

BHS 鋼を有する箱型断面鋼製橋脚の地震時応答解析

○明石工業高等専門学校 正 員 越智内士  
 大阪市立大学大学院 正 員 北田俊行  
 大阪市立大学大学院 正 員 松村政秀

1. まえがき：近年，東南海地震などの大型地震の発生が予測されており，それらに対する土木構造物の診断・補強が急務となっている．実際に東南海地震などの大型地震が発生すると多くの橋梁が被害を受け，それらの補修・補強に多大なコストと時間がかかると予想される．そこで，本研究では橋梁構造物の中で，上部構造を支持し，無損傷あるいは早期復旧が重要とされる橋脚に着目し，補修のコストが軽減できる鋼製橋脚を提案し，それらの有用性について地震時応答解析により検証を行っている．具体的に，近年開発された BHS 鋼（橋梁用高性能高張力鋼材）を耐震部材として箱形断面を有する鋼製橋脚への適用性を検討している．

2. 解析モデル：解析モデルには，図-1 および図-2 に示すような下端固定・上端自由の無補剛箱形断面を有する高さ  $l=3,500$  mm の単柱式鋼製橋脚を用いた．それらの解析モデルの寸法については，図-1 (a) Model-1（普通鋼のみ）の橋脚の幅厚比パラメータ  $R$  を 0.46，細長比パラメータ  $\lambda$  を 0.37 に設定することにより決定し，それらの解析モデルを断面方向に 48 分割，高さ方向に 60 分割して解析モデル（図-2）を作成した．また，図-1 (a) ~ (e) に示すように，橋脚の箱形断面の全体に普通鋼：SM400（Model-1），箱形断面の角部に BHS 鋼：BHS700W（Model-2 および Model-3），各板パネルの中央部に BHS700W（Model-4），および全体に BHS700W（Model-5）鋼材を用いた 5 種類の解析モデルを設定した．なお，それらの鋼材の機械的性質

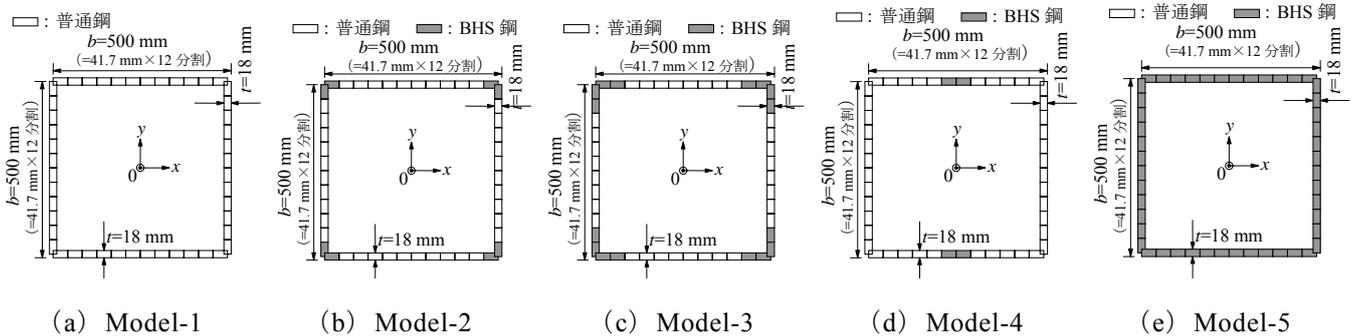
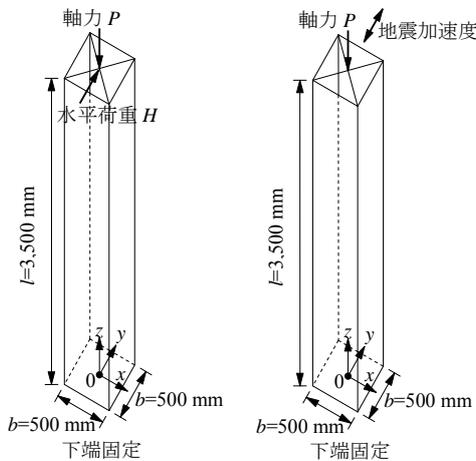
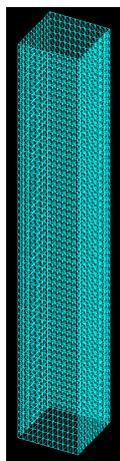


図-1 解析モデルの断面図



(a) 静的載荷 (b) 動的載荷

表-1 鋼材の機械的性質

鋼種	SM400	BHS700W
降伏応力 (N/mm <sup>2</sup> )	235	685
ヤング係数 (N/mm <sup>2</sup> )	2.0 × 10 <sup>5</sup>	
ポアソン比	0.3	

図-2 解析モデルの要素分割

図-3 解析モデルへの荷重載荷方法

Keywords：鋼製橋脚，BHS 鋼，地震時応答解析

連絡先：〒674-8501 兵庫県明石市魚住町西岡 679-3 明石工業高等専門学校都市システム工学科 Tel:078-946-6173 Fax:078-946-6184

