

プレテンションウェブ橋の設計・施工

なかしんでん — 中新田高架橋 —

東京土木支店	PC 工事部	榎本良司
土木本部	PC 営業部	佐藤幸一
東京土木支店	技術部	堀内達斗
東京土木支店	技術部	小山雅義

概要：中新田高架橋は、さがみ縦貫道路の海老名北インター南側に位置する連続高架橋である。本橋梁はプレテンションウェブを用いており、固定支保工施工としては国内初となる。現場での工期短縮とウェブの施工性改善を目的としてプレテンションウェブを採用することとなった。

主桁の構造形式は PRC2 主連続箱桁である。プレテンションウェブに使用する PC 鋼材の種類は、付着定着長試験の結果をもとに、経済性も考慮して選定をした。また、主桁下面は、ブロック目地を有するプレキャストウェブと場所打ちによる連続した下床版が混在する構造であり、設計における留意点として、主方向の設計での、主桁下縁の引張力に対する制御方法があげられる。

Key Words：プレテンションウェブ、プレキャスト部材、工期短縮、支保工施工

1. はじめに

プレテンションウェブ橋は、一般的に、場所打ちで施工される PC 箱桁橋のウェブをプレテンション方式のプレキャスト部材に置き換えた合成桁橋である (図-1~3)。プレテンションウェブにすることによる利点として、現場での作業工種が削減でき工程短縮が見込まれる。またプレテンションウェブの製作は、品質のゆきとどいた工場製作であるため、天候に左右されることもなく、高品質の部材作製が可能である。

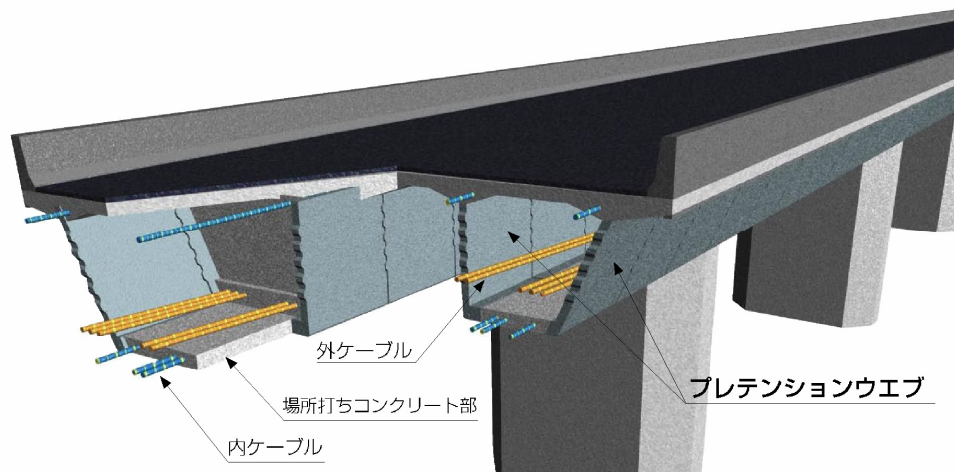


図-1 構造概要図



榎本良司



佐藤幸一



堀内達斗



小山雅義

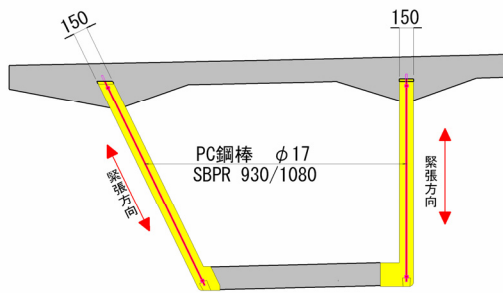


図-2 プレテンションウエブ断面図

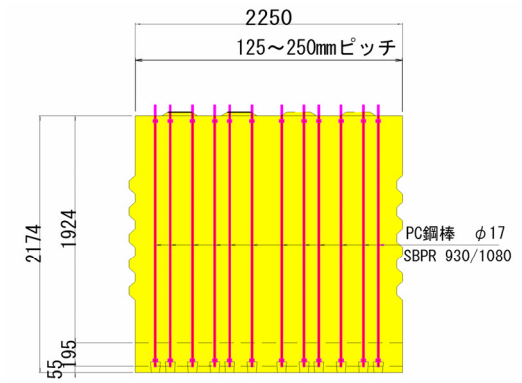


図-3 プレテンションウエブ側面図

2. 中新田高架橋の橋梁概要

本橋の橋梁概要を以下に示す。

- ・工事名 東名高速道路（改築）中新田高架橋（PC 上部工）北工事
- ・発注者 中日本高速道路(株) 横浜支社 厚木工事事務所
- ・施工者 (株)ピーエス三菱・清水建設(株) 共同企業体
- ・工事場所 神奈川県海老名市中新田
- ・工期 H17.11.11～H20.11.24
- ・橋長 上り線 958m 下り線 991m
- ・支間 第2 高架 9@41m 第3,4 高架 8@41m+2@32.5+2@30.5m+43m+34m+2@33m
- ・有効幅員 10.510m～19.856m

