

超高張力鋼板のスポット溶接継手およびスポットウェルドボンド継手の疲労強度と疲労破壊機構

工学領域 機械工学系列 准教授 藤井 朋之

背景・目的

衝突安全性の確保や燃費向上の観点から、超高張力鋼の使用が拡大している。軟鋼と超高張力鋼を母材とするスポット溶接(SW)継手およびスポットウェルドボンド(SWB)継手試験片について、疲労強度評価及び破壊機構の評価を行った。

供試材および試験片

- 軟鋼: JSC270D
- 超高張力鋼: JSC980Y

表1 化学組成 (wt%)

	C	Si	Mn	P	S	Fe
JSC270D	0.001	0.01	0.09	0.004	0.008	Bal.
JSC980Y	0.13	0.04	2.57	0.009	0.003	Bal.

表2 機械的特性

	ヤング率 (GPa)	0.2%耐力 (MPa)	引張強さ (MPa)	破断延性 (%)
JSC270D	217	137	271	52
JSC980Y	205	665	984	15

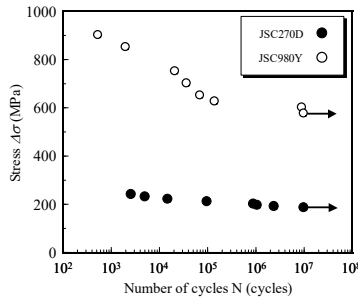


図1 母材のS-N曲線

- 超高張力鋼の引張強度・疲労強度は、軟鋼よりも4倍程度高い。
- 超高張力鋼の破断延性は、軟鋼の1/4程度と低い。

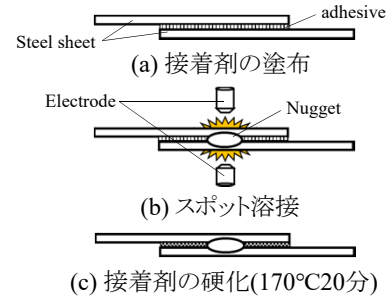


図2 スポットウェルドボンド継手の作製方法

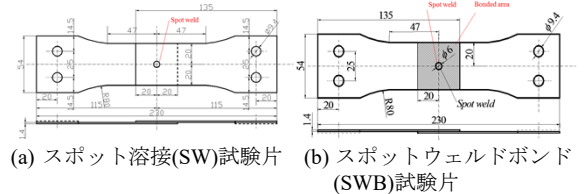


図3 試験片形状

S-N曲線 (応力範囲は荷重範囲をナゲット部面積で除したせん断応力で定義)

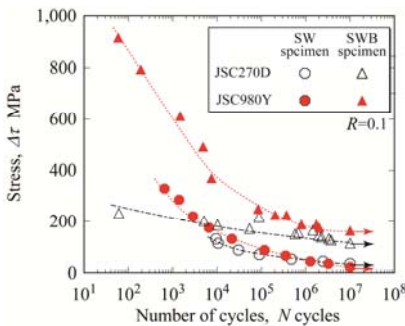


図3 S-N関係

SW試験片:
 ・疲労限は母材の強度レベルによらずほぼ同程度
 ・超高張力鋼板を使用しても疲労強度は向上しない。

SWB試験片:
 ・SW試験片よりも疲労強度が向上
 ・母材の強度レベルが高いほど疲労限が高くなる

有限要素法による評価

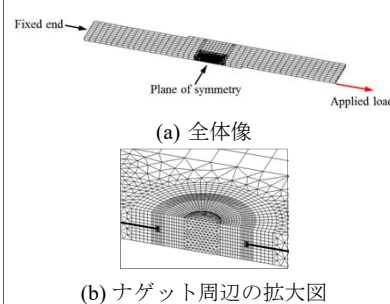


図6 メッシュ分割と境界条件 (弾性解析)

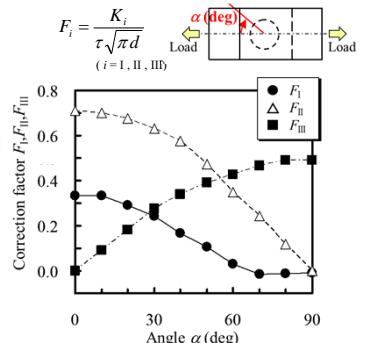


図7 ナゲット部周辺における応力拡大係数の修正係数

SW試験片の疲労限度予測:

Erdogan-Sihの周方向応力最大説に基づいて評価

仮定

- き裂は、モードIとモードIIからなる混合モードき裂
- 疲労き裂進展試験における ΔK_{Ith} は疲労限度に相当

き裂が進展しない条件:

$$\frac{1}{2} \left\{ \Delta K_{Ith}^m (1 + \cos \theta_c) \cos \frac{\theta_c}{2} - \Delta K_{IIth}^m 3 \sin \theta_c \cos \frac{\theta_c}{2} \right\} = \Delta K_{Ith}$$

$$\frac{\sin \theta_c}{1 - 3 \cos \theta_c} = \frac{K_{II}}{K_I} \left(= \frac{\Delta K_{IIth}^m}{\Delta K_{Ith}^m} \right), \Delta \tau = \frac{\Delta K_I}{F_i \sqrt{\pi d}} \quad (i = I, II, III)$$

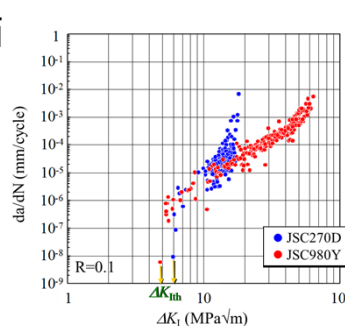


図8 母材の疲労き裂進展特性

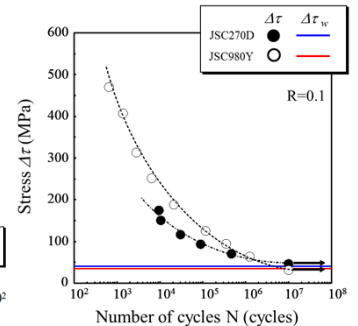


図9 S-N曲線と疲労限度の予測

実験結果と疲労限度の予測が一致し、SW試験片において、疲労限度予測が可能であることが分かった。

keyword: スポット溶接, スポットウェルドボンド, 超高張力鋼, 疲労強度, 破壊力学