

I-B 288 鋼製橋脚の耐震性に関する弾塑性有限要素解析

(株)長大
埼玉大学
長岡技術大学
首都高速道路公団

正員 沈 赤
正員 奥井 義昭
正員 長井 正嗣
正員 田嶋 仁志

1. まえがき

阪神・淡路大地震を機に、既設橋脚の耐震性が注目され、安全かつ経済的な橋脚の補強対策は重要かつ緊急を要する課題となった。そのため建設省土木研究所が中心となって鋼製橋脚の繰返し載荷実験が行われているが、全ての構造パラメータに対して実験を行うことは不可能であり、数値解析による検討を併せて行う必要がある。本研究は、汎用の有限要素プログラムMARCを用いて、一定軸圧縮力と繰返し曲げを受ける箱形断面橋脚の終局挙動の弾塑性解析を行い、横リブ追加による補強が橋脚の弾塑性挙動に与える影響を考察して、耐震性向上のための補強対策を検討したものである。

2. 解析モデル及び計算方法

補強対策の効果を考察するには、図1に示すように横リブの有無とリブ剛性による4つのモデルに対して解析を行った。それぞれは次のような橋脚である。

- モデルM01：横リブなし低剛性 ($t_2=6$)；
- モデルM1：横リブ補強低剛性 ($t_1=6, t_2=6$)；
- モデルM02：横リブなし高剛性 ($t_2=9$)；
- モデルM2：横リブ補強高剛性 ($t_1=6, t_2=9$)；

図2に示す8節点薄肉シェル要素が用いモデルの対称性により図1のモデルの半分だけをメッシュ分割した。材料の構成則として von Mises の降伏条件および等方硬化則を用いた。図-3は材料試験よりえられた入力データの応力-ひずみ曲線である。実験結果と比較するために、ここでは実験装置と同様に載荷して解析を行った。すなわち、モデルの上部端点に一定鉛直荷重Pを作用し、同点に水平方向の繰返し強制変位を与えた。鉛直荷重P、橋脚基部の塑性化が始まる時の水平変位量 δ_y はそれぞれ次式から算出される。

$$P = 0.15P_y; \quad \delta_y = H_y L^3 / (3EI)$$

上式で、 P_y は全断面降伏軸力、 H_y は橋脚基部の塑性化が始まる時の水平荷重、 L は橋脚の高さ、 EI は曲げ剛性である。

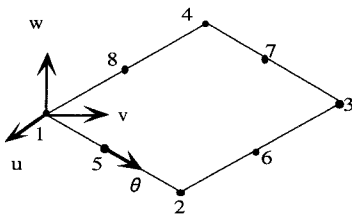


図2 使用要素

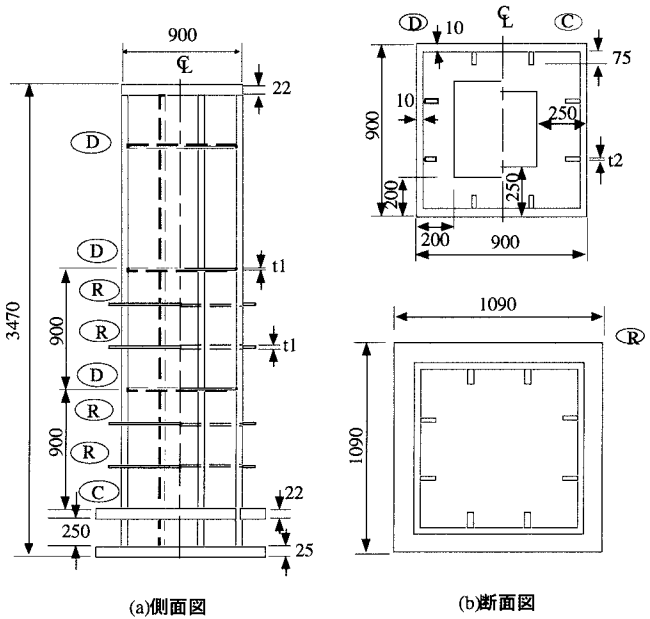


図1 モデル図

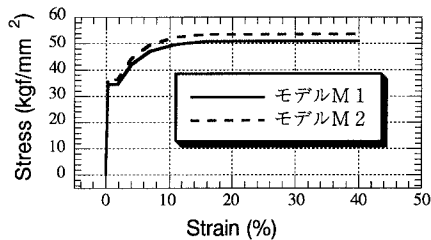


図3 応力-ひずみ曲線

3. 解析結果及び考察

モデルM1の繰返し載荷における水平荷重-水平変位履歴曲線の解析結果と首都高速道路公団が行った実験結果の比較を図4に示す。 $+3\delta_y$ まで解析値は実験値と一致している。 $+3\delta_y$ 以降の弾性域の大きさが実験値よりも大きくなっているが、各サイクル終了時の値はほぼ一致しており、本解析の妥当性がある程度確認できた。

