

大阪市立大学工学部 正員 北田俊行
阪神高速道路公団 正員 堀江佳平

大阪市立大学工学部 正員 中井 博
大阪市立大学工学部 学生員 松村政秀
大阪市立大学工学部 学生員 ○山本剛士

1. まえがき 最近、新設の鋼製橋脚を設計するために、道路橋示方書・V.耐震設計編¹⁾が、改訂された。阪神高速道路公団では、この設計方法にもとづいて、既設鋼製橋脚を補強するための独自の耐震補強法が作成されている²⁾。本研究では、この耐震補強法にしたがって設計された鋼製橋脚の縮尺模型を製作し、それに対する純圧縮の静的耐荷力実験、および弾塑性有限変位解析を行うことによって、上記の耐震補強法の妥当性を検討する。

2. 実験供試体の設計 図-1に示すように、既設縦補剛材間の板パネルの幅厚比パラメータ R_R を 0.4 以下にするため、既設の縦補剛材の間に、少し小さめの縦補剛材（以下、増設縦補剛材という）を、増設する。また、縦補剛材自身の幅厚比パラメータ R_S を 0.5 以下にするとともに、補剛板全体の幅厚比パラメータ R_F を 0.4 以下にする。そのため、縦補剛材の先端に補強フランジを、増設する。なお、図-2に示すように、これらの追加部材が強度上昇につながらないように、これらの部材の端部は、横補剛材（あるいはダイアフラム）位置で切断する。

3. 弾塑性有限変位解析 図-3に示すように、補剛板から、横補剛材位置を中央として、縦方向に横補剛材間隔、横方向に既設縦補剛材間隔の部分を取り出した補剛板パネル、すなわち局部座屈を考慮できる柱モデルを、解析モデル（以下、柱解析モデルという）とした。

また、初期不整としては、とりあえず初期たわみのみを考慮し、残留応力を考慮しなかった。

柱解析モデル AL0-1 は、補強を行わない既存の補剛板を対象としたモデルである。柱解析モデル ALR-2-3.3t は、上記の耐震補強法によって補強した補剛板を対象とした柱モデルである。そして、増設縦補剛材、および既設縦補剛材補強フランジの端部の隙間を、補剛板の板厚 t の 3.3 倍とした。また、これらの解析モデルの初期たわみ波形は、図-3に示すように、補剛板全体モードと既設縦補剛材間の板パネルの局部モードとの和で与えた。ここで、最大値 $w_{0,max}$ 、および $v_{0,max}$ は、それぞれ道路橋示方書の製作基準値である $a/1,000$ 、および $b_g/150$ とした。柱解析モデル ALR-4-3.3t は、初期たわみの最大値を柱モデル ALR-2-3.3t のそれらの 1/5 にしたモデルである。柱解析モデル AL0-2 は、補強を行わない既存の補剛板を対象とした。しかし、柱解析モデル AL0-1 と異なり、初期たわみの最大値を、1/5 としたモデルである。

また、図-4に示すように、対象とした静的耐荷力実験供試体の中央部分の構造、載荷荷重、および、たわみ波形の対称性を利用して、横補剛材位置から上下方向に横補剛材間隔の 1/2 の長さ部分を取り出し、局部座屈が考慮できるコの字形断面の柱モデルを作成した。

各コの字形断面の解析モデル BLO シリーズ、および BLR シリーズは、それぞれ柱解析モデル ALO シリーズ、および ALR シリーズに対応している。ただし、解析モデル BLO-2、および BLR-3 の初期たわみの最大値は、道

Toshiyuki KITADA, Hiroshi NAKAI, Yoshihei HORIE, Masahide MATUMURA and Takashi YAMAMOTO

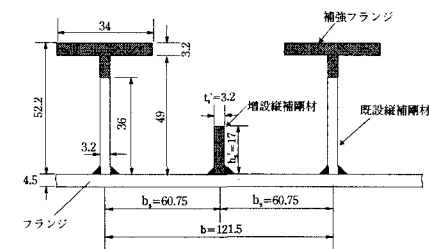


図-1 増設縦補剛材、および補強フランジの断面図（寸法単位：mm）

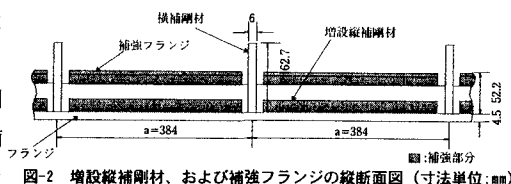


図-2 増設縦補剛材、および補強フランジの縦断面図（寸法単位：mm）

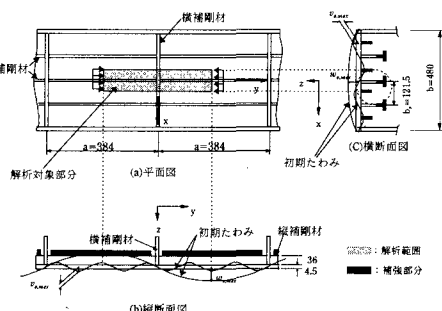


図-3 柱解析モデル、および導入初期たわみ波形（寸法単位：mm）

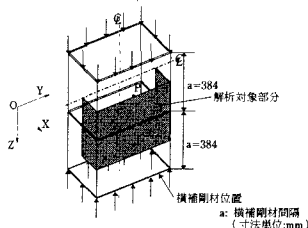


図-4 コの字形断面の解析モデルの概要

路橋示方書³⁾の製作基準の1/4としている。

4. 純圧縮の静的耐力実験 本研究で行った静的耐力実験に用いた実験供試体(2体)の名称を、以下に示す。
すなわち、TEO-1:補強を行わない補剛板からなる既存の橋脚柱を想定した実験供試体

