

# 溶接材料軟質化による高強度鋼十字すみ肉溶接継手止端部の疲労特性

岐阜大学 学生会員 ○荒川慎平  
 岐阜大学 正会員 木下幸治

## 1. はじめに

鋼橋へ高強度鋼材を利用することで鋼重の低下や製作コストの低減など大きな効果を期待することができる。しかし、高強度溶接材料は、溶接割れを生じやすく予熱作業が必要となるなど製作面のコスト増加がネックとなる。この改善方法の一つとして、溶接材料の軟質化が挙げられる。これまでに、溶接材料軟質化により、高強度鋼材の溶接性が改善可能であることが示されてきており、軟質化の適用により、溶接に関する製作コスト増加が抑えられるものと考えられる。一方、鋼橋では疲労が問題となることから、軟質化の適用により継手部の疲労強度が低下しないことが必要となる。軟質継手の疲労強度については、これまでに溶接止端形状の改善やブローホールからの疲労き裂発生を抑制するなどの疲労強度向上効果が示されてきている<sup>1)</sup>。従って、このような技術を橋梁分野において汎用化していくためにも、より多くの継手を対象としたデータの蓄積をし、効果的な軟質化の条件等を定量的に示すことが必要と考えられる。

本研究では、溶接材料軟質化が溶接継手の疲労特性に与える影響を明らかにすることを目的として、曲げを受ける高強度十字すみ肉溶接継手の止端部を対象に軟質化の程度を変えた試験体を用いて疲労試験を実施した。ここでは特に軟質化の程度による溶接止端形状の変化、疲労き裂進展性状の変化、また、それらに伴う疲労強度の変化に着目した。

## 2. 試験体および疲労試験

供試鋼材および溶接材料の機械的性質を表-1に示し、試験体の形状および寸法を図-1に示す。試験体の母材は板厚 17mm、板幅 20 または 35mm の SM570 とし、継手形式は十字すみ肉溶接継手とした。使用した溶接材料は母材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

表-1 供試鋼材・溶接材料の機械的性質と呼び名

	材料名	呼び名	降伏強度 (MPa)	引張強度 (MPa)	伸び (%)
母材	SM570Q		567	640	37
溶接材料	SE-50T	U-20	433	541	31
	MG-50	U-10	490	570	30
	DS-60	O+10	640	740	29

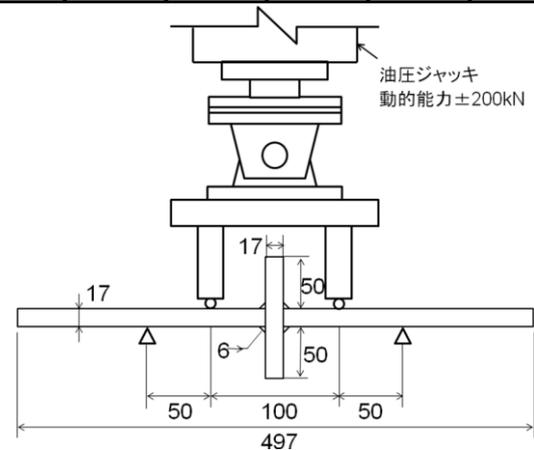


図-1 試験体および疲労試験設置状況

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。それぞれの溶接材料を用いた試験体の呼び名は表-1に示す。溶接材料は一般的に手に入る市販のものとした。各試験体の溶接条件は同じとした。

疲労試験実施状況を図-1に示す。载荷方法は4点曲げ試験として、载荷繰り返し速度は3~6Hz、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2kNとして上限荷重を変化させ、公称応力範囲で280MPaとなる荷重を与えた。O+10試験体の1体のみ公称応力範囲を300MPaとなる荷重を与えた。また、ビーチマーク試験を行った。

## 3. 疲労試験結果

図-2に疲労試験終了後の試験体の破断状況例を示し、図-3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。9体の試験体のうちビーチマーク試験を実施した8体の試験体すべてにビーチマークを確認した。き裂は試験体の溶接止端中央部から発生したき裂が支配的となって、もしくは止端に沿って複数個のき裂が発生し、合体して進展して破断に至った。

疲労試験に先立って計測した試験体の止端半径と疲労き裂発生点の関係を図-4に示す。図中の破線で囲った部分は疲労き裂発生点を示している。疲労き裂は  $\rho$  の小さい位置(図-4(b)X), もしくは  $\rho$  の急変する位置(図-4(c)Y)から発生する傾向がみられた。しかし, 軟質化の程度によらず  $\rho$  の下限値は同等であったことから, 溶接材料軟質化による止端形状は大きく変化しないことがわかった。

