

大型移動支保工を用いた施工について

— 第二東名高速道路 刈谷高架橋 —

小島 明德*1・鄭 慶玉*2・竹口 誠*3・山田 裕一*4

1. はじめに

移動支保工は、固定式支保工とは異なり、型枠および支保工を解体することなく、次の径間に連続して移動していく架設工法である。代表的な構造形式には、中空床版形式・版桁形式・箱桁形式などがあり、適用支間は構造形式に左右されるが、一般的には20 m～35 m（最大45 m）となる。さらに、移動支保工は接地式移動支保工、下支え式移動支保工および吊下げ式移動支保工に大別され、後者2つは支保工が大きくなるため、大型移動支保工と総称される。

本稿においては、現在、第二東名高速道路において大型移動支保工（吊下げ式移動支保工）で施工中の刈谷高架橋の実例を踏まえて、大型移動支保工に関連する施工機械についての特徴、問題点、今後の方向性について述べることにする。

2. 移動支保工の概要および特徴

2.1 移動支保工の種類

移動支保工は、先にも述べたとおり接地式移動支保工、大型移動支保工に大別される。大型移動支保工は鋼製ガーダーと型枠を組み合わせ、鋼製ガーダーの移動と型枠の組払いを機械化して、1径間を一括して施工する。大型移動支保工には、下支え式移動支保工と吊下げ式移動支保工がある。それぞれ3種類の支保工の概要および特徴を以下に述べる。

(1) 接地式移動支保工

接地式移動支保工は、鋼製の橋脚および型枠で橋体のコンクリート荷重や作業荷重を支持し、橋体完成後は支保工を下げて、レールと台車等によって地上を移動する方式である。よって、橋体下空間の条件に制約を受けるため、実施例は最近では少ない。

(2) 下支え式移動支保工（図-1¹⁾）

橋体の直下に架設桁を通し、その架設桁上に型枠を組み上

げた移動支保工である。橋脚形状により、架設桁の移動に制約が生じるため、近年、施工例が少なくなりつつある。

(3) 吊下げ式移動支保工（図-2¹⁾）

施工された橋脚または橋面上に配置された支持脚上にメインガーダーを架設し、そのメインガーダーから横梁を張り出し、型枠支保工を吊り下げた移動支保工である。

2.2 大型移動支保工の一般的特徴

大型移動支保工に関しては共通して以下の特徴がある。

- ① 施工時に橋体下空間が確保できるため、桁下の条件に左右されることなく施工が可能である。
- ② 橋体が上屋で覆われているため、風雨等の気象条件に左右されず施工ができ、工程管理が容易である。
- ③ 同じ作業の連続となるため、作業員の熟練度が早く、機械化により、省力化、急速施工が可能である。

また、大型移動支保工の適用条件としては、一般に以下のことが言える。

- ① 橋体の断面形状についてはとくに制約はないが、施工の省力化、急速化を図るためには、同一の断面形状が連続していることが望ましい。
- ② 施工延長が長ければ長いほど固定支保工に比べ経済的であり、多径間連続桁の架設にはその特徴を十分に発揮する。

3. 刈谷高架橋の概要²⁾

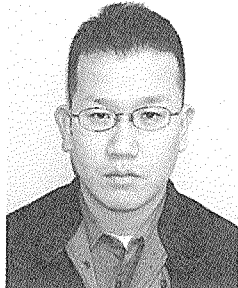
第二東名高速道路刈谷高架橋は、PRC構造の2主版桁橋で橋長および各径間長は表-1のとおりである。本工事における大型移動支保工適用区間の支間長は最大で32 mと標準的であるが、上下線合わせた施工延長は56 スパンで約1 720 mと大規模なものである。また、2基の大型移動支保工を常時稼働させるため、厳しい工程管理を必要とする。

