

フィレット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、Level2 地震動が設計地震動に用いられてから鋼製ラーメン橋脚隅角部の板厚はより厚く設計され、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^{1),2)}。

この問題に対して、梁フランジ構造の違い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について、単調載荷試験並びに弾塑性 FEM 解析により検討を行い、せん断遅れ現象を考慮せずに板厚を厚くしないテーパ構造とすることの有用性を示し、新しい隅角部構造の可能性を示した³⁾。

そこで本研究では、疲労に配慮して隅角部に設置するフィレットが隅角部の弾塑性挙動に及ぼす影響について検討した。

2. 解析方法および解析モデル

本解析では汎用有限要素プログラム 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、治具も考慮した。柱両端は試験システムと同様に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鋼材の板厚 9mm (試験体 1, 試験体 3) および 12mm (試験体 2) の引張試験結果の平均値を用いた。鋼材の弾性係数は 200N/mm^2 、ポアソン比は 0.3 とした。応力-ひずみ関係は、引張試験より得られた応力-ひずみ関係を多直線近似したものを用いた。鋼材の降伏判定は von-Mises の降伏条件により行った。収束計算は、標準 Newton-Raphson 法を用いて収束精度を $1.0 \times 10^{-5} \sim 1.0 \times 10^{-12}$ の範囲で自動増分制御とした。

図-2 にフィレットを設置した解析モデルおよびフィレットの寸法図を示す。フィレットサイズは文献 4 を参考に、フィレットの突出長 W と梁高さ H の比 W/H が約 25% となるようにした。フィレットの要素サイズは試験体梁部と同等程度、およびその

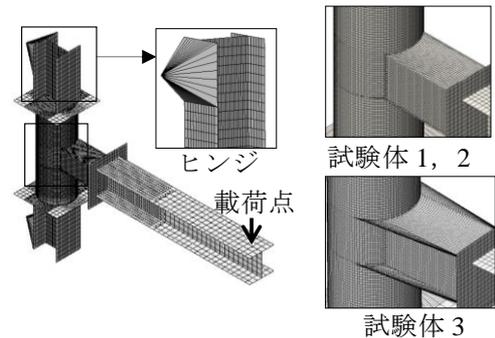


図-1 解析モデル

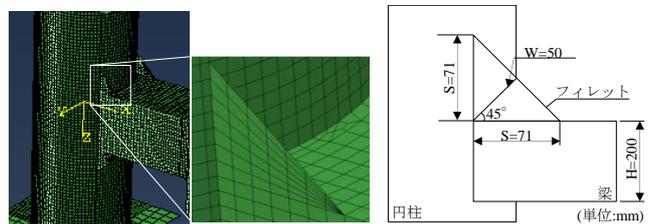


図-2 フィレットを設置した解析モデルおよびフィレットの寸法図

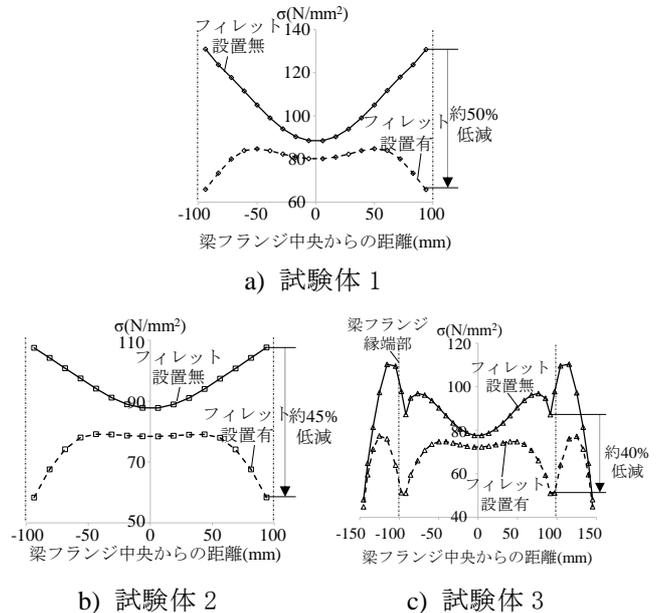


図-3 フィレットの設置の有無による応力分布

要素サイズより小さい要素サイズとした。フィレットの板厚は、各試験体の梁ウェブの板厚と連続となるように、試験体 1 および試験体 3 では 9mm、試験体 2 では 12mm とした。また、フィレットの使用鋼材は梁部に使用しものと同じとした。

