

ソールプレート溶接止端部の板曲げ疲労強度試験

長崎大学大学院 正会員 中村 聖三 長崎大学工学部 学生会員 ○前田 祐也
長崎大学大学院 正会員 奥松 俊博 長崎大学大学院 正会員 西川 貴文

1. はじめに

鋼道路橋において、疲労による部材の損傷は大きな問題とされており、疲労損傷の事例も多く挙げられている。実際に、長崎県に架設されている鋼道路橋でもソールプレートの溶接止端部に疲労による損傷が発見され、補修が行われた。発見されたき裂は長さが 145mm を超えるものもあり、16mm の板厚を貫通しているき裂も多くみられた。き裂の発生状況から、下フランジの局所的な板曲げによる溶接止端部における応力集中がその発生原因だと推察される。そこで本研究では、当該溶接継手の板曲げ疲労強度を求めるために、実際の橋梁のソールプレート部を想定した小型試験体による疲労試験を実施した。

2. 試験体と試験方法

2.1 試験体

試験体の形状・寸法を図 - 1 に示す。カバープレートをガスアークシールド溶接ですみ肉溶接したものであり、使用鋼材は SS400 である。溶接脚長は 10mm で、溶接止端部は非仕上げとしている。主板およびカバープレートの板厚、溶接脚長は実橋と同じである。

2.2 試験方法

疲労試験には、図 - 2 に示す板曲げ疲労試験機を用いた。試験体は片持ち状態になるように架台にセットされている。試験体の先端には偏心錘を有するモーターを固定し、偏心錘が回転することで、試験体に繰り返し曲げを作用させている。本試験では、モーターの回転振動のみを与えているので応力比は $R=-1$ で試験を行なっている。

応力範囲を算出するために、ひずみゲージを図 - 3 に示すように、溶接止端から 5mm の位置を基準に、試験体中央と幅方向 75mm 離れた両側 A、B、C と A の裏側の 4 か所に貼り付け、そのひずみをモニタした。この貼り付け位置は、溶接による局所的な応力集中を含まず、構造的な応力の乱れを考慮した着目点での応力（ホットスポット応力）を計測することができる¹⁾。ひずみを計測した 4 か所のうち、A、B、C の応力範囲を算出し、算出された応力範囲の平均値を用いて疲労試験のデータを整理した。

2.3 き裂の発生検知

き裂発生時の検出を目視で行うことは困難なため、試験体の溶接止端部に $\phi 0.04\text{mm}$ の銅線を貼り付けた。試験体にき裂が発生もしくは進展することで銅線が破断され、試験が停止する。そのときの繰り返し回数を本研究にお

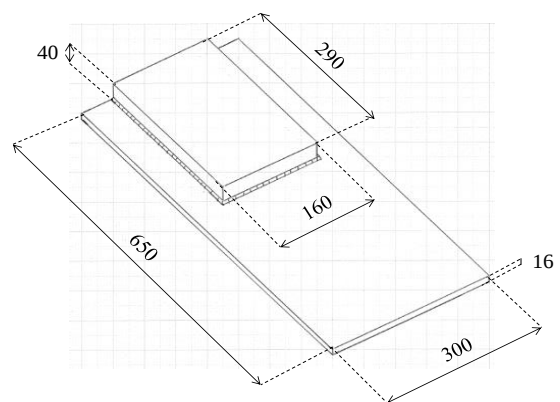


図 - 1 カバープレート溶接継手試験体

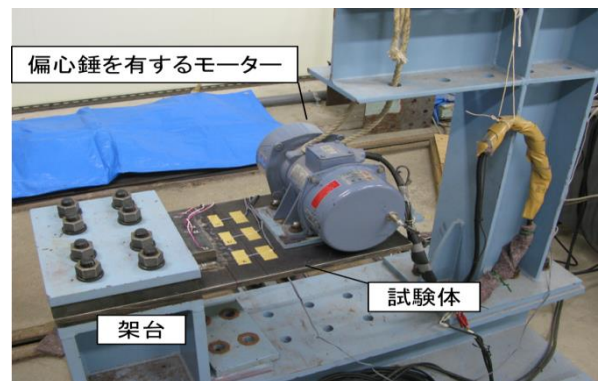


図 - 2 試験体の設置方法

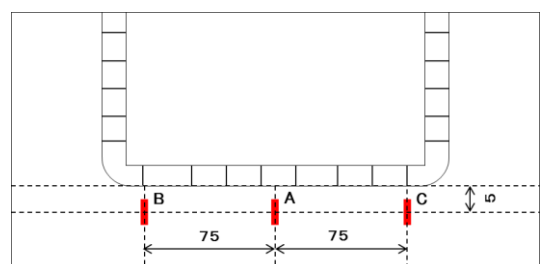


図 - 3 ひずみゲージの貼り付け位置

ける疲労寿命とした。本試験では、銅線の破断後、染色浸透探傷剤を用いてき裂の可視化、長さの確認を行っている。銅線の貼り付け位置を図 - 4 に示す。応力がき裂に対して平行に作用する場合、き裂は半円形を描いて進展するとされているが²⁾、応力がき裂に対して垂直に作用する板曲げ疲労の場合、き裂は半円形に進まず、き裂幅の方がき裂深さより大きい半楕円形に進む。本研究では、銅線は 20mm 間隔に折り返し貼り付けた。き裂の検出時の長さを 20mm 程度に抑えたのは、き裂深さが板厚の 16mm に達する前に確実に検出するためである。

