

(88) 鉄道橋世界初のPRCフィンバック橋の設計と施工

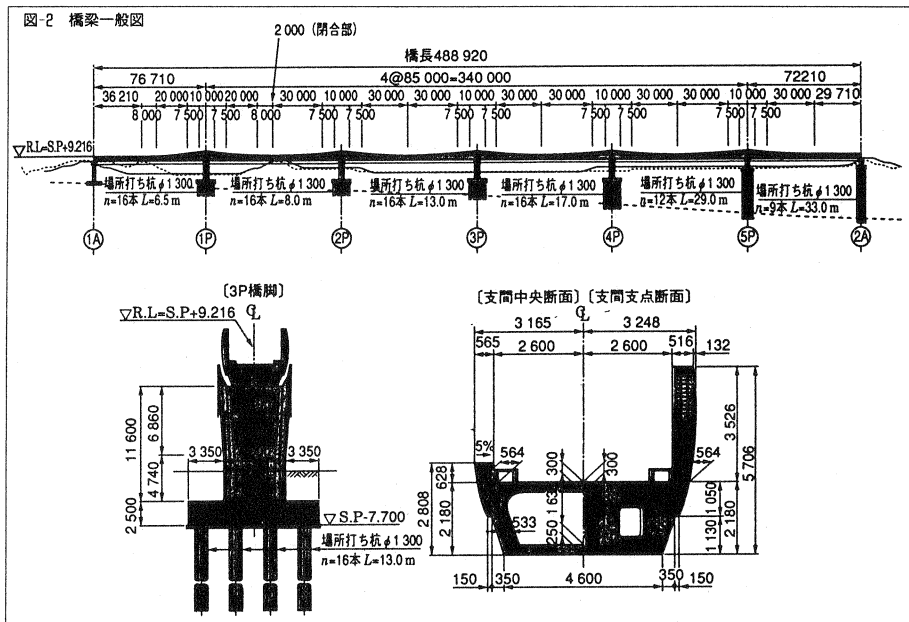
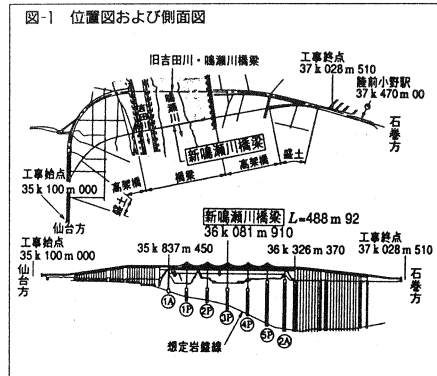
東日本旅客鉄道(株) 東北工事事務所 仙台工事区 区長 阿部 勇夫
 同 上 助役 土井 浩永
 清水建設(株) 東北支店 鳴瀬川橋梁作業所 現場代理人 高橋 光雄
 同 上 主任技術者 ○大西 直巳

1. はじめに

JR 仙石線は、仙台市と石巻市を結ぶ全長 50.3km の鉄道である。当路線の野蒜・陸前小野間に位置する吉田川・鳴瀬川橋梁は、1928 (昭和 3) 年に当時の宮城電鉄によって建設された全長 423m の上落式単純鋼桁橋であり、今回建設省の河川改修事業に伴い改築することになった。

改築ルートは、線路条件、河川条件、地形・地質および経済性などについて比較検討し、現橋梁から約 200m 下流とした。(図-1)

本橋梁の特徴は、PRC 構造のフィンバック橋を採用し、架設方法に桁下の制約を受けることなく通年施工が出来る P&Z 工法(移動式架設機による張出し架設工法)を採用したことである。本報告では、鉄道橋として世界初となるフィンバック橋の設計と施工について報告する。



2. 構造形式の選定

基準径間長は、河川条件から吉田川で28m以上、鳴瀬川で39.5m以上必要となり、両側アプローチ部高架橋の勾配条件および周辺道路との交差条件により決定されるレール高と河川計画高水位から、桁高の制約を受けた。

