

柱状付属構造物の三角リブ上端溶接形状が疲労強度に与える影響

那須電機鉄工株式会社 正会員○石橋 知彦
 大阪市立大学工学部 学生員 中本 寛二
 大阪市立大学大学院工学研究科 正会員 北田 俊行
 大阪市立大学大学院工学研究科 正会員 山口 隆司

1. はじめに 近年、標識柱や照明柱などの柱状の道路付属構造物において、柱脚部の金属疲労が問題となるケースが増加している。なかでも、橋梁上に設置される付属構造物は、地上に設置されている場合よりも交通荷重や風荷重などによる様々な振動を常時受けやすく、疲労亀裂に起因した倒壊や取り替えに至った事例も報告されている¹⁾。金属疲労が問題となる要因としては、絶えず振動にさらされる環境の他に、付属構造物の構造上の問題も指摘されている。これらの柱状付属構造物では柱脚部の補強のために三角リブを数枚配置してベースプレートの板厚を薄く抑えるのが一般的である。しかし、この三角リブ上端の溶接部では、溶接止端やビードの形状による高い応力集中や、溶接による引張残留応力などが発生する²⁾。このため、日本鋼構造協会(JSSC)の疲労強度等級ではH～G等級³⁾にランクされ、この部分の疲労強度は高いとは言えない。

本研究では、三角リブ上端の溶接形状が疲労強度に与える影響を調べるため、実験供試体において溶接条件や仕上げの有無を変えて疲労実験を行い、また溶接形状を変えた有限要素解析を行っている。

2 実験供試体の概要 本研究で使用した実験供試体の概要を図-1に示す。供試体数は7体とし、外径は165.2mm、板厚は公称5.0mm(計測値4.5mm)の鋼管を用い、柱脚部は90度間隔でリブプレートを4枚配置し、すみ肉用溶接にて鋼管およびベースプレートに接合した。そして溶接止端形状の変化や、仕上げ加工の有無による耐疲労性の違いを検討するために、これらを変化させた。供試体の内訳を表-1に、使用した鋼材の機械的性質を表-2に示す。ここで、リブ上端溶接が分割とは、リブプレート両側面と上端の溶接を別のパスで3回に分けて溶接することを指し、連続とは1回のパスで回し溶接を行っていることを指す。

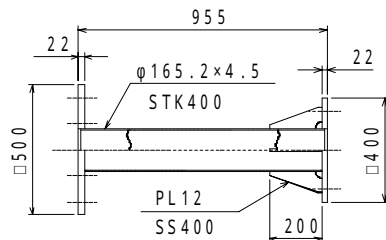


図-1 実験供試体の概要(寸法:mm)

表-1 供試体の内訳

供試体名	リブ上端溶接	仕上げ	溶接電流電圧
N-1	分割	なし	高
N-2	分割	なし	高
N-3	分割	なし	高
N-4	連続	あり	高
N-5	連続	あり	低
N-6	連続	なし	高
N-7	連続	なし	低

表-2 使用鋼材の機械的性質

試験片	降伏点(N/mm ²)	引張強さ(N/mm ²)	ヤング率(N/mm ²)	ポアソン比
リブ	302.3	436.9	1.63×10^5	0.306
鋼管部	381.9	457.4	2.04×10^5	0.279

3. 疲労実験の概要 疲労実験は500kNアクチュエータ載荷装置を用いて繰り返し曲げ荷重を載荷した。載荷荷重は、リブ上端の溶接仕上げなしの状態での疲労強度等級をG等級と仮定した場合に、疲労寿命が約100万回となる±3kNの完全両振り荷重として荷重制御で載荷した。載荷周波数は3Hzである。

キーワード：橋梁付属構造物、振動、疲労、止端形状

那須電機鉄工(株) 〒555-0041 大阪府大阪市西淀川区中島2-12-5 TEL:06-6472-1585, FAX:06-6478-1202

4. 疲労実験結果

各供試体の疲労実験結果を図-2に示す。仕上げなし、溶接電流・電圧が高めの供試体 N-1～N-3 および N-6 は、いずれも 30 万回から 40 万回程度で疲労亀裂が三角リブ溶接止端部の中心付近から発生し、H 等級を下回る結果となった。N-6 では止端部の溶接を分割せずに連続で行ったが、本実験では大きな差異は認められなかった。仕上げを行った N-4 および N-5 では、疲労強度が大きく改善され、従来から知られている仕上げの効果を確認できた。また、溶接電流・電圧を低めにした N-5 (仕上げあり) および N-7 (仕上げ

なし)においても疲労強度の改善が確認できた。これは溶接電流・電圧が低いと母材と溶接ビードのなす角が小さくなり、仕上げを行ったものと近い状態になるためであると考えられる。

5. FEM 解析による応力集中の検討

疲労寿命にはリブ上端部での応力集中が大きく関係していると考えられ、溶接ビード形状の違いによる応力集中の違いを解析により検討した。解析モデルの断面を図-3に示す。本解析で検討するリブ上端部の溶接形状を図-4に示す。载荷は、図に示すように集中荷重を端部に载荷し、曲げ荷重と引張荷重の2通りの荷重状態を設定した。得られた応力集中係数を表-3に示す。表より、リブ上端部の応力集中係数はmodel1を基準とした場合、model4でわずかに改善され、model5で大きく改善されている。model2とmodel3との差異はあまり見られず、応力集中係数は母材と溶接ビードとのなす角に大きく依存していると考えられる。また、曲げ载荷と引張载荷ではわずかに引張载荷の方が大きくなっているが、両者に大きな差異は認められない。

