

(109) 大型プレキャストPCパネル工法による高橋脚施工法の研究

(株)日本ピーエス	名古屋支店	正会員	○神戸 總平
(株)安部工業所	技術本部	正会員	伊藤 隆
中日本建設コンサルタント(株)	設計本部		前田 春和
名古屋工業大学	社会開発工学科	正会員	梅原 秀哲

1. はじめに

中部セメントコンクリート研究会の構造部会は、コンクリート構造物の高機能化・高性能化をめざして、その長期的研究テーマとして「コンクリート構造物の耐久性向上に関する研究」に取り組んでいる。これまで「PC橋の耐久性向上技術」の出版、「都市内高架橋橋脚のプレキャスト化に関する研究報告書」などの研究成果を発表してきた。

ところで、中部地区においては第2東名、名神自動車道の建設が間近に迫っており、山間部の橋梁は山岳地帯の多いわが国の土木構造物として、今後とも建設需要が増加するものと思われる。山間部に橋梁を計画する場合は、地形上の理由から高橋脚となることが多いが、一般に施工場所の地形条件が厳しく、気候条件により限定された短い期間内に多数の橋脚を施工しなければならないなどの制約がある。したがって、これを従来の場所打ち工法で施工することは、施工性の面などで限界がある。このような背景のもと、平成6年度より構造部会ではコンクリート構造物のプレキャスト化を耐久性向上と施工合理化の有効な手段としてとらえ、山間部の高橋脚への適用を目指して、実現可能と考えられる新しい工法の検討を行ってきた。

部会では、はじめに日本道路公団名古屋建設局から計画中の高橋脚の資料提供を受け、高橋脚をプレキャスト化する手法として、全プレキャスト方式と部分プレキャスト(型枠代替)方式のそれぞれについて、考えられるいくつかの工法案を取り上げ、設計解析の合理性、施工性、経済性などの面から詳細な比較検討を行った。この結果、最終的に「大型プレキャストPCパネル工法」を提案することとなり、これによるモデル橋脚の試設計と施工法、工費などを立案した。この工法は、高橋脚の外面に工場製品のPCパネルを使用するもので、大幅な施工の合理化を図るとともに、耐震性の向上も確保され、景観上も優れた構造物となっている。ここではこの工法の内容について具体的に述べることにする。

2. 工法の概要

本工法は、図-1に示すような従来場所打ち工法で施工されていた山間部の鉄筋コンクリート製高橋脚を、図-2に示す脚柱断面の内外面に工場で製作された高強度、高品質の大型プレキャストPCパネル(以下、PPCパネルと略す。)を埋設型枠として組立て、場所打ちコンクリートと一体化させて橋脚を施工するものである。

外パネルの施工は図-3に示すように、現場に搬入されたPPCパネルを、1枚ずつタワークレーンで吊り上げ、橋脚断面内に建込まれた支保工鋼材(主にH型鋼を使用し橋脚付近のヤードで組立て据付ける)に固定する工法とした。内パネルの施工は現場に搬入されたPPCパネルを、橋脚付近のヤードでH型鋼などの仮組材で4辺を一体化して、タワークレーンで吊り上げ据付ける工法とした。また、脚柱断面内に配置される主鉄筋および帯鉄筋は、橋脚付近のヤードで一施工リフト高(h=6.0m)毎に、PPCパネル組立用支保工鋼材と一体化して一括吊り上げ据付ける工法とした。このようにして組み立てられた高さ41mの橋脚の構造図を図-4に示す。

PPCパネルは、JIS工場にてプレテンション方式により製作し、部材コンクリートの設計基準強度は500kgf/cm²とし、PPCパネルと一体化させる場所打ちコンクリートの設計基準強度は、240kgf/cm²とした。

