

(47) 波形鋼板ウェブPC箱桁橋の合理化施工 - 第二東名高速道路 赤淵川橋(下り線) -

伊藤 篤¹・青木 圭一²・萩原 直樹³・廣瀬 毅⁴・平 喜彦⁵

¹非会員 三井住友建設(株)・興和コンクリート(株)共同企業体 赤淵川橋作業所

(〒417-0826 静岡県富士市中里1967-1)

E-mail: atsuito@smcon.co.jp

²正会員 中日本高速道路(株) 富士工事事務所(〒417-0061 静岡県富士市伝法字大原170-1)

E-mail: k.aoki.ab@c-nexco.co.jp

³非会員 中日本高速道路(株) 富士工事事務所

E-mail: n.hagiwara.aa@c-nexco.co.jp

⁴非会員 三井住友建設(株)・興和コンクリート(株)共同企業体 赤淵川橋作業所

E-mail: thirose@smcon.co.jp

⁵正会員 三井住友建設(株) PC設計部(〒164-0011 東京都中野区中央1-38-1)

E-mail: ytaira@smcon.co.jp

第二東名高速道路赤淵川橋(下り線)は橋長885mのPC(6+5)径間連続波形鋼板ウェブ箱桁橋である。本橋は、張出し施工の省力化・急速化を可能にするため、波形鋼板を先行架設し、これを架設材として利用する合理化施工を行った。この結果、波形鋼板を先行架設することで、張出し施工の省力化、移動作業車の組立・解体の省略、側径間支保工の省力化を可能とした。また、本橋はプレキャスト部材を用いた波形鋼板ウェブ橋であり、最大支間100mを超えるため、張出し施工中のたわみ管理が重要となる。そこで、床版温度差による日変化のたわみに着目し、計測結果を定量化することで、張出し施工中のたわみ管理と波形鋼板の閉合条件の定量的な制御を可能とした。

Key Words : corrugated steel web, rationalization of execution method, slab difference of temperature, deflection of main girder

1. はじめに

第二東名高速道路赤淵川橋(下り線)は、静岡県富士市の東側に位置し、富士IC(仮称)から長泉沼津IC(仮称)間に建設される橋長885mのPC(6+5)径間連続波形鋼板ウェブ箱桁橋であり、県道を跨ぐ西側橋梁と一級河川赤淵川を跨ぐ東側橋梁とで構成されている(写真-1, 図-1)。この内、東側橋梁は地形が急峻であるため、この制約から支間割りがアンバランスとなっている。このため、張出し施工においては、移動作業車の効率的な運用と側径間施工の省力化を図ることを目的に、波形鋼板を先行架設し、これを架設材として利用する合理化施工¹⁾を採用した。

また、波形鋼板ウェブ橋はコンクリートウェブ橋に比べ、剛性が低い場合荷重に対するたわみは敏感な傾向があることから、たわみの挙動の把握が重要となる。そこで、本橋では張出し施工時のたわみ管理のうち、上下床版温度差に着目したたわみ管理を行った。日変化による床版温度差および主桁たわみ量の計測を実施し、床版温

度差、たわみ量、その発生時間を定量的に把握することを可能とした。本稿は、張出し施工における合理化施工と上下床版温度差に着目したたわみ管理について報告する。



写真-1 赤淵川橋(2007年3月撮影)

2. 工事概要

本橋の工事概要を以下に示す。

工 事 名：第二東名高速道路

赤淵川橋（PC上部工）下り線工事

構造形式：（西側）PC6径間連続波形鋼板ウェブ箱桁橋

（東側）PC5径間連続波形鋼板ウェブ箱桁橋

橋 長：404m + 481m = 885m

支 間 長：（西側）41.0+56.0+82.0+92.0+82.0+48.8m

（東側）99.55+115.0+80.0+92.5+91.3m

桁 高：（西側）4.5m～6.5m

（東側）4.5m～8.0m

3. 本工法の特徴

本橋は、波形鋼板ウェブを架設材として利用する合理化施工を採用している。本工法は、写真-2 のように、波形鋼板を先行架設し、その上下フランジを接合することによって剛性を確保し、波形鋼板を架設材として利用し、その波形鋼板から吊支保工と足場が一体となった移動作業車を用いて下床版を先行施工していく方法である。また、上床版の施工の合理化を図るため、プレカストリブと埋設型枠（PC 板）を採用している。具体的には、鋼フランジ上にプレキャストの水平リブを設置し、その上に埋設型枠を敷設、さらにその上に現場打ちのコンクリートを打設することによって施工の合理化を図っている（写真-3、4）。本橋では、本工法の利点を活かし、以下の点において省力化を図っている。

