

橋梁上下部工事での省力化施工

新名神高速道路 武庫川橋

諸 橋 明・村 尾 光 則

本橋は、主桁ウェブにバタフライウェブを採用し、これにエクストラード構造を組み合わせた世界で初めての構造形式である。橋脚は、中空円形断面の高橋脚であり、ハーフプレキャスト部材を用いた施工（SPER 工法）（以下「本工法」という）により急速施工を達成している。また、柱頭部では、横桁の一部をプレキャスト化して構築する施工法を採用、寸法制限のある主塔には、1 枚鋼板と 2 本の独立柱からなる新しい分離定着方式の主塔構造を開発・採用している。こうした省力化技術を積極的に用いることで、生産性を大きく向上させることができた。

キーワード：バタフライウェブ、エクストラード橋、プレキャスト工法、急速施工、生産性向上

1. はじめに

武庫川橋は、新名神高速道路の高槻 JCT から神戸 JCT の間に建設中の橋長 442 m、支間 100 m の PRC5 径間連続バタフライウェブエクストラードラーメン橋である。本橋では、施工の省力化による合理的な急速施工を可能とすることを念頭に、詳細設計を実施した。その結果、ハーフプレキャスト部材を用いた橋脚の急速施工法を採用するとともに、上部工については、バタフライウェブ箱桁構造¹⁾を採用することで、これにエクストラード構造を組み合わせることで、上部工の軽量化、施工の省力化を図ることとした。また柱頭部では、省力化施工と支保工軽減のため、横桁の一部をプレキャスト化して構築する施工法の採用、寸法制限のある主塔には 1 枚鋼板を用いた複合構造を採用する等の新技術を開発・採用している。本稿は、

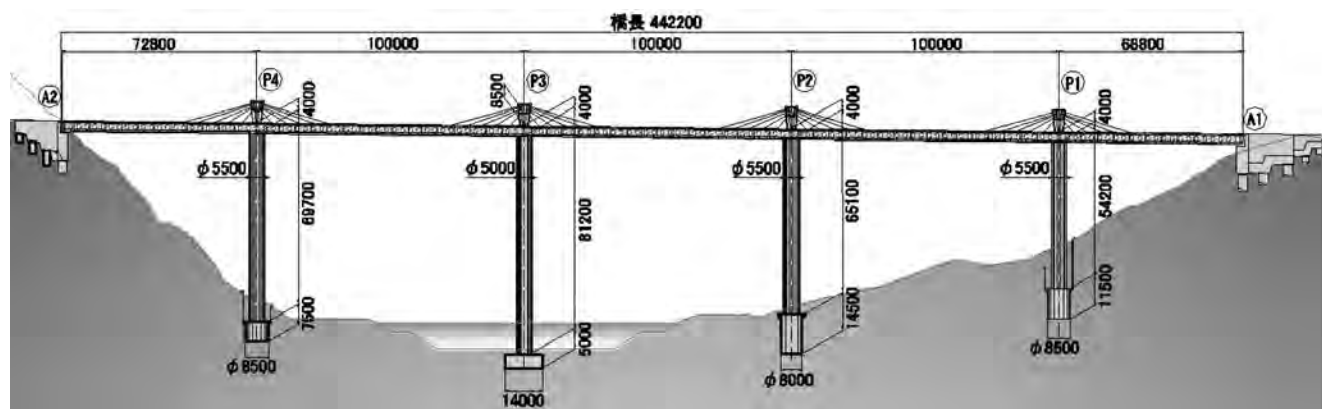
省力化技術による上下部工の合理化施工とその効果について報告するものである。

2. 橋梁概要

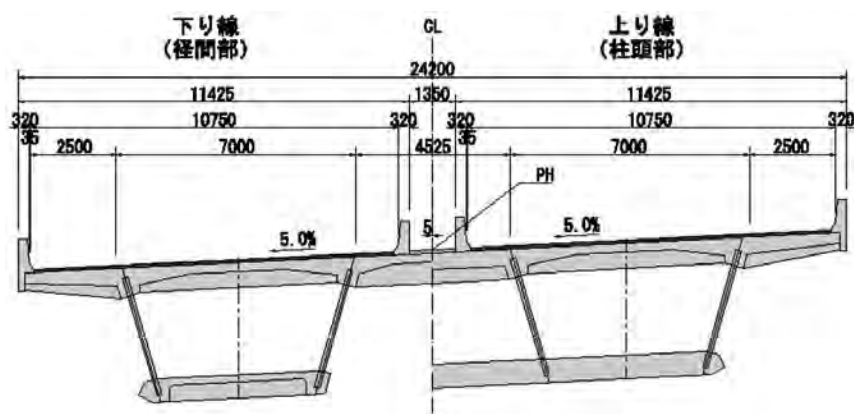
上下線一体断面である本橋は、暫定形 4 車線対応の幅員で建設したが、将来的な 6 車線化に対応した拡幅可能な構造として計画されている。このため将来の 6 車線化は、張出し床版を両側に拡幅し、ストラットにて支持する構造としている。全体一般図を図—1、暫定供用時における主桁断面図を図—2 に、橋梁諸元を表—1 に示す。

