

円柱を有する鋼製橋脚隅角部の弾塑性挙動に及ぼす梁フランジ構造の影響

岐阜大学（現，エナ・デザインコンサルタント） 学生会員 ○梅田和幸  
岐阜大学 正会員 木下幸治

1. はじめに

都市高速道路の高架橋等に数多く採用されている鋼製ラーメン橋脚の梁-柱接合部である隅角部コーナー部では顕著なせん断遅れ現象が発生することから梁と柱の一般部に比べて板厚が厚く設計されている。兵庫県南部地震以降 Level2 地震動が用いられ、Level2 地震動に対してもこれまでと同様の設計法を用いることにより、隅角部の板厚はかなり厚くなり、90mm を超える場合も見られる<sup>1)</sup>。板厚の増加により、隅角部の分割製作、分割した隅角部の現場溶接による接合、隅角部の高重量化に伴う架設重機の大型化といった製作、輸送、架設において困難が生じている。

本研究は円柱を有する鋼製橋脚隅角部を対象にせん断遅れを考慮して板厚を算定した隅角部と同程度の耐力および変形性能を確保できる隅角部構造を提案することを目的とし、板厚算定時のせん断遅れによる応力集中の考慮の有無による板厚差、並びに隅角部の梁フランジ構造が隅角部の耐力および変形性能に及ぼす影響について弾塑性 FEM 解析により検討した。梁フランジ構造として円柱を有する隅角部の構造を活かし、梁フランジの幅を曲げモーメントに沿うように広くしたテーパ構造について検討した。

2. 試験システム及び FEM 解析について

本研究では現在製作中の試験システムを対象に載荷試験に先立って解析的な検討を実施した。図-1 に現在製作中の試験システムを示す。試験体はトの字形式とし、試験体を試験部位と剛性が大きく変わらない H 形鋼を用いて製作した治具により延長しモーメントスパンを大きくする。延長した梁側の治具に油圧ジャッキを設置して鉛直荷重を載荷する。また、延長した柱側の治具の両端部にはヒンジを設け反力壁に固定する。

構造物の耐震設計を行う場合、設計荷重のある組み合わせに対して弾性設計を行うことにより断面を定めた上で、その断面に対して Level2 地震動に対する耐震性能照査を行う<sup>2)</sup>。本研究でも試験体の設計に際し、最初に設計荷重を設定した。ここでは梁フランジでの損傷が先行するように、設計荷重が作用した際に梁フランジのみが降伏点に達するように断面を定めた。設計荷重は 60 ～70kN 程度になるようにした。試験体の鋼材には SM490 を用いる。試験体として①せん断遅れ現象を考慮せずに板厚を算定した隅角部、②せん断遅れ現象を考慮して板厚を算定した隅角部、③せん断遅れ現象を考慮せずに板厚を算定した上で

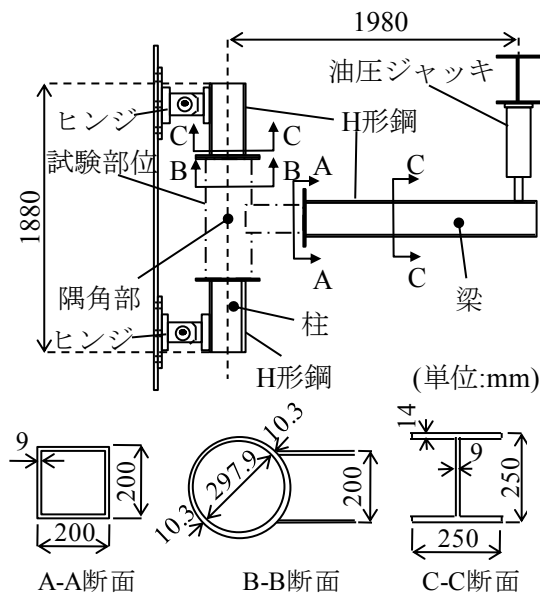


図-1 試験システム(せん断遅れ無試験体)