- 1) 張出し施工の省力化
- 2) P9 橋脚でのワーゲン組立解体の省略
- 3) A2側径間支保工の省力化



写真-2 波形鋼板先行架設



写真-3 プレカストリブ・PC板配置



写真-4 張出し施工状況

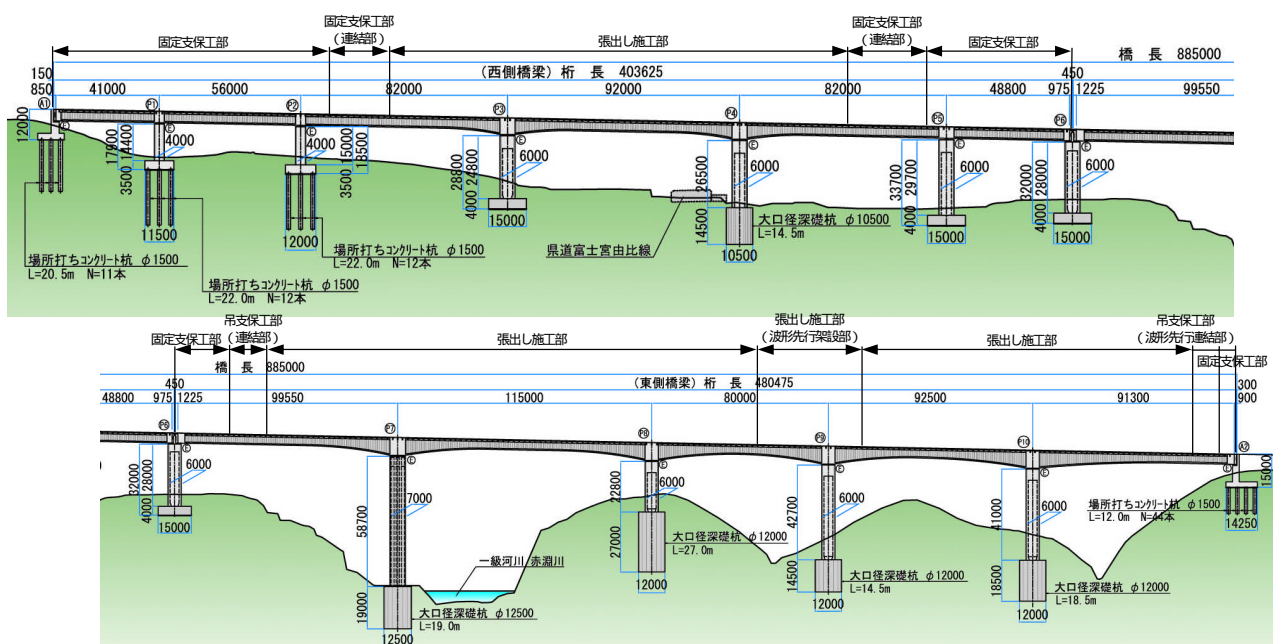
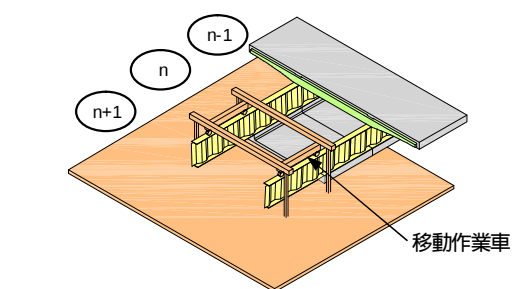


