

プレキャストコンクリート型枠の
設計・施工技術の開発に関する研究
共同研究報告書(Ⅱ)

平成8年2月

建設省土木研究所
材料施工部機械研究室
財団法人 先端建設技術センター

株式会社大林組	鹿島建設株式会社	佐藤工業株式会社
清水建設株式会社	大成建設株式会社	株式会社竹中土木
秩父小野田株式会社	飛鳥建設株式会社	西松建設株式会社
日本国土開発株式会社	株式会社フジタ	不動建設株式会社
前田建設工業株式会社		

Copyright © (1996) 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。

プレキャストコンクリート型枠の 設計・施工技術の開発に関する研究 共同研究報告書（Ⅱ）

建設省土木研究所 材料施工部 機械研究室

財団法人 先端建設技術センター

株式会社大林組	鹿島建設株式会社
佐藤工業株式会社	清水建設株式会社
大成建設株式会社	株式会社竹中土木
秩父小野田株式会社	飛鳥建設株式会社
西松建設株式会社	日本国土開発株式会社
株式会社フジタ	不動建設株式会社
前田建設工業株式会社*	

*平成3年度より参加

要 旨

建設省総合技術開発プロジェクト「建設事業における施工新技術の開発」の中で、「プレキャストコンクリート型枠の設計・施工技術の開発に関する研究」が平成2年度から平成6年度まで建設省土木研究所、財団法人先端建設技術センター、民間企業13社による共同研究として実施された。

本研究は建設事業における生産性の向上、安全性の向上、作業環境の改善を図る方策として型枠を大型プレキャスト部材で製作し、そのまま構造物の外壁とする工法の開発を行うものである。型枠部材の接合は鉛直方向ではモルタル充填継手を利用し、水平方向は添え筋方式の簡易継手を利用する。また、型枠部材はコンクリート打設面にジベル筋やコッターを配するとともに、主鉄筋を内部に配してあるために、構造断面として評価できるものである。

本報告書はこの工法の開発にあたって実施された各種実験について取りまとめを行い、報告するものである。

キーワード：プレキャストコンクリート型枠、プレキャスト型枠、二次製品、プレキャスト製品、橋脚、プレハブ、モルタル充填継手、簡易継手（添え筋方式）

共同研究者氏名

機関・会社名	氏 名	役 職 名	担当年度
建設省土木研究所	都 丸 徳 治	次長	H 4
	嶋 津 晃 臣	機械施工部長	H 2
	久 楽 勝 行	〃	H 3～H 4
	池 村 雅 司	材料施工部長	H 3、H 5
	岡 崎 治 義	〃	H 6
	吉 野 文 雄	企画部 企画課 先端技術開発調整官	H 2
	藤 沢 侃 彦	〃 〃 〃	H 4～H 6
	杉 山 篤	機械施工部 機械研究室 室長	H 2～H 4
	村 松 敏 光	〃 〃 主任研究員	H 2
	野 村 正 之	〃 〃 〃	H 3～H 4
	梶 田 洋 規	〃 〃 研究員	H 2～H 3
	北 嶋 公 生	〃 〃	H 2
	河 野 広 隆	材料施工部 コンクリート研究室 室長	H 2～H 6
	吉 田 正 一	〃 機械研究室 室長	H 5～H 6
	藤 野 健 一	〃 〃 研究員	H 5～H 6
	宮 武 一 郎	〃 〃 〃	H 4～H 6
	米 村 克 己	〃 〃	H 3～H 6
(財)先端建設技術センター	赤 松 惟 央	専務理事	H 2
	藤 井 崇 弘	〃	H 3～H 4
	酒 井 孝 孝	〃	H 5～H 6
	小宮山 克 治	常務理事	H 2～H 4
	佐々木 康	〃	H 5～H 6
	原 田 彪	研究第二部長	H 2～H 3
	糠 沢 宏 二	〃	H 4～H 5
	小 川 敏 治	〃	H 6
	大内田 博 喜	研究第二部 主任研究員	H 2～H 3
	垣 内 幸 雄	〃 〃	H 4～H 5
(株)大林組	羽 田 義 治	〃 〃	H 5～H 6
	扇 啓 祐	土木技術本部 技術第四部長	H 2～H 4
	小 谷 克 己	〃 〃	H 5
	友 石 研 二	〃 技術第五部長	H 6
	原 田 暁	〃 技術第五部 副部長	H 2～H 6
	入 矢 桂史郎	〃 〃 技術課長	H 2～H 6
	松 島 博 之	〃 〃 技術課長代理	H 6
小野田セメント(株)	久 保 征 則	〃 〃 技術課	H 6
	大 森 淑 孝	中央研究所セメントコンクリート研究所 所長代理	H 3～H 5
	大 森 啓 至	〃 〃 主席研究員	H 2
	伊 藤 敬 和	〃 〃 主任研究員	H 2
	中 荃 義 和	〃 〃 研究員	H 2

機関・会社名	氏 名	役 職 名	担当年度
小野田セメント(株)	児 玉 明 彦	中央研究所セメントコンクリート研究所 研究員	H 2～H 5
	藤 原 豪 紀	〃 〃	H 3～H 4
	熊 沢 憲 一	〃 〃	H 3～H 5
	宮 崎 孝 一	〃 〃	H 4～H 5
	多 田 克 彦	〃 〃	H 6
鹿島建設(株)	久保田 宗 孝	土木設計本部 本部次長	H 2～H 6
	安 永 正 道	〃 第二設計部 設計長	H 2～H 4
	新 谷 毅 毅	〃 〃 〃	H 4～H 5
	村 尾 義 則	〃 〃 〃	H 6
	古 川 直 樹	〃 〃 設計主査	H 2～H 3
	梶 本 恵 太	〃 〃 副主査	H 6
	万 木 正 弘	技術研究所 主管研究員	H 2～H 6
佐藤工業(株)	信 田 佳 延	〃 主任研究員	H 2～H 5
	岩 藤 正 彦	中央技術研究所 副所長	H 2、H 5
	弘 中 義 昭	〃 土木研究部 主任研究員	H 2～H 6
	伊 東 良 浩	〃 〃 〃	H 2～H 4
清水建設(株)	宇 野 洋 志 城	〃 〃 研究員	H 5～H 6
	阿 部 久 雄	土木本部 技術第一部 主査	H 4～H 6
	江 渡 正 満	〃 〃 主任	H 2～H 6
	名 倉 健 二	〃 技術企画部 主任	H 3～H 4
	小 原 山 幸	〃 機械技術部 主査	H 2
	木 村 克 彦	技術研究所 建設技術研究部 主任研究員	H 2
	関 島 謙 蔵	技術開発センター 特別技術開発グループ 主査	H 2～H 4
大成建設(株)	和 田 孝 史	〃 生産技術開発部(土木) グループ長	H 3～H 6
	内 藤 隆 史	技術研究所 副所長	H 2～H 5
	大 友 健 健	〃 副主任研究員	H 2～H 5
(株)竹中土木	小 林 峯 男	土木本部土木技術本部 第五技術室 課長	H 2～H 5
	神 崎 靖	技術開発本部 副本部長	H 2～H 5
	桜 井 洋	〃 技術開発部 専門課長	H 2～H 5
	大 森 秀 高	〃 〃 専門係長	H 2
	安 藤 慎 一郎	〃 〃 技術課員	H 3～H 5
	伊 藤 孔 一	工事本部 技術部 技術係長	H 2～H 5
	布 谷 一 夫	竹中技術研究所 担当研究員	H 2～H 4
	山 田 敏 昭	〃 研究員	H 5

機関・会社名	氏 名	役 職 名	担当年度
秩父セメント(株)	吉 田 八 郎	中央研究所 開発部 部長	H 5
	石 崎 寛治郎	〃 〃 副部長	H 2～H 4
	小 柳 直 昭	〃 〃 主任研究員	H 2～H 3
	来 海 豊	〃 〃 〃	H 2～H 5
	奥 山 康 夫	〃 〃 研究員	H 2～H 5
	渡 邊 武 生	〃 〃 〃	H 4～H 5
	村 上 和 幸	〃 〃 〃	H 4～H 5
飛鳥建設(株)	増 渕 孝 二	技術本部 研究開発部長	H 2
	大河原 重 昭	〃 〃	H 2～H 5
	猪 俣 正	〃 土木技術開発部長	H 5～H 6
	長谷川 昌 弘	〃 技術研究所 地盤研究室長	H 3～H 6
	田 中 斉 信	〃 〃 材料研究室長	H 2～H 6
	平 間 昭 信	〃 〃 材料研究室 主任	H 2～H 6
西松建設(株)	大 矢 一 夫	技術研究所 研究部長	H 2～H 6
	松 井 健 一	〃 主任研究員	H 2～H 6
	伊 藤 忠 彦	〃 研究員	H 2～H 6
	佐 藤 幸 三	〃 〃	H 5～H 6
	松 井 鐘 司	〃 〃	H 2～H 3
	原 田 耕 司	〃 〃	H 4～H 6
日本国土開発(株)	竹 下 治 之	技術本部 技術開発研究所 所長	H 2～H 6
	藤 沢 均	〃 機電センター 課長	H 2～H 6
	渡 辺 篤	エンジニアリング本部 課長	H 2～H 4
	浅 沼 潔	技術本部 技術開発研究所 第三研究室 主任研究員	H 2～H 6
(株)フジタ	古 賀 重 利	技術研究所 第一研究部 部長	H 2
	伊 藤 祐 二	〃 〃 主任研究員	H 2
	神 田 享	〃 〃 主任	H 2
	和 久 昭 正	〃 生産技術研究部 部長	H 3～H 4
	青 景 平 昌	〃 〃 〃	H 2～H 6
	吉 野 次 彦	〃 〃 リーダ	H 3～H 6
	笹 谷 輝 勝	〃 〃 主任研究員	H 2～H 6
	石 村 玄 二	土木本部 設計部 主任	H 2
不動建設(株)	末 松 直 幹	土木事業本部 副本部長	H 2～H 3
	寺 田 正 治	東京支店 土木部長	H 4
	川 瀬 泰 裕	技術開発本部 土木技術開発部 生産技術グループ リーダ	H 5～H 6
	倉 持 栄 一	〃 〃 〃	H 4～H 6
	苗 村 康 造	〃 設計開発グループ リーダ	H 2～H 4
	加 藤 康 司	〃 〃 〃 技術員	H 2～H 3
	中 嶋 健 治	中央研究所 参事	H 2～H 6

機関・会社名	氏 名	役 職 名	担当年度
前田建設工業㈱	山 村 健	技術研究所 所長	H 4 ～ H 5
	山 田 一 宇	〃 副所長	H 3
	横 沢 和 夫	〃 次長	H 3 ～ H 5
	出 頭 圭 三	〃 土木材料研究室 室長	H 3
	舟 橋 政 司	〃 〃 主任研究員	H 3 ～ H 5
	原 夏 生	〃 土木構造研究室 研究員	H 4 ～ H 5

は じ め に

平成5年度建設白書によれば、近年の建設業では一人あたりの実質労働生産性の伸び悩みや労働災害死亡者の一定化などが見られ、生産技術や安全技術にこれまで以上の進歩が期待されている。また、今後の高齢化社会の進展による経済トレンドの低成長化が予測されており、建設業の生産性の確保及びそれに起因する良質な社会資本の構築・維持のためにも建設現場の施工技術の高度化が急がれる。

建築分野ではコンクリート構造物に対してプレハブ化がいち早く進められ、生産性の向上、省人化、安全性の確保、作業環境の改善を実現している。一方、土木分野では対象構造物が大型であることや、立地環境などの条件により設計が大きく左右される単品生産型であることがプレハブ化の大きな支障となっていた。

平成2年度から平成6年度までの5年間、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「プレキャストコンクリート型枠の設計施工技術の開発に関する研究」が建設省、財先端技術センター、民間13社（㈱大林組、鹿島建設㈱、佐藤工業㈱、清水建設㈱、大成建設㈱、㈱竹中土木、秩父小野田㈱、飛鳥建設㈱、西松建設㈱、日本国土開発㈱、㈱フジタ、不動建設㈱、前田建設工業㈱）により実施された。

このプレキャスト型枠工法は、大型構造物の外周を分割した形状の部材（コンクリート二次製品）を製作し、それを現地で組み立て、内部に二次コンクリートを打設するもので、従来の型枠工や型枠材、足場等を効率化する工法である。今回の研究では、主鉄筋をプレキャスト二次コンクリートの一体化により、型枠部材を構造断面として評価できるものとした。この工法の適用により、効率的かつ安全な施工技術の確立と、部材としての設計標準化への門戸を開くことによる製作サイクルの確立や製品コスト低減などが期待され、それらの帰結として土木構造物のプレハブ化に向けての大きな前進が期待される。

目 次

はじめに	頁
1. 概 要	1
1.1 研究の背景及び目的.....	1
1.2 研究の進め方.....	1
2. プレキャスト型枠を用いた構造物の基本計画	5
2.1 プレキャスト型枠の概念.....	5
2.2 プレキャスト型枠の特長.....	7
2.3 開発上の課題.....	7
3. 要素実験	9
3.1 一面せん断実験.....	9
3.1.1 概 要.....	9
3.1.2 実験方法.....	9
3.1.3 実験結果及び考察.....	11
3.1.4 ま と め.....	13
3.2 梁試験体による一体化確認実験.....	14
3.2.1 概 要.....	14
3.2.2 実験方法.....	14
3.2.3 実験結果.....	15
3.2.4 ま と め.....	16
3.3 鉛直接合部の継手性能試験.....	17
3.3.1 概 要.....	17
3.3.2 配力筋の継手方法.....	17
3.3.3 供 試 体.....	17
3.3.4 実験方法.....	19
3.3.5 実験結果及び考察.....	19
3.3.6 ま と め.....	21
3.4 橋脚モデル実験.....	21
3.4.1 概 要.....	21
3.4.2 供 試 体.....	21

3.4.3	実験方法	22
3.4.4	実験結果及び考察	24
3.4.5	ま と め	26
4.	モルタル充填継手の施工方法に関する実験	27
4.1	概 要	27
4.2	モルタルの充填方法	27
4.3	供試体及び実験方法	28
4.4	実験結果及び考察	34
4.4.1	モルタルの充填状況	34
4.4.2	モルタルの注入圧力	37
4.5	ま と め	38
5.	試験施工	39
5.1	設 計	39
5.1.1	形状寸法	39
5.1.2	橋脚の設計	40
5.1.3	プレキャスト型枠と二次コンクリートの一体化の設計	41
5.1.4	構造細目の検討	42
5.1.5	施工時検討	43
5.2	製 造	44
5.2.1	製造工程	44
5.2.2	製品の出来調査	47
5.2.3	製造に関する変更事項	47
5.3	施 工	48
5.3.1	施工日程	48
5.3.2	施工概要	49
5.3.3	構造物の品質調査	51
おわりに		52

1. 概 要

1.1 研究の背景及び目的

平成5年度建設白書によれば、近年の建設業では一人あたりの実質労働生産性の伸び悩みや労働災害死亡者数の一定化などが見られ、生産技術や安全技術にこれまで以上の進歩が期待されている。また、今後の高齢化社会の進展による経済トレンドの低成長化が予測されており、建設業の生産性の確保及びそれ起因する良質な社会資本の構築・維持のためにも建設現場の施工技術の高度化が急がれる。

建築分野ではコンクリート構造物に対してプレハブ化がいち早く進められ、生産性の向上、省力化、安全性の確保、作業環境の改善を実現している。一方、土木分野では対象構造物が大型であることや、立地環境などの条件により設計が大きく左右される単品生産型であることがプレハブ化の大きな支障となっていた。

今回研究したプレキャスト型枠工法は、大型構造物の外周を分割した形状の部材（コンクリート二次製品）を製作し、それを現地で組み立て、内部に二次コンクリートを打設するもので、従来の型枠工や型枠材、足場等を効率化する工法である。今回の研究では、主鉄筋をプレキャスト型枠内部に配することにより、鉄筋工の一部合理化も図っている。また、型枠部材と二次コンクリートの一体化により、型枠部材を構造断面として評価できるものとした。

本研究では、この工法の開発により、効率的かつ安全な施工技術を確立し、土木構造物の施工における省人化・省力化、作業の単純化、作業員の苦渋作業の簡素化などを行うことを目的とするものである。また、この工法の確立により、部材としての設計標準化による製作サイクルの確立や製品のコスト低減などが期待でき、それらの帰結として土木構造物のプレハブ化に向けての大きな前進が期待される。

1.2 研究の進め方

本研究の年度別研究内容を以下に示す。

平成2年度

- 1) プレキャスト型枠工法について実態調査、文献調査及び需要動向調査等を行い、研究のための環境整備及びケーススタディのための対象構造物の評価・選定を実施。
- 2) 具体的な構造物を対象にケーススタディを行い発生が予想される技術的問題点の抽出及び経済性などの評価を行い、開発課題を設定。

平成3年度

- 1) ケーススタディの結果を踏まえて、プレキャスト型枠工法の研究・開発に適した対象構造物を選定。
- 2) 基本設計を行い、要素実験計画を立案。
- 3) 大型のプレキャスト型枠部材の相互の結合技術、部材・継手・組立強度、型枠と二次コンクリートの一体化、施工技術管理等について要素実験を行い基礎技術を確立。

- 4) 施工手順の提案及び施工条件を設定することにより基本施工計画を作成。
- 5) 個々に行われた部材の概略設計、基本施工計画、施工機械の概略計画を総合的に比較検討し、各々をリンクさせトータルの最も合理的施工ができるように改善すべき点を抽出。

平成4年度

- 1) 抽出された点を改善し、試験施工のための部材の詳細設計、詳細施工計画、施工機械の詳細設計を実施。
- 2) 新たに提案した重ね継手の力学的強度に関する要素実験を行い、部材詳細設計手法を検討。
- 3) プレキャスト型枠の据付に適合した施工機械の概念設計を実施。
- 4) プレキャストコンクリート型枠設計・施工技術資料（原案）の取りまとめを実施。

平成5年度

- 1) プレキャストコンクリート型枠設計・施工技術資料（案）の作成を実施。
 - 2) 設計・施工技術資料（案）に基づき、詳細なフィージビリティスタディを実施。
- この際、改善点について技術資料（案）にフィードバックを実施。