図-3に平面図および施工区分図、図-4に第5高架橋上



*1 Akinori KOJIMA

オリエンタル建設(株)・コアアツ工業(株)・日本鋼弦コンクリート(株)共同企業体



*2 Keigyoku TEI

オリエンタル建設(株)・コアアツ工業(株)・日本鋼弦コンクリート(株)共同企業体



*3 Makoto TAKEGUCHI

オリエンタル建設(株)・コアアツ工業(株)・日本鋼弦コンクリート(株)共同企業体



*4 Yuichi YAMADA

オリエンタル建設(株)・コアアツ工業(株)・日本鋼弦コンクリート(株)共同企業体

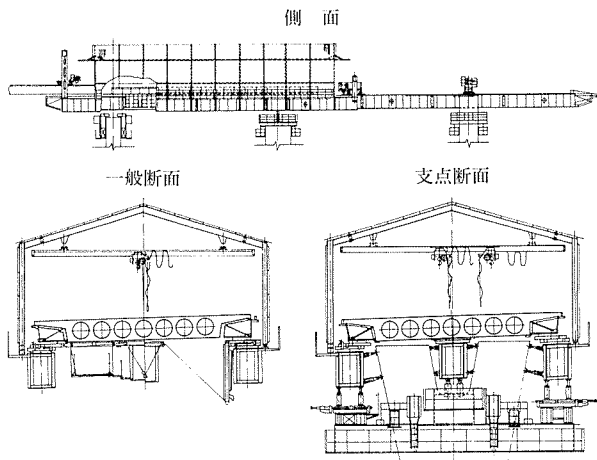


図-1 下支え式移動支保工

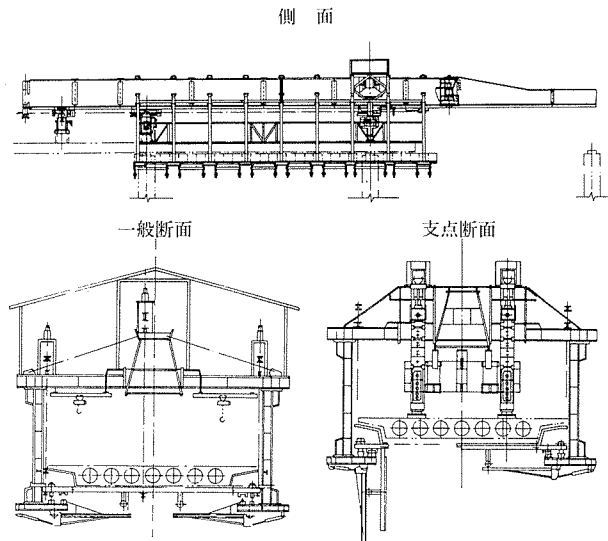


図-2 吊下げ式移動支保工

表-1 橋梁概要表

	第1高架橋		第3高架橋		第5高架橋		第7高架橋	
	上り	下り	上り	下り	上り	下り	上り	下り
構造形式	PRC2主版桁橋		PRC2主版桁橋		PRC2主版桁橋		PRC2主版桁橋	
径間数	9径間		8径間		18径間		11径間	12径間
橋長 (m)	307.8		274.0		535.0	548.0	337.2	359.3
支間長 (m)	28.3+5@31.5+38.0+46.0+38.0		5@32.0+35.5+47.0+31.5		30.0+14@30.5+3@26.0	30.0+16@30.5+30.0	23.35+9@32.0+25.8	22.0+23.5+9@32.0+25.8
有効幅員 (m)	15.900~15.827	14.775~14.760	15.824~14.640	14.760~14.520	14.520	14.640	14.640	14.520~19.310
横断勾配 (%)	7.5~7.06		7.06~-2.46		-2.46~-5.5~-5.121		-2.83~-4.5	
施工方法 (図-1参照)	移動支保工 (一部固定支保工)		移動支保工 (一部固定支保工)		移動支保工		固定支保工	

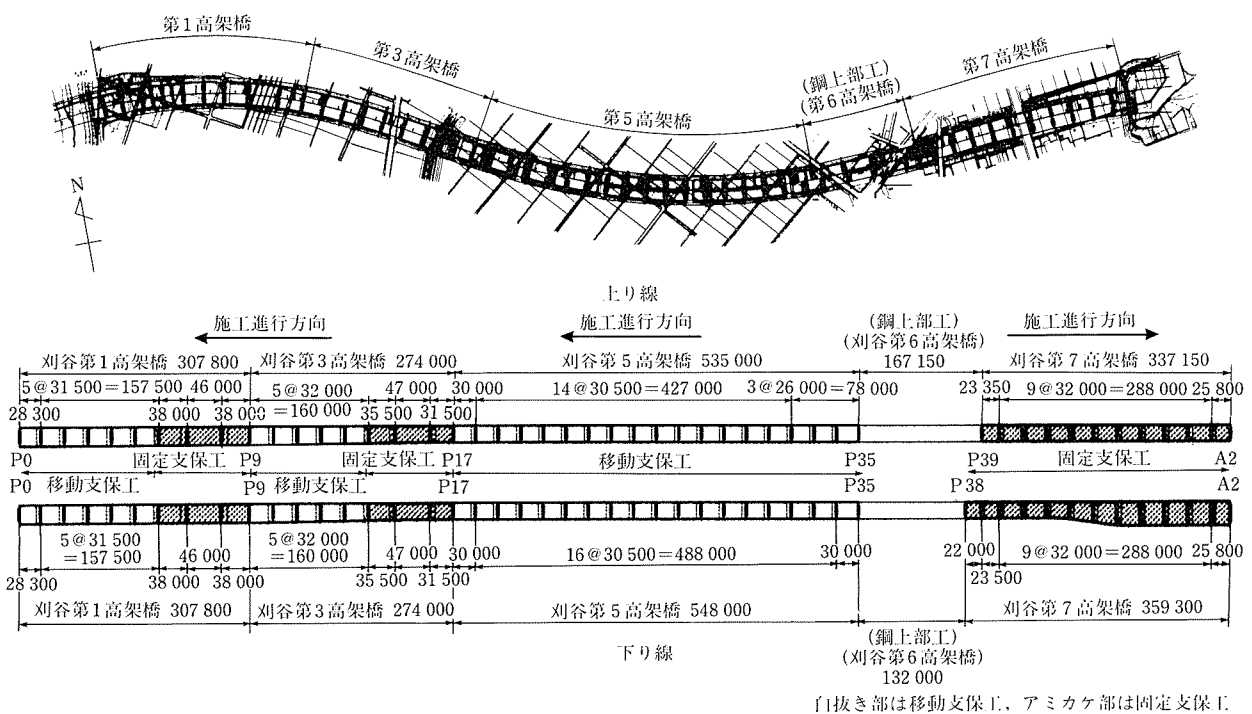


図-3 平面図および施工区分図

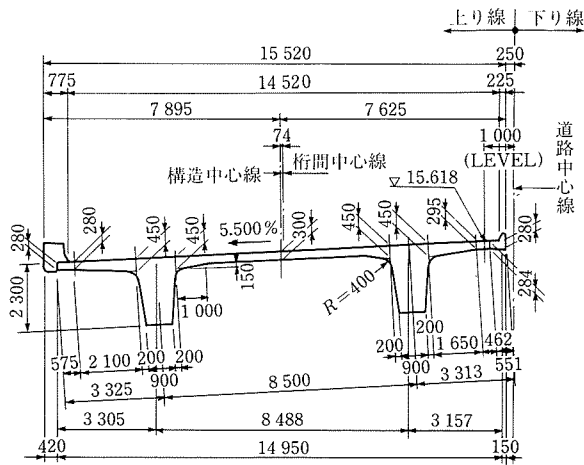


図-4 上り線主桁断面図

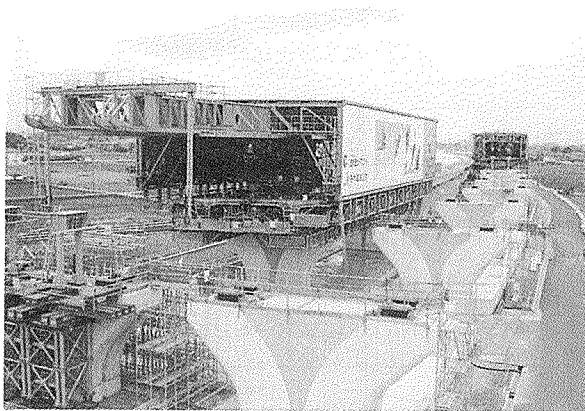


写真-1 大型移動支保工

表-2 大型移動支保工概要

大型移動支保工の面積	900 (m ²)
大型移動支保工の重量	
メインガーダー	240 (t)
フレーム材	210 (t)
その他設備	260 (t)
支持台, 支持脚	120 (t)
合計	830 (t)
コンクリート重量	875 (t)
1径間あたりの合計重量	1 705 (t)

