

溶接部の欠陥が疲労強度に及ぼす影響について

神戸大学 西村 昭
広島工大 〇皆田 理
松尾橋梁(株) 高原 瑋 平

1 緒言、鋼部材の溶接過程において溶接欠陥が生ずる原因は多岐にわたり、それに対応して溶接欠陥にも種々のものがある。溶接部の強度に対する影響因子として欠陥を分類すると、①幾何学的因子(欠陥の形状、寸法)、②材質的因子(欠陥周辺の材質的变化)などとなる。これらの欠陥は溶接継手部に繰返し荷重が作用する場合には、静的荷重が作用する場合に比して継手強度に及ぼす影響は極めて大きく、構造物破壊の主要因となる。特に①の因子は疲労フラック発生の直接的原因となりうるものである。そこで本研究では溶接欠陥と疲労強度との相関性を明らかにするため、人工欠陥(JIS Z 3104による第1種欠陥)を発生せしめた交合せ溶接継手の疲労試験を実施した。鋼板としては、試験例のあるSS41、および試験データのほとんどないSM58を選んだ。

2 供試体 供試体の形状、寸法は図-1に示す通りである。疲労試験用供試体の試験部は2つあるが、これは一方が破断後、中央部を掴み直して試験を継続し、試験時間を短縮しようとするものである。疲労試験供試体の溶接法、および条件を表-1に示す。溶接順序は図-2に示すように1、2層を溶接後、裏側をカウシングして3層目を溶接する。ただし、欠陥を包含させる供試体については、3層目に欠陥(今回はブローホール)を発生させ、その結果を放射線透過試験によってチェックした。試験に用いた供試体はSS41、およびSM58継手ともに35体、したがって試験数は70箇所である。表-2に使用した鋼板の機械的性質を示す。

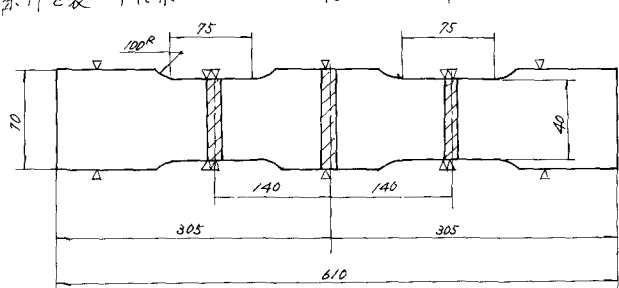
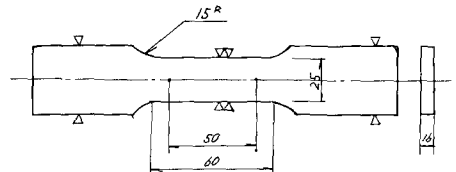


図-1 供試体

図-2 溶接順序

3 試験要領 疲労試験は50℃電気油圧試験装置を用い、下限荷重1℃(1.6kg/mm²)とする部分片振荷重により行なった。試験荷重の設定はS-N線図上で繰返し数10万回、および100万回付近の2応カレハルの資料が得られるようにした。

4 試験結果、および考察、表-3はSS41、およびSM58継手の疲労試験結果のうち、実欠陥率(以下欠陥率と略称)α=1%以内のものを抜粋して示したものである。ここに欠陥率αは次式で求めたものである。

$$\alpha = (\Sigma A_d / T \cdot L) \times 100 \quad [\%]$$

ただし、T:板厚、L:板幅、ΣA_d:破断面にある欠陥断面積の和

図-3は、試験結果より、欠陥率α=0~1%、1~3%、および3~6%(以下欠陥率1%、3%、6%と略

表-1 溶接法および条件

鋼種	溶接法	溶 材	炭酸ガス	電流(A)	電圧(V)
SS41	被覆アーク溶接	ND-150 5mmφ		240±10	
SM58	炭酸ガスアーク溶接	KC-60 1.2mmφ	JIS3種	300±10	25~30

表-2 鋼板の機械的性質

鋼板	供試体の寸法 幅(mm)厚さ(mm)	降伏点 (kg/mm ²)	引張強さ (kg/mm ²)	伸び (%)
SS41	40.1/15.6	31.8	48.8	30
SM58	25.1/16.2	58.4	66.2	38

称) にそれぞれ整理して、最小自乗法であてはめたS-N線を図示したものである。これらから α の上昇に伴う疲労強度の低下の傾向がみられる。ただSM58継手の $\alpha=1\%$ と 3% とのS-N線は繰返し数 5×10^5 付近で交差しているが、これはSM58継手では $\alpha=1\%$ のものが大部分を占め、 $\alpha=3\%$ および 6% のものが非常にすくなかったため、あてはめ