3. 構造・施工の特徴

本橋の構造上の大きな条件として、広幅員であるこ



図—1 全体一般図



図ー2 主桁断面図（暫定供用時）

表ー1 橋梁諸元

工 事 名	新名神高速道路 武庫川橋工事
構造形式	PRC5 径間連続ラーメン バタフライウェブエクストラード橋
橋 長	442.2 m
支 間 長	71.800 m + 3@100.000 m + 67.800 m
有効幅員	21.500 m 【暫定形】 32.500 m 【完成形】
平面線形	R = 2,000 m
縦断勾配	1.101 %
横断勾配	5.000 %

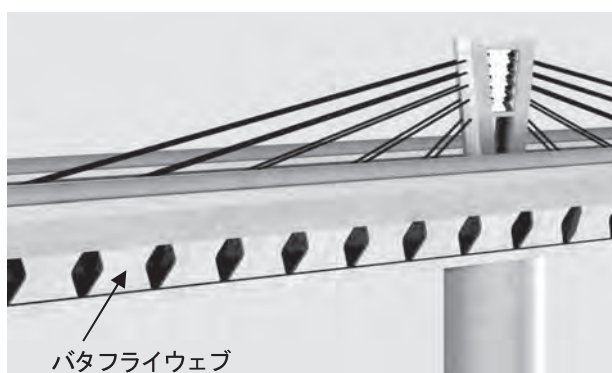
と、長支間であること、高橋脚を有していることが挙げられる。本橋の計画にあたっては、上述の要求に応えるために「高耐久化」、「維持管理性の向上」、「生産性の向上」を達成させることを目的とし、下記5項目の新技术を採用することとした。

①バタフライウェブ構造（図ー3）^{2), 3)}

鉄筋を配置しない高強度繊維補強コンクリートを用いたバタフライウェブの採用。

②エクストラード橋（図ー3）³⁾

工場製作であるバタフライウェブパネルの運搬寸法制限により桁高が制限され、かつ 100 m の長支間対応させるためエクストラード構造を採用（桁高／支間 = 1/25 の実現）。



図ー3 バタフライウェブ・エクストラード橋



写真ー1 鋼・コンクリート複合主塔構造

③鋼・コンクリート複合主搭構造（写真ー1）⁴⁾

一面吊りの斜材に対して主搭の設置幅が制限されるため、1枚鋼板を用いた主搭定着構造を新たに開発。

④プレキャスト部材による柱頭部施工³⁾

広幅員柱頭部と円形橋脚のブラケット支保工の簡素化を目的として、工場製作ハーフプレキャスト部材を用いた柱頭部施工法を新たに開発。

⑤ハーフプレキャスト工法による橋脚施工（写真ー2）⁵⁾

RC 中空橋脚の施工の合理化による急速施工を目的として、工場製作のハーフプレキャスト部材を用いた施工法本工法を円形橋脚で新たに開発。

4. 高耐久化への配慮

(1) 高強度コンクリートの使用

(a) 主桁コンクリート

主桁は、上下床版とバタフライウェブから構成され



写真一2 橋脚の施工状況

ている。上部工の軽量化と耐久性向上を図るため、上下床版には $\sigma_{ck} = 50 \text{ N/mm}^2$ の高強度コンクリートを採用した。また、バタフライウェブは、 $\sigma_{ck} = 80 \text{ N/mm}^2$ の高強度繊維補強コンクリートであり、鉄筋を配置せず、引張力に抵抗する $\phi 15.2$ のPC鋼材が配置されるのみである。これらのコンクリート材料を使用することで、主桁の耐久性を向上させた。

(b) 主塔コンクリート

本橋は上下線一体の幅員構成であり、将来拡幅は両外側に床版を張り出す計画である。このため斜材は、断面中央からの一面吊りとなり、主塔を中央分離帯幅の1.35 m以内に設置する必要がある。そこで、2本のコンクリート柱と1枚銅板から構成される鋼・コンクリート複合主塔構造を新たに開発した。コンクリート柱は、断面積が限定される上に斜材の鉛直分力作用により高圧縮部材となる。そこで $\sigma_{ck} = 50 \text{ N/mm}^2$ の高強度コンクリートを用いることとした。