表-3 支保工内機械設備の概要

機械設備名称	数量
型枠トラス開閉用ウインチ	1台
電動ホイストクレーン (7.5 t) 型枠トラス高さ調整用	4台
電動ホイストクレーン (5.0 t) 支持台移動用	4台
電動ホイストクレーン (2.8 t) 鉄筋ユニット, 資材運搬用	8台
支持台 (移動支保工移動用)	3セット
発電機 (125 kVA)	1台
照明設備 (水銀灯)	18個
支持台移動台車	2台
油圧ジャッキ (型枠トラス折畳み用)	40台
レバーブロック (型枠トラス横スライド用)	40基

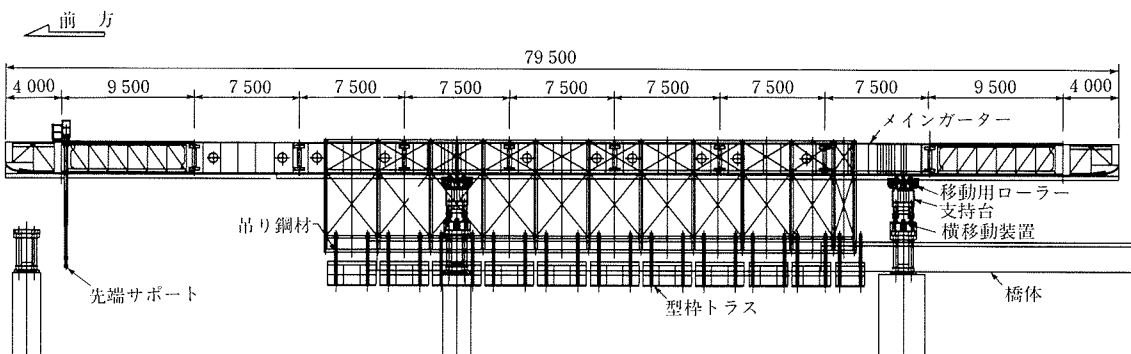


図-5 大型移動支保工側面図

り線主桁断面図を, 施工中の本橋の写真を写真-1に示す。

本稿では, 吊下げ式移動支保工を採用した刈谷高架橋の施工を例に, 大型移動支保工の施工方法および施工機械の管理上の留意点について説明する。

4. 施 工

4.1 施工概要

本工事では, 固定支保工と2基の大型移動支保工を用いて上下線分離施工を行う。等断面・等支間長の施工ブロックが連続する区間は移動支保工, ほかに固定支保工により施工する。第7高架橋の固定支保工は, 移動型枠を用いて施工する。

施工区間に都市計画道路と河川があり, 前後3径間は支間が長く計画されている。その支間に対応させる移動支保工を計画することは不経済であるため, 当該区間は固定支保工による施工とした。連続桁であるため固定支保工は移動支保工の通過前に施工を行い, その区間を移動支保工が通過して施工を進める。移動支保工は, 施工区間にある9本の横断道路を供用しながら施工を行う。中には近隣工場の通勤路となる交通量の多い道路もあるので, 各作業は細心の注意を払って施工を行っている。

4.2 大型移動支保工の概要

(1) 移動支保工施工機械の概要

本工事で使用している大型移動支保工の概要, 支保工内機械設備の概要を表-2, 3に, 側面図を図-5に示す。本工事で採用したのは吊下げ形式の大型移動支保工 (以降, 移動支保工と呼ぶ) である。