表-3 試験結果

供試体	上限荷重(t)	繰返し数 $N \times 10^4$	欠陥率 (%)	供試体	上限荷重(t)	繰返し数 $N \times 10^4$	欠陥率 (%)
SS41	15	35.8	0.55	SM58	21	147.0	0.25
	15	55.8	0.47		21	121.0	0.99
	15	71.3	0.28		21	21.3	0.29
	17	98.6	0.78		21	39.9	0.64
	17	57.4	0.24		24	38.0	0.12
	17	26.9	0.04		24	17.2	0.70
	17	49.6	0.70		24	39.5	0.29
	17	42.8	0.50		28	11.2	0.18
	21	20.2	0.18		28	8.7	0.14
	21	8.9	0.58		29	3.9	0.75
	21	10.6	0.24		29	3.7	0.36

曲線が十分に平均的傾向を表わしていないためと考えられる。図-4はSS41、およびSM58継手のS-N線図から繰返し数 5×10^5 、および 2×10^6 における疲労強度を取り出して図示したものである。この図によると無欠陥継手に対して欠陥率1%の継手の 2×10^6 における強度低下は、SS41、SM58継手ともに約14%となり、また欠陥率3%の継手では、SS41継手で約18%である。これに対し欠陥率6%に達するとSS41継手で約44%となる。この結果より欠陥率3%程度までは、強度低下はあってもその低下率は小さいものと言えよう。現行道路橋示方書における主要引張部材の突合せ溶接継手では、JIS Z 3104の規定による2級以上が許容される。この規定による2級は、欠陥率3%の欠陥に対応するものである。

いま示方書による許容応力度と比較してみると、欠陥率3%の場合、SS41継手で1.5、SM58継手で1.2程度の安全率を保有することになる。

5 結言 本研究では、継手の疲労強度に与える欠陥の影響を、継手内部に発生した欠陥の絶対量、すなわち欠陥率 α を基準にして論じた。継手の疲労強度を考察するうえでは、この α は非常に有効なものである。しかし、実際には構造物の製作過程での非破壊検査によって、いかにして α を推定するかが問題である。したがって非破壊検査によって得られる欠陥基準 α との相関性を高めるような検査技術の改善、開発が望まれる(今回の研究ではこの相関性を明確にすることは出来なかった。)本研究においては、特にブローホールだけを取り挙げて考察したが、溶接過程において生ずる種々の欠陥は、その位置、大きさ、方向などによってそれぞれ強度に与える影響は異なるものと考えられる。今後これらの要因の影響についてさらに研究を進める。

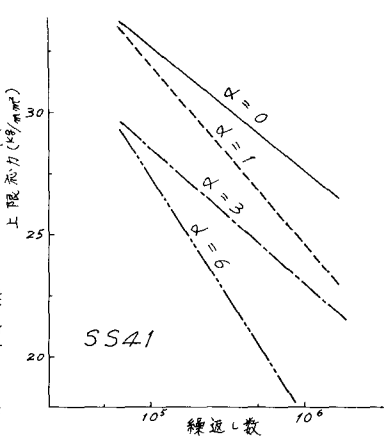


図-3 S-N線図

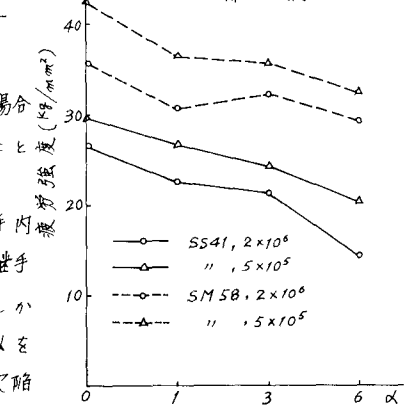
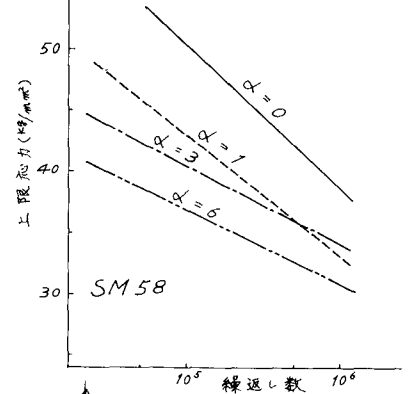


図-4 欠陥率と疲労強度との関係