

(119) 東山崎高架橋(PRC中空床版連続ラーメン橋)の設計と施工

住友建設(株) P C設計部 正会員 ○細 野 宏 巳
 J H 四国支社 構造技術課 安 藤 博 文
 J H 四国支社 高松工事事務所 吉 川 泰 仁
 住友建設(株)・(株)富士ビィ-エヌ共同企業体 正会員 児 山 祐 樹

1. はじめに

東山崎高架橋は、四国横断自動車道が高松市内を通過する位置に建設しているPRC中空床版連続ラーメン橋である。本工事は、東山崎高架橋(4連:5+5+4+4径間)、長洲高架橋(1連:6径間)および前田西高架橋(2連:5+5径間)の3橋(全7連:34径間)を建設する工事である。

本橋の設計的、構造的および施工的特徴は、以下の通りである。

- ・平成10年7月に改正された設計要領第2集に準じたPRC構造の設計を行っていること。
- ・円筒型枠の一部に、環境に配慮した発泡ポイドを採用したこと。
- ・大型移動吊り支保工(以後、移動支保工と呼ぶ)による場所打ち施工を行うこと。
- ・各橋梁間の移動支保工の移動は、既設桁橋(現在、施工中)上を通過するため、既設橋梁の設計時点で、移動支保工の通過を考慮した照査および補強を決定したこと。

本稿は、東山崎高架橋の設計と施工について報告するものである。

2. 橋梁概要

本橋の橋梁概要を表-1、に全体一般図を図-1に示す。

本橋は、1998年6月に詳細設計に着手し、同年11月から柱頭部の製作を、1999年1月から移動支保工の組み立てを開始し、同年6月末現在で、第3径間の施工中である。

表-1 橋梁概要

工事名	: 四国横断自動車道 東山崎高架橋(PC上部工)工事
架橋位置	: 香川県高松市東山崎町~前田西町
構造形式	: PRC中空床版連続ラーメン橋
総延長	: 1,047.0m(34径間)
支間長	: 26.5~40.5m
有効幅員	: 2×9.25m
工期	: 1998.6~2001.2

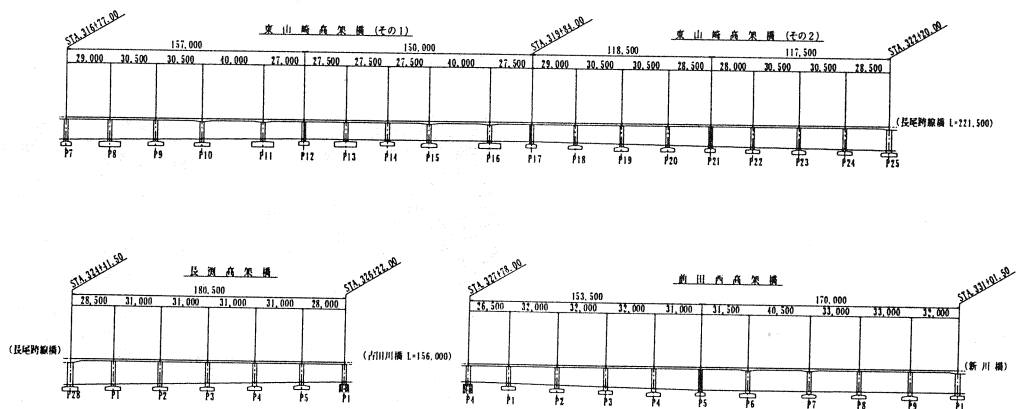


図-1 全体一般図

3. 構造

本橋の代表的な上部工構造一般図の側面図および主桁断面図を図-2および図-3に示す。

上下線は、両張出し床版間で20mmの隙間を保持して分割しており、橋脚上で横桁を介して一体化している。

東山崎高架橋：P10～P11径間、P15～P16径間、前田西高架橋：P6～P7径間は、市道が高架橋下を横切る位置にあるため、支間長で40.0mまたは40.5m必要となることから、桁高が通常部の1.5mから、1：10の勾配で、2.1mまたは2.0mに漸増する。

