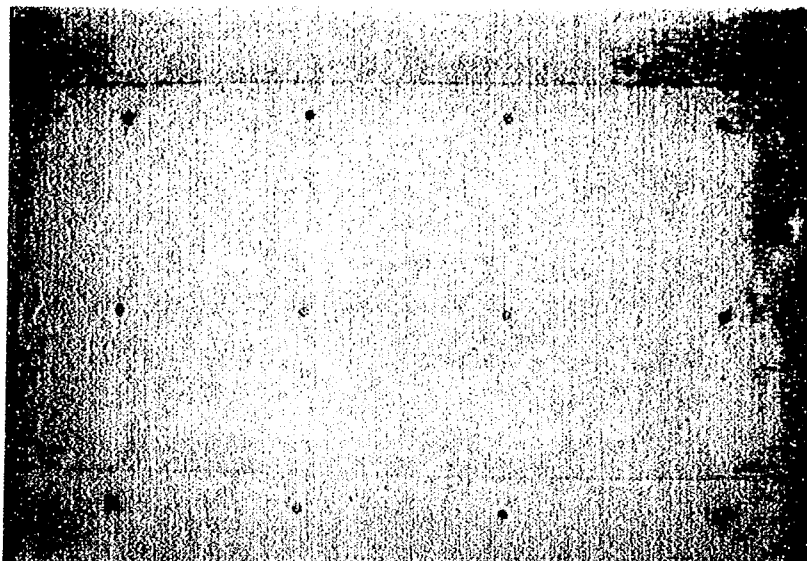


写真-16
ひびわれ
(B-2左拡大その1)

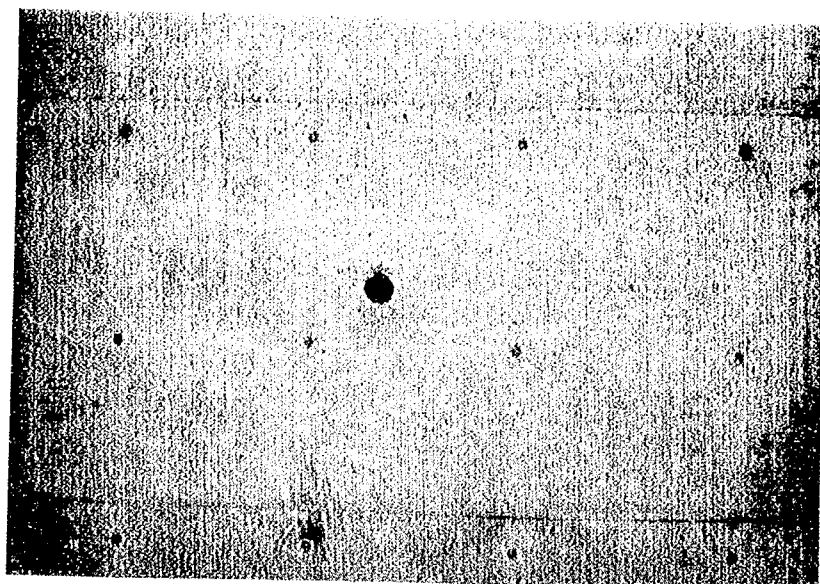


写真-17
ひびわれ
(B-2左拡大その2)

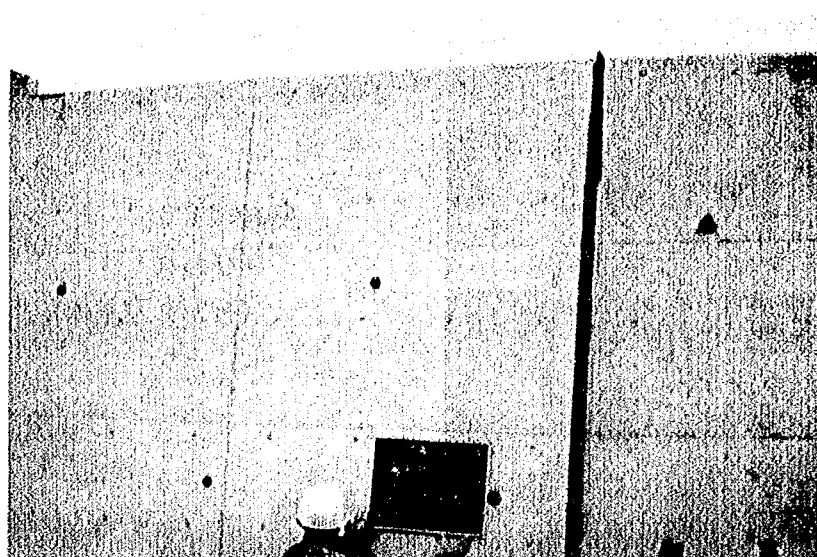


写真-18
ひびわれ
(B-2右全体)

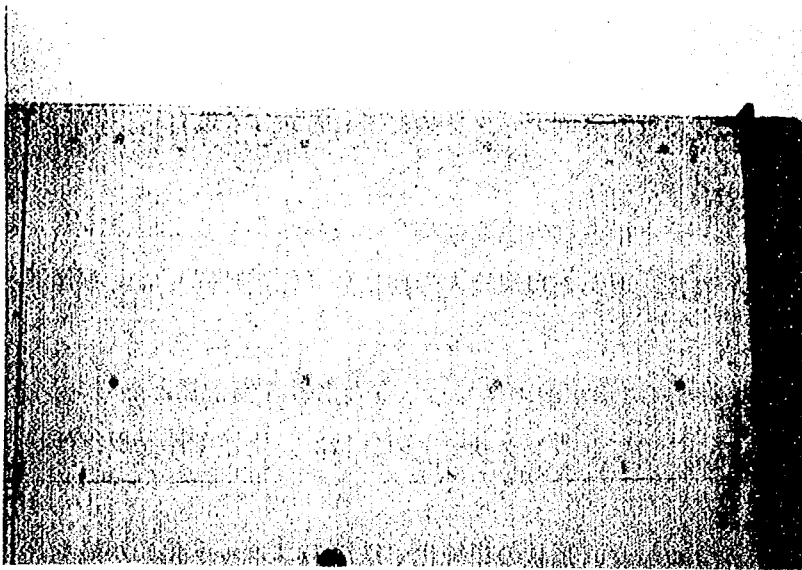


写真-19
ひびわれ
(B-2 右拡大その1)

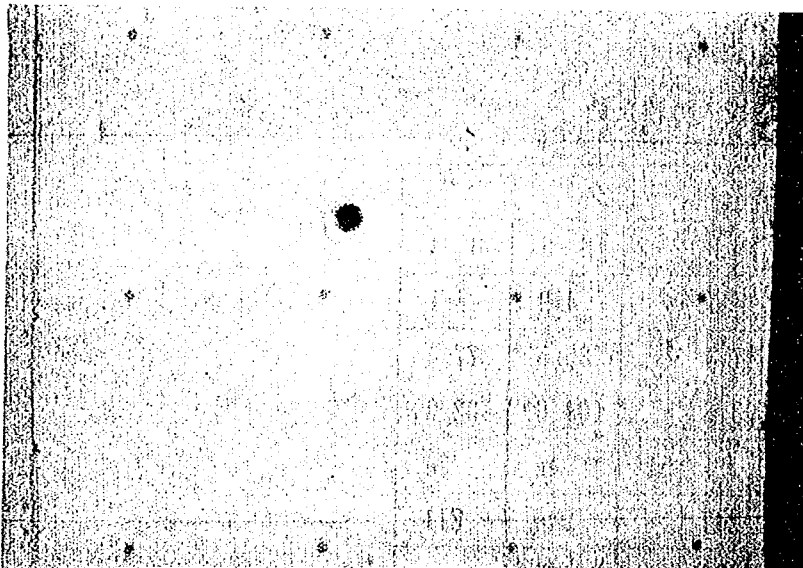


写真-20
ひびわれ
(B-2 右拡大その2)