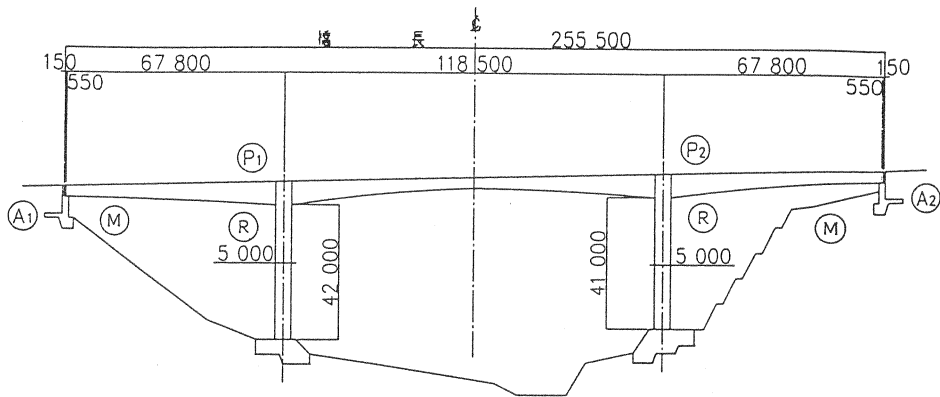


図-1 山間部の高橋脚

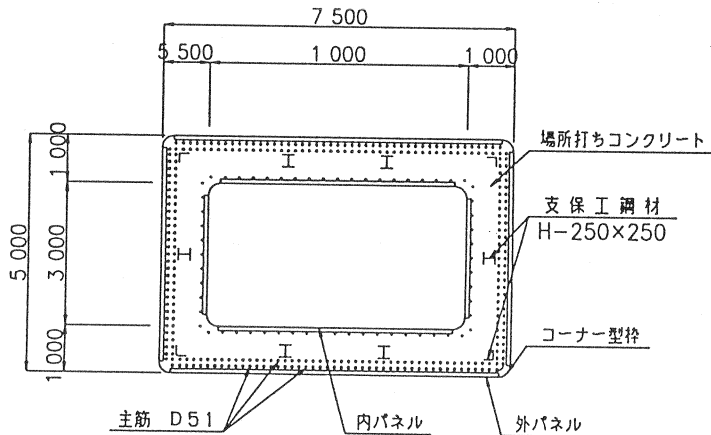


図-2 橋脚断面図

PPCパネルは、場所打ちコンクリート打設時に側圧に耐える構造で、柱断面内部に配置される柱主鉄筋の有効高を大きくとるため、なるべく薄くすることが要求される。部材厚としては、柱部材の一般の場合の環境条件として柱外側のかぶり40mmを確保し、内側（場所打ちコンクリート側）のかぶりとしては、プレキャスト部材の最小かぶり25mmを確保する。また、PPCパネル断面内に配置されるPC鋼材も部材厚を薄くする目的より、SWPR7A 7本より9.3mmを使用する。PC鋼材配置位置としては、PPCパネルの変形を少なくするため、軸力配置となる部材中心に配置し、配力筋にはD13を使用するものとする。以上の必要寸法を確保するために、PPCパネルの部材厚は90mmと決定した。

PPCパネル製作寸法としては、図-5に示すように、橋脚外側寸法である7.5m×5.5m、橋脚中空部寸法5.5m×3.0mに合わせた分割寸法とし、現地での組み立て作業工数を減らす目的から、1辺を1枚のPPCパネルとして製作することとした。また、柱コーナー接合部の場所打ち部寸法を考慮して、外パネル寸法としては7.0mと4.5mの2種類、内パネル寸法としては5.0mと2.5mの2種類の合計4種類とした。高さ方向には、橋脚高さ41.0mを1リフト5.0mから6.0m程度のコンクリート打上がりを想定し、PPCパネル製作時のベンチ幅（平打ち）および運搬重量や架設時の作業性を考慮して、H=2.0m（1リフト高6.0m、PPCパネル3分割）とした。