この条件の下、PC下路桁・下路鋼鉄桁・PC単純I桁・PRCフィンバック桁の4案について比較検討を行なった結果、工期・経済性に優れ、その形状が周辺の環境に調和するPRCフィンバック桁を採用した。

下部工の基礎形式については、支持層が吉田川(起点側)右岸から鳴瀬川(終点側)左岸に向かい傾斜しているため、吉田川右岸1A橋台のみ直接基礎とし、その他の橋脚・橋台はφ1300のオ-ル-シ-ン-グ-ベ-ト杭基礎とした。図-2に一般図を示す。

3. 上部工の設計とフィンバック橋の特徴

本橋は、橋長488.92mの6径間連続PRCフィンバック箱桁橋である。フィンバック橋の特徴には、以下の点が挙げられる。

- ①曲げモーメントとせん断力に対して、箱桁のウェブを橋面上に突出させたフィンバック部で抵抗させる構造である。
- ②PCケーブルの偏心量を大きく取る事ができ、中路形式の箱桁構造となるために橋面から下の桁高を押しさえ縦断線形を上げることなく桁下高を確保できる。
- ③全体的に圧迫感が少なく、周囲の環境を損ねることなく、景観的に優れた形式である。

設計は、限界状態設計法により、橋軸方向はPRC構造、橋軸直角方向はRC構造とした。また、上部工の架設ステップ毎の構造系に対し、架設荷重および支承条件を考慮して構造解析を行なった。設計条件および上げ越し計算の条件を表-1、2に示す。上げ越し計算は、弾性変形お

よび構造系完成からのクリープによる変形を考慮し、クリープ終了時に橋面が設計高さになることを原則とした。施工中のクリープ変形は、側径間、柱頭部、張出し部等の各施工区分毎に材令を考慮したクリープ係数を求め、上げ越し計画値を算出した。なお、上げ越し計算において、P&Z装置の自重および打設時のコンクリート自重は、P&Z装置の3つの支持架台を通して主桁に伝わるため、この架台反力により、上げ越し計算に反映させた。

4. P&Z工法の概要

P&Z工法とは、図-3に示すように橋面上に設けた移動式架設桁(以下、送り桁という)から型枠装置を懸垂し、橋脚の両側に上部工を順次分割張出し施工する架設工法であり、次のような特徴を持っている。

- ①地上からの作業を必要としないため、河川、海上などで桁下の使用条件に制限のある場合や、高橋脚の場合の施工に有利である。

表-1 設計基本条件

線路等級、線路数	3線線、単線		
設計荷重、設計速度	M-18、110 km/h		
線路勾配、平面線型	Level、R=∞		
橋長(支間長)	488.920m(75.8m+85.0m×4+71.3m)		
上部構造	6径間連続PRC箱型フィンバック橋		
主方向PC鋼より線	12S 15.2mm SWPR7B		
横方向PC鋼棒	φ32 SBPR930/1180		
下部構造	逆T形RC橋台、小判型壁式RC橋脚		
基礎形式	1A	直接基礎	
	1P	場所打杭 φ1300mm	6.5m
	2P		8.0m
	3P		13.0m
	4P		17.0m
	5P		12本 29.0m
	2A		9本 33.0m
コンクリート設計基準強度	上部工	400 kgf/cm ²	
	橋脚躯体	240 kgf/cm ²	
	橋台・橋脚基礎	270 kgf/cm ²	
支承種別	ゴムシュー(3P)、 滑りゴムシュー(3P以外)		
ストッパー	ダンパー式ストッパー		

