

I-683

RC橋脚の耐震補強に対する免震装置の適用性について

三井建設㈱ 正会員 ○樋口 昇
三井建設㈱ 正会員 平井 正雄
三井建設㈱ 正会員 田村 多佳志

1. まえがき

RC構造物の地震時保有耐力は塑性領域でのエネルギー吸収性能で評価できることが知られている。この考え方は、平成2年改訂の道路橋示方書¹⁾（道示）では「地震時保有水平耐力の照査」として、また昭和55年改訂の道示では「地震時変形性能の照査」として取り入れられている。しかし、それ以前の示方書に準拠して設計された橋脚においては、これらの照査が行われておらず、保有耐力が不足するものもあると考えられる。そのため実際の橋脚をモデルとして、橋脚高さや形状寸法をパラメーターとして変化させパラメーターと保有耐力の関連を調査した。さらに、保有耐力が不足している橋脚の耐震補強工法として免震装置が使用できることを試設計を通して検討したので、その結果を報告する。

2. 解析モデルおよび解析結果

パラメーター解析を行うために、都市内高架橋の実際の橋脚を基本モデルとした選択した。橋脚は図-1で示される円形断面のT型橋脚で、スパンが約37mの単純鋼桁橋である。解析に用いた材料定数等は、原設計で使用されていた数値とし、表-1に示す。

パラメーター解析は、円形断面および正方形断面について行った。橋脚梁部の形状および上部工死荷重反力は変更せず、橋脚高さおよび円形断面の直径、正方形断面の幅を変化させた。主鉄筋は設計震度（ K_h ）を0.2として表-1の許容応力より算出し、橋脚上端まで同一の配筋とした。また、橋脚の曲げ破壊が先行するように、せん断鉄筋量を決めた。橋脚の耐震安全性は、地震時保有水平耐力（ P_a ）と作用地震力（ P_i ）の比として表した耐力係数（ $P_f = P_a / P_i$ ）により評価した。パラメーター解析の結果を図-2および3に示すが、円形断面および正方形断面ともに、橋脚の高さに対する断面係数の比（ $h / Z \text{ 1/m}^2$ ）が大きくなるにしたがい、耐力係数が低下する傾向となっている。これは、 h / Z が大きくなるにつれて鉄筋比が上昇し、許容塑性率が低下するためであると思われる。耐力係数の低い h / Z の大きな橋脚においては、震度法レベルで決定された鉄筋量では地震時保有水平耐力が不足しがちとなり、耐震補強の必要性のある橋脚が存在すると思われる。

表-1 入力データ

コンクリートの設計基準強度	σ_{ck}	270 kgf/cm ²
コンクリートの許容曲げ圧縮応力	σ_{ck}	135 kgf/cm ²
鉄筋の降伏応力	σ_{sv}	3000 kgf/cm ²
鉄筋の許容引張応力	σ_{sa}	2700 kgf/cm ²
コンクリートのかぶり厚さ		10 cm
耐力の照査に用いる設計水平震度の標準値	K_{ho}	1.0
地域別補正係数	C_z	1.0
重要度別補正係数	C_1	1.1
地盤種別		Ⅱ種
上部工死荷重反力		595.10 tf

