

投稿論文

投稿くださる各位へのお願い

1. なるべく大勢の方々に投稿頂くため原稿枚数は、投稿原稿、依頼原稿とも規定以内（7. 参照）といたします。なお原稿料は規定枚数で打切りとなりますのでご了承ください。
2. 添付図はトレース（線図のみ墨入れ、文字はトレースのコピーに書き入れる）または第2原図を原則とします。原図添付の場合はトレース代の一部負担を願いますので予めご了承ください。
3. 執筆者は依頼原稿の場合を除き正会員に限ります。したがって未加入者の場合は予め手続きいたしますのでその旨お申し出ください。
4. 本機関紙は現在、複数制編集委員による特集号形式としており、それぞれ特定のテーマによる依頼原稿が先行するため、投稿原稿は延期される傾向にありましたが、年間発行6冊のうち、2冊程度は投稿原稿による機関誌を予定し、また特集号でも数点は掲載余地を残すようにいたしますので、今後は投稿後半年以内には掲載されます。
5. 別刷は規定により 50 部を論説、報告、資料に限り贈呈いたします。それ以上希望される場合は実費増刷となりますので、原稿の表紙に部数をご記入願います。
6. 報告の投稿には必ず英文タイトル、英文著者名をつけてください。
7. 投稿原稿の制限枚数は次のとおりです。

論	説	刷上り 6 ページ（協会原稿用紙 36 枚、ただし図・表・写真含む）以内					
報	告	：	“	8	“	（	“ 48 枚 “
資	料	：	“	4	“	（	“ 24 枚 “
工事	ニュース	：	“	1	“	（	“ 6 枚 “
質	疑 応 答	：	“	0.5	“	（	“ 3 枚 “
読 者 の	声	：	“	0.5	“	（	“ 3 枚 “

東北新幹線小野高架橋の施工について

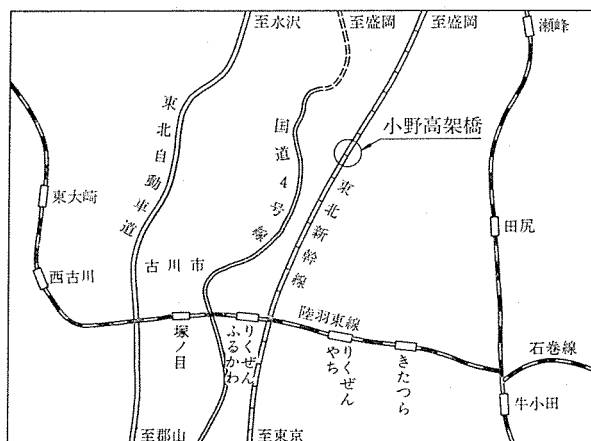
佐	野	勝*
豊	田	新 吉**
佐	藤	金 吉†
中	川	与 志 夫††
山	崎	忍†††

1. はじめに

東北新幹線は、東京起点 369 km 付近において、宮城県古川市小野地区（陸羽東線古川駅北方約 7 km）を通過する。小野地区は、地表面に約 8 m の厚さで極軟弱（ N 値=0, ロッド自沈）な沖積層（粘性土、PEAT）が続く水田低地帯である。このような地盤の桁式高架橋の基礎工として、鋼管矢板井筒基礎が採用された。また、上部工としては、PC 単純 3 主桁版が採用され、架設にあたっては、支保工の仮設の困難性などから移動支保工による工法を採用することになった。

移動支保工は次のような利点がある。

- 1) 支保工桁と型枠が一体として移動可能にしてあるために、
 - ・地形、地質など桁下空間の条件に左右されない。
 - ・工期が大幅に短縮できる。



図—1 位置図

* 日本国有鉄道札幌工務局調査課係長（前：仙台新幹線工務局高清水区長）

** 日本国有鉄道大阪工務局新幹線環境対策室（前：高清水工務区助役）

† オリエンタルコンクリート（株）仙台支店工事部長

†† " 大阪支店工事部長

††† " 大阪支店工事課長（前：小野高架橋工事事務所所長）

- 2) 機械化された支保工、および鋼製型枠を順次移動転用する一定作業の繰返しのために、

- ・型枠の組立て、脱型が迅速である。
- ・労務の省力化と集中管理が可能となり、行き届いた安全管理ができる。
- ・一定数の労務者を長期間雇用でき、労務者の熟練度が高くなる。
- ・コンクリートの品質、および工程管理が容易となり、施工精度を高めることができる。

- 3) 上屋の設備があるために、

- ・工程が天候に影響されない。
- ・促進養生時には熱効率が高められる。
- ・屋根の梁を利用して、走行可能な吊り装置が取り付けられ、予め後方で組み立てられた主桁の鉄筋、およびケーブルが吊り下げられ所定位置にセットできる。

移動支保工は内外国において、すでにストラバーク工法を初めとして、ゲリュストワーゲン、オートランスール、アルダスなどの工法が各方面において施工されている。いずれも型枠と一体になった支保工桁を用いて、1 径間ずつ一定作業の繰返しにより架設作業を進めるものである。今回は、桁断面を T 形としている点が、鉄道橋としては初めて施工した例であるので、これを報告するものである。

2. 工事概要

工事名称：東北新幹線小野地区上部工他工事

発注者名：日本国有鉄道仙台新幹線工務局

工事場所：宮城県古川市小野地内

工事区間：東京起点 368.822 km～369.537 km

工 期：昭和 53 年 8 月 8 日～昭和 54 年 8 月 7 日

施工者名：オリエンタルコンクリート（株）

設計荷重：新幹線荷重 N-18, P-19

橋 長：655 m

橋 幅：11.8 m（複線）

表-1 主要材料 (1連当り)

種 別	仕 様	単位	数 量	
			L=25 m	L=30 m
コンクリート	$\sigma_{ck}=400 \text{ kg/cm}^2$	主桁	m ³	167
		横桁	m ³	27
	$\sigma_{ck}=450 \text{ kg/cm}^2$	主桁	m ³	—
		横桁	m ³	31
P C 鋼 材	縦締め (12 T 12.4 mm)	ton	4.0	6.3
	横締め (1 T 21.8 mm)	ton	0.3	1.5
鉄 筋	主 桁 (SD 35)	ton	12.6	14.9
	横 桁 (SD 35)	ton	1.3	2.1