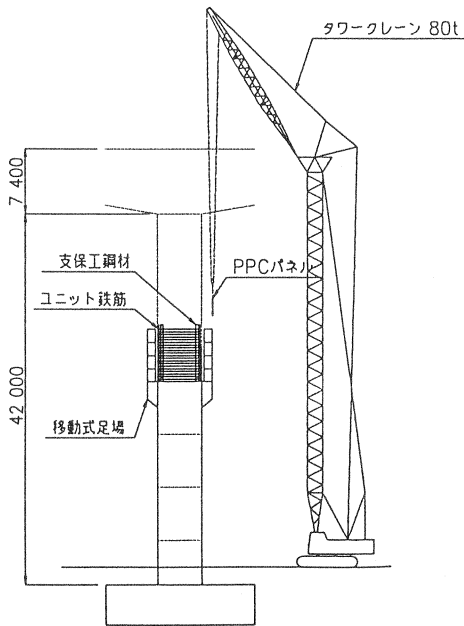


図-3 PPCパネル建込み要領図

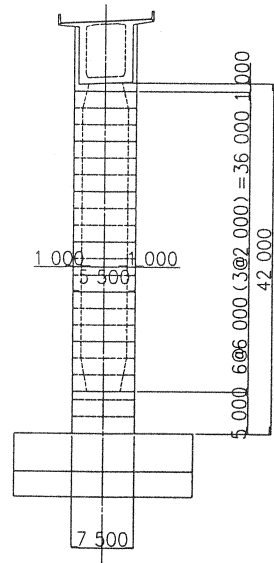


図-4 橋脚構造図

PC鋼材量としては、1リフトの打上がり高さ6.0mによる場所打ちコンクリート打設時の側圧に対して抵抗するだけのPC鋼材量を配置することとし、場所打ちコンクリート打設時のPPCパネルのたわみ変形をおさえるため、内パネルと外パネル相互を幅止め材により約1.0m間隔で支持した場合に発生する側圧に抵抗できるPC鋼材量として、SWPR7A 7本より9.3mmを6本配置した。

ところで、PPCパネルと場所打ちコンクリートとの一体化については、既往の「PC合成床版工法」の実績および実験結果より、プレキャスト版の表面に一定の凹凸をつけた場合は、一体化が確認されている。

しかし、PPCパネルの表面は粗面仕上げのため、一体化が確認されていない。そこで、表面仕上げの方法、施工目地の処理方法などを考慮して、PPCパネル自身は鉄筋の有効かぶりとしてはみるが、有効断面としては考えない安全側の方針をとることとした。また、PPCパネル間の水平方向施工目地は、PPCパネル自身を主鉄筋のかぶりとしてはみるが、有効断面とは考えない方針としたため、従前より用いられているスポンジゴムなどはさむ構造を採用することとし、鉛直方向施工目地は断面のコーナー部に設けて通常の型枠を組み、場所打ちコンクリートとの一体施工に対応することとした。

3. 施工法

3.1 施工手順

本工法は、橋脚高4.1mを7ブロック(5.00m+6@6.00m)にて施工するものとして計画し、その1ブロックを3段(3@2.00m)に分割したPPCパネルで組立てながら、配筋後、場所打ちコンクリート打設を行い、養生後、次段に移動式足場を順次移動し施工する工法である。PPCパネルはJIS認可工場において製作を行う。フーチングの施工完了後の施工順序(1ブロックの施工)を以下に示す。

①最下段ブロックの施工、および、移動式足場の組立(図-5)

- (a)最下段ブロックは固定足場方式で施工する。(h=5.00m)
- (b)支保工鋼材と鉄筋組立(h=5.00m)を行い、3段に分割したPPCパネルを組立てる。
- (c)コンクリート打設、養生後、固定式足場を解体する。

- (d) 2段目ブロックからの移動式足場の設置を行い、枠組足場を(h=6.00m)組み立てる。
- ②支保工鋼材、および、1次鉄筋の建込み(図-6)
- (a)地上製作場において支保工鋼材(h=6.00m)を組立てる。(地組)
- (b)帯鉄筋および主鉄筋の一部(1次鉄筋)を支保工鋼材に固定する。(地組)
- (c)支保工鋼材と1次鉄筋を組立て後、クレーンにて吊上げ建込む。
- ③2次、3次鉄筋の組立(図-7)
- (a)クレーンを用いて、主鉄筋を吊上げ所定の位置に落とし込む。(2次鉄筋)
- (b)下から2.00mまでの帯鉄筋と2次鉄筋の結束をする。(3次鉄筋)
- ④PPCパネルの建込み、および、3次鉄筋の組立(図-8)
- (a)1段目の外パネルを建込み、地組した内パネルを据え付ける。
- (b)下から2.00m~4.00mまでの帯鉄筋と2次鉄筋を結束する。(3次鉄筋)
- (c)2段目の外、内パネルを据え付ける。
- (d)下から4.00m~6.00mまでの帯鉄筋と2次鉄筋を結束する。(3次鉄筋)
- (e)3段目の外、内パネルを据え付け、1ブロックの組立が完了する。
- ⑤場所打ちコンクリートの打設、足場移動(図-9)
- (a)1ブロック分(h=6.00m)の外、内パネルの建込み完了後、ポンプ車を用いて場所打ちコンクリートの打設を行う。
- (b)養生後移動足場を上昇し固定する。

