

コンクリート二次製品の
設計・施工技術の開発に関する研究
共同研究報告書（I）

平成7年3月

建設省土木研究所 材料施工部 機械研究室
(財) 先端建設技術センター

石川島建機株式会社	株式会社大林組
株式会社大本組	清水建設株式会社
住友建設株式会社	東急建設株式会社
飛島建設株式会社	日立建機株式会社
株式会社フジタ	フドウ建研株式会社

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。

コンクリート二次製品の 設計・施工技術の開発に関する研究 共同研究報告書（Ⅰ）

建設省土木研究所 材料施工部 機械研究室
（財）先端建設技術センター

石川島建機株式会社* 株式会社大林組
株式会社大本組 清水建設株式会社
住友建設株式会社 東急建設株式会社
飛島建設株式会社 日立建機株式会社
株式会社フジタ フドウ建研株式会社

*平成3年度より参加

要旨

土木分野のコンクリート構造物の施工における省力化・省人化、作業の単純化、過酷な作業からの解放のため、機械化施工を前提とした大型コンクリート二次製品による大型プレハブ工法の開発を行った。本工法は、現在、場所打ちで施工されている逆T等の鉄筋コンクリート造擁壁、大型ボックスカルバート構造物について、延長方向及び鉛直方向に分割したプレキャスト部材を大型の施工機械を用いて据付け、組み立て構築するものであり、鉛直方向の継手部にモルタル充填継手を適用したものである。本報告書は、研究成果をとりまとめたものであり、需要と課題に関する調査結果、設計及び施工上の課題と検討及び実験の結果について報告するものである。

キーワード：二次製品、プレキャスト、擁壁、ボックスカルバート、プレハブ、モルタル充填継手

土木構造物を代表する構造物にコンクリート構造物があげられる。その多くは場所打ちで施工されており、構築までに多くの工程とそれぞれの工程に応じた多くの熟練工が必要とされ、また、苦渋作業、危険作業も多いとされている。このため、コンクリート工の施工における省力化・省人化、作業の単純化、過酷な作業環境からの解放のため、場所打ちに代わる新技術の早急な開発と建設現場への普及が求められている。

このような背景のなかで、コンクリート工の合理化施工の方法のひとつとしてプレハブ化が注目を集めているが、従来その適用範囲は中小規模のコンクリート構造物に限られていた。このため、コンクリート構造物のプレハブ化の推進にあたっては、その適用範囲の大型化が課題のひとつとしてあげられていた。

ところで、大型コンクリート構造物のプレハブ化には、次のような方法が考えられる。ひとつは、対象構造物を分割しただけの形状部材、つまりコンクリート二次製品を用いこれを現場で組立・接合することにより対象構造物を構築する工法であり、もうひとつはプレキャスト型枠を現場で組み立てその中に二次コンクリートを打設し、施工後も型枠を取り外さずそのまま構造物の外壁とする工法である。

そこで、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」の一環として、平成2年度から平成6年度までの5年間で「コンクリート二次製品の設計・施工技術の開発に関する研究」において、プレハブ化の2方法のうち前者を取り上げ、建設省土木研究所、財団法人先端建設技術センター及び民間企業10社で大型コンクリート構造物を対象としたプレハブ化について共同研究を実施した。

本報告書は、本共同研究における5年間の研究成果についてとりまとめたものであり、構造物及び部材の大型化や施工の機械化の際に発生が想定される問題点を明らかにするとともに、大型プレハブ化・機械化を前提とした工法について報告するものである。研究の対象とした構造物は、場所打ちで施工されている逆T型、L型等の鉄筋コンクリート造擁壁、大型ボックスカルバート構造物で、延長方向及び鉛直方向に分割したプレキャスト部材を大型の施工機械を用いて据付け、組み立て構築するものであり、鉛直方向の継手部にはモルタル充填継手を適用したものである。

なお、本共同研究に関する報告書としては、本報告書のほか、現場での的確な設計・施工の実施を図ることを目的とした「コンクリート二次製品設計施工に関する技術資料」（コンクリート二次製品の設計・施工技術の開発共同研究報告書（Ⅱ） 共同研究報告書125号）があり、特に現場における設計・施工にあたっては、こちらのほうも参照することが望ましい。

目 次

第1章 対象構造物の選定と課題	1
1. 1 研究の背景及び目的	1
1. 2 対象構造物の選定	2
1. 2. 1 需要動向調査	2
1. 2. 2 現状の二次製品の実態	5
1. 2. 3 プレキャスト化可能構造物	6
1. 2. 4 評価	10
1. 3 対象構造物に関する検討	12
1. 3. 1 擁壁	12
1. 3. 2 ボックスカルバート	15
1. 3. 3 二次製品の輸送上の制約	18
1. 3. 4 コンクリート二次製品の分割と接合	20
1. 4 解決すべき課題	20
第2章 設計	23
2. 1 設計に関する研究概要	23
2. 2 分割・接合方法のアイデア	25
2. 2. 1 プレキャスト擁壁	25
2. 2. 2 ボックスカルバート	49
2. 3 設計上の問題	72
2. 3. 1 プレキャスト擁壁	72
2. 3. 2 ボックスカルバート	78
2. 4 継手部の純せん断試験	82
2. 4. 1 試験の目的	82
2. 4. 2 試験の概要	82
2. 4. 3 試験結果及び考察	88
2. 4. 4 まとめ	93
2. 5 継手部の曲げせん断試験	94

2. 5. 1	試験の目的	94
2. 5. 2	試験の概要	94
2. 5. 3	試験の結果	97
2. 5. 4	考察	103
2. 6	実物大組立実験	104
2. 6. 1	設計	104
2. 6. 2	製作	105
2. 6. 3	モルタル注入	106
2. 7	まとめ	107
第3章	施工	109
3. 1	施工に関する研究概要	109
3. 2	擁壁	110
3. 2. 1	施工上の課題	110
3. 2. 2	施工方法の検討	113
3. 3	ボックスカルバート	122
3. 3. 1	施工上の課題	122
3. 3. 2	施工方法の検討	124
3. 4	施工機械の調査、研究	139
3. 4. 1	施工機械の現状	139
3. 4. 2	施工機械の構成	141
3. 4. 3	施工機械の計画設計	144
3. 5	実物大組立実験	152
3. 5. 1	目的	152
3. 5. 2	概要	152
3. 5. 3	実験結果	186
3. 5. 4	考察	236
共同研究者名簿		279
建設業における施工新技術の開発土木部会名簿		282

1.1 研究の背景及び目的

最近の建設業では労働者不足、熟練労働者不足、高齢化という深刻な問題に直面しており、今後、この傾向はより深刻なものになっていくものと思われる。また、他産業と比べ苦渋作業、危険作業が多いとされている。特に、コンクリート工では、現場打コンクリートによる施工や人力作業を前提とした小型のコンクリート部材を用いており、施工の合理化が強く求められている。

本研究は、土木分野のコンクリート構造物の施工における省力化・省人化、作業の単純化、過酷な作業環境からの解放のため、図-1.1.1に示すコンセプトに基づいて機械化施工を前提とした大型プレハブ工法によって施工を合理化することを目的として実施した。

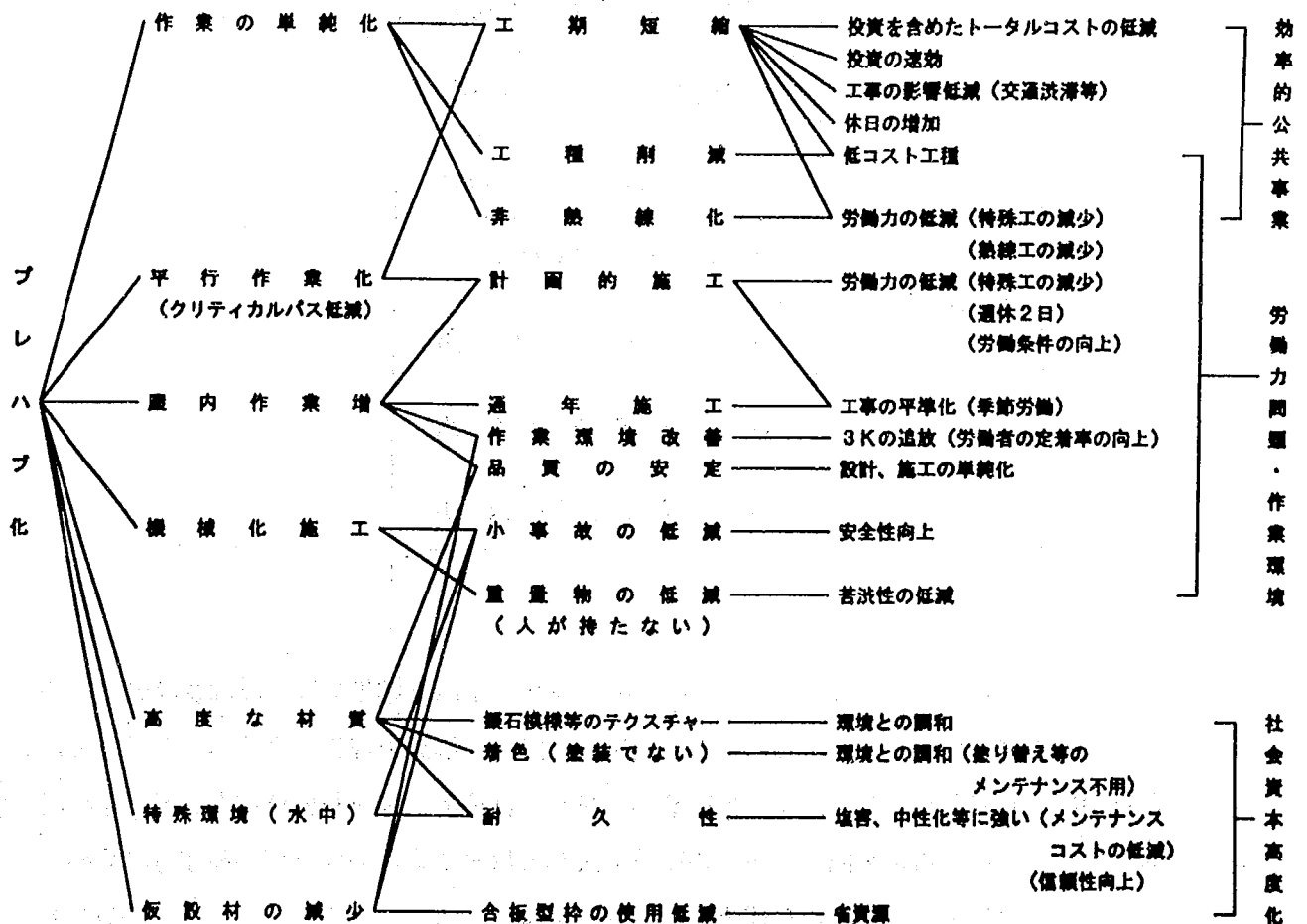


図-1.1.1 コンクリート構造物のプレハブ化のコンセプト

1.2 対象構造物の選定

1.2.1 需要動向調査

調査対象機関は表-1.2.1の通りである。大型二次製品を用いたプレハブ工法の必要性を全国的なレベルで調査した。

表-1.2.1 対 象 機 関

建設省関係	東北地方建設局及び事務所
	関東地方建設局及び事務所
	北陸地方建設局及び事務所
	中部地方建設局及び事務所
	近畿地方建設局及び事務所
	中国地方建設局及び事務所
	四国地方建設局及び事務所
	九州地方建設局及び事務所
公団関係	住宅・都市整備公団
	日本道路公団
	首都高速道路公団
	水資源開発公団
	日本下水道事業団

大型二次製品を用いたプレハブ工法の必要性についてのアンケート調査結果を表-1.2.2及び表-1.2.3に示す。この結果、建設省関係で必要性が高いものは、擁壁・護岸、橋梁上部工、カルバートであった。公団関係では各公団により特色があり、擁壁・護岸関連に対しては住宅・都市整備公団と日本道路公団、橋梁上部工に対しては首都高速道路公団、トンネル関連に対しては日本道路公団と首都高速道路公団、下水処理場関連に対しては住宅・都市整備公団と日本下水道事業団、ニューマチックケーソンに対しては首都高速道路公団が必要性が高いと回答した。

表-1.2.2 大型二次製品を用いた工法の需要動向（建設省関係）

大分類	中分類	小分類	地方建設局			地方建設局の事務所			
			大	中	小	大	中	小	
擁壁・護岸	ブロック積み		7	1		45	24	13	
		一 体	5	2	1	41	18	18	
		分割組立	5	1	2	42	20	16	
		一 体	2	5	1	23	33	18	
		分割組立	4	1	3	31	26	19	
橋 梁	下部工	橋 脚			7	6	2	40	
		橋 台			7	7	2	38	
	上部工	桁	5	1	1	41	12	19	
		ス ラ ブ	3	3	1	32	17	17	
	その他	主塔		1	6	3	6	22	
トンネル	山岳トンネル	2次覆工	2	1	4	7	12	15	
		補 修	1	2	4	9	13	13	
	シールドトンネル		3	2	3	9	12	12	
	沈埋トンネル		3	2	2	9	10	13	
	カルバート	一 体	6	1	1	36	8	10	
		分割組立	6	1	1	33	13	6	
ダ ム	治水ダム	越 流 部		2	5	2	3	13	
		上下流面		2	5	2	3	13	
		監 査 廊		3	3	1	3	10	
	砂 防 ダ ム		1		5	3	4	13	
下水処理場	タンク、沈殿池		2	1	3	1	4	7	
	消 化 槽		2	1		1	4	7	
基 礎	ニューマチックケーソン		2	2	4	13	10	14	
そ の 他	(自由記入)								
	コンクリート格子張	法 留	1						
		格 子 張	2						
		土工(盛土材)	一 体	1					
		舗装(舗装体)		1					
		舗装工(コンクリート舗装)	一 体	1					
		排水工(集水桝)	分割組立	1					
C A B			1						
舗装修繕	L型街渠、街渠 一体型PC製品 基礎一体型ヒューム管	一 体	1			(街渠構造物 オールプレキャスト 工法)			
		分割組立	1						
		一 体	1						
道路付属物	標 識 基 礎	分割組立	1						
擁 壁	コンクリート擁壁	重 力 式	1						
		もたれ式	1						
道路側溝	枡	B=0.5~1m	1						
	U 型	B=300, 600	1						
	L 型				1				
	縁 石			1					
	歩車道境界ブロック				1				
	マン ホ ール				1				
暗 渠 部	ボックスカルバート			1					
	パイプカルバート及び同基礎			1					
河川護岸	コンクリート護岸	1~2m	1						
	張 ブ ロ ッ ク	1×1.2×2m	1						
	消波・根固ブロック	1t, 2t		1					
	樋 門 ・ 樋 管			1					
	法 枠			1					
	階 段			1					
樋 門	本 体 工	ボックス部	1						
	操 作 台	門 柱 部	1						

注) 数値は、回答対象物件数(平成2年度調査による)
表中の大・中・小は必要性の程度を示す。

表-1.2.3 大型二次製品を用いた工法の需要動向（公団関係）

大分類	中分類	小分類	必 要 性														
			住宅・都市 整備公団			日本道路 公 団			首都高 速道路公団			水資源開 発公 団			日本下水 道事業団		
			大	中	小	大	中	小	大	中	小	大	中	小	大	中	小
擁壁・ 護岸	ブロック積み		○			○								○			
		L 型	○			○				○							
		分割組立	○			○							○				
	T 型	一 体	○			○											
		分割組立	○			○							○				
橋 梁	下 部 工	橋 脚		○				○			○						
		橋 台		○				○			○						
	上 部 工	桁		○			○		○								
		ス ラ ブ		○			○		○				○				
	そ の 他	主 塔		○				○		○							
ト ン ネ ル	山岳トンネル	2次覆工		○		○				○							
		補 修		○				○	○								
	ツールトンネル			○					○								
	沈埋トンネル			○					○								
	カルバート	一 体		○			○										
		分割組立		○		○			○								
ダ ム	治水ダム	越流部		○													
		上下流面		○													
		監査廊		○													
	砂防ダム			○													
下 水 処理場	タンク、沈澱池		○												○		
	消 化 槽		○														○
基 礎	ニューマチック ケーソン			○				○	○								
その他	（自由記入）																
（日本道路公団） 擁壁・ 護岸	建設機械	ロボット化	ブロックの大型化に合わせて施工機械のロボット化を進める必要がある。 またこのためには、製品の加工精度を向上させる必要がある。														
（日本下水道事業団） 下水 処理場	消化槽		危険物であるガスを取り扱うため、継手部からの漏れが許されない。 現場での変更が効かない。														

注）平成2年度調査による。

表中の大・中・小は必要性の程度を示す。

1.2.2 現状の二次製品の実態

わが国で生産されるコンクリート二次製品は多種多岐にわたっており、その数量も膨大である。さらに深刻化している建設労働者不足や工期の短縮、施工の合理化、品質の向上の流れの中で、プレキャスト化に一層拍車がかかっている。一方では、建設機械や製造技術の進歩発展に伴って、コンクリート二次製品の大型化の傾向もうかがえる。

しかし、JIS規格品の全体でいえば一部を除き小型部材が主流である。この理由は、大半を占める設備の貧弱な小規模工場が製造できるものをJIS製品にしているからであると思われる。また、これらの規模に対してのニーズが多いことも否めない。一方、大型設備を有する大規模工場では、先に述べた理由から製品の大型化がすすめられているが、たとえばボックスカルバートのように、100数社が製造しながら各社の足並がそろわずに未だにJIS化に至らないものもある。また大型部材になると、製造メーカー各社の特殊な技術が絡んで全国共通の統一規格にはなりにくい面もある。その反面、協会組織のしっかりしているところでは、各社の協力でJIS規格品の大型化が図られたりしている。スラブ橋、ダブルTスラブやPC矢板などが好例である。

コンクリート二次製品は、製造場所によって、工場製品とサイトプレハブの製品に分けられる。後者は、護岸や一部の橋げたなど十分な製作ヤードと十分なロット数があって、現地工場としても十分ペイできるものにおおむね限られる。運搬コストが不要であり、ジョイント工事が軽減でき、また製品寸法や製品重量に規制がないので、ケーソンや浮棧橋、魚礁、大型橋梁の製作にとり入れられている。

最近の傾向として、従来場所打ち鉄筋コンクリート構造物で行っていたものをプレキャストに置き換えて施工されることが増えている。スノーシェルター、ロックシェッド、貯油タンク、人工地盤などがそれらに該当する。このような場合、施工性から薄肉部材が求められ、高強度コンクリートやプレストレスコンクリートが用いられる。

このような実態を概観すれば、コンクリート二次製品は、建設機械や製造技術の進歩をもとに、社会のニーズに対応すべく用途の範囲や規模を模索中であるといえる。

1.2.3 プレキャスト化可能構造物

(1) プレキャストコンクリートの特徴

場所打ちコンクリートと比較した場合、プレキャストコンクリートの特徴としては、

- ①工期が短縮できる
- ②品質が安定する
- ③コンクリート打設のための足場支保工が不要となる
- ④省力化が図れる
- ⑤クリープ・乾燥収縮の影響を少なくできる
- ⑥かぶりの量を小さくすることにより断面を小さくできる

などがあげられる。

一方、プレキャストコンクリートの最大の欠点は、打設時と設置時にコンクリートを二度取り扱うため、割高となることである。しかし、設計の規格化が図れ、工事規模が大きくなればこの欠点を補える。設計上の場所打ちコンクリートとの最大の相違点は、プレキャスト化された部材同士の接合部の処理であるが、接合部に関する研究の進歩によって、プレキャストコンクリートが、多くの分野に応用されてきた。

(2) コンクリート構造物のプレキャスト化の展望

小規模の構造物では工場製品を用いることを含めてプレキャスト化が進んでいる。一方、大規模構造物においては場所打ち工法が採用される傾向がある。その理由としては、プレキャスト工法では状況の変化に応じての臨機応変の対応が取りにくく、工事の計画が難しかったり、施工誤差が大きくなってしまう場合があることなどが考えられる。

しかし、都市が高密度化して施工場所の確保が困難となるとともに、急速施工が必要となったこと、および若年労働者の業界離れ、熟練工の高齢化による労務事情の悪化に対処するために、効率化、省力化、安全性の向上、作業環境の改善等を進めるための方策としてコンクリート構造物のプレキャスト化の推進は急務である。

以上の観点から、プレキャスト化が可能なコンクリート構造物を地上構造物、地下構造物、河川港湾構造物に大別し、表-1.2.4にその現状と展望をまとめた。

表-1.2.4 プレキャスト化可能構造物

NO. 1

大 分 類	小 分 類	現 状 の 二 次 製 品 の 実 態	展 望
地上構造物	橋梁上部工	①縦割方式（1本ものの桁を横方向に並列する方法） JIS規格、建設省標準設計等で標準化されており、桁の最大長さは21.6m（約19t）である。	運搬上の制約を受けるので、現在の規格品程度が限界と考えられる。
		②横割方式（桁を長さ方向にブロック化する方法） 急速施工が要求される場合に利用される工法で、大型のクレーンやガーダーが必要である。	工期の短縮が図れるので、今後発展する可能性が高い。
		③トラス橋 プレキャスト部材をヤードで組み立てて、クレーンで設置する方法。（格点部のみ場所打ち）	同 上
		④アーチ橋 アーチリブにプレキャスト部材（4～5t）を用い、クレーンにより張出架設を行い、クラウン部だけを場所打ちする工法。	同 上
		⑤斜張橋 海外で数橋の実績がある。	工期の短縮を含め、プレキャスト化のメリットを生かした実例が日本でも増えつつある。
		⑥プレキャスト床版橋 鋼橋のコンクリート床版をすべてプレキャスト部材で構築する橋梁。	工期の短縮、床版の高品質化が図れるので、今後発展する可能性が高い。
	橋梁下部工	柱部、はり部にPCブロックや既成パイルを用いて、フーチングだけを場所打ちとした施工実績が多く、以下の特殊な施工条件下で行われている例が多い。 ・地形が急斜面であったり、交通量が非常に多い場合に現場での作業をできるだけ少なくする。 ・急速施工の必要性（寒冷地等）	独立ピア形式は、高さや支間が異なるので部材の規格化が困難で特殊な条件以外では利用されにくい。 ラーメン橋脚は、建築物と類似しているので、今後の適用が期待できる。

表-1.2.4 プレキャスト化可能構造物

NO. 2

大 分 類	小 分 類	現 状 の 二 次 製 品 の 実 態	展 望
地上構造物	容器構造物	タンク、サイロ、下水処理場の円形処理槽 プレキャストPC板を円周方向に並べ、円周方向にプレストレスを導入している。	高さ、直径により部材の規格化が図りやすいので、今後の発展の可能性は高い。
	擁 壁	L型擁壁（宅地造成用 壁高 $H \leq 3$ m 建設大臣認定） "（道路用 壁高 $H \leq 5$ m） ブロック積擁壁や控え壁式擁壁（壁高 $H \leq 8$ m）も一部実用化されている。	壁高5 m以下のプレキャスト擁壁は実用化されており、壁高5 m以上の擁壁についても運搬上の高さ制限や重量などの問題を解決することで発展の可能性が望めるものである。
	そ の 他	シェッド類、人工地盤、舗装等で実績がある。	シェッド、シェルター類は構造形式の基準化ができれば更に発展すると思われる。プレキャストPC舗装は耐久性の向上と急速施工が可能であり発展の可能性が高い。
地下構造物	基礎構造物	くい、PCウェル、PCケーソン	くい、PCウェルは運搬、施工機械能力等の制約から現状程度が限界であろう。ケーソンは実績が無いため、標準化および耐震性の確保等今後の検討課題が非常に多い。
	トンネル	シールド用および山岳トンネル用セグメント、沈埋函 シールドセグメントは広く実用化されているが、山岳トンネル用セグメントの施工実績は少ない。	山岳トンネルは道路、鉄道の規格により断面が定まるため部材の規格化が容易であり、今後の発展が期待できるが、施工機械の開発が必要である。
	管 路	ヒューム管 $\phi 3000$ mmまでが実用化されている。	運搬上の制約から、現在実用化されている程度が限界と考えられる。
	ボックス・カルバート	土被り6.0 m を限度として、一体物 5.0 m(B) $\times$ 2.0 m(H) $\times$ 1.0 m(L)（内空寸法）までが実用化されている。	内空寸法、土被りにより部材の規格化、設計の標準化を図ることができる。また、大断面に対しても小分割することにより対応可能であるため、プレキャスト化への可能性が高い。

表-1.2.4 プレキャスト化可能構造物

NO. 3

大 分 類	小 分 類	現 状 の 二 次 製 品 の 実 態	展 望
河川港湾 構造物	護 岸 堤	消波ブロック、PBS工法	水中コンクリートの打設が不要となるため品質が向上すること、および地上に比べて大きな重量に対応し易いことなどから、プレキャスト化に適した分野である。 河川の護岸ブロックについては、構造物自身よりも据付機械等を含めた施工システムの開発が大きな課題である。
	護 岸	張ブロック、根固めブロック、セルラーブロック、L型ブロック	
	防 波 堤	ケーソン	
	そ の 他	ポンツーン、人工漁礁	

注) 実態については、平成3年度調査による。

1.2.4 評 価

対象構造物の選定にあたり、需要動向調査、現状の二次製品の実態、プレキャスト化の実態、プレキャスト化可能構造物の分析を行った。

それらの分析により、将来プレキャスト化が可能なもの、現在もプレキャスト化が進んでいるもの等を抽出し、本共同研究のテーマとしてふさわしいと思われる構造物を9種類取り上げ評価した。

評価対象構造物並びに評価基準を以下に示す。

(1) 評価対象構造物

- ①プレキャスト桁式上部工
- ②プレキャストブロック式上部工
- ③橋脚
- ④擁壁
- ⑤シェルター
- ⑥人工地盤
- ⑦コンクリート舗装
- ⑧ケーソン
- ⑨ボックスカルバート

(2) 評価基準

表-1.2.5のように、設計、施工、一般と大別し各々評価項目に従って実施した。○印はプレキャスト化における各項目の可能性が高いもの、あるいはプレキャスト化により現状より向上するものとし、△印はややその程度が低いもの、また×印はプレキャスト化による可能性、向上の見込みが乏しいと思われるものとした。

(3) 結 果

総合評価の結果、擁壁とボックスカルバートが甲乙つけがたい同様の評価を受けたので、本共同研究ではこの二つの構造物を研究対象構造物とした。

表-1.2.5 二次製品一般構造物評価表

	評 価 項 目	評 価 構 造 物								
		①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨
設 計	設計の標準化・規格化	○	○	△	○	△	△	○	△	○
	部材の標準化・規格化	○	△	△	○	○	△	○	△	○
	継手の標準化・規格化	○	○	△	○	○	△	○	△	○
施 工	安全性	○	△	○	○	○	△	○	○	○
	苦渋作業の解消	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	省人化・省力化	○	○	△	○	○	○	○	△	○
	工期短縮	○	○	○	○	○	○	○	△	○
	機械の汎用性	△	△	△	○	△	△	○	△	○
	ロボット化の可能性	△	△	△	△	△	△	△	△	△
	環境の改善	○	△	○	○	○	○	○	○	○
	運搬	△	△	△	○	○	△	○	×	○
	据付け	○	△	△	○	○	△	△	×	○
一 般	将来性	△	○	△	○	△	○	○	△	○
	市場性	○	△	△	○	△	○	○	△	○
	技術的波及効果	△	△	△	○	△	○	△	△	○
	開発難易度	○	○	△	○	△	△	△	×	○
総 合 評 価		○	△	△	◎	○	△	○	△	◎

備考 1. 評価構造物のアルファベット分類は下記参照

- ①: プレキャスト桁式上部工
 ②: プレキャストブロック式上部工
 ③: 橋 脚
 ④: 擁 壁
 ⑤: シ ェ ル タ ー
 ⑥: 人 工 地 盤
 ⑦: コ ン ク リ ー ト 舗 装
 ⑧: ケ ー ソ ン
 ⑨: ボ ッ ク ス カ ル バ ー ト

2. 評価は○△×式とし総合評価にて優れた物は◎とする

1.3 対象構造物に関する検討

1.3.1 擁壁

本研究で対象とするプレキャスト擁壁の構造、形式、高さおよび用途を明確にし、対象擁壁のプレキャスト化に関する技術的問題点を抽出・整理した。

擁壁の施工件数およびプレキャスト化のニーズ・優先度は、重力式擁壁が最も多く、次いで逆T型やL型の版状の擁壁が多い（（財）先端建設技術センターによる中部地建、中国地建からの調査による）。ここで、重力式擁壁を研究対象と考えた場合、長手（延長）の方向の分割・接合技術が主要なテーマと考えられるが、これは、逆T型擁壁等で要素技術を研究しておけば、重力式にも対応可能と考えられる。また、重力式擁壁は、無筋コンクリート構造物で擁壁の自重により土圧を支持する機構であり、重量の低減を図ることは設計思想を崩すことになるため、部材の軽量化というようなプレキャスト化の研究として取り組みにくい。したがって、対象構造物として鉄筋コンクリート造の逆T型やL型の版状の擁壁を選定した。

高さ3 m以下のプレキャストL型擁壁は、宅地造成工事を主体として多く使用されており、高さ5 m以下の宅造用プレキャスト擁壁についても、二次製品メーカーが大臣認定取得に向けて様々な検討を行っている。これらの宅造用プレキャスト擁壁は、標準的な設計条件であれば、土木の分野での使用が可能であり、標準的な設計条件外のものについては、使用鉄筋の径・ピッチの変更や底版長の変更等の軽微な変更で注文生産により対応可能である。一方、逆T型擁壁の施工件数を図－1.3.1（建設省土木研究所企画部システム課の調査資料による）より見てみると、高さ5 m以上の割合は62%であり、そのうち5～8 mの占める割合は69%である。参考として、土木構造物標準設計第2巻（擁壁）の昭和62年改訂の際に実施されたアンケート調査結果を図－1.3.2に示す。

これによると、収録希望の多い高さはL型で3～8 m、逆T型では3～9 mとなっている。以上の点より本研究では、高さ5～8 mを対象とした。

用途については、宅造用は種々の法的規制や問題があるため、当面は道路等の土木事業に関する擁壁を対象とした。

上記の対象擁壁のプレキャスト化に関する技術的問題点の抽出の結果を、表－1.3.1に示す。

表-1.3.1 大型擁壁のプレキャスト化に関する技術的問題点の抽出

一 般	① 形状の絞り込み ・ L型 ・ 逆T型	設	③ 接合方法の決定 1) たて壁と底版の接合等 2) 耐力の検討方法 3) 長手方向の接合
	② 全高(H)の対象範囲決定		④ 杭基礎への対応
	③ 長さ(L)の対象範囲決定		⑤ コーナー部の対応
設 計	① 設計条件の決定 1) 荷重条件 ・ 上載荷重強度 ・ 盛土勾配 ・ 高さ比 ・ 単位重量 2) 土質条件 ・ 裏込め土の種類 ・ 基礎地盤の種類 ・ 土圧 ・ 地耐力 ・ 摩擦係数 3) 使用材料 ・ コンクリート(σ_{ck}) ・ 鉄筋 4) 許容応力度 5) 安定条件 6) 設計震度 7) 準拠する基準 8) 構造細目 ・ 鉄筋のかぶり厚さ ・ 根入れ深さ ・ 水抜き ・ たて壁のクリープ変形 ・ 擁壁裏面の透水層 ・ 敷モルタルの厚さ ・ 栗石及び基礎コンクリートの厚さ	計	⑥ 擁壁高さの変化への ・ 擁壁天端が傾斜 ・ 基礎地盤が傾斜 ・ 上記両者が共に傾斜
			⑦ 湾曲した場合の対応
		製 作	① 寸法精度
		運 搬	① 1ブロックの大きさ・重量及び 使用機械
			② 吊込み・運搬方法
		施 工	① 丁張り
			② 根切り
			③ 基礎地盤転圧
			④ 基礎コンクリート打設
			⑤ 据付 1) 仮置き・小運搬方 2) 据付方法(建込み・ 引寄せ等)
			⑥ 組立
			⑦ 目地詰め
			⑧ フィルター貼付
			⑨ 透水層の設置
			⑩ 埋戻し
	② 分割方法の決定 1) たて壁と底版の分割等 2) 耐力の検討方法		

逆T型擁壁高さ別施工件数

計 3 2 3 件

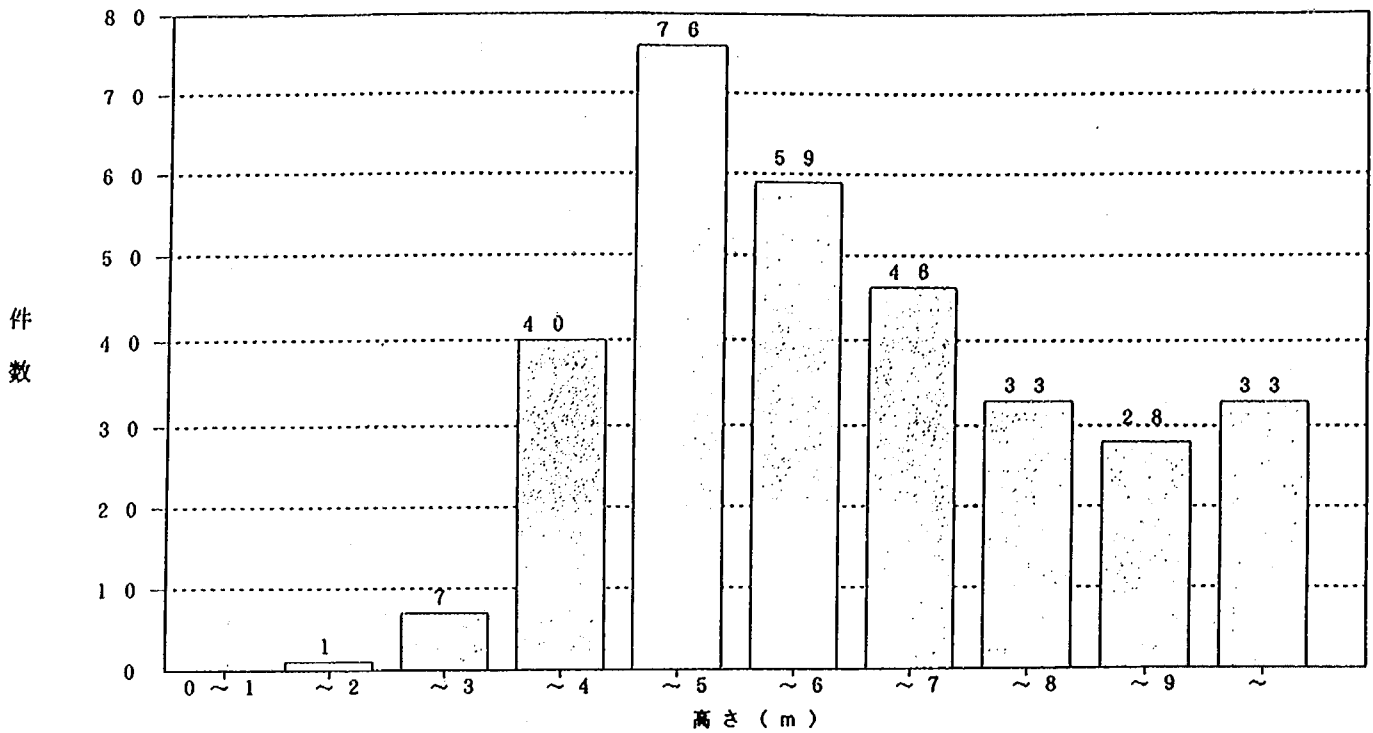
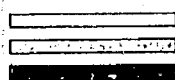
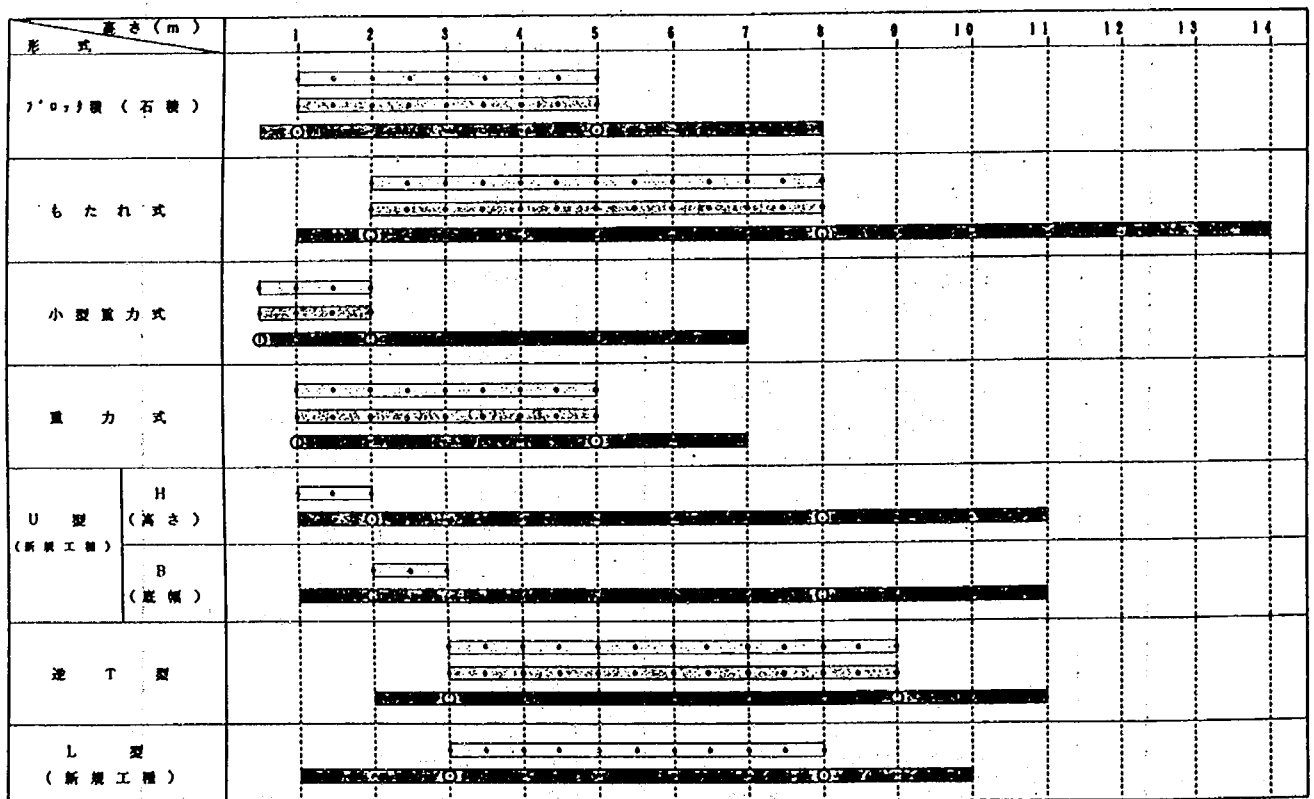


図-1.3.1 逆T型擁壁施工件数（土研企画部システム課の調査資料による）



本標準設計の集積範囲
旧標準設計の集積範囲
774-1による集積希望範囲

● 集積
○ 774-1調査での最も希望の多い高さ

図-1.3.2 標準設計改訂時のアンケート調査結果

（「土木構造物標準設計第2巻手引き」による）

1.3.2 ボックスカルバート

本研究で対象とするプレキャストボックスカルバートの形式および内空寸法を明確にし、対象カルバートのプレキャスト化に関する技術的問題点を抽出・整理した。

(1) 形状の絞込みについて

ボックスカルバートは道路（地下道）、水路、共同溝等その用途に応じて、単層一連、単層二連および多層多連の形式がある。土木構造物標準設計第1巻（建設省制定、以下標準設計という）では、単層一連および単層二連を扱っている。また、標準設計の解説書によれば、施工実績の90%以上は単層一連であると報告されている。したがって、本研究としては単層一連を主対象とした。

(2) 内空寸法の対象範囲について

標準設計が扱っている断面寸法の範囲は図-1.3.3 に示すように、

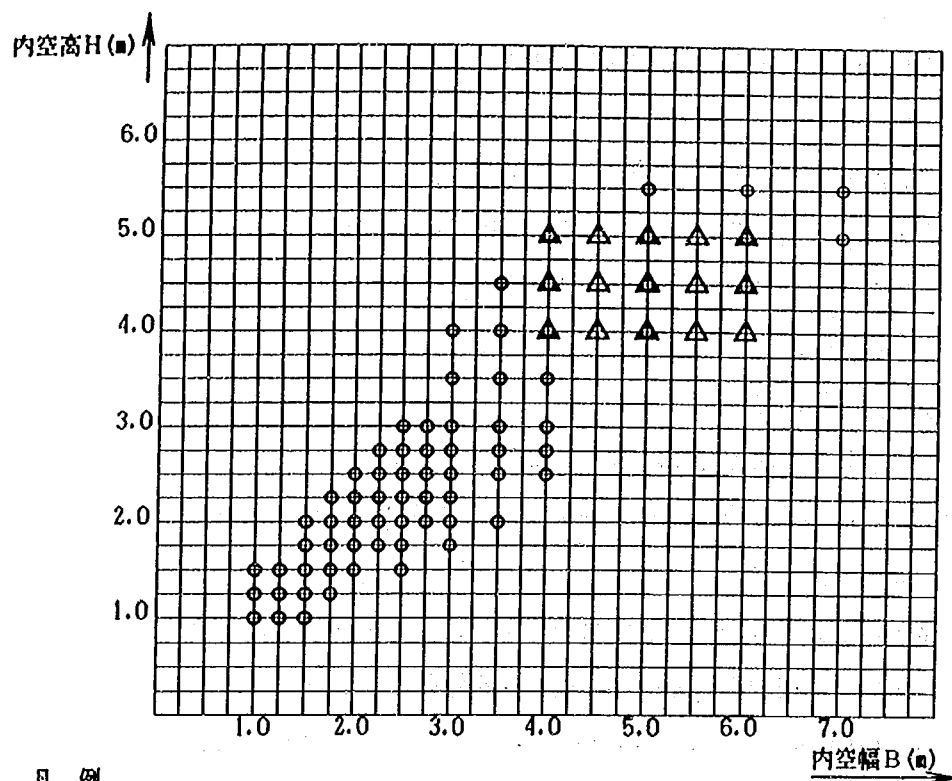
$$1.0\text{ m (B)} \times 1.0\text{ m (H)} \sim 7.0\text{ m (B)} \times 5.5\text{ m (H)}$$

である。また、小断面範囲は「PCボックスカルバート道路埋設指針」（国土開発技術研究センター）の標準形状かつ、全国ボックスカルバート協会の標準形としてプレキャスト製品が汎用化されているものである。したがって、本研究としては小断面範囲を除いた標準設計収録範囲すなわち、

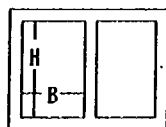
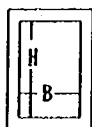
$$3.5\text{ m (B)} \times 3.0\text{ m (H)} \sim 7.0\text{ m (B)} \times 5.5\text{ m (H)}$$

を対象とした。

上記の形状寸法を基本にして、大型ボックスカルバートのプレキャスト化に関する技術的問題点を表-1.3.2 に示す。



凡 例



- 一連ボックスカルバート (6 9 断面)
- △ 二連ボックスカルバート (1 5 断面)

図-1. 3. 3 標準設計でのボックスカルバートの集録断面

表-1.3.2 大型ボックスカルバートのプレキャスト化に関する技術的問題点の抽出

一般	①形状の絞込み ・単層一連 ・単層二連 ・多層多連	設計	②分割・接合方法の決定 1)分割数と分割位置の検討 2)接合方法と耐力の検討 3)接合方法と止水性の検討 4)長手方向の接合
	②内空寸法(H×B)の対象範囲決定		計
	③長さ(L)の対象範囲決定		
	④土かぶり厚さ(D)の対象範囲決定		
設計	①設計条件の決定 1)荷重条件 ・上載荷重強度 ・単位重量 2)土質条件 ・土の単位体積重量 ・土圧 ・基礎の支持条件 3)使用材料 ・コンクリート ・鉄筋 ・P C鋼材 4)許容応力度 5)準拠する基準 6)構造細目 ・鉄筋のかぶり厚さ ・敷モルタルの厚さ ・基礎工の厚さ	製作	寸法精度
		運搬	①1ブロックの大きさ、重量及び使用機械 ②吊り込み、運搬方法
		施工	①掘削幅 ②土留め支保工 ③基礎地盤転圧 ④均しコンクリート打設 ⑤据付け 1)仮置き、小運搬 2)据付方法(建込、引寄せ等) ⑥組立 ⑦目地詰め

1.3.3 二次製品の輸送上の制約

(1) 自動車三法

自動車の登録に直接影響があるのは道路運送車両法（保安基準）であるが、自動車が道路を通行する上で制限を受けるのは次の三法である。

①道路運送車両法（保安基準）

②道路法（車両制限令）

③道路交通法

(2) 自動車三法による一般的制限

車両の寸法、重量および走行性能に関する一般的制限（基準の緩和を必要としない限度）を表-1.3.3 に示す。

表-1.3.3 自動車三法による一般的制限

	車 両 制 限 令		道路運送車両の保安基準	道路交通法による基準
	高速自動車国道以外	高速自動車国道		
根拠法	道 路 法		道路運送車両法	道路交通法
所管庁	建 設 省		運 輸 省	警 察 庁
担当者	道路管理者		陸 運 局 長	公安委員会・警察署長
幅	2.5 m以下 (積載物を含む)	2.5 m以下 (積載物を含む)	2.5 m以下 (積載物は含まず)	積載物の幅は自動車の幅以下
高 さ	3.8 m以下 (積載物を含む)	3.8 m以下 (積載物を含む)	3.8 m以下 (積載物は含まず)	3.8 m以下 (積載物×荷台の高さ)
長 さ	12 m以下 (積載物を含む)	12 m以下 (積載物を含む)	単車12 m以下 (積載物は含まず) セミトレーラ、フルトレーラ等はトラクターとトレーラの各々が12 m以下	(積載物の長さは自動車の長さ)×1.1以下 また、けん引する自動車+被けん引車両は25 m以下
重 量	20 t以下 積載物の重量+乗車 人員の重量+車両の 重量（但し、道路管 理者が指定した道路 では25 t以下）	25 t以下 積載物の重量+ 乗車人員の重量 +車両の重量	25 t以下 最大積載量+(乗車人数)× 55kg+車両の重量 但し、セミトレーラ以外の 一般自動車	積載物の重量は最大積載量以下

(3) 保安基準の緩和車両

保安基準に適合しない全ての自動車は、原則として車検登録（ナンバープレート取得）ができないが、保安基準第55条および第56条の規定により、運輸大臣または陸運局長が保安上支障がないと認定し、保安の制限を付した自動車について、基準の緩和が認められることになっている。具体的には、二次製品を運搬する対象となる車両のうちセミトレーラが該当する。

(4) 特殊車両の通行許可制度

特殊車両通行許可制度は、道路法に基づく制限値及び車両制限令に規定する制限値を超える車両を通行させようとする者からの申請に対し、道路管理者が道路の構造の保全と交通の危険防止の観点から必要な条件を付し、通行の許可を与える制度である。ただし、許可の対象車両は、車両の構造または積載する貨物が特殊である物に限られる。

特殊車両を通行させようとする者は、道路管理者へ申請し必要な審査を受けるが、その審査を行う場合の許可の基準となるものとして「特殊車両通行許可限度算定要領（許可できる車両の幅、重量、高さ、長さなどを道路構造との関係から通行条件別に求める要領）」および「道路情報便覧（個々の道路について現地を調査し、許可の限度の寸法及び重量をとりまとめたもの）」がある。

(5) 実際の荷台寸法からの制約

汎用トラックによる運搬を前提とすると、実際の荷台寸法からみた二次製品の制約寸法は、概略次の通りとなる。

表-1.3.4 トラックの荷台寸法

【単位：m】

最大積載量	荷台内法寸法		荷台床面地上高 (H)	3.8m-(H)
	長さ	幅		
10t～11tクラス	7.70～9.60	2.33～2.35	1.37～1.55	2.43～2.25
7t～8tクラス	5.90～8.75	2.34～2.35	1.34～1.39	2.46～2.41
5t～6tクラス	5.75～7.20	2.10～2.14	1.14～1.60	2.26～2.20
3t～4tクラス	5.25～6.20	2.06～2.35	0.98～1.09	2.82～2.71

従って、トラックの荷台寸法から考えた場合、二次製品の重量と最大寸法の概略は次のように考えられる。

【重量】

【長さ】

【幅】

【高さ】

10t～11t 8m × 2.3m × 2.2m

7t～8t 7m × 2.3m × 2.4m

5t～6t 6m × 2.0m × 2.1m

3t～4t 5m × 2.0m × 2.7m

1.3.4 コンクリート二次製品の分割と接合

(1) 分割の必要性

標準設計第2巻（擁壁）によると、奥行き1m当たりの逆T型擁壁の重量は、擁壁高さ5mで8～11t、高さ8mで17～28t程度である。また、底版の長さは、擁壁高さ5mで2.6～4.4m、高さ8mで4.0～7.2mである。従って、奥行き1mとしてプレキャスト化した場合でも、その重量および形状寸法が運搬やハンドリングの上で大きな問題となり、たて壁と底版を分離構造とする必要がある。

ボックスカルバートも同様に、大型のコンクリート二次製品となり、製作、運搬およびハンドリングの上で、断面を分割する必要がある。

(2) 接合方法

プレキャスト構造物の分割・接合は、構造上主応力を受ける横断面の分割・接合と、擁壁およびボックスカルバートの延長方向である縦断面の分割・接合に分けられる。

特に、横断面の分割・接合箇所は構造的に弱点になりやすいので、その位置および接合方法は、十分な検討が必要である。

1.4 解決すべき課題

コンクリート二次製品に関して、需要動向および実態から擁壁およびボックスカルバートの2構造物について研究・開発を進めることにした。また、対象構造物に対する検討より、以下のような課題が重要であることが分かった。

- ①部材の分割方法
- ②部材の接合方法
- ③部材の運搬方法
- ④部材の据付方法
- ⑤据付機械・金具

(1) 部材の分割方法

小型のプレキャスト擁壁およびボックスカルバートは、すでに既存のものが商品化されており、かなり普及していることから、本共同研究では大型のコンクリート製品を取り扱うこととした。このため、個々の製品の重量がかなり大きくなり、運搬・据付上いくつかの部材に分割する必要があることが分かった。分割にあたって考慮すべき内容は、重量・寸法と構造的な配慮である。

プレキャストブロック部材を汎用運搬車（通称山セトラック）で運搬することを前提にすると、単体のブロックの重量は約11トン、幅2.3m、高さ2.2m程度にする必要がある。これより大きいあるいは重い部材を運搬する場合には、特別の許可やトレーラが必要となる。従って、部材の分割にあたっては、これらの運搬による制限を考慮して形状を決定する必要がある。

一方、部材の分割にあたっては、構造計算上最も有利な断面と位置、接合方法とその施工性の難易度、構造物の用途や目的に基づく構造上の問題点などについて検討しておく必要がある。また、据付場所の環境条件や景観などを配慮して、継手位置を考慮することも必要であろう。

(2) 部材の接合方法

部材の接合は、構造上主応力を受ける横断面と、縦断方向の接合に分けられる。縦断方向の接合は、ジョイントの止水や特に大きな不等沈下などを想定しない限り、問題は少ないであろうと予想される。したがって、当面解決しなければならない接合方法に関する問題は、主応力方向断面の分割および接合方法である。

接合方法は、応力の作用する位置によって剛接合とピン接合に分けられる。材料としては、ボルト、P C鋼棒、鉄筋、金物、接着剤、現場打ちコンクリートなどが対象となる。また、接合方式には、埋込式、接着式、緊張方式、噛合わせ方式、溶接などがあり、接合方法の研究にあたっては施工性、耐久性および経済性などが重要な項目となる。

まず第一に、施工が容易でかつ安全に行えるものでなければならない。部材の重量が大きくなることから、据付作業時における個々の部材の転倒・ズレなど安定を確保する必要があり、全ての部材を固定緊結するまで安全に作業できる方法でなければならない。このような意味では、鳶工などの特殊技能工や構造的な安全性を判断できる技術者の比重が高くなることが予想される。

次に、接合部は構造的に弱点になりやすいので、接合材の強度劣化が生じない方法でなければならない。特にP C鋼材などの腐食に弱い材料については、十分その対策を講じておく必要がある。また、接合部材そのものだけではなく、接合金具を保持する本体コンクリート部についても十分な強度と耐久性が確保されていることを確認する必要がある。

施工の安全性と容易さを追求することは、接合に要する時間を短縮し、接合回数を減らし工程を短縮することであり、総工費の節約につながると予想される。接合方法の選択にあたっては、このような経済性も考慮して決定していくのがよい。

接合に関して問題となりそうな要素は、「特許」であろう。擁壁およびボックスカルバートに関する特許調査で明らかになったように、接合技術について多くの特許および実用新案が申請・登録されている。新たな工法を開発するにあたっては、これらの特許を踏まえて研究していく必要がある。

(3) 部材の運搬方法

二次製品の運搬にあたっては、一般道路を通行する上での制限を考慮しなければならない。自動車が道路を通行する場合は、次の三法の制限を受ける。

- ・道路運送車両法
- ・車両制限令
- ・道路交通法

この制限内で自由に運搬できる重量と寸法は、おおむね次の通りである。

重量……………約11トン（通称11トントラック）

幅……………2.3 m

高さ……………2.2 m

ただし、保安基準の緩和車両やトレーラの運行について「特殊車両通行許可申請に係わる許可条件の通行時間帯指定基準」の運用により、車両制限令の通行緩和規定が認められているので、状況によ

っては柔軟な対応が望まれる。

(4) 部材の据付方法および据付機械・金具

当面、部材の荷卸しや据付けに要する機械は汎用クレーンとし、特殊な据付機械の開発は行わないものとした。

ただし、擁壁およびボックスカルバート各々のプレキャスト部材据付に適した埋込金具や吊金具、およびそれらに付随する据付装置については、部材の分割・接合技術とともに研究開発していく必要がある。

据付作業にあたっては、個々の部材がしっかりと固定されるまで転倒したり、ずれたりすることのないようにするとともに、吊金具の取り外しのためなどで高所危険作業が増えることのないように配慮すべきである。

第2章 設 計

2.1 設計に関する研究概要

本項では設計に関する研究概要について述べる。なお詳細については、以下の各項で述べることとする。

設計ではまず第1章で選定された対象構造物について分割・接合方法のアイデアを考案し、開発課題の設定を行った。

次にこの分割・接合方法のアイデアを数種類のグループに分け、各案の長所・短所を比較検討することによりアイデアの絞り込みを行い、擁壁については底版、側壁を2分割としモルタル充填継手で接合すること、カルバートについては底版、側壁2、頂版の4分割とし、同じくモルタル充填継手で接合することを決定した。さらにその分割・接合方法に関する設計法の調査・検討を行ったが、モルタル充填継手部の純せん断に関する文献、実験結果等がなかったことから、純せん断に関して一体打ちの供試体と継手ありの供試体の比較実験を行い、継手あり供試体が構造・変形性能とも一体打ち供試体となんら遜色がないことを確認した。また設計上の問題点を抽出している段階で継手部の許容応力度の低減が問題となったため、純せん断試験の補足として継手部の曲げせん断試験を実施し、モルタル充填継手部が曲げせん断に対しても純せん断同様一体打ち供試体と同等の性能を有することを確認した。

その他の設計上の問題点として、擁壁ではさほど問題とならないが、カルバートにおける防水工法が挙げられたため、防水工法の資料・文献を調査し、検討を行った。

最後にこれらの研究の成果を踏まえて関係省庁および学識者への意見照会を行い、さらに二次製品の施工性を確認するために行った実物大組立実験の結果を反映させた設計施工に関する技術資料を作成した。

以上の研究フローを、図-2.1.1に示す。

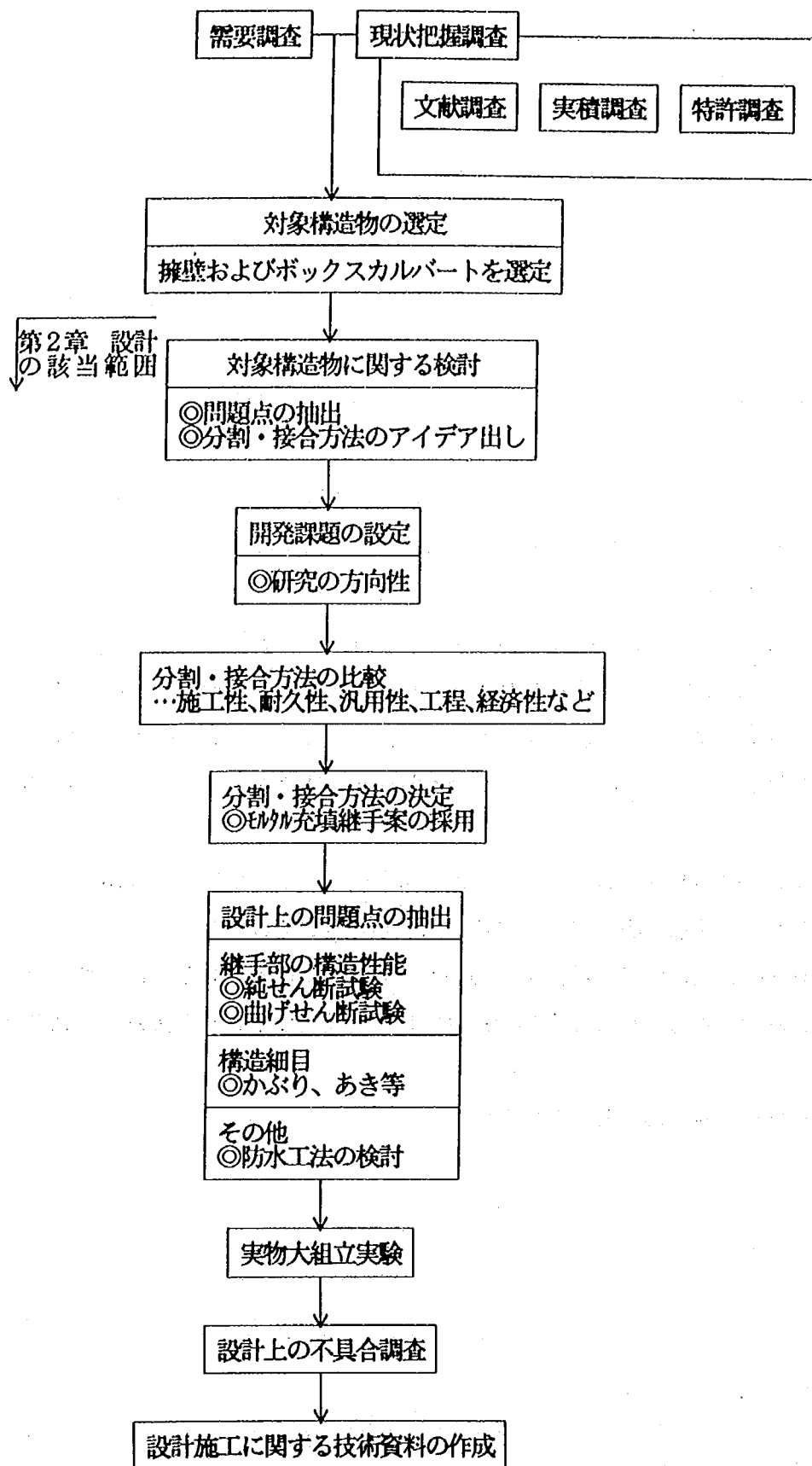


図-2.1.1 設計に関する研究フロー

2.2 分割・接合方法のアイデア

2.2.1 プレキャスト擁壁

(1) 分割・接合方法案

プレキャスト構造物は現場打ちの構造物と違い、製作・運搬の諸条件により、分割・接合の必要性が生じてくる。

部材の接合は、構造上主応力を受ける横断面と縦断方向の接合に分けられるが、縦断方向の接合は特に大きな不等沈下などを想定しないかぎり、問題は少ないであろうと予想される。したがって主応力方向の横断面の分割・接合方法に着目し、アイデア出しを行った。

一般的に構造物の接合は剛接合とピン接合に分けられるが、プレキャスト擁壁のように片持ち梁で設計される構造にピン接合を用いると構造上不安定となることから、接合部は剛となるようにアイデアを考案した。材料的には、ボルト、P C鋼材、鉄筋をはじめとして金物、接着剤、現場打ちコンクリート、また接合方法としては埋め込み方式、接着方式、緊張方式、噛み合わせ方式、溶接方式などがあるが、ここでは既存の固定概念にとらわれずに自由な発想でアイデアを出すこととした。

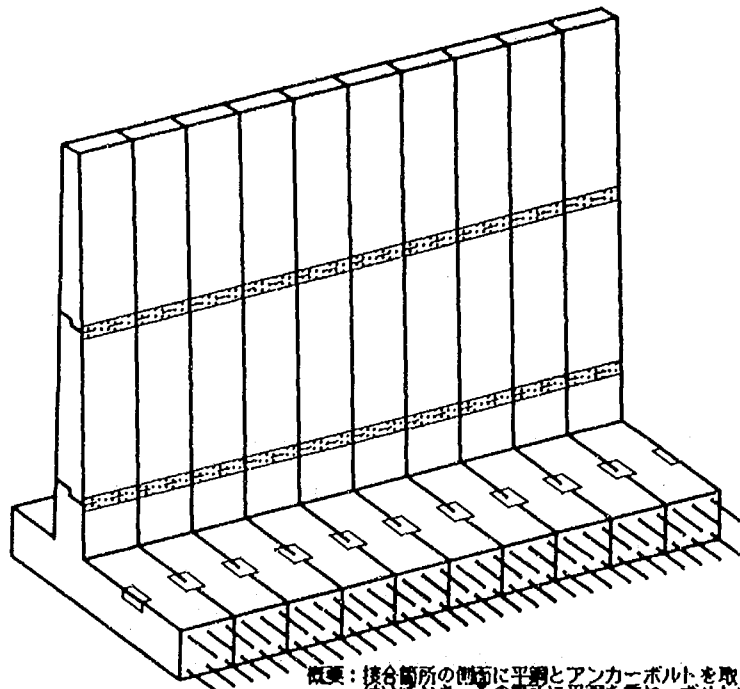
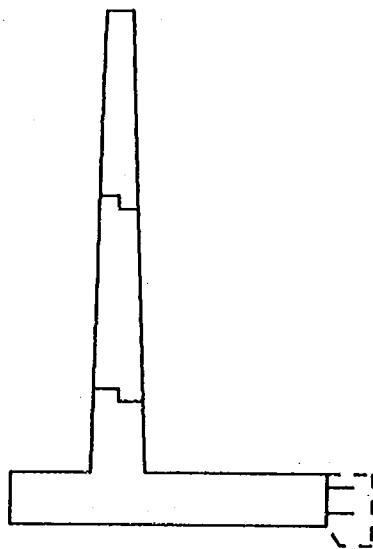
このような条件のもとで出されたプレキャスト擁壁の横断方向の分割・接合方法のアイデアは、大別すると表-2.2.1のように分類された。

表-2.2.1 分割・接合方法案の大分類

①	ボルト案	主としてボルトの強度で曲げ、せん断に抵抗するもので、分割位置の主鉄筋はつながっていない。ボルトの位置、方向により7案が考案された。
②	機械式継手案	分割位置で主鉄筋をつなぐために、従来の重ね継手では鉄筋突出長が長くなってしまうため、代替として機械式継手を用いるもの。分割位置により2案が考案された。
③	控え式案	たて壁背面に控え壁を設け、たて壁と控え壁の両者の強度で曲げ、せん断に抵抗するもの。控え壁の種類により3案が考案された。
④	P C案	主としてP C鋼材の緊張により曲げ、せん断に抵抗するもので分割位置の主鉄筋はつながっていない。主鉄筋を配置するか否か、また意匠的な面から3案が考案された。
⑤	底版場所打ち案	底版だけなら足場も不要でたて壁と比較すると施工が容易であることから、底版のみを場所打ちとし、たて壁をプレキャストで接合しようとするもの。分割位置により2案が考案された。
⑥	はめ込み案	底版にたて壁をはめ込むもの。主鉄筋はつながらない。

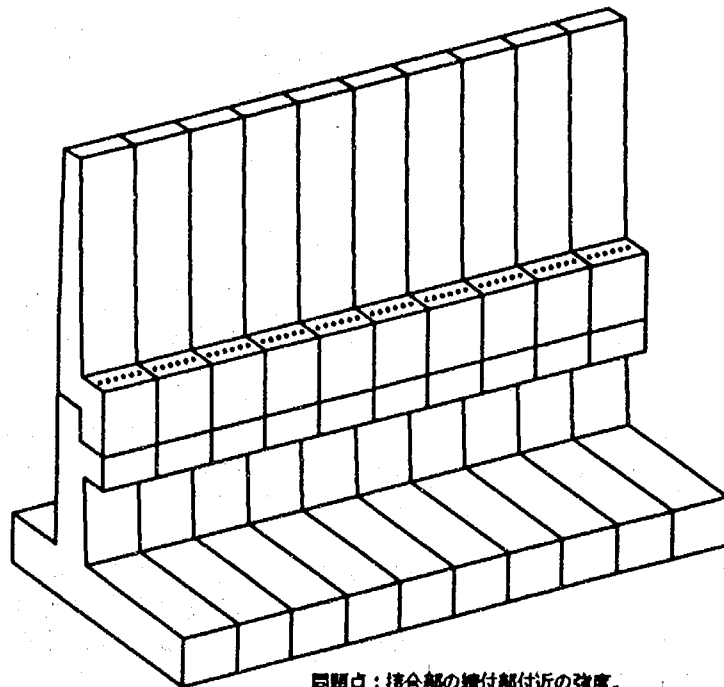
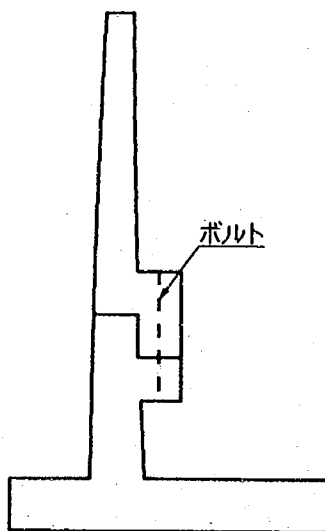
考案されたアイデアを、図-2.2.1に示す。

【①-A】



概要：接合箇所の側面に平鋼とアンカーボルトを取り付けておき、その箇所に平鋼を重ね、ボルトを締め付けることによって一体化を図る。
 長所：主筋の一体化。
 短所：養生全体の流動、接合箇所のせん断強度、足場、ブロックの吊り方。

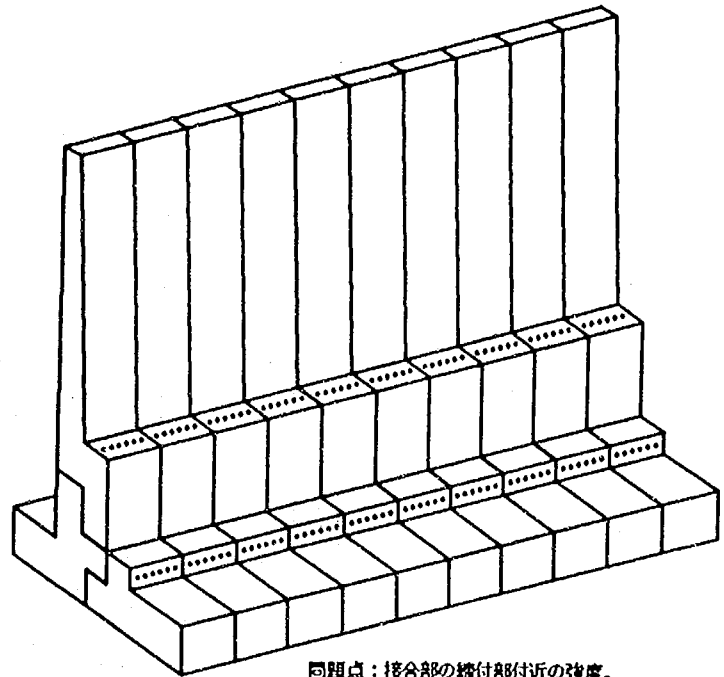
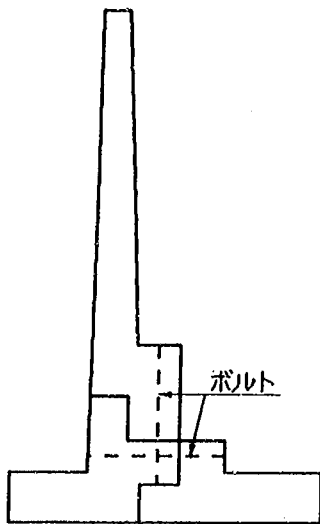
【①-B】



問題点：接合部の押付部付近の強度、コンクリートのせん断抵抗厚さの確保。
 分割・接合の位置、コンクリート圧入の精度、ボルト・ナットの防錆対策。

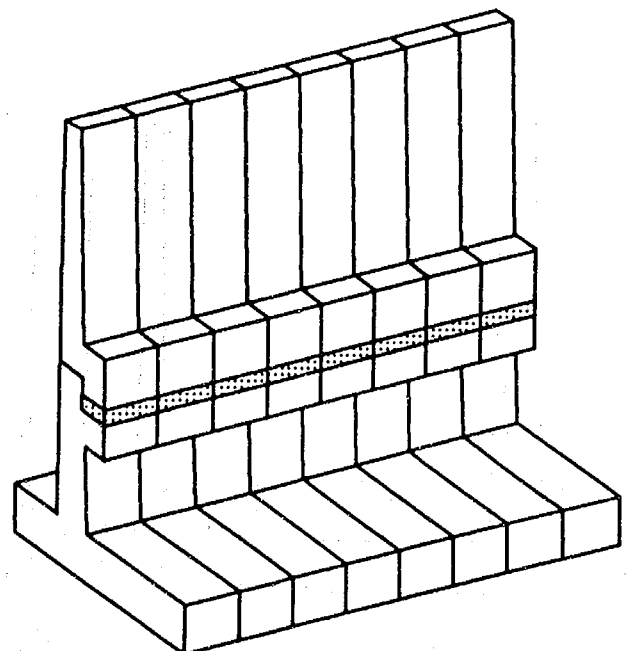
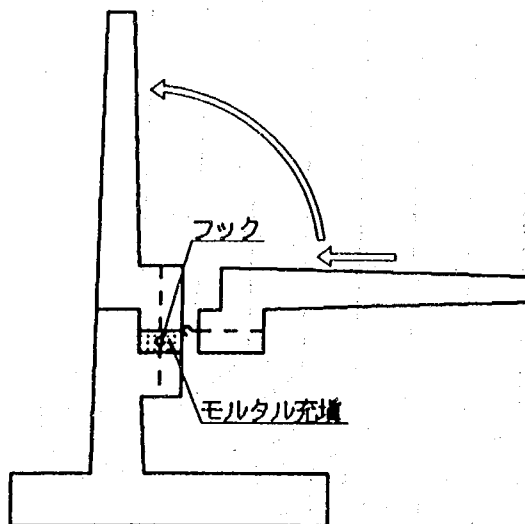
図-2.2.1 プレキャスト擁壁の分割・接合方法のアイデア（その1）

【①-C】



同題点：接合部の締付部付近の強度、
コンクリートのせん断耐力の確保、
コンクリート圧縮強度の精度（たて壁）、
ボルト・ナットの防錆対策。

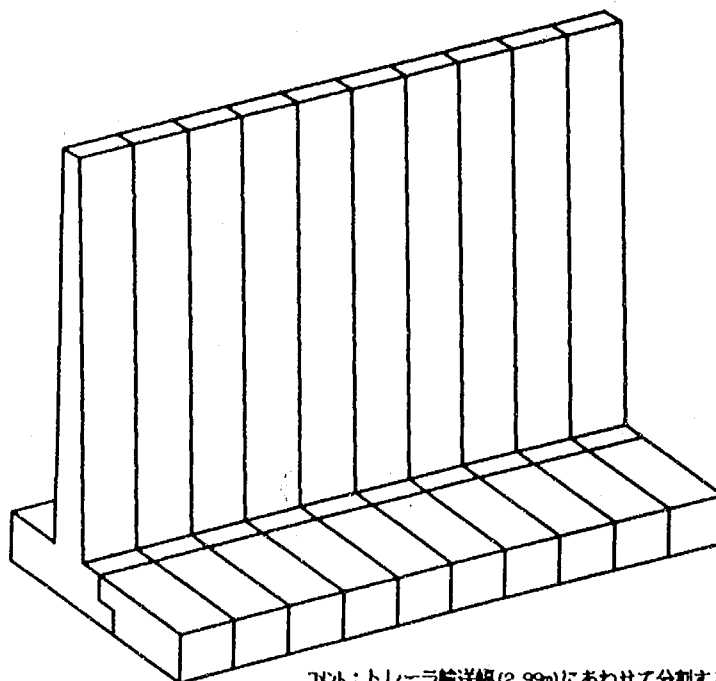
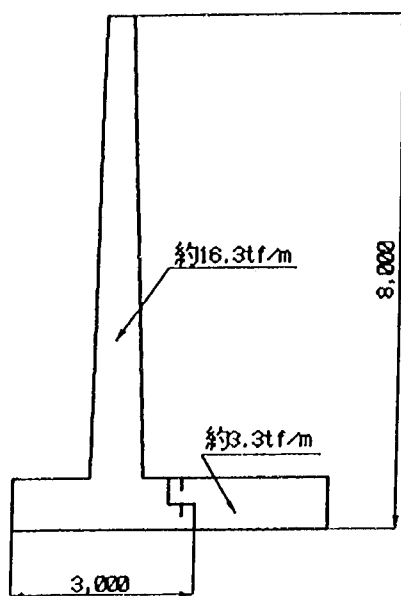
【①-D】



同題点：フックの精度および強度、
コンクリートのせん断耐力の確保、
コンクリート圧縮強度の精度、
充填材の固定（溶接するか？）、
充填材の種類および充填方法。

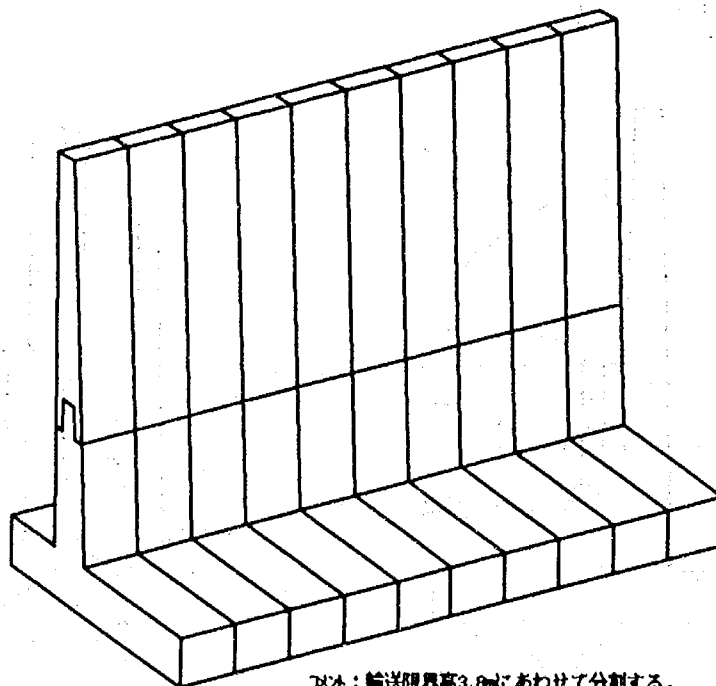
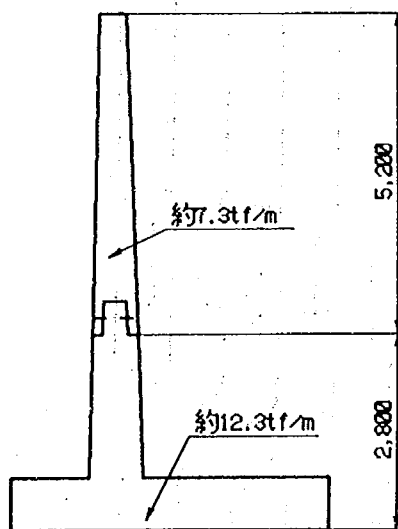
図-2.2.1 プレキャスト擁壁の分割・接合方法のアイデア（その2）

【①-E】



コメント：トレーラ輸送幅(2.99m)にあわせて分割する。
奥行き寸法は20tトレーカスは1m、30tトレーカスは1.5mにする。
継ぎ目はボルトジョイント。
全面に継ぎ目がないので、土圧に強い。
据付時に仮置きする必要がある。

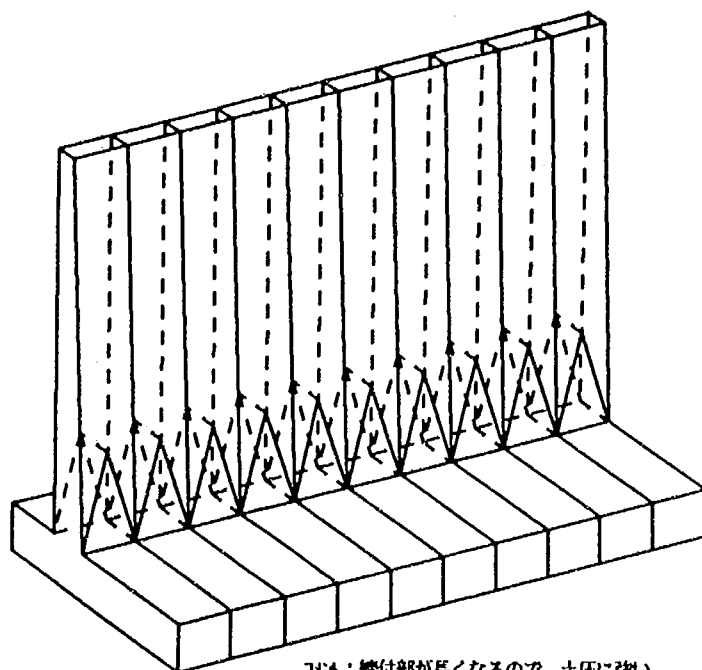
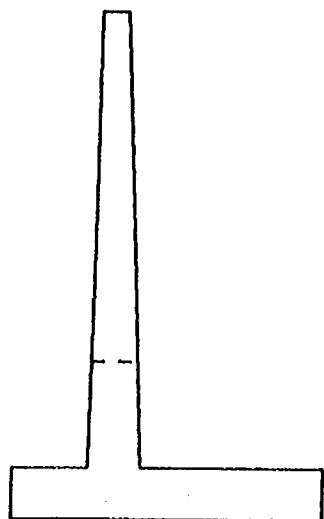
【①-F】



コメント：輸送限界高3.0mにあわせて分割する。
奥行き寸法はトレーカ台幅から1.5mとする。
継ぎ目はボルトジョイント。
土圧はボルトで受ける。
組立がしやすい、直接トレーカから荷取り、据付ができる。

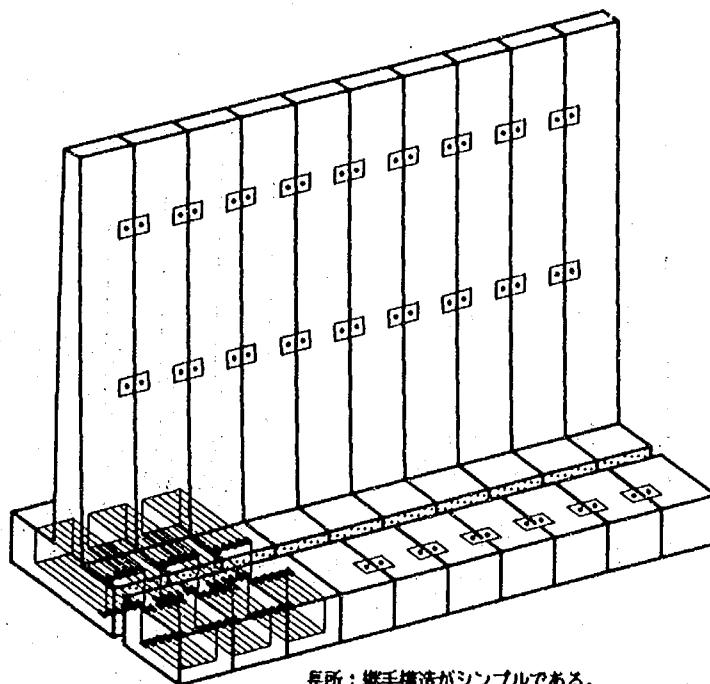
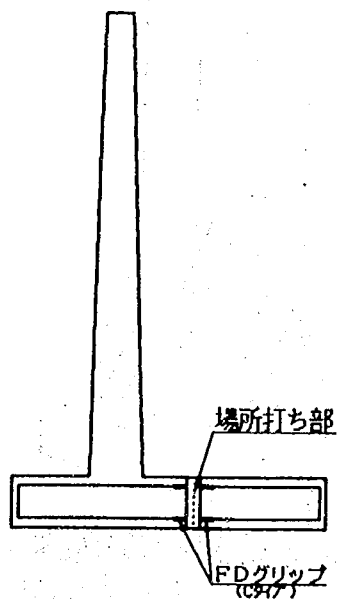
図-2.2.1 プレキャスト擁壁の分割・接合方法のアイデア (その3)

【①-G】



コシ：横付け部が長くなるので、土圧に強い。
三角形なので位置決めが容易。
見た目が悪い。

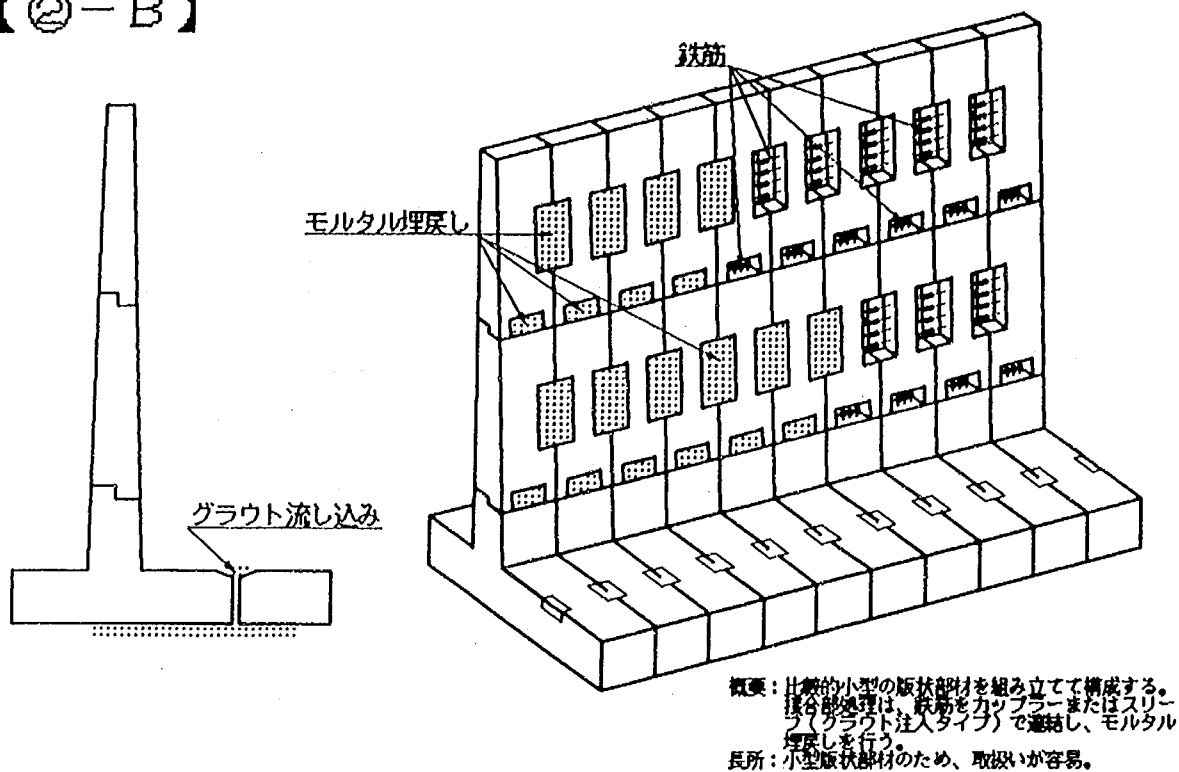
【②-A】



長所：縦手構造がシンプルである。
横手には鉄筋を巻くことができる。
短所：横手が一部場所打ちコンクリートとなるため、
底筋鉄筋のかぶり厚の低減が困難である。

図-2.2.1 プレキャスト擁壁の分割・接合方法のアイデア (その4)

【②-B】



【③-A】

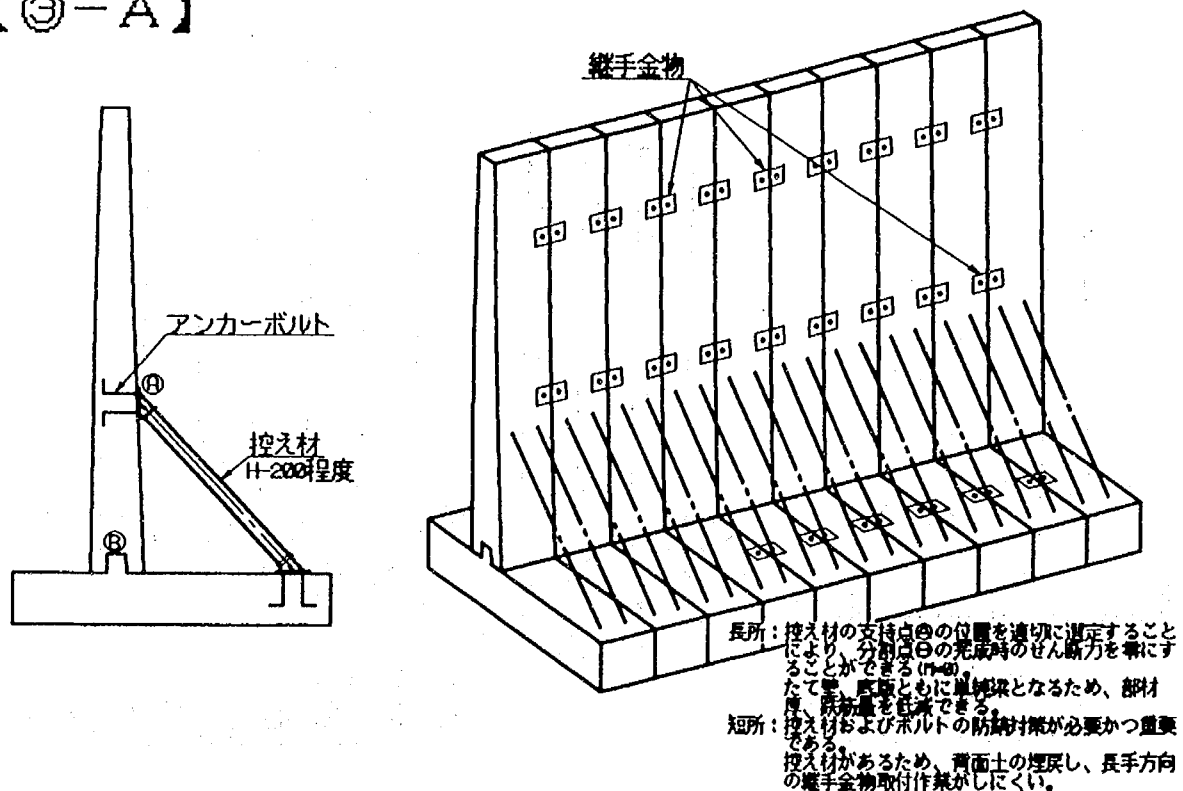
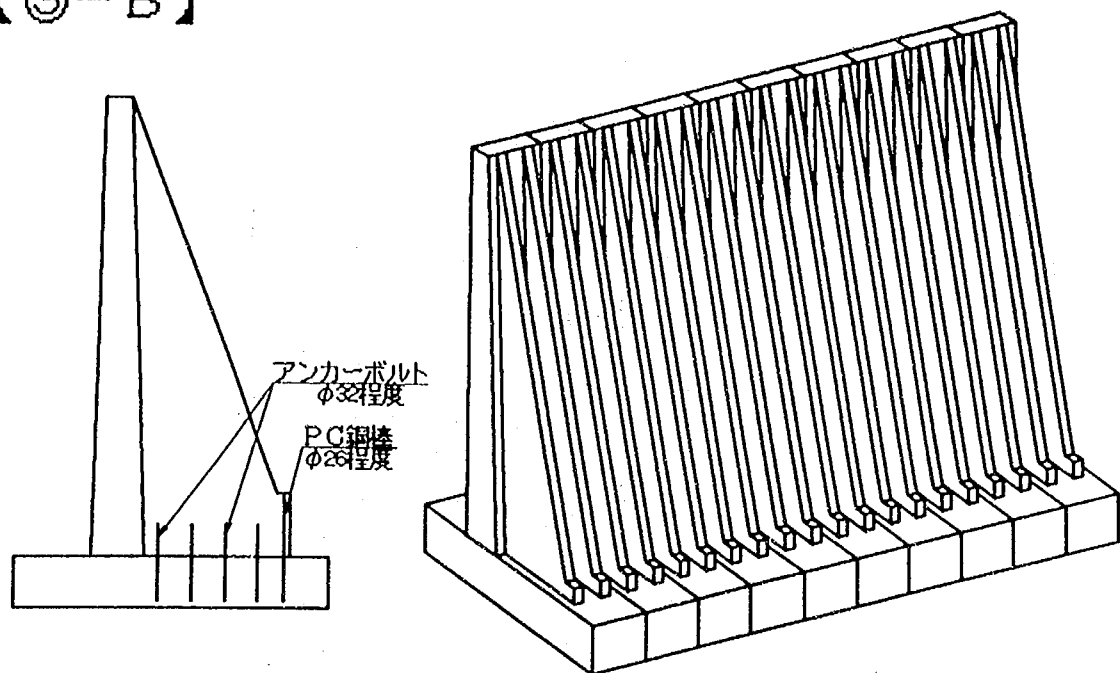
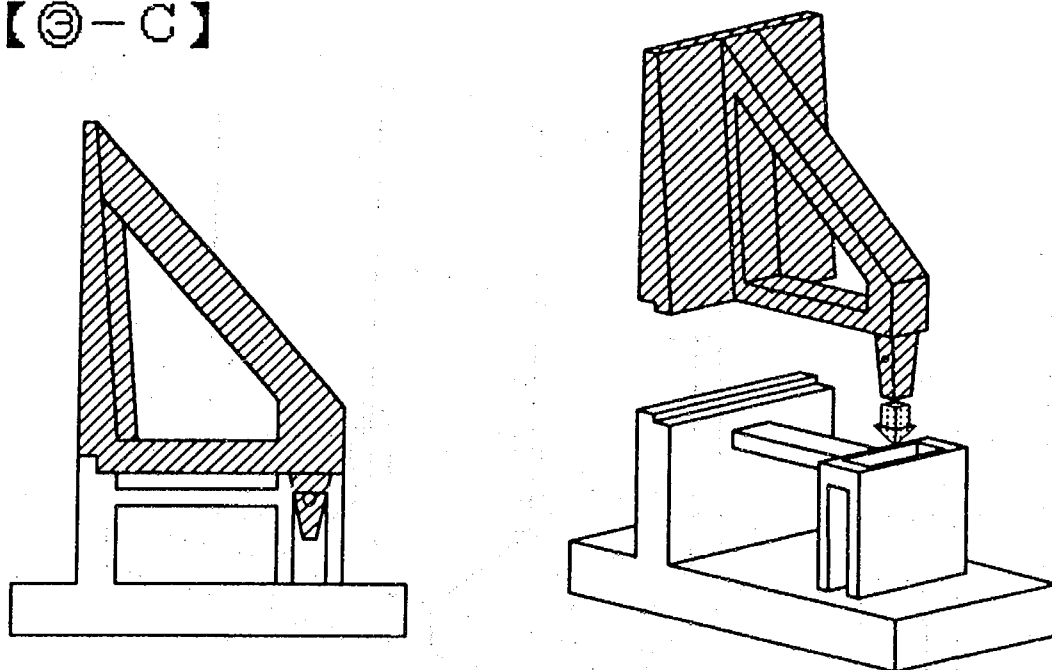


