

東北新幹線 三内丸山架道橋の施工

玉井 真一*1・鈴木 隆*2・加藤 学*3・坂本 貴嗣*4

1. はじめに

八戸・新青森間延伸工事中の東北新幹線は、新青森駅の手前で日本最大級の縄文集落跡である特別史跡三内丸山遺跡付近を通過する。当地において国道7号青森環状道路および沖館川を横断する三内丸山架道橋は、スパン150m、橋長450mを有するPCエクストラドーズド橋であり(図-1)、完成すれば新幹線橋梁として最大スパンを有するものとなる。

道路橋においては、スパン200m規模の橋梁は建設されており、すでに供用開始されたものも多い。一方、鉄道橋で長大スパン橋梁を実現する場合、列車の走行安全性を確保し乗客に快適な乗り心地を提供する観点から、将来桁に発生する変位に対して非常に厳しい制限を克服する必要がある(写真-1)。

変位には環境や使用材料による長期的なもの、列車通過による一時的なものがあり、本橋梁設計時にも綿密な検討、照査を行い、変位制限に十分留意した設計¹⁾とする

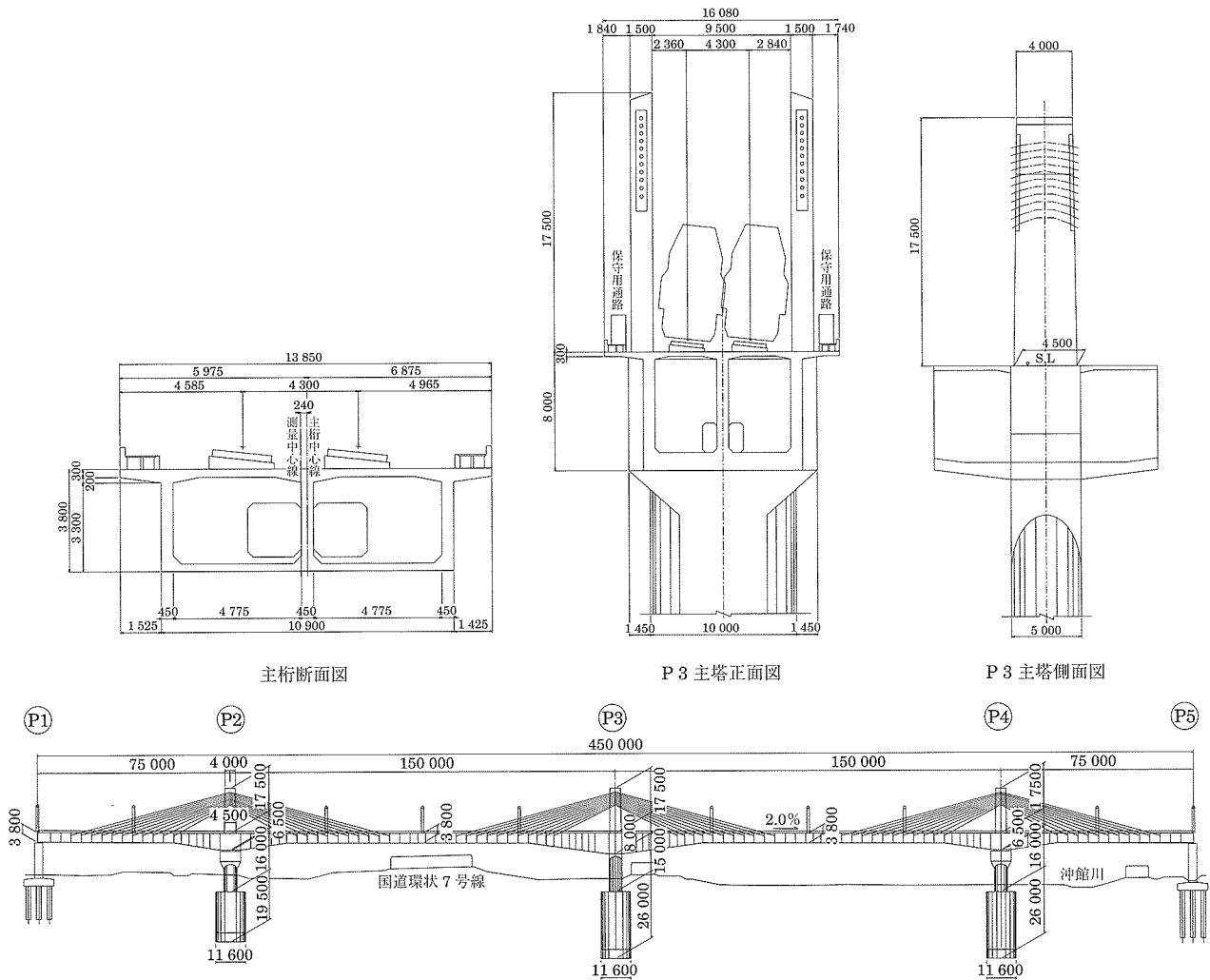


図-1 三内丸山架道橋一般図

*1 Shinichi TAMAI : 鉄道建設・運輸施設整備支援機構 東北新幹線建設局 工事第五課 課長
 *2 Takashi SUZUKI : 鉄道建設・運輸施設整備支援機構 東北新幹線建設局 青森鉄道建設所 主任
 *3 Manabu KATO : 銭高・浅沼・井上・志田特定建設工事共同企業体 監理技術者
 *4 Takashi SAKAMOTO : 銭高・浅沼・井上・志田特定建設工事共同企業体 主任



写真 - 1 施工全景

ことで、新幹線最長スパン橋梁の実現を図った。

本稿では、新幹線最大スパンを有する三内丸山架道橋の施工概要について報告する。

2. 橋梁概要

2.1 橋梁緒元

本橋梁の諸元は以下のとおりである。また、表 - 1 に主要使用材料を示す。

- 工 事 名：東北幹、三内丸山 BL 他工事
- 橋梁形式：4 径間連続 PC エクストラドーズド橋
- 基礎形式：ニューマチックケーソン基礎
- 橋 長：450 m
- 支 間 割：74.18 + 150 + 150 + 74.18 m
- 軌道の数：複線

荷 重：P-17 荷重および N-16 荷重

主塔形式：独立 2 本柱 $H = 17.5$ m