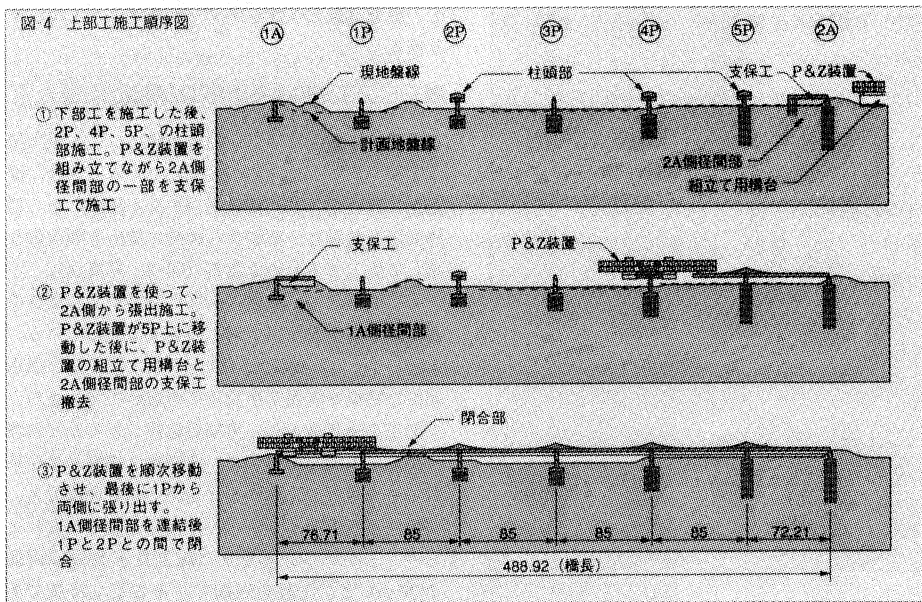
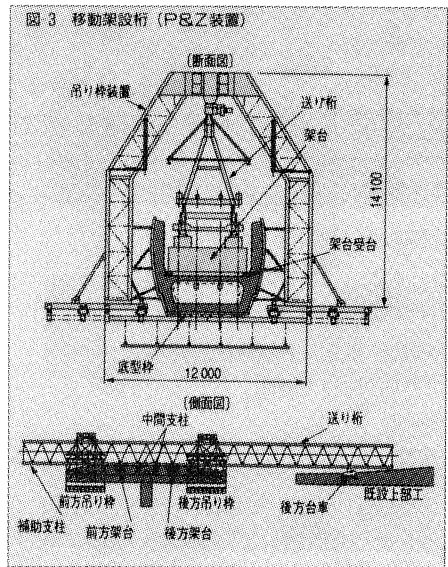
表-2 上げ越し計算で用いた諸数値

コンクリート	ヤング係数	$E_c = 3.1 \times 10^4 \text{ kgf/cm}^2$
PC鋼材(12S 15.2)	ヤング係数	$E_p = 2.0 \times 10^5 \text{ kgf/cm}^2$
施工工程		平成10年1月より平成11年5月
考慮した荷重		コンクリート自重、プレストレス、P&Z装置自重、橋面荷重、コンクリートのクリープ・乾燥収縮
コンクリートのクリープ・乾燥収縮	平均材齢	側径間、柱頭部、中央閉合部はコンクリート打設日からの日数。張出架設部は各ブロック長で重み付けた平均材齢
	供用開始時	平成12年6月
	クリープ終了時	材齢20000日

- ②適川スパンは、40m～150m であり、異なったスパンを持つ橋梁にも対応できる。
- ③1ブロック長を 10m 程度にすることができ、施工速度が速い。
- ④変断面の橋や曲線橋にも容易に対応できる。
- ⑤柱頭部を P&Z 装置を用いて施工できる。

この工法で用いる架設機械 (以下 P&Z 装置) は、送り桁、型枠装置のほか、送り桁を支える 3 基の架台、架台を移動する際一時的に送り桁を支持する中間支柱、次の橋脚に送り桁が移動するとき用いる補助支柱、および資材運搬用のトリアリスト (2.8t 吊) などから構成されている。本橋で用いた P&Z 装置は、全長 105m、総重量約 540t であり、最大スパン 85m までの橋梁を施工することができる。

本工法における上部工施工順序図を図-4 に示す。



5. 上部工の施工

1) 2P、4P、5P 柱頭部および 1A、2A 側径間部の施工

河川高水敷内に位置する 2P、4P、5P 柱頭部は、非洪水期中には支保工による施工が可能なおよび工期短縮のため先行施工とした。支保工には、橋脚高が低い 5P は、フチング天端から支保工を設置し、橋脚高が高い 2P、4P については、ブラケット式支保工とした。

