

東海北陸自動車道 立花橋の設計

ピーシー橋梁(株)・興和コンクリート(株) 共同企業体 正会員 ○守田 啓司
 日本道路公団中部支社 五藤 正樹
 日本道路公団岐阜工事事務所 大川 哲也
 ピーシー橋梁(株)・興和コンクリート(株) 共同企業体 正会員 品川 清和

1. はじめに

立花橋は、東海北陸自動車道 美濃 I.C～美並 I.C 間の古城山 PA 付近に位置し、国道 156 号線、長良川鉄道、一級河川長良川などを跨ぐ、橋長 360m の PC4 径間連続ラーメン箱桁橋である。本橋は、本路線の四車線化に伴うⅡ期線工事で、現在供用されている橋梁に隣接して架橋される計画となっている。また最大支間 151.0m を有しており、表-1 に示す長支間橋の実績では、6 番目となる (なおⅠ期線工事は、橋長 352m, 最大支間 139.5m)。

表-1 長支間橋の実績

長支間橋の実績(連続ラーメン橋:道路橋)						
順位	橋名	発注者	竣工年	最大支間(m)	幅員(m)	備考
1	長倉大橋	岩手県	2004	175	9.25	(施工中)
2	平原大橋	北海道開発庁	2003	170	13.75	(施工中)
3	長良川高架橋	建設省	1999	156	13.1	
4	沼田川橋	日本道路公団	1993	153.3	9	
5	水明橋	北海道開発庁	1997	152	10.5	
6	立花橋	日本道路公団	2005予定	151	11.09	(施工中)
7	ソリ倉橋	建設省	1990	150.5	7.7	
8	芦倉橋	日本道路公団	2002	150	15	(施工中)
9	朝比奈川橋	日本道路公団	2004	149.6	16.5	(施工中)
10	見延橋	日本道路公団	1996	149	9	

本橋の構造上の特徴を以下に列記する。

- ① コンクリートウェブ方式の全外ケーブル橋
- ② P2～P3 径間での二次張出し施工
- ③ A2 側径間部を全て無垢断面とするカウンターウェイト構造

本稿はこれらの特徴のうち、二次張出し施工部の PC 鋼材配置、定着突起の FEM 解析及び、カウンターウェイト構造についての概要を述べたものである。

2. 橋梁概要

立花橋の橋梁概要を以下に示す。また、図-1 に本橋の構造一般図、表-2 に主要材料及び数量を示す。

- ・ 構造形式：PC4 径間連続ラーメン箱桁橋
- ・ 橋 長：359.5m
- ・ 支 間 長：43.0m+95.0m+151.0m+66.5m=355.5m
- ・ 幅 員：有効幅員 10.060m～9.070m，総幅員 11.090m～10.100m
- ・ 桁 高：10.000m～3.000m
- ・ 平面線形：R=600～A=300～R=6000
- ・ 道路勾配：縦断勾配 3.510%(↘)～0.862%(↗)，横断勾配 6.500%(↗)～2.500%(↘)

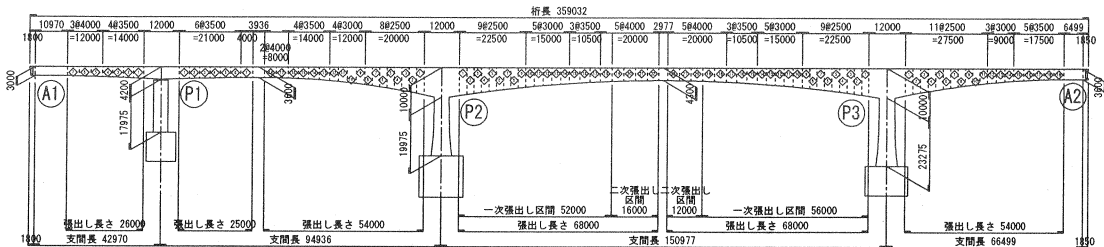
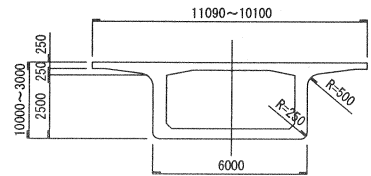