平成6年度

- 1) モルタル充填継手充填性確認試験を実施。
- 2) 試験施工を実施。（試験フィールド制度の適用）
- 3) 試験施工の結果を総合評価。

この全体研究計画フローを図-1.2に示す。

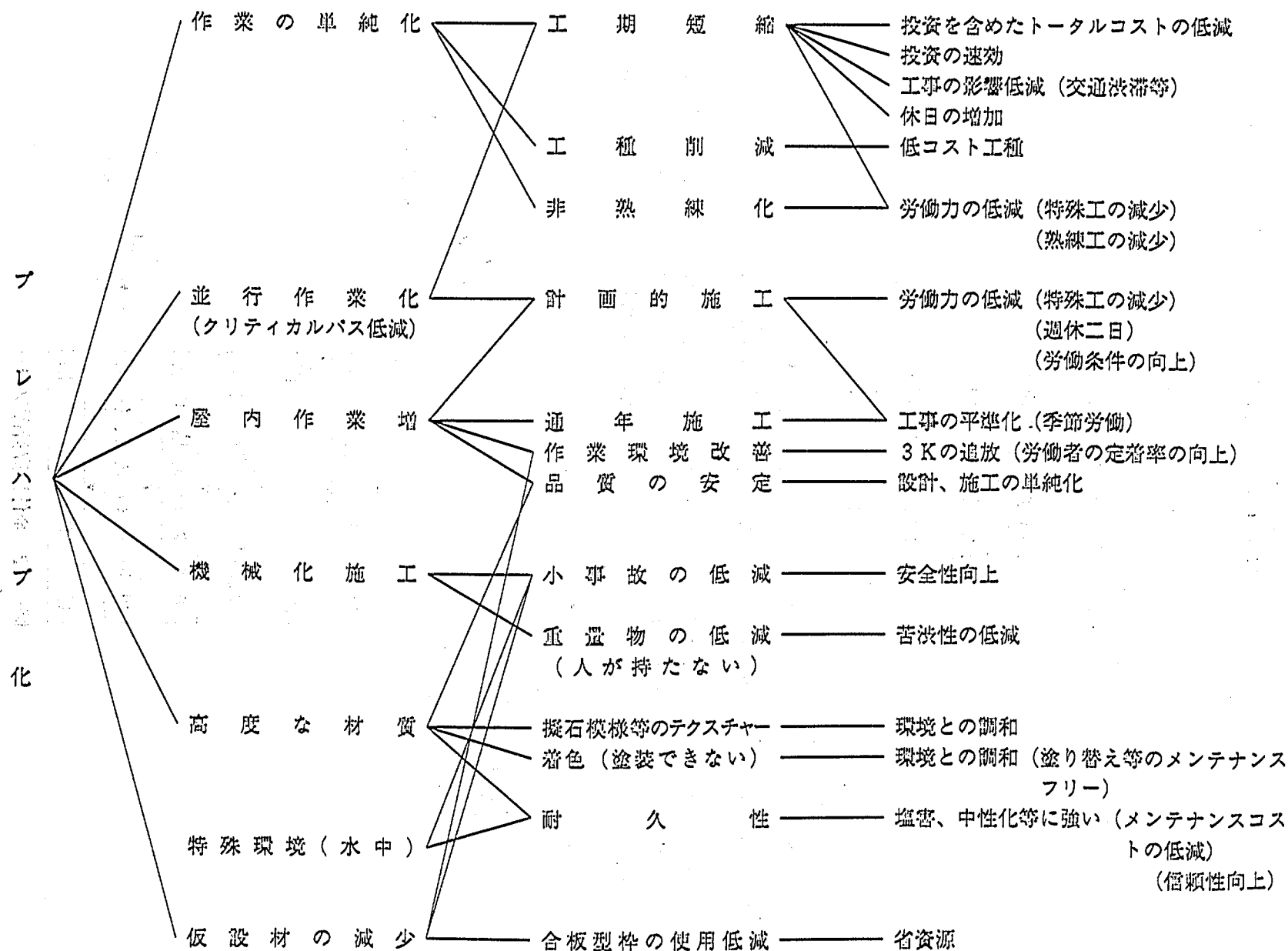


図-1.1 コンクリート構造物のプレハブ化のコンセプト

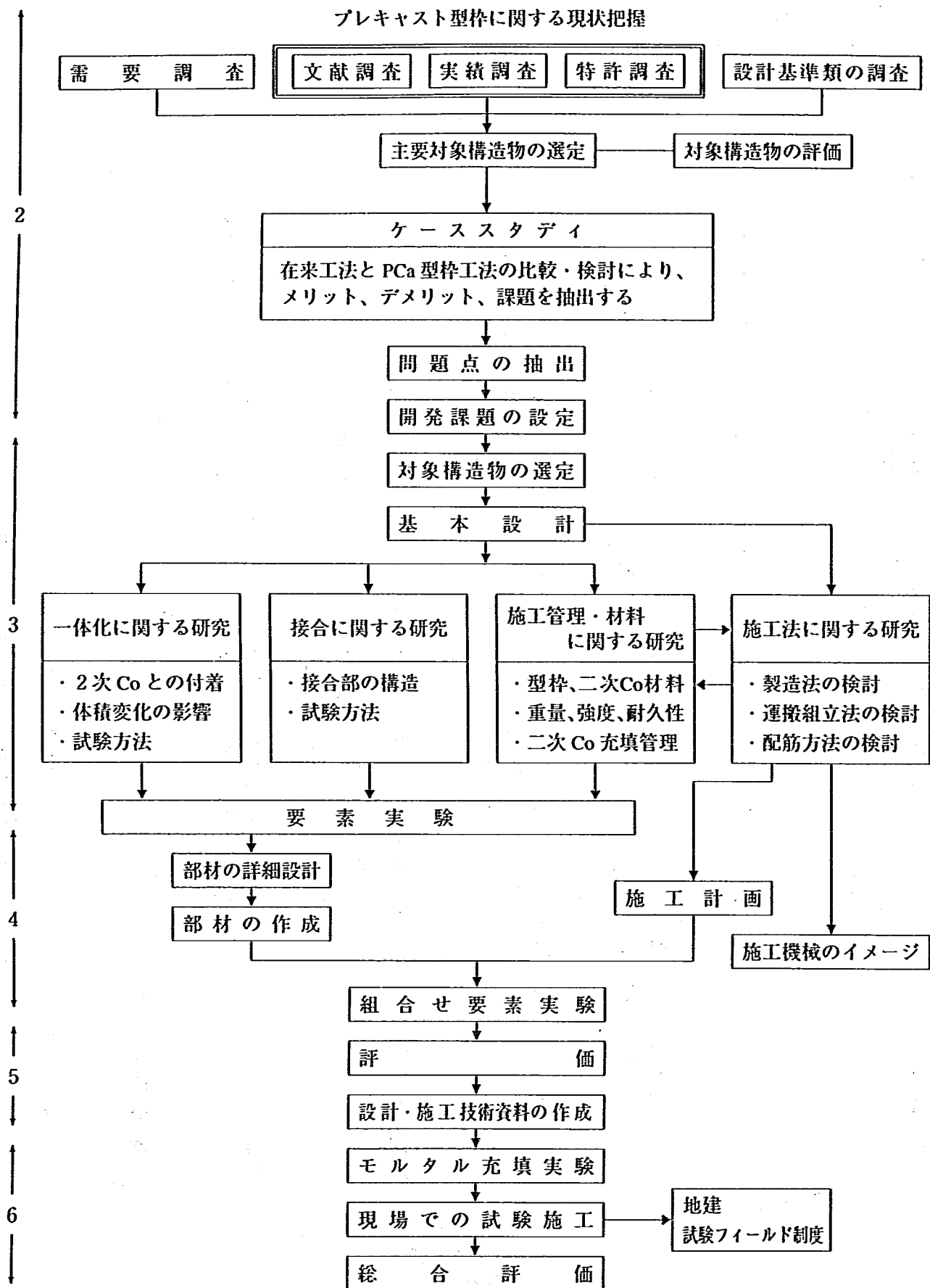


図-1.2 全体研究計画フロー

2. プレキャスト型枠を用いた構造物の基本計画と課題

2.1 プレキャスト型枠の概念

工事の省力化・省人化（そして最終的には機械化）を目的としてプレキャスト型枠を考える場合、工事の中で最も複雑な作業である鉄筋工・型枠工を工場生産として、プレキャスト化し、現地の作業を型枠の据付けと内部コンクリート打設とする施工法が合理的である。

この観点から次の概念をもつプレキャスト型枠を開発した。

- ① 主筋・配力筋などの鉄筋の大部分をプレキャスト型枠内に組み込む。
- ② 構造体の一部として機能させるために後打ちコンクリート（二次コンクリートと称す）と構造上一体化する。
- ③ 構造体の一部として機能させるために、プレキャスト型枠相互は、構造上一体化する。

これまで、耐久性を確保するために鉄筋のかぶり内に存在する薄肉型枠や、本体利用したい厚肉 RC 型枠は、使用実績がある。しかし、構造上、主筋や配力筋を含み、構造上の一体化を保証する型枠は使用例がない。

このため、新しい型枠として次の要求仕様を満足する型枠を開発した。

表-2.1.1 プレキャスト型枠の要求仕様と概念

要 求 仕 様	満 足 す る 対 策
主筋・配力筋を組み込んだプレキャスト型枠	・設計基準強度400kgf/cm ² 程度の高強度コンクリートを用いて、プレキャスト厚20cm程度の型枠とする。
プレキャスト型枠と二次コンクリートの一体化	・せん断力伝達による一体化のため、コッターを設ける。 ・プレキャスト型枠のはく離防止とコッターの機能を確実なものとするためにジベル筋を設ける。
プレキャスト型枠相互の一体化	・主筋の継手にはモルタル充填継手を用いる。 ・配力筋の継手には、プレキャスト型枠には組み込まない簡易継手を開発し、適用する。

これを満足するために、開発したプレキャスト型枠の概念を図-2.1.1、図-2.1.2に示す。

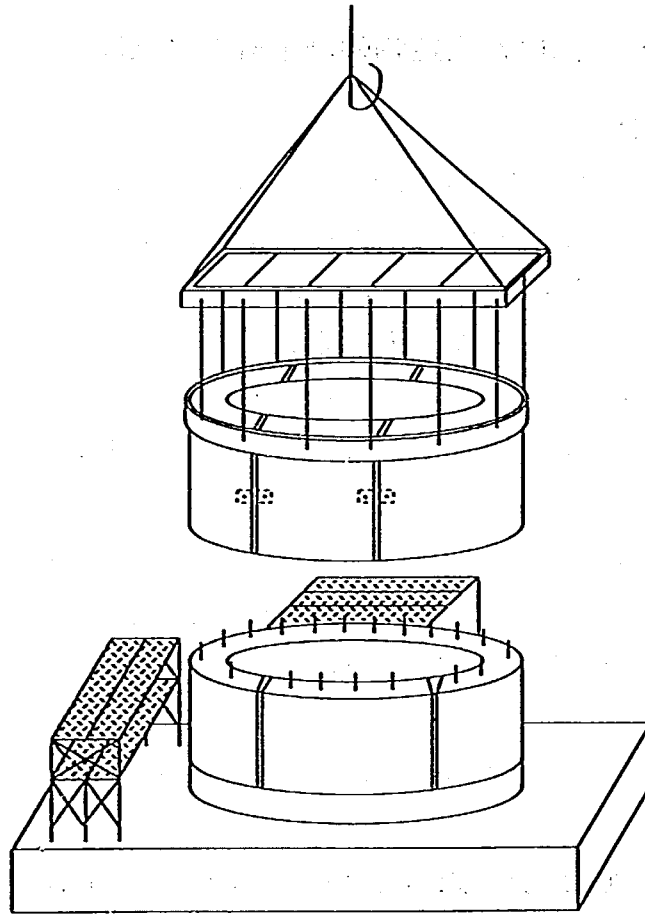


図-2.1.1 プレキャスト型枠の建込み例

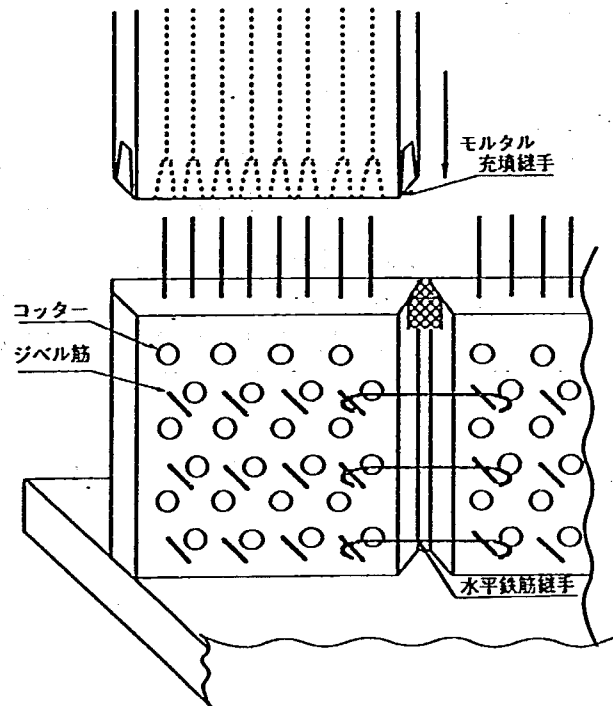


図-2.1.2 プレキャスト型枠の継手構造

プレキャスト型枠の概念をまとめると以下のようである。

- ① 作業の効率化 ・建設サイトでの型枠・鉄筋組立て作業を単純化する
・型枠、鉄筋工事の一部を別の場所で施工し、ユニット化する
- ② 工期の短縮 (並行作業) ・建設サイトでの作業を減じ、一部の作業を工場で行うことより並行作業を行い、工期短縮を図る
- ③ 機械化施工 (省人化) ・作業基地でのプレハブ組立を行い、建設サイトでの作業の機械化を図る
- ④ 高品質化 (トータルコスト低減) ・工場での十分な品質管理のもとに製造された製品を利用する
- ⑤ 耐久性向上 ・構造物の外壁に高耐久コンクリートを用いることにより、構造物の高耐久化を図る
- ⑥ 環境の保全 ・使い捨て材料を減少させる
(木材、プラスチック)

工事のプレキャスト化

大きな断面の土木構造に対応できるように

鉄筋を組込んだプレキャストコンクリート型枠

2.2 プレキャスト型枠の特長

ここで開発したプレキャスト型枠は、本体利用ということを実現にするほか、次の特長を有している。

- ① 構造物の大きさ形状は従来設計と同じとすることができる。
- ② 型枠内に主筋 (あるいは、主筋の一部) を組み込みコンクリートの側圧に抵抗するとともに構造物完成後、主筋として機能する。
- ③ 厚肉型枠であり、型枠として剛性を有しており、一部架設も可能でそれにより足場、支保工を軽減できる。
- ④ 建設サイトでの作業が架設、コンクリート打設のみとなり、単純化できる。
- ⑤ 機械化施工へ開発がつながる。
- ⑥ 工場製品であり、外壁として美観、景観に配慮できる。

2.3 開発上の課題

本研究ではプレキャスト型枠の適用、プレキャスト型枠を用いた橋脚の設計・対象を橋脚に絞って、研究を進める際の開発課題について検討した。その結果、次の課題を抽出し、本プロジェクトで開発することとした。

(1) 設計手法の確立

プレキャスト型枠を利用した橋脚の設計を行うために開発を進める事項は次のものである。

- ・プレキャスト型枠を使用した場合の設計フローの確立
- ・二次コンクリートとプレキャスト型枠の一体化の手法と設計方法の確立
- ・プレキャスト型枠相互の接合のうち、主筋接合方法と設計手法の確立
- ・配力筋（主筋と直角方向鉄筋）の接合方法の開発と配力筋接合部の設計手法の確立

(2) 製造方法の確立

- ・精度確保
- ・充填方法
- ・美観向上

3. 要素実験

3.1 一面せん断実験

3.1.1 概 要

プレキャストコンクリート型枠（以下、PCa型枠と記す）は、省力・省人化・熟練度の軽減及び工期短縮などの施工合理化面で優れた工法であると考えられている。しかしながら、その設計技術においては、PCa型枠と二次コンクリートとの一体性、PCa型枠間の水平・鉛直接合性の評価が重要な検討課題であると考えられた。

そこで、本実験ではPCa型枠と二次コンクリートとの打継ぎ面での一体性を評価することを目的として、PCa型枠と二次コンクリートとの打継ぎ面をモデル化した一面せん断試験体を使用し、打継ぎ面の形状・寸法及びジベル筋の配筋量の相違が打継ぎ面のせん断伝達メカニズムに及ぼす影響を調査し、保有せん断力を検証した。さらに、この結果に基づき、PCa型枠と二次コンクリートとの打継ぎ面でのせん断耐力の評価方法を検討した。

3.1.2 実験方法

(1) 試験体の種類・形状寸法

実験に使用した一面せん断試験体の形状寸法を図-3.1.1に、試験体の種類を表-3.1.1に示す。シリーズⅠでは、打継ぎ面の有無・シャークコッターの形状及び寸法の相違による影響を試験体4体で、シリーズⅡでは、ジベル筋比の相違による影響を試験体3体で検討し、計7体について実験を行った。