桁 高: 2.8 m

径 間 割: $6 \times 30.0 + 25.0 + 15 \times 30.0 \text{ m}$

構造形式: PC 複線単純3主桁版橋

定着工法: フレシネー工法

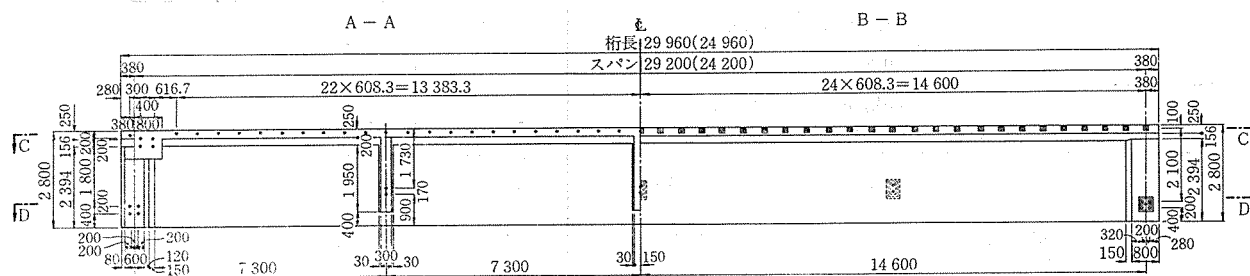
主要材料は 表-1 に示すとおりである。

3. 設 計 概 要

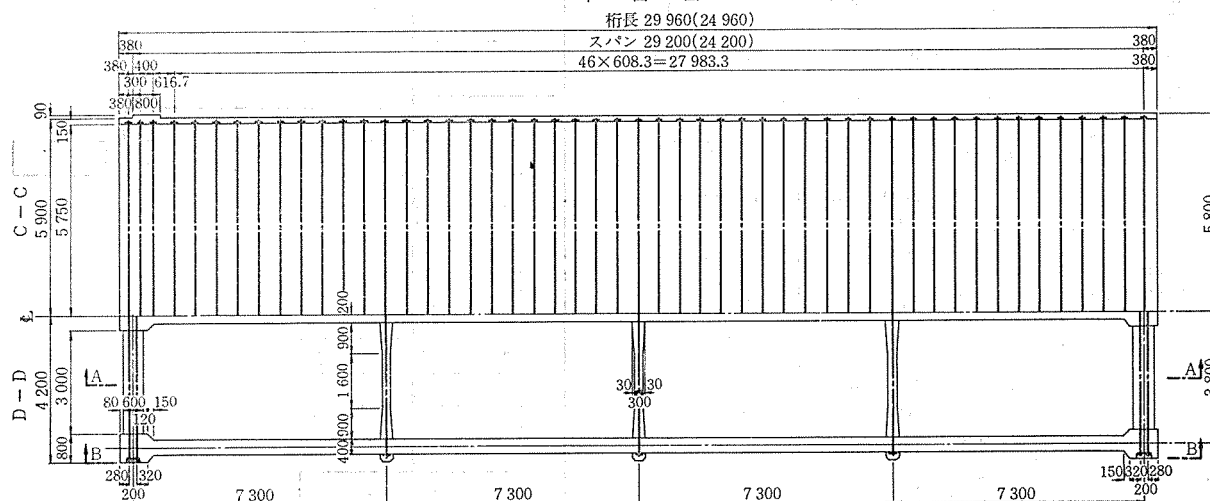
当初, 上部工の設計を行うにあたり, 現地が極軟弱地盤地帯であることから次の3点に主眼がおかれた。

- 1) 地盤が軟弱なため, 耐震性から上部工をできるだけ軽量化する。

側 面 図



平 面 図

()内は橋脚中心間隔 $L=25.0 \text{ m}$ の場合の値を示す。

横 断 面 図

支 点 部

中 央 部

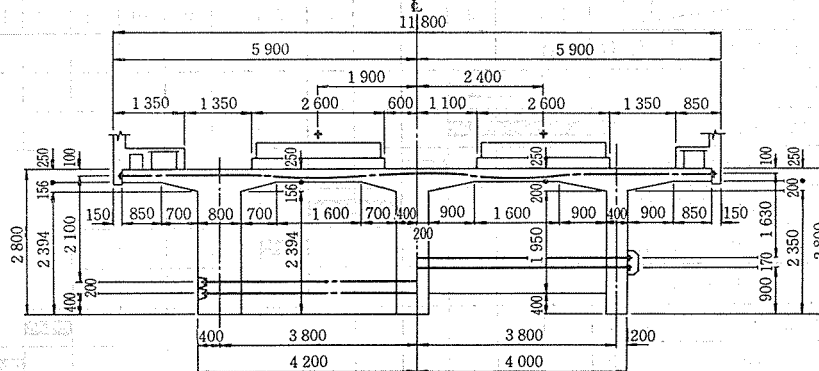


図-2 一般構造図

報 告

- 2) 地盤条件が良くないため単純構造とする。
- 3) 支保工は地盤条件から総足場方式は考えられないので移動式とする。

以上の観点から設計されたのが PC 複線単純 3 主桁版橋である。橋長については、下部工を含めて経済比較の結果、基本スパンとして 30.0 m、調整スパンとして 25.0 m が採用された。また一般構造図は 図-2、設計条件は 表-2 に示すとおりである。

沓は経済性および施工性の観点から合成ゴム沓が採用

表-2 設 計 条 件

ス パ ン		24.200m	29.200m	
曲 線 半 径		—	—	
列 車 荷 重		N-18, P-19	N-18, P-19	
衝 撃 係 数		0.314	0.292	
コ ン ク リ ー ト	強度	設計基準強度 プレストレス導入時	400 kg/cm ² 350 "	450 kg/cm ² 380 "
	許 容 力 度	プレストレス導入直後 (圧縮)	170 "	185 "