桁 形 式：2 室箱桁 ($H = 3.8 \sim 8.0$ m)

本橋梁は国道および沖館川と交差することから上部工の施工は移動作業車による張出し架設工法で行っている（写真 - 2）。下部工の施工進度により P2, P4, P3 橋脚の順で張出し施工を行い、H19 年 12 月末現在で主桁の連結を終了した。



写真 - 2 張出し架設状況

3. 下部工の施工

3.1 ニューマチックケーソンの施工

P2 ~ P4 橋脚の施工については、H17 年 10 月に P2 橋脚から施工を開始した。各橋脚とも刃口金物据付、作業室を構築し、6 ~ 8 ロットに分けてコンクリート打設を行い、偏心、傾斜に十分注意しながら掘削沈下を行った。また、P3 橋脚は市道、国道等に近接していたことから、周辺地盤

表 - 1 主要使用材料

	部位	種別	仕様	単位	数量	備考
上部工	主桁	コンクリート	$F_{ck} = 40 \text{ N/mm}^2$	m^3	9 045	
		鉄筋	SD 345	t	1 657	
		型枠		m^2	23 704	
		PC 鋼材	SWPR7B 12S15.2	t	351	主方向
			SWPR19 1S28.6 (プレグラウト)	t	30	床版, 横桁
			SBPR930 / 1080 ϕ 32	t	5	主方向
	主塔	コンクリート	$F_{ck} = 40 \text{ N/mm}^2$	m^3	660	
		鉄筋	SD 490	t	450	
			SD 390	t	199	
		型枠		m^2	1 191	
斜材	PC 鋼材	SBPR930 / 1080 ϕ 32	t	16	鉛直	
下部工	ケーソン	コンクリート	$F_{ck} = 30 \text{ N/mm}^2$	m^3	1 778	
			$F_{ck} = 24 \text{ N/mm}^2$	m^3	2 321	
			$F_{ck} = 18 \text{ N/mm}^2$	m^3	671	
		鉄筋	SD 390	t	851	
	型枠		m^2	4 200		
	堀削土		m^3	8 904		
	橋脚	コンクリート	$F_{ck} = 30 \text{ N/mm}^2$	m^3	1 219	
			$F_{ck} = 24 \text{ N/mm}^2$	m^3	1 500	
鉄筋		SD 390	t	444		
型枠			m^2	1 115		