写真-21
ひびわれ
(B-3)

2.5 試験施工による評価

a) 省人化の度合

施工合理化策の定量的な評価は、試験施工で得られた実測データをもとに、省人化の度合について実施した。

省人化の度合は、場所打ち方式の鉄筋コンクリート構造物の主要作業を「鉄筋作業」、「型枠作業」および「コンクリート作業」に分類し、それぞれの作業に要した現場投入労務工数（作業時間）による評価とした。

各ブロックごとの現場投入労務工数は、表-2.5.1に示すとおりであり省人化の評価指標としてコンクリートの単位体積当りに要した総作業時間を考えた。ここで、コンクリートの体積は、比較条件を現行仕様と同一にするため、現行仕様で再設計した値を用いた。

施工合理化策による省人化の度合は、B-3ブロック（形状の単純化、鉄筋のユニット化）が最も高く、現行仕様に比べて約20%の省人化が図れる結果を得た。以下、B-4ブロック（形状の単純化、配筋仕様の改良・配筋の標準化）の約15%、B-2ブロック（形状の単純化、配筋仕様の改良）の約10%の順になる。

表-2.5.1 各ブロックの現場投入労務工数

項 目		単 位	ブ ロ ッ ク				
			B-1	B-2-1	B-2-2	B-3	B-4
平 均 高 さ		m	5.2	5.1		4.9	4.1
コンクリート体積		m ³	95.5	87.4 (93.8)		85.5 (91.6)	77.4 (82.3)
労 務 工 数	鉄筋作業	hr	137	50	51	44	74
	型枠作業	〃	280	247		240	211
	コンクリート作業	〃	40	26		38	41
	合 計	〃	457	374		322	326
効 果	単位工数	hr/m ³	4.8	4.3		3.8	4.2
	比 率	—	1.00	0.90		0.79	0.87
	省人化率	%	—	10		21	13

注：（ ）値は実施数量を示す。

次に、形状の単純化、鉄筋のユニット化等の各施工合理化策に着目した省人化の度合は、以下のとおりである。

①形状の単純化

試験施工では、たて壁背面の傾斜を鉛直にして形状の単純化を図っている。形状の単純化はB-2～B-4ブロック共通であり、表-2.5.2に示すとおり全体の平均で現行仕様に比べて型枠作業の省人化に約12%の効果があつた。

表-2.5.2 型枠作業に関する省人化効果

項 目	単 位	現行仕様 B-1	形状の単純化		
			B-2	B-3	B-4
型 枠 面 積	m ²	203	209	199	167
労 務 工 数	hr	280	247	240	211
単 位 工 数	hr/m ²	1.38	1.18	1.21	1.26
平均値単位工数	〃	—	1.22		
比 率	—	1.00	0.88		
省 人 化 率	%	—	12		

表2.5.3 鉄筋作業に関する省人化効果

項 目		単 位	現 行 仕 様 (B-1)	ユニット鉄筋 (B-3)	
				実 測 値	〇時間控除
鉄 筋 重 量		t	7.7	5.0 (6.3)	
労 務 工 数	鉄 筋 加 工	hr	56	—	—
	底版鉄筋据付	〃	—	13	8
	たて壁鉄筋据付	〃	—	13	8
	鉄 筋 結 束	〃	73	10	10
	天 端 筋 等	〃	8	8	8
	合 計	〃	137	44	34
効 果	単 位 工 数	hr/t	17.8	8.9	6.8
	比 率	—	1.00	0.50	0.38
	省 人 化 率	%	—	50	62

注：（ ）値は実施数量を示す。

②鉄筋のユニット化

現行仕様によるB-1ブロックと鉄筋のユニット化を採用したB-3ブロックの鉄筋作業に要した時間は、表-2.5.3に示すとおりである。ここで、ユニット鉄筋については、製品として施工現場に搬入されるものとし、工場における鉄筋加工・組立に要する時間を考慮しないものとした。

ユニット鉄筋の場合は、現場での据付け作業を要することになるが、鉄筋の加工・組立作業が必要なく約50%の省人化が図れている。しかし、ユニット鉄筋による施工に対する作業員の不慣れ等を考慮して、作業状況を撮影したビデオをもとにロス時間を控除した場合、約60%の省人化が図れたものと予測される。

③配筋鉄筋仕様の改良、配筋の標準化

試験施工で採用した配筋鉄筋仕様の改良は、現行仕様で応力計算上有利となるように主鉄筋の内側に配置している配筋鉄筋を主鉄筋の外側に配置することによって、鉄筋の組立に関する作業性の改善を試みた。また、配筋の標準化は、鉄筋の配置間隔を現行仕様に比べて粗くし、鉄筋組立およびコンクリート打設の作業性の改善を試みた。

しかし、これらの施工合理化策は、現行仕様と異なることから作業員の不慣れ等により、形状の単純化や鉄筋のユニット化にみられるような顕著な省力化の効果を確認することができなかった。

b) その他の効果

①工期短縮

工期短縮に関しては、本試験施工において顕著な効果が把握できなかった。

②苦渋作業の軽減

工事現場におけるヒアリング調査の結果、特にユニット鉄筋による合理化策については、重量物を扱う作業（運搬・据付け等）に関して「楽になった」という回答が得られたが、鉄筋継手の結束数が増加したことによるマイナス効果も指摘された。

③安全性の向上

安全性に関連する施工合理化策であるユニット鉄筋において、溶接部の破損や鉄筋の変形等の問題となる点は生じなかった。

④経済性

現場投入労務工数（作業時間）は、現行仕様に比較して軽減できるが、形状の単純化等に伴う材料数量の増加と鉄筋のユニット化による製品単価の増大により、トータルとしての工事費は現行仕様と同程度である。しかし、ユニット鉄筋の製品規格化によって、ユニット鉄筋を採用した施工件数の増加に伴うコストの低減が図られるものと期待される。

c) 施工上の改善点

省人化等の面から考えられる改善事項は、ユニット鉄筋相互の結束方法であり、試験施工で用いた結束挿入方式（フックを設けた継手専用筋による結束方法）からユニット鉄筋相互を直接重ねる方式に改良する必要があると考えられる。

その他、形状の単純化、配筋仕様の改良および配筋の標準化については、特に施工上の改善点は生じなかった。

2. 6 まとめ

(1)鉄筋加工・組立て

B-3ブロックのユニット鉄筋の据付けは、かなり効率よく行われ、苦渋作業からの開放といった面からはユニット鉄筋の機械化施工により鉄筋工の作業姿勢の改善及び鉄筋の運搬・据付け作業の軽減化が図られた。もしも、杭がない構造であれば、底版部の鉄筋は立体ユニットにすることも可能であり、ユニット鉄筋の幅も2 m以上にでき、作業能率はさらに向上できたものと推測される。

また今回は、点溶接しない主鉄筋と配力鉄筋の交点はすべて焼きなまし鉄線で結束したが、今後データが得られる点溶接の強度をもとに、より適した点溶接の位置や箇所数、及びその他の交点の結束の要不要について明らかにできれば、さらに省力化に役立つと思われる。

