

円柱を有する鋼製橋脚隅角部の載荷試験

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

都市内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や、兵庫県南部地震以降 Level2 地震動に対してこれまでと同様な設計法が用いられることで梁と柱の一般部に比べ板厚が厚く設計される．そのため、隅角部の板厚はかなり厚くなってきており、80mm を超える場合も見られる¹⁾．板厚増加により、隅角部の分割製作とその輸送、分割した隅角部の現場溶接による接合、重量化に伴う重機の大型化といった製作、輸送、並びに架設に困難が生じている．

このような現状を受け、梅田らは円柱を有する鋼製橋脚隅角部を対象に、その試験システムの設計、並びに隅角部の設計応力算出におけるせん断遅れ現象の考慮の有無による板厚差、および隅角部の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構造（以後、テーパ構造）が隅角部の耐力に及ぼす影響を FEM 解析により検討し、テーパ構造とすることによる有用性を解析的に示した²⁾．本研究は、梅田らの研究に続き、試験システムの構築、並びに載荷試験により検証を行った．

2. 試験体および載荷試験方法

図-1 に構築した試験システムを示す．本試験システムは、2 層式の円柱を有する鋼製ラーメン橋脚の 1 層目の隅角部（トの字形式）を対象とした．隅角部試験体は取り換え式とし、試験体の円柱高さ 840mm、梁長さ 400mm、箱型断面の梁はフランジ幅 200mm、梁ウェブ高さ 200mm とした．試験体の梁側には、試験体と剛性が大きく変わらない H 形鋼により製作した治具を設け、試験システムのモーメントスパンを 1897mm と大きくした．試験体の柱側の両端部にはヒンジを有する治具を設け反力壁に固定した．また、横倒れ座屈防止を目的として、反力壁から 1500mm、2100mm 位置に梁側治具の面外変形を拘束する治具を設けた．この治具と試験体の接触面には

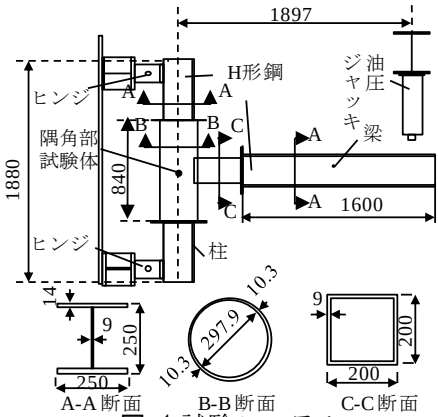


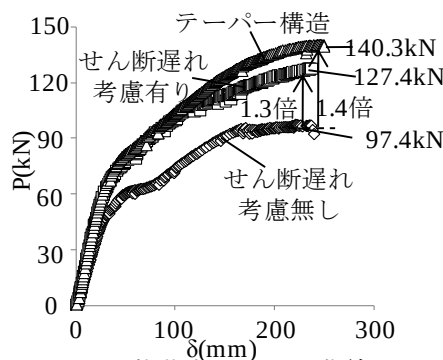
図-1 試験システム
表-1 試験体諸元

試験体		せん断遅れ 考慮無し	せん断遅れ 考慮有り	テーパ 構造
フランジ幅(mm)		200	200	200
ウェブ高さ(mm)		200	200	200
板厚 (mm)	フランジ	9	12	9
	ウェブ	9	12	9
ダイヤフラム厚 (mm)		9	12	9
設計荷重(kN)		61.5	72.9	61.5

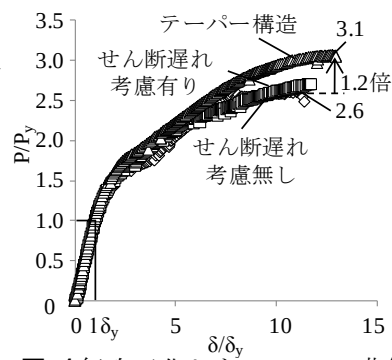
グリースを塗り、摩擦を極力除いた．

表-1 に試験体諸元を示す．試験体として、①せん断遅れ現象考慮無しの構造、②せん断遅れ現象考慮有りの構造、③テーパ構造の 3 タイプを製作した．テーパ構造の試験体のテーパの長さや角度は、梅田らの解析的検討によりテーパを一般部まで伸ばした上で、可能な限り角度を大きくすることが良いと示されたことから²⁾、この結果を参考にした．