側径間部のうち、P&Z 装置の発進側である 2A 側径間部は、2A 橋台背面で組立てられた P&Z 装置を 5P 張出し施工位置に移動させる間、この側径間上を装置が通過するため、移動中に生じる最大反力に耐える強度が要求され、その影響範囲の支保工基礎には、300H の支持杭を施工した。

2) P&Z 装置による張出し部の施工

本工事における、張出し施工順序を図-5に示す。

張出しブロックのブロック割は、第1ブロックが

7.5m、第2～第4ブロックが10mとなっており、1

ブロックを10～12日で施工した。(写真-1)

1ブロックの施工順序は、以下のとおりである。

- ①底型枠、側型枠、内型枠のセット
- ②下床版、ウェブ鉄筋組立
- ③上床版、フィン部鉄筋、シース組立
- ④内側枠組立、PC鋼材挿入
- ⑤コンクリート打設、養生
- ⑥緊張

PC定着具には、フジネー工法 12T15M319 を使用し、コンクリート打設後現場養生供試体の圧縮強度 28.4 N/mm² 以上を確認して緊張した。

フィン部の高さは、各ブロックごとに異なるが、外型枠は曲率が一定 (R=10m) であることから、所定の曲率を有するメタルフォームを作成し繰り返し転用した。

ブロックの打継ぎ目地妻枠には、凹凸を持つポリエチレン製気泡緩衝材を設置することにより、新旧コンクリートの付着性を確保した。

コンクリートの打設は、橋脚前後の1対のブロックを同時に打設して橋桁柱頭部に過大なアンバランスモーメントが生じないようにした。

また、本工事においては、2A側アプローチ部の高架橋が別発注になっており、生コン車、ポンプ車が送り桁後端まで乗り入れない状態であったため、コンクリート圧送管を地上から橋面まで立ち上げ、橋面および送り桁上を通

して打設するブロックまで配管した。これにより2P張出し施工時で最大水平換算長が約400mとなったため、高性能 AE 減水剤を添加した高流動コンクリートを使用した。(写真-2)コンクリートの示方配合および現場配合を表-3に示す。

また、本橋はゴム沓を有する連続桁であり(3P:固定、3P以外:可動)、張出し施工中あるいは、装置移動中に橋体に生じる曲げモーメントに対処するため、柱頭部の施工時に橋桁と橋脚を PC 鋼棒 (φ 36mm)

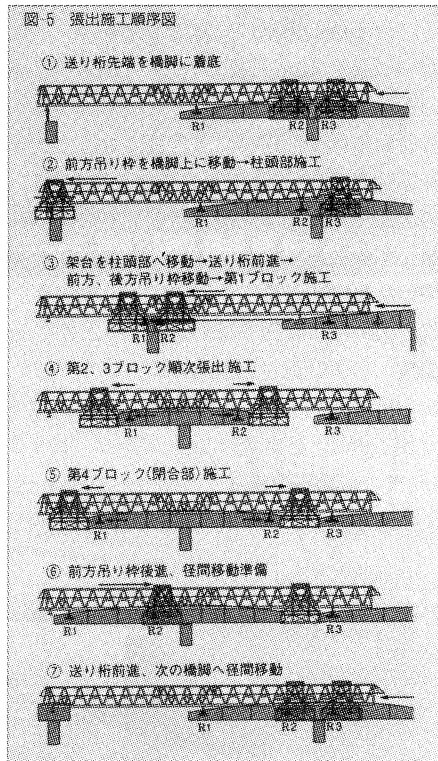
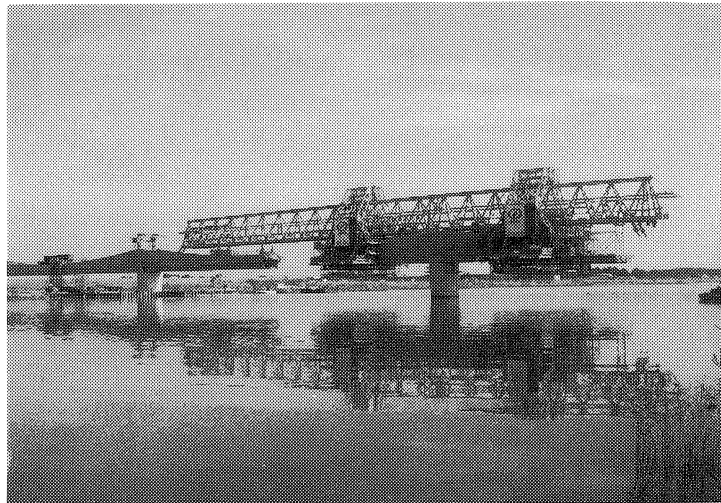