の変状、エアブロー等にも十分配慮し施工を行った。

3.2 施工ヤードの確保

P3 橋脚については、近隣に市道が存在し橋脚の一部が市道方面に支障することから、まず市道の切回しを行って施工ヤードを確保した。また市道にはφ450mmの水道管が埋設されておりケーソン沈下による影響が懸念されたことから、防護矢板を設置し水道管の保護を行った。

P4 橋脚は沖館川遊水地取水庭内に位置することから、河川水位上昇による河川水の流入が想定されたため締切り矢板を設置しケーソンの保護を行った。

3.3 沈下管理および計測

沈下管理については、ケーソンの沈下ごとにレベル測定を行い傾斜量の把握を行った。とくに沈下深度が比較的浅い時は傾斜しやすいことから、計測管理に十分配慮することとした。ケーソン内の計測については、ケーソン本体に計測器（固定式傾斜計、間隙水圧計、ガス濃度計等）を設置し、パソコンによる自動計測を行った。計測データは計測室のモニターにリアルタイムで表示され（写真-3）、日々のケーソン沈下制御や、函内作業の安全管理に反映させた。



写真-3 ケーソン函内モニタリング

3.4 施工結果

3 橋脚とも平板載荷試験から十分な支持地盤であることを確認し、周辺地盤の変状や施工中のエアブロー等も問題になることなく、H18年8月にニューマチックケーソンの施工が無事完了した。

4. 上部工の施工

4.1 張出し架設施工概要

上部工の施工順序を図-2に示す。まず各橋脚柱頭部の施工を行い、移動作業車を2基組立て、左右のバランスをとりながら張出し架設を行った。P2, P4 橋脚は、2線支承销造であるため（写真-4）、張出し架設中はコンクリート製の仮支承を設け、アンバランスによる揚力に対してはPC鋼棒で仮固定する構造とした。

4.2 上げ越し量の設定

本橋梁の上げ越し量については、軌道敷設前の路盤鉄筋コンクリート施工完了時に路盤レベルが設計値となるよう

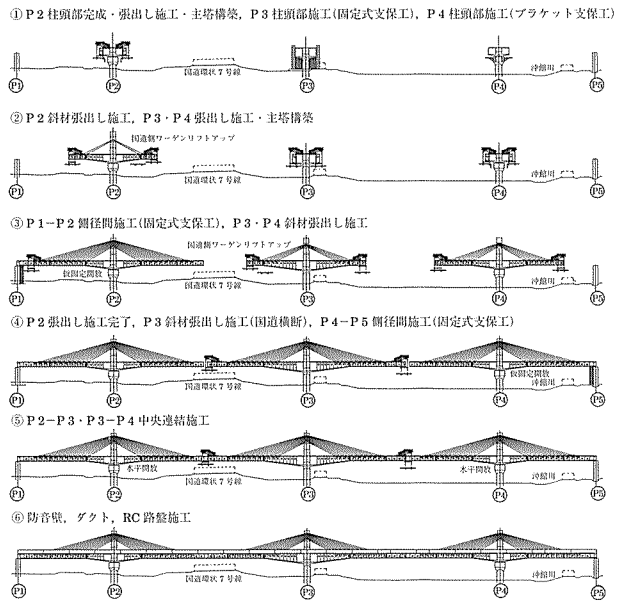


図-2 施工順序図

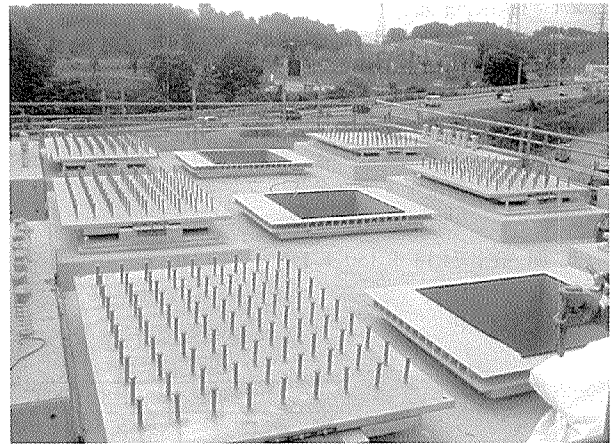


写真-4 仮設置状況

上げ越し量の算出を行った。施工工程では、張出し施工のあと追いで防音壁も順次築造するため、施工ステップの管理は、各ステップごとの現場の変位と設計値とを比較しながら施工した。また、施工時の型枠据付高さには、外気温・橋体温度・斜材温度を計測しながら、青森市基準温度（10℃）に対して補正を加味する施工管理を行った。