TER-2-3.3t:最適と考えられる補強を行った補剛板からなる既存橋脚柱を想定した実験供試体

図-5(a)には、2体の各実験供試体の4隅鉛直方向に設けた変位計より求めた荷重-軸方向平均ひずみ曲線を比較してみた。ここで、縦軸は、実験供試体に作用している圧縮力 P を実験供試体の全塑性軸力 $P_{YSAI} (= \sigma_Y \times A, A:純断面積)$ で無次元化したものである。したがって、供試体 TER-2-3.3t においては、増設縦補剛材、および補強フランジの端部の隙間位置の純断面における全塑性軸力である。一方、横軸は、平均圧縮ひずみ $\bar{\epsilon}_x (= u/L, u:平均縮み量)$ を降伏ひずみ $\epsilon_Y (= \sigma_Y/E=0.001405)$ で無次元化したものである。なお、平均ひずみ $\bar{\epsilon}_x$ は、図-5(b)に示すように、断面 M-N 間、および断面 N-O 間の縮み量をそれぞれダイアフラム間隔 L で割って平均化したものである。

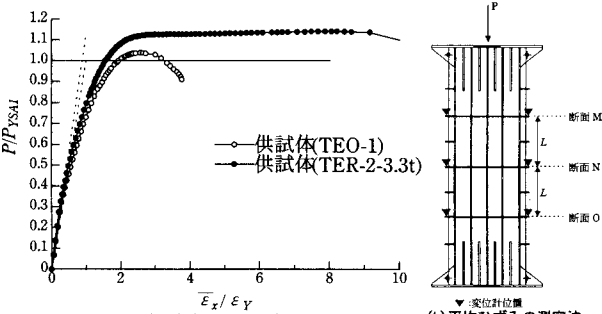


図-5 荷重-軸方向平均ひずみ曲線

この図によると、供試体 TER-2-3.3t は、供試体 TEO-1 と比較して、約 10% 耐力が上昇していることがわかる。なお、 $P/P_{YSAI}=0.4$ 付近で、両実験供試体の荷重-軸方向平均ひずみ曲線の傾きが変化しているのは、圧縮残留応力によって断面の一部の降伏が早められたためであると考えられる。

5. 弾塑性有限変位解析結果と実験結果との比較 図-6、および図-7 には、弾塑性有限要素解析、および静的耐力実験による荷重-軸方向平均ひずみ曲線を示す。各軸のパラメータは、図-5 と同じである。これらの図における解析と実験とによる終局荷重の差異は、解析モデルにおいて、ひずみ硬化現象を考慮していないことが原因であると考えられる。

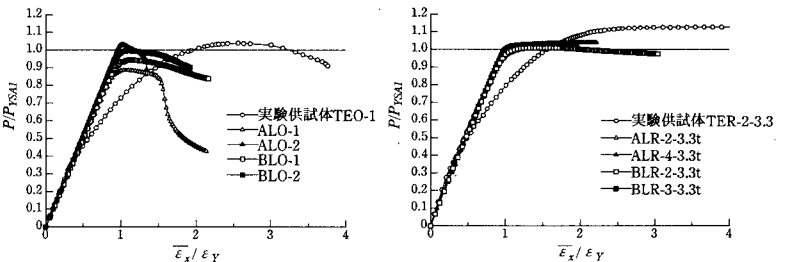


図-6 荷重-軸方向平均ひずみ曲線 (既存橋脚を想定したモデル) 図-7 荷重-軸方向平均ひずみ曲線 (補強橋脚を想定したモデル)

しかしながら、弾塑性有限変位解析、および静的耐力実験のいずれにおいても、本研究で対象とした耐震補強法を採用すると、耐力の上昇は少ない一方、変形性能は著しく向上するということがわかった。

6. まとめ i)弾塑性有限変位解析によると、増設縦補剛材、および既設縦補剛材への補強フランジの端部の隙間の大きさの相違が補強後の補剛板の耐力、および変形性能に与える影響は、少ない。

ii)また、実験によると、対象とした耐震補強方法を採用すれば、塑性率 $\mu = \bar{\epsilon}_x / \epsilon_Y = 9.0$ 程度と、期待以上の変形性能が、確保される。

iii)既設縦補剛材とそれに隣接する板パネル、および増設縦補剛材とを取り出した柱解析モデルの解析結果、ならびに箱断面の1/2を取り出したコの字形断面解析モデルの解析結果には、有意な差異が認められなかった。したがって、今後、純圧縮を受ける橋脚柱の耐力、および変形性能を検討するためには、柱解析モデルを用いればよい。ただし、解析には、残留応力、および、ひずみ硬化現象を考慮する必要がある。

参考文献 1) (社)日本道路協会:道路橋示方書・同解説、V.耐震設計編、平成8年12月。

2) 阪神高速道路公団:既設鋼製橋脚の補強設計要領・施工要領(案)平成9年。

3) (社)日本道路協会:道路橋示方書・同解説、I.共通編、およびII.鋼橋編、平成8年12月。