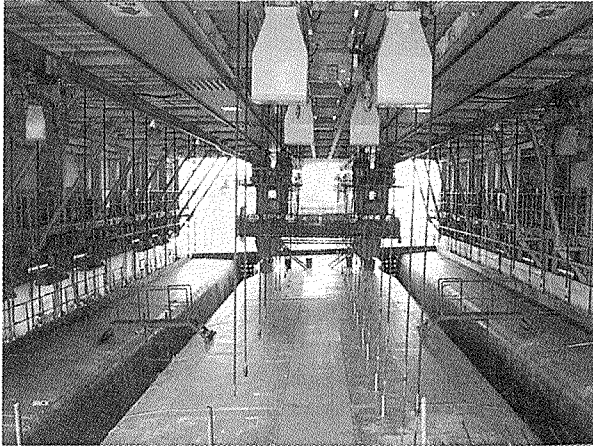


写真-2 移動支保工内部

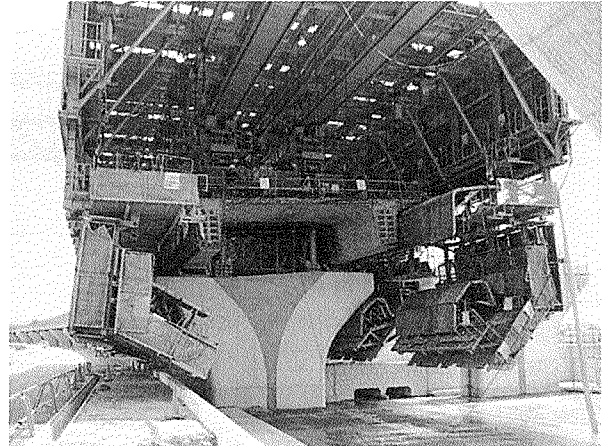


写真-3 型枠トラスの開閉作業

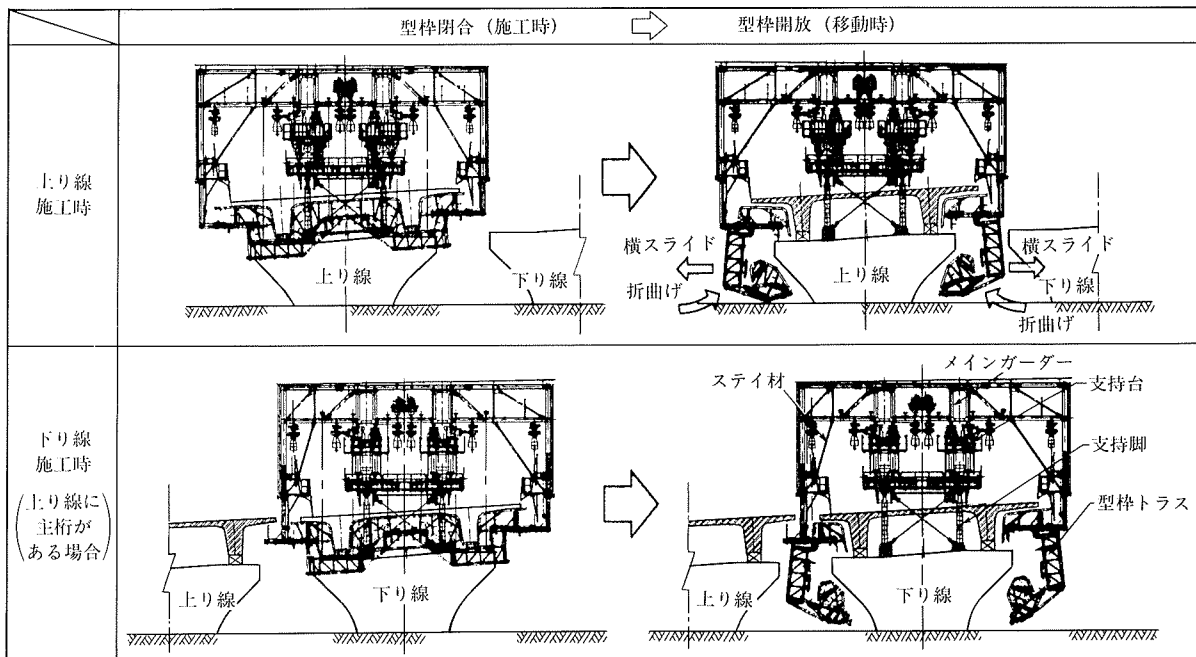
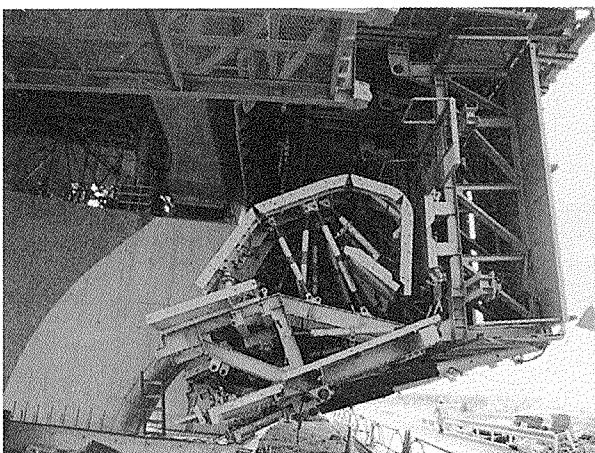
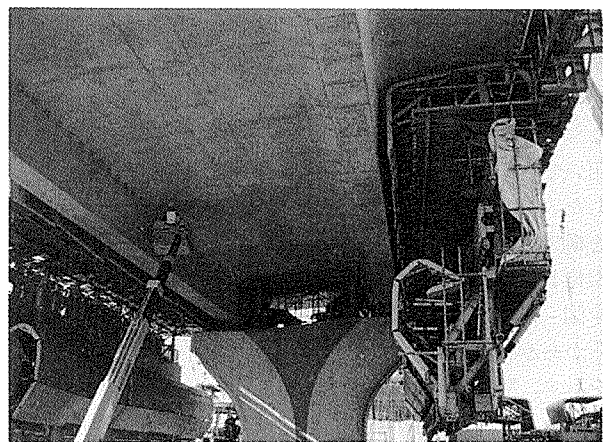


