

移動型枠支保工による高架橋の施工 ——東北新幹線矢巾工区——

伊 藤 英 雄*
渡 辺 富 雄**

要 約

日本国有鉄道盛岡工事事務局発注の矢巾工区高架橋工事において、西松式移動型枠支保工を採用、期待どおりの施工実績を納めることができた。

当工法の特徴は、①工期の短縮、②省力化、③桁下高が高いほど有利、④養生が簡便、⑤市街地にも採用可能、⑥付属構造物の施工が容易、などがあげられる。

本報告は、西松式移動支保工、その施工法、施工実績の概略を述べたものである。

目 次

- § 1. はじめに
- § 2. 工事概要
- § 3. 移動型枠支保工
- § 4. コンクリートの養生
- § 5. 施工実績
- § 6. おわりに

§ 1. はじめに

東北新幹線矢巾Ⅰ区(延長約2.6km)は、当初ラーメン式高架橋の施工が主体であったが、時間の推移と共に環境基準が変わり住宅地域を通過する所では、桁式高架橋がラーメン高架橋よりも、振動・騒音が軽減できるとして、次のような指示を当局よりうけた。

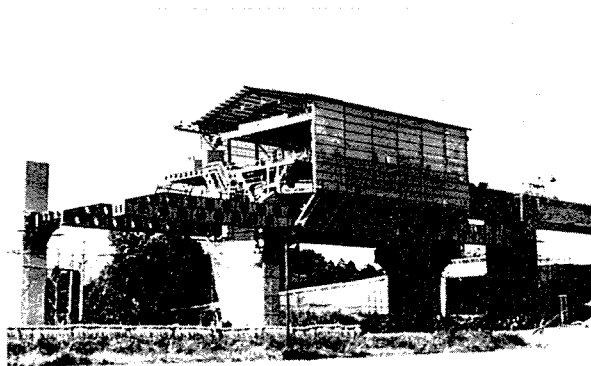
- ① 複線斜腹2室箱桁式高架橋とする。
- ② 桁長は20～35mで同一断面とする。
- ③ 橋脚は、従来のラーメン式(12m)よりかなり幅が狭い6m×2mの矩形断面とする。
- ④ 橋桁の施工は、移動型枠支保工による。

これに対し、当時、諸々の理由による工事中断やインフレ中で、約1年間を費やして施工法および経済性を検討し、自社製移動型枠で施工することに決定した。

§ 2. 工事概要

工 事 名：東北幹線矢巾北 B/I4

* 東北(支)矢巾(出)所長
** 東北(支)矢巾(出)副所長



写真－1 西松式移動型枠支保工

発 注 者：日本国有鉄道盛岡工事事務局
工事区間：岩手県紫波郡矢巾町地内(図－1 参照)
東京起点 482k347m～483k265m
 $l = 918\text{m}$

工 期：自 昭和52年3月23日
至 昭和54年3月22日

工事内容：RC2室箱桁鉄道橋(図－2 参照)
 $l = 25\text{m}$ 28連
 $l = 23\text{m}$ 4連
 $l = 22\text{m}$ 3連
 $l = 20\text{m}$ 1連
上床版幅員 12.2m

施 工 法：西松式移動型枠支保工による
 $l = 25\text{m}$ 1連当りの施工量
コンクリート 248.5m³
型枠 内枠 322.7m²

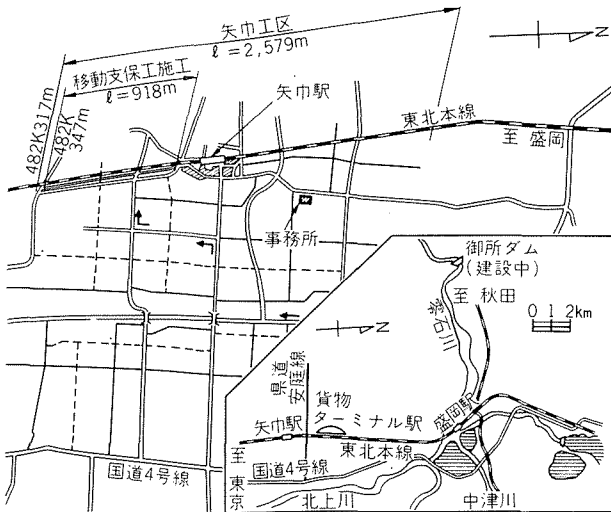


図-1 矢巾工区案内図

外枠	374.0m ²
妻枠	9.1m ²
鉄筋	54.4t

§ 3. 移動型枠支保工

3-1 構造

西松式移動型枠支保工は大きく分けて、主桁、繋ぎトラス、上屋、型枠から成り、その構造および名称を図-3に示す。

主桁は全荷量を支えるもので、左右に2本ある。主桁の断面は図-4に示すもので、ウェブはハチの巣状に穴があいている(ハニカムビーム)。移動時は下部フランジがブラケット上の移動用ローラーの上を滑動する。

繋ぎトラスは左右の主桁を連結するもので、主桁移動時橋脚を通過するため両開式に開閉可能な構造になっている(主桁取付部ヒンジ、中央部ボルト結合)。

型枠は外型枠、内型枠及び妻枠からなる。外型枠は本体と一体となっている。内型枠は本体とは分離構造で図-5のとおりである。

主桁と橋脚との取付けは、図-6のブラケットを橋脚施工時に取付けておき、これにジャッキおよび移動用ローラーを装備し、主桁フランジを介して全荷量を支える。

3-2 移動型枠支保工の設計

下記の設計条件で検討した結果、主桁とハニカムビームと繋ぎトラスを一体構造と考え、格子構造として解析した。

設計条件

(イ) 設計荷重

コンクリート	250m ³ ×2.5tf/m=650tf (6370kN)
外型枠	60tf (588kN)
中型枠	50tf (490kN)
繋ぎトラス	16tf (157kN)
建屋	73tf (715kN)
主桁 中央部	2.2tf/m (21.6kN/m)