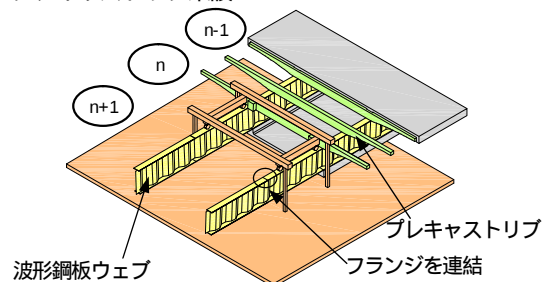
図-1 赤淵川橋全体一般図

4. 張出し施工の省力化

移動作業車の移動

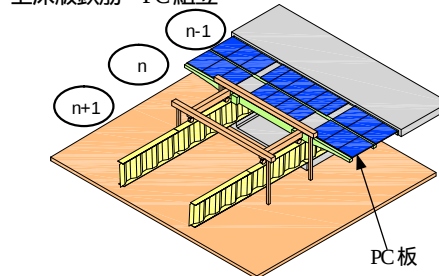


下床版型枠・鉄筋組立
波形鋼板架設
プレキャストリブ架設



PC板設置

上床版鉄筋・PC組立



上下床版コンクリート打設

コンクリート打設

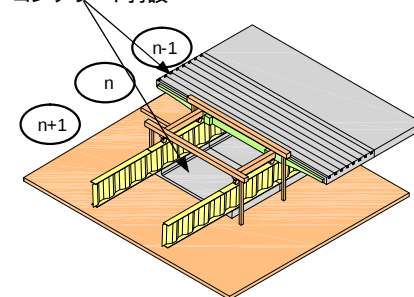


図-2 施工サイクル概要図

本橋の施工サイクルを図-2 と以下に示す。

- 1) n ブロックの波形鋼板上に移動作業車を移動。
- 2) n ブロックの下床版型枠，鉄筋組立。
 $n+1$ ブロックの波形鋼板架設。
 $n-1$ ブロックのプレキャストリブ架設。
- 3) $n-1$ ブロックの埋設型枠（PC板）架設。
 $n-1$ ブロックの上床版鉄筋，PC組立
- 4) n ブロックの下床版， $n-1$ ブロックの上床版コンクリート打設、養生。
 $n-1$ ブロック床版横締め緊張、張出し外ケーブル緊張。

本工法では，図-3のように，前方ブロックにて波形鋼板を架設し，中央ブロックは下床版の施工，後方ブロックは上床版の施工と各作業を3箇所同時に進めることができる。このため，1箇所ですべての作業を行っていた従来工法に比べ，クリティカルな作業フローが軽減され，大幅に施工サイクルの短縮を可能とした。

さらに，本橋ではエポキシ被覆タイプの全外ケーブル構造を採用していることから，張出し外ケーブルの定着突起部の内部は定着体，補強筋など過密な配置状態となり，非常に手間がかかり，サイクル工程上のクリティカルとなっていた。そこで本工法では，図-4、写真-5のように，この定着突起の中でも定着体および補強筋が最も密集している先端部分をプレキャストリブに一体化とし，あらかじめ工場で製作しておくことによって省力化、急速化を図った。

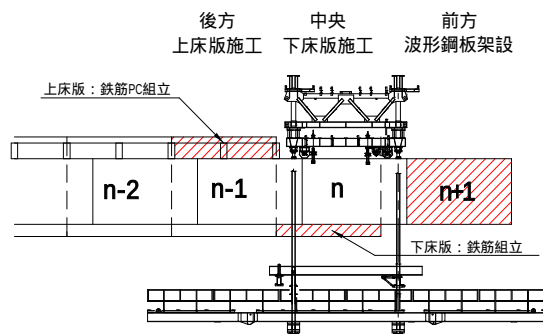


図-3 作業概要図

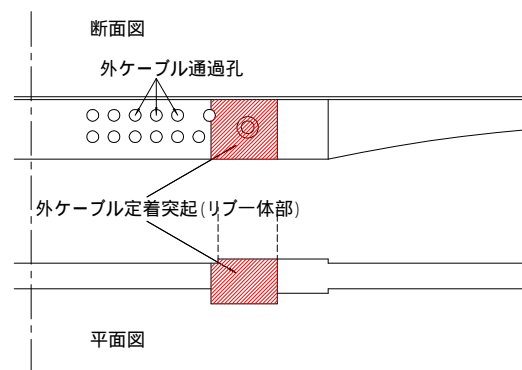


図-4 プレキャストリブ概要図



写真-5 プレキャストリブ

また、張出し外ケーブルの挿入方法としては、従来工法では、図-5のように、ケーブルドラムを橋面上に配置し、展開ローラ、ターンローラを介してウインチで引き込みを行っている。本工法では、先行架設した波形鋼板上にケーブルドラムを配置することで、ウインチでほぼ直線にケーブルを引き込むことが可能であり、挿入時のケーブルのよりを防止し、安全でスムーズな挿入作業を可能とした。

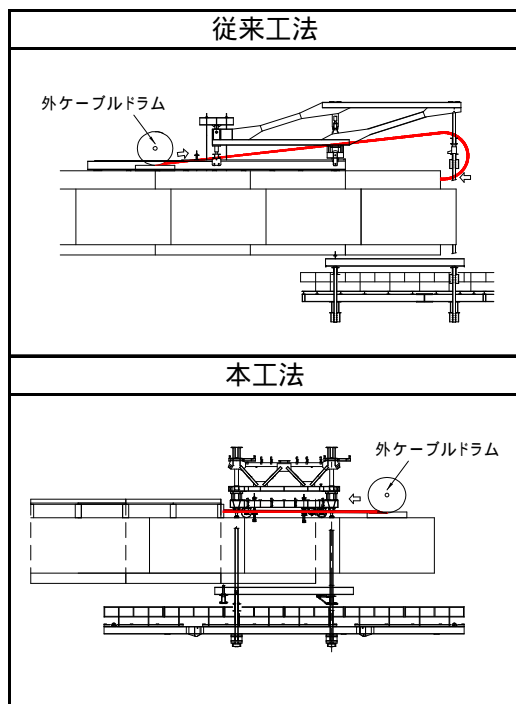


図-5 ケーブル挿入方法比較

5. P9橋脚での移動作業車組立解体の省略

P9 張出し架設は支間割の関係上、図-6 のように P8 側 5BL 施工(26.4m)、P10 側 2BL 施工(14.4m)と施工範囲が短く、アンバランスな配置なる。このため、移動作業車の組立・解体に見合った張出し施工長とはならず、非効率な施工となる。