〔注〕 () 内数値はねじり考慮の場合である。

された。また、合成ゴム沓には次のような特長がある。

- 1) 緩衝作用がすぐれ、荷重を均等に分布させる。
- 2) 桁のあらゆる方向の伸縮を吸収する。
- 3) 施工が容易である。

4. 施 工 概 要

施工順序は 図-3 に示すように、主桁および床版部を

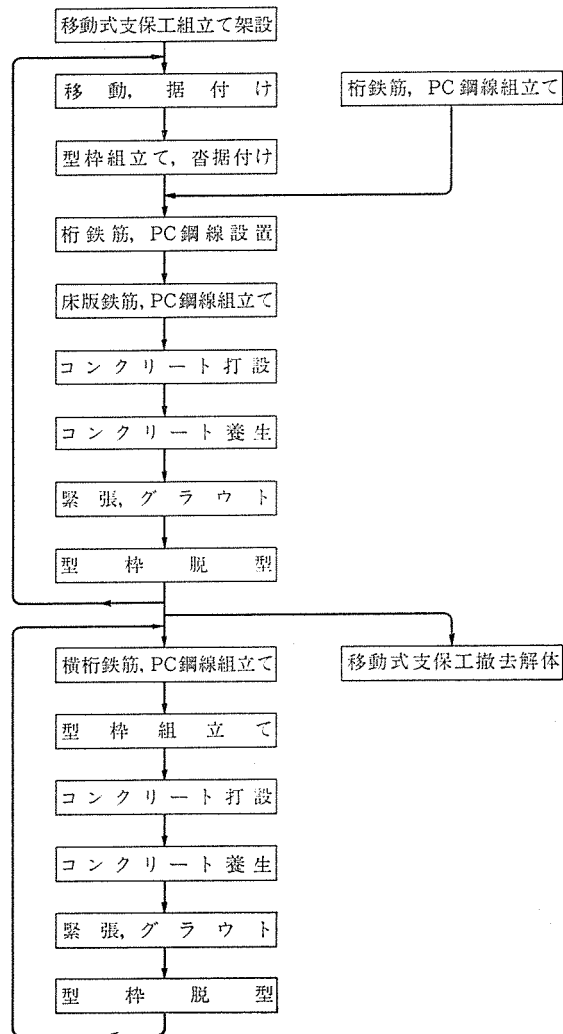
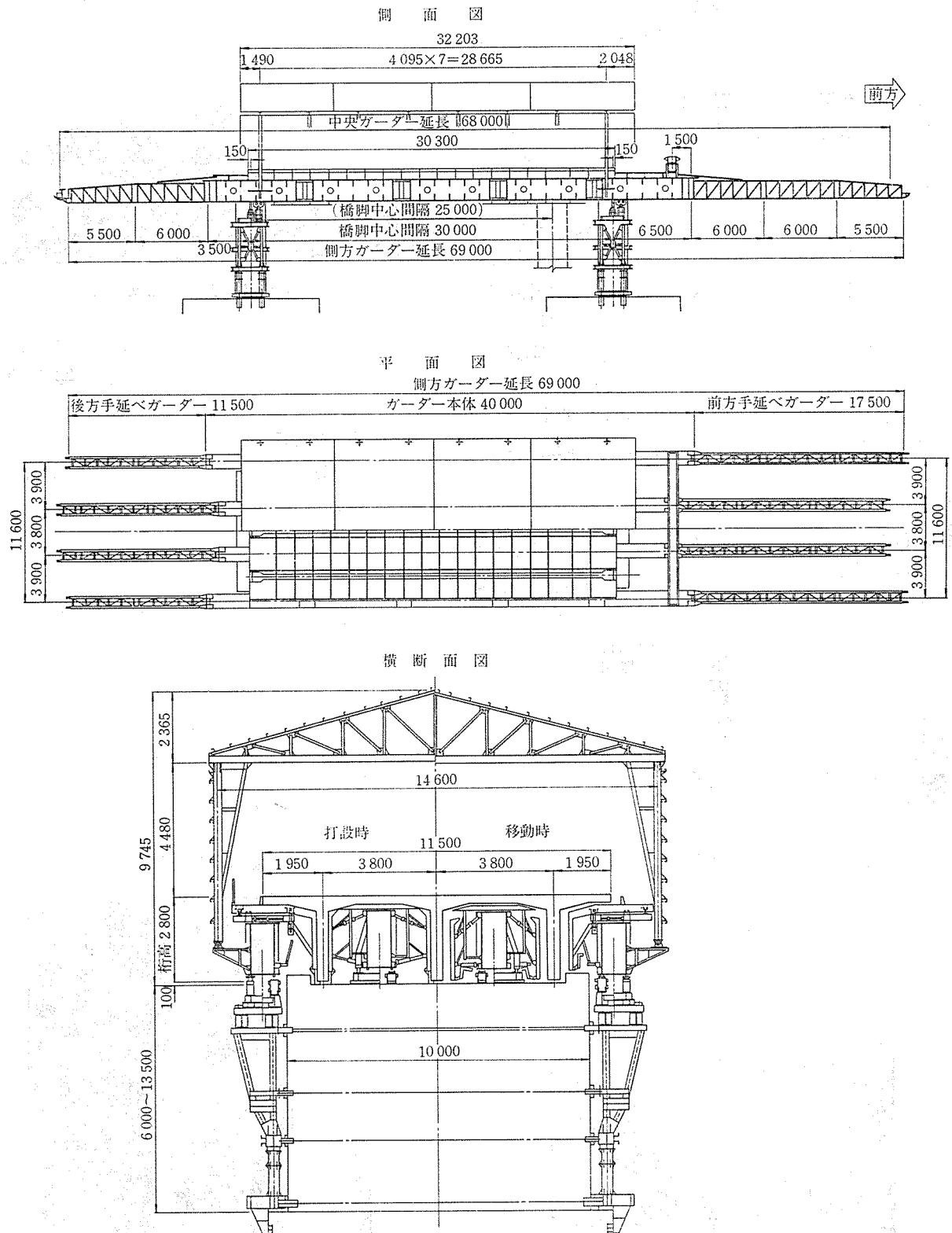


図-3 施工順序

工 種	日 数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1 支保工移動据付け														
2 型枠組立て														
3 桁鉄筋・PC鋼線組立て														
4 桁鉄筋・PC鋼線配置														
5 床版鉄筋・PC鋼線組立て														
6 コンクリート打設														
7 コンクリート養生														
8 緊張・グラウト														
9 型枠解体														

