

高強度鋼を用いた十字すみ肉溶接継手ルート部の溶接材料軟質化による疲労強度向上

岐阜大学 正会員 ○木下 幸治
岐阜大学 (現 東海旅客鉄道株式会社) 盛 高志

1. はじめに

鋼橋の合理化に関して、高強度鋼の適用は鋼重の低下及びそれに伴う輸送コスト、製作コストの低下など多くの効果が期待できる。しかし、高強度鋼の強度に合わせて桁を薄くすると、溶接部の応力範囲が大きくなるとともに高強度化に伴い切欠き感度が高くなるため、疲労の観点から薄肉化が制約され、鋼橋の十分な軽量化が実現できない問題がある。従って、高強度鋼の有効利用のためには、溶接継手部の疲労強度を向上させる必要がある。

ルート部を有する溶接継手の場合、溶接止端部の疲労強度がルート部の疲労強度を上回るとルート部を起点とした疲労破壊が生じることから、ルート部の疲労強度も向上させる必要がある。しかし、ルート部の疲労強度向上は溶接継手止端部のように止端形状改善や圧縮残留応力導入等、直接的な手法が適用できないため非常に困難である。

そこで、本研究は、溶接材料軟質化による高強度鋼の切欠き効果の低減によるルート部の疲労強度向上に着目し、その効果を定量的に明らかにすることを目的として、軟質化の程度を変えた高強度鋼十字すみ肉溶接継手試験体の疲労試験を実施した。

2. 試験体および試験方法

試験体の形状および寸法を図-1に示し、試験体の母材、および溶接材料の機械的性質を表-1に示す。試験体の継手形式は、ルート部を起点とした疲労き裂の発生の可能性が高い荷重伝達型十字すみ肉溶接継手とした。試験体の母材は高強度鋼として実橋梁に多く用いられている SM570 とし、板厚 17mm のものを用いた。試験体に使用した溶接材料は、母材の SM570 の降伏強度に対して、20%程度降伏強度の低いもの(SE-50T)、10%程度降伏強度の低いもの(MG-50)、および軟質化による効果の検証を目的とした 10%程度降伏強度の高い SM570 用の溶接材料(DS-60)とした。何れの溶接材料は一般的に手に入る

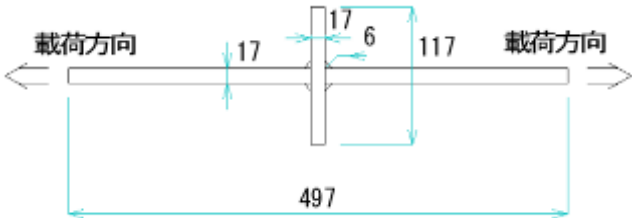


図-1 試験体

表-1 供試鋼材・溶接材料の機械的性質

	材料名	降伏強度 (MPa)	引張強度 (MPa)	伸び (%)
供試鋼材	SM570	567	640	37
溶接材料	SE-50T	433	541	31
	MG-50	490	570	30
	DS-60	640	740	29



図-2 疲労試験実施状況

市販のものとし、ワイヤーの違いによる影響を無くするため、ソリッドワイヤー(1.2φ)で統一した。それぞれの試験体の呼び名は、U-20, U-10, O+10 とした。各試験体の溶接条件は同じとした。疲労試験の実施状況を図-2に示す。疲労試験には動的能力±200kN の電気油圧サーボ式試験機を用いた。載荷方法は一軸片振り引張状態として、載荷速度は 3 ～5Hz, 荷重波形は正弦波とした。試験体の応力範囲は、下限荷重を 15kN と一定にして上限荷重を変更することで変化させ、母材の公称応力範囲が 90MPa, 60MPa となる荷重を各試験体 6 体の内 3 体ずつそれぞれ実施した。疲労試験結果は、式 (1) ¹⁾により算

キーワード：溶接材料軟質化，ルートき裂，切欠き効果，高強度鋼材

連絡先：〒501-1193 岐阜県岐阜市柳戸 1-1 岐阜大学工学部 社会基盤工学科 TEL：058-293-2414

出する計測した溶接サイズおよび溶け込み深さを考慮したのど断面 A (以後、実のど断面) により整理した。

$$A = (s + p_w) / \sqrt{2} \times W \times 2 \quad (1)$$

ここで、 W は試験体幅である。また、き裂の発生・進展状況を観察する目的として、荷重範囲を半減させたビーチマーク試験を行った。

3. 試験結果

図-3に疲労試験終了後の試験体の破断状況の例を示す。他のすべての試験体も、疲労き裂がルート部を起点として発生し、溶接部ののど断面を切るように進展し破断に至った。図-4に破断面のビーチマーク観測結果をもとに作成したスケッチ例を示す。全試験体の破断面にビーチマークが残されていた。

