

腐食材の疲労強度について (鋼板の場合)

神戸大学 正員 西村 昭
 広島工業大学 正員 皆田 理
 広島市役所 正員 柚川 唯雄
 中建設センター 正員 西原 電昭

1. まえがき 鋼部材の腐食特性は、それぞれの設置環境、構造、形状などにより異なるので、それら、すなわち鋼構造物の環境による腐食傾向、並びに強度、ことに疲労強度を把握しておくことは、合理的な設計、あるいは防食対策を講ずるうえで重要な意味をしつ。本報告は、繰返し荷重を受けた実橋が、60年間の供用の後に撤去されたのを機に、本橋から採取した腐食材、及び腐食促進試験で得られた各種強度レベル鋼腐食材の疲労試験を行ない、鋼材の疲労強度に与える腐食の影響について得られた結果である。

2. 供試体 及び試験要領 供試体の形状・寸法を、図-1に示す。

供試鋼板は、横川橋の横桁から採取した腐食材(以下A材と略称)、及び腐食促進試験によって孔食を発生させたSS41, SM50A, SMA50Aの4鋼種である。使用鋼材の化学成分並びに機械的性質を、表-1, 及び2に示す。横川橋(2ヒンジアーチ橋)は、広島市内を流れる天満川に1923年(大正12年)に架設され、以後60年間供用され昭和58年9月に新橋架替のため撤去された。同橋の鋼材は、米国カーネギー社の生産したもので、成分分析の結果、表-1のように、S: 0.073%, Cu: 0.027%とやや高い値を示すが、その他の成分は特に異常は認められず、組織は比較均一な圧延組織を有する軟鋼である。機械的性質から推定すると、ASTM, A7-61 T鋼に相当する鋼材と考えられる。疲労試験は、4鋼種共に無腐食材、及び腐食材について行なった。試験条件は、下股荷重1t、繰返し速度毎分600回とする部分片振荷重である。

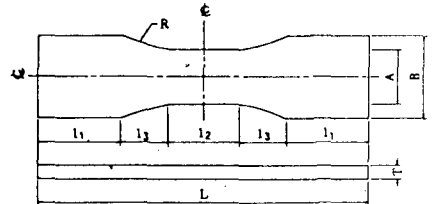


図-1 供試体形状

鋼種	T	L	l ₁	l ₂	l ₃	A	B	R
SS41	15.5	333	95	65	39	50	72	100
SM50A	16.5	333	95	65	39	50	72	100
SMA50A	16.5	333	95	65	39	50	72	100
横川橋(鉄鋼)	9.8	452	150	55	48	40	65	

図-1 供試体形状・寸法 (単位 mm)

表-1 化学成分

化学成分 (%)	C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Cr	Mo	V	Nb	Al
鋼種	×100	×100	×100	×1000	×1000	×100	×100	×1000	×1000	×1000	×1000	×1000
SS41	16	21	61	24	12							
SM50A	17	35	134	20	3							
SMA50A	14	36	83	18	4	32	8	49		5	15	
横川橋(鉄鋼)	22	44	40	42	73	27						<1

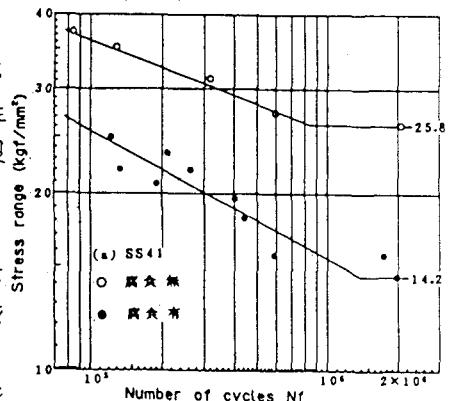
表-2 機械的性質

機械的性質	降伏点 (kgf/mm ²)	引張強さ (kgf/mm ²)	伸び (%)
鋼種			
SS41	29.0	46.0	31
SM50A	40.0	57.0	28
SMA50A	41.0	55.0	29
横川橋(鉄鋼)	25.1	40.8	28

3. 腐食状況 横川橋の各部材に生じた腐食は多様であるが、一般に支承周辺のアーチリブ、鉄釘、及び横桁は激しく、桁中央部ではほとんど認められない。本研究で用いたA供試体孔食部の最大腐食量は4mm、平均2.1mmである。腐食の性状は均一腐食ではなく、孔食の激しいものである。腐食促進試験による他の3鋼種の供試体も、横川橋の腐食状態を参考にして作製した。3鋼種の供試体の腐食量は、SS41, SM50A, SMA50Aでそれぞれ平均3.3mm, 2.6mm, 及び3.3mmである。またSMA50A鋼材については、耐侯性鋼材であることを考慮して、別途腐食量平均1.4mmの供試体も作製した。

4. 疲労試験結果、及び考察 4鋼種の疲労試験結果を図-2(a),

(b), (c), 及び(d)に示す。各供試体の初期亀裂は、孔食の底部ではなく、孔食近傍の腐食形状の複雑な部分から生じている。これは鋼材に生じた孔食の深さと幅との比が比較的小さいためと考えられる。孔食の形状は環境条件によって異なり、局部的に深いP状の孔食を有する場合には、孔食底部から疲労亀裂が生じるものと推定される。図-2より腐食材の疲労強度は、無腐食