また、長尾跨線橋<PRC3径間連続箱桁橋>と新川橋<(鋼+PRC)5径間連続複合橋>の掛け違い部である東山崎高架橋：P25橋脚上部と前田西高架橋：P1橋脚上部では、桁高の連続性を考慮して、通常部の1.5mから、1：5の勾配で、2.2mおよび2.18mに漸増する。

張出し床版内に配置される円筒型枠(φ900, 500)には、発泡ポイドを採用した。発泡ポイドの配置状況を写真-1に示す。

発泡ポイドに使用する発泡スチロールは、リサイクル率10%の製品であり、最近注目を浴びている環境問題に少しでも対応するために採用した製品である。

現場には、定尺2.0mで搬入し、既設橋面で円筒端部の凹凸形状を連結し、所定の位置に配置する。

円筒型枠の固定には、全ネジボルト：φ12を1.0mピッチで配置し、上下のバンド(平鋼：1.0mm)およびナットにて緊結する。鋼製円筒型枠と比較して、単位重量が1/3程度(14kgf/m³)と小さいため、張出し部での円筒型枠の配置を人力で行うことができることから配置作業が容易になる。

現在、JH四国支社を中心として、発泡ポイドの材料特性、施工性および歩掛かりなどについての実績調査を行い、発泡ポイドに関する規準化を進めているところである。

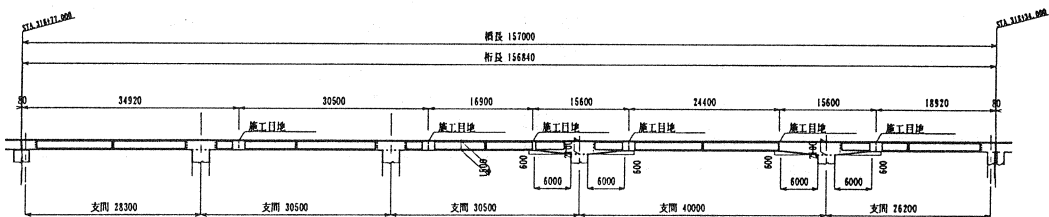


図-2 上部工構造一般図

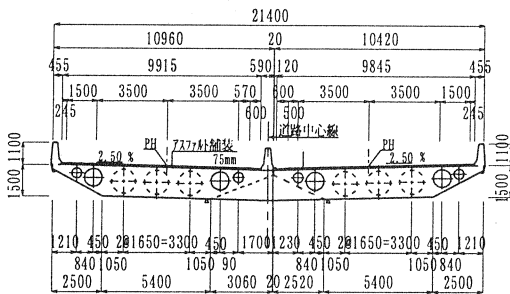


図-3 主桁断面図

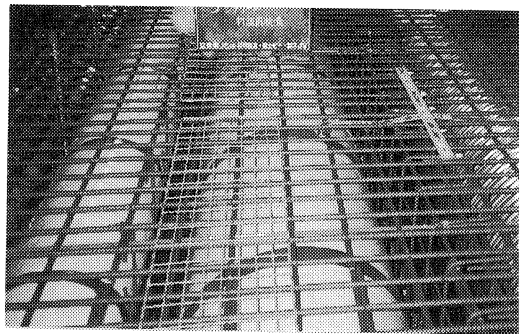


写真-1 発泡ポイド配置状況

4. 設計

4.1. 設計概要

本橋の設計は、平成10年7月に改訂された設計要領第2集に準じて、ひび割れを制御したP R C構造としての設計を行った。ひび割れ制御方法は、方法A：コンクリートに生じるひび割れを、ひび割れ幅の制限値まで許容する方法とした。

改訂された設計要領を受けて、本橋での基本設計との主な変更点は、以下の通りである。

- ①かぶりを優先した設計を行うため、基本設計時点の純かぶり(35mm)から、標準かぶり(45mm)＝最小かぶり(35mm)＋かぶりの余裕分(10mm)を確保するため、かぶり厚が10mm増加した。
- ②耐久性の向上を目的に、地覆、壁高欄のコンクリート設計基準強度が、24N/mm²から30N/mm²(A1-1)に変更された。

