

I-B114

残留変位の抑制を意図した鋼製橋脚の ハイブリッド地震応答実験

日本車輛製造株式会社 正会員 芳崎 一也[†]
 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 本間 大介[§]

1. 緒言

文献[1]で報告されている実験では、これまでに提案されたハイダクティリティー鋼製橋脚の優れた強度と変形能が実証された。しかし、残留変位に関しては、応答変位が大きいためにその値が大きくなり、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照査において崩壊とみなされた。そこで、本研究では残留変位低減の方策として、①震度法による一次設計の際の安全率の引き上げ、②ハイダクティリティー鋼製橋脚へのコンクリート充填を取り上げ、その効果をハイブリッド地震応答実験により検証する。①については、一次設計の際に用いる次の設計条件式、

$$\frac{\nu P}{P_u} + \frac{0.85\nu M_0}{M_y(1-\nu P/P_E)} \leq f \quad \dots\dots\dots (1)$$

$$\frac{\nu P}{P_y} + \frac{\nu M_0}{M_y} \leq f \quad \dots\dots\dots (2)$$

の右辺の値を低減係数 f として、この値を従来の 1.0 から 0.8 に引き下げることで、安全率 ν を引き上げるのと等価な設計を行った。また②では、ハイダクティリティー鋼製橋脚の設計基準により、鋼のみで大きな変形能を持つ柱に対し、基部にコンクリートを充填した。

Table 1 Measured Dimensions of Test Specimens (cf. Fig. 1)

No.	Specimen	h (mm)	h_c/h	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	S35-35H	1033	—	224	202	4.87	26	4.87	3.6	0.175	0.344	0.320	99.7	5.60
2	S35-35H(08)	1033	—	223	201	4.74	26	4.74	3.8	0.179	0.353	0.337	102.6	6.12
3	SC35-35-30H	1033	0.30	224	201	4.77	26	4.77	3.8	0.181	0.357	0.336	104.5	5.11
4	SC35-35-20H	1033	0.20	224	206	4.77	26	4.77	3.8	0.176	0.349	0.329	98.3	4.99

2. 実験概要

Fig. 1 に本実験で使用した供試体の概念図を、Table 1 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。供試体のパラメータは、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決定し、これに対して鋼柱(No.1)、低減係数 f を 0.8 に引き下げて設計した鋼柱(No.2)、コンクリートを柱高さ h の 30% だけ充填した鋼柱(No.3)の 3 タイプの供試体を製作した。また、コンクリート充填高さの相違による残留変位低減効果の違いを調べるため、No.4 の供試体として、コンクリート充填率 (h_c/h , h_c : 充填高さ) を 20% とした鋼柱も併せて製作した。入力地震波としては、過去に名古屋大学で行われたハイブリッド地震応答実験ならびに弾塑性地震応答解析で鋼製橋脚に対して最も大きな損傷を与えた、兵庫県南部地震観測地震波の JR 警報地震計(鷹取)(II 種地盤)[2]を用いた。なお、Table 1 の降伏水平荷重 H_y 、降伏水平変位 δ_y は、II 種地盤用軸力下における値である。

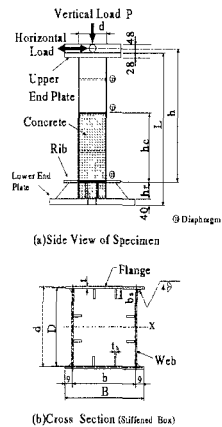


Fig. 1 Test Specimen

3. 実験結果および考察

(1) 残留変位低減方策の効果

Fig. 2 は、供試体 No.1~No.3(S35-35H, S35-35H(08), SC35-35-30H) について、時刻歴応答変位波形と復元力履歴ループの比較を行ったものである。変位および荷重の値は、それぞれ δ_y , H_y で無次元化してある。

Key Words : reducing residual displacement, high ductility steel bridge pier, concrete-filled steel bridge pier, raising the safety factor, pseudodynamic test

