

I-24

円形断面橋脚柱の強度・変形性能に関する実験的研究

京都大学大学院	学生員	太田雅夫	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
京都大学工学部	正員	山口 岳			

1. 研究目的

本研究では、径厚比、 r/t ・細長比、 λ の異なる円形断面鋼製橋脚モデルに、上部構造の重量を考慮した一定鉛直荷重と地震力を想定した繰り返し水平荷重を載荷して、橋脚全体が保有する水平耐力と変形性能を実験的に求め、耐震性に優れた断面に関して検討する。

2. 載荷実験

本研究では、保有水平耐力及び変形性能に与える径厚比・細長比の影響を明らかにするために、実橋の円形断面鋼製橋脚柱を約1/10に縮小した橋脚モデルを基本タイプ（C-STD）とし、断面積を統一した3代替断面を考える（薄肉断面、厚肉断面、補剛円形断面）。また、全体座屈強度を支配する細長比パラメータ λ を一定（ $\lambda=0.346$ ）としたが、比較のため柱の高さを同じにした供試体を2体用意した。合計7体の供試体を製作したが、各供試体の特徴を表1に、また基本タイプの供試体形状及び断面形状を図1に示す。これらの供試体に対して、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^{1,2)}を用いて、上部構造の自重を考慮した一定軸圧縮力及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。また、繰り返し水平変位としては、一定振幅の三角波を3サイクル毎に変位振幅を $0.5\delta_y$ ずつ増加させていく方式を採用した。

表1 各供試体の特徴

供試体名	特徴
C-STD	基本タイプ (径厚比 $r/t=50$, 細長比パラメータ $\lambda=0.346$)
C-TN-L	薄肉断面タイプ (径厚比 $r/t=96.3$, 細長比パラメータ $\lambda=0.248$)
C-TK-L	厚肉断面タイプ1 (径厚比 $r/t=25.56$, 細長比パラメータ $\lambda=0.486$)
C-TK1	厚肉断面タイプ2 (径厚比 $r/t=25.56$, 細長比パラメータ $\lambda=0.346$)
C-TK2	設計寸法はC-TK1と同じ
C-RS	補剛断面タイプ、供試体の長さ方向に補剛材を配置(径厚比 $r/t=50$, 細長比パラメータ $\lambda=0.346$)
C-Rib	基部補強タイプ、最大断面力を受けるC-STD供試体基部のみを三角リブで補強(径厚比 $r/t=50$, 細長比パラメータ $\lambda=0.346$)

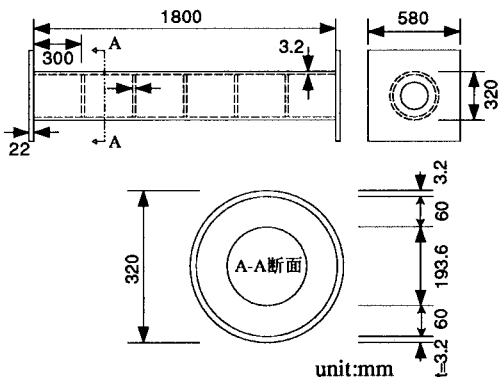


図1 供試体の形状 (C-STDタイプ)

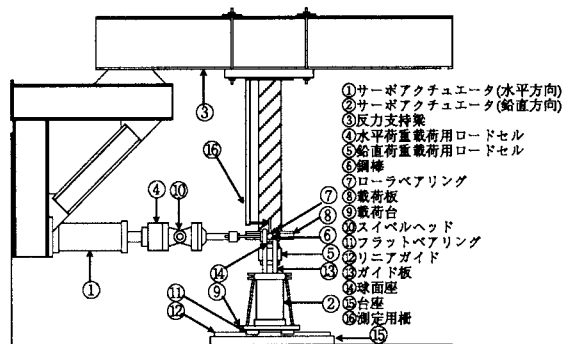


図2 実験装置の全体図

3. 実験結果と考察

繰り返し載荷実験の結果例として供試体C-STD, C-TN-Lの水平荷重－水平変位履歴曲線をそれぞれ図3, 図4に示す。C-STDでは、初期降伏後、多少の強度増加が見られるものの、C-TN-Lでは最大耐荷点まではほぼ段形的で、その後急激な耐力低下が見受けられる。各供試体の強度と変形性能の比較を図5に示す。ここで、 H_{max} は載荷中計測した最大水平荷重を表し、また、 δ_{max} は強度劣化が観測されなかった最大水平振幅を表す。それぞれ各供試体の降伏水平荷重 H_y , 降伏水平変位 δ_y で除し無次元化した。図の右上にある程、耐震性能上優れていると評価することができるが、本実験で取り上げた代替断面の中では、C-TK, C-RS, C-TK-L, C-Rib, C-STD, C-TN-Lの順に有利であることがわかる。

