

東京工業大学 正員 森 猛
東京工業大学 正員 三木 千寿
漢陽大学 正員 張 東一

1. はじめに

本研究では前報¹⁾につづき、溶接金属部の疲労き裂進展速度に及ぼす溶接方法、溶接材料および溶接方向と疲労き裂進展方向の関係による組織異方性の影響を明らかにすることを目的としている。前報と異なる主な点は、母材がSM58であること、SM58に対して60キロ鋼に対する溶接材料の他に50キロ鋼用の溶接材料を用いて溶接したこと、残留応力を除去する目的で熱処理をしたことである。

2. 試験片および試験方法

供試鋼材は板厚38mmのSM58Q ($\sigma_T = 58 \text{ kg/mm}^2$, $\sigma_B = 68 \text{ kg/mm}^2$)である。この鋼材の片面に溝型開先を施し、表1に示す条件でサフマージアーク溶接を行った。すべての試験材について熱処理(580°C, 1.5 hr)を施している。図1に試験材から製作した試験の形状および寸法を示す。各試験片の相違は、溶接入熱〔大入熱：S(単層)、小入熱：M(多層盛)〕、溶接方向と疲労き裂進展方向の関係〔平行：L, 垂直：C〕、溶接材料〔50キロ鋼用、60キロ鋼用〕である。各溶接条件で施工した溶接金属の溶接方向の機械的性質を表2に示す。

疲労き裂進展試験は動的能力±5tonの電気油圧式疲労試験機を用い、片振り引張荷重下(応力比 $R = 0.07 \sim 0.10$)で行った。荷重波形は正弦波、繰返し速度は5~30 Hzである。疲労き裂の開閉口挙動を測定するため、試験片の背面にケージ長10mmのひずみケージを貼付した。

3. 試験結果

図2に各試験片で得られた疲労き裂進展速度 da/dN と応力拡大係数範囲 ΔK の関係を示す。 $da/dN - \Delta K$ 関係の傾きは da/dN の遅い領域で4、速い領域で3に近い値となっている。図中の実線と破線は、奥村²⁾により求められたSM41・SM50素材およびSM58・HT80素材での平均的な $da/dN - \Delta K$ 関係(Line A, B)である。Line Aは試験結果のはば上限に位置し、Line Bは da/dN の速い領域で試験結果のはば中央に位置している。したがって、ここでの溶接金属部における疲労き裂進展速度は、素材のそれと比べて若干遅いといえよう。

表3は溶接材料、溶接方向と疲労き裂進展方向の関係、入熱量の違いによる疲労き裂進展速度の相違を示している。()内の数字は、比較した2つの試験片の $\Delta K = 30 \text{ MPa}\sqrt{\text{m}}$ における da/dN の比である。なお、各因子による da/dN の相違は ΔK が大きくなるほど小さくなっている。MC60を除けば、各因子による da/dN の相違は小

表1. 溶接条件

試験片	溶接方法	溶接材料	パース	電流 A	電圧 V	速度 cm/min	入熱量 KJ/cm
SL50	タンデム	US36 4.8中	L	800	35	30	107.8
SC50	SAW	MF38 20×D	T	700	37		
ML50	シンクル	US36 4.0中	1パース	450	30	38	21.3
MC50	SAW	MF38 20×200	2パース以降	450	30	40	20.3
SL60	タンデム	US49 4.8中	L	800	35	30	107.8
SC60	SAW	MF38 20×D	T	700	37		
ML60	シンクル	US49 4.0中	1パース	450	30	38	21.3
MC60	SAW	MF38 20×200	2パース以降	450	30	40	20.3

表2. 溶接金属の機械的性質

溶接材	降伏点 kg/mm ²	引張強さ kg/mm ²	伸び %
SL50	45.0	58.3	27.1
ML50	51.6	59.1	25.0
SL60	51.3	64.8	26.7
ML60	55.9	64.8	27.9