図-6 型枠トラス開閉要領図



桁下制限あり

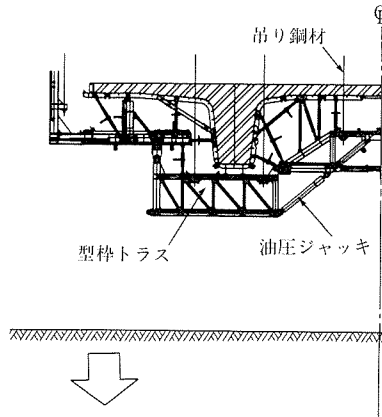


桁下制限なし

写真-4 型枠トラス折曲げ状況

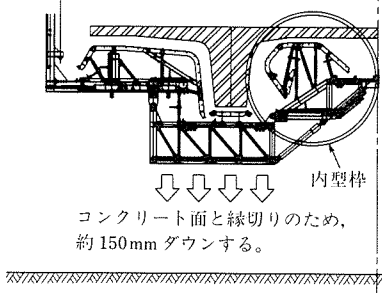
① 橋梁施工

- 型枠、鉄筋、PC鋼材組立て
- コンクリート打設、緊張



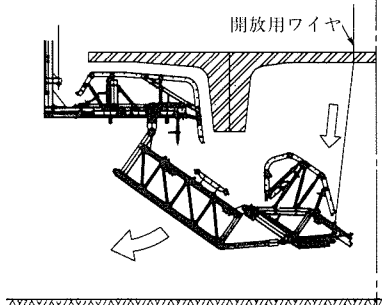
② 型枠トラスダウン・内型枠折曲げ

- 型枠トラスを全体にダウンする。
- 型枠トラス開放時、主桁に干渉する内型枠を折曲げる。



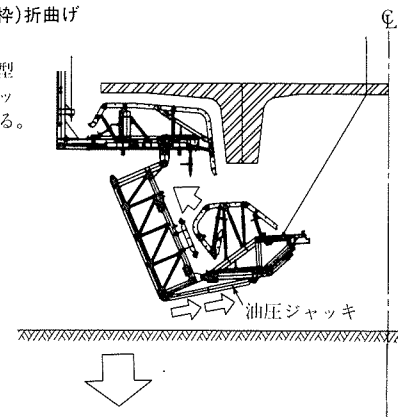
③ 型枠トラス開放

- 開放用ワイヤを用いて型枠トラスを開放する。



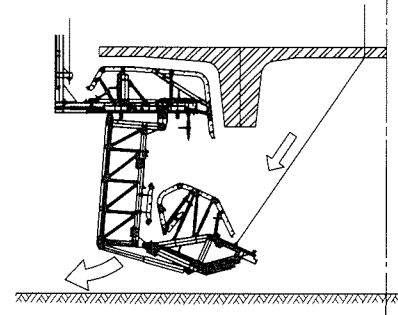
④ 型枠トラス(内型枠)折曲げ

- 地盤に干渉する内型枠部分を油圧ジャッキを用いて折曲げる。



⑤ 型枠トラス開放

- 開放用ワイヤを用いて型枠トラスを開放する。



⑥ 型枠トラス横スライド、移動開始

- 移動時、橋脚に干渉するため、型枠トラスを横スライドする。
- 型枠トラス開放完了後、移動開始する。

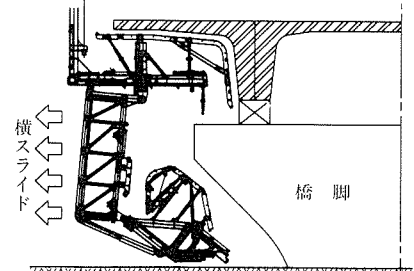


図-7 型枠トラス開放・横スライド要領

(2) 型枠トラス

橋体を形成する型枠トラスは11組からなり、進行方向に対して最後尾の11番目型枠トラスは橋体仕上げ足場として使用する。移動支保工の内部状況を写真-2(前頁参照)に示す。また、移動支保工施工区間に調整池があり、桁下作業空間は最小で4.5mである。移動支保工の幅員18.6mに対し桁下高が低いため、従来のように、側面材を中心に開閉するシンプルな仕組みが困難となる。よって、油圧ジャッキを用いて型枠トラスを折り曲げることにより地盤と離隔を確保した。さらに、橋脚を通過させるため折り曲げた型枠トラスを横スライドさせる構造とした(写真-3、図-6前頁参照)。型枠トラスの開放から折曲げ・横スライドに至るまでの流れを図-7に示す。写真-4(前頁参照)には、桁下空間の制限がある場合とない場合の型枠トラス部材の折曲げ方の違いを示す。型枠は、転用回数を考慮し、錆びにくいステンレス型枠とした。下り線の後発の移動支保工は、すでに上り線の先発の移動支保工によって製作された主桁があるため、最小の切欠き幅で型枠トラスを吊る構造としている。

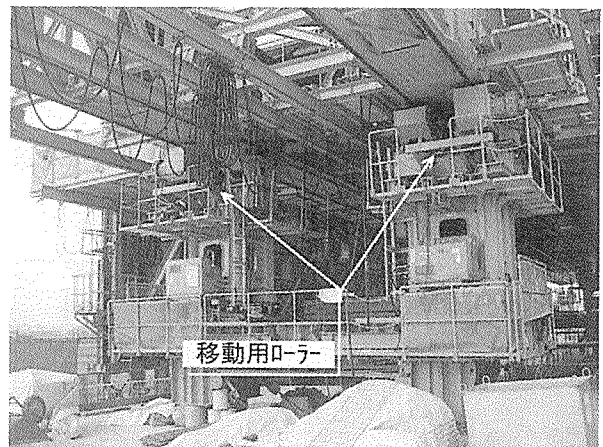


写真-5 移動用ローラー

(3) 支保工全体移動装置

支保工の移動は、各橋脚上の支持台上に取り付けた移動用ローラー(写真-5)を用いて行う。これは、主桁がPRC構造であるため、橋面上を自走式支持脚により移動する方

法では主桁の耐力不足となるためである。また、主ケーブルにプレグラウト鋼材を使用するため、中間支点部を先行して施工を行うことができない。そのため、移動用ローラーは、橋脚上に設置した支持脚で反力を受ける方法を採