また、ユニット鉄筋を吊り下げするための補強の方法について検討することが望ましい。

(2)コンクリート工

コンクリートは、普通コンクリート、高性能AE減水剤をプラント添加したコンクリート、流動化剤を現場添加した流動化コンクリート、及び高流動コンクリートの4種類である。

a. フレッシュコンクリートの施工性

①流動性を向上させた各種コンクリートの打込み速度は、普通コンクリートに比べ1.5～1.8倍となり、スランプ及びスランプフローが増加したことにより打込み速度が向上する。

②高性能AE減水剤をプラント添加したコンクリート及び流動化剤を後添加したコンクリートは、バイブレータの締固めが容易であり、また、高流動コンクリートについては流動距離5 mまではバイブレータによる振動締固め作業を省略しても分離することなく充填できることが確認できた。

③高流動コンクリートの材料分離を生じさせず、密実に充填できる流動距離は、コンクリートの流動性、環境条件、施工条件、に影響されるので、これらの施工条件を踏まえ適当なスランプフローを設定することができる。

b. コンクリート打込みに伴う騒音

コンクリート打込みに伴う騒音については、高流動コンクリートを除き、ポンプ車の反対側10 m地点で82～84 dBであり、コンクリートの種類による差はなかった。これに対して、高流動コンクリートは61～72 dBであり、若干小さい結果となった。

c. 構造体コンクリートの品質調査結果

①シュミットハンマー反発硬度による圧縮強度推定値から判断すると、高流動コンクリートは高さ方向（上中下）の差はほとんど見られないが、他のコンクリートは上部の強度が中央から下部に比べ低下する傾向にある。

②ひびわれ及びあばたは全体としては極めて少なく、良好な充填状態にあると考えられる。

d. 高流動コンクリート

①圧縮強度は327～403 kgf/cm²（材齢49日）の範囲にあり、ポンプ筒先と流動距離5 mの位置及び10 mの位置において大差はなく、深さ方向において上になるほど若干低下する傾向にある。

②静弾性係数は $2.3 \sim 3.5 \times 10^5$ kgf/cm²（材齢49日）の範囲にあり、流動距離による差及び深さ方向の差は

圧縮強度と同様な傾向を示している。

③粗骨材は流動距離5 mまではほとんど差はないが、流動距離が10mになると減少し、とくに上になるほど少なくなる傾向を示している。

④全細孔容積は $8.4 \sim 9.9 \times 10^{-2} \text{cc/g}$ であり、水セメント比が同程度の普通コンクリートと同程度である。また、流動距離による全細孔容積の変化は少なく、コアの上中下においてもその差は小さい結果となっている。

e. 高流動コンクリートの凍結融解に対する抵抗性

凍結融解に対する抵抗性は極めて良好で、300サイクル後の相対動弾性係数は101%であり変化がなく、スケーリングによる質量変化も300サイクル後で0.61%と小さい。

(3)施工性

①形状の単純化と鉄筋のユニット化を同時に行った場合には、現行仕様と比較して約20%の省人化を図れる。また、形状の単純化と配筋仕様の改良を行った場合でも、約10%の省人化を図ることができる。

②各施工合理化策に着目した場合、鉄筋のユニット化は、現行の鉄筋作業に対して約50%の省人化を図ることができるとともに、作業員の苦渋作業からの解放に大きな役割を果たすものと考えられる。

③形状の単純化による材料数量の増加と鉄筋のユニット化による製品単価の増大を考慮したトータルとしての工事費は、現行仕様と同程度である。しかし、ユニット鉄筋の製品規格化に伴う材料コストの低減が期待されることから、将来的には経済的にも有利であると考えられる。

3. スポット溶接で製作したユニット鉄筋に関する試験施工

3.1 試験施工の目的

今回の試験施工では、前回（2章）の試験施工において見送ったユニット鉄筋の工場製作化、ならびに直接基礎を対象とする施工であり、ユニット鉄筋に係わる製作上の問題点、および現行仕様と比較した施工改善度合いの評価を行うものである。

3.2 試験施工の概要

九州地建長崎工事管内の道路改良工事において、ユニット鉄筋を使用した2回目の試験施工を実施した。

施工を行った擁壁工（L1-2、L2、L3）の構造概要を図-3.1に示すものとする。この内、ユニット鉄筋を使用した擁壁はL1-2のみであり、他の擁壁は現行仕様である。

1) 擁壁の構造

- ・構造様式：L型擁壁
- ・基礎形式：直接基礎

表-3.1 擁壁の仕様

ブロック名称	L1-2	L2	L3
擁壁高さ(m)	7.3 ~ 7.5	7.3 ~ 7.8	7.7 ~ 8.7
ブロック長 (m)	8.8	16.3	19.2
ブロックの特長	合理化仕様	現行仕様 排水管箱抜	現行仕様

2) 合理化仕様

L1-2ブロックに用いた合理化仕様は以下の通りである。

- ・ユニット鉄筋（工場製品）

図-3.2、3.3にユニット鉄筋の加工図および組立図を示す。

- ・フーチング形状の単純化（上面テーパの削除）

図-3.3の断面図参照

3) 調査方法および内容

前回の試験施工と同一の調査を行い、主要作業の内容と従事した各職種別作業員の作業時間を作業日毎に集計した。

3.3 ユニット鉄筋の試験結果

1) ユニット鉄筋の寸法精度

ユニット鉄筋の寸法は、以下の規格に入るように管理して製作した。

長さ、突出長さ、網目寸法	$+0-\phi$ (ϕ は鉄筋径)
対角差	3ϕ

表-3. 2に寸法測定結果を示すように、ほぼ規格値を満足している。今後、高精度化を図るにあたって規格値を1/2程度にできるものと考えられる。

2) 引張強度

溶接点を含む引張強度試験結果は、表-3. 3のとおりである。表には破断位置によって、溶接部とそれ以外で分けて示してある。また、母材の強度と、溶接鉄筋の母材との強度比も示してある。

引張強度は、破断位置に関係なく、ほとんどのものは母材の95%以上であった。95%を下回ったのは、D13の6種類のうちの2種類であり、細径の鉄筋が厳しい結果となっている。

伸びは、引張強度とは異なり、破断位置の影響が大きく現れている。溶接部で破断した場合の伸びは、規格値程度であった。

3) セン断・引裂き強度

ユニット鉄筋の溶接点セン断強さの目標値は、下限値で衝撃などを考慮し0.5tf以上、かつ、各ユニット鉄筋の重量の2倍以上に設定することを前提に以下のとおりとした。

WL3235S, FU2970S	1tf以上
その他	0.5tf以上

セン断強度の結果は、表-3. 4のとおり、いずれも最小値の目標値は満足しているものの、かなり大きな値となっており、また、最大値は最小値の2~3倍にも達しており、とくに細径鉄筋の引張強度に与える影響も懸念される。今後、セン断強度のコントロール方法の検討が必要と考えられる。