図-1 構造一般図

表-2 主要材料及び数量

項目	種別	単位	数量	適用
コンクリート	P2-2	m ³	3791.9	$\sigma_{ck}=40\text{N/mm}^2$ 早強コンクリート
	P2-3	"	1300.0	$\sigma_{ck}=40\text{N/mm}^2$ 普通コンクリート
型わく	P2	m ²	15820.4	
	鉄筋			
鉄筋	D13~D25	t	786.4	SD345
	D29	"	115.6	SD490
PC鋼材	19S15.2	kg	213648.0	
	1S21.8	"	15863.7	
	1S28.6	"	10773.4	

3. 二次張出し施工部のPC鋼材配置

図-2に本橋の施工ステップ図を、表-3に柱頭部からの施工ブロック数を示す。本橋は、国道や鉄道などの交差物が多く、特にP2~P3径間では一級河川長良川を跨ぐため、十分な支間長を確保する必要があった。P2並びにP3橋脚で左右の施工ブロック数が異なるのは、このためである。

表-3 施工ブロック数

	A1側	A2側
P1柱頭部	7ブロック	7ブロック
P2柱頭部	18ブロック	22ブロック
P3柱頭部	23ブロック	19ブロック

P2並びにP3橋脚では、橋脚下端の負担を考慮して、P1~P2中央閉合後にP2橋脚4ブロック、A2側閉合後にP3橋脚3ブロックを、それぞれ二次張出しとして施工することとした。

二次張出しに用いられる架設鋼材の定着について、反対側の径間に対になる張出しブロックがないことから、対応策として以下の2案を検討した。

- ① 定着突起を利用、たすきがけ定着を行う(図-3)。
- ② 柱頭部横桁を利用して定着を行う。

ここで①案については、過大な補強が必要になる等の理由により、1ヶ所の定着突起に複数定着を行わないことを設計方針としたため、本橋では②案を採用した。

またこの不等径間に起因して、自重及び橋面荷重のアンバランスモーメントによる応力度差が図-4のように発生した。検討の結果、PC鋼材は下記に示すよう配置した。

- ・ P2柱頭部A点及びP3柱頭部D点が、合成応力度を満足するように一次張出し用PC鋼材の本数を決定。
- ・ 二次張出し用架設鋼材を柱頭部横桁まで延長し、P2,P3柱頭部B点,C点の応力度を改善。