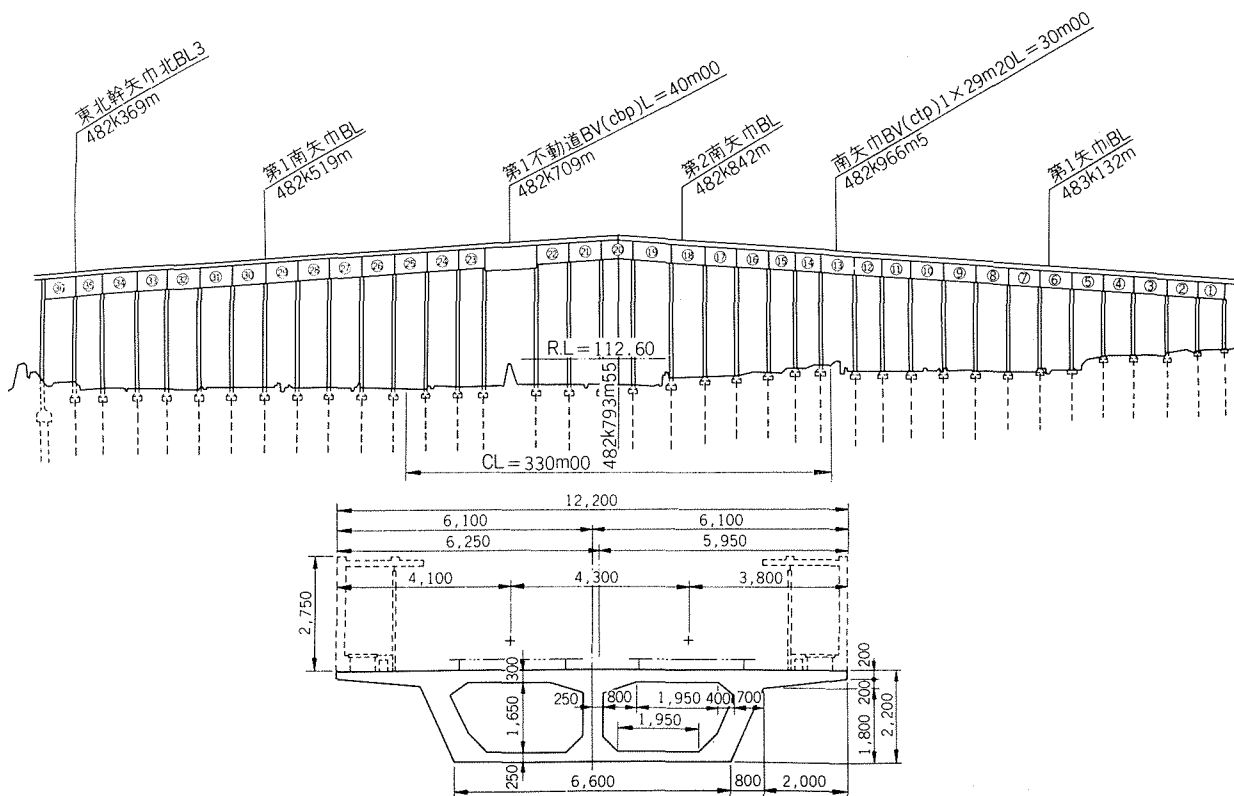


図-2 東北幹矢巾北B L4工区、側面図及び桁標準断面

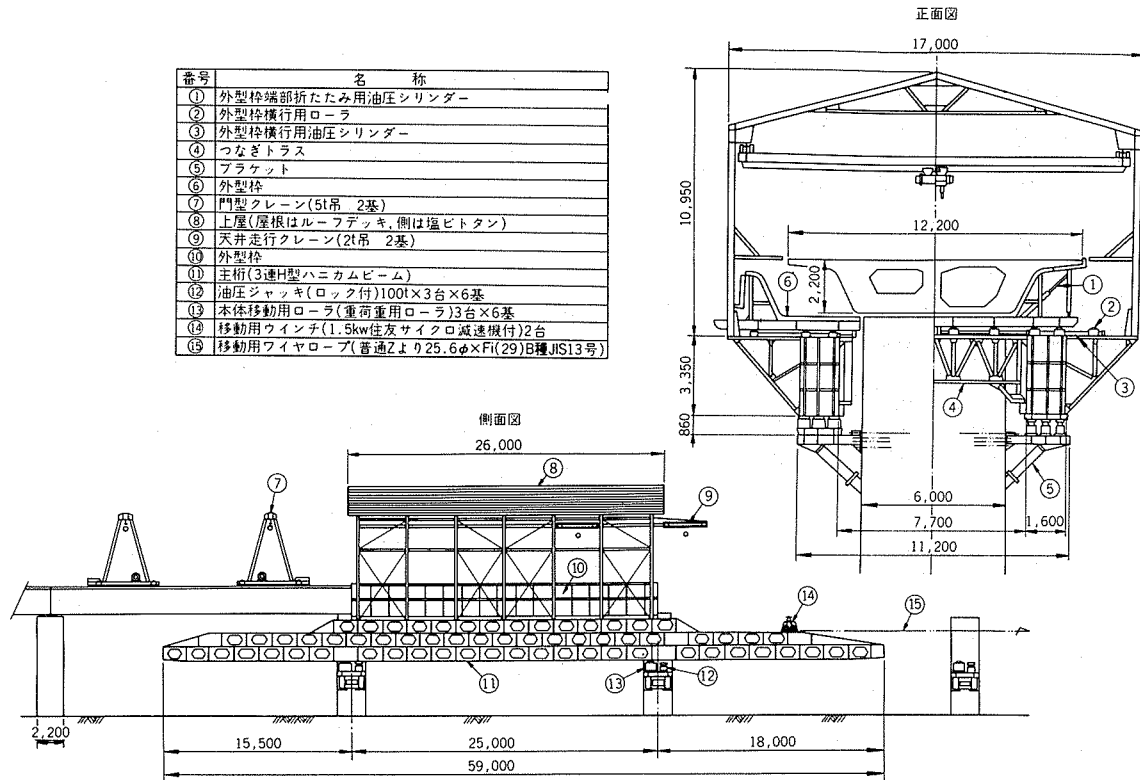


図-3 西松式移動型枠支保工

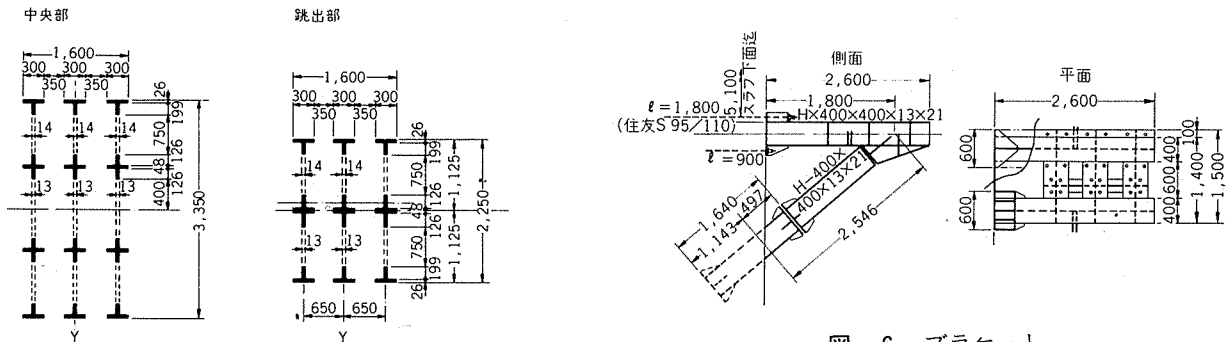


図-4 主桁(ハニカムビーム)断面

図-6 ブラケット

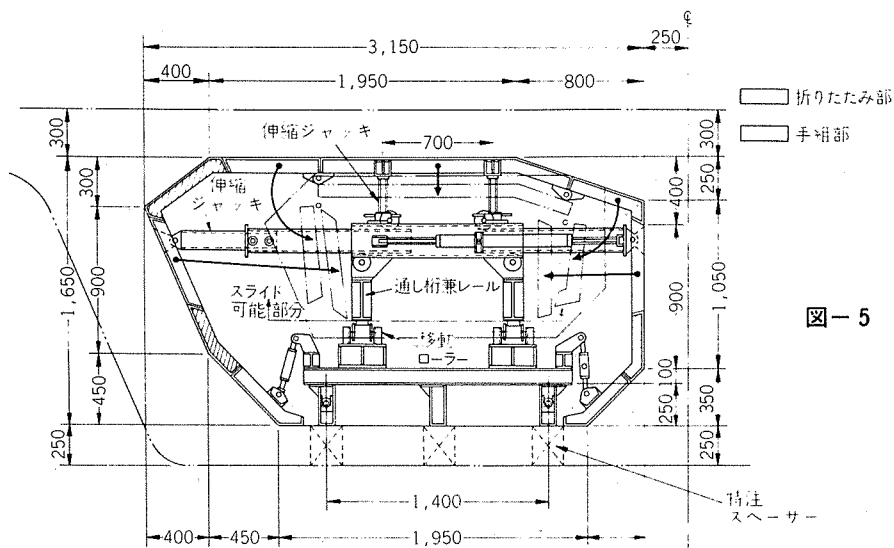


図-5 中型枠詳細図

跳出部	1.5tf/m (14.7kN/m)
(ロ) 風荷重	
コンクリート打設時	0.1tf/m ² (0.98kN/m ²)
型枠移動時	0.03tf/m ² (0.294kN/m ²)
(ハ) 雪荷重	
雪厚 80cm	0.16tf/m (1.568kN/m)
(ニ) 地震係数 (水平震度のみ)	
コンクリート打設時	0.15
型枠移動時	0.10
(ホ) 許容応力度	
鋼鉄道橋示方書に準拠	

3-3 移動型枠支保工の諸元

- ① 本体昇降 (ロック付油圧ジャッキ使用)
 - 油圧ジャッキ 100tf (980kN) × 3 台 × 4 基 (ロック付)
 - 油圧ユニット 250kgf/cm² (24.5MPa), 4P, 7.5kW
- ② 本体移動
 - イ) ウインチ方式 (上り勾配時使用)
 - 駆動方式 ダブルドラム捲取方式 (住友サイクロ減速機付ウインチ)
 - 移動速度 0.2m/min
 - ウインチ 1.5kW × 2 台
 - ロ) 油圧シリンダー方式 (下り勾配時使用)
 - 油圧シリンダー 1200mm ストローク 30tf (294kN) × 350kgf/cm² (34.3MPa) × 2 本
 - 油圧ユニット 140kgf/cm² (13.7MPa) 鋼矢板圧入用
- ③ フォーム横行