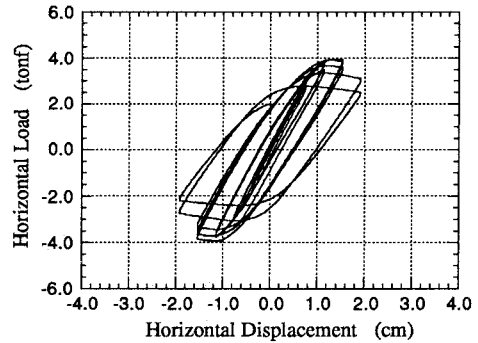


図3 水平荷重－水平変位履歴曲線 (C-STD)

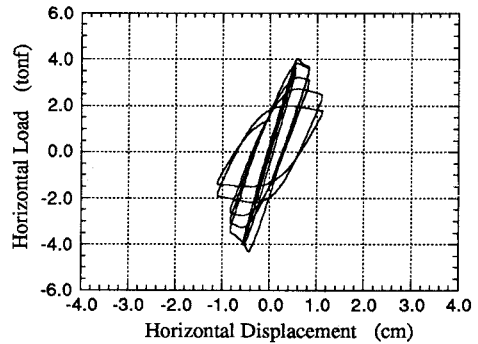


図4 水平荷重－水平変位履歴曲線 (C-TN-L)

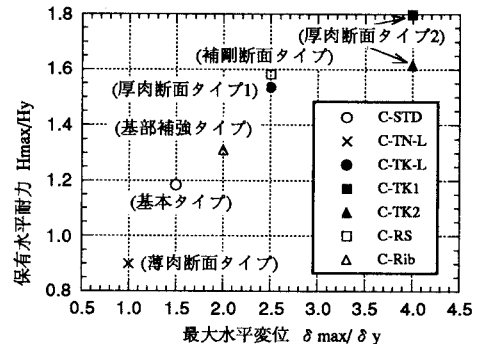


図5 各供試体の強度・変形特性の比較

基本タイプ (C-STD) の最大強度は、降伏水平荷重 H_y の1.10倍程度であり、降伏後のひずみ硬化による強度の上昇を期待できるが、変形性能は $1.5\delta_y$ とそれほど大きくはない。また、薄肉断面タイプ (C-TN-L) は、保有水平耐力が低く、さらに弾性局部座屈により脆性的な崩壊を起こし変形性能に乏しい。これに反して、厚肉断面タイプ (C-TK-L, C-TK1, C-TK2) は、保有水平耐力と変形性能ともに優れているだけでなく、最大耐荷点以降の強度の劣化が緩やかで、剛性低下についても比較的小さいことが特徴として挙げられる。補剛断面タイプ (C-RS) は、C-STDと比較して1.3倍程度の強度上昇が確認され、板厚を薄くした場合においても補剛材の配置によって強度の改善が期待できるものと考えられる。また、基部補強タイプ (C-Rib) は、C-STDと比較して1.1倍程度の強度上昇が確認され、部分的な補剛材の配置による補剛効果が明らかになった。

円形断面柱部材の局部座屈は柱基部に発生した。座屈形状は径厚比の大きい場合、凹凸状の局部座屈波形（ダイヤモンド型）を生じ、一方、径厚比の小さい場合、凸状の円周方向のリング波形を生じた。

4. 結論

円形断面では、径厚比を小さく抑えた厚肉断面が、強度・変形性能ともに優れていることが明らかになり、径厚比を現道路橋示方書の $r/t=50$ （降伏強度を保証する限界値）以下とすることで耐震上有利な断面とすることができる。

5. 参考文献

- 1) 水本・宇佐美・青木・伊藤：繰り返し荷重を受ける鋼圧縮部材の強度と変形能に関する実験的研究，構造工学論文集Vol.37A, 1991.
- 2) 宇佐美・水谷・青木・伊藤・安波：補剛箱型断面鋼圧縮部材の繰り返し弾塑性挙動に関する実験的研究，構造工学論文集Vol.38A, 1992.