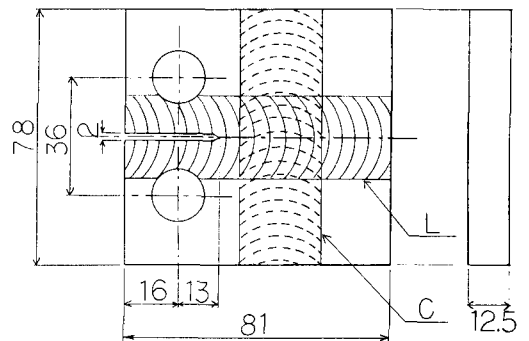


図1. 試験片の形状・寸法

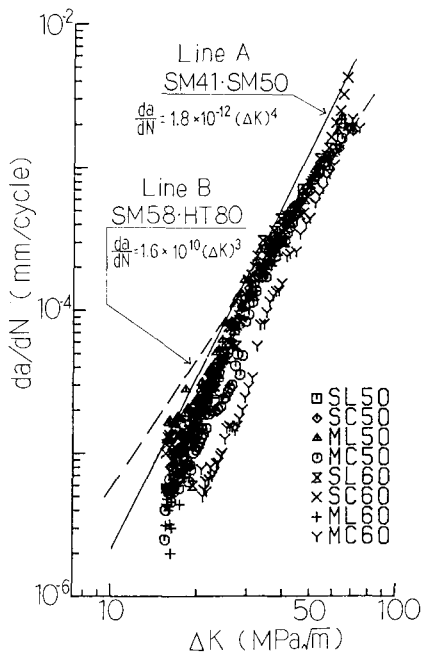


図2. $da/dN - \Delta K$

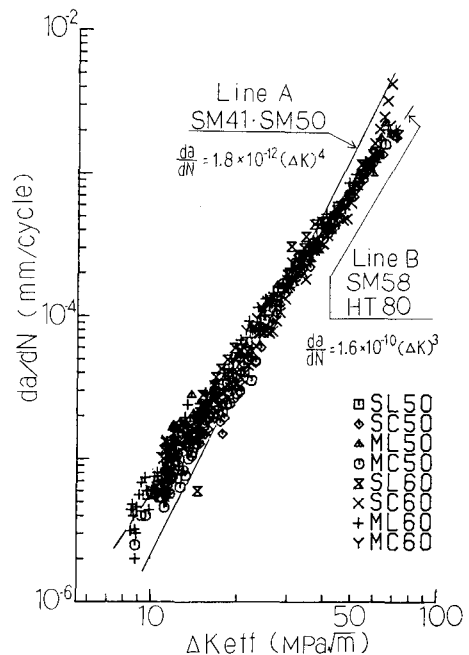


図3. $da/dN - \Delta K_{eff}$

さい。また、各因子によって規則的な da/dN の違いも見られない。したがって、本試験結果の範囲内では、溶接材料・溶接方向とき裂進展方向の関係・入熱量にかかわらず、疲労き裂進展速度はさほど変化しないといえる。

本試験によって得られた開口比は、いずれの試験片においても、き裂が長くなるにつれて上昇した。したがって、図2の結果にはき裂長さの効果が含まれていると考えられる。図3に da/dN と開口比から求めた有効応力拡大係数範囲 ΔK_{eff} の関係を示す。 da/dN を ΔK_{eff} で整理することによって、 $da/dN - \Delta K$ 関係に現れた傾きの変曲点はなくなった。さらに、 $da/dN - \Delta K_{eff}$ 関係の傾きは Line B の傾きとはほぼ一致している。

4. おわりに

本試験の範囲内では、溶接材料 (SM58 を母材として、50 キロ鋼用と 60 キロ鋼用)、溶接方向とき裂進展方向の関係 (平行と垂直)、溶接による入熱量 (タンタム SAW、シングル SAW) にかかわらず、疲労き裂進展速度はさほど変化しないという結果が得られた。

本研究に対して、有益な御助言・御援助をいただいた東京大学・奥村敬恵名誉教授、本州四国連絡橋公団・奥川淳志氏、日本鋼管技術研究所の旨様に厚く御礼申し上げます。

<参考文献> 1) 長谷川、西野、三木 「溶接金属中の疲労き裂進展」 昭和57年度年講 I-70

2) Okumura, Nishimura, Miki, Hasegawa "Fatigue Crack Growth Rates in Structural Steels" 土木学論文報告集 No.322, P175 (1982.6)

表3. 各因子による da/dN の比較

比較因子	試験片	比較
<溶接材料> 50キロ鋼用 60キロ鋼用	SL ?	差なし (1.0)
	SC ?	60 か高い (1.1)
	ML ?	50 か高い (1.6)
	MC ?	50 か高い (2.3)
<溶接方向と き裂進展方向> 平行:L 垂直:C	S ? 50	差なし (1.0)
	M ? 50	L か高い (1.7)
	S ? 60	C か高い (1.2)
	M ? 60	L か高い (2.6)
<入熱量> 大入熱:S 小入熱:M	? L 50	M か高い (1.3)
	? C 50	S か高い (1.3)
	? L 60	S か高い (1.2)
	? C 60	S か高い (3.6)