図-2.2.1 プレキャスト擁壁の分割・接合方法のアイデア（その5）

【㊦-B】



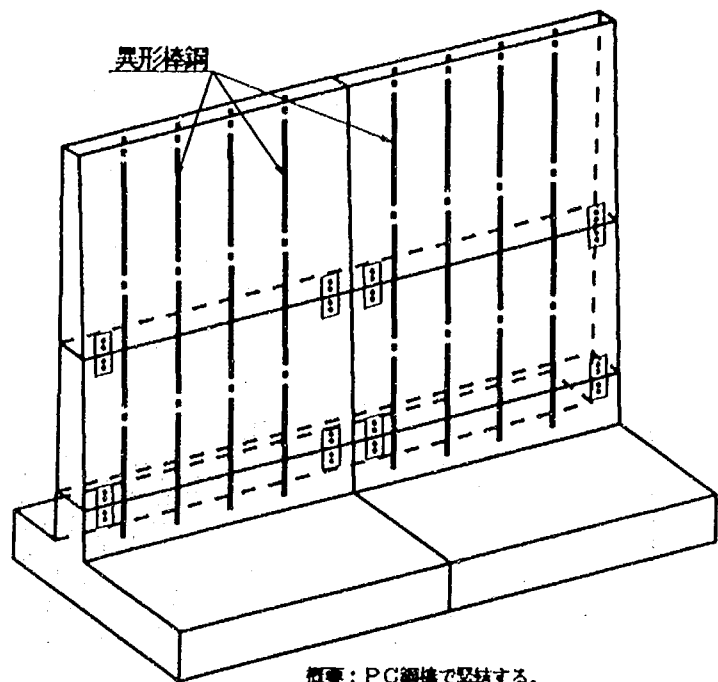
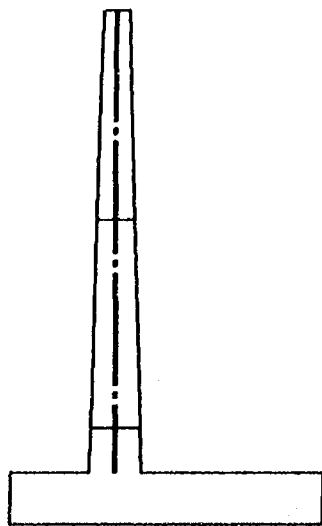
【㊦-C】



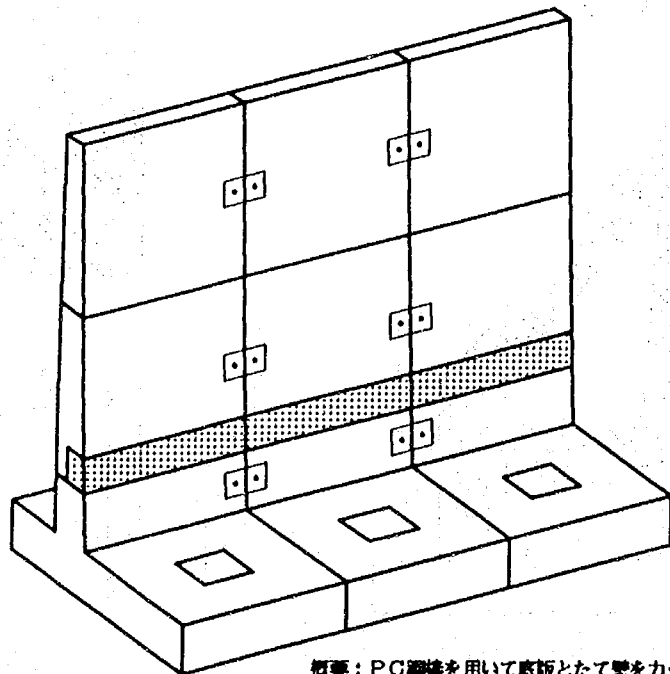
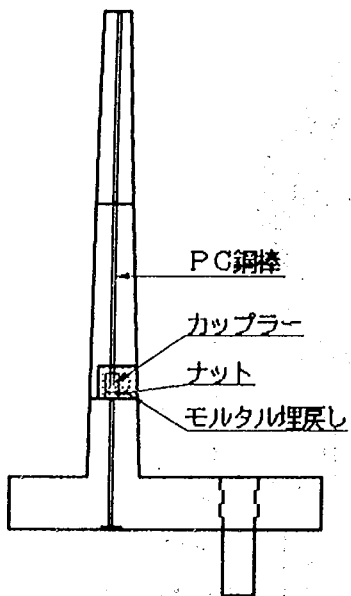
概要：控えキイを落とし込み、丸木柱（プラスチックまたはゴム）で止める。

図-2.2.1 プレキャスト擁壁の分割・接合方法のアイデア（その6）

【④-A】



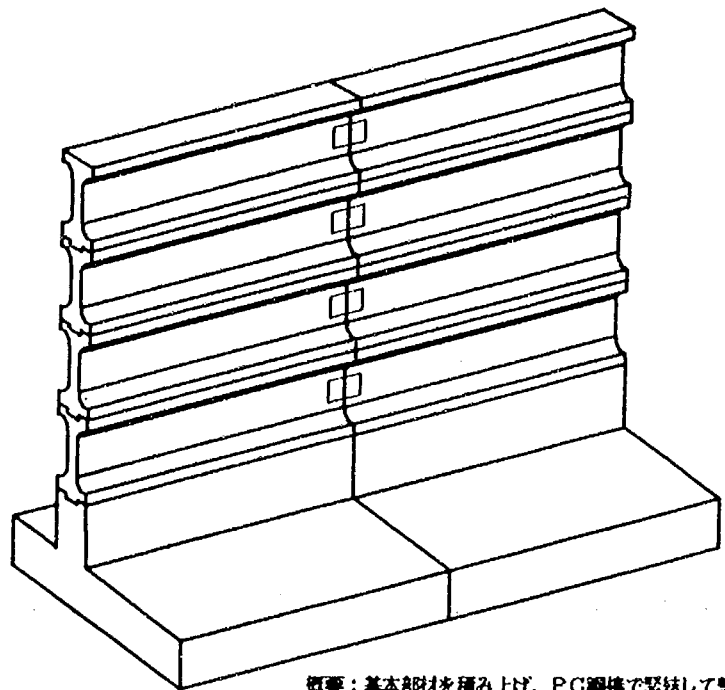
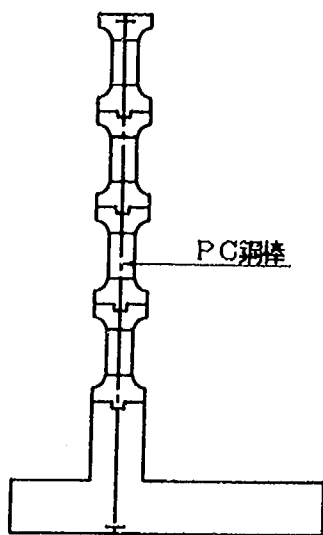
【④-B】



概要：PC鋼棒を用いて底板とたて壁をカップラーで
 接続し、プレストレスを導入する。
 長所：主筋の一体化。
 短所：壁全体の移動、プレストレスの導入力、足
 場、フックの吊り方。

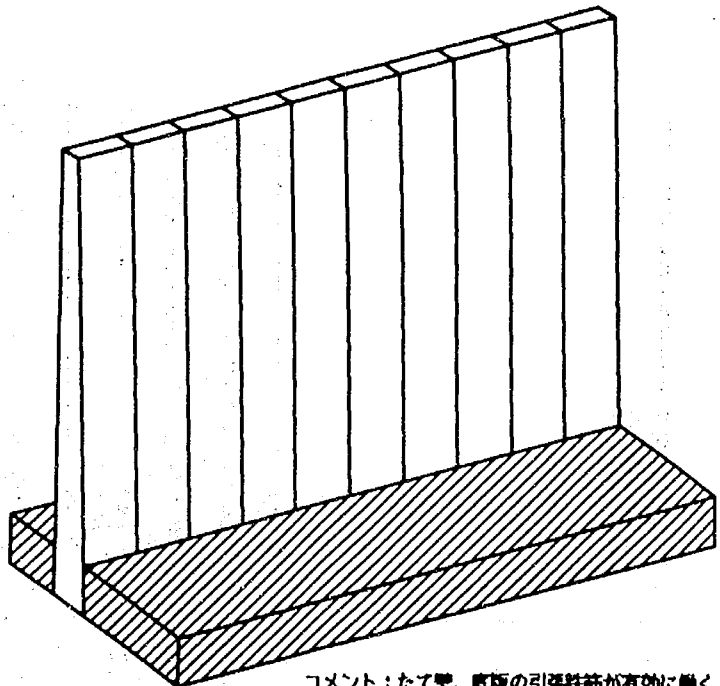
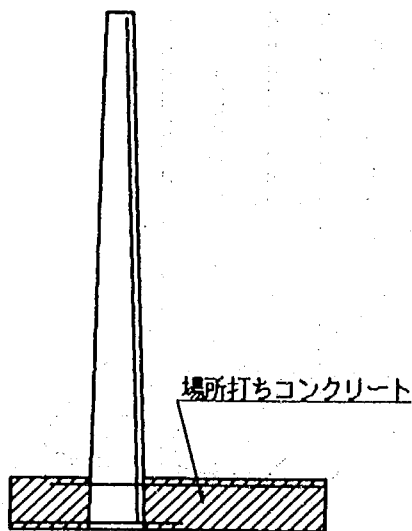
図-2.2.1 プレキャスト擁壁の分割・接合方法のアイデア (その7)

【④-C】



概要：基本部材を積み上げ、PC鋼棒で緊結して壁体を構成する。基本部材はSFRC、CFRCから成り、補強筋は用いない。
 長所：比較的軽量で、大量生産が可能。
 短所：壁の形状が複雑、構造設計法が未知。

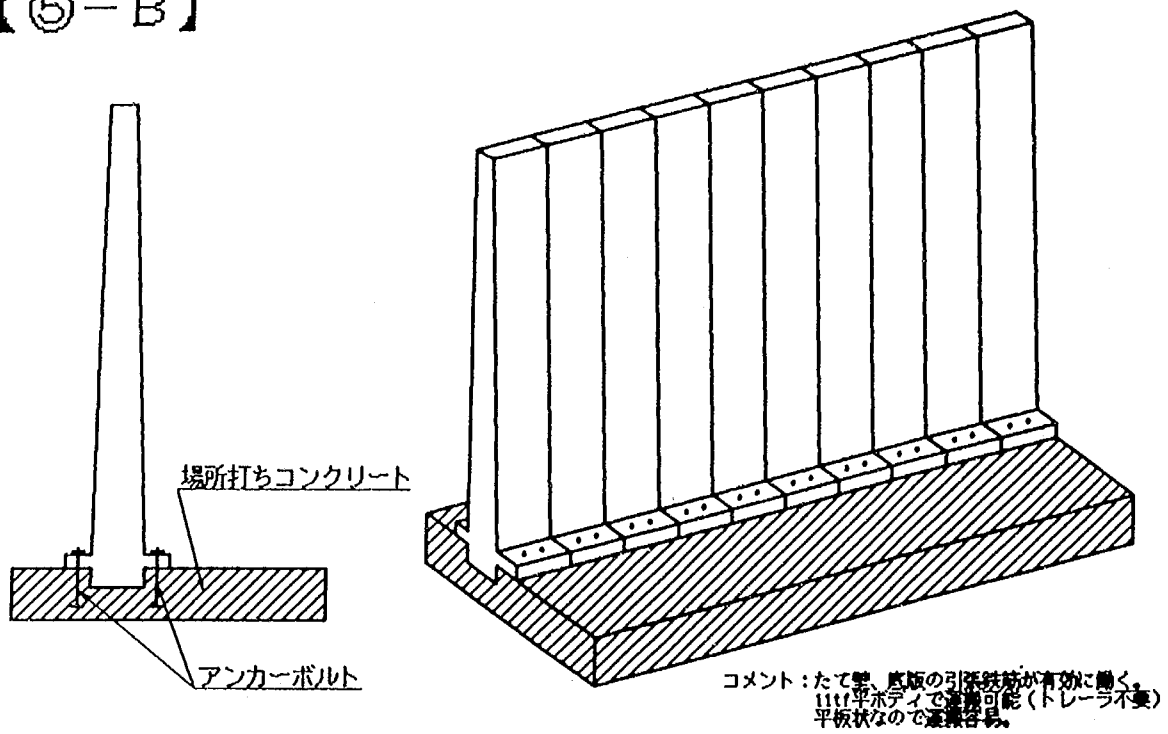
【⑤-A】



コメント：たて壁、底版の引張鉄筋が有効に働く。11t平ボディで生産可能（トレーラ不要）
 平板状なので運搬容易。

図-2.2.1 プレキャスト擁壁の分割・接合方法のアイデア（その8）

【⑤-B】



【⑥-A】

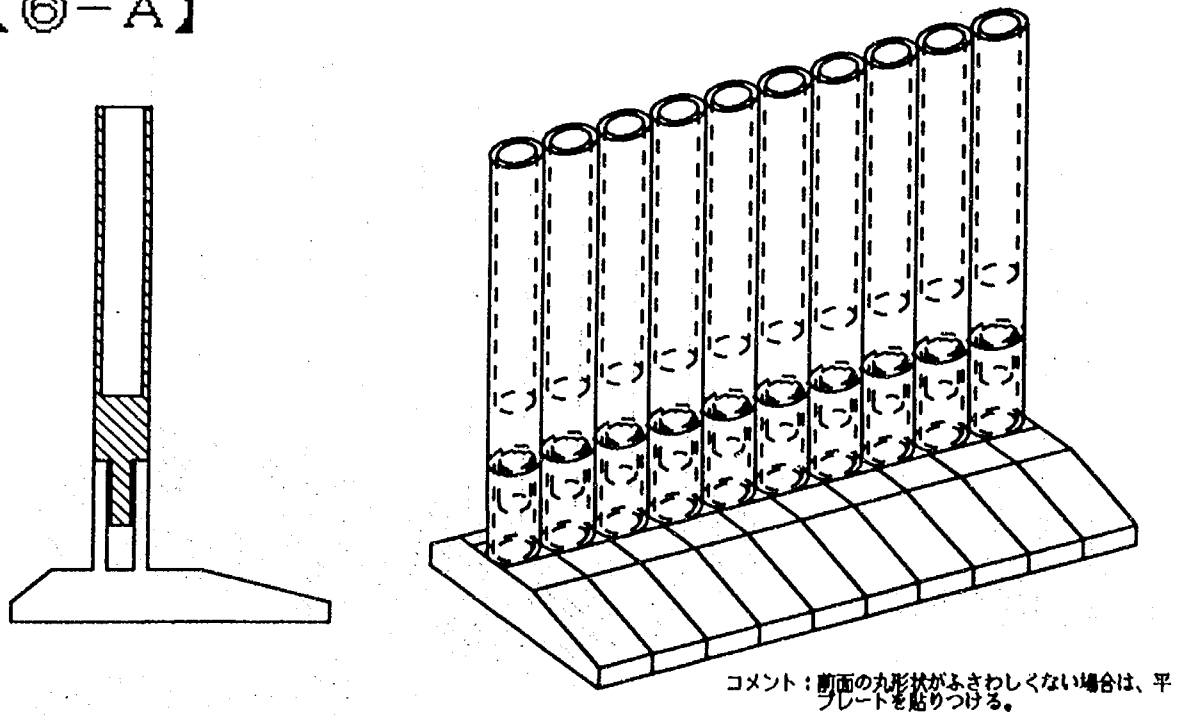


図-2.2.1 プレキャスト擁壁の分割・接合方法のアイデア（その9）

(1) アイデアの絞り込み

分割・接合方法の選定にあたっては、施工性、美観、耐久性、汎用性、経済性が重要である。

まず第一に、施工が容易でかつ安全に行えるものでなければならない。部材の重量が大きくなることから、据付作業時における個々の部材の転倒・ズレなどが生じないように安定性を確保する必要がある、全てを固定緊結するまで安全に作業できるものでなければならない。

第二にプレキャスト擁壁ではたて壁前面が地上に露出するため、接合部が地上に現れることも想定されるが、このような場合には接合部が周辺環境にマッチするよう配慮する必要がある。

第三に接合部は構造的に弱点になりやすいので、その接合材の強度劣化が生じない方法でなければならない。特に鋼材等腐食に弱い材料を使用する場合には、十分その対策を考慮しておく必要がある。また接合材料そのものだけでなく、接合材料を保持する本体コンクリートについても十分な強度と耐久性が確保されていることが必要である。

さらに現場条件によって構築する構造物は当然違う訳であるから、本研究のプレキャスト擁壁の適用範囲である高さ5～8mに対して汎用性も求められる。

施工の安全性と容易さを追求することは、接合に要する時間を短縮し、接合回数、工程を短縮することにつながり、総工費の節約につながる事が予想される。分割・接合方法の選択にあたっては、このような経済性も考慮することとする。

1) 接合方法によるアイデアの絞り込み

図-2.2.1に示したアイデアを、前項で重要と考えた施工性、美観、継手部の耐久性、汎用性という評価基準により採点し、接合方法別に分類したアイデアの絞り込みを行った。評価基準表を、表-2.2.2、また評価の結果を表-2.2.3に示す。

表-2.2.2 接合アイデアの評価基準表

項 目		評 価 基 準
施 工 性	運搬	小さくて運搬しやすいものは◎、重くて突起があるものは△。
	据付	吊り上げる以外にも作業が必要なものは△、その他は○。
	接合	接合の際に最上部まで足場が必要なものは△、不要なものは◎。
	埋戻	背面側に控え壁があるものは△、突起程度であれば○。
美 観		擁壁前面(地上部分)に接合部分が見えないものは◎。
継手部の 耐 久 性		接合後、コンクリート、モルタル等で覆うことにより継手部を保護するものは◎、鋼材が露出するものは△。
汎 用 性		ブロックの組合せによってh=8.0m以外の擁壁にも適用が可能なものは◎、突起等により汎用性が著しく損なわれる場合には△。

表-2.2.3 接合方法アイデアの評価

			施 工 性				美観	継手部の 耐 久 性	汎用性	総 合 評 価
			運搬	据付	接合	埋戻				
①	ボルト案	A	◎	○	△	◎	○	◎	○	◎
		B	○	○	○	○	○	○	△	○
		C	○	○	○	○	○	○	△	○
		D	○	△	△	○	○	◎	○	○
		E	△	△	◎	◎	◎	○	○	◎
		F	△	○	△	◎	○	○	○	○
		G	△	○	○	◎	△	○	△	△
②	機械式継手案	A	△	○	△	◎	◎	○	○	○
		B	◎	○	△	◎	○	◎	○	◎
③	控え式案	A	△	○	△	△	◎	△	○	△
		B	△	○	○	△	◎	○	△	△
		C	△	○	◎	△	○	○	△	△
④	P C 案	A	◎	○	△	◎	○	○	◎	◎
		B	◎	○	△	◎	○	○	◎	◎
		C	◎	○	△	△	○	○	○	○
⑤	底版場所打案	A	○	○	○	◎	◎	◎	○	◎
		B	○	○	○	◎	◎	○	○	◎
⑥	はめ込み案	A	△	◎	◎	△	△	◎	△	○

表-2.2.3中、施工性の全項目について◎が付けられた案はなかったが、これは小割で運搬しやすいものほど接合箇所が多くなり、結果として接合がしづらくなるという相反する理由によるところが大きいものと思われた。したがって総合評価では、極端に大きな差はでなかった。

しかし『控え式案』は評価項目中の最重要課題である施工性に対する評価が他案に比べて低く、また控え壁を取り付けるという性質上汎用性にも乏しいと判断できた。また『はめこみ案』については、据付、接合が容易で総合評価もあまり悪くないが、主鉄筋あるいはこれに代わる一切の接合材料がないため、のみ込み長を長くしても接合箇所は剛結合にするという大前提を満足できないという設計上の問題点があり、この2案については以後の検討から削除することとした。

なお『底版場所打案』にはいくつかの長所があるが、本研究が施工の合理化を目指しているという性質上から、底版を場所打ちに限定することは避け、以後の検討はどちらにも対応できるように進めて行くこととした。

したがってここまでの検討で、接合方法としては、

ボルト案

機械式継手案

PC案

の3案を選出した。

2)分割数によるアイデアの絞り込み

前項の接合方法別によるアイデアの絞り込みの結果を受けて、ここで再度前述3案（ボルト案、機械式継手案、P C案）の設計手法、施工方法等を考慮に入れた検討を行った。

この検討のなかで、『ボルト案』と称するアイデアにアンカーボルトの引張力によって接合するものと添接プレートに配置された数本の高張力ボルトのせん断力によって接合するものと2種類あると判断されたため、『ボルト案』は『アンカーボルト案』と『プレート案』の2つに新たに分類した。またたて壁の分割数はここまで特に論じられていなかったが、『P C案』は小割にした場合のトータル的な合理化が図れるものと認められたため、2分割、3分割、4分割とした場合についても検討の対象に加えることとした。この経緯を図-2.2.2に示す。また検討の対象となった各案の概略を図-2.2.3に示す。

(接合方法による絞り込み)

(分割数による絞り込み)

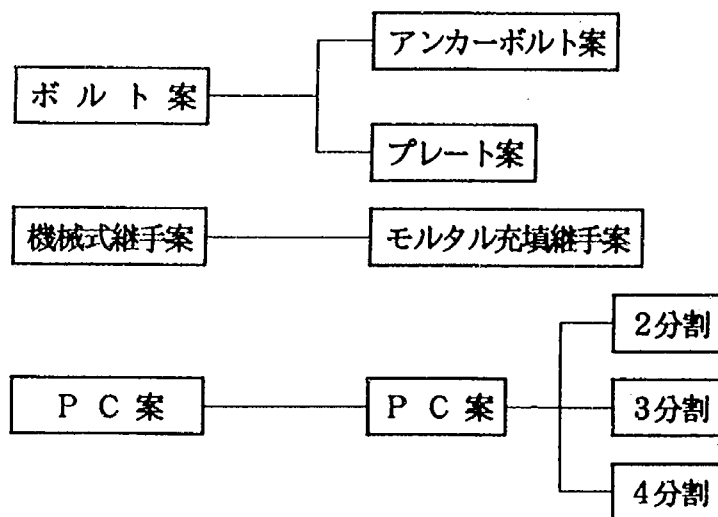


図-2.2.2 分割・接合アイデアの絞り込みの経緯

概要図	【PC 2分割案】 アンカーボルト φ45 I=500, 6500 PC鋼棒 φ32 I=2,800, 61,000 重量表 <table><tr><th></th><th>奥行き(m)</th><th>重量(tf)</th></tr><tr><td>④</td><td></td><td></td></tr><tr><td>③</td><td></td><td></td></tr><tr><td>②</td><td>1.0</td><td>11.0</td></tr><tr><td>①</td><td>1.0</td><td>9.6</td></tr></table>			奥行き(m)	重量(tf)	④			③			②	1.0	11.0	①	1.0	9.6
		奥行き(m)	重量(tf)														
④																	
③																	
②	1.0	11.0															
①	1.0	9.6															
施工概要	底版①を先行施工で均しコン、あるいは基礎砕石上に順次並べる。その後たて壁②を据付け、延長10m程度の据付完了後、PC鋼棒を緊張する。																
概略施工数量	(10m当り) PC鋼棒φ32 w=177kgf アンカーボルトφ45 w=125kgf 目地工 A=54.7㎡	特記事項 PC案の宿命として、コンクリートの設計基準強度が建設省の標準設計(σ_{ck}=210kgf/cm²)より大きくなる。															

図-2.2.3 分割・接合方法の校り込み (その1)

概要圖



	興行時(分)	重量(tf)
④		
③	1.0	5.5
②	1.0	5.4
①	1.0	9.6

施工概要 底版①の施工はPC 2分割案に準ずる。たて壁②を延長20m程度据付けた後、PC鋼材をシース内に配置し、緊張する。その後シース内にグラウトを注入し、また定着部をモルタルで保護し、たて壁③の施工に移る。

概 (10m当り)

PC鋼棒 $\phi 32$ $w=613\text{kgf}$

目地工 $A=35.9\text{m}^2$

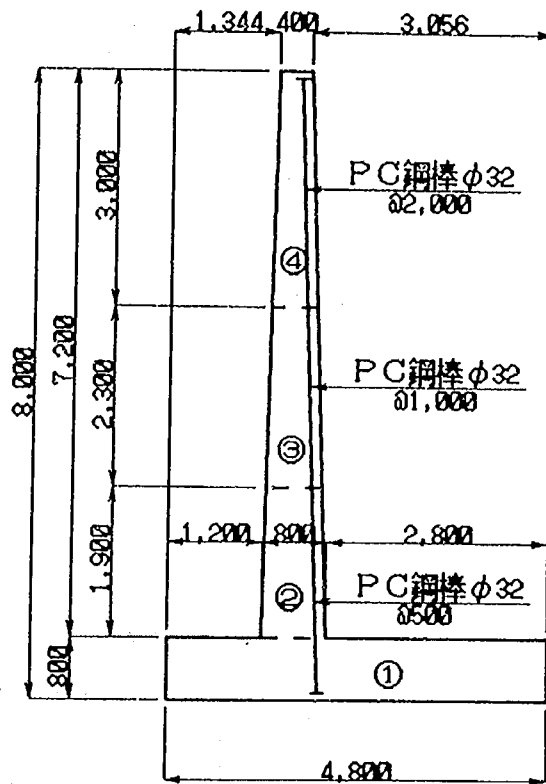
特記事項

PC案の宿命として、コンクリートの設計基準強度が建設省の標準設計($\sigma_{ck}=210\text{kgf/cm}^2$)より大きくなる。

図-2.2.3 分割・接合方法の絞り込み (その2)

【PC 4分割案】

概要図



重量表

	奥行(m)	重量(tf)
④	1.0	3.6
③	1.0	3.6
②	1.0	3.5
①	1.0	9.6

施工概要

3分割案に準ずる。

概略施工数量

(10m当り)

PC鋼棒φ32 w=581kgf

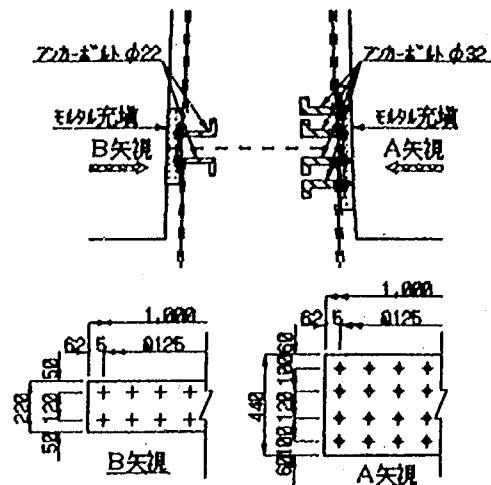
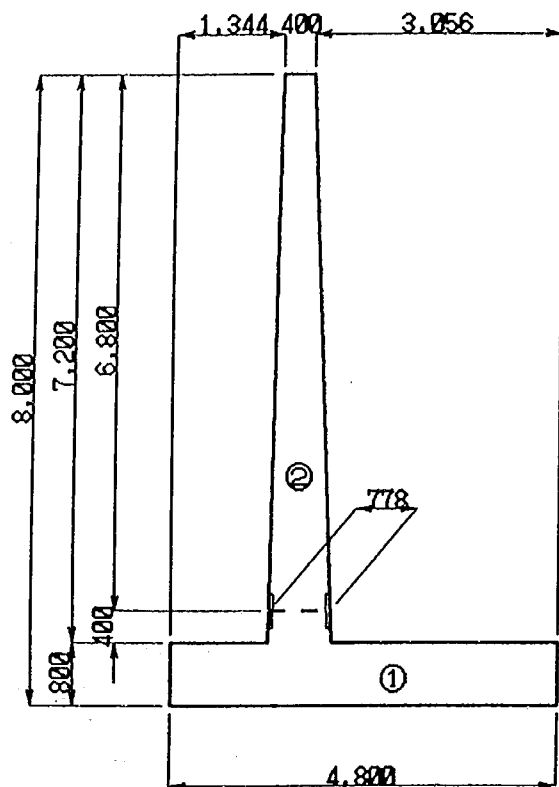
目地工 A=35.0m²

特記事項

- 設計土圧に対してフルプレストレスで計算しているため、設計土圧が作用しない場合、たて壁前面に引張応力が生じ、目開きの可能性がある。
- ただし上記の理由により、各ブロック間の鉄筋は連続する必要はない。

図-2.2.3 分割・接合方法の絞り込み(その3)

【プレート2分割案】



重量表

	奥行き(m)	重量(tf)
④	/	
③		
②	1.0	10.0
①	1.0	10.4

施工概要 たて壁②を建て込んだ後、PL-16×440×1,000（背面用）およびPL-16×220×1,000（前面用）を添えてボルト締めを行う。モルタル充填は奥行方向一定の長さをまとめて行う。

概略施工数量 (10m当り)

アンカーボルトφ32 320本 φ22 160本

PL-16mm

300×1,000 40枚

440×1,000 10枚

220×1,000 10枚

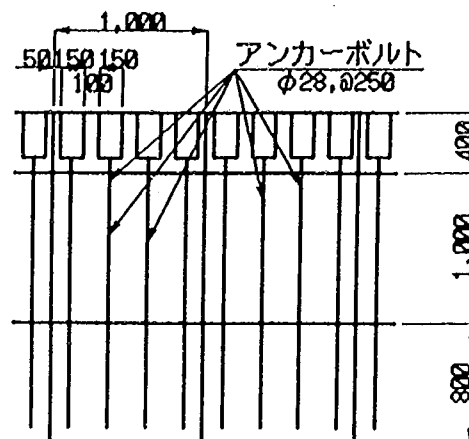
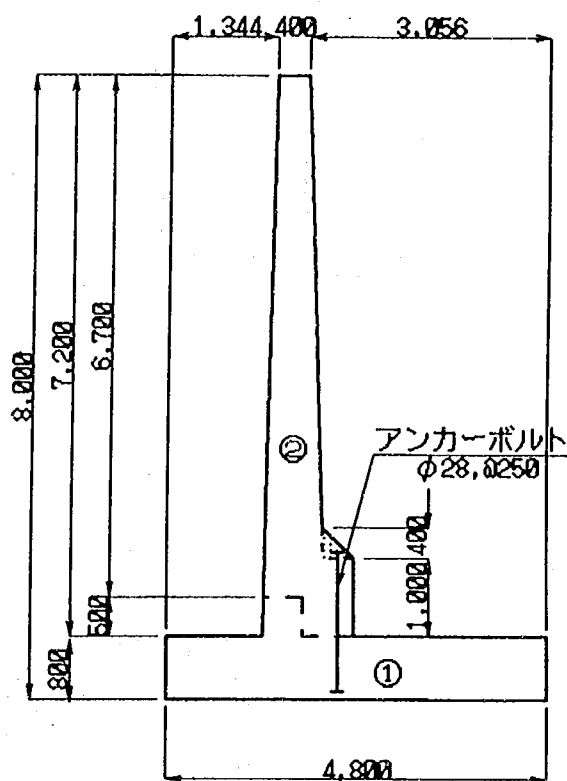
特記事項

鉄筋とプレートの溶接継手については、手間、精度、強度その他について、詳細検討が必要である。

図-2.2.3 分割・接合方法の校り込み（その4）

【アンカーボルト2分割案】

概 要 図



重量表

	奥行き(m)	重量(tf)
④		
③		
②	1.0	11.4
①	1.0	10.3

施工概要 底版①を据付け、カップラーを用いて底版側とたて壁側のアンカーボルトを連結する。その後たて壁②を落とし込み、ボルトを締めつける。

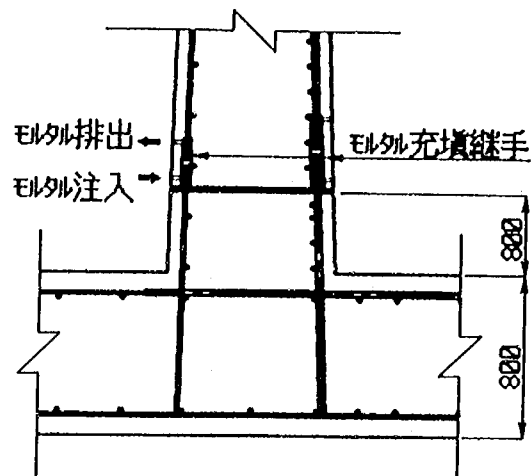
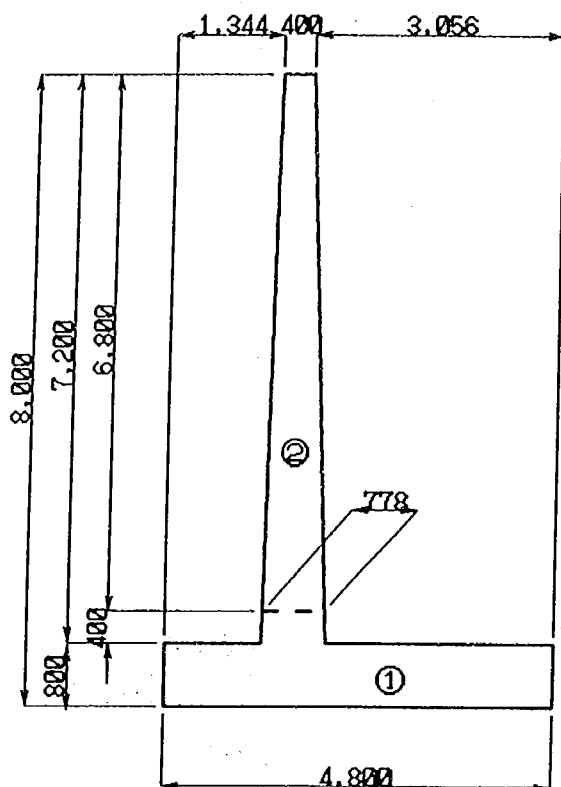
概略施工数量 (10m当り)

特記事項

図-2.2.3 分割・接合方法の校り込み(その5)

【モルタル充填継手2分割案】

概要図



重量表

	奥行き(m)	重量(tf)
④		
③		
②	1.0	10.0
①	1.0	10.4

施工概要 底版①を据付け、①と②の間にライナー(t=20mm程度)をはさみ、たて壁②を建て込む。その後、A部の継手の注入口よりモルタルを充填し、鉄筋および部材を接合する。

概略施工数量 (10m当り)

特記事項

図-2.2.3 分割・接合方法の絞り込み (その6)

これらの分割・接合アイデアを、22の評価項目について以下の基準で評価した。

評価は3段階評価(1, 2, 3)とし、数字の大きいほうが評価が高い(優れているもの)とした。また評価を下したのは、共同研究参加10社のうちの半数にあたる5社である。

表-2.2.4は、5社の評価を各案の各評価項目毎に単純に合計し、結果を一覧表にしたものである。したがって各評価項目の最高・最低得点は、

最高： 3点/社×5社= 15点

最低： 1点/社×5社= 5点

であり、また各案の合計得点の最高・最低得点は、

最高：15点/項目×22項目=330点

最低： 5点/項目×22項目=110点

である。

さらに表-2.2.4を視覚的にわかりやすくするために、評価項目を設計、施工、経済性、工程、省力化・省人化、その他の項目に分けて小計し、図-2.2.4の棒グラフを作成した。

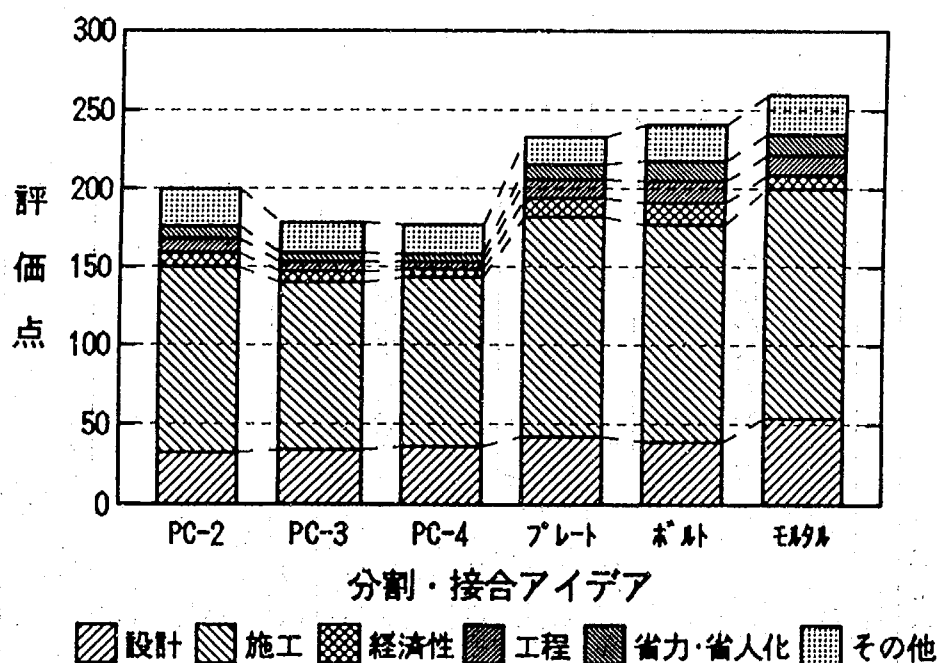


図-2.2.4 分割・接合アイデアの評価グラフ

表-2.2.4 分割・接合方法の評価表

評価項目		P C 案			プレート案			アンカーボルト案			モルタル充填継手案		
		2分割	3分割	4分割	2分割	3分割	4分割	2分割	3分割	4分割	2分割	3分割	4分割
たて壁の分割		分割による軽量化によって、トータルな施工の合理化が図れる。											
設 計	設計手法が従来から行われているものであり、明快である。	○	○	○	○	×	×	○	×	×	○	×	×
	継手部分の耐久性に優れている。	11	12	13	8			11			12		
	継手部分の腐食に優れている。	9	9	9	9			10			14		
	継手部分の目隠しやずれがない。	5	6	7	15			11			15		
	圧縮鉄筋が連続しており、継手部分の強度に優れる。	7	7	7	10			7			13		
小 計		32	34	36	42			39			54		
施 工	製 作	特殊作業や製作工程が少なく、製作が容易である（製作精度含む）。	8	8	8	9		8			12		
		型枠の転用性がよい。	10	10	10	10		7			11		
		現場「ヤード」の製作にも転用性が高い。	9	9	9	9		8			12		
	運 搬	工場から現場への運搬が容易である。	7	12	15	7		6			7		
		工場内および現場内での搬入・小運搬が容易である。	7	12	15	7		6			7		
	建 込 据 付	建込・据付作業が容易である。	8	6	6	10		12			11		
		据付の際の一時的な「ヘル」の仮止め、仮止めの必要がない。	12	7	6	10		14			8		
		建込・据付作業時の安全性が高い（側壁や高所作業に対して）。	12	6	5	10		14			11		
	接 合	接合方法が単純かつ容易である（特殊技能者の必要性含む）。	5	5	5	14		14			13		
		接合時に横断方向接合のための高い足場工を必要としない。	10	7	5	15		13			15		
		接合に要する時間が短い。	8	5	5	13		14			12		
		接合作業時の安全性が高い。	10	6	5	12		14			13		
	埋戻し	埋戻しが容易である。	12	13	13	14		8			14		
小 計		118	106	107	140			138			146		
経済性に優れている。		9	7	5	12			14			9		
トータルの工程を大幅に短縮できる。		9	6	5	12			14			13		
省力化・省人化の度合いが高い（機械化含む）。		8	6	5	10			13			13		
そ の 他	美観に優れている。	13	9	9	6			12			11		
	底版コンクリートの場所打ちに対応可能である。	11	10	10	11			11			14		
	小 計	24	19	19	17			23			25		
総 合 評 価		200	178	177	233			241			260		

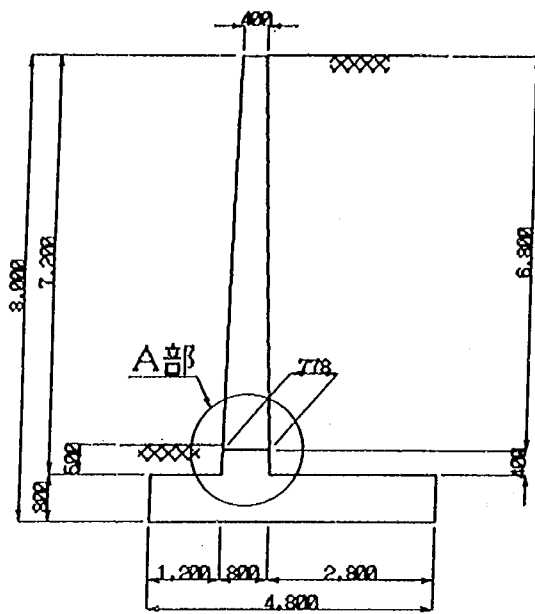
3)分割・接合方法のアイデアの絞り込みおよび評価の結果

前項までの図表による評価の結果から、以下のことがわかった。

- ①モルタル充填継手案は、6案中の最高得点を獲得した。項目別に見ても設計、施工とも高得点を獲得した。
- ②設計項目でモルタル充填継手案が特に優れていたのは、継手部分の耐久性および鉄筋の連続性であった。これはプレートやアンカーボルトは材料に鋼材を使用するため腐食の問題が懸念されたこと、またモルタル充填継手以外の案は接合部の鉄筋の連続性に乏しいことがマイナス要因になったためであり、設計（構造）上はモルタル充填継手が最も優れていること。
- ③施工項目の小計点は、プレート案、アンカーボルト案、モルタル充填継手案では有為な得点差ではなかった。しかしアンカーボルト案は、施工項目中特に製作、運搬および埋戻しで得点が低く、これは突起があるためであった。この点を重視すると、施工面からは部材に余計な突起や切欠きがあるアンカーボルト案は好ましくないこと。
- ④プレート案、アンカーボルト案はモルタル充填継手案の次に得点が高いものの、設計、施工の両項目ともモルタル充填継手案の得点を下回っており、項目に重みづけをしてもこの差はより拡大することが予想されること。
- ⑤P C案は分割数によらず設計、施工とも得点が低く、また経済性もあまり良くないこと。

したがって表-2.2.4および図-2.2.4の図表よりモルタル充填継手の2分割案が最高点を獲得し、また設計（構造）上も6案中最も優れていると判断されたため、分割・接合方法としてこの案を採用することとした。

図-2.2.5に本案の詳細図を示す。



△部詳細

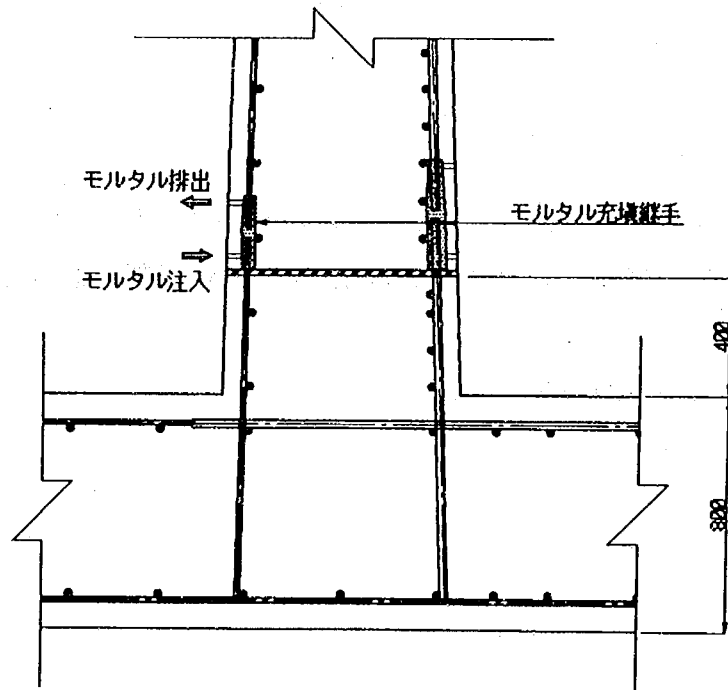


図-2.2.5 プレキャスト擁壁の分割・接合方法

2.2.2 ボックスカルバート

(1) 分割・接合方法の検討

プレキャスト構造物は、現場打ち構造物と違い製作・運搬の諸条件により、分割・接合の必要性が生じてくる。

部材の接合は、構造上主応力を受ける横断面と、縦断方向の接合に分けられる。縦断方向の接合は、ジョイントの止水や特に大きな不等沈下などを想定しないかぎり、問題は少ないであろうと予想される。したがって、主応力方向断面の分割・接合方法に着目し、アイデア出しを行った。

接合方法は、剛接合とピン接合に分けられる。材料としては、ボルト、P C鋼棒、鉄筋、金物、接着剤、現場打ちコンクリートなどが対象となる。接合方式には、埋め込み式、接着式、緊張方式、噛み合わせ方式、溶接方式などがある。

接合方法の研究にあたっては、施工性、耐久性、経済性が重要である。

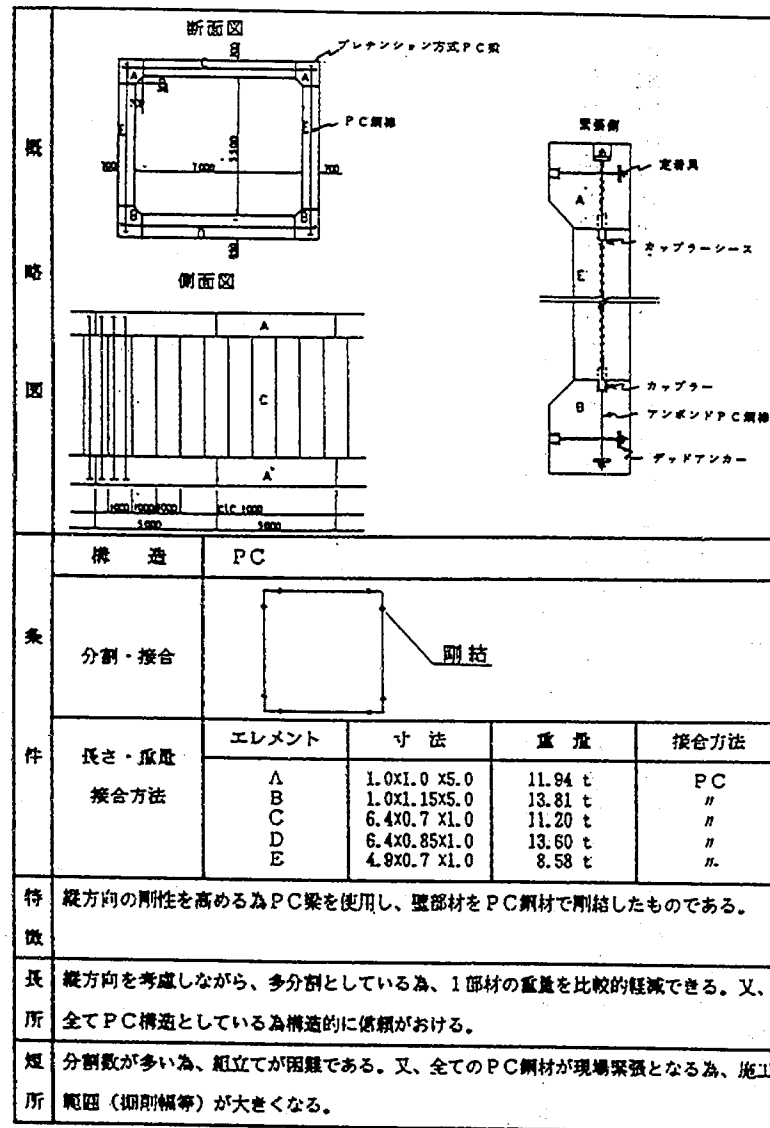
まず第一に施工が容易で安全に行えるものでなければならない。部材の重量が大きくなることから、据え付け作業時における、個々の部材の転倒・ズレなどが生じないよう安定性を確保する必要があり、全てを固定緊結するまで安全に作業できるものでなければならない。

次に、接合部は構造的に弱点になりやすいので、その接合材の強度劣化が生じない方法でなければならない。特にP C鋼材など腐食に弱い材料については、十分その対策を考慮しておく必要がある。また、接合部材そのものだけでなく、接合金具を保持する本体コンクリート部についても、十分な強度と耐久性が確保されていることを確認する必要がある。

施工の安全性と容易さを追求することは、接合に要する時間を短縮し、接合回数、工程を短縮することであり、総工費の節約につながると予想される。接合方法の選択にあたっては、このような経済性をも考慮して決定する。

ボックスカルバートのプレキャスト化を考える上で、断面内の分割・接合方法として、P C接合案、ボルト接合案、機械継手案、プレート溶接案、およびさし筋案の、11種類のアイデアを提案した。図-2.2.6 に各案の概要図、条件、特徴の長所・短所に分けて分類明示する。

PC 接合 8 分割案



PC 接合 2 分割案

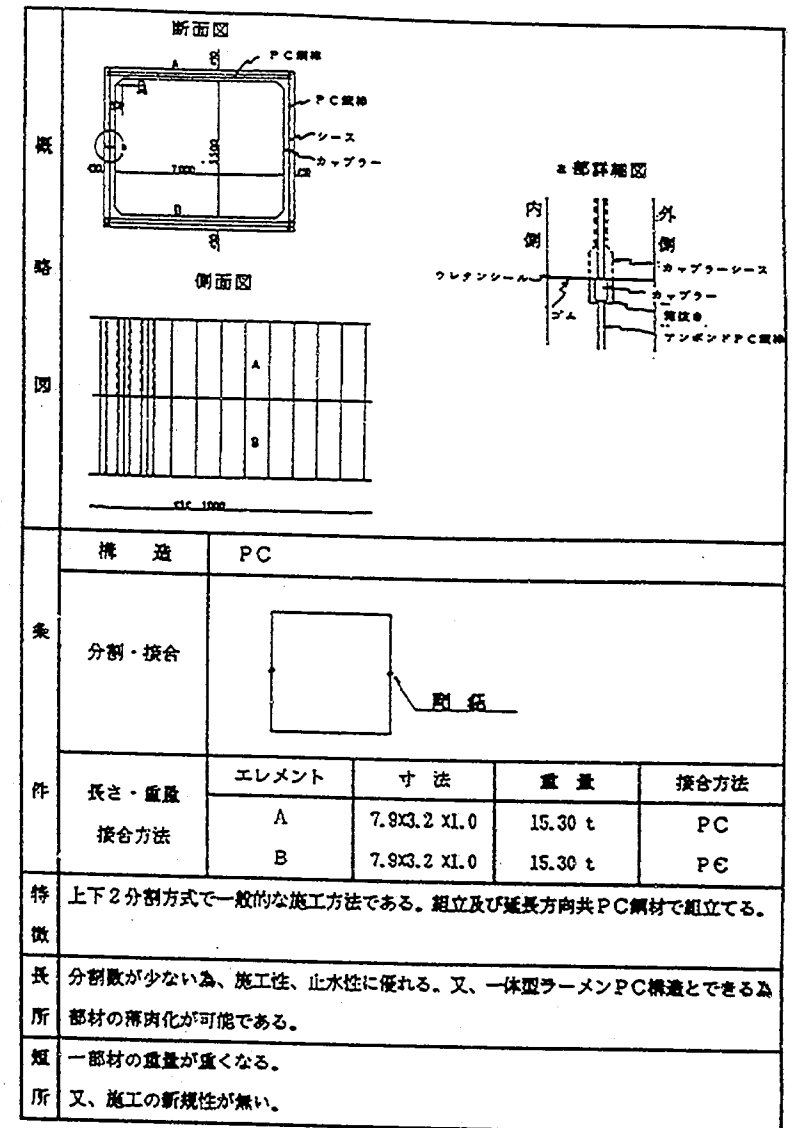


図-2.2.6 分割・接合方法のアイデア（その 1）

PC接合4分割案(タイプ1)

概略図	平面図 a 部詳細図 側面図																	
条件	構造 RC、<u>PC</u>、その他 ()																	
	分割、接合 ● 剛接合 ○ ヒンジ接合																	
	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 15%;">寸法、重量 接合方法</th><th style="width: 10%;">要素</th><th style="width: 25%;">寸法 (B×H×L)</th><th style="width: 15%;">重量</th><th style="width: 35%;">接合方法</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="3"></td><td>A</td><td>7.9"× 1.0" × 1.0"</td><td>10.4^t</td><td>PC 横締め</td></tr> <tr> <td>B</td><td>4.4 × 1.0 × 0.45</td><td>5.0</td><td>~</td></tr> <tr> <td>C</td><td>7.9 × 1.0 × 1.0</td><td>10.4</td><td>~</td></tr> </tbody> </table>	寸法、重量 接合方法	要素	寸法 (B×H×L)	重量	接合方法		A	7.9"× 1.0" × 1.0"	10.4 ^t	PC 横締め	B	4.4 × 1.0 × 0.45	5.0	~	C	7.9 × 1.0 × 1.0	10.4
寸法、重量 接合方法	要素	寸法 (B×H×L)	重量	接合方法														
	A	7.9"× 1.0" × 1.0"	10.4 ^t	PC 横締め														
	B	4.4 × 1.0 × 0.45	5.0	~														
	C	7.9 × 1.0 × 1.0	10.4	~														
特徴	・頂版、底版、側壁全てをプレストレストコンクリート構造とする。 ・頂版および底版は、工場にてPC鋼棒を用いてプレストレス (ボストテンション) を導入する。 ・側壁は現場において据付後PC鋼棒にて連結緊張する。																	
長所	・PC構造なので部材断面厚を薄くできエレメント重量を軽くすることが可能となり、運搬、据付等の面で有利である。 ・PC構造であるから、ひびわれが発生せず耐久性に優れる。																	
短所	・断面分割した部材を現場にてPC鋼棒を用いて緊張接合するので熱線作業を必要とする。																	

PC接合4分割案(タイプ2)

(概略図)

(接合部詳細図)

構造

RC

PC

SRC

分割接合

4分割

条件

長さ、重量
接合方法

エレメント

長さ

重量

接合方法

A

B

C

D

1.5 m

10~20 t/p

PC鋼棒
(又はボルト)

特徴

1次緊張(工場緊張)を併用することによって現場での作業を省力化すると同時に断面の合理化を狙ったものである。

長所

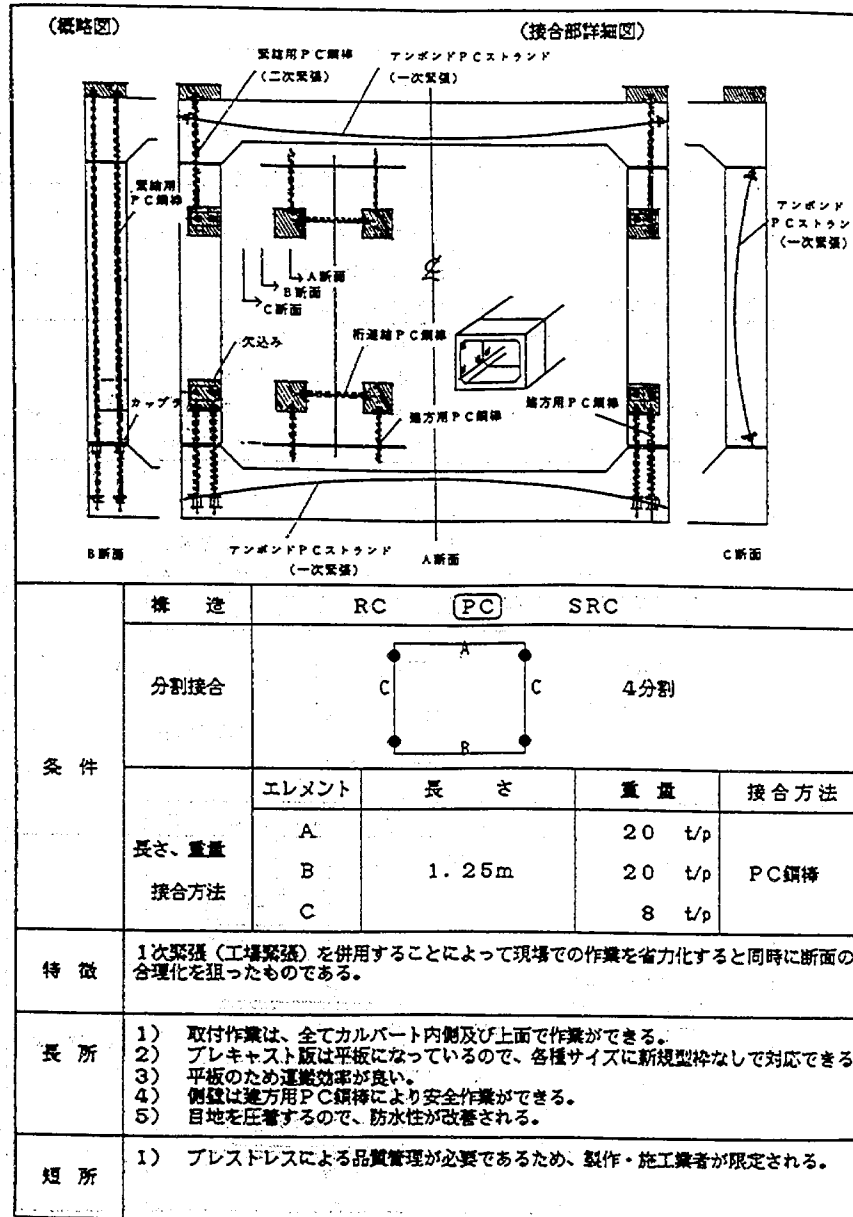
- 1) 施工が簡単
- 2) 連結ボルトが応力に有利な位置にある

短所

- 1) 支圧部が外にあるため防錆処理が必要
- 2) 外部側面の連結のための作業空間が必要

図-2.2.6 分割・接合方法のアイデア(その2)

PC接合4分割案(タイプ3)



ボルト接合8分割案

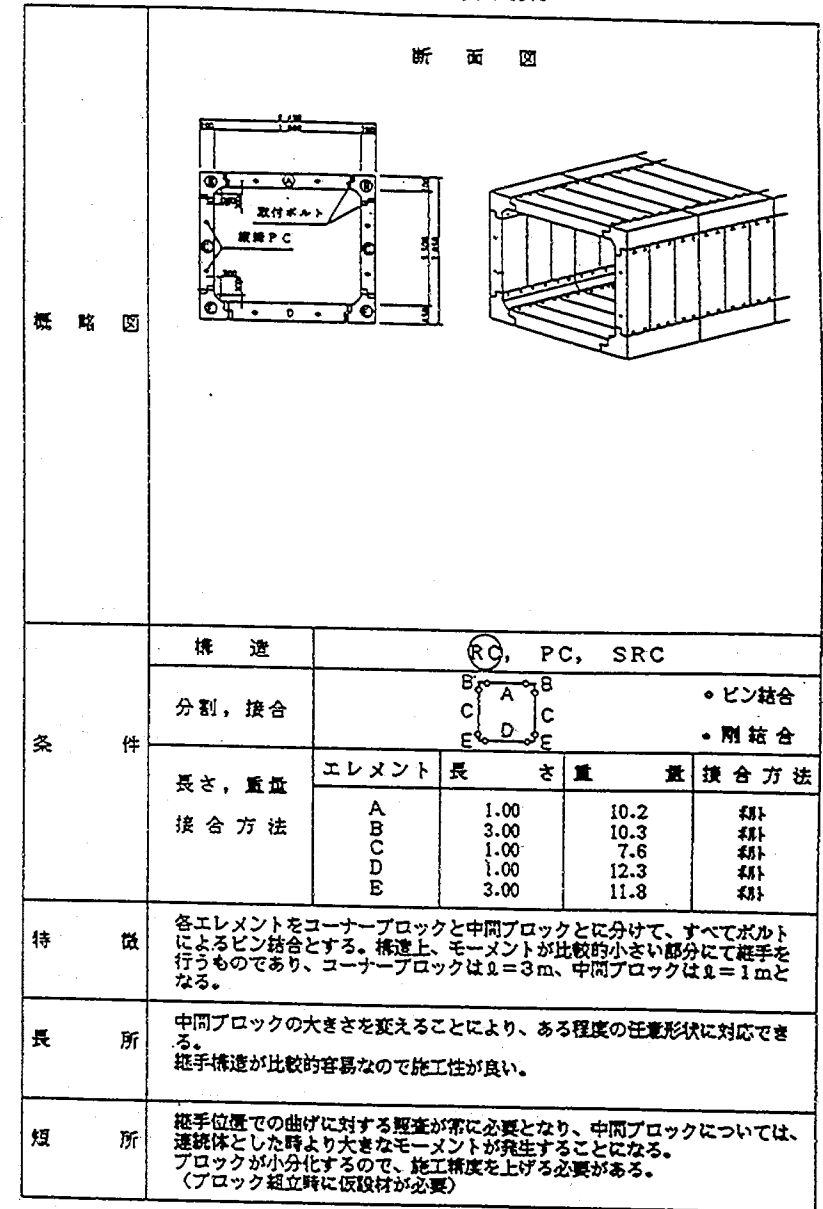


図-2.2.6 分割・接合方法のアイデア(その3)

ボルト接合4分割案

概略図					
	構造	PC			
	分割・接合				
	長さ・重量 接合方法	エレメント	寸法	重量	接合方法
特徴	長さ・重量 接合方法	A	8.4x1.3 x1.0	17.03 t	ボルト
		B	4.3x0.7 x1.0	7.53 t	#
		C	8.4x1.45x1.0	20.18 t	#
長所	メッキ仕様のH鋼を使用し、建込みのガイド及び延長方向の剛性を高めたシステムとする。				
短所	施工が容易であり経済的である。				
短所	全ての部材がピン構造となる為、部材厚の薄肉化が難しい。				
短所	ボルトが端部によりすぎると破壊の恐れがある。				

ボルト接合+FDグリップ継手案

概略図

継手詳細図

構造

RC, PC, SRC

分割, 接合

・ピン結合

・剛結合

長さ, 重量

エレメント

長さ

重量

接合方法

接合方法

A

1.00

12.0

ボルト, F/DG

B

1.00

12.0

ボルト, F/DG

C

1.00

13.4

ボルト, F/DG

D

1.00

13.4

ボルト, F/DG

特徴

構造上、曲げモーメントが小さくなる側壁中央部付近をピン構造とし、頂版、底板部分では剛結合となるようにする。
側壁部の継手の位置でのせん断耐力を保持するために、切欠き構造としてある。

長所

継手部の構造が比較的容易であるため施工性が高い。(組立の施工精度にあまり左右されない。)
剛壁部の継手構造も鉄筋が連続するので、継手強度は十分に期待できる。

短所

側壁中央部をピン構造としたため、隅角部において、連続体とした時よりも大きな曲げモーメント(片持梁)が作用する。
A, Bブロック施工時には、下方から支持する支保工が必要となる。

図-2.2.6 分割・接合方法のアイデア(その4)

FD グリップ継手案

概略図	a 部詳細図				
条件	構造	RC、PC、 <u>その他</u> (RCフレーム+PCパネル)			
	分割、接合	A A フレーム A A ・ 剛接合 ○ ヒンジ接合			
	寸法、重量 接合方法	要素 A (フレーム) B (パネル)	寸法 (B×H×L) A 4.2" × 3.5" × 0.7" B 0.3 × 0.1 × 0.9	重量 A 3.9' B 67kg	接合方法 A 場所打ち B 差込み
特徴	・ フレームは RC 部材、パネルは PC 部材である。 ・ フレーム部材の接合部は場所打ちコンクリートである。 ・ パネルの取り付けは差込み方式である。				
長所	・ 土留支保工が架設されていても据付け・組立ての支障とならない。 ・ パネル材は軽量であり据付けが容易である。 ・ 建築のプレキャスト技術が応用できる。				
短所	・ フレームが転倒しないように仮設工を必要とする。 ・ 止水性を確保するため防水工を施す必要がある。				

フラットバー接合案

断面図

継手詳細図

構造

RC, PC, SRC

分割, 接合

・ビン結合

・剛結合

長さ, 重量

エレメント

長さ

重量

接合方法

接合方法

A
B
C
D

1.00
1.00
1.00
2.00

16.0
13.9
13.9
12.8

鉄板
鉄板, 鋼
鉄板, 鋼
鋼

特徴

頂版は、1ブロック重量を小さくするために、プレテンションのPC部材とした重接合構造とする。底版における継手は、鋼・コンクリート複合構造とした剛結合とする。また、側壁頂部でのせん断耐力は、コンクリートの切欠きとボルトにより発揮させる。

長所

頂版を重接合構造としているため施工性が高い。底版の継手位置は、曲げモーメントの大きさにより任意に位置を変えることができる。

短所

頂版は、単純梁構造となるので、連続体とした時より大きな曲げモーメントが作用することになる。側壁が一体化されているので、土留支保工切梁などの障害になる。底版継手は、狭いエリアでの鋼部材の密着が必要となる。

図-2.2.6 分割・接合方法のアイデア (その5)

さし筋接合案

概略図	断面図 側面図 a部詳細				
条 件	構 造	(RC) PC、その他()			
	分割、接合	• 剛接合 ○ ヒンジ接合			
	寸法、重量 接合方法	エレメント	寸法 (B×H×L)	重 量	接合方法
特 徴	A		8.1 ^m × 3.45 ^m × 0.5 ^m	10.9 ^t	ほぼ継手
	B		8.1 × 3.3 × 0.5	9.4	-
	・ グラウエルバーを設置したA部材にB部材を差し込む。 ・ せん断力の伝達を図るため、接合部に凹凸をつける。 ・ 止水性を確保するため膨潤性（水に接すると膨張する性質）の止水板を設置する。				
長 所	・ A部材とB部材を一体化する必要がないため、据付け・組立てが容易であり、工期も短くて済む。 ・ 据付け・組立てにあたり、特に仮設工を必要としない。				
短 所	・ 一体構造に比べると断面力が大きくなるので、断面寸法を一体構造のまま取ると配筋量を増やす必要がある。				

図-2.2.6 分割・接合方法のアイデア（その6）

11種類の案を、大項目である構造、施工性、製作、機械化・ロボット化、経済性、工期について評価を行った結果を表-2.2.5 に示す。

表-2.2.5 分割・接合案評価表

項 目		PC接合 8分割案	PC接合 2分割案	PC接合 4分割案 (タイ'1)	PC接合 4分割案 (タイ'2)	PC接合 4分割案 (タイ'3)	木'木接合 8分割案	木'木接合 4分割案	木'木接合 FD'リッパ' 継手案	FD'リッパ' 継手案	フラットバー 接合案	さし筋 接合案
構 造	接 合	◎	◎	◎	◎	◎	△	△	○	○	◎	○
	強 度	◎	◎	◎	◎	◎	○	△	◎	○	○	○
	重 量	○	△	◎	○	○	◎	△	○	◎	○	◎
	止水性	◎	◎	◎	◎	◎	○	◎	◎	△	◎	○
	耐震性	◎	◎	◎	◎	◎	△	△	◎	○	○	○
施工性	接 合	△	◎	○	○	○	◎	◎	○	△	○	◎
	組立て	△	◎	○	○	○	○	◎	△	△	◎	◎
	据付け	△	◎	○	○	◎	○	◎	○	△	◎	○
	運 搬	◎	○	◎	○	○	◎	◎	△	◎	○	△
	重 量	○	○	◎	○	○	◎	△	○	◎	◎	◎
	止水性	◎	◎	◎	◎	◎	△	◎	○	△	◎	◎
	切梁有無	○	○	○	○	○	○	○	○	◎	△	○
	架設工事	○	◎	○	△	△	○	○	△	△	○	◎
	安全性	○	◎	◎	◎	◎	○	○	○	○	◎	◎
製 作	難易度	◎	◎	◎	○	○	◎	◎	○	○	○	◎
	型枠汎用性	◎	○	◎	◎	◎	◎	○	○	○	◎	○
機械化・ロボット化		△	△	△	△	○	◎	○	△	△	○	△
経 済 性		△	◎	◎	○	○	○	◎	○	△	△	◎
工 期		○	◎	○	○	○	○	○	○	○	△	○
総合評価		◎	◎	◎	○	◎	○	◎	○	○	◎	◎

(2) 基本形式の検討

各案に対して評価を行うことにより、問題点が明らかになった。そこで、各案をP C接合案、R C接合案に大別し、細部にわたる検討及び評価を行い、各々の構造系に対する最適案を追求した。

1) P C接合案

P C接合案には、P C鋼棒を利用した2～8分割の5つの案にP Cストランドによる案を加え、6つの案に対して詳細検討を行った。何れの案もP C鋼材を外力に釣合うように配置することで、部材応力を小さく設計でき、構造的に有利となる。

検討にあたり考慮すべき点として、設計・施工性、輸送・架設機器、躯体の耐久性及びP C鋼材の選定等に着目し比較検討を行った。比較検討表を、表－2.2.6 に示す。

表-2.2.6 P C 接合案比較検討表

P C 鋼 材	P C 鋼 材					P C ストランド
接合方法の種類	P C 接合 8 分割案	P C 接合 2 分割案	P C 接合 4 分割案 (タイプ1)	P C 接合 4 分割案 (タイプ2)	P C 接合 4 分割案 (タイプ3)	
材 造 図						
工 法 の 特 徴	P C 部材を小さく分割して軽量化を図ると同時に、コーナー梁で縦方向の連結を容易にする。	P C 部材を上下 2 分割して組立てる省力化施工を重点にした工法	内空寸法の変化に対応しやすいよう平板の組合せで施工する。	B R-3 の特徴に加えて、側壁の施工性、縦方向のジョイントを工夫した工法。	B R-3 の特徴に加えて、側壁の施工性、縦方向のジョイントを工夫した工法。	U ケーブルを用いて、断面の緊張作業を頂版上で行うと同時に縦方向の連結を行う。
長 所	・小型部材のため施工機械の小型化が図れる。 ・P C 工場における型枠の転用性が高まる。	・施工が極めて簡単。 ・施工安全性に優れる。 ・ジョイント個所が少ないので止水面で有利である。	・平板を使用するため P C 工場における型枠の転用性が高い。	・側壁の立上げ作業を底版上で行える。 ・側壁の転倒防止用サポート不要 ・作業足場不要のため作業安全性良い。	・側壁の立上げ作業を底版上で行える。 ・内空部及び頂版上のみで作業ができる（外部作業なし）。 ・側壁の転倒防止用サポート不要 ・作業足場不要のため作業安全性良い。	・側壁の立上げ作業を底版上で行える。 ・建方、緊張作業は頂版底版上で行うので作業安全性良い。 ・U ケーブルを梁底版と合併して行うことにより縦方向の緊張を兼ねることができる。
短 所	・部材数が増える為施工が複雑 ・ジョイント個所が多くなり止水面で不利	・1 部材の重量が大きくなり、運搬車両、施工機械が大型になる	・側壁の転倒防止用サポート要	・欠込み部のコンクリート充填作業が必要 ・側壁の外での作業が必要	・欠込み部のコンクリート充填作業が必要	・特定の特許工法（VSL 工法）の使用が前提
判 定	△	○	△	△	◎	×

P C接合案における最適案は、部材重量、施工の容易性、施工の安全性が優れているため、P C接合4分割案（タイプ3）とした。概要図を、図-2.2.7 に示す。

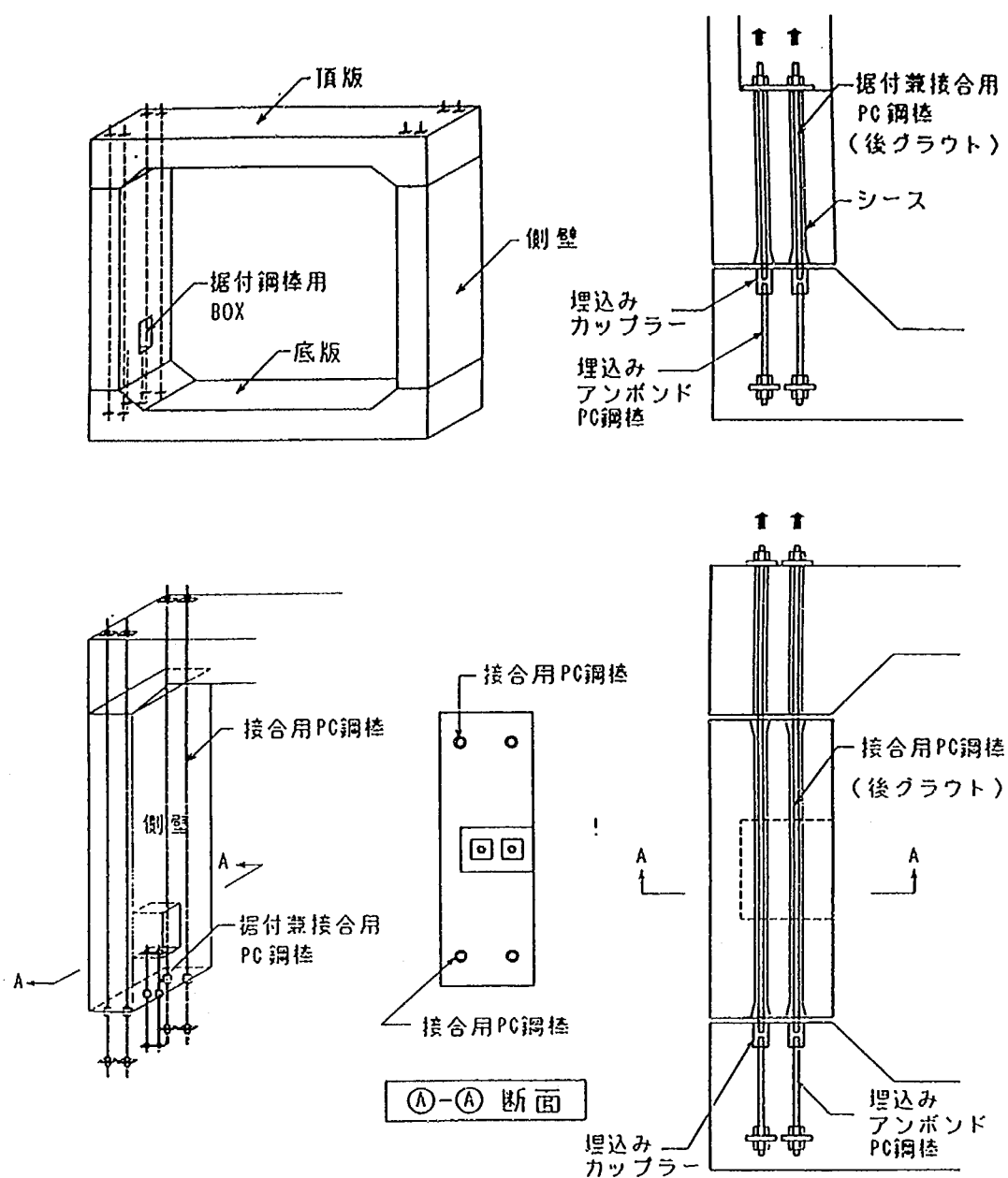


図-2.2.7 P C接合4分割案（タイプ3）

2) R C 接合案

R C 接合案としては、既存の継手方法の調査、検討を行うとともに新規継手方法のアイデア出しを行い、選定していくものとした。R C 接合方法には各接合案により、構造的に剛結合となるものとピン結合となるものに分けられる。ここでは、剛結合案とピン結合案に分けて詳細検討を行い、それらの接合方法を組み合わせて最適案を追求するものとした。

R C 接合剛結案は、既存の継手方法の調査と新規継手方法のアイデアより、重ね継手、圧接、圧着継手、ねじ継手、充填継手、電気溶接、鋼材継手の7つに分類した。

上記7つの案に対して、ブロック継手の適用に関する問題点及び、施工性、コスト等について調査を行い各案の特徴を明らかにした。調査結果を表-2.2.7 と表-2.2.8 に、評価結果を表-2.2.9 に示す。

表-2.2.7 R C 接合剛結合案比較検討表（一次検討）

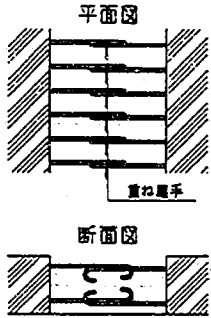
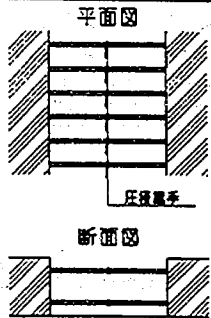
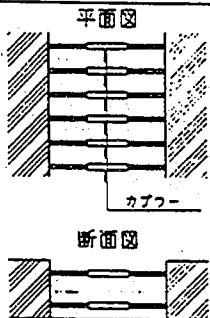
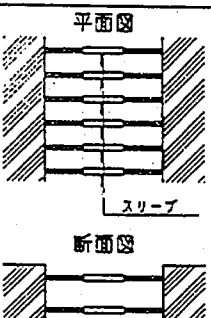
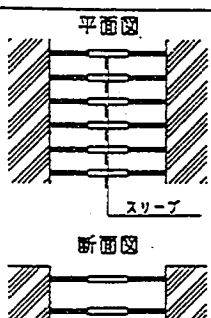
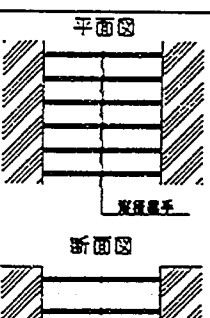
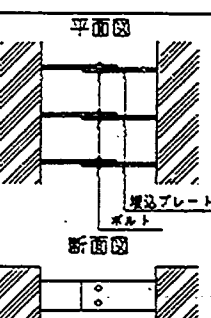
	重ね継手	圧接	圧着継手	ねじ継手	充填継手	電気溶接	鋼材継手
構 造 図							
工 法 名 称		・ガス圧接継手	・スクイズ式継手 工法 ・グリップ ジョイント工法 ・TSスリーブ ジョイント工法 ・パワーグリップ 工法	ねじふし鉄筋継手 ・ネジコン ・スミネジバー 鉄筋ネジ加工継手 ・長ナット継手 ・FDグリップ工法 ・OSフープ グリップ工法	・カドウェルド継手 工法 ・NMBスプライス スリーブ継手工法	・エンクローズ溶接 ・SMB溶接	プレート接合法 ・溶接接合案 ・ボルト接合案 ・矢板式ジョイント 接合案
概 要	鉄筋相互を所定の長さ以上重ね合わせる事により継ぐ方法。	鉄筋を突き合わせて軸方向に力を加えながら溶接することにより継ぐ方法。	継手部のスリーブを油圧により圧着加工して鉄筋を接合する方法。	ネジ加工の施されている鉄筋を突き合わせカプラーで接合する方法。	継手部に配置したスリーブと鉄筋の間に溶融金属、高強度無収縮モルタル等を充填し、鉄筋を接合する方法。	突き合わせた鉄筋間に電気溶接によって溶融金属を充填し鉄筋を接合する方法。	予め両方のブロックにプレートを埋込んでおき、プレート同士を鋼材で接合する方法。接合法には溶接、ボルト、矢板式ジョイント等がある
ブロック継手の適用に関する問題点	本ケースには適用可能であるが、継手部が1箇所に集中しないよう配慮が必要である。寸法の制約から集中する場合、継手長を長くすることにより対応できるが、実験による確認が必要である。	圧接することにより鉄筋は軸方向に縮むが、本ケースの場合他の鉄筋が支障となり縮むことができないので、適用不可能である。	本ケースには適用可能であるが、施工機械、コスト、施工性についてさらに詳細な調査、検討が必要であると思われる。	突き合わせた位置でネジ山が連続しなければならない、据え付けにかなりの施工精度が要求される等施工上の問題点が考えられ、本ケースには適応不可能と思われる。	本ケースには適用可能であるが、施工機械、コスト、施工性についてさらに詳細な調査、検討が必要であると思われる。	本ケースには適用可能であるが、施工機械、コスト、施工性についてさらに詳細な調査、検討が必要であると思われる。	本ケースには適用可能であるが、応力の伝達機構及び継手性能を検討し、応力度の調査方法を確立する必要がある。またプレート間隔は、施工性及び構造的な検討から決定しなければならない。
評 価	○	△	○	△	○	○	○

表-2.2.8 R C 接合剛結合金案比較検討表 (二次検討)

種 類	重 ね 継 手	圧 着 継 手	充 填 式 継 手	電 気 溶 接 継 手	金 物 継 手
工 法 名	フック型重ね継手 ループ型重ね継手	T Sスリーブジョイント工法 パワーグリップ工法 グリップジョイント工法	NMBスプライススリーブ工法 ネジスリーブ工法 カドウェルド工法	手エンクローズ溶接工法 半自動エンクローズ溶接工法 (NKE法) (スギタエンクロ工法)	溶接案 ボルト案 矢板式ジョイント案
概 要	鉄筋相互を所定の長さ以上に重ね合わせ、コンクリートを打設することでコンクリートを介して応力の伝達をはかる方法	継手部にスリーブを油圧により圧着加工して鉄筋同士を接合する方法	継手部に配置したスリーブと鉄筋の間に溶融金属や高強度無収縮モルタルを充填し鉄筋同士を結合する方法	突き合わせた鉄筋間の空隙に溶接によって溶融金属を充填し鉄筋同士を結合する方法	ブロック端部に配置した埋込みプレートどうしを接合プレートにより結合する方法
1ブロック当りの 継手施工コスト	約 7,000円	約 100,000～ 160,000円	約 80,000～ 100,000円	約 40,000円	162,000～ 240,000円
1ブロック当りの 継ぎ手施工時間 (継手32カ所)	約 10 分	約 230～ 320 分	約 100 分	約 160～ 200 分	溶接案、ボルト案 240分程度 矢板式ジョイント案 100分程度
施工に必要な スペース	50mm程度 (D25, 中心水平間隔)	70～80mm (D25, 中心水平間隔)	70～90mm (D25, 中心水平間隔)	100mm (D25, 中心水平間隔)	溶接案、ボルト案 500mm程度 (プレート間隔) 矢板式ジョイント案 特になし
問 題 点	施工上 問題になると 思われる点	――	――	・下段の施工が困難である ・特殊技術者が必要である	・溶接案、ボルト案は作業スペースが狭くやや施工が困難
	構造上 検討を要する と思われる点	・継手性能に関する実験が必要	・継ぎ手部集中に関する検討が必要。	・スリーブを片側のPC部材に埋め込む場合は接合部のモルタルのせん断に対する検討が必要となる。 ・継手部集中に関する検討必要	・残留応力の検討が必要 ・継ぎ手部集中に関する検討が必要。
	当プロジェクトに採用する 際に問題と思 われる点	――	・調査したものの中で現在施工実績があるのはパワーグリップのみである。これの材料は理研商會からしか購入できない。	・調査したものの中で現在施工実績があるのはスプライススリーブ、ネジスリーブの2つである。いずれも特定業者からの材料の購入となる。	・施工が特定業者への外注という形態になる。 ――

表-2.2.9 RC接合剛結合評価表

評価項目		①			②			③			④			⑤			⑥			⑦			集 計			備考
継手種類		◎	○	△	◎	○	△	◎	○	△	◎	○	△	◎	○	△	◎	○	△	◎	○	△	◎	○	△	
重ね継手		4	0	0	2	2	0	2	2	0	2	2	0	4	0	0	4	0	0	0	4	0	18	10	0	実験が必要
圧	TSスリフジョイント	4	0	0	0	3	1	1	2	1	3	1	0	1	2	1	1	2	1	0	0	4	10	10	8	
着	ハーフゲリフ	4	0	0	0	3	1	1	2	1	3	1	0	2	2	0	1	1	2	0	0	4	11	9	8	業者確定
充	NMBスライススリフ	4	0	0	2	2	0	2	2	0	3	1	0	4	0	0	1	2	1	0	0	4	16	7	5	
填	ネジスリフ	1	2	1	0	1	3	2	2	0	3	1	0	4	0	0	1	2	1	0	0	4	11	8	9	
溶	エポキシ	4	0	0	0	2	2	1	3	0	2	1	1	1	1	2	2	2	0	0	0	4	10	9	9	業者確定
鋼材	溶接案	0	1	3	0	3	1	1	2	1	1	2	1	2	2	0	1	3	0	4	0	0	9	13	6	実験が必要
	ボルト案	0	1	3	1	3	0	1	3	0	1	3	0	2	2	0	1	2	1	4	0	0	11	13	4	
	矢板式ジョイント案	0	0	4	1	3	0	1	3	0	1	3	0	2	2	0	0	4	0	4	0	0	10	14	4	

※ 評価項目

- ① 継手を含むブロック制作の難易度
- ② 継ぎ手施工の難易度
- ③ 継ぎ手施工のスピード
- ④ 品質管理の容易性
- ⑤ 特殊技術者が不要であるかどうか
- ⑥ コスト
- ⑦ 新規性

評価の結果、施工性に優れた重ね継手案とモルタル充填継手案を、RC接合剛結案の最適案とした。

剛結案における接合位置を底盤部として検討を行ったが、モルタル充填継手の場合、接合部を底版部として現場打ち区間を設けると、重ね継手案と比較しメリットが見いだせない。したがって、モルタル充填継手を採用した場合、接合部は側壁部とし、ポストグラウトシステムにより接合することとした。図-2.2.8に、側壁部にモルタル充填継手を、ポストグラウトシステムにより接合する概要図を示す。

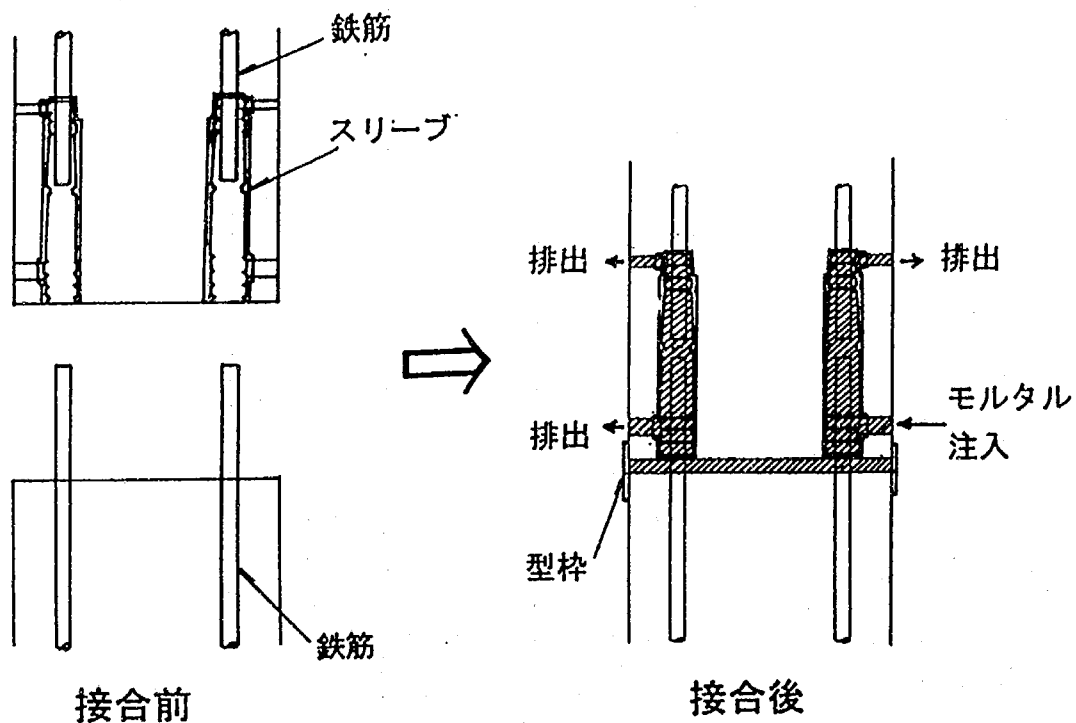


図-2.2.8 モルタル充填継手案（ポストグラウトシステム）

RC接合ピン結合案は、接合位置を頂版スラブ端としてアイデア出しを行った。ボックスカルバート隅角部において完全ピン構造となるものは、止水性、施工性から考えて困難であると考えられる。しかし、構造上完全ピン構造とならず多少回転角が伝達される構造（半固定）となっても、全体形状からみれば安全側となり、頂版、側壁の配筋により十分対応可能であると思われる。

ここでは、RC接合ピン結合におけるさらなるアイデア出しを行い、構造上の特徴、施工性、ブロック継手の適用に関する問題点に対し検討を行った。各案の検討概要を図-2.2.9に、評価表を表-2.2.10に示す。

各案の特徴を明らかにした上で、各案を施工性、設計の観点から評価を行い、施工性に優れ、構造上特に問題が無いとされるボルト継手A案とコンクリート突起接合案を、RC接合ピン結合の最適案として採用することとした。

継手種類	ボルト継手	タイプ	タイプ A
図 表 図			
工 法 要 要	側壁頂部にあらかじめ設置してある埋設アンカーに高圧ボルトにて頂版と一体化する。頂版側付ボルト部にはグラウト、ボルト頭部は後打コンクリートにて保護する。		
構造上の特徴	隅角部に生じる水平方向せん断力をボルトにて抵抗させる。また、ボルト軸力にて収束ゴムを加圧し、止水性を高める。		
施 工 性	側壁アンカーとボルトの精度によって、頂版の配付が困難になる。また、頂版厚・ハンチの大きさによりボルト長が長くなり、作業性が劣る。		
ブロック継手の適用に関する問題点	頂版のPC鋼筋の配置により、ボルトの位置、大きさが左右され、頂版自体の耐力にも影響する。		

継手種類	ボルト継手	タイプ	タイプ B
図 表 図			
工 法 要 要	側壁には埋設アンカー、頂版にはボルトを設置して両方を一体化する。頂版側付ボルト締めを行い、鉛直部には後打モルタルで処理する。		
構造上の特徴	隅角部に生じる水平方向せん断力をボルトにて抵抗させる。また、ボルト軸力にて収束ゴムを加圧し止水性を高める。		
施 工 性	側壁のアンカーと、ボルトの精度により頂版の配付が困難になる。また、ボルト付けには特別な工具が必要となる。		
ブロック継手の適用に関する問題点	タイプAに比べて鉛直部径が大きくなるので、頂版のPC鋼筋の配置が困難になる。		