引裂き強度の結果も表-3. 4に示す。セン断強度に比較すると47~75%であった。最大値は最小値の概ね2倍であった。

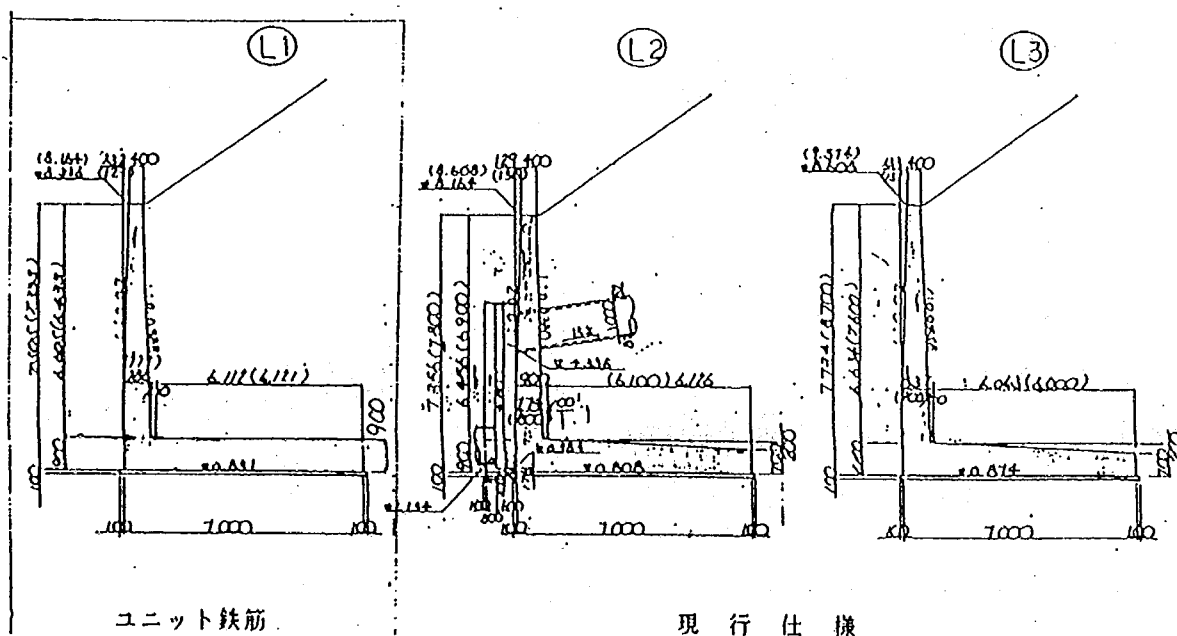
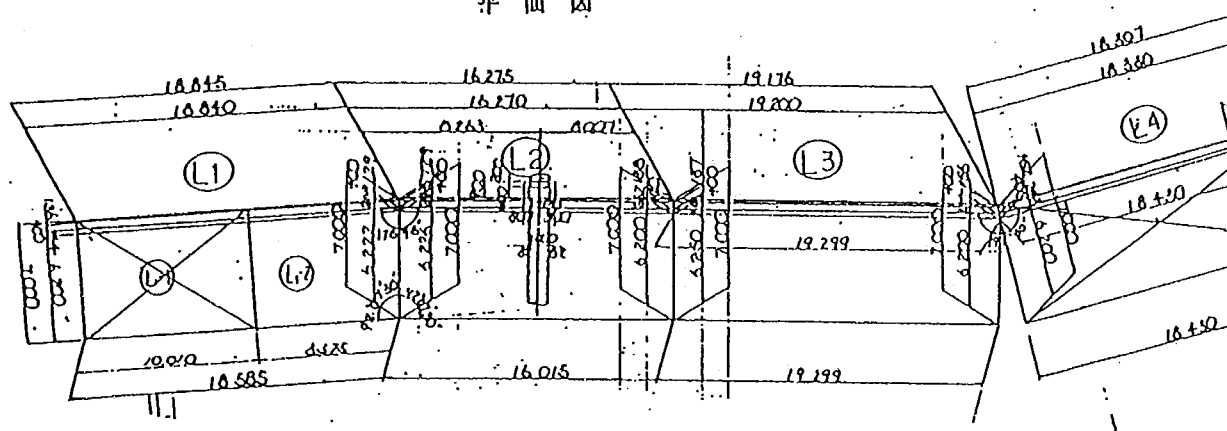
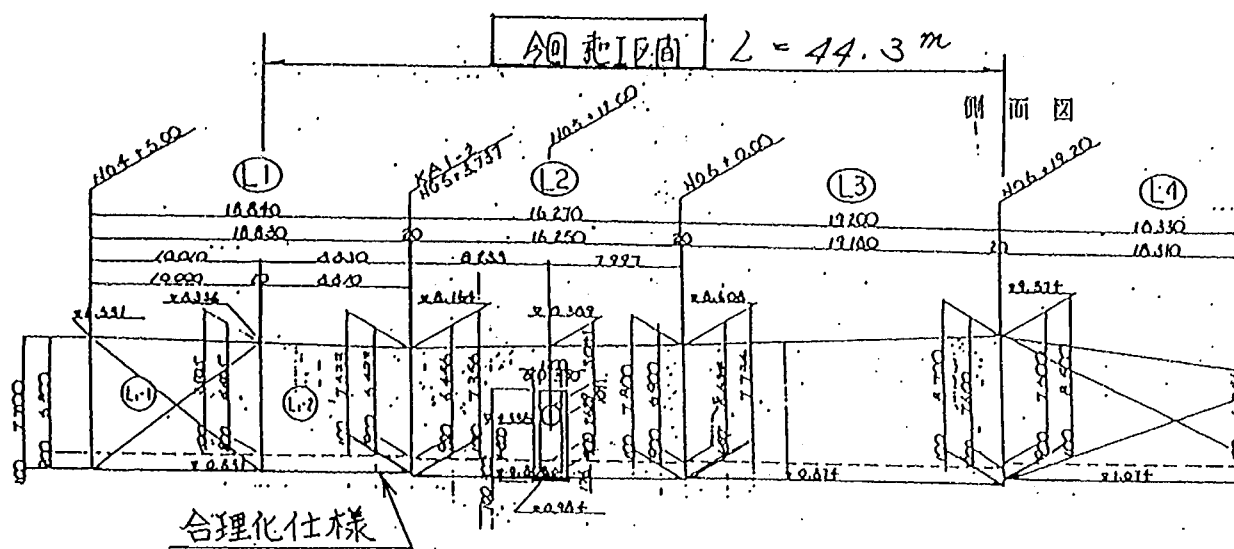
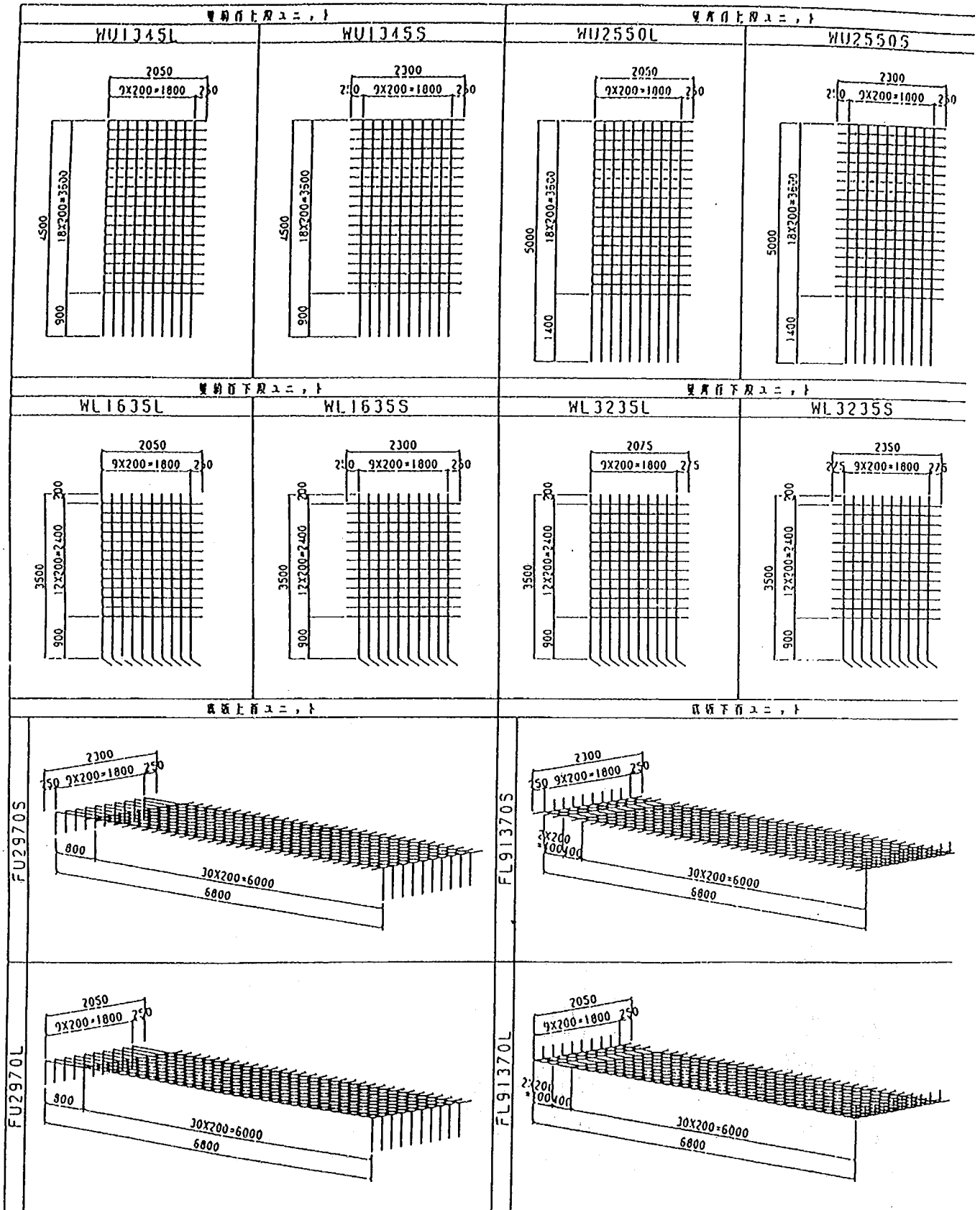