3. 試験結果および考察

各試験体の応力範囲、疲労寿命および発見時のき裂長さを表 - 1 に示す。試験体の 1 体目は応力範囲 $\sigma = 102.7\text{N/mm}^2$ で試験を行なったが破壊がみられず、 5.09×10^6 回で run-out とし、試験を終了した。応力範囲 133.5N/mm^2 の 2 体目は 546 万回で、応力範囲 173N/mm^2 の 3 体目は約 55 万回でき裂が検出された。それぞれの発見時のき裂の状況を図 - 5 に示す。試験体の 2 体目のき裂検出時の長さは 55mm 程であり、銅線の間隔 20mm を大きく超えている。これは、き裂の中心に近い銅線が破断せず、き裂の中心から 20mm 程はなれた位置の銅線が破断していたことから、き裂の中心近くの銅線の貼り付けが不十分で破断しなかったためであると思われる。そのため、試験体の 2 体目の疲労寿命は記録よりも少ないと考えられる。試験体の 3 体目は、2 か所からき裂の発生が確認できた。カバープレート隅付近に 25mm と溶接止端部から 50mm の地点に 20mm 程のき裂が確認できる。き裂が検出されたいずれの試験体も、裏側へのき裂の進展はみられなかった。本研究で行った試験体の疲労試験の結果を図 - 6 に示す。いずれの試験体も、JSSC³⁾ の D 等級程度を満足している。

4. まとめ

本研究では応力範囲を変化させ、残り 7 体の実験を実施する計画である。それらの結果については、講演当日発表する。全試験結果に基づき当該継手の疲労強度等級を評価し、別途実施している実橋での応力頻度測定結果を利用することで、実橋における疲労寿命を推定したいと考えている。

参考文献

- 1) 仁瓶寛太：ホットスポット応力算出法の問題点と改善策，溶接学会平成 10 年全国大会フォーラム，H10.10
- 2) 豊貞雅宏，丹羽敏男著：鋼構造物の疲労寿命予測，共立出版株式会社，2001
- 3) 日本鋼構造協会：鋼構造物の疲労設計指針・同解説，技報堂出版，1993

表- 1 応力範囲と繰り返し回数

	応力範囲 (N/mm^2)	疲労寿命 (回)	き裂長さ (mm)
1 体目	102.7	5.09×10^6	発生せず
2 体目	133.5	5.46×10^6	55
3 体目	173.0	5.47×10^5	25

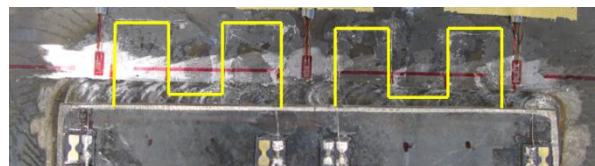
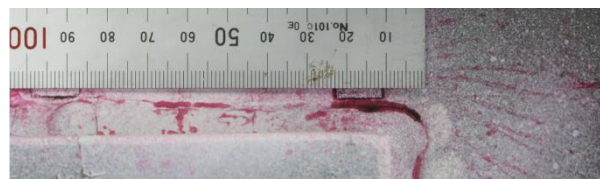


図 - 4 銅線の貼り付け位置



(a) 試験体 2 体目



(b) 試験体 3 体目

図 - 5 き裂の発生状況

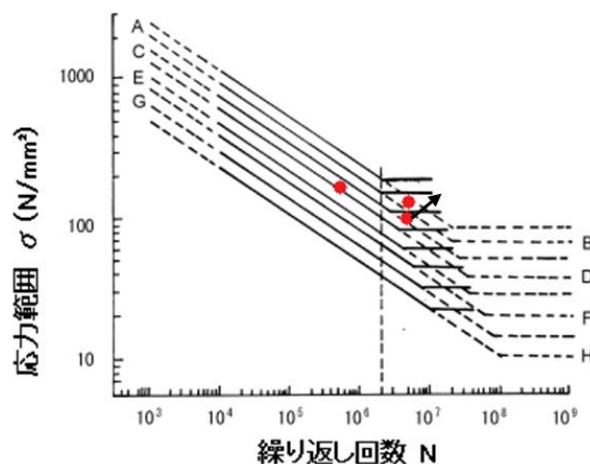


図 - 6 S-N 線図