[†] 〒456-8691 名古屋市熱田区三本松町1-1 TEL: 052-882-3321

[‡] 〒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

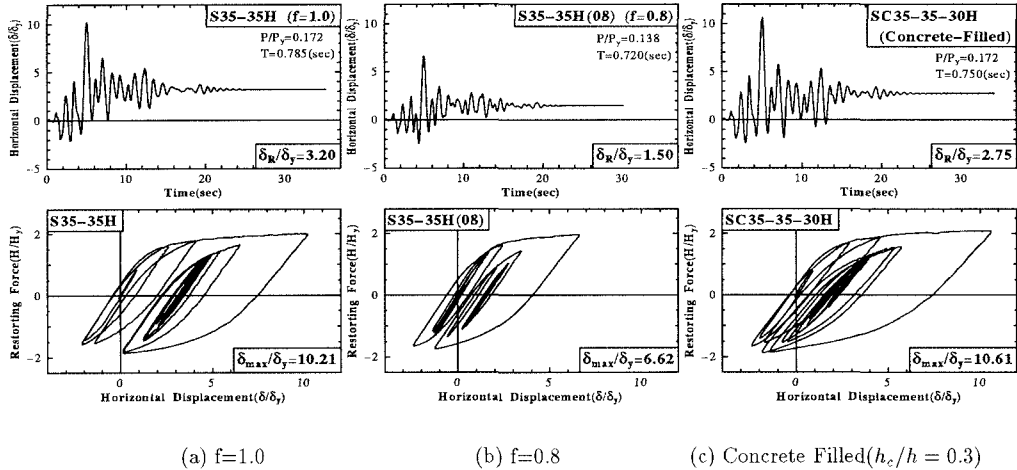


Fig. 2 Test Results (No.1~No.3)

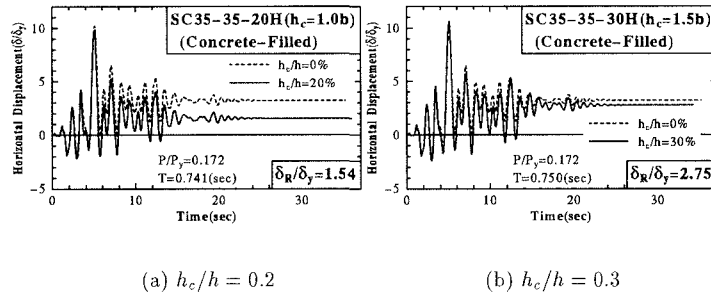


Fig. 3 Comparison of the Test Results of SC35-35-20H and SC35-35-30H

$f = 0.8$ で一次設計を行った S35-35H(08)の結果を見ると、 $f = 1.0$ (S35-35H)の場合に比べ、最大応答変位で35%、残留変位で50%以上低減されており、最大応答変位、残留変位の双方について低減の効果が表れている。一方、S35-35HとSC35-35-30Hを比較すると、最大応答変位は同じ位だが、残留変位に関してはコンクリート充填柱であるSC35-35-30Hの方が15%程度小さくなっており、柱基部にコンクリートを充填することで、残留変位の低減に効果があることが分かる。

(2) コンクリート充填率の相違による比較

Fig. 3に示すように、コンクリート充填率(h_c/h)により、残留変位低減の効果には違いが見られた。20%と30%を比較すると、20%の方が低減の効果が大きく、 $f = 0.8$ とした時と同等の効果が得られている。

コンクリートを充填することで残留変位が低減される原因として、局部座屈発生を抑止効果が上げられる。今回の実験では、2体のコンクリート充填柱の実験のみ、座屈は確認されなかった。一方、ハイダクティリティー鋼製橋脚の場合、コンクリート無充填の場合が最適、すなわち終局変位が大きく[3]、コンクリート充填率を上げる程変形は柱基部に集中し、終局変位は小さくなる。すなわち、むやみにコンクリート充填率を上げるべきでないとと言える。以上の2点から、ハイダクティリティー鋼製橋脚の残留変位低減のためコンクリートを充填する場合、最適な充填高さは、局部座屈を抑止できる最低の高さであると考えられる。有効破壊長の概念に従うと、これは、 h_c が有効破壊長 $l_e (= 0.7b)$ に等しい場合となるが、20%と30%の h_c を比べると、20%の方が l_e に近い。

4. まとめ

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) 一次設計の際の安全率を引き上げることで、最大応答変位及び残留変位の双方を低減させることが可能である。
- 2) ハイダクティリティー鋼製橋脚の基部にコンクリートを充填することで、残留変位低減に効果がある。
- 3) この効果は、コンクリートの充填高さにより大きく異なる。充填高さ h_c は、有効破壊長 l_e に近い程良い。

参考文献

- [1] 宇佐美勉ら、土木学会論文集、No.400/I-22、1996.4.
- [2] NAKAMURA, Yutaka: "Waveform and its Analysis of the 1995 Hyogo-Ken-Nanbu Earthquake", JR Earthquake Information No.23c, Feb. 1995, Railway Technical Research Institute.
- [3] 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.