

腐食環境下におけるリブ付き鋼板の疲労強度

神戸大学 正員 西村 昭
広島工業大学 正員 皆田 理
広島工業大学 正員 ○ 岡部 正人
阪神高速道路公団 正員 中島 裕之

1. まえがき 鋼構造物の経年劣化が、その耐用年数を決定する大きな要因であることは言うまでもない。構造物が使用を開始した後に生ずる劣化現象としては、疲労、腐食、遅れ破壊などが代表的なものと考えられる。構造物の劣化現象は、それらの要因が独立に起って生ずる場合と、各種の要因が他の要因を助長して促進させる場合とが考えられるが、実構造物の破損状態を見た場合、各種の要因が複雑に重なり合って生ずる後者の方が一般的と考えられる。本文は、構造物の劣化要因の一つである腐食と疲労強度との関係を見るため、実構造物に多く用いられているリブ付き鋼板を取り上げ、実験的検討を加えた。

2. 供試体、及び試験要領 供試体の形状、寸法は、図-1に示す通りである。供試体に使用した鋼板は、SS41、SM50A、SMA50A、及びHT80の4鋼種である。なお、この供試体の隅肉溶接は、すべて手溶接で行ったものであり、その溶接条件を表-1に示す。また、使用した鋼板の機械的性質を表-2に示す。試験は、4鋼種の供試体について、腐食前・後における溶接止端半径の測定、残留応力測定、及び疲労試験よりなる。腐食後の試験は、供試体を腐食促進装置へ搬入し、腐食板厚減量が、0.3~0.8mmに達した時点で行った。なお、これらの供試体は、すべて無塗装とした。溶接止端半径の測定には、SE-3C型、万能表面形状測定機を使用し、止端周辺を100倍に拡大して行った。残留応力は、供試体軸直角方向の回し溶接止端部に近接して、7枚の歪みゲージを貼付後、供試体を切断し、残留応力を解放することによって求めた。疲労試験は、下限荷重1t(1t/m²)とする部分片振り荷重で行った。

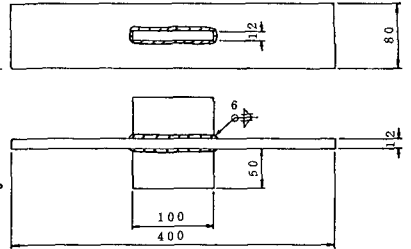


図-1 供試体の形状、寸法

表-1 溶接条件

鋼種	溶接棒	電流 (A)	電圧 (V)	速度 (mm/min)	予熱温度 (°C) 仮付	本溶接
SS41	V. S-78 5φ	235~240	32	30	—	—
SM50A	L-55 5φ	210	27	14	—	—
SMA50A	CT26GM 5.5φ	270	32	30	—	—
HT80	L-55 5φ	210	32	14	100~120	120~150

3. 試験結果、及び考察 [腐食試験] 図-2は、鋼種別の腐食時間と腐食減量との関係を表したものである。図のように、各鋼種の腐食挙動は、暴露開始の初期に急激に進展し、暴露約100時間以後鈍化しはじめ、一定の腐食量に漸近する傾向が見られる。腐食の進行が鈍化する腐食時間に対するSS41の腐食減量は、0.8mm程度であり、過去に実測された大気暴露の腐食量から推定すると、約8~10年程度と考えられる。250時間暴露後の各鋼種における板厚減量は、HT80が最も少なく、SS41が最も多い。50キロ鋼の場合、SM50AとSMA50Aとでは、顕著な差は見られなかった。また、図に示した腐食進展曲線は、腐食量測定用残片(50×50×1.6mm)より測定した板厚減量の平均値であるが、図に示すように供試体の測定値はこれよりもかなり大きくなる。

表-2 鋼板の機械的性質

鋼種	降伏点 (kg/mm ²)	引張強度 (kg/mm ²)	伸び (%)
SS41	30	47	29
SM50A	42	58	29
SMA50A	40	55	29
HT80	79	85	25

[残留応力、及び溶接止端半径] 表-3は、各鋼種の腐食前・後における溶接止端部の残留応力(引張)と、溶接止端半径の平均値を示し

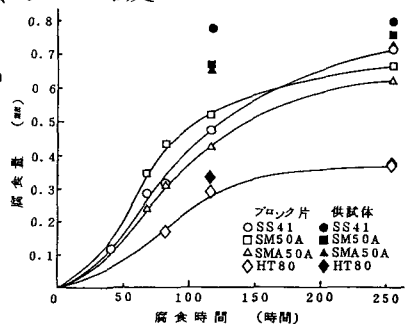


図-2 鋼板腐食の時間的变化

たものである。同表より残留応力は、鋼板の腐食によって低下の傾向を示し、その低下率は、SS41、SM50A、SMA50Aにおいて、板厚腐食減量が大きいものほど大きくなるが、HT80においては、腐食減量が小さいにもかかわらず最大の減少率を示している。この原因については、今後さらに多くの資料により検討を加える必要がある。また、同表より溶接止端半径は、止端部を含む鋼板の腐食によって大きくなることを示している。腐食した溶接継手の疲労強度が、腐食前に比べて同等、又は上昇し、その要因が止端半径の増大にあることは既に報告されている¹⁾。本研究の場合にも止端半径が増大していることから、疲労強度の上昇を予想できる。