図-3.1 試験施工を行った擁壁の構造概要

Ｌ１－２ 風壁ユニット配筋図（その１）



図－３．２ ユニット鉄筋の加工図

L 1 - 2 壁配筋図 S-1:50

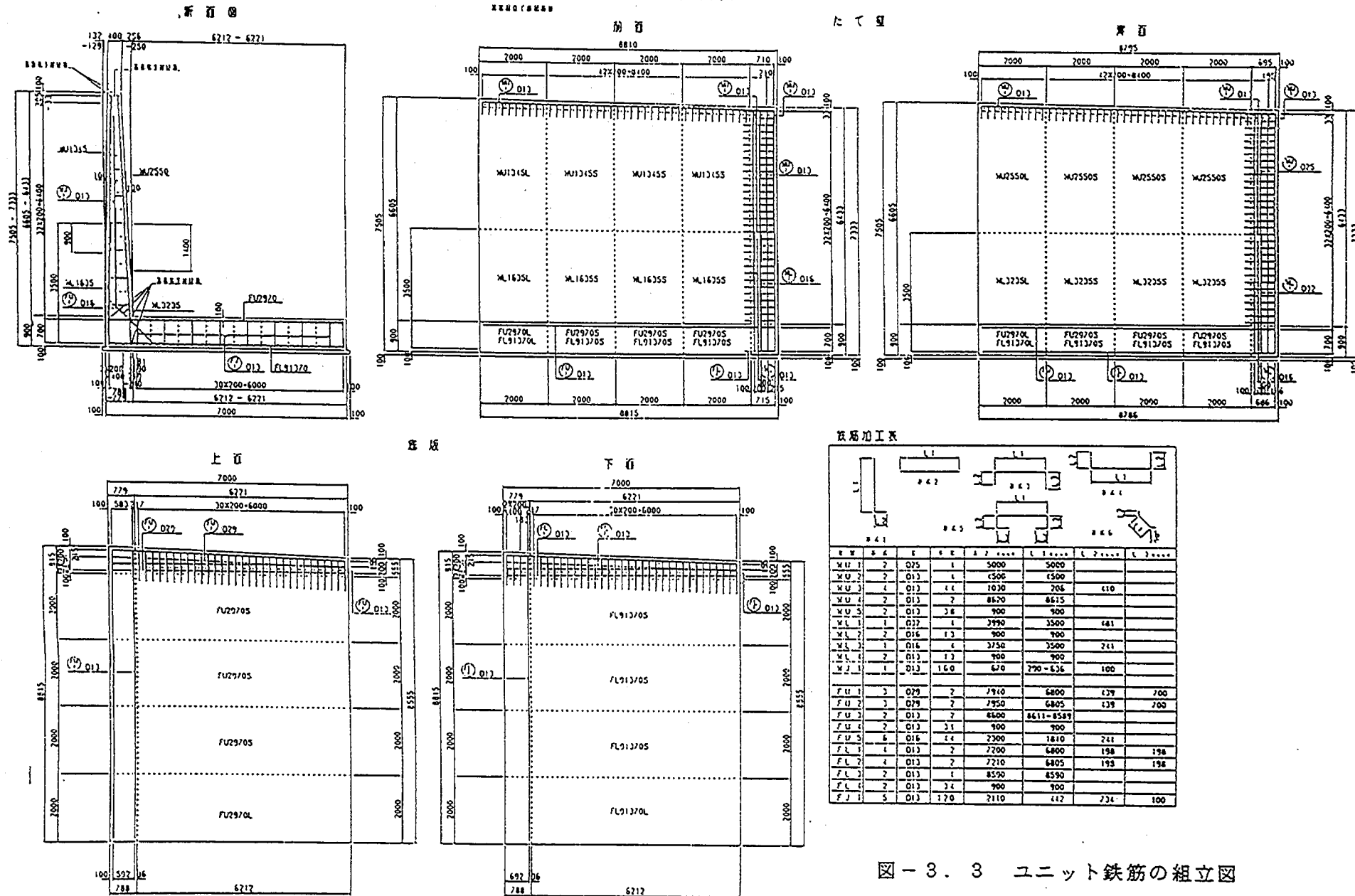


図-3.3 ユニット鉄筋の組立図

表-3. 2 ユニット鉄筋の寸法測定結果

鋼の種類	鉄筋組合せ	測定		最大	最小	平均	標準偏差	鋼の種類	鉄筋組合せ	測定		最大	最小	平均	標準偏差
WU1345L	D13-D13	長さ	タテ	-1	-1	-1.0	0.0	WU2550L	D25-D13	長さ	タテ	0	0	0.0	0.0
			ヨコ	-1	-1	-1.0	0.0				ヨコ	0	-1	-0.1	0.3
		突出	タテ	0	-5	-0.7	1.6			突出	タテ	0	-5	-3.4	2.1
			ヨコ	5	-5	-0.8	2.9				ヨコ	0	-5	-1.3	2.2
WU1345S	D13-D13	網目	タテ	2	-5	-2.1	2.6	WU2550S	D25-D13	網目	タテ	0	-5	-0.6	1.6
			ヨコ	7	-6	-1.2	3.7				ヨコ	5	-5	0.0	3.1
		対角				7				対角				5	
FL91370L	D13-D13	長さ	タテ	-1	-1	-1.0	0.0	FU2970L	D29-D16	長さ	タテ	0	-1	-0.6	0.5
			ヨコ	0	-1	-0.9	0.2				ヨコ	0	-1	-0.2	0.4
		突出	タテ	0	-2	-0.4	0.8			突出	タテ	-5	-5	-5.0	0.0
			ヨコ	5	-5	-1.7	3.1				ヨコ	0	-5	-0.5	1.5
FL91370S	D13-D13	網目	タテ	0	-5	-0.9	1.9	FU2970S	D29-D16	網目	タテ	0	-5	-1.1	2.1
			ヨコ	5	-6	-1.1	3.0				ヨコ	5	-7	-2.8	4.6
		対角				5				対角				6	
FL91370L	D13-D13	長さ	タテ	0	0	0.0	0.0	FU2970L	D29-D16	長さ	タテ	0	0	0.0	0.0
			ヨコ	0	-1	-0.2	0.4				ヨコ	-1	-1	-1.0	0.0
		突出	タテ	5	-5	2.5	3.4			突出	タテ	0	-5	-3.3	2.2
			ヨコ	5	-5	-3.6	2.6				ヨコ	5	-10	-3.9	3.3
FL91370S	D13-D13	網目	タテ	0	-5	-0.3	1.0	FU2970S	D29-D16	網目	タテ	5	-5	-1.7	3.9
			ヨコ								ヨコ	0	-8	-3.7	2.7
		対角				8				対角				10	
WL1635L	D16-D13	長さ	タテ	0	0	0.0	0.0	WL3235L	D32-D16	長さ	タテ	0	0	0.0	0.0
			ヨコ	-1	-1	-1.0	0.0				ヨコ	0	-1	-0.1	0.3
		突出	タテ	0	-5	-1.5	2.3			突出	タテ	0	-5	-2.5	2.5
			ヨコ	5	-5	0.9	3.3				ヨコ	5	-5	-0.4	2.4
WL1635S	D16-D13	網目	タテ	5	-5	-0.4	2.5	WL3235S	D32-D16	網目	タテ	0	-5	-2.1	2.5
			ヨコ	5	-5	-1.3	3.1				ヨコ	5	-5	0.0	4.1
		対角				6				対角				8	
WL1635S	D16-D13	長さ	タテ	0	0	0.0	0.0	WL3235S	D32-D16	長さ	タテ	0	0	0.0	0.0
			ヨコ	-1	-1	-1.0	0.0				ヨコ	0	-1	-0.4	0.5
		突出	タテ	0	-5	-1.6	1.9			突出	タテ	0	-5	-4.0	2.0
			ヨコ	5	-10	0.9	5.1				ヨコ	5	-5	0.0	2.0
WL1635S	D16-D13	網目	タテ	5	-5	-0.4	2.5	WL3235S	D32-D16	網目	タテ	0	-5	-3.8	2.2
			ヨコ	7	-5	-1.1	4.3				ヨコ	5	-7	-2.9	4.0
		対角				3				対角				10	

表-3.3 ユニット鉄筋の引張強度試験結果

鋼の種類	鉄筋径	降伏点 N/mm ²	母材比	引張強さ N/mm ²	母材比	伸び %	母材比	備考
母材	D13	373		532		27		
	D16	359		510		27		
	D25	379		536		34		
	D29	387		554		31		
	D32	407		573		28		