継手種類	ボルト+プレート継手	タイプ	タイプ C
図 表 図			
工 法 要 要	頂版と、側壁のボルトセット位置にあらかじめボルト継手埋込み込み、切欠部にプレートをあて、ボルトにて固定する。		
構造上の特徴	隅角部のせん断力は、プレートにて抵抗させる。側壁の内側と外側に固定するので完全なピン構造とはならない。(プレートに引張力と圧縮力が作用する)		
施 工 性	鋼合プレートの製造により精度に比べ精度にあまり左右されない。		
ブロック継手の適用に関する問題点	ピン構造が剛構造か判定する実験が必要。		

継手種類	ボルト+プレート継手	タイプ	タイプ D
図 表 図			
工 法 要 要	側壁頂部の埋込ボルトに頂版のプレート穴をセットし、ボルトにて固定する。ボルトの軸力にて収束ゴムを加圧し、止水性を高める。		
構造上の特徴	隅角部に生じる水平方向せん断力をボルトにて抵抗させる。側壁の内側と外側に固定するので完全なピン構造とはならない。(ボルトに引張力が作用する)		
施 工 性	ボルト、埋込プレートの精度により頂版の配付が困難になる。		
ブロック継手の適用に関する問題点	ピン構造が剛構造か判定する実験が必要。		

図-2.2.9 RC接合ピン結合案(その1)

組手種類	食物組手	タイプ	タイプ E
図 表 図			
工 法 要 点	側壁頂部に、横合プレートを設置しておき、そこに頂版斜の隅形鋼で作った凹を合わせて設置する。頂版取付後、凹部空腔、横合面に柱入管を用いてグラウトする。		
構造上の特徴	隅角部に作用する水平方向せん断力は、プレートにて負担させる。また、グラウト漏れがないように横合面周りにシールを行う。大きなたわみ角が生じると目地開きが生じる可能性がある。		
施 工 性	構造は比較的単純なので施工性は良い。また施工精度にもあまり左右されない。		
ブロック組手の適用に関する問題点	ピン構造としての実験が必要。 止水性実験		

組手種類	コンクリート突起組手	タイプ	タイプ F
図 表 図			
工 法 要 点	側壁に凸、頂版に凹の突起切欠きを設けておき、横合面を合わせて設置する。		
構造上の特徴	側壁に設ける突起にてせん断抵抗力をさせる。また、横合面には緩衝ゴムを敷き、頂版の自重・たわみ角にて止水構造とする。 部材厚により突起の大きさが変わる。		
施 工 性	側壁がある程度の精度で設置されていれば十分である。		
ブロック組手の適用に関する問題点	ピン構造としての実験が必要。(突起の耐力確認も含む)		

組手種類	PC折+アンカーバー組手	タイプ	タイプ G
図 表 図			
工 法 要 点	側壁にアンカーバーを埋め込んでおき、その間にJIS PC折をセットして、側壁側部とスラブ上面に保護コンクリートを打設する。		
構造上の特徴	頂版にかかる荷重はJIS PC折にて負担させ、せん断力はアンカーバーにて負担する。止水構造に問題があるので、全体を保護コンクリートにて施工する。		
施 工 性	側壁・底版の1ブロック長さが長くなるため重量が増す。ハンチ部打ちコンクリートの施工がやりにくい。		
ブロック組手の適用に関する問題点	ピン構造としての実験が必要。 打ちコンクリートの強度確認。		

図-2.2.9 RC接合ピン結合案(その2)

表-2.2.10 R C接合ピン結合案評価表

継手種類		ボルト		ボルト+プレート		金物	コンクリート突起	PンC桁+バー
タイプ		A	B	C	D	E	F	G
施工性	据付け	◎	◎	○	○	◎	◎	○
	ブロック製作	◎	◎	○	○	◎	◎	◎
	グラウト (後打コンクリート)	◎	○	△	△	○	-	△
設計	ピン構造機能	◎	◎	○	○	◎	◎	◎
	スラブPC鋼材 への影響	○	△	◎	◎	◎	◎	◎
	止水構造	○	○	○	◎	○	○	◎
判定		○					○	

<施工性>

- ◎ 施工上特に問題はない
- 施工上多少困難な面がある
- △ 施工上困難である

<設計>

- ◎ 構造上特に問題はない
- 構造上多少不安がある
- △ 構造上問題がある

(3) 分割・接合案の選定

P C接合案、R C接合剛結合案、R C接合ピン結合案の詳細検討と評価により、図-2.2.10に示す4つの案が採用された。ここでは、この4案に対し詳細検討と比較を行い最適案を見いだすこととした。

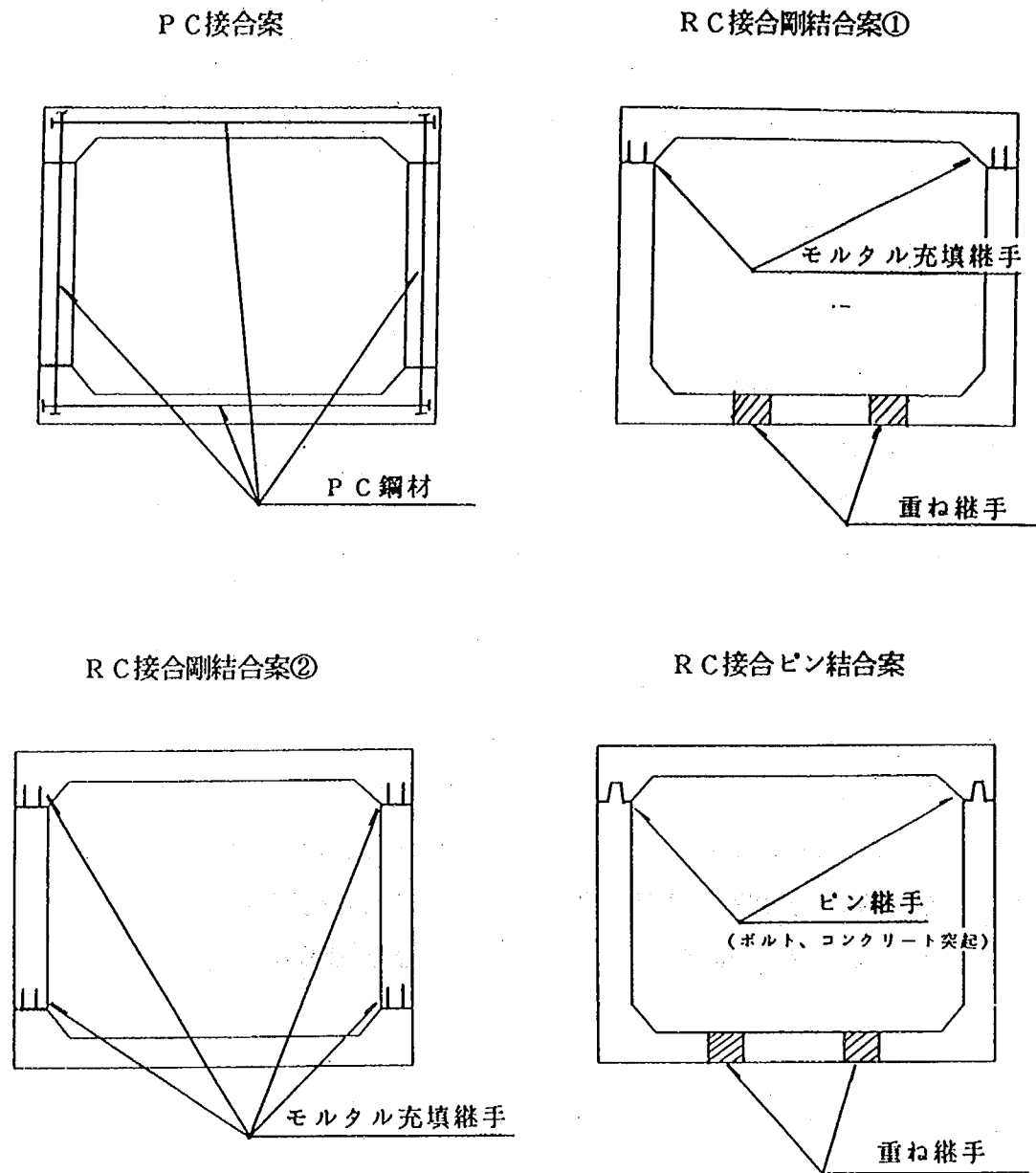


図-2.2.10 分割・接合最終検討案

・ 4 案はそれぞれ優れた特徴を持っているが、本研究に対し最適案を見いだすため、設計、施工について検討を行った。

1)設計

- ・ 構造性能：4 辺が剛結合となっている方が構造性能に優れ、RC 接合剛結合案、PC 接合案が有利である。
- ・ 止水性：対象用途が、水路、道路であり、止水性能が求められる。RC 接合ピン結合案は、接合部の止水性に多少不安がある。RC 接合剛結合案、PC 接合案は、接合部の目開き、ズレが生じにくく止水性に優れている。
- ・ 接合部耐久性：プレキャスト部材を組み立てていく場合、どうしても接合部が弱点となりやすく、耐久性に優れた接合方法が求められる。RC 接合ピン結合案は、接合部の変形を許容するため、RC 接合剛結合案、PC 接合案と比較し耐久性に劣る。
- ・ PC 構造：部材にプレストレスを導入することは、部材厚を薄くすることができ、合理的な設計ができるとともに、プレキャスト部材重量を小さくすることができ有利である。PC 接合案は、4 辺ともプレストレスを導入できる。RC 接合剛結合案②は、頂版、底版に、RC 接合剛結合案①と RC 接合ピン結合案は、頂版にそれぞれプレストレスを導入した構造とすることが可能である。

2)施工

- ・ 側壁立ち精度：側壁の立ち精度が容易に調整可能か否かは、頂版据付け時の施工性に大きく影響する。側壁部のみ分割された形の、RC 接合剛結合案②と PC 接合案の方が、精度の調整が容易である。
- ・ 部材形状：部材形状がシンプルである方が、運搬、仮置きが容易となる。RC 接合剛結合案①と RC 接合ピン結合案は、部材が L 形なため不利である。
- ・ 頂版据付：重量部材を高所で接合するため、頂版据付が容易でなければならない。RC 接合ピン結合案が、せん断キー等にセットするだけの作業となり最も容易であるが、他案も頂版据付は、比較的容易である。
- ・ 特殊作業：PC 接合案は、現場で緊張作業が生じるため、緊張管理、品質管理等、特殊な技術を有する業者に限定される。モルタル充填継手は、技能講習を受け技能を習得することにより施工可能である。
- ・ 現場打ち部：プレキャストの組立にあたり、現場でコンクリートを打設する箇所が生じると工期に大きく影響する。RC 接合剛結合案①と RC 接合ピン結合案は、現場打ち部が生じるため工期的に不利である。

以上の検討をふまえて、これら4案のアイデアに対して、ボックスカルバートグループ5社が20項の評価項目を以下の基準で評価した表を、表-2.2.11に示す。評価は、3段階評価(1, 2, 3)とし、数字の大きいものを優れているとした。

評価表は、5社の評価を各案の各評価項目毎に合計し、その結果を一覧表にしたものである。

ここに、各評価項目の最高・最低得点は以下となる。

最高：3点/社×5社=15点

最低：1点/社×5社=5点

比較検討の結果、側壁の上・下にモルタル充填継手を使用したRC接合剛結合案が最も優れていると評価され、採用することとした。

図-2.2.11にそのモデル図を示す。

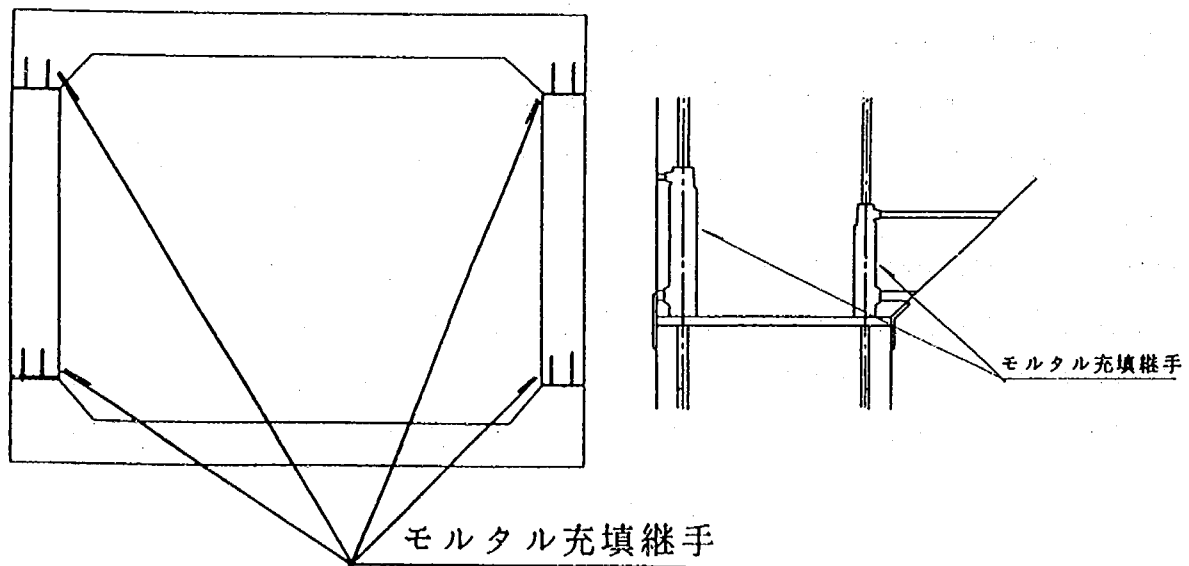


図-2.2.11 分割・接合方法モデル図

表-2.2.11 分割・接合案評価表

評 価 項 目			P C接合案	R C接合剛結合金案①	R C接合剛結合金案②	R C接合ピン結合金案	
設 計		設計手法が従来から行われているものであり、明快である。	1 1	1 5	1 3	5	
		継手部分の耐久性に優れている。	1 4	1 2	1 5	5	
		面の目開きやずれがない。	1 4	1 5	1 5	5	
		鉄筋が連続しており、継手部分の強度に優れる。	1 1	1 5	1 5	8	
施 工	製 作	特殊作業や製作工程が少なく、製作が容易である。（製作精度含む）	9	1 3	1 0	1 0	
		型枠の転用性が良い。	1 4	1 0	1 4	9	
		現場ヤードの製作にも適用性が高い。	1 1	1 2	1 1	8	
	運 搬	工場から現場への運搬が容易である。	1 4	8	1 4	8	
		工場内及び現場内での仮置きや小運搬が容易である。	1 4	8	1 4	8	
	建込・据付	建込・据付作業が容易である。（建込・据付精度の調整と確保含む）	1 0	7	1 0	9	
		据付の際の一時的なパネルの仮押え、仮留めの必要がない。	1 0	8	8	8	
		建込・据付作業時の安全性が高い。（倒壊や高所作業に関して）	9	1 1	1 1	1 1	
	接 合	接合方法が単純かつ容易である。（特殊技能工の必要性含む）	6	1 1	1 3	1 2	
		接合に要する時間が短い。	1 1	5	1 0	8	
		接合作業時の安全性が高い。	9	1 2	1 3	1 3	
	そ の 他		継手部の止水性に優れている。	1 4	1 5	1 5	6
			経済性に優れている。	5	1 4	1 0	1 1
			トータルの工程を大幅に短縮できる。	1 4	6	1 0	7
			床版に場所打ち部を設けない。	1 5	5	1 5	5
			省力化、省人化の度合いが高い。（機械化含む）	1 2	6	1 2	6
合 計 得 点			2 2 7	2 0 8	2 4 8	1 6 2	
総 合 評 価			Ⅱ	Ⅲ	Ⅰ	Ⅳ	

2.3 設計上の問題点

2.3.1 プレキャスト擁壁

プレキャスト擁壁の分割・接合方法は『モルタル充填式継手の2分割案』に絞られたため、この方法によってプレキャスト擁壁を設計する場合の留意点について調査研究を行った。

(1) 設計用図書

土木構造物として擁壁を設計する場合の準拠示方書および指針類には、下記のものがある。

- 1)「道路土工 擁壁・カルバート・仮設構造物工指針」(昭和62年5月) 日本道路協会
…………以下「道路土工指針」と略す
- 2)「建設省制定 土木構造物標準設計第2巻」(昭和62年7月) 全日本建設技術協会
…………以下「標準設計」と略す
- 3)「コンクリート標準示方書(平成3年版)」土木学会
…………以下「コンクリート示方書」と略す

また今回使用するモルタル充填式継手は、いわゆる重ね継手とは違って特殊な継手であり、この継手に関して参考となる図書としては、継手メーカーのカatalogの他に、以下の指針がある。

- 4)「鉄筋継手指針」(昭和57年2月) 土木学会
…………以下「鉄筋継手指針」と略す

これらの示方書、指針のうち、コンクリート示方書以外の示方書、指針類は許容応力度設計法で設計が行われているのが実状であり、本研究でも許容応力度設計法で設計を行うことを原則とした。

(2) 特殊条件の確認

本研究の研究対象となっているプレキャスト擁壁が従来の擁壁と大きく異なる点は、プレキャスト部材どうしの接合が行われるという点である。その他の材料強度や土圧の算定方法、あるいは断面力の算定方法などについては、従来の擁壁の設計指針に準拠することができるため、本研究においては既往の指針とは大きく異なる特殊条件、すなわち鉄筋の継手としてモルタル充填式の機械式継手を全数継手(いわゆるイモ継手)として使用することに主眼をおくこととした。

そこで次ステップとして、本研究の特殊条件であり、かつ設計上の主たる課題である『継手部の許容応力度およびこれに付随する事項(構造細目)』について調査した。

(3) 継手部の許容応力度

本研究の継手部の特徴としては、次のようなことが考えられる。

- a) プレキャスト部材の接合であるため、鉄筋の継手箇所が一箇所に集中する。
- b) プレキャスト部材の接合であるため、部材間の継目が生じる。

a)のいわゆるイモ継手の問題に対し、「鉄筋継手指針Ⅰ 9条許容応力度」では以下のように許容応力度の低減方法を定めている。

評価指針によって継手性能が評価され、かつ所定の施工管理が行われる継手の許容応力度は、一般の場合、以下のとおりとする。

① 継手の許容引張応力度は、評価指針に規定する静的耐力性能、A級、B級、C級につき、それぞれ鉄筋母材の値の100%、80%、60%以下とする。

② 継手の集中度が1/2を超える場合、継手部の許容引張応力度は、継手の種類に応じ、評価指針に規定する施工等に起因する信頼度を考慮して適宜これを低減するものとする。

③ 評価指針に規定する高応力繰返し耐力性能を有する継手は、RC示方書68条(2)、(3)に従って許容応力度の割増しを行ってよい。

④ 評価指針によって耐疲労性能の確認された継手の疲労に対する許容引張応力度は一般の場合、RC示方書67条(1)(b)に示される値以下とする。

ここで静的耐力性能は、次の3つの級に分類されている。

表-2.3.1 静的耐力性能の分類

	A 級	B 級	C 級
強 度	母材の規格降伏点の135%以上または母材の規格引張強さ以上	母材の規格降伏点の135%以上または母材の規格引張強さ以上	母材の規格降伏点以上
軸方向剛性	母材の規格降伏点の70%の応力に対し、軸方向剛性が母材以上、および母材の規格降伏点の95%の応力に対し、軸方向剛性が母材の90%以上	母材の規格降伏点の70%の応力に対し、軸方向剛性が母材の90%以上、および母材の規格降伏点の95%の応力に対し、軸方向剛性が母材の70%以上	母材の規格降伏点の50%の応力に対し、軸方向剛性が母材の90%以上、および母材の規格降伏点の95%の応力に対し、軸方向剛性が母材の50%以上
残留変形量	母材の規格降伏点の95%の応力を載荷後、同2%以内に除荷したときの残留変形量が0.3mm以下	母材の規格降伏点の95%の応力を載荷後、同2%以内に除荷したときの残留変形量が0.3mm以下	規 定 せ ず
許容引張応力度低減	100%	80%	60%

静的耐力性能については、このA級規格を満足する製品を用いることによって、継手部の許容応力度の低減は考えなくても良いことになる。

また施工等に起因する信頼度は「鉄筋継手指針Ⅱ 6条施工等に起因する信頼度」では3段階に分類されており、Ⅰ種からⅢ種の各段階における継手部の許容引張応力度の低減率は、表-2.3.2に示す値を取る。

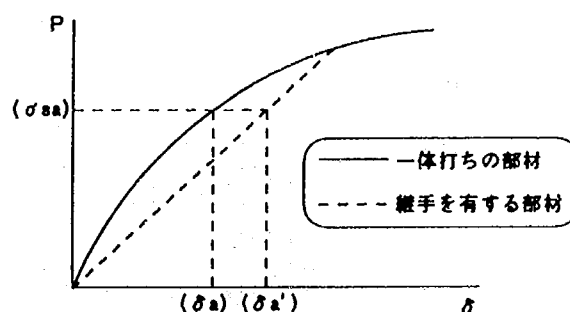
表-2.3.2 施工等に起因する信頼度と継手部の許容引張応力度の低減

	内 容	低 減
Ⅰ 種	施工等に起因する信頼度が高い場合の区分であって、通常の施工管理のもとで確実に継手が所期の性能を発揮し得るもの	90%
Ⅱ 種	継手の性能が若干天候の影響を受けたり、検査が必ずしも容易でないが、一般の場合には継手の所期の性能が得られ、かつ継手としての信頼度が高いもの	80%
Ⅲ 種	継手の性能が現場の施工管理等にある程度影響されるが、十分な管理を行えば所期の性能が得られるもの	70%

モルタル充填式継手の施工等に起因する信頼度低下の要因として、以下のような事項が考えられる。

- スリーブ内へのモルタル注入の不備によるもの
- スリーブ内の鉄筋の偏心、挿入長さ不足等によるもの
- モルタルの品質のばらつき、養生不足等による強度低下によるもの

また部材間継目の問題については、曲げが作用した場合の剛性の低下が懸念され、ひび割れ幅の拡大により継手部の耐久性が損なわれる恐れがある。許容応力度設計法では、ひび割れ幅を考慮の上で鉄筋の許容応力度を定めているため、このような剛性の低下が生じる場合には、鉄筋の許容応力度の低減を行うことが妥当であろうと思われた。



(4) かぶり、あき等の構造細目の問題

1) かぶりに関する規定

継手部のかぶりは「鉄筋継手指針Ⅲ-5 8条かぶり」によると、昭和55年版コンクリート標準示方書の鉄筋のかぶりの規定に従うことになっているので、これを平成3年版コンクリート標準示方書の同項に関する規定を引用する（表-2.3.3参照）。

表-2.3.3 継手部のかぶり(cm)

	スラブ	はり	柱
一般の環境	2.5	3.0	3.5
腐食性環境	4.0	5.0	6.0
特に厳しい腐食性環境	5.0	6.0	7.0

注) $c_{min} = \alpha * c_o$ において、次のような仮定をした場合の値である。

- 1) プレキャスト製品の場合 $180\text{kgf/cm}^2 < f_{ck} < 350\text{kgf/cm}^2$ と考えられるので $\alpha = 1.0$ とする。
- 2) 工場製品の場合 20% までの低減が許されている。

また同示方書のなかでは工場製品に対するかぶりを表-2.3.4のように規定しているが、これらはいずれも JIS で制定された、量産される製品に対する値であり、これまでの経験から締固めが十分に行われているもの、部材寸法が小さくひびわれが発生しにくいこと等の条件を十分満足できる場合にのみ適用可能である（コンクリート標準示方書解説参照）。本研究の場合はこれらの条件を全て満足しているとは思えないので、一般的な場合として表-2.3.3を適用すべきだと考えた。

表-2.3.4 最小かぶり(cm)

工場製品の分類		外気に露出される場合 土や水に直接ふれる場合、 その他耐久性について考慮する必要がある場合	外気に露出されない場合、 場所打ちコンクリートに埋込まれる場合、特に 耐久性について考慮する必要のない場合
区分	締固め方法		
取換えが困難なもの	振動締固め	2.0	1.0
	遠心力締固め	1.5	1.0
取換えが比較的容易なもの	振動締固め	1.2	0.8
	遠心力締固め	0.9	0.8

ところでモルタル充填式継手のスリーブは表-2.3.5に示す通り異形鉄筋よりも径が大きいいため、継手部におけるかぶりは現在の設計よりも概ね1.5cm~2.0cm小さくなる(表-2.3.6、図-2.3.1参照)。

表-2.3.5 モルタル充填式継手の諸元表
(NMBスプライススリーブの例)

スリーブ 呼び名	使用 鉄筋	スリーブ 長さ mm	広口		中央 外径 mm	狭口		注入口 位置(A) mm	排出口 位置(B) mm	最小埋 込深さ mm	スッパ- の位置 mm	ゲラト 積算量 kg
			内径 mm	外径 mm		内径 mm	外径 mm					
5U-X	D16	245	32	46	46	22	36	47	224	105	110	0.57
6U-X	D19	285	36	50	50	26	40		264	125	130	0.80
7U-X	D22	325	44	58	58	29	43		304	145	150	1.20
8U-X	D25	370	48	63	63	33	48		349	165	170	1.57
9U-X	D29	415	51	66	66	36	51		394	188	192.5	1.79
10U-X	D32	455	55	71	71	40	56		434	208	212.5	2.24
11U-X	D35	495	59	77	77	44	61		474	228	232.5	2.73
12U-X	D38	535	62	82	82	47	65		514	248	252.5	3.19
13/14U-X	D41	620	66	88	88	51	71	47	599	290	295	4.17
5Y-X	D16	185	32	46	46	22	36		164	75	80	0.43
6Y-X	D19	215	36	50	50	26	40		194	90	95	0.60
7Y-X	D22	245	44	58	58	29	43		224	105	110	0.90
8Y-X	D25	280	48	62	62	33	47		259	120	125	1.19

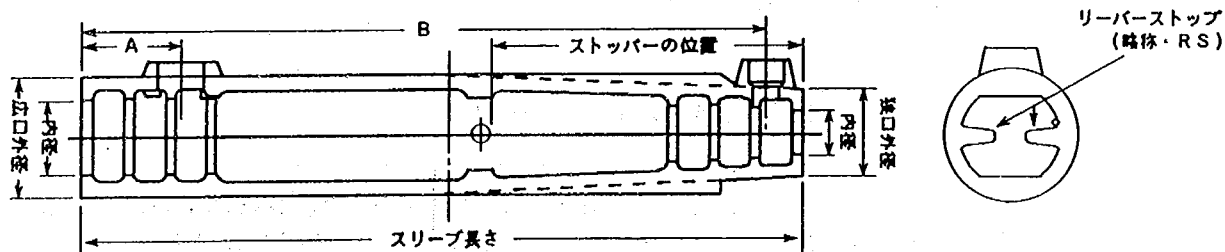


表-2.3.6 継手部と鉄筋のかぶりの関係

使用鉄筋 mm (イ)	広口外径 mm (ロ)	$(ロ-イ)/2$	純かぶり70mmの場合の試算値	
			鉄筋部の 純かぶり mm	継手部の 純かぶり mm
D16	46	15	70	55
D19	50	16	70	54
D22	58	18	70	52
D25	63	19	70	51
D29	66	19	70	51

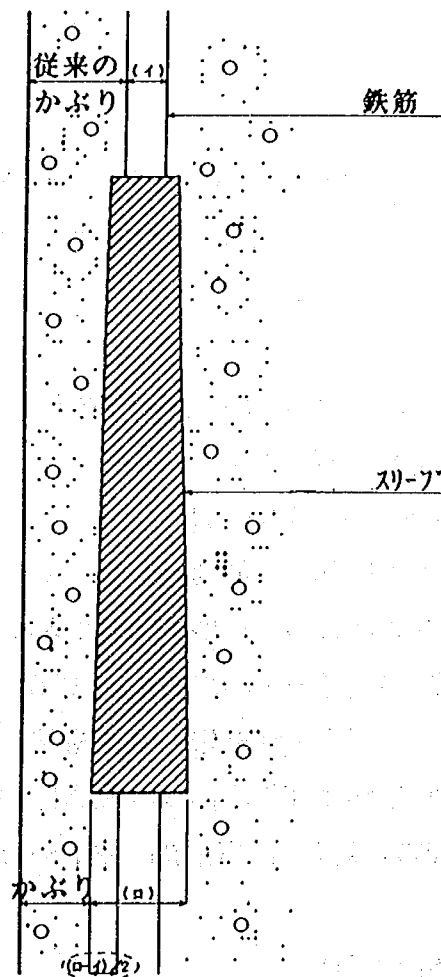


図-2.3.1 かぶり詳細図

2)あきに関する規定

継手部のあきは「鉄筋継手指針Ⅲ-5 7条継手部のあき」によると、スリーブと隣接鉄筋とのあき、またはスリーブとスリーブとのあきは、粗骨材の最大寸法以上と規定されている。

通常のコンクリートに使用される粗骨材の最大寸法は25mm程度であり、鉄筋の配筋ピッチがここまで小さくなることは考えられないから、この規定に対しては特に問題ないものと考えた。

(5) 要素実験の必要性

以上の問題点のうち、かぶり、あき等の構造細目についてはコンクリート標準示方書の規定に準拠して設計を行うことが可能であると判断した。継手部の許容応力度については、低減率を定めるために必要な一体打ちコンクリートと継手部を有するコンクリートの構造性能（曲げ耐力、せん断耐力、変形性能等）に関する研究、文献が乏しかったため、両者を比較する純せん断試験および曲げせん断試験の要素実験を行うこととした。

2.3.2 ボックスカルバート

ボックスカルバートの分割・接合方法は、側壁の上・下にモルタル充填継手を使用したRC接合剛結案に絞られたので、ここではこの方法によってボックスカルバートを設計する場合の留意点について、調査研究を行った。

(1) 設計用図書

土木構造物としてボックスカルバートを設計する場合の準拠示方書および指針類には、下記のものがある。

- ・「コンクリート標準示方書」土木学会（平成三年版）
- ・「道路橋示方書・同解説」日本道路協会（平成6年2月）
- ・「PCボックスカルバート道路埋設指針」国土開発技術センター（平成3年10月）
- ・「プレストレストコンクリート工法設計施工指針」土木学会（平成3年3月）
- ・「建設省制定土木構造物標準設計第1巻」全日本建設技術協会（昭和62年7月）
- ・「RC製プレキャストボックスカルバート道路埋設指針」国土開発技術センター（平成2年3月）
- ・「道路土工―擁壁・カルバート・仮設構造物工指針」日本道路協会（昭和62年5月）

ここで、今回使用するモルタル充填継手に対する参考図書は、継手メーカーのカatalogの他に以下の指針がある。

- ・「鉄筋継手指針」土木学会（昭和57年2月）

これらの示方書、指針のうち、コンクリート標準示方書以外の示方書、指針類は許容応力度設計法で設計が行われているのが実状であり、本研究においても許容応力度で設計を行うことを原則とした。

(2) 特殊条件の確認

当研究での主なる構造の特色は、継手が設けられることにある。本設計での考え方のかかなりの部分が、従来のボックスカルバートの設計指針に準拠できるものとする、当研究においては、既往の指針とは異なる特殊条件の考え方を中心に整理することとした。すなわち鉄筋の継手としてモルタル充填式の機械式継手を

全数継手として使用することに主眼を置くこととした。

そこで、本研究の特殊条件であり、かつ設計上の主たる課題である「継手部の許容応力度およびこれに付随する事項（構造細目）」と、「継手部の防水工法」について調査した。

(3) 継手部の許容応力度

本研究の継手部の特徴としては、次のようなことが考えられる。

- ・プレキャスト部材の接合であるため、鉄筋の継手箇所が一箇所に集中する。
- ・プレキャスト部材の接合であるため、部材間の継目が生じる。

いわゆるイモ継手の問題に対しては、「鉄筋継手指針Ⅰ 9条許容応力度」では、許容応力度の低減方法が定められている。低減を考慮する項目としては、継手の静的耐力性能と、施工等に起因する信頼度があげられる。

静的耐力性能については、この規格を満足する製品を用いることにより低減は考えなくて良いことになる。

モルタル充填継手の施工等に起因する信頼度低下の要因としては、以下のような事項が考えられる。

- ・スリーブ内へのモルタルグラウトの不備によるもの。
- ・スリーブ内の鉄筋の偏心、挿入長さ不足によるもの。
- ・モルタルの品質のばらつき、養生不足等による強度低下によるもの。

また、部材間継目の問題については、曲げが作用した場合の剛性の低下が懸念され、ひびわれ幅の拡大により継手部の耐久性が損なわれる恐れがある。許容応力度設計法では、ひびわれ幅を考慮の上で鉄筋の許容応力度を定めているため、このような剛性の低下が生じる場合には、鉄筋の許容応力度の低減を行うことが妥当であろうと思われた。この低減率を定めるために必要な、一体打ちコンクリートと継手部を有するコンクリートの構造性能（曲げ耐力、せん断耐力、変形性能等）に関する研究、文献が乏しかったため、両者を比較する純せん断試験および曲げせん断試験の要素試験を行うこととした。

(4) かぶり、あき等の構造細目の問題

継手部のかぶりは、コンクリート標準示方書の鉄筋のかぶりの規定に従い、モルタル充填継手部も同様のかぶりを確保できるように配置することとした。

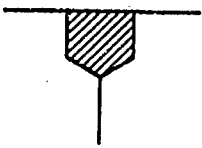
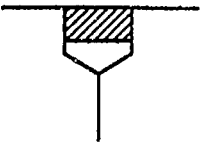
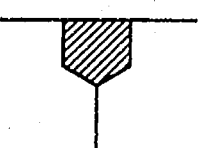
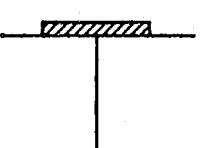
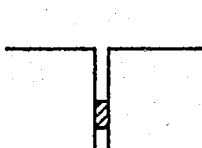
継手部のあきは「鉄筋継手指針Ⅲ-5 7条継手部のあき」によると、スリーブと隣接鉄筋とのあき、またはスリーブとのあきは、粗骨材の最大寸法以上と規定されており、これに従うこととした。

(5) 防水工法

地下水および雨水の浸入は、ボックスカルバートの維持管理に種々の悪影響を与え、経済的負担の増大をもたらす。したがって、これらに対して適切な防水対策を講じて健全な施設を構築することは、極めて大切なことである。そこで、各種防水材料に対して調査を行い、対象とするボックスカルバートの各継手位置に対して適する防水方法の検討を行った。

防水材料は、一般的に使用されており実績があること、材料の入手が容易であること、耐久性があることを考え選定した。各材料の特性を明らかにし、一覧表として表-2.3.7に示す。

表-2.3.7 防水材料一覧表

形式	材 料	特 性	使用方法
目地コーキング	モルタル	二次製品の目地材として最も一般的であるが、接着性能・変形性能とも期待できず防水材料としては不適である。	
	ウレタン樹脂	大きな変形に追従できる性能を有しており防水性にも優れるが、硬度は比較的低い。2面接着を原則とする。	
	エポキシ樹脂	硬度が高く防水性にも優れるが、大きな変形に追従する事はできない。	
カイパニラグ	エポキシ樹脂	同 上	
止水ゴム	ブチルゴム	プレキャストボックスカルバートの防水材として一般的に使用され、伸縮性・復元性に富む。大きな水圧のもとで防水性を保持する事は難しい。	

防水仕様は、一長一短を有する材料の特性を十分把握し、効果的に利用できるように検討した。また、プレキャストボックスカルバートを用いた水路、共同溝、防火水槽等の過去の事例を参考とした。本研究で対象としているボックスカルバートの場合、函底付近で最大 1.0kgf/cm^2 程度の水圧が予想されること、施工上底版以外の部材に止水ゴムの配置が不可能であることを考慮して、内外面による防水を原則とした。

調査した材料のうち、ウレタン樹脂コーキングは、「鉄筋コンクリート製プレキャストボックスカルバート道路埋設指針」にみられるように広く一般的に使用されている防水工法である。また、エポキシライニング、エポキシ樹脂コーキングは、消防庁認定製品であるプレキャスト防火水槽に材料が使用されており、実績も多い防水工法である。また、エポキシライニング、ウレタン樹脂コーキング、エポキシ樹脂コーキング

については、それぞれ耐水圧試験が過去に実施されている。その結果は、いずれも水圧 6kgf/cm^2 （3分間保持の条件下での結果）まで漏水が認められていない（メーカー報告書等による）。漏水が認められる試験結果（「鉄筋コンクリート製プレキャストボックスカルバート道路埋設指針」にみられる）もコーキング材の接合面のはかれ（64mmの強制目開き）が生じた段階での漏水であり、一般的使用条件下ではコーキング材が剥がれない限り問題はないと思われる。

以上の結果を踏まえた防水工法の例を図-2.3.2に示す。ただし、防水工法は、個々の施工条件に適した方法を採用すべきであるので、本案を一例とした実状に適した防水工法を選択することが重要である。

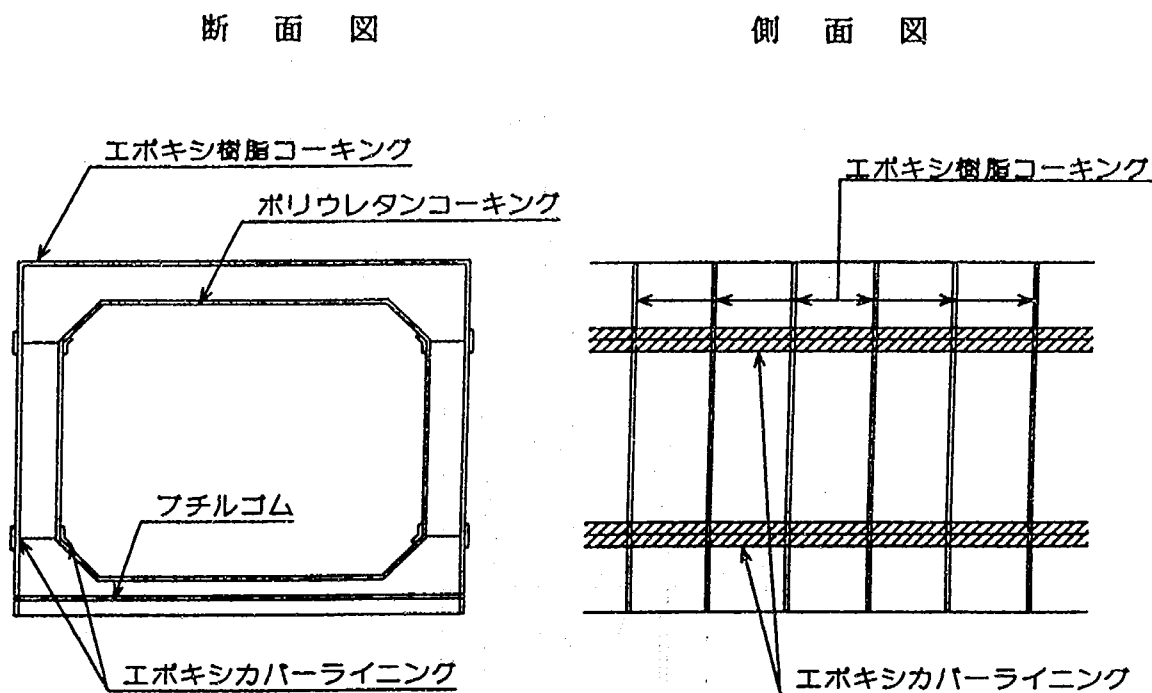


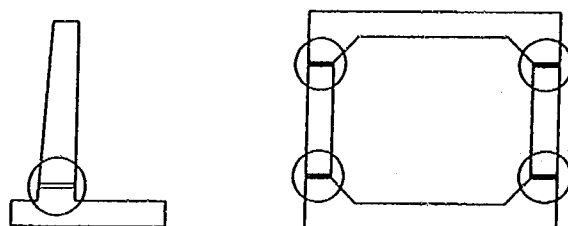
図-2.3.2 防水計画案

2.4 継手部の純せん断試験

2.4.1 試験の目的

本試験は、研究の対象構造物である大断面分割型プレキャスト擁壁およびプレキャストボックスカルバートのモルタル充填継手を用いた接合部が、一体打ちと同等の構造性能（①曲げ耐力、②せん断耐力）を有するかどうかを確認することを目的とした。

既往の文献調査により①曲げ耐力については一体打ちと同等の耐力を有することが確認されているので、本試験は②せん断耐力について行うものとした。図-2.4.1に接合部の詳細を示す。



（○部：接合部）

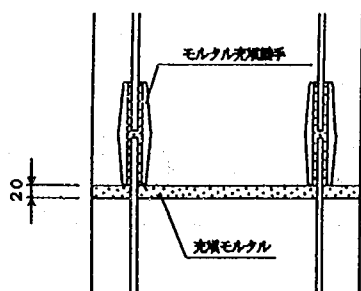


図-2.4.1 接合部の詳細

2.4.2 試験の概要

(1) 場所および期間

試験は（社）日本建設機械化協会・建設機械化研究所で、平成4年2月～3月の間に実施した。

(2) 試験体の種類

表-2.4.1に試験体の種類を示す。

表-2.4.1 試験体の種類

試験体名	パラメータ	備考
S-1	* 継手部あり	打継ぎ面の形状は平滑
S-2	継手部なし	一体打ち

* モルタル充填継手のスリーブ内は高強度モルタルを充填した。

(3) 試験体の形状・寸法

試験体の寸法は実物大の約 1/2 を基本として決定した。形状・寸法を図-2.4.2に示す。また、モルタル充填継手の形状・寸法を図-2.4.3に示し、一体打ち試験体および打ち継ぎ試験体の配筋図を図-2.4.4に示す。

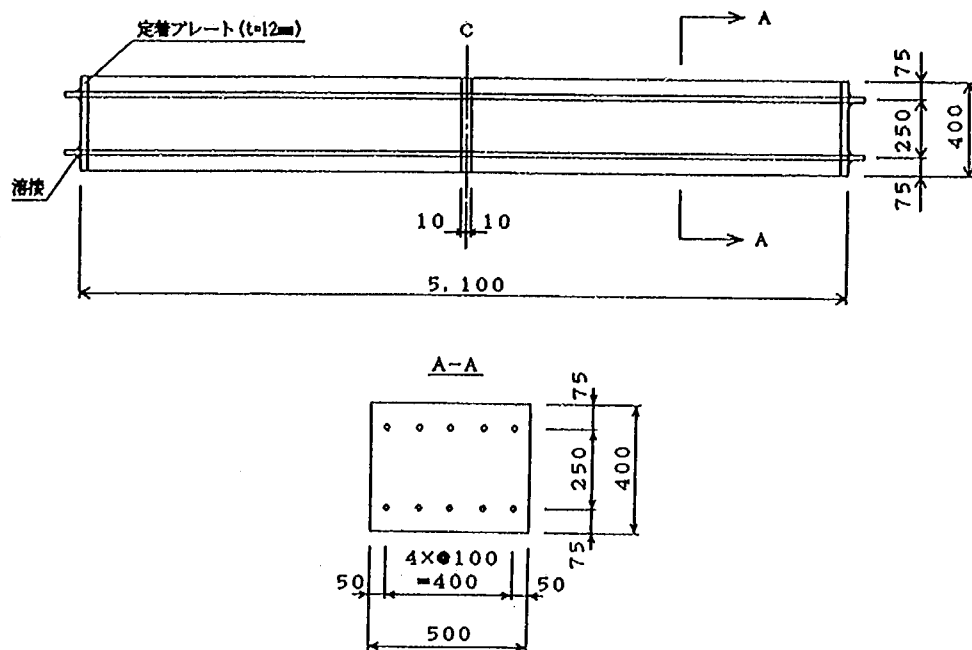


図-2.4.2 試験体の形状・寸法

(mm)

	スリーブ 長さ	広 口		狭 口		A	B	C
		内径	外径	内径	外径			
7U-X	325	44	58	29	43	47	304	150

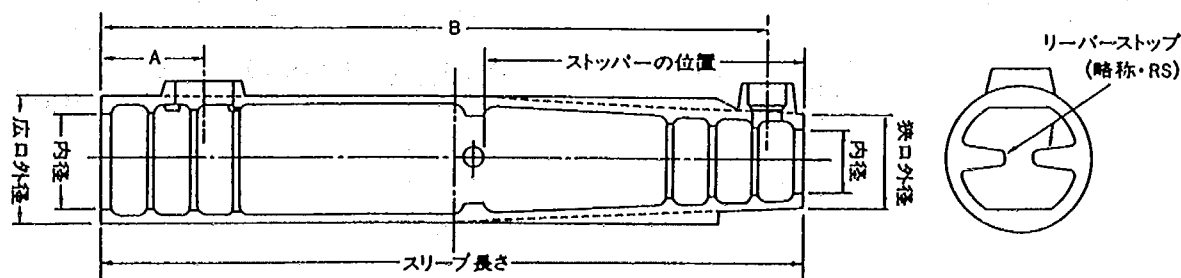


図-2.4.3 モルタル充填継手の形状・寸法

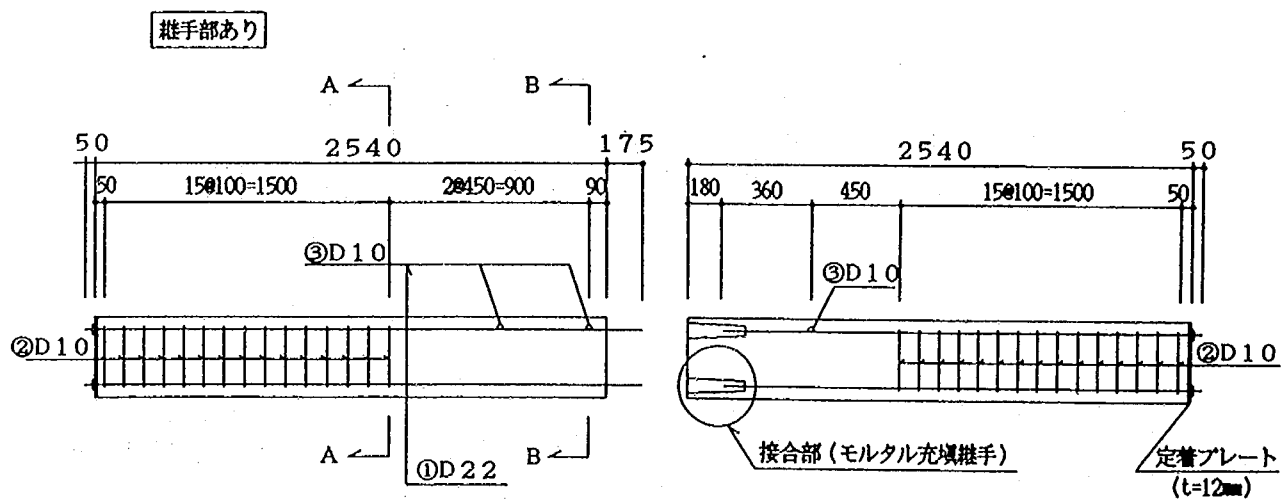
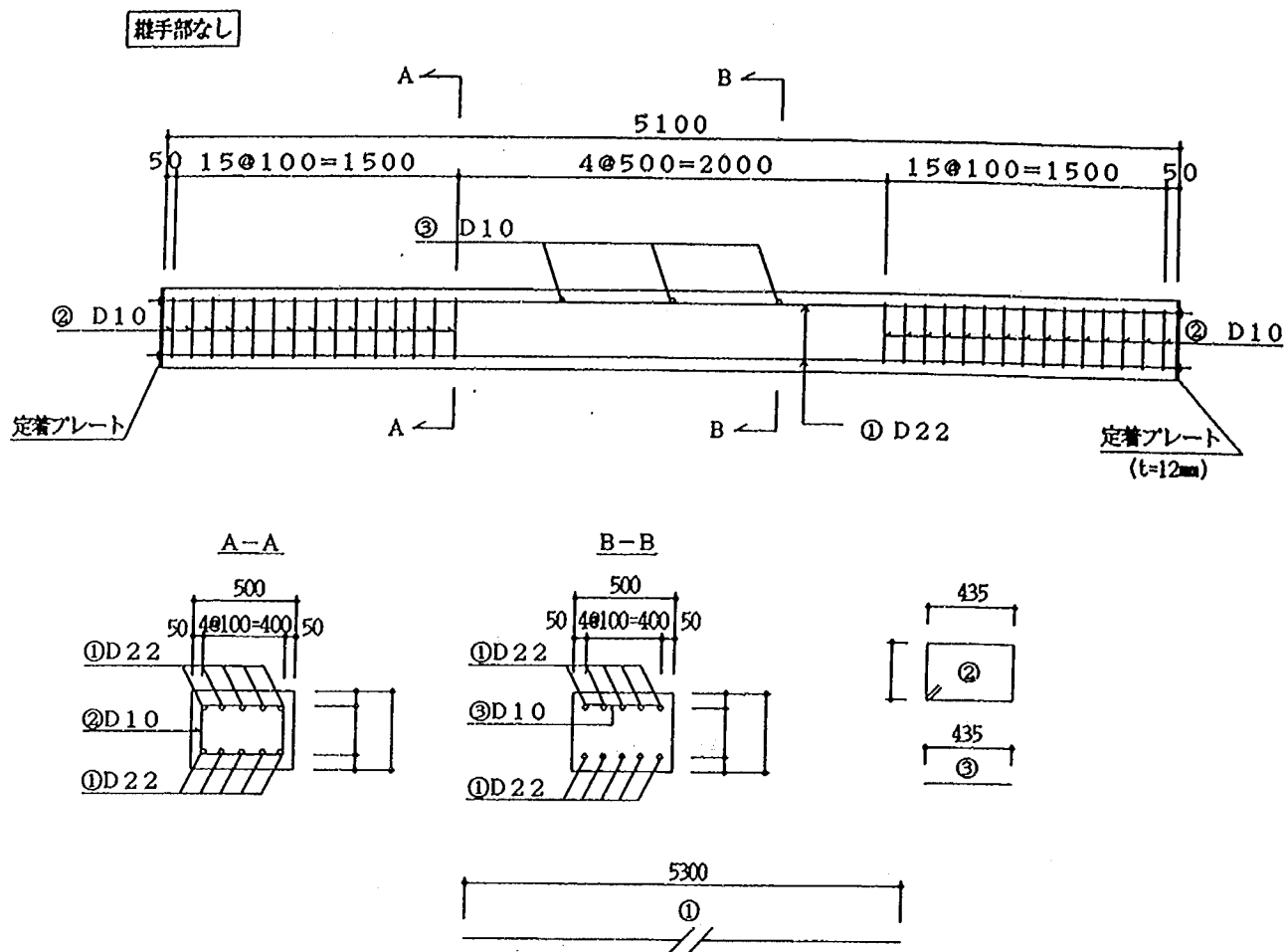


図-2.4.4 試験体の配筋図

(4) 使用コンクリートおよび充填モルタルの仕様

使用コンクリートおよび充填モルタルの仕様を表-2.4.2および表-2.4.3に示す。

表-2.4.2 コンクリートの仕様

σ_{ck} (kgf/cm ²)	スラフ [°] (cm)	W/C (%)	S/a (%)	単位量 (kgf/cm ²)				
				C	W	S	G	混和剤
300	8	40	43	408	163	755	1014	1.632

(セメントは早強ポルトランドセメントを使用した)

表-2.4.3 充填モルタルの仕様

σ_{ck} (kgf/cm ²)	フロー管理値 (秒)	配 合	
		水 量	充填モルタル材
650	5 ~ 15	3.5リットル	25kg

(フロー値の管理はJ 14ロートを用いた)

(5) 載荷方法

載荷は打ち継ぎ部の曲げモーメントが0、かつ、せん断スパン比が3となり、終局せん断強度が一定となる位置に、逆対称型一方向載荷方式により行った。載荷方法を図-2.4.5に示す。

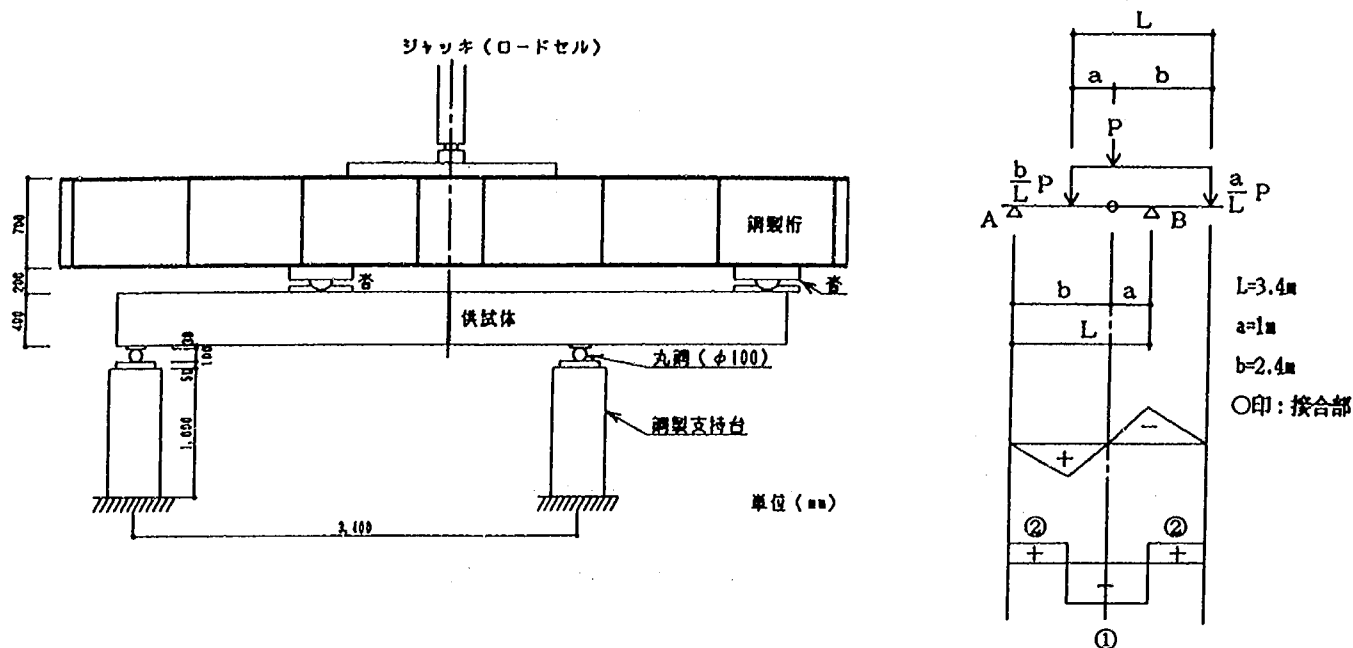


図-2.4.5 載荷方法

(6) 載荷荷重

試験体の載荷は、予想破壊荷重が40tf弱であるため、20tfと40tfにてピークとなるような繰り返し載荷を2サイクル行い、その後、試験体が破壊に到るまで載荷を行った。図-2.4.6に載荷サイクル図を示す。なお、載荷に使用した載荷梁および油圧ジャッキ等の総重量が4.4tfであることから、計測最小荷重は4.4tfとした。

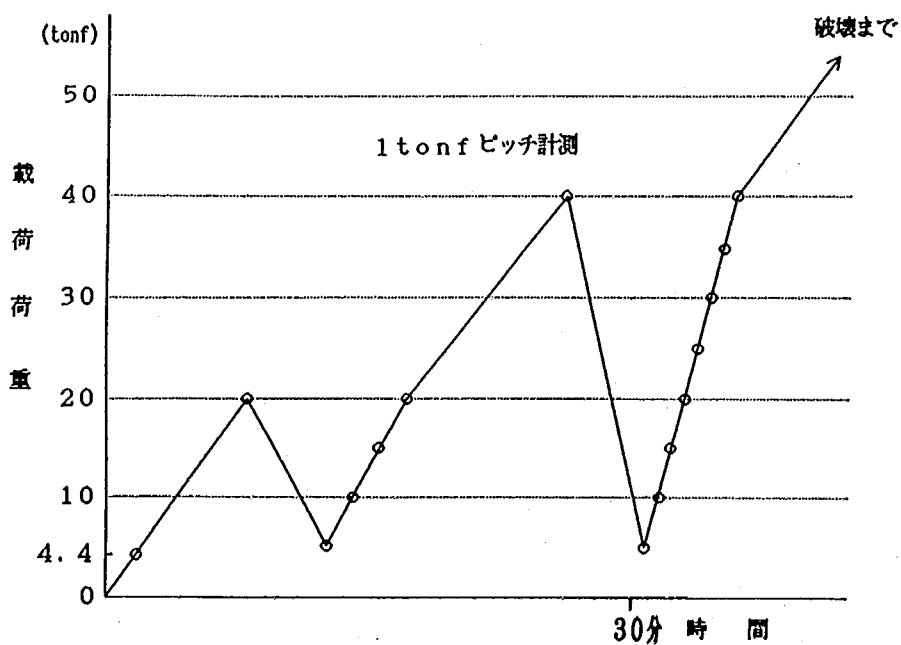


図-2.4.6 載荷サイクル図

(7) 計 測

表-2.4.4に計測項目および測定機器を示し、図-2.4.7に計測位置を示す。

表-2.4.4 計測項目および計測機器

計 測 項 目		計測数	計 測 機 器
荷 重		1	100tonfロードセル
変 位	た わ み	5	変 位 計
	支 点 変 位	2	変 位 計
	ず れ	2	変 位 計
	ひ ら き	2	パイゲージ
鉄 筋 ひ ず み		8	ひずみゲージ
ひび 割れ	進 行 状 況	—	目視によるスケッチ
	幅	—	目視, クラックゲージ

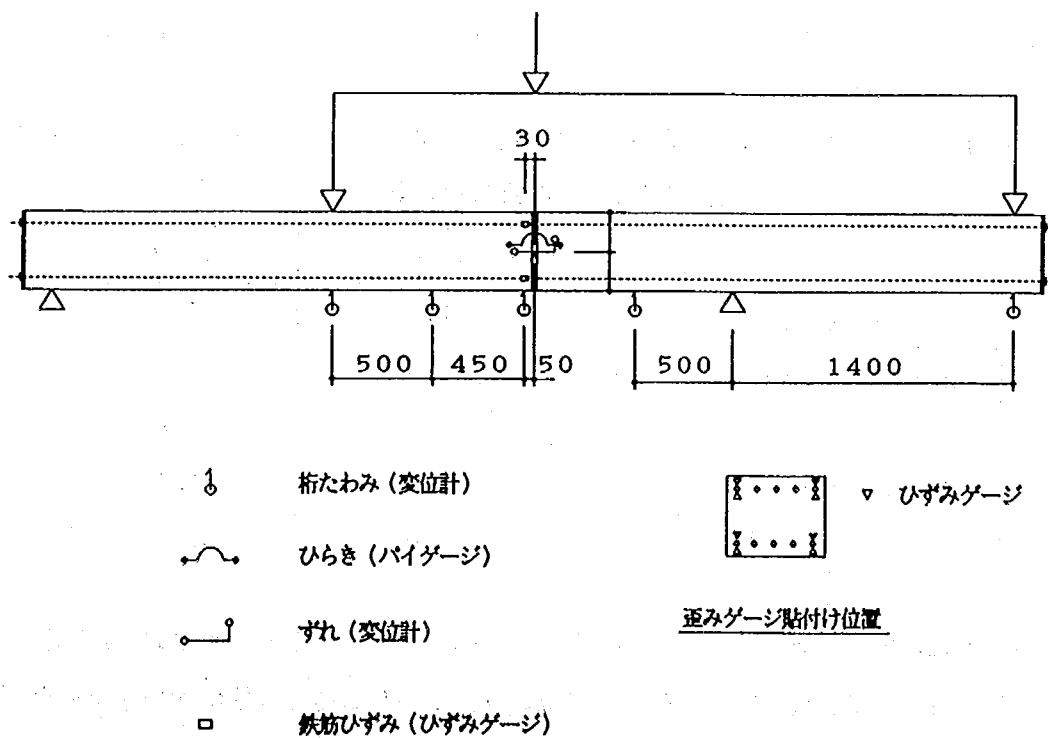


図-2.4.7 計測位置

2.4.3 試験結果および考察

(1) 材料試験結果

S-1 試験体（継手部あり）の試験時コンクリート強度および充填モルタル強度を表-2.4.5に、S-2 試験体（継手部なし）の試験時コンクリート強度を表-2.4.6に示す。

表-2.4.5 S-1 試験体（継手部あり）

の試験時コンクリート強度

	①	②	③	平均
圧縮強度(kgf/cm ²)	426	441	432	433
引張強度(kgf/cm ²)	37.5	38.0	35.5	37.0
充填モルタル強度(kgf/cm ²)	662	684	621	656

表-2.4.6 S-2 試験体（継手部なし）

の試験時コンクリート強度

	①	②	③	平均
圧縮強度(kgf/cm ²)	431	395	415	414
引張強度(kgf/cm ²)	38.1	37.7	28.6	37.9

(2) セン断耐力

S-1 試験体（継手部あり）とS-2 試験体（継手部なし）におけるひび割れ発生荷重（P_c）、最大荷重（P_{max}）およびせん断耐力を表-2.4.7に示す。

表中の計算耐力は「コンクリート標準示方書」に基づき、せん断補強筋を用いない部材として求めた。

表-2.4.7 セン断試験結果

	S-1	S-2
ひび割れ発生荷重 P _c (tf)	15.0	15.1
最大荷重 P _{max} (tf)	45.0	46.6
① セン断耐力 (tf)	18.5	19.2
② 計算耐力 (tf)	15.5	15.3
①/②	1.20	1.25

その結果、ひび割れ荷重、最大荷重、せん断耐力とも試験体の違いによる有意な差はみられなかった。また、両試験体とも破壊性状は、継手部ではない一般部の支点ないし載荷点近傍における斜めひび割れ破壊であった。一方、試験時の圧縮強度差を考慮した計算耐力との比（①/②）を比較した場合においても、殆ど差はなかった。これらのことから、両試験体間の強度の差、試験時のセッティングのばらつき等を考慮すれば、両試験体に有意な差はないものと考えられ、同等のせん断耐力を有すると判断される。また、破壊性状からも継手部がせん断に対して弱点になっていないことが判断される。

(2) 変形特性

S-1 (継手部あり) および S-2 (継手部なし) 試験体の変形図を図-2.4.8に示す。(変位計 No. 1~5) 両試験体を比較した場合、No. 2 変位計の変形において、S-1 試験体の方が S-2 試験体よりも小さくなっており、見かけ上の剛性が多少高いものとなっている。 N

No. 1、2 変位計について、その載荷荷重 (P) と変位量 (δ) の関係を図-2.4.9 および図-2.4.10 に示す。その結果、No. 2 変位計については、両試験体に明確な差が認められた。また、その他の変位計については最終的な変位量に多少差が認められるが、破壊に到るまでの $P \sim \delta$ 曲線に明確な差は認められなかった。このことより、両試験体は変形特性についてもほぼ同等の性能を有するものと考えられる。なお、No. 2 変位計において差が見られた原因の一つとして、この変位計と打継部の間にモルタル充填継手スリーブ ($L = 325\text{mm}$, $\phi_{\text{max}} = 58\text{mm}$) が存在することにより剛性が増加したものと考えられる。

打継部については、化粧合板を用いて比較的滑らかに仕上げられた面に充填モルタルを注入して一体化したものであるにもかかわらず、この部位におけるずれ・ひらきは見られず、打継部における一体性は確保されていた。このことにより、本試験のような純せん断において、打継部がせん断耐力上の弱点にはならないものと考えられる。

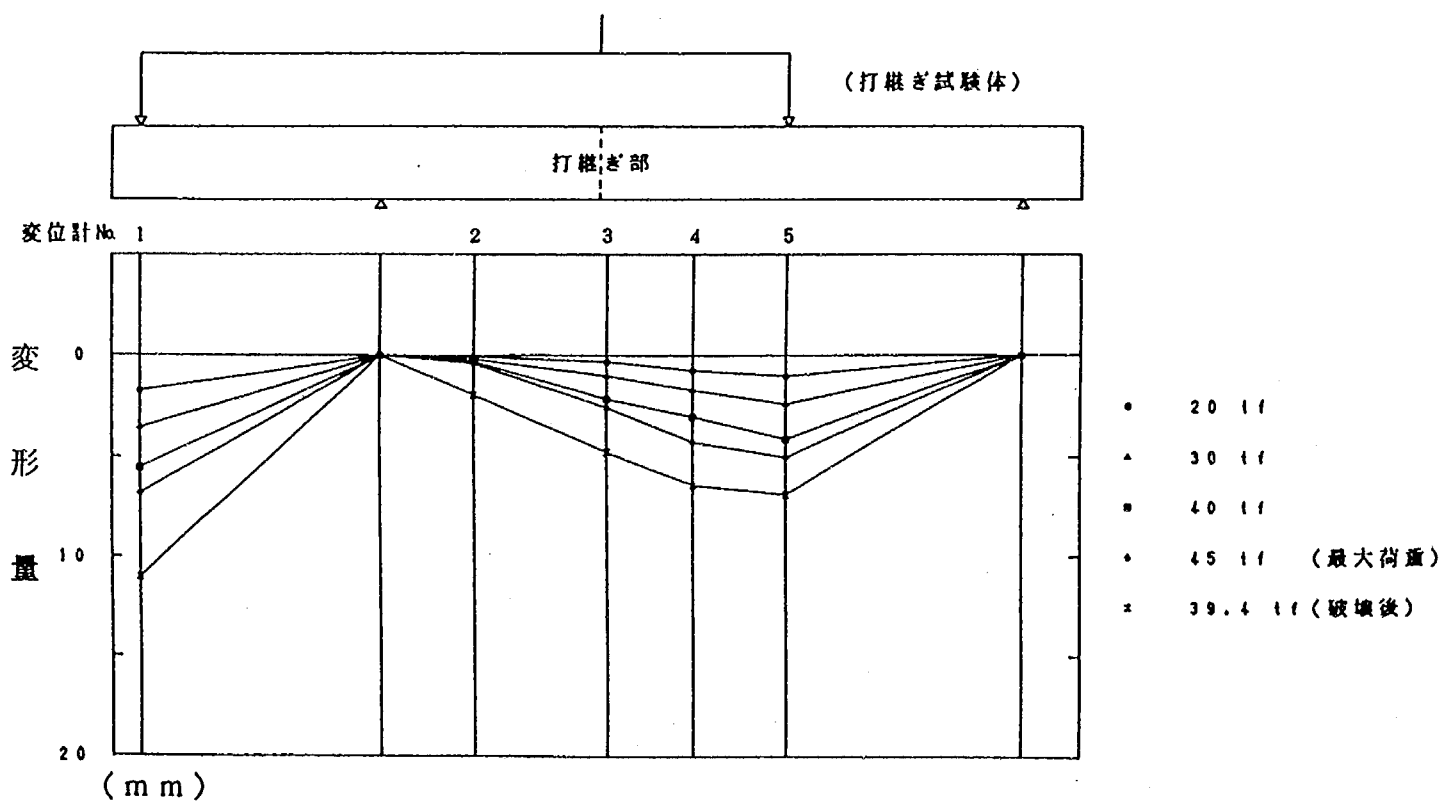
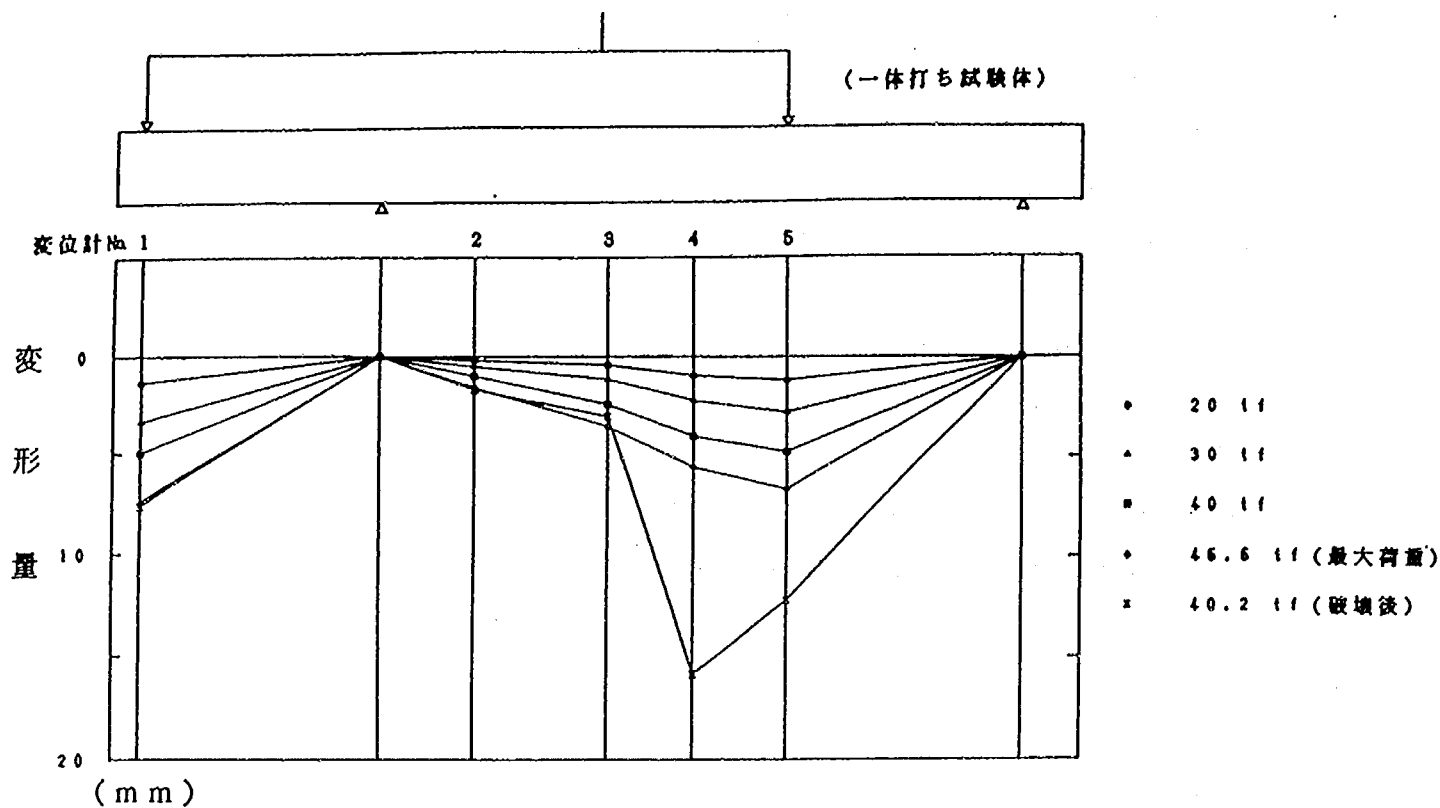
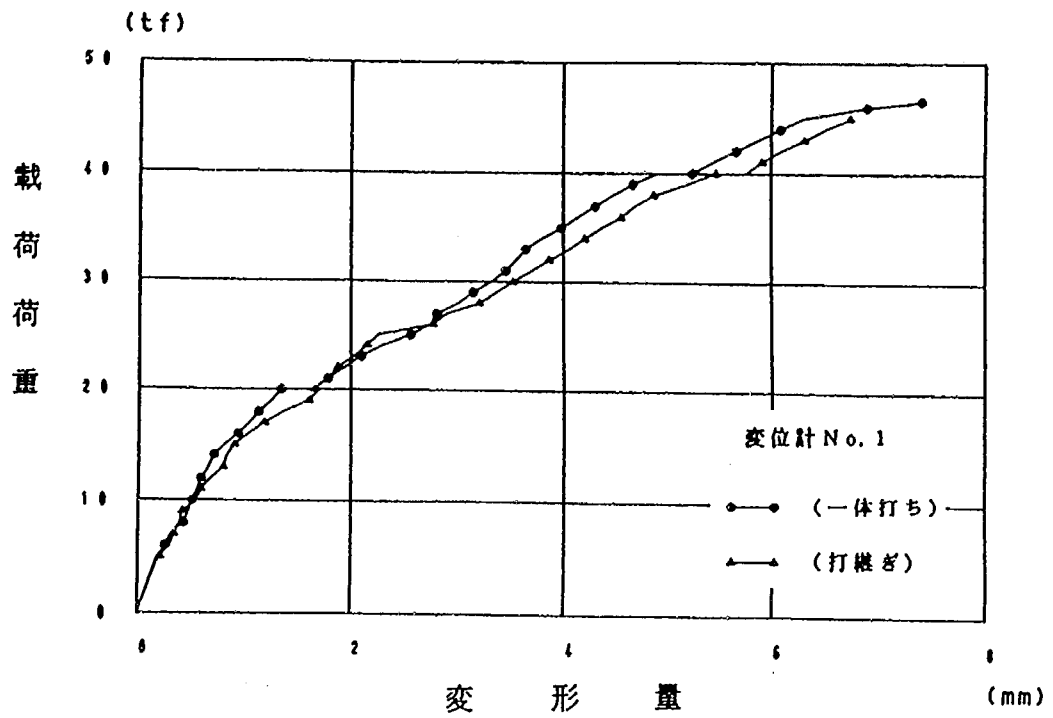
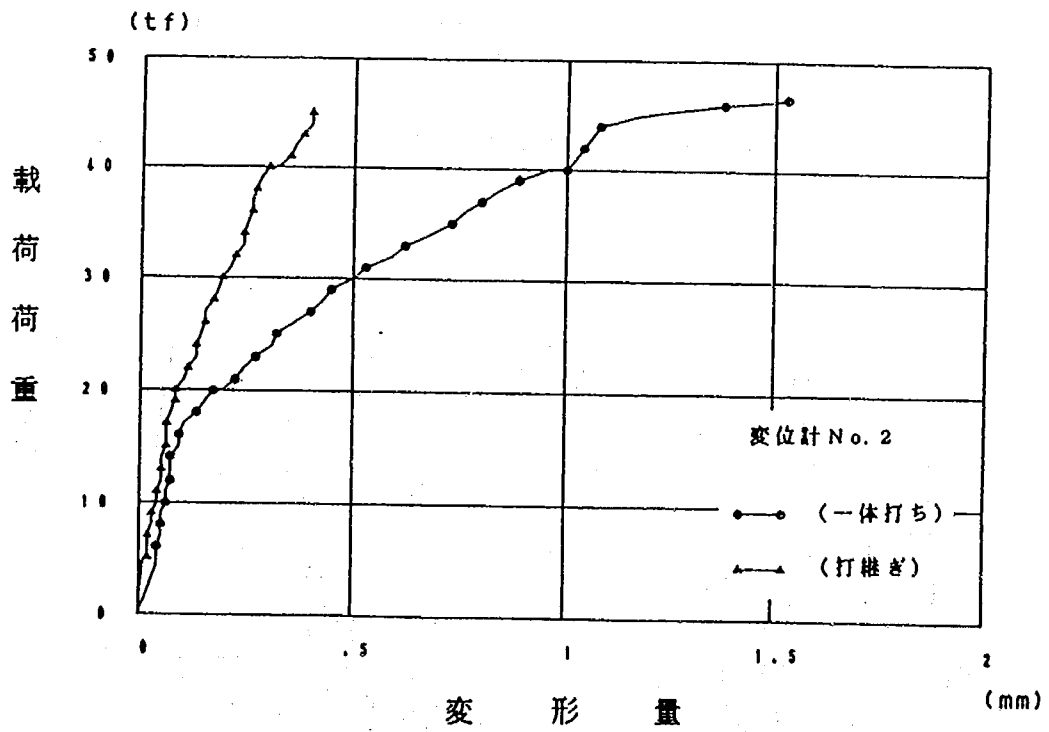


図-2.4.8 試験体の変形図



変位計 [No. 1]



変位計 [No. 2]

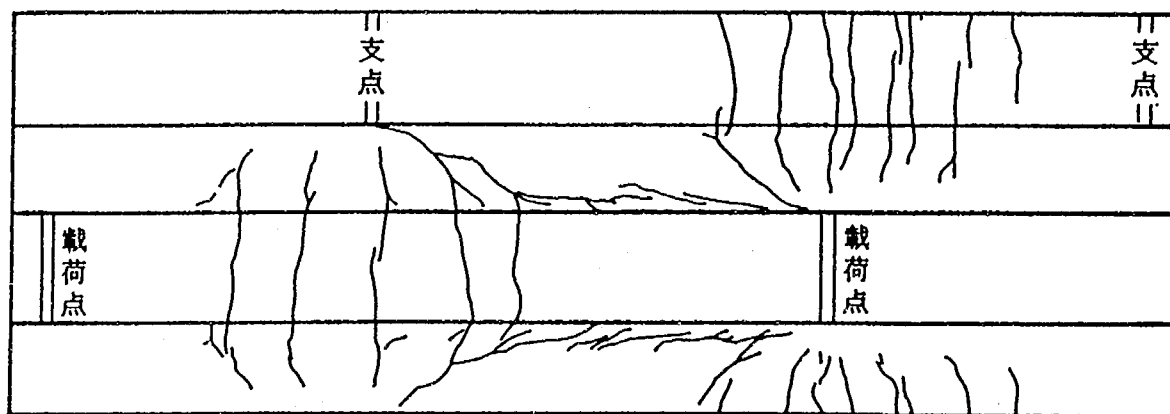
図-2.4.9 試験体のP- δ 曲線

(3) ひび割れ状況

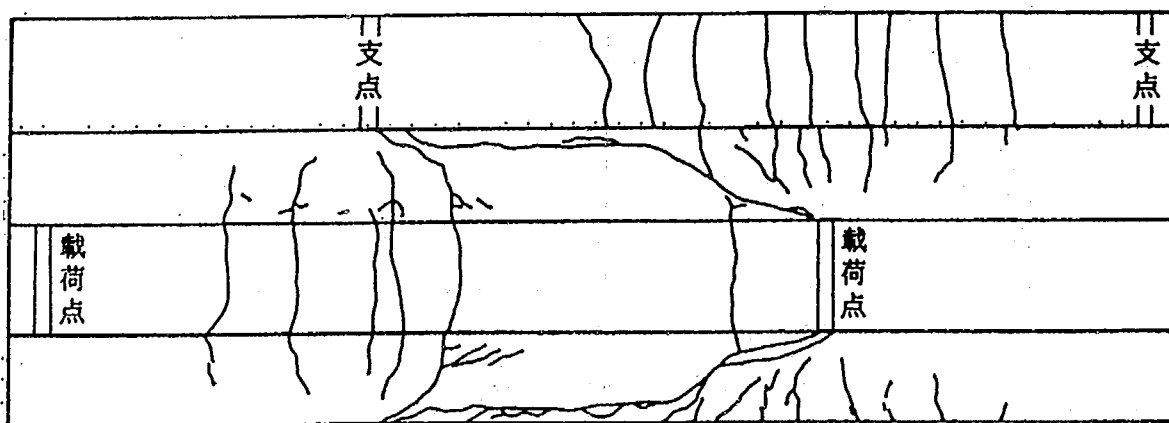
S-1 試験体（継手部あり）と S-2 試験体（継ぎ手部なし）の試験終了時のひび割れ発生状況を図-2.4.10に示す。S-2 試験体における初期ひび割れは、荷重15.1tfにおいてモーメントが最大となる支点近傍に発生し、荷重の増加に伴い、支点および載荷点の反対側に曲げひび割れが進行した。最終的には、荷重46.6tfにおいて、載荷点近傍付近より斜めひび割れが生じ、せん断破壊に至った。

また、S-1 試験体においても、荷重15.0tfで支点近傍に曲げひび割れが発生し、荷重45.0tfでせん断破壊に至っている。

両試験体の破壊に至るまでのひび割れ進展状況は、斜めひび割れ発生位置に違いはあるもののほぼ同等であり、打継部がせん断耐力上の弱点となっていないと考えられる。



S-1 試験体（継手部あり）



S-2 試験体（継手部なし）

図-2.4.10 試験終了時のひび割れ状況

2.4.4 まとめ

本試験により得られた結果を以下にまとめて示す。

- (1) 継手部近傍の鉄筋ひずみが破壊直前まで非常に小さいことから、継手部では曲げモーメントがほぼ零であり、せん断力のみが作用していたことが確認できた。
- (2) 試験により確認されたせん断耐力は、継手部ありと継手部なしの試験体を比較した場合、ほぼ同等の耐力を有するものと判断される。また、破壊性状からも継手部がせん断に対して弱点になっていないことが判断される。
- (3) 試験で得られたせん断耐力とコンクリート標準示方書に基づくせん断耐力の計算値とを比較した場合、両試験体ともに試験値が計算値に対して約1.20倍程度であった。ただし、標準示方書の計算式は、曲げ・せん断が同時に作用した場合の式であることに注意する必要がある。
- (4) ひび割れ進展状況において、両試験体に違いは見られなく、継手部付近においてもひび割れの発生は見られなかった。
- (5) 両試験体のP- δ 曲線を比較した結果、最終的な変位量こそ多少の差は見られたが破壊に至るまでの挙動に差は見られなく、変形性能においても両者は同等と考えられる。
- (6) 打継試験体で、スリーブ埋め込み部近傍の変位量が一体打ち試験体のものよりも小さく、この部分の見かけの剛性が大きくなっていた。
- (7) 継手部のずれ・ひらきは、せん断破壊に至る荷重においても計測されず、継手部の一体化が最終破壊時においても確保されていた。

以上のことから、純せん断に対して一体打ち試験体と打ち継ぎ試験体に有意な差は認められず、ほぼ同等の構造性能を有していることが確認された。

しかし、実際の構造物の継手部では、曲げモーメントとせん断力が同時に作用し、曲げひび割れ発生下でのせん断が問題となってくるため、「2.5 継手部の曲げせん断試験」で述べる試験を実施した。

2.5 継手部の曲げせん断試験

2.5.1 試験の目的

実構造物と同様に、接合位置に曲げとせん断力が同時に作用した場合の接合部の性能について、

1) 曲げ特性

①変形性能 ②剛性 ③曲げ耐力 ④ひび割れの発生状況 ⑤接合部の開き

2) せん断特性

①せん断耐力 ②ひび割れの発生状況

を確認し、今回計画しているモルタル充填継手による接合が、一体打ちのものと同等の性能を有するかどうか確認するために行った。

2.5.2 試験の概要

(1) 試験体

本試験において、試験体は No.1 ～ No.3 の 3 体とした。試験体 No.1 は一体打ちにより製作し、試験体 No.2, No.3 はモルタル充填継手〔（社）土木学会 鉄筋継手指針（評価指針（案））に規定する静的耐力性能 A 級継手〕による、接合部を有するものとした。各試験体の寸法および配筋を 図-2.5.1 に示す。

試験体 No.1 と No.2 は曲げ破壊先行型の試験体で同一鉄筋量の配筋とし、両試験体の構造性能の比較および計算値との比較より、接合部が一体打ちのものと同等の構造性能を有するか否かを確認するものとした。

試験体 No.3 はせん断破壊先行型の試験体で、計算値との比較よりせん断耐力を確認するとともに、接合部のせん断破壊に対する影響を確認するものとした。

表-2.5.1 試験体の製作条件

試験体	継手有無	主鉄筋	備考
No. 1	無	4-D 22	一体打ち
No. 2	有	4-D 22	曲げ破壊先行
No. 3	有	4-D 25	せん断破壊先行

(2) 試験における加力応力状態

現設計法として広く用いられている許容応力度設計法により設計される断面は、曲げ応力度とせん断応力度が同時に許容応力度に達した場合が、もっとも厳しい応力状態となる。このような最大の応力状態下で試験を行うことにより、試験の結果はすべての曲げとせん断応力度の組み合わせの断面に適用可能となる。したがって、試験体 No.1, No.2 の曲げせん断試験の計画に当たっては、試験体断面が上記の最大応力状態となるように、断面の大きさや配筋量を定めるものとした。試験体 No.3 については、せん断破壊を先行させるため、通常構造物より鉄筋量の多い配筋とした。

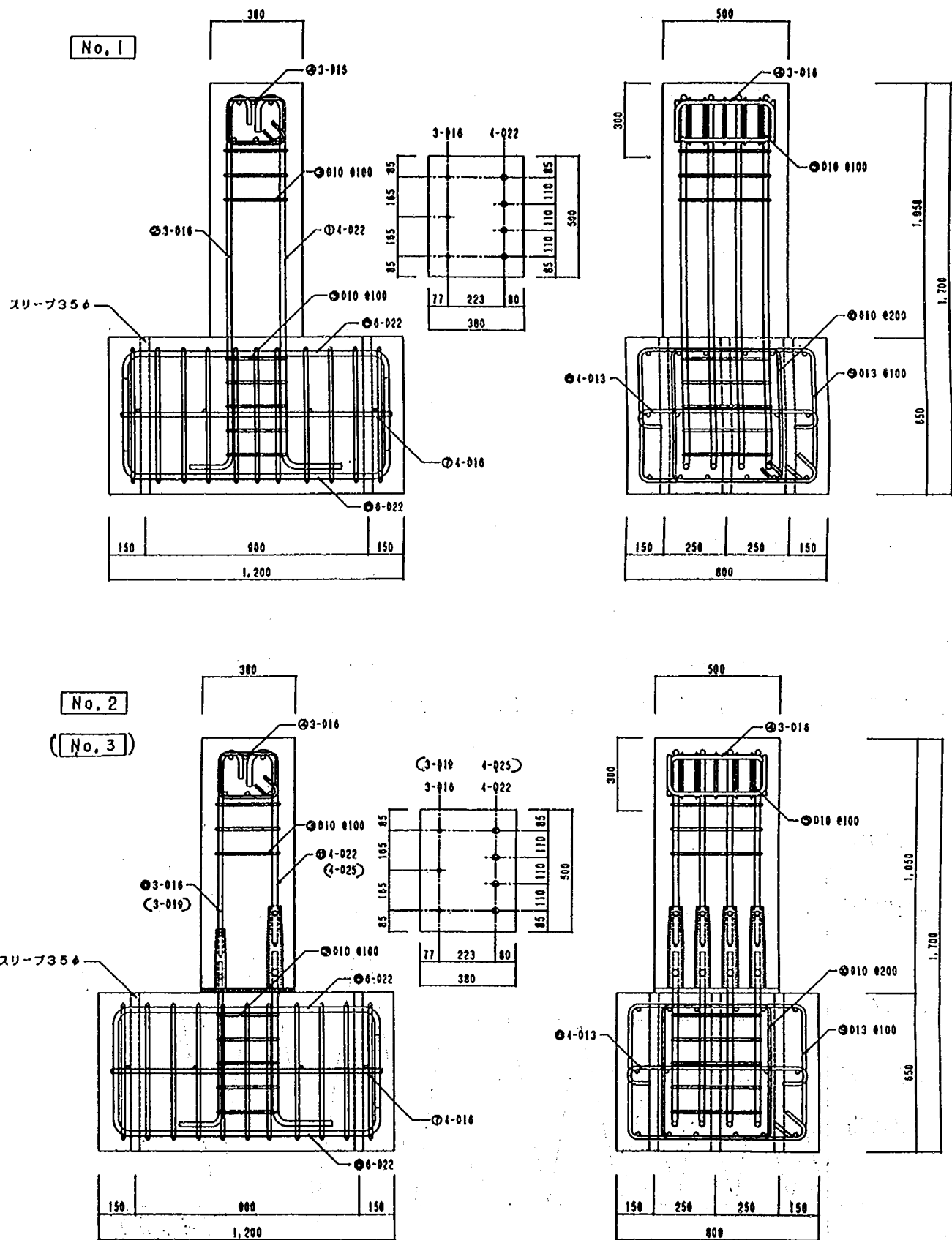


図-2.5.1 試験体構造図

(3) せん断スパン比 (M/Qd)

RC部材の終局せん断強度は、一般にせん断スパン比が 3.0 を超えるとはほぼ一定であるが、それ以下では増加する。対象構造物におけるせん断スパン比は 3.0 前後であり、せん断スパン比を 3.0 以上に設定しておけば許容応力度が設計上安全側となる。そこで、今回の試験ではせん断スパン比を終局せん断強度がほぼ一定になる 3.0 とした。

(4) 加力方法

試験は 図-2.5.2 に示すように試験体のベースをPC鋼棒により反力床に固定し、試験体 No.1, No.2 についてはアーム長さ95cmの箇所を、試験体 No.3 についてはアーム長さ80cmの箇所を水平加力装置により加力を行った。

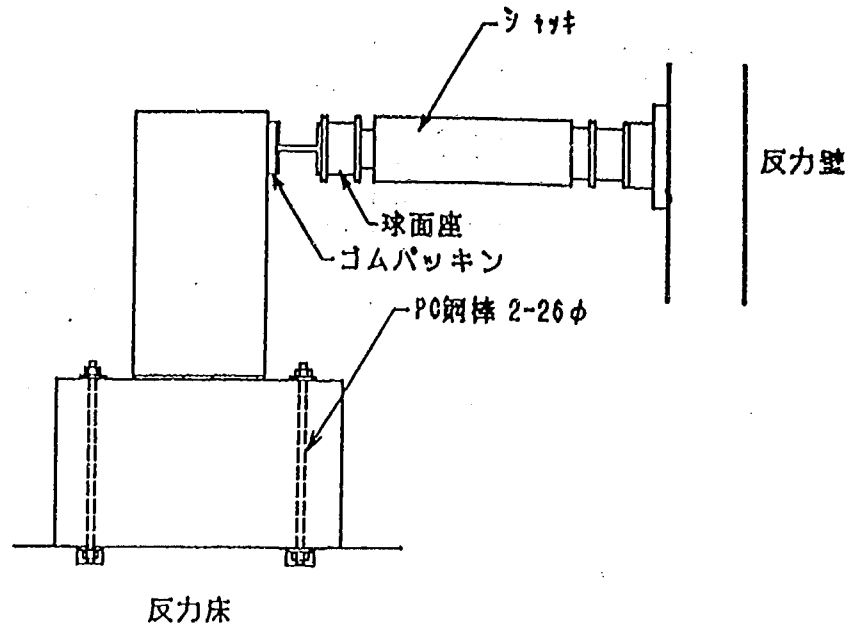


図-2.5.2 荷重概念図

実際の構造物では正の繰り返し荷重が作用すると考えられるため、加力サイクルは正の繰り返し加力とし、図-2.5.3 に示すようにひび割れ発生荷重で 1 回、試験体設計荷重および設計荷重の 1.5 倍で各々 3 回、降伏荷重で 2 回の繰り返し加力を行った後に、破壊に到るまで加力を行うものとした。

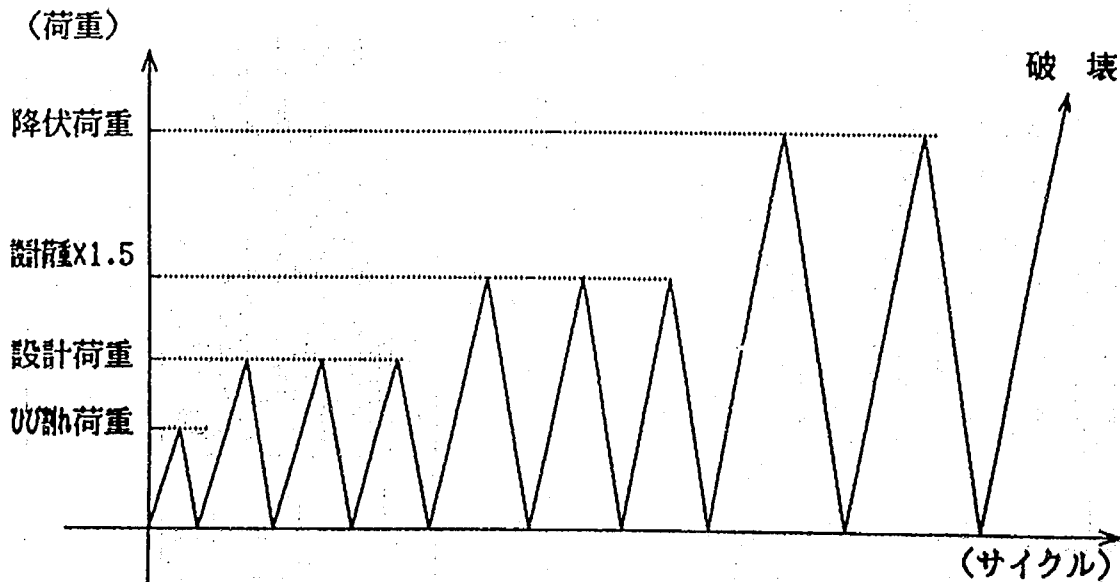


図-2.5.3 加力サイクル

(5) 使用材料

試験実施に先立ち実施したコンクリートおよび鉄筋の材料試験結果を 表-2.5.2, 表-2.5.3 に示す。

表-2.5.2 材料試験結果(コンクリート)