写真-1 河川上での P&Z 装置による上部工の施工状況



で仮固定した。さらに、装置の径間移動の際には、装置が次ぎの橋脚に着低する直前には、既設スパン中央部に縁側に生じる引張応力を緩和する目的でカウンター(河川水と水槽を利用) 142t を載荷した。

型枠の上げ越しについ

表-1 コンクリートの配合

ては、通常の上げ越し計算の他、打設したコンクリートの重量による送り桁のたわみおよび吊材の伸び量に対して、送り桁全体を架台のインジャッキを上げて対処した。このジャッキアップは、コンクリート打設前およびコンクリート打設中には、10m³毎に型枠高さを測定し、計画変位量との比較を行ないながら、さらに架台のインジャッキを上げて打設終了後に所定の上げ越し量となるよう管理した。

設計基準強度(kgf/cm ²)	セメントの種類	粗骨材最大寸法(mm)	スランブ(cm)	空気量(%)	コンクリート1m ³ 当たりの配合(kg)					高性能AE減水剤添加後のスランブ(cm)	水セメント比(%)	粗骨材率(%)
					セメント	水	細骨材	粗骨材	高性能AE減水剤			
400	早強ポルトランドセメント	25	8±2.5	4±1.5	473	168	625	1058	5.68	18±2.0	35.5	38.4

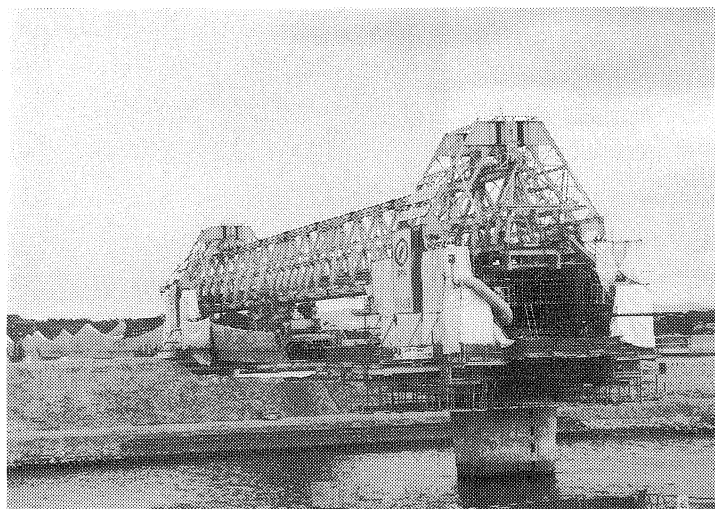
低水敷内に位置する3P、1Pの柱頭部は、洪水期間中は、仮設栈橋に撤去が余儀なくされたため、P&Z装置の前方吊型枠を用いて施工した。

(写真-3)

写真-2 コンクリート配管打設状況



写真-3 前方吊型枠による柱頭部の施工状況



6. 景観設計

本橋の架橋位置周辺は鳴瀬奥松島の風光明媚な田園地帯であるため、緑豊かな河川を渡河する橋としてデザインをまとめている。

上部工のデザインについては、橋をスレンダーに見せるための工夫と雨仕舞いへの配慮から、主桁側面に一段スリット(15cm)を設け、その陰影により水平ラインを与え

た。この陰影効果によって、主桁の高低差が強調され、フィガッの美しい形が引き立つと同時にシャープな水平ラインは、橋全体に緊張感を与えるものとなった。下部工のデザインは、上部工とのバランスが取れた形