このため、波形鋼板を先行閉合させることで、隣接橋脚の移動作業車が波形鋼板上の移動が可能となり、P9橋脚上への移動・設置を行った。これにより、移動作業車の解体・組立を省略でき、約1ヶ月の工期短縮を可能とした(図-7, 8)。

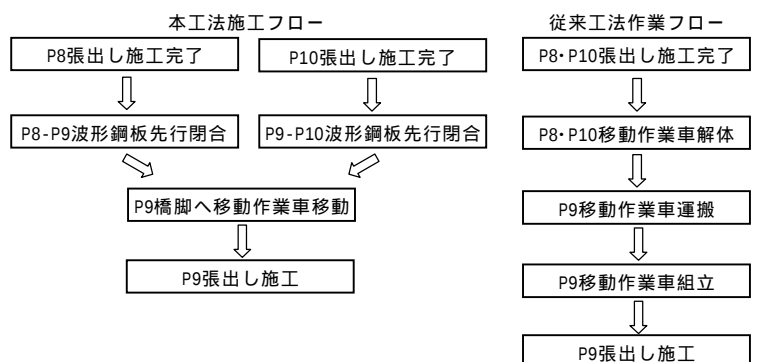


図-7 施工フロー比較

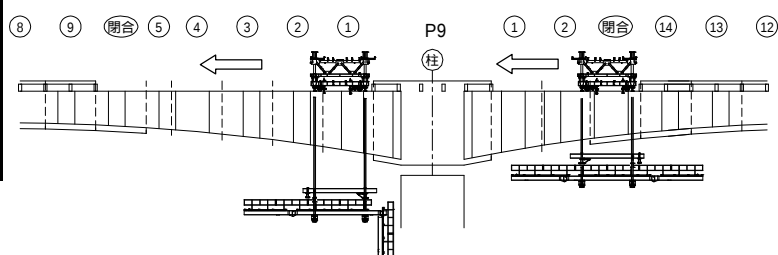


図-8 P9張出し施工方法

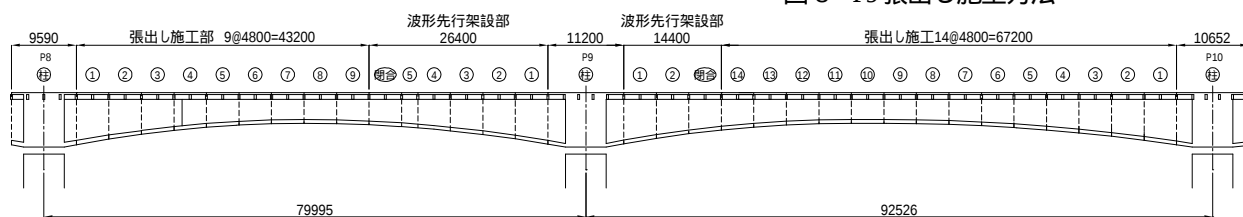


図-6 P8-P9-P10側面図



写真-6 P8-P9波形鋼板閉合



写真-7 P9張出し施工

6. A2側径間支保工の省力化

(1) 施工概要

P10 - A2 側径間は、図-9 のように、橋台前の地形が急峻であるため、場所打ち支保工施工が困難である。

また、側径間閉合長が約 20m と長いため、通常であれば下記の施工方法が考えられるが、いずれも、工費及び施工日数の増加が予想された。

1) 深礎杭などによる中間支点の設置

2) 大型架設材の使用

3) P10の非対称な追加張出し施工

そこで、本工法の特徴である波形先行架設で、図-10 のように、A2 端支点を先行施工した後、波形鋼板のみを A2 端部まで接合し、添接板により連続化された波形鋼板の上下フランジを利用して側径間施工を行った。

本工法により、大型架設機材を必要とせず、大幅な省力化施工とコスト削減を可能とした(表-1)。また、構造的には橋台までを早期に連続化することから、施工時のアンバランスモーメントやたわみの低減を図ることができた。