	圧縮強度	割裂強度	弾性係数 (kgf/cm ²)
No.1	292	29.9	2.70E5
No.2	295	34.9	2.64E5
No.3	293	29.5	2.76E5

表-2.5.3 材料試験結果(鉄筋)

	降伏点	引張強さ	伸び(%)
D16	3779	5439	20.6
D19	3751	5537	18.2
D22	3631	5478	19.1
D25	3393	5271	22.2

(6) 計測項目

計測項目および使用計器を 表-2.5.4 に、変形の測定位置を 図-2.5.4 に示す。

表-2.5.4 計測項目および使用機器

計測項目	使用機器
荷重	ロードセル
コンクリートひずみ	ひずみゲージ
鉄筋ひずみ	ひずみゲージ
変形	変位計
ひび割れ	目視、スケッチ

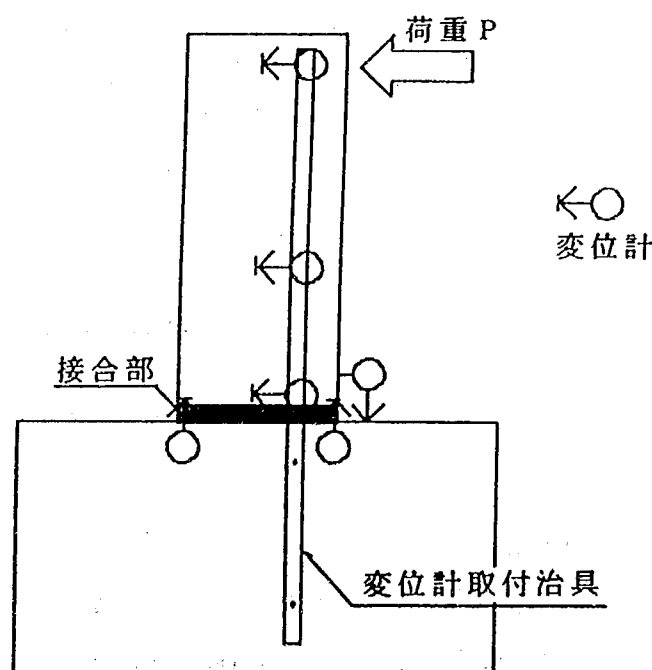


図-2.5.4 変位計測定位置

2.5.3 試験結果

(1) 変形性能

試験体 No.1と試験体 No.2について、加力位置における荷重Pと変形δの包絡線を 図-2.5.5 に示す。試験体 No.1においては、①ひび割れの発生まで ②鉄筋が降伏するまで ③鉄筋降伏後の3段階において剛性の変化が認められる。試験体 No.2では、接合部の付着抵抗が余り発揮されず、低い荷重段階からひび割れが生じたために初期の勾配が見られず、鉄筋降伏前後の2段階についてのみ剛性の変化が認められる。しかし、ひび割れ発生以後の剛性については試験体 No.1, No.2では差が認められない。また、鉄筋降伏以後は試験体 No.2の方が剛性が高く変形しにくいものとなっている。

各試験体の鉄筋降伏時の変形量と最終耐力時の変形量を比較して表-2.5.5に示す。鉄筋降伏時の変形量を 1δ とすれば、最終耐力時にはどちらの試験体についても 4.5δ を超え、十分な靱性を有している。

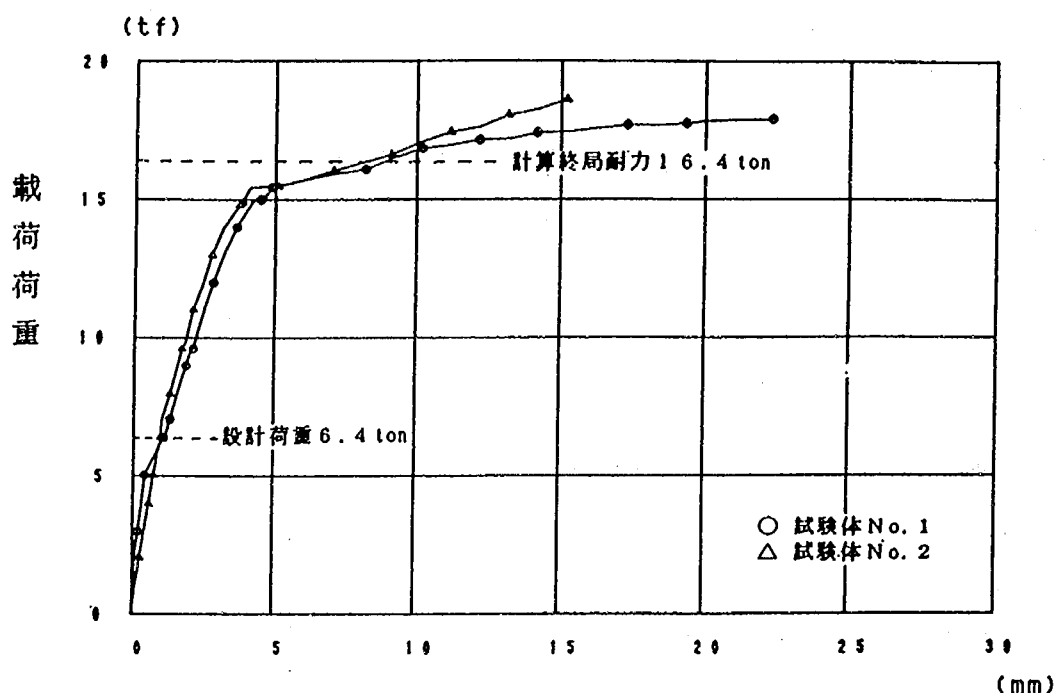


図-2.5.5 載荷位置の変形量

表-2.5.5 靱性の比較

(2) 剛性

試験体 No.1と試験体 No.2について、割線剛性を用いて、各荷重段階における剛性の比較を行った。両試験体の剛性を比較すると、試験体 No.2 の剛性は試験体 No.1 に比べて10~20%高いものとなっている。これは、スリーブが入ることによる影響と考えられるが、変形状況は試験体 No.1と同じくスムーズであり、スリーブの所で角折れするような変形状況にはなっていない。

	変形量 (mm)		靱性 ②/①
	① 鉄筋降伏時	② 最終耐力時	
No.1	4.3	22.3	5.19
No.2	3.8	17.2	4.53

試験体 No.1と試験体 No.2について、曲げ終局耐力式(1)による計算値と実測値との比較を行った結果を表-2.5.7に示す。計算値は、実測値に対して10%程度安全側のものとなっており、試験体 No.1と試験体 No.2における有為な差は認められない。

$$M_u = A_s \cdot f_y \cdot d \cdot (1 - 0.6 \frac{P_u \cdot f_y}{f_c}) \quad (1)$$

ここで、 M_u : 曲げ終局耐力
 f_y : 鉄筋の降伏点 (実測値)
 f_c : コンクリートの圧縮強度 (実測値)
 d : 有効高さ P_v : 鉄筋比

割線剛性の比較 (tf/cm)

	No. 1	No. 2
ひび割れ発生荷重	82.7	—
設計荷重	55.7	64.0
設計荷重 $\times 1.5$	44.7	53.3
鉄筋降伏	35.3	39.5

表 -2.5.7 曲げ終局耐力と計算値の比較
(tf・m)

	① 実測値	② 計算値	①/②
No. 1	17.0	15.6	1.09
No. 2	17.7	15.6	1.13

試験体 No1と試験体 No2について、試験終了後のひび割れ発生状況を図-2.5.6、図-2.5.7 に示す。試験体 No1は、試験体付根にひび割れが発生し、その後付根より30cmの位置に発生した曲げひび割れが主となって進展し、最終的に圧縮側の付根へ伸びて最終破壊に到るものであった。試験体 No2では、初期に試験体下端の接合部に開きが生じるが、最終的には下端から32cmの位置に発生した曲げひび割れが主に進行し、圧縮側下端に伸び、せん断ひび割れとつながって最終破壊に到るものであった。

図-2.5.6 ひび割れ発生状況(試験体 No.1)

（試験体 No. 2）

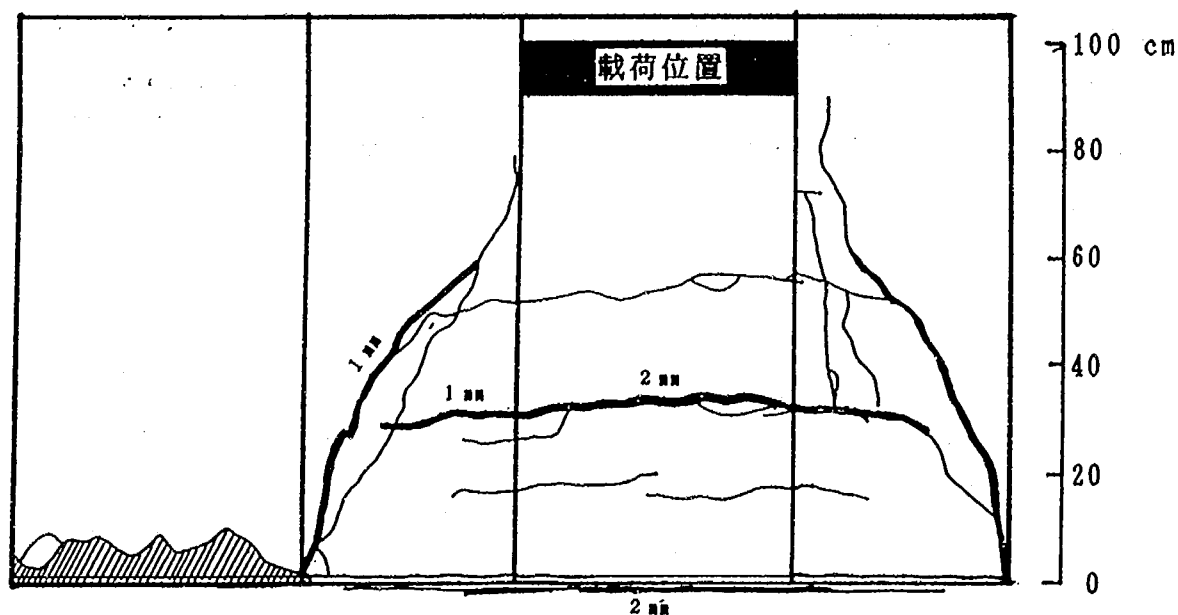


図-2.5.7 ひび割れ発生状況（試験体 No2）

（5）接合部の開き

試験体 No1付根に発生したひび割れと、試験体 No2接合部の開きおよび、コンクリート標準示方書に示される曲げひび割れ幅の計算値を各荷重段階最終サイクル時ごとに比較を行った結果を図-2.5.8に示す。試験体 No2は、荷重初期から接合部の開きが見られるものの、その後の進展では両者を比較した結果差が無いものとなっている。また、両供試体とも計算値より小さいものとなっている。

・曲げひび割れ幅

$$\omega = k \{4c + 0.7(c_s - \phi)\} \{ \sigma_{s.} / E_s + \varepsilon'_{s.} \} \quad \text{-----}(2)$$

ここで、 ω : 曲げひび割れ幅

k : 鋼材の付着性状の影響を表す定数

c : かぶり

c_s : 鋼材の中心間隔

ϕ : 鋼材径

$\sigma_{s.}$: 鉄筋応力度の増加量

$\varepsilon'_{s.}$: コンクリートの乾燥収縮およびクリープによるひび割れ幅の増加を考慮するための数値

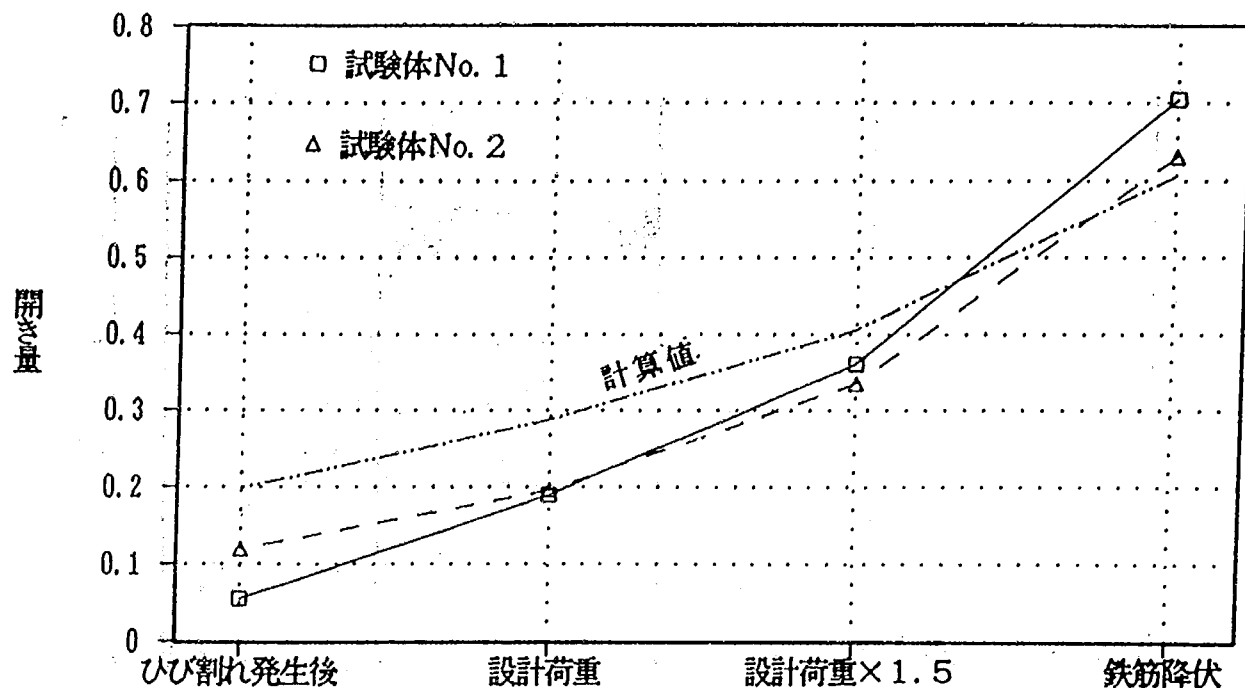


図-2.5.8 各サイクル最終時におけるひび割れ幅の進展

(6) セン断耐力

試験体 No.3について、試験終了後のひび割れ発生状況を図-2.5.9に示す。ひび割れの進行は、試験体下端から40cmの位置に発生した曲げひび割れが先行し、これが途中から斜めひび割れへと移行した。そして、最終的に荷重点から圧縮側に伸びたせん断ひび割れが卓越し、圧縮部コンクリートが圧壊するせん断圧縮破壊となっている。図-2.5.10 に荷重位置における、荷重Pと変形δの包絡線を示す。

せん断耐力の比較を、(3) 式に示す計算値と実測値で行い、表-2.5.8に示す。実測値は計算値を下回ることとはなかった。No.3 試験体では、せん断スパン比が2.67となっており、ウェブコンクリートに発生する圧縮応力の影響により、計算値よりも大きめの値となったことも、耐力が大きくなったひとつの要因と考えられる。

・終局せん断耐力

$$V_u = 0.94 f_c^{1/3} (0.75 + 1.4 \cdot d/a) \cdot (1 + \beta_p + \beta_d) b_w \cdot d \quad \text{----- (3)}$$

$$\beta_p = \sqrt{100 P_w} - 1 \quad \beta_d = \sqrt{100 / d} - 1$$

ここで、 V_u : 終局せん断耐力 a : せん断スパン
 f_c : 有効高さ P_w : 鉄筋比
 d : 有効高さ b_w : 部材幅

表-2.5.8 セン断耐力の計算値との比較
(tf・m)

	① 実測値	② 計算値	①/②
No. 3	25.9	18.1	1.43

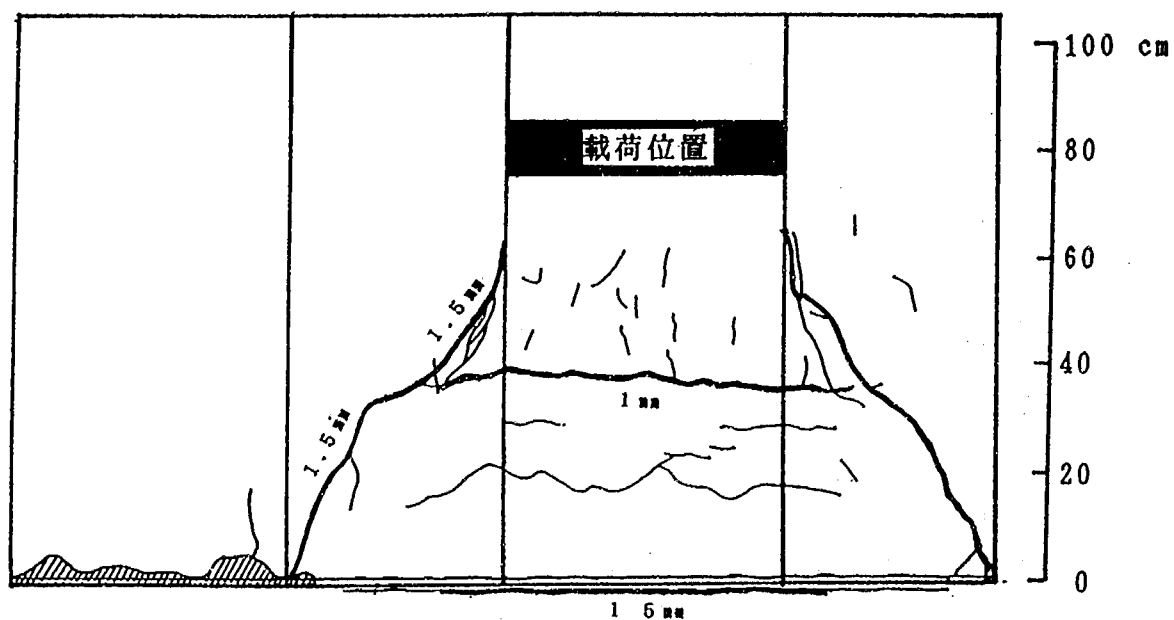


図-2.5.9 ひび割れ発生状況（試験体 No.3）

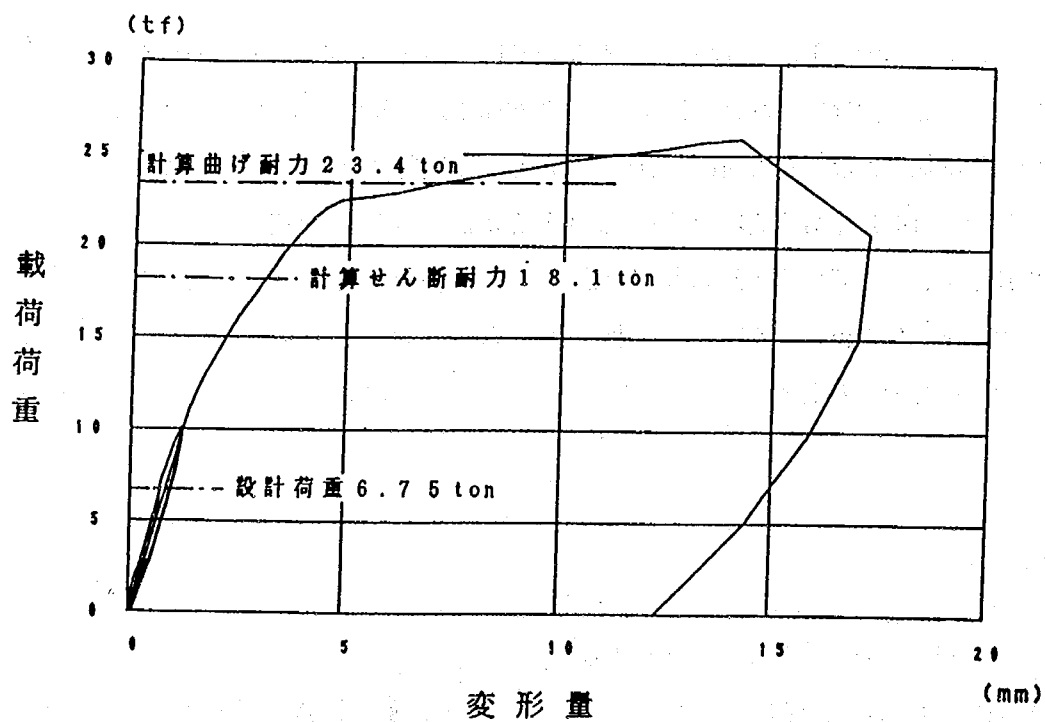


図-2.5.10 載荷荷重～変形量曲線

2.5.4 考察

モルタル充填継手を用いて接合した試験体の各種構造性能をまとめると次の通りである。

(1) 曲げ特性

曲げ破壊先行型の試験体 No.1 (一体打ち試験体) と No.2 (モルタル充填継手を用いた試験体) とを比較して述べる。

1) 剛性

モルタル充填継手を用いて接合した試験体の剛性は、スリーブ以外でのモルタル付着強度が期待されず、初期ひび割れが早期に発生するため初期剛性は低い。

ひび割れ発生後の剛性は、一体打ちのものよりも 1割から 2割程度高い結果が認められたが、試験体断面に対するスリーブ断面の示す割合が実構造物より大きく、今回の試験ではこれがより大きく現れるものであったことを考慮すると、実際に使用された場合、剛性の差はほとんどないものと予想される。

2) 靱性 (塑性変形性能)

一体打ち試験体が 5.19 δ 、であり、接合試験体が 4.53 δ 、とどちらも十分な靱性を有している。

3) 終局耐力

曲げ耐力は計算値に対して、一体打ち試験体が 1.09 倍、接合試験体が 1.13 倍であり、両試験体間の差はなく、通常の計算式による値を上回っている。

4) ひび割れの発生状況

両供試体とも曲げひび割れが卓越した形となっており、接合試験体においてもひび割れの部分的な集中は特に認められない。

5) モルタル目地部の開き

一体打ち試験体のひび割れ幅と目地部の開き量の間には有為な差はなく、ともにひび割れ幅の計算値を超えるものではない。

(2) セン断特性

1) セン断耐力

セン断耐力は、計算値に対して 1.93 倍であり、通常の計算式による値を上回っている。

2) セン断破壊形態

破壊は載荷点と固定点とを結ぶ斜め引張によるセン断ひび割れにより生じており、目地部の存在およびこの部分の開きによる影響は特に認められない。

以上述べたように、二次製品部材の接合面の構造性能については、実際の結果、一体打ちのものと耐力および変形性能の両面において、ほとんど差のないことが確認された。したがって、今回用いたモルタル充填継手〔(社)土木学会 鉄筋継手指針 (評価指針 (案))〕に規定する静的耐力性能 A 級継手〕により接合する二次製品 (擁壁、ボックスカルバート) の設計は許容応力度設計法で行うなら、一体打ちの設計と差異のないものとする。

2.6 実物大組立実験

2.6.1 設計

実物大組立実験により確認された、設計に関する問題点及びその対策を述べる。なお、実物大組立実験の概要については、「第3章 施工 3.5 実物大組立実験」を参照されたい。

実物大組立実験における水平接合方法は、モルタル一括注入方法と、敷モルタル式分割注入方法の2通りを行った。接合部のコアボーリングの結果、一括注入部はモルタルとコンクリート部材が確実に付着していたが、敷モルタル式分割注入部ではモルタル注入部上面とコンクリート部材が剥離していた。また、継手部の構造性能を確認するための要素実験（純せん断実験、曲げせん断実験）においては、一括注入方法における実験確認しか行っていない。したがって、設計上一体打ちと同等の構造性能を有する接合方法は、一括注入方法に限定するものとした。

一括注入方法において、各ブロック間の仕切り方法として、モルタル仕切壁による方法とガスケットによる方法の2通りの実験を行った。このとき、ガスケットにより行う場合は、ガスケット部が断面欠損となる。したがって、応力計算時の断面幅の設定を低減する必要がある。

実物大組立実験により挙げられた、設計上の問題点及び、それに対する対策を以下に述べる。

表-2.6.1 問題点及びその対策

問 題 点	対 策
1. 塩ビパイプで本当に大丈夫か。技術資料としては、どのように取り扱うのか。 (構造上の弱点にならないか。応力の伝達上空きとみなすような形にならないか。)	・スリーブにモルタルを注入するための塩ビパイプは、径も小さくピッチも175mmと十分あるため、構造上の弱点と考える必要はないものと思われる。また、材質としてビニールホースや丸パイプ等も考えられるので、要領の中で、「塩ビ管と同等以上の強度を有するもの」というように規定する。
2. 縦締め用P C定着部コッターの位置が、ハンチ部斜補強筋にあたる。	・補強筋のコッターにあたる部分は、補強筋の位置をコッター両側にずらし、開口部としての補強を行う。
3. 主筋径が3種類(D22, 19, 16)あり、製作時に間違いやすい。	・構造物の設計は、所定の機能を有しかつ経済的な部材厚および配筋を決定することを原則とするため、主筋径が違ってくるのは当然と考える。

2.6.2 製作

二次製品部材を組立てて築造されるプレキャスト構造物の施工性およびその精度は、製作される二次製品部材の出来形に大きく左右される。したがって、部材製作に際しては、製作計画を十分に検討し立案する必要がある。

本共同研究における実物大組立実験を通して得られた、二次製品部材製作の留意点を次に述べる。なお、二次製品部材の製作は以下のフローチャートにしたがい製作した。

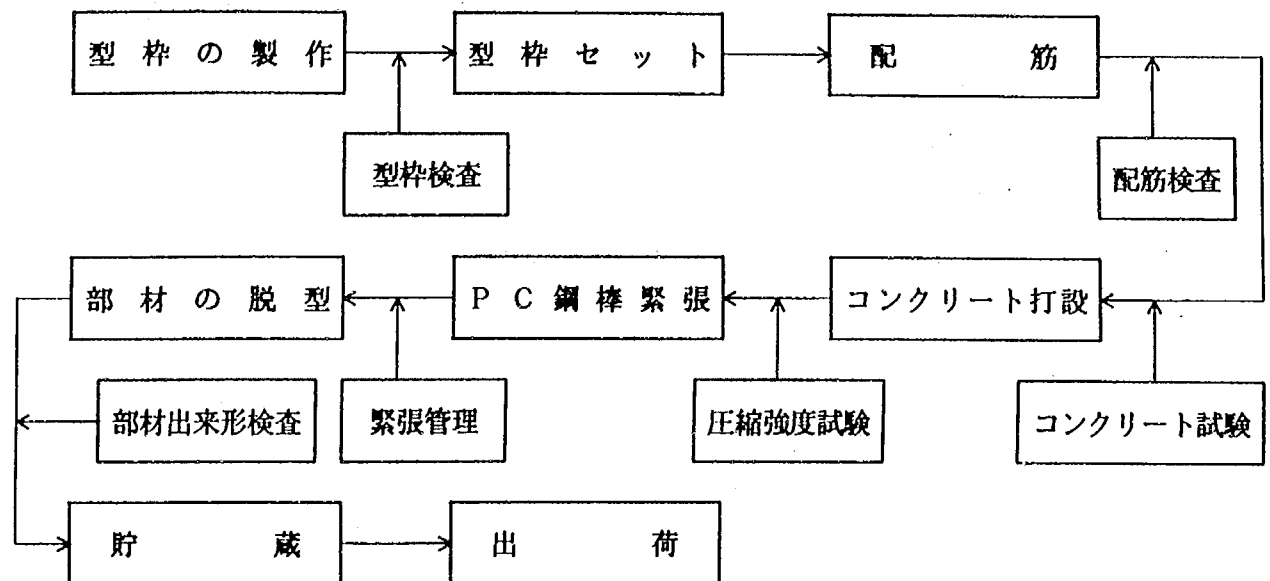


図-2.6.1 二次製品部材製作工程フローチャート

(1) 型枠の製作

今回の実験では、部材製作個数が少ないことから型枠を兼用枠としたため、付属金物の取付位置を間違えるなど部材の製作に混乱を生じた。このため、部材の製作数量がまとまる場合には、できるかぎり型枠の兼用は避けた方がよいと考える。

(2) 配筋

今回の部材製作に際しては、鉄筋が縦締め用PC鋼棒の定着部コッター、付属金物（インサート類）とに重なり、鉄筋の配置を変更して対応した。このようなことから、配筋図の作成に際しては付属金物の位置等を含め、十分に検討する必要がある。

また、部材から突出させる主鉄筋についてはその精度が組立ての施工性に大きく影響することから、位置および長さの精度を確保する必要があるため治具を用いて確実に固定する必要がある。

(3) スリーブ

スリーブの精度により部材の組立ての施工性は大きく左右される。したがって、その位置および鉛直性に十分注意してセットする必要がある。このため、治具を用いて確実に固定するだけでなく、コンクリート打設方法についても十分配慮する必要がある。

(4) インサート

今回の実験で、後付けアンカーを用いて数回組立・解体を繰り返したところ、後付けアンカーの抜け出しを生じた。このようなことから、部材は重量物であり、安全性を考慮すると、インサート類は必ず先付けにする必要がある。

(5) 部材出来形検査

今回の実験では、部材から突出させた主鉄筋およびスリーブの位置精度にかなり問題があった。このようなことを防止するためにも、

①工場製作時の型枠、鉄筋検査等の厳密な実施

②工場出荷時の外観検査、部材出来形検査の厳密な実施

③現場受け入れ時の外観検査、部材出来形検査の厳密な実施

が必要である。

なお、特に主鉄筋およびスリーブの精度、発錆、汚れ等には十分注意して検査しなければならない。

2.6.3 モルタル注入

実物大組立実験ではモルタル注入方式に関して、一括注入ゴムガスケット方式、一括注入モルタル仕切壁方式、分割注入敷モルタル方式について目地処理方法の施工時間、施工性に関する意見聴取、目地部コアボーリング、およびモルタル注入時間の比較を試みた。

このうちモルタル注入終了後の目地部のコアボーリングの結果によると、一括注入部はモルタルと二次製品部材が確実に付着していたが、分割注入部ではモルタル注入部上面と二次製品部材の間に剥離が認められた。これは敷モルタルを施工した上に二次製品部材を据え付けるときに一回ではおさまらず、数度の微調整を行っている間にモルタルが硬化してモルタルと部材間に空隙が生じたためと思われる。

部材の製作精度や接合部のスリーブ、また鉄筋の施工精度の向上によってある程度微調整の回数を減らすことは可能であるが、微調整を皆無とすることは困難であることから、構造物の一体性の観点からは一括注入方式の方が優れていると思われた。

したがって設計の立場では、モルタル注入方式として一括注入方式を採用することとした。

また仕切方法については、ゴムガスケットを用いる場合にはガスケット部分が断面欠損となることを考慮して部材を設計する必要があることを確認した。

2.7 まとめ

研究の方向性、対象構造物の選定のために、二次製品全般に関する調査を行った。

調査の結果、設計の標準化、工期短縮、省力化、据付の施工性、将来性、技術的波及効果等から擁壁とボックスカルバートを対象構造物として選定した。

また、各々について特許、実績、文献調査を行った結果、部材の分割・接合方法が重要課題として抽出された。

擁壁・ボックスカルバートについて重要かつ優先的問題である分割・接合方法のアイデア出しおよび絞り込みを行った結果、分割方法は擁壁においては底版とたて壁の2分割、ボックスカルバートにおいては頂版、側壁×2、底版の4分割とし、継手は擁壁と同様にモルタル充填継手を用いるものとした。

擁壁・ボックスカルバートに共通のモルタル充填継手について、純せん断試験、曲げせん断試験の要素試験を行った。その結果、一体打ちのものと有為な差は認められなかった。

以上の研究の成果を踏まえて、「コンクリート二次製品設計施工に関する技術資料」を作成した。この中で部材の設計は原則として許容応力度設計法で行うこととした。また、モルタル充填継手は継手位置が一断面に集中するため、鉄筋の許容応力度は、鉄筋母材の値の90%とした。本技術資料は、関係省庁および学識関係者の意見照会を行い、内容の一層の充実を図った。

本技術資料に基づいて実物大組立実験を行った結果に基づき、「設計編」の見直しを行った。

本研究において、部材の設計法は許容応力度設計法を原則としたが、土木学会の「コンクリート標準示方書」が限界状態設計法を取り入れたことから、擁壁・ボックスカルバートの部材の設計においても、近々限界状態設計法になるものと考えられる。その際、材料係数、荷重係数、構造物係数等の係数を定めることが重要な問題であり、今後の研究課題であると考えられる。

なお本研究に記載されている事項は、平成7年1月17日早朝に発生した兵庫県南部地震以前の知見をもとに作成されたものであり、この阪神大震災による新しい知見により既往の指針、基準類が変更される場合、あるいは通達等によって荷重、構造細目等が見直される場合には、これに倣うものとする。

第3章 施 工

3.1 施工に関する研究概要

本研究での施工に関する研究は、擁壁及びボックスカルバートを分割施工する際の施工順序における問題点を洗い出し、それに対する研究課題を抽出し、その課題に対して研究を進めていくものとした。

擁壁における研究課題は、

- ① 施工環境の検討
- ② 底版据付方法の検討
- ③ たて壁据付方法の検討

の3項目を挙げ、プレキャスト施工における詳細検討を行った。特に、底版の据付については、据付精度がそのまま本体の出来形に影響してくるため、精度確保に対する検討を中心に行った。

ボックスカルバートにおける研究課題は、

- ① 施工環境の検討
- ② 部材据付方法の検討
- ③ 部材組立順序の検討
- ④ 1施工サイクル当りのブロック数の検討

の4項目を挙げ、プレキャスト施工における詳細検討を行った。部材据付方法の検討では、据付台車とクローラクレーンの2案による施工方法を比較検討し、当研究においては、クローラクレーンによる施工を採用するものとした。また、組立順序については机上の検討では掌握できない部分もあり、実際に部材を組み立ててみる実物大組立実験を実施して決定するものとした。

以上のように、擁壁、ボックスカルバートの施工に関する研究は、机上の検討を実物大実験にて確認することとし、実物大実験にて新たに生じた検討項目については十分検討を加え、技術資料へ反映させるものとした。

3.2 擁壁

ここでは、擁壁の施工法に沿って施工上の問題点・課題をあげ、それらの課題について、検討を行った。

3.2.1 施工上の課題

プレキャスト擁壁の施工にあたっては、図-3.2.1の施工フローを把握し、安全かつ円滑な施工ができるように綿密な施工計画をたてなければならない。

ここでは、プレキャスト擁壁の施工をするにあたって、ポイントとなる課題をあげる。また、図-3.2.2に施工順序図を示す。

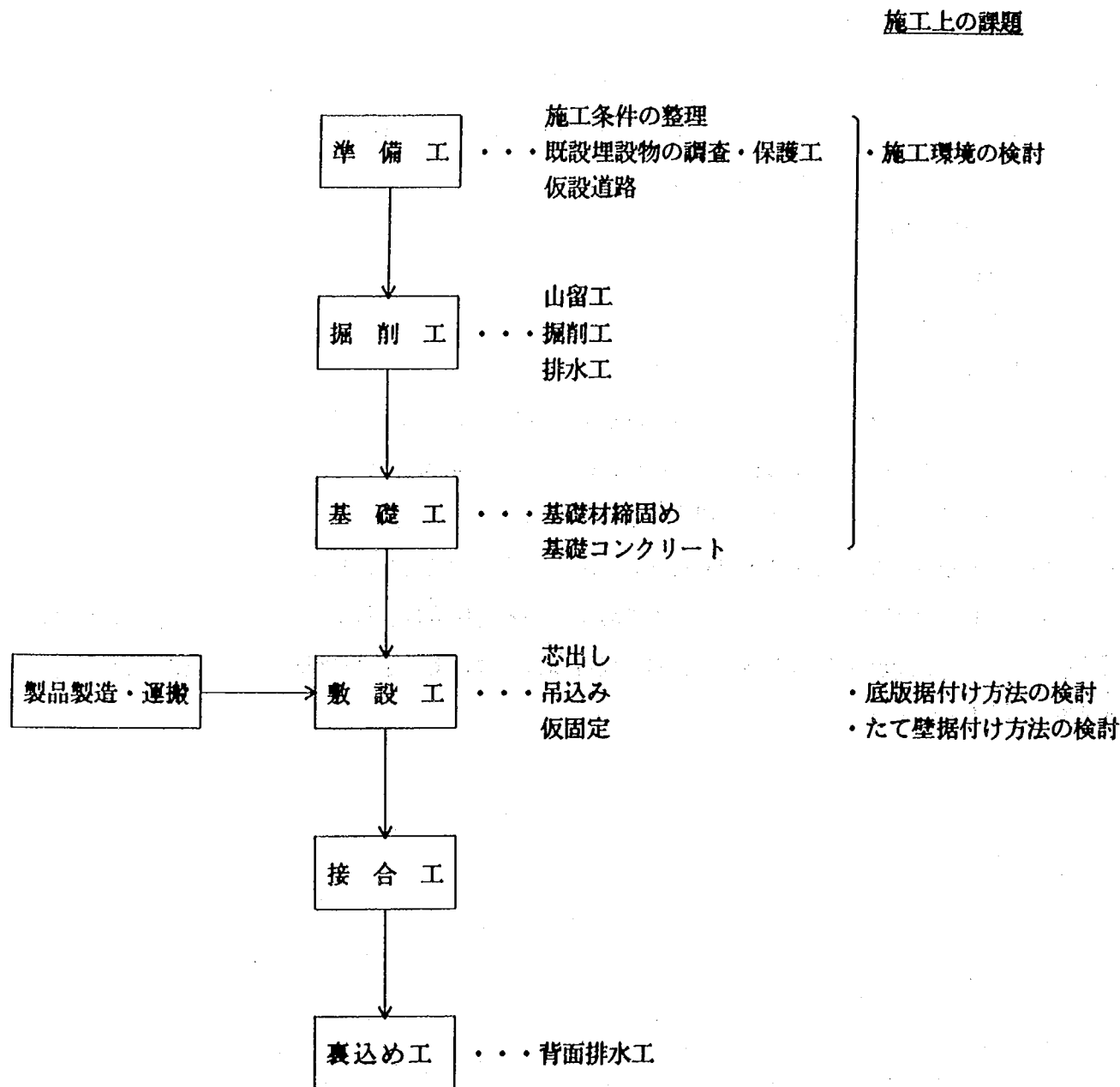


図-3.2.1 施工フロー

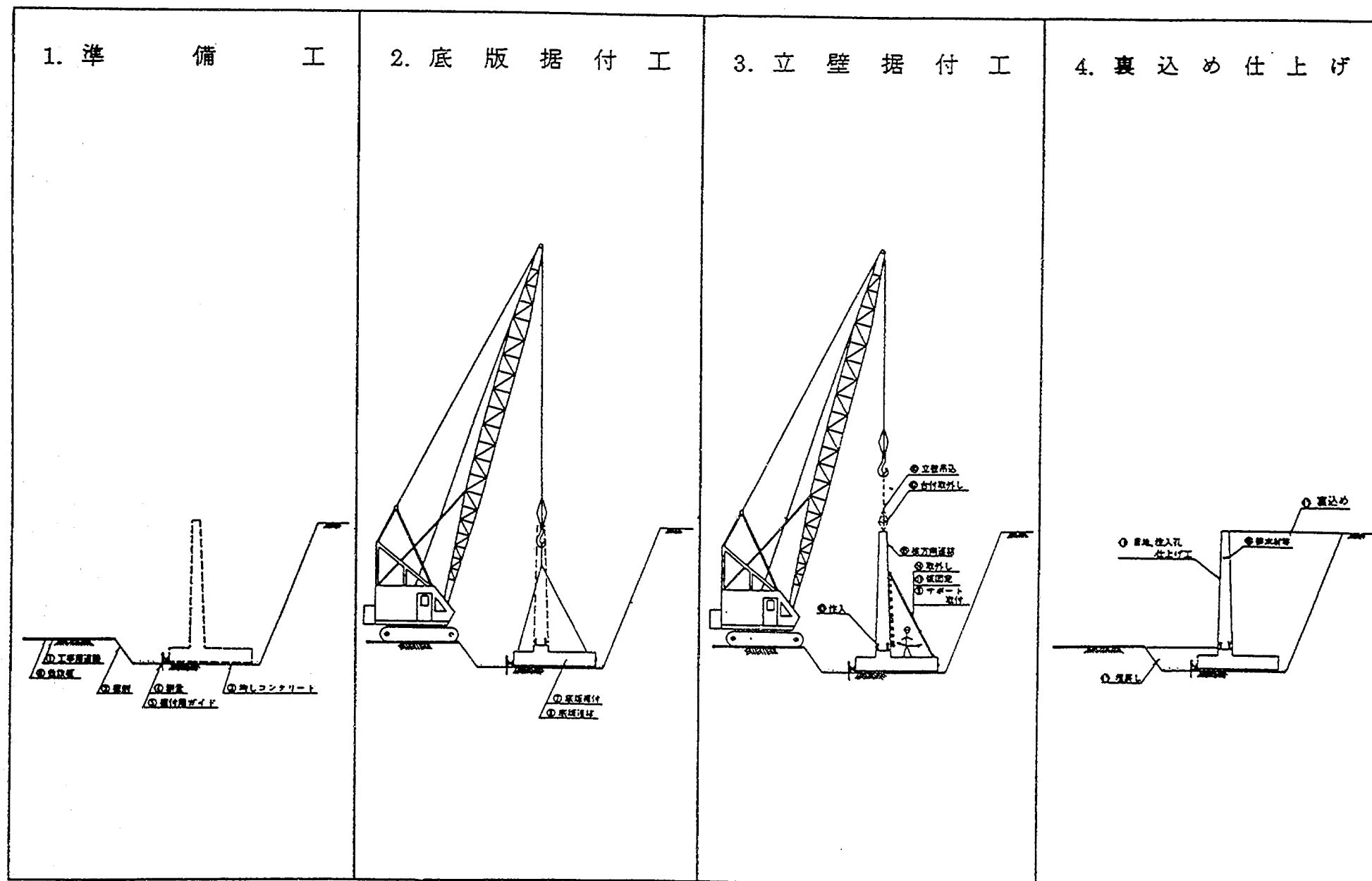


図-3.2.2 施工順序図

プレキャスト擁壁の施工が場所打ち構造物と違う点は、工場で製作された重量部材を運搬し、その部材を現場で組立、据付けるということである。

そこで、本共同研究では施工における課題について以下のように抽出した。

- (1) 施工環境
- (2) 底版据付方法
- (3) たて壁据付方法

3.2.2 施工方法の検討

(1) 施工環境の検討

プレキャスト擁壁の施工は、大型の部材を運搬し、現場に据付けるため、大型のクレーンやトレーラを使用する。そのため、施工にあたっては、部材の運搬計画、仮設道路計画や施工場所の地盤の検討、さらにプレキャスト構造物は、工場で製作した部材を現場で設置するため基礎の不陸は構造物の出来形精度に直接影響するので、基礎砕石工の検討が必要であると考えられる。

よって、ここでは1)工事用道路造成工、2)基礎掘削工、3)基礎砕石工について検討した内容を示す。

1) 工事用道路造成工

- ① 工事用道路は、擁壁設置場所まで直接資材搬入が可能となるように計画する。
- ② 幅員は原則として8 m以上とし、運搬車両・クレーンの仕様や施工方法、施工性などを考慮して定める。
- ③ 車両走行などに伴って路面の軟弱化が予想される場合には、鋼板などを路面に敷設し、必要に応じて鋼板下に砕石を敷き均す。

工事用道路の施工例を図-3.2.3に示す。

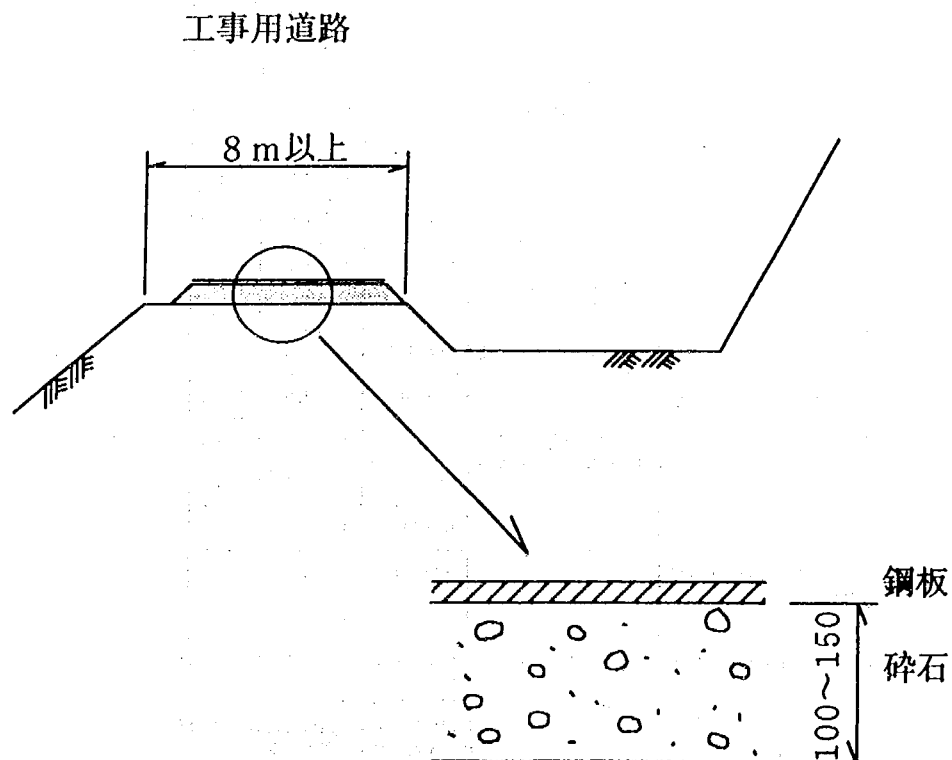


図-3.2.3 工事用道路

2)基礎掘削工

① 掘削

a. 基礎地盤が岩の場合

表面の風化している部分を取り除いて50cm程度切り込まなければならない。

また、基礎地盤が傾斜している場合などで、底版下面の一部が軟弱な場合は、必要によりその部分を掘削してコンクリートで置き換える。

b. 擁壁背面側に切土が必要な場合

安定勾配による掘削を原則とし、これによらない場合、あるいは崩壊性要因をもつ地盤の場合は別途検討を行う。表-3.2.1に地山の土質に対する標準のり面勾配の範囲を示す。

c. 基礎地盤が軟弱な場合

良質土による置換など地盤改良を行う。

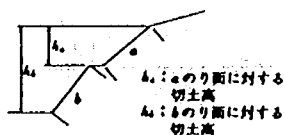
② 床付け

床付け面において平板載荷試験などにより、所定の支持力が確保されていることを確認することが望ましい。

表-3.2.1 地山の土質に対する標準のり面勾配の範囲

地山の土質		切土高	勾配
硬岩			1 : 0.3 ~ 1 : 0.8
軟岩			1 : 0.5 ~ 1 : 1.2
砂	密実でない粒度分布の悪いもの		1 : 1.5 ~
砂質土	密実なもの	5m以下	1 : 0.8 ~ 1 : 1.0
		5 ~ 10m	1 : 1.0 ~ 1 : 1.2
	密実でないもの	5m以下	1 : 1.0 ~ 1 : 1.2
		5 ~ 10m	1 : 1.2 ~ 1 : 1.5
砂利または岩塊まじり砂質土	密実なもの、または粒度分布のよいもの	10m以下	1 : 0.8 ~ 1 : 1.0
		10 ~ 15m	1 : 1.0 ~ 1 : 1.2
	密実でないもの、または粒度分布の悪いもの	10m以下	1 : 1.0 ~ 1 : 1.2
		10 ~ 15m	1 : 1.2 ~ 1 : 1.5
粘性土		10m以下	1 : 0.8 ~ 1 : 1.2
岩塊または玉石まじりの粘性土		5m以下	1 : 1.0 ~ 1 : 1.2
		5 ~ 10m	1 : 1.2 ~ 1 : 1.5

注) ① 土質構成などにより単一勾配としないときの切土高および勾配の考え方は下図のようになる。



- 勾配は小段を含めない。
- 勾配に対する切土高は当該切土のり面から上部の全切土高とする。

- ② シルトは粘性土に入れる。
- ③ 上表以外の土質は別途考慮する。
- ④ のり面の植生工を計画する場合には表3-10も考慮する。

出典『道路土工のり面工・斜面安定工指針』日本道路協会

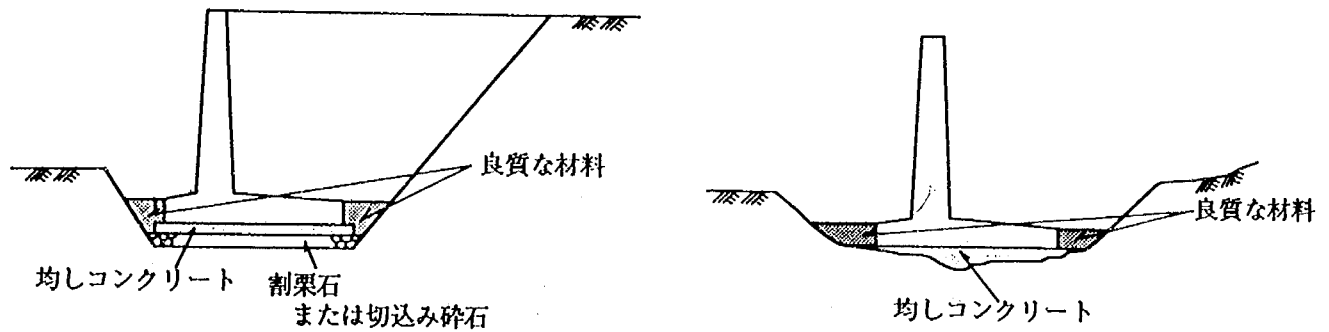
3)基礎砕石工

基礎地盤が砂層または砂礫層の場合は割り栗石基礎とするか、または切込み砕石を厚さ20cm以上敷き均し、十分転圧する。

4)均しコンクリート打設

① 均しコンクリートの仕様

均しコンクリートの厚さは10cm以上とし、十分な養生期間を確保する。



砂質地盤基礎の施工

岩盤基礎の施工

出典『建設省制定土木構造物標準設計第2巻解説書』全日本建設技術協会

図-3.2.4 基礎の形式

② 天端仕上げのレベル管理

均しコンクリート天端高さの仕上げ精度は擁壁部材の据付精度に影響するため、レベルの管理は慎重に行う。

なお、天端高さは擁壁底版の下端より、2cm程度低く設定する（均しコンクリート天端～底版下端の間は空練モルタルによる調整代とする）。

(2) 底版据付方法の検討

底版の据付精度は、プレキャスト擁壁全体の出来形精度につながる。底版の据付にあたっては、据付精度の確保が可能な施工方法として、以下の施工方法案が考えられる。

1) 空練モルタルによる精度確保

均しコンクリートの上に空練モルタルを敷均し、レベル調整を行う。ここで、空練モルタルを均一に敷均すために、滑車およびブレード付き治具の使用が考えられる。しかし、この滑車およびブレード付き治具の使用にあたっては、工事全体の規模およびその流用性を考慮して検討する必要がある。

施工例を図-3.2.5および図-3.2.6に示す。

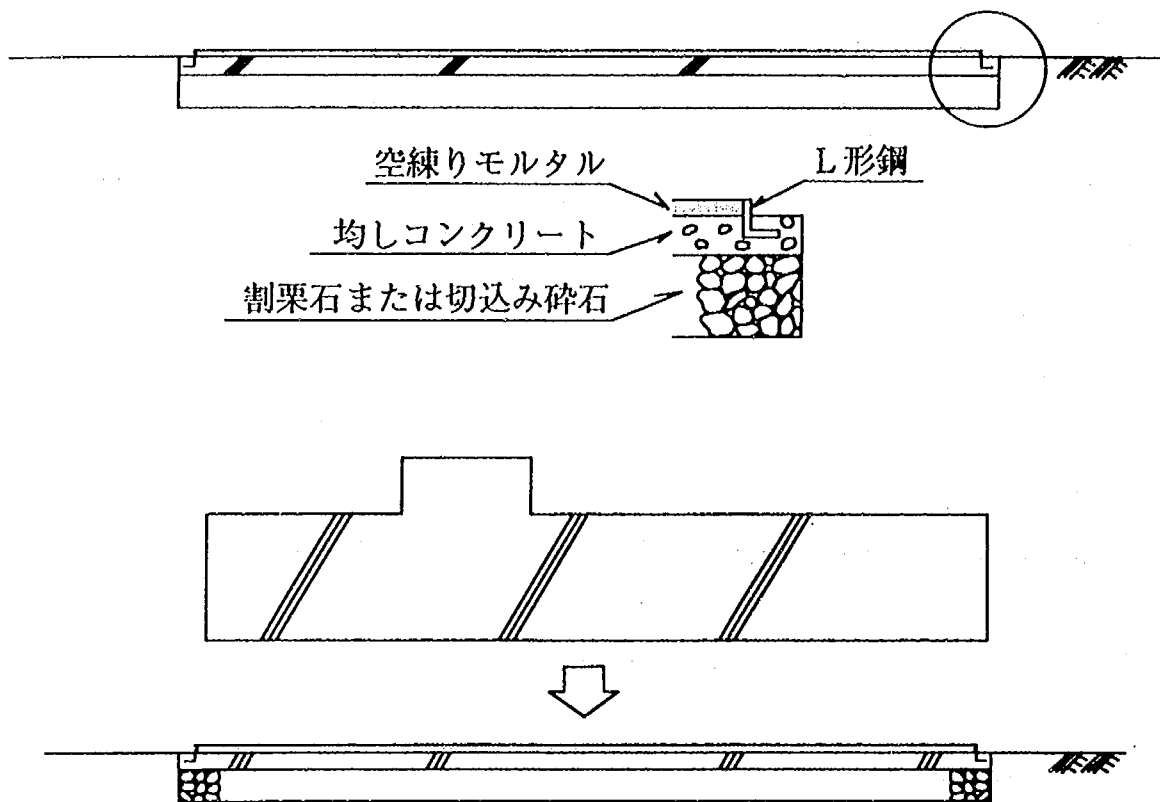


図-3.2.5 空練モルタルによる据付例

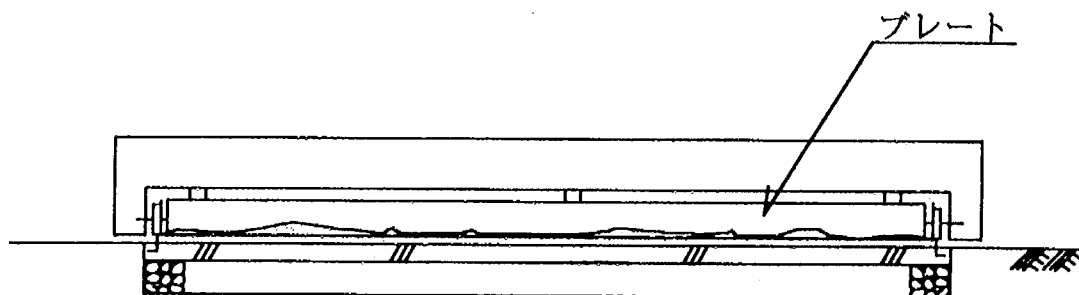


図-3.2.6 滑車およびブレード付き治具による空練モルタル敷均し例

2)モルタル注入による精度確保

- 高さを均しコンクリート打設時に設置した溝形鋼で決め、底版部との目地にモルタル注入を行う。
施工例を図-3.2.7に示す。

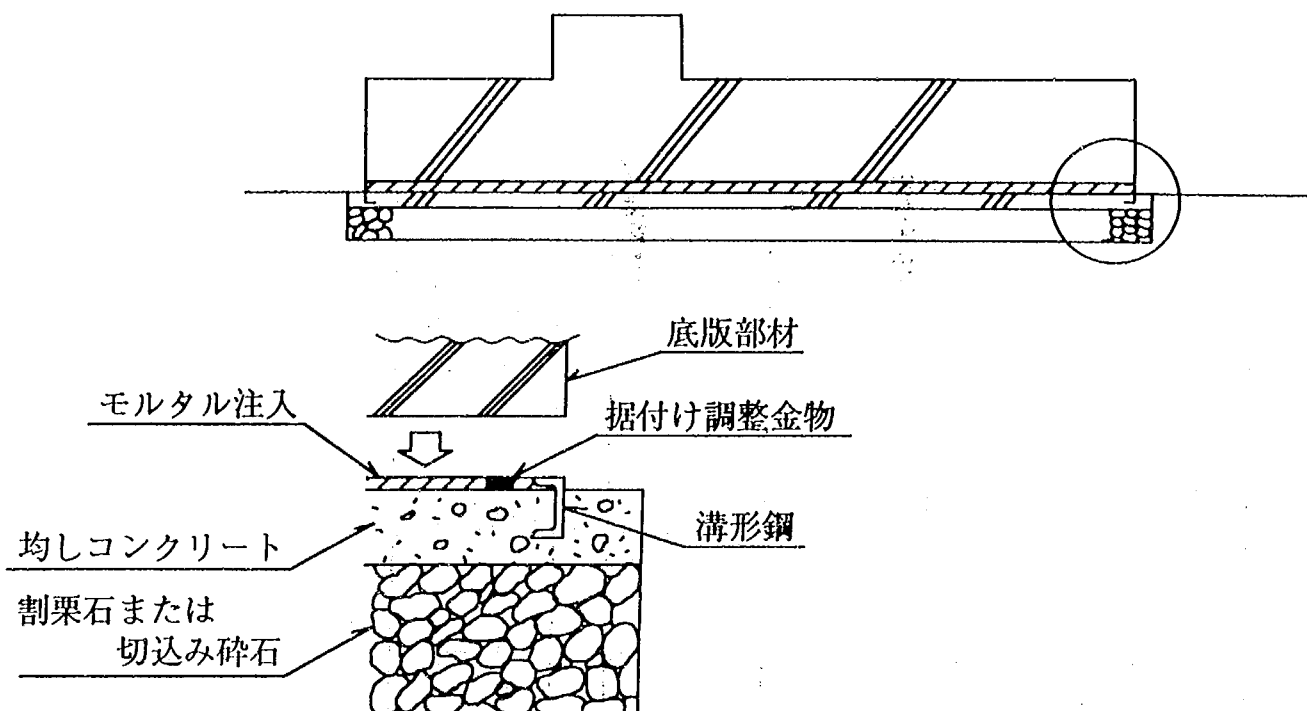


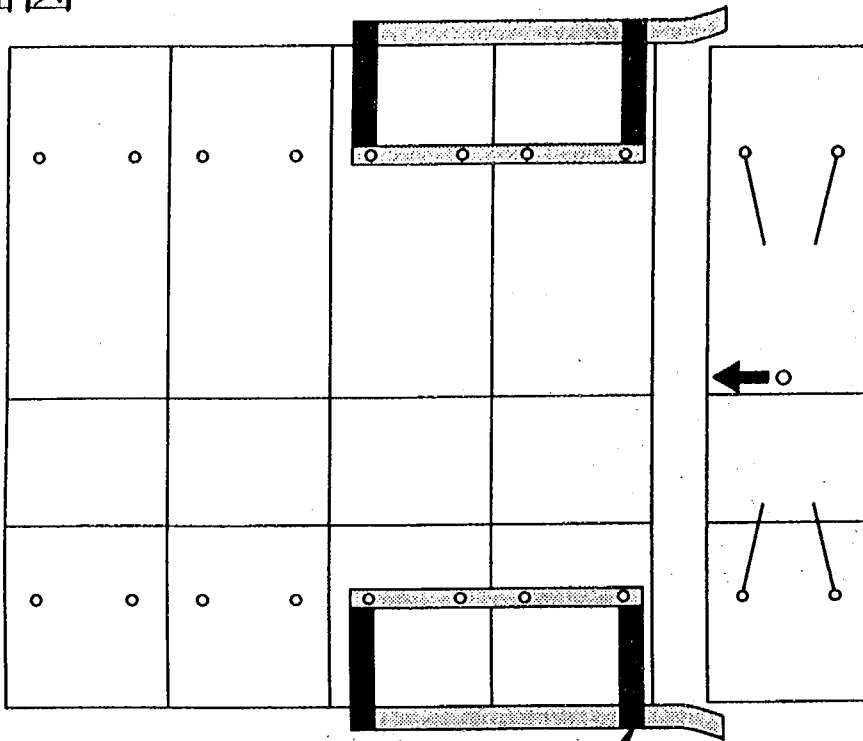
図-3.2.7 モルタル注入による据付例

3)組立ガイドによる精度確保

底版の据付けの際、組立ガイドを用いることにより施工の省力化を図るとともに、据付精度の確保が可能と考えられる。なお、ボックスカルバートの実物大組立実験では、組立ガイドの使用の有無による施工性の調査を行い、組立ガイドの軽量化等の改良点があげられたものの、省力化への有効性が確認された。

図-3.2.8に組立ガイドを用いた施工例を示す。

平面図



側面図

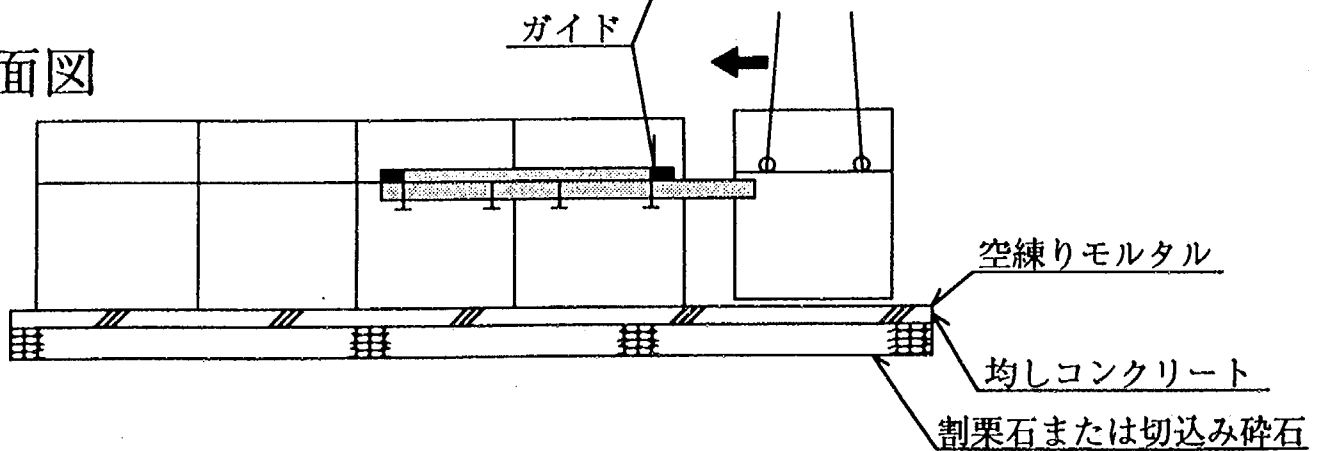


図-3.2.8 組立ガイドを用いた施工例

(3) たて壁据付方法の検討

構造物をプレキャスト化する目的の一つには、工事の省力化、省人化があげられる。プレキャスト擁壁の施工において、如何にして容易にたて壁を底版へ据付接合するかが、作業効率を向上させる上で重要である。そこで、たて壁の所定の位置までの吊込み、据付け方法について検討を行なった。その一例について芯合せ用ガイドならびにモニターテレビを使用する方法について以下に述べる。

1) 1次誘導

底版ブロックに設置した芯合せ用ガイドまでは、クレーン運転手が目視、ならびにモニターテレビの観察により行う。

2) 2次誘導

底版ブロックに設置した芯合せ用ガイドに沿わせながら、既に設置してある隣のたて壁ブロックに接するまで（底版ブロックの直上まで）誘導する。

この誘導もクレーン運転手がモニターテレビを観察しながら行う。

2次誘導の状況例を図-3.2.9に示す。

3) 3次誘導（設置）

底版ブロックの直上まできたたて壁ブロックをクレーン運転手がモニターテレビを観察しながらゆっくりと降ろしていく。

3次誘導の状況例を図-3.2.10に示す。

この際のモルタル充填継手への鉄筋の誘導は、図-3.2.10に示す芯合せ用ガイドピン方式で行う。

なお、ボックスカルバートの実物大組立実験を行った結果、モニターテレビについてクレーンの操作には、従来通りの合図者を必要とするが、モニターテレビは作業場所全体をクレーンの運転手に知らせ、吊荷の移動状況や作業場所の監視ができるため、安全管理に有効であることがわかった。

2次誘導

正面

側面

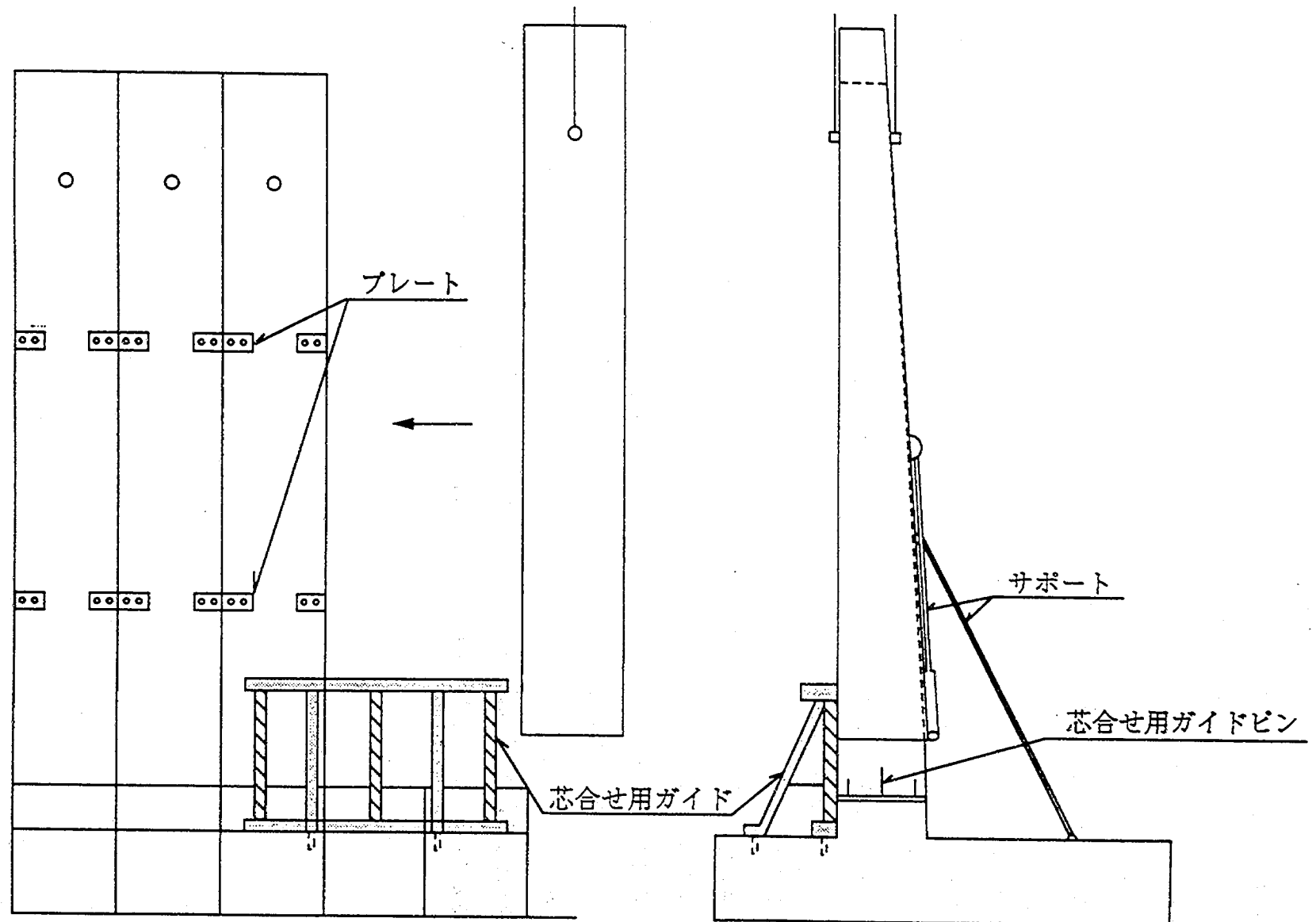


図-3.2.9 2次誘導の状況例

3次誘導（設置）

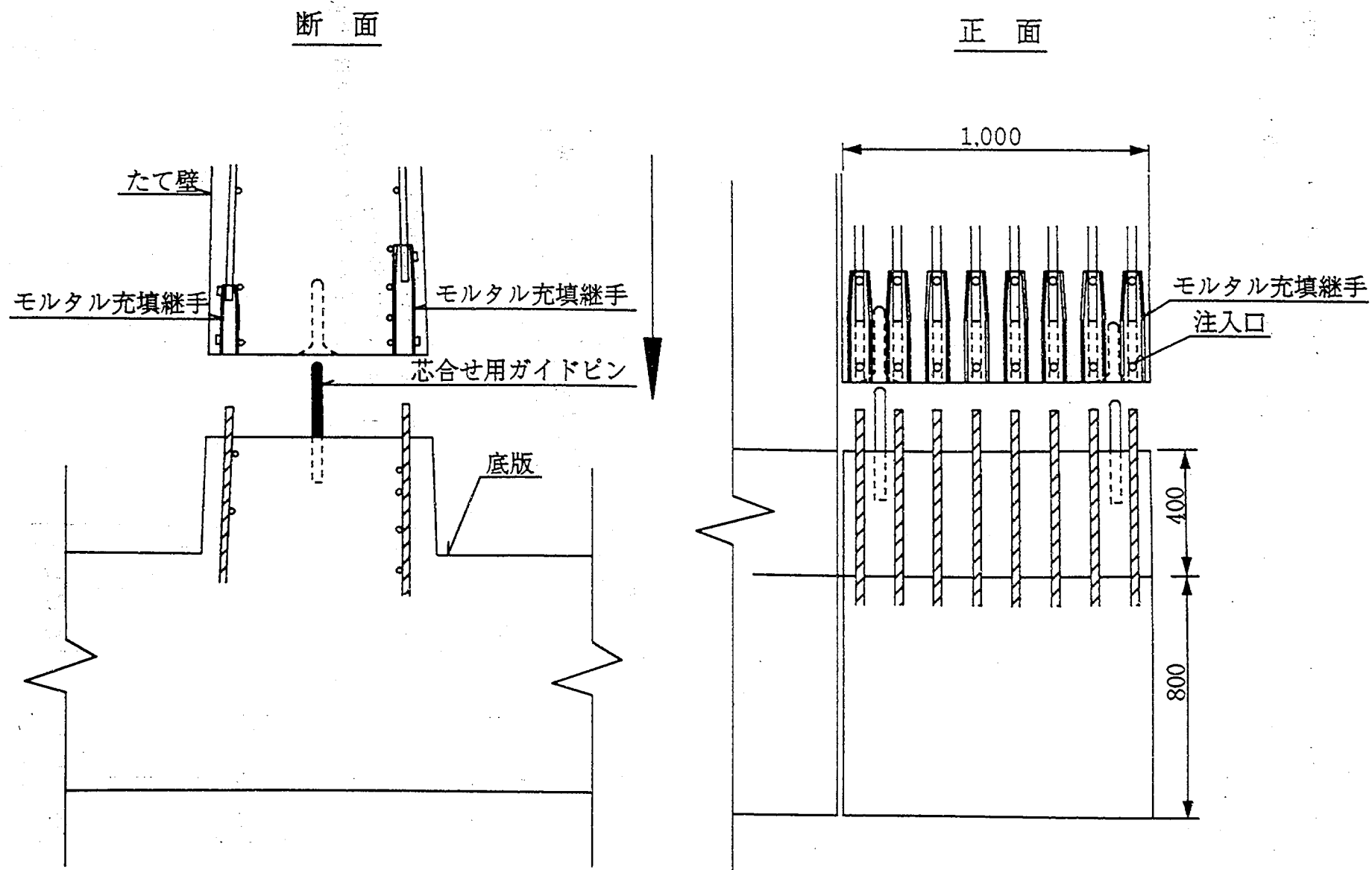


図-3.2.10 3次誘導の状況

3.3 ボックスカルバート

3.3.1 施工上の課題

本研究におけるボックスカルバートのプレキャスト化施工を計画するにあたっては、下図に示す施工順序を念頭におき、工事に関連する仮設工事、地下埋設物、環境保全対策等をよく検討し、安全かつ円滑な施工が可能な施工法、工程を設定しなければならない。

以下に、ボックスカルバートの施工フローを示す。

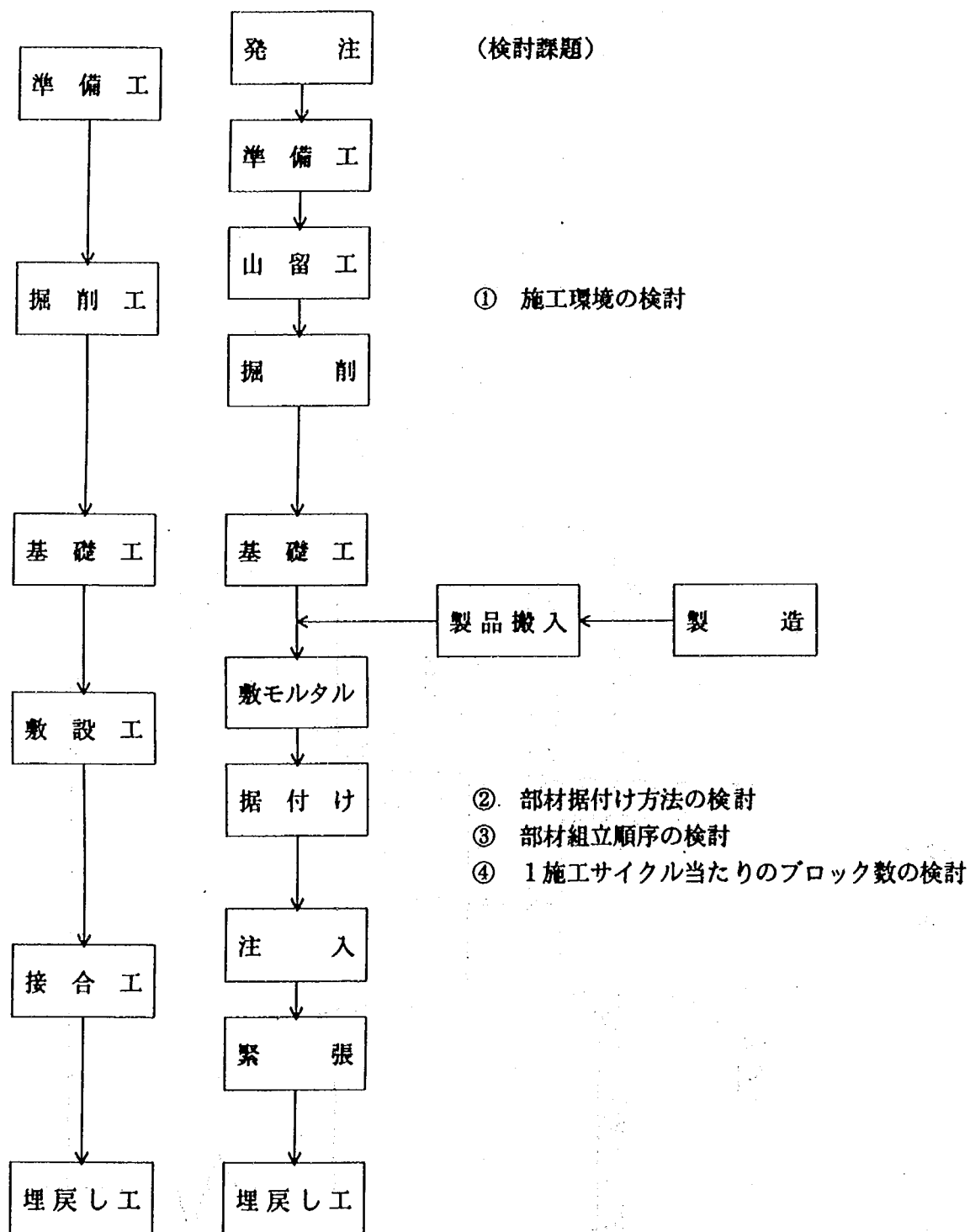


図-3.3.1 施工フローと課題の抽出

本研究の目的として、省人化、省力化施工があり、前頁に示したようなプレキャスト化施工を行う上でのその問題点を列記すると、

- ① ボックスカルバートをプレキャスト化施工する際の施工機械の選定方法
- ② 施工性、経済性をふまえた最適な施工手順
- ③ プレキャスト化施工が行える施工環境

などを挙げることができ、それらの問題点に対する検討課題の抽出を行うと以下ようになる。

- ① ボックスカルバート設置断面における施工環境条件の設定について

本研究の対象となるボックスカルバートは、内空 $7.0^B \times 5.5^H$ 以下の大型断面となっており、設置断面によって重機選定、土留範囲などが変わってくる。ボックス断面が大型ゆえに制限される環境条件が多々あり、研究を進めていく上での施工環境の限定を行っておく必要がある。

- ② 部材据付け方法について

本研究の目的として省力化施工があり、プレキャスト部材を安全にかつ迅速に据え付ける方法を考える必要がある。部材の据付け方法として考えられる案を選出し、施工性、経済性などをふまえて研究の対象となる据付け方法を選定する。

- ③ 部材組立順序について

プレキャスト部材を組み立てていく上で、最適な組立順序を決定しておく必要がある。

- ④ 1 施工サイクル当りのブロック数について

ブロックを組み立てる際の基準となる施工スパンを決定しておかなければ、施工工程の設定ができない。このため、縦断方向の施工方法を踏まえた 1 施工サイクルを決定しておく必要がある。

これらの課題に対する検討方法は、以下の様な手順により行うものとした。

- ① 施工環境の検討

4 分割案で決定したボックスカルバートの施工可能な施工環境を洗い出し、それぞれの特徴を把握する。

- ② 部材据付け方法の検討

施工環境による施工方法（施工機械）の比較を行い、当該ボックスカルバートの施工に最も適している施工機械の選定を行う。

- ③ 部材組立順序の検討

ある施工ブロック数における各部材の組立順序のアイデア出しを行い、各案について比較検討を行うことにより、最適な組立順序を決定する。

- ④ 1 サイクル当たりのブロック数の検討

施工工程に大きく影響してくる施工 1 サイクル当たりのブロック数を縦締め PC 鋼材の設置本数、径により検討する。

3.3.2 施工方法の検討

(1) 施工環境の検討

当該ボックスカルバートは、頂版、側壁、底版を4分割した案にまとめ、それに対する施工環境条件が絞られてくる。ここでは、ボックスカルバートに対する施工可能と思われる施工環境を洗い出し、それぞれの特徴を把握するものとした。

施工環境として設定するものは以下の8ケース（次頁からの図を参照）とする。ただし、検討は、研究対象とする最大内空、最大土被りの場合とした。

Case-1：現地盤上に施工できる場合

Case-2：地盤をオープン掘削する場合

Case-3：山留工が自立の範囲で施工できる場合
（重機足場を現地盤とする場合）

Case-4：山留工が自立の範囲で施工できる場合
（重機足場を一次掘削地盤面とする場合）

Case-5：掘削全面の受動土圧を期待して、自立の範囲で施工できる場合

Case-6：山留工1段切梁を施工する場合
（ただし、均しコンクリートを捨て梁とする場合）

Case-7：アースアンカー式山留工の場合

Case-8：多段切梁式山留め工の場合

次頁より各ケースの比較表を示すが、土中構造物を施工する場合の代表的な切梁式山留工法は、切梁の盛替え、側壁ブロックの細分化等の不都合が生じ、施工性が悪くなるため、本研究の施工環境の設定から外すものとした。

表-3.3.1 施工環境一覧表 (その1)

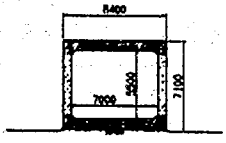
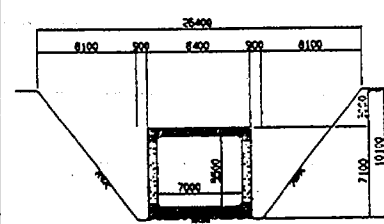
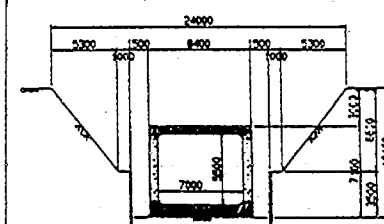
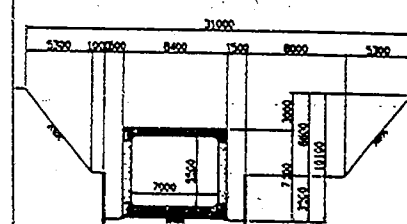
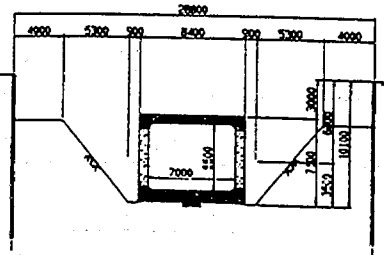
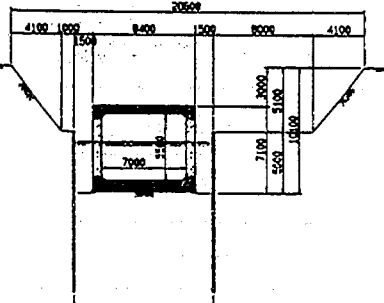
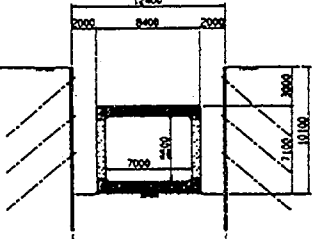
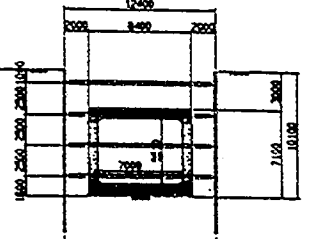
		Case-1	Case-2	Case-3	Case-4
略 図					
施 工 方 法		現地盤上に施工	地盤をオープン掘削にして施工	山留を自立の範囲で施工	同 左 重機足場を一次掘削地盤面とする
施 工 工 程	掘 削 深	——	10.1 m	10.0 m	10.0 m
	全 掘 削 幅	——	26.4 m	24.0 m	31.0 m
	土留工形式	——	——	自立形式	自立形式
	クレーン作業半径	16.0 m	21.0 m	20.0 m	15.0 m
	クレーン能力	80.0 t	100.0 t	100.0 t	80.0 t
特 徴		・ 特になし	・ 土質条件により施工条件は左右される。 ・ クレーン作業半径が大きい。	・ 同 左	・ 同 左 ・ 施工は片側からのみとなる。
適 用 性		○	○	○	○

表-3.3.2 施工環境一覧表 (その2)

		Case-5	Case-6	Case-7	Case-8
略 ☒					
施 工 方 法		掘削全面の受動土圧を期待した自立形式で施工	山留一段切梁として施工	アースアンカー式山留で施工	切梁式土留で施工
施 工 工 程	掘 削 深	10.1 m	10.1 m	10.1 m	10.1 m
	全 掘 削 幅	28.8 m	21.6 m	12.4 m	12.4 m
	土留工形式	自 立 形 式	切 梁 形 式	ア ン カ ー 形 式	切 梁 形 式
	クレーン作業半径	22.0 m	19.0 m	14.0 m	14.0 m
	クレーン能力	100.0 t	100.0 t	80.0 t	80.0 t
特 徴		・ 土質条件により施工条件は左右される。	・ 同 左 ・ 切梁撤去時に自立状態となる。	・ 計画地によってアースアンカーの施工が出来ないところがある。	・ 側壁の細分割が必要となる。
通 用 性		○	○	○	×

(2) 部材据付方法の検討

施工環境による部材据付け方法（施工機械）の選定は、

- ① 作業スペースが取れるかどうか。
- ② 施工延長が長いかわ短い。
- ③ 経済性に優れるか。
- ④ 汎用機械であるか。

等を、以下の検討フローに基づいて自走式運搬台車、据付台車、クローラークレーンの3案について検討を行った。

以降3項目の検討の結果、クローラークレーンによる施工が汎用性、経済性に優れているため、本研究の対象の施工機械は、クローラークレーンを選定した。

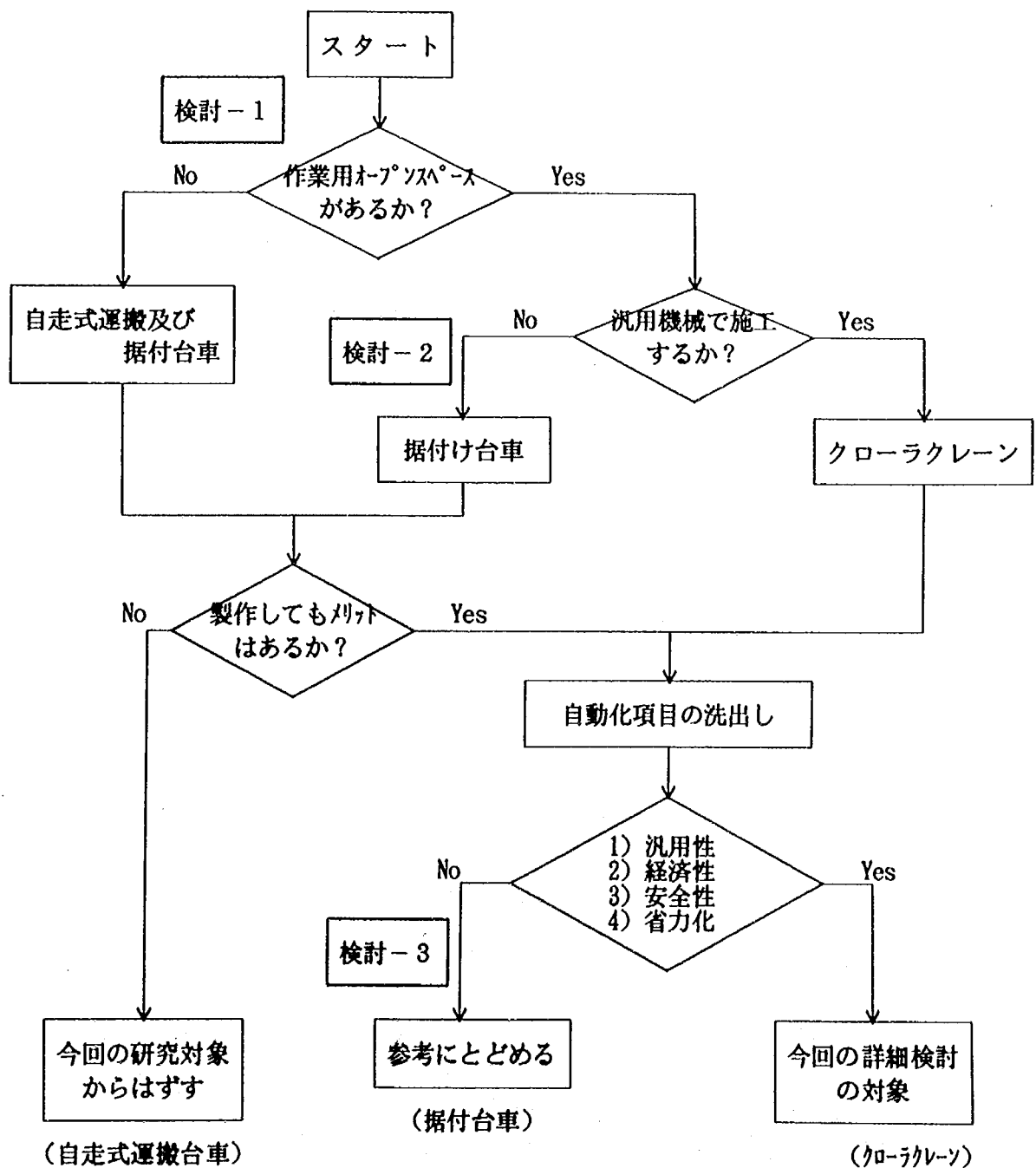


図-3.3.2 施工機械選定フローチャート

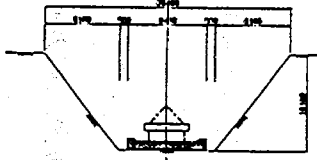
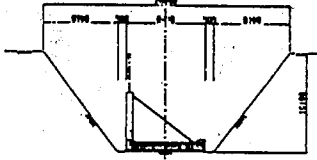
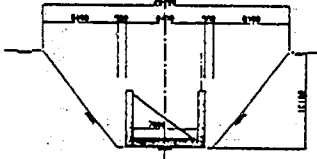
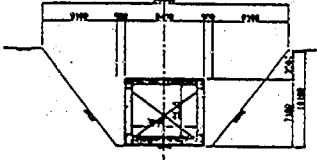
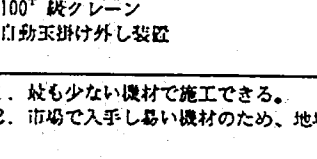
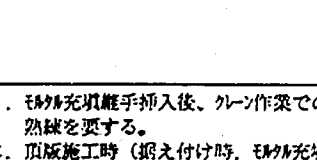
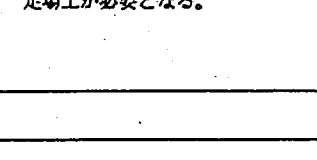
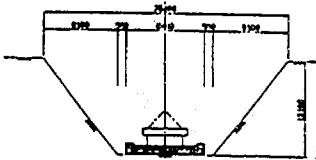
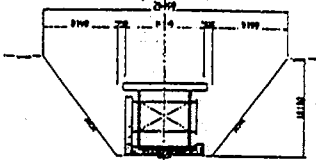
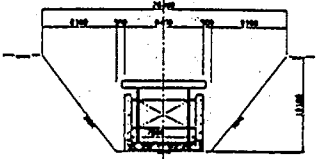
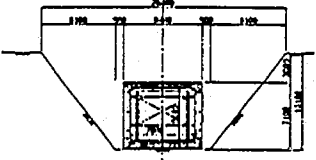
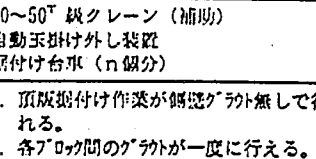
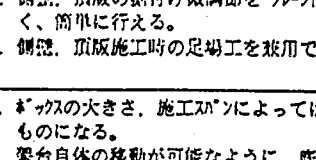
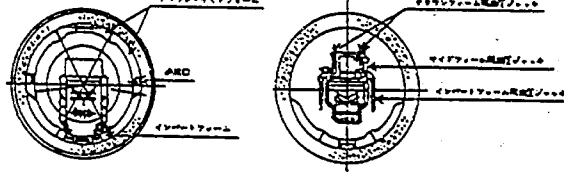
検討－１ 据付方法の比較検討