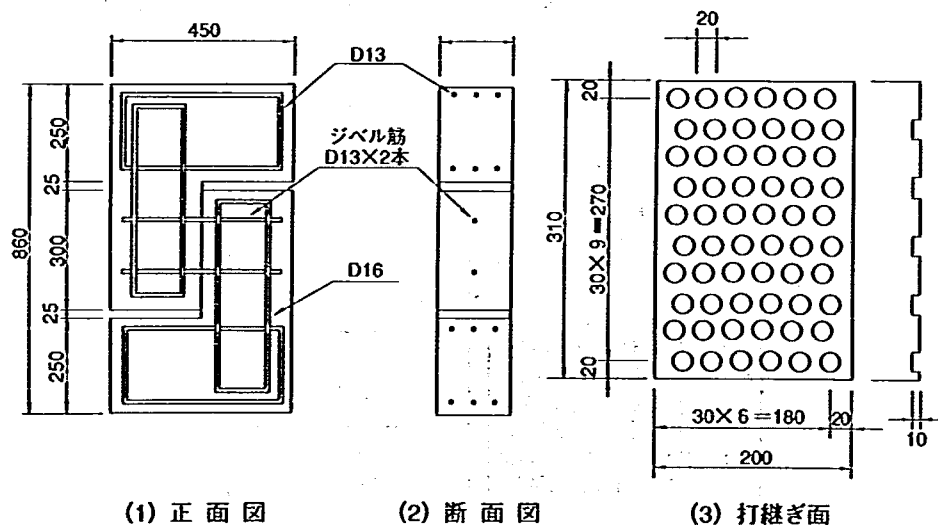


図-3.1.1 試験体の形状・寸法（シリーズⅠ、No.3）

(2) 載荷方法及び計測方法

図-3.1.2に、試験体の載荷方法及び計画を示す。載荷は、200ton 万能試験機を用いて、試験体のせん断打継ぎ面にすべりもしくはひらきが発生するまでを第1サイクル、その後ジベル筋が降伏するまでを第2サイクルとして繰り返し載荷とした。せん断打継ぎ面のすべり変形量・開き変形量とジベル筋のひずみを測定した。

表-3.1.1 試験体一覧

試 験 体		打継ぎ面 の有無	打継ぎ面 の面積A (cm ²)	シャーコッターの形状・寸法					ジベル筋比
シリーズ	No			形 状	面積 Ac (cm ²)	高さ h (cm)	長さ d (cm)	幅 b (cm)	p=As/A (%)
I	No 1	無 (一体打ち)	620	—	—	—	—	—	0.23 (D10×2本)
	No 2	有	620	長方形	238	10	20	40	
	No 3			円 形	188	10	20		
	No 4					5			
II	No 5	有	620	円 形	188	10	20	0.46 (D10×4本)	
	No 6							0.92 (D10×8本)	
	No 7							1.24 (D13×6本)	

コンクリート設計基準強度 F_c : PCa 型枠=400(kgf/cm²) 二次コンクリート=240(kgf/cm²)

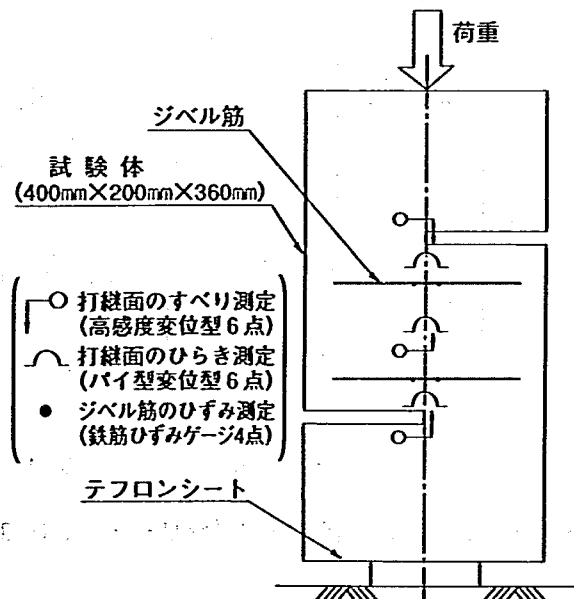


図-3.1.2 加力及び計測状況

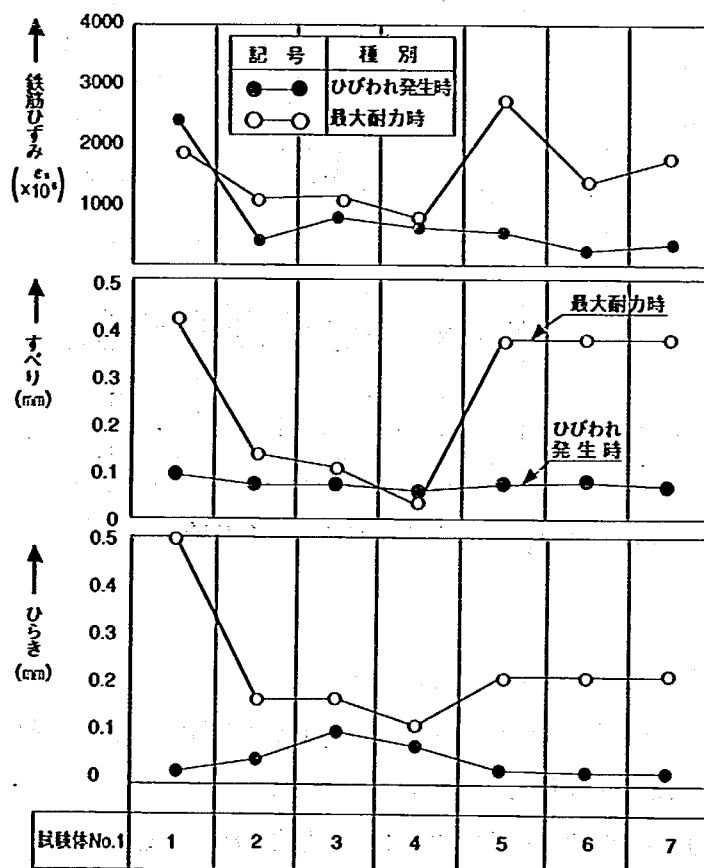
3.1.3 実験結果及び考察

(1) ひび割れ発生及び最大耐力時の鉄筋ひずみ (ϵ_s)・すべり・ひらき

図-3.1.3に、ひび割れ発生及び最大耐力時の鉄筋ひずみ・すべり・ひらきを示す。一体打ちのひび割れ (No 1) は、載荷軸線に対して斜め15度で発生し、その後すべり及びひらきは徐々に進展し、終局に至った。最大耐力時の鉄筋ひずみ、すべり及びひらきは、引張降伏の 2064×10^{-6} 、 0.43mm 及び 0.60mm であった。

シャーコッターの形状が相違する試験体のひび割れ (No 2 ~ No 4) は、載荷軸線に沿った形で発生し、その後、ほぼ様な変形状を示し終局に至った。最大耐力時の鉄筋のひずみ、すべり及びひらきは、せん断降伏に近似した $700 \sim 1109 \times 10^{-6}$ 、 $0.05\text{mm} \sim 0.14\text{mm}$ 及び $0.13\text{mm} \sim 0.18\text{mm}$ であった。

ジベル筋の配筋量の相違する試験体のひび割れ (No 5 ~ No 7) も、載荷軸線に沿った形で発生し、その後、様な変形状を示し終局に至った。その最大耐力時のすべり及びひらきは、 0.37mm および 0.23mm と同等な値を示した。

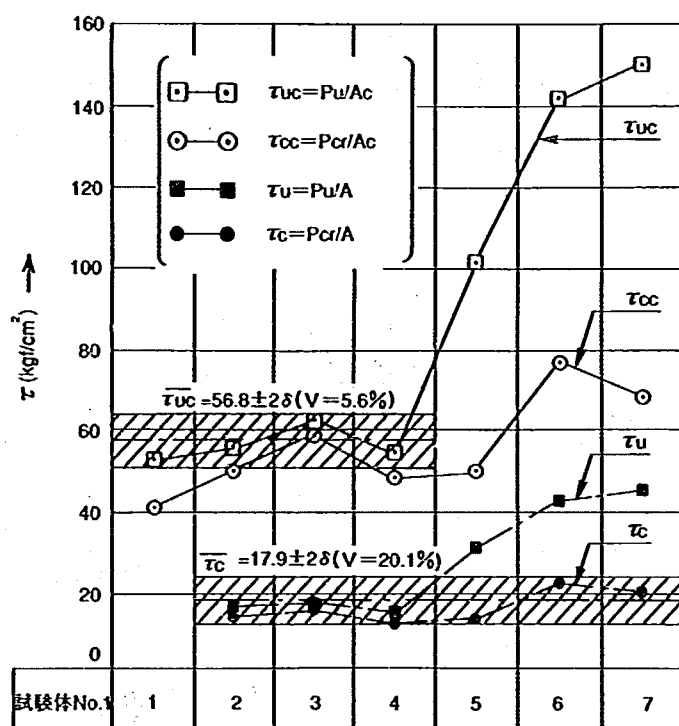


※1. シャーコッターの面積比 ($A_c/A_s = \frac{183}{620}$) 0.303とした換算せん断応力度

図-3.1.3 各試験体における ϵ_s 、すべり及びひらき

(2) シャーコッターの形状の相違によるせん断応力度の変化

図-3.1.4に、試験体別におけるひび割れ発生時及び最大耐力時のせん断応力度を示す。シャーコッターのある試験体におけるひび割れせん断応力度 τ_c は、一体打ちの $\tau_{cc}=41.0\text{kgf/cm}^2$ の37%~57%の範囲にあった。シャーコッターの形状では、長方形に比べて円形の方が、同様にシャーコッターの高さ5mmに比べて10mmの方が、それぞれ10%程度上回った τ_c 値を示した。一体打ちとシャーコッターのある試験体 ($p=0.23\%$) における最大耐力時のせん断応力度 τ_{uc} は、 $\tau_{uc}=56.8\text{kgf/cm}^2$ で非常に近似したせん断破壊¹⁾を示した。



※1. シャーコッターの面積比 ($\% = \frac{\text{面積}}{\text{総面積}} \times 100$) 0.303とした換算せん断応力度

図-3.1.4 各試験体におけるせん断応力度 (t)

(3) ジベル筋の配筋量の相違によるせん断耐力の評価

図-3.1.5に、本実験により得られた、試験体の p_{fyd} とせん断強度比の実験値との関係をコンクリート標準示方書の設計せん断伝達耐力²⁾式に基づいて示した。

ジベル筋比0.23%~0.46%のせん断強度比はRC耐力式の80%に近似し、ジベル筋比0.92%~1.24%のせん断強度比はRC耐力式の60%に近似した。さらに、本実験により得られたシャーコッターを持つ試験体の実験値は $\tau_u \sqrt{f_c'} = -1.08 + 0.941 \ln(p_{fyd})$ の対数回帰式に非常に近似した値を示した。

すなわち、打継ぎ面 (シャーコッター) のせん断伝達強度が、一体打ちと同等のせん断強度比2.15¹⁾を得るためには、ジベル筋比 $p=0.60\%$ (80%RC耐力式) または $p=0.85\%$ (本実験式) であることが必要である結果が得られた。したがって、この結果から、打継ぎ面 (シャーコッター) のあるせん断

耐力は、所要のせん断強度に対して RC 耐力式もしくは本実験式に基づいた適当なジベル筋を配置することによって対処可能であることが判明した。

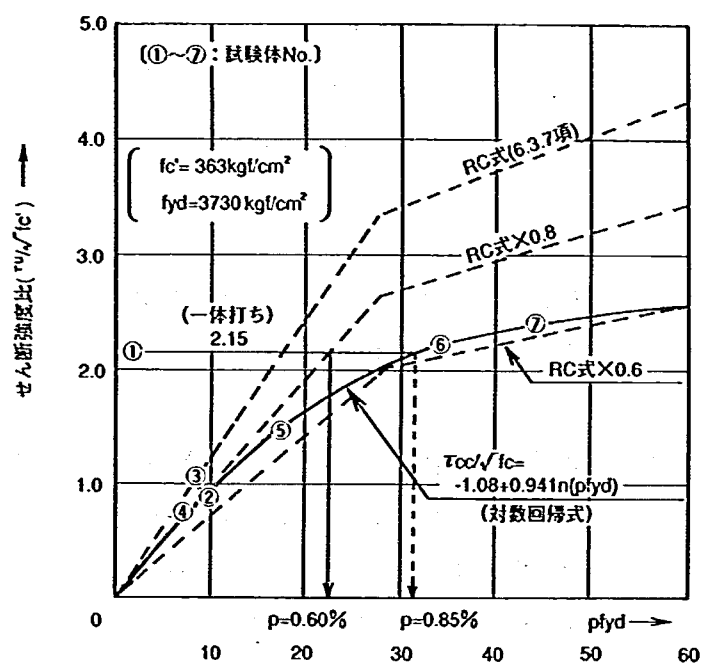


図-3.1.5 せん断強度比と $pfyd$ との相関図

3.1.4 まとめ

一面せん断試験結果において、一体打ちの場合はジベル筋の引張降伏により、打継ぎ試験体はジベル筋のせん断降伏によって終局に至った。

打継ぎ面（シャーコッター）を持った所要の設計せん断伝達耐力は、60～80%に低減した RC 耐力式もしくは本実験式

$$\tau_v / \sqrt{f_{c'}} = -1.08 + 0.941 \ln (pf_{yd})$$

に準拠した決定され、適当なジベル筋の配筋により、所要のせん断強度に対して適用可能であることが判明した。

せん断伝達耐力は、シャーコッターの形状・シャーコッターの高さ比及びジベル筋の配筋量を総合的判断した上で設計されるべきであり、その判断基準としては、実験による事前確認、コンクリート標準示方書の RC 耐力式、もしくは本実験結果を参考にして決定することが望ましいと考える。

参考文献 1) 長滝ほか：コンクリート接合部のせん断耐力に関する基礎研究、土木学会論文報告集、vol. 254、1976、10

2) 土木学会：コンクリート標準示方書（61年度版、6.3.7）

3.2 梁試験体による一体化確認実験

3.2.1 概 要

本研究でのプレキャストコンクリート型枠（以下、PCa 型枠と記す）工法では、PCa 型枠を本体の一部として利用する必要がある、PCa 型枠と二次コンクリートの一体性が確保されることが要求される。本実験では、シャーコッターを有する PCa 型枠を用いた梁試験体による曲げ試験を実施し、シャーコッターによる一体化の確認及び PCa 型枠間の接合に関する検討を行った。

3.2.2 実験方法

試験体は全部で3体ある。図-3.2.1に代表してNo2の試験体図を示す。いずれも、等曲げ区間を有する対象2点荷重の単純梁であり、せん断力作用にはせん断破壊を生じないようにスターラップが配置してある。

No1は一体打ちであり、本実験の基本試験体である。No2及びNo3は引張側及び圧縮側に PCa 型枠を有する試験体で、No2については試験体中央部に PCa 型枠の接合面を有している。接合面における鉄筋継手は、モルタル充填継手を用いた。No3は主筋に高張力鋼を用いることによって耐力を高め、PCa と二次コンクリートの打継ぎ面に作用するせん断力を増加させている。

No2及びNo3試験体の PCa 型枠には、二次コンクリートとの打継ぎ面に、直径20mm、高さ10mmの円形凹型シャーコッターが面積比30%で設けられている（3.1参照）。

表-3.2.1に仕様の一覧を示す。

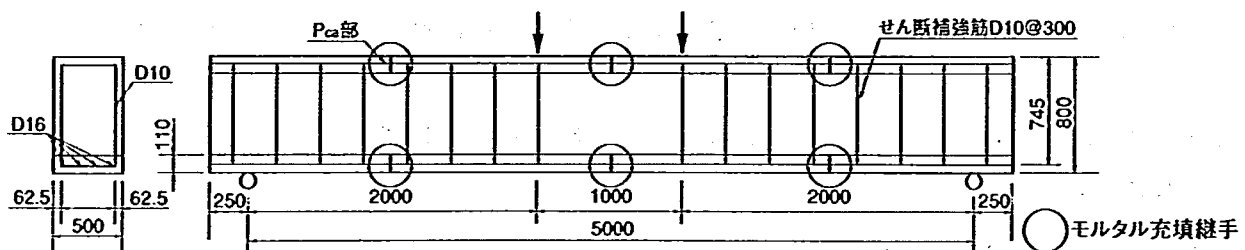


図-3.2.1 試験体図 (No2)

表-3.2.1 試験体仕様及び実験結果

試験体	主 筋	せん断補強筋	コンクリート強度 (kgf/cm ²)		ひび割れ発生耐力 (tf-m)	終局耐力 (tf-m)	
			プレキャスト型枠	二次コンクリート		計算値 [*]	実測値
No1	D16×4	D10@300	326		17.2	23.0	28.3
No2			487	342	19.3	23.1	29.2
No3	D22×4	D13@150	559	347	19.3	115.3	114.3以上

^{*}）平面保持を仮定し、等価応力ブロックを用いて算定

D22 : $f_y = 10622$ (kgf/cm²) D16 : $f_y = 3949$ (kgf/cm²) D13 : $f_y = 3610$ (kgf/cm²) D10 : $f_y = 3730$ (kgf/cm²)

3.2.3 実験結果

表-3.2.1に実験結果の一覧を、図-3.2.2に各試験体のひび割れ図を示す。

No 1 及び No 2 試験体は曲げ引張破壊をしており、圧縮縁の圧壊により終局に至っている。No 2 は No 1 に比べ、ひびわれの分散性が劣るようである。これはモルタル充填継手部の鉄筋剛性が大きいことの影響が表れたものと思われる。しかしながら、終局荷重に至るまで、PCa 型枠がずれたりはく離したりするような現象はみられなかった。

図-3.2.3に No 1 及び No 2 試験体の等曲げ区間中央部で測定された荷重-たわみ関係を示すが、両者にほとんど違いはみられない。

PCa 型枠と二次コンクリートの打継ぎ面に高せん断力を作用させた No 3 は、曲げひびわれ発生後、荷重 60tf (公称せん断応力度: $\tau_n = 8 \text{ kgf/cm}^2$) 程度で斜めひびわれが発生したが、荷重 114tf ($\tau_n = 15.3 \text{ kgf/cm}^2$) で載荷を中止するまで、打継ぎ面のシャーコッターが破壊されるような現象はみられなかった。

図-3.2.4に No 3 の荷重-たわみ関係を示す。最終荷重に至るまで重ね梁的な性状は示さず、試験体の剛性が変化することもなく、一体性が保持されていたことが分かる。

