

PRC連続ラーメン主版桁橋（鍛冶屋敷橋）の設計

鹿島建設（株）・（株）安部日鋼工業共同企業体 正会員 ○梅本 和裕
 西日本高速道路（株）関西支社 大津工事事務所 工事長 井手 俊也
 西日本高速道路（株）関西支社 大津工事事務所 小林 康範
 八千代エンジニアリング（株） 正会員 平木 伸尚

1. はじめに

第二名神高速道路鍛冶屋敷橋は、滋賀県甲賀郡信楽町黄瀬地内に位置する信楽インターチェンジにランプ橋として架かるPRC5径間連続ラーメン主版桁橋である。

本橋は、平成11年度に橋長が約140mのPC3径間連続ラーメン箱桁橋として基本設計がなされたが、その後インターチェンジ土工区間において鍛冶屋敷遺跡が出土したことに伴い土工区間を橋梁に変更することとなった。基本設計の修正は、下部工が一部施工された状態で平成16年度に橋長192.5mのPRC5径間連続ラーメン主版桁橋に変更して行われた。

本橋は、P3橋脚からA2橋台に向かってY字状に分岐する構造であり、またP1およびP2橋脚支点部が、図-1に示すように橋脚と上部工の剛結部において非常に大きい張り出し構造を有し、上部工幅に比べ橋脚幅が小さい構造となっている。

本稿では、このような特徴を有する橋梁上部工の設計のうち、中間支点部の設計および耐震設計の概要について報告する。

2. 橋梁概要

本橋の断面緒元を表-1に、主要数量を表-2に示す。図-1に一般図を示すが、本橋は以下のような特徴を有している。

- 1) A1～P1径間内にR=120mの曲線を有している。
- 2) 支間長比が、「1.0 : 1.0 : 1.2 : 1.8 : 1.2」と不等径間長となっている。
- 3) P3～P4径間の支間長が、55.0m (Aランプ) および54.0m (Bランプ) と長支間を有する。
- 4) P3橋脚からA2橋台に向かってY字状に分岐する構造となっている。
- 5) P3橋脚およびP4橋脚部の主桁断面が箱桁形状となっている。

断面形状は、4主版桁からP3橋脚部で箱桁（1Box 3Cell）へ変化し、P3橋脚部での箱桁の分岐（1Box 1Cell×2）から2主版桁へ変化する。さらに、P4橋脚部で箱桁（1Box 1Cell）となり、再び2主版桁へと変化する。

- 6) 固定支保工による1径間毎の分割施工であるが、形式の特性上から、P3橋脚およびP4橋脚部の箱桁断面部は、支間部より先行施工とした。

表-1 断面緒元

橋名	鍛冶屋敷橋
道路規格	A規格ランプ
構造形式	PRC5径間連続ラーメン主版桁橋（支点部箱桁形状）
橋長	A1～P3径間：4主版桁、P3～A2径間：分岐断面2主版桁 192.500m（道路中心線寸法）
支間長	Aランプ：30.600+31.000+38.000+55.000+36.100m（#） Bランプ：30.600+31.000+38.000+54.000+37.100m（#）
幅員構成	Aランプ：6.75m (GE1) ～ 10.673m (GE2) Bランプ：6.855m (GE1) ～ 11.270m (GE3)
平面線形	R = 120m ～ A = 70m ～ R = ∞m ～ R = 300m
縦断勾配	3.500%
横断勾配	Aランプ：10.000% ～ 0.000% ～ 4.000% Bランプ：10.000% ～ 2.500% ～ 4.000%
架設方法	固定支保工（分割施工）

表-2 主要数量

項目	仕様	単位	数量
コンクリート	σ _{ck} = 36N/mm ²	m ³	3195
	PC鋼材引張 （プレグラウト鋼材）	主方向	SWPR19L 1S28.6
横方向		SWPR19L 1S28.6	11916
		SWPR19L 1S21.8	1263
鉄筋	SD345	t	453