4.3 主塔工

主塔は高さ17.5mであり、4リフトに分割して施工を行った。このうち上段2リフトにサドルが配置される。

主塔の特徴としては、斜材の線形が橋軸直角方向において主塔鉛直軸に対して内向きに偏心しているため、斜材張力により主塔が内側に力を受ける構造となっていることから、外側基部のひび割れ制御目的として、主塔外側に鉛直PC鋼棒が配置されている（写真-5）。

主塔の築造は、張出し架設を先行して、主塔の施工に必要なスペースを確保してから施工を開始した。

主塔部の主鉄筋は、D51（SD490）を使用し、ガス圧接

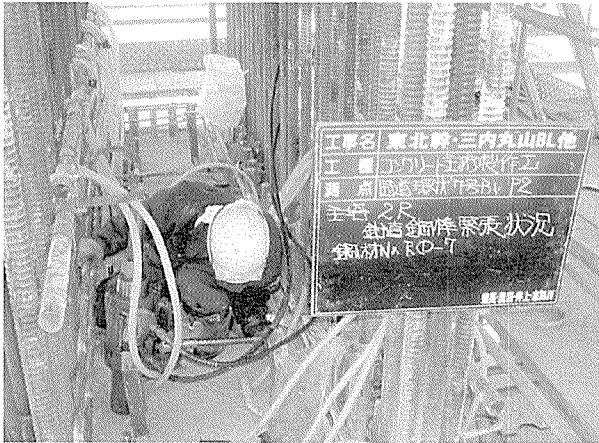


写真-5 鉛直 PC 鋼棒緊張状況



写真-7 サドルユニット化

による継手を採用した。ガス圧接は天候に左右されることもあるため、現場では主塔をシートで覆い、風雨を遮断して施工を行った（写真-6）。

また、サドルは据付精度の向上と現場作業の簡略化を図るため、斜材 11 段を 4 分割して 2 または 3 段をユニット化したものを工場で製作し（写真-7）、現場ではクレーンによる据付けを行った。各ユニットには組立用水平・垂直

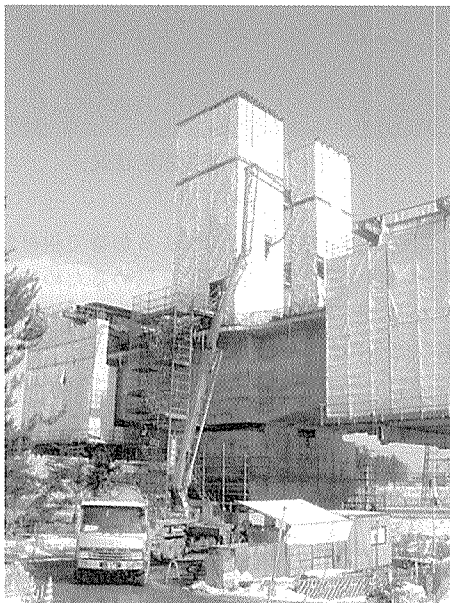


写真-6 主塔施工状況

線をあらかじめ工場製作時にマーキングしておき、現場据付時にはそれを基準に据付けた。主塔コンクリートは、サドル部の過密配筋に対応し、スランプ 15 cm で施工した。

以上のようにして、主塔およびサドルを築造し、張出し施工工程を遅らせることなく主塔の施工を行った。

4.4 斜材工

(1) 斜材およびサドル構造

斜材の構成は、エポキシ被覆 PC 鋼より線・グラウト・PE 管の三重防食とし（図-3）、主塔側の斜材定着は実績の多い貫通固定式のサドル定着を採用した。エクストラード橋の斜材は、コンクリートにより保護されていないことから、不慮の事故に備えて取替え可能とすることが一般的であったが、本橋梁では既存のエクストラード橋の実績などから、主塔を貫通するサドルは、斜材の取替えを考慮しない構造とし、鋼管にアンカーフランジを取り付け、鋼管とコンクリートとの付着抵抗およびアンカーフランジの引抜き抵抗により固定させる 1 重管構造を採用した（図-4）。

