

低変態温度溶接材料の疲労強度に及ぼす板厚効果に関する研究

三菱重工業（株）正員 川上 善道 三菱重工業（株）正員 水ノ上 俊雄
 三菱重工業（株）正員 柳沢 栄一 物質・材料研究機構 材料研究所 太田 昭彦

1. はじめに

鋼橋梁では交通荷重等の変動荷重による疲労が問題となることが多い。そこで、近年、疲労強度を向上させる低変態温度溶接材料が開発されている。この溶接材料は室温付近でマルテンサイト変態を終了するため、引張残留応力の大幅な低減、更には圧縮残留応力の誘起により疲労強度が向上すると考えられている¹⁾²⁾。本研究は板厚変化による疲労強度向上度を把握し、疲労強度向上のメカニズムについて検討を行った。

2. 適正溶接条件の検討

試験体製作に先立ち、適正溶接条件の把握を行った。供試鋼材は板厚 9mm の SM490A を用いて、十字継手を水平、横向きの自動溶接により作製した。溶接材料は金属材料研究所（現：物質・材料開発機構）で開発された低変態温度溶接材料を使用した。ソリッドワイヤーで直径 1.2mm である。シールドガスには、80%Ar と 20%CO₂ の混合ガスを使用した。施工試験の結果から得た適正溶接条件を表 1 に示す。従来の溶接材料よりも高めの電圧にすることで、アーク安定性に問題なく溶接できることがわかった。また、ワイヤ送給性にも問題はなかった。

表 1 適正溶接条件

		低変態温度溶接材料	通常溶接材料 SF-1
フラックスの有無		なし（ソリッドワイヤー）	あり（FCW）
施工条件	電流（A）	260	260
	電圧（V）	31	26
	速度（cm/min）	34	37

3. 試験体及び疲労試験の概要

本研究では図 1 に示す荷重非伝達型十字継手で試験を行なった。母材板厚は 6mm、9mm、16mm の 3 種類である。各種試験体の溶接量が同じになるように 1 層盛りで溶接した。疲労試験は図 2 に示すような電気油圧式試験機を用いた。荷重は一定応力振幅とし、応力比はほぼ 0 で行った。

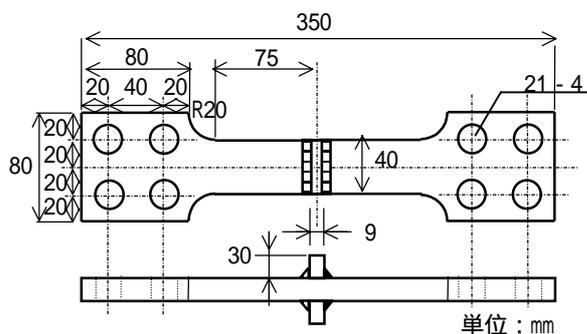


図 1 試験体



図 2 試験状況

4. 試験結果

図 3 に疲労試験結果（破断寿命）を示す。同図には金属材料研究所で行った従来溶接継手結果（板厚 9mm）を合わせて示す。疲労強度は従来継手と比べて板厚 6mm で約 1.3 倍、9mm で約 1.9 倍、16mm で約 2 倍（ 2×10^6 で継続中）と向上していることがわかる。また、図 4 に示すように、疲労強度には板厚依存性が見られ、厚

キーワード：低変態温度溶接材料、疲労強度向上、溶接継手、板厚効果

〒231-8715 横浜市中区錦町 12 番地（TEL：045-629-1483）

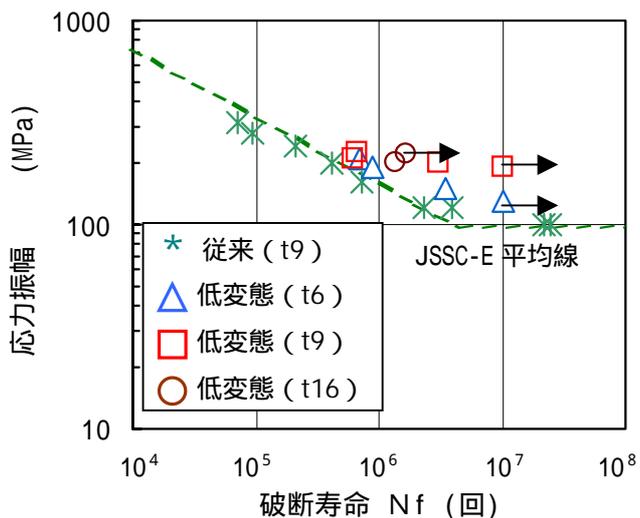


図3 S - N曲線

表2 疲労試験結果

	従来溶接継手 板厚 9mm	低変態温度溶接継手		
		板厚 6mm	板厚 9mm	板厚 16mm
疲労限度 (MPa)	100	130	190	220 (200万回)
向上度	1.0	1.3	1.9	2.2