図-4 標準 1 サイクル工程表



図—5 OKK 式移動支保工一般図

製作架設し、移動支保工を次の径間へ移動後、横桁および電柱基礎部を製作する。移動支保工で製作する、主桁および床版部の標準1サイクルは 図-4 に示すように 13 日間である。

4.1 移動支保工の組立て架設

移動支保工の構造は 図-5 に示すとおりである。移動支保工の組立ては、写真-1 のように第1径間の側方に鋼製栈橋を組み立て、その上に枕木でサンドルを組み、工事用道路より遠いものから側方および中央ガーダーの2本を順次組みあげた。ガーダーの縦、横方向の通り、レベルを修正した後、型枠の取付けを行った。型枠のレベル、通りはガーダーと型枠の間にライナーをはさみ調整した。組み終わったガーダーおよび型枠は、写真-2 のように 127t トラッククレーン2台で相吊りにて橋脚上に架設した。以上の作業を再度繰り返し、4本のガーダー架設完了後、ガーダーの側方同志、中央同志の2本

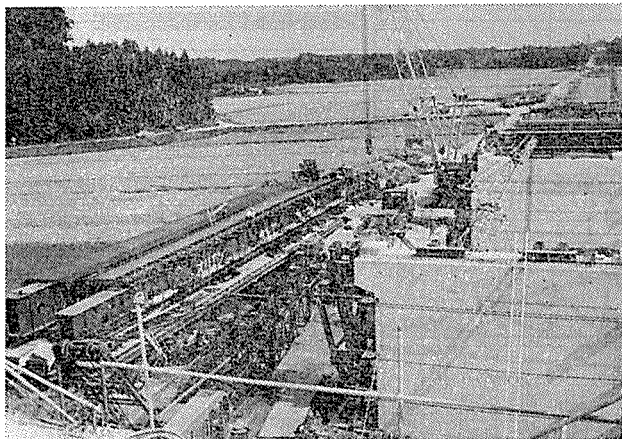


写真-1 ガーダーおよび型枠の組立て状況

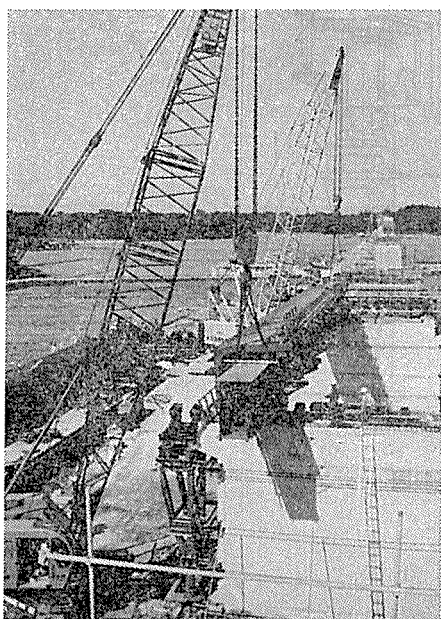


写真-2 ガーダーおよび型枠の架設状況

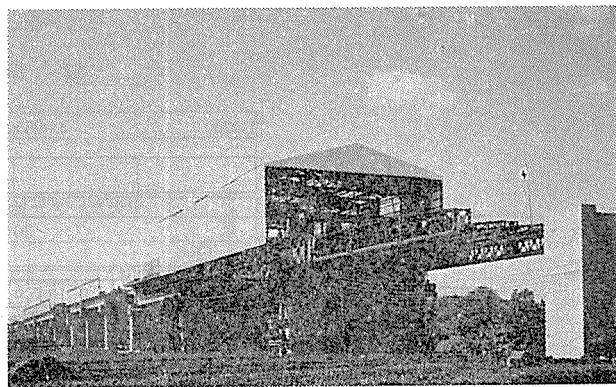


写真-3 移動支保工の全景

ずつの連結を行い、手延べガーダー、並びに屋根を組み立てた。移動支保工の組立て完了全景は 写真-3 に示す。

4.2 型枠組立て

本工事は綿密な計画のもとに工程を組んだが、全区間 22 連中 10 連は 11 日サイクルで施工しなければならず

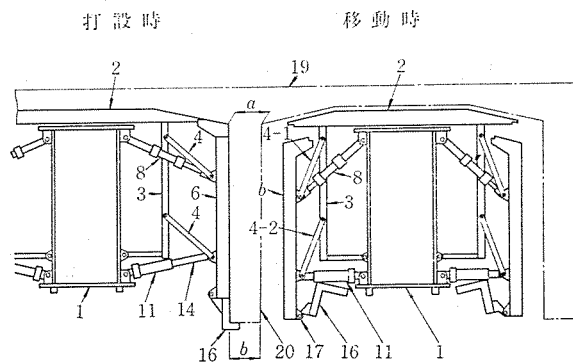


図-6 型枠構造図

