

I - B102

ハイダクティリティー鋼製橋脚

横河ブリッジ 正会員 渡辺孝一* 名古屋大学 学生員 金田一智章
 名古屋大学 フェロー会員 宇佐美 勉 名古屋大学 正会員 鈴木 森晶
 日本橋梁建設協会 岡本 隆 池田 茂

1. 緒言 補剛箱形断面鋼製橋脚の耐震性能を支配する主要力学的パラメータは幅厚比パラメータ R_f , 細長比パラメータ $\bar{\lambda}$, 補剛材剛比 γ , 補剛材細長比パラメータ $\bar{\lambda}_s$ が挙げられる。本研究は、従来の鋼製橋脚よりも高い耐震性能 (ハイダクティリティー) を発揮する鋼製橋脚の設計法を提案し、その有効性をハイブリッド地震応答実験によって実証したものである。具体的には幅厚比および補剛材細長比をある値以下に制限し、補剛材剛度を高めることによって構成補剛板の局部座屈の発生を遅らせ、ダクティリティーの大きな橋脚を設計しようとするものである。上記の考えで設計製作した鋼製橋脚モデルに対し、兵庫県南部地震の観測地震波のうち、神戸海洋気象台観測地震波および、JR 鷹取駅警報地震計観測地震波と、それら地震波の加速度を1.5倍した増幅地震波を用いたハイブリッド地震応答実験を行い、鋼製橋脚の耐震性能の確認を行った。

2. ハイダクティリティー鋼製橋脚の設計思想

単柱式の補剛箱形断面鋼製橋脚に対して、ハイダクティリティーを得るための鋼製橋脚の設計条件を提案する¹⁾。すなわち、現行の道路橋示方書に対して、フランジの幅厚比パラメータ R_f , 細長比パラメータ $\bar{\lambda}$, 補剛材剛比 γ/γ^* および補剛材の細長比パラメータ $\bar{\lambda}_s$ に式(1)~(4)の制限を加える。ここで、 b = フランジ板幅、 t = フランジ板厚、 σ_y = 板パネルの降伏応力、 σ_{ys} = 補剛材の降伏応力、 E = 弾性係数、 μ = ポアソン比、 $k = 4n^2$ = 板の座屈係数、 n = 補剛材で囲まれたサブパネル数、 h = 柱長、 r = 鋼断面の断面2次半径である。なお、補剛材細長比パラメータ $\bar{\lambda}_s$ は、フランジ補剛板のアスペクト比 $\alpha = l_d/b$ (Fig.1 参照) が0.5以下で式(1),(3)の条件を満たすときは、式(4)の条件、すなわち $\bar{\lambda}_s \leq 0.2$ を満たす¹⁾。また、目標塑性率を6程度とするため、式(2)の制限を設けた。

このような制限を設けて設計した補剛箱形断面鋼製橋脚では、橋脚基部の局部座屈の発生・進展が遅らされ、また P- Δ 効果が抑制されるため、優れた耐震性能を発揮する²⁾。さらに、同一設計条件の基で縦補剛材の鋼種を板パネルより高強度のものにし、補剛材の降伏を遅らせた、いわゆるハイブリッド補剛箱形断面鋼製橋脚はさらに耐震性能が向上する。

3. 実験概要 同一寸法の片持ち柱鋼製橋脚モデルを7体製作した。供試体の概念図を Fig.1, 実測寸法を Table 1 に示す。製作には板厚 6.0mm の SS400 材を用いた。ただし、No.6 の供試体はダイヤフラム間隔が他の供試体の倍であり、No.7 の供試体は縦方向補剛材に SM570 材を用いたハイブリッド補剛断面供試体である。実験供試体はフランジ板幅厚比パラメータ $R_f = 0.35$, 細長比パラメータ $\bar{\lambda} = 0.35$ に統一されている。これらを設計条件の違いで大別するとアスペクト比 $\alpha = 0.5$ で補剛材剛比 $\gamma/\gamma^* = 3.0$ の No.3,4 および No.5 の供試体、 $\alpha = 1.0$ で $\gamma/\gamma^* = 0.7$ の No.6 供試体、さらに $\alpha = 0.5$, $\gamma/\gamma^* = 3.0$ でハイブリッド補剛の No.7 供試体の三種に分けられる。これらの供試体内、No.6 を除く供試体がハイダクティリティーの設計条件を満足する。

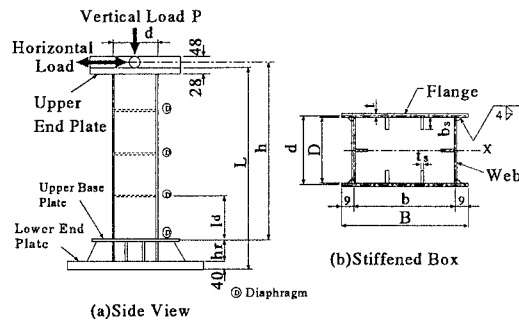


Fig.1 Test Specimen

$$R_f = \frac{b}{t} \sqrt{\frac{\sigma_y}{E} \cdot \frac{12(1-\mu^2)}{\pi^2 k}} \leq 0.35 \quad (1)$$

$$\bar{\lambda} = \frac{2h}{r} \cdot \frac{1}{\pi} \sqrt{\frac{\sigma_y}{E}} \leq 0.35 \quad (2)$$

$$\gamma/\gamma^* \geq 3.0 \quad (3)$$

$$\bar{\lambda}_s = \frac{1}{\sqrt{Q}} \frac{a}{r_s} \frac{1}{\pi} \sqrt{\frac{\sigma_{ys}}{E}} \leq 0.2 \quad (4)$$

