

HPS を用いた鋼製橋脚の地震時挙動に対する地盤連成の影響

岐阜大学 学生会員 ○鈴木 淳

岐阜大学 正会員 村上 茂之

1. 研究背景・目的

現在の設計法は塑性化を考慮した設計法となっている。しかし、鋼材の公称値は最低限保障されるべき値であるため、実鋼材が公称値で降伏するとは限らない。また、地震動を正確に予測することは、容易ではない。これらの不確定要素のため地震時の鋼製橋脚の塑性後の挙動を正確に把握することは難しい。また、橋脚が塑性変形することで残留変位が生じ、高架橋が使用できなくなり、救援活動に支障をきたす恐れがある。これらの問題点の解決策として、橋脚の鋼材に降伏応力度を SM490Y の 2 倍とした HPS(High Performance Steel)を用いることで、地震時の挙動を弾性域内に留める弾性設計法が考えられる。また、構造物は基礎構造物を介して地盤に支持されている。このため構造物には、構造物の振動エネルギーの一部が地盤に逸散し、構造物の振動が抑えられる逸散減衰と呼ばれる現象が生じる。この逸散減衰が HPS を用いた鋼製橋脚の弾性設計を行う上で有利に作用すると考えられる。

本研究では橋脚と地盤の動的相互作用を考慮することによる HPS を用いた鋼製橋脚の地震時の挙動に着目し、地盤連成を考慮し、HPS を用いた鋼製橋脚の弾塑性動的応答解析を行い、更なる鋼製橋脚の耐震性能の向上を目的とする。

2. 解析モデル

解析モデルを図-1 に、橋脚の断面図を図-2 に、基礎の断面形状を図-3 に示す。

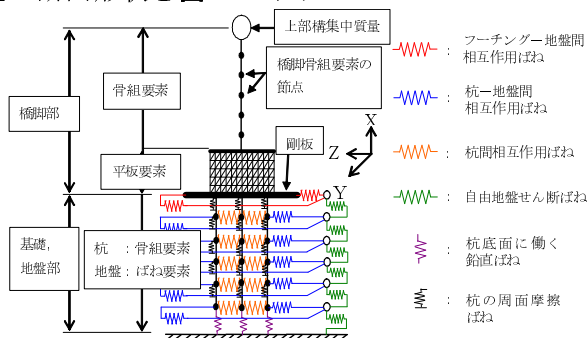


図-1 解析モデル

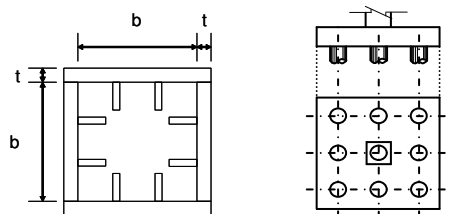


図-2 橋脚断面図 図-3 基礎の断面形状

局所変形を考慮しない橋脚と杭は 1 節点 3 自由度の骨組要素、局所変形を考慮する橋脚の基部を 1 節点 6 自由度の板要素でモデル化を行った。フーチングは十分な剛性があるものとし、剛域とした。時振動は図中の z 軸方向に入力した。本解析ではモデルの対称性を考慮し図中の y 軸方向に 1/2 でモデル化を行った。

3. 構造諸元

本研究で使用した鋼材の機械的性質を表-4に示す。本研究では HPS の降伏応力度を SM490Y の 2 倍の 730MPa とした。

表-4 鋼材の機械的性質

鋼種	降伏応力度(MPa)
SM490Y	365.0
HPS	730.0

橋脚の構造諸元を表-5に示す。モデル名は以下で定義する。

(鋼種)-H-(橋脚高さ)-B-(橋脚幅)

例えば SMH10B200 は、鋼種は SM490Y、橋脚高さ 10m、橋脚の幅 2m を示す。

なお、すべてのモデルにおいて幅厚比パラメータ $\bar{\lambda}_p$ を 0.3、補剛材剛比 γ/γ^* を 3.0 で一定とし、モデル化を行った。また、上部構集中質量は橋脚幅に関係なく $1.92 \times 10^6 \text{kg}$ で一定とする。

表-5 橋脚の構造諸元

モデル名	鋼種	h(mm)	$\bar{\lambda}_p$	b(mm)	t(mm)	$\bar{\lambda}$
SMH10B200	SM490Y	10000	0.3	2000	49	0.35
HPSH10B150	HPS			1500	52	0.68
HPSH10B200				2000	69	0.51
SMH15B200	SM490Y	15000		2000	49	0.52
SMH15B250				2500	61	0.42
HPSH15B160	HPS			1600	55	0.96
HPSH15B200				2000	69	0.77
HPSH15B250				2500	86	0.61

キーワード 耐震, 鋼製橋脚, HPS, 地盤連成

連絡先 〒501-1193 岐阜市柳戸 1 番 1 岐阜大学総合情報メディアセンター 村上 E-mail:s-mura@gifu-u.ac.jp

4. 入力地震動

本研究ではタイプⅠの地震動として1983年に発生した日本海中部地震動(最大加速度 433.4gal)を、タイプⅡの地震動として1995年に発生した兵庫県南部地震動(最大加速度 686.8gal)を入力する。日本海中部地震動、兵庫県南部地震動の加速度波形を図-6に、加速度応答スペクトルを図-7に示す。