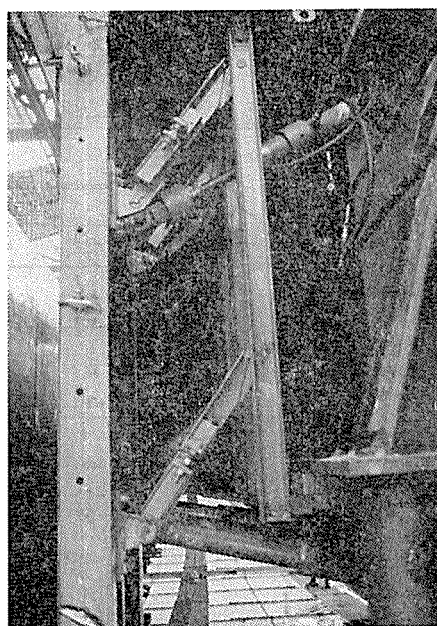
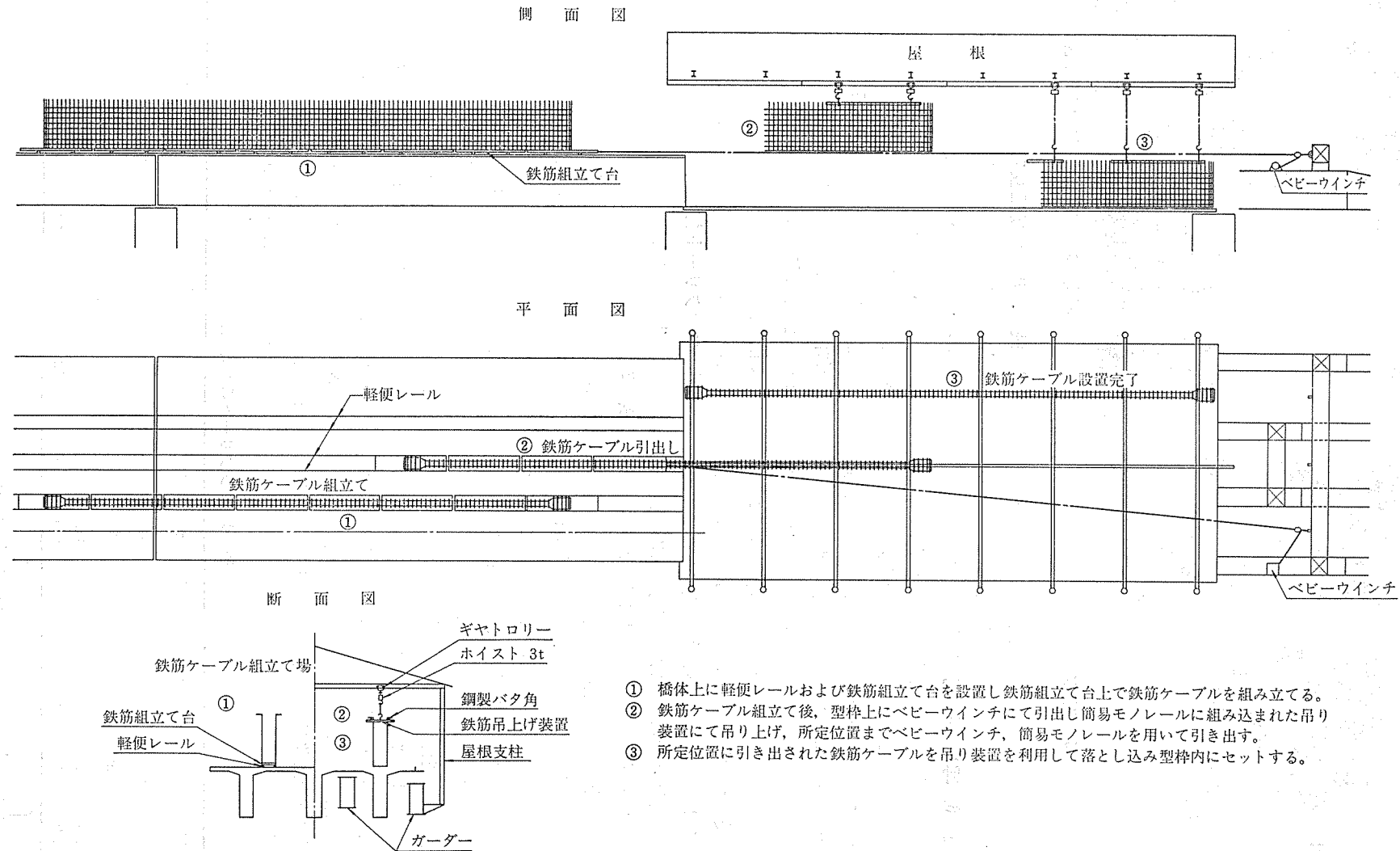


写真-4 側型枠の構造



図一7 桁鉄筋、PC 鋼線の設置要領図

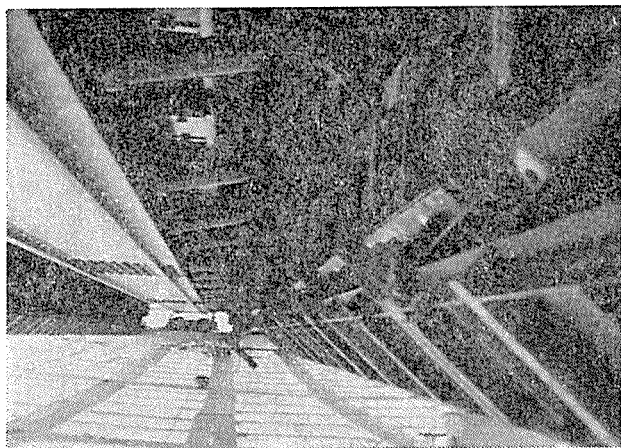


写真-5 底型枠の構造

相当に苦しい工程であった。工程短縮のために型枠の組払い、および移動に機械化作業を大幅に採用した。型枠の構造図は図-6、写真-4、写真-5に示すとおりである。中央ガーダー(1)の天井型枠(2)はガーダー(1)にボルトで取り付けてあるため、ガーダーを支えているジャッキの上下によって、型枠の上下も可能である。垂直型枠(6)が天井型枠(2)にうまく取り付くかどうかが一番問題であったが、平行吊り材(4-1)および(4-2)にターンバックルを取り付け、平行吊り材(4-1)および(4-2)の部材長さが微調整できるように工夫し、部材(6, 4-1, 3, 4-2)で形成される平行四辺形を崩さずに、ジャッキ(8)を操作することにより部材(6, 2)との取合い、ならびにウェブ幅(a , b)が設計値どおりに確保できるようになるとともに、作業も順調にできた。桁長方向は1.5mのパネルにジャッキ1台(能力5t)を取り付け、6mをボルトで継ぎ一度の操作で作動させる構造とし、型枠が移動の際に隣の型枠とせり合わないよう、6mごとに2cmの目地を設けた。ジャッキの操作完了後、人力により底枠L形型枠(16)をボルトで接続し、支持パイプ(11)にピンを差し込み、固定する。側方ガーダーは、水平ジャッキ(能力1.7t)にて、まず部材の寸法を確保した後、垂直ジャッキ(能力7t)の操作により所定位置に移動後、人力によりL形型枠(16)をボルトで接続した。



