

I - B 69

免震支承を持つ鋼製橋脚の
激震時挙動に関する実験的研究*

三菱重工株式会社 正会員 金田一 智章†
名古屋大学大学院 フェロー 宇佐美 勉†
名古屋大学大学院 学生員 中島 大輔‡

1. 緒言

文献[1]で提案されているハイダクティリティー鋼製橋脚は、ハイブリッド地震応答実験などによりその優れた強度と変形能力が実証されている。しかし、応答変位が大きいために、残留変位が大きくなり易く、橋脚によっては、残留変位で与えられる橋脚の機能保持限界^[2](表1参照)の照査において崩壊(As)と見なされた。そこで、文献[3]では残留変位低減の方策として、震度法による一次設計の際の安全率の引き上げと、橋脚基部へのコンクリート充填を取り上げ、実験により検証した。しかし、残留変位の低減の効果は確認されたが、損傷度分類を大幅に改善するには至らなかった。従って、本研究では、さらなる残留変位低減の方策として、ハイダクティリティー鋼製橋脚に対して①免震支承の導入と②免震化した橋脚へのコンクリート充填の2方策を取り上げ、その効果をハイブリッド地震応答実験により検証する。

表1 許容損傷度の分類と機能保持限界としての残留変位制限値

許容損傷度(記号)	損傷内容および復旧期間	残留変位制限値
崩壊(As)	車両通過が不可能、撤去・建て替えが必要	$h/100$ 以上
大損傷(A)	橋の機能消失、補修2ヶ月以上必要	$h/100$
中損傷(B)	緊急車両のみ通行可能、補修に2週間から2ヶ月程度必要	$h/150$
小損傷(C)	数日以内で復旧可能。または、補修しながら普通車通行可能	$h/300$
無損傷(D)	損傷がほとんど無し、目視点検後、すぐに通常交通可能	$h/1000$

注) h = 橋脚高さ

2. 実験概要

図1に本実験で使用した供試体の概念図を、表2に実験供試体の実測寸法を示す。製作には板厚4.5mmのSM490YA材を用いた。橋脚のパラメータは、文献[1]で提案されているハイダクティリティー鋼製橋脚の設計思想に基づいて設計した。なお、表2の H_y 、 δ_y は、II種地盤時の値である。免震支承として鉛プラグ入り積層ゴム支承(LRB)を用いる。図2にはLRBの概念図を、表3にはLRBのパラメータを示す。これらの値は、LRBの性能試験(せん断ひずみ100%載荷試験)から求めた。ここで、 H_d =降伏強度、 K_1 =初期剛性、 K_2 =2次剛性、 K_r =除荷域剛性、 K_{Be} =等価剛性、 h_I =LRBの高さである。鋼製橋脚と免震支承を組み合わせた地震応答解析では、一般に2自由度系にモデル化をして解析が行われている。本研究では、この2自由度系を1自由度系に縮約したモデルを想定してハイブリッド地震応答実験を行った。入力地震動としては、兵庫県南部地震のJR鷹取観測地震動を用いた。

表2 供試体実測寸法(図1参照)

No.	Specimen	LRB	h (mm)	B (mm)	D (mm)	t (mm)	bs (mm)	ts (mm)	γ/γ^*	$\bar{\lambda}_s$	$\bar{\lambda}$	R_f	H_y (kN)	δ_y (mm)
1	S35-35	—	1033	224	201	4.87	26	4.87	3.65	0.175	0.344	0.320	99.6	5.90
2	S35-35-C1	Case1	1033	224	201	4.82	26	4.82	3.74	0.179	0.355	0.332	99.6	6.05
	S35-35-C1	Case2												
3	S35-35-20-C2	Case2	1033	224	201	4.77	26	4.77	3.81	0.176	0.349	0.329	98.3	6.15

表3 LRBのパラメータ

LRB	H_d (kN)	K_1 (kN/mm)	K_2 (kN/mm)	K_r (kN/mm)	K_{Be} (kN/mm)	h_I (mm)
Case1	33.5	5.36	0.79	3.50	1.11	181
Case2	12.4	5.40	1.89	7.73	2.07	125

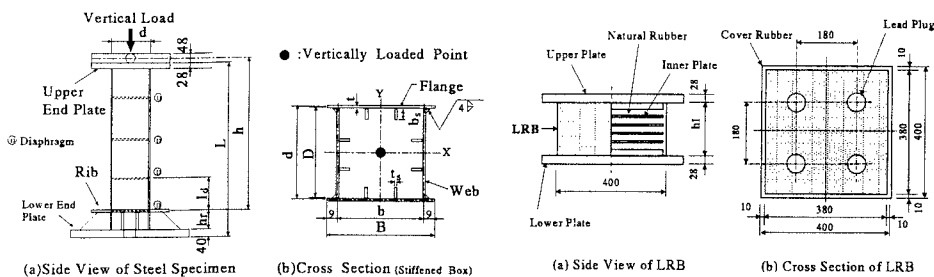


図1 実験供試体

図2 鉛プラグ入り積層ゴム支承(LRB)

* Key Words : reducing residual displacement, high ductility steel bridge pier, seismic isolator, pseudodynamic test

† 〒733-8553 広島市西区観音新町4丁目6番22号 TEL: 082-294-3245

‡ 〒464-8603 名古屋市千種区不老町 TEL: 052-789-4617 FAX: 052-789-5461

§ 〒464-8603 名古屋市千種区不老町 TEL: 052-789-3726

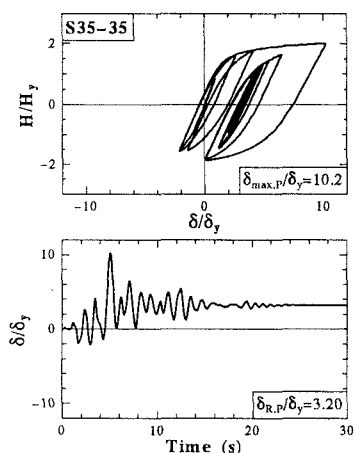


図3 非免震 ($T=0.785$ 秒)