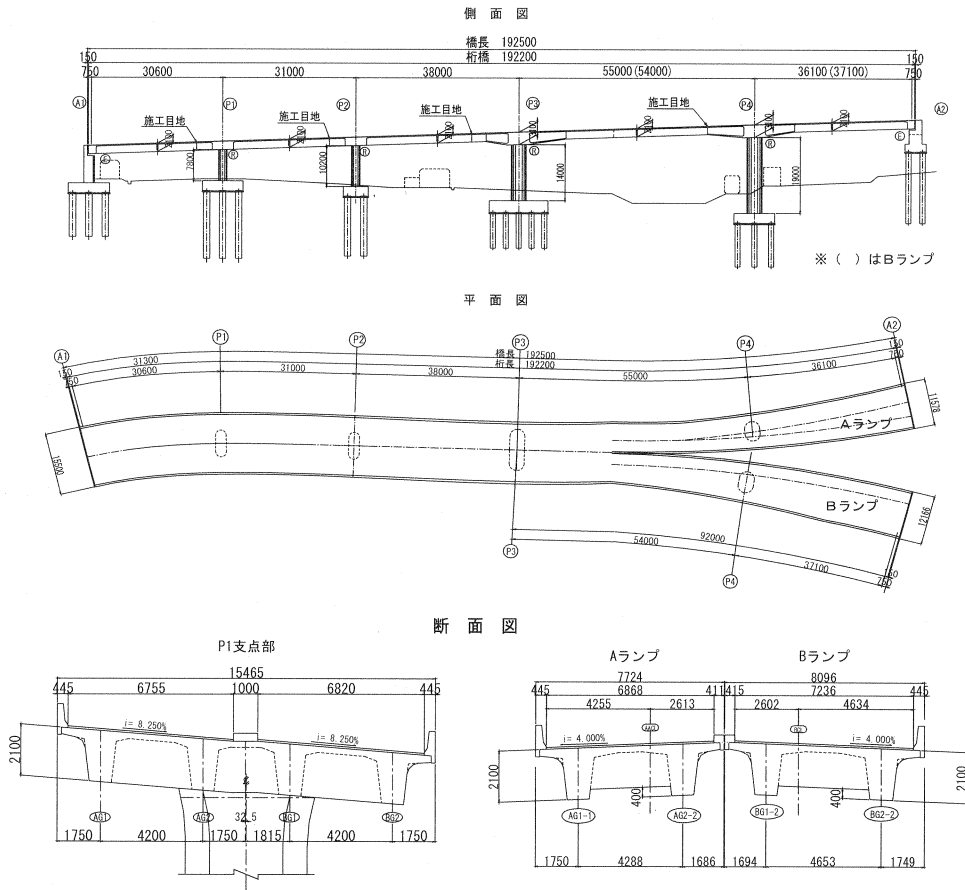


図-1 一般図

3. 中間支点部の設計概要

3.1 主桁の設計概要

P1およびP2橋脚は、上部工断面が4主版桁で橋脚形状(幅5.0m×厚さ2.0m)が小さくピルツに近い構造となっている。当該橋脚部の支点横幅は、橋軸方向が5.0m、橋軸直角方向は上部工幅であり両方向とも橋脚から張出した形状となっている。4主桁のうち外桁は、中間支点横桁を介して間接的に支持された構造となる。また、2.橋梁概要で示すような特徴を有する構造より、各主桁の断面力分担率を把握し設計に反映させるために、主方向の断面力は、死荷重・活荷重を任意形立体骨組解析、それ以外のクリープによる断面力等は任意形平面骨組解析により算出した。

橋脚支点部立体格子モデルは、主桁が支点横桁によって剛結された4主桁モデルで、横方向の剛性は、橋脚幅(B=2.0m)、橋脚幅外(B=1.5m)に分け剛性評価を行った。ねじり剛性は、横桁幅(B=5.0m)全断面で剛性評価を行った。その結果、外桁と中桁の主方向曲げモーメントの分担比率は、間接支持された外桁の分担率が中桁に対して0.72となった。