また、耐震設計は、非線形静的解析にて行い、上部工を降伏させない設計を行った。

4.2. 全死荷重時のひび割れ制御

P R C構造の設計において、1例として、全死荷重時のひび割れ幅制御方法の設定について述べる。

設計要領では、方法Aの設計法において、全死荷重時は、耐久性確保の点から有害なひび割れを発生させないことを目的にひび割れ制御を行うことを規定しており、その場合、方法Bによる縁引張応力度の制限値($f_{tk}=13.3\text{kgf/cm}^2$)を目安とすることが記述されている。この値が目安値であるため、本橋では、ひび割れ幅の制限値に着目した縁引張応力度を算出して、ひびわれ発生限界縁引張応力度(縁引張応力度の下限値)として設定した。

設定方法は、以下の通りである。

- ①許容ひびわれ幅の算定式から、ひび割れ幅の制限値： $W_a=0.005C$ となる鉄筋応力度： σ_s を算出

$$W_a = k \cdot \{4C + 0.7(Cs - \phi)\} (\sigma_s / E_s + \epsilon_{cs})$$

$$k : 1.0$$

$$C : \text{通常の鉄筋純かぶり} : 45 + 13 = 58\text{mm}$$

$$Cs : 20\text{cm}$$

$$\phi : 19\text{mm}$$

$$E_s : 2.1 \times 10^6 \text{ kgf/cm}^2$$

$$\epsilon_{cs} : 0.0$$

ひび割れ幅の制限値となる鉄筋応力度： σ_s は1700kgf/cm²となる。

上縁の場合は、ひび割れ幅の制限値： $W_a=0.0035C$ となるため、70%($\sigma_s=1200\text{kgf/cm}^2$)となる。

- ②上(下)側鉄筋が受け持つ力とコンクリートに生じる引張応力度の合力が釣り合うと仮定して、コンクリートの引張応力度： σ_c を算出

(ただし、上、下側とも考慮するコンクリート部は、ポイドのかぶり分である150mmとする)

$$A_s \times \sigma_s = 15 \times C_s \times \sigma_c \quad (A_s : \text{配置鉄筋量})$$

本橋での最小鉄筋配置は、D19ctc200であるため、コンクリート応力度： σ_c は、以下のようになる。

$$\begin{array}{cc} \text{下側} & \text{上側} \end{array}$$

$$A_s : D19ctc200 \rightarrow \sigma_c = 16.2 \text{ kgf/cm}^2 \quad (\sigma_c = 11.3 \text{ kgf/cm}^2)$$

もともと目安値として、寸法効果の影響を考慮した引張応力度の制限値： f_{tk} は、13.3kgf/cm²であるため、最小の鉄筋径およびピッチ：D19ctc200でのひび割れ幅の制限値から換算したコンクリートの縁引張応力度： σ_c を16.2 kgf/cm²($\sigma_c=11.3 \text{ kgf/cm}^2$)と設定すれば、いかなる鉄筋配置においても、全死荷重作用時にひび割れが発生しないこととなる。

本橋では、設計荷重時で部材を設定した後に全死荷重時の照査を行った結果、すべての部材において、コンクリートのひび割れ発生限界縁引張応力度を満足した。

4.3. 耐震設計

耐震設計は、非線形静的解析にて行うこととし、動的解析については、同一構造系で詳細設計を先行して行っている六条高架橋の結果を適用することとした。

非線形静的解析は、主桁断面は降伏させないものとしているために線形部材に設定し、橋脚断面はファイバーモデルに分割して材料非線形を考慮した非線形部材にモデル化した。

P R C 設計で決定している鋼材配置で非線形静的解析を行い、上部構造に降伏域が発生した断面については、降伏しないために必要な抵抗モーメントが確保できる鉄筋を追加配置して、降伏させないこととした。