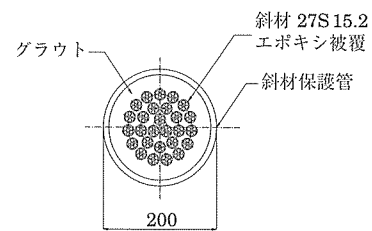


図-3 斜材形状

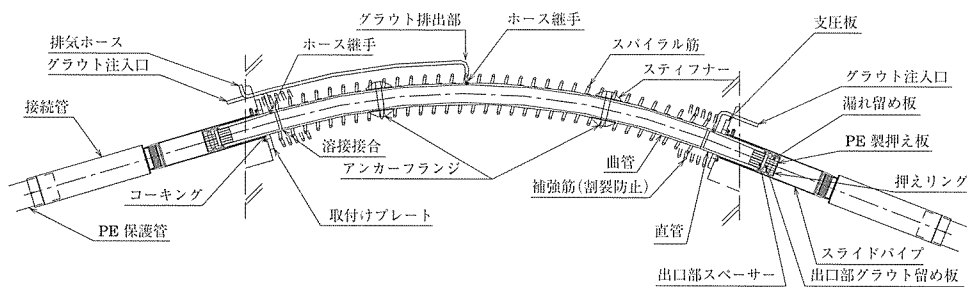


図-4 サドル1重管構造の概略図

1 重管構造については、その性能が明確でないため実物大模型による載荷試験を行い性能を確認した（写真 - 8）²⁾。

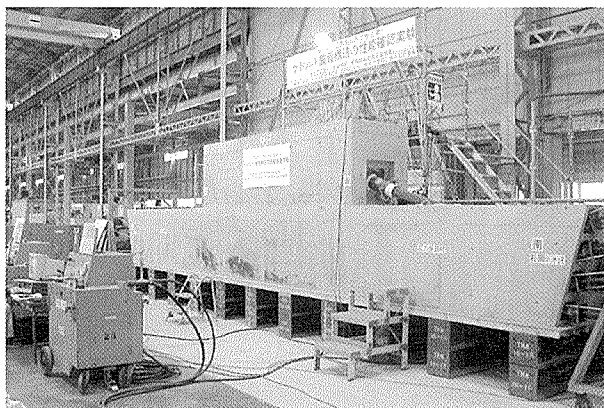


写真 - 8 サドル実験

(2) 斜材架設工

本橋梁の斜材の取付けブロックは、P 2, P 4 張出し施工区間で「5 BL ~ 15 BL」、P 3 張出し施工区間で「6 BL ~ 15 BL」である。斜材架設工は、所定の長さに溶着した斜材保護管（HDPE 管）を張出し架設工に合わせ順次架設した（写真 - 9）。斜材のケーブルは、プッシングマシンを使用して挿入した。

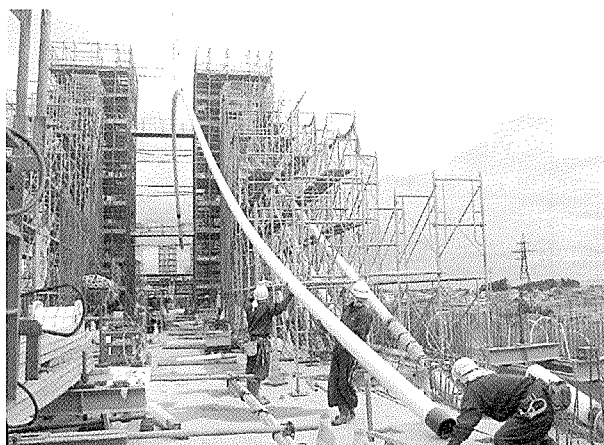


写真 - 9 斜材保護管架設

斜材保護管は現地で所定の長さに溶着接合した（写真 - 10）。本橋梁の斜材保護管については、温度変化の影響を受けないように、斜材 27S15.2 に対して一般的な $\phi 140$ mm から $\phi 200$ mm に管径を大きくしている。

この温度変化の影響の程度を検証するために、一年間にわたり供試体による温度測定を実施し、外気温（直射熱）に対するグラウトの断熱効果を確認した。

また、斜材架設用には橋面上に総足場を設置して、 $\phi 200$ mm の保護管中心に斜材ケーブルが収まるように、グラウト前に配置調整し、足場に固定した（写真 - 11）。