用し、中間支点横桁は後施工とする。移動要領を図-8に示す。

(4) 横移動装置

本橋は、最小 $R=710\text{m}$ の平面線形を有する。そのため、

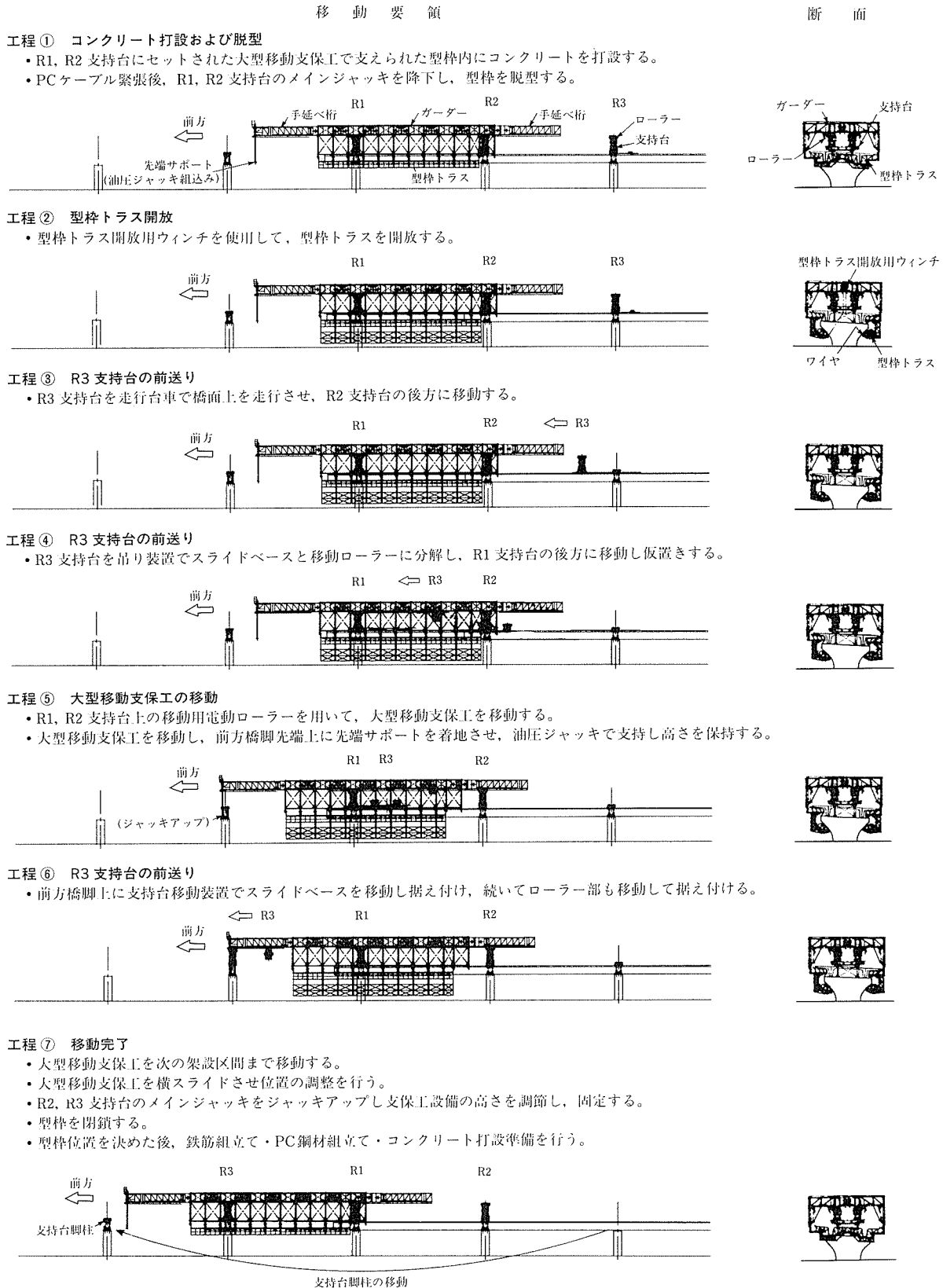
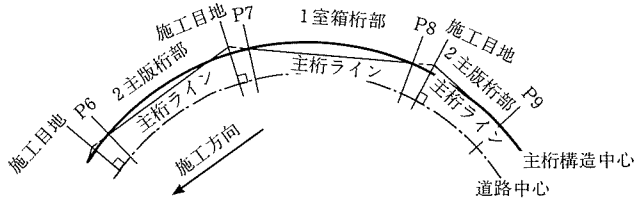


図-8 移動要領図

刈谷第1・3高架橋

- 先行する箱桁部を基準にして主桁のラインを設定
- 主桁ラインの延長先と次の橋脚の中心を結ぶ。

(例) 第1高架橋(上り線)



刈谷第5・7高架橋

- 初回施工分を基準にして主桁のラインを設定
- 主桁ラインの延長先と次の橋脚の中心を結ぶ。

(例) 第5高架橋(上り線)

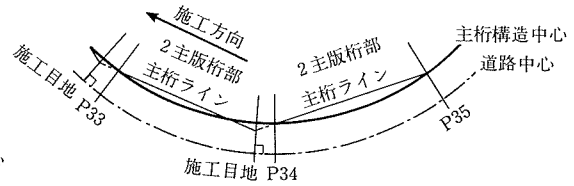


図-9 主桁ラインの設定方法

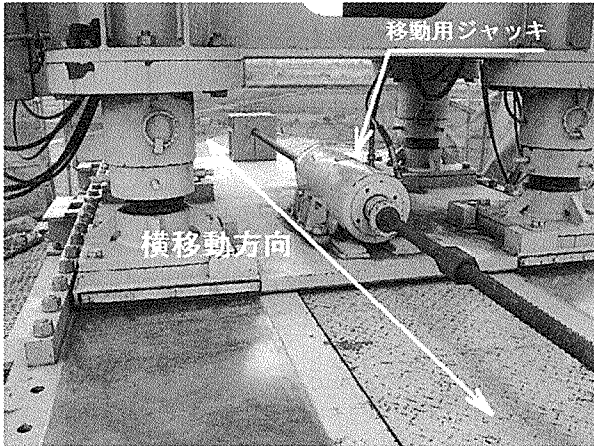


写真-6 横移動装置

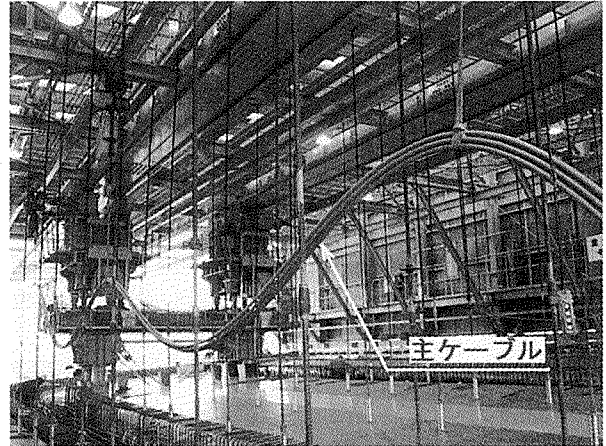


写真-7 PC鋼材運搬状況

主桁ラインの設定方法を図-9のように設定している。施工目地は道路中心を基準として、そこから法線方向に目地位置を決定した。主桁ラインについては、施工を始める径間の支承点を直線で結び、施工目地まで延長して設定した。それ以後は、施工目地点での交点から次の支承点を結び、施工目地まで延長することを繰り返して決定した。このような平面線形の対応は、移動装置を曲線に応じて各支持台で400mm横方向にシフトすることにより対応する(写真-6)。横断勾配が-5.5%~7.5%に変化するため、張出し床版先端では約1mの高低差が生じる。そのため、型枠トラスを吊り鋼材により上下させ、さらにジャッキにより側面材を上下する構造とし、高低差に対応した。

