

京都大学工学部  
京都大学工学部  
阪神高速道路管

正員 渡邊英一 大阪市立大学工学部 正員 北田俊行  
正員 杉浦邦征 阪神高速道路公団 正員 南荘 淳  
正員 富田 穂

## 1. はじめに

鋼製橋脚柱の基本設計は、上部構造の重量および地盤振動によって起励される上部構造の振動にともなった慣性力などの外力に対して、主に圧縮力を受ける曲げ部材として行われる。ここでは、断面積、断面係数、断面2次モーメントなどの断面諸量に加えて、特に、補剛板の幅厚比Rr、補剛材の剛度比 $\gamma/\gamma^*$ 、柱の細長比 $\lambda$ などの強度パラメーターが重要になる。

鋼製橋脚の地震時保有水平耐力に関する研究会（主査：北田俊行大阪市立大学助教授）は平成4年度の研究として、過去の研究成果を分類・評価し、軟弱地盤で想定される巨大地震に対して橋脚が安全であるためには、強度パラメータの制限値として、 $R_r \leq 0.4$ 、 $\gamma / \gamma^* \geq 5.0$ 、 $P/P_y \leq 0.07$ を設定する必要があることを提示した。本研究では、上記の構造寸法を満足する小型供試体に対して静的載荷実験・仮動的載荷実験を実施し、保有耐荷力および変形性能、さらに、地震時の弾塑性応答性状の観点からその安全性に関して検討を加える。

## 2. 小型供試体および実験方法

小型供試体の形状および寸法を図1に示す。製作の省力化を考え、一本リブの補剛箱型断面を用いた。この小型供試体に対して上部構造の自重による軸圧縮力および上部構造の水平振動に対する慣性力の水平荷重を載荷するため、図2に示すような装置を用いた。

静的載荷実験では、水平変位の入力波として単一の三角波および段階的振幅漸増の三角波を用い、基本的な荷重変形特性を明らかにすることに重点をおいた。

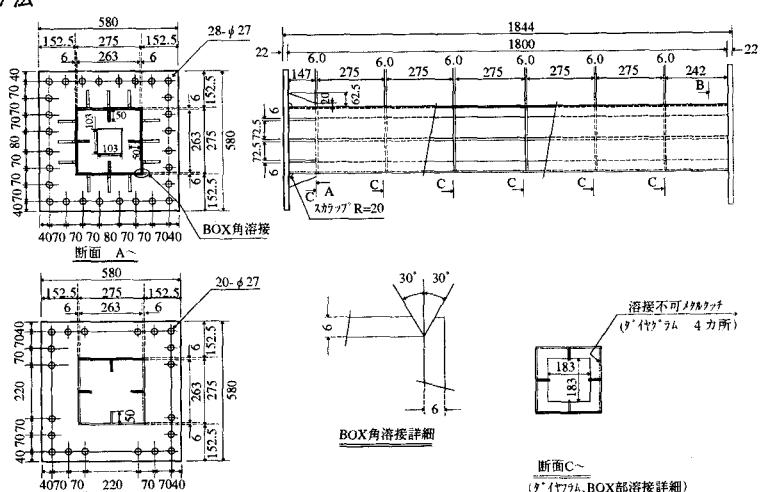


図1 小型供試体の形状（寸法単位：mm）

$$m\ddot{x} + 2mh\left(\frac{2\pi}{\omega}\right)\dot{x} + f = -m\ddot{z}$$

ここで、 $m$ 、 $T$ 、 $h$ 、 $f$ 、 $\ddot{x}$ 、 $\dot{x}$ および $\ddot{z}$ は、それぞれ質点の質量、バネ-質点系の固有周期・減衰定数、復元力、質点の加速度・速度および地盤振動加速度である。この構造系に対して、質点の質量 $m$ 、連結棒の長さ $L$ 、鉛直荷重 $P$ 、減衰定数 $h$ の4つのパラメーターを決定する必要がある。 $L$ は橋脚の全高と考え、供試体が1/10モデルであるので $L=16.99(\text{m})$ とした。鉛直荷重 $P$ は上部構造の自重を想定し、静的載荷実験と同じく降伏軸圧縮荷重 $P_y$ の6.2%とした。減衰定数は $h=0.05$ とした。ここで、質点の質量 $m$ についてはバネ-質点系の弾性域での固有周期が、軸力を考慮した梁の曲げ振動の微分方程式を解いて求めた橋脚の固有周期 $T=0.748$ （秒）と一致するよう $m=1470.3$ （ton）と決定した。載荷実験は、小型供試体に対して行うが、実橋脚の運動方程式の解法との整合性を