 - 横行方式 : 油圧シリンダーローラースライド方式
 - 油圧シリンダー : 3.300mm ストローク 60φ × 80φ
 - 油圧ユニット : 50kgf/cm² (4.9MPa) 4P45kW (ウチダ製 GH7-125)
- ④ 天井クレーン
 - 捲揚荷重 2.0tf (19.6kN) × 2 基
- ⑤ 使用電源
 - 3 相 200V 50Hz
- ⑥ 総重量
 - 約400t (上屋及び後方設備含む)
- ⑦ その他
 - 後方設備 門型クレーン5tf 吊 (49kN) × 2 台

3-4 本工法の特徴

- ① 工期が大幅に短縮可能である。
- ② 省力化が可能である。

- ③ 桁下高が高い程有利である (枠組方式のように地上から組み上げない)。
- ④ 天候に支配されることが少く、コンクリートの養生が容易である。
- ⑤ 市街地にも使用可能である。
- ⑥ タワミが少く、上げ越しをつけ易い。
- ⑦ 電柱基礎等の付属設備 (床版両側端より 2.5m の張出構造) の施工ができる (他社の移動型枠支保工は不可)。

3-5 移動方法 (図-7 参照)

コンクリート打設・養生後、外型枠を脱型し、ジャッキダウンし、主桁 (ハニカムビーム) をブラケット上の

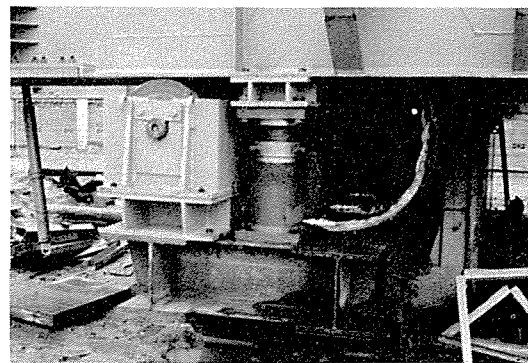


写真-2 100tf ジャッキ及び移動用ローラー

移動用ローラに載せる (写真-2)。

主桁上に設けたウインチと 4P のエコライザーシーブを利用して、ウインチで捲き取って前方へ移動させる。このとき、左右の主桁間の繋ぎトラスは、順次開閉して

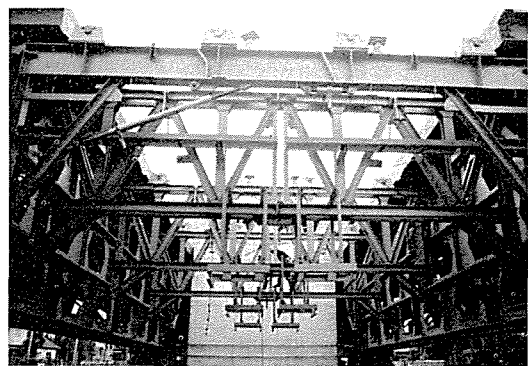


写真-3 繋ぎトラス

橋脚部を通過させる (写真-3)。

外型枠の脱型は、図-8 のとおりの順序で行う。

3-6 施工順序 (図-9 参照)