表-1 架設鋼材重量比較表

架設鋼材重量		使用材料
従来工法	91 t	トラス梁
本工法	30 t	H鋼材梁

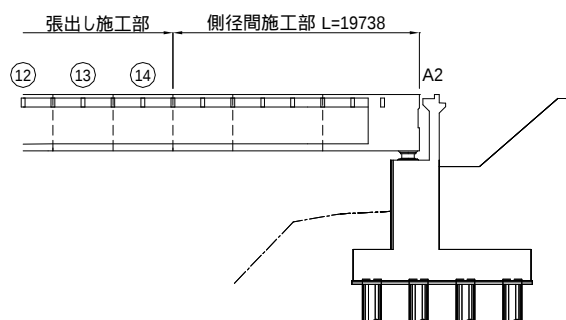


図-9 P10-A2 側径間側面図

(2) A2の施工

本橋では、波形鋼板を先行閉合する関係上、P10 張出し施工中に A2 端支点部の先行施工を行った。これにより下記の2点の利点が挙げられる。

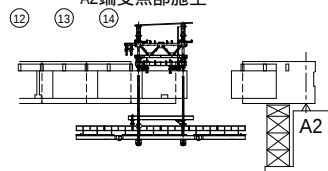
工程短縮：先行施工による全体工程の短縮。

変位制御：P10 張出し長が 67.2m と長いため、長期閉合待機による塑性変形の防止。

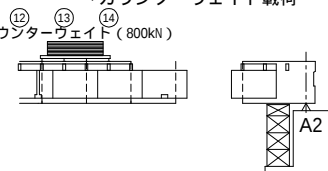


写真-8 P10-A2 側径間施工

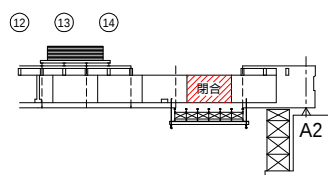
ステップ1 P10張出し施工完了
A2端支点部施工



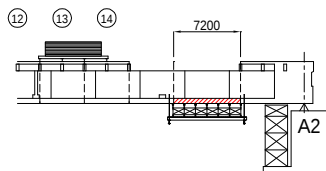
ステップ2 移動作業車解体
→カウンターウェイト載荷
カウンターウェイト(800kN)



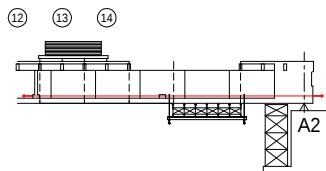
ステップ3 波形鋼板閉合



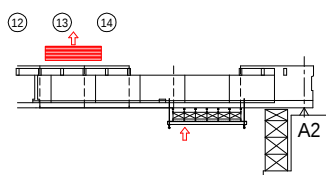
ステップ4 下床版打設(7.2m)



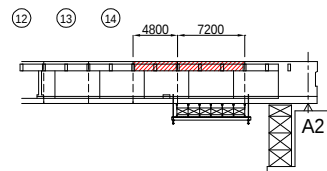
ステップ5 仮設鋼棒緊張(φ26×6本)



ステップ6 カウンターウェイト撤去



ステップ7 上床版打設(4.8m+7.2m:2回打設)



ステップ8 連結鋼材緊張(27S15.2×8本)
仮設鋼棒解放

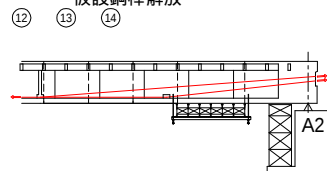


図-10 P10-A2 側径間施工ステップ

(3) 上床版の施工

上床版閉合コンクリート打設にあたっては、打設時に発生する下床版の引張応力と上フランジの圧縮応力が許容値を超えるため、下記の2点の補助工法を併用した。

1) 補助プレストレスの導入

(仮設PC鋼棒：φ26×6本)

2) カウンターウェイトの撤去による疑似プレストレス

下床版に配置したPC鋼棒で上床版打設時に発生する引張応力の改善は図れるが、仮設PC鋼棒のみでは上フランジに発生する圧縮応力を許容値内に抑えることができない。このため、カウンターウェイトの撤去によるリバウンド効果を利用し、下床版の引張応力と上フランジの圧縮応力の改善を行った。

7. 床版温度差による影響

(1) 計測方法

上下床版温度差の計測は、データロガーと熱電対を使用して行った。図-11に計測箇所を示す。上床版の熱電対は、日照の影響によるコンクリート表面の温度変化の影響を避けるため床版厚中央に配置した。