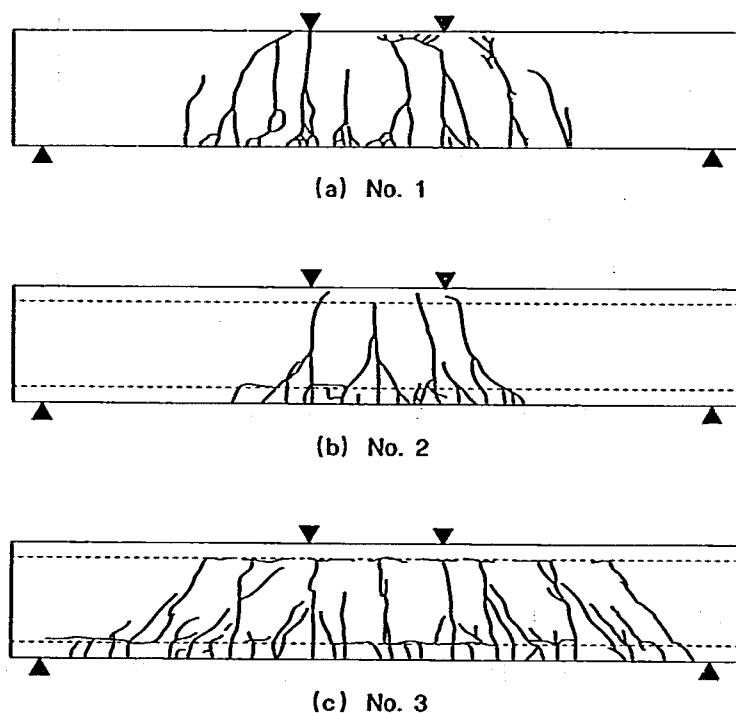


図-3.2.2 ひびわれ図

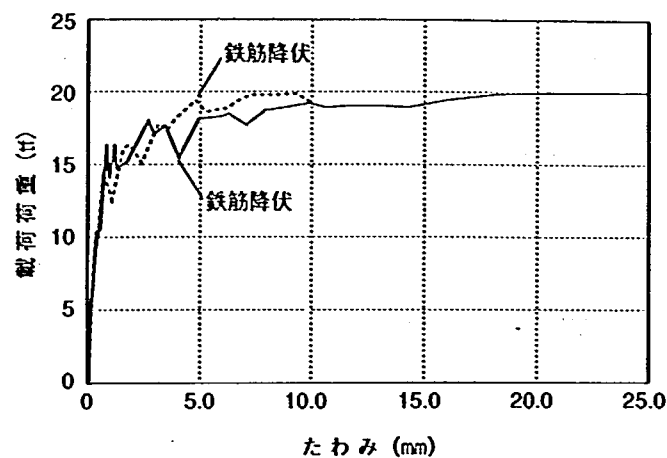


図-3.2.3 荷重-たわみ (No. 1、No. 2)

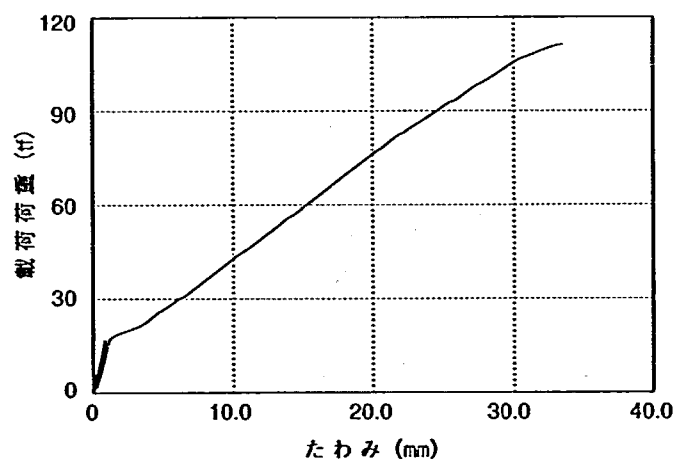


図-3.2.4 荷重-たわみ (No. 4)

3.2.4 ま と め

本実験の結果、以下のことが確認された。

- ・モルタル充填継手を用いて接合されたPCa型枠を有する試験体 (No. 2) はひびわれ分散性は劣るものの、耐力及び変形状は一体打ちの試験体 (No. 1) と同様である。したがって、継手効率は全強であると考えられる。
- ・斜めひびわれ発生荷重を越えるような高せん断力が作用しても、シャーコッターがずれ、はく離するような現象はみられず、一体性は確保されていた。
- ・以上より、本研究で実施したシャーコッターを用いることで、部材の一体性は十分保持されることが確認された。

3.3 鉛直接合部の継手性能実験

3.3.1 概 要

プレキャスト型枠工法の技術的課題の一つとしてプレキャスト型枠接合部における鉄筋の継手方法が挙げられる。橋脚を対象構造物とした場合、継手が必要となる鉄筋は水平接合部の主筋及び鉛直接合部の配力筋であり、前者については、施工性や力学的に優れたモルタル充填継手を取り上げて実験的検討を行い、その使用に問題ないことが明らかとなった（3.2参照）。一方、後者については、従来の各種継手では接合部における施工性に問題があり、本工法の目的である施工の合理化を十分満足できないことが分かった。

このため、ここでは、配力筋を対象として重ね継手型の新しい簡易継手を提案し、実験的検討を行い、その継手性能を評価した。実験では、まず、小型供試体を用いた継手性能実験によって継手筋の重合せ長さを決定し、次いで、同継手部を有する大型供試体の交番載荷実験（3.4参照）によって同継手の性能を評価した。

ここでは、これらの実験のうち、小型供試体を用いた継手性能実験の概要について述べる。

3.3.2 配力筋の継手方法

本検討で提案した配力筋の簡易継手方法を図-3.3.1に示す。本継手は、二次コンクリート内に配置した両端に半円形フックを有する継手筋を介して応力伝達を図るものである。

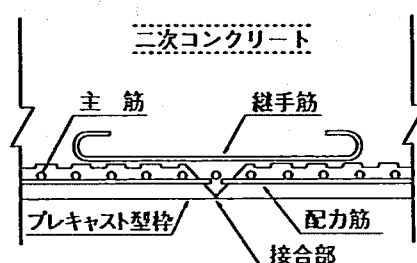


図-3.3.1 配力筋の継手方法

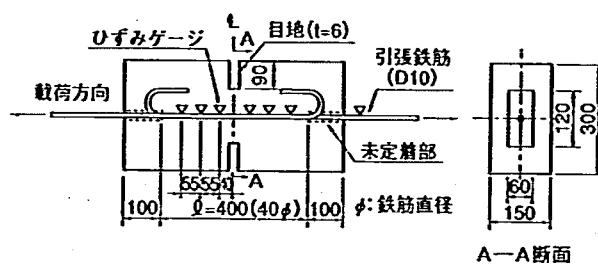
3.3.3 供 試 体

表-3.3.1に供試体の種類を示す。供試体は、継手方法が通常の重ね継手で重合せ長さをコンクリート標準示方書に準じて 40ϕ （ ϕ ：鉄筋直径）としたもの1体と、簡易継手で継手筋の重合せ長さを変化させたもの3体の計4体である。

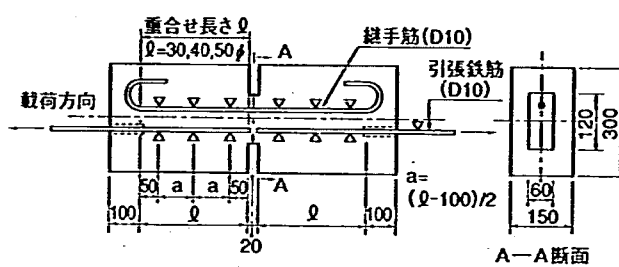
図-3.3.2に供試体の形状・寸法を、表-3.3.2に材料の試験結果を示す。使用した鉄筋は全てD10（SD345）である。供試体は、継手の応力伝達を明確にするために中央部にひびわれを誘発する目地を設けるとともに、供試体内部の引張鉄筋のうち重ね筋とならない部分は、未定着部とするためコンクリートとの付着を切った。なお、引張鉄筋と継手筋のあきは、対象構造物における配力筋相互のあき（配力筋直径の

表-3.3.1 供試体一覽

供試体 番 号	継手方法	重 合 せ 長 さ (ϕ : 鉄筋直径)
L	重ね継手	40 ϕ
N30	簡易継手	30 ϕ
N40		40 ϕ
N50		50 ϕ



(1) 供試体 L



(2) 供試体 N30, N40, N50

図-3.3.2 供試体

表-3.3.2 材料試驗結果

コンクリート		鉄筋		
圧縮強度 (kgf/cm ²)	引張強度 (kgf/cm ²)	降伏点 (kgf/cm ²)	弾性係数 (kgf/cm ²)	引張強さ (kgf/cm ²)
280	27.6	4139	2.02×10^5	5937

3.3.4 実験方法

図-3.3.3に載荷方法を示す。載荷方法は、引張鉄筋の一端を固定し、もう一端を油圧ジャッキで加力する両端引張載荷とした。また、供試体が変形による曲げモーメントの影響を受けないように、引張方向の供試体側面をローラで支持した。写真-3.3.1に供試体N50の載荷状況を示す。

測定項目は荷重及び鉄筋のひずみである。

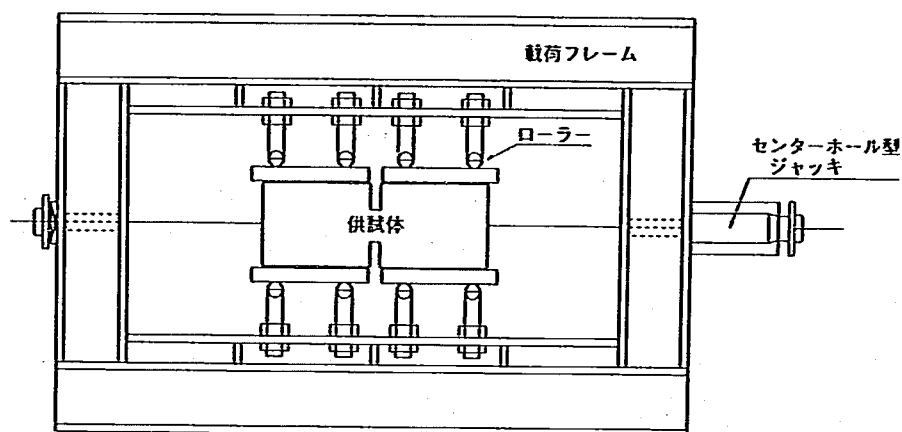


図-3.3.3 載荷方法

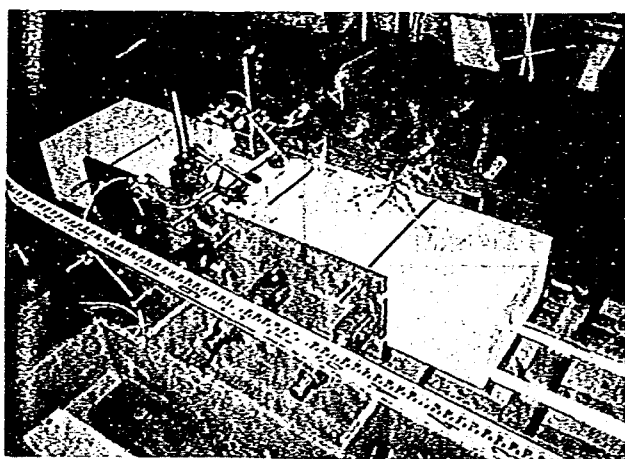


写真-3.3.1 載荷状況（供試体：N50）

3.3.5 実験結果及び考察

(1) 破壊荷重

表-3.3.3に実験結果を示す。各供試体は、載荷荷重2.6～2.7tonfで引張鉄筋（配力筋）が降伏した後、3.9～4.1tonfとほぼ同等の荷重で破壊に至った。この結果から、本継手は、継手筋の重合せ長さを約30φ以上とすることによって、通常の重ね継手とほぼ同等の耐力が確保されるものと考えられる。

(2) 鉄筋の応力分布

図-3.3.4に右側にフックのある重ね継手筋の応力分布を、図-3.3.5に本継手の一例として、重ね長さを 40ϕ とした場合の応力分布を示す。これらの図は引張鉄筋降伏時（載荷荷重2.6tonf）を表したものであり、既にこの時点では目地部にひびわれが発生している。

図-3.3.4から、鉄筋の応力は、定着位置からの距離（ x ）が長くなるにつれて小さくなることが認められる。また、目地近傍の応力はひびわれの影響によって幾分大きくなる傾向を示している。

図-3.3.5から、引張鉄筋および継手筋の応力分布は目地部を境にほぼ対象の応力分布を示すことが分かる。この時点ではコンクリートはひびわれが発生し荷重の伝達機能を有していないことから、本継手では継手筋を介して引張力を十分に伝達していることが分かる。

図-3.3.6に継手筋の応力分布を示す。同図は、前図と同様、引張鉄筋降伏時の応力分布を表したものであり、各点の応力は供試体目地部に対称に位置する測定点の平均値を用いた。継手筋中央部からの距離が 35ϕ 程度以上の部分の鉄筋には応力はほとんど発生しておらず、同部分の鉄筋は応力伝達にほとんど関与していないことが分かる。したがって、本継手形式において十分な応力伝達を行うために必要となる最小重ねせ長さは 35ϕ 程度であると考えられる。

表-3.3.3 試験結果

供試体 番 号	破壊荷重 (tonf)	破 壊 形 態
L	4.0	引張鉄筋の破断
N30	3.9	引張鉄筋の抜け出し
N40	4.1	引張鉄筋の破断
N50	4.1	継手筋の破断

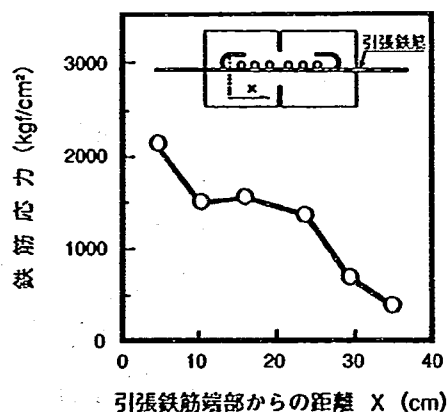


図-3.3.4 鉄筋の応力分布

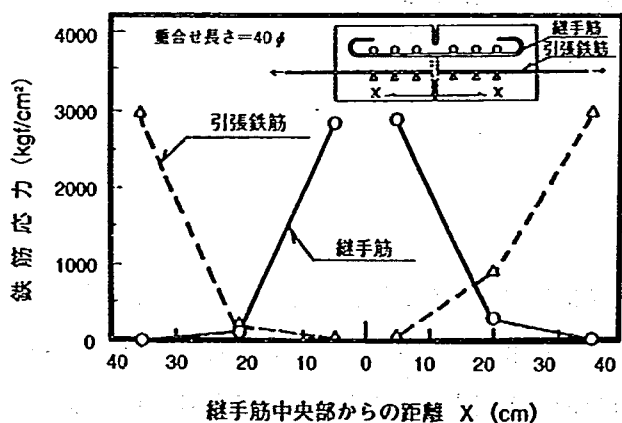


図-3.3.5 鉄筋の応力分布

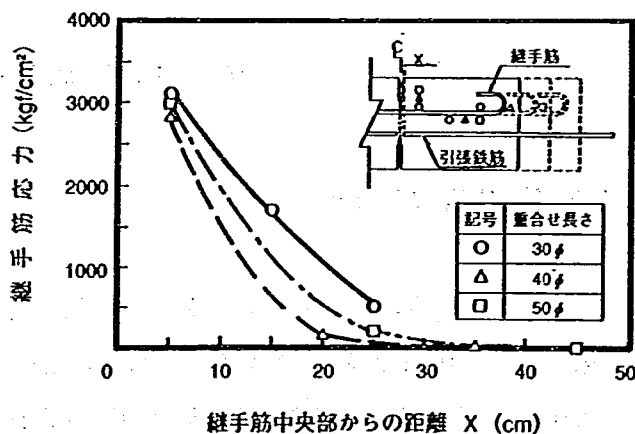


図-3.3.6 継手筋の応力分布

3.3.6 ま と め

本実験の結果、提案した新しい簡易継手は、通常の重ね継手とほぼ同等の最終耐力を有すること、また、十分な応力伝達を行うために必要な継手筋の最小重ねせ長さは 35ϕ 程度であることが明らかとなった。

3.4 橋脚モデル実験

3.4.1 概 要

「3.3鉛直接合部の継手性能実験」の結果を踏まえ、簡易継手（重ねせ長さ 35ϕ (ϕ :鉄筋直径))を有する大型供試体の交番載荷実験により同継手の性能を評価するとともに、プレキャスト型枠と二次コンクリートの一体性について検討を行った。

3.4.2 供 試 体

図-3.4.1に供試体の形状・寸法を、表-3.4.1に材料の試験結果を示す。供試体は橋脚を対象とした片持梁形式で約1/2模型とし、2体製作した。また、供試体は断面のうち主筋及び配力筋を含む外殻部10cmをプレキャスト化し、これを型枠兼用として二次コンクリートを打設して一体とした。両供試体とも主筋は通し配筋とした。No.1は口型のプレキャスト部材であり、配力筋はL形状の鉄筋をそれぞれプレキャスト部内で重ね継手した。No.2は外殻プレキャスト部材をL型に4分割し、配力筋はL形状の鉄筋をプレキャスト部に内蔵、重ね継手筋を二次コンクリート側に配置した。両供試体ともプレキャスト型枠をフーチング部に80mm埋め込ませた。また、プレキャスト型枠と二次コンクリートとの一体性を確保することを目的にコッター ($\phi 50\text{mm}$, $h=10\text{mm}$, 面積比55%) 及びジベル筋 (D10, ジベル筋比0.18%) を配置した。写真-3.4.1にコッター及びジベル筋の配置状況を示す。