その結果、地震時保有水平耐力レベルで、両端部から2番目の橋脚、非常駐車帯両側の橋脚および長支間部の両橋脚の柱頭部付近に追加鉄筋を配置すれば、全径間の保有耐力が確保できることが確認できた。

上記した橋脚付近に作用力が集中した理由は、端部橋脚の剛性が小さいことや橋脚の上部工荷重分担率の違いが顕著に現れたことが原因であると考えている。

4.4. 移動支保工の既設桁通過の検討

東山崎高架橋と長洲高架橋、長洲高架橋と前田西高架橋の間には、それぞれ現在施工中（通過時は主桁完成）の長尾跨線橋<P R C 3 径間連続箱桁橋>と吉田川橋<鋼+P R C> 3 径間連続複合橋>がある。

工期短縮を図るため、移動支保工の全体解体・再組立を行わずに、底板などの一部解体後、両橋を通過することを計画した。両橋の通過により、移動支保工の解体・再組立を行う場合と比較して、約260日の工期を短縮することができる。

詳細設計の段階より、長尾跨線橋 J V および吉田川橋 J V の協力を得て、移動支保工通過による検討を行い、最適な通過ステップと補強方法を決定した。

長尾跨線橋の通過ステップを図-4に、通過時の応力検討結果を表-2に、詳細設計時点（P R C 設計）と移動支保工通過による鉄筋配置比較図を図-5に示す。検討荷重は、自重、移動支保工重量に、橋面荷重および作業荷重を考慮した。

その結果、P R C 設計での数量と比較して、鉄筋数量で約4.6tfの増加となり、大きな補強なしでの通過が可能となった。

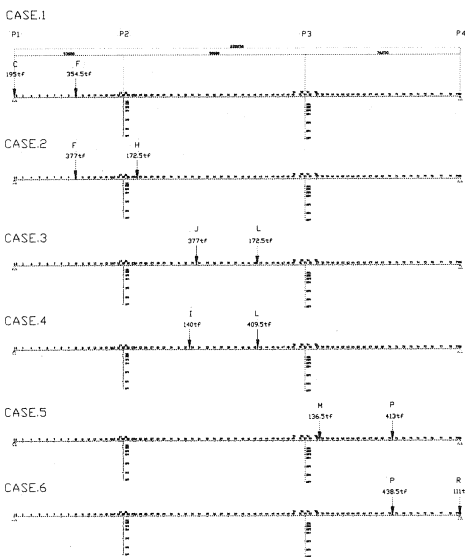


図-4 通過ステップ図

表-2 通過時の応力検討結果

	NO.5	NO.22	NO.34	NO.55	NO.69	NO.71	
曲げモーメント(tm)	2857.7	-23179.6	4767.2	-38759.3	6385.4	9915.0	
曲げ応力度(kgf/cm ²)	上 緣	49.3	-23.7	60.5	-34.7	89.1	112.3
	下 緣	-45.1	120.3	-38.7	128.9	-51.8	-69.3
鉄筋応力度(kgf/cm ²)	1487.5	517.4	1146.4	1055.6	1584.6	2114.5	
(許容応力度)	(2250.0)	(2250.0)	(2250.0)	(2250.0)	(2250.0)	(2250.0)	
曲げひび割れ幅(cm)	0.0208	0.0093	0.0162	0.0190	0.0225	0.0300	
(許容ひび割れ幅)	(0.0306 下緣)	(0.0216 上緣)	(0.0306 下緣)	(0.0216 上緣)	(0.0306 下緣)	(0.0306 下緣)	
配置鉄筋	D25etc100	D13etc200	D25etc100	D13etc200	D22etc200	D22etc100	
荷重の組み合わせ	D+Lmax	D+Lmin	D+Lmax	D+Lmin	D+Lmax	D+Lmax	