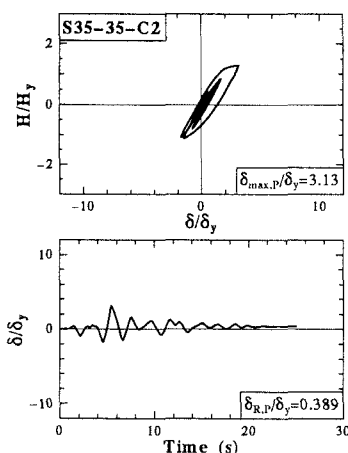


図4 Case2 ($T=2.38$ 秒)

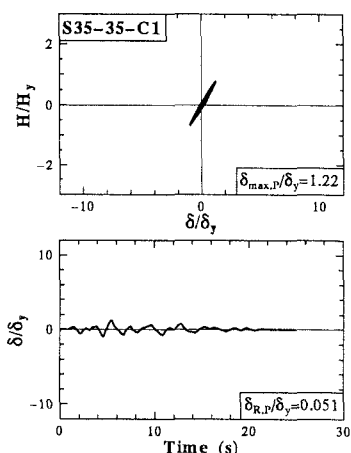


図5 Case1 ($T=2.90$ 秒)

3. 実験結果および考察

図3～図6に橋脚頂部の復元力履歴ループおよび時刻歴応答変位を示す。ここで、荷重と変位は、それぞれ降伏変位： δ_y 、降伏荷重： H_y で無次元化してある。

最大応答変位 $\delta_{max,P}$ を見ると、非免震(図3)の場合 $10.2\delta_y$ であったのに対し、免震支承にCase2(図4)を用いた場合、 $3.13\delta_y$ となり応答値が70%程低減した。そして、Case1(図5)を用いた場合、 $1.22\delta_y$ となり88%程低減された。また、復元力履歴ループを見ると荷重が最大耐力まで達しておらず強度劣化も見られないことから、橋脚の受けた損傷が小さいことが分かる。特に、Case1(固有周期2.90秒)を用いた場合、橋脚はほぼ無損傷である。

残留変位 $\delta_{R,P}$ についても最大応答変位と同様の結果が得られ、Case2を用いた場合、非免震の応答値の約88%、Case1の場合では約98%低減された。この結果より、免震支承(LRB)を導入することにより、JR鷹取駅観測地震動入力時の橋脚頂部の残留変位を大幅に低減させることができる。また、免震化した橋脚の基部にコンクリートを充填した場合(図6)、Case2のみを用いた結果より最大応答変位および残留変位は、さらに低減された。

尚、他の実験結果に関しては、紙面の都合により当日発表することとする。

4. 安全性の判定

実験結果を用いて橋脚の機能保持限界の照査を行う。ここで、照査基準として表1の残留変位制限値を用いる。図5に橋脚の固有周期 T を横軸に、残留変位制限値 $\delta_{R,P}/(h/100)$ を縦軸にとった残留変位スペクトルを示す。Case1を用いた場合、橋脚が $T=2.90$ 秒まで長周期化され、損傷度分類が非免震橋脚での崩壊(As)から無損傷(D)と低減されている。また、Case2を用いた場合($T=2.38$ 秒)、損傷度は小損傷(C)になり、さらに、基部にコンクリートを充填した場合、無損傷(D)に低減された。これは、重要構造物が許容する損傷度である小損傷(C)以下を満たしており、これらの方策は残留変位低減の方策として非常に有効である。

5. 結論

本研究における実験の結果、以下のような結論が得られた。

- 1) 免震支承を導入し橋脚を長周期化することにより、地震応答値を大幅に低減させることができる。
- 2) 免震化した橋脚の基部にコンクリートを充填することにより、残留変位をさらに低減できる。
- 3) 免震支承を導入した橋脚を1自由度系に縮約して、ハイブリッド地震応答実験が行える。

参考文献

- [1] 宇佐美勉、渡辺孝一、金田一智章、岡本陸、池田茂：ハイダクティリティー鋼製橋脚の耐震性能に関する実験的研究、土木学会論文集、No.591/I-43, pp207-218, 1998.4.
- [2] 土木学会鋼構造委員会・鋼構造新技術小委員会・耐震設計WG：橋脚の耐震設計指針案と耐震設計のための新技術、1996.7.
- [3] 芳崎一也、宇佐美勉、本間大介：大地震後の残留変位を抑制した鋼製橋脚の開発—ハイブリッド地震応答実験による検証—、構造工学論文集に投稿中。

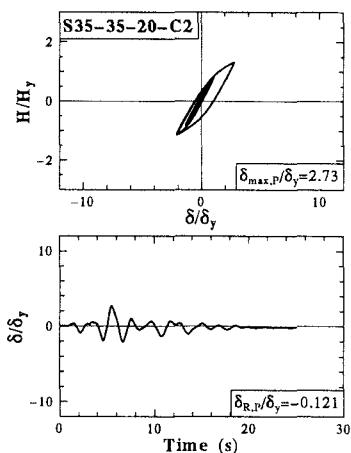


図6 Case2+コンクリート充填

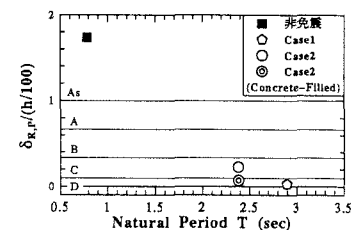


図7 残留変位スペクトル