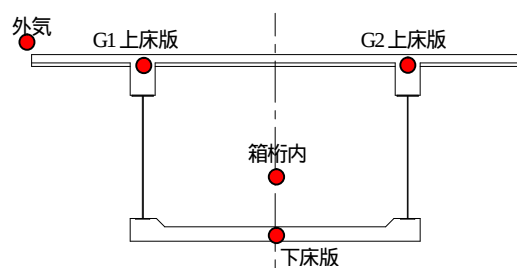


図-11 計測位置

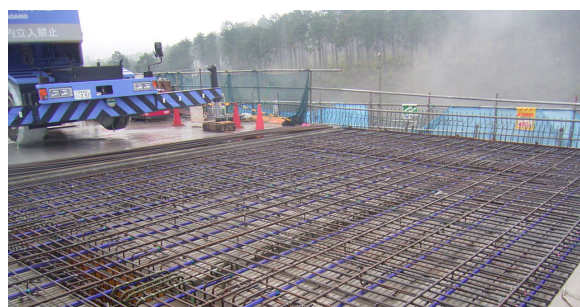


写真-9 上床版の施工

(2) 計測結果

季節（外気温）の影響も考えられたため、床版温度差の計測は施工進捗に合わせて夏期・冬期のそれぞれに実施した。図-12に示す計測位置で、夏期計測はP10張出し部、冬期計測はP7張出し部において行った。それぞれの計測結果をまとめると、表-2となる。

夏期計測時の主桁先端のたわみ量は、ほぼ計算値と一致しており最大で23mmとなる（図-13）。また、雨天で日照の影響がないときは床版温度差、たわみ共に発生しないことが確認できた（図-14）。

さらに、床版温度差によるたわみを制御するために、晴天時に橋面上を散水し、その時の床版温度差と主桁たわみ量を計測した。その結果、橋面散水によりたわみ量を約50%低減でき、かつたわみの収束時間も短縮できることが判明した（図-15）。これにより、たわみがない状態（時間）での波形鋼板の接合（＝溶接作業時間）を定量的に把握できることが判明した。

冬期計測では、上下床版温度差、たわみ量共に小さいことが確認でき、床版温度差による影響も少ないと考えられる。ただし、冬期たわみ量の7mmは計算値よりも大きな値となった。これは冬期の日照、風向などの影響と熱電対設置位置とが上手く連動しなかったためであると考えられる（図-16）。

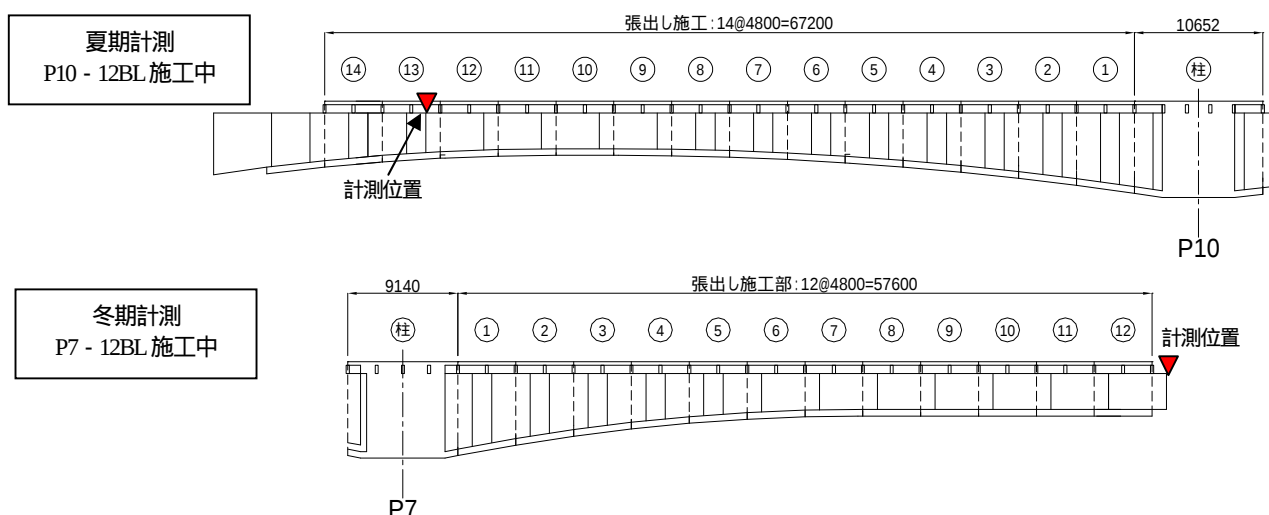


図-12 温度計測位置

表-2 計測結果一覧表

計測時期	床版温度差最大時		床版温度差最小時		最大たわみ量 (mm)	備 考
	温度差	発生時間	温度差	発生時間		
夏期施工時 (P10)	7	15:00	0	6:00	23mm	図-13
冬期施工時 (P7)	1.2	12:00	0	8:00	7mm	図-16

