

I-B 295

兵庫県南部地震観測地震波を用いたハイブリッド  
地震応答実験による鋼製橋脚の激震時挙動

三菱重工 正会員 ○才塚 邦宏 名古屋大学 学生員 芳崎 一也  
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

1. 緒言

1995年1月17日に発生した兵庫県南部地震では多くの人命が奪われ、また多くの土木構造物にも被害が生じ、とりわけ橋脚の被害は大きくクローズアップされた。本研究では、鋼製橋脚をモデル化した補剛箱形断面片持柱の供試体14体（鋼製橋脚モデル3体、コンクリート部分充填鋼製橋脚モデル11体）を製作し、兵庫県南部地震で得られた地震波形の内、神戸海洋気象台（I種地盤：以下JMA）、JR警報地震計（鷹取）[1]（II種地盤：以下JR-Takatori）、東神戸大橋観測地震波（III種地盤：以下Higashi-Kobe）を用いてハイブリッド地震応答実験[2]を行った。

Table 1 供試体実測寸法 (Fig. 1 参照)

Specimen	L (mm)	h (mm)	h <sub>c</sub> /h	B (mm)	D (mm)	t (mm)	bs (mm)	ts (mm)	γ/γ*	λ	R <sub>f</sub>	H <sub>90</sub> (kN)	δ <sub>y0</sub> (mm)
S45-35H	1153	973	—	285	172	4.31	42	4.31	14.1	0.380	0.480	110.5	6.67
S30-25H	754	598	—	220	130	4.76	39	4.76	2.7	0.281	0.298	100.9	2.69
S30-60H	1655	1436	—	220	130	4.79	39	4.79	2.7	0.673	0.296	42.3	15.50
SC45-25-25H	1051	904	0.25	321	197	5.00	43	5.00	2.4	0.262	0.404	139.3	3.74
SC45-35-20H	1449	1265	0.20	321	197	4.71	43	4.71	2.7	0.374	0.436	95.4	7.59
SC45-60-20H	1653	1434	0.20	220	130	5.05	30	5.05	2.3	0.619	0.400	37.4	13.88

2. 実験概要

Fig. 1 に本実験で使用した供試体の概念図を示す。製作には板厚4.5mmのSS400材およびSM490YA材を用いた。また、コンクリートの充填高さは、文献[3]に提案されている考え方に基づき、各供試体に対して最適な充填高さとなるように決定した。Table 1には、14体の供試体の内、鋼柱3体、コンクリート充填柱3体の実験供試体の実測寸法を示す。

3. 実験結果および考察

(1) 固有周期の違いによる応答の比較

Fig. 2には実験結果の内、最大応答変位および残留変位を水平降伏変位で無次元化した値、累積吸収エネルギーを  $E_e = H_y \cdot \delta_y / 2$  で無次元化した値を縦軸にとり、横軸に供試体の固有周期をとったグラフを示す。また、Fig. 3に、ほぼ同一の幅厚比パラメータ  $R_f$  を有し、細長比パラメータ  $\lambda$  が0.25, 0.35, 0.60と変化した、それぞれ固有周期の異なる供試体に対して、JMAを入力した場合の時刻歴応答変位波形および復元力履歴ループを示す。Fig.2(a), Fig. 3より、各地震波の応答に対して次の特徴が言える。JMAに関しては、固有周期が小さくなるに従い、最大応答変位が極端に大きくなっている。JR-Takatoriについては、固有周期が0.8秒を超える供試体に関して、JMAと同様の傾向を示し、非常に大

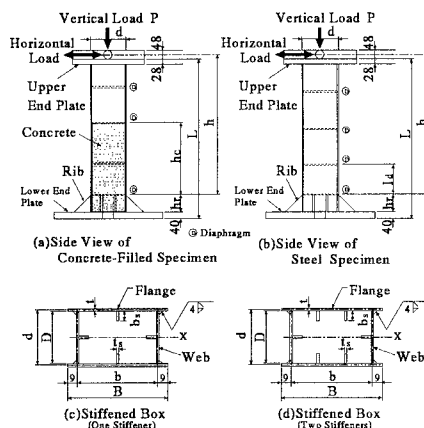
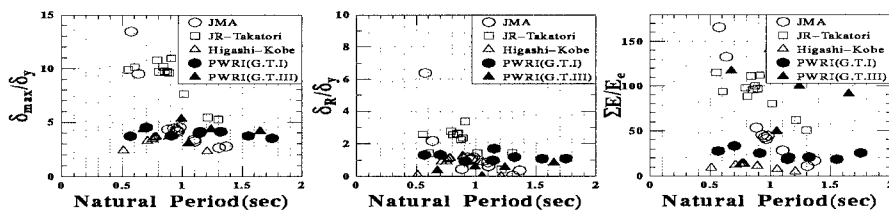