(3) 斜材緊張工

斜張橋やエクストラードズド橋のような斜材を有する橋

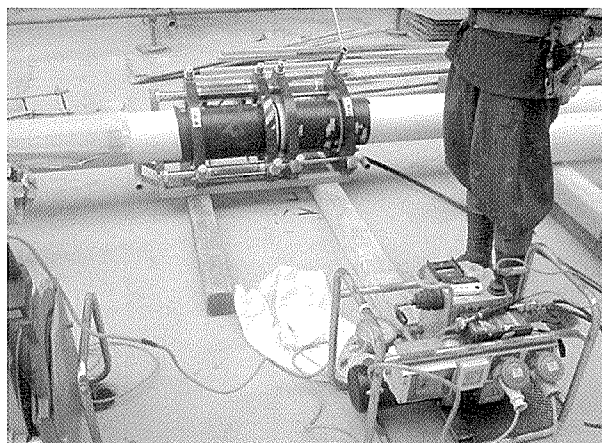


写真 - 10 保護管溶着状況



写真 - 11 保護管固定状況

梁では、斜材と外気温の温度差による影響で斜材緊張力や主桁高さが変化するため施工精度を高めるためには斜材温度に応じた導入緊張力の調整が必要となる。本橋梁においては、斜材緊張時に、グラウト未充てんのダミー斜材を橋面上に設置し温度管理を行った（写真 - 12）。斜材緊張時には緊張当日のダミー斜材温度や、主桁コンクリートの温度を計測し、導入緊張力の補正を行った。現場では温度差と斜材のヤング係数をパソコンに入力するだけで、導入緊



写真 - 12 ダミー斜材設置

張力を算出できるシステムを採用した（写真 - 13）。

斜材緊張は、主桁に偏心応力が発生しないよう、ジャッキ4台を設置して両側の斜材を同時に緊張し、緊張は斜材定着ブロックの2ブロック先のコンクリート打設前に実施した（写真 - 14）。

斜材の緊張管理は、一般的な外ケーブルと同様の緊張管理とし、設計緊張力の導入を主管理とし、伸びは従管理とした。導入緊張力は、緊張ポンプにデジタル示度計を取り付け緊張管理を行った（写真 - 15）。

