

円柱を有する鋼製ラーメン橋脚隅角部の構造特性

○東京工業大学 学生会員 加藤 雅之
東京工業大学 フェロー 三木 千壽
東京工業大学 正会員 佐々木栄一

1. はじめに

近年、都市内高速道路などに多く用いられている、円柱を有する鋼製ラーメン橋脚の隅角部において、疲労損傷の発見例が多く報告されており、その一因として、従来から使用されている応力評価手法では精度の高い評価が行えていない可能性が考えられ、精度の高い応力評価手法の確立が必要であると考えられる。

そこで、本研究では試験体を用いた静的载荷試験及び疲労試験により、円柱を有する鋼製ラーメン橋脚隅角部における応力挙動を明らかにするとともに、その疲労特性を把握し、また、FEMを用いた応力評価手法の妥当性を評価する。

2. 現行の設計計算法

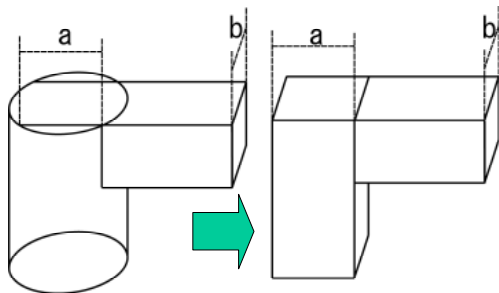


図-1 円柱の角柱への置き換え

現行の設計計算法においては、奥村・石沢らによる理論を用いており、その計算手法においては、円柱を角柱に換算する仮定を用いている。この、円柱を角柱へ置換して計算すること及び、梁奥行き方向の応力分布の表現が困難であることが問題点として挙げられる。

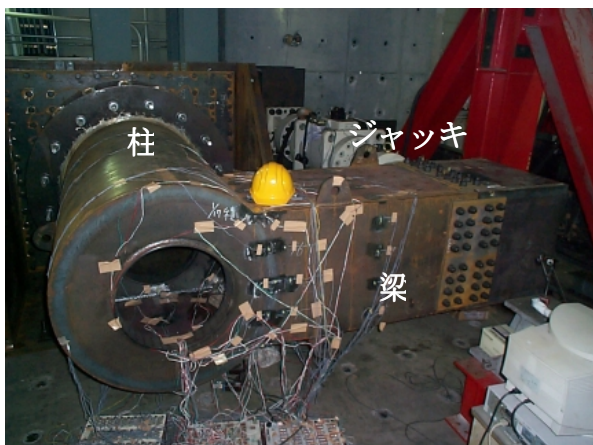


図-2 試験体载荷状況図

3. 大型模型試験体による静的载荷試験及び疲労試験

実橋の3分の1スケールの、大型模型試験体により、静的载荷試験・疲労試験を行った。構造形式は、実橋で多く見られる梁ウェブが柱内部に貫入している形式とした。载荷荷重は現行設計計算法による許容応力度計算と試験装置の能力より、900kNとし、疲労試験の载荷荷重振幅は、500kNと900kNの間で正弦振幅させた。試験体は、図-2に示すように柱基部を固定し梁先端部に荷重を作用させた。

4. 静的载荷試験結果

900kN 载荷時の柱板面より 35mm 梁軸方向に離れた梁フランジ(引張側)の応力分布と、現行設計法での応力評価点における算出応力値を図-4の中に示す。

せん断遅れ現象による応力集中が発生しており、フランジでの応力が放物線的な分布を示している。現行設計法による算出応力値を実験値と比較すると、その間には最大値にしておよそ 1.4 倍の開きがあった。これは、設計計算において、2.で述べたような置換のために、せん断遅れの影響を精度良く評価できていない

