

繰返し载荷を受ける標識柱・照明柱基部の力学的挙動に関する実験的検討

川口金属工業株式会社（研究時、大阪市立大学大学院学生）正会員○谷 憲一 大阪市立大学大学院 正会員 井舎 英生
 大阪市立大学大学院 正会員 北田 俊行 大阪市立大学大学院 正会員 山口 隆司

1. 目的

近年、鋼管を主構造とする照明柱や標識柱などの道路橋付属構造物の折損や疲労亀裂発生が問題となっている。これは、交通量の増加と通過車輛の大型化などに伴う応力範囲の増大が主な原因と考えられる。特に、これらの付属構造物の柱基部付近には各種機器および配線を収納する開口部や柱基部の補剛リブの溶接部など、形状に起因した応力集中部が存在し、疲労損傷を受ける可能性が高いことが指摘されている。

本研究では、阪神高速道路公団で実際に設置されていた門型標識柱・照明柱の柱基部より製作した供試体に対して繰返し载荷試験を行い、その疲労性状と亀裂進展に伴う剛性の変化を実験的に検討した。

2. 実験供試体および試験方法

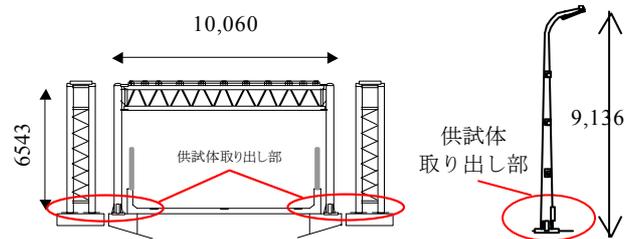
供試体は、図-1 に示す 2001 年 2 月まで阪神高速道路東大阪線の道路橋に取付けられていた門型標識柱と 2003 年 10 月まで阪神高速道路松原線に設置されていた逆 L 型照明柱とから柱基部をそれぞれ取り出し、門型標識柱供試体 4 体(M-type)、逆 L 型照明柱供試体 2 体(L-type)の合計 6 体の供試体を製作した。供試体名は、門型標識柱を M1-1, M1-2, M2-1 および M2-2 とし、逆 L 型照明柱は供試体名を LA および LB とした。表-1 には、供試体の形状寸法と用いられた鋼材の機械的性質を示す。载荷装置を写真-1 に示す。M-type の供試体はコンクリートアンカーに設置するタイプであることから、ボルト導入軸力に関して、トルクは管理せず、L-type は 303kN のボルト軸力となるようトルクを管理した。

表-2 には、载荷条件を示す。M1-1, M1-2 および M2-1 について、実際の構造物では、両振りの载荷状態にあると考えられるが、片振り载荷を行っても疲労強度を評価できる¹⁾と考え、片振りの载荷を行っている。なお、载荷実験での制御波形は正弦波とした。

実験は、①供試体の非破壊検査を行い、亀裂の有無を確認する。②供試体弾性域での静的曲げ载荷試験を行い、その後、繰返し载荷試験を行うという 2 段階で行った。なお、一定サイクルごとに静的曲げ载荷試験を行い、供試体の性状の変化を調べ、亀裂が確認できれば非破壊検査と静的曲げ载荷試験を行う。

3. 実験結果と考察

繰返し载荷試験結果のまとめを表-3 に、繰返し载荷試験の結果と文献²⁾で示される疲労強度曲線との比較を図-2 に示す。表-3 の剛性変化は、弾性域での静的曲げ载荷試験より得られた P-δ の関係より剛性を求め、損傷がない場合の剛性から損傷を与えた剛性の変化率である。これより、M1-1, M1-2, M2-1 および M2-2 の疲労亀裂はガセット



(a)門型標識柱 (b)逆 L 型照明柱

図-1 供試体を取り出した位置[単位: mm]

表-1 供試体の形状寸法と使用鋼材の機械的性質

供試体名	鋼管外径 (mm)	板厚 (mm)	降伏点 (N/mm ²)	引張強度 (N/mm ²)	ヤング率 (N/mm ²)	ポアソン比
M1-1	264	6.8	454	537	2.10E+05	0.28
M1-2	264	6.8	454	537	2.10E+05	0.28
M2-1	320	10.0	580	678	2.32E+05	0.27
M2-2	320	10.0	580	678	2.32E+05	0.27
LA	160	4.2	379	443	2.10E+05	0.28
LB	160	6.0	410	491	2.18E+05	0.28

表-2 载荷条件

供試体名	载荷方法	応力範囲 (MPa)	荷重振幅 (kN)	最大荷重 (kN)	最小荷重 (kN)	応力比
M1-1	片振り	160	52.40	58.53	6.13	0.105
M1-2	片振り	100	33.08	39.21	6.13	0.156
M2-1	片振り	90	28.10	36.20	8.10	0.224
M2-2	両振り	80	35.81	17.90	-17.90	-1.000
LA	両振り	180	13.20	6.60	-6.60	-1.000
LB	両振り	260	30.29	15.14	-15.14	-1.000



写真-1 载荷装置 [単位: mm]

キーワード：疲労亀裂、リブ、柱基部、橋梁付属柱状構造物、維持管理

連絡先：〒558-8585 大阪市住吉区杉本 3-3-138, 大阪市立大学大学院, Tel. 06-6605-2735

亀裂はベースプレート側リブ端の溶接部に発生した(写真-2(a)). これは、ベースプレートとスペーサーとの密着性が不完全なためにボルト軸力導入によりベースプレートに発生する引張応力の影響と考えられる。実際、ベースプレート側リブ端周辺がボルト方向に高い引張応力を受けていることが図-3より確認できる。

表-3 繰返し载荷試験結果(亀裂発見時)