図-5に直応力範囲を用いて整理した疲労試験結果を示す。図中のプロットは JSSC 疲労設計指針の面外方向の曲げ応力の取り扱いに従い, 曲げ応力範囲に 4/5 を乗じることで求めた直応力範囲を示している。また, 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。破断面に残されたビーチマークから, 疲労き裂発生時としてき裂の長さが 1mm となった時, 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を示した。なお, U-20 の試験体の一つに深さ約 0.4mm のアンダーカットが確認され, それを起点にき裂が発生・進展していることから, 他の試験体に比べ疲労強度が低下する結果となった。従ってこの結果は参考値として取り扱う。図-5(a), (b)より, き裂長さ 1mm 時, 破断時ともに疲労強度等級が E 等級を以上であり, 荷重伝達型十字すみ肉溶接継手の疲労強度等級である F 等級を満足している。すなわち, 溶接継手母材の降伏強度に対し, 20%程度降伏強度の低い溶接材料を用いても荷重伝達型十字すみ肉溶接継手止端部の疲労強度は F 等級を満足すると言える。また, き裂が進展するにつれて U-10 の疲労強度が O+10 よりも高くなった。これは, 軟質化により溶接残留応力が改善したためなどが考えられるが, 詳細については不明であり, さらなる検討が必要である。

4. 結論

本研究で得られた主な結果を以下に示す。

- 止端形状は溶接材料の軟質化によらず概ね同等であった。
- 溶接継手母材の降伏強度に対し, 20%程度降伏強度の低い溶接材料を用いても荷重伝達型十字すみ肉溶接継手止端部の疲労強度は F 等級を満足する。

- 溶接材料を軟質化することで疲労き裂進展速度が遅くなる可能性があるが, 更に検討が必要である。

参考文献

1) 館石ら：高強度鋼すみ肉溶接継手部の疲労強度の溶接材料依存性, 土木学会論文集, No.543,I-36,pp.133-140,1996.7

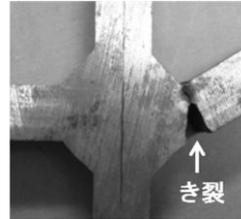


図-2 試験体破断状況

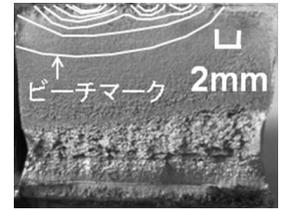


図-3 破断面拡大図

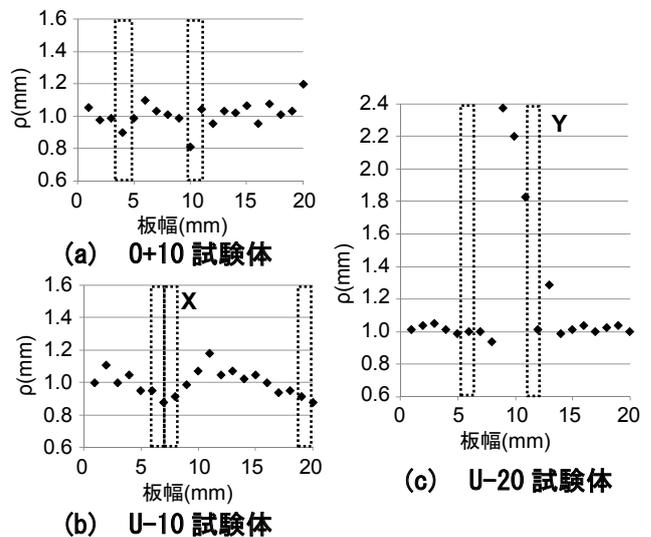
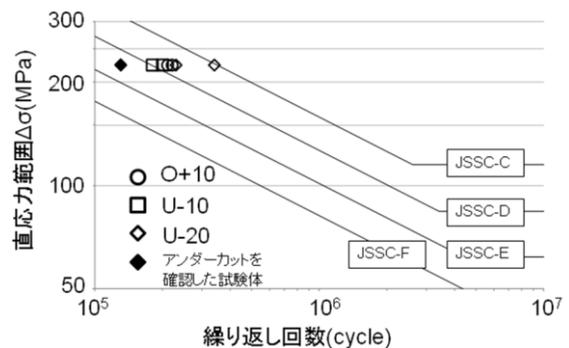
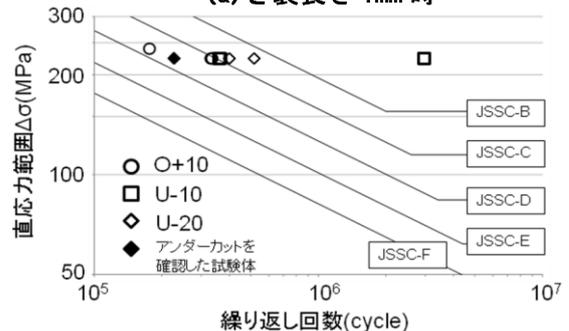


図-4 止端形状と疲労き裂発生点



(a) き裂長さ 1mm 時



(b) 破断時

図-5 疲労試験結果