プレキャストボックスカルバートの施工現場における作業用オープンスペースの有無により、部材の据付方法として考えられる以下３案について比較検討を行った。

- ① クローラクレーン
- ② 据付台車
- ③ 自走式運搬・据付台車

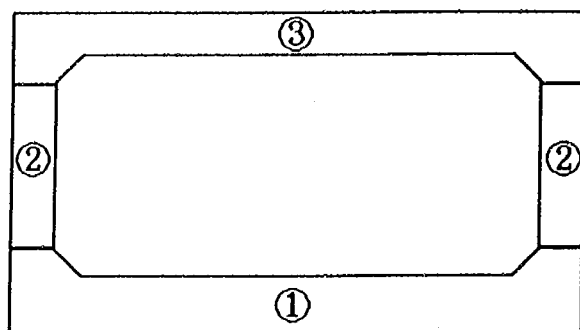
各施工方法とも、現場施工条件の相違により、メリットとなる点、デメリットとなる点があるが、自走式運搬・据付台車は、特殊性が強く、市場における汎用性などを勘案して、作業用オープンスペースがあるという条件の基に、クローラクレーンと据付台車を詳細検討項目とした。

表-3.3.3 据付け方法の比較検討表

	クローラークレーン	据付け台車	自走式運搬・据付け台車
施工現場の設定	1. 左右いずれかに作業用オープンスペースが有る。 2. 施工延長が短い。	1. 左右いずれかに作業用オープンスペースが有る。 2. 施工延長が長い。	1. 左右いずれにも作業用オープンスペースが無い。
施工順序	 ①底版据付け  ②側壁吊り込み  ③仮固定、モルタル充填  ④側壁吊り込み  ⑤仮固定、モルタル充填  ⑥頂版据付け  ⑦モルタル充填 ①～⑦作業を繰り返し最後に締締めを行う。	 ①底版据付け×n個  ②側壁吊り込み×n個  ③側壁吊り込み×n個  ④頂版据付け×n個  ⑤n個の締締め  ⑥n個のモルタル充填	 参考：ECL施工断面
施工機械	100T 級クレーン 自動玉掛け外し装置	80～50T 級クレーン（補助） 自動玉掛け外し装置 据付け台車（n個分）	80～50T 級クレーン（補助） 自動玉掛け外し装置 自走式運搬及び据付け台車
長所	1. 最も少ない機材で施工できる。 2. 市場で入手しやすい機材のため、地場の業者が参加できる。	1. 頂版据付け作業が側壁がラフ無しで行えるので工期の短縮が図れる。 2. 各ブロック間のゲラトが一度に行える。 3. 側壁、頂版の据付け微調整をクレーン作業で行わないので精度良く、簡単に行える。 4. 側壁、頂版施工時の足場工を兼用できる。	
短所	1. モルタル充填継手挿入後、クレーン作業での微調整の施工となるため熟練を要する。 2. 頂版施工時（据え付け時、モルタル充填時）に高所作業となり、足場工が必要となる。	1. ボックスの大きさ、施工空間によっては、架台自体が大掛かりなものになる。 2. 架台自体の移動が可能のように、底版上をスライドさせる機械が必要であり、底版の耐力チェックも必要である。 3. 据付け架台を加えるため施工機材費用が高くなる。 4. 据付け架台の軌道（ガイドレール）を都度敷かねばならない。	1. 自走式運搬台車が特殊機械であるため、施工機材費用が高くなる。
備 考			×

検討－２ 据付台車による施工法の検討

当研究対象となっている4分割プレキャストボックスカルバートを施工するにあたり、場所打ちボックスカルバートと施工上大きく差異があるのは、本体構築（組立、据付け）時である。プレキャストボックスの施工法法についての研究は、まずこの組立、据付けに対して検討を進めるものとした。ボックスカルバート組立手順は、以下の通りである。



① 底版据付け



② 側壁据付け



③ 頂版据付け

この組立作業のうち、各ブロックの接合部のモルタル充填はブロック据付け直後を考えているが、そのため頂版据付け時には側壁下端のモルタル養生が十分とれていなければならない。また、全組立工程のうちモルタル充填作業が複数回になることより施工が繁雑になる可能性がある。

ここで、このモルタル充填作業を全ブロック組立後一回で行うために、カルバート内部に据付け台車を考える。この据付け台車のメリットとして以下のことが挙げられる。

- (1) 頂版据付作業が、側壁モルタル充填なしで行えるので工期短縮が図れる。
- (2) 各ブロック間のモルタル充填が一度に行える。
- (3) 側壁、頂版の据付け微調整をクレーン作業で行わないので、精度よく簡単に行える。
- (4) 側壁、頂版施工時の足場工を兼用できる。

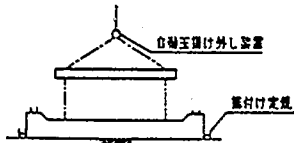
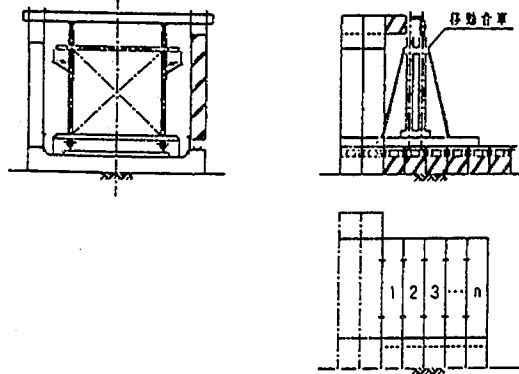
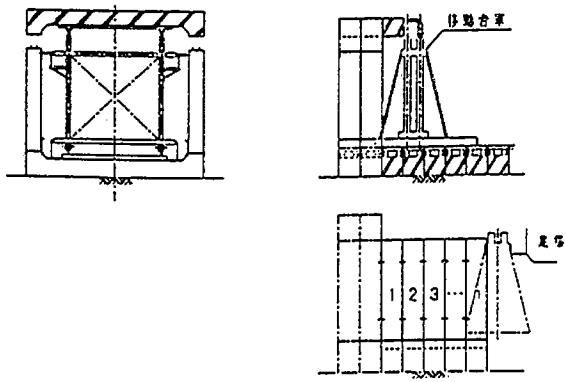
次頁に、据付台車を用いた施工手順を示し、問題点を抽出するものとした。

検討の結果、据付台車施工時の問題点としては、

- (1) ボックスの大きさ、施工スパンによっては、架台自体が大掛かりなものとなる。
- (2) 側壁据付時、頂版据付時の精度を合わせるために油圧ジャッキにて調整するが、ジャッキ管理を人力に頼らなくてはならない。
- (3) 側壁、頂版据付時にもある程度の精度が必要である。
- (4) 架台自体の移動可能なように、底版上をスライドさせる機構が必要であり、底版の耐力チェックも必要である。

を挙げることができ、採用にあたってはこれらの項目を解決しておく必要があることが判明した。

表-3.3.4 据付台車による問題点抽出表

施工順序	概略図	使用機械	自動化項目	問題点
底板据付け n個 		トラッククレーン (100 t) 自動玉掛け外し装置 吊り杓 (鋼性)	自動玉掛け外し装置 (汎用)	据付け精度管理 (据付定規)
底板縦締め n個 		センターネールジャッキ	(手動)	据付け精度管理 (据付定規)
側壁ブロック 据付け 縦締め(新式) グラウト n個繰り返す 		トラッククレーン (吊り卸し用) 据付け台車	自動位置決め装置	センターと油圧ジャッキとの制御 縦締めは新式で良いか？ 縦断方向の継手検討 グラウト養生日数
頂版ブロック 据え付け グラウト n個繰り返す 頂版縦締め n個 		トラッククレーン (吊り卸し用) 据付け台車 センターネールジャッキ	自動位置決め装置 (手動)	センターと油圧ジャッキとの制御 縦断方向の継手検討

検討-3 クローラクレーンと据付台車による据付の比較

クローラクレーンと据付台車の2案で施工延長を仮定し、工期及び施工費（機械費）を比較したが、据付台車でも据付台車迄の吊り込みに80tクローラが必要となり、経済性に劣る。また、据付台車が汎用機械でないため延長が長い工事については検討の必要性があるが、今回の研究ではクローラクレーンによる施工法を採用するものとした。

表-3.3.5 クローラクレーンと据付け台車との比較表

クローラクレーン施工案			据付け台車施工案																							
施工順序	底版据付け → 底版の本緊張 → 側壁据付け、モルタル注入 → 頂版据付け、モルタル注入 → (基準ブロック完成) → 基準ブロックに合わせて側壁据え付け、固定、注入の繰り返し (4個×2) → 頂版据付け (4個) → 頂版緊張 → モルタル注入 → 以後完成部を基準として作業を繰り返す (5ブロック毎1サイクルで施工する)		底版据付け → 底版の本緊張 → 側壁据付け (5個×2)、仮固定 → 頂版据付け (5個) → 頂版緊張 → モルタル注入 → 以後完成部を基準として作業を繰り返す (5ブロック毎1サイクルで施工する)																							
	使用機械 100t吊りクローラクレーン (吊り込み、据付け用)		使用機械 据付け台車 80t吊りクローラクレーン (吊り込み用)																							
工程	1サイクル (5M当たり)		1サイクル (5M当たり)																							
	初時期	標準時	初時期	標準時																						
	底版据付け、緊張	1日	1日	底版据付け、緊張	1日																					
	側壁据付け、モルタル養生	1日	—	側壁据付け、仮固定	2日																					
	養生	2日	—	頂版据付け	1日																					
	頂版据付け、モルタル養生	1日	—	頂版緊張	1日																					
	養生	2日	—	モルタル注入	1日																					
	側壁据付け、固定、モルタル	4日	4日	養生	2日																					
	頂版据付け	1日	1日																							
	頂版緊張、モルタル	1日	1日																							
	養生	2日	2日																							
		15日	9日		8日																					
経済比較	延長	実績日数	経済比較グラフ 金額 (千円) <table><tr><th>延長 (m)</th><th>クローラークレーン工事費 (千円)</th><th>据え付け台車工事費 (千円)</th></tr><tr><td>25</td><td>12500</td><td>23000</td></tr><tr><td>50</td><td>13500</td><td>24000</td></tr><tr><td>75</td><td>14500</td><td>25000</td></tr><tr><td>100</td><td>15500</td><td>26000</td></tr><tr><td>125</td><td>16500</td><td>27000</td></tr><tr><td>150</td><td>17500</td><td>28000</td></tr></table> 延長 (m)			延長 (m)	クローラークレーン工事費 (千円)	据え付け台車工事費 (千円)	25	12500	23000	50	13500	24000	75	14500	25000	100	15500	26000	125	16500	27000	150	17500	28000
	延長 (m)	クローラークレーン工事費 (千円)				据え付け台車工事費 (千円)																				
	25	12500				23000																				
	50	13500				24000																				
	75	14500				25000																				
	100	15500				26000																				
125	16500	27000																								
150	17500	28000																								
25 ■	15+9日×42m ² =51日																									
50 ■	15+9日×92m ² =96日																									
75 ■	15+9日×142m ² =141日																									
100 ■	15+9日×192m ² =186日																									
150 ■	15+9日×292m ² =276日																									
機械費のみ			実績日数																							
			8日×52m ² =40日																							
			8日×102m ² =80日																							
			8日×152m ² =120日																							
			8日×202m ² =160日																							
			8日×302m ² =240日																							
長所	1. 施工延長が短くても、汎用機であるため経済的である。		1. ブロック毎の緊張、モルタル注入ができる。 2. 工期的にはブロック毎の施工となるため有利である。 3. 足場が据付け台車と兼用になる。																							
短所	1. 単位毎の施工となるのでガイド等補助材が必要となる。 2. 緊張時、モルタル注入時の足場工が必要となる。		1. 据付け台車制作費が高価であるため、延長150M以上でないともメリットが無い。 2. 補助のクレーンが80tクレーンと大きいため経済性に劣る。																							
判定	○																									

(3) 部材組立順序の検討

ボックスカルバートのプレキャスト部材の組立順序についてアイデア出しを行い、5ブロックを施工サイクルとした場合の比較検討を行った。その結果、以下のようなことが判明し、組立手順を決定する際の参考とするものとした。

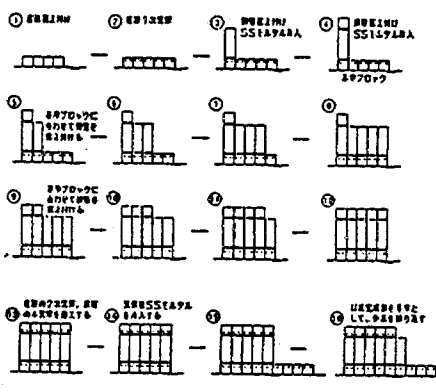
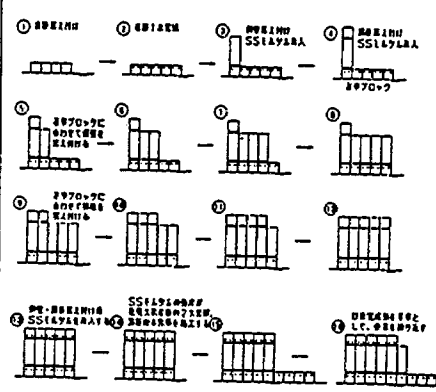
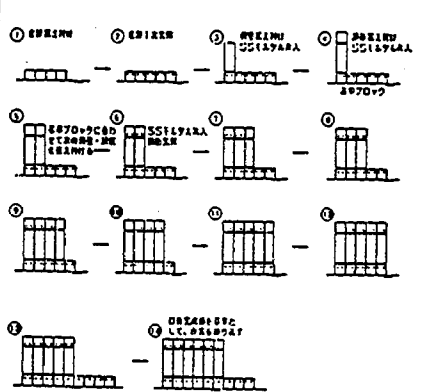
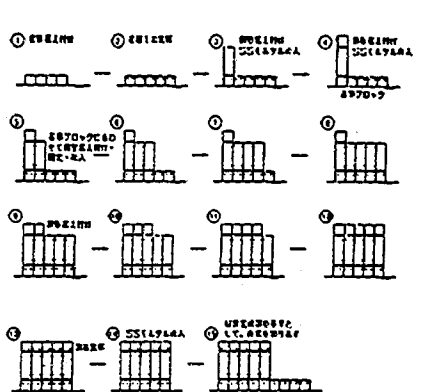
① 仮固定のままでの頂版、底版の緊張を行うと、各ブロックにずれが生じることが考えられ、この状態で緊張を行うためには、何らかの細工が必要である。

② 全ブロックSSモルタル施工後に緊張を行ったとすると、目地部に悪影響を及ぼす可能性がある。

③ 1ブロックずつ据付けてSSモルタルを注入する方法は、モルタルの養生日数が工程に大きく影響してくる。このため、底版、側壁、頂版を仮組の状態で一度に注入を行う必要がある。

これらの検討結果の問題点は、実物大組立実験を実施することにより確認し、施工性、安全性、経済性などを考慮した最適な組立順序を決定するものとした。

表-3.3.6 部材組立順序の比較表

	A 案	B 案	C 案	D 案																																																																
施工順序																																																																				
工 程	<table><tr><td>底版据付け、1次緊張</td><td>1日</td></tr><tr><td>側壁据付け、モルタル養生</td><td>2日</td></tr><tr><td>頂版据付け、モルタル養生</td><td>2日</td></tr><tr><td>側壁据付け(4×2)</td><td>2日</td></tr><tr><td>頂版据付け(4)</td><td>1日</td></tr><tr><td>緊張</td><td>1日</td></tr><tr><td>モルタル注入</td><td>1日</td></tr><tr><td>養生</td><td>2日</td></tr><tr><td colspan="2">14日</td></tr></table>	底版据付け、1次緊張	1日	側壁据付け、モルタル養生	2日	頂版据付け、モルタル養生	2日	側壁据付け(4×2)	2日	頂版据付け(4)	1日	緊張	1日	モルタル注入	1日	養生	2日	14日		<table><tr><td>底版据付け、1次緊張</td><td>1日</td></tr><tr><td>側壁据付け、モルタル養生</td><td>2日</td></tr><tr><td>頂版据付け、モルタル養生</td><td>2日</td></tr><tr><td>側壁据付け(4×2)</td><td>2日</td></tr><tr><td>頂版据付け(4)</td><td>1日</td></tr><tr><td>緊張</td><td>1日</td></tr><tr><td>モルタル注入</td><td>1日</td></tr><tr><td>養生</td><td>2日</td></tr><tr><td colspan="2">14日</td></tr></table>	底版据付け、1次緊張	1日	側壁据付け、モルタル養生	2日	頂版据付け、モルタル養生	2日	側壁据付け(4×2)	2日	頂版据付け(4)	1日	緊張	1日	モルタル注入	1日	養生	2日	14日		<table><tr><td>底版据付け、1次緊張</td><td>1日</td></tr><tr><td>側壁据付け、モルタル養生</td><td>2日</td></tr><tr><td>頂版据付け、モルタル養生</td><td>2日</td></tr><tr><td>側壁、頂版据付け緊張、モルタル注入</td><td>1日×4= 4日</td></tr><tr><td>養生</td><td>2日×4= 8日</td></tr><tr><td colspan="2">19日</td></tr></table>	底版据付け、1次緊張	1日	側壁据付け、モルタル養生	2日	頂版据付け、モルタル養生	2日	側壁、頂版据付け緊張、モルタル注入	1日×4= 4日	養生	2日×4= 8日	19日		<table><tr><td>底版据付け、1次緊張</td><td>1日</td></tr><tr><td>側壁据付け、モルタル養生</td><td>2日</td></tr><tr><td>頂版据付け、モルタル養生</td><td>2日</td></tr><tr><td>側壁据付け、固定モルタル(4×2)</td><td>4日</td></tr><tr><td>頂版据付け(4)</td><td>1日</td></tr><tr><td>モルタル注入</td><td>1日</td></tr><tr><td>養生</td><td>2日</td></tr><tr><td colspan="2">15日</td></tr></table>	底版据付け、1次緊張	1日	側壁据付け、モルタル養生	2日	頂版据付け、モルタル養生	2日	側壁据付け、固定モルタル(4×2)	4日	頂版据付け(4)	1日	モルタル注入	1日	養生	2日	15日	
底版据付け、1次緊張	1日																																																																			
側壁据付け、モルタル養生	2日																																																																			
頂版据付け、モルタル養生	2日																																																																			
側壁据付け(4×2)	2日																																																																			
頂版据付け(4)	1日																																																																			
緊張	1日																																																																			
モルタル注入	1日																																																																			
養生	2日																																																																			
14日																																																																				
底版据付け、1次緊張	1日																																																																			
側壁据付け、モルタル養生	2日																																																																			
頂版据付け、モルタル養生	2日																																																																			
側壁据付け(4×2)	2日																																																																			
頂版据付け(4)	1日																																																																			
緊張	1日																																																																			
モルタル注入	1日																																																																			
養生	2日																																																																			
14日																																																																				
底版据付け、1次緊張	1日																																																																			
側壁据付け、モルタル養生	2日																																																																			
頂版据付け、モルタル養生	2日																																																																			
側壁、頂版据付け緊張、モルタル注入	1日×4= 4日																																																																			
養生	2日×4= 8日																																																																			
19日																																																																				
底版据付け、1次緊張	1日																																																																			
側壁据付け、モルタル養生	2日																																																																			
頂版据付け、モルタル養生	2日																																																																			
側壁据付け、固定モルタル(4×2)	4日																																																																			
頂版据付け(4)	1日																																																																			
モルタル注入	1日																																																																			
養生	2日																																																																			
15日																																																																				
長 所				1. 側壁間を縦締めを先行して注入を行うのでズレが生じない。																																																																
短 所	1. 仮固定のままで頂版の緊張を施工するため、底版と側壁、頂版と側壁のズレが生じる。 2. 仮固定の状態で緊張が行えるように細工が必要	1. SSモルタル注入後、頂版の緊張を施工するため、底版と側壁の摩擦で締付が困難である。 2. SSモルタル目地部に悪影響を及ぼす。	1. 仮固定のまま1ブロックを緊張するため、A案と同様にズレが生じる。 2. 施工日数が他の案と比較して多くかかる。																																																																	
備 考																																																																				

(4) 1サイクル当たりのブロック数の検討

部材組立における施工1サイクル当たりのブロック数は、縦断方向緊張により決定するものとした。

縦断方向の設計は、「鉄筋コンクリート製プレキャストボックスカルバート道路埋設指針」に準拠して行うものとし、連結には、P C鋼棒を用いることとする。緊張力の決定方法は、基礎コンクリート上に組立てられたカルバートを、既設カルバートに引き寄せ接合するために必要な力として計算する。この時、基礎コンクリートとの摩擦係数を $\mu=1.0$ （通常は0.6程度であるが、安全を考慮して）とし、決定するものとした。

次頁より、P C鋼棒の本数と引き寄せブロック数とをまとめた表を示すが、ボックスカルバート断面への緊張力の均等性などから判断して、4本の緊張材を設置することが望ましいと思われる。本研究の対象となっている最大断面のものでも、 $\phi 32\text{mm}$ のP C鋼棒で対応できるため、これ以上に配置することを考える必要はない。

緊張力の算出

$$P_t \geq \frac{\mu \cdot W \cdot N}{n}$$

ここに、 P_t ; PC鋼棒1本当たりの必要緊張力 (tf)

μ ; 摩擦係数 (=1.0)

W ; 組立後の1ブロック重量 (tf)

N ; 1つの連結区間におけるブロック数

n ; 同時に緊張するPC鋼棒本数

計算結果

表-3.3.7 縦断方向緊張力

PC鋼棒本数 n ブロック数 N	(No1, 5)	(No1, 5, 6)	(No1, 2, 4, 5)
	2 本	3 本	4 本
1ブロック (42.8 t)	21.4 t	14.3 t	10.7 t
	φ 23	φ 17	φ 17
2ブロック (85.6 t)	42.8 t	28.5 t	21.4 t
	φ 26	φ 26	φ 23
3ブロック (128.4 t)	64.2 t	42.8 t	32.1 t
	φ 32	φ 26	φ 26
4ブロック (171.2 t)	85.6 t	57.1 t	42.8 t
		φ 32	φ 26
5ブロック (214.0 t)	107.0 t	71.3 t	53.5 t
			φ 32

表中 - $\frac{\text{(上 段)}}{\text{(下 段)}}$ は、 $\frac{\text{PC鋼棒1本当たりの必要緊張力 ; } P_t}{\text{使用PC鋼棒}}$ を表す。

PC鋼棒を選定するにあたり、許容引張荷重（プレストレス直後）を下記のように設定した。

$$P_a \leq 0.7 P_u \quad P_u ; \text{PC鋼棒の引張荷重}$$

$$P_a \leq 0.85 P_y \quad P_y ; \text{PC鋼棒の降伏点荷重}$$

上記の P_a のうち小さい方を選ぶ。

表-3.3.8 PC鋼棒選定表

	$P_a \leq 0.7 P_u$	$P_a \leq 0.85 P_y$
$\phi 17$ SBPR1080/1230 AP=227.0 mm ²	$0.7 \times 125 \text{ kg/mm} \times 227.0$ =19.862 t	$0.85 \times 110 \times 227.0$ =19.862 t
$\phi 23$ SBPR1080/1230 AP=227.0 mm ²	$0.7 \times 95 \times 415.5$ =27.630 t	$0.85 \times 80 \times 415.5$ =28.254 t
$\phi 26$ SBPR1080/1230 AP=227.0 mm ²	$0.7 \times 120 \times 530.9$ =44.595 t	$0.85 \times 95 \times 530.9$ =42.870 t
$\phi 32$ SBPR1080/1230 AP=227.0 mm ²	$0.7 \times 120 \times 804.2$ =67.552 t	$0.85 \times 95 \times 804.2$ =64.939 t

3.4 施工機械の調査、研究

3.4.1 施工機械の現状

(1) 施工機械の調査

1) 二次製品を取り扱う現状の施工機械概要

二次製品を取り扱う施工機械について対象構造物の調査を行った。調査結果を表-3.4.1 に示す。調査時点では専用機として開発することも検討されたが、本施工の普及等を考え、施工機械は市場性があり入手しやすいことに重点を絞った。

表-3.4.1 二次製品取扱い用施工機械調査結果（平成2年度）

対象構造物			地 上						地 下				港湾・海洋			
			橋梁上部工	橋梁下部工	容器構造物	擁壁	シェルター	人工地盤	コンクリート舗装板	基礎構造物	トンネル	カルバート	連壁・矢板	接岸設備	防波堤	護岸
据付施工機械																
汎 用 機	移動式クレーン	クローラクレーン	○	○	○	○	○	○	○		○	○	○	○	○	
		トラッククレーン	○	○	○	○	○	○			○		○	○	○	
		ラフテレーンクレーン			○	○	○	○			○	○				
		トラック搭載クレーン				○					○					
	タワークレーン		○													
	油圧ショベルと応用品					○					○					
	杭打機	リーダ式		○					○							
		パイプロ										○				
専 用 機	橋梁用	ガーダ架設	○													
		支保工式架設	○													
		門型クレーン架設	○													
		タワーエレクション	○													
	宅造万能ロボット					○										
	プロセッタ					○					○					
	セグメント自動組立装置									○						

2)コンクリート二次製品用施工機械

施工対象構造物をモルタル充填継手を用いたプレキャスト擁壁およびボックスカルバートに絞って施工機械の調査を行った。

据付用施工機械として既存のクレーンを使用する場合は、対象となる二次製品の重量が約10tfと見込まれるため、吊上能力が少なくとも40～50t以上のクレーン（クローラクレーン、トラッククレーン、ラフテレーンクレーン等）が必要であることが分かったが、この場合、高所での玉掛け外し作業が必要となるため、高所作業をなくすための自動玉掛け外し装置関係について調査を行った。（表－3.4.2参照）

更に、クレーン以外のロボット的な働きをするハンドリングマシンについても調査を行った。代表的な建設ロボットを表－3.4.3 に示すが約10tfの重い荷をハンドリング可能な大型のハンドリングマシンは見当たらなかった。

表－3.4.2 自動玉掛け外し装置調査結果

名 称	用 途	装置の狙い	適用の可否
鉄骨自動玉外し装置	建築の鉄骨玉掛け外し	高所作業回避	可
オートクランプ	〃	〃	可
オートキャンセルフック	海上でのテトラポット据付け	足場なし作業回避	否

表－3.4.3 ハンドリングマシン調査結果

名 称	用 途	装置の狙い	適用の可否
石積みロボット	宅造石積みロボット ハンドリング重量495kg	工期短縮	無し
マイティハンド	ビル外壁取付ロボット ハンドリング重量490kg	危険作業回避	無し

3.4.2 施工機械の構成

(1) 施工機械の検討対象作業項目とその問題点

擁壁、およびボックスカルバート施工機械の必要機能を検討するために、施工順序に沿った作業項目の施工上の問題点を検討した。検討対象項目を表-3.4.4 に、その問題点を表-3.4.5 にそれぞれ○印で示す。

表-3.4.4 施工機械の検討対象

擁 壁		ボックスカルバート	
作 業 項 目	検 討 対 象	作 業 項 目	検 討 対 象
工事用道路増設		工事用道路造成	
基礎掘削工		基礎掘削工事	
均しコンクリート打設		均しコンクリート打設	
設置箇所測量		設置箇所測量	
据付用ガイド設置	○	据付用ガイド設置	○
クレーン用敷鉄板	○	クレーン用敷鉄板	○
底版据付け	○	底版据付け	○
底版連結・固定		底版本緊張	○
縦壁に支柱取付け	○	側壁に支柱取付	○
縦壁吊込み・設置	○	側壁吊込み・設置（基準）	○
支柱により位置固定	○	側壁を支柱で位置固定	○
台付けワイヤ取外し	○	台付けワイヤ取外し	○
モルタル充填	○	モルタル充填	○
支柱取外し	○	足場設置	○
横方向連結		頂版吊込み設置（基準）	○
背面排水材等取付け		台付けワイヤ取外し	○
埋戻し		頂版緊張	○
目地・注入孔仕上げ	○	モルタル充填	○
		支柱・足場取外し	○
		埋戻し	

表-3.4.5 検討対象作業項目の問題点

	検討対象作業項目	問 題 点				
		位置合わせが やりにくい	吊り荷の寸落 ち、倒れの危 険あり	30kgf以上で 人力では運搬 できない	高所作業で危 険	足場の設置作 業がわずらわ しい
擁 壁	据付用ガイド設置			○		
	クレーン用敷鉄板			○		
	底版据付け	○	○	○		
	縦壁に支柱取付け			○		
	縦壁吊込み・設置	○	○	○		
	支柱で位置固定			○		
	台付けワイヤ取外し				○	○
	モルタル充填				○	○
	支柱取外し			○		
	横方向連結				○	○
	目地・注入孔仕上げ				○	○
ボ ッ ク ス カ ル バ ー ト	据付用ガイド設置			○		
	クレーン用敷鉄板			○		
	底版据付け	○	○	○		
	側壁に支柱取付		○			
	側壁吊込み・設置	○	○	○		
	側壁を支柱で位置固定			○		
	台付ワイヤ取外し				○	○
	モルタル充填				○	○
	足場設置					○
	頂版吊込み設置	○	○	○	○	○
	台付ワイヤ取外し				○	○
	頂版緊張				○	○
	緊張後のモルタル充填				○	○
	支柱・足場取外し				○	○

(2) 開発にあたっての施工機械のコンセプト

1) 施工機械の役割

熟練労働者不足問題や作業環境改善の一環として、安全性の向上や苦労性の改善を目指して施工の機械化を図り、高所作業や重量物の人力による持ち上げ作業等危険できつい作業の低減を図る。

2) 施工機械のコンセプト

- ① 自動化を目指し、リモートコントロール、センシング、モニタリングの中から少なくとも2機

能を盛り込むこと。

- ② 本施工のために、新規開発する装置または初めて採用する装置等は市場性が高く・入手しやすいものとする。

3)問題点解決策

表-3.4.5 に示した問題点に対して、上記施工機械のコンセプトに沿った解決策を検討し、表-3.4.6 に示す。

表-3.4.6 問題点解決策

問 題 点	解 決 策 アイデア
位置合わせがやりにくい	「組立ガイド」を検討する
吊り荷の寸落ち、倒れの危険あり	「組立ガイド」、「TVモニター」を検討する
30kgfで人力では運搬できない	「ベースマシーン」、「ミニクレーン」を検討する
高所作業となり危険	「自動玉掛け外し装置」を検討する
足場作りを簡略化したい	「高所作業車」を検討する

(4) 施工機械の構成

問題点解決策に沿って、施工機械の構成を検討した。

1)ベースマシーン

ベースマシーンは、既存の建設用クレーンと多関節アームを有するマニプレータなどの自動機械とに大別できるが、約10tfの荷を持ち上げ・移動・位置合わせ・設置できるマニプレータ技術はまだ見当たらないことから、本研究では、既存の建設用クレーン（表-3.4.1 の移動式クレーンが該当）を使用することになった。

2)組立ガイド

二次製品の接合の際、鉄筋とモルタル充填式継手との芯合わせ用治具で、組立ガイドに沿って二次製品を降ろしていくと自動的に芯合わせができる構造を考えた。但し、二次製品を組立ガイドに沿わせる際に、二次製品に事前に紐を設けて安全な距離から作業者が引っ張る等吊り荷の位置のコントロール方法の併用も検討する必要がある。

3)自動玉掛け外し装置

二次製品の接合が完了した後、リモートコントロールにより玉掛けを外すもので、クレーンのフックと二次製品との間に組み込んで使用する。

4)TVモニター

二次製品をガイドに沿わせたり、モルタル充填継手の芯を合わせたりする際、吊り荷より離れた位

置から芯合わせ状況の確認ができるようにするためのもので、テレビ画面を見ながらクレーン作業ができるものである。

5) ミニクレーン

ベースマシンの作業と並行して支柱や足場等を取り付けるための小型クレーンで、汎用性があり安価なものである。

6) 高所作業車

足場の代わりに使用するもので、自由に移動できるものである。

3.4.3 施工機械の計画設計

(1) 施工機械の全体配置

以上の検討結果を基に施工機械の全体配置図をまとめた。擁壁を図-3.4.1 に、ボックスカルバートを図-3.4.2 に示す。

これらはいずれも既に掲げた「開発にあたっての施工機械のコンセプト」に対して、

リモートコントロール；自動玉掛け外し装置

モニタリング；TVモニター

の2項目が適用されており、コンセプトに沿ったものである。

(2) 施工機械の仕様検討

ベースマシンと補助装置の概略仕様は以下の通りである。尚、下記の仕様はあくまでも基本的なもので、工事計画を基に施工要領書に従って具体的な検討を行うことが必要である。

1) ベースマシン

表-3.4.1 に示す移動式クレーン（クローラクレーン、トラッククレーン、ラフテレンクレーン等の建設工事用クレーン）が市場に広く普及しているので、工事計画に合わせて選択し、転倒防止のために地盤の養生を充分に行ったうえで作業するものとする。ベースマシン仕様の目安を表-3.4.7 に示す。

表-3.4.7 ベースマシン仕様の目安

	擁壁向け仕様	ボックスカルバート向け仕様
吊上げ荷重（t）	60	100
ブーム長さ（m）	28	28

2) 組立ガイド

市販品がないので、構造・寸法等を工事計画に合わせて設計・製作するものとする。

図-3.4.3 に擁壁用組立ガイドの一例を、図-3.4.4 にボックスカルバートの組立ガイドの一例

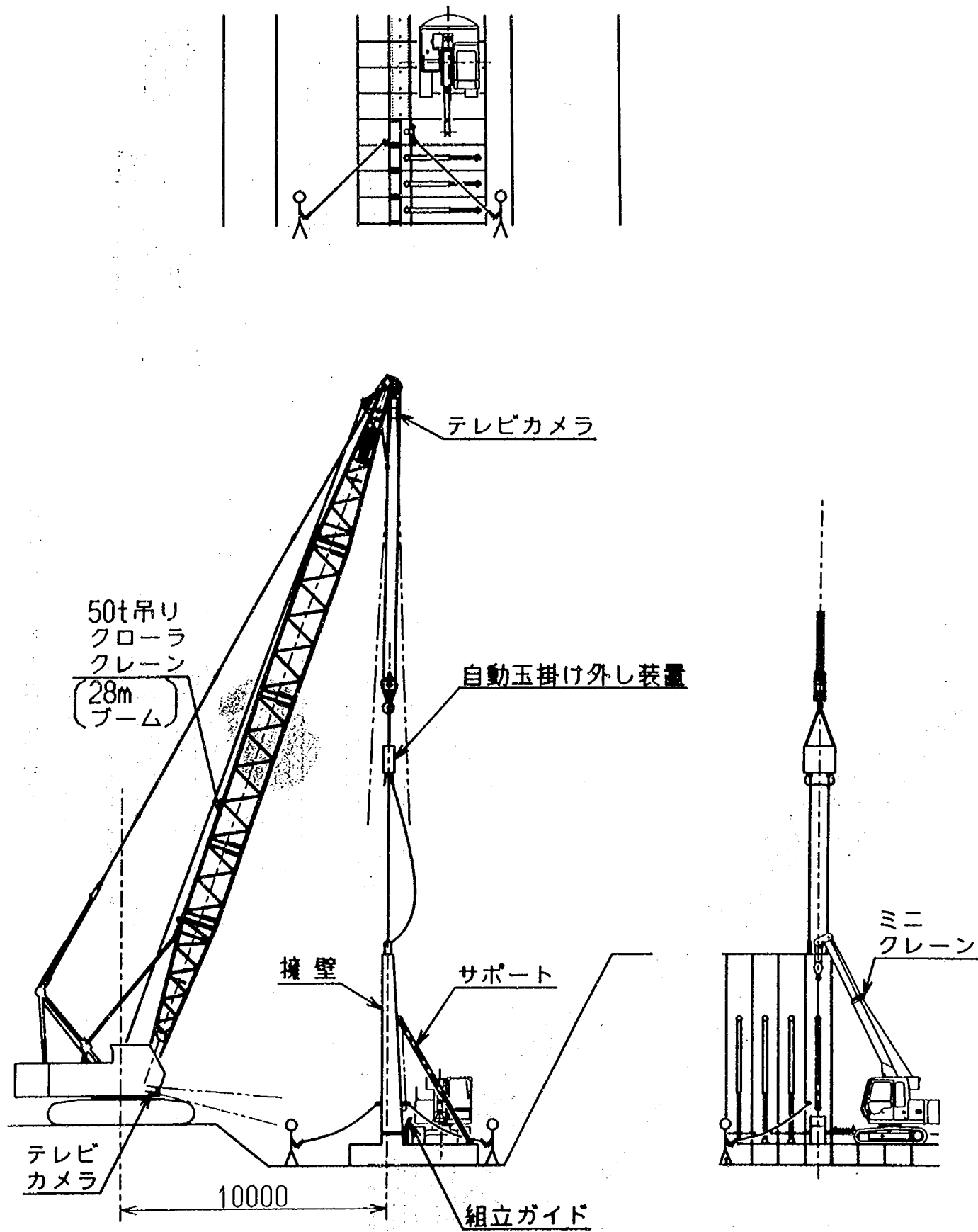
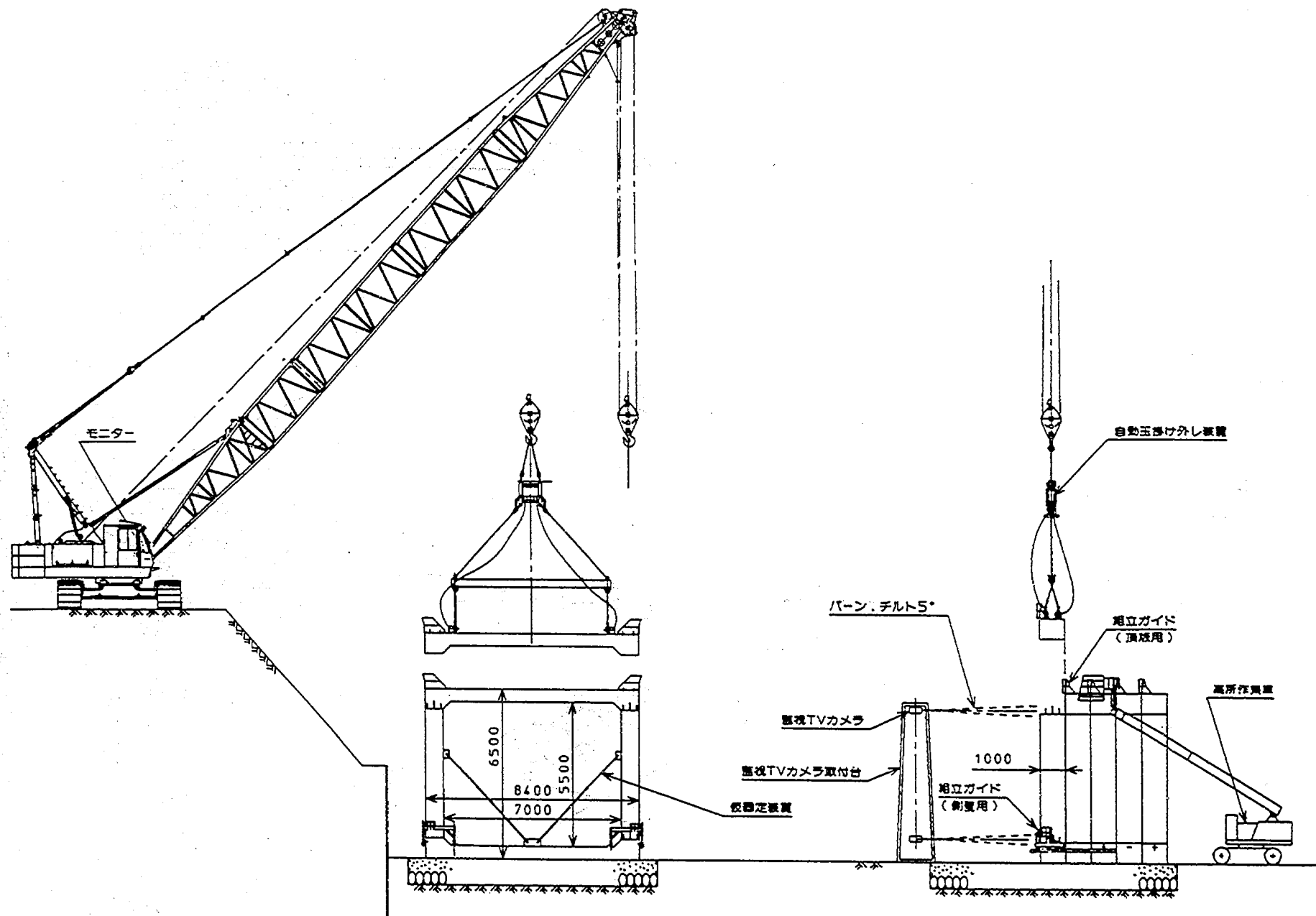
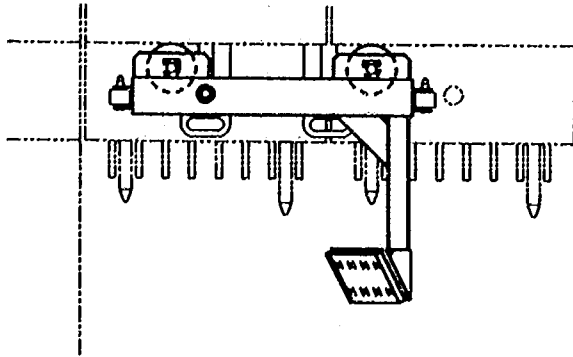


図-3.4.1 クレーン作業状況全体配置図



(汎用クレーンを用いた作業状況の一例を示す。)

図-3.4.2 施工機械の全体配置図



・印をつけた面で 位置を決めを行う。

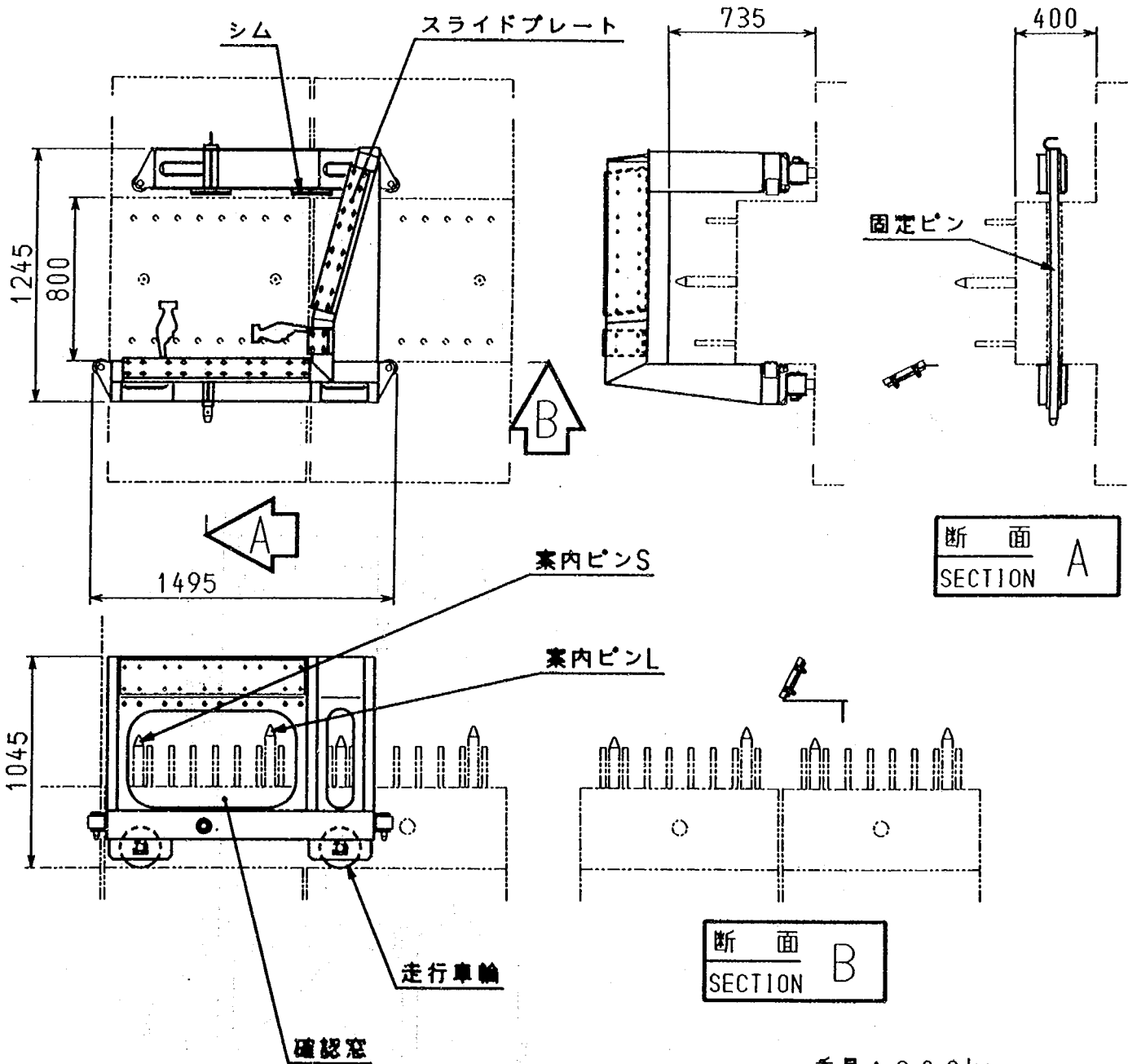
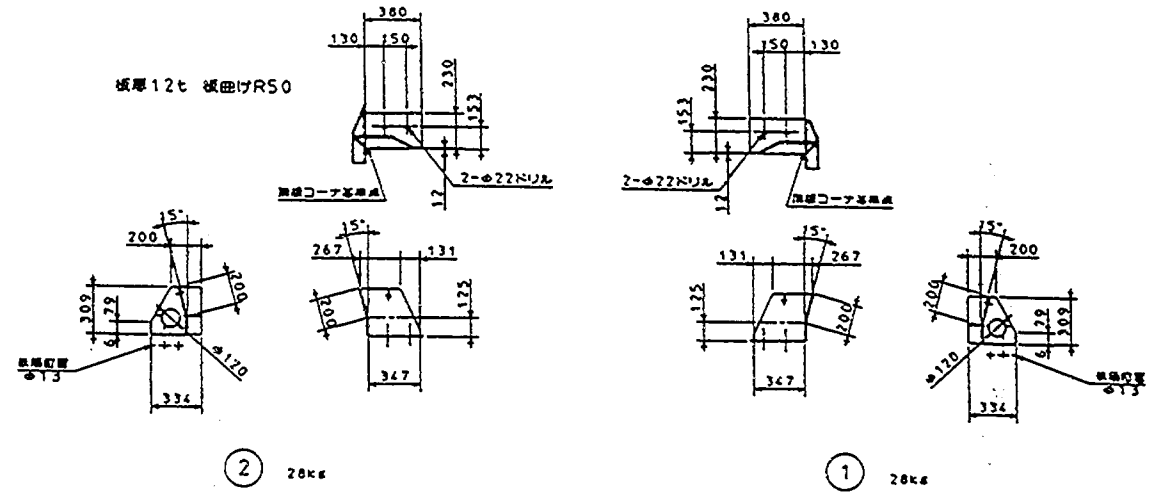
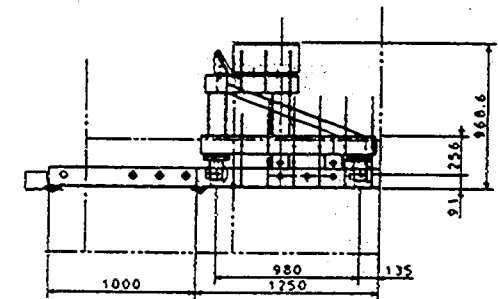
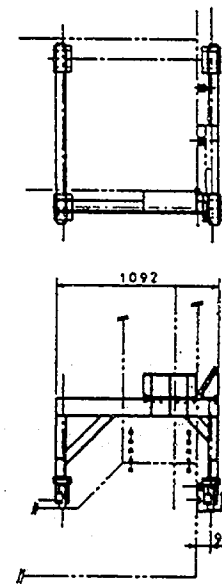
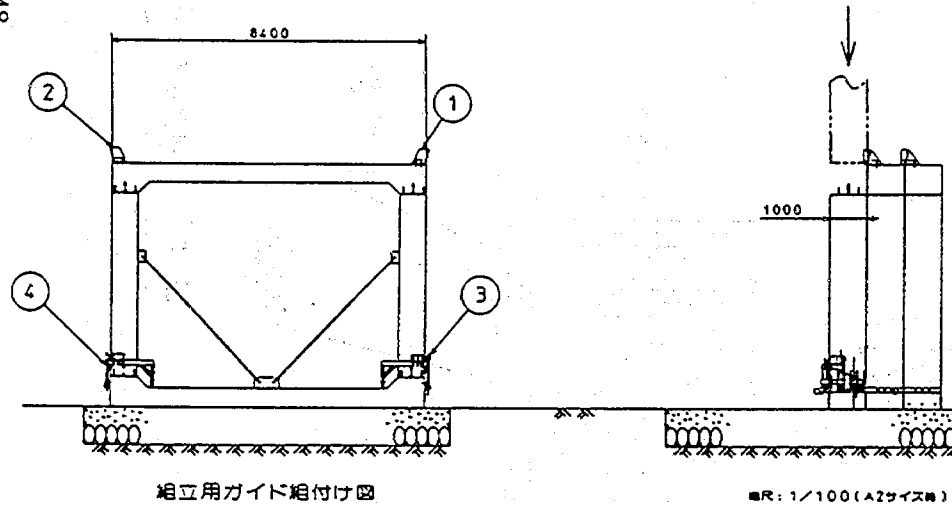


図-3.4.3 組立ガイドの1例

板厚12t 板曲げR50



-148-



図は③を示す 約270Kg
④は誘手反対です

図-3.4.4 組立ガイドの一例

を示すが、ガイド設計の際は下記の点に配慮する必要がある。

- ① 擁壁ないしボックスカルバートの部材を滑らせながら芯合わせができるようにするためのテーパーバスライド面を設ける必要がある。
- ② テーパーバスライド面の材質は部材を損傷させないために樹脂等の柔い材質を使用する必要がある。
- ③ 部材の設置は移動しながら連続して行うために、簡単に移動・設置できるように設計する必要がある。

3)自動玉掛け外し装置

数社のメーカーの製品が市販されているので、工事計画に合わせて選択するものとする。

尚、吊り荷の重量に対して十分な能力を有するものを選定すること。また、リモートコントロール装置の電波の混信等による誤動作がないことを、事前に使用する作業現場にて確認するものとする。

自動玉掛け外し装置の一例を図-3.4.5 に示す。

4)TVモニター

数社のメーカーの製品が市販されているが、使用するクレーンに合わせて取付けるための改造が必要である。

TVモニターの一例を図-3.4.6 に示す。

5)ミニクレーン

小型の建設工事用クレーンが市場に多数出回っているので、工事計画に合わせて選択する。

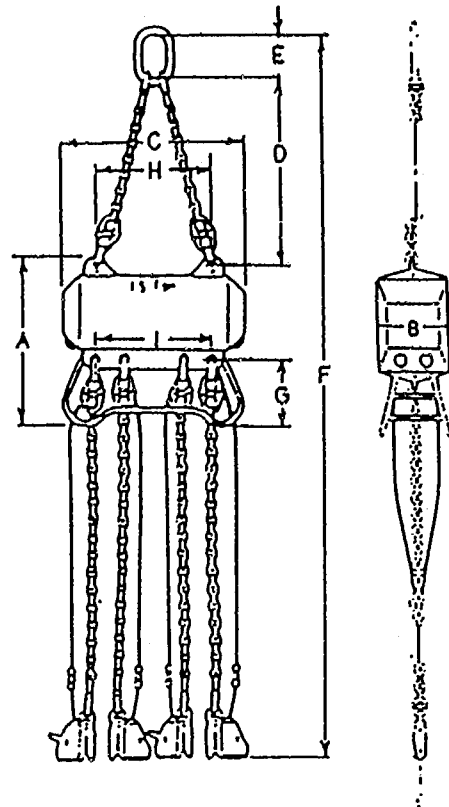
一例として、吊上げ荷重2.9tfから4.9tfクラスがある。

6)高所作業車

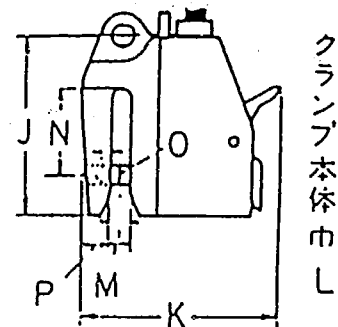
ミニクレーンと同様に各種の高所作業車が出回っているので、工事計画に合わせて選択する。

一例としてバケット地上高12m、バケット積載荷重250kgf、ブーム伸縮式がある。

15 ton			
仕様	吊 勾 数	点	4
	最大吊重量	ton	15
	全吊勾最大寸法	ton	7.5
	自重	kg	350
	総 重 量	kg	500
	全 高 (A)	mm	1200
	全 幅 (B)	mm	490
	全 長 (C)	mm	1300
	吊チェーン高さ (D)	mm	835
	丸 全 径 (E)	mm	133×267
寸 法	総 全 長 (F)	mm	約6700
	幅 高 さ (G)	mm	350
	吊勾間隔 (上部) (H)	mm	800
	吊勾間隔 (下部) (I)	mm	800・400 (外・内)
駆動関係	電動シリンダ		24 V・DC ストローク: 100 mm
	電 源		バッテリー: 5.0 A 12 V×2
	型 式		ED・5.0
	送受信用可能回數		約300回
	元 電 量		AC・100/200 単相50/60Hz 出力側: DC 24V, 1.5A
報知	ストロボライト		
記録	フラッシュ・アザー		
制御	プログラマブル		SYSMAC-20
装置	コントローラ		
無線操縦装置	受信機電源		DC 24V
	受信機自重	kg	約3.0
	受信機周 長		60mm (以内)
	送信機電源	kg	DC 4.6 V 充電池
	伝 送 方 式		ワイドスペクトル・デジタル方式
	送信機自重	kg	約0.4
	操作方法		押しボタン2点同時操作方式
有線操縦装置	操作時間		1サイクル: 約5秒 (連続)
	型 式		4点式リード線 16 m 付
有線操縦装置	接続方法		5ピン・コネクタ
吊シャックル	仕 様	1個当たり最大容量	ton 7.5
	自重	kg	18
	材 質	鋼	SNCM447
		本体	SM58以上 または上質材
	全 高 (J)	mm	255
	全 幅 (K)	mm	360
	全 厚 (L)	mm	70
	間 口 幅 (H)	mm	25
	間 口 長 寸 (N)	mm	135
	ピ ン 径 (O)	mm	22
吊チェーン	クランプ受金厚さ (P)	mm	60
	作 動 部 操 縦 角 (Q)		15
	丸 全 径	mm	MR25
	チェーン	mm	T25
	環 径 金 具		CP25
	シャックル		SB28
	シャックル		SB-24 (8 ton用)
	ワイヤの場合		28φC線
	チェーンの場合		T20
	ワイヤまたはチェーン長さ	mm	※4000
吊チェーン用	カップリング		CP-19 (10 ton用)
	リ ン グ		20LMX2
ワイヤロープ	型 式		コントロール・ケーブル35
	全 長	mm	5500
	ス ト ロ ー ク	mm	35
発送梱包	形 状 寸 法	mm	木箱1200×1200×1500
	梱 包 重 量	kg	500



● クランプ部寸法図



● 吊機用ピース仕様

- ①吊機用ピースは吊機時の状態を考慮し必要な強度のものを取付けて下さい。
 ②クランプを吊機用ピースに取付けた状態でクランプの先端が鋭角状にならないよう十分な肉厚 (50mm以上) を取付けて下さい。
 ③吊機用ピースはクランプの間隔 (25mm以下) のものをご使用下さい。

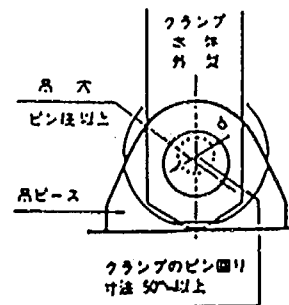


図-3.4.5 自動玉掛け外し装置

作業援助TVカメラシステム

作業援助TVカメラシステムは、クレーン・オペレーターの視界確保（鉛直カメラ）と、オペレーターの作業援助の確認（水平カメラ）、2台のカメラを切替て、カラーモニターで作業状況を把握しながらオペレーター操作ができます。

本装置は、鉛直カメラ（10倍）・水平カメラ（8倍）の2台のカメラで、オペレーターの「目」による作業状況をカラー映像で確認し、水平カメラで作業援助が可能です。

鉛直カメラ（10倍ズーム）前後左右パンチル機能。
水平カメラ（8倍ズーム）上下左右パンチル機能。

9吋高画質カラーモニターで鮮明な映像。

操作は簡単な手元リモコンスイッチ。

カメラハウジングは防水型で結露防止用特殊ガスを封入しています。

電源はDC24Vの省消費電流仕様。

カラーモニター
リモートコントローラー

リレーBOX

鉛直カメラ

水平カメラ

システム系統図

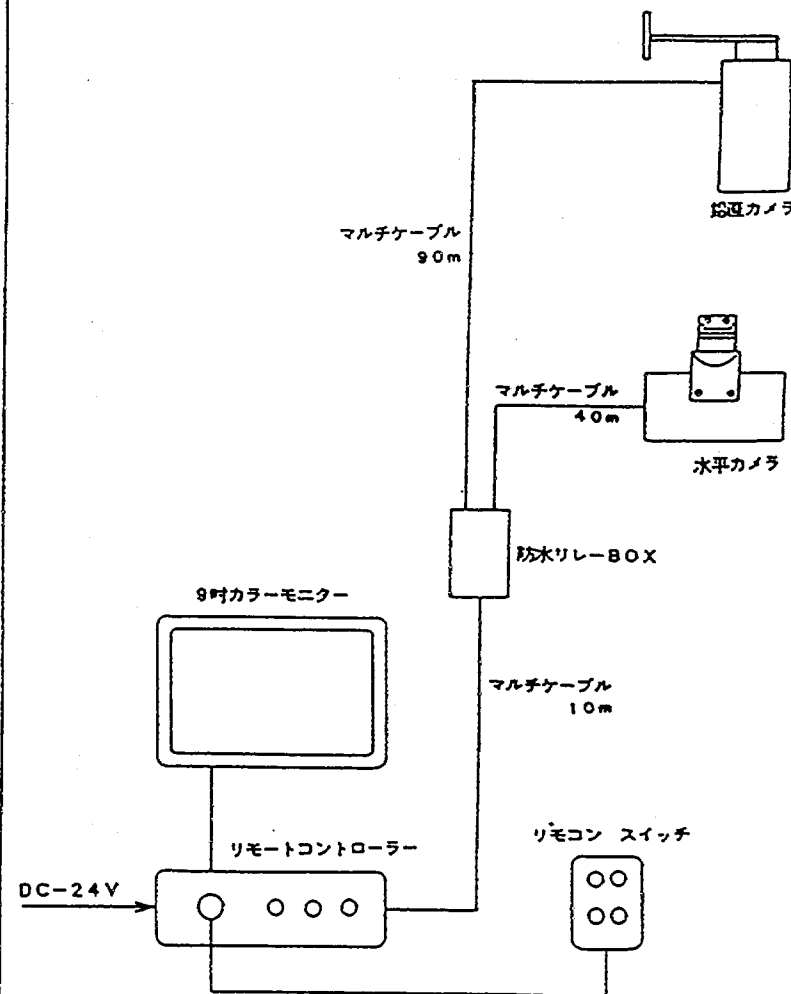


図-3.4.6 モニタシステム

3.5 実物大組立実験

3.5.1 目的

本共同研究のプレキャスト化対象構造物は、建設市場の需要調査、実績調査を経て、大型擁壁(H=5~8m)、大断面ボックスカルバート(B=4~7m, H=3~5.5m)とすることとした。また、工場製作したブロックの運搬条件、製造・施工の容易さから、擁壁では底版とたて壁の2ブロック、ボックスカルバートでは頂版、底版、両側壁の4ブロックに分割するものとした。ブロック間の継手構造については、平成3年度に行った純せん断試験、平成4年度に行った曲げせん断試験を踏まえて、モルタル充填継手を採用するものとした。現在まで、土木分野におけるモルタル充填継手を用いたプレキャスト構造物の現場適用事例が乏しいため、施工性については机上の検討のみでは確認できない項目を洗い出し、実施工への適用性の判断を定性的、定量的に把握するために「実物大組立実験」を行うものとした。本実験の結果が、共同研究の現場適用に向けての普及、推進に役立つものとなることを期待する。

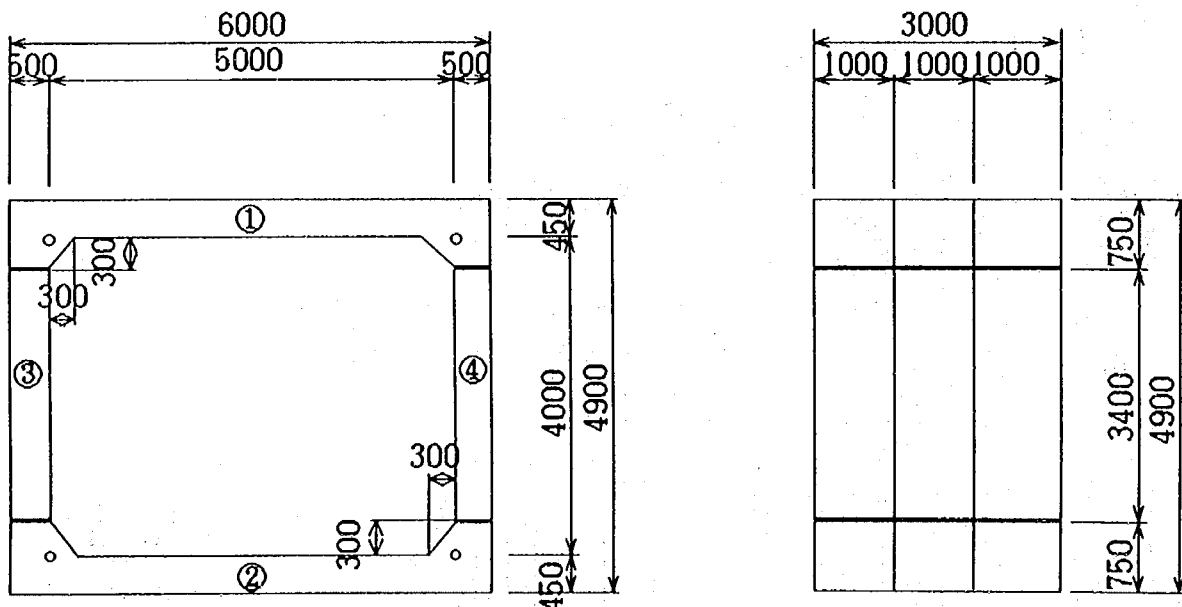
3.5.2 概要

(1) 試験体

1) ブロック分割

実物大組立実験においては、実際のボックスカルバートと同等の大きさの断面にブロック分割を行った。

ボックス内空 $5000^B \times 4000^H$
 施工延長 $L = 3 @ 1000 = 3000$



ブロック重量

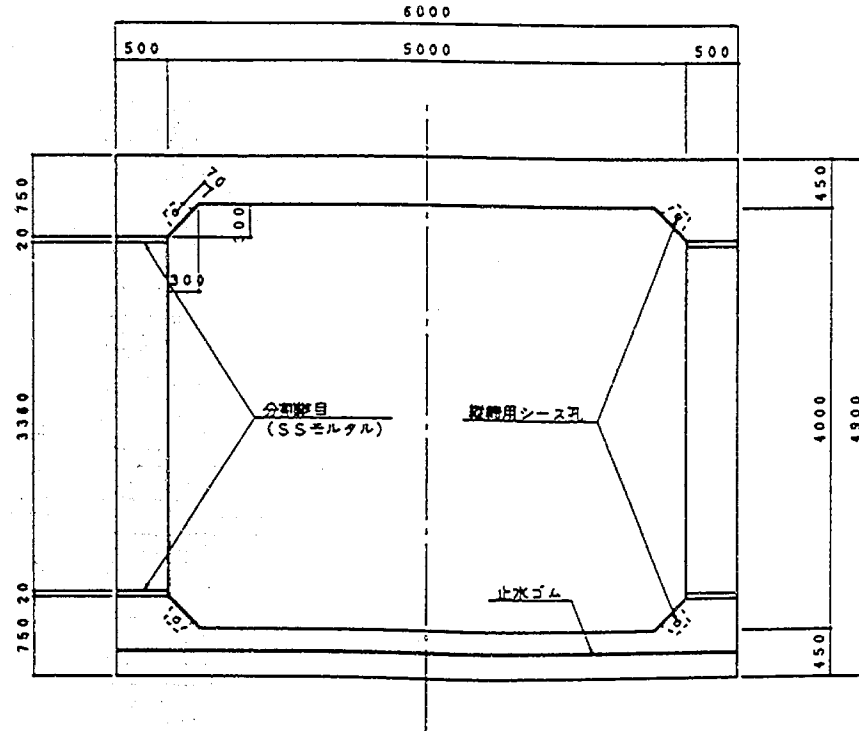
①②ブロック (PC部材) $\nabla = 7.73 \text{ t}$

③④ブロック (RC部材) $\nabla = 4.25 \text{ t}$

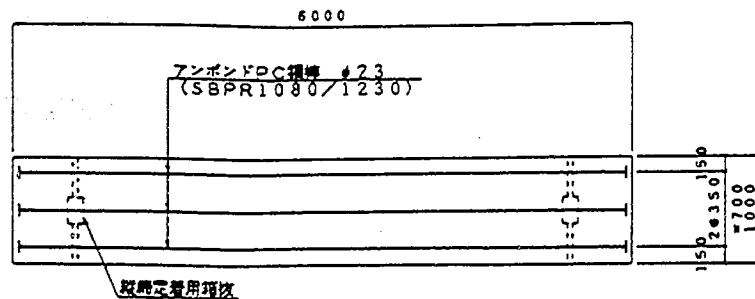
図-3.5.1 ブロック寸法

ボックスカルバート製品図

正面図



頂版PC鋼棒配置図



2) 製品図

項 目	単 位	数 値
構造形式		PC構造
活 荷 重		T-25
土 被 り	m	3.0
コンクリート設計基準強度	Kg/cm ²	400
許容応力度		
コンクリート曲げ圧縮応力度	Kg/cm ²	140 (150)
コンクリート曲げ引張応力度	Kg/cm ²	(-25)
コンクリートせん断応力度	Kg/cm ²	5.5
鉄筋引張応力度 (SD295A)	Kg/cm ²	1440
製 品 重 量	Kg	23950

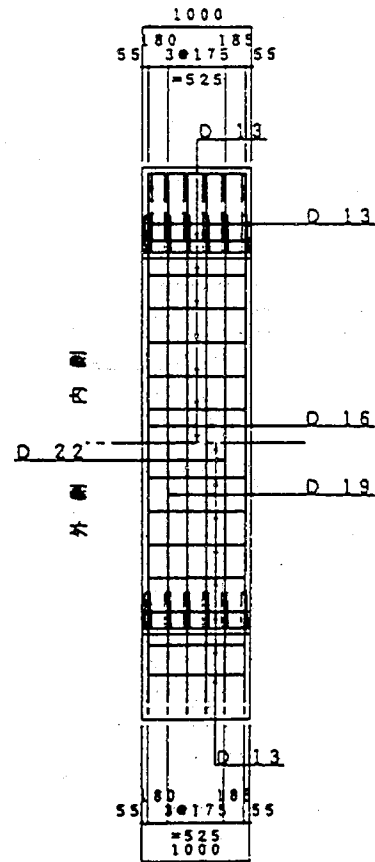
※ () 内数値は、PC構造部とする。

PC鋼棒

	仕 様	導入直後引張力 (t)
頂 版	SBPR (1080/1230) φ23	36.36
底 版	SBPR (1080/1230) φ23	36.36
側 版		
殺筋部	SBPR (930/1080) φ17	17.00

図-3.5.2 製品図 (その1)

側版配筋図



断面図

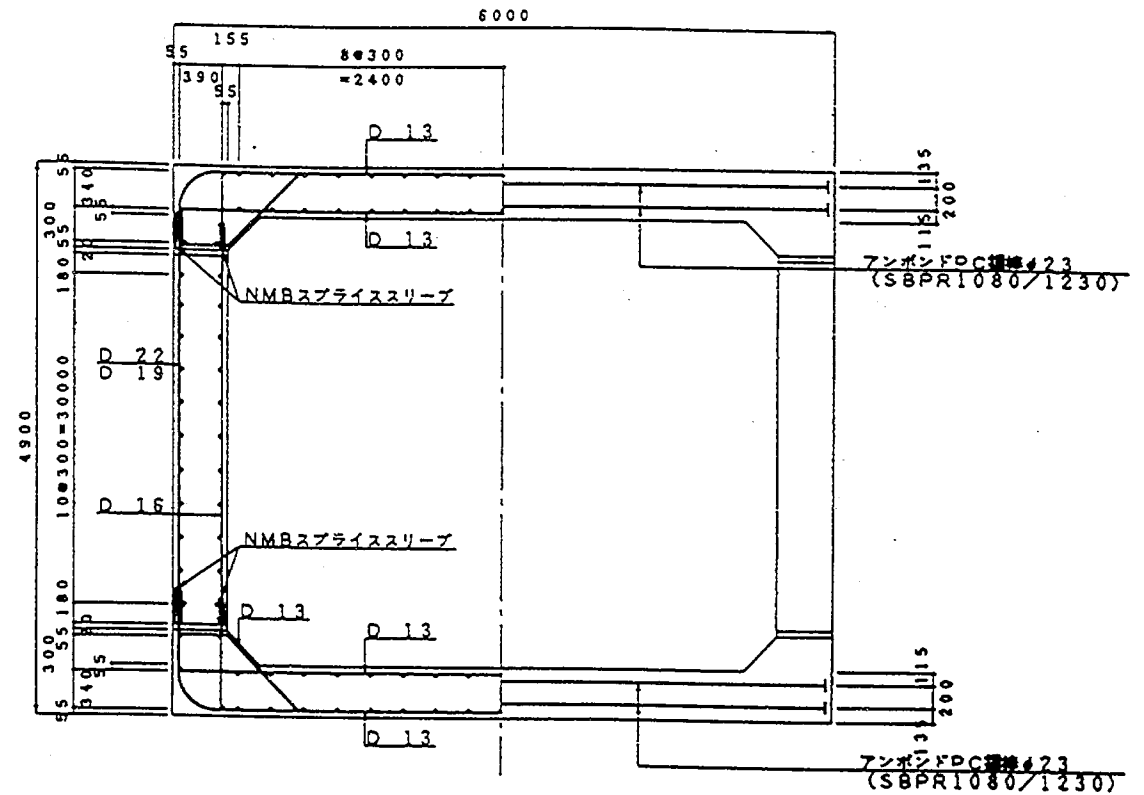
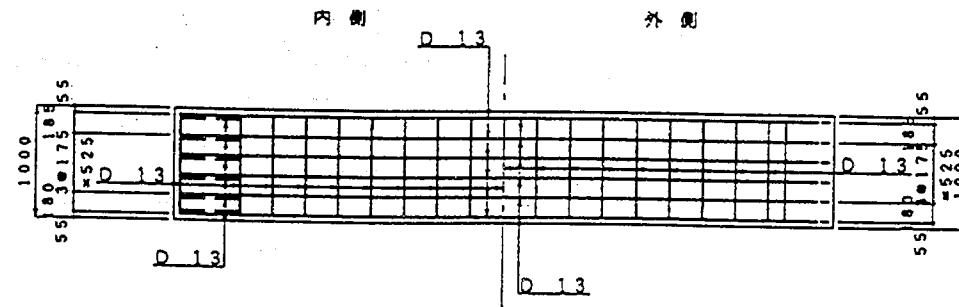


図-3.5.3 製品図 (その2)

頂底版配筋図



底版PC鋼棒配置図

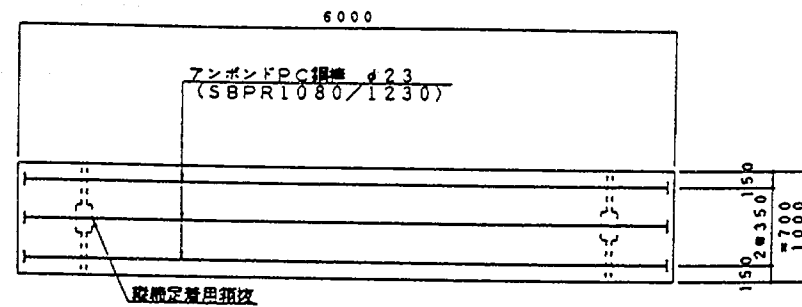
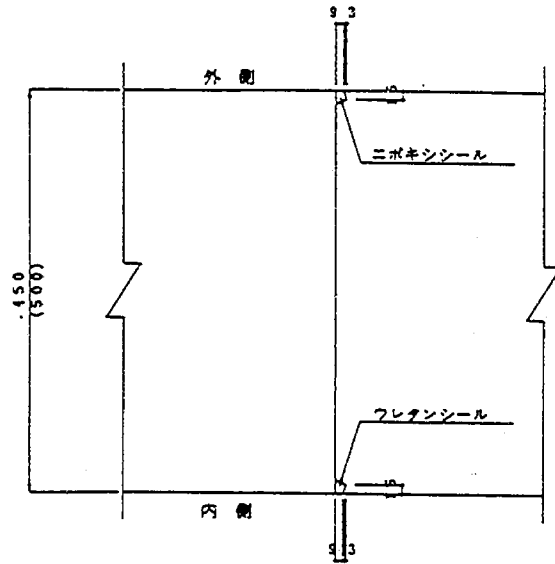


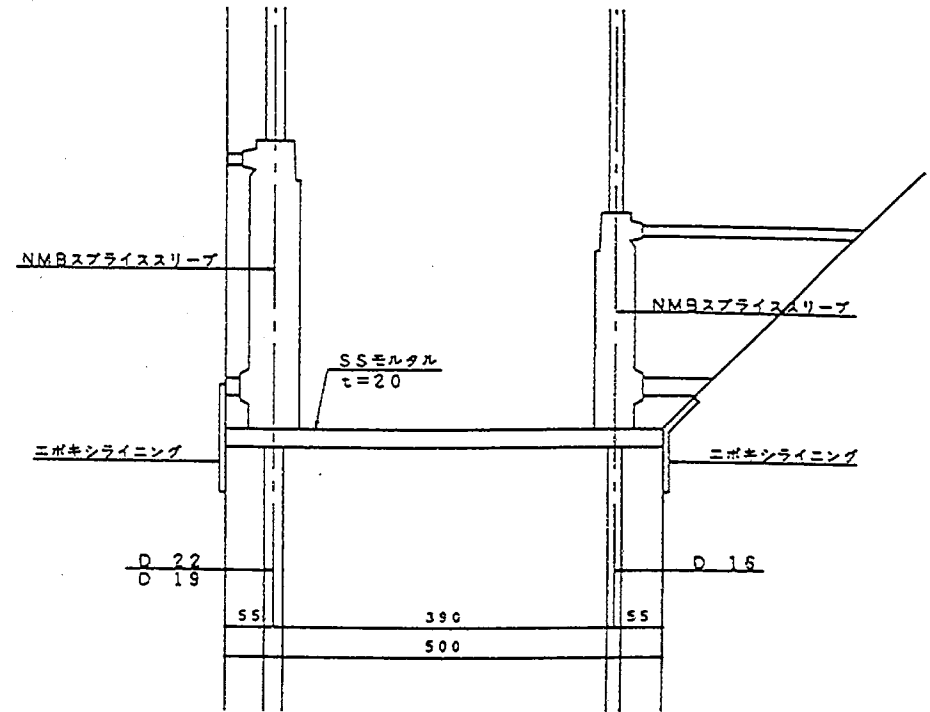
図-3.5.4 製品図 (その3)

軸方向継手部詳細図



※ () 内は側版部寸法を示す

分割継目部詳細図



縦締め詳細図

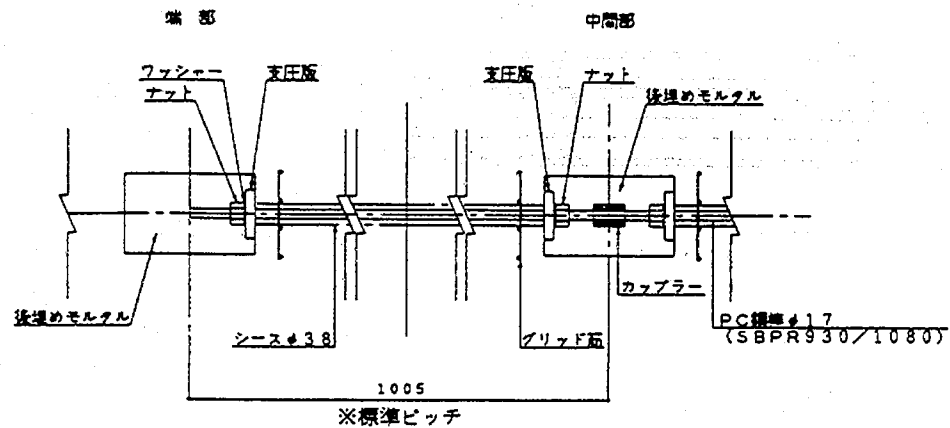
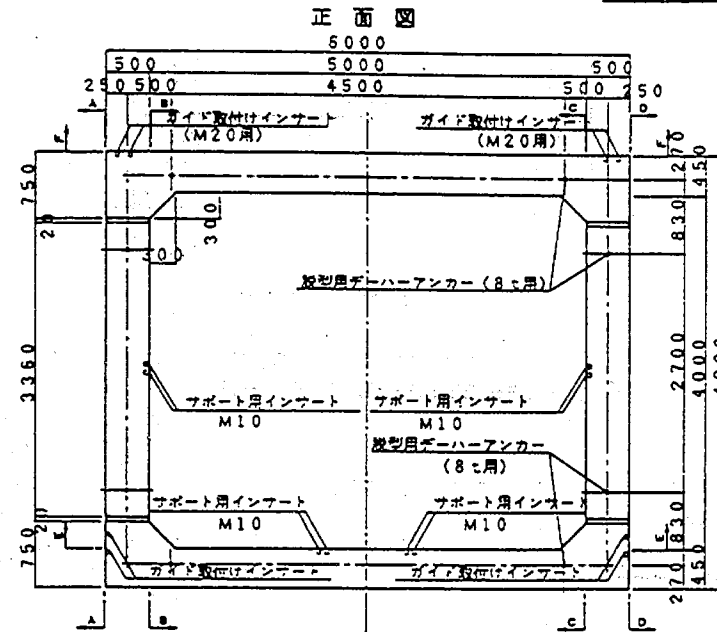
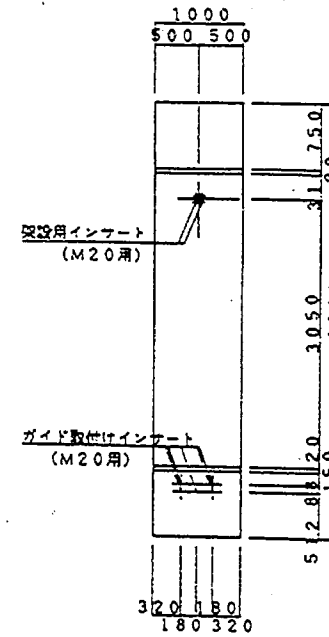


図-3.5.5 製品図 (その4)

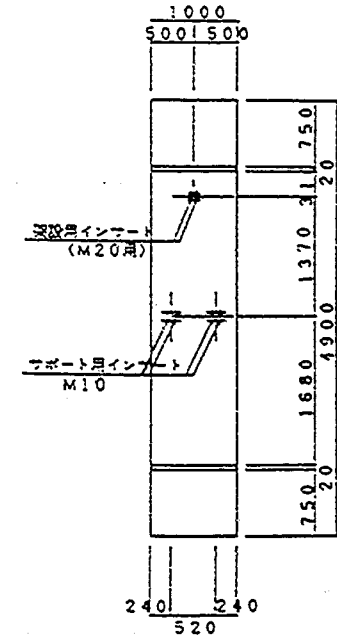
インサート類取付け位置図



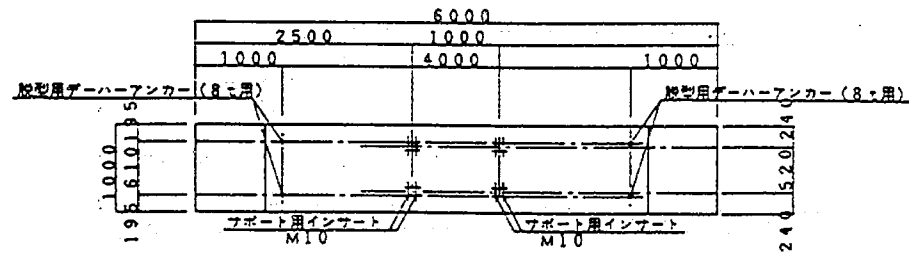
A-A, D-D断面



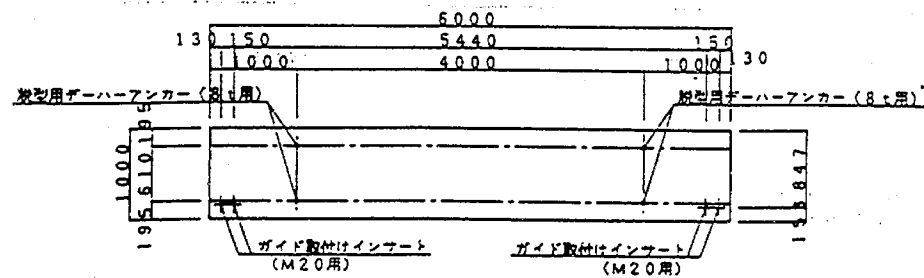
B-B, C-C断面



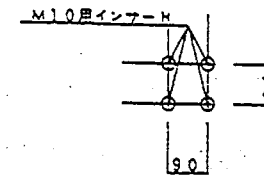
E-E断面



F-F断面



サポート用インサート配置図



架設用インサート配置図

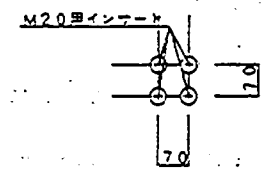


図-3.5.6 製品図 (その5)

鋼材取り合い詳細図

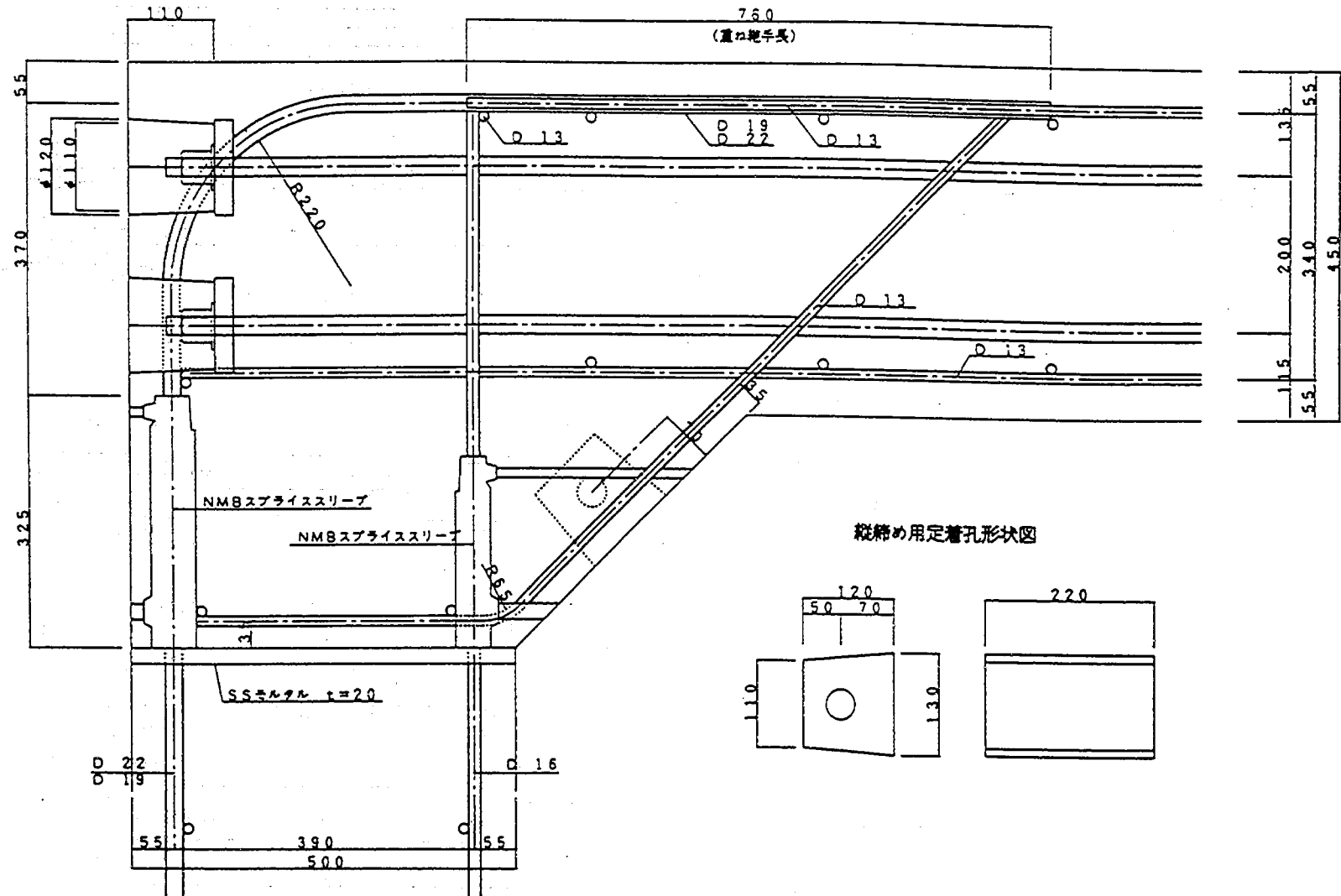


図-3.5.7 製品図 (その6)

3) 製品製作仕様（製作基準及び管理基準）

① 製品規格

a) 寸法許容差

各部材の寸法の許容差は、表-3.5.1の通りとした。また、モルタル充填継手のスリーブ及び治具ボルト位置については、図面表示位置に対し中心での誤差± 2mmを許容差とする。なお、検査は全数検査とした。

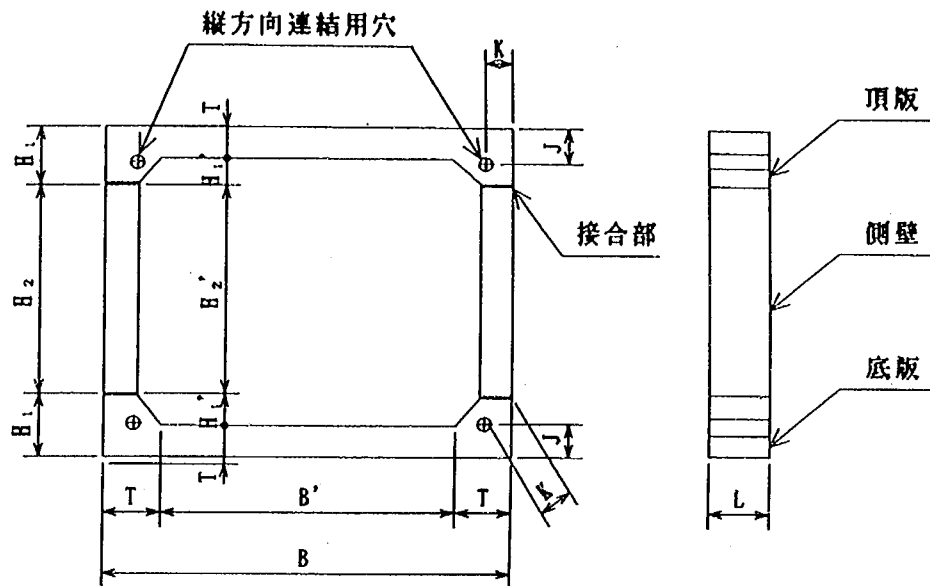


図-3.5.8 ボックスカルバートの形状

表-3.5.1 許容差

項 目	許 容 差 (mm)	項 目	許 容 差 (mm)
外 幅 (B)	- 3 ~ + 5	内 高 (H'2)	- 3 ~ + 5
外 高 (H1)	- 2 ~ + 3	厚 さ (T)	- 2 ~ + 3
外 高 (H2)	- 3 ~ + 5	長 さ (L)	- 3 ~ + 5
内 幅 (B')	- 3 ~ + 5	縦方向連結穴 (J)	- 3 ~ + 5
内 高 (H'1)	- 2 ~ + 3	縦方向連結穴 (K)	- 3 ~ + 5

b) 外観形状

各部材には有害な傷が無く、内面は滑らかでなければならない。

有害な傷があるものとは、次に示すものをいう。ただし、乾燥収縮にともなう表面のひび割れは除く。

- ①製品内外表面に、コンクリートの剥離及び骨材の露出のあるもの
- ②製品内外面に、鉄筋による露出したシミ（製品端面は除く）のあるもの
- ③製品端面の平面に欠損のあるもの
- ④製品表面に極度の気泡があるもの

② 製作材料

a) モルタル充填継手

日本プライススリーブ（株）製のNMBプライススリーブ（A級継手）を使用した。

b) 吊金具

（株）オノダ製のデーハーアンカーを使用した。

③ 検査規格

a) 材料受入検査

表-3.5.2 材料受入検査

項 目	チェック項目	検 査 方 法	担当者	備 考
セメント	新 鮮 度 品 質 特 性	目視, 手触り メーカーからの試験表 (規格値との比較)	資材係 検査係	セメント試験成績表
細 骨 材	粒 度 産 地 品 質 特 性 ふるい分け 単位容積重量 比重 吸水率 有機不純物 洗い試験 粘土塊 塩分 アルカリ骨材反応 安定性 比重 1.95 の 液体に浮く粒子	目視 (見本との比較) JIS A 1102 JIS A 1104 JIS A 1109 JIS A 1109 JIS A 1105 JIS A 1103 JIS A 1137 化学法 JIS A 1122 土木学会基準	資材係 検査係	細骨材 試験成績表

