

補剛鋼箱形断面柱の地震応答性状

岐阜大学大学院 学生員 森 久芳
 岐阜大学工学部 正 員 奈良 敬
 日本道路公団 正 員 早川慎治

1. まえがき

限界状態設計法に即した鋼製橋脚の耐震設計法を確立するためには、実際の鋼製橋脚モデルの地震時弾塑性動的性状を十分に把握することにより、地震時の構造物の動的極限挙動を明らかにしておく必要がある¹⁾。特に都市内高速道路の高架橋などに用いられる鋼製橋脚においては、立地条件などによる拘束から単柱形式の構造となることが多い。これらの場合においては上部構造の死荷重がその地震時の動的応答性状に大きく影響を与える。そこで、本研究では実際の鋼製橋脚に用いられることの多い補剛箱形断面柱の動的弾塑性挙動を残留応力などの初期不整を考慮して追跡し、断面構成の違いならびに柱頂部の付加質量と軸方向圧縮力が挙動に与える影響について考察した。

2. 解析モデル

数値解析には幾何学および材料学的非線形性を同時に考慮した動的解析法²⁾を用いる。

(1) 鋼製橋脚のモデル化：解析モデルとしては、図-1に示すように等断面柱、および断面変化点をひとつ設けた変断面柱を扱うことができる³⁾。今回は等断面柱モデルのみを用い、表-1に示すような阪神高速道路公団が鋼製橋脚の地震時保有水平耐力を照査⁴⁾する際に使用した実橋脚の縮尺1/3の実験供試体モデルH1および、縦補剛材本数を極力抑える目的で設計された断面構成のモデルH4-SM400、H4-SM490Yを実寸大に再現して用いる。また、付加質量と軸方向力の影響を調べるため、降伏軸方向圧縮力 P_v の0.15倍の軸方向力とそれに対応した付加質量を有するモデルH1-F15と、付加質量はそのままで軸方向力のみ変化したモデルH1-F15-M10についても解析を行う。

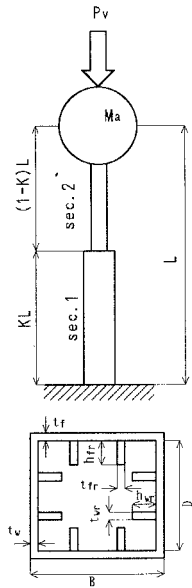


表-1 解析モデルの諸元

	Model	L	K	T	B	D	t_r	t_w	h_r	t_r	N_r	σ_y	M_{axid}	$P_v \times 10^3$	P_v / P_v
CONCR. SECTION	H1	1800	1	1.19	240	240	3.0	2.4	19.2	1.8	4	3600	0.120	0.118	0.104
	H1-F15	1800	1	1.43	240	240	3.0	2.4	19.2	1.8	4	3600	0.170	0.173	0.150
	H1-F15-M10	1800	1	1.19	240	240	3.0	2.4	19.2	1.8	4	3600	0.120	0.173	0.150
	H4-SM400	1800	1	0.86	240	240	5.7	5.7	50.7	5.7	1	2400	0.120	0.118	0.074
	H4-SM490Y	1800	1	0.79	240	240	6.6	6.6	48.0	6.6	1	3600	0.120	0.118	0.043

※ $t_r=t_{fr}=t_{vr}$, $h_r=h_{fr}=h_{vr}$, N_r : 補剛材本数, T: 弾性1次固有周期, 単位はkg, cm

図-1 解析モデル

上部構造物を想定した柱の作用する軸方向力 P_v は、モデルH1およびH4において実際に実験に用いられたH1断面の降伏荷重の0.104倍とした。頭部に与える付加集中質量 M_a は、この軸方向力が死荷重と仮定した値を用いる。残留応力については、小松・牛尾・北田⁵⁾の実測結果に従って入力するものとする。鋼材の応力-ひずみ関係は、bi-liner型とし、塑性域の応力-ひずみ曲線の勾配 E_T は、 $\sigma_y=3600$ kgf/cm²のとき $E_T=E/100$ 、 $\sigma_y=2400$ kgf/cm²のとき、 $E_T=0.0$ とする。また、減衰力は無視する。

(2) 入力地震波：入力地震波には、道路橋示方書V耐震設計編に示されるI~III種地盤用の時刻歴応答解析用標準波形レベル1と鉄筋コンクリート橋脚地震時保有水平耐力照査用加速度応答スペクトルに対応するレベル2の波形を用いる。

3. 数値計算結果とその考察

(1) 断面構成の差異による弾塑性挙動の変化 モデルH1ならびにH4の頭部水平変位の時刻歴応答を図-2、および橋脚の軸方向垂直ひずみ分布の一例を図-3に示す。H4-SM400の場合、 $t=12$ 秒付近で生じる頭部水平変位の偏心量はH1の場合より小さい。この結果、H1に比して軸力比の小さいH4-SM400の場

合の基部の垂直ひずみはH1の場合の40%程度となる。また、鋼種をグレードアップしたH4-SM490Yの場合は、頭部水平変位量ならびにその偏心量はH4-SM400の場合よりさらに小さく、基部の垂直ひずみはH4-SM400の場合の50%以下となった。