設計断面は、外桁は橋脚中心位置、中桁は橋脚柱端部とした。中間支点部立体格子モデルを図-2に示す。

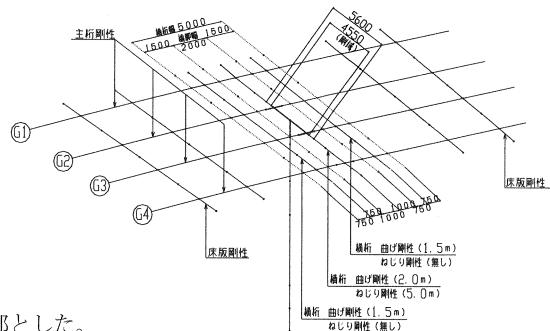


図-2 中間支点部格子モデル

外桁と中桁の曲げモーメント図を図-3に、各主桁分担比率を表-3に示す。

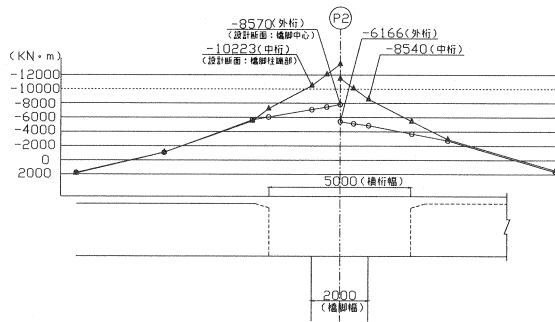
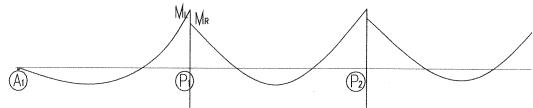


図-3 曲げモーメント図

表-3 各主桁分担比率

各主桁分担比率		G 1 桁	G 2 桁	比率
		外桁	中桁	
P1 (4 主桁)	ML	-11096	-14357	0.77
	MR	-4746	-6615	0.72
P2 (4 主桁)	ML	-8570	-10223	0.84
	MR	-6167	-8340	0.74
P3 (2 主桁)	ML	-22060	-20055	1.1
	—	—	—	—



3. 2 支点横桁の設計概要

設計に用いる断面力は、立体骨組解析により算出し、耐久性確保の観点から死荷重時はフルプレストレスとし、設計荷重時はひび割れを発生させないようコンクリート応力度を制限した。横桁 PC 鋼材本数は、横桁部材を橋脚上の部分 (B=2.0m) と両側の張り出し部分 (B=1.5m) に 3 分割して本数を算出した。

横桁 PC 鋼材配置は、横桁を介して外桁を支えている構造のため上縁側に横締め鋼材を多数配置する必要がある。主桁連続ケーブルおよび下部工から多重配置された主鉄筋が交錯する配置となる。このため、それら为了避免するように定着できる範囲が制限される状況の中、図-4に示すようにケーブル配置を行った。

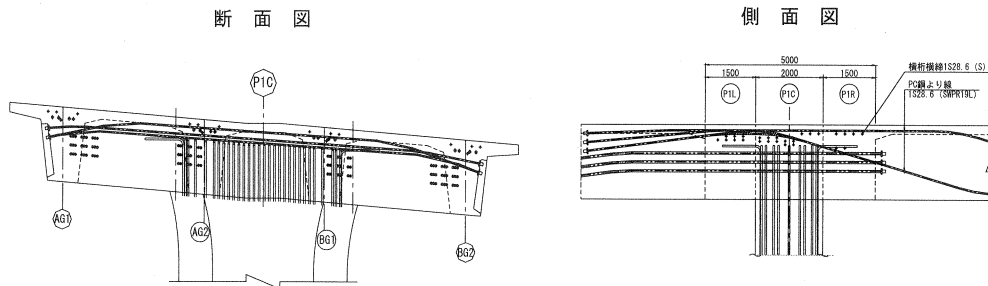


図-4 横締め鋼材配置図

4. 非線形動的解析

4. 1 解析手法および解析モデル

(1) 解析手法

本橋は、地震時の挙動が複雑な構造であることから、橋梁全体の立体骨組モデルにより非線形動的応答解析を行った。橋軸方向における応答曲げモーメントに対する許容曲率は、1)引張側に緊張した PC 鋼材を配置している場合は PC 鋼材が弾性限界に達する曲率、2)引張側に緊張した PC 鋼材を配置していない場合は最外縁鉄筋が降伏点に達する曲率とし、主桁に生じる最大応答曲率をこの許容曲率以下となる設計を行った。