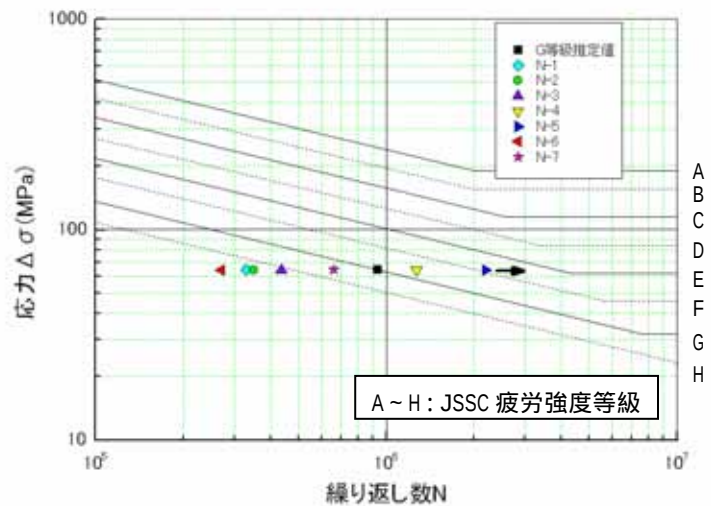


図-2 疲労実験結果

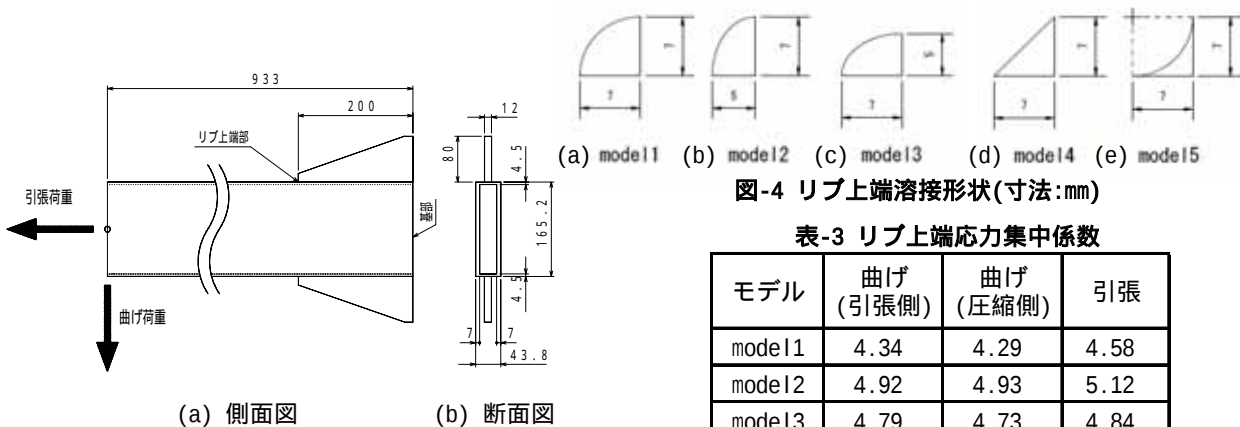


図-3 解析モデル断面(寸法:mm)

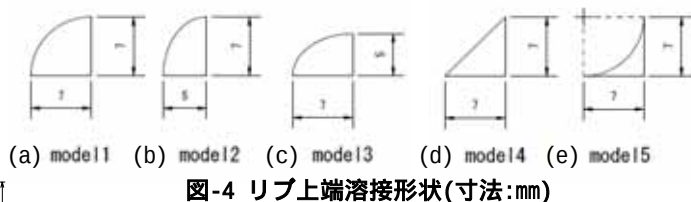


表-3 リブ上端応力集中係数

モデル	曲げ (引張側)	曲げ (圧縮側)	引張
model1	4.34	4.29	4.58
model2	4.92	4.93	5.12
model3	4.79	4.73	4.84
model4	3.94	3.90	4.14
model5	2.75	2.72	2.89

6. まとめ

柱状付属構造物の柱脚部リブ溶接形状が疲労強度に与える影響を調べるため、疲労実験および FEM 解析を行った。その結果、リブ上端部での母材と溶接ビードとのなす角が小さい方が応力集中係数が小さくなり、疲労強度が高くなることを確認した。具体的な強度改善策としては溶接止端部を仕上げたり、溶接電流・電圧を低くして、母材と溶接ビードのなす角を小さくすることが有効であることが分かった。また、曲げと引張という载荷方法の違いによって疲労強度はあまり変わらないことを解析的に確認した。

参考文献

- 1) 道路付属物の安全性に関する調査委員会：道路付属物の損傷・対策事例集，別紙・照明柱，2001.1
- 2) 杉本雅一・三木千尋：鋼管基部補強 U 字リブ構造の疲労強度，土木学会論文集，No.787，pp47～56，2005.4
- 3) (社)日本鋼構造協会：鋼構造物の疲労設計指針・同解説，技法堂出版，1993.4