

J R 西 日本 正 員 山口 岳 京都大学工学部 正 員 渡邊英一
 京都大学工学部 正 員 古田 均 京都大学工学部 正 員 杉浦邦征
 京都大学工学部 正 員 宇都宮智昭 阪神高速道路公団 正 員 南 莊 淳

1. 序論

本研究では、都市高速道路等に用いられる円形断面鋼製橋脚柱が地震力を受ける場合を想定し、一定軸圧縮力下における仮動的実験(モデル化が複雑な要素の特性を載荷実験により求め、オンラインで計算機に送り込み全体系の数値解析を行う手法¹⁾)、および数値シミュレーションを通して、苛酷な荷重条件下において有利な円形断面形状を明らかにするとともに、強度パラメータに対する制限値の設定を試みた。

2. 橋脚モデルと実験方法

対象とした構造物は円形断面の単柱式鋼製橋脚である。実際に建設された円形断面鋼製橋脚柱を1/10にスケールダウンした橋脚モデルを基本タイプ($r/t=50.0$)とし、このほかに供試体長さ方向に補剛材を配置したC-RSタイプ($r/t=50.0$)、断面を厚肉化し径厚比を小さく抑えたC-TKタイプ($r/t=25.6$)を比較円形断面として取り上げた。供試体間の比較を行うため、断面積および全体座屈強度を支配する細長比パラメータを一定($\bar{\lambda}=0.346$)に保つよう設計を行った。供試体形状を図-1に示す。これらの供試体に対し図-2に示すような40tonfサーボ試験機2台から構成される載荷装置を用いて、上部構造物の自重を考慮した一定軸方向圧縮力および地震力を想定した水平荷重を柱頭に与えた。一定軸圧縮力は実橋の設計を参考に降伏軸圧縮力の15%とした。

3. 円形断面鋼製橋脚柱の地震時応答性状

各タイプに対して仮動的実験を行い、鋼製橋脚モデルに対する地震時応答を再現した。ここでは地盤種別ごとに設定された標準地震入力波形²⁾(I種地盤用レベル2)に対する応答結果について言及する。一例としてC-STD-H3に同地震波の部分波形(図-3)を入力したときの変位時刻歴曲線および履歴曲線を図-4、図-5に示す。

最大応答変位は降伏水平変位のはば5倍に達し、履歴曲線からは強度の劣化がみられる。また実験後、同供試体の破壊性状を観察したところ、外側に凸なリング形状の局部座屈波形が基部のセグメントで確認された。リング状波形のおよぶ範囲は

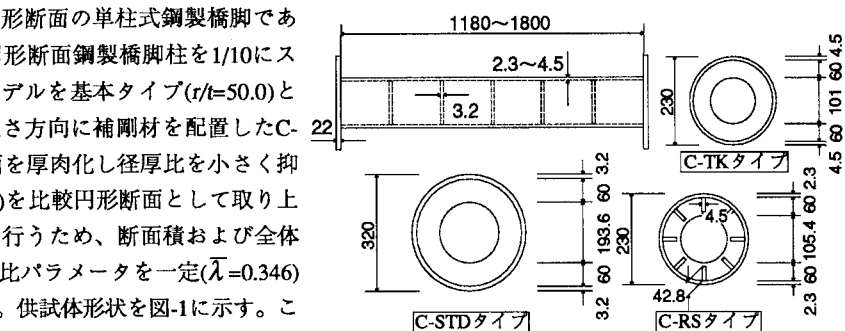


図-1 供試体の断面形状

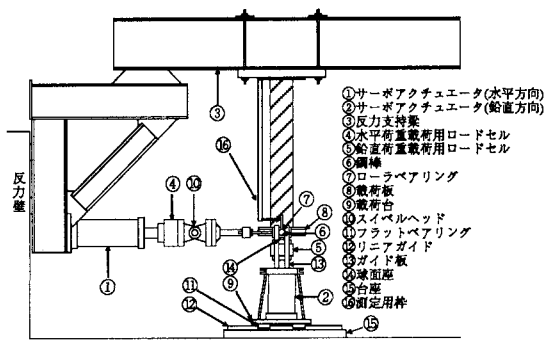


図-2 載荷装置の全体図

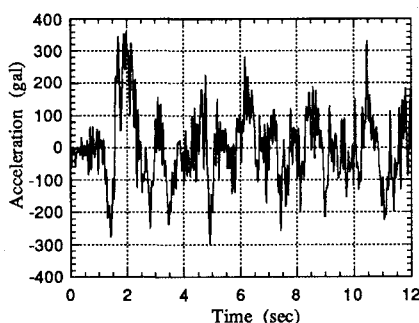


図-3 I種地盤レベル2部分波形(0-12sec)

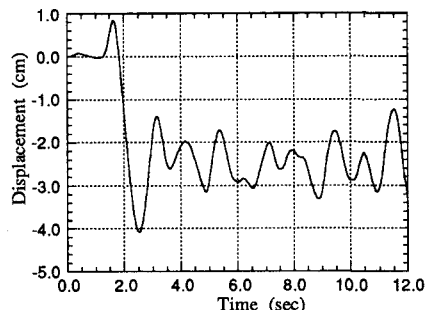


図-4 C-STD-H3供試体の変位時刻歴曲線
(入力波形: I種地盤, レベル2, 0-12sec)