図-5に実のど断面応力範囲を用いて整理した疲労試験結果を示す。図中の斜線はJSSC疲労設計指針における継手等級を示している。溶接材料の軟質化による疲労強度向上は、ルート部の切欠き感度を低くすることによる向上効果、すなわち、き裂発生時の疲労強度向上を期待するものである。これより、試験結果は、できる限りき裂発生時に近い疲労強度で整理することを考え、破断面に残されたビーチマークより求めたき裂の長さが1mmとなった時で整理した。さらに、き裂発生のみならず進展を含めた疲労強度として試験体破断時で整理したものも示している。図-5(a)より、き裂長さ1mm時では、SM570用の溶接材料を用いたO+10試験体の半数の疲労強度がH等級以下であった。U-10試験体では実施した試験体数6体の内5体は概ねH等級であったことから、軟質化による改善の効果が見られたと言えるが、H等級以下となる試験体があるため改善の効果は十分とは言えない。一方、U-20試験体の疲労強度はH等級以上で高いものでG等級であったことから、U-20試験体の疲労強度はO+10試験体の疲労強度よりも1等級程度向上することがわかった。従って、溶接材料を軟質化することにより、ルート部の疲労強度向上が可能である。ルート部の疲労強度を1等級程度向上させるためには、母材の降伏強度に対して20%程度降伏強度の低い溶接材料を用いる必要がある。図-5(b)より、破断時でもき裂長さ1mm時とほぼ同様の軟質化による向上の効果が見られた。これより、軟質化による

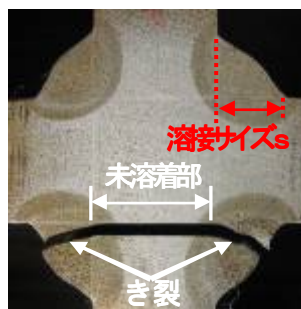


図-3 き裂発生状況

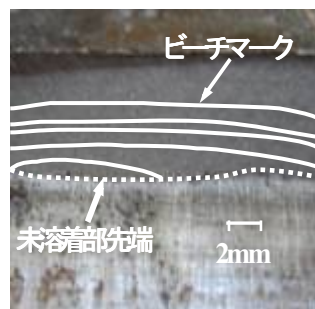


図-4 破断面拡大図

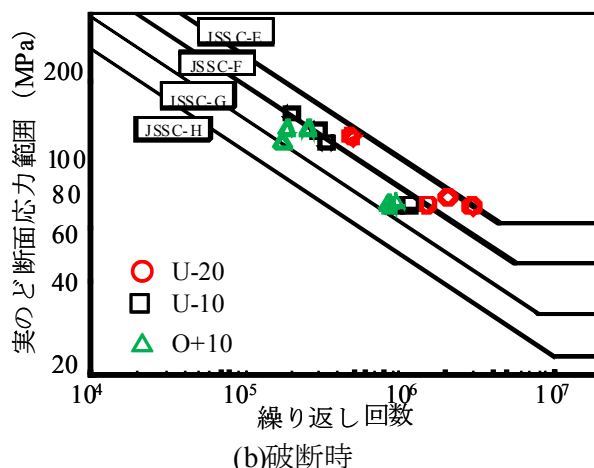
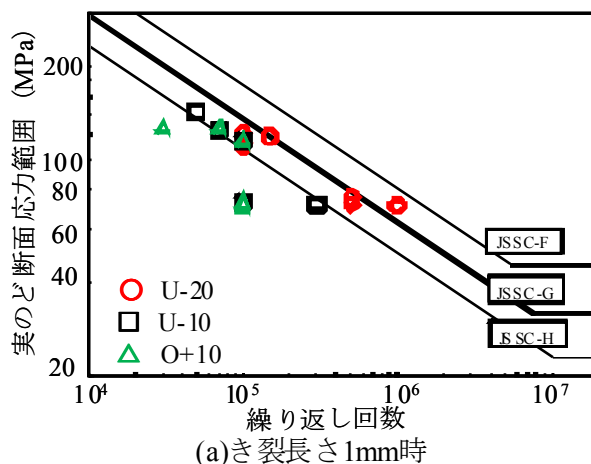


図-5 疲労試験結果

ルート部の疲労強度向上は、ルート部の切欠き感度を低くしたことによる効果が大いと考えられる。

4. 結論

溶接材料を軟質化することによりルート部の疲労強度の向上が可能である。強度等級で1等級程度の向上効果を確保するためには、溶接継手母材の高強度鋼の降伏強度に対して、20%程度降伏強度の低い溶接材料を用いる必要がある。

参考文献

- 1) 貝沼重信・川本恭朗・高松大輔・山田健太郎：溶接姿勢とルートギャップが荷重伝達型十字溶接継手の疲労強度に及ぼす影響，土木学会論文集，No.647,I-51,pp.435-445,2000.4