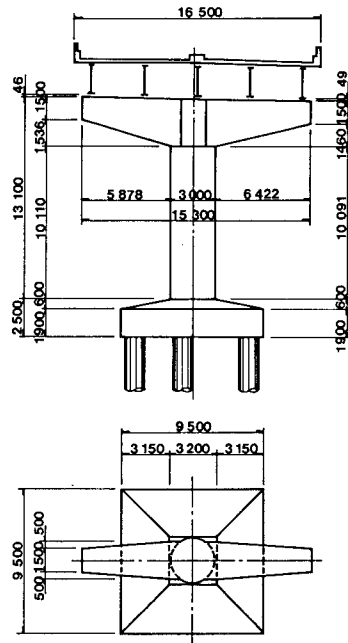


図-1 解析モデル

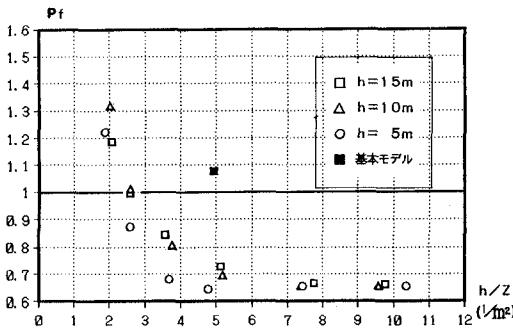


図-2 Pf-h/Z関係（円形断面）

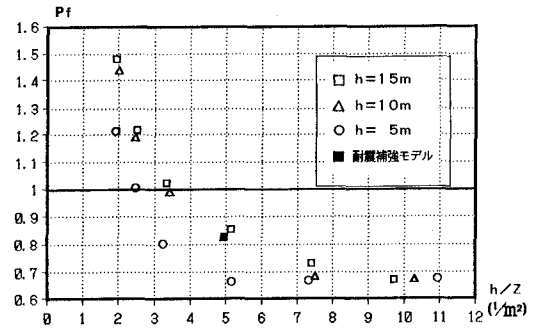


図-3 Pf-h/Z関係（正方形断面）

3. 免震装置を用いた耐震補強の試設計

免震装置は、高い減衰効果と構造物の長周期化という2つの特長を持っている。この特長により、地震時保有水平耐力が不足している橋脚の地震力を低減させることができ、耐震補強が可能となる。試設計は²⁾³⁾、この可能性の検討を目的とし、パラメーター解析より安全係数が0.83であった橋脚をモデルとした。免震装置として鉛プラグ入りゴム支承（LRB）を用い、その構造諸元を表-2に示す。地震時慣性力の計算に用いる等価水平震度は、道示の加速度応答スペクトルと同様に、免震装置の減衰効果を考慮して、減衰定数別補正係数を見込むものとした³⁾。

試設計の結果を表-3に示す。免震装置の採用により、橋の固有周期が0.74秒から1.09秒と長くなったが、振動特性別補正係数は同一であり、長周期化による地震力の低減効果は見られなかった。橋梁の減衰定数が0.05から0.095に上昇し、減衰定数別補正係数が低減したため、等価水平震度が低下し、地震時慣性力が低下した。減衰効果による地震力の低減により、安全係数が1以上となり免震装置による耐震補強の可能性が確認できた。

4. まとめ

今回の検討により、以下の事項が明らかになった。

- ① 震度法レベルで設計された橋脚の耐震安全性は、橋脚の h/Z と良い相関があり、 h/Z が大きくなるにしたがい低減する傾向となる。
- ② 免震装置の減衰の効果により、橋脚の耐震安全性は向上する。またその効果により、地震時保有水平耐力が不足しているような橋脚の耐震補強として、免震装置を用いることができる。

なお、本報告は、建設省土木研究所と民間28社との官民連帯共同研究「道路橋の免震システムの開発」の一環として行われたものである。

参考文献

- 1) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説、V耐震設計編，平成2年2月
- 2) 国土開発技術センター：道路橋の免震設計法ガイドライン（案），平成元年3月
- 3) 建設省土木研究所：道路橋の免震構造システムの開発に関する共同研究報告書，平成3年3月

表-2 構造諸元

橋脚	LRB（鉛プラグ入りゴム支承）
断面形状	正方形断面
断面寸法	2.3 m × 2.3 m
橋脚高さ	10 m
鉄筋	D35-82 本
鉄筋比	1.52 %
	ゴム
	せん断弾性係数
	8.0 kgf/cm ²
	平面形状
	450 mm × 450 mm
	鉛プラグ
	φ55 mm × 5 本
	ゴム厚
	10層 × 10 mm
	支承全高
	189 mm

表-3 試設計結果

	非免震橋	免震橋
免震支承の設計変位 u_B (cm)	—	13.5
免震支承の等価剛性 K_B (tf/m)	—	3350
免震支承の等価減衰定数 h_B	—	0.124
橋梁の等価固有周期 T_{eq} (s)	0.737	1.09
橋梁の減衰定数 h	0.05	0.095
減衰定数別補正係数 C_D	—	0.81
設計水平震度 k_{ho}	0.94	0.76
RC橋脚の許容塑性率 μ	3.10	3.10
等価水平震度 k_{he}	0.41	0.33
地震時慣性力 P_i (tf)	301.7	242.9
地震時保有水平耐力 P_a (tf)	250.0	250.0
安全係数 S_f	0.83	1.03