- ① 下床版・ウェブの鉄筋組立て
型枠支保工移動・セット完了後、下床版とウェブ

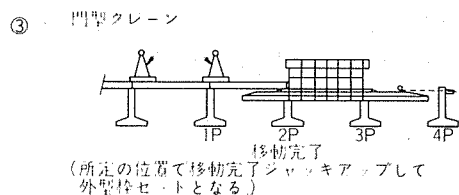
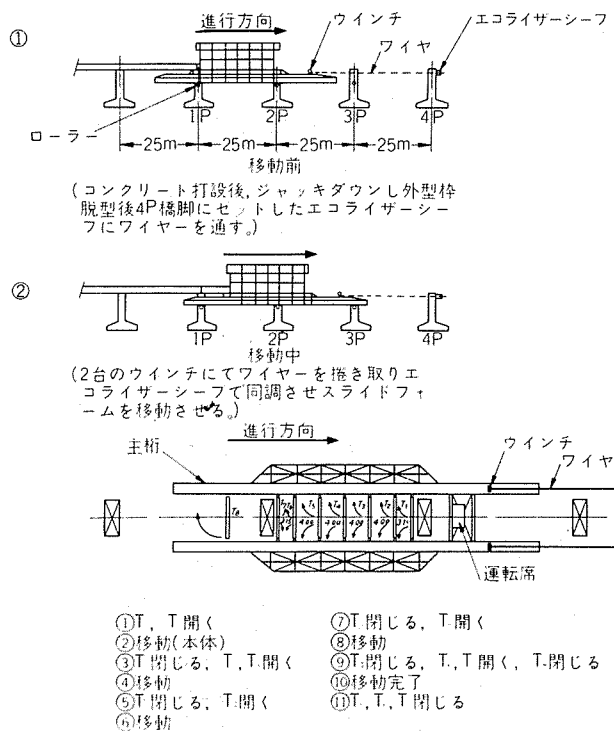


図-7 移動順序

の鉄筋を組立てる。

② 中型枠移動組立

下床・ウェブの鉄筋組立後、前スパン(施工済)より中型枠を移動・組立てを行う。

移動は、特殊スペーサブロックを用いて、下床鉄筋の上に下部架台(移動ローラーより下方の部分)を組み立て、この上を折りたたんだ状態で所定の位置まで移動する(写真-4)。

組立ては、折りたたみ面板を伸縮ジャッキを用いてセットしたのち、手組部を取付け、栈木・パイプサポート等で補強する(図-5 中型枠詳細図参照)。

③ 上床版鉄筋組立て

④ コンクリート打設

中型枠は、底型枠を設けなかったため、図-9 ④に示すようにコンクリート打設は④⑤の2回に分けて行った。④の部分は鍍均しとし、打設後約2時間おいて⑤のコンクリートを打設する。

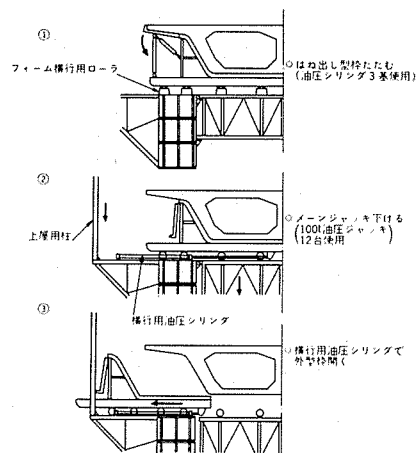


図-8 外型枠脱型順序



写真-4 移動中の中型枠

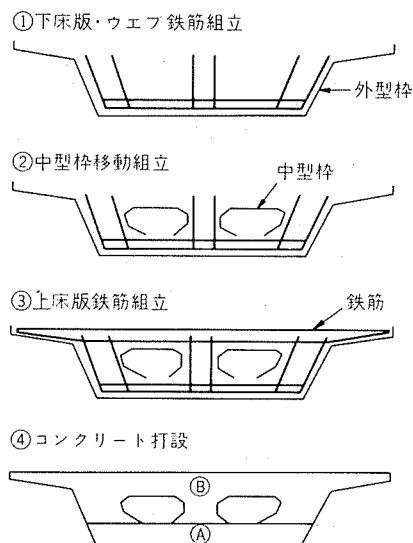


図-9 施工順序

※中枠は詳細図の様に底枠を省いてあるので
④部打設は鍍均しとし約2時間置いて
⑤部の打設に移り約8時間にて完了

⑤ その他

養生は、夏季散水養生、冬季加熱養生（詳しくは § 4. 参照）を行った。

中型枠の脱型は、コンクリート打設24時間後に行った。

ブラケットは、養生期間中に移動完了部分から前方に移設した。

3-7 枠組支保工との比較

本工法と枠組支保工のサイクルタイム及び経済性の比較を行うと図-10、表-1のとおりとなった。

図-10、表-1によると、サイクルタイムは大幅に短縮できる。経済性においても若干本工法が有利になっている。

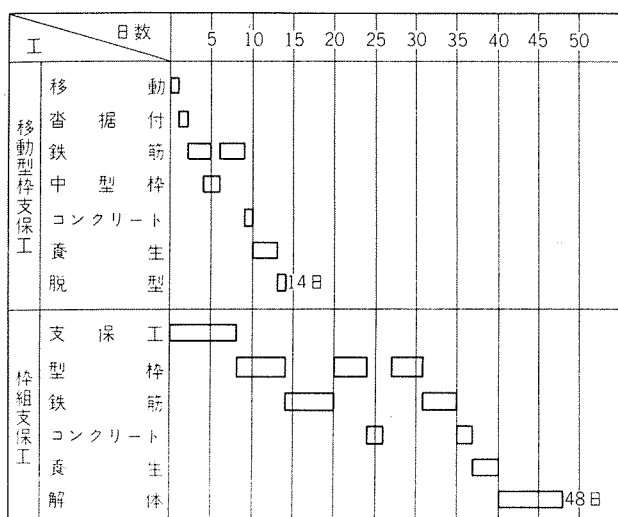


図-10 移動型枠支保工と枠組支保工のサイクルタイム（桁長25mの場合）の比較

表-1 移動型枠支保工と枠組支保工の経済性の比較

工種	工法	移動型枠	枠組立	差	備考
直接工事費		95.5%	103.4%	7.9%	コンクリート量 8,785m³
機械費		1.3%	8.4%	7.1%	
付帯費		3.2%	3.2%	0	
計		100.0%	115.0%	15.0%	

