

標識柱リブ溶接止端における疲労強度の検討

名古屋大学 学生員 ○藤嶋祐太 名古屋大学 正会員 山田健太郎 名古屋大学 正会員 石川敏之
 名城大学 正会員 小塩達也 名城大学 非会員 山田省吾

1. はじめに

2008年1月16日に愛知県常滑市において、標準図¹⁾を使用して設計されたF-1型標識柱が梁部材の根本部で破壊し、梁部が道路上に落下した。現地の状況より破断の原因は風の振動による疲労破壊と考えられる。今回の破断事故の他にも、これまで標識柱の疲労損傷事例がいくつか報告されている。

疲労強度に関しても既にいくつか研究されている^{2), 3)}が、それらは標識柱の基部をモデル化したものがほとんどである。そのため、これまでの疲労試験において管厚は4.5~8.2mmの試験体を使用しているのに対し、梁部材のような管厚の小さい部材に対する研究は行われていない。

そこで、本研究では管厚の小さい標識柱梁部をモデル化した曲げ疲労試験により、標識柱の梁部材の疲労強度を求める。管厚3.2, 3.5, 4.5mmの部材に注目し、疲労強度と管厚の影響を検討する。さらに、溶接順序が異なる2種類の試験体を用い、疲労強度の比較を行う。

2. 試験体

疲労試験で用いる試験体は、図-1に示す標識柱の梁部材がモデル化されている。試験体の寸法とひずみゲージの貼付け位置を図-2に示す。本試験の試験体の条件を表-1に示す。試験体は各種類で3体ずつ用いた。破断事故が発生した標識柱は管厚3.5mm、亜鉛メッキ加工されたものが使用されていた。本研究では、破断事故と同タイプの試験体と、管厚や亜鉛メッキ加工、溶接順序を変更した試験体を用いて疲労試験を行った。いずれもリブ板厚は12mmであり、鋼管外径は道路設計要領¹⁾にて、管厚ごとに規定されている。図-3に示すように従来から行われている溶接を溶接順序A、溶接回数の少ない溶接を溶接順序Bとした。また、亜鉛メッキ加工が施されている試験体と、そうでない試験体について疲労試験を行った。

3. 試験方法

試験は図-2に示される曲げ疲労試験機を用いて行った。この試験機では、試験体の自由端近傍に偏心おもりをモーターで回転させる形式の加振機を設置し、試験体を強制的に振動させることにより疲労試験を行った。自由端と加振機は補助板を利用しUボルトで固定したが、ボルトを締める際に鋼管に変形が発生しないよう、鋼管内部に円形木材を挿入した。

試験体のリブ側は荷重フレームに高力ボルトで固定した。また、本試験においては溶接止端近傍に高い引張残留応力が存在していると考えられたため、応力比R=-1の両振りでの疲労試験を行った。



図-1 標識柱の梁部

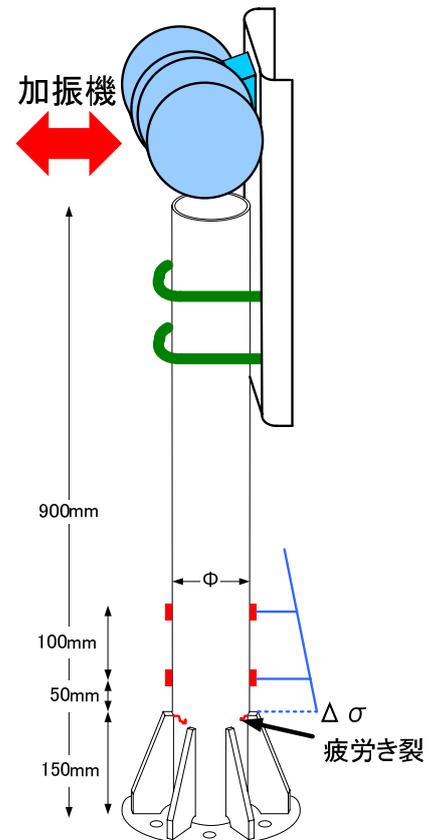


図-2 試験機および荷重方法

表-1 試験体の種類

試験体	管厚[mm]	外径[mm]	止端形状
SA3.2	3.2	φ 101.6	as-welded 溶接方法 A
SA3.5	3.5	φ 114.3	
SA4.5	4.5		
SZA3.2	3.2	φ 101.6	亜鉛メッキ加工 溶接方法 A
SZA3.5	3.5	φ 114.3	
SZA4.5	4.5		
SZB3.2	3.2	φ 101.6	亜鉛メッキ加工 溶接方法 B
SZB3.5	3.5	φ 114.3	
SZB4.5	4.5		

本試験体は曲げ载荷のため、リブによる構造的な応力集中と、溶接止端の局所的な応力集中を含まないように、図-2 に示すように、まわし溶接止端から 50, 150mm 離れた位置にひずみゲージを貼り付けて、この 2 点より線形外挿した応力をまわし溶接止端における公称応力と定義した。