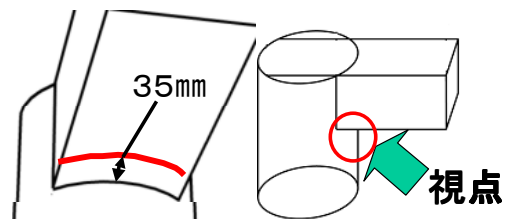


図-3 応力分布図示位置

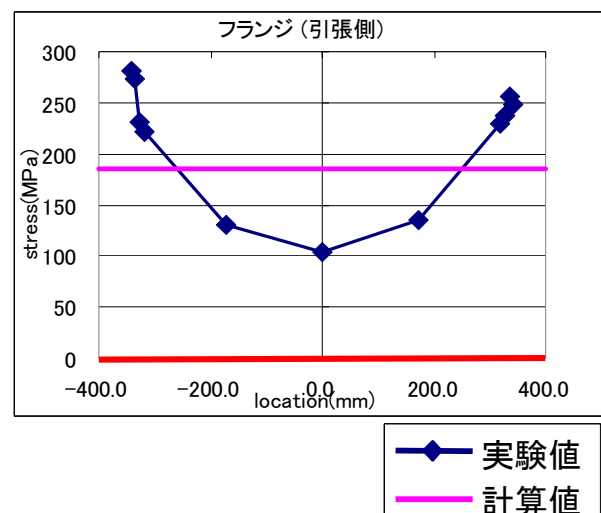


図-4 計算値・実験値の比較

キーワード 円柱橋脚 隅角部 せん断遅れ FEM 疲労特性

連絡先

〒152-8522 東京都目黒区大岡山 2-12-1 東京工業大学 緑が丘 5 号館 3 階

TEL03-5734-2596

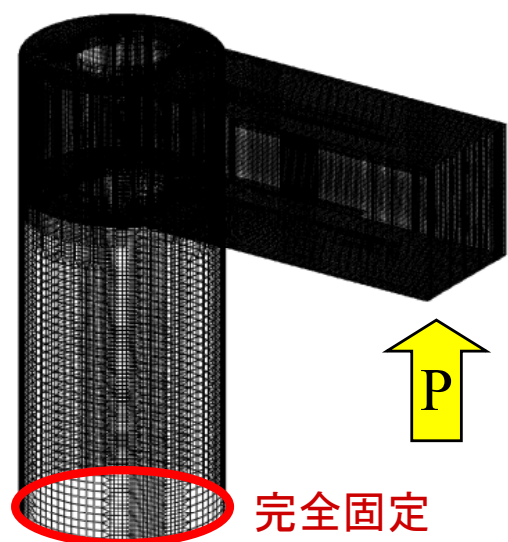


図 - 5 FEM メッシュ分割図

と考えられる。この結果により、設計時の応力評価が精度よく行えていないことが疲労損傷の発生の一因であると考えられる。

5. FEM を用いた発生応力解析

試験体を対象構造物として、汎用有限要素解析プログラム ABAQUS を用い、FEM 解析を行った。全部材を SHELL 要素でモデル化し、溶接部の仮定をモデルに組み込まないタイプと、IIW の標準方式²⁾を用いた溶接部の仮定を行ったタイプを解析した。

最小メッシュサイズは隅角部の近傍において、板厚半分相当（約 10mm）とし、総要素数・節点数は 12 万程度である。境界条件として、試験体载荷治具部と柱基部の固定部を剛体と考え、試験体基部に対応する端を完全固定とした。想定した载荷荷重は、静的载荷試験と同様に 900kN とし、モデルにおいて、試験体の载荷用ジャッキの中心に対応する点に加えた。

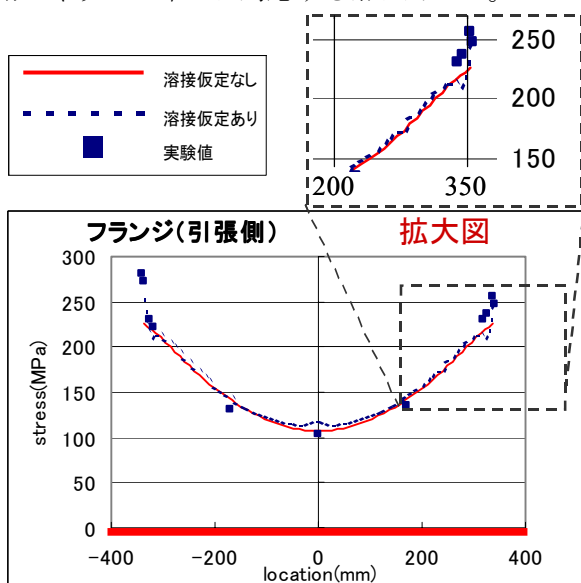


図 - 6 実験値・解析値の比較

6. 解析結果

図 - 6 に FEM 解析結果と、実験で測定した応力分布との比較を示す。グラフに示した応力分布の試験体における位置は図 - 4 と同じである。グラフから、FEM 解析によって、実際に発生している応力値を再現可能なことが読み取れる。

7. 疲労試験結果

疲労試験の結果を亀裂長 50mm の時点で整理した S - N 線図を図 - 7 に示す。

これによると、試験体の疲労性能は、H 等級程度であり、JSSC によって定められた基準において、荷重伝達型隅肉溶接（非仕上げ）の継手に要求されている、F 等級の強度を満たしていないことがわかる。

このことから、現在実橋に用いられている、構造物も、その疲労強度に問題があることが考えられる。

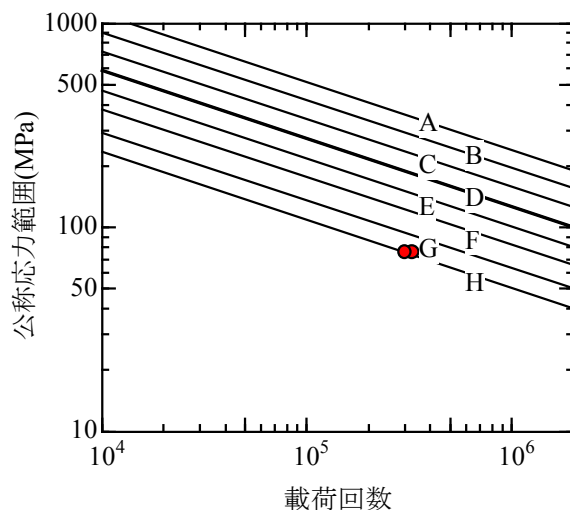


図 - 7 疲労試験結果 S - N 線（亀裂長 50mm）

8. 結論

本研究の結論を以下に述べる。

1. 現行設計法による応力集中部の算出応力値は、実験値と 1.4 倍の開きがある。
2. FEM を用いることにより、発生している応力値を精度良く再現することが可能である。

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, 第 153 号, 1967
- 2) Matoba, M., Machida, S., Yoshinari, H. and Nishimura, R.: Definition of Hot Spot Stress in Welded Plate Type Structure for Fatigue Assessment Part2 3rd Report-Derivation of Hot Spot Stress by Finite Element Analysis. IIW 13-1448, 1992
- 3) 日本鋼構造協会: 鋼構造物の疲労設計指針・同解説, 1993