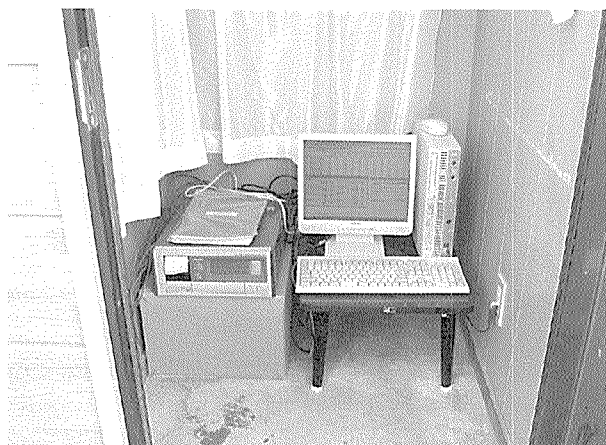


写真 - 13 計測状況

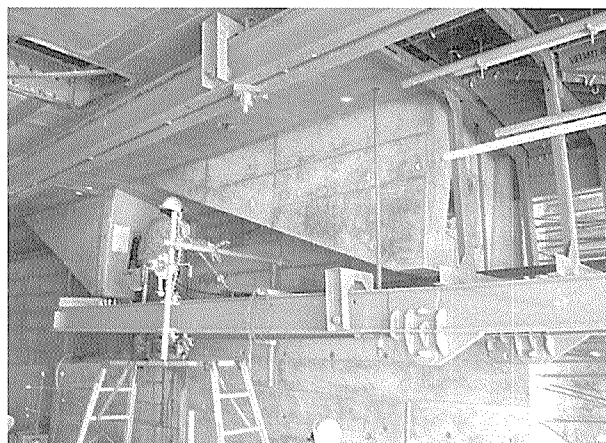


写真 - 14 斜材緊張状況

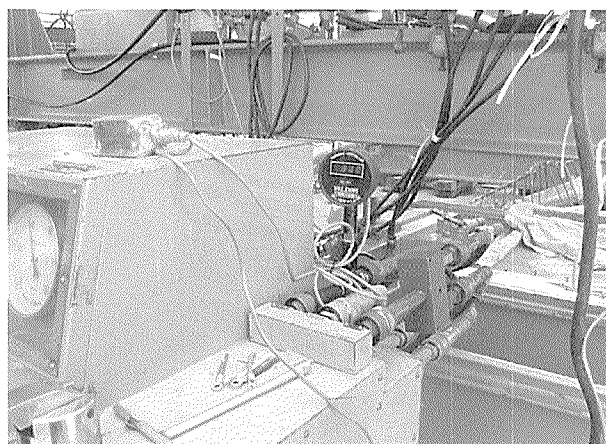


写真 - 15 緊張ポンプ

4.5 側径間部の施工

P1, P5の側径間部の施工については、桁下からの支保工が比較的容易なことから、全支保工での施工とした。とくに、P1側径間では施工工程上、70tのカウンターウェイトが必要であったので、P2張出し施工に使用した移動作業車を、重量を調整し利用した（写真 - 16）。



写真 - 16 側径間部の施工

4.6 中央閉合部の施工

張出し架設、側径間部の施工が終了した後は、P2～P3およびP3～P4間の中央閉合を行う。P2～P3閉合部は国道上であったことなどから、両ブロックともにP3張出し施工に使用した移動作業車による閉合施工とした（写真 - 17）。両ブロックとも同時期に行いコンクリート打設した後、プレストレスの導入は両径間のバランスを考えた本数と順序を検討した結果、1径間62本を3分割して交互に行った。その後は、支承部仮固定水平、仮固定曲げの解放を行った。



写真 - 17 中央閉合部の施工

5. 国道7号線上での移動作業車の解体

本橋梁の施工においては、国道交通の遮断を伴った移動作業車の解体作業が不可能であった。関係諸官庁からは国

○ 工事報告 ○

道7号線は交通量が比較的多く、また青森ICの出入部も存在することから、車両の流れを阻害しない、円滑な交通の確保が求められた。

そこで、最小限の交通規制の 패턴の協議を重ねた結果、もっとも交通の流れを阻害することのないよう隣接して新設迂回道路を設けて施工することとした(図-5)。以下に手順を示す。

1) 移動作業車前方足場解体

P2側移動作業車解体のための後退に先立つ前方足場解体作業は、片車線を迂回道路に通行させながら、現国道に落下物などの影響のない空間を確保し行った(写真-18)。

また、P3側移動作業車の前方足場解体作業は、中央閉

合前に同様の規制にて行った。

2) 移動作業車解体

P2側移動作業車の解体は、斜材が干渉しない位置までできるかぎり後退させても、移動作業車の一部が国道に支障してしまうため、対面通行を可能にした車道幅員減少規制にて対処した(写真-19)。