(5) 移動支保工内吊り装置

移動支保工内には内部作業を効率的に行うために、吊り装置を設けている。吊り装置を設けることにより、PC鋼材・鉄筋などの材料の運搬や緊張作業時のジャッキ吊り装置として利用することができる(写真-7)。吊り装置は鉄筋ユニットの吊上げ以外に型枠トラスの上降にも使用するため、吊上げ能力が高いものも含めて2.8t, 5.0t, 7.5tの3種類を設置している(写真-8)。それぞれの用途は表-3のとおりである。また、遠隔操作を必要とするため無線タイプを使用し、吊り装置のレールは、支持台を避けて通過できるように曲げた構造としている。

(6) その他の設備

上屋があるためコンクリート打設時には、配管を行うことにより打設を行っている。このため、配管を吊る装置を移動支保工内に設け、直接、鉄筋上に配管を置かないよう

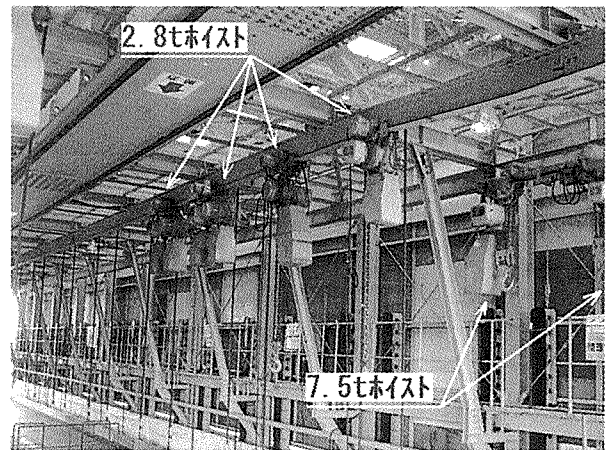


写真-8 吊り装置

配慮している。支保工側面パネルには、近隣小学校の児童による絵画等により装飾を行い、近隣住民に対する本工事のイメージアップに努めている。

4.3 施工サイクルと省力化

(1) 大型移動支保工の組立て

移動支保工機械の組立て日数は85日である。組立て日数の内訳を表-4に示す。本工事では型枠を組み立てるヤードに制約があったため85日を必要としたが、型枠組立て用のヤードを別に確保できれば、約20日程度の短縮は可能であったと思われる。

(2) 標準施工サイクル

各ブロックの施工は実働13日サイクル(表-5)で行って

いる。桁下空間が低いため、通常の移動作業に比べて型枠トラスを油圧ジャッキで折り曲げ・復元する作業に時間を費やす。そのため、主桁部の鉄筋はユニット化させ、橋脚上は分割式フレームや張出しブラケットを用いるなどして、施工サイクルの短縮を図っている。

(3) 鉄筋組立てのユニット化

2主版桁構造では、作業が主桁部に集約するため、作業能力が低下する。そのため、主桁部の鉄筋をユニット化することにより、鉄筋組立て作業を軽減し、施工サイクルを短縮している。

施工サイクルの短縮と安定した品質の確保のため、主桁部のスターラップをあらかじめ組立てヤードにて鉄筋ユニット化して組み立てる。鉄筋ユニットは、スターラップの標準部を10m/組、左右2組で4ユニット製作する。組立て終了後、鉄筋ユニットを運搬し、移動支保工内に吊り込み、セットを行う。吊込みには専用の吊り金具を用いて行う(写真-9)。

4.4 品質管理の取組み

本橋は高品質のコンクリート構造物の製作を目的とし、

表-4 大型移動支保工機械組立て日数

作業内容	所要日数
支持台組立て	4日
ガーダー組立て	10日
ガーダー上架	1日
部材組立て	25日
電気設備	5日
側枠パネル・上屋組立て	5日
型枠トラス組立て	35日
合計	85日

表-5 施工サイクル表

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
緊張	→												
移動・型枠組立て	→	→											
鉄筋組立て				主桁		上床版鉄筋組立て							
PC鋼材組立て				主ケーブル		横締め							
コンクリート打設													
養生													→

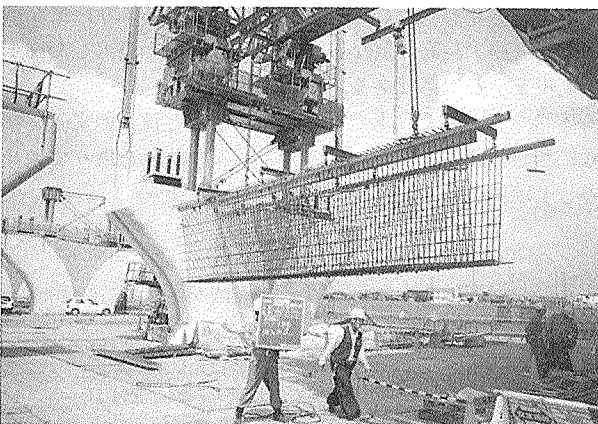


写真-9 鉄筋ユニット吊込み

次の2種類の取組みを行っている。

(1) 型枠振動機

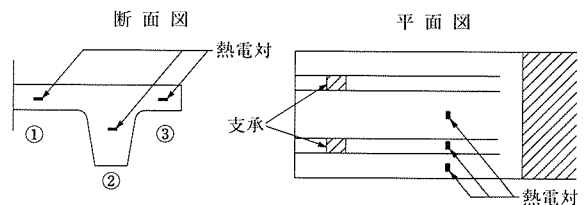
移動支保工の各型枠トラスに高周波自振モーター(写真-10)を取り付け、コンクリート打設時には棒形振動機と併用することにより、高品質のコンクリート構造物の製作に取り組んでいる。

