

10年間大気暴露した耐候性鋼と普通鋼溶接継手の疲労挙動

近藤明雅*・山田健太郎**・菊池洋一***

本研究は、耐候性鋼溶接継手を無塗装で長期間大気暴露したときの疲労挙動を検討したものである。10年間大気暴露した19体のリブ十字すみ肉溶接継手と9体のガセット溶接継手、および比較のため10年間実験室に保存した11体のガセット溶接継手を疲労試験し、過去に行われた無暴露材、2年間および4年間大気暴露した場合の実験結果と比較した。リブ十字すみ肉溶接継手、ガセット溶接継手とも10年暴露材の疲労強度は、無暴露材および4年暴露材の疲労強度から低下することなく、また、応力範囲の低いレベルでも疲労破断しない試験体が増加したことから疲労限の向上も見られた。

Key Words : weathering steel, welded joint, fatigue strength, corrosion, weld toe

1. まえがき

耐候性鋼を構造物に無塗装を使用する場合、鋼材の腐食が構造部材の疲労強度におよぼす影響を検討しておく必要がある。

筆者らは、文献1)で耐候性鋼(JIS SMA 50)および普通鋼(SM 50)溶接継手を、無塗装で2年間および4年間大気暴露したときの疲労強度の経年変化を実験的に検討した。この結果、大気暴露後のリブ十字すみ肉溶接継手およびガセット溶接継手の疲労強度は、無暴露材と同等かそれ以上であり、疲労強度の低下はみられなかった。

本研究は、上記で用いた試験体と同時に製作した試験体を用いて無塗装で10年間大気暴露した後、疲労試験を行って、さらに長期の大気暴露が疲労挙動におよぼす影響を検討したものである¹⁾。

2. 疲労試験

(1) 疲労試験

試験体の形状と寸法をFig.1に示す。使用鋼材は、耐候性鋼SMA 50(現SMA 490)と、普通鋼SM 50(現SM 490)で、それぞれJIS G 3114とG 3106の規格に相当するものである。使用鋼材の化学成分、機械的性質および試験体の製作方法については文献1)~3)に示されている。

試験体は、すべて昭和52年に製作した。大気暴露は、10年暴露材については、昭和52年9月から昭和63年3月までの127ヶ月間(約10年間)行った。また、無暴露材は、室内で同期間保存したものを使用した。試験

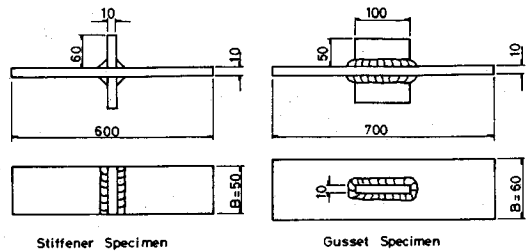


Fig.1 Fatigue test specimens.

体の暴露は、三河湾の海岸から約1 km離れた工場の敷地内に架台を設置し、特製の碍子にはさんで南向き30°の角度で雨ざらしにして実施した¹⁾。この地点は暴露開始時点では、北側に電気炉による製鋼工場がある島状の埋立地であった。また埋立地特有の砂ほこりも多い地点であり、必ずしも耐候性鋼の暴露地点として良い場所ではなかった。しかしながら、過去10年程の間にまわりの埋立が進み海岸線が縮小した。また、環境保全の考え方が浸透して植栽が増加し排気ガスやばい煙のコントロールが行われ、必ずしも悪い状況ではなくなってきた。暴露は南向き30°で雨ざらしにしたため、乾湿の繰り返しを与えるとともにほこりなどを洗い流してくれるため、耐候性鋼の暴露環境としては良い環境になる。

疲労試験は、電気制御式疲労試験機(容量343 kN)を用いて、応力比0.13~0.38の定荷重振幅で行った。荷重繰り返し速度は、毎分540回とした。載荷荷重は、大気暴露前の試験体の板厚の平均値9.8 mmと、実測した板幅から計算した断面積を用いて、所定の作用応力範囲を乗じて求めた。

(2) リブ十字すみ肉溶接継手の疲労試験結果

リブ十字すみ肉溶接継手では、耐候性鋼(SMA 50)の10年暴露材を11体と、比較のため溶接構造用鋼(SM 50)の10年暴露材8体を試験した。試験体は、文献1)

* 正会員 工博 名城大学助教授 理工学部土木工学科 (〒468 名古屋市天白区塩釜口 1-501)

** 正会員 Ph.D. 名古屋大学教授 工学部土木工学科

*** 正会員 工博 中部大学教授 工学部土木工学科

Table 1 Fatigue test results.