WV1345S	D13	371	0.994	527	0.991	18	0.684	
	D13	366	0.981	513	0.963	22	0.842	
WU2550S	D25	380	1.002	536	1.001	26	0.768	4本
		378	0.998	556	1.038	20	0.585	溶接部破断
	D13	368	0.985	528	0.991	20	0.752	3本
		367	0.982	498	0.935	11	0.414	溶接部破断
WL1635S	D16	358	0.997	526	1.030	20	0.756	
	D13	371	0.994	525	0.986	20	0.737	
WL3235S	D32	407	0.999	573	1.001	23	0.823	
	D16	353	0.981	527	1.033	20	0.731	4本
		357	0.993	502	0.984	17	0.630	溶接部破断
FU2970S	D29	382	0.987	550	0.992	23	0.755	
	D16	363	1.011	537	1.053	21	0.790	3本
		357	0.992	525	1.028	17	0.630	溶接部破断
FL91370S	D13	348	0.932	500	0.939	24	0.895	
	D13	360	0.965	508	0.953	23	0.857	

表-3.4 ユニット鉄筋のせん断・引裂き強度

鋼の種類	鉄筋 組合せ	せん断強さ (t f)				引裂強さ (t f)				せん断/ 引裂
		最大	最小	標準偏差	平均	最大	最小	標準偏差	平均	
WU1345S	D13×D13	4.8	1.3	1.28	2.26	2.02	1.19	0.28	1.66	0.73
WU2550S	D25×D13	3.5	1.6	0.78	2.28	2.27	0.95	0.50	1.49	0.65
WL1635S	D16×D13	5.4	3.2	0.88	4.34	2.33	1.75	0.22	2.04	0.47
WL3235S	D32×D16	6.1	2.8	1.17	4.1	5.1	2.32	1.02	3.08	0.75
FU2970S	D29×D16	7.2	3.9	1.25	5.86	3.9	2.51	0.48	3.30	0.56
FL91370S	D13×D13	3.6	1.9	0.56	2.76	2.18	1.01	0.44	1.39	0.50

3. 4 施工性の評価

1) 調査結果

試験施工の省人化に関する評価は前回の試験施工と同様に、RC構造物の主要作業（鉄筋、型枠、コンクリート打設）に着目した各施工ブロック毎の現場投入工数（hr）とした。

その結果は表－3. 5に示すとおりである。

表－3. 5 現場投入工数（長崎）

		単位	L ₁₋₂	L ₃	L ₂	摘要
			ユニット鉄筋	現 行 仕 様		
現場投入工数 hr	鉄筋作業	——	162	314	280	①
	型枠作業	——	143	471	296	②
	コンクリート作業	——	81	158	108	③
	合計	——	386	943	684	④
施工数量	鉄筋	tf	7.123	16.158	13.559	⑤
	型枠	m ²	138.2	320.7	252.7	⑥
	コンクリート体積	m ³	83.3	211.9	155.5	⑦
評価	t 当たり鉄筋作業	hr／tf	22.7	19.4	20.7	①÷⑤
	m ² 当たり型枠作業	hr／m ²	1.03	1.47	1.17	②÷⑥
	m ³ 当たりコンクリート作業	hr／m ³	0.97	0.75	0.69	③÷⑦
	m ³ 当たり全作業工数	hr／m ³	4.63	4.45	4.40	④÷⑦

また、比較資料として、平成4年度に大宮国道で行った試験施工の結果（2章）を表－3. 6に示す。

表－3. 6 現場投入工数（大宮）

	単位	ユニット鉄筋	現行仕様
t 当たり鉄筋作業	hr/tf	7.1	17.9
m ³ 当たり全作業工数	hr/m ³	3.77	4.79

2) 試験施工の問題点

大宮での試験施工と比較し、今回の試験施工は以下のような問題点があった。

- ①表－3. 5よりL1, L3のt当たり鉄筋作業工数を比較すると、ユニット鉄筋が現行仕様を上回っており、合理化による効果が発揮されていない。
- ②一方ユニット鉄筋のt当たり作業工数を、表－3. 5と3. 6で比較すると、約3倍のひらきがあり、施工に問題のあったことを示している。
- ③また現行仕様でのt当たり作業工数、m³当たり全作業工数は両表とも近似した値を示しており、両工事とも標準的な施工であったことを示すものである。

