

円柱を有する鋼製橋脚隅角部の弾塑性挙動に関する解析的検討

岐阜大学 学生会員 ○鈴木達也
岐阜大学 正会員 木下幸治

1. はじめに

兵庫県南部地震以降の Level2 地震動を用いた設計法により鋼製ラーメン橋脚の梁と柱の接合部である隅角部の板厚はかなり厚く設計され^{1,2)}、板厚増加の結果、製作、輸送、並びに架設に困難が生じている。

このような問題に対して、著者らは、梁フランジ構造の違いが円柱を有する鋼製橋脚隅角部の弾塑性挙動に及ぼす影響について、載荷試験並びに弾塑性 FEM 解析により検討を行い、テーパ構造とする有用性を実験的に示した³⁾。ここでは、これまでの解析において実験と条件が異なっていた載荷スパンおよび鋼種を、実験と同条件とした解析を実施し、新しい解析結果と実験結果との比較を行った。

2. 解析モデルおよび解析方法

本解析には汎用有限要素解析プログラム ABAQUS を用いた。図 - 1 に解析モデルのメッシュ分割図を示す。隅角部試験体および治具のフランジ、ウェブ、ダイヤフラム等の全ての構成部材は、3 節点あるいは 4 節点のシェル要素を用いてモデルを作成した。なお、治具も考慮した。境界条件として柱両端のヒンジをモデル化した。試験体部位の使用鋼材は SM400 とし、降伏強度は梁フランジに使用された鋼材の板厚 9mm (せん断遅れ考慮無、テーパ構造) および 12mm (せん断遅れ考慮有) の引張試験結果の平均値を用いて、板厚 9mm では 273N/mm^2 、板厚 12mm では 280N/mm^2 を用いた。試験体部位以外の使用鋼材は SS400 とし、降伏強度は道路橋示方書の基準降伏点に従い 245N/mm^2 とした。鋼材のヤング率は 200kN/mm^2 、ポアソン比は 0.3 とした。応力 - ひずみ関係はバイリニア型とし、2 次勾配は弾性係数の 1/100 とした。降伏の判定には、von-Mises の降伏条件を使用した。収束条件には Newton-Raphson 法を用いた自動増分制御とし、収束精度は $1.0 \times 10^{-5} \sim 1.0 \times 10^{-12}$ とした。ただし、溶接残留応力については考慮していない。なお、本解析で

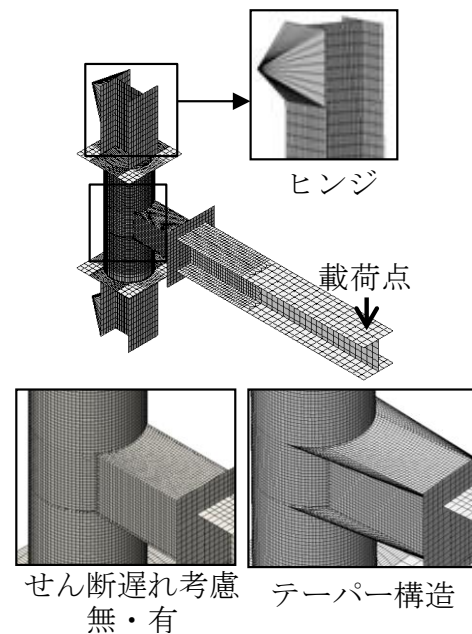


図 - 1 解析モデル

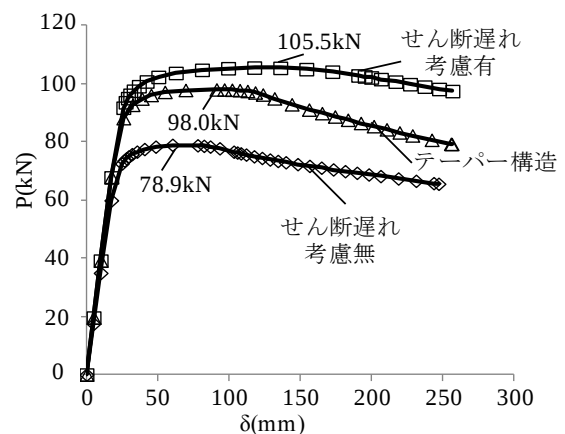


図 - 2 P - δ 曲線

は梁軸力が考慮されていない。また、実験では解析モデルに考慮されていない試験体と治具との接合部に補剛リブも設置しており、ここでの解析は補剛リブに関して、実験と条件が異なっており、今後の課題である。解析ケースは、①せん断遅れ考慮無、②せん断遅れ考慮有、③テーパ構造の 3 タイプとした。要素サイズは解析結果に影響を与える可能性があるが、著者らの既往の研究において、隅角部付近の要素サイズについて検討し、試験体の弾塑性挙動については板厚程度の要素サイズで十分検討可能であることが示されたことから³⁾、これを参考に隅角