3-8 他社移動型枠との比較（表-2）

§ 4. コンクリート養生

当初、コンクリート打設は夏季のみの予定であったが、工期的に苦しいこと及び移動支保工の償却等の経済的理由があって、冬季のコンクリート施工に踏切った。

コンクリートは凝結・硬化の初期に凍結すると、その後の養生を続けても強度の増進が少ない特性がある。このため打設後24時間以内は凍結しない様に養生しなければならない。

養生中のコンクリート温度が高過ぎると冷却されたとき、ひび割れが発生しやすくなり、低過ぎると強度の発現が遅くなる。養生温度を約10℃に保つのが標準とされ、かつ養生が終わってから急冷しない様に注意しなければならない。

幸い、本工事に使用した移動型枠支保工は上屋を装備しており、これを利用して次のとおり温度養生を行った。

① 上屋の柱を利用して、ワイヤー（9mmφ）を張



写真-5 養生シート

り、シートによって構造物を囲う（写真-5）。

② ハニカムビームの穴及びブラケット部は合板にて寒風をしゃ断する。

③ スラブ下面は、繋ぎトラスに単管を渡し、シートを固定する。

④ ジェットヒーターによる加熱を行う。

また、本工事は東北地方という寒冷地であることと新幹線という重要構造物であることから、熱量計算と積算温度管理によって、保温管理を厳密に行った。以下にその概略を述べる。

4-1 熱量計算

(1) 養生シートの諸元

製品名 ビニールキャンパス5880#

熱伝達率 ($\alpha = 80 \text{ kcal/m}^2 \text{ hc}^\circ = 92.8 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$)

シート面積

壁部 $5.0 \times 2.6 \times 2 + 5.0 \times 12.5 \times 2 = 385 \text{ m}^2$

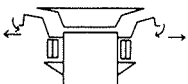
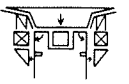
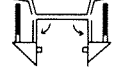
天井 $12.5 \times 26 = 325 \text{ m}^2$

底部 $12.5 \times 26 = 325 \text{ m}^2$

(2) 熱貫流率（外部風速 $v = 0$ ） K

$$K = \frac{1}{\frac{1}{L_i} + \sum \left(\frac{1}{\alpha} \right) + \frac{1}{L_o}} \dots \dots \dots (1)$$

表-2 他社移動型枠支保工との比較

支保工形式 性質比較 仕 様	西松式移動型枠支保工	ストラバーク可動支保工	可動支保工（アルダス）
支保工施工可能けた長(m)	25	33	25
施工できるけた種別	ボックスげたが有利	ボックスげたが有利 連続けた施工可能	
曲 線 施 工 性	実績なし ブラケット横移動装置を付ける	R=500m程度の実績あり	R=1,000m程度まで改良の 必要なし
縦断勾配施工性	特に選ばない。	20~40/1,000程度までは改良の 必要なし (台車の力をアップする)	特に選ばない
けた下空頭	5.0m程度(他にブラケット2.0m)	3.7mブラケット取付位置は5m	4.7m程度 他にブラケット2.9m
けた横方向(m)	17	14	13.9
移 動 速 度	20cm/min	50cm/min	60cm/min
支保工重量(t) 本体(型枠含)	290(ブラケット30t)	300	217(ブラケット55t)
上 家 設 備	41	42	30
総 重 量	331	342	247
特 記 事 項	構造はやや複雑である ブラケットの準備は6ヶ必要 取付移動は地上作業 異スパンのキャンバー調整が簡単 ブラケット受が橋脚に埋込まれて いるため、後処理の問題が残る。	構造はやや複雑である ブラケットをかかえたまま移動 出来る キャンバーは最初の調整のみ 橋脚に送り桁用の切欠きを付ける ため下部工の補強が必要の場合が ある 全作業支保工上のできる 異スパンの施工は簡単 3本桁であるため、2ボックスが 有利	構造が簡単である。 ブラケットの準備は6ヶ必要 取付、移動は地上作業 全重量をブラケットで受けるため ブラケットが大きくなる。又ブラ ケットの締付鋼棒の管理が大変で ある。 移動が早い 重量がかかる
仕 様 (本体移動)	ウインチ、油圧シリンダー両方可 ウインチダブル巻取方式 1.5kW×2 (フレーキ付) 反力は前方橋脚 油圧シリンダー 約40t St1.2m 反力はブラケット 盛替は手動	送りけた ウインチ or センターホール ジャッキ支保工枠 台車 (電動) 前方 1.5kW×1 後方 0.75kW×2	走行用デジタルシリンダー(油圧) 押21t 引14t St1.3m (1サイクルで1.25m移動) 反力はブラケット 盛替は全自動(手動も可)
(本体昇降)	ロック付 油圧ジャッキ 100t×3台/1 ブラケット×4	支保工桁 250t×4 St30cm (ブラケット上) 送 り 桁 100t×6 St15cm 前方ラーメン 150t×1 #70cm 後方ラーメン 40t×2×2 #35cm	ロック付油圧ジャッキ 350t×4台 各ブラケット上 St35cm
(型わく開閉方式)	油圧シリンダーローラーズライド 方式、縦桁上のローラーにダウン した型枠が2分割し両サイドに油 圧ジャッキ(1ストローク)で横移 動する方式 St3.3m 油圧ジャッキ	底型わくの送りけたを除く部分は 下方へ折たたむ(ウインチによる) 送りけた部の型わくは送りけたと 一体となっている。	底型わく2分割 下方折りたたみ方式 底型わくのフレームは横桁兼用
主桁(横桁)方式 他	主 桁 ハニカムビーム 3×2 ブラケット 6	送 り 桁 箱形×1 支保工桁 # ×2 ブラケット # ×4 前方ラーメン 後方吊装置	主桁 格子桁×2 (手延はトラス) ブラケット×6
移動時型わく略図			
	型わくをダウンしてから横移動、 張出し部を下方へ折たたむ	型わくをダウンしてから底型わく ダウン ブラケットをはずし、前 後台車で支持して移動	型わくを、ダウンしてから底型わ くを橋脚をかける毎に1ブロック づつ下げる。