また、P3側移動作業車の解体については、P2側移動作業車解体位置まで前進させて行った。

以上の方法により、一度も通行止め措置を行わず、また大きな交通障害を生じることなく解体作業を行うことができた。

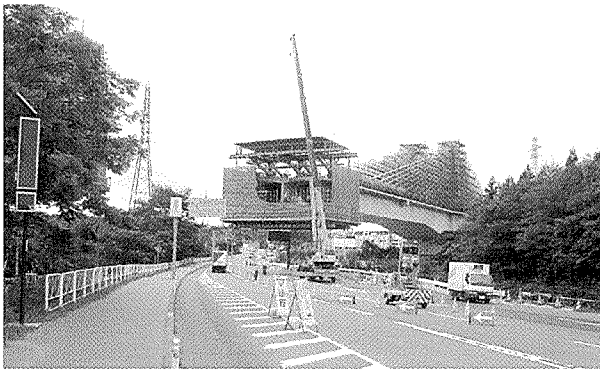


写真-18 足場解体時の規制状況



写真-19 移動作業車解体時の規制状況

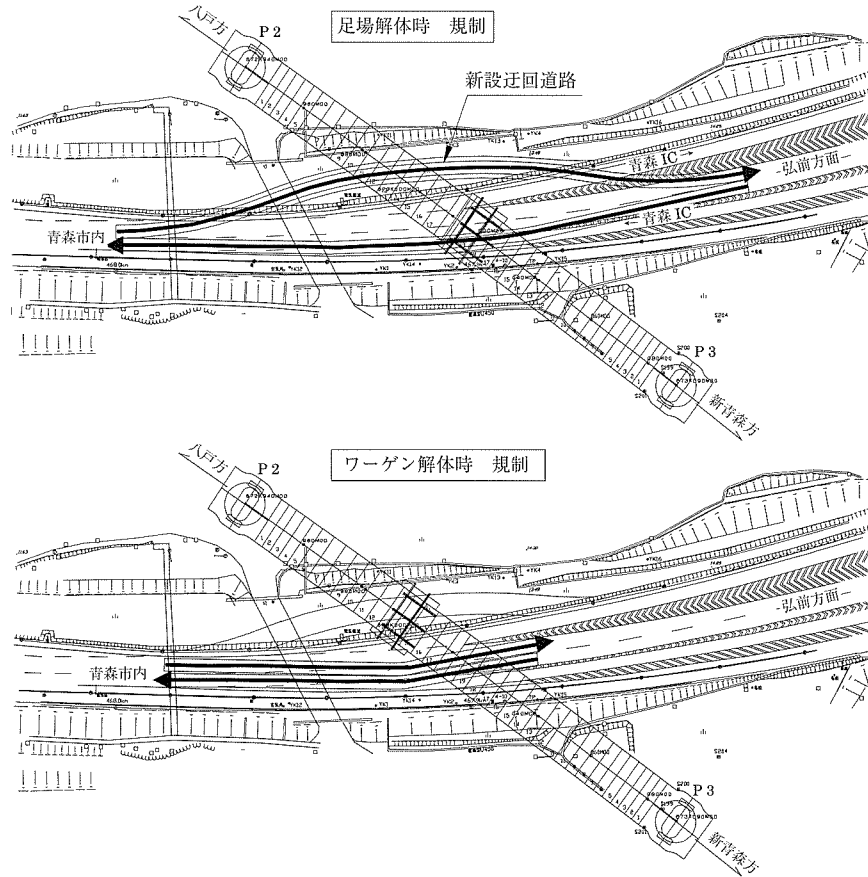


図-5 国道規制図

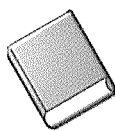
6. おわりに

三内丸山架道橋の支間長 150 m は新幹線のコンクリート橋梁としては最大となる。本橋梁は桁橋に比べて桁高が低く、斜張橋に比べて主塔高が低いというエクストラード橋の特性を活かした設計ができたと考えている。現在は、スラブ軌道用の路盤鉄筋コンクリートや国道上の防音壁の施工等を残すのみとなったが、今後も完成へ向けて努力してゆきたい。

参考文献

- 1) 玉井：東北新幹線 国道環状7号架道橋の設計，橋梁と基礎，2007.3
- 2) 坂本・長谷川・玉井・橋本：サドル1重管構造の性能確認試験，プレストレストコンクリート技術協会第15回シンポジウム論文集 (pp.219～222)，2006.10

【2008年3月4日受付】

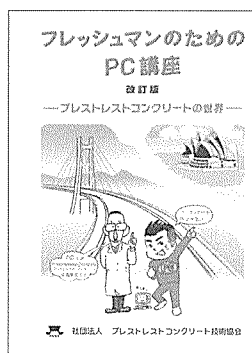


新刊図書案内

フレッシュマンのためのPC講座・改訂版 — プレストレストコンクリートの世界 —

大変ご好評をいただいております「フレッシュマンのためのPC講座」も平成9年に第一版が発刊されてから約10年が経過いたしました。

その間に、基準値・規格値をはじめとした技術基準が従来単位系からSI単位系に移行しました。また、プレストレストコンクリート構造物においても、複合構造等の新しい構造物が誕生しています。そこで、これらの項目を新しく見直して、改訂版を発刊することにいたしました。これからの技術者を育てるためには、大変有意義な図書であると確信しておりますので、是非有効利用されることをお勧めいたします。



主な改訂項目

- ・従来単位系からSI単位系に変更しました。
- ・PCを利用した構造物の紹介に、最近の新しい構造物を盛り込みました。

発刊日：2007年3月

頒布価格：会員 3,000円（非会員 3,600円）郵送料 400円/冊

体裁：A4判，140頁

申込先：(社)プレストレストコンクリート技術協会