

既設鋼製橋脚と新設鋼製橋脚のラーメン化に伴う耐震設計の検討報告（その2）

株式会社オリエンタルコンサルタンツ
首都高速道路株式会社

正会員 ○松本 直士, 小林 菜美, 松沢 政和
正会員 右高 裕二, 矢戸 晃二

1. はじめに

本稿では、第1編に続き、既設鋼製単柱橋脚に横梁と柱を新設したラーメン橋脚に対する動的解析を用いた耐震照査結果について詳述する。具体的には、既設構造物と新設構造物を一体化するにあたって、新設構造物側の基礎の剛性や上載荷重を変更することで、既設構造物の応答を低減し、現行基準を満足するか検討した。本論では、対象橋梁において基礎の剛性や上載荷重が既設構造物に与える影響を報告する。

2. 検討における課題

既設橋脚の基部にはSM570材が使用されているが、現行道示で規定される限界ひずみの算定式は適用できない。如何にして既設橋脚への分担を低減できるかが課題であった。本橋では特に応答ひずみが大きかった既設のP7L橋脚に着目した。

3. 検討ケース

本橋の検討ケースを表-1に示す。本検討では、床版形式と高欄種別を鋼・コンクリートで2種類と、基礎杭本数の変更に伴う基礎ばね値2種類の影響を検討する。基礎構造は、既設橋脚の実施設計時（平成10年）に、杭本数14本で計画されていたため、その時の本数を適用した場合と、今回の検討で本線上部工の荷重強度が低減されるため、それらの荷重減に合わせて基礎構造が成立する杭本数を8本の場合の2種を比較するとした。また各ケースにおけるP7R、既設P7Lおよび既往文献¹⁾²⁾のパラメータを表-2、杭本数の変更に伴う構造概要および基礎ばねの特性について表-3に示す。なお本検討では、新設側の柱の断面形状を3000×3500とし、板厚も同一のモデルとしている。これは、表-1以外の条件をそろえ、着目した条件の影響を明確にするためである。

4. 動的解析結果

表-4に各ケースの橋脚基部における動的解析結

果（レベル2地震動タイプII橋軸直角方向）を示す。

動的解析の結果、新設・既設共に塑性化が生じている。但しいずれのケースにおいてもSM490材は、道示で規定される限界ひずみ以下であった。

表-1 上部構造の検討ケース

	主桁	床版	高欄	基礎ばね
Case1	鈑桁	合成床版	R C	ばね①
Case2	鈑桁	鋼床版	R C	ばね①
Case3	鈑桁	鋼床版	鋼製	ばね①
Case4	鈑桁	鋼床版	鋼製	ばね②

表-2 P7L-R および既往文献の橋脚パラメータ

		材料	N/Ny	λ	R _R	R _F
P7R (新設)	Case1	SM490	0.065	0.45	0.309	0.348
	Case2	SM490	0.058	0.45	0.309	0.343
	Case3	SM490	0.057	0.45	0.309	0.343
	Case4	SM490	0.057	0.45	0.309	0.343
既設 P7L		SM570	0.080	0.52	0.313	0.394

表-3 各橋脚基部および基礎のパラメータ

項目		柱断面	杭基礎	基礎ばね値 (橋軸直角方向)	備考
P7L(既設)		2500 × 3500	φ 1500 n=14	水平：1.19×10 ⁷ (kN/m) 回転：1.51×10 ⁸ (kN/rad) 連成：1.84×10 ⁷ (kN/m)	
P7R 新設	Case1	3000 × 3500	φ 1500 n=14	水平：7.14×10 ⁶ (kN/m) 回転：1.42×10 ⁸ (kN/rad) 連成：1.30×10 ⁷ (kN/m)	ばね ①
	Case2				
	Case3		φ 1500 n= 8	水平：6.84×10 ⁶ (kN/m) 回転：8.93×10 ⁷ (kN/rad) 連成：1.05×10 ⁷ (kN/m)	ばね ②
	Case4				

表-4 P7 橋脚の動的解析結果(直角方向タイプII)

	材料	新・旧	弾塑性	ε/ε _y	ε _a
Case1	SM570	L(既設)	降伏	2.70	—
	SM490	R(新設)	降伏	5.29	7ε _y ³⁾
Case2	SM570	L(既設)	降伏	1.48	—
	SM490	R(新設)	降伏	5.01	7ε _y
Case3	SM570	L(既設)	降伏	1.32	—
	SM490	R(新設)	降伏	5.00	7ε _y
Case4	SM570	L(既設)	降伏	1.41	—
	SM490	R(新設)	降伏	5.03	7ε _y