写真-6 主桁鉄筋, PC 鋼線の設置

4.3 鉄筋, PC 鋼線組立て

主桁鉄筋, PC 鋼線は工程の短縮上、既成の径間上に8×35mのジャバラハウスを設置し、主桁の数だけ組立て台を準備し、軽便レールの上で組み立て、すでに組み終わった型枠の上までレールを延長し、ウインチ(5HP)にて所定の位置まで引き出し、図-7のように、あらかじめ天井に設置された8台の電動式チェンブロック(能力1t)にて、写真-6のように同時に吊り上げ、トロリーで横方向に移動後、主桁内に設置した。設置完了後床版用の鉄筋, PC 鋼線を組み立てた。

4.4 コンクリート打設

コンクリートは生コンクリートを使用し、示方配合は表-3に示すとおりである。試し練りにあたり、高性能減水剤(ポールファイン 510N, マイティ 150)を添加した流動化コンクリート2種類と無添加のベースコンクリートの計3種類の試験を行った。試し練りの結果は表-4のとおりである。当工事においては、コンクリート断面、打設数量、骨材の品質、ポンプ車の性能、試し練り結果等を総合的に検討した結果、高性能減水剤(ポールファイン 510N)を使用した流動化コンクリートとして打設した。現場に生コン車が到着後、ポールファイン 510Nを投入し、3分間高速回転したものを打設した。同一生コン車内における、スランプおよび強度のバラツキを調査するために、前・中・後の位置で試料を採取し

表-3 コンクリートの示方配合

種 別	設計基準 強度 σ_{ck} (kg/cm ²)	粗骨材の 最大寸法 (mm)	スランプ の 範 囲 (cm)	空 気 量 の 範 囲 (%)	水セメン ト 比 W/C (%)	細骨材率 S/a (%)	単 位 量 (kg/m ³)					
							水 W	セメント C	細 骨 材 S	粗 骨 材 G	混 和 材 料	
											ボゾリス (No. 5L)	ポールファイン (510N)
L=25m	400	25	6±1.5	3±1	40.0	42.0	170	425	703	1.040	1.062	1.700
L=30m	450	25	6±1.5	3±1	37.0	40.9	172	465	668	1.037	1.162	1.860

(注) 使用材料 { セメント; 早強ボルトランドセメント
細 骨 材; 北上川産, 粗粒率=2.60, 比重=2.52
粗 骨 材; 河 北 町, 粗粒率=6.90, 比重=2.70

表-4 試し練り結果

配合 種 別	混 和 剤 (C×0.25%)	高性能減水剤	減水剤添加前		減水剤添加後		圧 縮 強 度 (kg/cm ²)			
			スランブ (cm)	空 気 量 (%)	スランブ (cm)	空 気 量 (%)	σ_4	σ_5	σ_7	σ_{28}
S_1	ボゾリス No. 5 L	—	5.6	2.0	—	—	423 435	— —	505 509	569 570
S_2	ボゾリス No. 5 L	—	7.2	3.5	—	—	388 385	— —	448 439	502 470
S_3	ボゾリス No. 5 L	ポールファイン 510 N (C×0.4%)	5.6	3.5	16.7	4.0	472 449	524 480	547 —	641 —
S_4	ボゾリス No. 5 L	マイティー 150 (C×0.3%)	6.7	3.7	11.5	2.2	482 455	523 500	559 —	664 —

(注-1) 高性能減水剤の添加は実運搬時間を考慮して 30 分後とした。

(注-2) 圧縮強度欄の上段；標準養生，下段；現場養生を示す。

表-5 スランブ試験

	減水剤添加前		減水剤添加後			
	工場出荷時	現場到着時	前	中	後	平均
試料数 (個)	22	22	8	8	8	8
スランブ (cm)	8.0	6.9	14.0	13.1	11.3	12.8

表-6 圧縮強度試験 (σ_3)

	減水剤添加前		減水剤添加後			
	工場出荷時	現場到着時	前	中	後	平均
空気量 (%)	—	—	2.7	2.7	2.7	2.7
スランブ (cm)	7.7	6.8	15.1	17.2	12.6	15.0
圧縮強度 (kg/cm ²)	—	—	370	368	357	365

(注-1) 養生条件；現場養生

試験した一例を 表-5、表-6 に示す。当現場で使用した限りでは、高性能減水剤の使用はバラツキも少なく問題ないものと思われる。コンクリート打設は、コンクリートポンプ車を使用した。桁中央部は主ケーブルが密集しているので、棒バイブレーターで十分コンクリートが行き届くよう入念に締め固めた。打設方法は、まず主桁部を桁端部より反対側端部に片押しに打設し、次に床版部を主桁と同様な方法で打設した。

4.5 コンクリートの養生

移動支保工の上屋はトタン張りとし、桁長方向出入口もシート状のカーテンを張り、外気を遮断した。コンクリート養生は、夏期には打設終了後、養生マットにて覆い散水養生を行った。また冬期には電熱 マットにて覆い、電熱養生を行い放熱を防ぐためシートにて覆った。桁側面、下面にはシートを張り、風の吹き込みを防ぎ、ジェットヒーターによる温風養生を行った。

4.6 プレストレッシング・グラウチング

定着具はフレシネーコーン 12 T 13 を用い、2 連目以降は片引き緊張となるため、固定側はフレシネーデッドアンカーモノグリップ 12 T 13 を用いた。緊張作業に先

表-7 グラウト配合

セメント (kg)	水 (kg)	水セメント比 (%)	ボゾリス No. 1 (g)	アルミ粉末 (g)
40	16	40	100	2.5

立って、各種の試験測定を行い、コンクリート強度が設計条件を満たしていることを確認の後、設計どおりの順序で緊張を行った。また緊張時のフレシネージャッキの吊り装置として、上屋に電動式チェンブロックを準備した。主ケーブル緊張は工程を考慮して、フレシネージャッキ (S 6-B 型) 3 台を使用し緊張作業をスピード化した。また床版横締めは CCL ジャッキ (50 t) 1 台にてプレストレッシングを行った。グラウトは 表-7 に示す配合で施工した。