・主要材料

コンクリート

場所打ち部 $\sigma_{ck}=36\text{N/mm}^2$

プレテンションウエブ $\sigma_{ck}=50\text{N/mm}^2$

PC 鋼材

主方向

プレテンションウエブ

内ケーブル SWPR7B 12S12.7

SBPR930/1080 $\phi 17$, $\phi 23$

外ケーブル SWPR7B 12S15.2

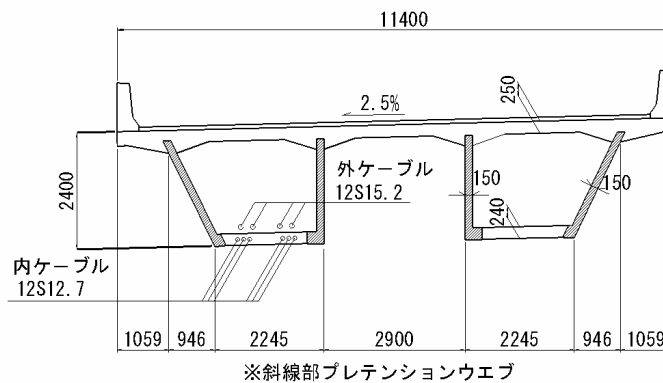


図-4 断面図

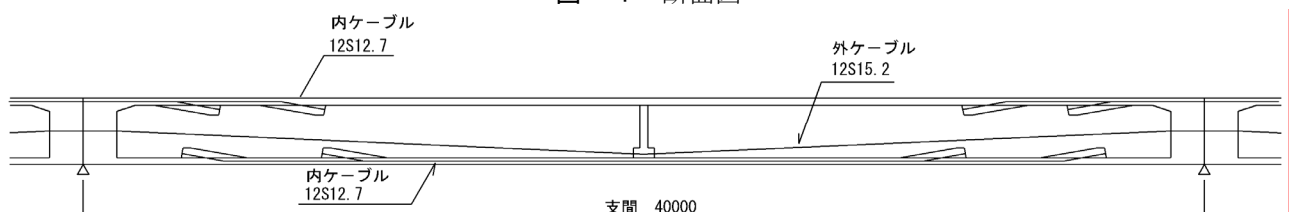


図-5 側面図

3. 設計

3.1 構造, 設計概要

構造形式は PRC 2 主連続箱桁橋である。場所打ち部の上床版コンクリートは $\sigma_{ck}=36\text{N/mm}^2$ の普通コンクリートを使用しているが、下床版、横桁部はプレキャスト部材で囲まれているため、収縮補償として膨張コンクリートを使用している。また、プレテンションウェブに使用したコンクリートは $\sigma_{ck}=50\text{N/mm}^2$ の早強コンクリートである。

主ケーブル配置は内外併用形式で、内ケーブルは SWPR7B 12S12.7 を上下床版に配置し、外ケーブルには SWPR7B 12S15.2 を使用している。プレテンションウェブに使用している鋼材は、丸棒 SBPR930/1080 $\phi 17$ 、 $\phi 23$ であり、付着定着長を短くするためナットを取り付けている。床版は、標準幅員部は RC 床版であるが、拡幅部により床版支間長が 4m を超える部分は、一部 PRC 床版を採用している。また、プレテンションウェブの厚さは、標準部で 150mm、支点部付近は 200mm、250mm の厚さである。

プレテンションウェブ橋はウェブと上下床版の材齢差が異なるため、プレストレスのロス計算や構造解析にあたっては、その影響を考慮する必要がある。本橋では、プレテンションウェブ橋設計施工ガイドライン(案)に準拠し、骨組み解析で使用するヤング係数、クリープ係数および収縮ひずみは、上下床版とウェブの特性値を断面積で重み付け平均した値を用いた。また、ウェブと上下床版の材齢が異なるため、クリープ・乾燥収縮により生じる内部応力を Mattock の方法により算出した。

