

I-135 疲れき裂補修を目的としたストップホールの応力解析

名城大学 正員 近藤 明 雅
 津 曲 智
 名古屋大学 正員 山田 健太郎

1. まえがき

鉄道橋では、これまで各種の疲労変状を経験してきたが、道路橋においても、最近になって交通量の増加と車両の大型化にともない、溶接継手部に疲れき裂が発生した事例が報告され始めた。疲れき裂の先端には非常に高い応力集中が生じており、放置しておくとき裂が進展しそのために断面が欠損して、構造物全体の耐荷力に影響を及ぼすことになる。橋梁などの鋼構造物では、き裂が発見されても、すぐに適切な補修・補強を行うことが困難であるため、それまでの暫定的な措置として比較的施工が簡単なストップホール補修が用いられることが多い。

これまで種々のストップホールを有する鋼部材の疲れ試験を行いストップホールの効果を調べてきたが^{1), 2), 4)}、本研究は、ストップホールの効果をより詳細に検討する上で必要となるストップホール周辺の応力分布をFEM解析により求めたものである。

2. FEMによる応力解析

応力解析は次に示すモデルについて行った。

(1) 図1に示す中央切欠き ($\rho=2.5\text{mm}$) のある試験体モデル

(2) 中央切欠きから疲れき裂が発生し $\rho=5\text{mm}$ のストップホールをあけたときのモデル

(3) 側方に $\rho=5\text{mm}$ の切欠きを有するモデル

(4) 図2に示すガセットが付加された試験体に疲れき裂が発生し $\rho=5\text{mm}$ のストップホールをあけたときのモデル

なお、要素分割に当たり、予備解析を行ってストップホール端部の最小要素幅を 0.03mm とした。

(a) 中央切欠き試験体モデル (ストップホール)

中央切欠きに疲れき裂が発生した後ストップホールをあけた試験体は、図3に示すように切欠き、き裂およびストップホールを長円孔が包含すると仮定して解析を行った。ストップホール端の応力集中率 K_t と切欠き深さとの関係を図4に示す。応力集中率は、切欠きによる断面減少を考慮しない総断面の平均応力に対して算出した。実線はFEM解析の結果、一点鎖線は文献3)で示されている両端を丸めた溝を持つ帯板に引張力が作用する場合の応力集中率である。破線はこれまでの実験結果の解析に用いてきた^{1), 2)}による値で、無限板上でのき裂およびストップホールを包含する等価楕円の孔辺での応力集中率を算定したものである。切欠きが深くなる

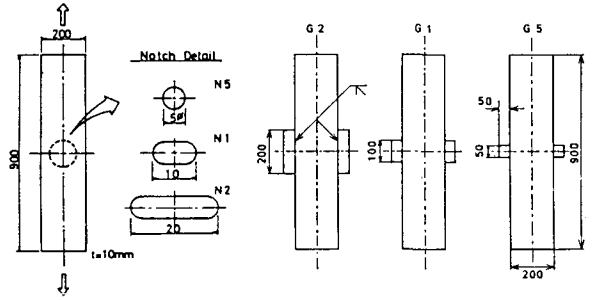


図1 中央切欠き試験体 図2 ガセット試験体

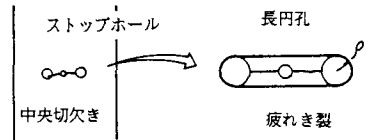


図3 ストップホール部のモデル化

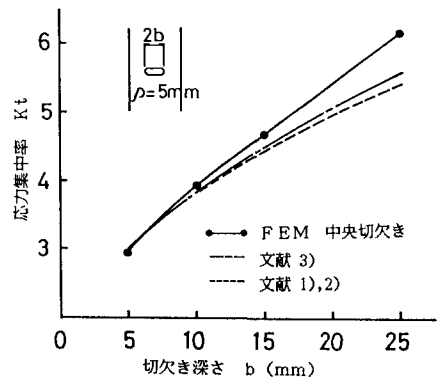


図4 中央切欠き試験体の応力集中率

につれて、FEM解析による応力集中率が他の計算式による値より大きくなっていることがわかる。

(b) 側方切欠き試験体モデル

図5に側方切欠き試験体の結果を示す。片側切欠きを○印で、両側切欠きを●印でプロットした。切欠きが大きくなるほど荷重の偏心作用により、片側切欠き試験体の応力集中率が高くなる。一点鎖線は文献3)に示される両側に切欠きを有する帯板の応力集中率である。

