

広島工大 皆田 理
神戸大学 西村 昭
松尾橋梁(株) 高原 章平

1. 緒言. 溶接欠陥が継手強度に及ぼす影響は、欠陥の種類、大きさ、欠陥発生位置などによって異なるものと考えられる。また欠陥を包含した溶接継手部に作用する応力状態、特に動的応力が作用する場合には、継手部の欠陥の存在は構造物の破壊に対して極めて重要な因子となりうるものと考えられる。溶接部の欠陥と疲労強度との相関性をみる場合、強度試験と同時に溶接欠陥の評価方法も重要な問題となる。現在、超音波探傷試験、放射線透過試験などによつて溶接部の品質管理を行なつて、溶接構造物の安全性確保に役立てている。本研究は、溶接欠陥レベルと疲労強度との関係について、前報の研究を一步進めて得られた結果の報告であり、川崎製鉄(株)との協同のもとに行なわれたものであることを付記する。

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1体につき2ヶ所である。これは、一方の試験部が破断後、中央部を掴み直して試験を継続し試験時間の短縮を図ろうとするものである。供試体を使用した鋼板はSS41, SM50, およびSM58の3種類であり、これらの供試体の溶接

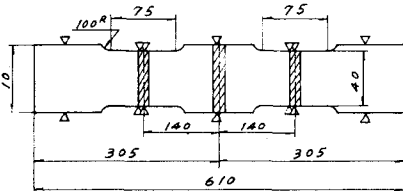


図-1 供試体

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層目を溶接後、裏側をガウジングして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(主にブローホール)を発生させ、その結果を放射線透過試験、および超音波探傷試験(以下それぞれX線、およびU・S非破壊検査と略称)によつて

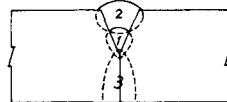


図-2 溶接順序

表-1 溶接法および条件

JIS規準にもとずき欠陥の等級分類を行つた。試験に用いた供試体は、SS41, SM50, およびSM58それぞれ35体、したがつて試験数は各々70個である。表-2に使用した鋼板の機械的性質を示す。

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 SM		240±10	
SM50Y	炭酸ガスアーク溶接	KC-50 ^{2MP}	JIS 3種	300±10	25~30
SM58	炭酸ガスアーク溶接	KC-60 ^{2MP}	JIS 3種	300±10	25~30

3. 試験要領. 疲労試験は50t電気油圧試験装置を用いて下限荷重1t(1.6 kg/mm²)とする正弦波部分片振引張荷重によつて行なつた。

表-2 鋼板の機械的性質

4. 試験結果、および考察 表-3はSS41, SM50, およびSM58継手について疲労試験を行ない、継手破断後、その破断面から実欠陥率を算出し各継手について $\alpha = 0 \sim 1\%$, $1 \sim 3\%$, および $3 \sim 6\%$ に分類して、各欠陥率ごとにS-N線図を描き、 5×10^5 , 2×10^6 回疲労強度を求めて表示したものである。ここに、実欠陥率は次式より求めたものである。

鋼板	供試体寸法 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
SM50	39.9	15.7	37.7	53.3	27
SM58	25.1	16.2	58.4	66.2	38

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

ただし、T:板厚、L:板幅、 ΣA_d :破断面にある欠陥断面積の和

なお上記欠陥率の分類は、JIS規準によればX線非破壊検査による欠陥等級1, 2および3級に対応するものである。表-3にはX線、およびU・S非破壊検査結果から欠陥等級1, 2, 3級の継手をそれぞれ寄せ集めてS-N線図を描き得られた疲労強度も同時に記入してある。表-3より実欠陥等級判定による 2×10^6 回疲労強度に着目すると、溶接部に欠陥が包含されていない無欠陥継手に対して、欠陥等級1級の場合、SM50継手ではほとんど低下していないが、SS41, およびSM58継手の場合には両者とも約14%程度の低下率となる。

表-3 疲労試験結果

鋼種	欠陥等級	疲労強度 (Kg/mm^2)						無欠陥継手 疲労強度 (Kg/mm^2)	
		実欠陥		放射線		超音波			
		5×10^5	2×10^6	5×10^5	2×10^6	5×10^5	2×10^6	5×10^5	2×10^6
SS41	1	26.9	22.5	27.6	24.0	25.9	23.2		
	2	24.7	21.4	25.0	21.6	23.5	19.4	29.3	26.2
	3	20.5	14.8	24.0	20.8	24.1	20.0		
SM50	1	30.5	28.0	31.9	29.1	30.6	27.6		
	2	28.5	26.5	29.3	28.6	28.0	26.5	33.1	28.7
	3	28.3	25.5	29.2	27.1	—	—		
SM58	1	36.3	30.4	37.4	32.5	36.7	32.2		
	2	36.0	32.2	32.5	26.8	33.1	29.8	42.3	35.3
	3	32.7	29.1	34.3	30.7	20.1	10.2		

