

片面溶接継手のせん断応力による疲労試験

中日本ハイウェイ・エンジニアリング名古屋（株） 技術開発部 正会員 ○重原 大二郎
中日本ハイウェイ・エンジニアリング名古屋（株） 顧問 正会員 山田 健太郎

1. はじめに

鋼構造物の溶接継手はその構造と荷重の条件により直応力、せん断応力あるいはそれらの組合せ応力を受ける。これまでに直応力に関する疲労寿命評価について多くの研究がなされてきた。しかし、せん断応力による疲労の研究は少なく、疲労設計指針¹⁾によればせん断応力による疲労強度等級はS等級の1種のみで、記載された溶接継手以外のせん断応力における疲労寿命評価に関しては必ずしも明確になっていない。そこで本研究では、片面溶接継手あるいは母材に純粋なせん断応力を繰り返し作用させる疲労試験を実施し、せん断応力による溶接部の疲労耐久性やき裂進展の挙動を調べた。

2. せん断応力による疲労試験

試験体の仕様を表-1、図-1に示す。試験体はH形鋼(H-100×100×6×8,SS400)を加工して用いた。母材の試験体は深さ3mm(腹板厚の1/2)長さ500mmの溝を設け、溶接試験体は腹板中央に2mmの幅で長さ500mmのルートギャップを設け片面溶接を施した。1種類はI形開先、1種類はレ形開先とした。溶接方法は半自動CO₂アーク溶接(下向き)で、溶接材料はYM55C(φ1.2)である。

試験機の構成を図-2に示す。荷重は片持ちの先端の振動モーター²⁾による加振力をもって載荷し、せん断力Q=Pを与えて腹板中央に純粋なせん断応力 τ を作用させる。 τ の算出にあたっては、上フランジのひずみの値から荷重Pを逆算し、式(1)によって推定している。

$$\tau = \frac{SQ}{Ib} \quad (1)$$

[S: 中立軸に対して着目点より外側の断面一次モーメント、Q: せん断力(=P)、I: 断面二次モーメント、b: 着目点の板厚(のど厚)]

疲労試験では τ の最大値と最小値の差をせん断応力範囲 $\Delta\tau$ とした。また、溶け込み量(のど厚)は目標のど厚3mmの場合と、実際ののど厚とした場合の2通りで整理した。

3. 試験結果

これまでの試験で以下の結果が得られている。

・HN3-1: 図-3に示すとおり、当該試験体には応力集中元を作るため、溝にφ2.5の孔を開けて実施した。 $\Delta\tau$ は66MPaであった。1222万回の時点で、フレッチングと思われる支点部の上フランジの破断が発生した。この時点では円孔からのき裂は確認できなかった。

・HWI2-1(余盛は0.05mm程度残して切削仕上げ): $\Delta\tau=72\text{MPa}$ 、33.5万回でモーター側溶接端部から水平方向に200mmのき裂が発生した。疲労き裂の経路を図-4に示す。き裂は小刻みに上下しながら水平

表-1 試験体一覧

試験体	継手	ルートギャップ	目標のど厚	溶接速度	開先
HWI2	片面溶接	2mm	3mm	15cm/min	I形
HWG2	片面溶接	2mm	3mm	10cm/min	レ形
HN3	母材(溝加工)	3mm	3mm(板厚)	-	-

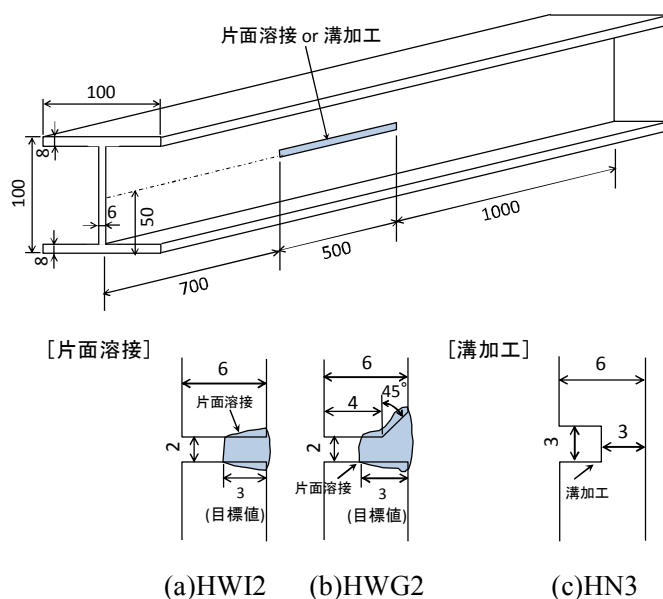


図-1 試験体

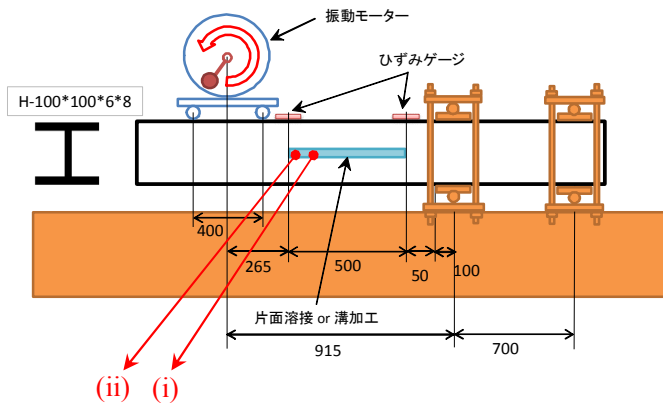


図-2 疲労試験機

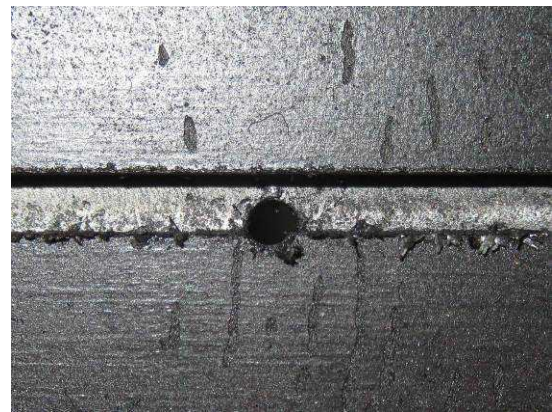


図-3 HN3-1 の円孔(図-2(i)付近に配置)