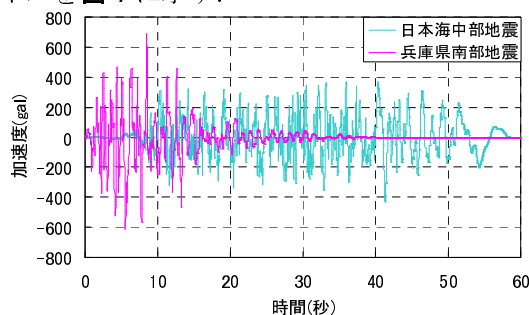


図-6 加速度波形

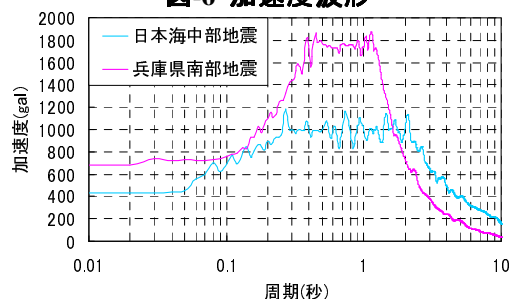


図-7 加速度応答スペクトル

5. 解析結果と考察

日本海中部地震動における最大変位を降伏変位で除した値 $|\delta_{\max}/\delta_Y|$ を図-8に、残留変位を降伏変位で除した値 $|\delta_{\text{res}}/\delta_Y|$ を図-9に示す。兵庫県南部地における $|\delta_{\max}/\delta_Y|$ を図-10に、 $|\delta_{\text{res}}/\delta_Y|$ を図-11に示す。○は基部固定モデル、△はⅡ種地盤モデル、□はⅢ種地盤モデルを示す。

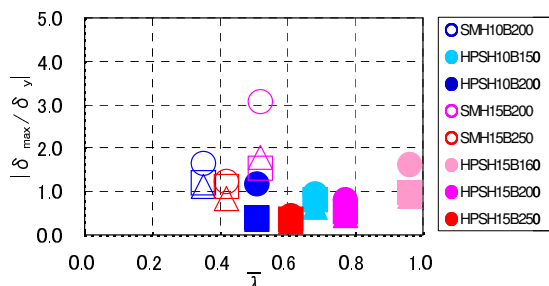


図-8 日本海中部地震動における $|\delta_{\max}/\delta_Y|$

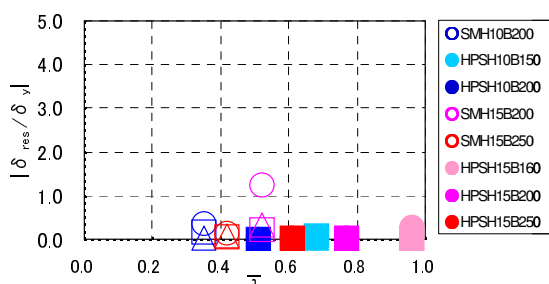


図-9 日本海中部地震動における $|\delta_{\text{res}}/\delta_Y|$

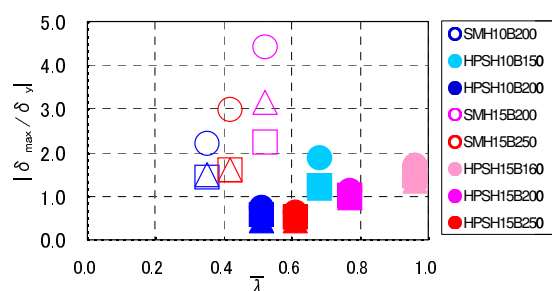


図-10 兵庫県南部地震動における $|\delta_{\max}/\delta_Y|$

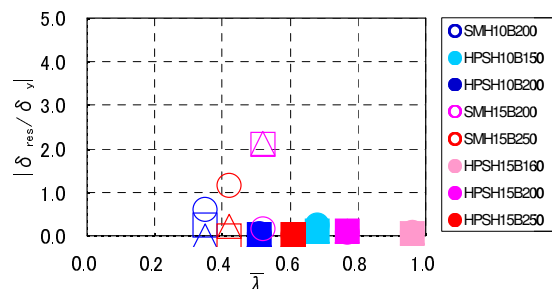


図-11 兵庫県南部地震動における $|\delta_{\text{res}}/\delta_Y|$

(a) 日本海中部地震動

同じ橋脚の高さ、同じ橋脚幅で SM490Y を使用したモデルと HPS を使用したモデルにおいて $|\delta_{\max}|$ 、 $|\delta_{\max}/\delta_Y|$ を比較するとすべてのモデルにおいて HPS を使用したモデルが小さくなった。また、橋脚の高さが同じで SM490Y を使用したモデルと橋脚幅が SM490Y より小さい HPS を使用したモデルにおいて $|\delta_{\max}|$ 、 $|\delta_{\max}/\delta_Y|$ を比較すると、 $|\delta_{\max}|$ は HPS を使用したモデルが大きくなるが、 $|\delta_{\max}/\delta_Y|$ は HPS を使用したモデルが小さくなることから、HPS を使用した橋脚は SM490Y を使用したモデルより変形性能に優れている。

また、すべてのモデルにおいて基部固定モデルより地盤連成を考慮したモデルの方が $|\delta_{\max}/\delta_Y|$ が小さくなった。これは橋脚と地盤の動的相互作用を考慮したことで逸散減衰が生じ、橋脚の挙動が小さくなったためである。

(b) 兵庫県南部地震動

日本海中部地震と同様に $|\delta_{\max}|$ 、 $|\delta_{\max}/\delta_Y|$ を、SM490Y を使用したモデルと HPS を使用したモデルで比較すると、同様の見解が得られた。

6. 結論

HPS を使用することにより、地震時の橋脚の挙動を抑制することができ、さらに地盤連成を考慮することにより地震時の橋脚の挙動を抑制することができる。

参考文献

- ・日本道路協会：道路橋示方書(V耐震設計編)・解説，2002.3.