3.2 使用鋼材の選定

プレテンション部材は、鋼材とコンクリートの付着によって緊張力が伝達される。そのため部材端部近傍で緊張力が低下し、その低下する区間を付着定着長という(図-7)。従来プレテンション部材では 15.2 以下の鋼材が多く用いられており、その付着定着長は道路橋示方書(以下道示)でも 65 ϕ とされている。プレテンションウェブにおいては、床版とウェブの付け根である部材端部から非常に近い位置で緊張力が必要となる(図-8)。そのため端部での付着定着性能が優れた鋼材を選定し、床版とウェブ接合部での緊張力を高めることができれば、より経済的なプレテンションウェブ橋の設計が可能となる。既往の研究より、端部での付着定着性能を改善する方法として①鋼より線や鋼棒に圧着グリッパやナットを取り付ける②付着性能が高い異形鋼棒などを使用する等の方法が報告されている。そこで本橋では鋼材選定のために表-1 に示す鋼材の付着定着性能試験をおこなった。その結果、十分な端部付着性能を示し、経済的である丸鋼+ナットの組み合わせを採用することとした。

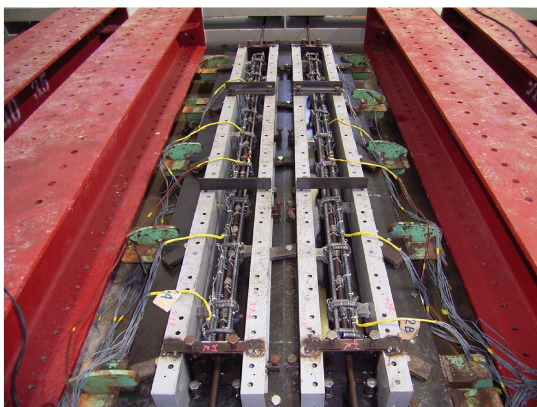


写真-1 試験状況

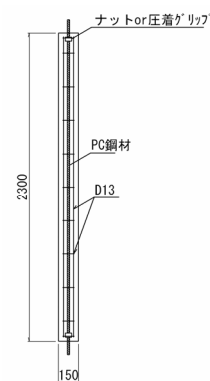


図-6 供試体概要図

表-1 鋼材種類

	鋼材種類		定着部
鋼より線	SWPR7B	1S15.2	圧着グリップ
丸棒	SBPR930/1080	φ17, φ23	ナット
異形鋼棒	SBPD930/1080	φ17, φ23	なしナット

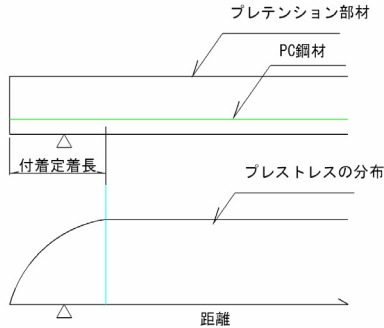


図-7 付着定着長イメージ

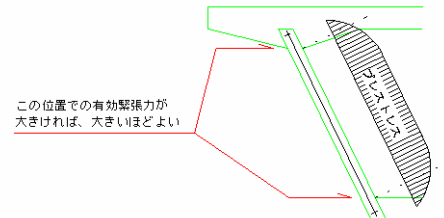


図-8 プレテンションウェブ緊張力分布イメージ

付着定着長試験での計測は3ヶ月までおこない、5時間後計測、1週間計測、1ヶ月計測、3ヶ月計測の結果(図-9)より近似式を求めて100年後の端部付近の緊張力を予測(図-10)し、その端部緊張力の低減率を設計に取り入れた。丸棒では、プレテンションウェブ中央の有効緊張力を100%とすると端部では71%の有効緊張力となった。

以下に各種鋼材の比較結果と実験結果を記す。

表-2 鋼材比較表

鋼材の種類	①鋼より線	②丸棒(B種1号)	異形鋼棒(B種1号) ③総ネジPC鋼棒(ゲビンデスターブ)	
			ナット	なし
記号	SWPR7B 1S15.2	SBPR 930/1080 φ17	SBPD 930/1080 φ17	
定着具	圧着グリップ	ナット	ナット	なし
実験によるPC鋼材応力度分布				
有効緊張力(0.55 × σ _{pu} × A _p)=100%とする値	141kN/本 (比率 1.04)	135kN/本 (比率 1.00)	135kN/本 (比率 1.00)	135kN/本 (比率 1.00)
導入後3ヶ月における有効率	78%	75%	70%	60%
設計荷重時(予測値)	74%	71%	68%	58%
PC鋼材量の比率	0.92	1.00	1.04	1.22
プレテンションウェブ製作単価比率	1.190	1.000	1.100	1.004
道示記載の有無	有	有 SBPR	無 SBPD	
総合評価	△	◎	△	○
メリット	道示に鋼材種類の記載あり	ナット位置の管理は容易、道示に鋼材種類の記載あり	ナット位置の管理は容易	②に次いで安価、ナットは不要
デメリット	圧着グリップ位置の管理は非常に困難		①に次いで高価、道示に鋼材種類の記載なし	有効率が低い、道示に鋼材種類の記載なし