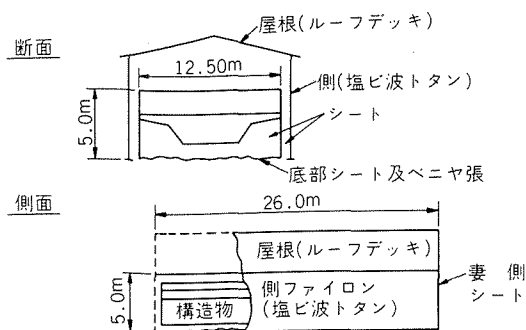


図-11 養生シート略図

ここに

 K : 熱貫流率 ($\text{kcal}/\text{m}^2\text{h}^\circ\text{C}$) $\{\text{W}/\text{m}^2\text{K}\}$ α : シートの熱伝達率 $\approx 80\text{kcal}/\text{m}^2\text{h}^\circ\text{C}$ ($92.8\text{W}/\text{m}^2\text{K}$) Li : 内側空気層熱伝達率壁部: $8\text{kcal}/\text{m}^2\text{h}^\circ\text{C}$ ($9.28\text{W}/\text{m}^2\text{K}$)天井・底部: $10\text{kcal}/\text{m}^2\text{h}^\circ\text{C}$ ($11.6\text{W}/\text{m}^2\text{K}$) Lo : 外部空気層熱伝達率壁部: $8\text{kcal}/\text{m}^2\text{h}^\circ\text{C}$ ($9.28\text{W}/\text{m}^2\text{K}$)天井・底部: $10\text{kcal}/\text{m}^2\text{h}^\circ\text{C}$ ($11.6\text{W}/\text{m}^2\text{K}$)式(1)を用いて壁部及び天井・底部に分けて熱貫流率 K_1 , K_2 を計算すると次のとおりとなる。壁部の熱貫流率 K_1

$$K_1 = \frac{1}{\frac{1}{8} + \frac{1}{80} + \frac{1}{8}} = 3.809\text{kcal}/\text{m}^2\cdot\text{h}^\circ\text{C} \quad (4.42\text{W}/\text{m}^2\cdot\text{K})$$

・天井部・底部の熱貫流率 K_2

$$K_2 = \frac{1}{\frac{1}{10} + \frac{1}{80} + \frac{1}{10}} = 4.705\text{kcal}/\text{m}^2\cdot\text{h}^\circ\text{C} \quad (5.46\text{W}/\text{m}^2\cdot\text{K})$$

(3) 所要熱量 Q

$$Q = K(t_1 - t_0) \times A \cdots \cdots (2)$$

ここに Q : 所要熱量 (kcal/h) $\{\text{W}\}$ K : 熱貫流率 ($\text{kcal}/\text{m}^2\text{h}^\circ\text{C}$) $\{\text{W}/\text{m}^2\text{K}\}$ t_1 : 養生温度 ($^\circ\text{C}$) $\{\text{K}\}$ t_0 : 外気温度 ($^\circ\text{C}$) $\{\text{K}\}$ A : 養生表面積 (m^2)・壁部 Q_1

$$Q_1 = 3.809 \times \{10 - (-15)\} \times 385 \\ = 36,700\text{kcal}/\text{h} \quad (42,500\text{W})$$

・天井・底部 Q_2

$$Q_2 = 4.705 \times \{10 - (-10)\} \times 650 \\ = 76,500\text{kcal}/\text{h} \quad (88,700\text{W})$$

・所要熱量 Q

$$Q = Q_1 + Q_2 \\ = 113,200\text{kcal}/\text{h} \quad (131,200\text{W})$$

(4) 所要給熱機台数

すき間からの寒風の侵入及び作業員の出入りを考慮して、所要熱量を50%増とする(仮定)。

給熱機(ジェットヒーター)

$$38,000\text{kcal}/\text{h} \cdot \text{台} \quad (44.1\text{kW}/\text{台})$$

熱効率80%

$$38,000 \times 0.80 = 30,000\text{kcal}/\text{h} \cdot \text{台} \quad (34.8\text{kW}/\text{台})$$

故に所要台数 n は

$$n = \frac{113,200 \times (1 + 0.5)}{30,000} = 6$$

現場では、温度が設定条件以下になる場合とジェットヒーターの故障を考慮して8台とした。

4-2 積算温度管理

コンクリートの強度に影響を及ぼす要因の中に、配合が一定であれば、養生温度に関係があることが確かめられている。

この方式は、現場で実際打設したコンクリートがどれだけの圧縮強度をもっているか、或いは目的の強度を得るのにどの程度の養生が必要かを判断するには、コンクリートの積算温度 M を測定すればよいと云う理論から成立っている。積算温度 M は

$$M = \int_0^t \theta dt \cdots \cdots (2) \quad \text{ここに } \theta = f(t): \text{養生温度}$$

で表わされ、単位は、度・時 ($T^\circ T$) と度・日 ($D^\circ D$) の二通りがある。前者はコンクリートの初期強度に重点を置いた方式で、養生温度 $1 \sim 40^\circ\text{C}$ ($274.15 \sim 313.15\text{K}$) に適合されるのに対し、後者は M が $210D^\circ D$ 以上の時、信頼性がある。ここでは移動式型枠支保工の脱型時期の判定ということで、初期強度を知りたいため、前者の $T^\circ T$ 方式を採用した。

この積算温度と圧縮強度の関係は

$$fc = a \cdot X + b \cdots \cdots (3)$$

$$Fi = 0.01fc \cdot F_{1440} \cdots \cdots (4)$$

ここに fc : 初期圧縮強度百分率 (%) $X: \log T^\circ T = \log M$ a, b : 実験定数 F : 圧縮強度 F_{1440} : 積算温度 $1440T^\circ T$ (20°C で3日間) の時の圧縮強度

で表わされる。

従って、 F_{1440} の値を知り、実験で a, b の定数を求められれば、積算温度により、その時の圧縮強度が推定できる。ここで、 F_{1440} 及び a, b の値を求める為に行った試験練りの結果(表-3, 4)と実際に測定したコンクリート温度の結果から積算温度の算出例(図-12)を示す。