材に比して低下する。その低下率は、SS41, SMSOA, 及びSMA50A(孔食部腐食量2.3mm~3.9mm)に対して、それぞれ約45%, 42%, 38%となる。これは4年間大気暴露された鋼材の疲労強度の低下率が、20~30%という過去の実験報告に比して、かなり大きいものである。これは4年程度の大気暴露の場合、鋼板表面がほぼ均一な腐食状態であったためと考えられる。図-2(d)は、横川橋より採取した腐食量の異なる供試体の疲労試験結果を、4腐食領域に分類してS-N曲線を描いたものである。同図中には腐食促進試験により得られたSS41鋼材のS-N曲線も併記してある。図のように各腐食領域のS-N曲線は、無腐食材のS-N曲線にほぼ平行となり腐食の増大に従って低下する。この図より各領域の平均腐食量と200万回疲労強度との関係を求め、図-3に示す。なおSMA50A及びSMA50Aの疲労強度は、1~2領域での資料のみであるが、同鋼種の疲労強度低下曲線がSS41の場合と同傾向であると仮定して記入した。同図より疲労強度の低下は、腐食量の少ない範囲で急激に低下し、その後腐食量の増加に伴って低下率は鈍化する。この傾向は、SSSCを用いて行われた試験結果と類似するが、腐食の進行による鋼板表面の粗化が応力集中の分散をうながしているものと考えられる。50キロ鋼の場合、腐食量2.3~3.9mmの範囲で、疲労強度に有意の差はない。またSMA50Aの場合、耐侯性鋼材特有の緻密な錆が発生し得る環境条件で使用されておらず、本研究で生じた2.8~3.9mmの腐食は、特殊な環境条件の場合と考えてよい。いま40キロ鋼の疲労強度をAASHTO疲労許容応力度(16.7 kgf/mm^2)と比較すると許容し得る腐食量は、最大1.5mm程度となる。

5. むすび 実鋼構造物に生ずる腐食は、横川橋において観察されるように、局部的に深い孔食を有するものである。このため、鋼構造物の腐食に対する耐疲労安全性、信頼性を検討する場合、均一腐食ではなく、孔食を有する腐食材の疲労強度を明確に把握しておくことが重要と考えられる。本研究は、腐食促進試験により得た腐食材と、実構造物から採取した腐食材との疲労試験結果から、腐食の疲労強度に与える影響を検討した。一応大気環境下で腐食した鋼材の疲労強度を腐食促進試験により得た腐食材で再現し得ることが認められた。今後、腐食材のみならず、腐食鋼部材継手についてもさらに検討を加える予定である。

参考文献

- ① 岡本哲夫, 井上啓一, 福田孝男: 耐侯性鋼材の大気暴露調査, 土木研究所資料, 第729号, 昭和47年2月
- ② 岡崎幸三, 中村宏, 恒成利康: 高張力鋼の腐食疲労強度について, 材料, 28-312 (図54-9) P.887
- ③ AASHTO: Standard Specifications for Highway Bridges, Twelfth Edition, 1977.

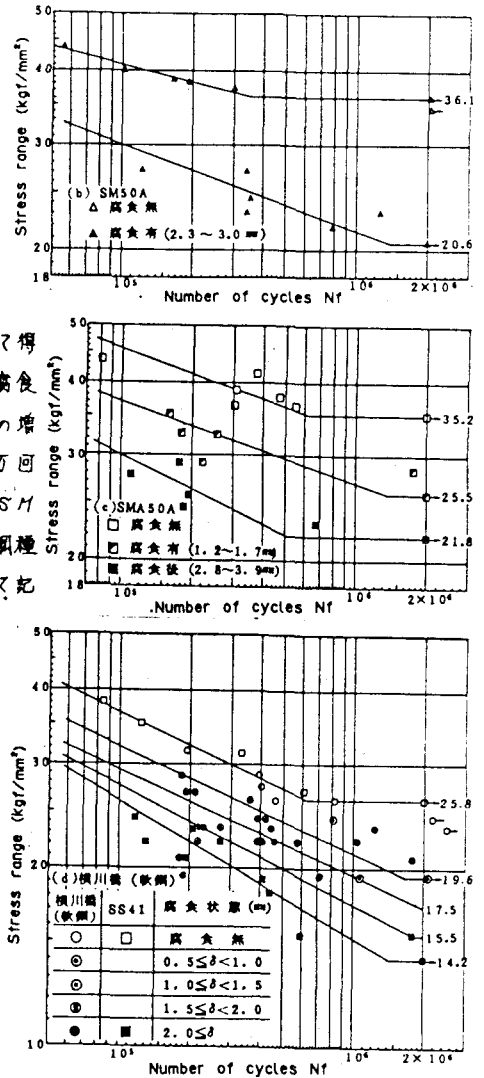


図-2 各種鋼種のS-N曲線 (腐食有・無)

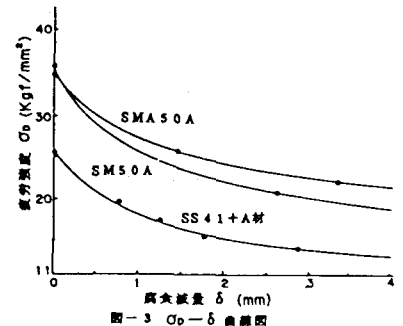


図-3 σ_0 - δ 曲線図