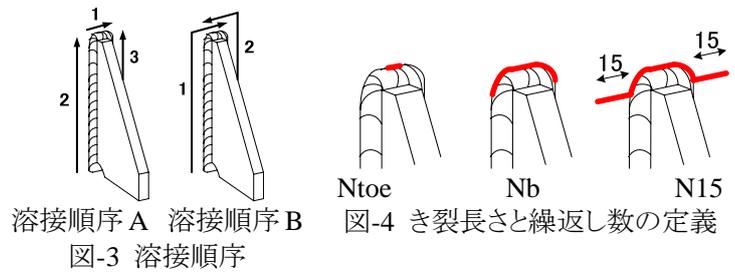


図-4 に示すように疲労き裂の進展を 3 段階にわけ、溶接止端にき裂が発生した段階(Ntoe)、まわし溶接部からき裂が進展し離れた段階(Nb)、き裂が溶接止端から分岐して 15mm まで進展した段階(N15)とし、各段階に被覆銅線を貼付けた。被覆銅線が断線した時を各段階の繰返し数と定義し、試験は N15 の被覆銅線が断線した段階で終了した。

4. 試験結果

図-5 に管厚 3.5mm の破断破面を示す。この試験体では、Ntoe で疲労き裂を認識した際に、き裂の初期形状を確認するためにダイマーキングを行った。図-5 より、まわし溶接部からき裂が発生し、両側にき裂が進展していくことがわかる。また管厚が小さいため、き裂発生後早い段階で疲労き裂が鋼管を貫通することがわかる。

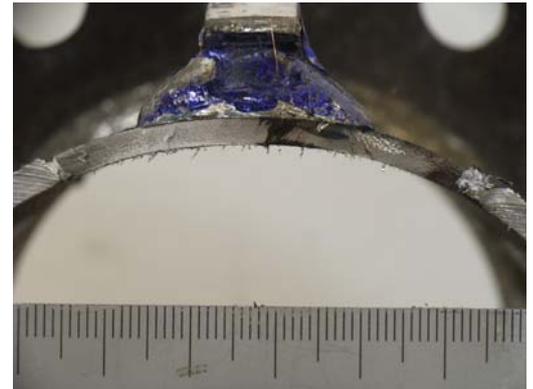


図-5 試験体 SA3.5 の破面

疲労強度の結果を図-6, 7 に示す。縦軸は公称応力範囲、横軸は Nb, N15 における繰返し数を示している。図-6 には既往の研究で得られた板厚の大きな試験体の疲労強度も示されている。この図より、本試験体は板厚の大きな試験体と比較して高い疲労強度を持っていることがわかる。また図-6, 7 より、Nb から N15 までの疲労進展の間隔は短いことがわかる。ただし、図-6, 7 は 12 月 5 日現在の試験結果であり、一部の試験結果しか得られていない。今後さらに疲労試験を進めることにより、亜鉛メッキや溶接順序の影響を検討する。本研究で得られた標識柱の曲げ疲労試験結果および管厚や溶接順序の影響についての考察は発表当日に報告する。

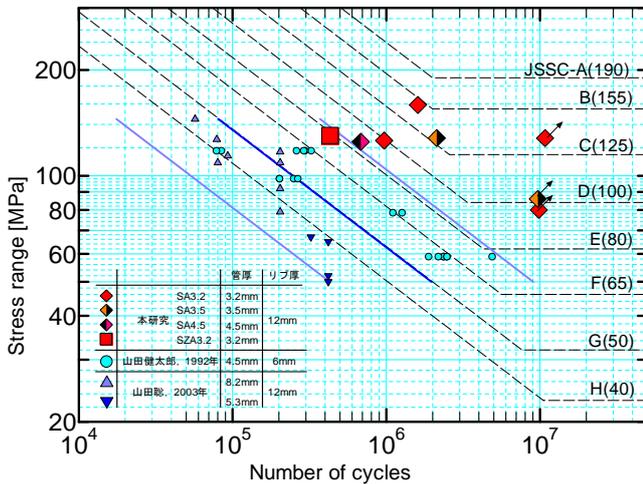


図-6 Nb における S-N 線図

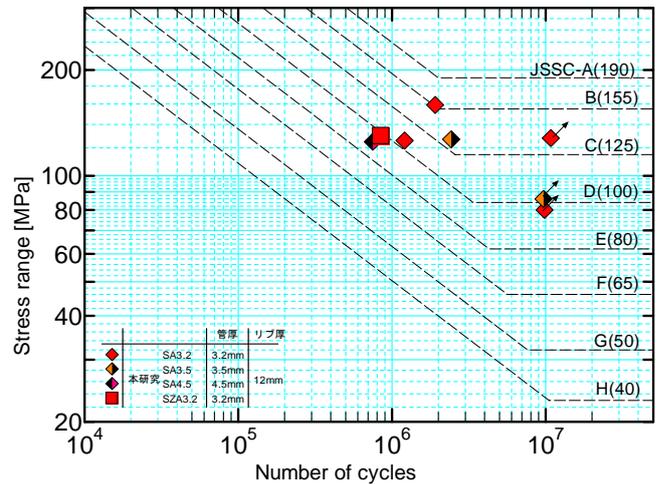


図-7 N15 における S-N 線図

謝辞

本研究を行うに当たり、社団法人全国道路標識・標識業協会中部支部から試験体をご提供いただきました。また、試験を行うに当たり株式会社三洋商会の澤木晋一氏にご協力いただきました。ここに記して謝意を示します。

参考文献

- 1) 中部地方整備局:道路設計要領 一設計編—【1】
- 2) 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 年 3 月
- 3) 山田聡・酒井吉永・山田健太郎:撤去した標識柱基部の疲労強度とその補修方法に関する一考察, 構造工学論文集, Vol.49A, pp.725~734, 2003 年 3 月
- 4) 山田聡・渡辺直起・山田健太郎・小塩達也:簡易型振動疲労試験機の開発と適用試験, トビー鉄構技報, No.24, pp.15~22, 2008 年