表-3 試験結果および F_{1440} 、 a 、 b の決定
(PzNO.5ℓの場合)

機 令	試験日時	積算温度	圧縮強度 (kgf/cm ²)				$f_c(\%)$	$\log T^{\circ}T$
			x_1	x_2	x_3	$\bar{x}$		
σ_2	7/25 11:00	960	88	94	90	91	73.4	2.98
σ_3	26 11:00	1440	130	120	121	124	100.0	3.16
σ_4	27 11:00	1920	154	152	148	151	121.8	3.28
σ_5	28 11:00	2400	177	183	120	180	145.2	3.38
σ_6	29 11:00	2880	189	194	189	191	154.0	3.46
σ_7	30 11:00	3360	209	217	204	210	169.4	3.53

F_{1440} および a 、 b の算定

F_{1440} : σ_3 の平均値より $F_{1440} = 124 \text{ kgf/cm}^2$

a, b : 最小二乗法により次式で求める。

$$b = \frac{\sum X_i^2 \cdot \sum f_{ci} - \sum X_i \cdot \sum X_i f_{ci}}{n \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2} = -456.70$$

$$a = \frac{n \sum X_i f_{ci} - \sum X_i \cdot \sum f_{ci}}{n \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2} = 176.92$$

n	$X_i(\log T^{\circ}T)$	$f_{ci}(\%)$	X_i^2	$X_i \cdot f_{ci}$
1	2.98	73.4	8.88	218.73
2	3.16	100.0	9.99	316.00
3	3.28	121.8	10.76	399.50
4	3.38	145.2	11.42	490.78
5	3.46	154.0	11.97	532.84
6	3.53	169.4	12.46	597.98
Σ	19.79	763.8	65.48	2555.83

故に $f_c = 176.92X - 456.70$

◎圧縮強度 $F = 140 \text{ kgf/cm}^2$ になる積算温度 M を求める

$$F_{1440} = 124 \text{ kgf/cm}^2$$

$$F = 140 \text{ kgf/cm}^2$$

$$f_c = 112.9$$

$$F = 0.01 f_c \cdot F_{1440} \rightarrow f_c = F / (0.01 F_{1440})$$

$$= 140 / (0.01 \times 124) = 112.9\%$$

$$X = \frac{f_c + 456.7}{176.92} = \frac{112.9 + 456.7}{176.92} = 3.22$$

$$M = \log^{-1} X = \log^{-1} 3.22 = 1659.6 T^{\circ}T$$

表-4 試験結果および F_{1440} 、 a 、 b の算定
(PzNO.10ℓの場合)

機 令	試験日時	積算温度	圧縮強度 (kgf/cm ²)				$f_c(\%)$	$\log T^{\circ}T$
			x_1	x_2	x_3	$\bar{x}$		
σ_2	11/7 10:00	960	124	117	126	122	79.2	2.98
σ_3	8 10:00	1440	153	161	148	154	100.0	3.16
σ_4	9 10:00	1920	191	181	183	185	120.1	3.28
σ_5	10 10:00	2400	210	214	219	214	139.0	3.38
σ_6	11 10:00	2880	223	220	234	226	146.8	3.46
σ_7	12 10:00	3360	234	239	234	236	153.2	3.53

F_{1440} および a 、 b の算定

F_{1440} : σ_3 の平均値より $F_{1440} = 154 \text{ kgf/cm}^2$

a, b : 最小二乗法により次式で求める。

$$b = \frac{\sum X_i^2 \cdot \sum f_{ci} - \sum X_i \cdot \sum X_i f_{ci}}{n \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2} = -346.77$$

$$a = \frac{n \sum X_i f_{ci} - \sum X_i \cdot \sum f_{ci}}{n \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2} = 142.44$$

n	$X_i(\log T^{\circ}T)$	$f_{ci}(\%)$	X_i^2	$X_i f_{ci}$
1	2.98	79.2	8.88	236.02
2	3.16	100.0	9.99	316.00
3	3.28	120.1	10.76	393.93
4	3.38	139.0	11.42	469.82
5	3.46	146.8	11.97	507.93
6	3.53	153.2	12.46	540.80
Σ	19.79	738.3	65.48	2464.50

$f_{ci} = 142.44X - 346.77$

◎圧縮強度 $F = 140 \text{ kgf/cm}^2$ になる積算温度 M を求める

$$F_{1440} = 154 \text{ kgf/cm}^2$$

$$F = 140 \text{ kgf/cm}^2$$

$$f_c = 90.9\%$$

$$\left(F = 0.01 f_c \cdot F_{1440} \rightarrow f_c = F / (0.01 \cdot F_{1440}) \right)$$

$$= 140 / (0.01 \times 154) = 90.9\%$$

$$X = \frac{f_c + 346.77}{142.44} = \frac{90.9 + 346.77}{142.44} = 3.073$$

$$M = \log^{-1} X = \log^{-1} 3.073 = 1183.0 T^{\circ}T$$

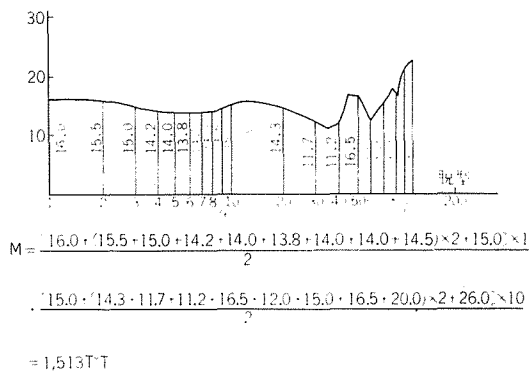


図-12 積算温度Mの計算例

§ 5. 施工実績

5-1 標準サイクルタイム及び歩掛り (図-13参照)

日程	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
脱 枠														
移 動														
型 枠 (外枠)														
沓・ストッパー据付														
鉄 筋 (下床版)														
型 枠 (内枠)														
鉄 筋 (上床版)														
C段取型枠清掃														
コンクリート打設														
養 生														
ブラケット取付														
人 員	12	12	12	22	22	22	10	20	30	20	12	2	2	4

※鉄筋加工人員は不含

図-13 標準サイクルタイム・歩掛り

5-2 コンクリート打設実績 (表-5, 図-14)

5-3 今後の改良点

設計段階で種々検討を加え、万全を期したつもりであったが、実際に使用してみて不便を感じた点或いは他社製のものと比較して改良したほうが良いと感じた点を今後の改良点として述べる。