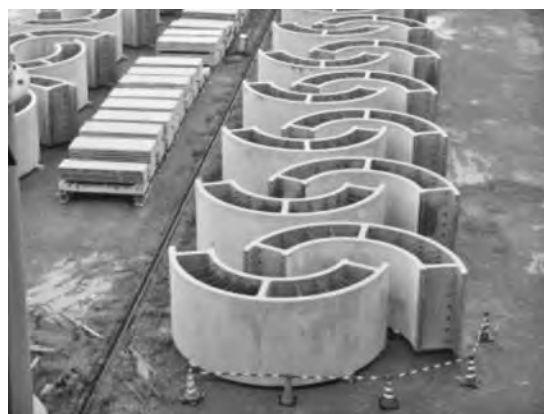
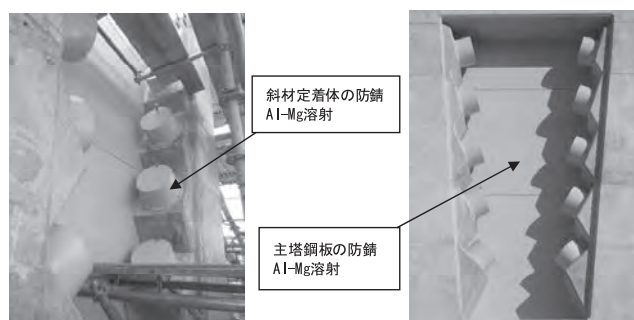
(c) 橋脚コンクリート (写真一3)

橋脚は、ハーフプレキャスト部材を現場で積み上げ、中詰めコンクリートを打設する急速施工方法を採用している。工場で製作するハーフプレキャスト部材の設計基準強度は $\sigma_{ck} = 50 \text{ N/mm}^2$ であり、高強度コンクリートで外面が覆われるためRC橋脚の耐久性を向上させている。

(2) 鋼部材・PC鋼材の高耐久防錆

(a) 主塔銅板・斜材定着部 (写真一4)

本橋の主塔は、銅板と斜材定着部が外面に露出した構造となる。これらの防錆については、本橋の架橋地の環境条件下では一般的には塗装仕様が考えられる

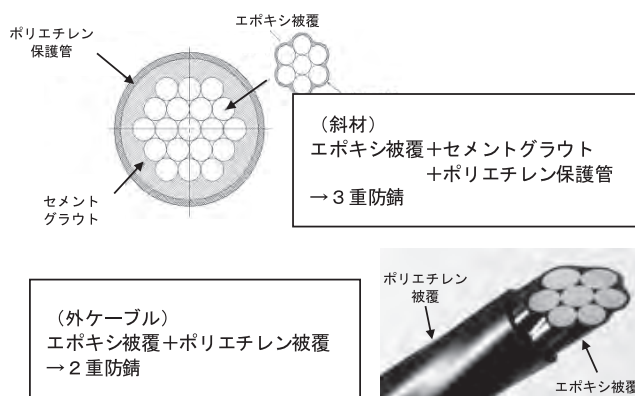
写真一3 ハーフプレキャスト部材 ($\sigma_{ck} = 50 \text{ N/mm}^2$)

写真一4 主塔銅板・斜材定着部の防錆仕様

が、エクストラドーズド構造における主塔の重要性を考慮すること、供用後の塗り替え作業が困難なことを考慮し、アルミニウム－マグネシウムを用いた合金溶射 (Al-Mg 溶射) 仕様とした。

(b) 斜材・外ケーブル (図一4)

斜材・外ケーブルについても一般的なPC橋より1ランク高めた防錆仕様とし、耐久性に配慮している。斜材は、エポキシ被覆+セメントグラウト+ポリエチレン保護管の3重防錆とした。また外ケーブルは、バタフライウェブが開口を有していることから、紫外線の影響に配慮し、エポキシ被覆+ポリエチレン被覆の2重防錆仕様とした。



図一4 斜材・外ケーブルの防錆仕様

5. 省力化施工の概要とその効果

(1) 省力化技術による生産性向上

(a) 上部工主桁

主桁に採用したバタフライウェブ橋の施工は、工場製作のバタフライウェブパネルを現場に搬入し（写真—5）、移動作業車内で所定位置にセット（写真—6）、上下床版を場所打ちにて行う。波形鋼板ウェブ橋と同様に、煩雑なウェブの施工を省力化できるものである。また、波形鋼板ウェブ橋は、鋼板同士を接合する必要があることに対し、バタフライウェブ橋はウェブ同士を接合しない構造として設計を行っているためさ



