

432 圧縮負荷を受ける溶接継手の疲れき裂伝ば挙動

金材技研 太田 昭彦, 小菅 通雄, 西島 敏

1. はじめに 溶接構造物には、例えば部分溶込を有する十字継手やT字継手のように溶接欠陥が使用開始時から存在することを想定しているものがある。このようなき裂状の欠陥は繰返し応力によって疲れき裂として成長し、やがて構造物の破壊を引起す場合がある。そこで、溶接継手の疲れき裂伝ば挙動を研究する必要がある。著者等の研究によると、中央切欠付横突合せ溶接継手試験片を用いた場合、疲れき裂先端には再配分によって常に引張の残留応力が誘起され、き裂先端近傍には作用応力の応力比より高い応力比条件が形成されるため正の応力比を変化させても疲れき裂伝ば特性が変化せず単一の特性が得られている。一方、母材試験片の結果は応力比が負になるほど伝ば特性が向上することが知られている。実構造に働く応力比は例えば橋梁に於ける上弦材のように応力比が負である場合があり、このような場合、伝ば特性が向上することが明らかになれば設計応力を上げることも可能となる。本報告では、応力比がどの程度になると溶接継手の疲れき裂伝ば特性が向上するかを調べる目的で圧縮の平均応力を加えた場合の伝ば特性を調べた。

2. 実験方法 実験に用いた供試材料は、素材板厚 20mm 表1. 供試材の化学成分の圧力容器用鋼板 SB42 鋼である。この母材の諸性質を表1及び表2に示す。溶接試験板は溶接線が圧延方向に直角になるように製作した。疲れ試験片の寸法形状を図1に示す。ひずみゲージ法によって求めた残留応力分布は図2に示すようであった。き裂伝ば試験は±400kNのサーボ油圧式疲れ試験機を用いて空温大気中で行った。応力比が0.5, 0, -1については、それぞれ1本ずつの試験片を用いて伝ば特性を求めた。応力比が-1~∞及び1.18~1.8については1本の試験片を用いて伝ば特性を求めた。R=-1~1.15についてはΔK及びK_{min}を漸減する方法を採用し、その後ΔKを一定に保ちK_{min}を減ずることによって大きなΔK_{th}を得、引続いてP_{min}を一定に保ったままΔKを増すことにより伝ば特性を求めた。なお、R=∞より低い応力比について

表1. 供試材の化学成分

Element (wt%)									
C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	V	
0.08	0.29	1.49	0.02	0.006	0.038	0.031	0.34	0.011	

表2. 供試材の機械的性質

Tensile properties			Charpy absorbed energy (J)
Upper yield (N/mm ²)	Tensile strength (N/mm ²)	Elongation (%)	
424	551	31	94

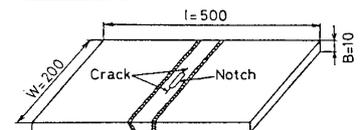


図1 試験片形状 (mm)

ついては、それぞれ1本ずつの試験片を用いて伝ば特性を求めた。応力比が-1~∞及び1.18~1.8については1本の試験片を用いて伝ば特性を求めた。R=-1~1.15についてはΔK及びK_{min}を漸減する方法を採用し、その後ΔKを一定に保ちK_{min}を減ずることによって大きなΔK_{th}を得、引続いてP_{min}を一定に保ったままΔKを増すことにより伝ば特性を求めた。なお、R=∞より低い応力比について