つぎに、通常の無補強の橋脚と耐震補強として橋脚の外側から横リブを追加した橋脚の解析結果を比較した。図5(a)は低剛性モデル、(b)は高剛性モデルに関する結果を比較したものである。図5(a)に示すように、 $+3\delta_y$ までは

M1, M01 の差は無いが、 $-3 \delta_y$ 以降はM01の劣化が進み、荷重が極端に小さくなっている。一方、高剛性の場合、横リブの影響は小さい。

図6にモデルM1とM01の $+5 \delta_y$ 時点の変形図を示す。ウェブから圧縮フランジにかけての変形が、M1は凸凸となっているのに対し、M01では凸凹となっておりM1の実験結果と類似している。M01の局部座屈変形は最下面から一つ目と二つ目のダイアフラム間のほぼ中央の位置に集中しているが、M1は一番下のダイアフラム付近に集中している。これは横リブの補強の効果が出ていると思われる。

図6にモデルM1とM01の $+5 \delta_y$ 時点の変形図を示す。ウェブから圧縮フランジにかけての変形が、M1は凸凸となっているのに対し、M01では凸凹となっておりM1の実験結果と類似している。M01の局部座屈変形は最下面から一つ目と二つ目のダイアフラム間のほぼ中央の位置に集中しているが、M1は一番下のダイアフラム付近に集中している。これは横リブの補強の効果が出ていると思われる。

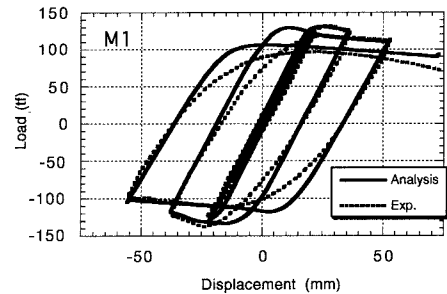


図4 荷重-変位曲線

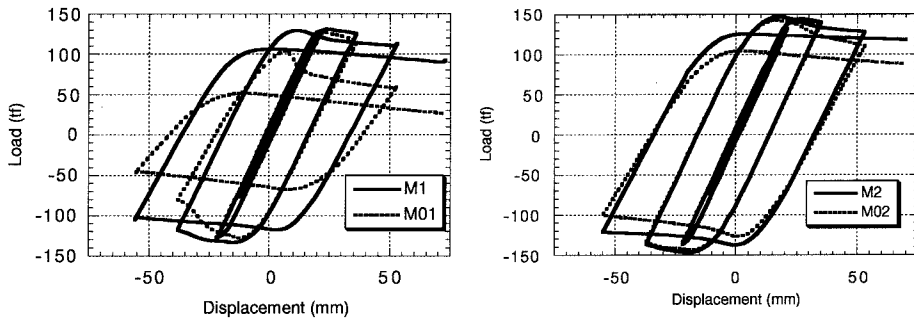
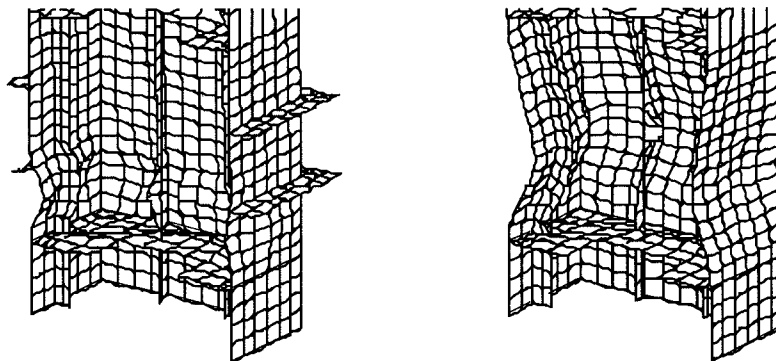


図5 横リブ有無の比較



(a) モデルM1の変形図

(b) モデルM01の変形図

図6 モデルM1とM01の変形図

4. まとめ

本解析の計算結果より、軸圧縮力と繰返し曲げを受ける鋼製橋脚の耐震挙動に対して、シェル要素を用いた弾塑性有限変位解析から得られた結果は実験とほぼ一致することが確認された。なお、本文の実験は首都高速道路公団により実施されたものであることを付記する。

参考文献 1) 中川知和, 安波博造, 小林洋一, 橋本修身, 水谷慎吾, 森脇清明: 弾塑性有限変形解析による箱形鋼製橋脚の耐荷力と変形能の評価, 阪神・淡路大震災に関する学術講演会論文集, pp.599-604, 1996.1, 土木学会

2) 日本マーク株式会社: MARCプログラム ユーザーズ・マニュアル, Vol.A~E, 1994