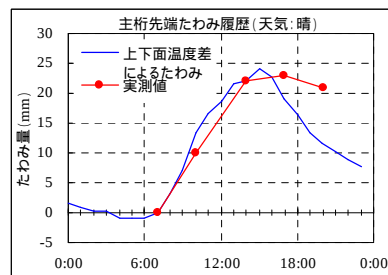
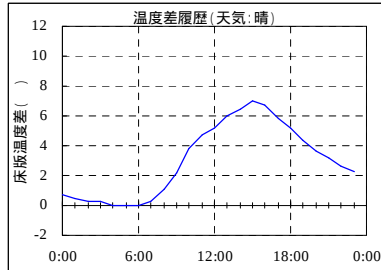


図-13 夏期温度履歴とたわみ履歴
(天気: 晴)

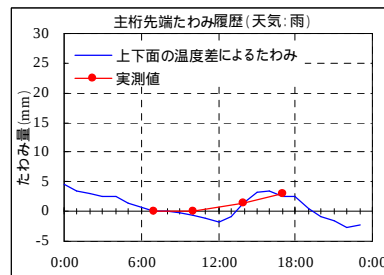
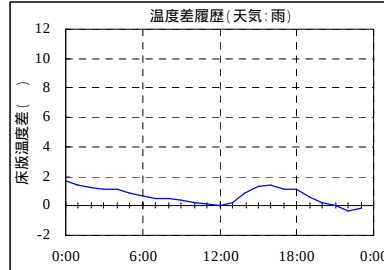


図-14 夏期温度履歴とたわみ履歴
(天気: 雨)

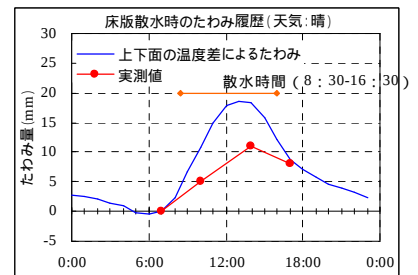
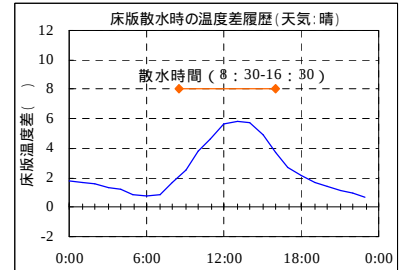


図-15 夏期温度履歴とたわみ履歴
(散水による影響)

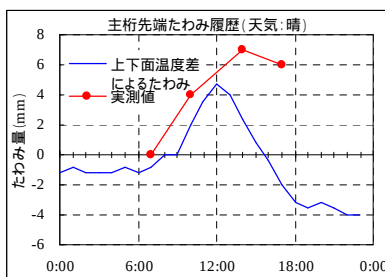
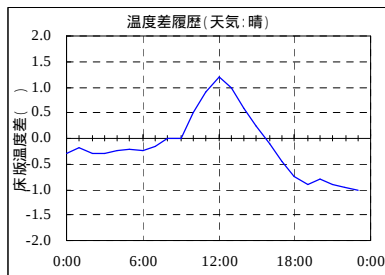


図-16 冬期温度履歴とたわみ履歴

(3) 施工への適用

1) 張出し施工時のたわみ管理

床版温度差, たわみ量, その発生時間を定量的に把握することで, 上げ越し管理の測定に含まれる温度差の影響は低減できる。張出し架設長が長くなればなるほど, 波形鋼板の架設高さの設定など日照時に施工する作業への影響は大きい。ここで, 図-17にP7橋脚張出し施工の最終ブロック施工後の上げ越し量を示すが, 多少のバラツキはあるものの, 張出し施工終了時の主桁天端の高さはほぼ計画値と一致している。この精度が得られたのは, 床版温度差による影響を把握・反映しながら施工を進めた結果と言える。