3) ユニット鉄筋に関する作業工数の比較

ユニット鉄筋の1当たり作業工数 (hr/1tf) に関して、今回の試験施工 (H6 施工) と H4 試験施工とは約3倍の差異が生じている。確かに今回の試験施工では、一部ユニット鉄筋の製作ミスや設計上の配慮不足があった事は事実であるが、それが全ての原因とは考えられず、以下に同一作業項目に対する作業工数の比較を行うこととする。

表-3.7 鉄筋工の比較

		1ブロック当たり		1パネル当たり	
		H6 施工	H4 施工	H6 施工	H4 施工
フ ー チ ン グ	下面ユニット据付け	15	11	3.8	1.1
	上面ユニット据付け	21	2	5.3	0.2
	小 計	36	13	9.1	1.3
壁	下段ユニット据付け	14			
	上段ユニット据付け	33			
	小 計	47	13.5	11.8	1.4
そ の 他	現場鉄筋加工	16			
	組立筋加工	21			
	幅止筋・加工組立	42			
	現場結束		10		
	天端筋・仕上げ		8		
	小 計	79	18	19.8	1.8
合 計		162	44.5	40.7	4.5

表-3.7より1パネル当たりの作業工数を比較すると、両試験施工の間には約9倍もの開きがある。そこで、次項に示す現場作業集計表 (表-3.8) を作成して、H4 試験施工と対等に比較できる様、不自然な箇所を削除する。

- ① 8/6付作業は現場取り付け用鉄筋の加工であり、H4 試験施工では集計以外の作業である。よって16hrを削除する。
- ② 8/20付作業壁上段ユニットの据付け作業は世話役1に対して鉄筋工10となる構成比率であり、前後の関係からみて不自然である。
平均的な比率からすれば、世話役1に対して鉄筋工3である。
よって、この作業においては何らかのトラブルが発生したものと考えられ、トラブル分として20hrを削除する。
- ③ ②と同様、曲げ加工に係わる作業が計上されている。ここで組立と加工を半分ずつと考える。加工分21hrを削除する。

以上①～④で不要と判断した作業工数の合計は73hrとなる。

これを全体の作業工数から減じると

$$162\text{hr} - 73\text{hr} = 89\text{hr}$$

よって、鉄筋 1 t 当たりの作業工数は、 $89\text{hr} / 7.123 = 12.5\text{hr} / \text{t}$ と解釈できる。

表-3.8 現場作業工数集計表 (L1-2)

日付	作業内容	世	特	鉄	型	普	軽	とび	左官	重機
8/1	型枠製作	4				4				
8/6	現場加工鉄筋荷卸し、 曲げ加工			16						天井クレーン2t吊 1h※1
8/10	足場組立 (前面)						6	6		
8/19	底版下面ユニット搬入			1						
	” 据付	4/4	1	3			6			
	” 組立		1	3						
	底版上面ユニット搬入			1						
	” 据付	4/4	4	12						
	” 組立		1	3						フック 25 t 8h/9h
	壁前面下段ユニット搬入	2/4		1						
	” 据付		1	3						
	壁背面下段ユニット搬入	2/4		1						
	” 据付			1						
8/20	壁前面下段ユニット据付	2/4	1	3						フック-25t7.5h/8.5h
	壁背面下段ユニット据付	3/4	1	2						
	壁前背面上段ユニット据付	4/4	3	30						※2
	組立筋組立		3.5	17.5						※3
8/22	” (幅止筋、加工組立)		7	35						※4
8/24	底版型枠組立				14					
8/25	底版コンクリート打設		4	8	4	12	8		12	ポンプ車 3h/5h
8/26	壁背面足場工組立						8	8		
8/30	底版型枠組立				6					
9/24	壁型枠組立		4		4					
9/27	”		9		10					
9/28	” (水抜・背面型枠建込み)		8		8					
9/29	”				16					
9/30	壁型枠組立				16					
10/1	壁コンクリート打設		3	6	3	12	9			ポンプ車 3h/4h
10/6	壁型枠脱型 (前面)		8		16					
10/7	”				16					
	足場解体						8	4		
10/8	”						8	8		

※1 擁壁端部の現場加工筋であり、H4試験施工では発生していない。

※2 壁上段ユニットの据付けには作業時間が多すぎる(33hr/8枚=4.1hr/枚)。ちなみにH4施工では0.7hr/枚。

※3 フーチング組立筋に対する設計上の配慮不足に起因するもの。

※4 加工と組立の合算値が計上されている。H4試験施工では組立のみである。

3.5 施工上の問題点

試験施工の結果、現場作業工数の低減効果が発揮できなかった原因として下記の4点が考えられる。

- ・ユニット鉄筋の製作ミス
- ・作業員の不慣れさによる段取りの遅れ
- ・設計上の配慮不足
- ・施工条件による違い

以下に個々の内容について考察する。

1) ユニット鉄筋の製作ミス

現場施工での据付け段階において、端部ユニットの形状が左右逆の形状で製作されていたことが判明し、作業が一次中断した。このため、配力鉄筋の新規挿入、結束作業等が追加され、予定外の工数が発生した。

2) 作業員の不慣れさに起因する原因

前回、関東地建で実施した試験施工では、現場内でユニット鉄筋を製作し、同じ鉄筋工が据付け・結束作業に従事していた。このため据付け段階において作業員にはユニット鉄筋に対する十分な知識があり、結果として必要最小限の人員（1パーティ3人編成）による鉄筋作業が可能であった。

一方、今回の試験施工では、施工会社の職員も含めてユニット鉄筋に対する理解が十分でなかった点を随所に観察した。

- ① 現場に搬入されたユニット鉄筋の形状を、設計図面と照合することなく施工を開始したことである。
このため、鉄筋を据付けてから端部ユニットの製作ミスに気付いた状態であり、その段取り替えに時間を要していた。
- ② また、作業員の中には、ユニット鉄筋と従来仕様の違い（配力筋取付面）が理解できずに壁下段ユニットの向きを前後逆の状態に据付けていた。
- ③ さらには、延長8m足らずの施工ブロックに5～7名前後の作業員を配置しており、この点も前回の試験施工とは対照的であった。

以上の観察事例から判断すると、今回の試験施工ではユニット鉄筋の仕様を前提とした施工計画・施工打ち合わせの無いままに、施工を開始したものと考えられる。従って作業員レベルまでユニット鉄筋に関する予備知識が伝わっておらず、その結果として作業工数の予想外の増大を招いたものと考察する。

3) 設計上の配慮不足

試験施工の対象となったL型擁壁は、標準設計において最大規模の擁壁である。このため、作業中に生じる変形を防止するためには、図-3.4に示す形状の組立筋が必要と考えた。

しかし、この形状は鉄筋を1本1本組み立てる場合には有効であるが、溶接組みされたユニット鉄筋には不向きな形状であった。すなわち、現場においてはこの組立筋を無理やり挿入することにかかなりの時間を要した。