(c) ガセット試験体モデル

ガセットの溶接止端部から疲れき裂が発生し、き裂先端にストップホールをあけた場合について、図6に示すようなモデル化を行い、その解析結果を図7に示す。G2, G1, G5はガセットの長さがそれぞれ 200, 100, 50 mmであることを示す。図の上段にガセット試験体と側方切欠き試験体の応力集中率の比較を示す。ガセット試験体の応力集中率は側方切欠き試験体より大きい。これから、ストップホールに伴う応力集中にガセットの存在による応力集中が重畳していることがわかる。また、ガセット試験体の応力集中率は、切欠き深さが同じであればガセットが長くなるほど大きい。図の下段に、ガセット試験体の応力集中率を側方切欠き試験体の応力集中率で除した値をプロットした。ガセット付加の影響は切欠き深さが大きくなるにつれて小さくなることがわかる。

3.まとめ

ストップホールに関する既存の疲れ試験結果を詳細に検討する作業の一つとしてストップホール周辺の応力分布をFEMを用いて解析した。その結果、中央切欠きおよび側方切欠きモデルでは、切欠きの深さが大きくなるにしたがいFEM解析による応力集中率が文献1)-3)の式による計算値より高くなった。ガセット試験体では、ガセットの存在による応力集中が付加され、その影響はガセットが長いほど大きいことが確認できた。

参考文献

- 1) 山田, 酒井, 菊池: ガセットを溶接した引張部材の疲れ強さとストップホールの効果, 土木学会論文報告集, No.341, 1984.1
- 2) 山田, 近藤: 鋼部材のき裂補修・補強後の疲れ挙動, 土木学会論文報告集, No.368, 1986.4
- 3) 西田正孝: 応力集中, 森北出版, 1969.12
- 4) 大野, 石黒, 山田, 青木: 応力集中部材の残留応力場における疲れき裂進展挙動, 構造工学論文集, Vol. 34A, 1988.3

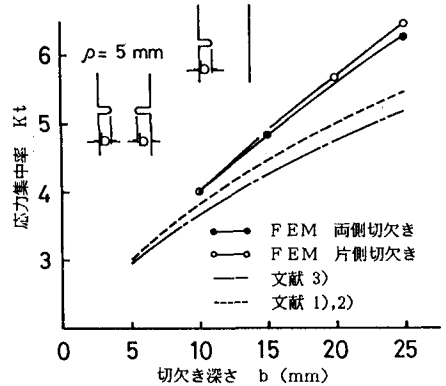


図5 側方切欠き試験体の応力集中率

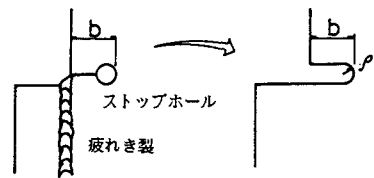


図6 ガセット試験体のモデル化

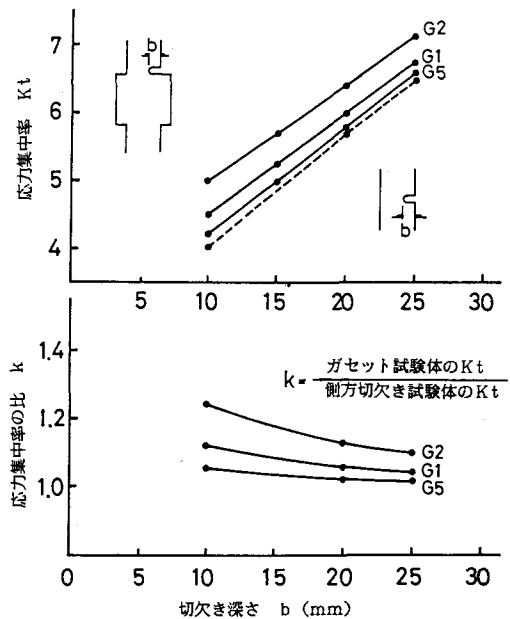


図7 応力集中率の比較