アムスラー型万能試験機を用いて試験体の梁に用いた鋼材（SM400A）の引張試験を実施した．試験片は JIS 規格（JIS Z2201-1998）の 1A 号試験片（試験片長さ 500mm、平行部幅 40mm）とした．試験片板厚は 9mm、12mm とした．また、圧延方向の違いによる差異を確認するため板厚 9mm では圧延方向と圧延直角方向の 2 種類の試験片を製作した．引張試験結果より、板厚 9mm では圧延方向の違いによらずほぼ同じ強度であり、降伏強度の平均 273N/mm²、引張強度の平均 422 N/mm²となった．板厚 12mm でも大きな違いはなく、降伏強度の平均 280 N/mm²、引張強度の平均 420N/mm²となった．

図-3 荷重点での P- δ 曲線

a) せん断遅れ考慮無し試験体

図-4 無次元化した P/P_y - δ/δ_y 曲線

b) せん断遅れ考慮有り試験体

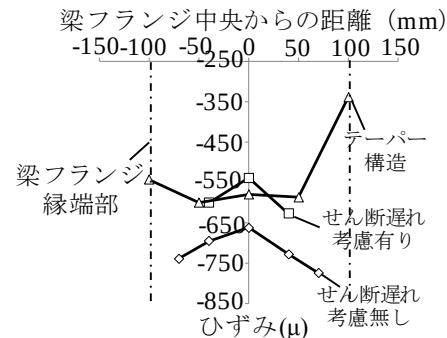


図-5 圧縮側梁フランジのひずみ分布



c) テーパー構造試験体

図-6 試験終了後の各試験体の変形状況

3. 荷重試験結果

図-3に荷重点位置の荷重荷重 P -変位 δ の関係を示す。図-3より、せん断遅れ考慮無し試験体の最大耐力は 97.4kN、せん断遅れ考慮有り試験体の最大耐力はせん断遅れ考慮無し試験体の約 1.3 倍の 127.4kN、テーパー構造試験体の最大耐力はせん断遅れ考慮無し試験体の約 1.4 倍の 140.3kN となった。従って、梁フランジをテーパー構造にすることでせん断遅れ考慮有り試験体と同程度以上の耐力を得ることが分かった。次に、各試験体の降伏荷重から最大荷重までの荷重増加について比較することを目的とし、図-4に降伏荷重および降伏変位で無次元化した P/P_y - δ/δ_y 曲線を示す。図-4より、せん断遅れ考慮の無しと有りとは概ね一致しており、板厚の違いによる顕著な差異は確認できなかった。一方、テーパー構造試験体では、最大荷重時の $P/P_y=3.1$ であり、せん断遅れ考慮無しの最大荷重時の $P/P_y=2.6$ に比べ、約 1.2 倍降伏強度からの荷重増加が期待できることが分かった。図-5に荷重荷重 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。図-5より、せん断遅れ考慮無しと有り試験体ではせん断遅れ現象の影響によりフランジ縁端部程ひずみが増加している。一方、テーパー構造試験体ではフランジ縁端部程ひずみが減少する傾向が見られる。これは、梁フランジ幅を広げたことで荷重を分担したためと考えられる。

図-6に試験終了後の各試験体の圧縮側フランジ

変形状況を示す。なお、せん断遅れ考慮有り試験体では局部的な変形は発生しているが、写真で明確に確認できる顕著な変形に至る前に試験を終了した(図-5b)参照)。図-5a), b)より、せん断遅れ考慮無しと有りの試験体では、隅角部の溶接接合部近傍で局部的な変形が発生した。図-5c)より、テーパー構造試験体では、溶接接合部から少し離れた位置で局部的な変形が発生した。これは、テーパー構造化により接合部の強度が増加し、溶接接合部から少し離れた位置が弱点になったためと推察される。

4. 結論

- 1) せん断遅れ現象考慮の有無による隅各部の板厚は P/P_y - δ/δ_y 曲線にほとんど影響を与えない。
- 2) 梁フランジをテーパー構造にすることで、板厚算定時にせん断遅れ現象を考慮した隅角部と同程度の耐力を得ることができる。
- 3) テーパー構造とすることで、隅角部の溶接接合部付近が弱点とならない有利な構造と言える。

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)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, No13, 2002. 2)梅田ら：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, 第 66 回土木学会年次学術講演会講演概要集, 部門 I, pp.1283-1284, 2011. 3)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, 2002.9