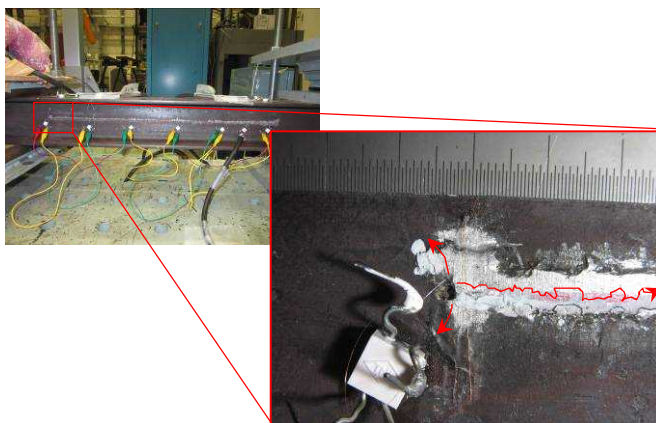


図-4 HWI2-1 のき裂の経路(図-2(ii)付近溶接表側)

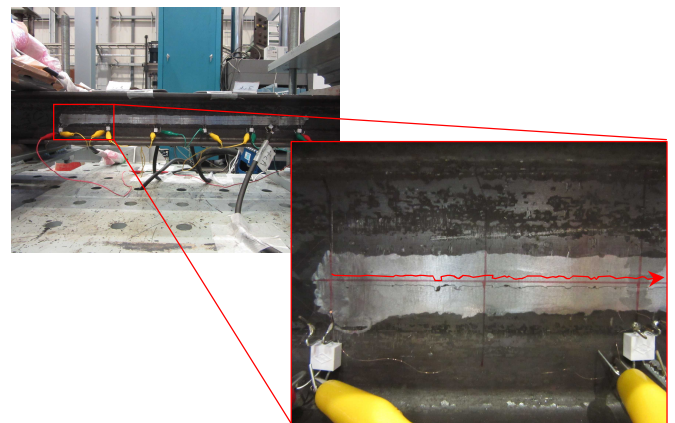


図-5 HWI2-2 のき裂の経路(図-2(ii)付近溶接表側)

方向に進展した。また端部から斜め上下方向のき裂が 3mm 発生した。モーター側の溶接端部付近の破断面を図-6 に示す。この溶接条件では目標のど厚 3mm を下回っている箇所が多く、S-N 曲線上ではのど厚の平均値 2mm で整理した結果($\Delta \tau$ が 1.5 倍)を合わせて載せている。

・HWG2-1 : $\Delta \tau = 70\text{MPa}$ 、783 万回の時点でフレッチングと思われる支点部の下フランジの破断が発生した。この試験体は溶け込み量が目標値 3mm より大きいため、のど厚 6mm($\Delta \tau$ が 1/2)と仮定してデータを整理している。

・HWI2-2 (余盛は切削除去、滑らかに仕上げ) : $\Delta \tau = 71\text{MPa}$ 、5.98 万回でモーター側溶接端部付近から、小刻みに上下しながら水平方向に 200mm のき裂が発生した。き裂の経路を図-5 に示す。

これまでの各試験体の $\Delta \tau$ と繰返し数を S-N 曲線にして図-7 に示す。

4. 謝辞

名城大学の小塩先生らに試験場所の提供と技術的なご指導を頂き、ここに感謝の意を表します。

参考文献 1) 社団法人日本鋼構造協会:鋼構造物の疲労設計指針・同解説,2012.6, 2) 山田聡,渡辺直起,山田健太郎,小塩達也:簡易型振動疲労試験機の開発と適用試験,トピー鉄構技報 No.24(2008)



図-6 HWI2-1 の破断面 (図-2(ii)付近)

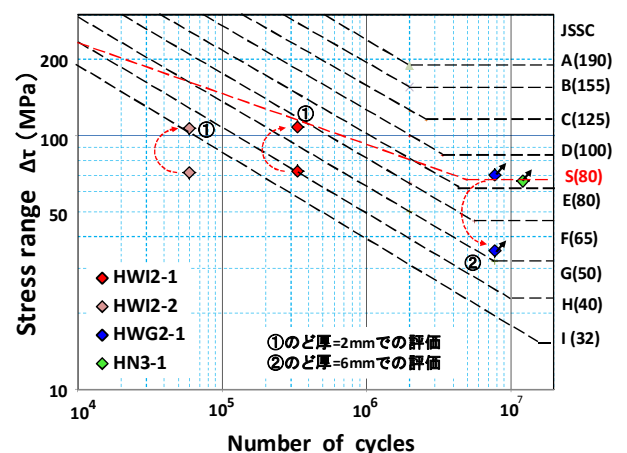


図-7 これまでの試験結果