供試体名	亀裂発生箇所	繰返し回数N	亀裂長(mm)	剛性変化(%)
M1-1	MR1,MR2のベースプレート側リブ端	14,518	120	31.7
M1-2	MR1のベースプレート側リブ端	97,839	45	1.4
M2-1	MR7のベースプレート側リブ端	3,340	10	22.2
M2-2	MR5のベースプレート側リブ端	44,824	25	22.8
LA	LR4のリブ上側溶接止端	178,099	25	18.5
LB	LR4のリブ上側溶接止端	157,938	103	17.1

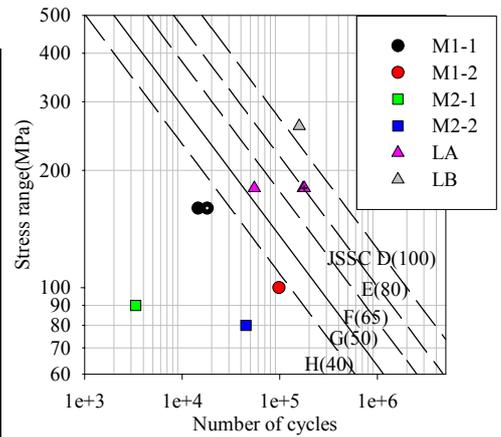


図-2 疲労強度曲線²⁾

一方、LAおよびLBはリブ上側溶接止端付近で亀裂が発生し(写真-2(b)), 繰返し回数も予想強度等級G付近にプロットすることができた。これはベースプレートとスペーサーとの接触面の密着性が良好であり、ベースプレートに発生する付加的な引張応力が小さかったためと考えられる。亀裂の進展については、リブ上側溶接止端付近に亀裂発生後、鋼管の周方向に進展していき、さらに各リブのリブ上側溶接止端付近で発生した亀裂と結合した。LAを亀裂発見時以降も繰返し载荷を行い、亀裂の進展を調べたのが図-4である。亀裂進展に伴う剛性の変化は図-5に示す。表-3および図-5より、亀裂が鋼管断面の1/4程度では30%、鋼管断面の1/2程度では50%以上剛性が低下することがわかる。



(a)ベースプレート側リブ端 (b)リブ上側溶接止端

写真-2 疲労亀裂

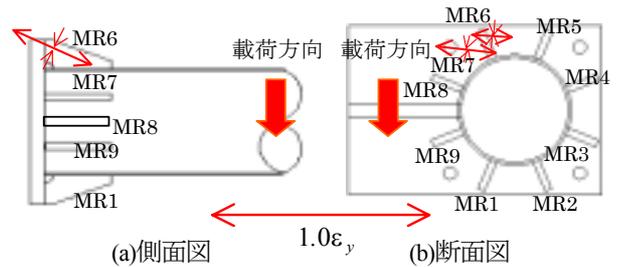


図-3 M2-2の主ひずみおよび主方向

4. まとめ

- 繰返し载荷試験より疲労亀裂の進展状況を把握した。損傷による剛性変化は、リブ一本の亀裂ではほとんど見られなかったが、亀裂が鋼管の周方向に進展していくに従い、剛性変化が確認できた。
- 照明柱のモデルLA, LBは、予想していたリブ上側溶接部上端で亀裂が発生し、疲労設計指針で示されるガセット溶接継手に属する面外ガセットの非仕上げ強度等級F~G程度で評価できることがわかった。

謝辞

本研究の実施に際し、阪神高速道路公団(西岡敬治氏、徳増 健氏)に多大の協力をいただいた。ここに記して感謝の意を表します。なお、本研究は、平成14年度科学研究費補助金:基盤研究(B)(1)「社会環境の変化に伴う交通荷重実態調査と橋梁の劣化予測モニタリング手法の開発(研究代表者:山田健太郎)」の一環として行ったものである。

参考文献

- 山田健太郎, 近藤明雅, 小林且典, 宮本伸治, 荒木準一: 鋼管柱基部の疲労強度, 構造工学論文集, Vol.38A, pp.1045-1054, 1992.3.
- (社)日本鋼構造協会: 鋼構造の疲労設計指針・同解説, p.10, 1993.

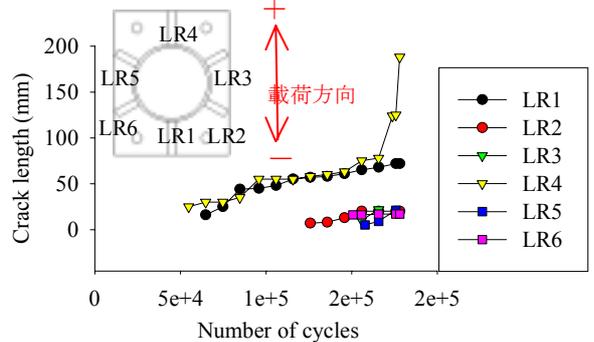


図-4 LAのリブの亀裂長と繰返し回数との関係

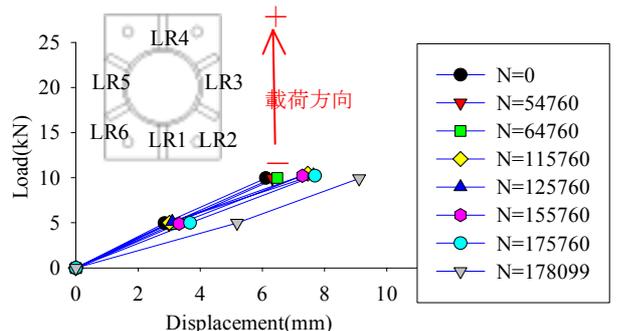


図-5 繰返し回数ごとのLAの剛性変化(引張载荷)