〔疲労試験〕疲労試験による $S-N_f$

線を図-3(a)、(b)、(c)、及び(d)に示す。図中の破線は、腐食前の $S-N_f$ 線に対する90%信頼区間である。また、表-4は、腐食前・後における繰返し回数 5×10^5 、及び 2×10^6 回の疲労強度諸量である。図-3、表-4より腐食後の疲労強度は、腐食前に比べて同等、又はそれ以上となる。これは、表-3に見られるように、腐食後の溶接止端半径の増大、残留応力の低下などに起因していると考えられる。いま、腐食後の疲労強度の上昇要因を考慮すると、SM50Aを除いた3鋼種の溶接止端半

径の増大倍率、SMA50Aの腐食前・後の残留応力、及び疲労強度はほぼ同等である。このことから、腐食後の疲労強度の上昇には、残留応力の低下が大きく作用すると推測される。なお、SS41を使用した供試体の場合、残留応力の低下率、溶接止端半径の増大倍率とも大きいにもかかわらず疲労強度の上昇率が小さいのは、残留応力の鋼板降伏点に対する比率が大きいこと、並びに鋼板腐食が最も激しいことによる応力集中率の増大により、載荷荷重によって発生する溶接止端部の応力が、鋼板降伏点、あるいはそれ以上に達しているためと考えられる。

4. まとめ 本研究により得られた主な結論を挙げると次のようである。

- (1) 鋼板の腐食量は、鋼種に関係なく暴露初期に急激に進展し、その後鈍化して一定値に漸近する傾向を示す。
- (2) リブ付き鋼板の溶接止端部における残留応力は、腐食により低下し、溶接止端半径は、腐食により増大する。
- (3) リブ付き鋼板の腐食後の疲労強度は、腐食前に比べて同等、又は上昇する。これは、溶接止端半径の増大と、残留応力の低下によるものであるが、残留応力の低下の影響が大きいものと考えられる。

〔参考文献〕1) 山田、村山、近藤、菊地；大気暴露された無塗装の耐候性鋼および普通鋼溶接継手の疲れ強さ、土木学会論文報告集、第337号、1983、9

表-3 腐食前後における残留応力及び止端半径

鋼種	残留応力 (kg/mm ²)		低下率 (%)	溶接止端半径 (mm)		倍率 (倍)
	腐食前	腐食後		腐食前	腐食後	
SS41	27.4	24.1	12.0	0.16	0.37	2.3
SM50A	25.4	24.3	4.3	0.26	0.41	1.6
SMA50A	23.6	23.5	0.4	0.25	0.52	2.1
HT80	25.8	21.9	15.1	0.29	0.68	2.3

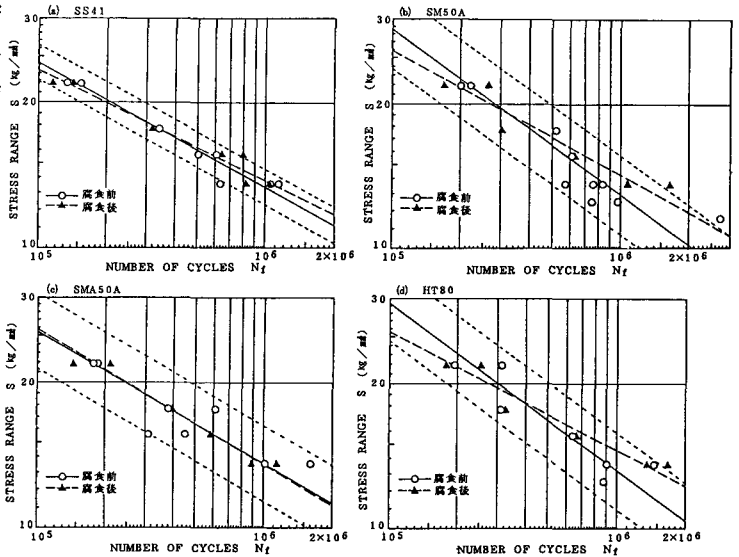


図-3 各鋼種の $S-N_f$ 線(腐食前、後)

表-4 疲労強度諸量

鋼種	腐食条件	N = 5 × 10 ⁵				N = 2 × 10 ⁶				強度変化率(%)
		5%	50%	5%	50%	5%	50%	5%	50%	
SS41	腐食前	14.7	15.9	10.2	11.1					+ 5.4
	腐食後	15.0	16.2	10.8	11.7					
SM50A	腐食前	13.6	16.4	8.4	10.1					+ 17.8
	腐食後	15.0	17.1	10.4	11.9					
SMA50A	腐食前	13.7	16.5	9.4	11.3					- 0.9
	腐食後	15.1	16.4	10.3	11.2					
HT80	腐食前	14.0	16.8	8.7	10.4					+ 18.3
	腐食後	15.6	17.3	11.1	12.3					