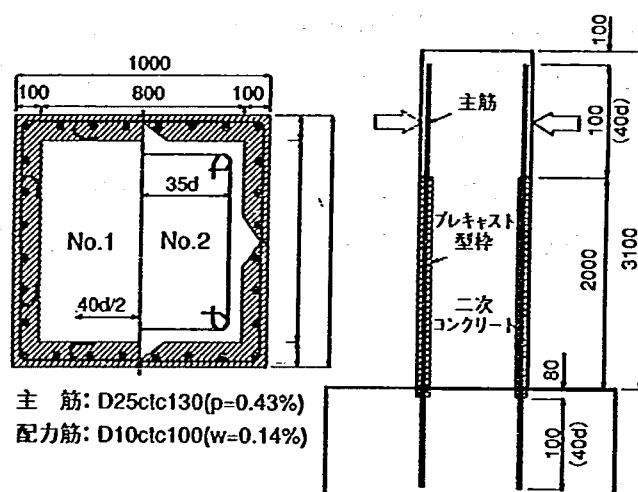


図-3.4.1 供試体の形状・寸法

表-3.4.1 材料試験結果

コンクリート (kgf/cm ²)				
		f _c	E _c	f _e
プレキャスト ト型枠	No 1	463	2.91×10 ⁵	39.1
	No 2	445	2.84×10 ⁵	36.3
二次コンク リート	No 1	286	2.54×10 ⁵	27.2
	No 2	306	2.60×10 ⁵	29.0

鉄 筋 (kgf/cm ²)				
径	f _y	ε _y	E _s	f _u
D25	4283	1198	2.04×10 ⁵	6310
D10	4139	2013	2.02×10 ⁵	5937

D10, D25 : SD345

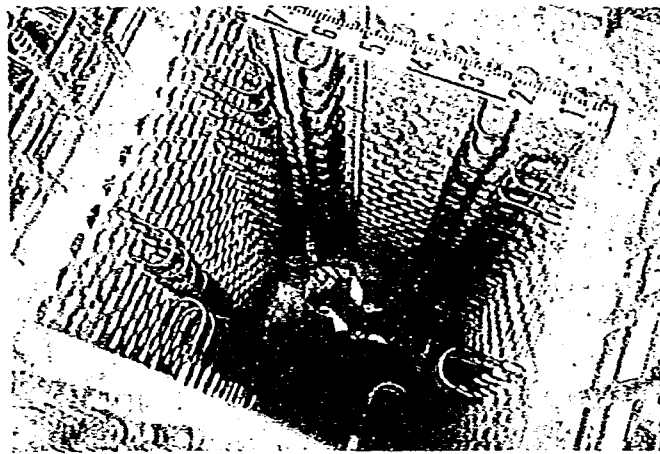


写真-3.4.1 コッター及びジベル筋の配置状況

3.4.3 実験方法

図-3.4.2に載荷方法を示す。加力は正負交番繰り返し載荷とした。各供試体は、主筋降伏時 (δ_y) までを荷重制御、それ以降を変位制御とした。加力サイクルは、ひびわれ発生荷重で3サイクル、弾性域 ($0.75P_y$) で1サイクル、主筋降伏時 (δ_y) から $4\delta_y$ までを δ_y ごと変位を増加させ各々2サイクル、及び $6\delta_y$ を半サイクルとした。写真-3.4.2に供試体No 2の載荷状況を示す。

変位制御はフーチング部に取り付けたゲージホルダと加力点位置の相対変位を基に行った。

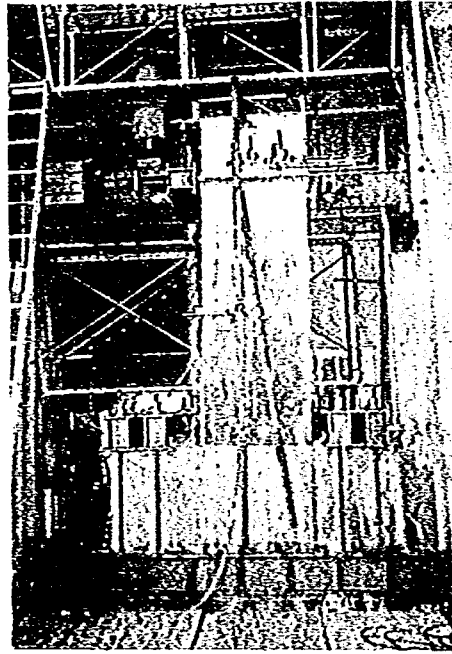


写真-3.4.2 載荷状況 (供試体: №2)

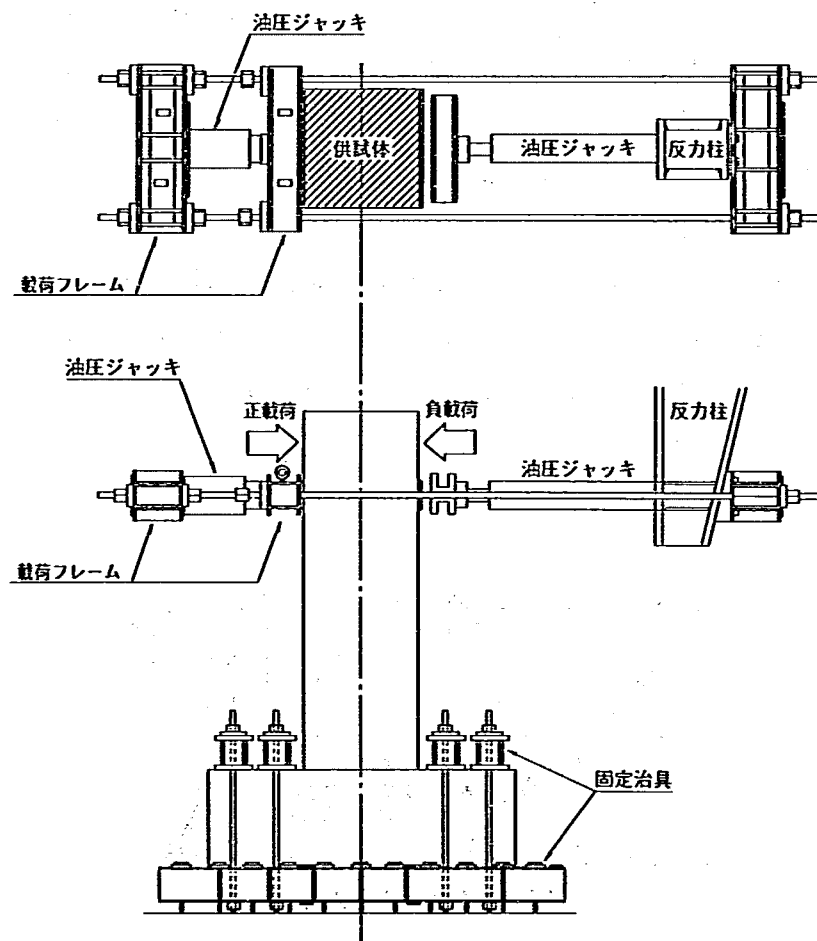


図-3.4.2 載荷方法

3.4.4 実験結果及び考察

(1) ひずみの分布

フーチング面より10cm上の断面における曲げひびわれ発生前のコンクリート及び鉄筋ひずみの分布を図-3.4.3に示す。両供試体とも断面のひずみ分布は計算値とよく一致しており、プレキャスト部と二次コンクリート部の一体性が確保されていることが確認できた。

(2) ひびわれ性状

図-3.4.4に最終加力時のひびわれ発生状況を示す。両供試体とも初期ひびわれは柱つけ根にほぼ同等の荷重で曲げひびわれが発生し、その後荷重の増大とともにほぼ10cm間隔に曲げひびわれが発生した。また、変位の増大にともない曲げせん断ひびわれに進展した。全体的なひびわれ発生状況は、両供試体で大きな差異が認められない。

(3) 耐力及び変形性能

表-3.4.2に実験結果の一覧を示す。曲げひびわれ耐力の実験値は、目視によりひびわれの発生が確認された荷重で算定した。曲げひびわれ耐力は計算値に対して0.88~0.91とよく一致した。最大耐力は、変位の増大とともに漸増しているため、最終加力時の荷重で示した。最大耐力は、曲げ終局耐力計算値に対して0.97~1.04であった。加力点位置の荷重変形曲線を図-3.4.5に示す。両供試体とも変位の増大とともに荷重が漸増しており、実験終了まで破壊することなく、最終加力時まで安定した履歴曲線を示した。ヒステリシスも両供試体とも紡錘型の形状を示し、また、2サイクル目の荷重変形曲線と次のステップの1サイクル目の荷重変位曲線とほぼ同じものとなり、正負交番繰り返し載荷した際においても、 $4\delta_y$ に至る変形の範囲においてはその復元性は良好であった。

(4) 配筋継手部のひずみ分布

図-3.4.6に配筋継手部のひずみ分布の一例を示す。計測断面は、フーチング面より70cm上の位置である。ひずみは、正荷重時の1サイクル目の値である。両供試体とも変形の増大とともに各測定点のひずみが増加し、また、No.2においては二次コンクリート側の重ね筋も降伏しており、配筋継手部の応力伝達が十分行われていた。

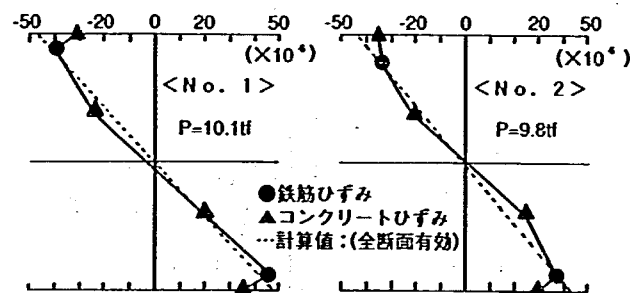


図-3.4.3 ひずみ分布

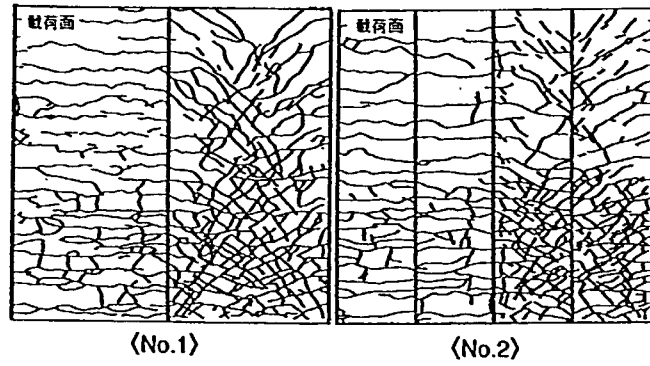


図-3.4.4 最終加力時のひびわれ状況

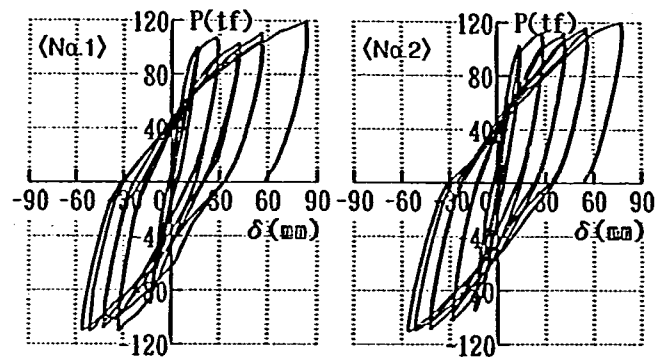


図-3.4.5 荷重変形曲線

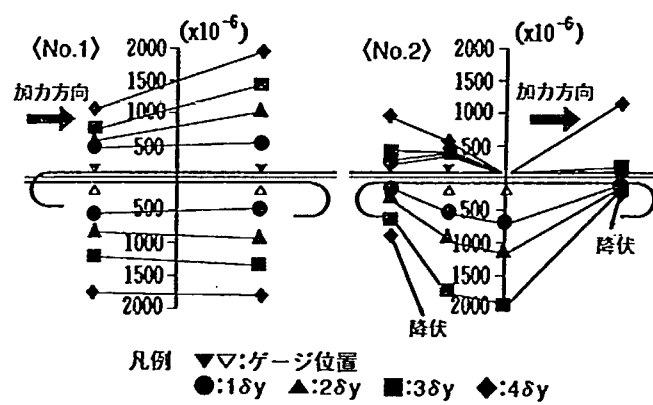


図-3.4.6 配筋筋継手部のひずみ分布

3.3.5 ま と め

本実験の結果、主筋及び配力筋を含む外殻と二次コンクリートとを一体とした橋脚の剛性及び耐力は一体打ちとして算定した計算値と良く一致していた。また、外殻を4分割し、重ね継手筋を二次コンクリート側に配置した場合でもひびわれ性状及び履歴性状も良好であり、 $4\delta_y$ まで繰返し加力を与えても耐力低下が認められなかった。

これらの結果から簡易継手の性能及び二次コンクリートとプレキャスト型枠の一体性については以下のことがいえる。

- (1) 新しく提案した簡易継手は、従来の重ね継手と同等の機能、すなわち、剛性やじん性の確保及びせん断補強の機能を十分に有する。
- (2) 弾性域において、簡易継手は重ね継手と同等の剛性を有し、コッター及びジベル筋によりプレキャスト型枠と二次コンクリートはほぼ完全に一体化される。
- (3) 両継手方法を有する供試体とも、鉄筋降伏後の剛性、ひびわれ耐力、最終耐力及びひびわれパターン等も大差はなく、簡易継手も重ね継手と同等の構造特性を有する。
- (4) 簡易継手は、正負の 4δ (δ :降伏変位)の繰直し载荷に対しても十分な耐力が残存し、高い復元性および耐震性を有する。
- (5) 簡易継手の継手筋でも、応力伝達はスムーズに行われ、重ね継手の配力筋と同等の補強機能を有する。

4. モルタル充填継手の施工方法に関する実験

4.1 概 要

プレキャスト型枠水平接合部の主筋の継手はモルタル充填継手を採用するが、モルタルの充填は、一般に、一括注入方法または分割注入方法で行われている。

いずれの方法もスリーブ内に被接合鉄筋を挿入した後に充填を行うポストグラウト方式であるが、一括注入方法は、プレキャスト型枠建込み後、水平目地部及びスリーブ内を同時に注入する方法であり、分割注入方法は、敷モルタルで水平目地部を充填し、型枠固定後に各々のスリーブ内を注入する方法である。

これらの方法は、ともに施工性は良くプレキャスト型枠工法に適していると考えられるが、部材寸法の大きい土木構造物における施工実績は少ないため、実施工への適用にあたっては、モルタルの充填性について十分検討を行う必要がある。

本実験は、このような観点から、可視化供試体及び実規模供試体を用いてモルタル充填継手の施工実験を行い、一括注入方法及び分割注入方法のモルタルの充填性及び施工性について検討を行ったものである。

4.2 モルタルの充填方法

モルタルの充填方法の概要を図-4.2.1～2に示す。

一括注入方法は、ガasketで分割された区画のスリーブ内及び水平目地部に、一箇所の注入口からモルタルを同時に注入する方法であり、分割注入方法は、接合部に敷モルタルを施工し、プレキャスト型枠を建て込んだ後に各々のスリーブ内にモルタルを注入する方法である。

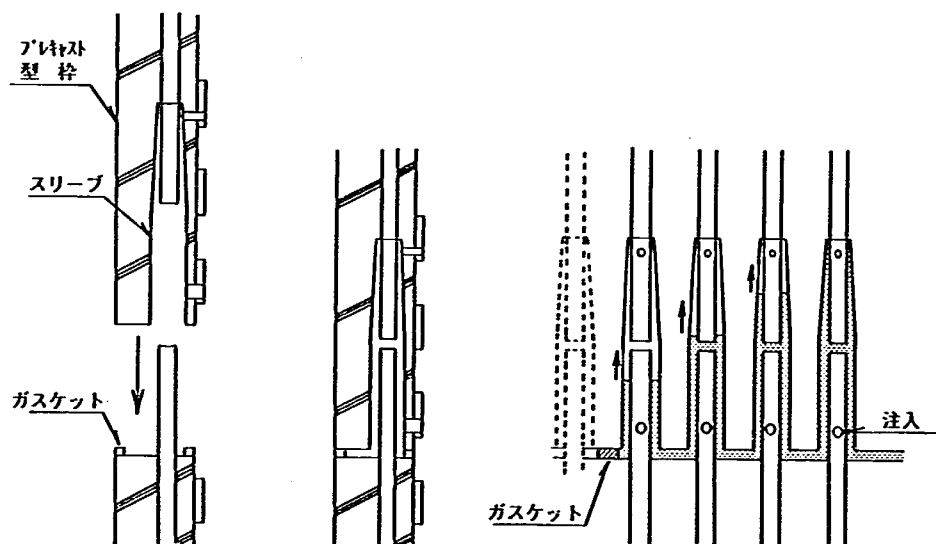


図-4.2.1 一括注入方法

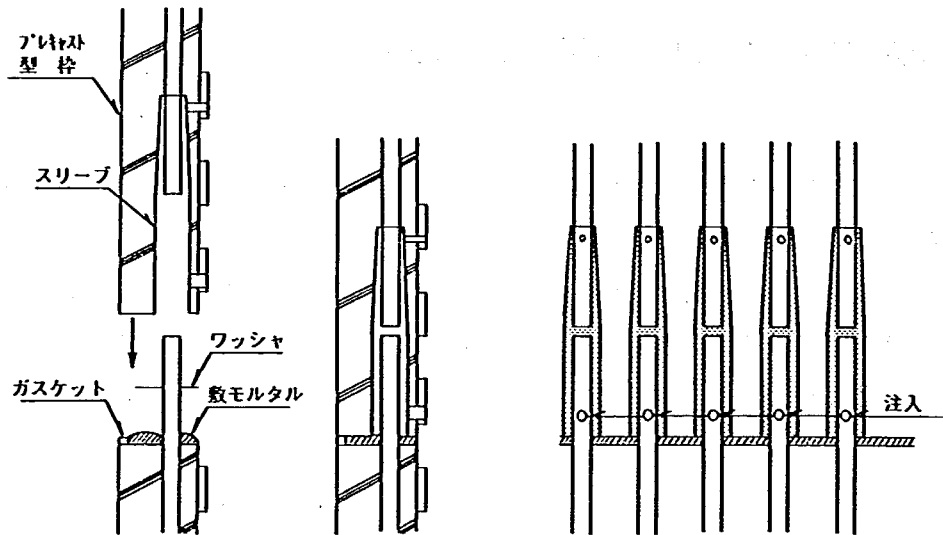


図-4.2.2 分割注入方法

4.3 供試体及び実験方法

本実験では、断面寸法 $2.5 \times 2.2\text{m}$ の橋脚を対象として、図-4.3.1に示すように、プレキャスト型枠を2パネル割り付けて施工することを想定した。プレキャスト型枠の寸法は、厚さ 17.5cm 、長辺 2.2m 、短辺 1.245m 、高さ 2.8m であり、既設プレキャスト型枠の水平接合部には、鉄筋D35が 150mm 間隔で配置されている。表-4.3.1に、使用したモルタルの試験結果を、表-4.3.2に供試体の一覧を示す。使用したモルタルはいずれも、砂と結合材があらかじめ混合されたプレミックス型の高強度無収縮モルタルであり、前者は、「土木学会 鉄筋継手指針 鉄筋のモルタル充填継手設計施工指針（案）」に示される性能を満足し、また、後者は、施工軟度 $175 \sim 230\text{mm}$ の範囲で、材齢28日の圧縮強度 360kgf/cm^2 以上を満足するものである。