架設鋼材を図-5に示す。

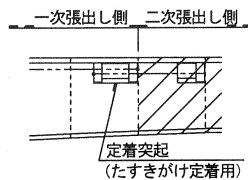


図-3 たすきがけ定着

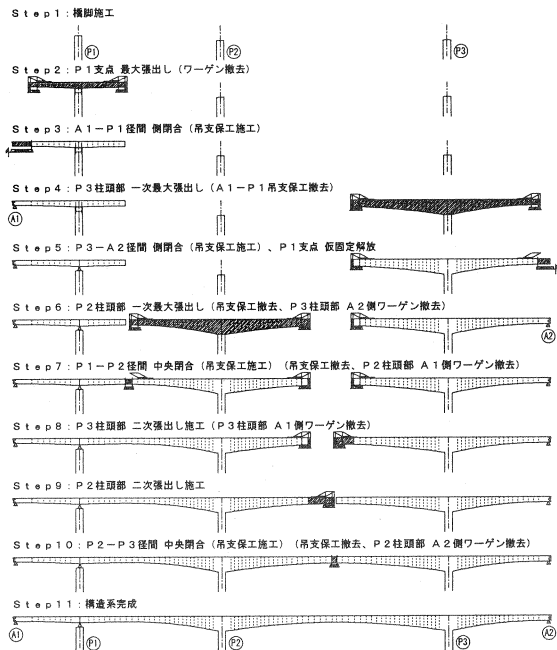


図-2 施工ステップ図

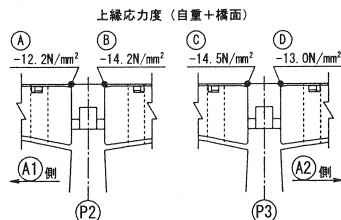


図-4 柱頭部の応力状態

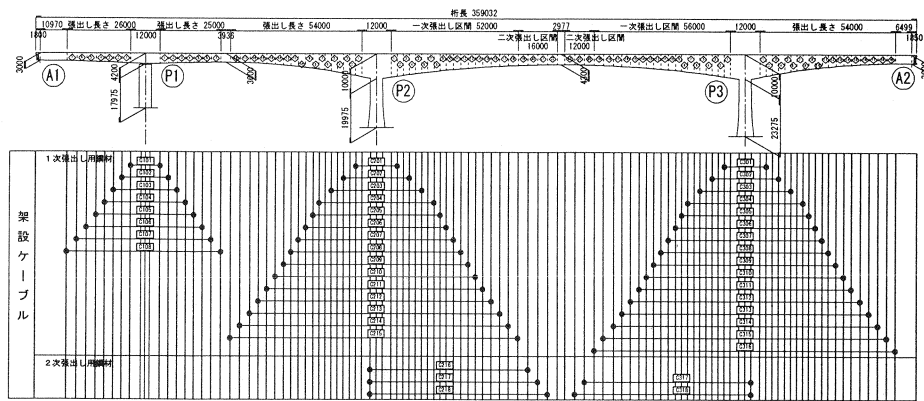


図-5 架設鋼材配置

4. 定着突起の FEM 解析

日本道路公団 設計要領第二集に準じて、外ケーブルが偏向及び定着される箇所については、FEM 解析により形状を検討した。FEM 解析は、①定着突起、②支点横桁 (P1)、③柱頭部定着位置 (P2,P3)、④端横桁部 (A1,A2)、⑤架設鋼材偏向部 (リップ部)、⑥連続鋼材偏向部 (ディビエータ部) について実施し、以下の設計方針に沿って形状及び配筋量を決定した。

- ・ FEM 解析で発生するコンクリート主引張応力度は 3.0N/mm^2 程度以下となるよう、荷重載荷位置、部材寸法を設定した。
- ・ 外ケーブル 19S15.2 の導入直後の状態を想定して、作用力として $0.7\sigma_{pu}$ を用いた。
- ・ 主応力を x,y,z 成分に分解し、発生引張応力度が 0.5N/mm^2 以上の箇所について配筋検討を行った。

図-6,7に定着突起における FEM 解析結果及び突起形状・配筋を示す。定着突起についての FEM 解析は、表-4に示す項目をパラメータとした代表的なケースについて解析を行い、形状を決定した。

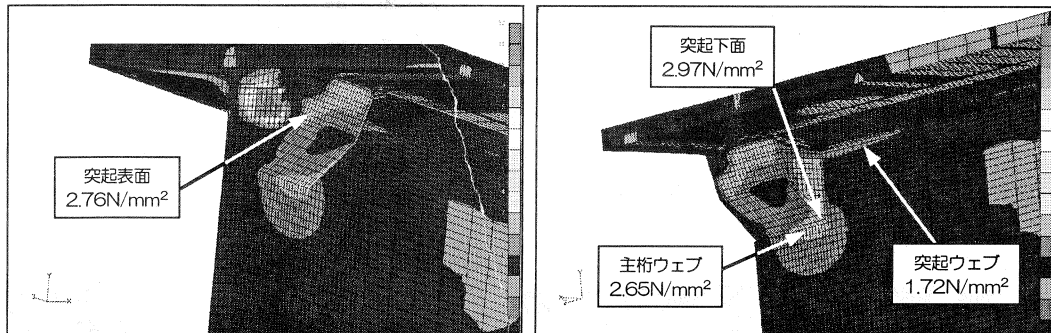


図-6 FEM 解析結果 (主応力図)

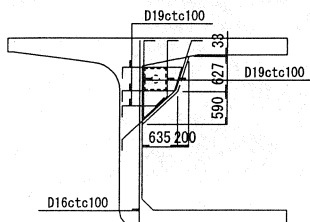


図-7 突起形状及び配筋

表-7 解析パラメータ

桁高	3000m~5400m	
ウェブ厚	250m~650m	
定着角度	水平方向	$0^\circ \sim 10^\circ$
	鉛直方向	$0^\circ \sim 4'21''$
水平リップ高さ	330m~890m	