キーワード 鋼製ラーメン橋脚、隅角部、弾塑性挙動、テーパ構造

連絡先 〒501-1193 岐阜県岐阜市柳戸 1-1 岐阜大学工学部 TEL 058-293-2424

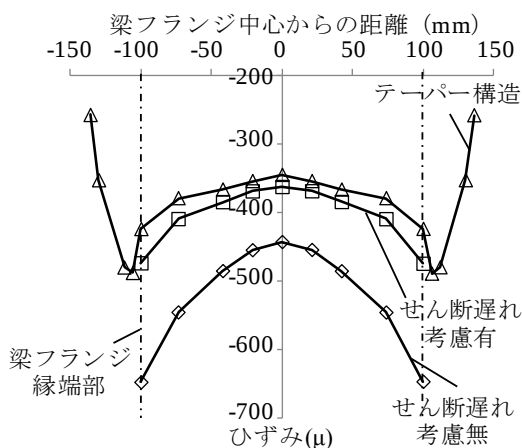
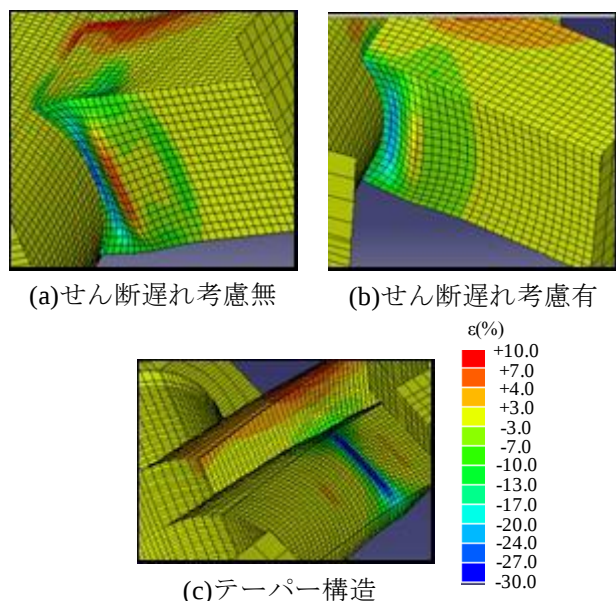


図 - 3 梁の垂直応力度分布

図 - 4 各試験体モデルの解析終了時の
変形図およびひずみ分布

部付近の要素サイズを 9mm とした。

3. 弾塑性 FEM 解析結果

図 - 2 に弾塑性 FEM 解析より得られた $P-\delta$ 曲線を、図 - 3 に載荷荷重 19.6kN 時の隅角部柱表面から 20mm 位置の圧縮側梁フランジのひずみ分布を示す。また、図 - 4 に各試験体モデルの変形図およびひずみ分布を示す。図 - 2 より、せん断遅れ考慮無の最大耐力は 78.9kN、せん断遅れ考慮有の最大耐力はせん断遅れ考慮無の約 1.3 倍の 105.5kN、テーパ構造の最大耐力はせん断遅れ考慮無の約 1.2 倍の 98.0kN となった。図 - 3 より、せん断遅れ考慮無はせん断遅れ考慮有に比べ高いひずみ分布であるが、テーパ構造ではせん断遅れ考慮有と同程度となった。これにより、梁フランジ構造をテーパ構造

表 - 1 解析結果と実験結果の最大耐力の比較

最大耐力 (kN)	せん断遅れ 考慮無	せん断遅れ 考慮有	テーパ 構造
解析結果 (比率*)	78.9 (1)	105.5 (1.3)	98.0 (1.2)
実験結果 (比率*)	98.4 (1)	127.4 (1.3)	140.3 (1.4)

*解析・実験ともにせん断遅れ考慮無を 1 とした。

とすることで荷重を分担し隅角部近傍のひずみを低減し、せん断遅れ考慮有と同程度以上の耐力を得たと考えられる。また、図 - 4 から、せん断遅れ考慮無と有では局部的な変形の発生位置が概ね一致したが、テーパ構造では溶接接合部から離れた位置となった。これは載荷試験結果³⁾と同様の傾向であった。

4. 最大耐力に関する解析結果と実験結果の比較

表 - 1 に解析結果と実験結果の最大耐力を示す。

表 - 1 から、解析と実験において最大耐力には差異がみられたが、せん断遅れ考慮無の最大耐力を基準としたせん断遅れ考慮有の最大耐力の比率は解析結果と実験結果の両方で殆ど差異がみられなかった。これより、試験体間の相対的な差異については、解析と実験のいずれにしても同様の傾向が得られたと考えられる。ただし、テーパ構造の実験結果のみが解析結果の最大荷重 98.0kN よりも大きい 140.3kN となった。テーパ構造のみ解析と実験との差異が大きくなった理由は、テーパ構造では耐力低下に起因する局部変形が生じる位置が、従来構造と異なり、隅角部接合部から離れた試験体と治具との接合部に近い位置であったために、解析で考慮していない補剛リブの影響を受けたためではないかと推察される。(図 - 4 (c) 参照)

謝辞 試験体製作にあたり全面的な協力をして頂いた瀧上工業株式会社の松村様に感謝致します。

参考文献：1)奥村敏恵，石沢成夫：薄板構造ラーメン隅角部の応力計算について，土木学会論文集，No.153，1968. 2)高橋宜男：鋼製橋脚隅角部の溶接施工容量について(首都高速道路公団 HN14 工区)，サクラダ技報，No.13，2002. 3)木下幸治，鈴木達也，梅田和幸：梁フランジ構造が円柱を有する鋼製ラーメン橋脚隅角部の弾塑性挙動に及ぼす影響，構造工学論文集，Vol.59，2013