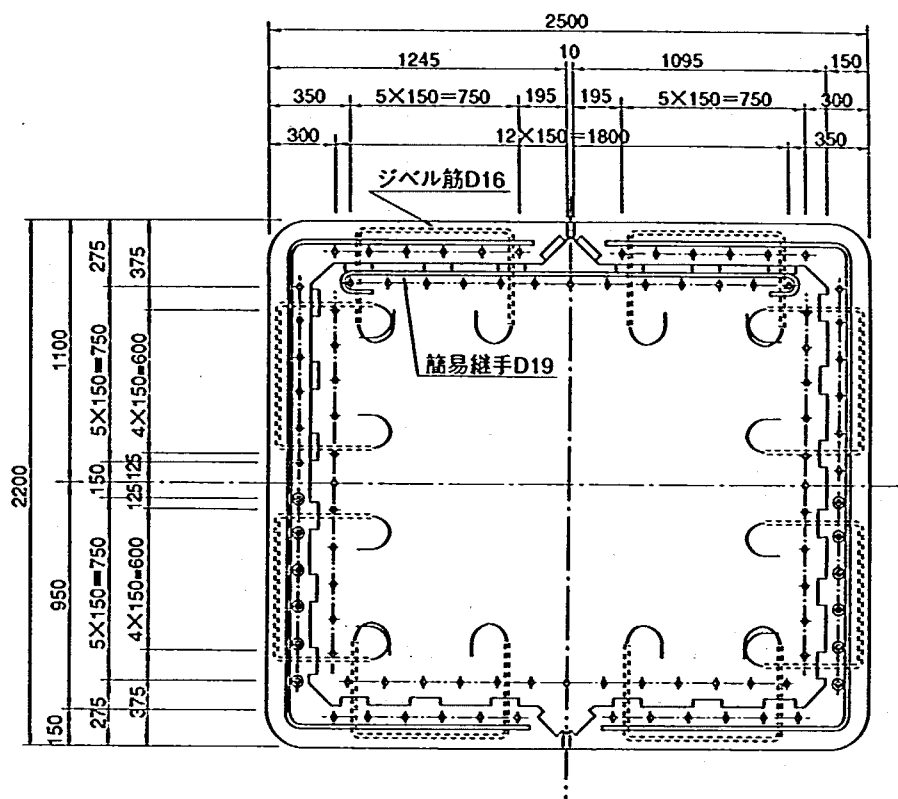


図-4.3.1 プレキャスト型枠の割付け

表-4.3.1 材料試験結果

種 類	コンシ テンシー	圧縮強度 (kgf/cm ²)	
		材 齢 7 日	材 齢 28 日
充填モルタル	10.0秒 ¹⁾	983	1079
敷モルタル	183mm ²⁾	437	568

1) 土木学会「膨張材を用いた充填モルタルの施工要領 (案) に示される
J_{II} ロートによる流下時間

2) 施工軟度 (JASS10T-101)

表-4.3.2 供試体一覧

供試体の 番 号	種 類	充填方法
A	可視化 供試体	一括充填
B		分割充填
C	実規模 供試体	一括充填
		分割充填

図-4.3.2～4に供試体の形状・寸法を示す。供試体は、新たに建込みプレキャスト型枠の接合面及びスリーブに相当する部分をアクリル樹脂で作製し、モルタルの充填状況を目視で観察できるようにした供試体（以下、可視化供試体と記す）A及びB（写真-4.3.1参照）並びに実規模の接合部を有する供試体（以下、実規模供試体）C（写真-4.3.2参照）の計3体である。

供試体Aは、モルタルの漏出を防ぐために接合面の外周にガスケット（幅20mm、高さ25mm、ブチルゴム製）を設置した後、目地幅が20mmになるようにアクリル樹脂部を固定した。

供試体Bは、供試体外側への敷モルタルの漏出を防ぐために、接合面外側に供試体Aと同様のガスケットを、また、模擬スリーブ内への敷モルタルの侵入を防ぐためにワッシャを鉄筋に配置し、敷モルタル施工後、アクリル樹脂部を固定した。

供試体Cは、一括注入部と分割注入部に分けて、それぞれ、前述した供試体A及びBと同様の位置にガスケット（幅30mm、高さ30mm、ブチルゴム製）を設置した後、供試体上部を固定した。

実験は、可視化供試体Aについては1箇所の注入口から一括注入方法でモルタルを充填し、目地部及び模擬スリーブ内の充填状況を目視観察するほか、ポンプ吐出口付近の管内圧力（以下、ポンプ吐出圧力と記す）及び供試体に作用する注入圧力を測定した。

供試体Bについては、敷モルタルの行き渡りを目視観察した後、各スリーブにモルタルを充填した。

実規模供試体Cについては、一括注入部及び分割注入部において、前述したそれぞれの方法でモルタルを充填し、一括注入部においては供試体Aと同様に圧力測定を行った。また、モルタル硬化後、図-4.3.5の位置でコアボーリングを行うとともに、供試体内のスリーブを取り出し、目地部及びスリーブ内の充填状況を目視観察した。

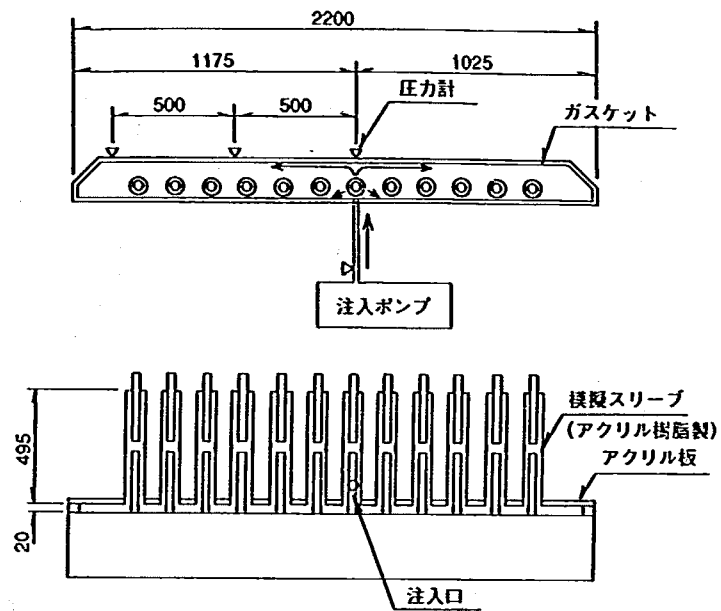


図-4.3.2 供試体 A

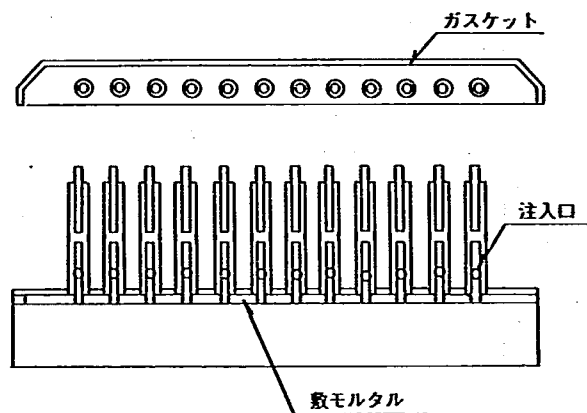
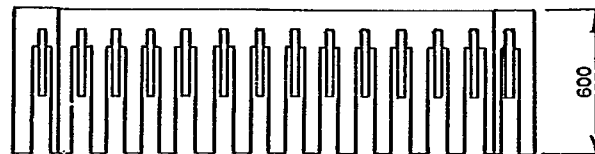
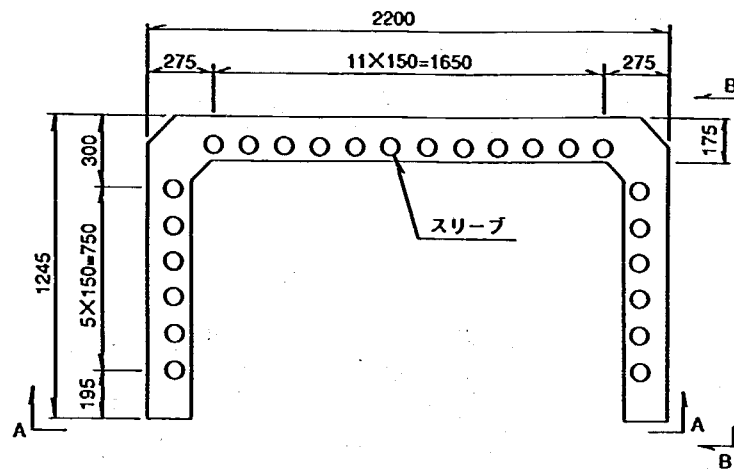
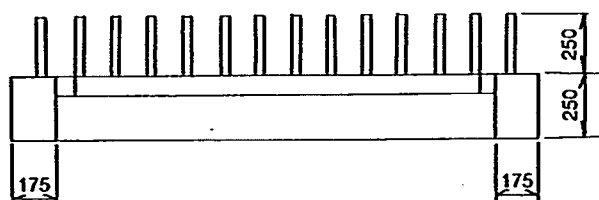
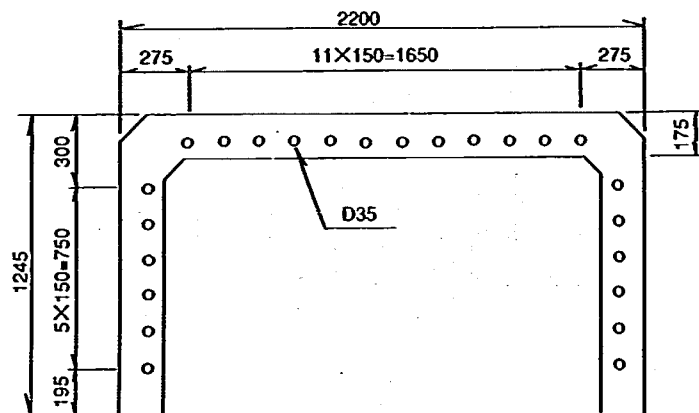


図-4.3.3 供試体 B



(a) 供試体C (上部)



(b) 供試体C (下部)

図-4.3.4 供試体 C

4.4 実験結果及び考察

4.4.1 モルタルの充填状況

写真-4.4.1～4に可視化供試体A, Bのモルタルの充填状況を示す。一括注入方法については、目地部（幅20mm）が完全に充填された（写真-4.4.1参照）後に、注入口に近い模擬スリーブから順次充填されていく（写真-4.4.2参照）ことが確認された。また、目地からのモルタル等の漏れはなく、ガスケットは漏出防止に対して有効であることが分かった。

分割注入方法については、敷モルタルの施工軟度が183mmと比較的硬いにも関わらず敷モルタルは目地部の隅々まで行き渡り、空隙も認められなかった（写真-4.4.3参照）。また、ワッシャの使用により、スリーブ内への敷モルタルの侵入も認められなかった。

写真-4.4.4に実規模供試体Cのモルタルの充填状況を、また、写真-4.4.5～8に実規模供試体Cから採取したコア及びスリーブを示す。これらの写真から、一括注入、分割注入のいずれの方法によっても、モルタルは目地部及びスリーブ内に確実に充填されることが分かる。

以上の結果より、一括注入及び分割注入のいずれの方法によっても、モルタルの充填性については問題ないが、分割注入方法については、充填モルタルの他に敷モルタルの施工管理が必要であり、また、スリーブ毎にモルタルを注入しなければならないことなどから、一括注入方法に比べて幾分施工性は劣るものと考えられる。

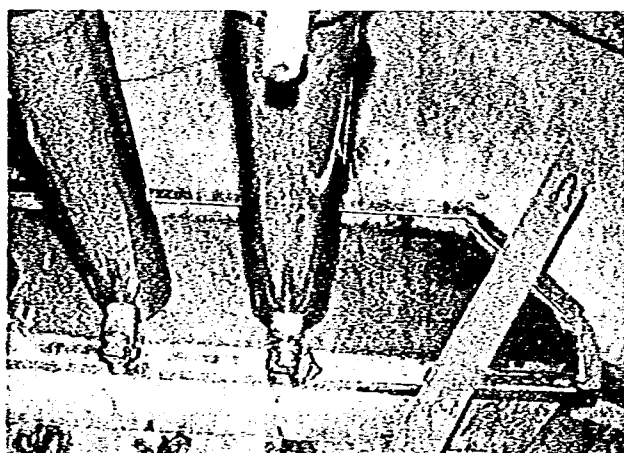


写真-4.4.1 目地部の充填状況（一括注入方法）

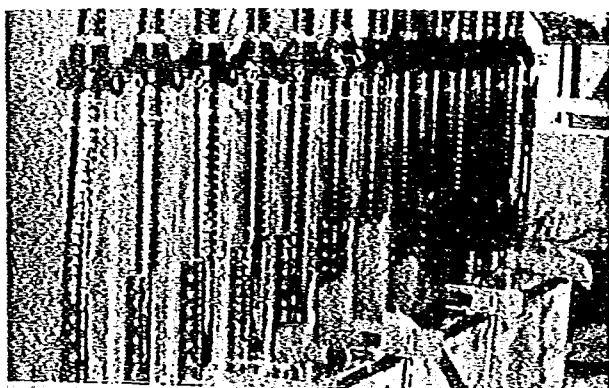


写真-4.4.2 模倣スリーブ内の充填状況（一括注入方法）



写真-4.4.3 目地部の充填状況（分割注入方法）

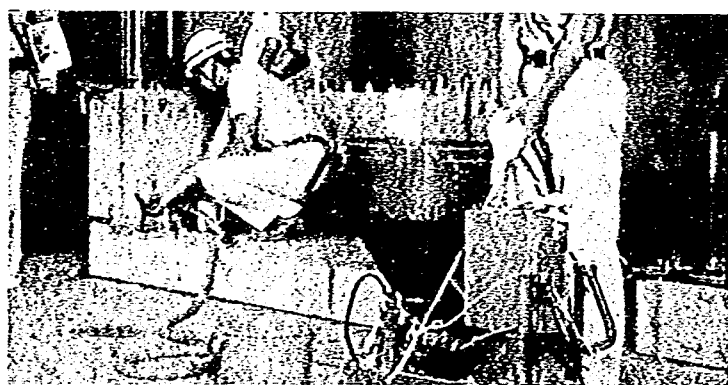


写真-4.4.4 充填状況（実規模供試体）

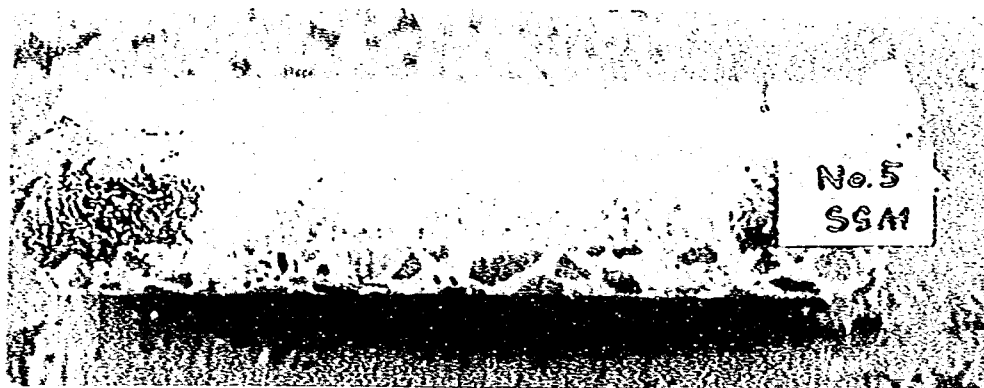


写真-4.4.5 コア (一括注入方法)

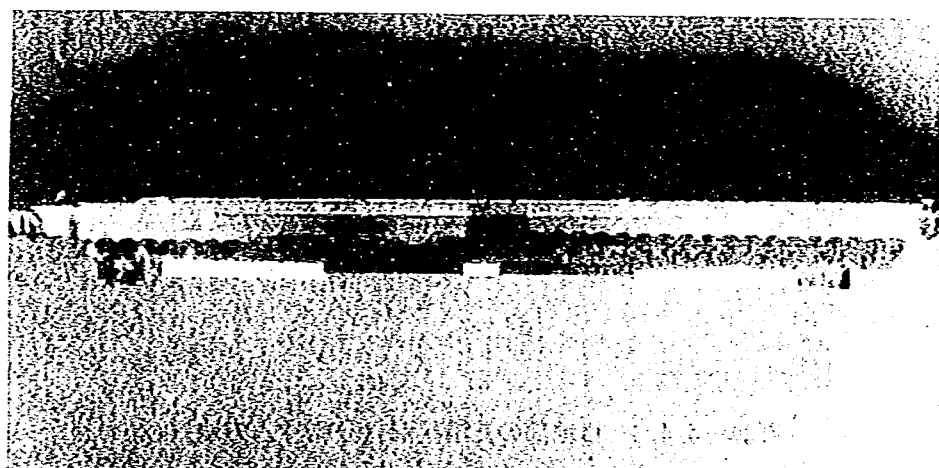


写真-4.4.6 スリーブ (一括注入方法)