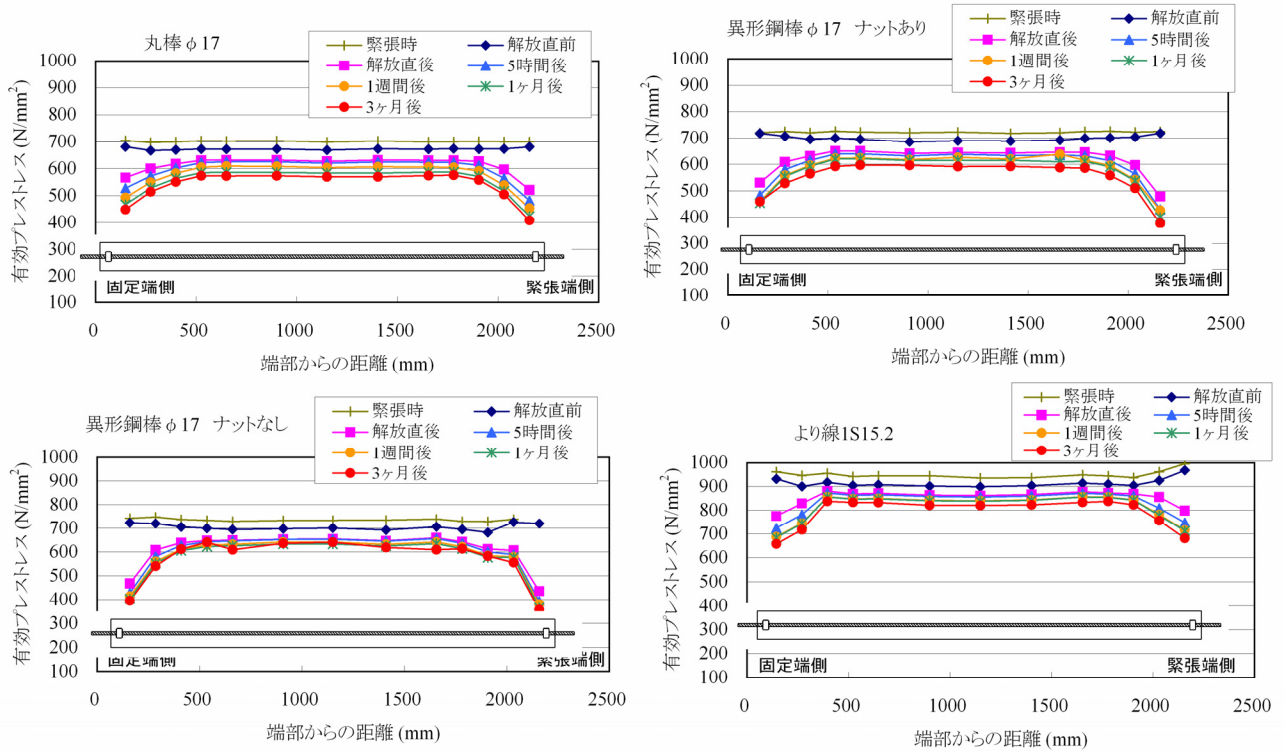


図-9 鋼材応力度計時変化 (緊張時～3ヶ月後)