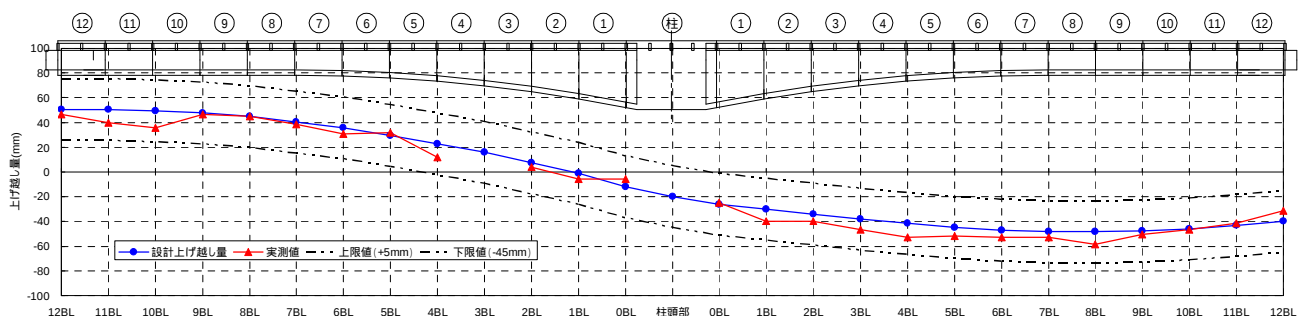


図-17 P7最終ブロック施工後の主桁上げ越し量

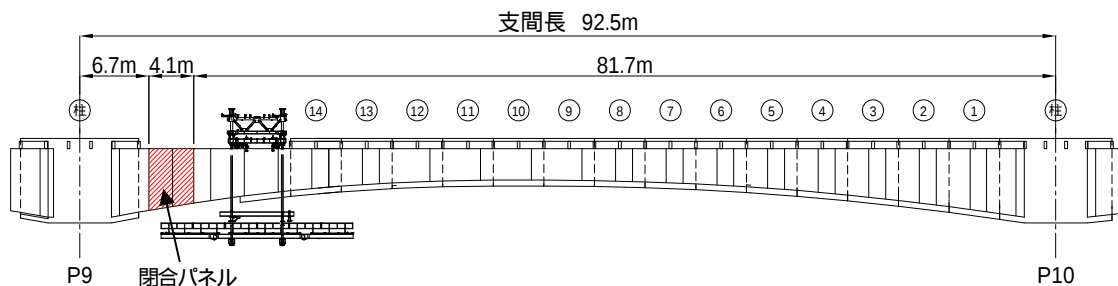


図-18 P9-P10側面図

2) 波形鋼板の閉合

本橋はアンバランスな支間割から図-18 のように、P9-P10 支間長 92.5m に対して、P10 側張出し長 81.7m と、P9 側張出し長 6.7m と不均衡となっている。このため、P10 側の波形鋼板先端での温度差によるたわみ変化量は最大 30mm、P9 側は 2～3 mm程度と、大きな差異が生じる。このため、閉合箇所の波形鋼板の接合（＝溶接作業時）には、床版温度差によるたわみが生じない状況が求められた。

計測結果より、床版温度差たわみはコンクリートの蓄熱量により、たわみ収束時間に影響を与えることを把握していたため、前日から橋面散水を行った。これにより、床版温度差によるたわみが発生し始める 8 時までに溶接作業を終了する作業時間が確保できたとともに、閉合時のたわみ差を 5mm 程度に抑えられ、上下フランジに発生する 2 次応力も大幅に低減させることができた。

8. おわりに

本稿では波形鋼板を架設材として利用する合理化施工を紹介した。これにより、アンバランスな支間割の解消と効率的な移動作業車の転用が図れた。また、急峻な地形における側径間の施工も本工法により改善され、施工の省力化、コスト縮減および工程短縮が図れた。

また、床版温度差の影響や散水による制御などを事前計測により把握し、上げ越し管理を行う例は少ない。本橋は支間100m超の波形鋼板ウェブ橋であり、その支間割りもアンバランスであることから、温度計測を実施した。これにより、本橋では波形鋼板の閉合条件の定量的な制御を可能とした。

本橋の施工が今後の同種のPC橋における計画の一助となれば幸いである。

参考文献

- 1) 村尾 光弘, 田中 克則, 宮内 秀敏, 佐川 信之, 毛利 俊彦, 西村 公: 信楽第七橋, 津久見川橋の設計と施工 - 施工の合理化, 急速化を図った波形鋼板ウェブ橋 -, 橋梁と基礎, Vol38, 2004.02

RATIONALIZED CONSTRUCTION OF PC BOX GIRDER WITH CORRUGATED STEEL WEB

- AKABUCHIGAWA BRIDGE ON THE NEW TOMEI EXPRESSWAY (BOUND FOR NAGOYA LANE) -

Atsushi ITO, Keiichi AOKI, Naoki HAGIWARA, Takeshi HIROSE, Yoshihiko TAIRA

Akabuchigawa Bridge on The New Tomei Expressway is the 885m-long, 6+5 spans continuous prestressed concrete box girder bridge with corrugated steel webs. The bridge performed the rationalized construction by effective use of corrugated steel webs as erection girders in order to enable labor saving and rapid construction of cantilever method. Moreover, the use of corrugated steel webs as erection girders could also reduce the number of assembling and dismantling of traveler for cantilever construction as well as labor saving at the side closures. The bridge is the box girder with corrugated steel webs using pre-cast concrete elements and having the maximum span of more than 100m. Since the deflection of main girder was heavily affected with the change of temperature in a day, it was the important issue to control the camber correctly during cantilever erection. Many measurements were performed at the site and enough camber controls at the closures of the corrugated steel webs were conducted by analyzing and reflecting the measured results quantitatively.