① ブラケット

ブラケットは、鋼材の一部が橋脚駆体に埋込式のものを使用した。これは強度的には安全性の高いものであったが、橋脚施工時の埋込み作業が煩雑であり、かえって費用がかかった。多少材料費が高くついても取付容易なものにすべきである。

② 繋ぎトラスの接続

繋ぎトラスは移動時橋脚部を通過するため開閉可能 (両開き式) な構造とした。しかし中央部の接続方式がボルト締め (20数本/1ヶ所) であったため、着脱に手間がかかり移動に時間を要した。

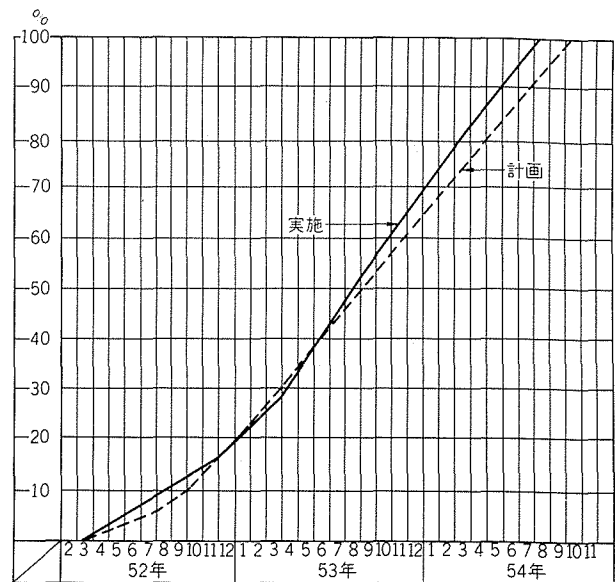


図-14 出来高Sカーブ

例えば、ピン結合方式、クランプ結合方式などにより、着脱の容易なものにすれば、移動時間を短縮できる。また安全面からもなるべく簡便なものが望ましい。

③ 移動装置

移動は、両胴ウインチ巻き取り方式であったが、下り勾配 (本工事では11%) の場合逸脱の危険があった。

後方ワイヤーをとる方法があるが前後ワイヤーの同調が難しい。

今回は、下り勾配に変わる時点で油圧ジャッキ方式に切替えたが、シールド用ジャッキを応急的に取付けたもので

- ・ストロークが1mと短い

- ・ジャッキの盛換えを人力によらなければならない。

などで移動に時間がかかった (約8時間を要した、他社製のものは半日で移動終了)。

従って、ジャッキストロークを長くする、盛換えを自動にするなどの改善が必要である。また、耐震ロック装置 (地震時の自動停止装置) の必要も感じた。

④ 上屋

上屋は桁長が25mに対して24mしかなく冬季養生の際、両妻のシートが取り付けにくかった。

また上屋に装置した天井クレーンの走行レールも短く、沓、ストッパーの据付時苦勞した。

従って、上屋と天井クレーンのレールは、桁長に若干余裕長を加えたものにすべきである。

⑤ 中型枠

表－５ コンクリートの打設実績

No.	桁長	コンクリート打設日	日数	備 考
①	23m	52年 8 月13日		52・6・1 トラベラ組立開始
②	23	9・15	33	盆休 8/14～8/20
③	23	10・11	26	
④	23	11・19	39	上屋、天井クレーン組立あり
⑤	25	12・10	21	フォーム(外、中央)差換あり(23m→25m)
⑥	25	12・27	17	
⑦	25	53・1・19	23	正月休み(12/30～1/5)
⑧	25	2・4	16	冬季加熱養生
⑨	25	2・20	16	
⑩	25	3・6	14	
⑪	22	3・25	19	
⑫	22	4・8	14	フォーム差換あり(25m→22m)
⑬	25	4・23	15	フォーム差換あり(22m→25m)
⑭	25	5・6	13	
⑮	25	5・20	14	
⑯	25	6・2	13	
⑰	25	6・15	13	
⑱	25	6・28	13	
⑲	25	53年 7 月11日	13	
⑳	25	7・24	13	
㉑	25	8・9	16	移動装置を油圧に改造
㉒	25	8・28、9・4	26	盆休8/14～8/18 木製中枠使用のため2回打設
㉓	20	9・27	23	第1不動既設桁の箇所移動、フォーム差換あり(25m→20m)
㉔	25	10・14	17	フォーム差換(20m→25m)
㉕	25	10・28	14	
㉖	25	11・10	13	
㉗	25	11・24	14	
㉘	25	12・11	17	冬期養生
㉙	25	12・26	15	
㉚	25	54・1・20	25	正月休み 12/29～1/5
㉛	25	2・6	17	
㉜	25	2・22	16	
㉝	25	3・10	16	
㉞	25	3・26	16	
㉟	25	4・5、4・15	20	中型枠解体の関係で2回打設
㊱	22	53・7・26		トラベラー使用不能につきビティ式支保工木製型枠を使用してコンクリート打設

スライド式の中型枠を使用しているが脱型時に取外さなければならない部材が多く、組立・解体に時間がかかった。また構造的に部材が弱く内部から補強が多くなる欠点があった。

⑥ 外型枠端部の通り

端部の部材が一体構造となっているため製作誤差や組立時の誤差のため通りが悪い場合、それを修正するのが難しかった。

例えば、端部材を取外し可能なものにするなどして誤差修正が容易なものにすべきである。

⑦ 組立・解体

今回は幸い組立・解体位置が低い所であったので、クレーンを用いて組立・解体を問題なく行えたが、高い所では特殊な吊り上げ装置などの考案の必要を感じた。

§ 6. おわりに

最後の桁のコンクリート打設を完了し、東北本線に極く近接した箇所でも400tもある移動支保工の解体が終了した時は職員一同万感迫るものがあつた。

当初、1連の施工に約1ヶ月を要したが、慣れるに従い徐々に短縮でき(最終的には1連を13日で施工)、暗中模索であった工程にも目途をつけることができ、予定工期内で完成することができた。

近隣6工区のうち、我社のものだけが純国産であると云うこともあって、良い意味での競争心が生れ、施工面、経済面での好結果につながった。

最後に、本工法の計画、施工にあたって企業者関係各位の並々な御指導があったこと及び本社土木設計部、機材部の御指導御助力があったことを申添えて今回の報告を終えさせて頂く。