(2) 保温養生および温度計測

2主版桁橋では、主桁部と床版部の部材厚が大きく異なるため、コンクリート硬化時の水和熱により温度応力が発生する。コンクリートを打設し、通常養生を行った場合には、橋体は図-10のような温度履歴となり、床版部と主桁部のコンクリート温度の差は大きくなる。また、床版部に関しては、ピーク温度以降は急な温度下降となる。それに対し、断熱養生マットによる保温養生を実施(写真-11)することにより、コンクリート内部の温度は、その保温効果により図-11に示すような温度履歴になる。床版部と主桁部のコンクリート温度の差は小さくなり、かつ床版部の急



写真-10 高周波自振モーター



コンクリート内部温度計設置位置

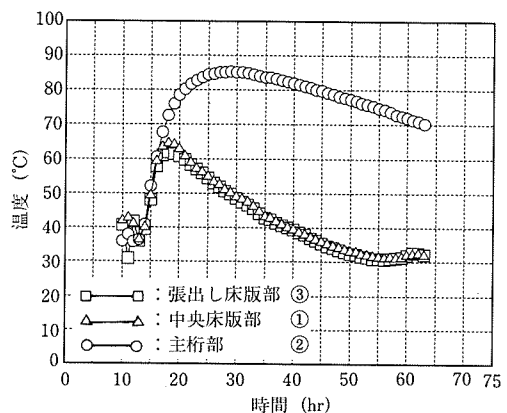


図-10 通常養生時温度履歴



写真-11 断熱保温養生状況

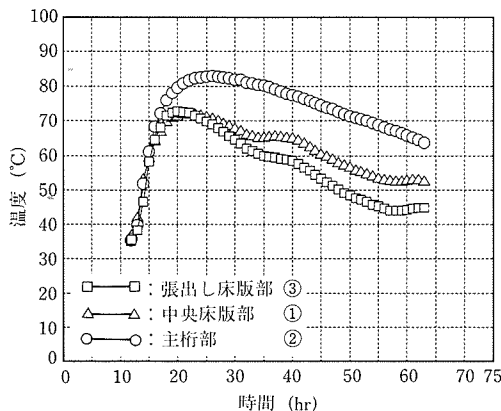


図-11 断熱養生時温度履歴

な温度下降も防止することができ、高品質のコンクリートを製作することができる。

冬季には、移動支保工の上屋と移動支保工側面に設置したシートにより、打設時の急な乾燥対策も十分に行っている。

5. 問題点と今後の方向性

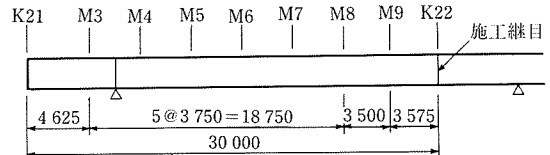
通常、移動支保工において支間 32.0 m 程度では、メインガーダーの耐力に基づき、メインガーダーを上下 2 段に積み上げた構造にするのが一般的である。しかし、本工事では、下部構造への負担低減とコスト削減の両方を目的とし、材質 SM 490 Y で、かつ 2 段積みとしないメインガーダーを採用することにより、移動支保工機械の軽量化を図った。また、移動支保工による 2 主版桁 PRC 構造の実績は乏しい。以上の理由により、コンクリート打設時の上越し量を直接適用することは難しいと判断できる。

また、鋼製ガーダーによる吊下げ構造であるため、コンクリート打設時の型枠のたわみおよび機械のなじみ量などが計算と合致しないことも予想される。よって、最初の施工径間で十分にたわみ計測を行い、次径間以降に反映させていく必要がある。本工事では、最初の径間のたわみ量の計算値と実測値の比較より、計算値の 80% の値を計画値に設定することが妥当であると判断した。表-6 に本工事におけるたわみ量の計算値と実測値の比較結果を示す。

表-6 たわみ実績値

(単位: mm)

測 点	K21	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	K22
上越し設計計算値	15	8	10	25	35	38	35	19	6
計画上越し量	12	6	8	20	28	30	28	15	5
打設後の沈下量	10	-4	-14	-31	-28	-33	-32	-26	-7
プレストレス導入	-14	-3	0	3	7	8	10	9	-1
打設終了後	22	2	-6	-11	0	-3	-4	-11	-2
プレストレス導入後	8	-1	-6	-8	7	5	6	-2	-3



1つの型枠トラスは6つの鋼棒を用いて吊る構造となっている。よって、コンクリートの打設時には、打設コンクリート重量の経時的な重心の移動にかかわらず、6つの鋼棒に均等に荷重が分担されるように注意を払う必要がある。移動支保工は、型枠支保工の構造と型枠開閉方法が重要である。これは、桁下空間、桁の断面形状および橋脚形状により決定される。これにより、吊り鋼材が配置され、連続施工においての品質向上および省力化が実現する。こうした経緯で移動支保工の改造製作が行われる。移動支保工の汎用性が困難である理由が以上からもうかがえる。

今後は、以上の問題点を解決していくうえでも、橋体製作時に用いる移動支保工の機械設備および機械特性まで考慮した合理的な設計、更なる施工実績の蓄積が望まれる。

6. おわりに

第二東名高速道路刈谷高架橋を例に、大型移動支保工の施工機械について言及してきた。

大規模橋梁への適用も可能な大型移動支保工による施工は、等断面形状の連続桁を施工するうえで、省力化・合理化を実現することができ、品質管理・施工管理を容易に行うことができる。また、桁下空間の制約を受けないことから、都市部、平野部そして高所での作業が可能であり、桁下空間が低い所での作業も型枠構造を工夫することにより施工可能とすることができる。

さらには、鉄筋ユニット化等により工期短縮を図ることで、経済性の追求も可能である。

今後、大型移動支保工の更なる技術改良により、更なる効率的な施工、高品質な施工そして経済性を追求した施工の実現を望む次第である。

本稿をまとめるにあたり、貴重な助言と種々の文献を参考にさせていただいた。関係者の方々に誌上を借りて御礼申し上げる次第である。

参 考 文 献

- 1) プレストレスト・コンクリート建設業協会：PC道路橋計画マニュアル，1997.3
- 2) 樋口，渡邊，神谷，兵藤：第二東名高速道路 刈谷高架橋の設計・施工について，第11回プレストレストコンクリートの発展に関するシンポジウム論文集，pp.253～258，2001.11

【2002年1月25日受付】