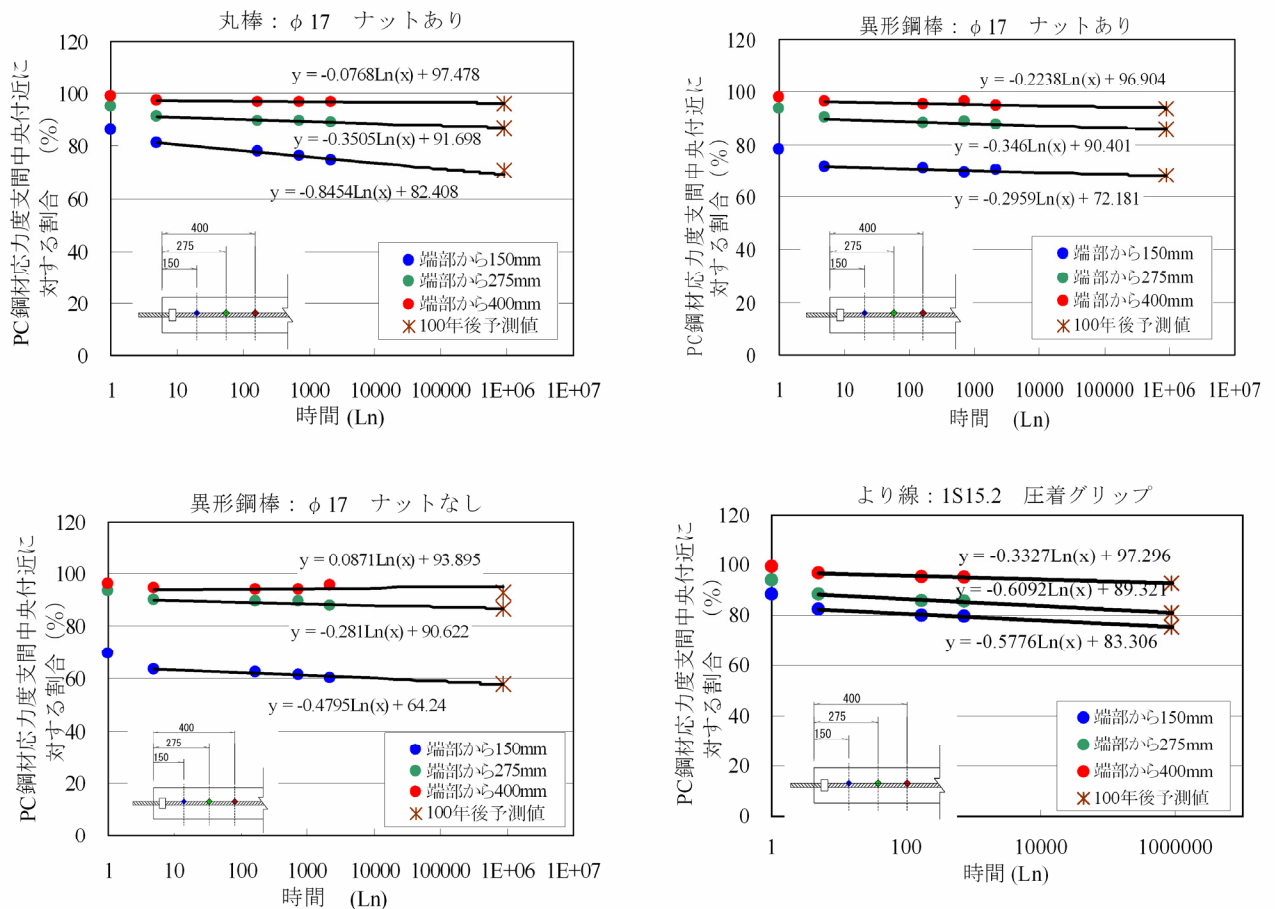


図-10 鋼材応力度計時変化 (100年後予想)

3.3 定着部の補強

本橋に用いるプレテンション鋼材は、両端にナットを取り付けた丸棒を使用する。ウェブの終局時の照査ではウェブ内のPC鋼棒に、その降伏耐力 P_y に相当する緊張力が作用することが想定されている。また終局時において、PC鋼棒付近の通常部（非ネジ部）では、鋼棒とコンクリートとの付着は失われていることが予想される。そのため鋼材端部のネジとナットで構成される定着部が、想定される鋼材緊張力に対し定着耐力を有しているか確認するため、定着部耐力確認試験（写真-2）をおこなった。試験はコンクリート標準示方書〔標準編〕土木学会規準“11.PC工法の定着具および接続具の性能試験方法(JSCE-E 503-1999)”に従い実施した。試験に用いた供試体の種類および試験結果を、表-3に示す。