写真—5 バタフライウェブの搬入



写真—6 バタフライウェブセット完了

らなる省力化が図れる。

(b) 上部工柱頭部

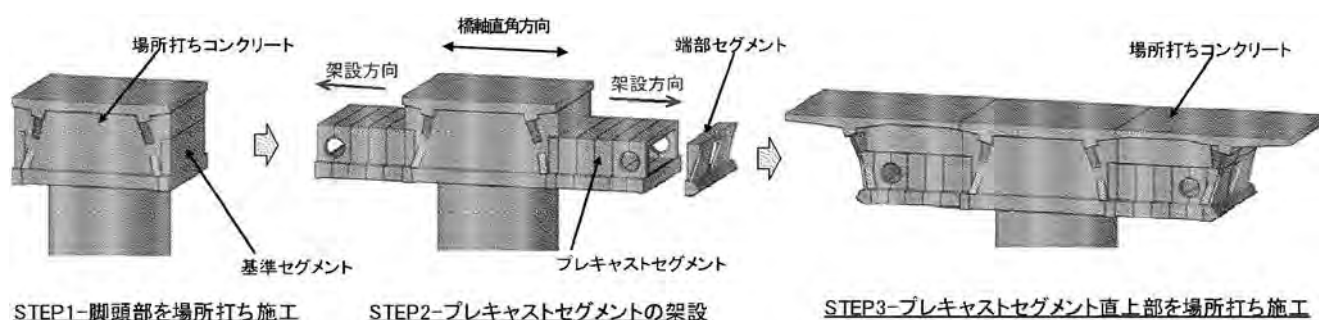
一般的なラーメン橋の柱頭部の施工は、橋脚上部にブラケット支保工を設置して行う。本橋のような円形橋脚の場合、ブラケット支保工の鋼材を平面的に放射状に配置することとなり、設置・撤去に多大なる手間を要していた。そこで本橋では、ハーフプレキャスト部材を用いた柱頭部施工を採用した。柱頭部横桁の一部を橋軸直角方向に分割したハーフプレキャスト部材を張出し架設し、場所打ちコンクリートによる後施工部はこれを支保工として施工するものである（写真—7、図—5）。ブラケット支保工で支持する荷重を橋脚直上部のみとすることで大幅な簡素化を図り、設置・撤去作業の容易性・安全性を向上させた。

(c) 下部工橋脚

本橋の橋脚は50～90mの高橋脚であり、省力化による急速施工を目的としてハーフプレキャスト部材を用いた施工法を採用した。型枠と兼用するプレキャストコンクリート製の壁部材を工場で製作し、現場に搬入してこれを積み上げ、中詰めコンクリートを打設して構築するものである（写真—2、3）。現場での型枠設置作業を省略でき、さらに、ハーフプレキャスト部材に帯鉄筋・中間帯鉄筋を予め内蔵することにより、鉄筋組立作業の時間が大幅に短縮できる。従来工



写真—7 ハーフプレキャストによる柱頭部施工



図—5 柱頭部の施工ステップ

法である場所打ちによる施工日数に比べ、約半分の日数での施工を実現できた。

(2) 施工延べ日数の短縮

(a) 上部工（張出し施工部）の施工

主桁にバタフライウェブ構造を採用することで軽量化が図れ、施工ブロック長を6mとすることが可能となる。同規模の標準PC箱桁橋のブロック長は3m～4mであり、全橋あたりの張出し施工部のブロック数は101ブロックとなる。これに対して本橋での全橋あたりのブロック数は54ブロックであり約半分となっている。本橋の1ブロックあたりの施工日数は、平均で25日程度である。これは、施工ブロック長が大きいこともあり、同規模の標準PC箱桁橋の実績（16日程度）より多いが、全橋あたりの延べ施工日数を比較すると約250日低減できることとなる（図—6）。実際の工事工程は、移動作業車基数や転用の関係から、この日数分の工事工程が短縮できたわけではないが、生産性向上という観点では効果が得られたと考えられる。

(b) 下部工の施工

前述のように、本工法の採用により、従来工法で施工する場合に比べて約半分の日数での施工が可能となる。本工法による本橋の4橋脚の施工日数合計が約

	1サイクル																						
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
足場組立																							
鉄筋組立(主鉄筋)																							
鉄筋組立(帯鉄筋)																							
型枠組立																							
コンクリート打設																							