キーワード 鋼製ラーメン橋脚, 隅角部, フィレット, 弾塑性挙動

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

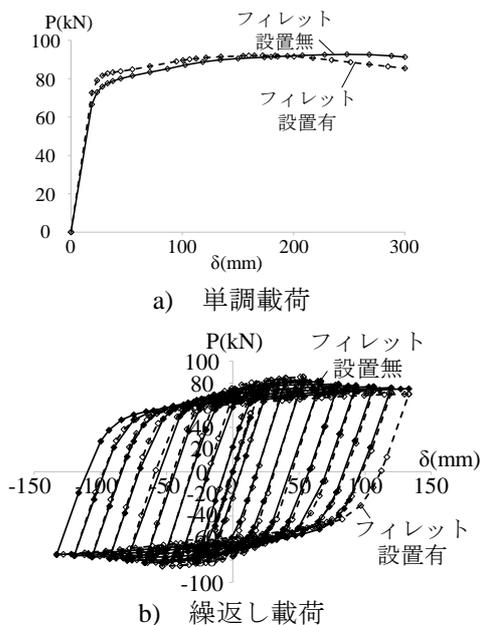


図-4 フィレットの設置の有無による
単調載荷および繰返し載荷での P-δ 曲線

3. フィレット設置の有無による梁フランジの応力分布

図-3 に 19.5kN 時の引張側梁フランジでの柱表面から 15mm 位置のフィレット設置の有無に関する応力分布を示す。図-3 より、全ての試験体において、フィレット設置無では隅角部コーナー部においてせん断遅れ現象による応力集中が確認された。ただし、試験体 3 においてはテーパ構造とすることで幅の広いフランジが荷重分担し試験体 2 と同程度の応力分布となり、梁フランジ縁端部での応力が試験体 1 に比べ約 25% 減少した。一方、フィレット設置有では、試験体 1 および試験体 2 で隅角部コーナー部での応力が概ね半減された。また、試験体 3 においてもフィレット設置により隅角部コーナー部で約 40% の応力低減が確認されたが、他の試験体に比べ応力低減が小さかった。これは、従来構造を対象として決定されたフィレットサイズを隅角部構造の異なるテーパ構造にも適用したためであると考えられる。

4. 単調載荷および繰返し載荷の検討

図-4 に試験体 1 のフィレットの設置の有無による単調載荷および繰返し載荷の P-δ 曲線を示す。単調載荷では、フィレット設置有はフィレット設置無に比べ最大荷重が僅かに増加する程度であり、最大荷重到達変位が約 15% 減少した。これは、全ての試験体で最大荷重到達時の変位が減少したが、減少量が 15% 程度であったことから、フィレットの設置は隅

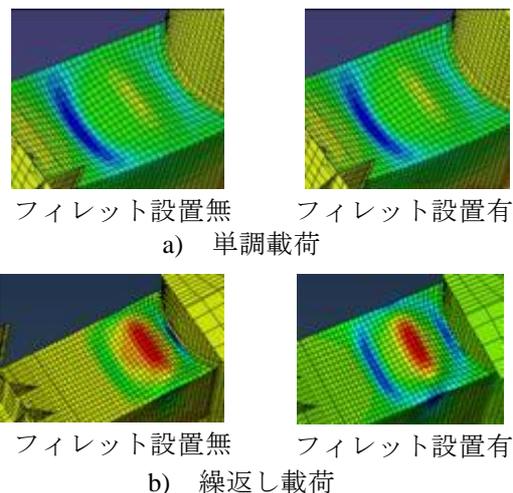


図-5 フィレットの設置の有無による
単調載荷および繰返し載荷での変形状況

角部の弾塑性挙動において概ね影響はないと考えられる。繰返し載荷では、試験体 1 の最大荷重は 85.6kN、負方向載荷において最大荷重に到達した。この結果は全ての試験体で同様となり、最大荷重は僅かに増加した程度であり、フィレット設置の有無による最大荷重に殆ど差異はみられず、また、最大荷重到達後はフィレット設置の有無によらず同様な挙動を示した。単調載荷および繰返し載荷において、フィレット設置の有無によらず同様な弾塑性挙動を示したのは、図-5 に示すように梁フランジ幅中央付近に生じる局所的な変形が原因であると考えられる。

5. 結論

- ・ フィレットの設置により、従来構造のみならず、テーパ構造に対しても隅角部コーナー部での応力集中が低減できることを確認した。
- ・ 従来構造、テーパ構造に関わらず、梁フランジ幅中央付近に生じる局所的な変形が最大荷重低下の原因となることから、コーナー部に設置したフィレットは隅角部の弾塑性挙動に殆ど影響を与えないことを確認した。

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. 3)木下ら：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. 4)三木ら：円形断面柱を有する鋼製橋脚隅角部の疲労強度とその向上法，土木学会論文集，No.801，I-73，pp.97-111，2005.