キーワード 鋼製橋脚, ラーメン橋脚, 動的解析, ひずみ低減

連絡先 〒151-0071 東京都渋谷区本町 3-12-1 株式会社オリエンタルコンサルタンツ TEL 03-6311-7851

表－5 既設 P7L 橋脚基部のひずみの低減率

入力条件		低減率(ひずみ比)
上載荷重	床版(合成⇒鋼床版)	-45% (1.48/2.70)
	壁高欄(RC⇒鋼製)	-11% (1.32/1.48)
基礎ばね	水平：4.3% 回転：27.9% 連成：23.8%	+7% (1.41/1.32)

5. 考察

本検討では、既設 P7L 橋脚基部の耐荷性能を確保するにあたり、入力条件が橋脚基部の応答ひずみに与える影響を考察する。各入力条件の変更による橋脚基部の応答ひずみの低減率を表－5 に示す。

5.1 上載荷重

①床版構造

床版の荷重強度は合成床版と鋼床版の重量比で 3 倍程度ある。これを橋脚高約 31.5m に適用した場合、既設橋脚のひずみ比で 45% 程度低減された。床版が全体重量の 1/3 程度と支配的であるため、これを改善することで橋脚基部の断面力低減に大きく寄与すると考えられる。

②高欄

次に高欄の種別の違いによる応答の変化は、単位 m あたりの重量比でコンクリート壁高欄が 3 倍程度重く、全体重量の 8% 程度である。これらの違いでは、ひずみ比で 11% 程度の負担軽減がなされる。

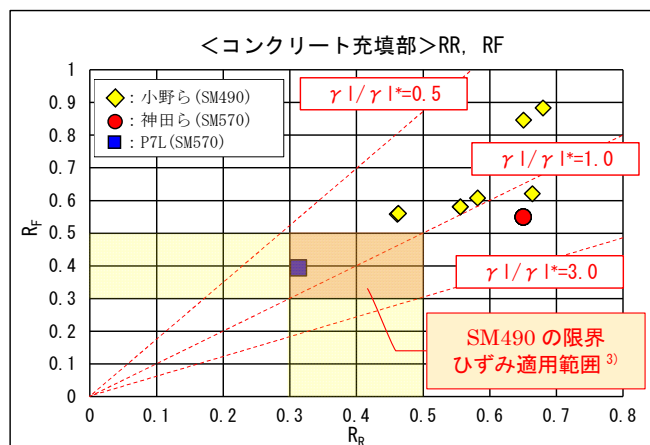
5.2 基礎ばね

基礎ばねの変化に伴う柱基部の応答は、場所打ち杭 6 本が減少により既設橋脚の負担が 7% 増加した。これは新設側の杭本数が減じられたことにより、基礎剛性が低下したためと考えられる。本橋の場合は、連成ばね値で 20% 程度低減した結果、ひずみ比で 7% の変動が見られた。

6. 今後の課題

本検討では、既設橋脚の基部に使用されている SM570 材が降伏しているが、道示³⁾の限界ひずみの算定式は適用不可である。神田ら¹⁾は SM570 材の限界ひずみに関する実験的検討を行っている。この結果に、SM490 材における検討²⁾と本橋 P7L 橋脚のパラメータをプロットしたグラフを図－1 に示す。本橋

の P7L 橋脚は、現行道示における塑性化を許容し且つ限界ひずみの算定式を適用可能な幅厚比 (R_R , R_F) と同等であり、またリブ剛比 (γ_l/γ_l^*) についても SM490 材の試験体と同程度であることがわかる。一方でその他のパラメータの変動による限界ひずみ量については未解明な部分も残っているため、今後これらを慎重に精査し、SM570 材を用いた耐震性能評価を適切に行う。



図－1 既往文献との幅厚比パラメータ比較

<参考文献>

- 1) 神田ら：SM570 を使用したコンクリート充填鋼製橋脚の地震時変形性能に関する実験的研究，構造工学論文集，Vol.64A，2018.03，p.222-230
- 2) 小野ら：コンクリート充填した鋼製橋脚のM-φ関係を利用した耐震性能評価手法に関する検討，第4回鋼構造物の非線形数値解析と耐震設計への応用に関する論文集，2004.01，p.193-202
- 3) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説V耐震設計編，2019.11，p.226
- 4) 建設省土木研究所，首都高速道路公団，阪神湖速道路公団，名古屋高速道路公団，(社)鋼材倶楽部，(社)日本橋梁建設協会：道路橋脚の地震時限界状態設計法に関する共同研究報告書（総括編），1999.03，p.117-p125