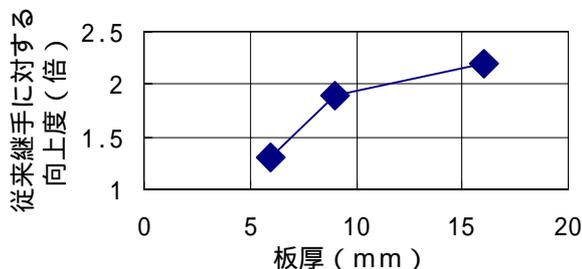


図4 板厚と疲労強度向上度の関係

板になるほど疲労強度が向上する傾向にあることがわかるが、ある程度の板厚で頭打ちとなると考えられる。また、低応力範囲で疲労強度向上効果が高くなる応力範囲依存性が見られた。

5. 疲労強度向上メカニズムの検討

ここでは、応力集中と残留応力の低減に注目し、疲労強度向上のメカニズムについて検討した。

5.1 止端部形状からの検討

表3 継手切欠き係数

止端部形状を計測し、疲れ切欠き係数を後川の式³⁾等を用いて計算した。表3に示すように、両者に大きな差は見られず、従来継手と比較して、止端形状は疲労強度に極端に影響しないと考えられる。

	低変態温度 溶接継手	従来溶接 継手
疲れ切欠き 係数Kf	2.0	1.8

5.2 残留応力からの検討

残留応力は切断法により溶接ビードから2mmの位置で計測した。溶接線直角方向の板厚方向残留応力分布を図5に示す。表面は圧縮残留応力、板中央部は引張残留応力が生じている。止端部においても圧縮残留応力が生じているものと考えられる。この圧縮残留応力によって疲労強度が向上したと考えられるが、これは図6に示す修正 Goodman 線図上の平均応力効果として説明できる。平滑材の疲労限度線を疲れ切欠き係数で除した線図上に、試験で得た疲労強度をプロットして、平均応力が推定できる。片振り試験での平均応力からのシフト分を残留応力と考えると、従来継手は引張残留応力、低変態温度溶接継手は圧縮残留応力と推定できる。なお、低変態温度溶接継手板厚9mmと16mmは降伏線を越えているため、疲労強度は頭打ちとなったと考えられる。

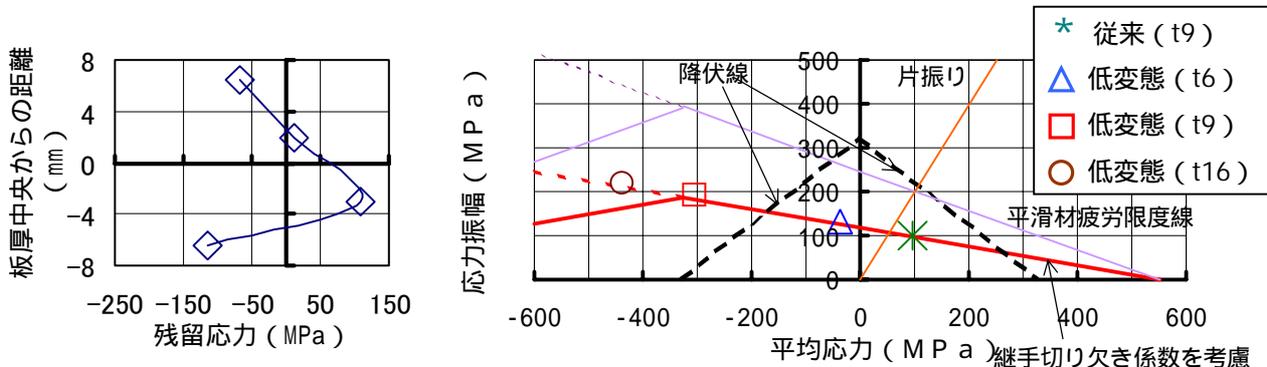


図5 溶接線直交方向残留応力の板厚分布

図6 残留応力と平均応力の関係

[参考文献] 1) 太田昭彦ら：低変態温度溶接材料による角回し溶接継手の疲労強度2倍化、鋼構造年次論文報告集、Vol.7、p.173-180、(1999) 2) 穴見健吾、三木千寿：高強度鋼溶接継手部の疲労強度向上～特に低温層変態溶接棒による付加溶接、土木学会第55回年次学術講演概要集 -A76、(2000) 3) 後川：溶接継手部の応力集中係数、石川島播磨技報、Vol23 No.4 (1983)