態とするため、小判型橋脚の妻部をそのまま上に伸ばし、沓隠しを兼ね備える構造として、桁と橋脚に一体感を持たせた形状となっている。(写真-4)

7. おわりに

本橋は、桁下制限と橋脚の設置条件が生んだ新しい構造形式と言える。また、一級両河川を渡河しながら通年施工を可能にしたP&Z工法の採用により工期および工費の短縮が実現し得た。

(写真-5)

本文が、今後桁高に制約のある場合、高橋脚の場合および桁下条件に制約のある場合のプレストレストコンクリート橋の計画の参考になれば幸いである。

なお、本工事を進めるに当たり、品質管理、安全管理に対して建設省東北地方建設局北上川下流工事事務所、東日本旅客鉄道(株)東北工事事務所ならびに地元関係各方面の方々より適切なご指導およびご助言を賜ったことを厚くお礼申し上げます。

写真-4 沓隠し設置状況

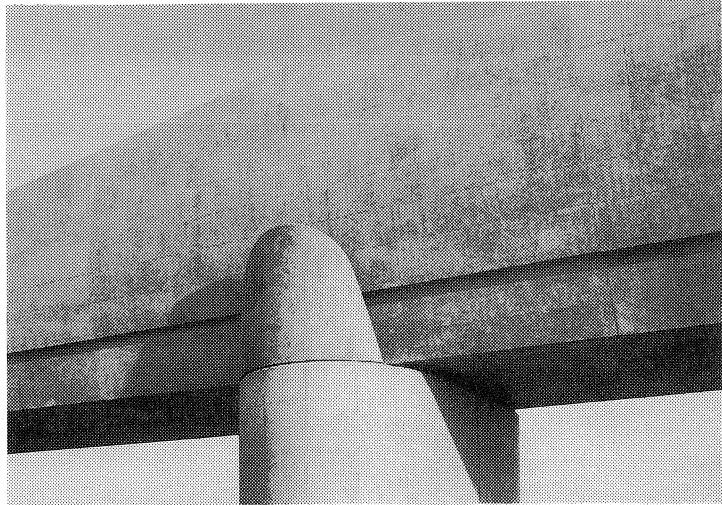
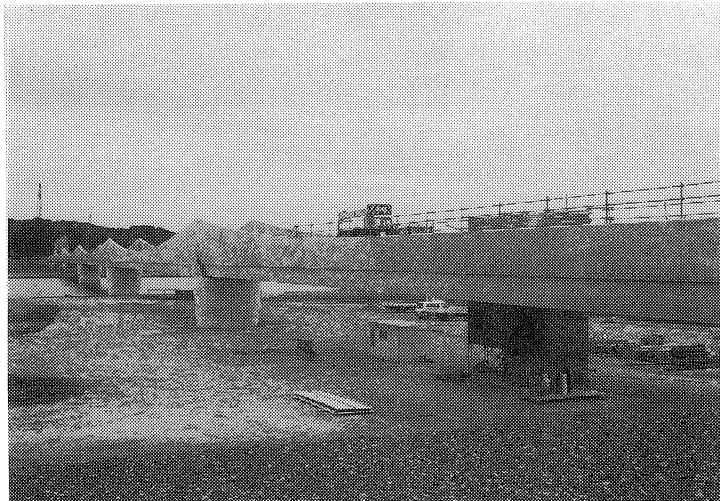


写真-5 完成したJR仙石線鳴瀬川橋梁



参考文献

- 1) 初貝・高濱・加藤：吉田・鳴瀬川6径間連続PRCフィンパック橋の設計、第7回プレストレストコンクリート技術協会シンポジウム、1997.10
- 2) 永井・大庭・齋藤・佐藤：鳴瀬川橋梁(フィンパック橋)の設計・施工、プレストレストコンクリート、Vol.40、No.5、pp.63~70、Sep.1998
- 3) 永井・阿部・土井・高橋・大西：世界初のPRCフィンパック鉄道橋—JR仙石線・鳴瀬川橋梁改築工事—、土木施工、Vol.40、No.5、pp.2~10、May1999