項 目	チェック項目	検 査 方 法	担当者	備 考
粗 骨 材	粒 度 産 地 品 質 特 性 ふるい分け 比重 吸水率 単位容積重量 および実積率 粘土塊 洗い試験 アルカリ骨材反応 安定性 比重 1.95 の 液体に浮く粒子	目視 (見本との比較) JIS A 1102 JIS A 1110 JIS A 1110 JIS A 1104 JIS A 1137 JIS A 1103 化学法 JIS A 1122 土木学会基準	資材係 検査係	粗骨材 試験成績表
混 和 材	荷 姿 メーカー名 品 質 特 性	目視 メーカーからの試験表 (規格値との比較)	資材係 検査係	混和剤試験成績表
鉄 筋	径, 銘柄, 荷姿 品 質 特 性 耐 力 引張強さ 伸 び	目視 メーカーからの試験表 (規格値との比較)	資材係 検査係	メーカーの ミルシート
P C 鋼 棒	径, 銘柄, 荷姿 品 質 特 性 耐 力 引張強さ 伸 び レラクレーション	目視 メーカーからの試験表 (規格値との比較)	資材係 検査係	メーカーの ミルシート
定 着 具	径, 銘柄, 荷姿 品 質 特 性 耐 力	目視 メーカーからの試験表 (規格値との比較)	資材係 検査係	メーカーの ミルシート
シ ー ス	径, 銘柄, 荷姿 品 質 特 性	目視 メーカーからの試験表 (規格値との比較)	資材係 検査係	メーカーの ミルシート
吊 金 具	径, 銘柄, 荷姿 品 質 特 性	目視 メーカーからの試験表 (規格値との比較)	資材係 検査係	メーカーの ミルシート
モルタル 充填継手	径, 銘柄, 荷姿 品 質 特 性	目視 メーカーからの試験表 (規格値との比較)	資材係 検査係	メーカーの ミルシート

b) 中間品質試験

検査項目

1. コンクリート試験
2. 鉄筋かご受入検査
3. 組立検査

・コンクリート試験

コンクリート試験として、次のものを実施した。

- ①スランプ試験 (JIS A 1101)
- ②空気量試験 (JIS A 1116, JIS A 118, JIS A 1128)
- ③フレッシュコンクリート中の塩化物量試験

- ・試験に使用する測定器具は、(財)国土開発技術研究センターの評価を受けたものを用いた。

- ・合否判定基準

0.30 kgf/m³ (cl⁻ 重量) 以下

- ④コンクリート圧縮強度試験 (JIS A 1108)

・鉄筋かご受入検査

検査は設計図に基づき、鉄筋の径、本数、ピッチについて検査する。また、外観については、鉄筋の結束、サビおよびソリについて行った。

・組立検査

検査は設計図に基づき、型枠の組上がり寸法、鉄筋の位置(かぶり)、モルタル充填継手の位置、P C鋼棒の位置、ボルトのゆるみおよび付属金具(吊り具等)の位置について検査を行った。

④ P C鋼棒緊張管理

P C鋼棒の緊張時には、次のものを確認し実施した。

- ・コンクリート圧縮強度の確認 350kgf/cm²
- ・ジャッキ圧力およびP C鋼棒の伸び

⑥ 写真・ビデオ管理基準

以下のとおりとした。

a) 適用範囲

部材出来形確認，製作状況，および品質管理について適用する。工事写真・ビデオについては別途に管理基準を示す。

なお、写真ビデオは原則としてカラー撮影とする。

b) 部材出来形確認写真・ビデオ

目的物の種類，測定寸法の判定ができるように撮影する。また、寸法については設計値と実測値が対比できるように撮影する。

c) 製作状況写真・ビデオ

製作中の状況等が把握できるように撮影する。

d) 部材出来形確認写真・ビデオ

品質管理写真・ビデオ

製作工程中の主要品質管理状況について撮影する。

(2) 組立実験

1) 組立手順

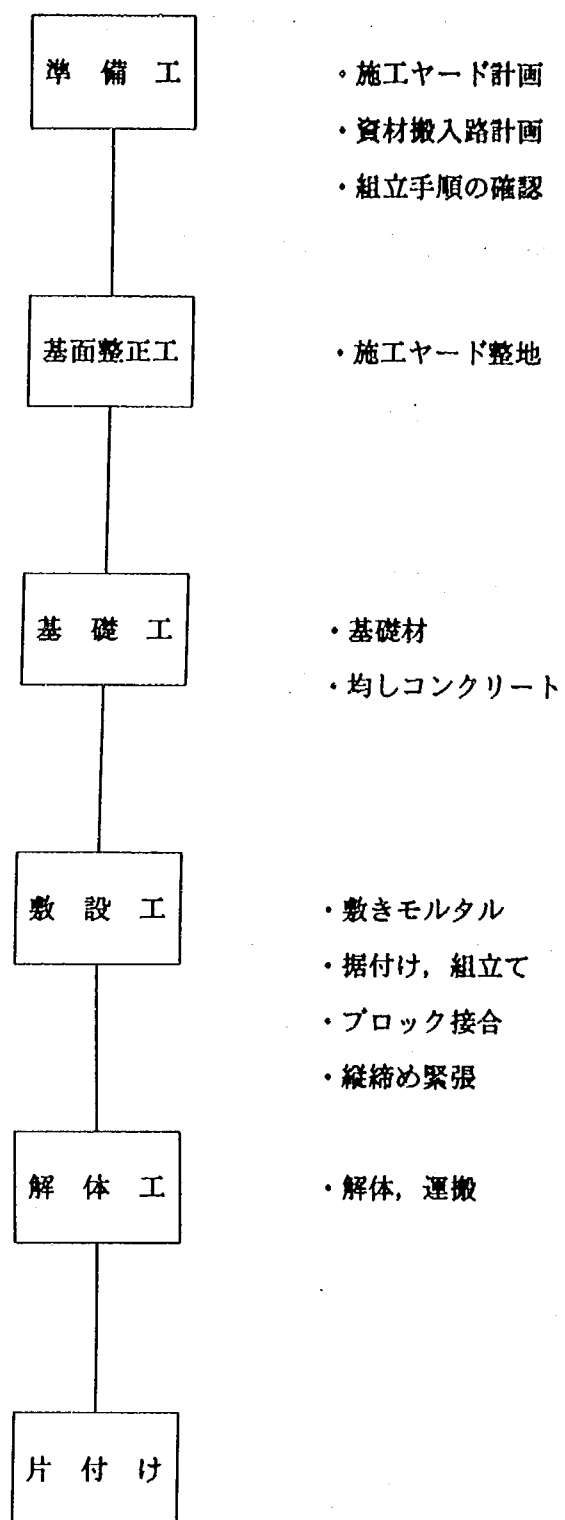


図-3.5.9 組立手順

2) 施工計画

施工計画は以下のとおりとした。

① 準備工

実物大組立実験にあたり、実験場所における組立てヤード、資材ヤードの割り振りを施工性に応じて決定しておく。それに加え、工場製作のプレキャストブロック及び、施工重機等の搬入路計画もしておく。

また、準備工では組立実験における最終的なチェックを総合的な視野のもとに行うものとする。

② 作業ヤード整備工

組立てヤード及びトラッククレーン作業床などを施工を安全に行えるように作業に入る前にあらかじめ平坦に整地する。整地は、ブルドーザ(D30クラス)にて粗整正を行った後、人力にて仕上げを行う。組み立てヤードについては、所定の支持力を確保するため、ランマーなどにより転圧する。

③ 基礎工

基礎工の構造は、以下に示すものとする。

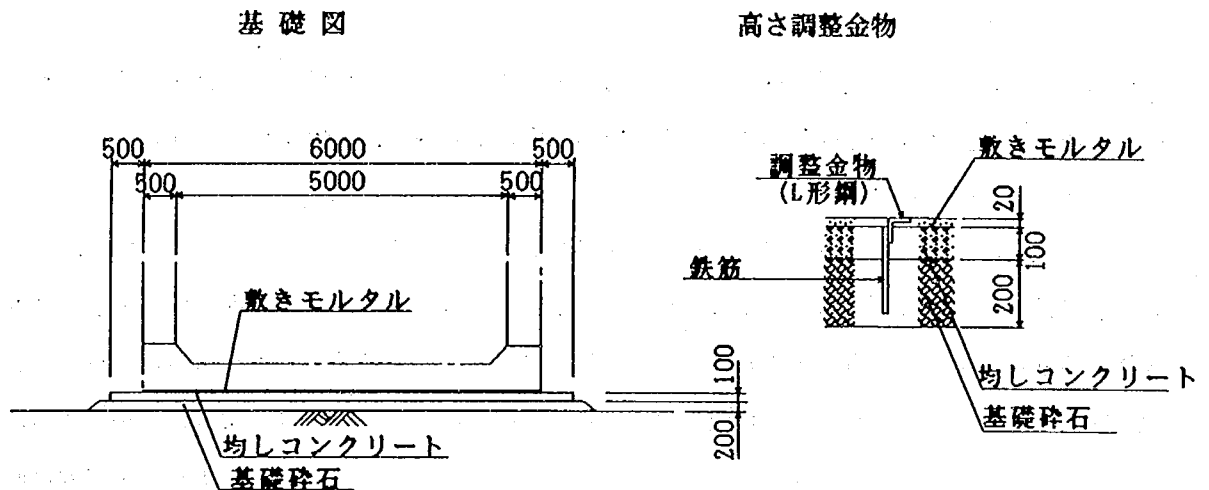


図-3.5.10 基礎工

a) 基礎砕石

組立てヤードの基面整正完了後、切込砕石(C-40)を投入し、ブルドーザと人力によって敷き均す。

その後、ランマー等で十分転圧締固めを行う。

b) 均しコンクリート

均しコンクリートは、プレキャストブロック据付け精度に対して大きく影響するので、天端仕上げは入念な管理のもとに行う。本実験では、据付けを繰り返し行うため、ある程度の据付け精度を確保するためにあらかじめ調整金物を埋め込んでおくものとする。

コンクリート打設は、ミキサー車からのシュート打設とする。

④ 敷設工

ボックスカルバートの敷設は、研究成果を基に施工するものとし、自動化項目を十分生かした方法を採用する。プレキャストブロック据付けに用いる揚重機は 45t 吊りトラッククレーンを使用し、自動化項目として、自動玉掛け外し装置・据付け用ガイド・テレビモニターを採用する。

a) 敷きモルタル

均しコンクリートの強度が所定の強度になり次第、ボックスカルバート敷設部に、計画高に合わせて 2 ～ 3 cm の空練りモルタルを敷き均す。

b) ブロックの組立て

プレキャストブロックの組立ては、研究における最適な組立て方法を選出するため、図-3.5.11 に示す 3 案について比較検討する。

・Case-1

(底版の据付け)

最初に据付けるブロックは、以降の据付け作業に対する基準となるので、高さや水平度、位置等をチェックし、正確に据付けるものとする。

最初に 1 ブロック目の底版ブロックを設置し、続いて 2 ブロック目以降を底版据付け用ガイドを用いて、設置する。底版据付けが完了したら、縦断方向の PC 鋼材にて仮止めを行う。

(基準ブロックの据付け)

所定の位置に全底版の設置が完了したら、基準ブロックとなる 1 ブロック目の側壁を設置する。部材の立ちは、軸方向及び直角方向からトランシットにて確認する。部材の仮固定は、ボックス内側に設置するサポートにて行うものとし、鉛直精度は、サポートの微調整にて行うものとする。左右両側壁を設置した後、基準ブロックの頂版を設置する。頂版の設置においては、側壁鉄筋が頂版内スリーブにスムーズに挿入できない場合が考えられるため、サポートの微調整などにより、所定の位置に据付けるものとする。

(側壁の据付け)

基準ブロック設置後、側壁据付け用ガイドの設置を行い、基準ブロック側壁の要領で、2 ブロック目以降の全側壁を設置する。

(頂版の据付け)

全側壁設置後、据付けガイドを使用して基準ブロックに合わせて残りの頂版ブロックを順次設置する。頂版の設置が完了したら、縦断方向の PC 鋼材の仮止めを行う。

・Case-2

(底版の据付け)

底版ブロックを据付け用ガイドに合わせて全部設置する。最初に据付けるブロックは残りのブロック据付け時の基準となるため、水平度、通りなどは精度よく設置する。所定の位置に全底版を設置し、位置確認後、以降の側壁設置によるブロックのずれ止めのため、縦締め PC 鋼材を仮締める。→Case-1 に同じ

(側壁の据付け)

全底版設置後、据付けガイドを使用して側壁ブロックを順次設置する。側壁ブロックは、設置すると同時にボックス内部のステーにより固定する。

(頂版の据え付け)

全側壁設置後、据付けガイドを使用して頂版ブロックを順次設置する。

•Case-3

(底版の据付け)

Case-1に同じ。

(基準ブロックの設置)

Case-1に同じ。

(2ブロックの据付け)

基準ブロックに合わせて2ブロックめの底版、側壁、頂版を順次据付け、側壁設置後には、ブロックの安定を図るため、ボックス内部のステーにより固定する。

(3ブロックの据付け)

2ブロックと同様に据付ける。

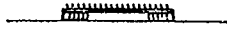
Case-1で、据付け用ガイドの施工性を確認するために、ガイドを使用せずに組立てる場合及びモニターを使用しない場合についても行うものとする。

表-3.5.3 実験ケース

ケース番号	組立手順	ガイド使用の有無	モニター使用の有無
①	Case-1	有	有
②	Case-2	有	有
③	Case-3	有	有
④	Case-1	無	有
⑤	Case-1	有	無

組立パターン図

① 敷モルタル



② 底版着付け
底版仮固定

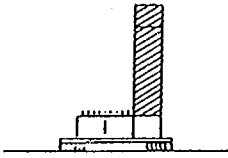


(Case-1)

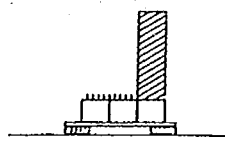
(Case-2)

(Case-3)

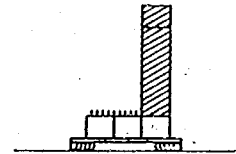
③ 基準ブロック側壁・頂版着付け



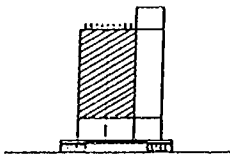
③ 基準ブロック側壁着付け



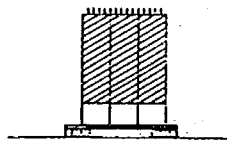
③ 基準ブロック側壁・頂版着付け



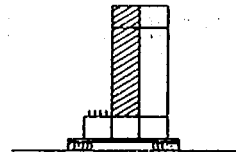
④ 側壁の着付け



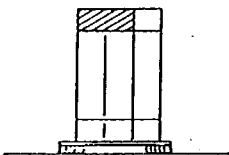
④ 側壁の着付け



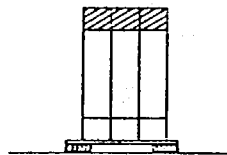
④ 2ブロック側壁・頂版着付け



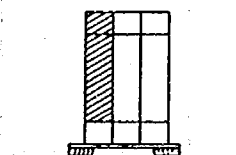
⑤ 頂板の着付け



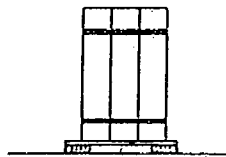
⑤ 頂板の着付け



⑤ 3ブロック側壁・頂版着付け



⑥ グラウト (ブロック接合) エ



⑦ 縦筋の緊張

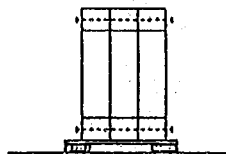


図-3.5.11 組立パターン

実験ヤード計画平面図

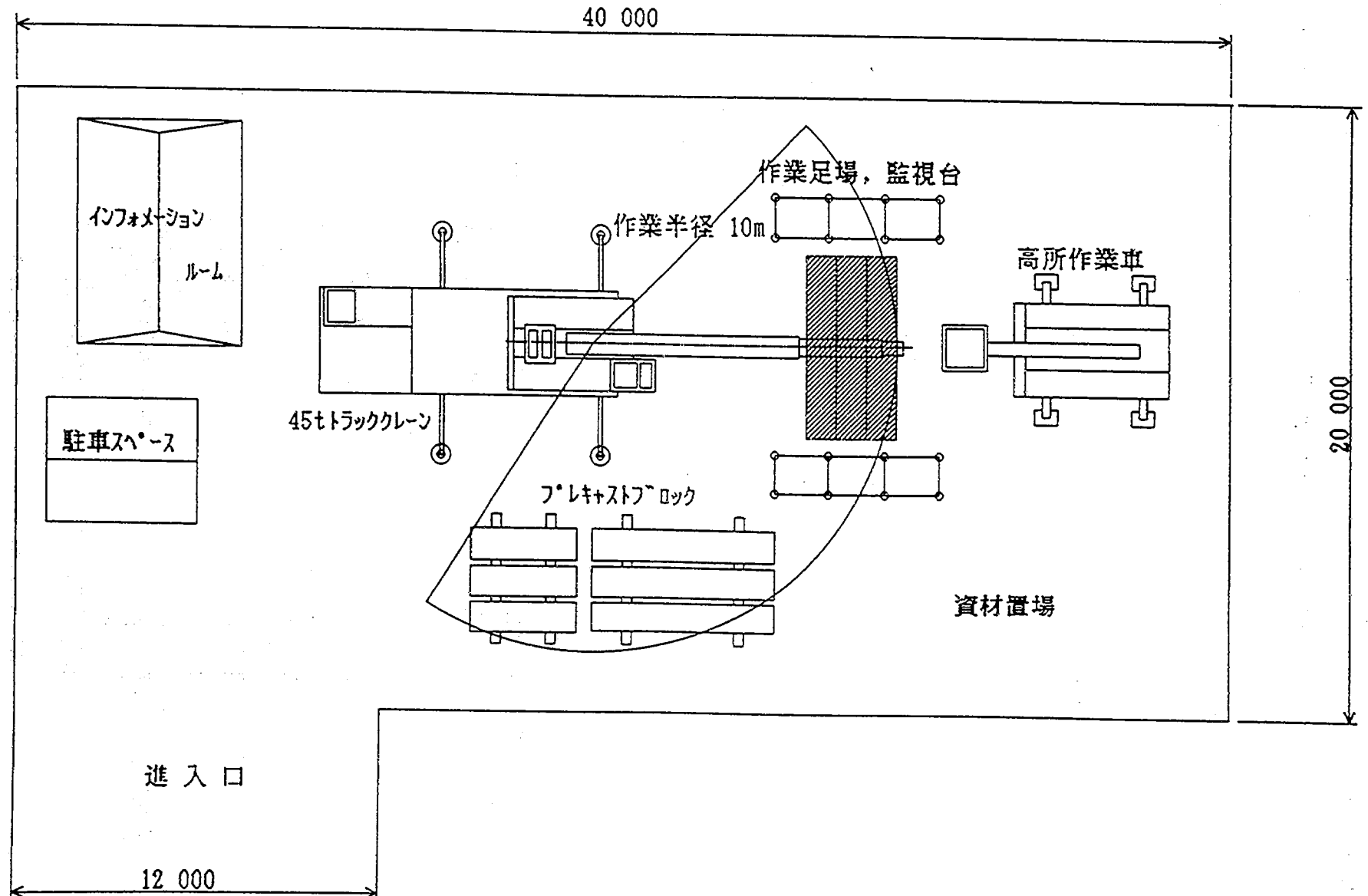
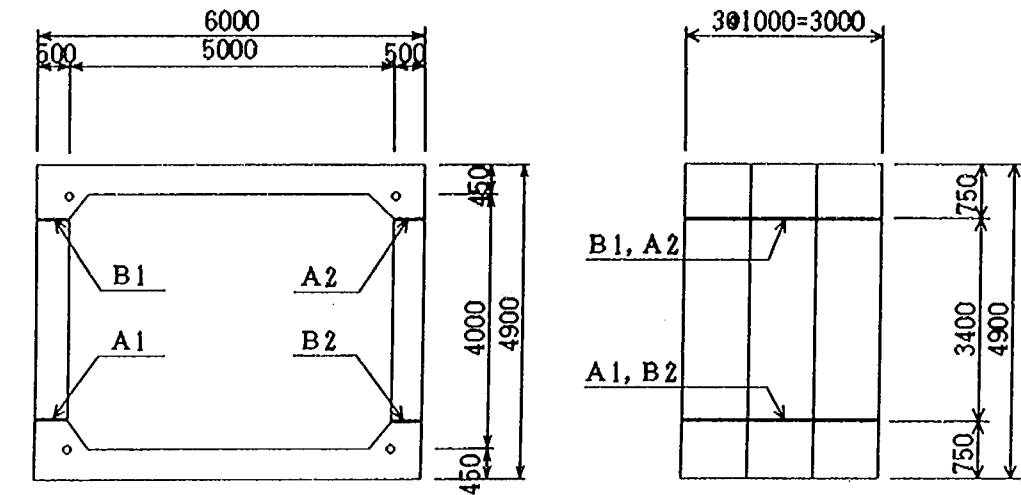


図-3.5.12 実験計画平面

c) ブロック接合工

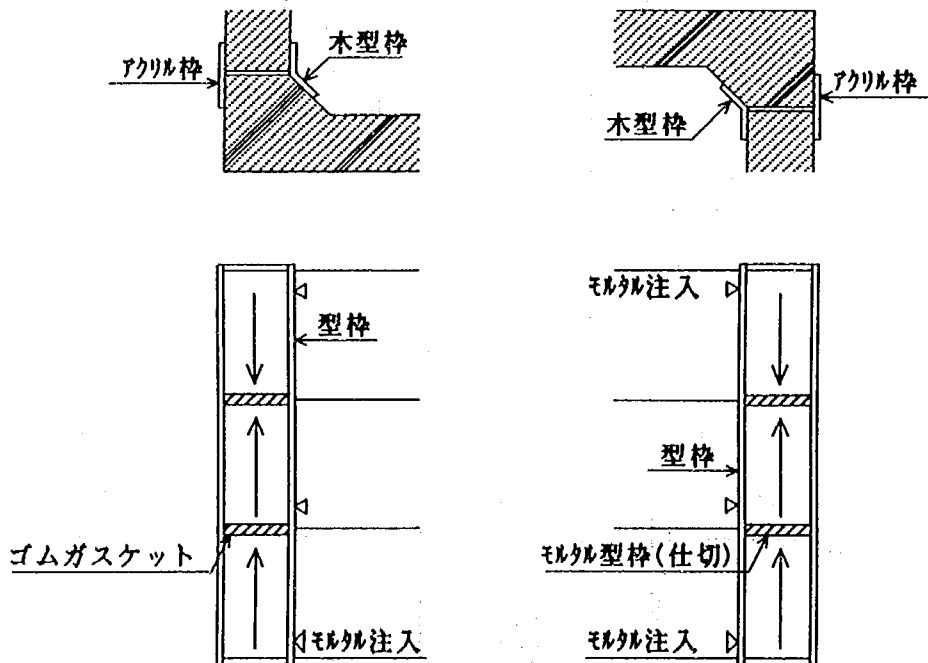
仮組みされたプレキャストブロックの水平接合部には、モルタル充填継手を用いることとし、3ブロック同時施工とするため、継手部モルタルの充填性の確認のための接合部目地処理方法の比較を行う。

施工は、4カ所の継手部において以下に示す3種類の目地処理方式を用い、一括注入と分割注入の比較が行えるようにする。



A1, A2:モルタル一括注入

B1, B2:敷モルタル式分割注入



A1 部 詳細

A2 部 詳細

図-3.4.13 モルタル計画

- ・タイプ1 (B1, B2部) 敷きモルタル —— 分割注入方式

側壁施工時にあらかじめモルタル充填継手に決められている高強度無収縮モルタルと同等の強度を有する敷きモルタルを目地部に施工しておき、強度発現確認後、スリーブ内に手動ポンプにてモルタルを充填する。

- ・タイプ2 (A1部) ゴムガasket —— 一括注入 (1ブロック)

仮組された側壁と頂版間に木製の型枠 (片側はアクリル製) を設置し、モルタル充填継手の注入口より手動ポンプにより高強度無収縮モルタルを注入する。各ブロック間のシールは、幅3cmのゴムガasketを設置することにより、モルタルの漏れを防止する。

- ・タイプ2 (A2部) モルタル型枠 —— 一括注入 (1ブロック)

仮組された側壁と頂版間に木製の型枠 (片側はアクリル製) を設置し、モルタル充填継手の注入口より手動ポンプにより高強度無収縮モルタルを注入する。各ブロック間のシールは両側幅2cm程度のモルタル型枠を設置することにより、モルタルの漏れを防止する。

d) 縦締め緊張

各ブロック間のモルタルの養生が完了したら、全体の一体性を図るためボックスカルバート延長方向に縦締め緊張を行う。緊張は、あらかじめブロックにあけてある緊張孔に縦締め用PC鋼棒をセットし、ジャッキにて所定の緊張力を導入する。ただし、頂版部の緊張は高所作業となるため、作業足場は高所作業車にて施工する。

⑤ 解体・撤去工

実験完了後、すみやかに解体作業にとりかかる。解体は、油圧ブレーカー搭載の専用機械にて行い、小割したコンリート殻は11tダンプトラックにバックホウで積み込み、処分地まで運搬し処分する。

解体終了後、解体時に乱した地盤は整地して原形復旧しておく。

3) 施工の自動化項目

① 自動玉掛け外し装置

クレーンのフックと吊り荷（プレキャストブロック）の間に組み込んで使用するもので、リモートコントロールで吊り荷の玉掛けを外すことができる。この装置は、各プレキャストブロック組立て時に使用し、特に頂版、側壁据付けの際の高所作業をなくすることができる。

② 芯合わせ用ガイド

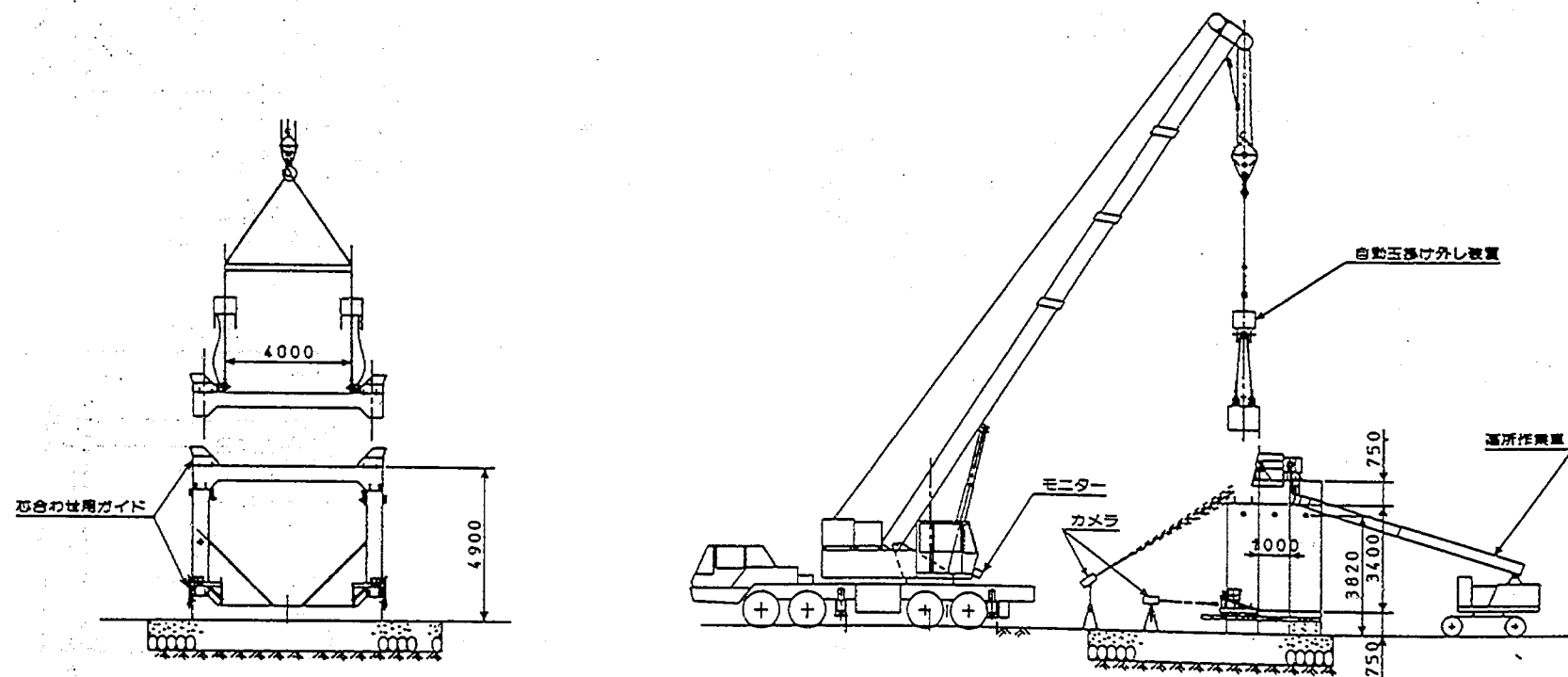
鉄筋とモルタル充填継手の芯合わせ用治具で、本ガイドに沿って吊り荷を降ろして行くと、ガイドの働きで自然に芯合わせができる。ガイドは、側壁据付け用のものと頂版据付け用のものの2種類あり、おのこの据付け手順における機能を満足するものである。ただし、本ガイドは共同研究にて勘案されたものであるため、実験の際にはブロック寸法にあわせて設計するものとする。

③ TVモニター

吊り荷をガイドに沿わせる際や、鉄筋とモルタル充填継手の芯合わせの際に、テレビ画面を見ながらクレーンを運転できるようにするもので、吊り荷から離れた位置から芯合わせ状況の確認ができる。モニター画面のズーム及び上下方向の移動をリモートコントロールできるものとなっている。本ボックスカルバート組立て時には両側壁ラインの2箇所に設置する。本装置により、組立て時の作業員の安全確保と、省力化が可能である。

④ 高所作業車

モルタル充填継手部の注入作業及び縦断方向緊張時などは、高所作業となり、一般的には足場工が必要となる。作業性が確保できる限り、この足場工の代わりに本実験では高所作業車を使用する。



実物大実験施工全体図

(ボックスカルバート)

図-3.5.14 自動化項目計画図

図号 BOX-09

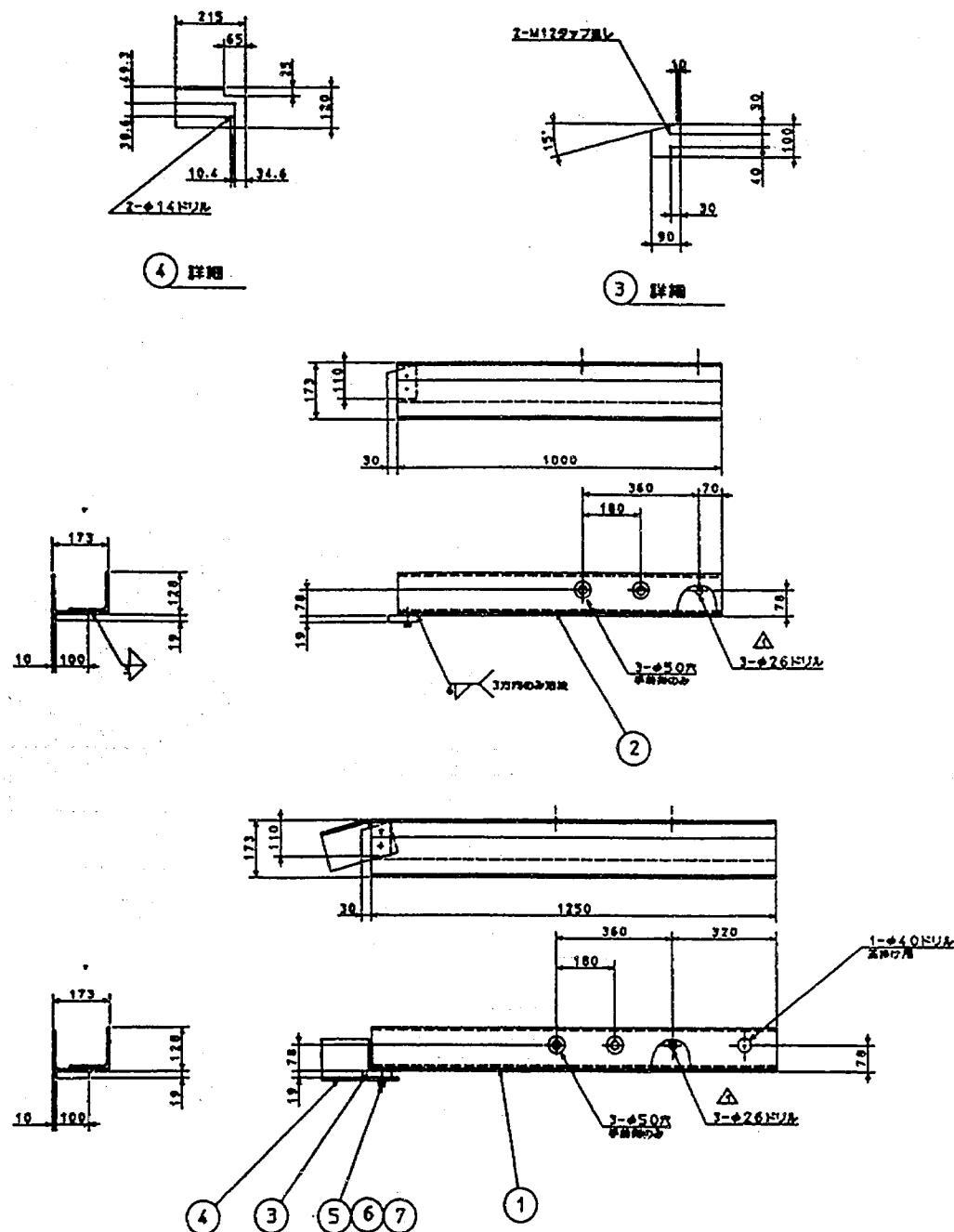
R/L

3809021005-5

図尺: 1/150 (A3サイズ)

3809021005-5

図-3.5.15 据付用ガイド(その1)



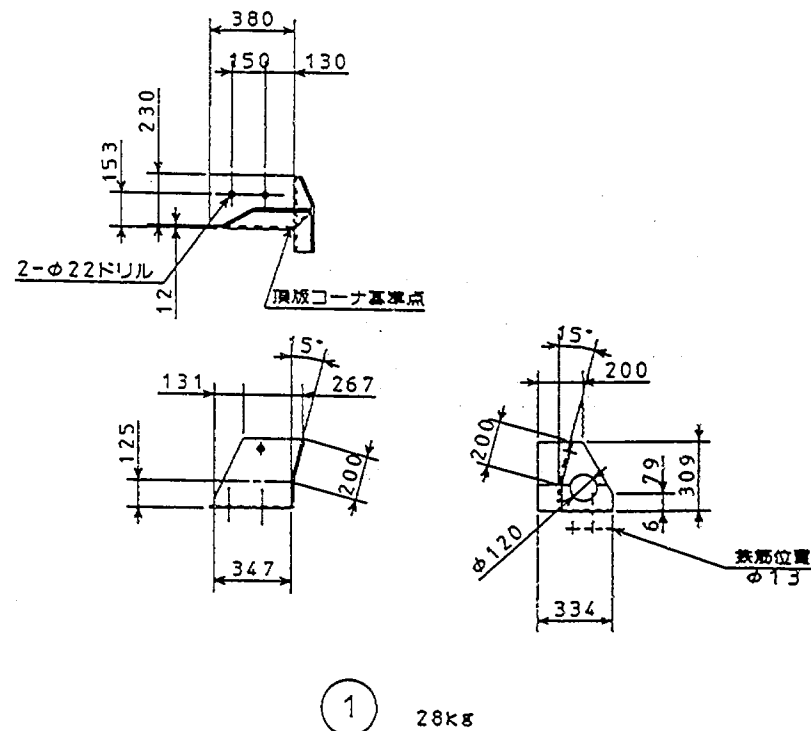
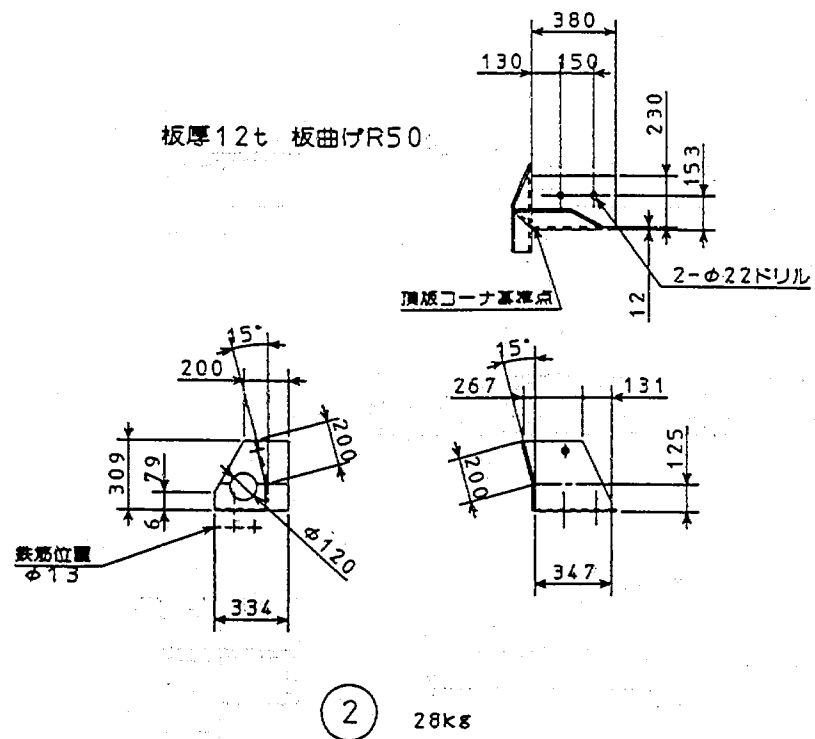
注) 本部品リストは1台分を示し、完成品としては2式必要です

7	ワッシャ・フラット		20	18		
6	ワッシャ・スプリング		20	6		
5	ボルト・両方力		M20X25	6		
4	アングル	SS		1		
3	プレート	SS		3		
2	アングル	SS		4		
1	アングル	SS	L120×8×125G	2		
得意 名 義	材 質	サイズ・長さ・厚み	数量	単 価		

尺数: 1/10
(A2サイズ)

ガイド、底版・側壁芯合わせ用

図-3.5.16 据付用ガイド(その2)



注) 本図1組で頂版1個分を表わす

材質: SS400

95/02/08 板厚を25mmから12mmに、高さを減じ軽量化を計る。
また、基準コーナとボルトピッチを訂正する。

ガイド、頂版用

図-3.5.17 据付用ガイド(その3)

4) 安全管理

① 安全管理項目

実物大組立て実験にあたり、各工種、災害との関連付けを行い、十分なる対策をとるものとする。以下に代表的な安全管理項目と、災害対策を示す。

表-3.5.4 安全管理項目一覧表

工 種	予想される災害	原 因	対 策 工
①ブロック据付け	・ブロック(据付けガイド)が落下する ・微調整時(据付けガイド移動時)に手を挟まれる。 ・側壁の転倒 (・足場からの転落)	・玉掛けワイヤーが切断する。 ・自動玉掛け装置フックの故障。 ・共同作業者との合図の不徹底。 ・組立補助材の取付け不十分。 ・足場上で作業中、安全帯を使用しない。 ・手摺を作業のため、撤去する。	・玉掛けワイヤーの点検 ・自動玉掛け装置の動作確認、点検 ・合図の統一 ・組立補助材取付部の点検 ・安全帯の着、使用をさせる。 ・撤去したら、必ず元に戻す。
②ブロック接合工	(・足場からの墜落) ・PC緊張時の鋼棒の抜け出し	①に同じ ・過緊張による鋼棒の切断	①に同じ ・ジャッキ後方に入らない。 ・緊張管理の徹底
③重機作業	・クレーンが転倒する ・作業員がクレーンと接触する。	・クレーンの過巻き、ブームの起こしすぎによる転倒 ・作業半径と吊荷の関係による転倒 ・クレーン旋回中に作業員が後方に入り込む。	・クレーンの過巻き装置等の点検 ・施工計画通りの作業半径の確認 ・クレーン旋回範囲への進入禁止のバリケードの設置
④解体撤去工	・ボックス解体時にコンクリート片の飛散により、作業員がけがをする。 ・はつりガラ運搬時にダンプと作業員とが接触する。	・油圧ブレーカーによる解体作業の辺りに作業員が進入する。 ・運搬通路へ作業員が進入し、ダンプと接触する。	・作業ヤード内進入禁止のバリケード、防護柵の設置 ・ダンプ運搬経路の周知徹底

5) 実験確認項目及び調査方法

① 実験確認項目

a. 製品製作の確認項目

<型枠製作>

確認項目	確認方法	管理値(許容寸法)
1. 形状・寸法		
(1) 内空・内高	スケールによる実測	-1, +3 mm
(2) 長さ	"	-1, +3 mm
(3) 断面厚	"	-1, +2 mm
2. 主筋の位置	スケールによる実測	± 1 mm
3. 埋込金物の取付穴位置		
(1) スプライススリーブ	スケールによる実測	± 1 mm
(2) 縦締め用シース	"	± 1 mm
(3) インサート	"	± 1 mm
(4) 吊り金物	"	± 3 mm

<配筋>

確認項目	確認方法	管理値(許容寸法)
1. 鉄筋のかぶり	スケールによる実測	最小値 25 mm
2. 主筋の位置	スケールによる実測	± 2 mm
3. 埋込金物の取付穴位置		
(1) スプライススリーブ	スケールによる実測	± 2 mm
(2) 縦締め用シース	"	± 2 mm
(3) インサート	"	± 2 mm
(4) 吊り金物	"	± 5 mm

〈コンクリート打設（コンクリート試験）〉

確 認 項 目	確 認 方 法	管 理 値（許容寸法）
1. スランプ	ス ラ ン プ 試 験	製作工場規定値 $\pm 2.5\text{cm}$
2. 空気量	空 気 量 試 験	製作工場規定値 $\pm 1\%$
3. 塩化物量	塩 化 物 量 試 験	$0.3\text{kg}/\text{m}^3$ 以下
4. 圧縮強度		
・ P C 鋼棒緊張時	圧 縮 強 度 試 験	$350\text{ kgf}/\text{cm}^2$ 以上
・ 出 荷 時	〃	$400\text{ kgf}/\text{cm}^2$ 以上
・ 4 週 時	〃	$400\text{ kgf}/\text{cm}^2$ 以上

〈蒸 発 養 生〉

確 認 項 目	確 認 方 法	管 理 値（許容寸法）
1. 温度上昇勾配	温 度 記 録 計	$20\text{ }^\circ\text{C}/\text{h}$ 未満
2. 最高温度	〃	$65\text{ }^\circ\text{C}/\text{h}$ 未満
3. 最高温度保持時間	〃	製作工場の規定

〈P C 鋼棒緊張〉

確 認 項 目	確 認 方 法	管 理 値（許容寸法）
1. コンクリート強度	圧 縮 強 度 試 験	$350\text{ kgf}/\text{cm}^2$ 以上
2. P C 鋼棒緊張管理	・ ジャッキ圧力計	$0\sim 3\%$
	・ P C 鋼棒の伸び	$0\sim 3\%$

〈出来形検査〉

確 認 項 目	確 認 方 法	管 理 値 (許容寸法)
1. 形状・寸法		
(1) 内空・内高	スケールによる実測	- 3, + 5 mm
(2) 長さ	〃	- 3, + 5 mm
(3) 断面厚	〃	- 2, + 3 mm
2. 主筋の位置	スケールによる実測	± 2 mm
3. 埋込金物の取付穴位置		
(1) スプライススリーブ	スケールによる実測	± 2 mm
(2) 縦締め用シース	〃	± 2 mm
(3) インサート	〃	± 2 mm
(4) 吊り金物	〃	± 5 mm
4. 外 観	目 視	直径 10 mm 以上のピン ホールがない
5. ひび割れ	目 視	有害なひび割れがない
6. 欠 け	〃	有害な欠けがない
7. そ り	スケールによる実測	最小値 ± 5 mm
8. ね じ れ	〃	10 mm 未満

〈運 搬〉

確 認 項 目	確 認 方 法	管 理 値 (許容寸法)
1. コンクリート強度	圧 縮 強 度 試 験	400 kgf/cm ² 以上
2. 支持点の位置		
(1) 頂・底版	目 視	定められた位置
(2) 側 壁	〃	〃

② 施工方法の確認項目

検 討 項 目	検 証 方 法	判 定 方 法
① 組立て手順の最適方法の選出		
1) 仮組立て時の難易度の比較	作業員の意見聴取	施工者による難易度の評価
	組立て時間の計測	計測時間による施工難易度
2) 仮組立て完了後の精度	仮組み出来形計測	出来形精度管理値による評価
② 仮固定方法（組立補助材）の施工性		
1) 取付け、解体の施工性	埋込アンカーとの取り合いの精度	出来形と取付精度による評価
2) 位置合せの施工性	サポート伸縮装置による位置合わせ時の意見聴取	施工者による難易度の評価
③ 継手部の目地処理最適方法の抽出		
1) 目地部モルタル充填度	コア採取	コアによる目視評価
2) スリーブ内モルタル充填度	スリーブカット	カット断面による目視評価
3) スリーブ内鉄筋位置	スリーブカット	カット断面による目視評価
4) 目地処理の施工難易度の比較	作業員の意見聴取	施工者による難易度の評価
	施工時間の計測	計測時間による施工難易度の評価
5) モルタルの養生期間	ピースによる圧縮試験	必要養生日数の決定
④ 作業足場上の施工性		
1) 高所作業での安全性	不安全行動のデータ採取	不安全行動リストの作成評価

検 討 項 目	検 証 方 法	判 定 方 法
⑤ 部材の損傷程度	部材損傷データの採取	部材長に対する損傷長さの比率による評価
⑥ 微調整方法の確認	人力による微調整の仕方に対する意見聴取	施工者による難易度の評価
⑦ 施工サイクルの確認	全施工工程における施工サイクルのデータ採取	最適組立て方法におけるプレハブ施工と場所打ち施工との比較
⑧ 出来形管理	出来形計測	管理値との比較評価

③ 施工機械の確認項目

検 討 項 目	検 証 方 法	判 定 方 法
① 自動玉掛け外し装置の施工性		
1) 玉掛け外し装置の作業性	玉掛け外し作業の有 無	玉掛け外し装置の正 常動作の確認
2) 玉掛け外し装置使用時の安全性	玉掛け外し装置によ る高所作業からの解 放	玉掛け外し装置の正 常動作の確認
② TVモニターの効果		
1) TVモニター使用時の作業性	重機運転手の意見聴 取 ブロック据付け作業 時間計測(モニター使用、 不使用の比較)	施工者による作業難 易度の評価 計測時間による施工 性の比較評価
2) TVモニターの映像状態の把握	モニター映像のビデ オ撮影	ビデオ判定による映 像状態の評価
③ 底版面合わせ用ガイドによる施工性		
1) 底版据付け作業の省力化	底版据付け作業の施 工時間の計測 底版据付け精度	計測時間による施工 難易度の評価 仮組精度(高さ)の管 理値による評価
④ 側壁吊り降ろし用ガイドによる施工 性		
1) 側壁据付け作業の省力化	ガイド使用時と不使 用時の比較 側壁吊り降ろし時の 据付け精度	施工者による難易度 の評価 計測時間による施工 難易度の評価 吊り降ろし後の出来 型計測による微調整 の度合いの評価

検 討 項 目	検 証 方 法	判 定 方 法
2) 側壁据付け作業の安全性	不安全行動のデータ 採取	不安全行動リストの 作成評価
⑤ 頂版据付け用ガイドによる施工性		
1) 頂版据付け作業の省力化	ガイド使用時と不使 用時の比較	施工者による難易度 の評価 計測時間による施工 難易度の評価
	頂版吊り降ろし時の 据付け精度	吊り降ろし後の出来 型計測による微調整 の度合いの評価
2) 頂版据付け作業の安全性	不安全行動のデータ 採取	不安全行動リストの 作成評価

6) 実験確認項目の調査方法

コンクリート構造物を二次製品化した施工技術において、省力化・省人化等の有効性や安全性への影響等、また現場施工において留意すべき事項の確認のために、実物大実験において以下の調査を行った。

① 作業員の意見聴取

基本的には対象となる工種の施工難易度の評価を目的として、作業に携わった作業員に直接アンケート調査方式で意見聴取をする。評価結果としては、定性的な判断となるが、施工サイクル調査結果と対比することにより関連づけた評価が可能となる。

② 施工時間の計測

対象となる工種の施工時間を作業ステップごとに計測し、作業員や施工機械の稼働率などから、施工性を評価する。調査方法としては、施工サイクル調査表による現地調査と、ビデオメモによる再現調査があり、当実験では両方法を行った。

調査結果の評価方法としては、連合作業分析にて行い、稼働・あそび・手待ちなどを把握して、比較検討の比較項目の一つとした。

表-3.5.5 連合作業分析表

作業	時間 人 機械	(分)									稼働 時間 (分)	稼働率 (%)
		1	2	3	4	5	6	7	8	9		
仮組立て ケース1	作業員	玉掛け		微調整	据付ガイド 移動固定			玉掛け				
	クレーン	吊上げ 移動	吊り降し	微調整	移動							
玉掛け外し												

③ 出来形調査計測

ボックスカルバートの仮組立時、最終出来形を計測することにより、作業性に関連させて出来形精度を確認する。また、目地処理部分については、目地部の資料採取により、強度的な数値として把握する。計測することにより、定量的な評価を行うことができる。

④ 行動リスト調査

不安全行動や作業機械などの作業リストをあらかじめ作成し、実作業との比較を行うことにより、作業リストの適正を判断する。

3.5.3 実験結果

(1) 施工性（施工時間）に関する調査結果

1) 仮組立までの施工性

仮組立までの施工性調査は、現場観察及びビデオ撮影記録により行った。各組立パターンにおける施工時間をガントチャートにまとめたものを表-3.5.6～3.5.10に示す。

表-3.5.6 Case 1組立順序にて全自動化項目使用の場合

表-3.5.7 Case 2組立順序にて全自動化項目使用の場合

表-3.5.8 Case 3組立順序にて全自動化項目使用の場合

表-3.5.9 Case 1組立順序にて自動化項目ガイド未使用の場合

表-3.5.10 Case 1組立順序にて自動化項目モニターカメラ未使用の場合

ここで、各ケースについて、共通する作業工程（表-3.5.11及び3.5.12参照）についてのばらつきを統合するため、工程別作業時間のとりまとめを行ったものを表-3.5.13～24にガントチャートとして表示する。

また、作業工程における機械と作業員との連合作業分析のため、表3.5.25～3.5.27にマン-マシンチャートとしてまとめた。

施工時間については、作業員の熟練度や作業の慎重度合いなどよりかなりのばらつきが認められたが、自動玉掛け装置の段取り替えが最も多いケースは必然と施工時間が多くかかることは明瞭であった。また、マン-マシンチャートの整理より、機械(クレーン)の稼働率を計算したが、プレキャスト施工であるため機械による施工が支配的となり、40～60%の高稼働率を示す結果となった。

これらの調査結果より、最適な組立順序の決定及び、自動化項目の有効性を考察の部分で評価する。

表-3.5.6 Case 1組立順序にて全自動化項目使用の場合

工程	時間	累積時間	作業時間
			0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100
1. 底版A1 据付	5-35	5-35	→
2. ■ B1 据付	4-39	10-14	←→
3. ■ C1 据付	4-13	14-27	←→
4. 側壁A2 据付	7-50	22-17	←→
5. 底版板締め	6-09	28-28	←→
6. 側壁A3 据付	4-08	32-34	←→
7. 頂版A4 据付	18-21	50-55	←→
8. 側壁B2 据付	10-09	61-04	←→
9. ■ B3 据付	9-24	70-28	←→
10. ■ C2 据付	8-06	78-34	←→
11. ■ C3 据付	4-53	83-27	←→
12. 頂版B4 据付	15-04	98-31	←→
13. ■ C4 据付	8-49	107-20	←→
工程	時間	累積時間	作業時間
			100 110
13. ■ C4 据付	..	..	←→

注: 頂版部の縦断方向仮締めは行わず。

表-3.5.7 Case 2組立順序にて全自動化項目使用の場合

工程	時間	累積時間	作業時間
			0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100
1. 底版A1 据付	3-43	3-43	→
2. ■ B1 据付	4-34	8-17	←→
3. ■ C1 据付	5-18	13-35	←→
4. 側壁A2 据付	7-08	20-43	←→
5. 底版板締め	6-30	27-13	←→
6. ■ A3 据付	8-42	35-55	←→
7. ■ B2 据付	9-21	45-16	←→
8. ■ B3 据付	8-47	54-03	←→
9. ■ C2 据付	8-28	62-31	←→
10. ■ C3 据付	11-41	74-12	←→
11. 頂版A4 据付	13-31	88-43	←→
12. ■ B4 据付	10-09	97-52	←→
13. ■ C4 据付	13-51	111-43	←→
工程	時間	累積時間	作業時間
			100 110
13. ■ C4 据付	..	..	←→

注: 頂版部の縦断方向仮締めは実施せず。

表-3.5.8 Case 3組立順序にて全自動化項目使用の場合

工程	時間	累積時間	作業時間
			0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100
1. 底版A1 据付	5-43	5-43	→
2. ■ B1 据付	5-26	11-09	→
3. ■ C1 据付	5-26	16-35	→
4. 側壁A2 据付	8-03	49-23	→
5. 底版の仮締め	6-30	24-45	→
6. ■ A3 据付	10-44	41-22	→
7. 頂版A4 据付	13-20	54-42	→
8. 側壁B2 据付	12-55	67-37	→
9. ■ B3 据付	6-45	74-22	→
10. 頂版B4 据付	9-56	84-18	→
11. 側壁C2 据付	10-52	95-10	→
12. ■ C3 据付	8-38	103-48	→
工程	時間	累積時間	作業時間
			100 110
12. ■ C3 据付	~	~	→
13. 頂版C4 据付	12-03	115-51	→

注. 頂版部の縦断方向仮締めは実施せず。

表-3.5.9 Case 1組立順序にて自動化項目ガイド未使用の場合

工程	時間	累積時間	作業時間
			0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100
1. 底版A1 据付	4-49	4-49	→
2. ■ B1 据付	3-44	8-33	→
3. ■ C1 据付	6-31	15-04	→
4. 側壁A2 据付	10-45	25-49	→
5. ■ A3 据付	8-55	34-44	→
6. 頂版A4 据付	8-30	43-14	→
7. 底版仮締め	6-00	49-14	→
8. 側壁B2 据付	7-29	56-43	→
9. ■ B3 据付	7-00	63-43	→
10. ■ C2 据付	6-12	69-55	→
11. ■ C3 据付	7-09	77-04	→
12. 頂版B4 据付	11-40	88-44	→
13. ■ C4 据付	16-41	105-25	→
工程	時間	累積時間	作業時間
			100 110
13. ■ C4 据付	~	~	→
14. 頂版仮締め	12-20	117-45	→

表-3.5.10 Case1組立順序にて自動化項目モニターカメラ未使用の場合

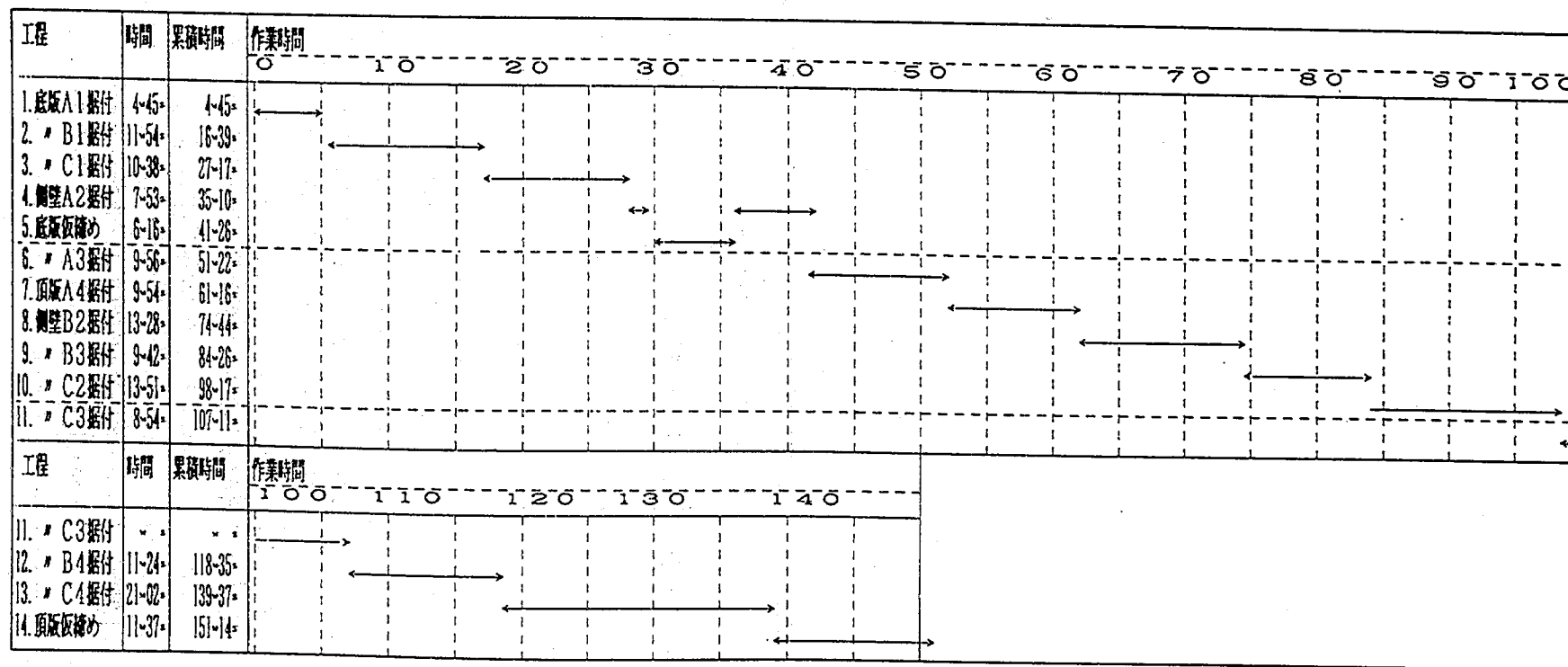


表-3.5.11 各作業内容

基 本 作 業	玉掛け段取り	吊り天秤が外され、次の部材の据付けのための玉掛け外し装置がクレーンに取り付けられるまで
	玉掛け	作業員が玉掛けに手を触れてから玉掛けを完了し、底版が吊り上げられるまで
	部材移動	玉掛けが完了し、部材が吊り上げられてから設置場所へ吊り降ろされ、作業員が手を添えて支えるまで
	据付け調整	部材が仮置き場からクレーンで設置場所に移動され吊り降ろされる時に作業員が手を添えて設置位置に誘導しはじめてから据付けが終了するまで
	サポート取付け	側壁の据付けが完了しサポートの取付けが完了するまで
	玉掛け外し	据付けが完了し（側壁の場合はサポートの取付けの完了）玉掛けがすべて外し終わるまで
	玉掛け移動	玉掛けが外されてからブロックの仮置場まで移動し作業員の手に玉掛けが触れるまで
付 加 作 業	ガイド取付け	底版用、側壁用、頂版用ガイドの据付けのための作業

表-3.5.12 玉掛け外しにおける作業内容区分

機械		誘導員が自動玉掛け外し装置のスイッチに手を掛けてから取付チャックが解放するまで
人手	底版 頂版	自動玉掛け外し装置がアンカから外れてから残ったアンカをブロックから取り外すまで
	側壁	自動玉掛け外し装置がアンカから不完全な形で外れてから作業員の手で完全に取り外されるまで

表-3.5.13 底版据付け工程別作業時間

作業内容	作業時間	時間(分)
		0 2 4 6
玉掛け移動	最大値: 1'40" 平均値: 48" 最小値: 31"	
玉掛け段取り	最大値: 2'46" 平均値: 2'03" 最小値: 1'20"	
玉掛け	最大値: 1'50" 平均値: 48" 最小値: 30"	
底版移動	最大値: 2'22" 平均値: 1'27" 最小値: 1'06"	
玉掛け外し	最大値: 46" 平均値: 23" 最小値: 15"	

表-3.5.15 頂版据付け工程別作業時間

作業内容	作業時間	時間(分)
		0 2 4 6
玉掛け移動	最大値: 2'48" 平均値: 59" 最小値: 23"	
玉掛け段取り	最大値: 2'23" 平均値: 1'47" 最小値: 1'18"	
玉掛け	最大値: 1'10" 平均値: 41" 最小値: 29"	
頂版移動	最大値: 2'39" 平均値: 1'53" 最小値: 1'03"	
玉掛け外し	最大値: 1'13" 平均値: 27" 最小値: 11"	

表-3.5.14 側壁据付け工程別作業時間

作業内容	作業時間	時間(分)
		0 2 4 6
玉掛け移動	最大値: 1'09" 平均値: 41" 最小値: 26"	
玉掛け段取り	最大値: 3'36" 平均値: 2'33" 最小値: 1'48"	
玉掛け	最大値: 1'30" 平均値: 41" 最小値: 22"	
側壁移動	最大値: 4'48" 平均値: 2'19" 最小値: 1'06"	
サポート 取り付け	最大値: 1'13" 平均値: 44" 最小値: 25"	
玉掛け外し	最大値: 36" 平均値: 21" 最小値: 7"	

表-3.5.16 ガイド取付け作業時間

作業内容	作業時間	時間(分)
		0 2 4 6 8 10
底版ガイド 取り付け	最大値: 3'23" 平均値: 2'33" 最小値: 40"	
側壁ガイド 取り付け	最大値: 8'57" 平均値: 4'55" 最小値: 2'50"	
頂版ガイド 取り付け	最大値: 6'33" 平均値: 4'55" 最小値: 4'00"	

表-3.5.17 底版据付け調整作業時間

工程	作業条件	作業時間	時間(分)															
据付け調整	1列目	最大値: 2'06"																
		平均値: 1'32"																
		最小値: 40"																
	2・3列目 ガイド有り	最大値: 7'55"																
		平均値: 2'59"																
	2・3列目 ガイド無し	最大値: 1'28"																

表-3.5.18 側壁据付け調整作業時間

工程	作業条件	作業時間	時間(分)															
据付け調整	1列目	最大値: 5'55"																
		平均値: 3'03"																
		最小値: 1'20"																
	2・3列目 ガイド有 モニター有	最大値: 7'29"																
		平均値: 3'37"																
		最小値: 1'05"																
	2・3列目 ガイド無 モニター有	最大値: 3'00"																
		平均値: 2'34"																
	2・3列目 ガイド有 モニター無	最大値: 6'03"																
		平均値: 4'50"																

表-3.5.19 頂版据付け調整作業時間

工程	作業条件	作業時間	時間(分)															
据付け調整	1列目	最大値: 8'00"																
		平均値: 3'54"																
		最小値: 2'16"																
	2・3列目 ガイド有 モニター有	最大値: 10'17"																
		平均値: 6'19"																
		最小値: 3'36"																
	2・3列目 ガイド無 モニター有	最大値: 7'41"																
		平均値: 5'47"																
	2・3列目 ガイド有 モニター無	最大値: 17'13"																
		平均値: 11'13"																

表-3.5.20 底版据付け調整作業時間（時間調整後）

工程	作業条件	作業時間	時間(分)	備考 (除外時間)
据付け調整	1列目	最大値: 2'06" 平均値: 1'32" 最小値: 40"		
	2・3列目 ガイド有り	最大値: 4'57" 平均値: 2'37" 最小値: 1'12"		レベル合わせ 2回手戻り 2M58S
	2・3列目 ガイド無し	最大値: 1'28" 平均値: 1'10" 最小値: 53"		

表-3.5.21 側壁据付け調整作業時間（時間調整後）

工程	作業条件	作業時間	時間(分)	備考 (除外時間)
据付け調整	1列目	最大値: 3'48" 平均値: 2'50" 最小値: 1'20"		斜めに入った ため手戻り 2M07S
	2・3列目 ガイド有 モニタ有	最大値: 5'19" 平均値: 3'26" 最小値: 1'05"		鉄筋をバール 修正(斜めに挿入) 2M10S
	2・3列目 ガイド無 モニタ有	最大値: 3'00" 平均値: 2'34" 最小値: 1'05"		
	2・3列目 ガイド有 モニタ無	最大値: 4'51" 平均値: 4'28" 最小値: 2'57"		鉄筋をバール 修正(斜めに挿入) 1M12S

表-3.5.22 頂版据付け調整作業時間（時間調整後）

工程	作業条件	作業時間	時間(分)	備考 (除外時間)
据付け調整	1列目	最大値: 8'00" 平均値: 3'54" 最小値: 2'16"		不慎れて時間 が大だが除外 時間はなし
	2・3列目 ガイド有 モニタ有	最大値: 8'39" 平均値: 6'04" 最小値: 3'36"		鉄筋曲がり 修正(最大値) 1M28S
	2・3列目 ガイド無 モニタ有	最大値: 5'55" 平均値: 4'54" 最小値: 3'52"		鉄筋曲がり 修正(最大値) 1M46S
	2・3列目 ガイド有 モニタ無	最大値: 12'38" 平均値: 8'45" 最小値: 4'42"		鉄筋曲がり 修正(最大値) 4M35S

表-3.5.23 玉掛け外し作業時間

作業条件	作業時間	時間 (秒)									
		0	4	8	12	16	20	24	28	32	
底版	最大値: 機械: 14.5 人手: 11.2										
	平均値: 機械: 13.8 人手: 9.6										
	最小値: 機械: 12.5 人手: 9.2										
側壁	最大値: 機械: 14.8 人手: 12.1										
	平均値: 機械: 14.5 人手: 10.3										
	最小値: 機械: 13.3 人手: 8.8										
頂版	最大値: 機械: 16.1 人手: 13.7										
	平均値: 機械: 15.6 人手: 11.3										
	最小値: 機械: 13.8 人手: 9.6										

表-3.5.24 縦断方向仮止め作業時間

工 程	作業時間	時間(分)									
		0	2	4	6	8	10	12			
底版仮締め	最大値: 6'30"										
	平均値: 6'17"										
	最小値: 6'00"										
頂版仮締め	最大値: 12'20"										
	平均値: 11'59"										
	最小値: 11'37"										

表-3.5.25 底版据付け作業時間

工程	作業条件	区分	時間 比率	時間 (分)														
				0	2	4	6	8	10	12	14	16	18					
底版 据付け	1列目 (A1)	人力	2-30・ 38.4%	玉掛け		据付微調整	玉掛け											
		機械	4-01・ 61.6%		底版移動	据付微調整	玉掛け	玉掛け										
	2・3列目 (B1・C1) ガイド有	人力	5-38・ 52.5%	玉掛け段取り	玉掛け		据付微調整	玉掛け										
		機械	5-06・ 47.5%			底版移動	据付微調整	玉掛け	玉掛け									
	2・3列目 (B1・C1) ガイド無	人力	4-11・ 53.4%	玉掛け段取り	玉掛け		据付微調整	玉掛け										
		機械	3-39・ 46.6%			底版移動	据付微調整	玉掛け	玉掛け									

表-3.5.26 側壁据付け作業時間

工程	作業条件	区分	時間 比率	時間 (分)														
				0	2	4	6	8	10	12	14	16	18					
側壁	1 列目 (A2・A3)	人力	6・58・ 53.4%	玉掛け段取り		玉掛け		据付微調整		18"・18" 玉掛け								
		機械	6・04・ 46.5%			側壁移動		据付微調整		玉掛け 玉掛け								
	2・3 列目 (B2・B3 C2・C3) ガイド有 モニタ有	人力	7・34・ 53.2%	玉掛け段取り		玉掛け		据付微調整		18"・18" 玉掛け								
		機械	6・40・ 46.8%			側壁移動		据付微調整		玉掛け 玉掛け								
	2・3 列目 (B2・B3 C2・C3) ガイド無 モニタ有	人力	6・42・ 53.6%	玉掛け段取り		玉掛け		据付微調整		18"・18" 玉掛け								
		機械	5・48・ 46.4%			側壁移動		据付微調整		玉掛け 玉掛け								
据付け	2・3 列目 (B2・B3 C2・C3) ガイド有 モニタ無	人力	8・36・ 52.8%	玉掛け段取り		玉掛け		据付微調整		18"・18" 玉掛け								
		機械	7・42・ 47.2%			側壁移動		据付微調整		玉掛け 玉掛け								

表-3.5.27 頂版据付け作業時間

工程	作業条件	区分	時間 比率	時間 (分)												
				0	2	4	6	8	10	12	14	16	18			
頂版	1列目 (A4)	人力	6・33・ 48.2%	玉掛け段取り	玉掛け			据付微調整	環							
		機械	7・02・ 51.8%		頂版移動		据付微調整	環 環								
	2・3列目 (B4・C4) ガイド有 モニタ有	人力	8・43・ 48.7%	玉掛け段取り	玉掛け			据付微調整		環						
		機械	9・12・ 51.3%		頂版移動		据付微調整		環 環							
据付け	2・3列目 (B4・C4) ガイド無 モニタ有	人力	7・33・ 48.4%	玉掛け段取り	玉掛け			据付微調整	環							
		機械	8・02・ 51.6%		頂版移動		据付微調整	環 環								
	2・3列目 (B4・C4) ガイド有 モニタ無	人力	1・24・ 49.0%	玉掛け段取り	玉掛け			据付微調整		環						
		機械	11・53・ 51.0%		頂版移動			据付微調整		環 環						

2) モルタル注入の施工性

一括注入及び分割注入の作業時間について現場観察及びビデオ撮影記録から調査を行った。表-3. 5.28は、その結果をガントチャートとしてとりまとめた結果である。

一括注入の作業においては、ガスケットによる仕切壁、モルタル仕切壁による2方法を行った。仕切壁の差異による施工性の違いはあまりなかったが、ボックス内外の型枠施工に多くの時間を要した。このため、分割注入と比較して顕著な施工時間の差がみられるものとなった。

表-3.5.28 モルタル注入作業時間

方式	目地処理	部位	作業内容	作業時間	時間(分)														
					0	20	40	60	80	100	120	140	160	180	200				
一括	ガasket	底板 A1	目地処理 準備 施工 グラウト注入 型枠取付 施工	4- 1-21- 22-	→	←													
			モルタル 仕切壁	側壁 A2	目地処理 準備 施工 グラウト注入 型枠取付 施工	10- 1-07- 24-	→	←											
分割	数モルタル	底板 B2	目地処理 準備 施工 グラウト注入 型枠取付 施工	16- 13- 12-	→	←													
			側壁 B1	目地処理 準備 施工 グラウト注入 型枠取付 施工	5- 14- 27-	→	←												

(2) 安全性に関する調査結果

底版、側壁、頂版それぞれの据付け時及び仮緊張、モルタル注入、緊張時の不安全行動等について、現場での観察及びビデオ映像を分析することにより整理した。表-3.5.29はその結果をまとめたものである。また、その頻度について図-3.5.18～3.5.22に示す。

表-3.5.29 不安全行動等の観察結果

工程区分	作業内容	観 察 結 果
側壁の据付け	側壁移動	側壁の仮置き状態から側壁をクレーンで鉛直にするときに転倒につながる揺れがみられた 側壁の移動の際に回転しながら降下している場合があり、隣接していた作業員への打撲につながる行動がみられた
	据付け	据付け時に側壁が斜めになり転倒する危険性がみられた
頂版の据付け	玉掛け外し	高所作業車から頂版に移動しての歩行を伴った落下につながる行動がみられた 高所作業車上での頂版下の作業で操作ミス等による打撲につながる行動がみられた
	据付け調整	頂版を吊った状態で側壁の上にスペーサを差し込んだり、ハンマーで鉄筋の曲がりを修正するといった打撲につながる行動がみられた 高所作業車上での頂版下の作業で操作ミス等による打撲につながる行動がみられた
モルタル仕切壁によるモルタル注入作業	目地処理	高所作業車上の頂版下での作業で操作ミスによる接触・打撲につながる行動がみられた
	型枠作業	足場上での命綱がない落下につながる行動がみられた 足場をはしご替わり使って上下に移動するといった落下につながる行動がみられた
	注入作業	高所作業車上の頂版下での作業で操作ミスによる接触・打撲につながる行動がみられた
	脱型作業	足場上での命綱がない落下につながる行動が見られた 高所作業車上の頂版下での作業で操作ミスによる接触・打撲につながる行動がみられた
敷モルタルによるモルタル注入作業		足場上での命綱がない落下につながる行動が見られた 高所作業車上の頂版下での作業で操作ミスによる接触・打撲につながる行動がみられた
緊張作業		高所作業車上の頂版下での作業で操作ミスによる接触・打撲につながる行動がみられた
頂版ガイドの取外し作業		高所作業車から頂版に移動し、頂版上での歩行を伴った取外し作業がみられた

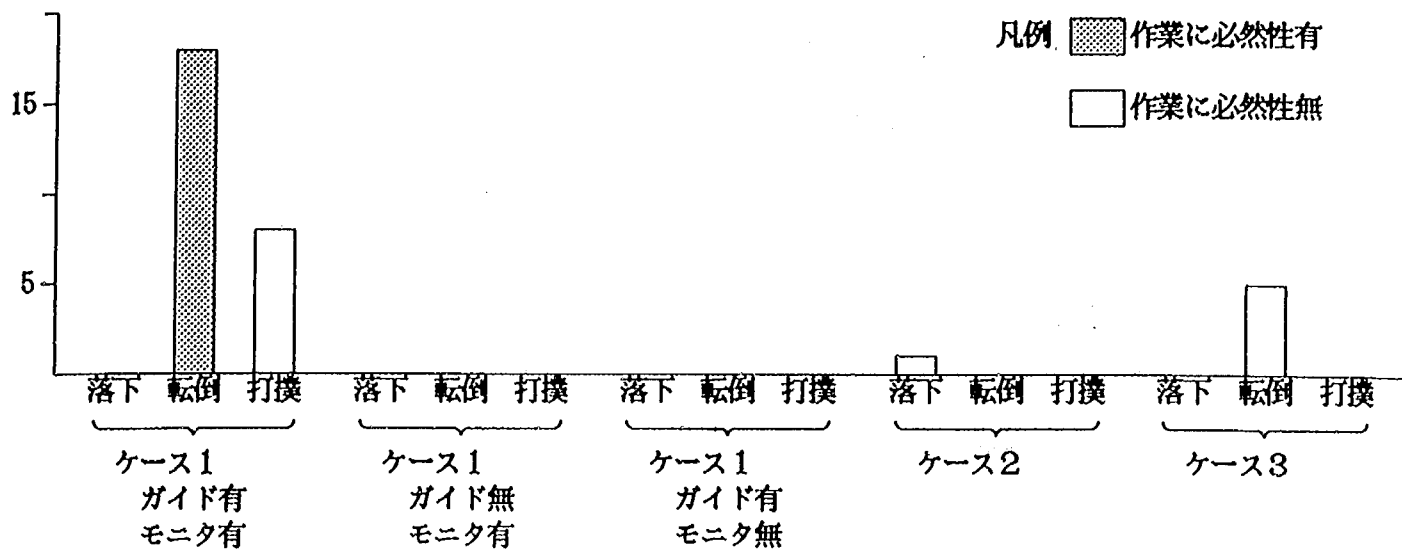


図-3.5.18 側壁据付け作業時の不安全行動

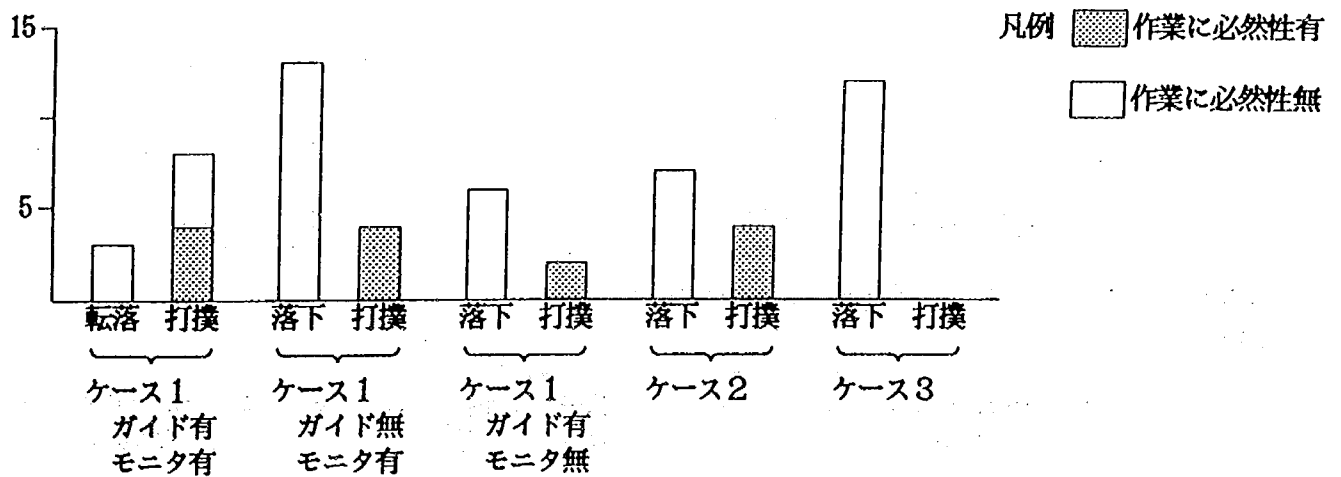


図-3.5.19 頂版玉掛け外し作業時の不安全行動

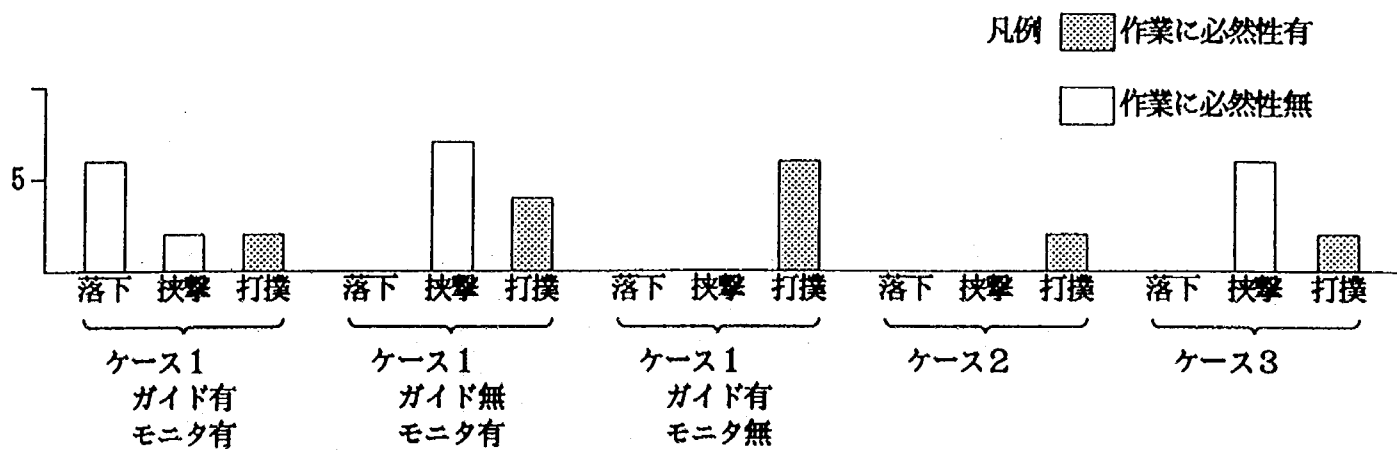
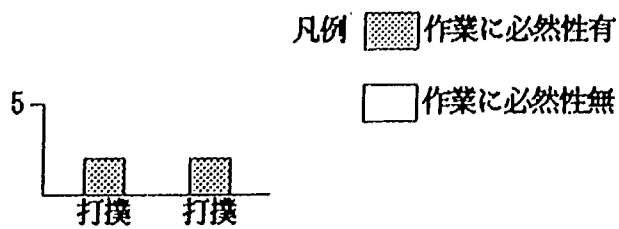


図-3.5.20 頂版据付け調整作業時の不安全行動



ケース1 ケース1
 ガイド無 ガイド有
 モニタ有 モニタ無

図-3.5.21 仮止め作業時の不安全行動

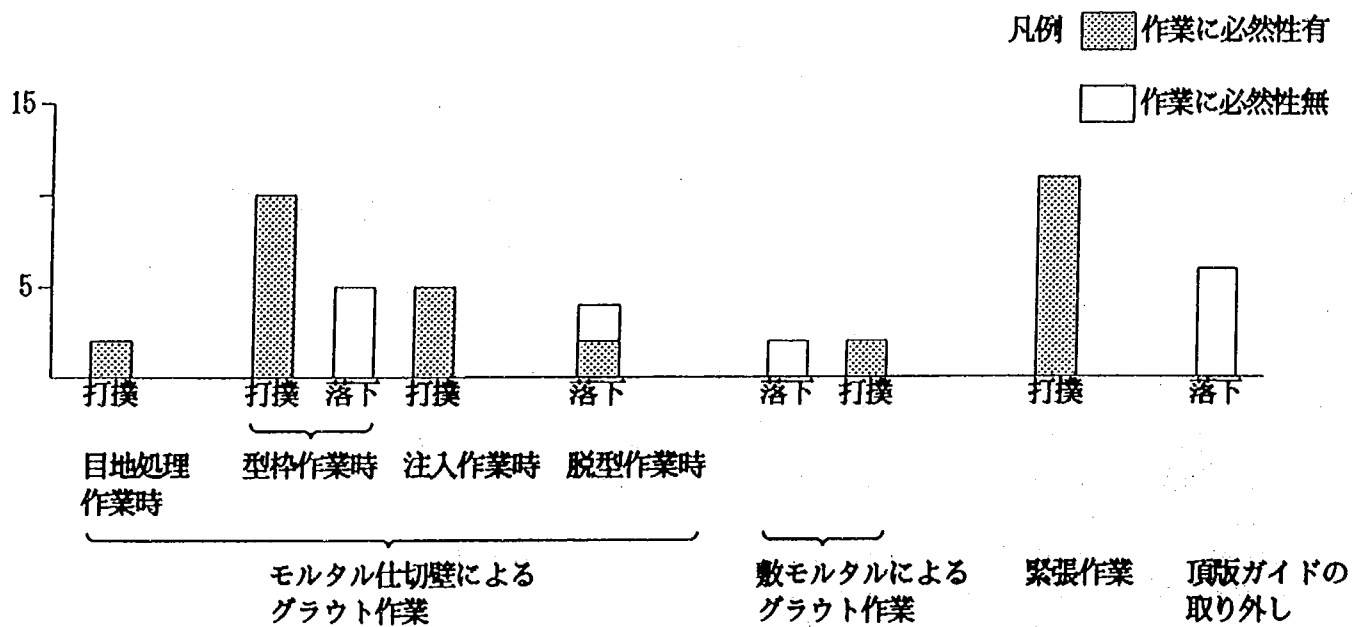


図-3.5.22 高所作業時(グラウト作業、緊張、ガイド取外し)の不安全行動

(3) アンケート調査結果

施工性、安全性、施工機械について、作業員及び観察者（共同研究者）（以下Grと記す）に対しアンケートを実施した。

組立手順による施工性・安全性の優位性について、作業員の回答は施工性については、1位をCase 2、2位をCase 1、3位をCase 3の結果になったのに対し、安全性については、1位はCase 1、2位をCase 2、3位をCase 3の結果になった。意見聴取結果では、底版→側壁→頂版と同じブロックの連続据付けが多く、リズムが乱されることなく作業ができる施工性の良さや自動玉掛け外し装置の段取り回数が少ないことがあげられた。

据付け用ガイドを使用した場合の施工性・安全性については、安全性については未使用時に比較し良いと回答されているが、施工性については評価が悪いと良いの分かれた。ガイドそのものに対しては、ガイド自体が重く、1人で取り付けることができない、軽量化が必要であるという意見があった。また、取付時間がかかることから、もっと簡単に取付可能なものに改善すべきであるという意見が出された。同時に、取付穴に余裕がないため、取付の調整が困難であるとの意見もあった。

TVモニタについては、据付けの難易度について誘導員、作業員からは容易になったと回答がある一方で、オペレータはどちらともいえないと回答した。オペレータはクレーン操作の際に接合部の局部映像は参考になるが、実際にはブロックの全体の位置を把握し、誘導員の合図をもとに操作しているため、かえってTVモニタが加わった分、忙しくなった、また、作業員の行き来があって映像が遮られることがあるためと述べている。

玉掛け外し装置については、安全性について良いと回答がされた。なお、意見聴取の結果、底版及び頂版の取付金具を工夫すればワイヤーを介すことなく直接チャックで吊り上げられる、また、チャック自体の幅を広くすると施工性が向上すること、油圧ホースが長くて邪魔になるので改善の余地があるとの意見が出されていた。

サポートについては、良いとの回答が6人中5人から得られた。Grにおいても同様の回答が得られた。なお、改善点としてサポート自体には問題はなかったが、サポート取付金具の穴の間違いがあったので製品管理が必要であるという意見が出された。

目地処理の施工性については、モルタル仕切壁とガスケット方式の比較で、アンケート対象者全員がガスケット方式が施工性が優れていると回答した。

次頁以下にアンケート調査結果を示す。

表-3.5.30 アンケート調査結果

<組立手順について>

質問項目	対象者	0	3	6	9 (人)	備考
施工性は？	作業員	1位	CASE2			
		2位	CASE1			
		3位	CASE3			
	Gr	1位	CASE1	CASE2		
		2位	CASE2	CASE1		
		3位	CASE3			
安全性は？	作業員	1位	CASE1			
		2位	CASE2	CASE3		
		3位	CASE2	CASE3		
	Gr	1位	CASE1	CASE2		
		2位	CASE2	CASE1	CASE3	
		3位	CASE3	CASE2		

<底版据付け用ガイドを使用した場合>

質問項目	0	3	6	9 (A)	備考
ガイド設置の施工性は？	作業員	悪い	良い		
	Gr	非常に悪い	悪い	どちらともいえない	良い
未使用時と比べて据付け時の施工性は？	作業員	悪い	どちらともいえない	良い	非常に良い
	Gr	未回答			
未使用時と比べて据付け時の安全性は？	作業員	良い			
	Gr	どちらともいえない	良い		
未使用時と比べて据付け時のオペレータの操作の難易度は？	作業員	どちらともいえない	容易	非常に容易	オペレータはどちらともいえないと回答
	Gr	未回答			
未使用時と比べて据付け時の誘導の難易度は？	作業員	どちらともいえない	容易	非常に容易	誘導員は非常に容易と回答
	Gr	未回答			

<底版据付けについて>

質問項目	0	3	6	9 (A)	備考
底版設置の施工性は？	作業員	良い			
	Gr	どちらともいえない	良い		
底版設置の安全性は？	作業員	良い			
	Gr	良い			

<側壁据え付け用ガイドを使用した場合>

質問項目	0	3	6	9 (A)	備考
ガイド設置の施工性は？	作業員 非常に悪い 良い	非常に悪い			
	Gr 非常に悪い 良い	非常に悪い	非常に悪い		
未使用時と比べて据付け時の施工性は？	作業員 非常に悪い 悪い どちらともいえない 良い	非常に悪い	非常に悪い		
	Gr どちらともいえない 良い	どちらともいえない	どちらともいえない		
未使用時と比べて据付け時の安全性は？	作業員 どちらともいえない 良い 非常に悪い	どちらともいえない	どちらともいえない		
	Gr どちらともいえない 良い	どちらともいえない	どちらともいえない		
未使用時と比べて据付け時のオペレータの操作の難易度は？	作業員 どちらともいえない 容易	どちらともいえない	どちらともいえない		オペレータはどちらともいえないと回答
	Gr どちらともいえない 容易	どちらともいえない	どちらともいえない		
未使用時と比べて据付け時の誘導の難易度は？	作業員 どちらともいえない 容易	どちらともいえない	どちらともいえない		誘導員は容易と回答
	Gr どちらともいえない 容易	どちらともいえない	どちらともいえない		

<側壁用サポートについて>

質問項目	0	3	6	9 (A)	備考
側壁用サポートの施工性は？	作業員 どちらともいえない 良い	どちらともいえない	どちらともいえない		
	Gr どちらともいえない 良い	どちらともいえない	非常に良い		

<頂版据え付け用ガイドを使用した場合>

質問項目	0	3	6	9 (A)	備考
ガイド設置の施工性は？	作業員 悪い どちらともいえない				
	Gr 非常に悪い 悪い どちらともいえない				
未使用時と比べて据付け時の施工性は？	作業員 悪い どちらともいえない				
	Gr 非常に悪い どちらともいえない				
未使用時と比べて据付け時の安全性は？	作業員 どちらともいえない 良い 非常に良い				
	Gr 未回答				
未使用時と比べて据付け時のオペレータの操作の難易度は？	作業員 非常に難 容易				オペレータは非常に困難と回答
	Gr どちらともいえない				
未使用時と比べて据付け時の誘導の難易度は？	作業員 どちらともいえない 容易				誘導員は容易と回答
	Gr どちらともいえない 容易				

<TVモニタについて>

質問項目	0	3	6	9 (A)	備考
未使用時と比べて据付け時の 難易度は？	作業員	どちらともいえない	容易		オペレータはど ちらともいえな いと回答
	Gr	どちらともいえない	容易	非常に容易	
未使用時と比べて据付け時の 安全性は？	作業員	どちらともいえない	良い		
	Gr	どちらともいえない	良い	非常に容易	
未使用時と比べて据付け時の オペレータの操作の難易度は？	作業員	どちらともいえない	非常に容易		オペレータはど ちらともいえな いと回答
	Gr	どちらともいえない	容易		
未使用時と比べて据付け時の 誘導の難易度は？	作業員	どちらともいえない	容易	非常に容易	誘導員は容易と 回答
	Gr	どちらともいえない		容易	

<自動玉掛け外し装置について>

質問項目	0	3	6	9 (A)	備考
自動玉掛け外し装置の 安全性は？	作業員	良い		非常に良い	
	Gr	良い			

<目地処理方法について>

質問項目	0	3	6	9 (A)	備考
今回行われた2つの方法のうち どちらが施工性はよいですか？	作業員	ガasket仕切壁			
	Gr	ガasket仕切壁			

<高所作業について>

質問項目	0	3	6	9 (A)	備考
モルタル充填継手の注入作業の施工性は？	作業員	悪い	良い		
	Gr	悪い	良い		
モルタル充填継手の注入作業の安全性は？	作業員	悪い	どちらともいえない		
	Gr	どちらともいえない	良い		
縦締め緊張作業の施工性は？	作業員	良い			
	Gr	どちらともいえない			
縦締め緊張作業の安全性は？	作業員	どちらともいえない	良い		
	Gr	どちらともいえない			