試験結果より、鋼材の降伏点荷重 P_y 以上の耐力を有していたため、本橋ではナット+グリッド筋（図-11）による定着部補強を採用した。



写真-2 試験状況

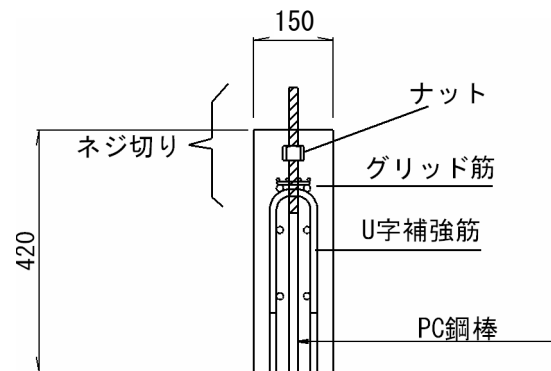


図-11 定着部供試体概要図

表-3 供試体種類および試験結果

供試体種類		寸法(mm)			荷重値(kN)		
		長辺	短辺	高さ	試験結果	P_y	P_u
$\phi 17$	ナット	150	150	420	230.2	211	245
	ナット+グリッド筋	150	150	420	269.3		
	ナット+支圧板	150	150	420	280.1		
	ナット+支圧板+グリッド筋	150	150	420	310.8		
$\phi 23$	ナット	200	150	516	334.6	386	449
	ナット+グリッド筋	200	150	516	394.4		
	ナット+支圧板	200	150	516	500.5		
	ナット+支圧板+グリッド筋	200	150	516	545.4		

3.4 プレキャストウェブ継ぎ目部と場所打ち連続上・下床版との接合部における設計手法

PRC構造である主方向の設計は、主桁上縁はひび割れ幅制御であるが、主桁下縁は応力制御としている。その理由として、主桁下縁では、プレテンションウェブの継ぎ目が露出しているため、引張力が作用したときに、プレテンションウェブ継ぎ目が目開きし、その近傍にひび割れが集中する可能性がある。そのため、プレテンションウェブ継ぎ目の目開きが考慮できる FEM モデル（図-12）を用い、引張力が作用した時の継ぎ目付近の下床版応力状態を確認した。解析のプレテンションウェブの継ぎ目には、Gap 要素を組み込み、圧縮力とせん断力は伝達するが、引張力は伝達せず、縁が切れ目開きを再現できるモデルとした。なお、場所打ち部に面している箇所は完全剛結としている。

解析の結果、主荷重作用時に主桁下縁に発生する引張応力を道示で規定されている $f_{ck}=36\text{N/mm}^2$ の許容引張応力度以内 (-1.38N/mm^2) に応力制御をすれば、プレテンションウェブ継ぎ目付近の場所打ち床版部に発生する応力集中が -3N/mm^2 以下となり、構造上有害な応力集中がおこらないことが確認できた（図-13）。