ちなみに、前回の試験施工では図-3.5に示す形状の組立筋を使用しており、特に施工上の問題点は指摘されていない。



図-3.4



図-3.5

4) 施工条件による違い

前回の試験施工では延長20mの擁壁工を対象としたが、今回の施工延長は8mと短く、プレハブ製品の特長ともいえるサイクル施工のメリットを活かしきれずに終了した。

また、現場条件としては斜面の掘削部に位置することから、施工ヤードが狭く、またユニット鉄筋仮置場と均しコンクリート面との間には5m前後の高低差があった。

3.6 まとめ

今回の試験施工を通じて何点かの製作・施工上の問題点があきらかになった。問題点とそれに対する改善策を整理すると、表-3.9のようになる。これらの改善策により、従来の鉄筋工に比べ50%程度の省人化が期待できるものと考えられる。

表-3.9 (1) ユニット鉄筋製作上の問題点と改善策

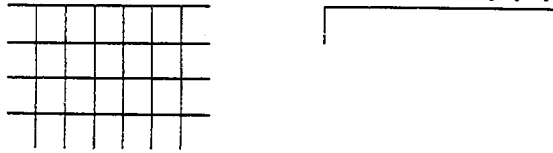
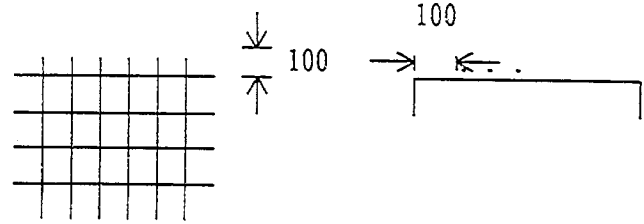
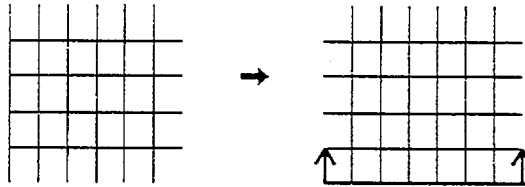
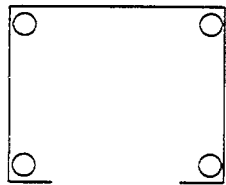
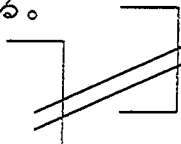
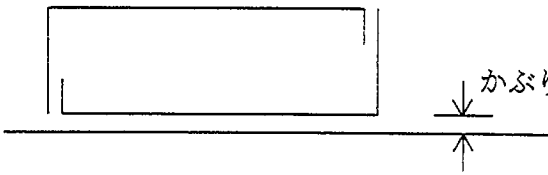
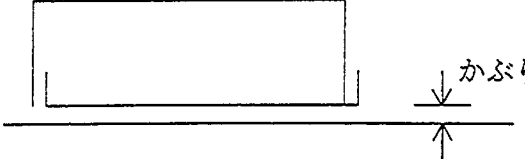
項目	製作上の問題点	改善策
配筋の位置	ユニット鉄筋端部に配置される配力筋は、これまで下図のように主鉄筋端部に配置していたが、工場製作上（溶接・曲げ加工）、無理がある。 	配力鉄筋は、主鉄筋端部より100mm内側の位置を起点として設計する。 
溶接部に材よる変化	溶接の段階において発生する溶接熱により、一部のユニット鉄筋に形状の変形が見られた。この変形は以下の要因によって生じたと考察する。 ①溶接箇所数が多い。 ②他分野に用いられているユニットに比べ、配筋ピッチが狭い。 ③D13等の細径鉄筋を使用したユニット	熱影響による変形を回避するため、溶接箇所数の低減化を図ることとする。 ①主鉄筋の配置間隔を従来の200mmから250mmに拡大する。 ②配力鉄筋の最小径をD16とし、配置間隔を200mmから300mmに拡大する。 ③配力筋の鉄筋径は主鉄筋径の1/2以上とする。
ユニット鉄の筋横幅		主鉄筋の配置間隔を変更したことにより、ユニット鉄筋の設計パネル幅を1500mm、また配力鉄筋継手長を含めた全幅を1900mmに変更する（図-参照）。

表-3.9 (2) ユニット鉄筋製作上の問題点と改善策

項目	製作上の問題点	改善策
端部用ユニット	これまで、擁壁の両端には、配力筋の継手長をカットした端部専用ユニットを設定していた。このユニットに関しては従来より、発注ミスや施工ミス等が懸念されていたが、今回、工場製作の段階において左右の取り違いミスを生じた。	端部専用ユニットを用いずに、現場にて標準ユニットの配力筋継手部を切断する方法に変更する。これにより、製品種類が1/3に低減でき、製品コストの削減が期待されるとともに、施工現場での混乱（発注ミス、施工ミス）を回避できる。  左右どちらかを現場にてカットする
フーチング組立鉄筋	組立筋の形状を現行仕様のまま加工したことにより、溶接鉄筋のなじみが取れず、組立筋の取付に時間を要した。 	ユニット鉄筋の組立に際して、現行仕様の組立筋は必要としない。ただし、長尺ユニット中央部のたわみ変形を防止する目的から下記に示すような鉄筋スペーサーが必要である。  第1案 幅止め筋  第2案 立体スペーサー 標準図集の作成に際しては、関東地建での試験施工実績を踏まえて第1案を採用している。
フーチング鉄筋の形状	L型擁壁であることから、上面鉄筋のフック長を前後で変えていたが、現場での段取りミスが生じた。 	フーチング上面鉄筋のフック長は、前後とも同一長として、フックの先端は下面鉄筋位置とする。 

自動化に適したコンクリート構造物の
設計・施工技術の開発に関する
共同研究報告書(3)

共同研究報告書第119号
平成7年3月(1995)

建設省土木研究所 材料施工部 コンクリート研究室
財団法人 先端建設技術センター
株式会社 大林組
佐藤工業 株式会社
大成建設 株式会社
株式会社 間組

株式会社 鹿島建設
清水建設 株式会社
鹿島建設 株式会社
前田建設工業 株式会社
株式会社 熊谷組
株式会社 銭高組
西松建設 株式会社

要 旨

建設省総合技術開発プロジェクト「建設事業における施工新技術の開発」では、「自動化に適したコンクリート構造物の設計・施工技術の開発に関する研究」に関して、1990年度より建設省土木研究所、財団法人先端建設技術センター、民間企業11社で共同研究を実施した。

本研究は、建設事業の高品質化、効率化、労働環境の向上を図る方策として、鉄筋コンクリート構造物を対象にして、施工の合理化・省力化に当たって、現行諸基準の問題点を検討し、合理化に適した設計・施工マニュアル(案)の作成を行うものである。

本報告書は、以下の項目について試験施工を実施し、材料、構造物の品質、施工の省力化効果などを調査したその結果をとりまとめたものである。

- ①流動化コンクリート、高性能AE減水剤を用いたコンクリート、高流動コンクリート
- ②ユニット鉄筋
- ③断面の単純化、配筋の標準化

キーワード：流動化コンクリート、高流動コンクリート、高性能AE減水剤を用いたコンクリート、試験施工、ユニット鉄筋、全数継手、断面の単純化、配筋の標準化、点溶接

郵便はがき

50円切手
をはいて
下さい

305-□□

建設省土木研究所

コンクリート研究室 行

茨城県つくば市大字旭一番地

No. 001

No. 001

配布先氏名

配布先住所



共同研究報告書第119号 部

上記のとおり受領しました。

所 属（住所）

氏名

⑩

○