

鋼製橋脚隅角部のフィレット補強に関する解析的研究

九州工業大学大学院 学生員 ○ 藤原康典

九州工業大学 正会員 山口栄輝

1. はじめに

近年、鋼製橋脚隅角部に多くの疲労亀裂が見つかり、深刻な問題となっている。その対策として、首都高速道路公団においては、従来の奥村らの方法に基づいた弾性設計法に加え、隅角部に補強材としてフィレットを設置し、せん断遅れによる応力集中を緩和する試みを始めている¹⁾。一方、著者らは、平均応力を基に隅角部板厚を設計し補強材としてハンチを設置すれば、巨大地震を想定した繰返し荷重下においても、せん断遅れの影響を考慮した隅角部と同程度の耐力を有することを明らかにしている²⁾。これらのことより、本研究では常時荷重と繰返し荷重を対象とした鋼製橋脚隅角部のフィレット補強に関する検討を行う。

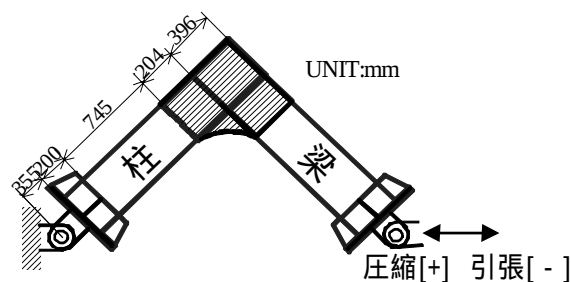
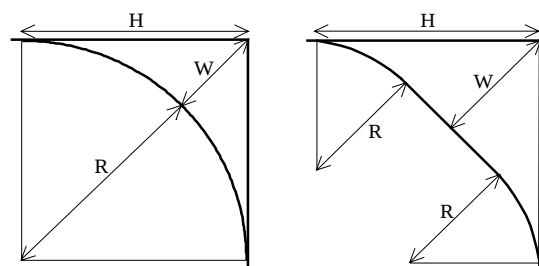
2. 解析概要

池田らの載荷実験³⁾で用いられたG-1, G-3 供試体(図-1)を基本解析モデルとする。G-1, G-3 の違いは隅角部板厚にある。G-1 の板厚は平均応力を基に設計され 16mm であるのに対し、せん断遅れの影響を考慮して定めたG-3 の板厚は 22mm となっている。また、両者とも隅角部内側に四分円型ハンチを付加した構造形式である。本研究では、ハンチを取り外したモデル(以下ではH-1, H-3 と呼称)、ハンチのフランジを取り外し、フィレットを付加したモデルを検討対象とする。フィレット構造としたモデルは、モデル名の末尾に「-0」を付けることで識別する。図-2 にフィレット形状を示す。四分円型、円弧-直線-円弧型の2タイプである。円弧-直線-円弧型タイプのフィレットは文献1)で提案されている。2タイプのフィレットでHを等しくし、四分円型はGに代えてS、円弧-直線-円弧型がGに代えてWをモデル名とする。

本研究では、フィレット自由辺へのリブ装着も検討する。リブを設置したモデルは、モデル名の末尾に「-0」に代えて、「-R」を付ける。リブの幅はフランジ幅の10%、板厚は16mm または 32mm とする。板厚が 32mm のモデルでは、モデル名の「-R」の後に「-32」を付けることとする。

常時荷重下の検討では、線形解析を行い、梁部材端部を引張方向に載荷する。着目位置は、柱下フランジとの接合部から10mm離れた梁下フランジとし、外面の最大主応力を算定する。

繰返し荷重下の検討では、材料構成則に三曲面モデルを用いた複合非線形解析を行う。梁部材端部の変位が $0 \rightarrow +\delta_y \rightarrow -\delta_y \rightarrow +2\delta_y \rightarrow -2\delta_y \rightarrow \dots$ と変化するように、変位制御により繰返し載荷する。なお、 δ_y は初期降伏応力であり、板厚が16mmの場合には11mm、板厚が22mmの場合には9.5mmである。

図-1 G-1 供試体概略図³⁾

(a) 四分円型 (b) 円弧-直線-円弧型

図-2 フィレット形状

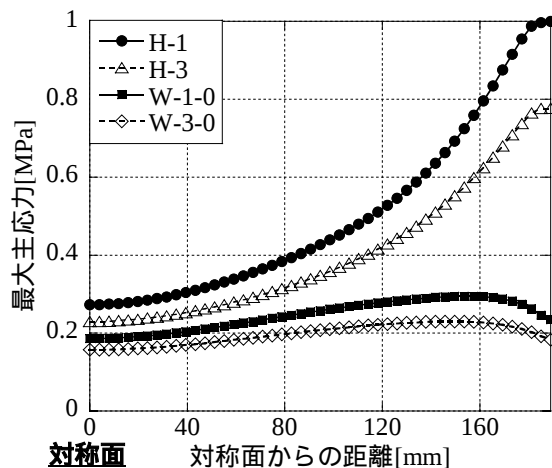


図-3 応力分布（フィレットの影響）

3. 検討結果

着目位置における最大主応力分布を図 - 3~4 に示す。H-1 での発生応力の最大値を基準 (1.00) とし、それとの相対値で他のモデルの応力は示している。図 - 3 より、隅角部にフィレットを設置しない場合はフランジ端部で応力集中が発生すること、フィレットの設置により、50%以上の応力が低減することなどが分かる。