(2) 解析モデル

1) 上部構造

上部構造は 1 本の棒モデルに置換し、橋軸方向解析時においては非線形はり要素によってモデル化し、橋軸直角方向解析時においては線形はり要素によりモデル化した。

上部構造の非線形特性を M-φ 関係で表し、トリリニア型原点指向型の復元モデルを設定した。

2) 下部構造

橋脚柱部に発生する曲げモーメントによって構造系の終局状態を判定するために、非線形はり要素モデル(M-φモデル)を設定した。本橋は一連の橋梁内にて橋脚高が大きく変化するため、特定下部工に断面力が集中することにより、仮定した塑性ヒンジ長と異なる可能性があるため柱全部材をM-φモデル化した。橋脚の梁およびフーチングについては線形はり要素としてモデル化した。

3) 減衰力のモデル化

部材減衰定数は、一般に使用されている Rayleigh 減衰マトリックスを用いることとした。固有値解析で水平方向の振動が卓越する2次・13次(橋軸方向)の振動数、並びにひずみエネルギーを比例減衰法で求められるモード減衰より算出した。また、各構造要素の減衰定数は、上部構造 2%、下部構造 2%、基礎 20%とした。図-5に固有振動モードを示す。

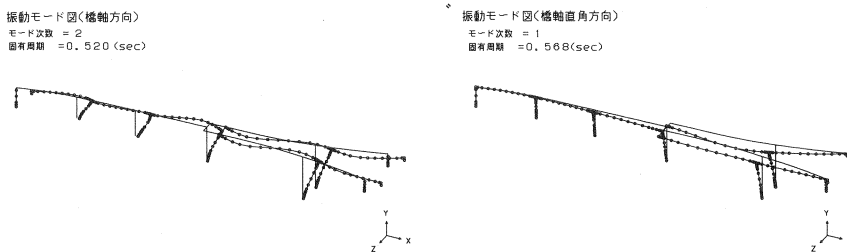


図-5 固有振動モード (橋軸方向・橋軸直角方向)

4. 2 耐震性能の照査

動的解析による耐震性能の照査は、1)橋脚の応答曲率が降伏曲率以下であること、2)応答せん断力がせん断耐力以下であること、3)橋脚の残留変位が許容残留変位以下であること、のいずれについても満足する結果が得られた。上部工構造の安全性の判定は、曲げモーメントおよびせん断力に対して行った。曲げモーメントについては、各断面の応答曲げモーメントが許容曲率に対応した許容曲げモーメント以下であること。せん断耐力については、最大応答せん断力がせん断耐力以下であることを照査した。震度法で決定された鉄筋量について非線形動的解析を実施し、この結果において曲率が応答値>耐力となる部材に対して上部工の鉄筋補強を行い安全性の確認を行った。以上の照査結果のうち応答曲げモーメントと降伏モーメントの結果を図-6に示す。

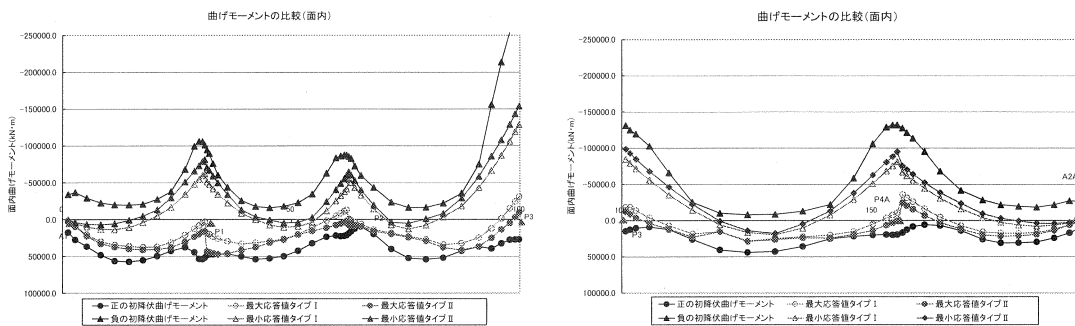


図-6 主桁応答曲げモーメント

5. おわりに

本報告は、詳細設計において本橋が有する特徴を踏まえて行った検討について述べた。

本橋は、平成 18 年 5 月現在 P3, P4 橋脚柱頭部の施工を行っており今後順次 A2 側からの施工を経て平成 19 年春に完成する予定である。

本報告が今後、同種橋梁の設計の参考になれば幸いである。