(4) 品質・出来形に関する調査結果

1) 部材製作精度

二次製品製作は、以下の図-3.5.23に示す製作工程で行われ、各施工工程にてあらかじめ決定しておいた管理値により管理を行った。

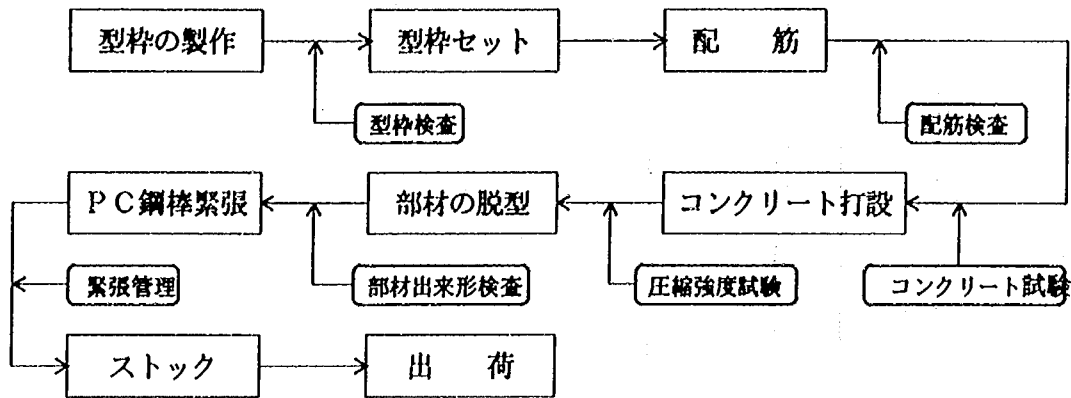


図-3.5.23 二次製品部材の製作工程

① 型枠の製作

今回製作した型枠は、図-3.5.24に示すように頂版・底版兼用枠及び側壁兼用枠の二枠とした。型枠製作終了時に計測した結果、各部の寸法は管理値以内であった。

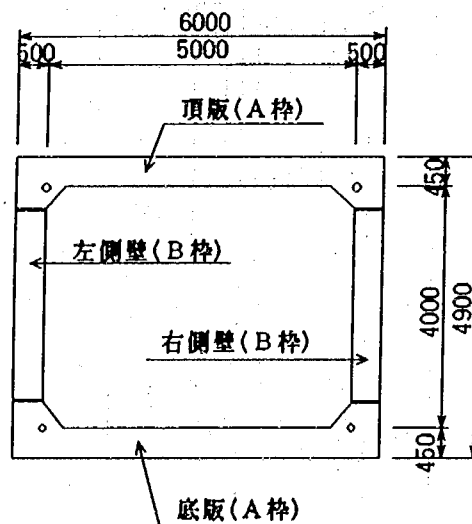


図-3.5.24 型枠製作要領

② 配筋状態

配筋完成時における確認項目の測定値は、管理値以内であり問題なかった。

③ コンクリート強度

表-3.5.31に、本実験の部材製作に用いたコンクリートの試験結果を示す。圧縮強度の供試体は12本採取し、材令1日、14日、28日用および予備の供試体とした。圧縮強度については、1打設日分の強度で、他と比較して低いものがあったが、予備の供試体の強度確認の後に必要工程の作業を実施した。

表-3.5.31 コンクリート試験結果

コンクリート品質管理記録								
製 品 名	4分割PCボックスカルバート					配 合	500-8-20	
打 設 日	6. 9. 7	6. 9. 9	6. 9.13	6. 9.16	6. 9.21	6. 9.23	6. 9.27	
製 品 規 格	左-1	左-2 底-1	左-3 底-2	右-1 底-3	右-2 頂-1	頂-2	右-3 頂-3	
スランブ (cm)	7.8	8.4	8.7	8.5	8.8	8.1	7.4	
空 気 量 (%)	1.3	2.3	2.4	1.9	1.4	1.4	1.3	
C T (°C)	28	26	27	25	26	26	25	
コンクリート 塩 分 量 (kg/m ³)	1	0.028	0.026	0.031	0.029	0.040	0.037	0.036
	2	0.032	0.027	0.029	0.031	0.043	0.039	0.035
	3	0.031	0.030	0.030	0.031	0.041	0.040	0.037
	X	0.030	0.028	0.030	0.030	0.041	0.039	0.036
圧 縮 強 度 脱型時(1日) (kgf/cm ²)	1	367	321	238	284	332	327	362
	2	340	313	250	311	309	317	348
	3	385	317	224	304	314	317	355
	X	366	317	237	300	318	320	355
圧 縮 強 度 材 令 14 日 (kgf/cm ²)	1	542	498	471	525	527	504	507
	2	508	508	463	491	519	514	516
	3	527	505	485	507	533	525	509
	X	526	504	473	507	526	514	511
圧 縮 強 度 材 令 28 日 (kgf/cm ²)	1	614	578	579	596	590	598	597
	2	593	596	572	601	597	592	581
	3	597	590	597	588	584	586	584
	X	601	588	583	595	590	592	587
判 定	合	合	合	合	合	合	合	合

④ 蒸気養生

表-3.5.32に部材製作時に行った蒸気養生方法を示す。

表3.5.32 蒸気養生方法

項 目	設 定 値
前 置 き 時 間	3時間
温 度 上 昇 勾 配	20℃/時間
最 高 温 度	65℃
最高温度保持時間	3時間

⑤ P C鋼棒の緊張

表-3.5.33にP C鋼棒緊張時に行った伸び量測定結果を示す。P C鋼棒の緊張は、コンクリートの圧縮強度(350kg/cm²)を確認後実施した。緊張管理は、ジャッキ圧力計の確認およびP C鋼棒の伸び量の測定により行った。その結果、P C鋼棒の伸び量は0%~+2.7%の範囲で管理されていた。

表-3.5.33 PC鋼棒伸び量

(単位: mm)

緊張箇所	緊張前	緊張後	実測伸び量	計算値との差
頂 1 - 1	88.95	115.25	26.30	+0.50
2	89.10	114.90	25.80	0
3	89.40	115.50	26.10	+0.30
4	87.90	114.25	26.35	+0.55
5	88.10	114.30	26.20	+0.40
6	87.70	113.60	25.90	+0.10
頂 2 - 1	87.60	113.55	25.95	+0.15
2	87.50	114.00	26.50	+0.70
3	88.10	113.95	25.85	+0.05
4	90.40	116.55	26.15	+0.35
5	91.00	117.05	26.05	+0.25
6	90.50	116.85	26.35	+0.55
頂 3 - 1	90.20	116.15	25.95	+0.15
2	89.85	115.65	25.80	0
3	90.40	116.55	26.15	+0.35
4	90.20	116.55	26.35	+0.55
5	89.70	115.95	26.25	+0.45
6	90.35	116.10	25.80	0
底 1 - 1	91.40	117.50	26.10	+0.30
2	91.15	116.95	25.80	0
3	91.20	117.15	25.95	+0.15
4	92.20	118.30	26.10	+0.30
5	91.30	117.20	25.95	+0.10
6	91.75	117.95	26.20	+0.40
底 2 - 1	89.95	115.90	25.95	+0.15
2	87.85	114.00	26.15	+0.35
3	90.15	116.45	26.30	+0.55
4	89.80	115.85	26.05	+0.25
5	90.05	115.80	25.80	0
6	90.45	116.55	26.10	+0.30
底 3 - 1	88.30	114.30	26.00	+0.20
2	89.20	115.10	25.95	+0.10
3	90.00	115.85	25.85	+0.05
4	91.20	117.35	26.15	+0.35
5	91.10	117.30	26.20	+0.40
6	91.20	117.10	25.90	+0.10

使用PC鋼棒
緊張力
伸び量計算値

φ 23 mm
36.36 tf
25.8 mm

⑥ 部材出来形検査

表－3.5.34～表－3.5.36に部材製作後実施した出来形検査結果を示す。その結果、部材寸法は管理値以内であった。しかし、モルタル充填継手スリーブに挿入される鉄筋に曲がりが生じているものがあった。また、蒸気養生等で発生したモルタル充填継手スリーブ内の錆がコンクリート面に流れているものがあった。

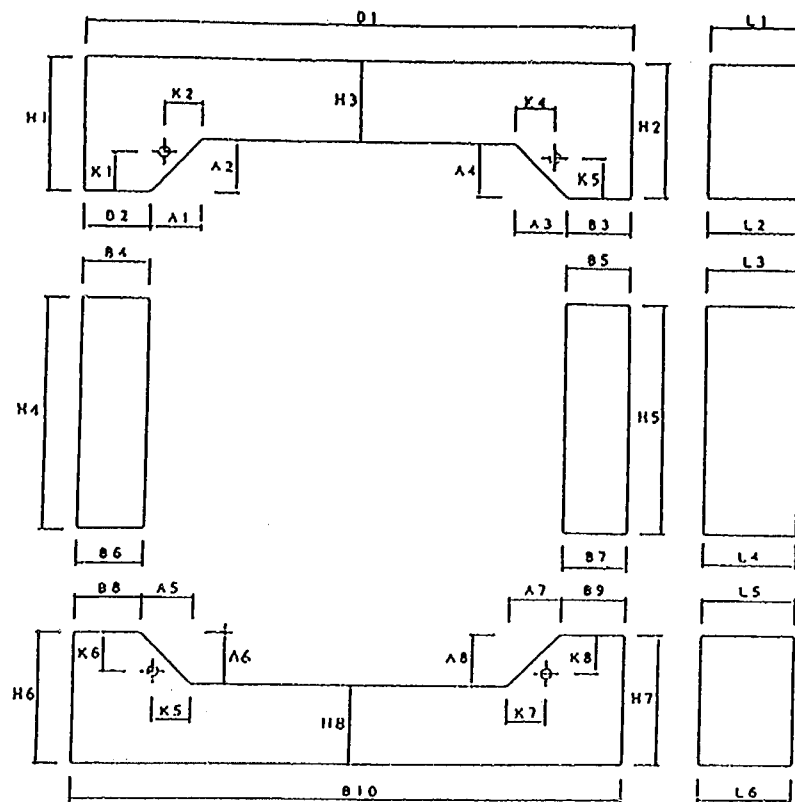


表-3.5.34 部材出来形検査結果(N o. 1)

No. 1									
測定箇所	設計寸法	許容差	測定値	誤差	測定箇所	設計寸法	許容差	測定値	誤差
D 1	6,000	-3,+5	5,999	-1	H 1	750	-2,+3	750	±0
B 2	500	-2,+3	500	±0	H 2	750	"	750	±0
B 3	500	"	501	+1	H 3	450	"	450	±0
B 4	500	"	498	-2	H 4	3,360	-3,+5	3,360	±0
B 5	500	"	500	±0	H 5	3,360	"	3,359	-1
D 6	500	"	501	+1	H 6	750	-2,+3	750	±0
B 7	500	"	499	-1	H 7	750	"	750	±0
B 8	500	"	499	-1	H 8	450	"	451	+1
B 9	500	"	500	±0	K 1	199.5	±2	200	+0.5
D 10	6,000	-3,+5	5,999	-1	K 2	199.5	"	199	-0.5
A 1	300	"	302	+2	K 3	199.5	"	199	-0.5
A 2	300	"	301	+1	K 4	199.5	"	200	+0.5
A 3	300	"	299	-1	K 5	199.5	"	200	+0.5
A 4	300	"	300	±0	K 6	199.5	"	201	+1.5
A 5	300	"	302	+2	K 7	199.5	"	199	-0.5
A 6	300	"	300	±0	K 8	199.5	"	200	+0.5
A 7	300	"	300	±0	L 1	1,000	-3,+5	1,000	±0
A 8	300	"	300	±0	L 2	1,000	"	1,001	+1
					L 3	1,000	"	1,001	+1
					L 4	1,000	"	1,000	±0
					L 5	1,000	"	1,001	+1
					L 6	1,000	"	999	-1

(単位: mm)

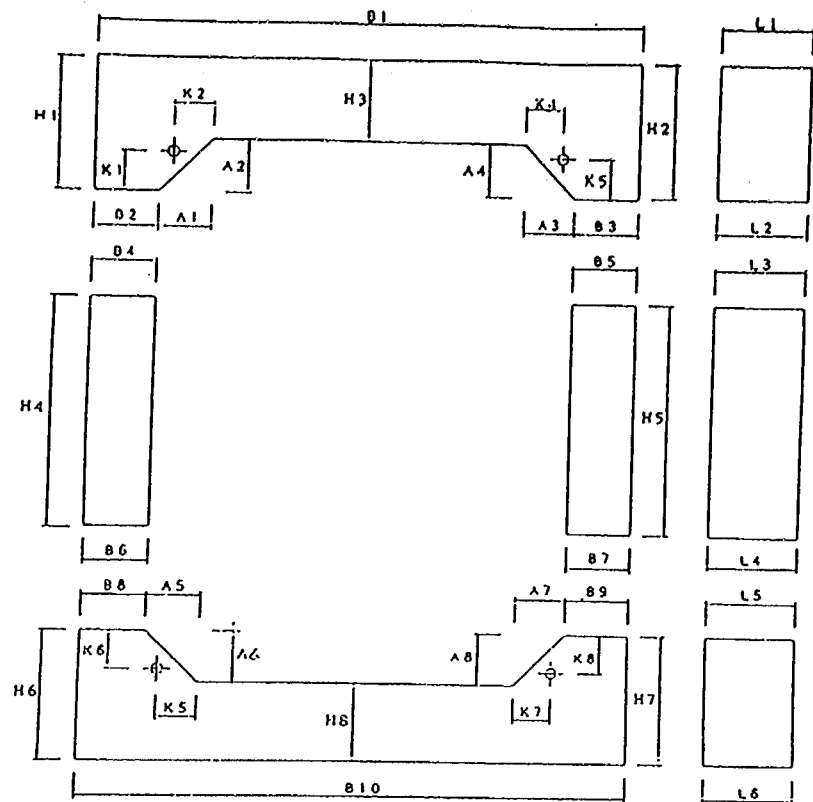


表-3.5.36 部材出来形検査結果(No. 3)

No. 3

測定箇所	設計寸法	許容差	測定値	誤差	測定箇所	設計寸法	許容差	測定値	誤差
B 1	6,000	-3,+5	5,999	-1	H 1	750	-2,+3	752	+2
B 2	500	-2,+3	500	±0	H 2	750	"	752	+2
B 3	500	"	502	+2	H 3	450	"	452	+2
B 4	500	"	500	±0	H 4	3,360	-3,+5	3,359	-1
B 5	500	"	499	-1	H 5	3,360	"	3,359	-1
B 6	500	"	499	-1	H 6	750	-2,+3	751	+1
B 7	500	"	499	-1	H 7	750	"	750	±0
B 8	500	"	500	±0	H 8	450	"	451	+1
B 9	500	"	499	-1	K 1	199.5	±2	200	+0.5
B 10	6,000	-3,+5	5,999	-1	K 2	199.5	"	200	+0.5
A 1	300	"	299	-1	K 3	199.5	"	200	+0.5
A 2	300	"	300	±0	K 4	199.5	"	201	+1.5
A 3	300	"	300	±0	K 5	199.5	"	199	-0.5
A 4	300	"	299	-1	K 6	199.5	"	201	+1.5
A 5	300	"	301	+1	K 7	199.5	"	201	+1.5
A 6	300	"	302	+2	K 8	199.5	"	201	+1.5
A 7	300	"	300	±0	L 1	1,000	-3,+5	1,000	±0
A 8	300	"	302	+2	L 2	1,000	"	1,001	+1
					L 3	1,000	"	1,000	±0
					L 4	1,000	"	999	-1
					L 5	1,000	"	1,000	±0
					L 6	1,000	"	1,000	±0

(単位: mm)

2) 組立精度, 据付精度

① 組立精度

組立精度は、部材仮組時及び緊張後の内空寸法や長さを計測し、管理値内にあるかどうか各ケースで比較したものであり、計測点は次頁に示す様式-1とした。以下に計測結果のとりまとめの表説明をする。

表-3.5.37: 組立精度調査結果一覧

表-3.5.38: C a s e - 1, 2, 3 (全自動化あり) の比較

表-3.5.39: ガイド有り無しの比較

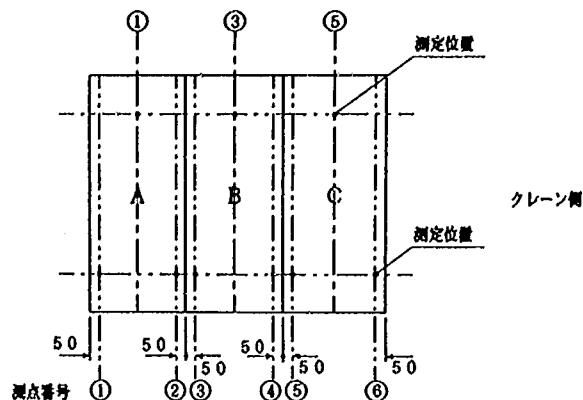
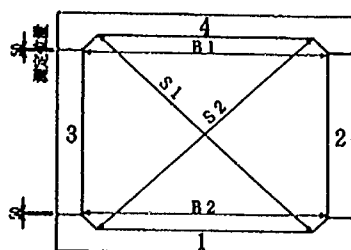
表-3.5.40: モニター有り無しの比較

表-3.5.41: 縦断方向緊張前後の出来形の比較

表-3.5.42: 出来形誤差最大値一覧

組立精度調査表 (Case - , ガイド , TVモニター)

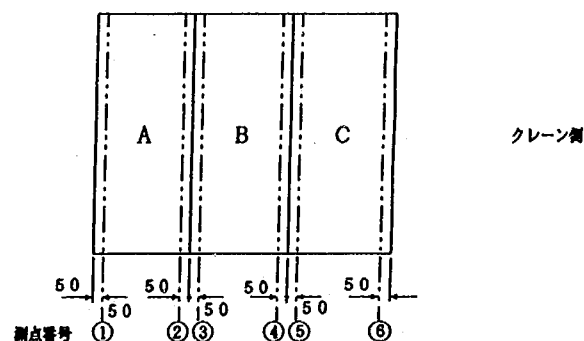
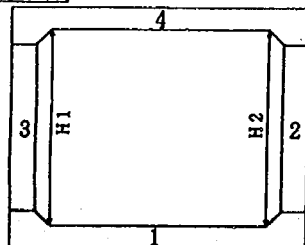
内空幅, 斜内空幅



内空幅, 斜内空幅

	設計値	①		②		③		④		⑤		⑥		管理値
		出来形	差	出来形	差	出来形	差	出来形	差	出来形	差	出来形	差	
B1	mm	a	b	a-b	b	a-b	b	a-b	b	a-b	b	a-b	b	±10
B2	mm	5000												±10
S1	mm	5946												±15
S2	mm	5946												±15

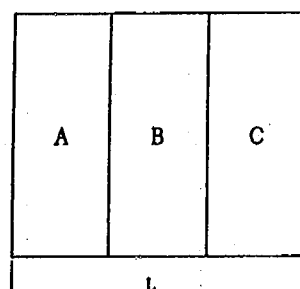
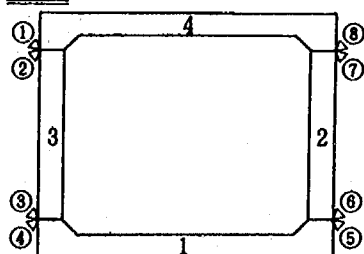
内空高



内空高

	設計値	①		②		③		④		⑤		⑥		管理値
		出来形	差	出来形	差	出来形	差	出来形	差	出来形	差	出来形	差	
H1	mm	a	b	a-b	b	a-b	b	a-b	b	a-b	b	a-b	b	±10
H2	mm	4000												±10

長さ



長さ

	設計値	①		②		③		④		⑤		⑥		⑦		⑧		管理値
		出来形	差	出来形	差	出来形	差	出来形	差	出来形	差	出来形	差	出来形	差	出来形	差	
L	mm	a	b	a-b	b	a-b	b	a-b	b	a-b	b	a-b	b	a-b	b	a-b	b	+10,-5

表-3.5.37 組立精度調査結果一覧

様式-2

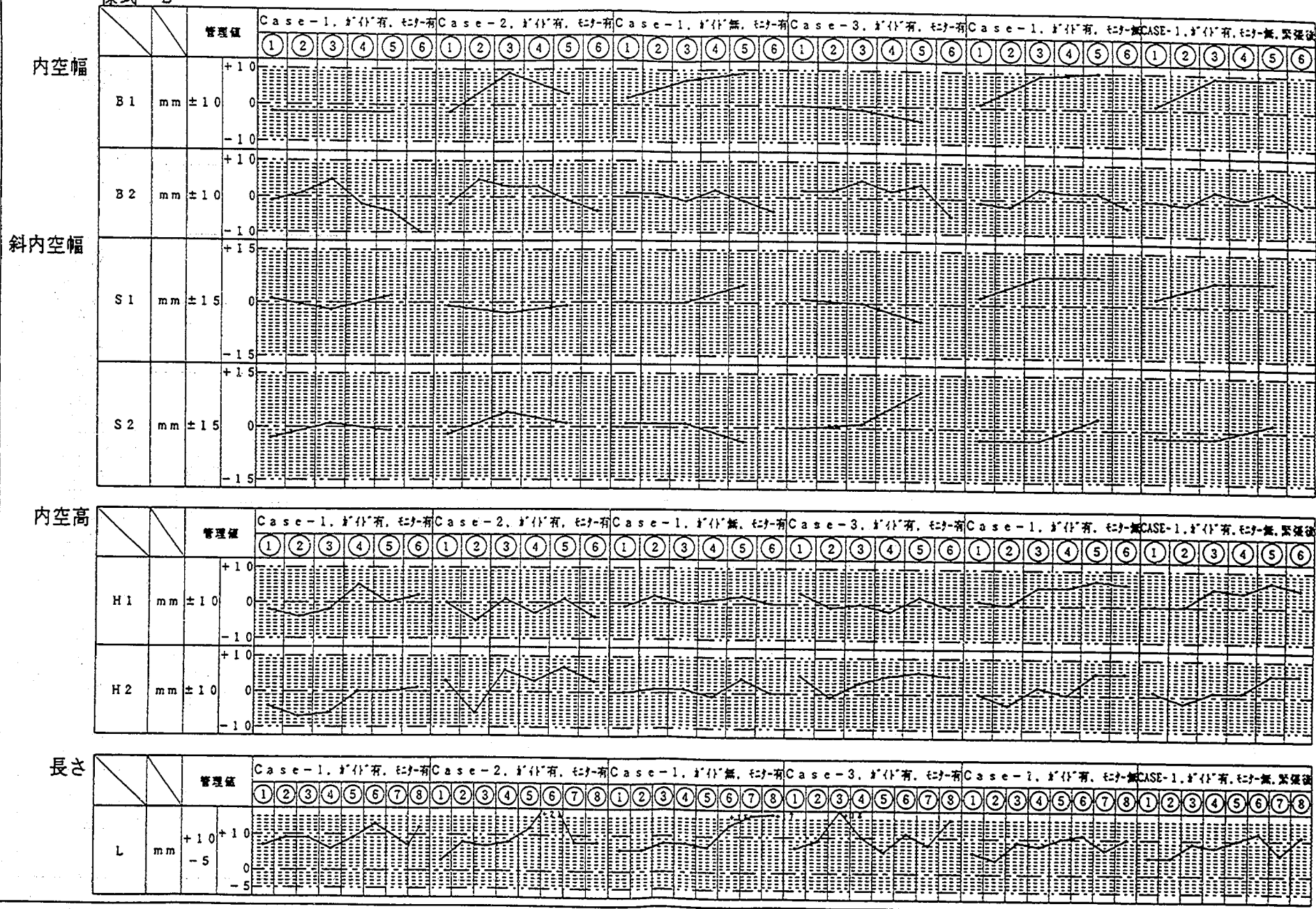
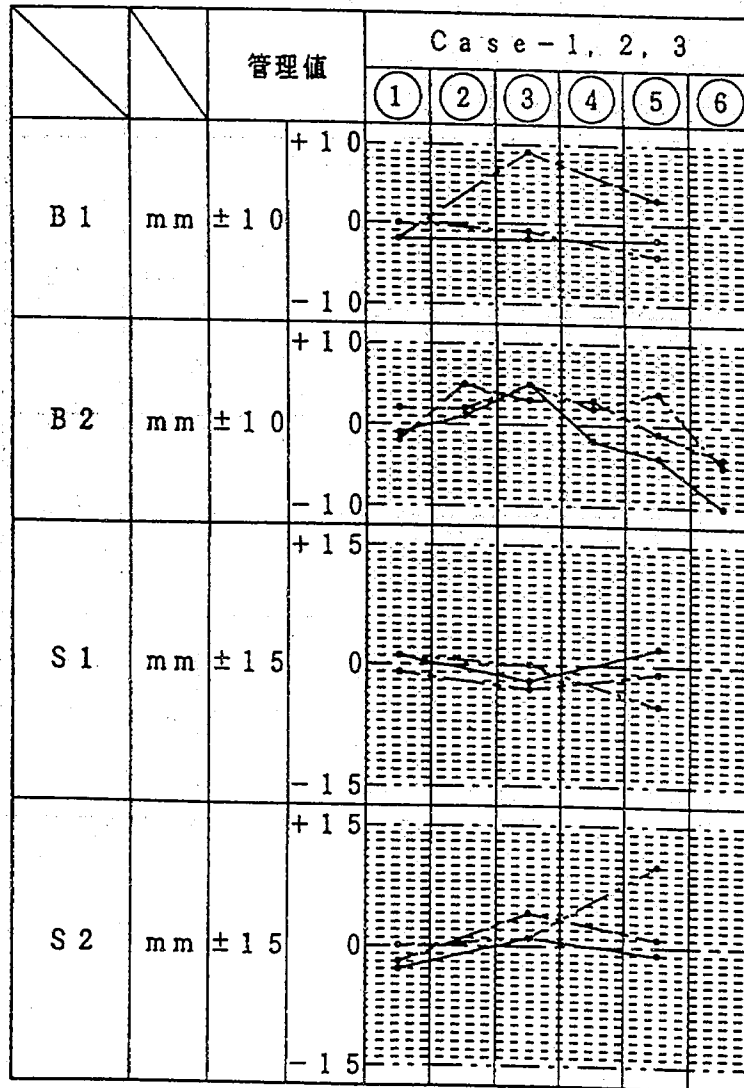


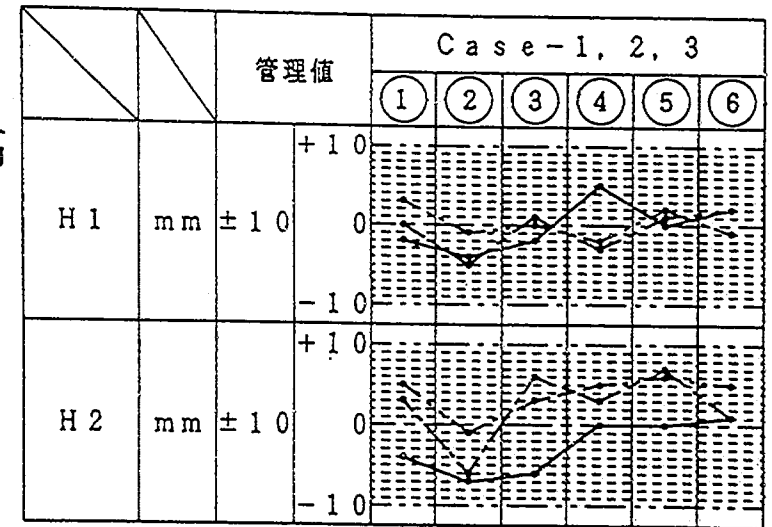
表-3.5.38 Case-1, 2, 3 (全自動化あり) の比較

内空幅

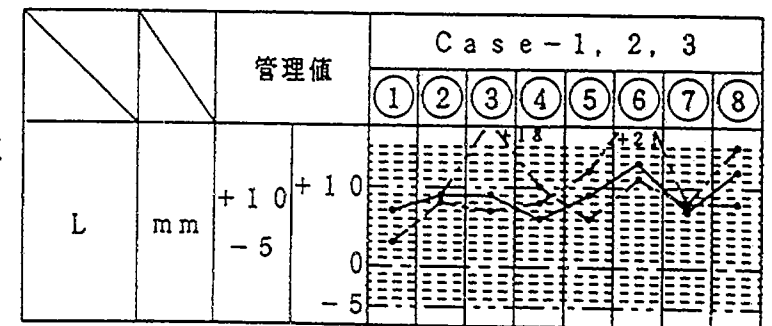


斜内空幅

内空高

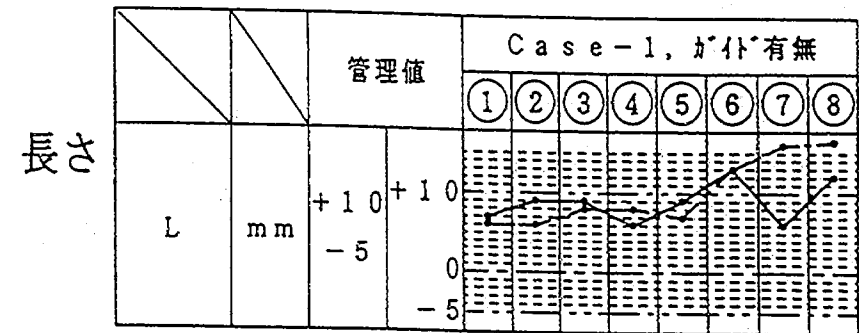
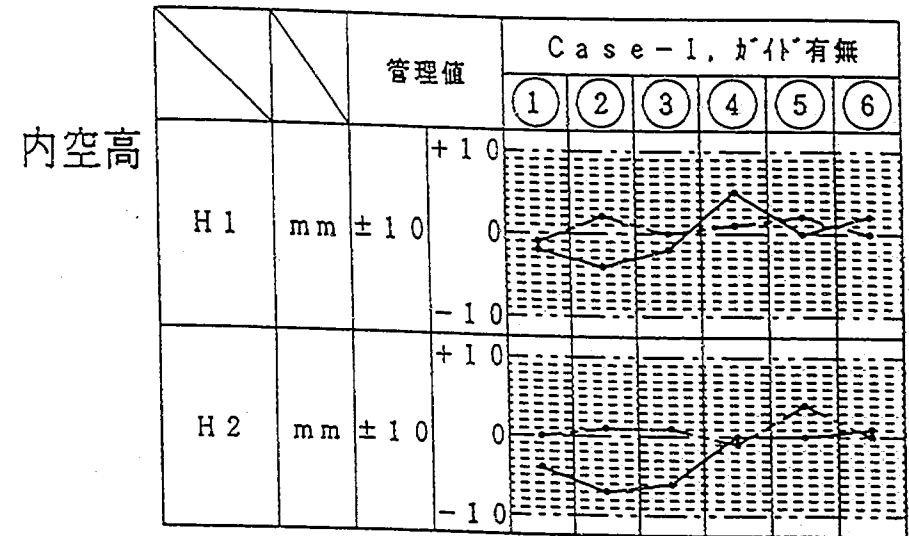
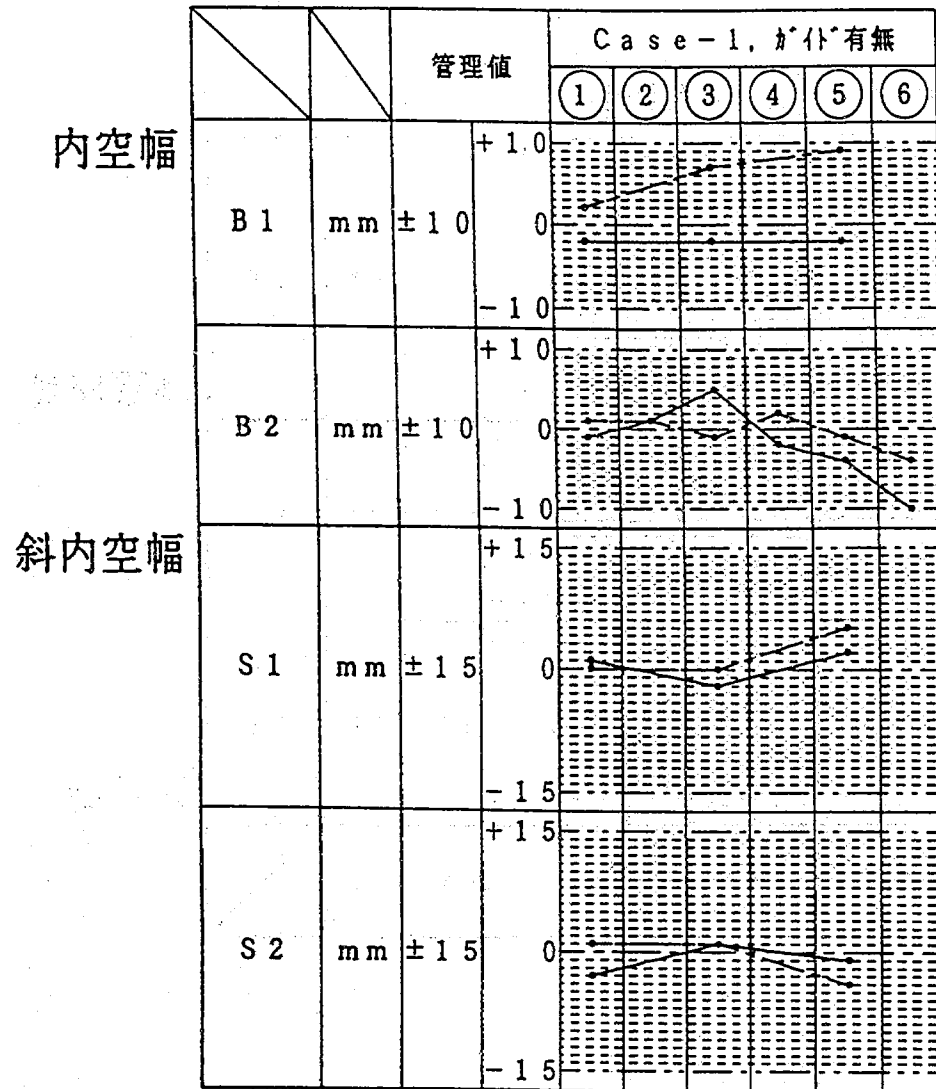


長さ



凡例 CASE-1 ;
CASE-2 ;
CASE-3 ;

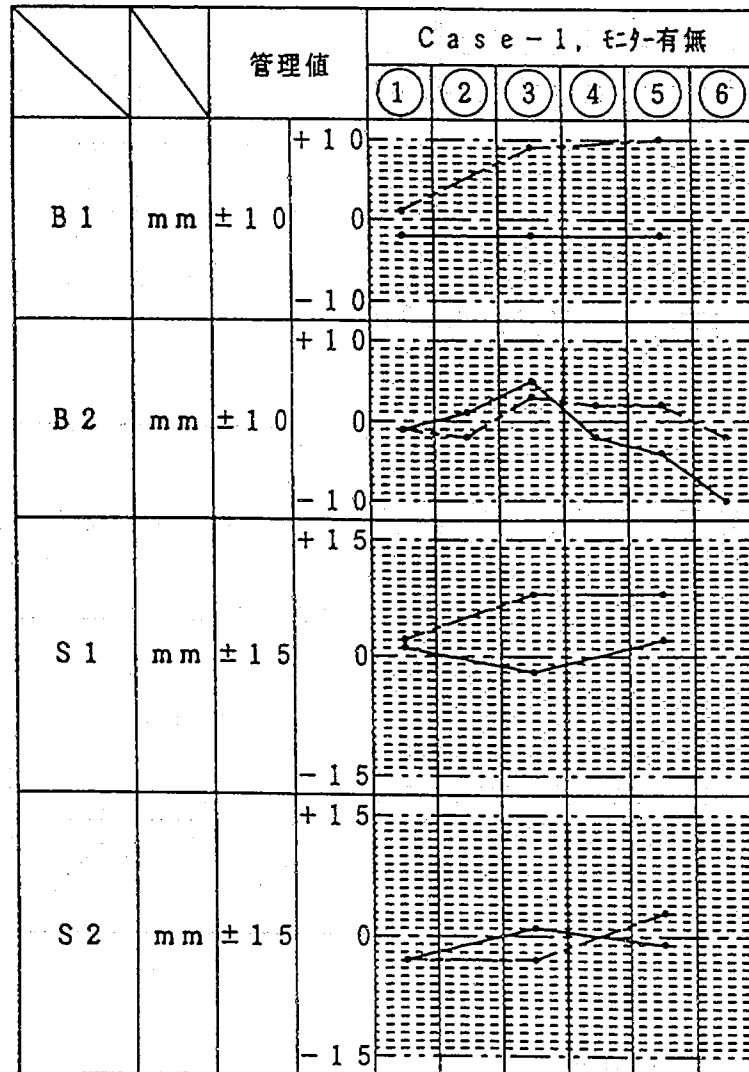
表-3.5.39 ガイド有り無しの比較



凡例 ガイド有; —————
 ガイド無; - - - - -

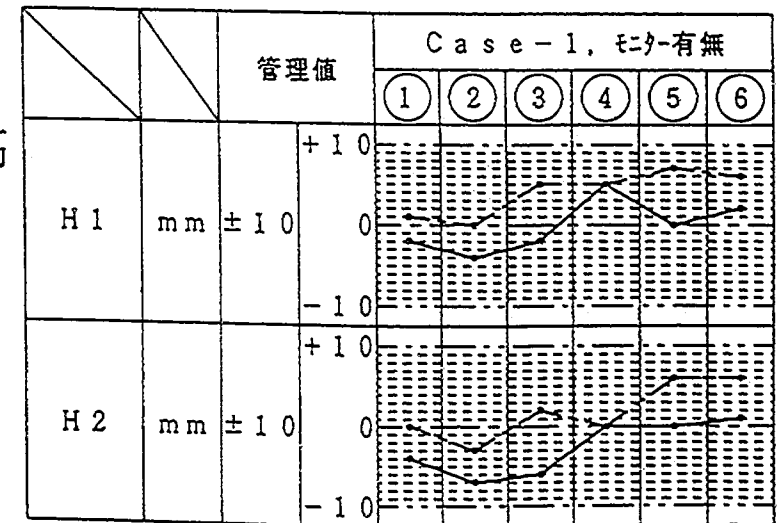
表-3.5.40 モニター有り無しと比較

内空幅

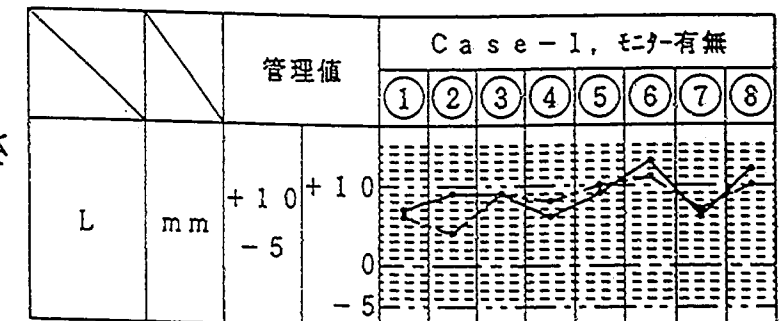


斜内空幅

内空高

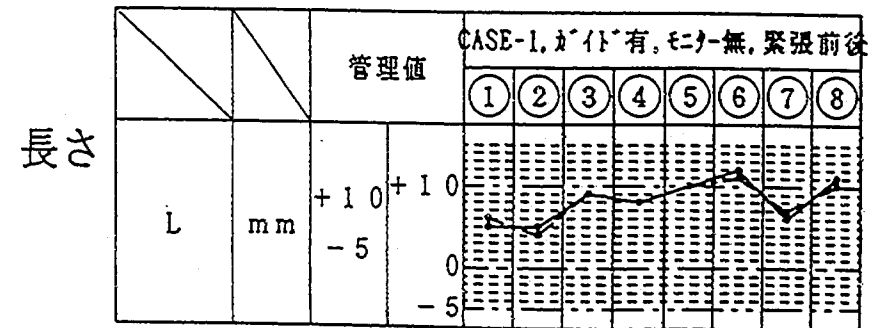
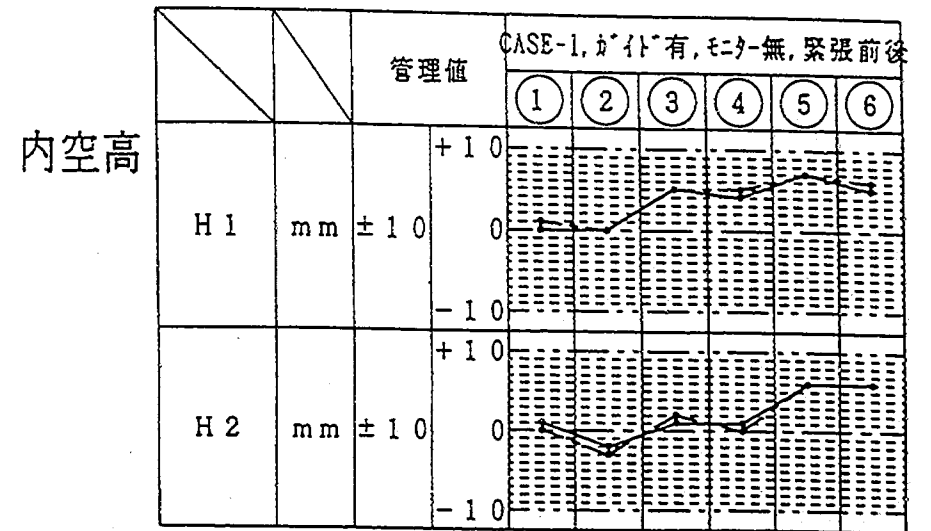
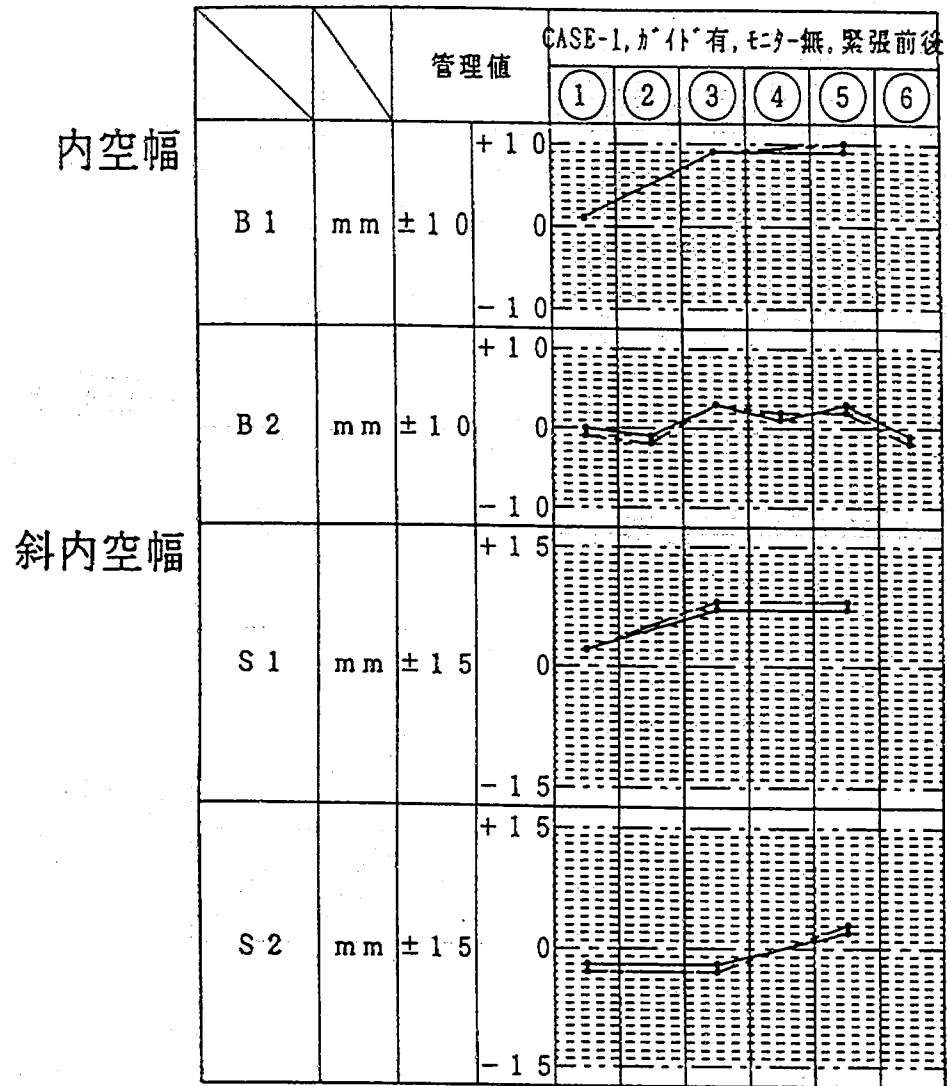


長さ



凡例 モニター有 ; —————
 モニター無 ; - - - - -

表-3.5.41 縦断方向緊張前後の出来形の比較



凡例 縦縮緊張前; -----
縦縮緊張後; —————

表-3.5.42 出来形誤差最大値一覧

比較ケース		内空幅	斜内空幅	内空高	長さ
		+10, -10	+15, -15	+10, -10	+10, -5
Case 1	+	Case2:+9	Case3:+10	Case2:+7	Case2:+21
Case 2					
Case 3	-	Case1:-10	Case3:-5	Case1:-7	————
Case 1	+	無:+9	無:+5	有:+5	有:+17
ガイドの有無	-	有:-10	無:-4	有:-7	————
Case 1	+	無:+10	無:+8	無:+7	有:+13
モニターの有無	-	有:-10	有無:-3	有:-7	————
Case 1	+	前:+10	前:+8	前後:+7	後:+12
緊張前後	-	前:-2	前:-3	前:-3	————
全ケース	管理限界上	2箇所	0箇所	0箇所	3箇所
	管理限界外	0箇所	0箇所	0箇所	13箇所

②据付精度

据付精度は、仮組時のブロック間の接点のずれを計測したもので、各ケースについて次頁の様式－3に示す計測点にて行った。以下に計測結果のとりまとめの表説明をする。

表－3.5.43：据付精度調査結果一覧

表－3.5.44：C a s e－1, 2, 3（全自動化あり）の比較

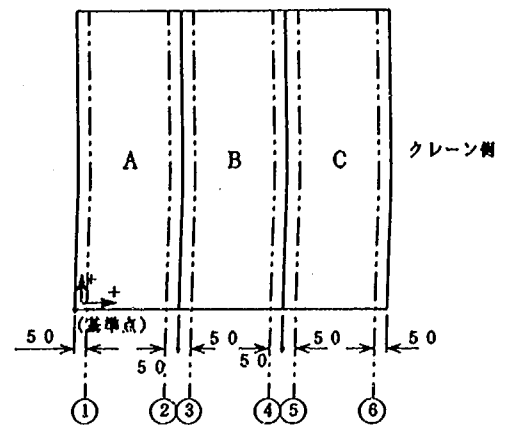
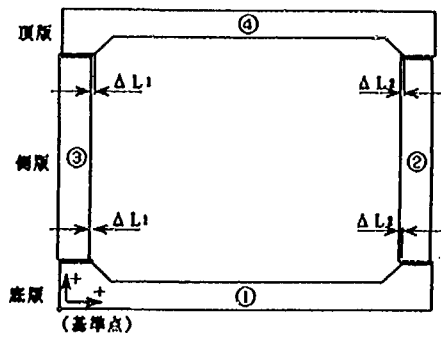
表－3.5.45：ガイド有り無しの比較

表－3.5.46：モニター有り無しの比較

表－3.5.47：縦断方向緊張前後の出来形の比較

表－3.5.48：据付誤差最大値一覧

側版及び頂版据付精度調査表 (Case- , ガイド , TVモニター)

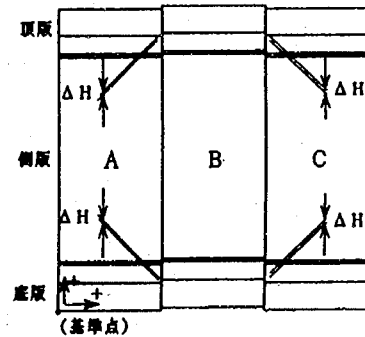
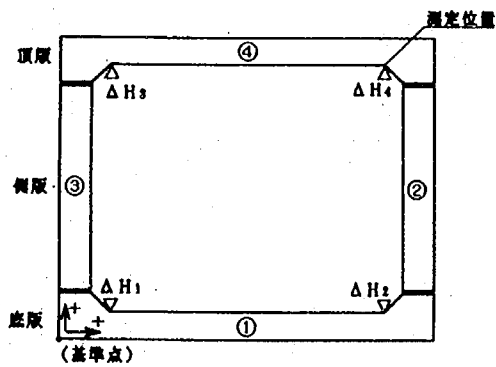


側版 (底版に対するズレ)

		①	②	③	④	⑤	⑥
ΔL_1	mm						
ΔL_2	mm						

頂版 (側版に対するズレ)

		①	②	③	④	⑤	⑥
ΔL_1	mm						
ΔL_2	mm						



底版

		AとBのズレ	BとCのズレ
ΔH_1	mm		
ΔH_2	mm		

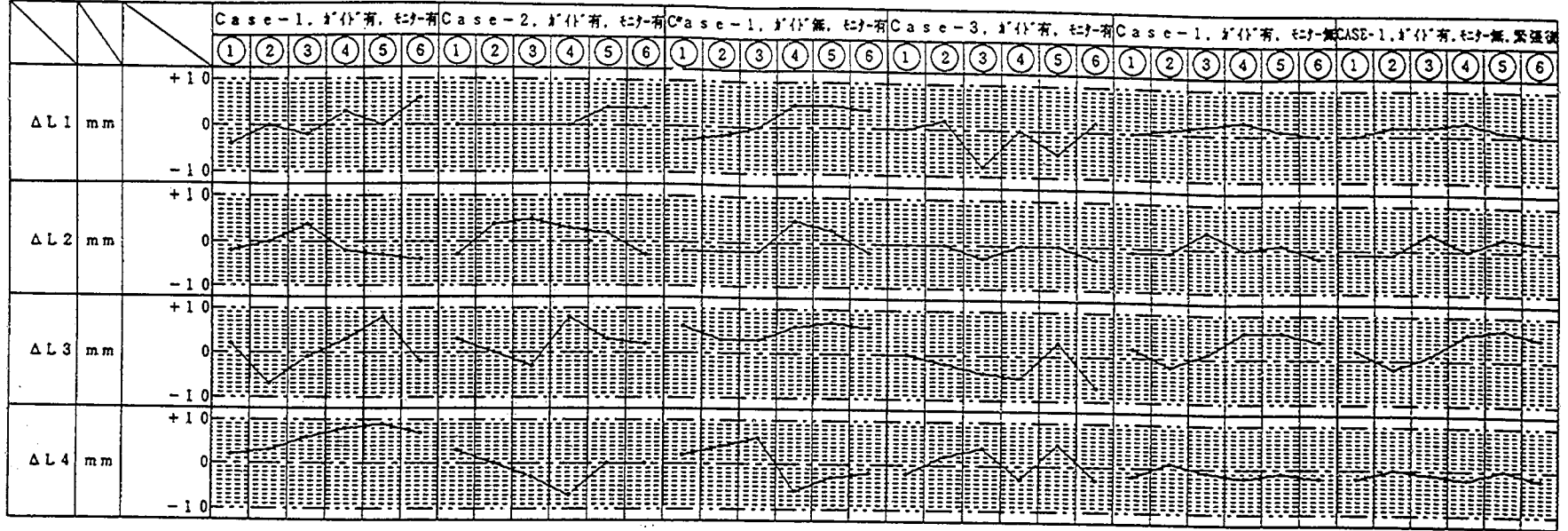
頂版

		AとBのズレ	BとCのズレ
ΔH_3	mm		
ΔH_4	mm		

表-3.5.43 据付け精度調査結果一覧

様式-4

側版



底版

頂版

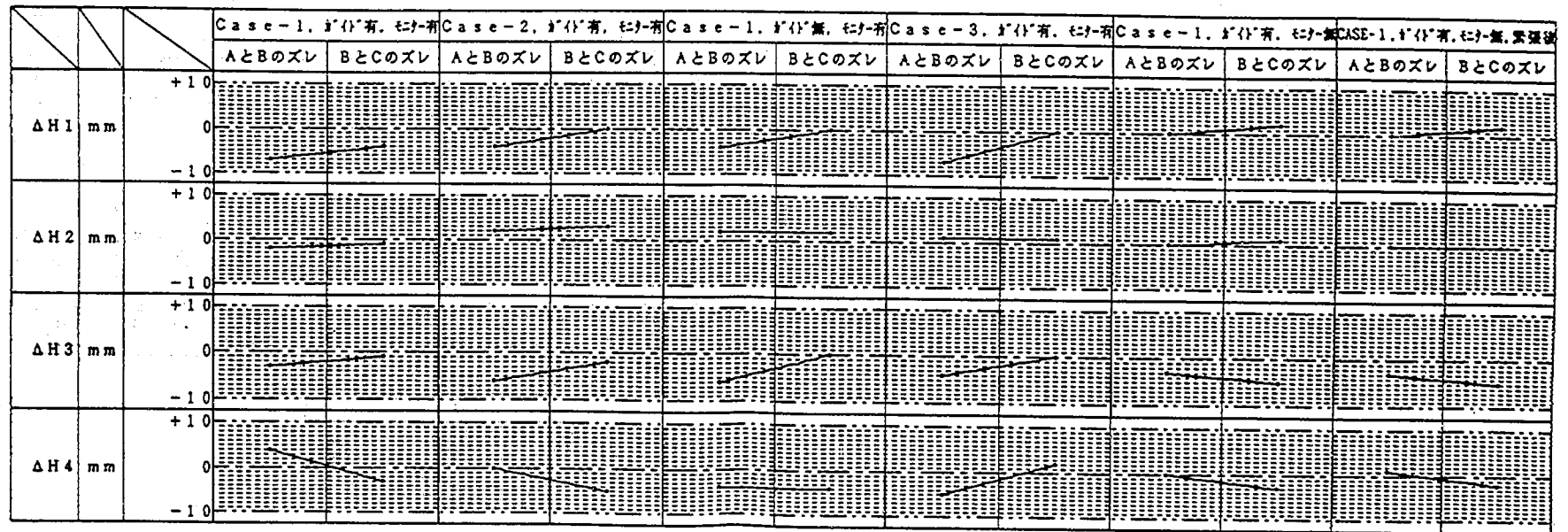
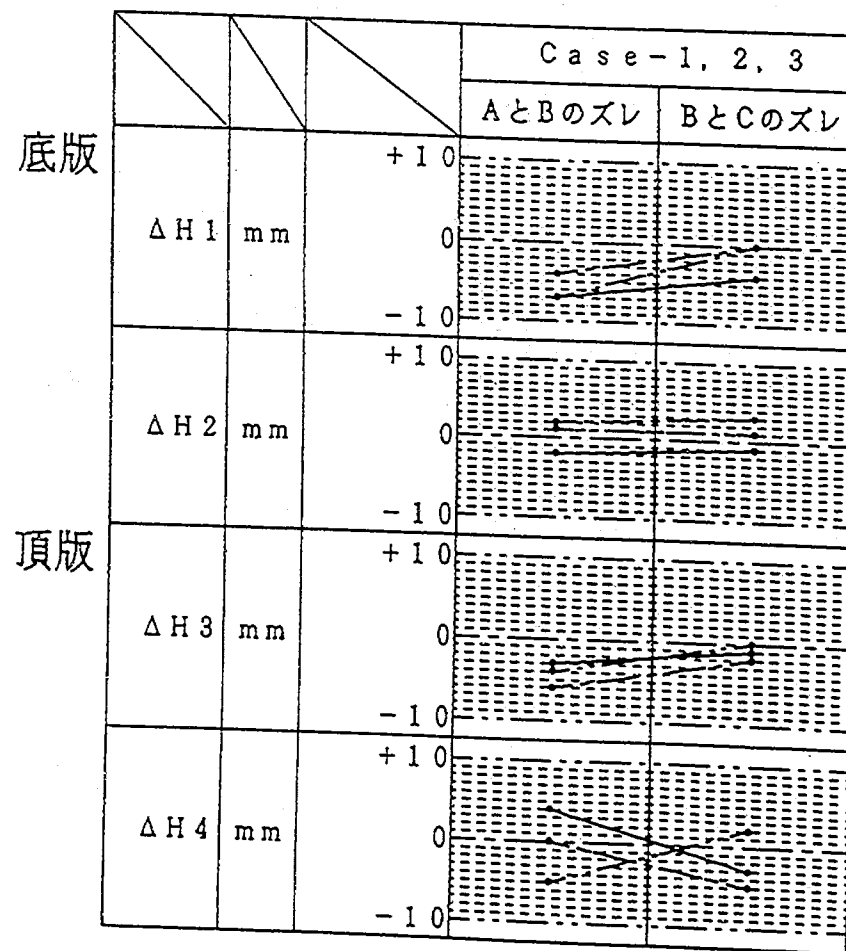
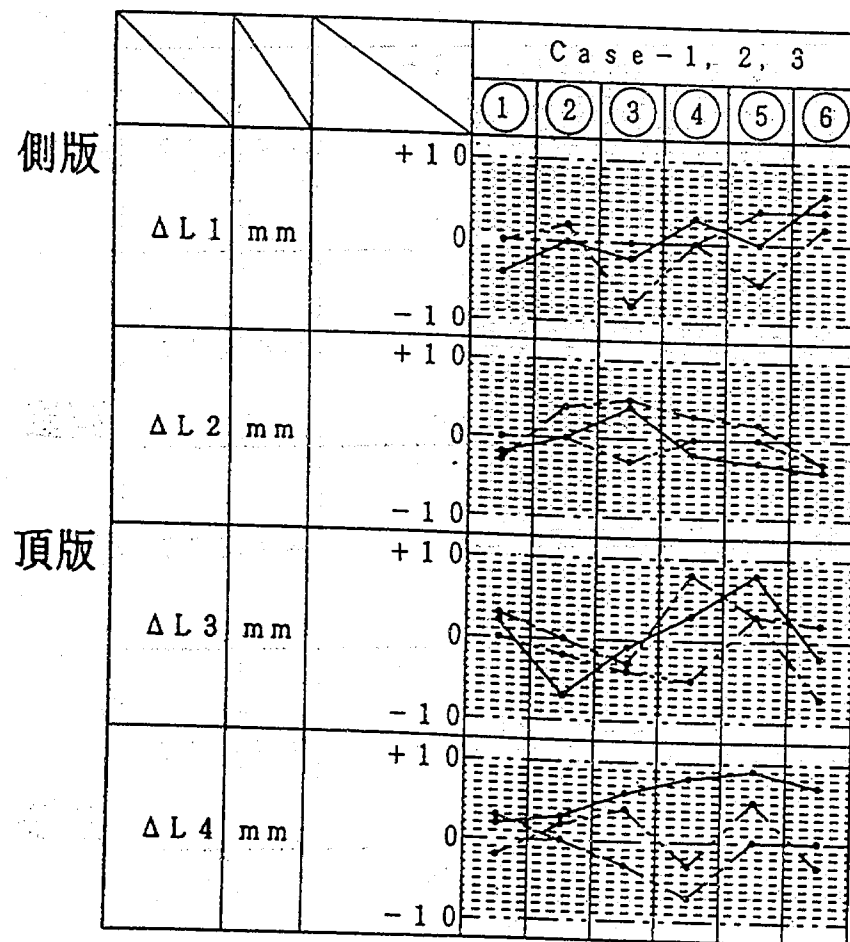
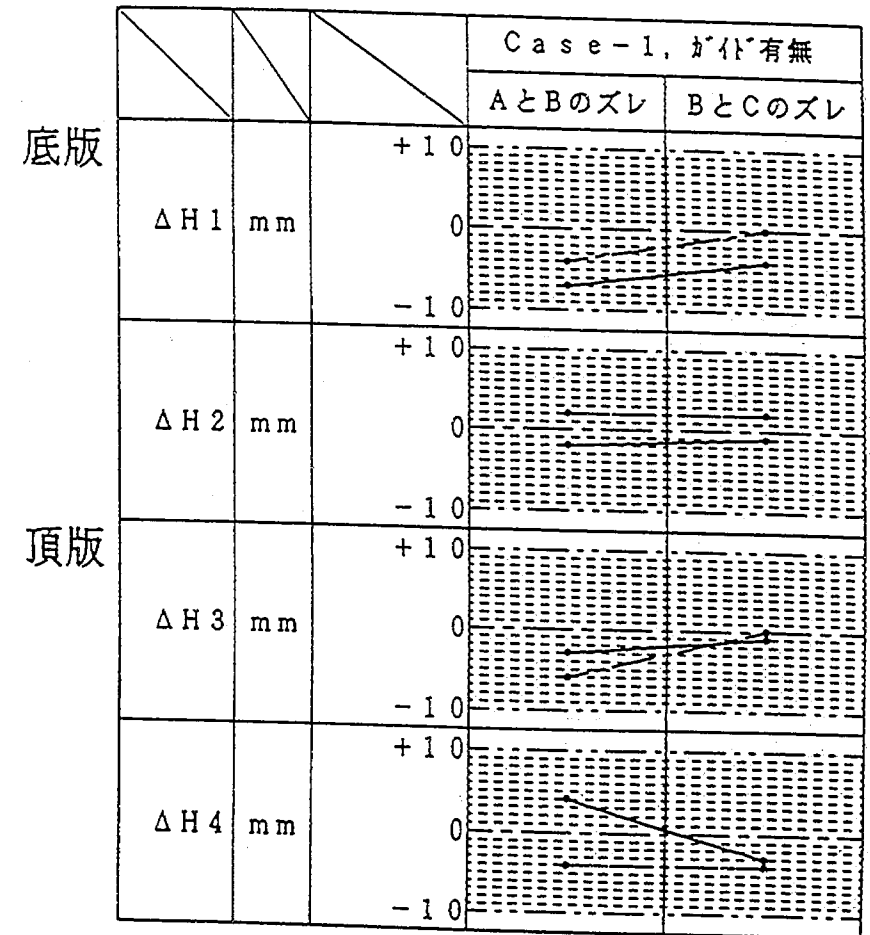
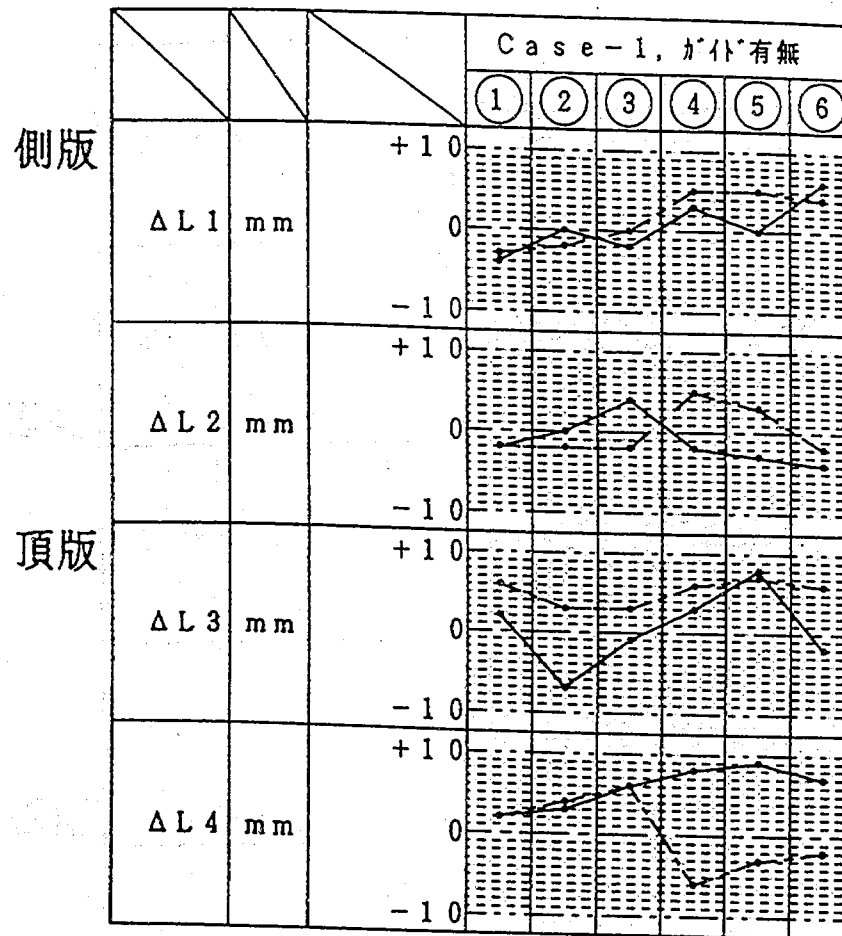


表-3.5.44 Case-1, 2, 3 (全自動化あり) の比較



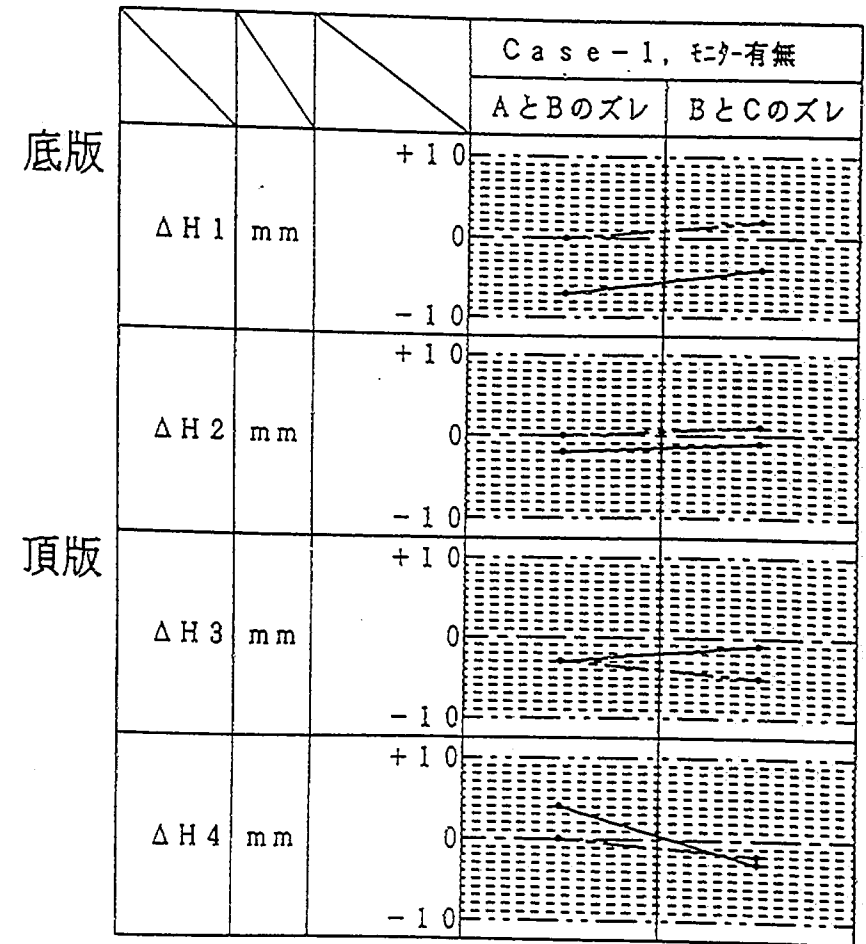
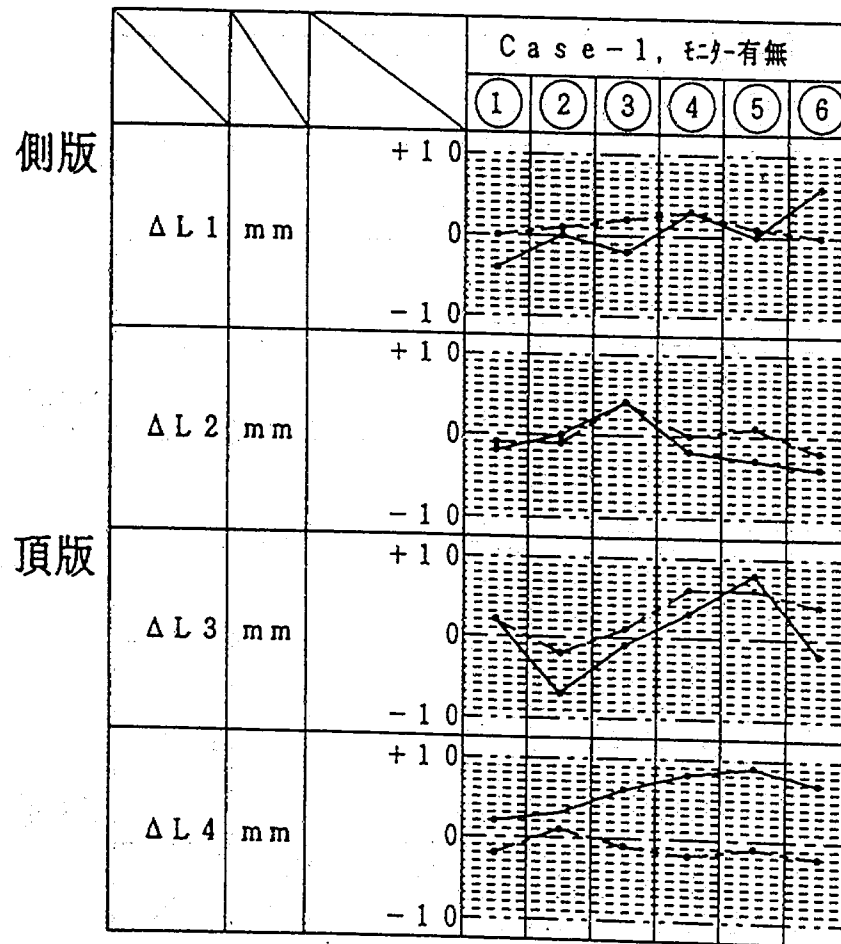
凡例 CASE-1 ; —————
CASE-2 ; - - - - -
CASE-3 ; ······

表-3.5.45 ガイド有り無しと比較



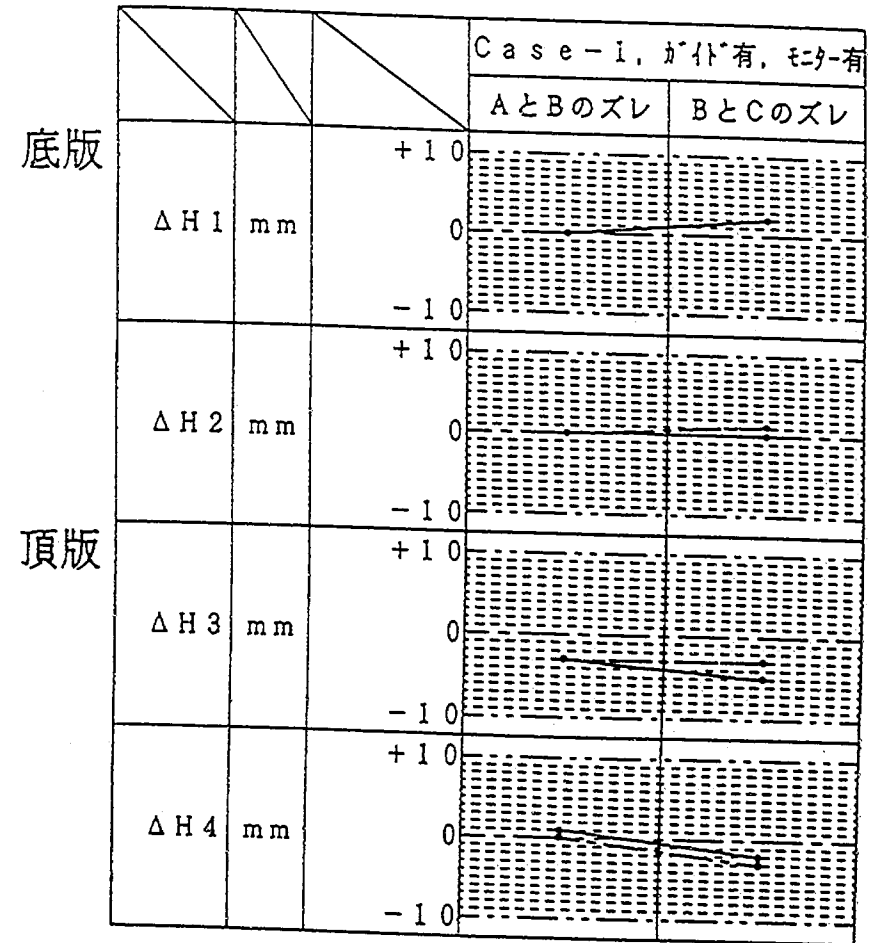
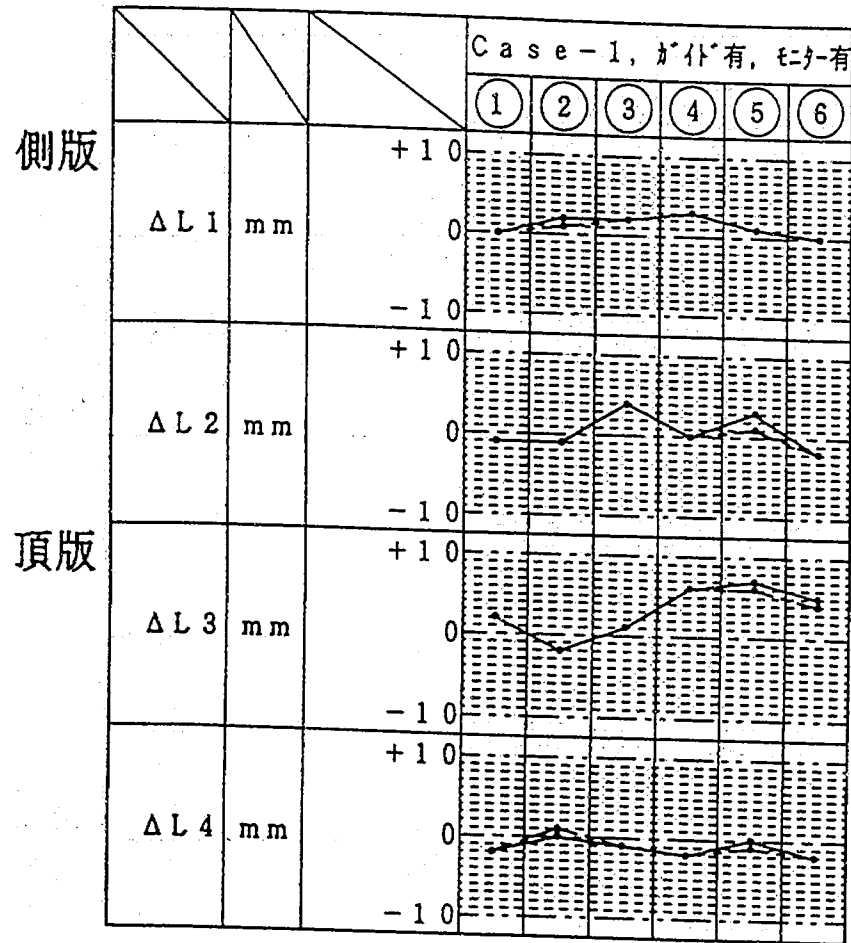
凡例 モニター有 ; —————
 モニター無 ; - - - - -

表-3.5.46 モニター有り無しと比較



凡例 ガイド有 ; —————
 ガイド無 ; - - - - -

表-3.5.47 縦断方向緊張前後の出来形の比較



凡例 縦締緊張前; -----
縦締緊張後; —————

表-3.5.48 据付誤差最大値一覧

比較ケース		側版 (横方向の ずれ)	頂版 (横方向の ずれ)	底版 (高さ方向 のずれ)	頂版 (高さ方向 のずれ)
Case 1	+	Case1;+6	Case1;+9	Case2;+3	Case1;+4
Case 2					
Case 3	-	Case3;-8	Case123;-7	Case13;-7	Case2;-6
Case 1	+	有;+6	有;+9	無;+2	有;+4
ガイドの有無	-	有;-4	有;-7	有;-7	無;-6
Case 1	+	有;+6	有;+9	無;+2	有;+4
モニターの有無	-	有;-4	有;-7	有;-7	無;-5
Case 1	+	前後;+4	前;+7	前後;+2	前;+1
緊張前後	-	前後;-2	前後;-2	前後;±0	前;-5

3) 目地部モルタル充填度の確認

水平継手部の目地部モルタル充填度を調査する目的で目地部のコア採取を実施した。表－3.5.49にコア採取の目視結果を示し、写真①～写真④は採取した結果である。なお、モルタル圧縮強度試験成績は表－3.5.50の通りである。

表－3.5.49 コア採取の目視結果

	採取位置	コアとP C部材の付着状況	写真NO.
一括注入	1	確実に付着している	①
	2	確実に付着している	②
分割注入	3	モルタルと側壁部材の剥離	③
	4	モルタルと側壁部材の剥離	④

表-3.5.50 モルタル圧縮強度試験一覧表

採取日	試験日	材齢	打設箇所	材料名	曲げ強度		圧縮強度	
					No	kg/cm ²	No	kg/cm ²
平成6年10月15日	平成6年10月17日	2日	分割注入 敷きモルタル	SSモルタル	1	123	1	851
							2	839
					2	140	3	858
							4	845
					3	145	5	801
							6	834
					平均	136	平均	838
平成6年10月15日	平成6年11月12日	28日	分割注入 敷きモルタル	SSモルタル	1	219	1	1169
							2	1172
					2	204	3	1138
							4	1113
					3	230	5	1081
							6	1138
					平均	218	平均	1135
平成6年10月17日	平成6年10月18日	1日	スプ ^ラ イスリ -フ ^ン 充填	SSモルタル	1	—	1	480
					2	—	2	434
					3	—	3	474
					平均	—	平均	463
平成6年10月17日	平成6年11月14日	28日	スプ ^ラ イスリ -フ ^ン 充填	SSモルタル	1	—	1	1146
					2	—	2	1182
					3	—	3	1189
					平均	—	平均	1172

3.5.4 考 察

(1) 部材製作

1) 製作工程での考察

① 型枠の製作

本実験における型枠は兼用枠（頂・底版兼用枠、左右側壁兼用枠）としたため、製作時に混乱を生じる原因となった。よって、できるかぎり部材間の兼用は避けた方が良いと思われる。

② 配 筋

主筋のセット状態は、現場での組立時のモルタル充填継手スリーブとの取り合いに関係するので、部材からの突出長、芯位置、突出部の曲がり等に注意を要する。部材製作時には主筋芯位置精度の確保および曲がり防止のため、治具を用いて固定する必要があると考えられる。また、スリーブはセット治具（スリーブセッター）を用いて確実に固定する必要がある。

③ コンクリート打設

コンクリート打設の際には、主筋、モルタル充填継手スリーブに移動が生じないように、コンクリートの投入を慎重に行う必要がある。また、本組立試験用部材のコンクリート打設面は、組立時の連結面とした。コンクリート打設面は型枠の製作方法により種々考えられるが、打設面の精度確保の上で金銭の2回仕上げを行う必要があると思われる。

④ 部材の脱型、出来形検査

部材の脱型後実施した出来形検査の結果は巻末に掲載することにし、ここでは寸法検査、外観検査について概略を述べるものとする。

寸法検査結果では、事前に設定した各部分の許容差（ -2 ， $+3 \sim -3$ ， $+5$ ）に対して満足する値（ -0.5 ， $+0.5 \sim -1$ ， $+2$ ）であった。外観検査では脱型時、ストック時における有害なひびわれ、欠けの発生はなかった。しかし、今回の部材製作に関して重要課題であった主筋の芯位置および主筋突出部の曲がりについては満足できる状態ではなかった。この点については次項にも述べるが、部材製作時に主筋の芯位置精度の確保、曲がり防止の対策を講じる必要がある。また、工場における二次製品部材出来形検査の際に、芯位置および曲がりの検査を確実にを行う必要がある。

⑤ ストック、出荷

部材が施工現場へ到着した際の検査では、運搬途中に発生したと思われる小さい欠けが1ヶ所あったが殆ど問題にはならない程度のものであった。しかし、部材組立時に、頂版部に若干のねじれが発生していた。この点についてはどの時点（製作時の型枠セット状態、工場ストック時、現場ストック時）で発生したか不明である。部材のねじれは、部材組立時に影響を及ぼすので、ストック方法について十分考慮する必要がある。また、鉄筋、スリーブ等に錆が発生しないようにストック時の養生を考慮する必要がある。

2)実験で確認された問題点とその対策について

以下に、実験で確認された問題点とその対策について記述する。

表-3.5.51 部材の製作に関する問題点および対策

問 題 点 な ど	対 策 な ど
1. 主筋芯位置のずれおよび主筋突出部の曲がりがあり、部材の組立時に手間がかかった。	・ 部材製作時に主筋固定用治具を用い、所定の位置に固定する。 ・ 部材出来形検査 テンプレート等によりチェックする。 ・ 部材組立前の検査 鉄筋の曲がりを修正しておく。
2. モルタル充填継手スリーブの取り付け不良のものがあった。	・ スリーブセッターで確実に固定する。
3. 現状の設計では、縦締め用P C鋼棒定着部コッターの位置がモルタル充填継手スリーブのモルタル注入管およびハンチ部斜め補強筋の位置と重なっている。	・ 注入管について 通常は塩ビパイプを用いるが、位置の重なる部分はビニールホース等でコッター部をかわす。 ・ 斜め補強筋について 補強筋の位置をコッター部両側にずらし、開口部の補強を行う。
4. モルタル充填継手スリーブのモルタル注入管に塩ビパイプあるいはビニールホースを用いているが、構造上の弱点とならないか。	・ スリーブのモルタル注入管に用いる塩ビパイプは、径も小さくピッチも175mm と十分あるため、構造上の弱点と考える必要はないものと思われる。
5. 頂版の吊り金具にデーハーアンカーを用いたために、自動玉掛け外し装置の効果が失われた。	・ 吊り金具にワイヤ、丸鋼等を用いる。
6. 部材にねじれが生じていた。	・ 部材製作時の型枠レベル、工場および現場ストック時の部材レベルに注意する。
7. インサート類の取り付けについて、今回の実験では部材製作時における先付けおよび現場施工時における後打ちの2種類を行ったが、後打ちのものは部材からの抜けだしが生じ危険性があった。	・ 「インサート類の取り付けは部材製作時に先付けする」と設計施工要領で規定するものとした。

問 題 点 な ど	対 策 な ど
8. 今回の実験で、組立時にモルタル充填継手スリーブに主筋を挿入する際のガイドとして主筋を1本だけ他のものより長くした。	・主筋を長くすることは不要と判断した。
9. モルタル充填継手スリーブからの錆が部材表面に流出していた。	・「スリーブ内にウェスを詰めるかあるいはガムテープを貼る等の養生を行う」と技術資料に規定する。
10. 今回の実験における部材製作の型枠は頂・底版兼用枠および左右側壁兼用枠の2枠としたので、部材製作時に混乱をまねいた。	・型枠の多様な兼用はできるだけ避けた方が望ましい。

(2) 施 工

1) 組立順序の検討

① 施工時間（工程）による比較検討

実験では、前述のとおり、Case 1～3の組立パターンを実施し、Case 1については、自動化項目のガイド及びモニターをそれぞれ使用しない場合の時間計測を行った。おのおののケースでは、施工条件は統一していたものの、作業の段取りの善し悪しや、据付け作業の慎重度合いなどに差が見られ、実験のデータをそのまま用いて、最善の組立順序を決定するのは無理があると思われる。そこで、ここでは各ケースの作業手順に沿って、共通した作業についてはケースの平均時間を用いて、比較検討するものとする。検討にあたっては、ブロック仮組みまでのCase 1～3の自動化項目を全部使用した場合について、施工延長を変化させて行うものとする。

(a) ブロック別基本作業時間の計算

・底版据付け作業

(底版玉掛け段取り)

$$TB1 = 2^M03^S$$

(底版①据付け)

玉掛け移動	48 ^S
玉掛け	48 ^S
吊上げ移動	1 ^M 27 ^S
据付け調整	1 ^M 32 ^S
玉掛け外し	23 ^S

$$TB2 = 4^M58^S$$

(底版ガイド取付け)

$$TB3 = 2^M33^S$$

(底版②③据付け)

玉掛け移動	48 ^S
玉掛け	48 ^S
吊上げ移動	1 ^M 27 ^S
据付け調整	2 ^M 37 ^S
玉掛け外し	23 ^S

$$TB4 = 6^M03^S$$

・側壁据付け作業

(側壁玉掛け段取り)

$$TW1 = 2^M33^S$$

(側壁①左右据付け)

玉掛け移動	41 ^S
玉掛け	41 ^S
吊上げ移動	2 ^M 19 ^S
据付け調整	2 ^M 50 ^S
サポート取り付け	44 ^S
玉掛け外し	21 ^S
玉掛け移動	41 ^S
玉掛け	41 ^S
吊上げ移動	2 ^M 19 ^S
据付け調整	2 ^M 50 ^S
サポート取り付け	44 ^S
玉掛け外し	21 ^S

$$TW2 = 15^M12^S$$

(側壁ガイド取付け)

$$TW3 = 4^M55^S$$

(側壁②③左右据付け)

玉掛け移動	41 ^S
玉掛け	41 ^S
吊上げ移動	2 ^M 19 ^S
据付け調整	3 ^M 26 ^S
サポート取り付け	44 ^S
玉掛け外し	21 ^S
玉掛け移動	41 ^S
玉掛け	41 ^S
吊上げ移動	2 ^M 19 ^S
据付け調整	3 ^M 26 ^S
サポート取り付け	44 ^S
玉掛け外し	21 ^S

$$TW4 = 16^M24^S$$

・頂版据付け作業

(頂版玉掛け段取り)

$$TS1 = 1^M47^s$$

(頂版①据付け)

玉掛け移動	59 ^s
玉掛け	41 ^s
吊上げ移動	1 ^M 53 ^s
据付け調整	3 ^M 54 ^s
玉掛け外し	27 ^s
TS2 = 7 ^M 54 ^s	

(頂版ガイド取付け)

$$TS3 = 4^M55^s (*)$$

(頂版②③据付け)

玉掛け移動	59 ^s
玉掛け	41 ^s
吊上げ移動	1 ^M 53 ^s
据付け調整	6 ^M 04 ^s
玉掛け外し	27 ^s
TS4 = 10 ^M 04 ^s	

(*) 頂版ガイド取付けは、部材設置前に、あらかじめセットしておくものとするため、実作業には含めないものとする。

・底版縦断方向仮締め

$$TK1 = 6^M17^s$$

・頂版縦断方向仮締め

$$TK2 = 11^M59^s$$

(b) 実験採用ブロック数(3m)での比較

表-3.5.52より、各ケースの実験採用ブロック数(3m)での比較を行うと、以下のような結果を得た。

$$\text{Case 1} : 2^H14^M28^s$$

$$\text{Case 2} : 2^H10^M08^s$$

$$\text{Case 3} : 2^H18^M48^s$$

この結果は、施工ステップから明らかなように、側壁及び頂版の玉掛け作業の段取り替えの時間差だけである。結果としては、最も段取り替えの少ないCase 2が施工時間が最も短いものとなっている。実施工においては、3mの延長のボックスカルバートは殆どなく、施工時間の比較を行う上では、施工延長を考慮する必要がある。

表-3.5.52 実験採用ブロックでの施工時間の比較

Case 1		Case 2		Case 3	
作 業	時 間	作 業	時 間	作 業	時 間
底版玉掛け段取り	2 ^M 03 ^S	底版玉掛け段取り	2 ^M 03 ^S	底版玉掛け段取り	2 ^M 03 ^S
底版①据付け	4 ^M 58 ^S	底版①据付け	4 ^M 58 ^S	底版①据付け	4 ^M 58 ^S
底版ガイド取り付け	2 ^M 33 ^S	底版ガイド取り付け	2 ^M 33 ^S	底版ガイド取り付け	2 ^M 33 ^S
底版②据付け	6 ^M 03 ^S	底版②据付け	6 ^M 03 ^S	底版②据付け	6 ^M 03 ^S
底版③据付け	6 ^M 03 ^S	底版③据付け	6 ^M 03 ^S	底版③据付け	6 ^M 03 ^S
底版縦断方向仮締め	6 ^M 17 ^S	底版縦断方向仮締め	6 ^M 17 ^S	底版縦断方向仮締め	6 ^M 17 ^S
側壁玉掛け段取り	2 ^M 33 ^S	側壁玉掛け段取り	2 ^M 33 ^S	側壁玉掛け段取り	2 ^M 33 ^S
側壁①据付け	15 ^M 12 ^S	側壁①据付け	15 ^M 12 ^S	側壁①据付け	15 ^M 12 ^S
頂版玉掛け段取り	1 ^M 47 ^S	側壁ガイド取り付け	4 ^M 55 ^S	頂版玉掛け段取り	1 ^M 47 ^S
頂版①据付け	7 ^M 54 ^S	側壁②据付け	16 ^M 24 ^S	頂版①据付け	7 ^M 54 ^S
側壁玉掛け段取り	2 ^M 33 ^S	側壁ガイド取り付け	4 ^M 55 ^S	側壁玉掛け段取り	2 ^M 33 ^S
側壁ガイド取り付け	4 ^M 55 ^S	側壁③据付け	16 ^M 24 ^S	側壁ガイド取り付け	4 ^M 55 ^S
側壁②据付け	16 ^M 24 ^S	頂版玉掛け段取り	1 ^M 47 ^S	側壁②据付け	16 ^M 24 ^S
側壁ガイド取り付け	4 ^M 55 ^S	頂版①据付け	7 ^M 54 ^S	頂版玉掛け段取り	1 ^M 47 ^S
側壁③据付け	16 ^M 24 ^S	頂版②据付け	10 ^M 04 ^S	頂版②据付け	10 ^M 04 ^S
頂版玉掛け段取り	1 ^M 47 ^S	頂版③据付け	10 ^M 04 ^S	側壁玉掛け段取り	2 ^M 33 ^S
頂版②据付け	10 ^M 04 ^S	底版縦断方向仮締め	11 ^M 59 ^S	側壁ガイド取り付け	4 ^M 55 ^S
頂版③据付け	10 ^M 04 ^S			側壁③据付け	16 ^M 24 ^S
底版縦断方向仮締め	11 ^M 59 ^S			頂版玉掛け段取り	1 ^M 47 ^S
				頂版③据付け	10 ^M 04 ^S
				底版縦断方向仮締め	11 ^M 59 ^S
合 計	2 ^H 14 ^M 28 ^S	合 計	2 ^H 10 ^M 08 ^S	合 計	2 ^H 18 ^M 48 ^S

(c) 施工延長を考慮した施工時間の比較

C a s e 1～3を施工延長を15.0m, 30.0m, 45.0m, 60.0mの4パターンにて比較検討を行う。検討の条件としては、1施工サイクルを3ブロック（3m）として、基礎工事、モルタル注入作業や縦断方向緊張作業は省略した仮組の施工時間だけの比較を行うものとする。C a s e 1は、基準ブロックを作成する1サイクルだけを採用するものとし、以降はC a s e 2と同じ組立て方法を採用するものとする。

上記4パターンの施工延長における、各ケースの施工時間の計算結果を以下の表－3.5.53に示す。

表－3.5.53 施工延長と施工時間の関係

施工延長	C a s e 1	C a s e 2	C a s e 3
15m	10 ^H 55 ^M 00 ^S (101)	10 ^H 50 ^M 40 ^S (100)	11 ^H 34 ^M 00 ^S (107)
30m	21 ^H 45 ^M 40 ^S (100)	21 ^H 41 ^M 20 ^S (100)	23 ^H 08 ^M 00 ^S (107)
45m	32 ^H 36 ^M 20 ^S (100)	32 ^H 32 ^M 00 ^S (100)	34 ^H 42 ^M 00 ^S (107)
60m	43 ^H 27 ^M 00 ^S (100)	43 ^H 22 ^M 40 ^S (100)	46 ^H 16 ^M 00 ^S (107)