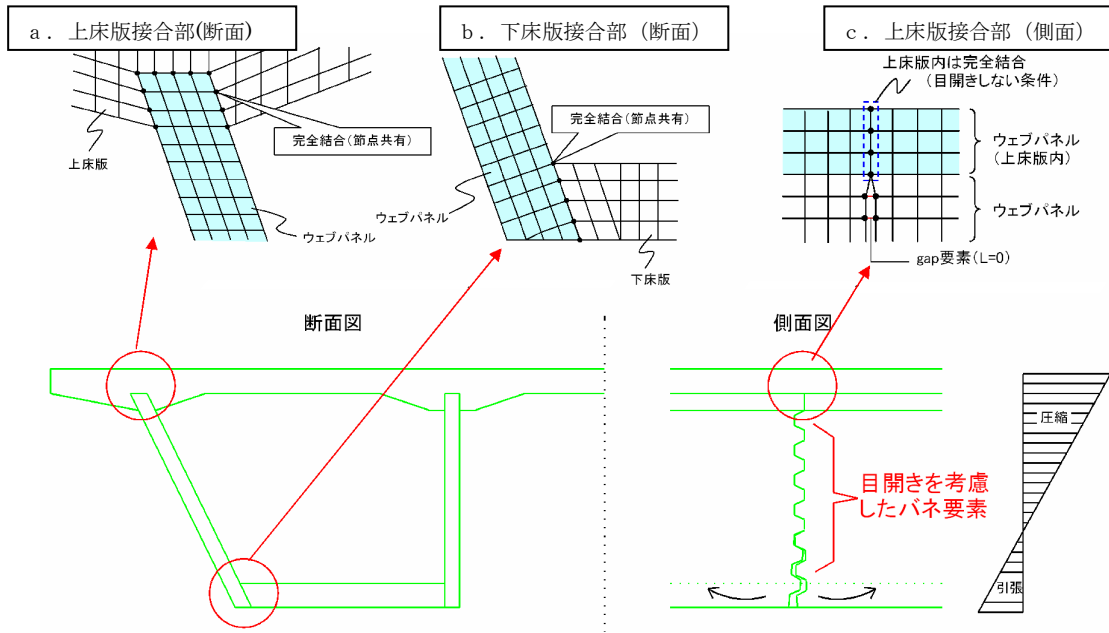


図-12 モデル概要

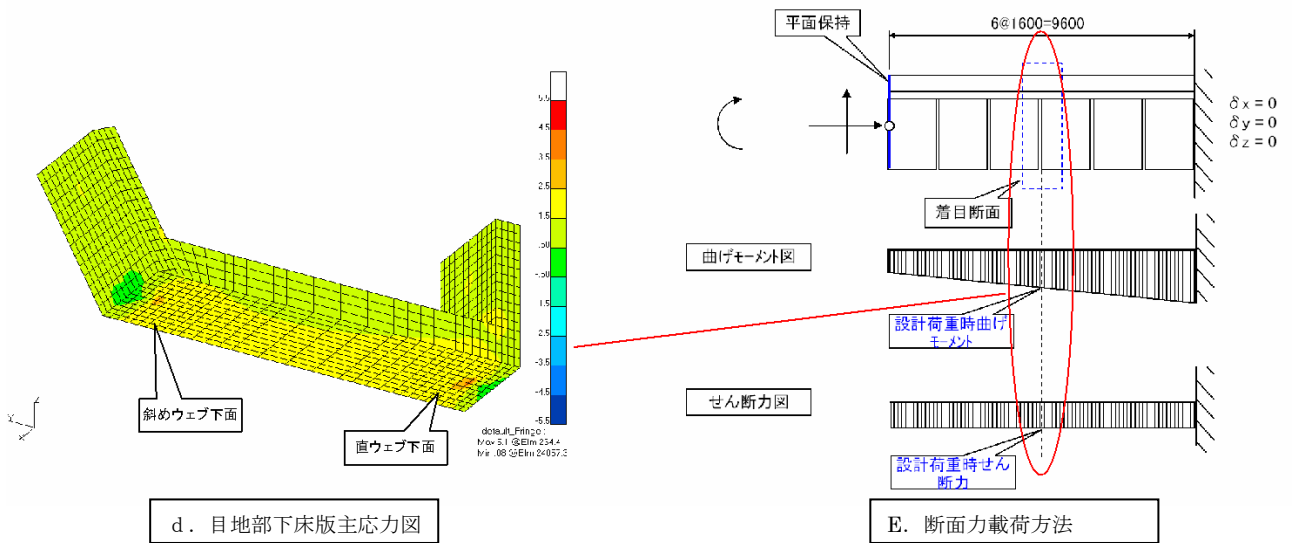


図-13 解析結果

4. 施工

4.1 プレテンションウェブの製作

工場でのプレテンションウェブ製作は、セパレート方式のロングラインで製作し、1ラインあたり8つ同時に製作することが可能となった(写真-3,4)。

また、プレテンションウェブは、工場での製作、運搬、現場で設置できるトラッククレーンの吊り能力を考慮し1個当たりの重量を2.5t程度とした。



写真-3 製作ライン状況



写真-4 脱枠状況

(2) 現場での施工ステップ

本橋は2径間ごとに、図-15に示すステップ1~6の繰り返しにより分割施工される。プレテンションウェブを使用することにより、従来の場所打ち支保工施工と比較して、現場での作業工種削減が可能となり、20%程度の工期短縮が見込まれている。

プレテンションウェブの引き寄せは、鋼材とブラケットを使用し、おこなっている(図-14)。

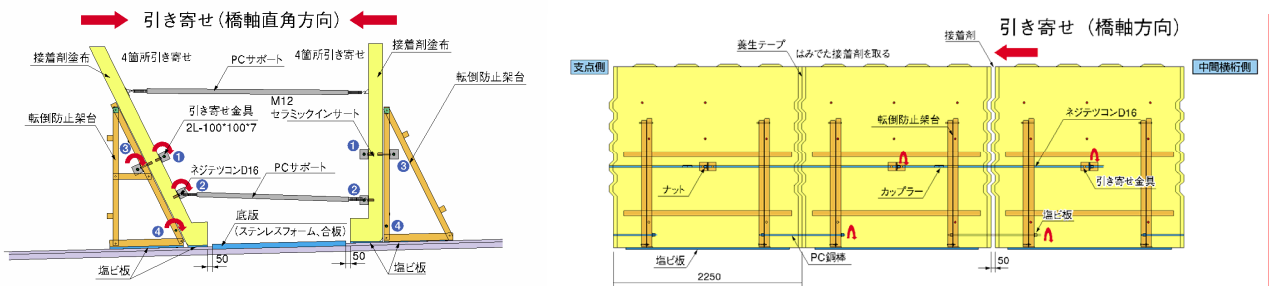


図-14 プレテンウェブ引き寄せ概要図

写真-5,6は、下床版・横桁コンクリート打設前の状況である。



写真-5 Step3: 全景 (コンクリート打設前)