保つため、小型供試体の復元力および変位は、それぞれ実橋脚の $10^{-2}$ および $10^{-1}$ とした。また、入力波形には、建設省土木研究所によって作成された道路橋の動的解析のための時刻歴応答解析用標準波形の中で第III種地盤の弾性応答解析用（レベル1）および保有水平耐力照査用（レベル2）を用いた。なお、運動方程式の解法には、中央差分法を用い、時間刻みは0.01（秒）とした。

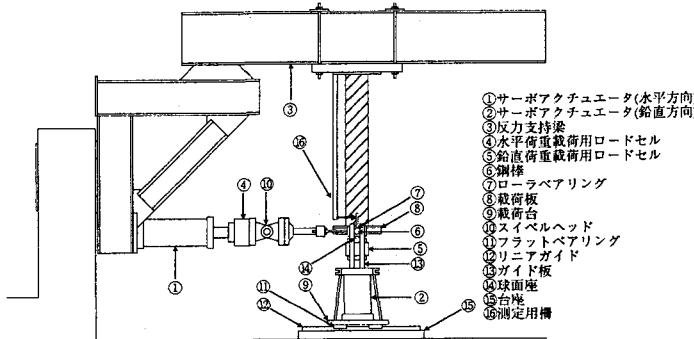


図2 載荷装置

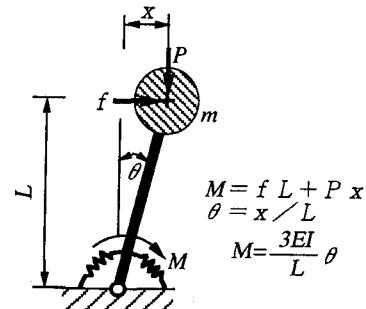


図3 鋼製橋脚のモデル化

### 3. 実験結果および考察

繰り返し載荷実験により得られた荷重・変形の履歴曲線を図4に示す。ただし、荷重・変位は、それぞれの降伏値 $H_y$ ・ $\delta_y$ で無次元化してある。この橋脚の保有する耐荷力および変形能は、それぞれ約 $1.3H_y$ および約 $3.5\delta_y$ であることがわかる。

弾性応答解析用のレベル1を入力したところ、約 $0.41\delta_y$ の最大応答変位が得られた。また、保有水平耐力照査用のレベル2を入力したところ、約 $1.33\delta_y$ の最大応答変位が得られた。したがって、大地震に対しても十分安全であることがうかがえる。さらに、強度を2倍・3倍と大きくした加速度波形を入力し、地震時弾塑性応答を評価し、加速度強度と残留変形量の関係を比較した結果を図5に示す。ここで、使用性限界変位を橋脚高の1/100とすれば、最大600(gal)までの地震に対して、地震後の使用性が保証されることとなる。

無次元化水平荷重

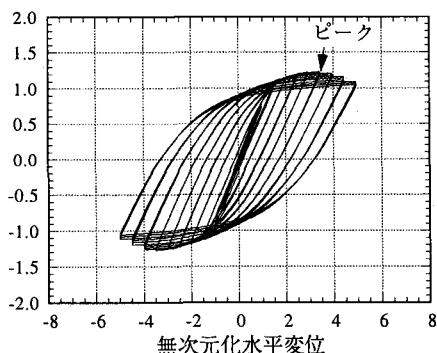


図4 繰り返し荷重下の履歴曲線

残留変形量 (cm)

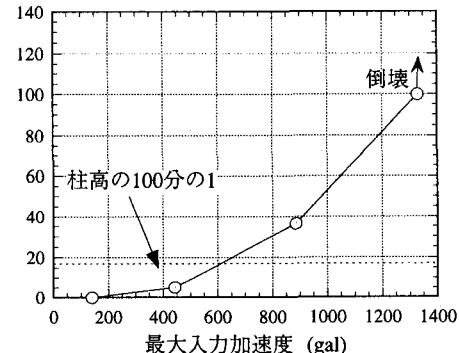


図5 加速度強度と残留変形の関係

### 4. あとがき

本研究では、補剛材の幅厚比： $Rr \leq 0.4$ 、補剛材の剛比： $\gamma / \gamma^* \geq 5.0$ 、軸圧縮力比： $P/P_y \leq 0.07$ の構造寸法制限を満足する鋼製橋脚の地震時安全性を静的載荷実験・仮動的実験により検討した。このような構造寸法制限下の鋼製橋脚は、強度および変形性能に優れ、共用期間中に稀にしか起きない大地震に対しても十分安全であることが明らかになった。

謝辞：本研究は、阪神高速道路管理技術センター・鋼製橋脚の地震時保有水平耐力に関する研究会（主査：北田俊行大阪市立大学助教授）の平成6年度の研究成果の一部である。本研究会の委員の方々から貴重な意見を頂いた。ここに記して謝意を表する。