上表のパラメータから、実際存在する 33 タイプの内、代表的な 8 タイプを解析

定着突起の検討では、FEM 解析の他にせん断伝達耐力の検討を行い、安全性を確認している。

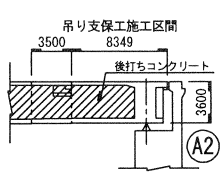
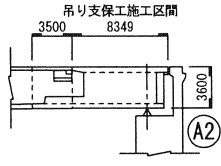
5. A2 側径間部のカウンターウェイト構造

本橋は3でも述べた通り、P2~P3 の支間長が他の支間と比較して長い為、二次張出し施工が必要であった。そのため、P3~A2 径間では以下の問題があった。

- ・ 架設時 (二次張出し施工中) と完成系で主桁の応力状態が反転する。すなわち、架設時には支間中央の上縁が引張、下縁が圧縮となり、完成系では橋面及び活荷重により上縁が圧縮、下縁が引張となる。
- ・ P3 橋脚が A1 側に倒れ込むことから、橋脚下端に過大な曲げモーメントが作用する。
- ・ A2 支点で負反力が生じる。

これに対して、基本設計では A2 側径間にカウンターウェイトを設置する案が計画されていたが、詳細設計ではカウンターウェイトの構造詳細を見直し、合理化した。

表-8 カウンターウェイト構造の比較

	構造	構造上の利点・欠点
(案1) 後打ち施工案	 <p>側径閉合後、後打ちコンクリートにより、カウンターウェイトを設置する案。(基本設計案)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ 下床版で後打ちコンクリートを支えるため、下床版とウェブへの負担が大きくなる。 ・ 外ケーブル定着部が後打ちコンクリートで埋まるため、メンテナンスができない。 ・ 耐震連結装置が後打ちコンクリートで埋まる。 ・ 躯体と後打ちコンクリートの一体性に疑問が残る。
(案2) 横桁拡幅案	 <p>吊り支保工施工時に横桁を拡幅し、カウンターウェイトとする案。プレグラウト鋼材にて補強した。(詳細設計案)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ 最大張出し時にカウンターウェイトを打設するため、(案1)より施工性がよい。 ・ 側径間は吊り支保工により2回に分けて施工されるが、吊り支保工の剛性を上げ、かつ第一ロッド分の自重を自立させるため補強する必要がある。

詳細設計では案2を採用したことにより、A2 支点の負反力を解消するとともに、支承反力を 4200kN から約半分の 2100kN に低減した。これによって、支承形状も小型化された。更に P3 橋脚下端に発生する死荷重作用時の曲げモーメントも、400000kN・m に対して、5%程度軽減することができた。

6. おわりに

6月現在、本橋は柱頭部の施工が完了したのみである。同時発注された上河和橋 (PC3 径間連続ラーメン箱桁橋) も含めて、最盛期にはワーゲン 10 機により張出し施工されることとなる。本橋は、国内最大級の支間長を有し、かつ不等径間であるため、設計では特に二次張出し部の PC 鋼材配置の検討に時間を要した。

最後に本橋の設計・施工に際し多大な御尽力を頂いた関係各位に深く感謝の意を表する次第である。

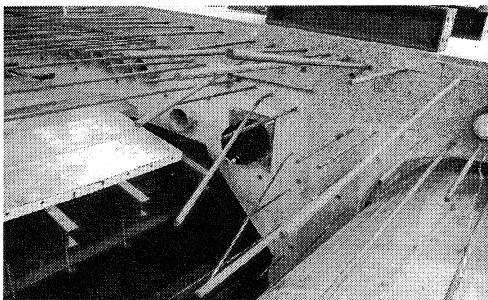


写真-1 外ケーブル定着突起

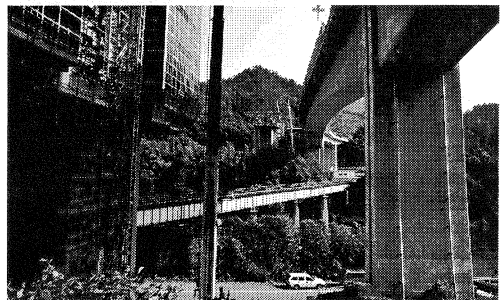


写真-2 現況

参考文献

- 1) (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，2001
- 2) PC 建設業協会ホームページ：http://www.pcken.or.jp/jisseki/nihon.html