

大阪大学大学院 学生員○谷口直子 大阪大学大学院 学生員 池内智行
大阪大学工学部 正 員 西村宣男

1. まえがき 先の兵庫県南部地震では、鋼管橋脚を使用した高架橋が大きな被害を受け、被災した鋼管橋脚は再構築が行われた。鋼管橋脚の耐震設計を考える場合、局部座屈が発生しない断面設計を行うべきである。また実際に地震力が作用したときには橋脚全体の残留変形が許容値内におさまるように設計をし、地震後も即座に道路橋が通行可能となるようにすべきである。本研究では鋼管橋脚の耐震性向上のため、縦補剛材を有する鋼管橋脚の弾塑性有限解析を行い、基部付近で局部座屈が発生しないような断面の制限値を規定することとする。

2. 解析方法 解析モデルとして表-1に示すように細長比パラメータを 0.2、鋼管の径厚比を 20,30,40,50,60、補剛材本数を 0,4,6,8 本の 4 種類を設定し、さらに径厚比が 30,40,50 の場合については補剛材の板厚と補剛材高さを変化させて解析を行った。図-1に解析モデルを示す。橋脚の対称性を考慮し橋脚の 1/2 をモデル化し、板厚中心位置に 8 節点アイソパラメトリックシェル要素を配置した。解析には、本研究室で開発された弾塑性有限解析プログラムを用い、材料の構成則として、BMC モデル（単調載荷曲線を基にした鋼材の構成式¹⁾）を使用した。載荷条件として、モデルの頂部に上部工の重量を想定した鉛直変位 U を軸圧縮力が一定になるように調整し、図-1に示すように地震時の横揺れを想定した繰り返し載荷について解析を行った。 δ_y は降伏時の水平変位である。

表-1 解析モデルの諸元

上載荷重 P/P_y	0.1
鋼種	SS400
細長比パラメータ λ	0.2
径厚比	20, 30, 40, 50, 60
縦補剛材本数	0, 4, 6, 8

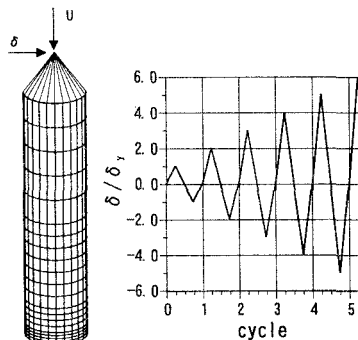


図-1 解析モデルと載荷パターン

3. 解析結果 繰り返し載荷の解析結果を図-2に示す。図の荷重-変位曲線は頂部の水平荷重と水平変位を包絡線で示したものである。無補剛断面においては径厚比が 20 の場合では水平変位を $6\delta_y$ まで与えても強度低下は起こらないが、径厚比が 40,50,60 の場合では最高荷重を超えた後から急激に強度低下が起きていることが分る。縦補剛材が 4 本の場合において、径厚比が 20,30 のケースでは、水平変位を $6\delta_y$ まで与えても強度低下は起こらないが径厚比が、40,50,60 のケースではピーク以降、強度低下が起きている。さらに縦補剛材を 6 本、8 本と増やしていく毎に強度低下が緩やかになっていることが分る。図-3に基部付近における変形状を示す。無補剛の Rt40-0 において全周にわたって局部座屈が生じており、最大で板厚の 4 倍以上の変形量が生じている。縦補

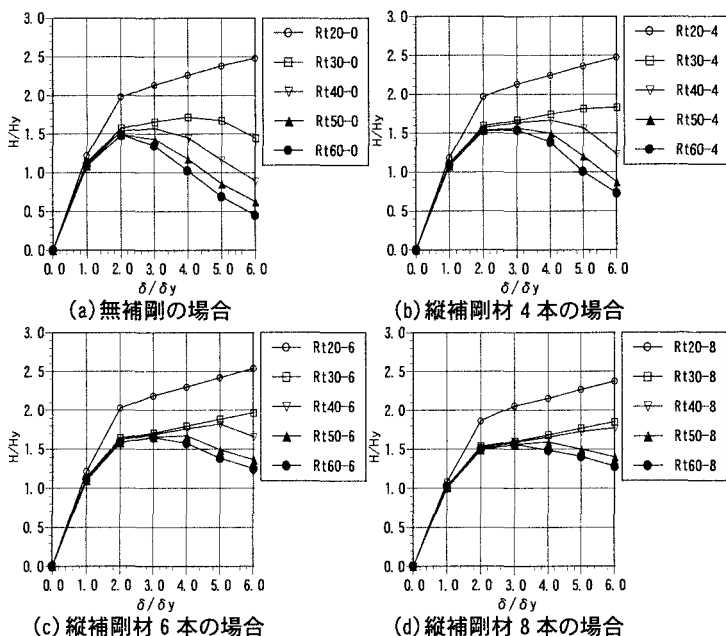


図-2 荷重-変位曲線(包絡線)