	1サイクル											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
足場組立												
鉄筋組立(主鉄筋)												
PC部材建込												
型枠組立												
中詰めコンクリート打設												

1サイクルあたり
の施工日数
→従来工法の約半分

本工法による4橋脚合計の延べ施工日数 = 502日

従来工法の場合の延べ施工日数
 $502 \times 2 = 1004$ 日とすると

⇒ 延べ施工日数の短縮
 $1004 - 502 = 約500$ 日

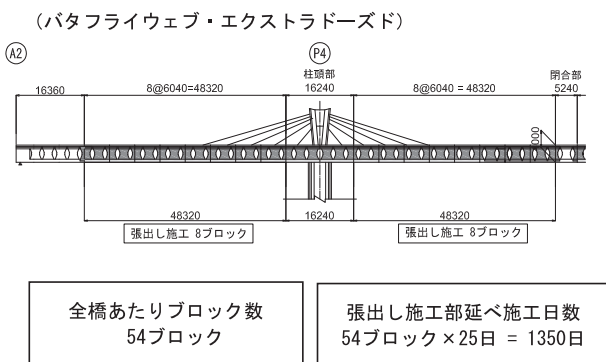
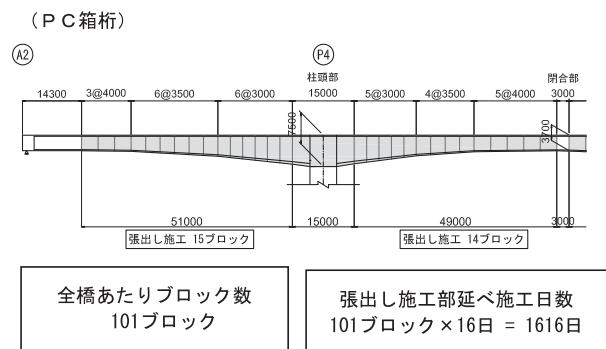
図—7 下部工（橋脚）の延べ施工日数の比較

500日、場所打ちで行った場合を試算すると約1,000日かかることとなり、延べ施工日数は約500日の短縮となる（図—7）。上部工と同様にパーティ数等の関係から、工事完了がこの日数分早まったわけではないが、同じ施工量の橋脚を完成させるための労務の延べ人数を減少させることができ、生産性を向上できた。

6. おわりに

武庫川橋について、構造の技術的特長と省力化による生産性向上の観点から概要を述べた。完成写真を写真—8に示す。バタフライウェブ、エクストラードゾドの組み合わせという高度な技術を用いたこともさることながら、高強度材料の使用や適材適所に用いたハーフプレキャスト工法の採用が大きな効果をもたらしたと思われる。

今後の橋梁の建設においては、初期コスト削減のみ



⇒ 延べ施工日数の短縮
 $1616 - 1350 = 約250$ 日

図—6 上部工（張出し施工部）の延べ施工日数の比較



写真—8 武庫川橋全景

ならず、時代のニーズに合わせて要求される付加価値が求められるとともに、これらを定量的に評価する手法を確立することが必要であると考える。

J C M A

《参考文献》

- 1) 永元, 片, 浅井, 春日: 超高強度繊維補強コンクリートを用いた新しいウェブ構造を有する箱桁橋に関する研究: 土木学会論文集 E, vol.66 No.2, pp.132-146, 2010.4.
- 2) 芦塚憲一郎, 黒川秀樹, 諸橋 明, 松原 勲, 水野克彦, 富山茂樹: 新名神高速道路武庫川橋(仮称)の設計と施工, 橋梁と基礎, Vol.49, No.3, pp.5-11, 2015.
- 3) 水野克彦, 福田雅人, 上原浩揮, 諸橋 明: 武庫川橋の設計, 第22回プレストレストコンクリートの発展に関するシンポジウム論文集, pp.21-24, 2013.
- 4) 桑野昌晴, 福田雅人, 上原浩揮, 諸橋 明: 武庫川橋における主塔側定着構造について, 第22回プレストレストコンクリートの発展に関するシンポジウム論文集, pp.25-28, 2013.
- 5) 佐溝純一, 福田雅人, 諸橋 明, 村尾光則: 新名神高速道路武庫川橋の設計と施工, 基礎工, Vol.41, No.10, pp.61-64, 2013.

[筆者紹介]

諸橋 明 (もろはし あきら)
三井住友建設(株)
土木本部 本部長



村尾 光則 (むらお みつなり)
三井住友建設(株)
土木本部 部長