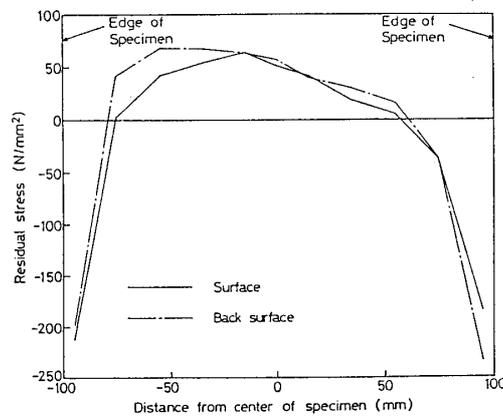


図2. 試験片での残留応力分布

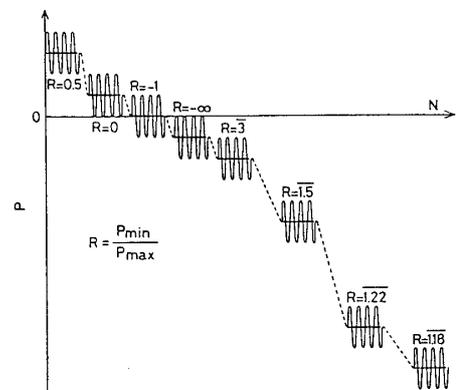


図3. 種々の応力比に於ける荷重波形

ため、図3を描いた。また、疲れき裂開閉口挙動は、切欠孔をまたいで取付けた伸び計の出力と荷重出力の関係に除荷弾性コンプライアンス法を適用して測定した。

3. 結果及び考察 図4は得られた疲れき裂伝ば特性である。応力比が1.15になっても伝ば特性に変化が見られないことが分かる。次に、 ΔK を3.5MN/m^{3/2}まで上昇させ、 ΔK を一定に保って K_{min} を次第に減じた場合の da/dn の変化を図5に描いた。この場合、 $R=2$ まで応力比効果は全く現われていない。なお、ひげ付プロットはき裂長さが大幅に異なるデータである。このように a と ΔK の組合せ方で伝ば特性の向上する応力比は変化するので汎用性のある限界の応力比は存在しない。ここで図4の黒丸印に戻ると、この場合には伝ば特性が向上している。この黒丸印に対応する作用応力(負荷荷重をき裂部分を

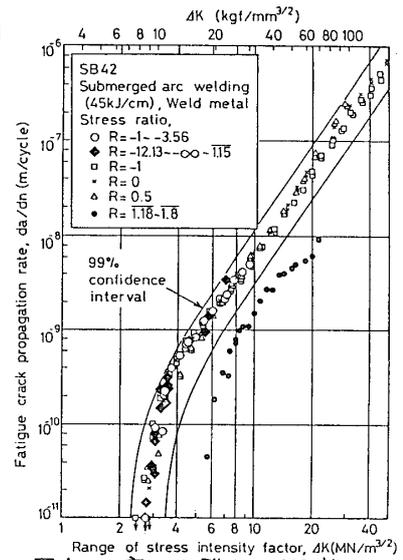


図4. 疲れき裂伝ば特性

除いた断面積で除した値)とき裂長さの関係を図6に示す。 P_{min} を一定に保ったため、 a の増大につれて σ_{min} は減じ、 ΔK を漸増させたため σ_{max} は増加している。また、写真1に示すようなき裂開閉口挙動の記録から求まる開口応力 σ_{open} は太い直線の下端に対応する。

図5. Rの変化と da/dn の関係

このき裂開口応力及び最大応力は図2に示した引張残留応力に-1を乗じた値、すなわち、再配分を考えずに単純に残留応力を相殺するに必要とする応力に比べ2倍以上となっており、圧縮負荷によって伝ば特性向上を期待する場合、応力の重合せでは伝ば特性の推定が困難であることが分かる。なお、図4の99%信頼区間の内側のデータに対応するき裂開閉口挙動の観察は、き裂先端が常に開口していること、すなわち $\Delta K = \Delta K_{eff}$ を示した。

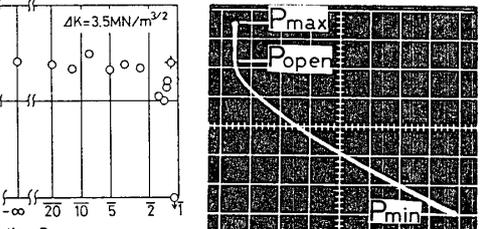


写真1. き裂開閉口挙動の例

図6の太線の長さに対応する有効応力拡大係数と伝ば速度の関係は図7の黒丸印に示されるようにハッチングで示した信頼のあける(応力比効果が消失することからも $\Delta K = \Delta K_{eff}$ が証明されている) $da/dn - \Delta K_{eff}$ 関係と一致せず、き裂開閉口挙動の測定法に問題があることを示している。

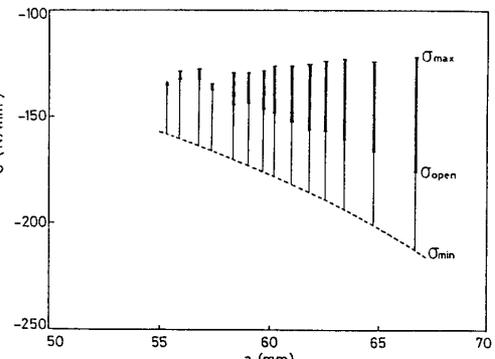


図6. P_{min} -定試験でのき裂長さに伴う作用応力変化

文献 省略

謝辞 本研究に対し、金材技研疲れデータシート検討会第2分科会(主査 中村治方)の御支持を得たことに感謝致します。

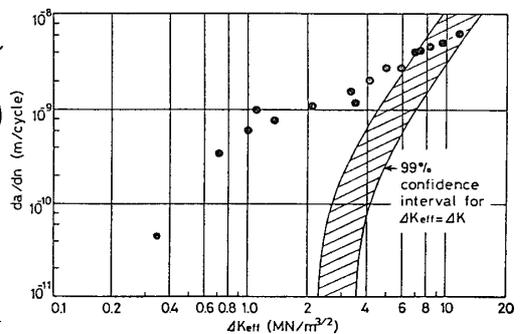


図7. 有効応力拡大係数による疲れき裂伝ば特性