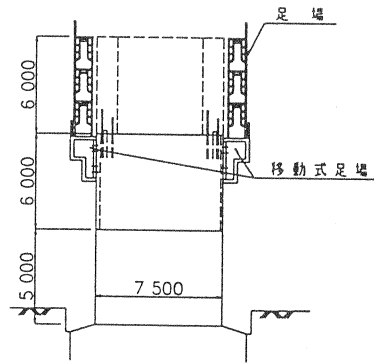


図-5 移動式足場の組立

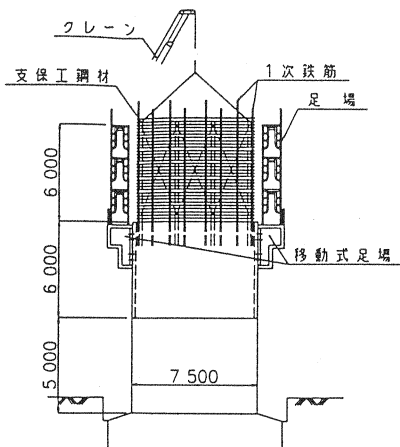


図-6 支保工鋼材及び1次鉄筋の組立

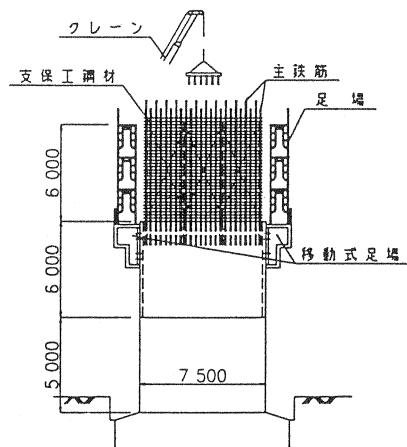


図-7 2次鉄筋の組立

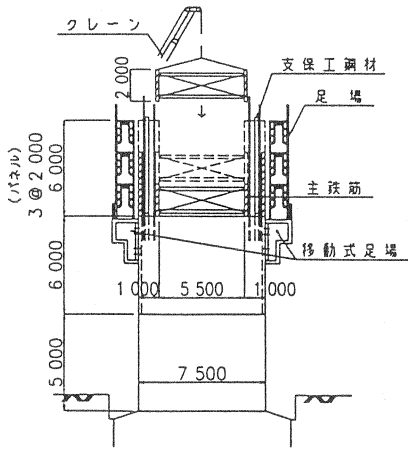


図-8 PPCパネルの建込み及び3次鉄筋の組立

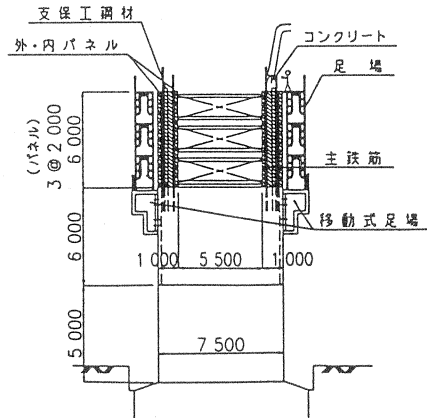


図-9 場所打ちコンクリートの打設

4. 従来工法との比較

PPCパネル工法と、従来から施工されているRC高橋脚とを3径間連続橋を対象として、施工日数、工事費を算出し、比較検討を行うこととした。なお橋脚の施工は立地条件によって工事費の算出が大きく異なるため、標準的な基準で算出を行った。

4.1 工程

1ブロック $h=6.00m$ を3段(3@2.00m)に分割し施工した場合のサイクル工程表を表-1に示す。この工程表をもとに全体工程表を作成し、施工日数を比較すると、フーチングの施工完了から橋脚施工完成までの1基当たりの施工所要日数は、PPCパネル工法で60日、従来工法である場所打ちRC橋脚で90日となり、PPCパネル工法は3分の1の工期短縮となる。モデルとした橋脚を2基同時に施工した場合はより大きな工程差となり、工期短縮の経済性効果は大きい。