4.7 型枠脱型

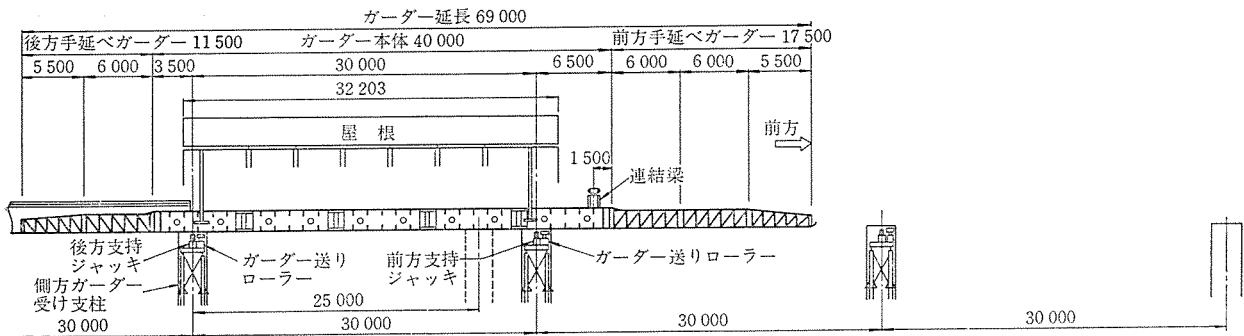
型枠の脱型は、橋体自重が耐えられるだけの 1 次プレストレスとして、主桁ケーブル 24 ケーブル (12 T 12.4 mm) 中 9 ケーブル、横締めケーブル (1 T 21.8 mm) 半数を 1 本おきに緊張後、主桁の底型枠をばらし、次にガーダーを支えている垂直ジャッキを 5~10 mm ダウンした。残りケーブルの緊張と脱型は平行作業とした。中央ガーダーの型枠は支保工移動時に橋脚および主桁拡幅部にあたらないように側枠を横に写真-5 のようにはね上げた後、ジャッキ操作により移動した。側方ガーダーは垂直ジャッキにより型枠を下げた後、水平方向ジャッキにて移動した。

4.8 移動支保工の移動

脱型の終わった支保工は、図-8 の移動要領図に示すようガーダー受けのジャッキをさらにダウンして、ローラー上に載せる。ガーダーは中央 2 本、側方 2 本ずつ連結したものを、まず写真-7 のように中央ガーダーよりウインチ 15 HP にて前方に引き出し、後方に過走防止としてウインチ 10 HP を設置した。次に側方ガーダーを引き出し、所定の位置に移動させ、支持ジャッキを作