表-1 試験体諸元

| 試験体名        | せん断遅れ無     | せん断遅れ有 | テーパ構造 |
|-------------|------------|--------|-------|
| フランジ幅(mm)   | 200        | 200    | 200   |
| ウェブ高さ(mm)   | 182        | 176    | 182   |
| 板厚(mm)      | フランジ 9     | 12     | 9     |
|             | ウェブ 9      | 12     | 9     |
| 幅厚比         | フランジ 0.417 | 0.302  | 0.417 |
| パラメータ       | ウェブ 0.458  | 0.344  | 0.458 |
| 柱ダイヤフラム(mm) | 9          | 12     | 9     |
| 径厚比R/t      | 30.9       | 30.9   | 30.9  |
| 設計荷重(kN)    | 61.5       | 65.9   | 61.5  |

梁フランジをテーパ構造とした隅角部の 3 タイプを検討予定である。表-1 に試験体諸元を示す。

解析には汎用有限要素解析プログラム DIANA を用いた。図-2 に解析モデルを示す。試験体および治具は全てシェル要素を用い、柱両端はヒンジでモデル化した。最小メッシュサイズは板厚程度とし、隅角部コーナー部付近の 9mm とした。

3. 梁フランジ構造が隅角部の応力分布および弾塑性挙動に及ぼす影響

隅角部の弾塑性挙動に及ぼす設計時のせん断遅れ現象の考慮の有無による板厚差、および梁フランジのテーパ構造の影響の検討に先立ち、それらが隅角部の応力分布に及ぼす影響について設計荷重程度である 70kN の集中荷重を載荷した弾性解析により検討した。図-3 に弾性解析により得られた柱表面から 15mm の位置での梁軸方向の応力分布を示す。図-3 よりせん断遅れ無はせん断

キーワード：鋼製橋脚，隅角部，弾塑性挙動，テーパ構造，FEM 解析  
連絡先：〒501-1193 岐阜県岐阜市柳戸 1-1 岐阜大学工学部 社会基盤工学科 TEL：058-293-2414

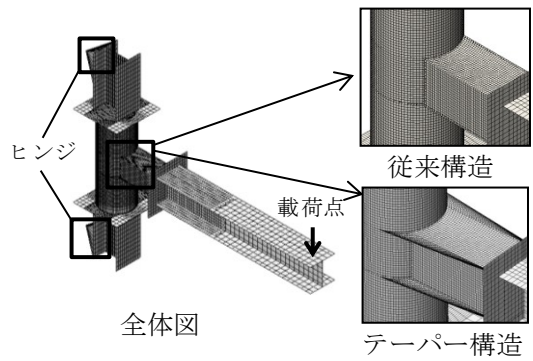


図-2 解析モデル

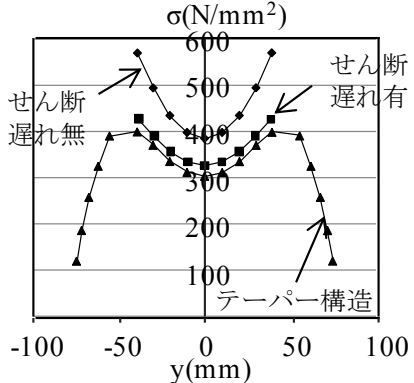


図-3 円柱表面から15mm位置の梁の応力分布

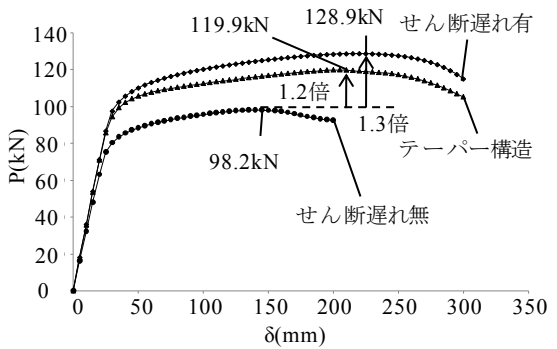


図-4 P- $\delta$  関係

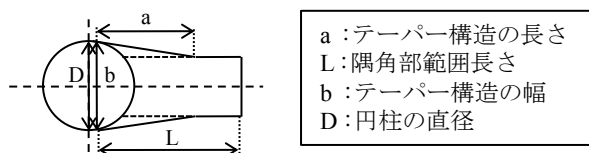


図-5 テーパー構造の長さとは幅

表-2 解析ケース

| Case | Case1 | Case2 | Case3 | Case4 |
|------|-------|-------|-------|-------|
| a    | 0.3L  | 0.7L  | 1.0L  | 1.0L  |
| b    | 0.98D | 0.98D | 0.80D | 0.90D |