は表-1 に示すとおりであり、両鋼種ともに完全弾塑性型のバイリニア型の応力-ひずみ曲線を解析に用いた。つぎに、解析モデルへ与える荷重については、橋脚上端中央部に静的な水平荷重（図-3 (a)）および地震加速度（図-3 (a)）の 2 ケースについて考慮した。なお、図-3 (b) の動的解析には、兵庫県南部地震時にJR 鷹取駅で観測された南北方向の地震加速度波形を入力した。さらに、それらの橋脚の静的および動的解析の際、上部構造の死荷重を考慮して解析モデルの上端に橋脚の全断面降伏軸力 $P_Y (= \Sigma(\sigma_Y \cdot A))$  ( $A$ : 断面積) の 12% の軸方向圧縮力 $P (= 0.12P_Y)$  を与えた。また、本解析では、解析モデルの初期不整および残留応力は考慮しておらず、解析プログラムにはEPASS/USSP<sup>1)</sup>を用いた。

3. 解析結果および考察：まず、図-4 には、図-3 (a) の静的解析結果による解析モデルの上端中央部の水平荷重と水平変位との関係を示している。なお、この図の縦軸および横軸の無次元化に用いられている降伏水平荷重 $H_Y$ および降伏水平変位 $\delta_Y$ は、静的水平荷重を解析モデルに漸増載荷することによって解析モデル（図-2）の三角形要素が 1 つでも降伏した時点における水平荷重および水平変位としている。この図より、Model-2 ~4 の方が Model-1 よりも最大水平荷重 $H_{max}/H_Y$ が大きいことがわかる。これは Model-2~4 の場合、箱形断面の一部分に高強度な鋼（BHS鋼）を用いるので、橋脚が水平荷重を受けると普通鋼の板パネルが降伏した後には BHS鋼部分が降伏する。それゆえ、たとえ普通鋼の板パネルが座屈しても橋脚全体の耐力は BHS鋼部分で持ちこたえることが出来るからである。つぎに、図-5 には、図-3 (b) の動的解析結果による解析モデルの上端中央部の水平変位の時刻歴応答を示している。この図の縦軸は、図-4 と同様に静的解析によって得られた降伏水平変位 $H_Y$ で無次元化されている。この図より、Model-1 および Model-2 の残留変位 $H/H_Y$  ( $t=t_{max}$ ) は、それぞれ 0.72 および 0.39 となり、BHS鋼を箱形断面の角部に用いると地震時残留変位 $\delta_R/\delta_Y$ が約半減するという結果になった。したがって、大型地震時には、Model-2 の橋脚では箱形断面の角部の BHS鋼よりも弱い中央の普通鋼の部分に変形することによって地震時のエネルギーを吸収し、Model-1 の橋脚と比較して最終的な地震時の変位を少なくすることが出来るといえる。よって、大型地震時の上部構造の落下を防止し、また、地震後の橋脚の補修コストも低減できると考えられる。最後に、表-2 に各解析モデルの静的解析および地震時応答解析によって得られた降伏水平変位、降伏水平荷重、最大応答水平変位、および残留変位を示している。

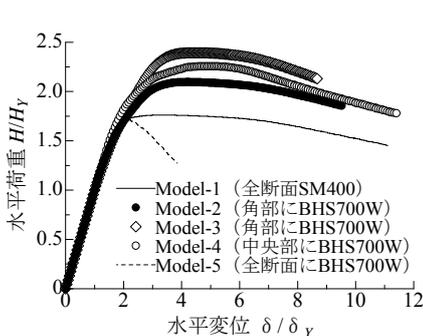


図-4 水平荷重-水平変位曲線  
(静的解析)

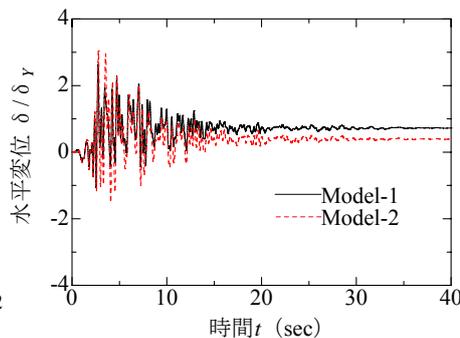


図-5 水平変位の時刻歴応答  
(動的解析)

表-2 解析結果

	降伏水平変位 $\delta_Y$ (mm)	降伏水平荷重 $H_Y$ (kN)	最大応答変位 $\delta_{max}$ (mm)	残留変位 $\delta_R$ (mm)
Model-1	15.0	295	35.6	9.77
Model-2	15.8	308	48.0	6.19
Model-3	17.3	336	53.3	2.03
Model-4	12.8	250	50.9	7.68
Model-5	39.0	742	110	11.2

4. まとめ：無補剛箱形断面を有する鋼製橋脚（Model-1~Model-5）について、静的解析および動的解析を行った結果以下のようなことが得られた。1) 静的解析の結果、鋼製橋脚の全断面に普通鋼を用いた場合と比較して箱形断面の一部分に BHS鋼を用いた方が鋼製橋脚の最大水平荷重 $H_{max}/H_Y$ が大きくなった。2) 兵庫県南部地震時の地震加速度波形を入力した鋼製橋脚の動的解析の結果、鋼製橋脚の箱形断面の角部のみに BHS鋼を用いることにより全断面に普通鋼を用いる場合よりも残留変位が小さくなるという結果を得た。

参考文献：1) 大阪市立大学大学院工学研究科都市系専攻橋梁工学分野，JIP テクノサイエンス（株）：EPASS/USSP ユーザーズ・マニュアル，入力編，Ver.1.0，2007。