図 - 4 より W-1-0 モデルでもフィレット自由辺にリブを設置することで、発生応力が W-3-0 と同程度となることが分かる。一方 S-1-0 モデルにリブを設置しても、発生応力は W-3-0 よりも大きくなっている。しかしながら、リブ板厚を 32mm に増加すれば、W-3-0 の発生応力程度に留まることが理解される。

図 - 5 には 繰返し荷重による載荷点での水平荷重 H - 水平変位 δ 曲線の包絡線 (第一象限) を示す。この図より、平均応力を基に隅角部板厚を設計しても、リブ付きフィレットを設置すれば、せん断遅れの影響を考慮した隅角部に比して遜色ない耐荷力が得られること、変形能はむしろ優れていることが理解される。

載荷方向の折り返し点での水平荷重 H と梁 - 柱接合部における部材軸方向直ひずみ ε をもとに得られた変形特性を図 - 6 に示す。この図より、平均応力を基に隅角部板厚を設計したモデルでは、フィレットを設置しない限り、大きなひずみが発生することが分かる。それに比すれば、他のモデルで生じているひずみは非常に小さい。

4. 結論

本研究では、常時荷重と繰返し荷重を対象とした鋼製橋脚隅角部のフィレット補強に関する検討を行った。その結果、常時荷重下においては、平均応力を基に隅角部板厚を設計しても、リブ付きフィレットを設置することにより、文献 1) の補強法と同程度の応力低減を見込めることが判明した。また繰返し荷重下においても、リブ付きフィレットを設置することにより、平均応力を基に設計した隅角部でも遜色ない耐荷力が得られ、変形能にも優れた隅角部を設計し得ることを示した。

参考文献

- 1) 並川他:新設鋼製橋脚隅角部におけるフィレット構造の応力低減効果(その3) 土木学会第 58 回年次学術講演会概要集, 第 1 部門, 2003 年。
- 2) 山口他:ハンチ付き鋼製ラーメン隅角部の変形挙動に関する解析的研究, 応用力学論文集, Vol. 3, 2000 年。
- 3) 池田他:鋼製ラーメン隅角部の交番載荷実験, 鉄道総研報告, 第 13 巻, 第 4 号, 1999 年。

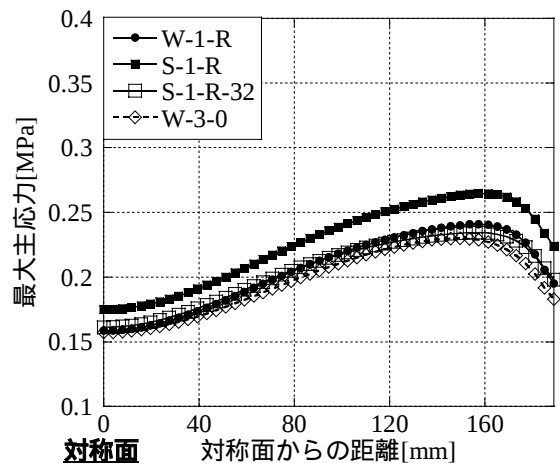


図 - 4 応力分布 (リブの影響)

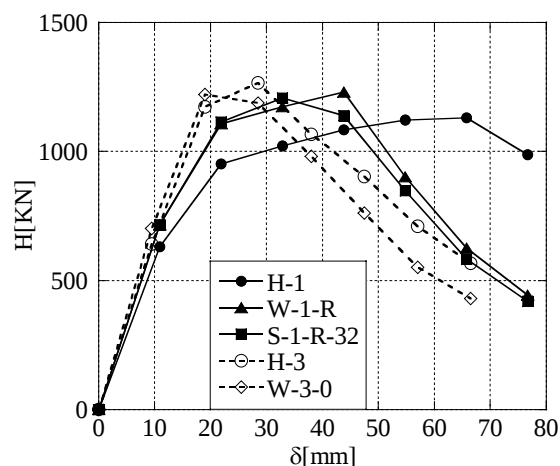


図 - 5 水平荷重 - 水平変位関係

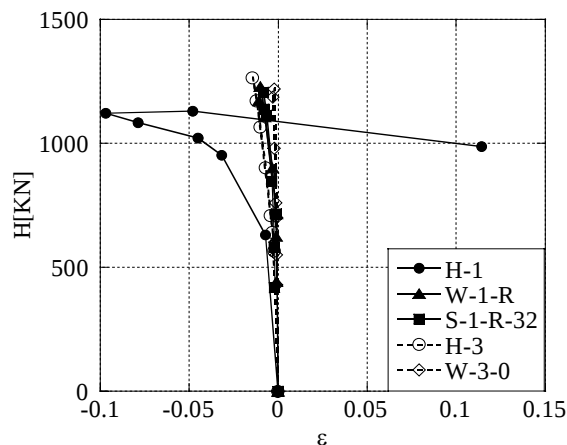


図 - 6 水平荷重 - 直ひずみ関係