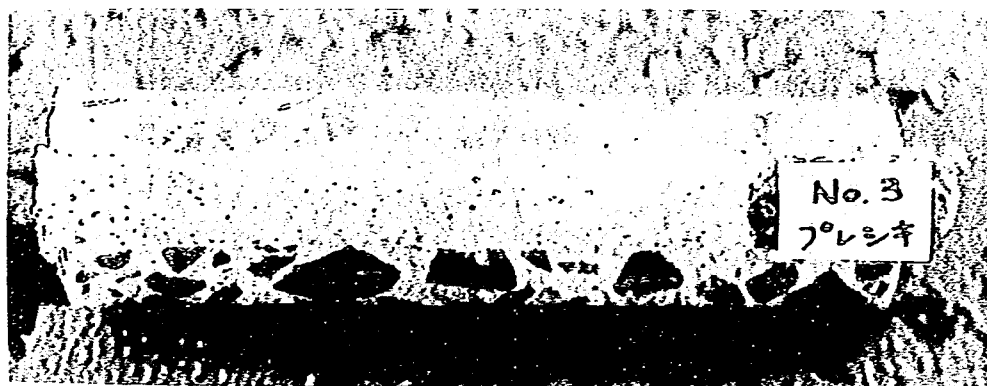


写真-4.4.7 コア (分割注入方法)



写真-4.4.8 スリーブ (分割注入方法)

4.4.2 モルタルの注入圧力

一括注入方法の場合（供試体A，C）のポンプ吐出圧力及び注入圧力の計測結果を表-4.4.1に示す。モルタルの注入速度は約6 ℓ/minである。

ポンプ吐出圧力は、最大1.1～1.3kgf/cm²であり、ポンプに対する負荷が十分小さい範囲でモルタルを充填できることが分かった。また、注入圧力は最大0.2～0.3kgf/cm²程度であり、プレキャスト型枠の自重(=0.67kgf/cm²) に比べてかなり小さい値を示した。

これらの結果より、一括注入方法でモルタルを充填した場合は、注入圧力によるプレキャスト型枠の浮上り等の問題は生じないものと考えられる。

表-4.4.1 圧力計測結果

供試体の 番 号	測定位置	最大圧力 (kgf/cm ²)	平均圧力 (kgf/cm ²)
A	P ₁	1.06	0.53
	P ₂	0.19	0.09
	P ₃	0.19	0.09
	P ₄	0.19	0.09
C	P ₁	1.31	0.66
	P ₂	0.28	0.14
	P ₃	0.25	0.13
	P ₄	0.20	0.10

4.5 ま と め

可視化供試体及び実規模供試体を用いてモルタル充填継手の施工実験を行い、一括注入方法及び分割注入方法のモルタルの充填性及び施工性について検討を行った結果、以下のことが明らかとなった。

- (1) 一括注入及び分割注入のいずれの方法によっても、モルタルは目地部及びスリーブ内に確実に充填することができる。
- (2) 一括注入方法は、注入ポンプに対する負荷も小さく、また、注入圧力によるプレキャスト型枠の浮上がり等の問題を生じることなく、モルタル充填を行うことができる。
- (3) 一括注入方法は、分割注入方法に比べて施工性の点で優れている。
- (4) 接合面に適切なガスケットを配置することにより、モルタル等の漏出を防止することができる。

5. 試験施工

5.1 設 計

倉見高架橋下り線P 1、P 2橋脚はプレキャスト型枠工法により設計施工された。設計については、まず設計断面力から鉄筋コンクリート橋脚としての所要断面、鉄筋量を定め、次ぎにこれら条件でプレキャスト型枠を適用するための検討の型枠と型枠の設計を行った。

5.1.1 形状寸法

橋脚の形状寸法は図5.1.1に示すとおりで、断面は2.5m×2.5m 高さ10.1~10.7mである。この形状に対して、筒状のプレキャスト型枠を高さ方向に4分割して配置した。

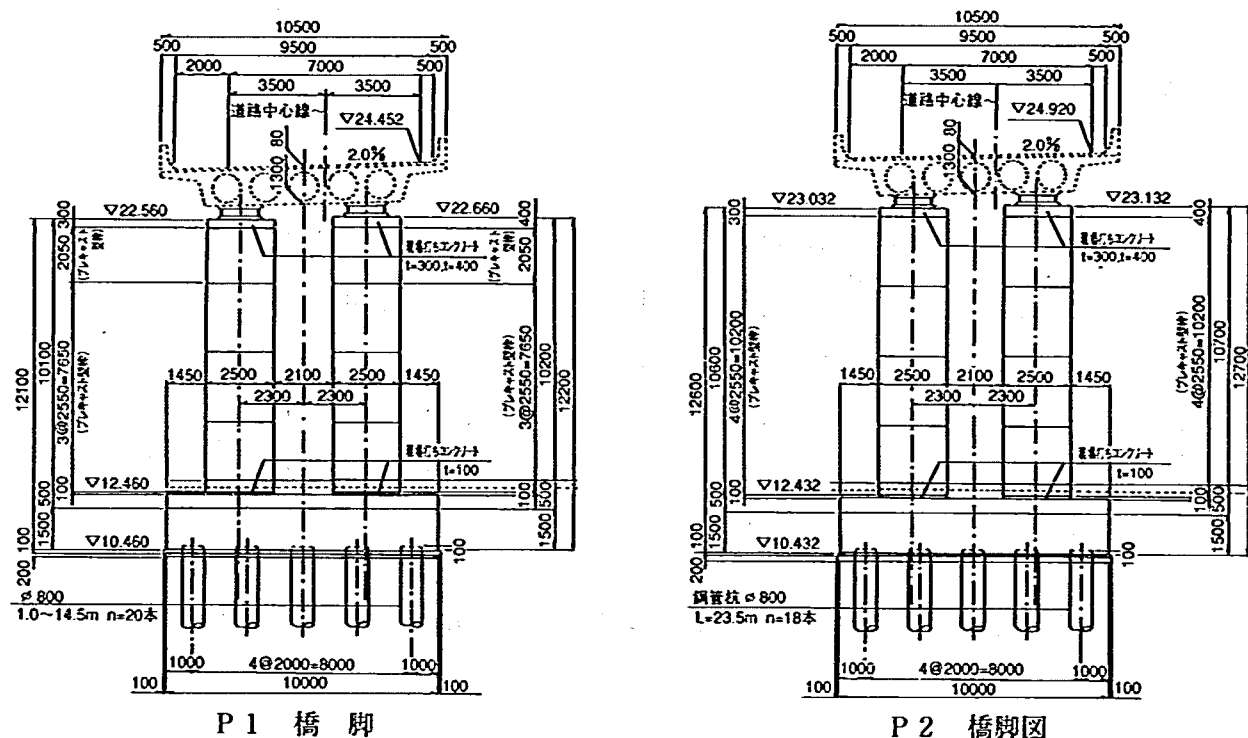


図5.1.1 橋脚構造図

プレキャスト型枠の基本的な形状及び割付は以下を考慮して決定した。

- ① 橋脚断面の大きさから、プレキャスト型枠は鉛直目地のない筒状とした。
- ② 高さ方向は、型枠の運搬を考慮して4分割とし水平目地を設けた。
- ③ 1ブロックの高さは型枠運搬上の法規制の範囲内で2.53mとした。
- ④ 橋脚上端は、設計高さの調整代として場所打ちコンクリートとした。
- ⑤ 橋脚下端10cmは、型枠セット時の施工性とレベル調整のために場所打ちコンクリートとした。

5.1.2 橋脚の設計

1) 使用材料

表-5.1.2.1に示す。

表-5.1.2.1 使用材料

種 別		プレキャスト型枠	二次コンクリート
リ コ ン ト ク	設計基準強度	400kg/cm ²	210kg/cm ²
	粗骨材寸法	最大20mm	最大40mm
鉄 筋		SD295A	同 左
鉄筋の機械継手		モルタル充填継手	

2) 許容応力度

表-5.1.2.2、3に常時の許容応力度を示す。

表-5.1.2.2 コンクリート許容力度
(kg/cm²)

種 別	許容応力度
曲 げ 圧 縮	70
せん 断	3.6
付 着	14

表-5.1.2.3 鉄筋許容応力度 (kg/cm²)

種 別	許容応力度	備 考
一般の部材	1,800	—
地下水位以下	1,600	—
継 手 部	1,620	一般部の90%

- ・コンクリートは場所打ちコンクリート（二次コンクリート）の許容応力度を用いた。
- ・地震時は常時の50%増し。

3) 設計断面力

地震時断面力で橋脚部材は決定した。表-5.1.2.4、5に橋脚下端の地震時断面力を示す。

表-5.1.2.4 P 1 橋脚断面力
kh=0.25 (t, t・m)

	橋軸方向	直角方向
鉛 直 力	471	471
水 平 力	158	118
モーメント	1,403	1,094

表-5.1.2.5 P 2 橋脚断面力
kh=0.30 (t, t・m)

	橋軸方向	直角方向
鉛 直 力	453	453
水 平 力	168	136
モーメント	1,527	1,293

4) 応力度検討結果

表-5.1.2.6、7に橋脚下端の地震時応力度検討結果を示す。応力度はいずれも許容応力度以下である。なお、応力度計算上の断面寸法は水平目地があるため、橋脚全幅からガasket幅の2倍を控除した有効幅で計算している。

ここで有効幅 b は、

$$b = 2500 - 2 \times 30 = 2440 \text{ mm}$$

となる。

表-5.1.2.6 P1橋脚下端応力度

	橋軸方向	直角方向
軸方向筋の配筋	21-D32 7-D22	19-D32
鉄筋量(cm^2)	388	302
σ_c (kg/cm^2)	77	66
σ_c (kg/cm^2)	2,359	1,950
τ_c (kg/cm^2)	5.8	5.9

表-5.1.2.6 P2橋脚下端応力度

	橋軸方向	直角方向
軸方向筋の配筋	21-D32 11-D29	21-D32 7-D22
鉄筋量(cm^2)	475	388
σ_c (kg/cm^2)	78	71
σ_c (kg/cm^2)	2,309	2,133
τ_c (kg/cm^2)	5.8	5.8

また、帯鉄筋は道路橋示方書下部構造編より、軸方向鉄筋量の0.15%以上配置することとし、プレキャスト型枠と二次コンクリート側に分けて配置した。

プレキャスト型枠内には、P1はD16ctcl50、P2はD19ctcl50を配置した。

5.1.3 プレキャスト型枠と二次コンクリートの一体化の設計

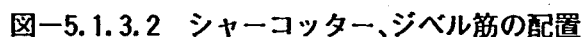
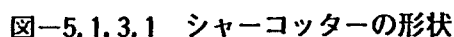
本設計では、プレキャスト型枠を用いたコンクリート構造物の設計・施工に関して別途とりまとめた技術資料(案)により、型枠内面のシャーコッターとジベル筋の検討を行っている。

1) シャーコッター

- ・型枠製造時の脱型時の施工性からシャーコッター形状は角錐台とし、また寸法は上記技術資料(案)から図-5.1.3.1に示すとおりとした。
- ・また、技術資料(案)に規定されるシャーコッターの必要面積から、図-5.1.3.2に示すように、型枠1函体の内側1面当たり7ヶ所×8段計56個配置とした。

2) ジベル筋

- ・橋脚断面のコンクリートのせん断応力度が許容応力度以下であるため、技術資料(案)の規程から最小ジベル筋量として、型枠内側面積の0.1%以上配置した。配置鉄筋量は型枠1函体の内側1面当たり、D16×32~36本である。



1) プレキャスト型枠の厚さ

2) ハンチ

3) 水平目地

4) 軸方向鉄筋の間隔

5) 中間帯鉄筋の配置

6) ジベル筋の配置

7) 帯鉄筋の継ぎ手

— 42 —

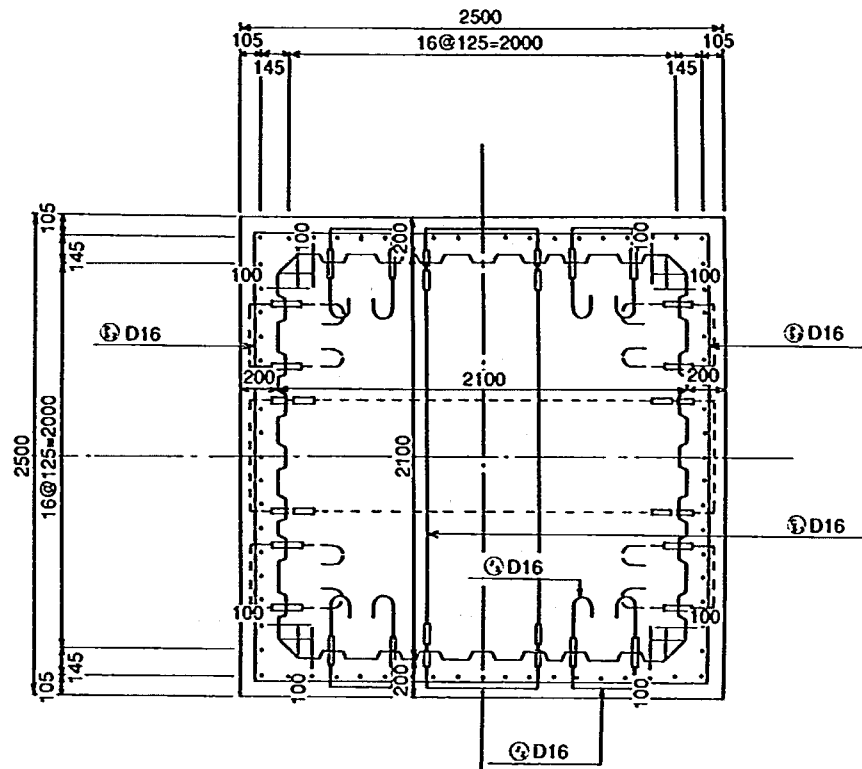


図-5.1.4 プレキャスト型枠断面図

5.1.5 施工時検討

施工時にプレキャスト型枠に作用する荷重に対して、型枠コンクリートの応力度等を照査し、問題がないことを確認した。検討した荷重状態は次のとおりである。

① コンクリート打設時

コンクリートの側圧、作業荷重による型枠コンクリート引張応力度と、水平目地部の軸方向鉄筋の残留応力度の影響を照査した。

② 型枠吊り上げ時

型枠自重による型枠コンクリート引張応力度を照査した。

なお、コンクリート打設時の荷重状態は図5.1.5に示すとおりで、荷重強度は以下のとおりである。

・コンクリートの側圧

コンクリート温度 10℃

打設速度 3 m/h

最大側圧 6.1t/㎡

・作業荷重

プレキャスト型枠頂部；

P；型枠投影面積に対して150kg/㎡で算出

H 1；鉛直荷重の5%

プレキャスト型枠側面

$$H_2 = 50 \text{ kg/m}^2$$

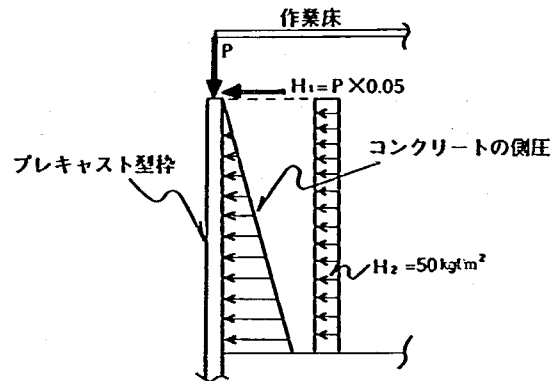


図-5.1.5 コンクリート打設時の荷重状態

5.2 製 造

プレキャスト型枠工法においては多数の主鉄筋をモルタル充填継手で接合することが必要である。また、製品の出来形精度は、構造物の出来形に直結するのである。そのため、プレキャスト型枠の製造にあたっては、主に次のような工夫を施した。

① 型枠の製品精度

コンクリート型枠相互の接合のため、型枠全体の形状にゆがみ・ひずみ等がないこと。

② 主鉄筋及びモルタル充填継手の位置精度

鉄筋とモルタル充填継手の位置精度は $\pm 2 \text{ mm}$ 程度で管理し、鉄筋については鉛直性も確保すること。

③ 型枠接合面の仕上げ精度

本工法では型枠設置後に目地とモルタル充填継手にモルタルを一括注入する方式を採用している。したがって、接合面の凸凹がガスケットと型枠との間にシールを形成できる範囲とすること。

④ シャーコッターの成形

せん断力を確実に伝達するためにシャーコッターに割れや欠けがないこと。

5.2.1 製造工程

製造用型枠はメタル製とし、1型枠を転用している。このため、全16ピースのプレキャスト型枠の製造には約2ヶ月を要した。

表-5.2.1 製造工程

種別	作業内容	第1日目 08~12 13~17	第2日目 08~12 13~17	第3日目 08~12 13~17	第4日目 08~12 13~17
鉄筋	鉄筋切断・加工 鉄筋溶接	 			 
製造	底版・内型枠セット スリーブの加工 スリーブのセット 主筋・配力筋の建込み ジベル筋のセット 外型枠のセット コンクリート打設 打設面仕上げ 促進養生 脱型 型枠清掃 仕上げ	  	 	  	      
管理	製造管理 コンクリート品質管理 製品検査			 	 
他	仮組 出荷				 

(摘要) ~~~~~は次の製品の工程を示す。

表-5.2.2 製造に関する変更事項

項 目	問 題 点	今回実施した対策	効 果
ジベル筋の設置方法	問題なし	—	—
シャーコッターの成形方法	問題なし	—	—
スリーブの設置方法	隅角部の両隣に設置するスリーブの充填モルタルの流出口、注入口の固定が不十分	打設時における流出口、注入口のずれを防止するための添え筋を設置	打設時にくずれることがなくなり、完全な固定ができた
コンクリートの打設方法・締固め方法	コンクリート表面の気泡	型枠バイブレーターの設置位置を2段から3段に変更し、内部振動機、スパージングバルブを併用	気泡の数は減少したが、完全になくならなかった
	コンクリート打設時に上端鉄筋にコンクリートが付着	ビニールテープを巻いて付着を防止	ビニールテープを脱型機にとることによりコンクリートの付着はなくなった
	上端部のコテによる平坦仕上げが困難	脱型後にサンダーによる最終仕上げを実施	手間は増えたが打設面の平坦性が保たれ、製品の寸法許容規程値に収めることができた
養生方法・脱型方法	コンクリート内部の表面の温度差の考慮	昇温勾配を15℃以下、最高温度を55℃以下	クラック等の不良品は全くなり、表面の仕上がりは良好であった
出来形検査方法	問題なし	—	—
貯蔵方法	屋外ヤードでの保管時に上端鉄筋の錆やコンクリート表面に汚れが発生	製品全体をビニールシートで被覆	出荷時まで汚れ等もなくきれいに保管することができた
梱包・運搬方法	問題なし	—	—
その他	剥離剤は、内側を油性、外側は美観を考慮して水性としたが、色むらが発生	外側も油性に変更	油性に変更してからは、色むら等はなくなった
	表面の補修モルタルの色が製品の仕上り色と異色	補修モルタルの種類変更	製品の仕上がり面の色と合致し改善が図れた