()内の数字は、最小時間ケースを100にした場合の指標

以上のように、施工延長を考慮した場合、C a s e 1の基準ブロック作成の時間は、基準ブロックを作成しないC a s e 2と殆ど変わりなくなることがわかり、基準ブロック作成が、施工時間上大きく影響してくることは考えられない。C a s e 3の組立方法は、1ブロックずつ組立てて行く方法であるが、施工時間の面からでは、優位な施工手順であるとは言いがたい。

よって、施工時間からの比較検討の上では、C a s e 1もしくは、C a s e 2が最適な組立て方法であると判断できる。

② アンケート調査結果からの比較検討

実験におけるCase 1～Case 3の組立手順について、施工性、安全性に着目して、アンケート記入形式で作業員及び共同研究メンバーを対象に調査を行った。その結果、施工性について、特に施工時間の面では、Case 2が玉掛けの段取り替えが少ない分優位であるとした回答が多かったが、安全性の面では、Case 1が優位であるという回答が多かった。

施工時間のCase 1とCase 2との優劣は、施工延長により差異があまりないことが、前項で述べたとおりであり、特にブロックを組立てる作業自体は、何等変りないので施工性では判断ができない。

安全性の面で、Case 1が優位であった結果については、以下のような理由によるものと判断できる。

- (a) 基準ブロックを組立てた後に順次施工していくため、縦断方向の安定を基準ブロックが受けもっているように感じられる。
- (b) 基準ブロックの頂版の設置が完了しているため、2ブロック以降の頂版設置時にスリーブと鉄筋の位置が合わないという不安要素がない。
- (c) 基準ブロックが完成しているため、2ブロック以降に微調整の必要があまりなく、出来形の面で安心できる。

以上のようなことから、Case 1の組立順序が施工時間に差がないという条件の基では最も優位であると考えられる。

③ 出来形計測からの比較検討

出来形計測の比較は、ブロックの仮組み状態における内空寸法の設計値に対する誤差量、及び各接合点（縦断・横断方向）でのずれの値の平均値にて検討する。比較の対象は、自動化項目をすべて利用したCase 1～Case 3にて行う。

表-3.5.54 仮組時最大誤差一覧表

		許 容 値	CASE 1	CASE 2	CASE 3
内 空 幅	mm	±10	+5	+9	+5
斜内空幅	mm	±15	-3	+4	+10
内 空 高	mm	±10	-7	+6	+6
長 さ	mm	+10, -5	+13	+21	+18

表-3.5.55 ブロックずれ量の平均値と標準偏差

		C a s e 1	C a s e 2	C a s e 3
平均値	mm	3.531	2.656	2.594
標準偏差	—	4.272	3.476	3.228

(注) 上記平均値はずれ量の絶対値にて計算し、標準偏差はずれた方向を考慮して計算してある。

仮組時の出来形の精度を前記の最大誤差量の絶対値のみで比較すると、C a s e 1が他ケースに比べて最も精度があるものとなっている。しかし、実験では、各ケースとも1回のみの組立てしか行っておらず、前記の値程度で大きく差があったものとは言い難い。ブロックの据付精度については、ブロック設置時のずれ量の平均値及び標準偏差(データ個数32)によりから判断すると、C a s e 3が最も精度よく設置できていることがわかる。机上の検討の際でもC a s e 3が最も精度よく施工できるものと考えており、そのような傾向を定量的に把握することができた。以上のことから、出来形精度の面では1ブロックずつ組立てていくC a s e 3が最も優位であることが判明したが、施工時の作業員の取り組み方により左右される面が多く、一回だけの組立にて判断するのは問題が残る。

出来形計測を行って統一した傾向を示したのは、長さの項目であり、すべてのケースにおいて、管理値を上回るものとなっている点である。この点については、製品寸法を設計値どおりの1.0mで作成しており、組立時に生じる縦断方向のブロック間の隙間を考慮していなかったことに問題があった。これを解消するためには、実施工においては、1ブロックあたり数mm小さめに作成する方法や、長さ調整ブロックにて対応することが望まれる。

④ まとめ

組立順序について、C a s e 1～C a s e 3の組立パターンの比較を「施工時間(工程)」, 「ヒアリング結果」及び「出来形計測結果」の3項目について行った。その結果として、

- (a) 施工時間については、C a s e 3では他ケースに比べて約1割ほどの時間がかかり、C a s e 1及びC a s e 2については通常の施工延長では、殆ど差異がない。
- (b) ヒアリング結果からは、安全性の面からみた定性的な判断の上では、C a s e 1が最も良い。
- (c) 出来形計測結果からは、仮組寸法は各ケースで大きな差異は認められなかったが、ブロック間のずれ量からはC a s e 3が最も優位であった。

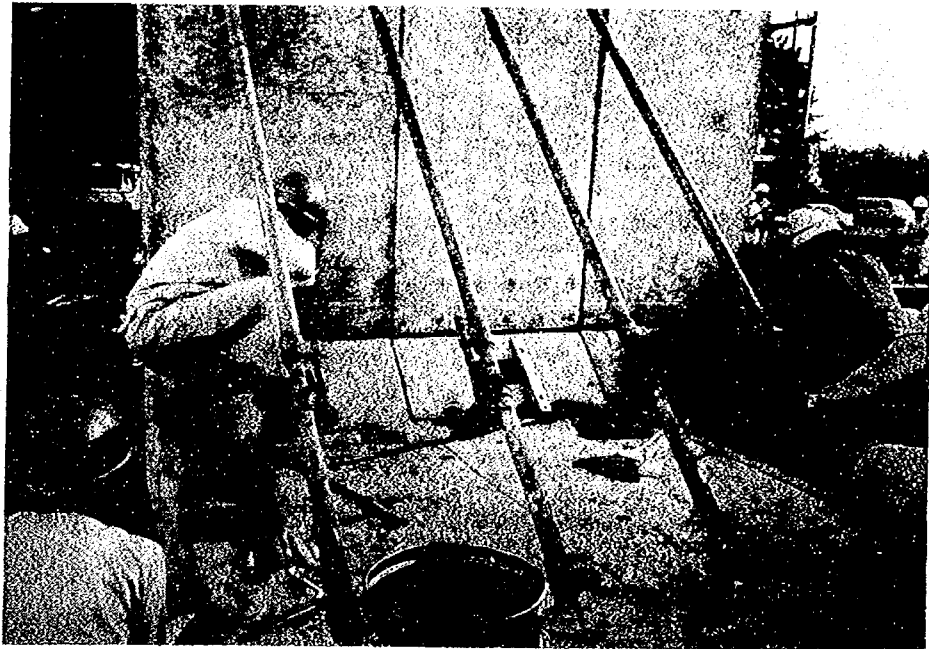
以上のことから、当研究における最適な組立順序は、プレハブ化施工での省力化の特徴を十分生かせ、かつ安全な施工を確実にできるC a s e 1を採用するものとする。

2) 仮固定方法について

今回の実験では、側壁据付け時の固定方法として、ボックスカルバート内側より、下図のようにサポートにて仮固定を行った。固定に用いたサポートの構造は、側壁、底版のインサート金物からピン結合状態でセットされており、中間部に伸縮装置がある。このサポートの機能として、

(a) 側壁の据付け時の安定確保

(b) サポート中間部の伸縮装置により、側壁設置位置及び立ちの微調整などを挙げることができる。



仮固定サポート設置状況写真

実験を実施して、上記2項目の機能が十分に果たせていたかを以下に考察する。

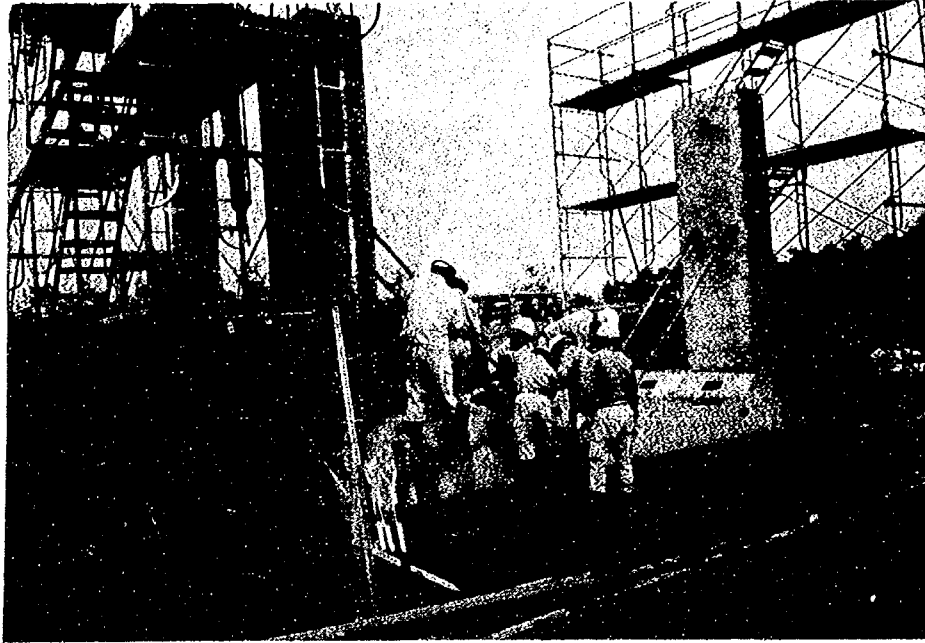
① 側壁据付け時の安定確保について

実験では、1ブロックあたり2本のサポートで支持しており、ボックスカルバート設置軸方向及び軸直角方向とも安定性を確保できると考えて実施した。しかし、構造上は安定していると判断できる構造でも実際に基準ブロック設置時には、見た目に大変不安定に思われた。このためにも、基準ブロック設置時には、軸方向にも固定するサポートを設置しておく方が望ましいと思われる。

また、サポートの設置位置は、底版からの取付作業を勘案して、高さ2mの位置にしているが、ボックスカルバートの内空高が大きいものに対しては、安定性をより増すためにも、部材重心位置よりの高い位置に固定する必要がある。ただし、サポート設置により、ボックス内での作業性が悪くなるので、施工計画の際には、十分な検討が必要である。

② 側壁設置位置及び立ちの微調整について

側壁の微調整は、主にサポートの伸縮装置（ネジ切り）にて人力にて行った。側壁の立ち、つまり鉛直度については、この装置で十分対応可能であるが、設置位置については、底版との接点が動かないため、目地部にバールを差し込んで調整するものとした。この際、目地部に設置したスペーサが十分側壁と接するように、調整プレートを締めこむことにより微調整を行った。



仮固定サポート微調整写真

実験を終えて、ブロックによっては、この微調整に手間がかかったものもあり、改善方法を考える必要があるように思われた。改善方法としては、1ブロック当たり3本のサポート設置を考えたことができるが、ボックス内での作業性や、微調整の方法などを十分検討しておく必要がある。

以上のことから、側壁の仮固定に用いるサポートは、2本以上を部材重心位置より高い位置に設置することが望ましいと判断できた。

3) 足場の必要性について

今回の実験においては、ボックスカルバート外周に足場を設け、高所作業車と同様にブロック設置作業に使用した。研究の本来の目的では、安全性を向上させるために、足場を設けずに施工を考えていたが、公開実験での見学通路の必要性もあり、足場を外側だけ設けるものとした。

実施工では、施工条件により高所作業車や足場の必要性を検討し、綿密な施工計画をたてなければならない。この際、ボックスカルバート内部には、実験でも使用したようなサポートが必要となるため、内足場を設ける際にはサポートとの干渉を考えた計画を行う必要がある。また、高所作業車と併用して使用する場合には、作業の役割分担を明確にし、おのおのの作業員が錯綜しないよう十分注意する必要がある。

今回の実験は、ボックスカルバートの施工の一手段であり、現場条件により適切な足場施工を考えるのが望ましい。

4) 実験で確認された問題点とその対策について

以下に実物大実験を行って、確認された問題点とその対策を列記する。

表-3.5.56 実物大実験での問題点と対策

問題点など	対策, 改善策など
1. 現場でのプレキャスト部材の仮置き時に計画性がなく配置が悪かった。	・技術資料で「施工規模, 施工手順に応じた仮置き方法の計画を行う。」と記述する。 また、側壁は吊り込み方法により縦置きする必要がある、「側壁ブロックは1段積み」に制限する。」ことも追記する。
2. プレキャスト部材の置場所の地盤が水平でなく、吊り上げの際に片側だけが浮き、部材が回転して危険である。	・プレキャスト部材は、地盤が水平な場所に置く。
3. 側壁の吊り込み時、片側からの吊り上げは、安全性に問題がある。	・補助クレーンを用いて、両側から吊り上げる。(共吊り作業は禁止されている) ・吊り上げ金物の位置や構造を工夫して安定した吊り上げ方法をとる。
4. プレキャスト部材の組立中に、部材の角部が破損し、補修を行ったが上手く行かなかった。	・技術資料に「施工時に損傷を与えないよう注意する」としか記述できないが、「構造上及び組立作業にも支障のない破損については全て組立完了後に適切に補修する。」と追記する。
5. プレキャスト部材の接合部の位置合わせの際に、作業員がしゃがんだ姿勢での作業となり、危険に感じた。	・底版と側壁の接合時に、作業員の姿勢が低いものとなり、視線が下方に集中し危険と感じた。技術資料で、「ブロック組立時には、作業手順の周知徹底により安全作業に努める。」と記述する。
6. 現場での、鉄筋の手直しを認めるのか否か。	・技術資料に、「ブロック組立前に、予めテンプレート等により鉄筋位置を確認修正しておく。」と記述する。
7. 側壁ブロックに使用したサポートの設置位置及びその必要数量が不明である。	・サポートは微調整を行うために、2本以上必要であり、安定上からも複数本必要である。技術資料には、「サポートは1ブロック当り2本以上設置する。」と記述する。 また「取付位置は、部材の安定上重心位置より高い位置に設置するのが有効である。」と解説する。サポートの設計計算は、荷重が明確でなく、参考資料として添付するのは困難である。

問題点など	対策, 改善策など
8. 基準ブロックの、延長方向に対する転倒の危険が考えられる。	・側壁ブロックに使用したサポートを延長方向にも使用する。
9. 組立作業時間が、1日目と2日目で極端に差があり、その理由を明らかにする必要がある。	・作業に対する段取りの違いによるものが大きい。一般に、作業員は手順に応じた段取りをしていくノウハウは蓄積されているので、1回の作業手順をマスターすれば2回目からの作業は大きく時間短縮ができる。
10. 実験では外足場を利用したが、実施工ではどうするのか明らかにしなければならない。	・施工環境、条件等により足場を設けた方が施工性が上がる場合がある。そこで、要領では足場を設けるか否かの判断は施工者が行うものとし、足場を省略する1方法として高所作業車を提案する。
11. 高所作業車が、吊り部材の下側に位置した場面があり危険である。	・作業の安全性を考慮した使用方法を実施工では考えるものとする。
12. 組立実験では、鉄筋とその位置合わせに時間と人手を要した。	・作業前に、治具等で位置、曲がりの確認及び修正を行う。
13. 5函体ごと程度の施工であるならば、吊り用治具の段取り替えの少ない施工法で問題ないし、効率も良い。	・施工精度、安全性などを考えると基準ブロックを組み立てる方法の方が有効である。
14. 頂版セット時には、先手が必要で側面ビティ足場が必ず必要になる。	・側面ビティ足場を使用しない「足場用特殊移動車」を開発する。 ・高所作業車を数台利用する。 ・次のことを事前に行えば、先手は必要がなくなる。 ①部材の鉄筋が公差内に入っていることを治具により確認する。 ②組み立てられている側壁間の間隔が公差内に入っていることを治具により確認する。
15. D19の端部鉄筋を他より40mm長くして、ガイドとして用いたが効果が少なかった。	・この程度の突出鉄筋ではガイドの役割を果たさないため、技術資料での突出鉄筋によるガイドの記述は行わない。
16. 組立精度は、定規となる最初の底版の据付け精度と製品の精度に左右される。	・底版の精度確保に努める。

問題点など	対策、改善策など
17. 吊金具の脱着作業が煩雑である。	・部材に、ピン結合するかあるいは吊金具を埋め込み、作業の軽便化を図る。
18. 側壁内側サポート設置時には、作業空間が狭く感じる。	・ボックス内部の作業空間を確保した設置計画をする。
19. プレキャスト部材の製作精度及び荷下ろし時の変形が原因で、鉄筋の位置合わせに手間取った。	・製品検査を綿密に行い、管理を徹底する。
20. 衝撃によるプレキャスト部材の破損があった。	・項目4を参照。
21. モルタル注入後、延長方向に緊張を行ったが、目地が締まらなかった。	・組立後、モルタル注入前に緊張を行う方法を考える。
22. 縦断方向の目地の開きは製品の製造誤差程度と考えていたが、実験で確認したところかなり大きめの目地の開きが生じ、防水上の問題にもなる。	・仮組時に縦断方向の緊張を行い、目地の開きを塞ぐことを、技術資料に明記する必要がある。このため、縦断方向緊張材について再検討し、ブロックを精度良く設置する対策が必要である。 ・製品寸法を1mにしておくのではなく若干小さめにしておく。
23. 側壁ブロックの鉛直度の微調整をサポートで行ったが、微調整が困難な場合があった。	・サポートの取付位置をもう少し上にセットする。
24. 実験では3ブロック(3m)を組み立てその施工時間は約2時間であった。組立サイクルの標準値を要領に明示する必要がある。	・組立サイクルの標準値は、3～5ブロックが適当である。基本施工スパンは1日で仮組が終了するブロック数とするが、縦断方向緊張材の強度からも決まることもある。
25. 組立段取りが悪い。	・鉄筋の位置合わせ用治具が必要である。 ・側壁サポート用の金具は、側壁の建込み前に着けておく必要がある。
26. 作業員が多く、各自の作業が明確になっていない。	・作業手順を明確にする必要がある。

問題点など	対策、改善策など
27. 全体的に、高所作業に対する安全意識が低い。	・ 不安全行動のリストから特に注意する点を取り上げ、技術資料に記述する。
28. モルタル注入の段取りと型枠組作業が上下作業で行っていて、危険であった。	・ 不安全行動のリストから特に注意する点を取り上げ、技術資料に記述する。

(3) 施工機械

施工機械による実物大組立実験（以下実験と略す）の目的は次の通りである。

(1)リモコンによる自動玉掛け外し装置の利用で高所作業をなくす。

(2)モニタの利用でクレーンの運転手と先手との作業の一体感を得、継手の差込み作業を改善する。

(3)ガイドの利用で省人化と作業性を改善する。

以下に、実験での施工機械についての考察を記述する。

1) 実験結果による考察

① 自動玉掛け外し装置

（作業性）

ガントチャート、マンマシンチャート、アンケート調査によれば、本実験では台付けワイヤの付け替え作業時間が多く発生した。理由は底版、頂版のように長い物を吊るのに天秤とその両端に自動玉掛け装置2台をシャックルで取りつけ、(図-3.5.28)また、底版、頂版にデーハーアンカを付けていたためである。

解決策として、天秤の下にシャックルの代わりに、外れ止め付きフックを付け、側壁への付け替えが簡単に出来るようにする。底版と頂版には自動玉掛け外し装置を直に取り付ける吊り金具を備える。底版、頂版に吊り金具を直に付ける一例として図-3.5.26～図-3.5.27に示す。

（安全性）

アンケートから頂版の玉掛け外し作業に於て不安全行為を指摘された。これは、作業性で示した図-3.5.27の金具が頂版に直に付いていれば高所作業は無くなり上記指摘事項は解消される。

② モニタ

（作業性）

ガントチャートではモニタの有無による作業速度の差は期待する程無かった。アンケートでクレーンの運転手はモニタの有無による作業性、操作性について「どちらとも言えない」と回答している。今回は継手部周辺に作業者が集まり、モニタでは継手部を十分に見ることが出来なかったことも原因と思われる。また、運転手にとって、先手の合図が最優先であるところからこの様な回答になったものとする。なお、モニタは9インチで2台、運転室前に設置し、ボタンでズームが効くようにしてある。また、夜間照明の中でも映像は鮮明であったことを付記する。

吊り荷の移動とカメラの追従等を考えると、カメラはクレーンのブーム下に吊り下げる方式が最も良いと判断する。

③ ガイド

（ガイドによる据付け作業の省力化）

実験調査結果に示されるガイド付きとガイド無しの施工時間を比較し、作業性の改善案は無いか検討する。作業時間の差はCase1の場合次のようであった。

所要時間

ガイド有り 107^M20^S

ガイド無し 105^M25^S

差 1^M55^S

ガイド取付時間は作業別時間によれば頂版を除いて7^M28^S掛かる。従ってガイドを事前取付型に改良してガイド無しとの差を無くす。また、アンケート調査表から「基準ブロックが有れば基準ブロックに沿って組立るのでガイドは片側でもよい」との意見が出されているので、ガイドを半減させることも出来る。なお、作業時間短縮も大切であるが、ガイドが有ることで危険な所に近づく度合が少なくなり安全な作業が出来ることも重要なことと考える。

図-3.5.28に実験時の状況とそのガイドを、図-3.5.26～図-3.5.27にガイドの改良案の一例を示す。

④ 側壁吊り金具

資材置き場に横倒しに置いてある側壁を起こす際、側壁に取り付けた吊り金具と玉掛け外し装置との間で「カチッ」という音が発した。この音は側壁吊り金具（固定）と玉掛け外し装置のピンとの摩擦によって吊り荷の変位に伴う荷重点の移動が円滑に進まなかったためである。この現象を回避するため吊り金具を回転式とし、自由度をもたせるものとする。また、側壁を起立させる時の揺れを防止する一例として図-3.5.27に側壁底部に枕を置く方法を示す。

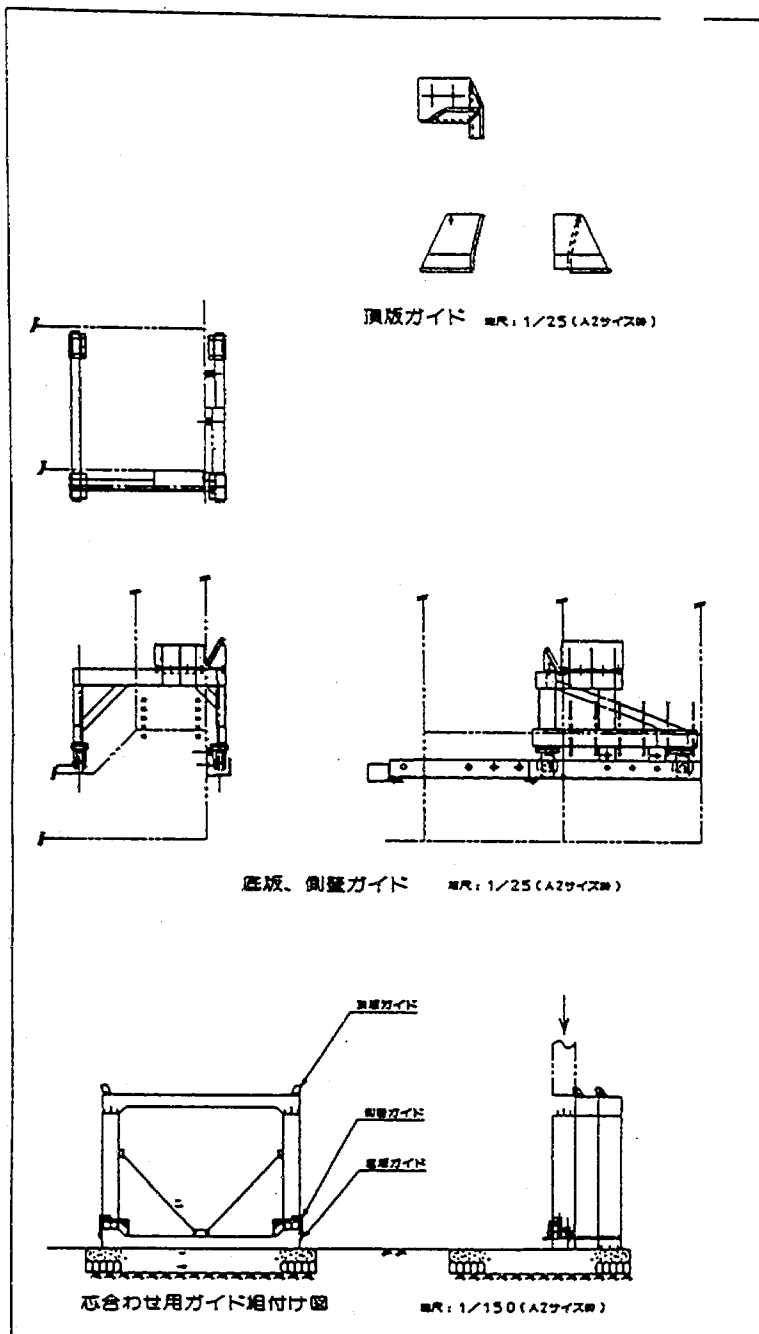


図-3.5.25 据付けガイド

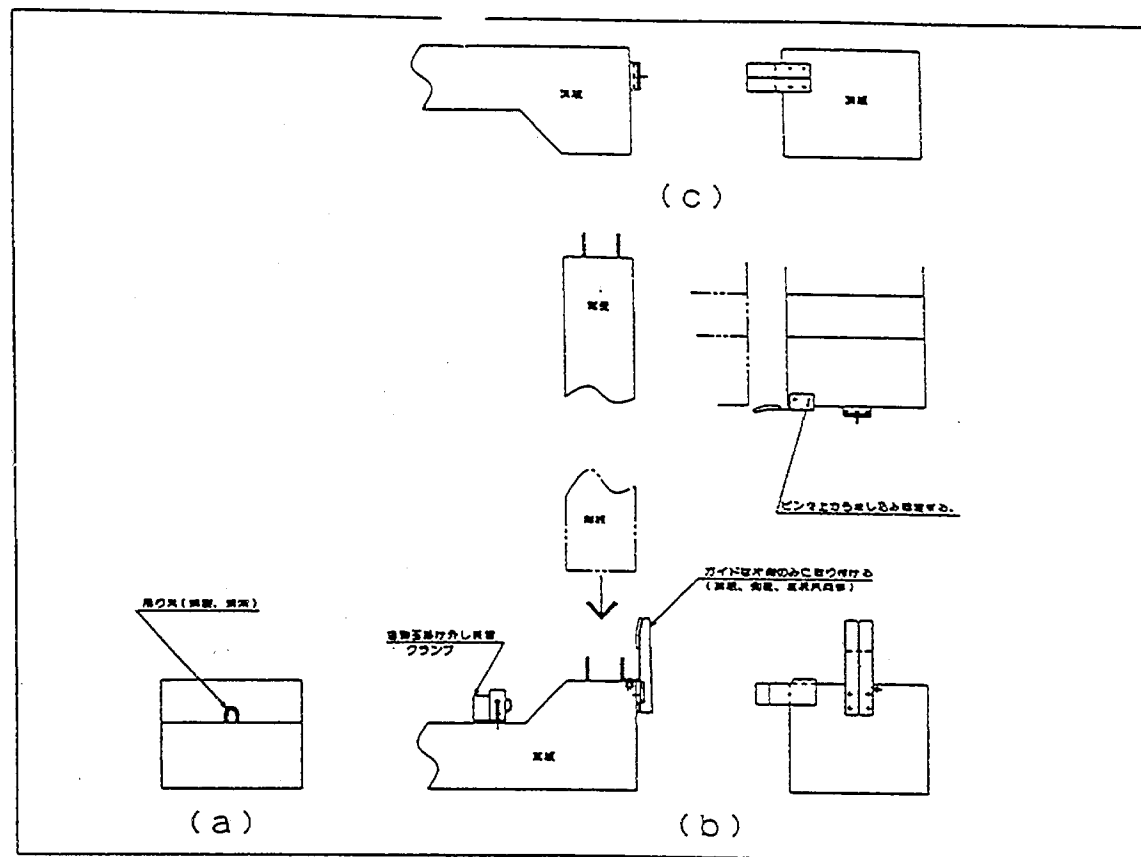


図-3.5.26 ガイドの改良案

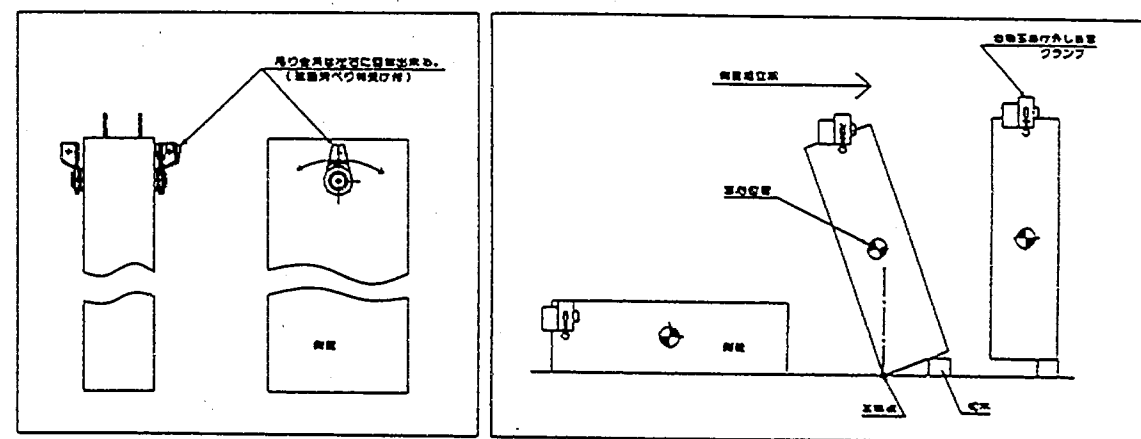
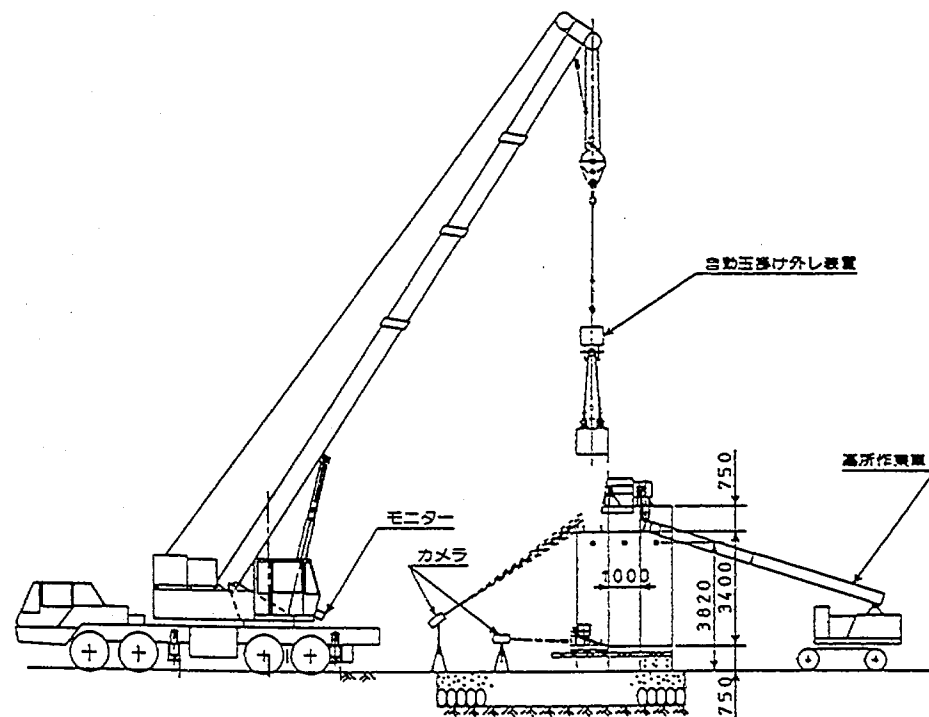
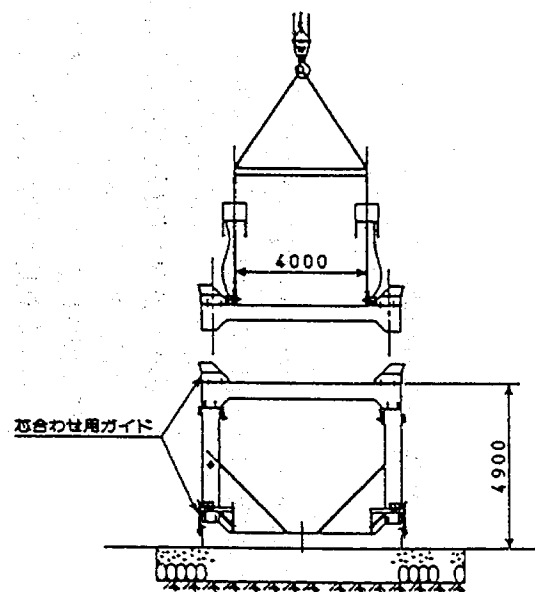


図-3.5.27 側壁吊り金物の改良案



実物大実験施工全体図
(ボックスカルバート)

図-3.5.28 自動化項目全体計画図

図号: BOX-09

R/4

5809021005-5

縮尺: 1/150 (A3サイズ用)

2011/03/17

5809021005-5

2) 実験で確認された問題点とその対策について

以下に実物大実験を行って、確認された問題点とその対策を列記する。

表-3.5.57 実物大実験での問題点と対策

問 題 点	対 策
1. クレーン能力によりプレキャスト部材の仮置き場が制限される。	・作業用地、プレキャスト部材の形状・寸法・重量及びクレーンの能力を勘案し、十分に計画を立ててから施工に臨む必要がある。
2. 自動玉掛け外し装置の使い勝手が悪い。	・プレキャスト部材の吊り治具に工夫が必要である。 ・部材の吊り具の見直しを行い、自動玉掛け外し装置が直接接続出来るようにする 例えば、鋼製吊り金具を直に部材に埋め込むなどの方法。
3. 自動玉掛け外し装置は、高所作業を無くし、作業効率の改善と作業の安全に効果があった。	
4. 底版用ガイドは、側壁用ガイドのレールを兼ねているため重い。	・側壁用ガイドのレールを兼ねない個別型ガイドとし軽量化を図る。目標20kg。 レール方式は止める。
5. 側壁用ガイドは移動式のため重い	・左右の振れを抑えるガイドとし、軽量化を図る。移動式は止める。 (4項と同じ)
6. 頂版用ガイドは、部材が厚く、重量も重い。	・左右の振れを抑えるガイドとし、軽量化を図る。(4項と同じ)
7. 側壁用吊り金具は、ボルト止めの固定式で、側壁を吊り起こしに勝手が悪かった。	・自動玉掛け外し装置とつなぐ部分を回転出来る機構にする。一例を以下に記す。 ・吊り金具を両面に取付、金具には回転揺動可能な球面滑り軸受けを仕込む。 (図-3・4・3・4) 注：側壁に貫通穴を設けピンを通す案もあったが鉄筋数が多く貫通させられない。

問 題 点	対 策
8. 9型モニタは夜間照明の中でも鮮明な画像を映し、運転手はズームを使うなど状況確認に利用していた。 しかし、組立の先手が多くのピン穴が見にくいこと、カメラを上向にすると空の明るさで紋りが紋られピンのある底部が暗くて見にくくなった。	・ピン結合状況は見えないが、カメラの移動及び設置を考えると、クレーンのブーム先端からカメラを吊り下げ、吊り荷の移動状況と作業場を監視し、安全管理をすることにする。
9. モニタを使用することは、運転手の作業確認が行え、作業の確実性及び安全性で有効な方法といえる。	・更に機動性を増す上で無線対応等が望まれる。 ・TVモニタの無線タイプは現在無い。
10. モニタ画面では、距離感が判りにくい。	・距離を読めるように、プレキャスト部材側に定規を付ける方法もある。
11. 組立用ガイドが、実験ではあまり有効に機能していなかった。	・個別型ガイドに変更し、軽量化も計る。
12. 高所作業省略のため自動玉掛け外し装置を用いたが、頂版吊り込み時にデーハーアンカを使用していたため、その効果がなかった。	・頂版にも、自動玉掛け外し装置が直接接続出来るように吊り金具を設ける。 (2項と同じ)
13. 据付け用ガイドは、今回の実験では余り効果が発揮出来ていなかった	・個別型ガイドに変更し、軽量化も計る。
14. クレーンの運転手はモニタを頻繁に見ていたが、クレーンの操作は合図者に合わせて行っていた。安全面から見ても、操作は従来通りに行うのが良い	・TVカメラの位置を、クレーンブームの先端に変更する。カメラには作業場全体をモニタする役割とする。
15. 側壁組立ガイドの持ち運び、取付に作業員が3～4人も必要なのは省人化に反する。	・個別型ガイドに変更し、軽量化も計る。 (4項と同じ)
16. 組立用ガイドの取付がボルト固定なので時間がかかる。	・ピン構造の一例として、図-3.5.27に示す。
17. 頂版用ガイドの外外寸法が頂版本体よりも短かったため、頂版が入らなかった。	・隙間が(5mm位が適当か)出るよう設計変更する。また、ガイド取付を側面に、また片側のみに変更するので問題はなくなる。(図-3.5.26(c))

問 題 点	対 策
18. 側壁の吊り込みにデーハーアンカを用いた場合、吊り上げる際「カチッ」という音が気になった。	・部材が吊り上げられて行く過程で吊り金具と玉掛けのピンの当たる位置が摩擦により円滑に変わらない。そのため、急激にピン等が動いた時この音が発生する。直接不安全につながるとは考えにくい。金具の形状を見直す。 7 項の対応で出来る。
19. 側壁吊り込みに主・補巻を同時に使わない方法を考える必要がある。	・側壁を直立させる時、側壁は地面に着いた底辺の一端を基準点として回転する。部材を破壊させない枕木等を置く位置は部材を起こしていく側、基準点と反対側の角に入れる。 - 枕木を置く位置は図-3.5.27に一例を示す。

(4) 場所打ち施工との比較

今回実験の対象となったボックスカルバート（P C構造）の主要な設計条件は下記の通りである。

（設計条件）

①構造形式	P C構造
②土被り	$h_0 = 3.00\text{m}$
③単位体積重量	鉄筋コンクリート $\gamma_c = 2.50 \text{ t/m}^3$ 土 $\gamma_a = 1.80 \text{ t/m}^3$
④土圧係数	水平土圧係数 $K_0 = 0.5$
⑤活荷重	T - 25

上記の設計条件に対応する建設省の標準断面はまだ設定されていない。（活荷重T - 25に対応していない）

本章では、建設省の標準断面の中で上記の条件に最も近いと思われる「02-BX-1 91（B5000-H4000-D（2251~3000））-S60」を比較の対象とし、その設計条件を下記に示す。

（設計条件）

①構造形式	R C構造
②土被り	$h_0 = 2.251 \sim 3.00\text{m}$
③単位体積重量	鉄筋コンクリート $\gamma_c = 2.50 \text{ t/m}^3$ 土 $\gamma_a = 1.80 \text{ t/m}^3$
④土圧係数	水平土圧係数 $K_0 = 0.5$
⑤活荷重	T - 20

上記の設計条件を基に計算された断面諸元の比較を表-3.5.58に示す。

両者を比較する構造物として高速道路を横断する道路ボックス（ $L = 30\text{m}$ ）を想定し、下記の項目について比較を行う。

（1）工程の比較

（2）安全の比較

（3）工費の比較

なお、工程の比較及び工費の比較については、施工延長 $L = 30\text{m}$ を基に $L = 15, 45, 60\text{m}$ について比較検討する。

表-3.5.58 断面諸元比較表

構 造 形 式		P C 構 造	R C 構 造
構 造 寸 法	内 幅	5000mm	5000mm
	内 高	4000mm	4000mm
	頂 版 厚	450mm	500mm
	側 版 厚	500mm	500mm
	底 版 厚	450mm	500mm
	頂版ハンチ幅	300mm	300mm
	頂版ハンチ高	300mm	300mm
	底版ハンチ幅	300mm	300mm
	底版ハンチ高	300mm	300mm
鉄 筋 か ぶ り	頂 版	5.5cm	7.0cm
	側 版	5.5cm	7.0cm
	底 版	5.5cm	10.0cm

1) 工程の比較

① 施工延長15mでの工程

a) 場所打ち施工

工程の比較を行うに当たり以下の条件を設定する。

- ・ 施工地域、工事場所及び一般交通等の影響は受けないものとする
- ・ 現場設営等の準備工は通常2～3週間程度と考えられるが、本章での工程には加味しないものとする。
- ・ 場所打ち施工で使用するコンクリートは普通セメントとし、脱型迄の養生期間（湿潤及び保温養生）は σ_0 とし、その期間内は次の工程には移らないものとする。
- ・ 作業員数は土木工事積算基準マニュアル、建設省土木工事積算基準の歩掛りを参考としている。
- ・ 基本とする施工延長を30mと想定し、一施工延長を15mとする。

以上の条件の基に、表-3.5.59に場所打ち施工による工程を示す。

b) プレハブ施工

工程の比較を行うに当たり以下の条件を設定する。

- ・ 施工地域、工事場所及び一般交通等の影響は受けないものとする
- ・ 実験に使用した二次製品の型枠製作日数は約1カ月程度要したが、本章での工程には加味しないものとする。
- ・ 二次製品に使用するコンクリートは早強セメントとし、脱型迄の養生期間（促進養生）は σ_1 とし、またストレス導入までの養生期間は σ_0 とし、その期間内は次の工程には移らないものとする。
- ・ 作業員数は今回の実験の作業員数を参考としている。
- ・ 部材製作型枠数を2セットとする。
- ・ 実験での施工実績を基に、1日の施工サイクルを検討し、工程に反映させる。

以上の条件の基に、表-3.5.60にプレハブ施工の1日の施工サイクル表と、表-3.5.61に、プレハブ施工による工程を示す。

表-3.5.59 場所打ち工法による施工工程表

		5		10		15		20		25		30		35		40		45		50		55		60		65		
鉄筋加工	鉄筋加工	14t																										
	底版		6.4t											6.4t														
	鉄筋組立																											
	型枠製作	347㎡																										
	型枠組立		18㎡											18㎡														
	コンクリート打設、養生			45㎥											45㎥													
	側壁、頂版				297㎥								297㎥				297㎥								297㎥			
	枠組支保工組立					153㎡							153㎡					153㎡								153㎡		
	枠組足場組立																											
	鉄筋組立						7.1t													7.1t								
型枠組立	型枠組立						内枠194㎡			外枠135㎡			347㎡							内枠194㎡			外枠135㎡			347㎡		
	コンクリート打設、養生										116.7㎥													116.7㎥				
作業員	世話役	1	2	2	3	2	2	1			1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	53	
	鉄筋工	3	3	3	6	3	3				3	3	3			3	3	3			3	3	3				48	
	型枠工	4	4	4	4	4	2			1	1	1	1			5	5	5			4	4	3				104	
	特殊作業員					2							5											5			14	
	とび工								2	2	2	2	2							2	2	2					36	
	普通作業員	2	2	4	7	5	5	1	2	1		3	2	2	2	2	4	4	4	3	3	3	4	4	5		166	
	計	8	11	13	20	14	14	3	5	1		7	6	6	6	5	10	10	10	7	7	7	10	10	11		421	
資機	トラック(15t)		○				○		○	○		○			○	○			○		○	○		○		○	12	
	トラック		○		○		○		○	○		○			○	○		○		○	○		○		○		14	
	コンクリートポンプ車			○							○						○					○				○	4	

表-3.5.60 架設組立及びモルタル工の1サイクル施工工程表

		8:00					9:00					10:00					11:00					12:00					13:00					14:00					15:00					16:00					17:00										
		10	20	30	40	50	10	20	30	40	50	10	20	30	40	50	10	20	30	40	50	10	20	30	40	50	10	20	30	40	50	10	20	30	40	50	10	20	30	40	50																
P C 構 造 工 事	ブロックNo.1	荷卸、仮置き					架設組立																																																		
	ブロックNo.2																																																								
	ブロックNo.3																																																								
	ブロックNo.4																																																								
	ブロックNo.5																																																								
組締め要領																																																									
翌日の準備																																																									
モルタル																																																									
底版目地1		型枠組立																														モルタル注入																									
底版目地2																	型枠組立																				モルタル注入																				
頂版目地1												型枠組立																									モルタル注入																				
頂版目地2																																型枠組立															モルタル注入										

表-3.5.61 プレハブ工法による施工工程表

		5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65
(工場施工)														
PC部材製作工														
NO.1	鉄筋・型枠													
	コンクリート打設養生													
	緊張													
NO.2	鉄筋・型枠													
	コンクリート打設養生													
	緊張													
(現場施工)														
輸送・架設工														
目地工														
作業員	世話役									1	1	1	1	12
	型枠工										2	2	2	12
	とび工									2	2	2	2	12
	機具特殊工									1	1	1	1	12
	普通作業員									2	2	2	2	24
	計									6	6	6	6	72
重機	トラック(45t)									○	○	○	○	6
	トラクター									○	○	○	○	30
	高所作業車									○	○	○	○	24

②施工延長を変化させた場合の工程比較

a) 場所打ち施工

L = 30 mの工程表より

第1施工区間 0～34日(34日間)

第2施工区間 35～65日(31日間)

第1施工区間の34日間に対して第2施工区間が31日間となっているのは、第1施工区間には底版鉄筋組立の準備である鉄筋加工が必要であり、第2施工区間以降はこの鉄筋加工がクリティカルとはならないためである(不稼働日は考慮していない)。

よって、各施工延長に対する稼働日数は、

L = 15 m N = 34日

L = 30 m N = 34 + 1 × 31 = 65日

L = 45 m N = 34 + 2 × 31 = 96日

L = 60 m N = 34 + 3 × 31 = 127日

となる。

b) プレハブ施工

L = 30 mの工程表は、工場製作時の型枠数を2基として検討したが、型枠数の違いによる部材製作日数を検討するため、型枠数を3及び4基についての工程を算出する。なお、現場での最終架設を工場での最終コンクリート打設日の7日目とし、モルタル注入は5ブロック/日として計算し、その結果を表-3.5.62に示す。

表-3.5.62 プレハブ施工の型枠数を考慮した稼働日数

施工延長	ブロック数	型枠数	工場製作日数	養生	現場施工日数	延べ日数
L = 15	15	2 3 4	15 ÷ 2 × 3 = 24日 15 ÷ 3 × 3 = 15日 15 ÷ 4 × 3 = 12日	6日	架設 1日(3日) モルタル 3日 計 4日(6日)	34日 25日 22日
L = 30	30	2 3 4	30 ÷ 2 × 3 = 45日 30 ÷ 3 × 3 = 30日 30 ÷ 4 × 3 = 24日	6日	架設 1日(6日) モルタル 6日 計 7日(12日)	58日 43日 37日
L = 45	45	2 3 4	45 ÷ 2 × 3 = 69日 45 ÷ 3 × 3 = 45日 45 ÷ 4 × 3 = 36日	6日	架設 1日(9日) モルタル 9日 計 10日(18日)	85日 61日 52日
L = 60	60	2 3 4	60 ÷ 2 × 3 = 90日 60 ÷ 3 × 3 = 60日 60 ÷ 4 × 3 = 45日	6日	架設 1日(12日) モルタル 2日 計 13日(24日)	109日 79日 64日

但し、工場製作日数；最終コンクリート打設日迄の日数である。

養生期間；最終コンクリート打設翌日から現場搬入前日迄の期間である。

(実工場製作日数 = 工場製作日数 + 養生期間)

現場施工日数；架設及びモルタルは、5ブロック/日として計算している。

架設；() 外の日数はクリティカルとなる日数であり、() 内の日数は延べ架設日数であり、クリティカルとなる最終日以外は工場製作と平行して作業を行うものとする。

c) 場所打ち施工とプレハブ施工の比較

前項で計算した稼働日数は不稼働日（天候のみの不稼働日とし、日祭日等の休日は対象外とする）を考慮していないため、不稼働日の割り増し係数を20%と想定し、前項の稼働日に加算して工期とする。その内訳は下記の通りとする。

①場所打ち施工

$$\text{工期} = \text{稼働日数} \times (1 + 0.20)$$

②プレハブ施工

$$\text{工期} = \text{工場製作日数} + \text{現場でのクリティカルとなる日数} \times (1 + 0.20)$$

上記の条件を基に工期を計算しその結果を表-3.5.63としてまとめる。

表-3.5.63 工期比較一覧表

施工 延長 (m)	場所打ち 施工 (工期)	プレハブ施工			プレハブ (％) 場所打ち		(施工速度) 場所打ち (％) プレハブ	
		型枠数	延施工 日数 (工期)	現場施工 日数	延施工	現場施工	延施工	現場施工
L=15	41日	2基	35日	7日	85	17	117	586
		3基	26日		63		158	
		4基	23日		57		178	
L=30	78日	2基	59日	14日	76	18	132	557
		3基	44日		56		177	
		4基	38日		49		205	
L=45	115日	2基	87日	22日	76	19	132	523
		3基	63日		55		183	
		4基	54日		47		213	
L=60	152日	2基	112日	29日	74	19	136	524
		3基	82日		54		185	
		4基	67日		44		227	

比較の結果、場所打ちと比較してプレハブ施工が型枠数2基の場合85～74%、型枠数3基の場合63～54%及び、型枠数4基の場合57～44%程度に短縮でき、また、場所打ち施工に比べ1.2倍～2.3倍程度早く施工できることが確認できた。

次ページに、場所打ちとプレハブ施工の工期、場所打ちを基準とした工期の割合と施工速度を図-3.5.29～図-3.5.31に示す。

場所打ち及びﾌﾟﾚﾊﾞﾌﾞ (型枠数考慮) の工期 (日)

	15m	30m	45m	60m
場所打ち工期	41	78	115	152
ﾌﾟﾚ現場のみ	7	14	22	29
ﾌﾟﾚ型枠2工期	35	59	87	112
ﾌﾟﾚ型枠3工期	26	44	63	82
ﾌﾟﾚ型枠4工期	23	38	54	67

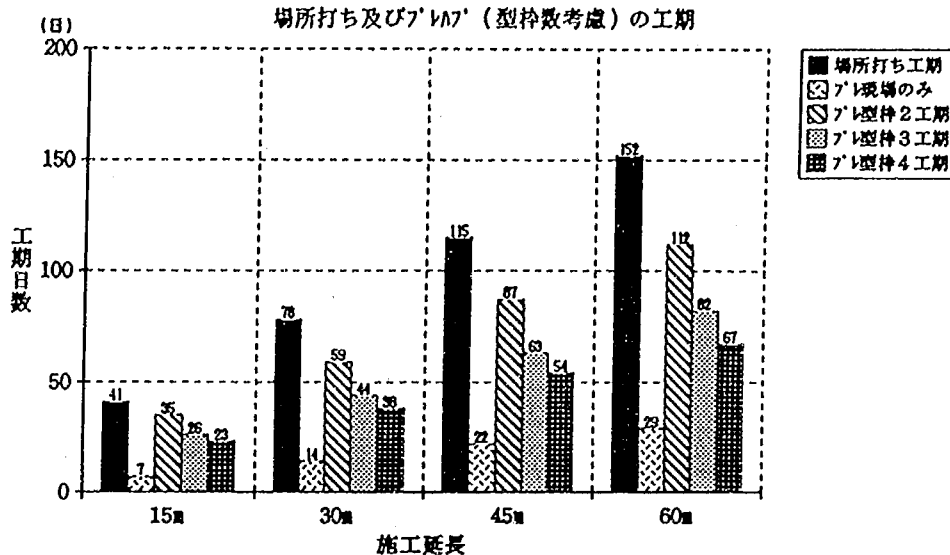


図-3.5.29 施工延長と工期の関係

場所打ちを基準としたﾌﾟﾚﾊﾞﾌﾞ (型枠数考慮) の工期の割合

	15m	30m	45m	60m
場所打ち工期	100	100	100	100
ﾌﾟﾚ現場のみ	17	18	19	19
ﾌﾟﾚ型枠2工期	85	76	76	74
ﾌﾟﾚ型枠3工期	63	56	55	54
ﾌﾟﾚ型枠4工期	56	49	47	44

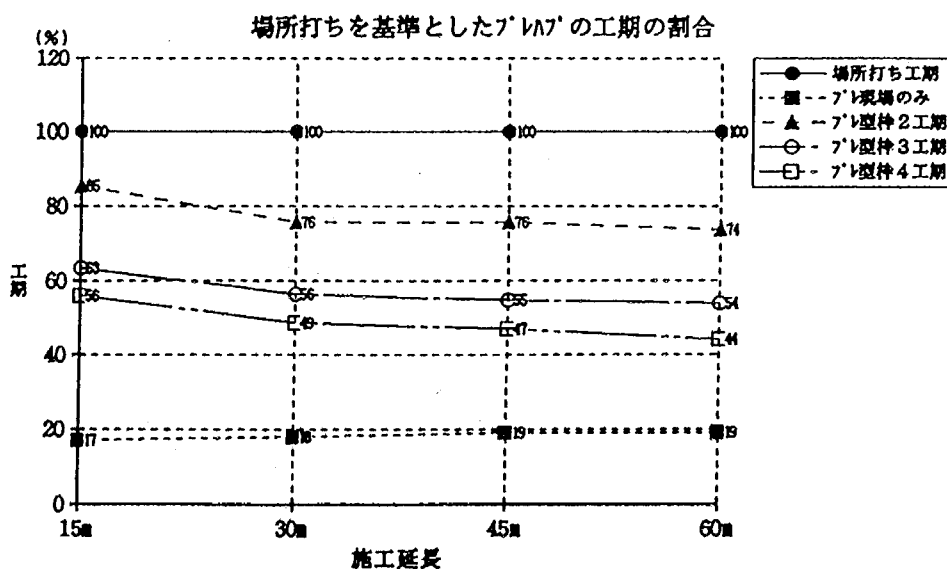


図-3.5.30 施工延長と場所打ちを基準とした工期の割合の関係

場所打ちを基準としたﾌﾟﾚﾊﾌﾞ (型枠数考慮) の施工速度の比較

	15m	30m	45m	60m
場所打ち工期	100	100	100	100
ﾌﾟﾚ現場のみ	586	557	523	524
ﾌﾟﾚ型枠2工期	117	132	132	136
ﾌﾟﾚ型枠3工期	158	177	183	185
ﾌﾟﾚ型枠4工期	178	205	213	227

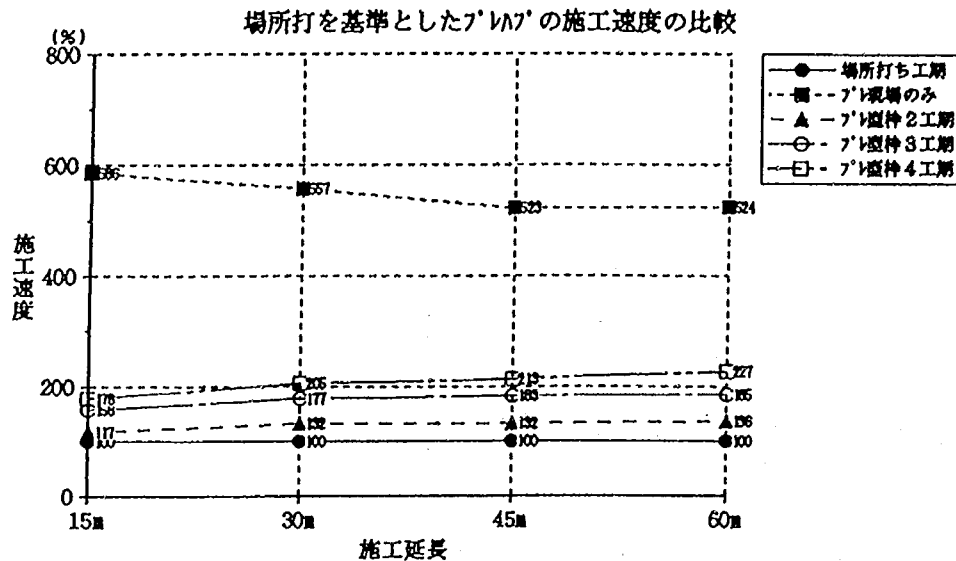


図-3.5.31 施工延長と場所打ちを基準とした施工速度の関係

2) 安全性の比較

今回の実験でプレハブ施工による不安全行動のデータはある程度は採取できたものと思われるが、場所打施工と安全性の比較に際し場所打施工の不安全行動のデータを求めたものがない。本章での比較では場所打ち施工の危険性を想定してプレハブ施工との比較を行うものとし、表-3.5.64にまとめる。

表-3.5.64 場所打ち施工とプレハブ施工の安全性比較(1/2)

場所打ち施工		プレハブ施工	
工 種	危 険 性	工 種	危 険 性
鉄筋加工	①鉄筋加工機による事故 (鉄筋カッター、鉄筋ベンダー)	鉄筋加工	①鉄筋加工機による事故 (鉄筋カッター、鉄筋ベンダー)
鉄筋組立	①高所からの転落 ②高所からの資材の落下	鉄筋組立	
型枠製作	①ハンマー等による打撃 ②鋸等による裂傷		
型枠組立解体	①ハンマー等による打撃 ②鋸等による裂傷 ③高所からの転落 ④高所からの資材の落下	型枠組立解体	①門形カッターによる事故 a. 鋼製型枠による挟撃 b. ワイヤ切断による吊り荷の落下
支保工組立解体	①高所からの転落 ②高所からの資材の落下 ③支保工の倒壊		
コンクリート打設	①高所からの転落 ②高所からの資材の落下 ③支保工の倒壊	コンクリート打設	①門形カッターによる事故 a. ハンマー等による挟撃 b. ワイヤ切断による吊り荷の落下
		緊張	①PC鋼材切断による事故
		仮置き	①門形カッターによる事故 a. 吊り荷等による挟撃 b. ワイヤ切断による吊り荷の落下

表-3.5.64 場所打ち施工とプレハブ施工の安全性比較(2/2)

場所打ち施工		プレハブ施工	
工 種	危 険 性	工 種	危 険 性
		現場施工 輸送工	①積み込み時の事故 a. 吊り荷等による挟撃 b. ワイヤ切断による吊り荷の落下 ①輸送時の事故 a. 交通事故
		架設工	①大型クレーンによる事故 a. 吊り荷等による挟撃 b. ワイヤ切断による吊り荷の落下 ②高所からの転落 ③高所からの資材の落下 ④組立部材の倒壊 ⑤高所作業車による事故 a. 操作ミスによる接触・打撲
		目地工	①高所からの転落 ②高所からの資材の落下 ③高所作業車による事故 a. 操作ミスによる接触・打撲
		緊張工	①高所からの転落 ②高所からの資材の落下 ③高所作業車による事故 a. 操作ミスによる接触・打撲 ④PC鋼材切断による事故

表-3.5.64(1/2~2/2)より、場所打ち施工とプレハブ施工との共通点及び相違点は下記のように想定される。

<共通点>

①高所作業が多いため、高所からの転落及び資材の落下による事故が想定される。

<相違点>

①場所打ち施工

a. 支保工の倒壊

②プレハブ施工

a. 門形クレーンによる事故

b. 輸送時の事故

c. 大型クレーンによる事故

d. 組立部材の倒壊

e. 高所作業車による事故

f. PC鋼材切断による事故

上記のように場所打ち施工に比べプレハブ施工では、機械化施工による事故の危険性が増えることが予想される。

3) 工費の比較

工事費を計算するに当たり下記の資料に基づき積算を行った。

- ・土木工事積算基準マニュアル（建設大臣官房技術調査室 監修）
- ・建設省土木工事積算基準 （建設大臣官房技術調査室 監修）
- ・月刊 建設物価

上記の資料によることが困難ものについては、今回の実験の実績により人工数を想定して計算を行うものとする。

① 工費計算方法

a) 場所打ち施工

- ・ 共通仮設費＝直接工事費×率分
直接工事費＝ボックスハート製作工
- ・ 現場管理費＝純工事費×率分
純工事費＝直接工事費＋共通仮設費
- ・ 一般管理費等＝工事原価×率分
工事原価＝純工事費＋現場管理費

b) プレハブ施工

本実験の対象としている二次製品の組立に関する歩掛かり及び共通単価等は現在規定されていない。本章では、組立実験での人工数（作業員数）を参考に積算を行った。また、二次製品製作のための型枠はその工事で償却するものとして計算した。二次製品の単価及び二次製品製作のための型枠の金額は実験で採用した金額を使用している。また、共通仮設費等は率分として計算し、その計算方法は下記の考え方による。

$$\cdot \text{共通仮設費} = \text{直接工事費} \times \text{率分}$$

$$\text{直接工事費} = \text{輸送架設工} + \text{目地工} \quad (\text{二次製品購入費は含まない})$$

- ・ 現場管理費＝純工事費×率分
純工事費＝直接工事費＋共通仮設費＋二次製品購入費
- ・ 一般管理費等＝工事原価×率分
工事原価＝純工事費＋現場管理費

c) 工事費の比較

表－3.5.65に計算結果の総括表を示し、工事価格、場所打ちを基準とした工事価格の割合、経費、場所打ちを基準とした経費の割合、二次製品購入費及び工事費に占める割合を図－3.5.32～図－3.5.37に示す。なお、逆算とは、場所打ち施工と同金額とするために二次製品の購入価格を場所打ちの金額から逆算したものである。

表-3.5.65 工事費比較総括表

施工 延長	場所打ち工法		プレハブ工法									場所打ちとプレハブの比較 (プレハブ/場所打ち)	
			場所打ち工法の逆算による				見積りによる						
	工事価格 (円)	経 費 (円)	工事価格 (円)	経 費 (円)	PC部材購入費 (円)	kg/円	型枠 (基)	工事価格 (円)	経 費 (円)	PC部材購入費 (円)	kg/円	工事価格 (円)	経 費 (円)
15	13,693,850	4,475,000	13,693,850	3,976,000	6,259,000	17.4	2	31,302,730	7,931,000	19,400,000	54.0	228.6	177.2
							3	35,032,360	8,752,000	22,200,000	61.8	255.8	195.6
							4	38,755,810	9,567,000	25,000,000	69.6	283.0	213.8
30	26,497,780	8,686,000	26,497,780	7,333,000	12,273,000	17.1	2	54,291,300	13,390,000	33,200,000	46.2	204.9	154.2
							3	57,991,060	14,182,000	36,000,000	50.1	218.9	163.3
							4	61,682,580	14,966,000	38,800,000	54.0	232.8	172.3
45	39,042,150	12,345,000	39,042,150	10,504,000	18,221,000	16.9	2	77,052,240	18,628,000	47,000,000	43.6	197.4	150.9
							3	80,738,610	19,407,000	49,800,000	46.2	206.8	157.2
							4	84,405,410	20,167,000	52,600,000	48.8	216.2	163.4
60	51,427,900	15,850,000	51,427,900	13,561,000	24,129,000	16.8	2	99,671,040	23,728,000	60,800,000	42.3	193.8	149.7
							3	103,337,840	24,488,000	63,600,000	44.2	200.9	154.5
							4	107,000,520	25,244,000	66,400,000	46.2	208.1	159.3
平均						17.0					50.6	220.6	167.6

表中の「見積りによる」の費用は、実物大実験の実績をもとに算出した。

場所打ちとﾌﾟﾚﾊﾝﾌﾞ（型枠数考慮）との工事価格の比較

	15m	30m	45m	60m
場所打ち	13,693,850	26,497,780	39,042,150	51,427,900
ﾌﾟﾚ逆算	13,693,850	26,497,780	39,042,150	51,427,900
ﾌﾟﾚ型枠2基	31,302,730	54,291,300	77,052,240	99,671,040
ﾌﾟﾚ型枠3基	35,032,360	57,991,060	80,738,610	103,337,840
ﾌﾟﾚ型枠4基	38,755,810	61,682,580	84,405,410	107,000,520

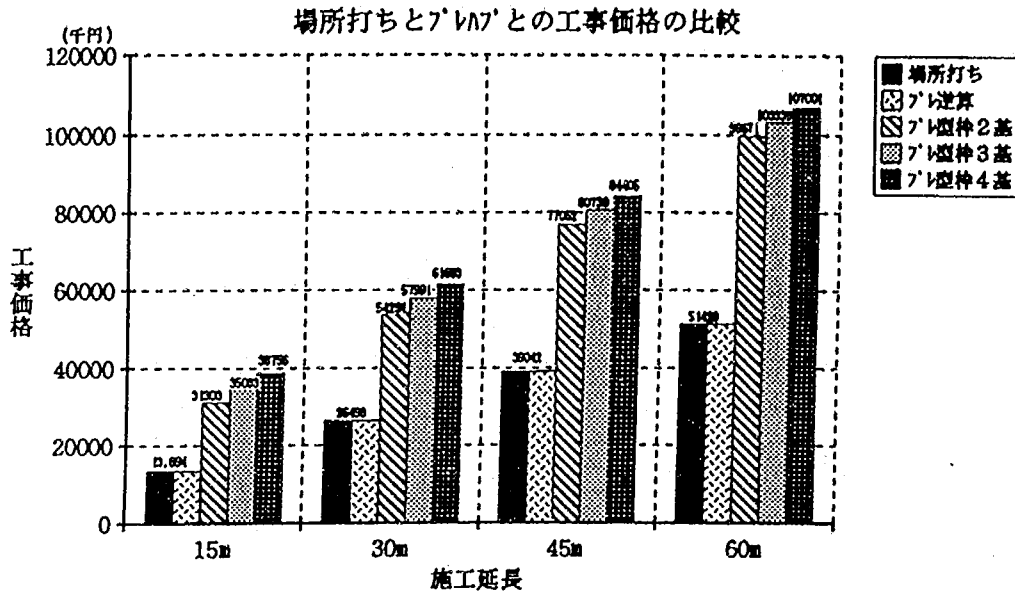


図-3.5.32 施工延長と工事価格の関係

場所打ちとﾌﾟﾚﾊﾝﾌﾞ（型枠数考慮）との工事価格の比較

	15m	30m	45m	60m
場所打ち	100	100	100	100
ﾌﾟﾚ逆算	100	100	100	100
ﾌﾟﾚ型枠2基	229	205	197	194
ﾌﾟﾚ型枠3基	256	219	207	201
ﾌﾟﾚ型枠4基	283	233	216	208

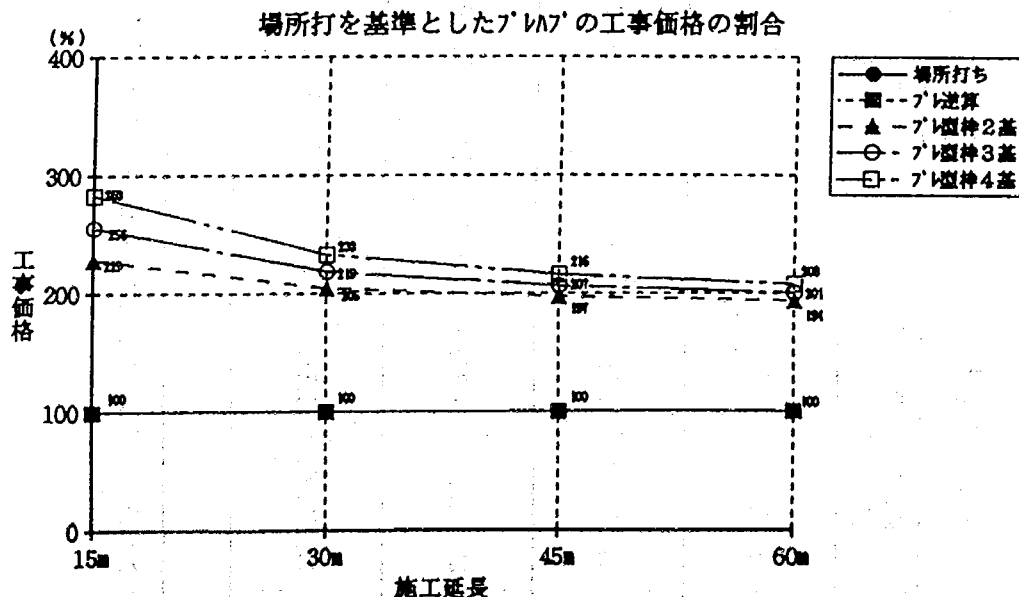


図-3.5.33 施工延長と場所打ちを基準とした工事価格の割合の関係

場所打ちとﾌﾟﾚﾊﾌﾞ (型枠数考慮) との経費の比較

	15m	30m	45m	60m
場所打ち	4,475,000	8,686,000	12,345,000	15,850,000
ﾌﾟﾚ逆算	3,976,000	7,333,000	10,504,000	13,561,000
ﾌﾟﾚ型枠2基	7,931,000	13,390,000	18,628,000	23,728,000
ﾌﾟﾚ型枠3基	8,752,000	14,182,000	19,407,000	24,488,000
ﾌﾟﾚ型枠4基	9,567,000	14,966,000	20,167,000	25,244,000

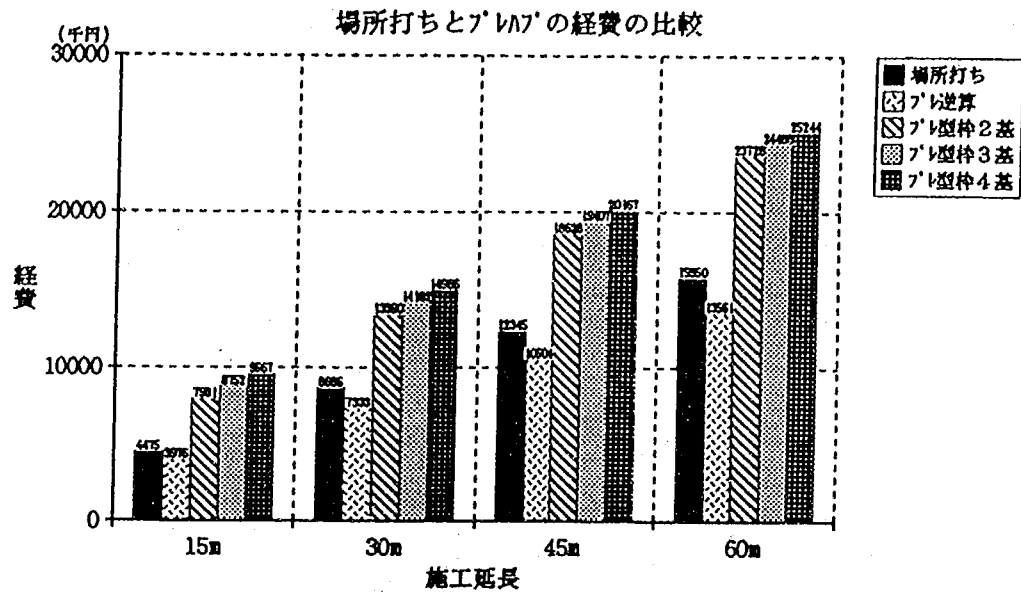


図-3.5.34 施工延長と経費の関係

場所打ちとﾌﾟﾚﾊﾌﾞ (型枠数考慮) との経費の比較

	15m	30m	45m	60m
場所打ち	100	100	100	100
ﾌﾟﾚ逆算	89	84	85	86
ﾌﾟﾚ型枠2基	177	154	151	150
ﾌﾟﾚ型枠3基	196	163	157	154
ﾌﾟﾚ型枠4基	214	172	163	159

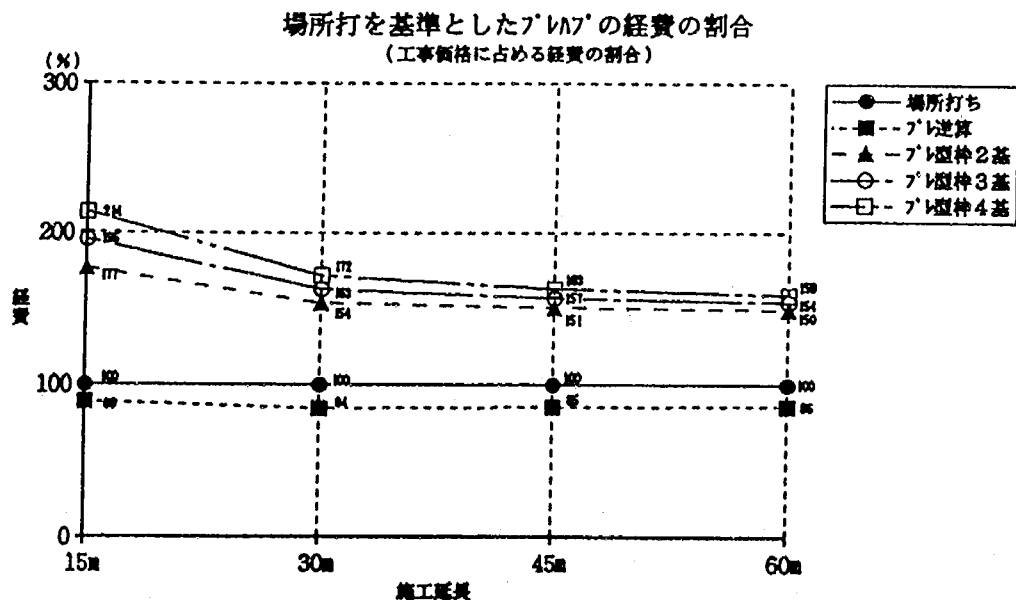


図-3.5.35 施工延長と場所打ちを基準とした経費の割合の関係

二次製品購入費及び工事価格に占める購入費の割合

	15m	30m	45m	60m	適用
ﾌﾟﾚ逆算	6,259,000	12,273,000	18,221,000	24,129,000	購入費
ﾌﾟﾚ型枠2基	19,400,000	33,200,000	47,000,000	60,800,000	
ﾌﾟﾚ型枠3基	22,200,000	36,000,000	49,800,000	63,600,000	
ﾌﾟﾚ型枠4基	25,000,000	38,800,000	52,600,000	66,400,000	
ﾌﾟﾚ逆算	46	46	47	47	工事価格に 占める購入 費の割合
ﾌﾟﾚ型枠2基	62	61	61	61	
ﾌﾟﾚ型枠3基	63	62	62	62	
ﾌﾟﾚ型枠4基	65	63	62	62	

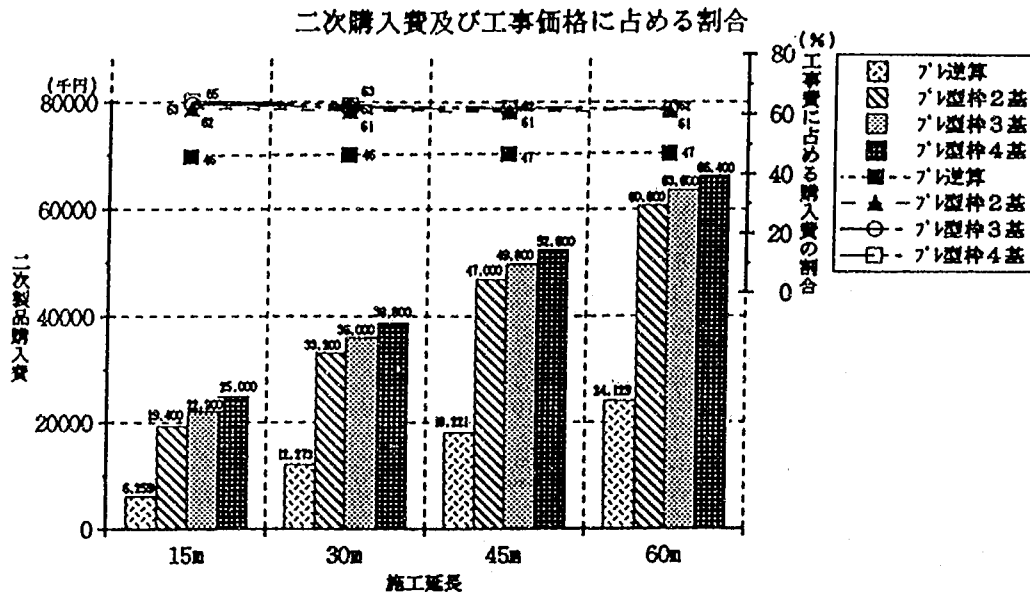


図-3.5.36 施工延長と二次製品購入費の関係

二次製品のkg単価及びﾌﾟﾚ逆算を基準としたkg単価の割合

	15m	30m	45m	60m	適用
ﾌﾟﾚ逆算	17.4	17.1	16.9	16.8	kg単価
ﾌﾟﾚ型枠2基	54.0	46.2	43.6	42.3	
ﾌﾟﾚ型枠3基	61.8	50.1	46.2	44.2	
ﾌﾟﾚ型枠4基	69.6	54.0	48.8	46.2	
ﾌﾟﾚ逆算	100	100	100	100	ﾌﾟﾚ逆算を 基準とした kg単価の 割合
ﾌﾟﾚ型枠2基	310	270	258	252	
ﾌﾟﾚ型枠3基	355	293	273	263	
ﾌﾟﾚ型枠4基	400	316	289	275	

二次製品単価及びﾌﾟﾚ逆算を基準とした割合

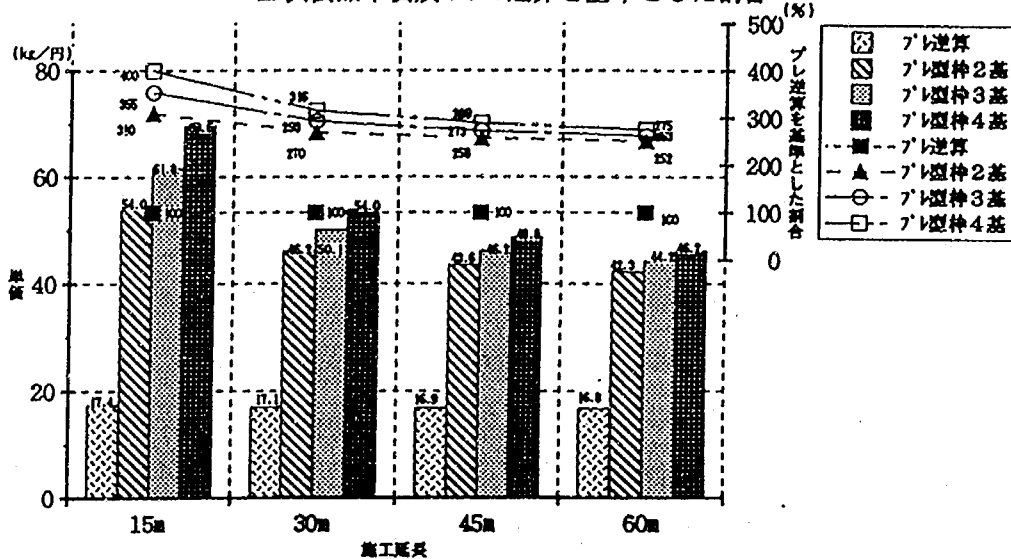


図-3.5.37 施工延長とkg単価の関係

計算結果より

- ①逆算による二次製品の単価は約17円/kgとなった。
- ②見積による二次製品の単価は平均で約50円/kgと逆算による単価の約3倍程度となった。この金額は、現在市販されているPCボックスカルバートの単価約40円/kgより10円/kg高く、PC橋（プレハブ桁）約50円/kgとほぼ同金額となった。このようにkg単価が高くなった理由として、当実験での見積りは、型枠を全損としているため割高となったことによる。
- ③プレハブ工法は、施工延長が長くなればなるほど場所打ち工法の工事価格に近づいていくが、グラフから判断して最終的には約2倍程度の工事価格と想定される。

4) まとめ

場所打ち施工とプレハブ施工とを工程、安全、工費の面で比較したが、結果として場所打ち施工に比べて現場工時期間は短くなるが、工費はかなり大きくなるものとなった。安全面においては、場所打ち施工に比べて大型重機を使用する期間が多いため注意項目は増えるが、現場施工日数が極端に短くなるため、災害が発生する頻度も当然減少してくる。

以上のような特徴を有するプレハブ施工は、現在建設業が抱えている労働者不足、熟練労働者不足、労働者の高齢化などに対しては有効であることは明確となったが、施工費を安くするためにも、他の二次製品と同様に、製品の規格化、標準化が必要となる。このためにも、プレハブ施工の市場での浸透を早急に進め、建設現場の施工革新を望むところである。

共同研究者名簿

機関・会社名	氏名	所属等	研究期間
建設省土木研究所	嶋津晃臣	機械施工部長	平成2年度
	久染勝行	"	平成3～4年度
	都丸徳治	"	平成4年度
	池村雅司	材料施工部長	平成3～5年度
	岡崎治義	"	平成6年度
	吉野文雄	企画部 先端技術開発研究官	平成2年度
	藤沢侃彦	" "	平成4～6年度
	杉山篤	機械施工部 機械研究室長	平成2～4年度
	吉田正	材料施工部 機械研究室長	平成5～6年度
	村松敏光	機械施工部 機械研究室 主任研究員	平成2年度
	野村正之	" " "	平成3～4年度
	梶田洋規	" " 研究員	平成2～3年度
	藤野健一	材料施工部 機械研究室 研究員	平成5～6年度
	宮武一郎	" " "	平成4～6年度
	大城智	" " "	平成4～6年度
	田中貢	機械施工部 施工研究室 研究員	平成2年度
	北嶋公生	" 機械研究室	平成2年度
	米村克己	" 機械研究室	平成3年度
(財)先端建設技術センター	赤松惟央	専務理事	平成2年度
	藤井崇弘	"	平成3～5年度
	酒井孝	"	平成5～6年度
	小宮山克治	常務理事	平成2～4年度
	佐々木康	"	平成5～6年度
	原田彪	研究第二部長	平成2～3年度
	糠沢宏二	"	平成4～5年度
	小川敏治	"	平成6年度
	豊田久里夫	研究第二部 主任研究員	平成2年度
	三浦哲志郎	" "	平成3～5年度
	羽田義治	" "	平成5～6年度
石川島建機(株)	渋谷直樹	クレーン特機事業部 副事業部長	平成3～6年度
	鈴木正夫	" 企画グループ 次長	平成3～6年度
	佐藤裕康	" 設計グループ 次長	平成3～6年度
	三村等	" 設計グループ 課長	平成3～6年度

機関・会社名	氏 名	所 属 等	研究期間
(株)大林組	内 藤 和 章	土木技術本部 技術第二部長	平成2～4年度
	扇 啓 祐	" 技術第四部長	平成5年度
	小 谷 克 己	" "	平成6年度
	塩 崎 弘	" 技術第二部 技術課長	平成2～3年度
	串 間 正 敏	" " "	平成4年度
	田 中 暉一郎	" 技術第四部 技術課長	平成2年度
	原 田 暁	" 技術第五部 技術課長	平成5～6年度
	大 石 守 夫	" 技術第二部 技術課長代理	平成3～4年度
	松 島 博 之	" 技術第四部 技術課長代理	平成5～6年度
	小 澤 郁 夫	" 技術第五部 技術課長代理	平成6年度
	前 田 章	" 技術第二部 技術課	平成2年度
	坂 本 秀 一	" " "	平成3～4年度
	誓 山 真	エンジニアリング本部 社会基盤プロジェクト部	平成5年度
	安 田 敏 夫	土木技術本部 技術第五部	平成6年度
	久 保 征 則	" "	平成6年度
(株)大本組	平 田 忠 積	技術本部 技術開発部長	平成2～6年度
	上 原 昭 治	土木本部 設計部 部長代理	平成2～6年度
	青 山 功	土木本部 設計部 第1設計課長	平成2～6年度
	福 武 栄 一	" " 第2設計課 主任	平成2～6年度
清水建設(株)	渡 辺 泰 充	土木本部 技術第一部 PCグループ長	平成2～6年度
	小 原 由 幸	" 機械技術部 主査	平成2～6年度
	羽 田 義 治	" 技術第一部 主査	平成2～5年度
	中 谷 芳 広	" " "	平成5～6年度
	沖 野 晃 一	" " "	平成2～6年度
住友建設(株)	鈴 木 正 和	土木本部 機械部 機械課長	平成2～3年度
	木 島 裕 一	" 土木部 技術課長	平成3～6年度
	斎 藤 基 文	" " "	平成3～6年度
	箱 田 富士夫	" 土木設計部 第一設計課長	平成5～6年度
	近 藤 真 一	" 土木部 設計第二課 課長代理	平成2年度
	佐 藤 克 己	" コンクリート製品部 技術課 課長代理	平成2～3年度
	土 家 眞 廣	" 土木設計部 第一設計課 副課長	平成4年度
	西 澤 直 樹	" コンクリート製品部 技術課 主任	平成2～6年度

機関・会社名	氏 名	所 属 等	研究期間
東急建設（株）	毎 田 敏 郎	技術本部 土木技術部 部長	平成2～6年度
	増 田 芳 久	" 技術研究所 土木研究部 土木構造研究室 室長	平成4年度
	岩 崎 禮栄雄	" 土木技術部 技術課 参事	平成2～3年度
	松 田 忠	" " 技術第一課 参事	平成2～4年度
	鈴 木 健 一	" " " "	平成5～6年度
	宮 城 敏 明	" 技術研究所 土木研究部 土木構造研究室 主任研究員	平成5～6年度
	遠 藤 健	" " 土木研究部 研究員	平成2～6年度
	勝 木 太	" 土木技術部 技術第一課 技術員	平成2～4年度
飛鳥建設（株）	増 渕 孝 二	技術本部 研究開発部長	平成2年度
	大河原 重 昭	" "	平成2～5年度
	猪 俣 正	" 土木技術開発部長	平成5～6年度
	長谷川 昌 弘	" 技術研究所 地盤研究室長	平成3～6年度
	田 中 齊	" 研究開発部 主任	平成2年度
	新 屋 栄 一	" " "	平成3年度
	笠 井 和 弘	" 土木技術開発部 "	平成3～6年度
	鈴 木 忠 好	" 構造技術部 "	平成2年度
日立建機（株）	小 野 耕 三	技術研究所 所長	平成2～6年度
	神 谷 健次郎	技術本部 第一技術部 部長	平成2年度
	古 川 雅 彦	ミシヅナ事業部 技術部 部長	平成2～4年度
	三 浦 哲志郎	技術本部 第三技術部 主任技師	平成2年度
	内 野 徹	大型建機事業部 クレーン設計部 主任技師	平成3～6年度
	稲 満 廣 志	大型建機事業部 技術グループ 主任技師	平成4～6年度
(株)フジタ	咲 花 昭 正	土木本部 設計部 技師長	平成2～6年度
	坂 元 健一郎	" " チーフエンジニア	平成2～4年度
	江 口 孝	" " "	平成5～6年度
	伊 藤 祐 二	技術本部 技術研究所 主任研究員	平成2年度
	大 坂 祐 造	土木本部 設計部 設計課 主任	平成3～4年度
	立 山 晃	" " "	平成4～6年度
フドウ建研（株）	竹 田 清 二	技術開発部 部長	平成2～6年度
	小 村 正 雄	" 技術開発課 課長	平成2～4年度
	岩 田 千 明	" 生産管理課 課長	平成2～3年度
	加 治 喜久夫	" 技術開発課 課長	平成5～6年度
	菊 池 誠 二	" 技術開発課 副参事	平成2～6年度
	南 伊三男	" 技術開発課 主事	平成4～6年度

注) 所属等は研究に携わった最終年度（研究期間の最終年度）時点の所属等を記載してある。

建設事業における施工新技術の開発土木部会 (プレキャストコンクリートワーキング)

魚本 健人	東京大学生産技術研究所第五部	教授
鈴木 明人	大成建設(株)生産技術開発部情報化施工開発室	室長
睦好 宏史	埼玉大学工学部建設工学科	助教授
辻 正哲	東京理科大学理工学部土木工学科	助教授
黒木 四男	日本道路公団建設第二部建設第五課	課長代理
為沢 長雄	水資源開発公団第一工務部設計課	課長補佐
三藤 重剛	清水建設(株)土木本部技術第一部	副部長
坂井 逸朗	住友建設(株)土木本部土木部	次長
山岡 亮介	(株)大林組東京本社技術開発企画室	次長
林 正道	建設省大臣官房技術調査室	係長
前内 永敏	建設省建設経済局建設機械課	調査第二係長
板屋 英治	建設省河川局河川計画課	技術基準係長
小林 肇	建設省河川局治水課	災害水防係長
藤兼 雅和	建設省河川局海岸課	技術第一係長
渡辺 正一	建設省河川局砂防部砂防課	直轄技術係長
福田 敬大	建設省道路局企画課	係長
吉田 正	建設省土木研究所材料施工部機械研究室	室長
河野 広隆	建設省土木研究所材料施工部コンクリート研究室	室長
藤野 健一	建設省土木研究所材料施工部機械研究室	研究員
宮武 一郎	建設省土木研究所材料施工部機械研究室	研究員
宮武 裕昭	建設省土木研究所材料施工部施工研究室	研究員
村椿 良範	建設省土木研究所積算技術センターシステム課	技術基準係長
羽田 義治	(財)先端建設技術センター研究第二部	主任研究員
植野 芳彦	(財)国土開発技術研究センター研究第二部	主任研究員
乙藤 寛治	(財)国土開発技術研究センター研究第二部	上席主任研究員

国民生活と産業活動の基盤となる住宅・社会資本の整備が進む中で、土木分野の産業やその技術が重要となっている。一方で、就業者の高齢化や熟練労働者の不足など多くの問題に直面している。このような状況の下、コンクリート工のプレハブ化に寄せる期待は大きいものがある。

本共同研究は、構造物及び部材の大型化や施工の機械化の際に発生が想定される問題点を明らかにするとともに、大型プレハブ化・機械化を前提とした工法を提案したものである。

しかしながら、コンクリート構造物のプレハブ化に関して、本共同研究ですべてが明らかになったわけではなく、まだまだ研究開発すべき部分があると思われる。プレハブ化の推進にあたっては今後も官民協同で研究開発する必要があると思われる。

また、今回提案した工法については、一通り試験室レベルでの実験確認を終えており、今後は現場での技術的な検証を通じて完成度を高めていく必要があると思われる。本共同研究の成果が試験フィールド事業やパイロット事業等に広く活用されることを期待するものである。

最後に、本共同研究の推進にあたり、ご指導、ご鞭撻を頂いた、合理化施工分科会、プレキャストコンクリートワーキンググループの委員の方々に、深く感謝の意を表する次第である。

コンクリート二次製品の
設計・施工技術の開発に関する研究
共同研究報告書 (I)

共同研究報告書 第124号
平成7年3月(1995)

土木分野のコンクリート構造物の施工における省力化・省人化、作業の単純化、過酷な作業からの解放のため、機械化施工を前提とした大型コンクリート二次製品による大型プレハブ工法の開発を行った。本工法は、現在、場所打ちで施工されている逆T等の鉄筋コンクリート造擁壁、大型ボックスカルバート構造物について、延長方向及び鉛直方向に分割したプレキャスト部材を大型の施工機械を用いて据付け、組み立て構築するものであり、鉛直方向の継手部にモルタル充填継手を適用したものである。本報告書は、研究成果をとりまとめたものであり、需要と課題に関する調査結果、設計及び施工上の課題と検討及び実験の結果について報告するものである。

キーワード: 二次製品、プレキャスト、擁壁、ボックスカルバート、プレハブ、モルタル充填
継手



郵便はがき

305□□

50円切手
をはって
下さい。

茨城県つくば市大字旭一番地

建設省土木研究所

材料施工部機械研究室

No. _____

No. _____

配布先氏名

配布先住所



土木研究所資料 第124号 部

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3344号~~

~~ステンレス鋼のダム用ゲート適用に
関する試験調査~~