Fig. 1 実験供試体



(a) 最大応答変位 (b) 残留変位 (c) 累積履歴吸収エネルギー

Fig. 2 最大応答変位、残留変位および累積履歴吸収エネルギー

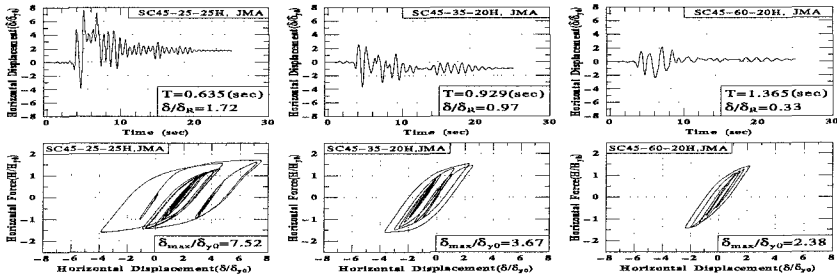


Fig. 3 JMA 入力時の地震応答

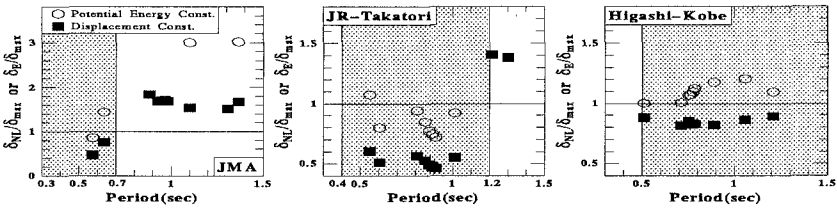


Fig. 4 エネルギー一定則，変位一定則による最大応答変位の推定

きな値となっているが、0.8秒以下の供試体に関しては、最大応答変位は  $10\delta_y$  程度で一定の値になっている。Higashi-Kobe に関しては、 $2\sim 4\delta_y$  の範囲内に収まっており、固有周期による違いは小さい。

(2) コンクリート充填の効果

比較のための供試体は、鋼柱 S45-35H、コンクリート充填柱 SC45-35-20H の 2 体を用いた。この実験結果の詳細に関しては、当日発表する。

(3) エネルギー一定則，変位一定則による最大応答変位の推定

エネルギー一定則，変位一定則による最大応答変位の推定値とハイブリッド実験結果の比を縦軸に、橋脚の固有周期を横軸にとったグラフを Fig. 4 に示す。同図よりハッチングを施した範囲の固有周期を有する橋脚に対してはエネルギー一定則が、それ以外の範囲では変位一定則が最大応答変位を良く推定している。

(4) 最大応答変位－残留変位相関関係式の提案

Fig. 5 に示した最大応答変位－残留変位関係は、地震波に関係なくある一定の相関を持っており、その相関近似式は次式ようになる。

$$\frac{\delta_R}{\delta_y} = \tan \left\{ \left( \frac{\delta_{max}}{\delta_y} - 7 \right) / 4.8 \right\} + 2.2$$

4. まとめ

- 1) JMA, JR-Takatori に関しては、構造物の固有周期の違いが地震応答に大きく影響を及ぼす。とりわけ、JMA についてはその差が大きい。Higashi-Kobe では固有周期の違いによる応答への影響は小さい。
- 2) コンクリートを柱基部に部分的に充填することによって、地震応答を低減させることが可能であり、特に残留変位に関してはその効果は大きい。
- 3) 最大応答変位の推定はエネルギー一定則，変位一定則を用いることで可能である。
- 4) 最大応答変位と残留変位の精度良い相関式を提案した。

参考文献

[1] NAKAMURA, Yutaka : "Waveform and its Analysis of the 1995 Hyogo-Ken-Nanbu Earthquake", JR Earthquake Information No.23c, Feb. 1995, Railway Technical Research Institute.  
 [2] 宇佐美勉，才塚邦宏，木曾英滋，伊藤義人：ハイブリッド地震応答実験による鋼製橋脚の強震時挙動，土木学会論文集，No.519/I-32, pp.101 - 113, 1995, 7.  
 [3] 宇佐美勉，鈴木森晶，Iraji H.P.Mamaghani，葛 漢彬：コンクリートを部分的に充填した鋼製橋脚の地震時保有水平耐力照査法の提案，土木学会論文集，No.525/I-33, pp.69-82, 1995, 10.

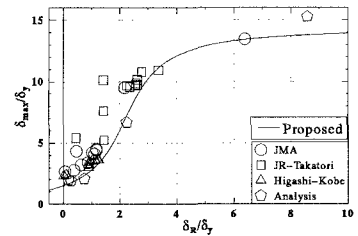


Fig. 5  $\delta_{max} - \delta_R$  関係