供試体長さ方向に5cm程度と短く、局部座屈がこのように狭い範囲に集中する点が箱型断面の場合とは異なる。3タイプの供試体に対し同じ地震波を入力した結果を最大応答変位に着目してまとめると図-6のようになり、C-TK、C-RSタイプの応答変位が相対的に小さいことがわかる。これは履歴および局部変形状から判断すると断面形状の違いが大きな要因であると考えられる。図中、レベル1は弾性応答解析用地震波であり、供試体間の応答変位に大きな差は見られなかった。次にC-STD、C-TKタイプに対し、劣化域を有するTri-linear型復元力モデルを仮定し、実験結果との整合性を確認した。ここで復元力特性を特徴づけるパラメータを抽出し、それらが径厚比によって線形に変化すると仮定して任意の径厚比に対する復元力モデルを決定した。これらを用いて標準地震入力波形に対する時刻歴応答解析を行い、とくに径厚比の違いによる最大応答変位の変化を調べた。結果を図-7に示す。なお x_p は柱部材が変形して塑性化が進行しても強度の劣化を生じない最大の水平変位を表している。最大応答変位を x_p 以下に抑えるためには、柱部材に対して一般的な値である $\bar{\lambda}=0.346$ という条件下では地盤種別を問わず径厚比 $r/t=50.0$ よりかなり小さくする必要がある。また同様な計算により、強度低下を容認して少なくとも H_y の残存強度を保証するには、I、II種地盤に対してそれぞれ $r/t=45$ 、 $r/t=25$ 程度まで径厚比を抑える必要性が確認された。さらに、実験により発生した局部座屈が供試体基部の狭い範囲に集中していることから、橋脚モデルに生じる変形が基部の変形に代表されると仮定し、径厚比に対する復元力モデルを細長比 $\bar{\lambda}$ に応じて変化させて数値計算を行った。図-8はそれぞれの径厚比に対するレベル2地震波の最大応答変位が x_p 以下となる $\bar{\lambda}$ の限界値を示しており、例えば実験に用いた基本タイプの断面($r/t=50.0$)に対しては、 $\bar{\lambda}=0.17\sim 0.24$ 程度の細長比に抑える必要があると判断できる。

4. 結論

- (1) 軸方向圧縮力と水平荷重を受ける円形断面柱部材の局部座屈は柱基部に発生し、波形の影響は比較的狭い範囲に集中する。
- (2) 仮動の実験手法を用いて地震時応答を再現した結果、断面の厚肉化あるいは補剛材の配置による補強を施した橋脚モデルの応答変位は、従来の基本モデルと比較して小さい。
- (3) 実験で採用した細長比一定($\bar{\lambda}=0.346$)のモデルにおいて、標準地震入力波形に対する応答変位を最大水平変位程度に抑えるためには、地盤種別に応じて断面を厚肉化する必要性が確認された。また局部座屈強度に対して降伏強度を保証する限界径厚比($r/t=50.0$)をもつ断面に対しても、細長比を小さく設計することにより応答変位を x_p 以下に制限することが可能である。

参考文献

- 1) 伯野元彦 他：ハイブリッド実験の応用マニュアル、平成元年度科学研究費補助金(総合研究(A))研究成果報告書、1990.3、2)建設省土木研究所耐震研究室 他：道路橋の免震設計マニュアル(案)、1992.3

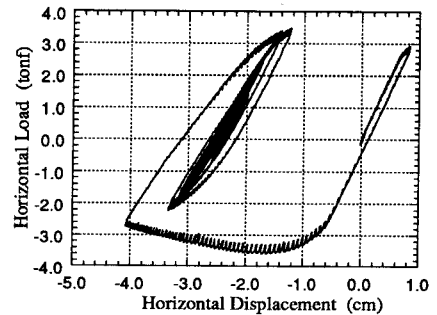


図-5 C-STD-H3供試体の履歴曲線
(入力波形：I種地盤，レベル2，0-12sec)

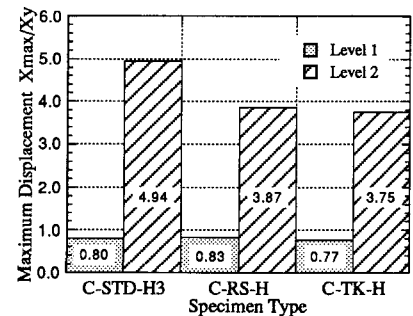


図-6 各供試体における最大応答変位の比較
(入力：標準地震入力波形 I 種地盤用，0-12sec)

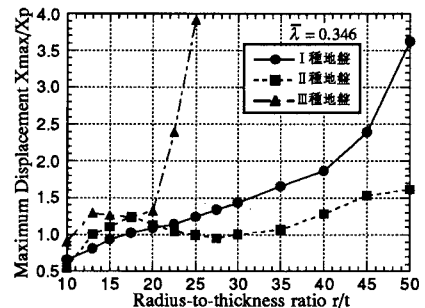


図-7 径厚比と最大応答変位(X_{max}/X_p)の関係
(入力波形：I，II，III種地盤用レベル2地震波)

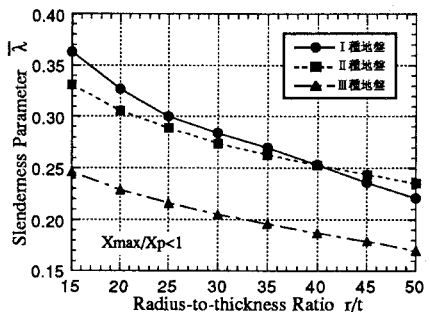


図-8 最大応答変位 $X_{max}/X_p < 1$ を保証する
径厚比-細長比関係の限界値