4.2 工費

工費の算出では、PPCパネル工法において橋脚施工数を2基、10基、20基と想定した、その結果表-2に示すように、PPCパネル工法における製作費と足場工およびタワークレーンの供用日数において工工事費に差が生じた。

橋脚1基当たりの直接工事費では、PPCパネル工法の方が約1割程度割高となっているが、急速施工による3分の1程度の工程短縮を考慮すれば従来工法より経済的といえる。

(実績日数) 単位: 日

	1	2	3	4	5	6	7
足場移動・設置	6m						
支保工鋼材組立							
支保工鋼材設置	6m						
鉄筋組立							
外パネル組立・設置			6m				
内パネル組立・設置			6m				
コンクリート打設							
養生工							

表-1 サイクル工程表(1ブロック 6.00m)

工 種	単 価	プレキャストPCパネル工法			備 考	従来工法		
		数 量	単 価	工 費		数 量	単 価	工 費
プレキャスト	式	1.0		29,327,000	2基製作			
PCパネル工	〃	1.0		28,648,000	10基製作			
	〃	1.0		27,546,000	20基製作			
コンクリート	m ³	790.0	17,800	14,062,000		963.1	17,800	17,143,180
通常型枠	m ²	227.0	7,950	1,804,650		989.3	7,950	7,864,999
鉄 筋	t	424.9	135,000	57,361,500		424.9	150,000	63,737,850
鉄 骨	〃	35.0	350,000	12,250,000		35.0	400,000	14,000,000
足 場 工	式	1.0		13,000,000	2基製作	1.0		10,000,000
	〃	1.0		12,000,000	10基製作			
	〃	1.0		11,000,000	20基製作			
タワークレーン	式	1.0		7,000,000	2基製作	1.0		7,500,000
	〃	1.0		5,600,000	10基製作			
	〃	1.0		5,400,000	20基製作			
鉄骨組立架台	式	1.0	2,234,000	2,234,000				
合 計				137,039,000	2基製作			125,246,000
				133,960,000	10基製作			
				131,658,000	20基製作			

表-2 橋脚1基当たりの直接工事費の比較

5. まとめ

大型プレキャストPCパネル工法は、プレキャスト部材を耐久性向上と施工合理化の有効な手段としてとらえ、山間部の高橋脚への適用を目指して開発されたものである。この工法は、高橋脚の型枠となる工場製大型プレキャストPCパネルと、ユニット化した鉄筋(主鉄筋と帯鉄筋)および場所打ちコンクリートとを組合わせて施工することにより、構造物の耐久性の向上と施工の合理化が可能となるばかりか、美観上も優れた構造物となり、経済性においても従来の場所打ち鉄筋コンクリート構造と比べ遜色のないことが明らかとなった。

しかし、まだ解決しなければならない課題として、PPCパネルと場所打ちコンクリートとの一体化や耐震性がある。PPCパネルと場所打ちコンクリートとの一体化については、既往のPC合成床版工法の実績および実験結果より、プレキャスト版の表面に凹凸をつける場合は、一体化が確認されている。しかし、PPCパネルの表面は粗面仕上げのため、場所打ちコンクリートとの一体化を確認する必要がある。

耐震性については、平成7年1月17日に発生した「平成7年兵庫県南部地震(阪神淡路大震災)」により、土木構造物に多大な被害が生じた。そのため被災した道路橋の復旧にあたり建設省は、「兵庫県南部地震により被災した道路橋の復旧に係る仕様・解説(以下「復旧仕様」という。)」を示し、新設橋梁についても、これを準用する旨が関係機関へ通知された。復旧仕様の適用にあたっては、細目が不明確な部分もあり、特に本工法で施工される中空断面の高橋脚に適用するには、現時点では困難である。しかしながら復旧仕様の思想としては、主鉄筋の段落しをやめたり、帯鉄筋および中間帯鉄筋を増やすなどして、巨大地震に対してねばりのある変形性能に優れている構造とすることを目指している。したがって、本工法で施工される高橋脚がねばりのある変形性能を有することを確認するため、平成8年7月~8月に模型実験行って検証する予定である。