また、SS41, SM50, およびSM58
継手について欠陥率の増加に対してその低下
率をみるとSS41継手に比してSM50、
SM58継手では小さいようである。しかし
ながらこの傾向は、本試験の場合、SM50
およびSM58継手が欠陥率1%以内のもの
が大部分を占め、3%、および6%の継手が
非常に少なかったため、最少自乗法であては
めたS-N線図が平均的傾向を現わしていな
かったことも考えられるので断定的なことは
いえない。図-3(a)(b)(c)は表-3の

結果から欠陥等級と200万回疲労強度との関係をX線、
U・S、および実欠陥の3種類の判定法について鋼種ごとに
プロットし、各判定法による強度のばらつきをみようとした
ものである。これによると実欠陥判定による場合の強度線図
は欠陥率の増加にしたがってほぼ直線的に低下する。ただし
SM58継手の場合には欠陥1級以上の継手が少ないため大
きくばらつき、また欠陥3級の場合、各鋼種の継手とも欠陥
判定法によってその強度は大きくばらついている。そこでい
ま、欠陥等級1、および2級に着目するとSS41, SM5
の継手の場合には、一般的に実欠陥強度に対してX線の場合
の疲労強度は高い値を示す。一方U・Sの場合には実欠陥強
度と大差ないものといえよう。このような欠陥判定法による
疲労強度のばらつきは実欠陥の場合には、破断面に現われた
欠陥すべてをとりえて等級分類しているのに対して、X線、
およびU・Sの場合には発見できなかった欠陥もかなりあり、
また欠陥判定の方向性による差なども原因と考えられよう。

なお、実欠陥判定による2級以上の200万回疲労強度を現
行道路橋示方書に規定された突合せ溶接継手の許容引張応力
度と対比した場合、その安全率はSS41, SM50、およ
びSM58継手に対してそれぞれ1.5, 1.3, および1.2であ
った。

5 結言。本研究は、溶接部の欠陥と疲労強度との相関性
を、主にブローホールの場合に疲労破断後の実欠陥率 α を基
準として、 α の範囲により等級分類し、現行非破壊検査法に
よる等級と対比しながら論じた。前述したように実欠陥判定

の場合とX線、あるいはU・Sによる等級判定の場合との間には同一欠陥レベルであっても疲労強度に差がみられ
る。これらの欠陥判定法による疲労強度差を小さくしていくためには非破壊検査技術の改善、開発と同時に、さ
らに多くの資料集積のもとに種々の欠陥と疲労強度との相関性も明らかにしていく必要があるように思われる。

①西村、皆田、高原：溶接部の欠陥が疲労強度に及ぼす影響、第29回土木学会中四国支部学術講演概要集 1977.6

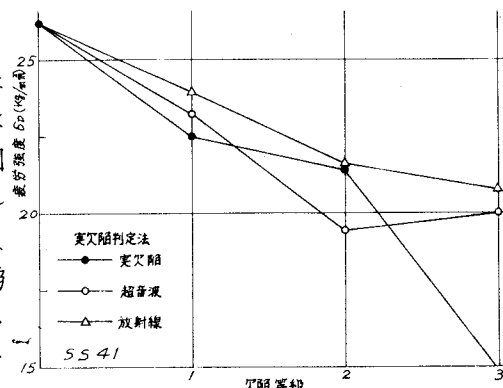


図-3 (a) 欠陥等級と疲労強度との関係

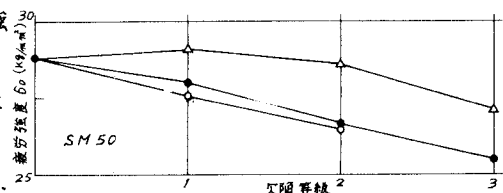


図-3 (b)

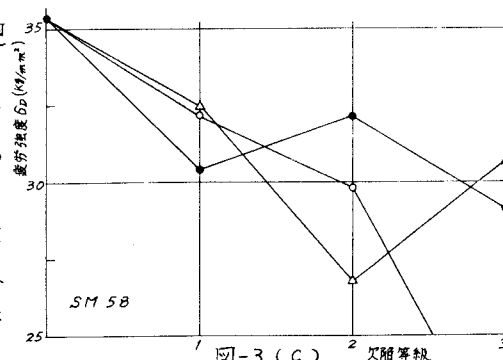


図-3 (c)