注) 曲げモーメント算出時の荷重組み合わせ: 自重+橋面(舗装なし)-移動支保工重量-作業荷重

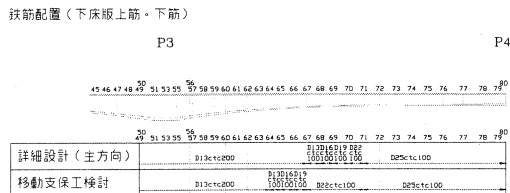


図-5 鉄筋配置比較図

5. 施工

5.1. 施工概要

施工は、移動支保工による分割施工で、東山崎高架橋より前田西高架橋に向かって、順次、施工を行っていく。上・下線を一括施工し、支保が配置されていない柱頭ブロックおよび桁高変化のある柱頭部は、移動支保工施工に先行して、現場打ち支保工施工を行う。

非常駐車帯を持つ径間(東山崎高架橋:P8~P9径間、P22~P23径間、長洲高架橋:P4~P5径間、前田西高架橋:P2~P3径間)の拡幅張出し部は、移動支保工の能力より、最外縁の円筒型枠(φ500)の内側に打ち継ぎ目を設けて、後施工とした。

また、材料ヤードが高架橋上および桁下にしか確保できないため、各橋梁の第1径間の上下線中央部には、荷揚げ設備を設置し、材料を取り込むための荷揚げ用開口部(15.0m×3.7m)を設けた。

5.2. 移動支保工施工

移動支保工の構造図を図-6に、移動要領図を図-7に示す。

上下線一括施工を可能とするため、主梁を2本配置(高さ:3000×幅:1600,2950)する構造を採用した。

主桁がP R C構造のため、支保工移動時に極力橋脚付近で反力を受けることができるように、主梁は全長92.0mとした。また、橋脚形状が、橋脚直角方向幅で基部:5.0m、主桁付近:11.0mに漸増する幅の狭い形状のために、主梁の支持架台の間隔は、8.5mとした。