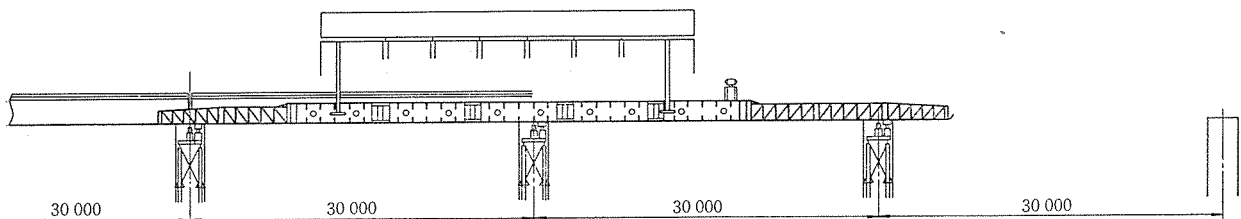
工程 ①

1 径間の施工完了後、後方および前方支持ジャッキを緩めてガーダーを降下させローラー上に載せる。



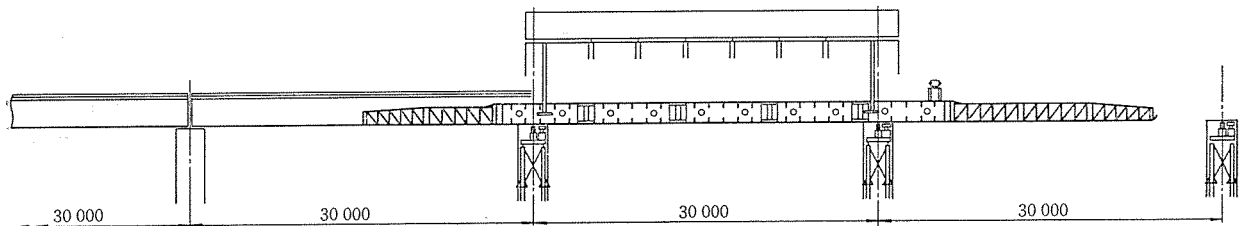
工程 ②

ガーダー本体の前後に接続された手延べガーダーを利用してウインチにより前方に移動する。



工程 ③

次の施工区間位置まで移動すると支持ジャッキを作動してガーダーを上昇させ、所定の高さに据えつける。



以下、工程①～③の作業を繰り返す。

図-8 OKK 式移動支保工の移動要領

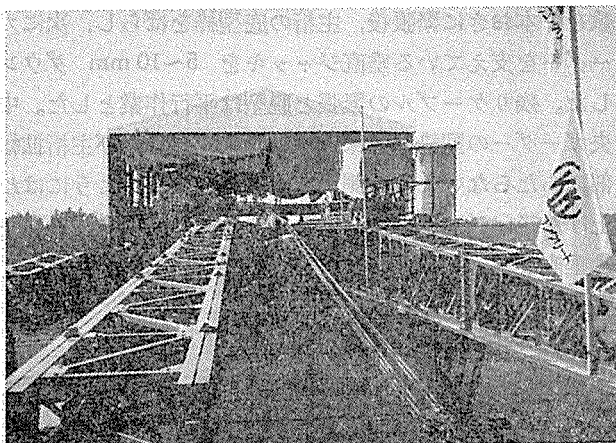


写真-7 ガーダーの移動状況

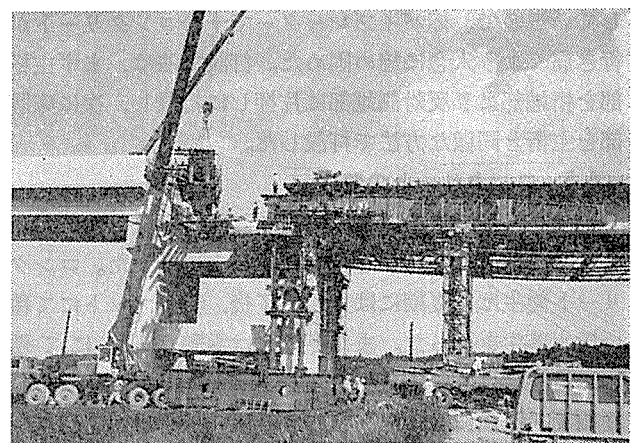


写真-8 移動支保工の撤去、解体状況

動させ所定の高さに据え付ける。

4.9 移動支保工の撤去、解体

移動支保工撤去用スペースとしては、最後の桁が帽子

桁 ($l=10$ m) であるため、ガーダーを前方に引き出し解体することが不可能であった。そこで検討の結果、支保工を前方に送り出しながら、1ブロックごとに撤去解体

する方法を取った。撤去解体順序は次のとおりである。

- ① 最後の PC 桁下に解体用の仮支柱を組み立てる。
- ② 上屋を撤去解体する。
- ③ 中央ガーダーを送り出しながら 写真—8 のように 1 ブロックずつ解体し、順次トラッククレーン（油圧式）45 t にて地上に降ろす。
- ④ 側方ガーダーについても ③ の要領で地上に降ろす。
- ⑤ 地上に降ろした支保工各部材を順次搬出する。
- ⑥ 仮支柱、ガーダー受け支柱を解体搬出する。

4.10 横組み工

横組み工は、移動支保工が前方に移動後順次施工を行う。施工順序は、図—3 のフローシートに示すとおりである。鉄筋の組立ては、橋上にてあらかじめ組み立てたものをトラッククレーンで吊り、桁下に搬入し、写真—9 のように所定の位置に据え付ける。コンクリート打設用として主桁床版部に、開口部を設けておいた。コンクリート打設は、コンクリートポンプ車を使用し、主桁床版部の開口部より行った。緊張作業は、CCL ジャッキ（50 t）1 台にてプレストレスングを行った。

5. 仮設備・その他

5.1 工事用通路

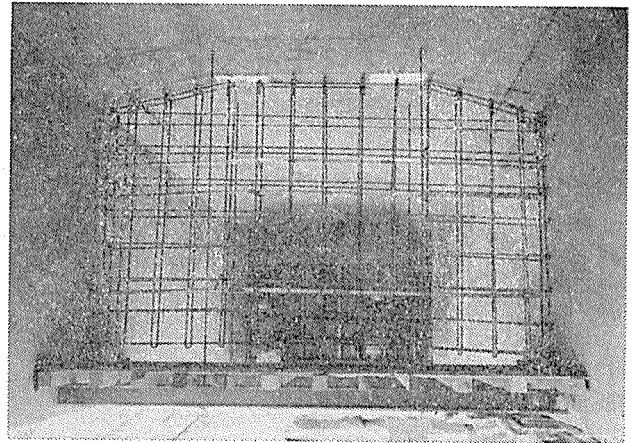
工事用通路は、下部工工事と競合作業となるため、下部工工事にて設置された鋼製さん橋（幅員 6 m）をさらに 2 m 拡張し、幅員 8 m の鋼製さん橋とした。

5.2 後方設備

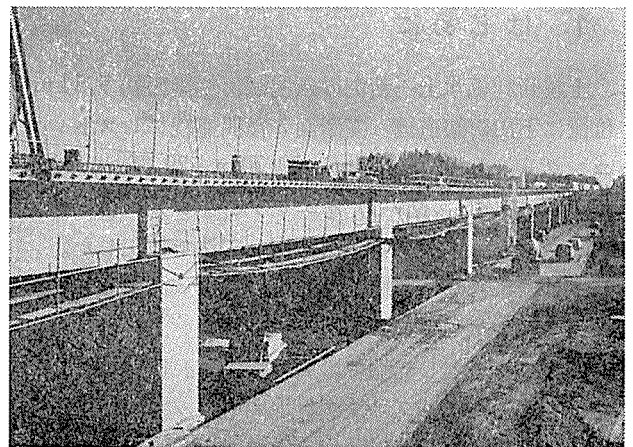
移動支保工の後方設備としては、前述の桁鉄筋、PC 鋼線組立て用のジャバラハウスの外に門型クレーン（2.5 t）1 基を設ける。この門型クレーンは、工事用通路の反対側のガーダー受け支柱の組立て・解体用として使用するものである。

5.3 落下防護工

落下防護工および中間足場として、写真—10 のように予め橋脚施工時に、線路方向に径 40 mm の孔をあけておき、PC ストランドを挿入し、片端を CCL 工法の定着具であるアンカープレートおよびチャックにて固定する。続いて他端をウインチにて引張り、PC ストランドを張った状態で CCL 定着具にて固定する。線路直角方向には鋼管パイプ（径 48.6 mm）を組み合わせた方式にした。こののち防護ネットを張り、必要により足場板を取り付ける。今回は 2 径間（30 m×2）を 1 組としてストランドの長さを一定にしたが、この方法で行えば、数径間の施工も可能である。この方式は、安全性、経済性の面からも大変よいと思われる。



写真—9 横桁鉄筋の組立て状況



写真—10 落下防護工

6. おわりに

移動支保工による桁架設は、数多くの施工例がある。そのほとんどがホロー桁および箱桁であり、今回施工されたような T 桁は鉄道橋としては初めてである。また軽量化するため主桁幅を狭くした。これらのため、型枠の構造、桁鉄筋、主ケーブルの配置、コンクリートの配合および打設等に苦心した。

工事受注後、宮城県沖地震による震害のため、支承部の設計の基本方針が変更となったことに伴い、ゴム沓・ストッパーの変更を余儀なくされた。

移動支保工による桁架設は、施工性・安全性・経済性の面から今後とも数多く施工されると思われるが、本橋のような主桁版形式にも簡単に適用可能であり、今後の参考になれば幸いである。

最後に、この工事の施工にあたり多大なる御指導、御尽力をいただいた関係者各位に深謝の意を表します。

【昭和 55 年 10 月 6 日受付】