剛材を導入した Rt40-6 においては局部座屈の発生がみられないことが分る。また、補剛材には大きな変形がみられない。図-4 は、断面積と最大水平荷重との関係を図-5 は、面積比と塑性率との関係を示したものである。面積比は補剛材断面積を母材の断面積で除したものであり、塑性率は最大水平荷重における水平変位を降伏水平変位で除して表したものである。図-4 において最大水平荷重は 200~350tf の範囲で広く分布し、断面積が大きくなるに従い最大水平荷重も増加しているのが分る。図-5 において、径厚比が 30 の場合では面積比が 0.02 で塑性率が 5 に上昇し、径厚比が 40 の場合では 0.42 で塑性率が 5 まで上昇していることが分る。径厚比が 50 においては面積比を 1 以上にしても塑性率の上昇はみられなかった。他の研究機関^{2),3),4)}における動的応答解析の結果より応答塑性率が 3.5~4.8 の範囲にあることから必要塑性率を 5 と設定した。表-2 は各径厚比、補剛材本数における塑性率、最大板たわみ比を示している。最大板たわみ比は最大板たわみを母材板厚で除したものである。網掛けをしているケースは塑性率が 5 以上、最大板たわみ比が 1.0 以下(局部座屈が発生していない)を満たしているものを示している。この表から最適補剛材本数を検討すると、径厚比が 20 の場合では補剛材を導入する必要はなく、径厚比が 30,40 の場合では補剛材を 4 本導入する必要がある。径厚比が 50 以上の場合では、補剛材面積を増加させても条件を満たさないで、基部付近にコンクリートを充填する必要がある。また面積比と塑性率の関係から径厚比が 30 と 40 の場合の補剛材面積の下限値はそれぞれ母材断面積の 2 %、42%ということになる。

4. まとめ 円形断面橋脚の耐震性向上のため、縦補剛材を有する橋脚の弾塑性有限変位解析を行った結果、縦補剛材を導入することにより、局部座屈を抑止し、塑性率が上昇することが分った。また、各径厚比における最適補剛材本数と面積比の制限値を設定することができた。

【参考文献】

1) 西村宣男, 小野潔, 池内智行: 単調載荷曲線を基にした繰返し塑性履歴を受ける鋼材の構成式, 土木学会論文集, 第 513 号, pp. 27-38, 1994

2) 中川知和, 大谷修, 森脇清明: 阪神・淡路大震災で被災した鋼製円筒橋脚の非線形動的応答解析, 鋼製橋脚の非線形数値解析と耐震設計に関する論文集, pp. 31-36, 1997. 5

3) 西川和廣, 村越潤, 上仙靖, 高橋実: 道路橋示方書における鋼製橋脚の耐震設計について, 鋼製橋脚の非線形数値解析と耐震設計に関する論文集, pp. 1-8, 1997. 5

4) 依田照彦, 松尾礼子, 春日清志: 簡易非線形動的応答解析による鋼製橋脚の耐震性評価, 鋼製橋脚の非線形数値解析と耐震設計に関する論文集, pp. 51-58, 1997. 5

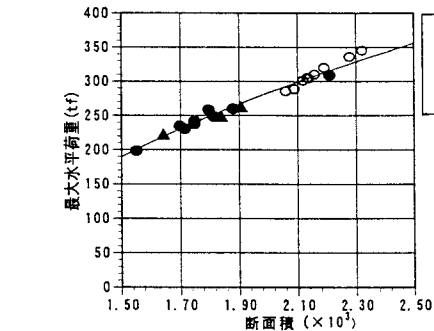


図-4 断面積と最大水平荷重の関係

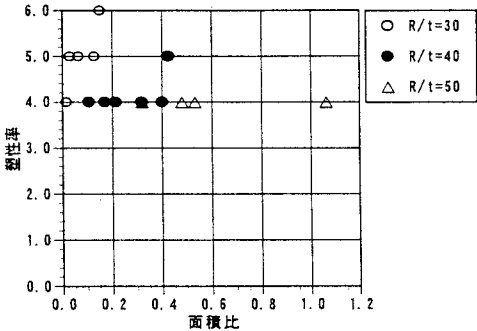


図-5 面積比と塑性率の関係

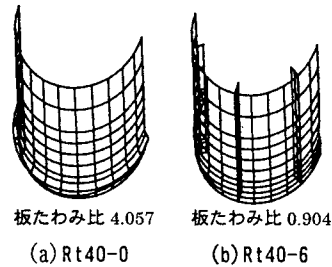


図-3 変形形状

表-2 塑性率と最大板たわみ比

径厚比	20	30	40	50	60	
無補剛	6	4	3	2	2	← 塑性率 μ ← 最大板たわみ比
	0.420	2.291	4.057	5.869	7.125	
補剛材 4 本	6	5	5	3	3	
	0.318	0.754	0.910	3.519	4.628	
補剛材 6 本	6	6	5	4	3	
	0.315	0.578	0.904	3.019	4.498	
補剛材 8 本	6	6	6	4	3	
	0.238	0.573	0.925	2.985	4.301	