(2) 集中付加質量および軸力比と弾塑性挙動との関係 モデルH1-F15ならびにH1-F15-M10の頭部水平変位の時刻歴応答を図-4、および橋脚の軸方向垂直ひずみ分布の一例を図-5に示す。両モデルはH1より強度の点から厳しいものであるが、モデルH1-F15-M10の頭部水平変位の時刻歴応答はH1の場合とほぼ似ている。モデルH1-F15の場合はH1の場合より負側で大きな水平変位を観察するものの、その偏心量は小さい。II種地盤の標準加速度応答スペクトルが $T>1.3$ で低減されることから、H1-F15の1次固有周期の相違によるものと考えられる。しかしながら、集中付加質量と軸力の増加により、基部の垂直ひずみはH1-F15-M10の場合でH1の場合の1.3倍、H1-F15では2倍以上となる。

4. まとめ

今回の数値計算結果より次のことが分かった。①モデルH1よりH4-SM400の方が高い保有水平耐力を有する。②集中付加質量ならびに軸力比が弾塑性挙動に及ぼす影響は1次周期との関係で考察しなければならないが、それらの増加は基部の塑性ひずみの進行をもたらす。

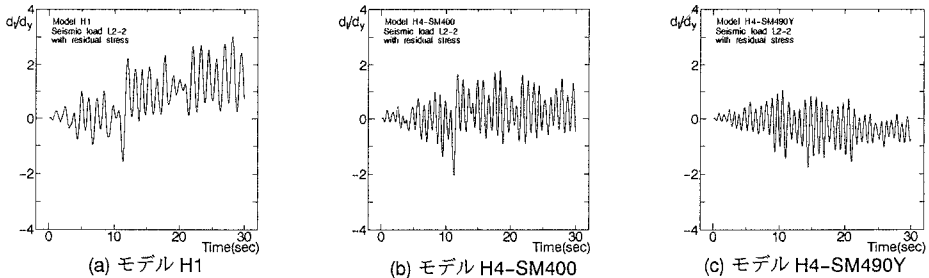


図-2 頭部水平変位の時刻歴

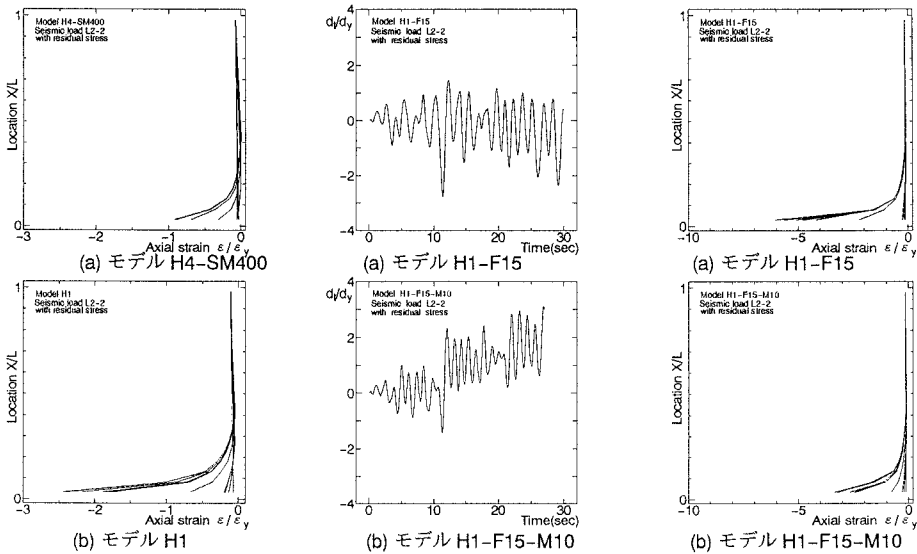


図-3 垂直ひずみ分布図

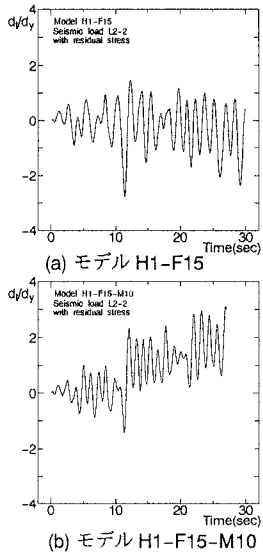


図-4 頭部水平変位の時刻歴

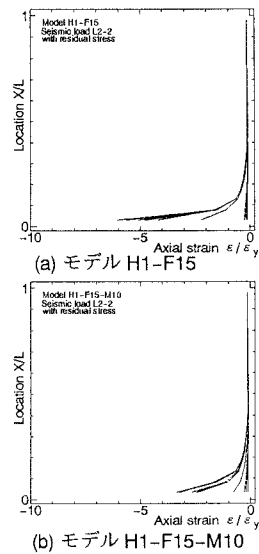


図-5 垂直ひずみ分布図

参考文献 1)土木学会鋼構造委員会鋼構造動的極限性状研究委員会：鋼構造物の弾塑性性状と耐震設計法，土木学会，平成5年8月 2)奈良敏・早川慎治・森脇良一：残留応力を考慮した補剛鋼箱形断面柱の弾塑性地震応答解析，構造工学における数値解析法シンポジウム論文集，第18巻1994年7月。 3)早川慎治・森脇良一・奈良敏：残留応力を考慮した補剛箱形断面柱の耐震性能，土木学会第49回年次学術講演会講演概要集，I-A，pp.78-79，1994年9月。 4)阪神高速道路管理技術77-鋼製橋脚の地震時保有水平耐力に関する研究会：研究会資料，平成5年2月 5)小松定夫・牛尾正之・北田俊行：補剛板の溶接残留応力および初期たわみに関する実験的研究，土木学会論文報告集，第265号，1977年9月