$$Q = \frac{1}{2R_f} [\beta - \sqrt{\beta^2 - 4R_f}] \leq 1.0 \quad (5)$$

$$\beta = 1.33R_f + 0.868 \quad (6)$$

Key Word: 鋼製橋脚, ダクティリティー, ハイブリッド地震応答実験

*〒108 東京都港区芝浦四丁目4番44号 TEL 03-(3453)-4111

Table 1 Measured Dimensions

No.	Specimen	l_d (mm)	α	γ/γ^*	$\bar{\lambda}_s$	$\bar{\lambda}$	R_f	H_y (kN)	δ_y (mm)
1	S2-35-35-M[05]	164	0.5	3.36	0.196	0.362	0.353	100	7.08
2	S2-35-35-T[05]	164	0.5	3.39	0.196	0.362	0.355	100	7.07
3	S2-35-35-H[05](JMA)	164	0.5	3.40	0.196	0.362	0.355	100	7.07
	S2-35-35-H[05](JRT)-2							103	7.54
4	S2-35-35-H[05](JMA)L	164	0.5	3.37	0.196	0.362	0.354	100	7.07
	S2-35-35-H[05](HKB)L-2							106	7.52
5	S2-35-35-H[05](HKB)	164	0.5	3.37	0.196	0.363	0.354	105	7.47
	S2-35-35-H[05](JRT)L-2							103	7.12
6 ⁺	S2-35-35-H[10](JMA)	328	1.0	0.79	0.391	0.362	0.353	104	7.08
	S2-35-35-H[10](JRT)-2							103	7.41
	S2-35-35-H[10](JMA)L-3							101	7.65
	S2-35-35-H[10](JRT)L-4							103	7.91
7	S2-35-35-H-HS[05](JMA)	164	0.5	3.35	0.203	0.374	0.366	107	7.58
	S2-35-35-H-HS[05](JRT)-2							110	7.92
	S2-35-35-H-HS[05](JMA)L-3							107	7.77
	S2-35-35-H-HS[05](JRT)L-4							110	8.34
Note	$L = 1554$ (mm), $h = 1388$ (mm), $B = 346$ (mm), $D = 211$ (mm)								
	$t = t_s = 6.1$ (mm), $b_s = 34.0$ (mm), $\alpha = l_d/b$ + = Not designed in accordance with the conditions of high ductility.								

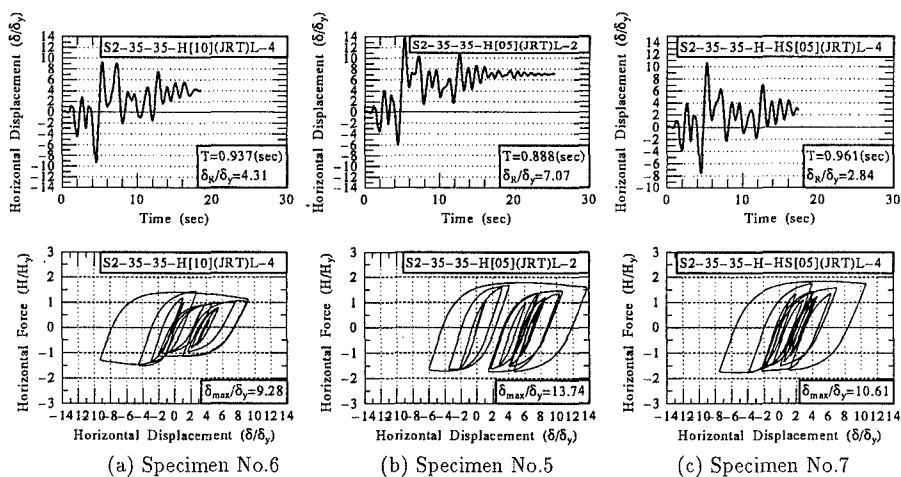


Fig.2 Responses due to Amplified JR-Takatori

4. 実験結果 3種類の供試体に、JR 鷹取警報地震計観測地震波の増幅地震波を入力した場合のハイブリッド実験結果を Fig.2 に示す。まず、No.6 は地震波入力後、耐力が水平降伏耐力 H_y まで低下しており、橋脚としての機能を維持することが出来ない。これに対し、No.5 は最大応答変位が $\delta_{max}/\delta_y = 13.7$ と非常に大きい耐力の低下は小さい。No.7 のハイブリッド補剛のものでは、最大応答変位が No.5 に対し 30% 小さく抑えられ耐力の低下も見られない。また残留変位 δ_R も、他の供試体よりも小さく抑えられている。

5. 最大応答変位、残留変位、累積吸収エネルギースペクトル ハイブリッド実験より得られた、各地震波に対する最大応答変位、残留変位、累積吸収エネルギーをスペクトルとして表した。これに関しては当日発表する。

6. まとめ 兵庫県南部地震観測地震波およびその増幅地震波に対するハイダクティリティー鋼製橋脚の応答性状は非常に良く、最大応答変位 δ_{max} が $10\delta_y$ 程度の大きな変位が生じた時でも復元力-水平変位関係に劣化域が生ぜず従って供試体には局部座屈がほとんど見られなかった。

本研究は、(社)日本橋梁建設協会から名古屋大学への委託研究として行ったものである。

参考文献 [1] 宇佐美勉：鋼製橋脚の耐震性能向上技術に関する研究，第1回鋼構造研究シンポジウム，鋼材倶楽部，1996年11月。[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：鋼橋の耐震設計指針案と耐震設計のための新技術，1996年7月。