遅れ有に比べ高い応力分布となっているが、テーパ構造ではせん断遅れ有と同程度となり、テーパ構造化による応力分布の低下が確認された。これは、幅を広くした梁フランジが荷重を分担したためと考えられる。

次に図-4 に弾塑性解析より得られた荷点位置の荷重  $P$ -変位  $\delta$  の関係を示す。テーパ構造とした隅角部の耐力は、せん断遅れ無のそれよりも

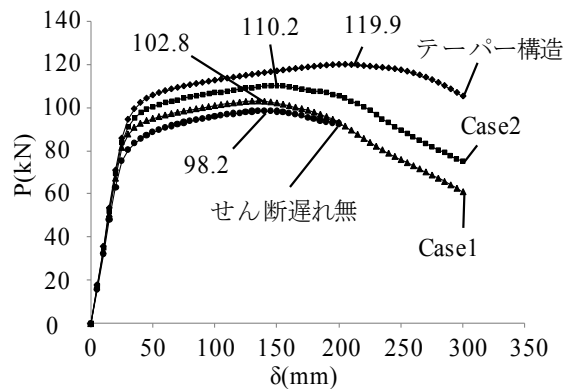


図-6 テーパー長さに関する解析結果

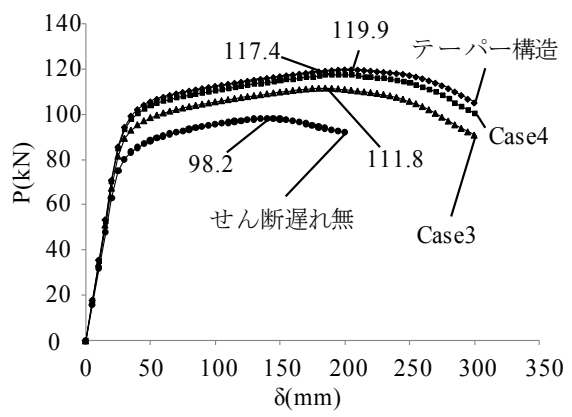


図-7 テーパー幅に関する解析結果

高く、せん断遅れ有のそれよりも若干低い、せん断遅れ有に近い耐力を示した。以上より、テーパ構造化することにより、せん断遅れを考慮して板厚を算定した隅角部と同程度の耐力および変形性能を確保できることがわかった。

#### 4. テーパー構造の長さおよび幅が弾塑性挙動に及ぼす影響

ここでは、本研究で検討したテーパ構造に関して、図-5 に示すテーパ構造の長さ  $a$ 、並びに接合部でのテーパ構造の幅  $b$  が隅角部の弾塑性挙動に及ぼす影響について検討した。表-2 に解析ケースを示し、図-6 に解析結果を示す。テーパ構造の長さ  $a$  を長くするほど最大耐力のみならず変形性能が大きくなることがわかる。また、図-7 にテーパ構造の長さ  $a$  を  $1.0L$  とし、テーパ構造の幅  $b$  を変えた解析結果を示す。テーパ構造の幅  $b$  が広がるに伴い、最大耐力、および変形性能が向上することがわかった。以上より、テーパ構造としては幅  $b$  を広くするとともに、テーパ構造の長さ  $a$  を長くするのが良い。

#### <参考文献>

- 1) 高橋宣男：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
- 2) 佐々木栄一：鋼製橋脚の弾塑性挙動と脆性破壊防止に関する研究, 東京工業大学博士論文, 2002。