写真-6 Step3: 斜ウェブ側 (コンクリート打設前)

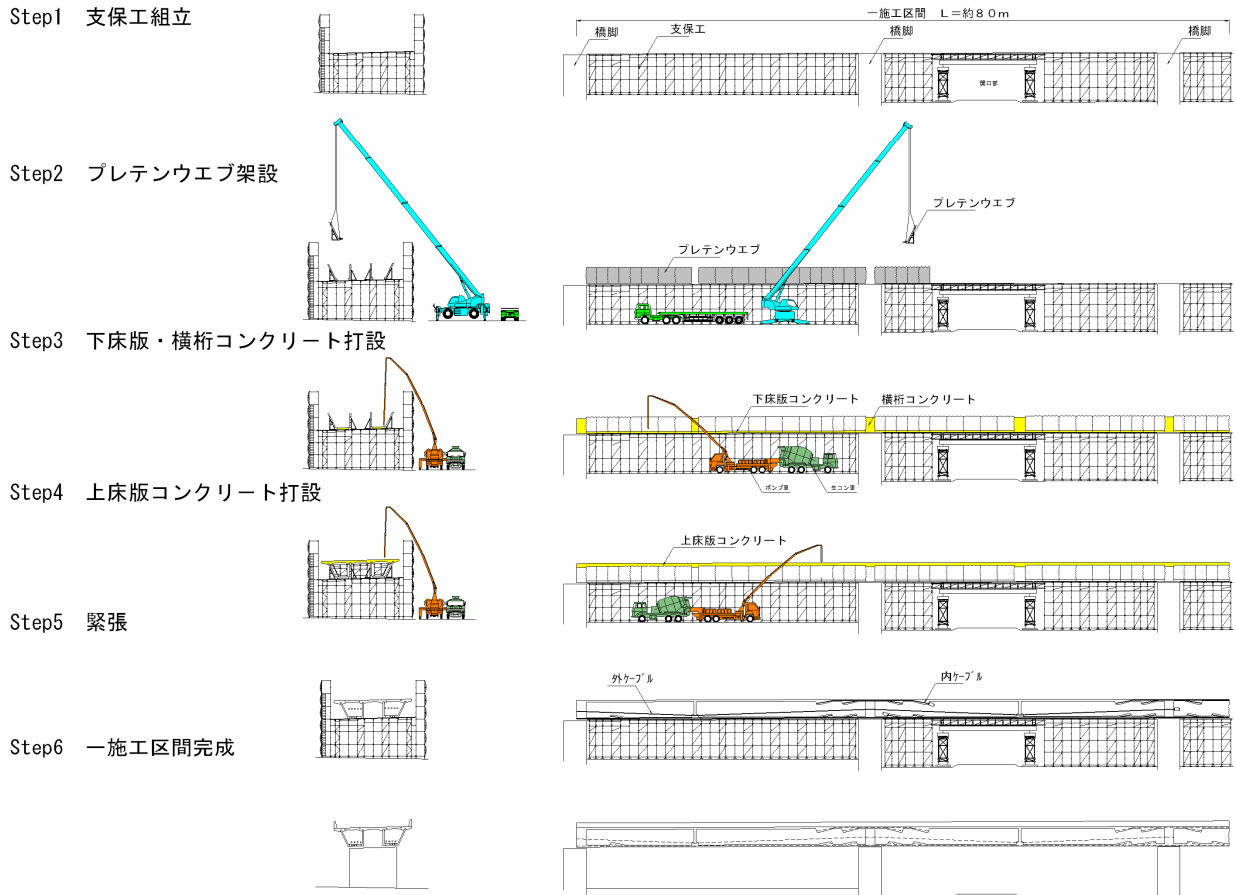


図-15 ステップ図

5. おわりに

今回、固定支保工施工でのプレテンションウェブ橋の設計・施工について報告をおこなった。

本工法は、場所打ち施工に比べ現場での省力化が図ることができ、工期短縮が可能である。国内での施工事例がまだ少ないが、本報告が同種工事の参考となれば幸いである。

参考文献

- 1) (社)プレストレストコンクリート技術協会：プレテンションウェブ橋設計施工ガイドライン(案)，H15.11
- 2) (財)高速道路技術センター：PC橋の耐久性向上に関する設計・施工マニュアル