移動支保工の型枠装置の設定は、以下の項目に着目して、全幅:24.69mとし、底版型枠は移動支保工内吊り装置により解体・組立ができる構造とした。

- ①高架橋直下の国道の交通の妨げにならない型枠解体・組立作業ができること。
- ②国道に設置している照明柱に接触しないこと。

移動支保工の全装備重量は、1,300tfとなる。

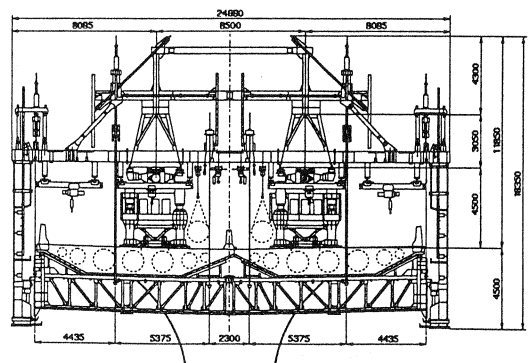


図-6 移動支保工構造図

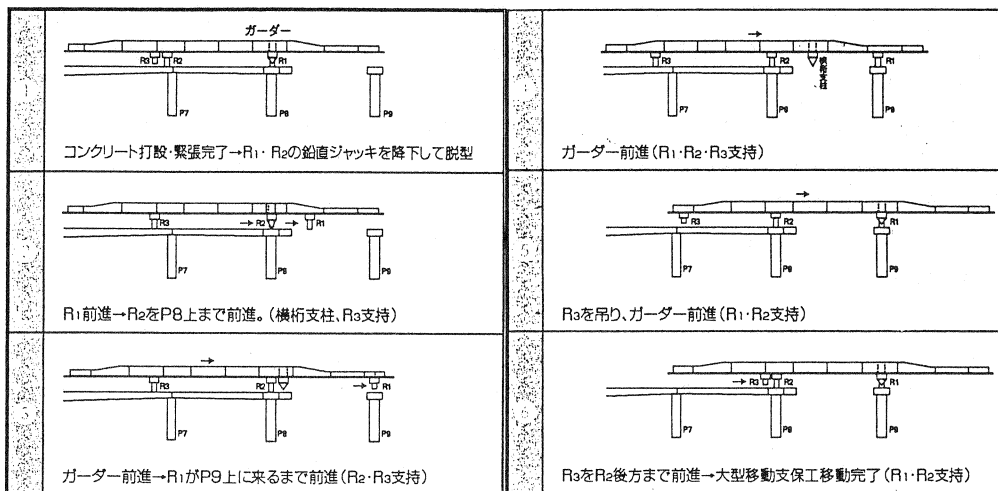


図-7 移動要領図

移動支保工の組立作業は、東山崎高架橋：P 4～P 7 径間でP R C 3 径間連続ラーメン橋の施工が行われていることから、P 8～P 9 径間で行い、組立完了後、P 7～P 8 径間施工のためにバックした。1999年1月から組立作業に入り、同年5月初旬にP 7～P 8 径間にバックを完了した。移動支保工の設置状況を写真-2に示す。

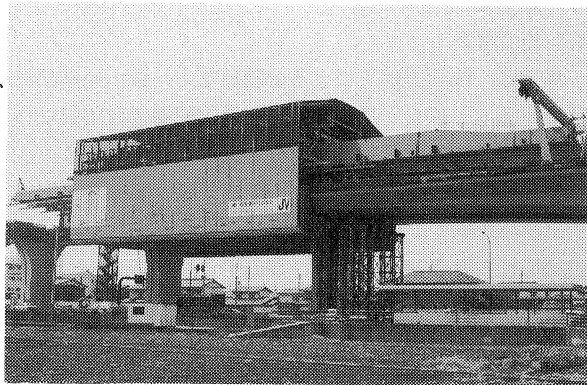


写真-2 移動支保工全景

大型移動吊り支保工のサイクル工程を図-8に示す。1サイクル工程は、18日である。P R C 構造のために鉄筋組立作業と移動支保工の移動・型枠組立作業がメインの作業となる。

移動支保工内に型枠を支持する吊り鋼棒がかなり密なピッチで配置されているため、大幅な鉄筋のプレハブ化を行うことはできないが、P C 鋼材配置が少ないことと、上下線一括施工によるスケールメリットを利用して、今後、サイクル工程の短縮に努めたいと考えている。

6. まとめ

本橋の特徴をまとめると、以下に示す項目となる。

- 1) P R C 設計のひび割れ制御方法Aにおいて、全死荷重時のひび割れ幅の制限値に方法Bの縁引張応力度の制限値を適用し、その下限値を設定した。本橋では、その下限値による全死荷重時の照査を行った結果、すべての断面において、縁引張応力度を満足した。
- 2) 耐震設計を行った結果、橋脚の耐力が確認でき、上部工を降伏させないために、両端部から2番目の橋脚、非常駐車帯両側の橋脚および長支間部の両橋脚の柱頭部付近では、P R C 設計で決定した鉄筋配置以上の補強鉄筋量が必要となった。
- 3) 張出し部の円筒型枠に発泡ポイドを採用したことで、円筒型枠の配置が人力で容易にできる。
- 4) 移動支保工の底版型枠を吊り装置を使用した解体、組立方式とし、支保工幅を24.69mとしたことで、施工区間付近の電柱などの添加物や直下の交通に支障なく施工できる。
- 5) 移動支保工の既設桁の通過について、各橋梁の詳細設計時点から検討を行ったため、最適な通過ステップと補強方法が採用できた。

7. おわりに

本橋は、現在、急ピッチで移動支保工施工を進めており、2000年3月頃に、長尾跨線橋を通過する予定である。

最後に、本稿が今後、P R C 中空床版橋の設計と大型移動吊り支保工施工の一助となれば幸いである。本橋の設計、施工にあたりご指導いただいた関係各位に感謝の意を表する次第である。

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
型枠組立	■																	
鉄筋組立			■	■	■	■	■	■	■	■	■							
PC鋼材組立																		
円筒型枠組立																		
コンクリート打設																		
養生																		
緊張																		
支保工移動																		

図-8 サイクル工程