写真-5.2.1 スリーブのセット

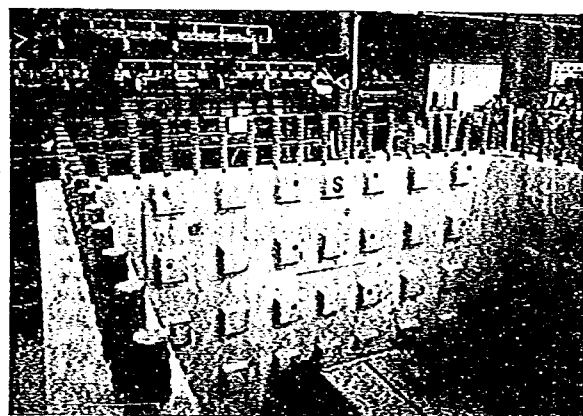


写真-5.2.2 プレキャスト型枠の内面

製造開始後、5ピース目の製造時に工程及び歩掛を測定したところ、1ピース当たりの製造家庭における全人工は250人・時を要しており、直接製造に係わる作業は、その中の約72%を占めていた。また、製造作業に要した人工の内訳をみると、コンクリート打設から仕上げまでの過程が約50%を占めていることがわかった。この過程においては、打設、仕上げ、補修作業を行っているが、特に養生後のサンダーによる表面仕上げや鉄筋長さの管理にかなりの人工を要していた。

5.2.2 製品の出来形調査

製品の出来形に関しては、目視によりひび割れや色むらを確認し、辺長、部材厚、面のそりやねじれ等については各寸法を計測し、設計値と実測値の誤差を確認することとした。

全体的に、ひび割れの発生は認められなかったが、色むらについては水分の蒸発速度の違いに起因すると思われる色むらが若干認められた。また、表面には気泡が多少みられ、大きいものについては補修を行った。シャーコッターについては、角形としたため角が1～2mm程度欠けることがあった。今回の製造では補修したが、通常は補修する必要がない程度の軽微なものであると考える。

形状寸法については製造完了後に測定を行ったが、コンクリート部の辺長、部材厚、面のそりやねじれとも設計値との誤差が±2mmの範囲で収まっていた。また、製造後1ケ月経過時の計測では、収縮に起因すると思われる縮み現象が辺長で1mm程度認められた。ただし、そりやねじれなどについては認められず、品質上問題となるようなことはなかった。

5.2.3 製造に関する変更事項

今回、初めてプレキャスト型枠を製造することによって、机上検討の段階では予測できなかった問題点を発見することができ、またそれに応じた対策を検討、適用することによって、さらなる製造技術の向上が図れたものと思われる。発生した問題点と実施した対策をまとめると表-5.2.2のとおりである。

5.3 施 工

5.3.1 施工工程

P 1 及び P 2 橋脚の施工（フーチング部の掘削～埋め戻し）は並行して行われ、それぞれ約3ヶ月で終了した。プレキャスト型枠1段目の設置から頭部コンクリートの打設までに要した施工日数はP 1 及び P 2 橋脚、それぞれ29日及び42日であり、P 2 橋脚の方が2週間長かった。これは主に作業の熟練度及び配筋の違いによるものと考えられる。標準的な施工のサイクルは図-5.3.1のとおりである。

1 日 目	2 日 目	3 日 目	4 日 目	5 日 目
ガスケット・ス ペーサ取付  プレキャスト型枠 設置 	モルタル充填継手 	主鉄筋・配力筋 ¹⁾ 組立 ジベル筋取付 ²⁾ 	二次コンクリート 打設 	レイタンス処理 

1) P 2 橋脚のみ

2) ジベル筋は、P 2 橋脚の1～2段については現場で取り付けたが、それ以外は工場で事前に取り付けた。

図-5.3.1 標準的な施工サイクル

北陸地方建設局が実施した「機械施工積算合理化調査〈橋脚プレキャスト型枠〉」の調査結果を基に、P 1 及び P 2 橋脚の2柱式の内の各1柱当たりに要する労務人員・時間をまとめた。単純に比較するとP 1 橋脚で226人・時間、P 2 橋脚で330人・時間となる。P 1 橋脚ではジベル筋の取付及び鉄筋組立の作業がないため、その部分を差し引いて比較すると、P 2 橋脚の方がP 1 橋脚に比べて47人・時間少ない値となる。この差は、主にガスケット・スペーサの取付、モルタル充填継手の作業の習熟度の向上によるものと考えられる。

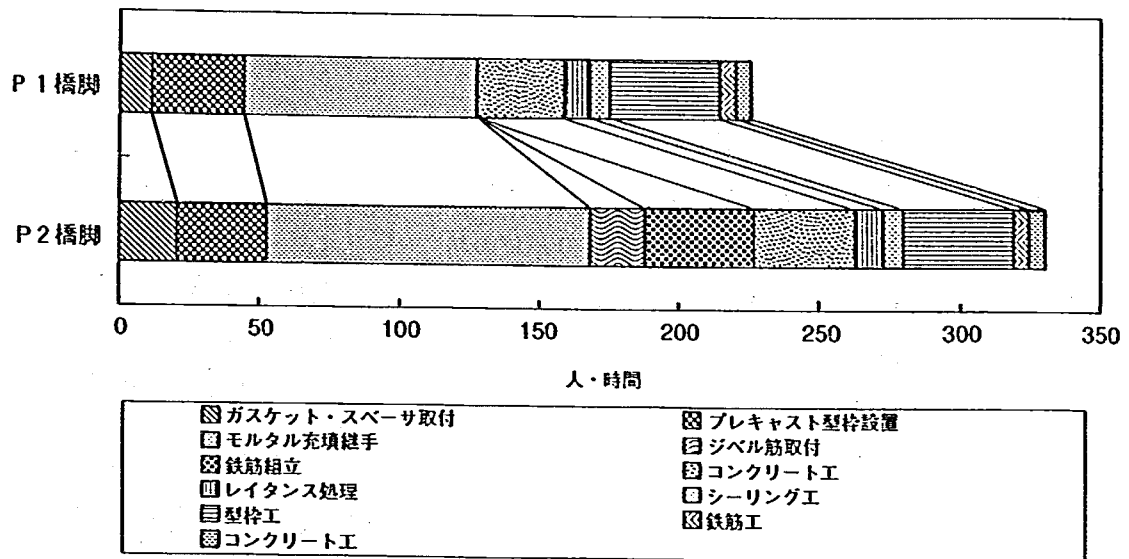


図-5.3.2 1柱当たりの労務人数・時間

5.3.2 施工概要

今回の施工に置いては、現場で施工されたフーチングと工場の製造されたプレキャスト型枠を現場で接合したため、フーチング部の鉄筋位置の精度管理が重要なポイントであった。

施工手順は図-5.3.3に示すとおりである。以下この手順に従って、施工内容と今回の試験施工によって得られた施工上ポイント等を紹介する。

なお、(1)から(5)まではフーチング部の施工を、(6)以降は型枠との接合に関する施工を述べている。2段目以降の接合(6)以降の繰り返しとなる。

(1) アンカーフレーム設置

フーチング下筋設置後、アンカーフレームを設置する。

アンカーフレームは立ち上げ筋の位置精度確保を行うもので、プレキャスト型枠とフーチングの接合の可否や構造物の出来形を決めてしまうため、その位置決めや鉄筋の固定、アンカーフレームの剛性については十分に留意する必要が認められた。

(2) 立ち上げ筋設置

アンカーフレームへ鉄筋を挿入し、接合鉄筋の位置決めを行う。U字形に切り込みをいれて施工性を高めたが、位置決め精度が落ちることが予測されたので、アンカープレートでそれを補完することになった。

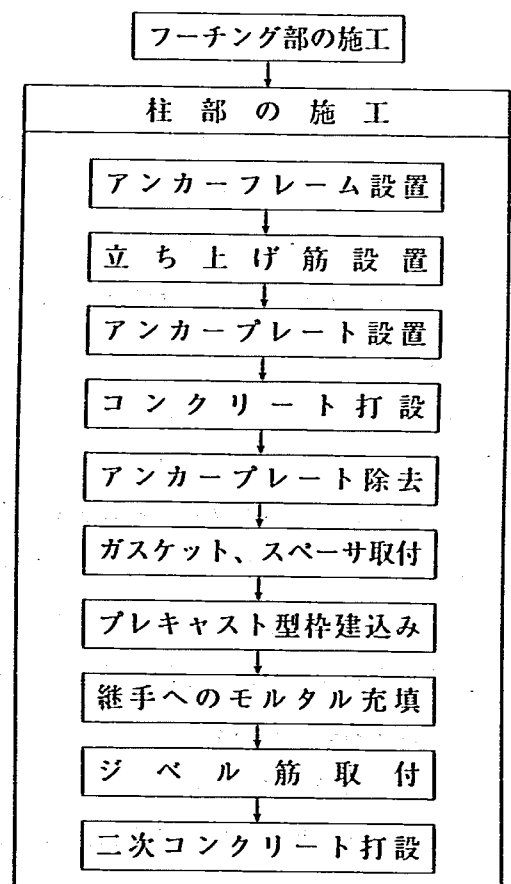


図-5.3.3 施工順序

た。

(3) アンカープレート設置

アンカープレートを接合鉄筋の上部の設置し、鉄筋の位置を高精度で管理する。また、これはコンクリート打設等による鉄筋のずれを防止する役目も果たしている。ミリ単位の精度で鉄筋の位置決めを行う必要があるため、鉄筋をそれに合わせる場合には困難を伴うことも生じる。このため、アンカープレートを利用する場合は、その形状や設置方法について十分に検討を行う必要がある。

(4) コンクリート打設

配筋後のコンクリート打設時には、鉄筋の位置精度が失われないように、ムアンカーフレーム周囲から均一に打設を行い、十分留意して進める必要がある。(実際にフレームの剛性などが弱い場合にはセンチ単位で鉄筋位置が動くことが確認されている)。

(5) アンカープレート除去

養生後、アンカープレートを切断、除去する。

(6) ガスケット、スペーサ取付

プレキャスト型枠（一段目建て込みの場合はフーチング）の接合面にゴム製的气体とスペーサを設置する。プレキャスト型枠工法では、目地のうちモルタルが充填された部分のみを構造断面として評価するため、断面欠損を起こさないようにガスケットの曲がりなどに注意して設置する必要がある。

(7) プレキャスト型枠建て込み

工場で製造されたプレキャスト型枠をクレーンで建て込む。今回の施工においては、100t 吊りのトラッククレーンを使用した。一回の設置は約20分程度終了した。接合鉄筋のうち四隅の鉄筋については40mm 長くし、接続ガイドとして利用した。これは、72本の鉄筋を接続するに当たって非常に貢献していた。鉄筋を合わせただけでは設置精度が確保されないため、添え木を使ったり、測量を行ったりして出来形を確保する必要がある。

(8) 継手へのモルタル充填

型枠建て込み後、鉄筋の接合のためにプレキャスト型枠の内側から継手へのモルタル充填を行う。充填は、一面一括方式で行ったため作業の合理化が図れた。

(9) ジベル筋取付

モルタル充填により、プレキャスト型枠の主鉄筋が接合された後、ジベル筋の取り付け。今回の設計では、かなりの本数が必要となったため、取付作業には大変な手間を要した（最終的には、工場生産時にジベル筋を取り付け、製品の搬送を行ったため、現場作業を省略することができた）。

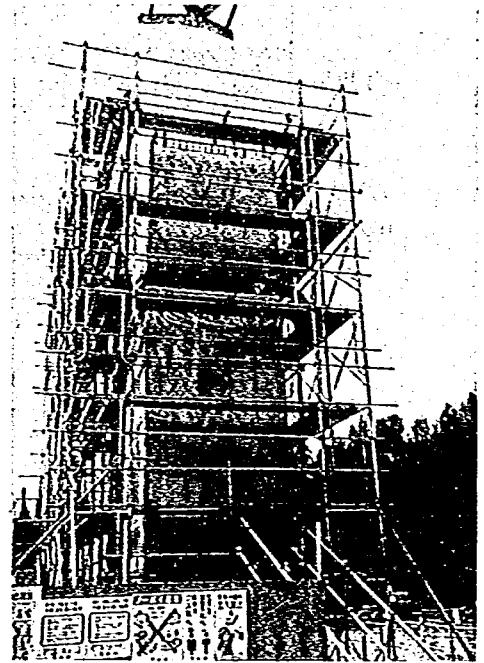


写真-5.3.1 建て込み状況

(10) 二次コンクリート打設

プレキャスト型枠内に二次コンクリートを打設する。構造物に弱点を作らないように、型枠接合面と約50cmの差を持って二次コンクリート打設を行った。

5.3.3 構造物の品質調査

橋脚の施工完了後にプレキャスト型枠の設置精度、目地部の段差及び目地幅の品質を調査した。

鉛直精度については、橋脚全体で1/2,400～1/2,500程度の傾きで収まっており、施工管理が良好に行われたことが確認できた。

プレキャスト型枠接合部の目地部の段差については、P 1及びP 2橋脚ともに1段目と2段目の目地部、2段目と3段目の目地部には段差がみられなかったが、3段目と4段目の目地部においては1～3mmの段差が生じた。

目地幅については設計値の20mmにたいして平均18mm程度で、ほとんど17～19mmの範囲で管理されていた。目地幅が大きい場合には、ガasketのつぶれ代が少なくなりモルタル等の漏出の危険性が高まるため、目地幅の管理は施工上の重要なポイントとなる。

お わ り に

今回の共同研究では厚肉型プレキャストコンクリート型枠による合理化施工法について工法を確立し、試験施工によって、その省力化効果・工期短縮効果・現場負荷の低減など、研究目的とした各種効果についてのここに述べたとおり確認を行い、その成果を確認できた。今回の取り組みは、今後の大型コンクリート構造の施工に関し、プレハブ化へ向けての門戸を開いたといえる。この成果により、今まで3Kと呼ばれ続けてきた建設業に対するイメージアップが図られることを期待したい。

一方、試験施工において、プレキャスト製品の価格が工事費を圧迫する傾向がみられた。特に大型土木構造物にはその立地条件等により、構造耐力や形状等に多様性が認められる。このため、プレキャスト製品の型枠回転率の低下などが避けられず、プレキャスト製品のコストダウンへの取り組みが難しい。今後は土木構造物の設計標準化やプレキャスト製品の標準化により、このような問題が解消される必要がある。

また、プレキャスト製品の円滑な施工のためにはプレキャスト製品の精度と現場施工の接合部の精度の確保が最も重要である。特に、現場施工においては、継手接合部に対してミリ単位の精度の確保を要求するため、慎重な計画と実施が必要であった。また、プレキャスト製品の据えつけ誤差がそのまま構造物の出来型に影響を与えるなど、施工全般については従来の施工と比べてはるかにきめの細かい管理が必要である。

また、この共同研究の最終年度に阪神大震災が発生し、数々の構造物に甚大な被害が発生した。本報告は地震発生以前の基準・指針に則り作成されたものであるので、この技術の適用にあたっては、平成7年度以降の諸基準や諸指針に則って見直した上で実施されることをお願いしたい。

最後に、本共同研究の推進にあたり、ご指導、ご鞭撻をいただいた岩松幸雄教授（茨城大学）、魚本健人教授（東京大学）、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の各委員の方々に深く感謝の意を表する次第である。

プレキャストコンクリート型枠の
設計・施工技術の開発に関する研究
共同研究報告書(Ⅱ)

ISSN 0386-5878
共同研究報告第146号
平成8年2月(1996)

建設省土木研究所 材料施工部機械研究室

財団法人先端建設技術センター

株式会社 大林組

鹿島建設 株式会社

佐藤工業 株式会社

清水建設 株式会社

大成建設 株式会社

株式会社 竹中土木

森友小野田株式会社

飛島建設 株式会社

西原建設 株式会社

日本国土開発株式会社

フジタ

不動建設 株式会社

前田建設工業株式会社

要 旨

建設省総合技術開発プロジェクト「建設事業における施工新技術の開発」の中で、「プレキャストコンクリート型枠の設計・施工技術の開発に関する研究」が平成2年度から平成6年度まで建設省土木研究所、財団法人先端建設技術センター、民間企業13社による共同研究として実施された。

本研究は建設事業における生産性の向上、安全性の向上、作業環境の改善を図る方策として型枠を大型プレキャスト部材で製作し、そのまま構造物の外壁とする工法の開発を行うものである。型枠部材の接合は鉛直方向ではモルタル充填継手を利用し、水平方向は添え筋方式の簡易継手を利用する。また、型枠部材はコンクリート打設面にジベル筋やコッターを配するとともに、主筋筋を内部に配してあるために、構造断面として評価できるものである。

本報告書はこの工法の開発にあたって実施された各種実験について取りまとめを行い、報告するものである。

キーワード：プレキャストコンクリート型枠、プレキャスト型枠、二次製品、プレキャスト製品、模脚、プレハブ、モルタル充填継手、簡易継手(添え筋方式)

郵便はがき

50円切手
をはって
下さい。

305-□□

茨城県つくば市大字旭一番地
建設省土木研究所
機械研究室 行

No. _____

共同研究報告書第146号

No. _____

配布先氏名

配布先住所

○

共同研究報告書第146号 部

上記のとおり受領しました。

所 属 (住所)

氏名

⑨

共同研究報告第146号