Stress Range MPa	Stiffener Specimens		Gusset Specimens	
	10-Year Weathered		0-Year **	10-Year
	SMA50	SM50	SMA50	SMA50
127	-	-	620 537 > 4643 1709 706	> 5192
176	> 5435 > 4926 805 > 4641 812 * > 5368 * > 6385 *	> 5437 > 5372 1477 928 524	391 304 297	347 513 > 3426 > 4917 > 2581
245	292 609 260 438	427 449 269	159 170 140	187 180 154

Fatigue life in kilocycles. >: Runout.
 * : Minimum stress is 106 MPa.
 **: The specimens preserved for 10 years in the room.
 Minimum stress of other data except * is 37 MPa.

Table 2 Summary of fatigue test results.

Exposure Time (Year)	Number of Specimens	Regression Coefficient		Standard Deviation
		B1	B2	
(a) Stiffener Specimens				
0 *	28 (5)	14.4955	3.8322	0.0997
2 *	18 (5)	13.1655	3.1715	0.1444
4 *	20 (8)	13.4953	3.2919	0.1656
10	19 (7)	11.5998	2.5218	0.1483
(b) Gusset Specimens				
0 *	31 (2)	12.2681	2.9828	0.0842
2 *	12 (1)	12.2875	2.9622	0.0778
4 *	19 (1)	11.5507	2.6312	0.1184
0	11 (1)	11.1556	2.5003	0.1452
10	9 (4)	11.6983	2.7043	0.0786

$\log N_f = B1 - B2 * \log \sigma_r$
 * : Previous test data. Width of specimens is 80 mm.
 () : Number of runout specimens.

では幅 80 mm のものを用いたが、今回の試験では、幅 50 mm のものを用いた。ガセット溶接継手では、主板の幅 60 mm の耐候性鋼 (SMA 50) の継手についてのみ試験した。試験は 10 年暴露材 9 体と、比較のため実験室に 10 年間保存した無暴露材 11 体について行った。

試験結果を Table 1 に示す。応力範囲は、腐食による断面減を考慮しない腐食前の断面に基づいて算定した。なお、>印のついたものは、その繰り返し数で破断しな

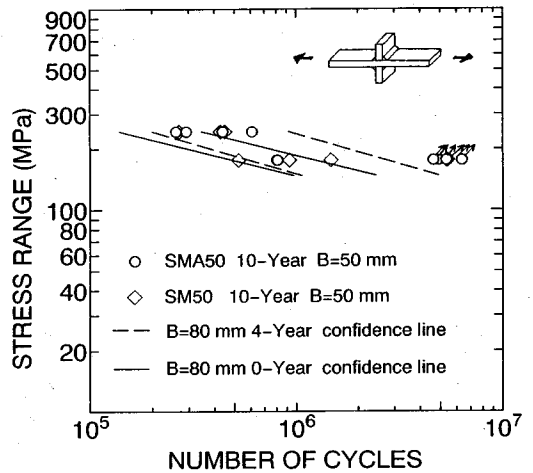


Fig. 2 Comparison of fatigue strength between 10-year weathered stiffener specimens and previous test results.

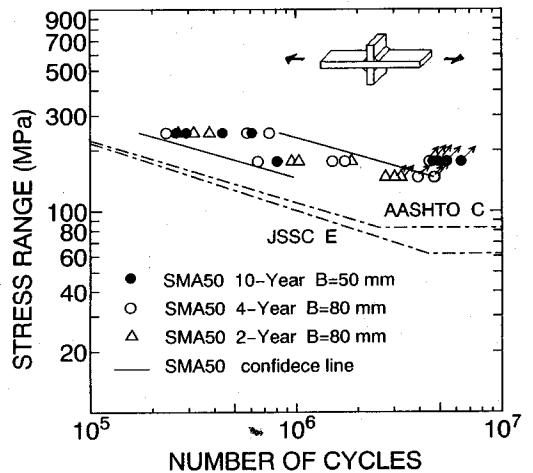


Fig. 3 Comparison of fatigue test results of weathered SMA 50 stiffener specimens with design S-N diagrams.

かったことを示す。各試験系列ごとに、破断した試験体の繰り返し数 N_f と作用応力範囲 σ_r を用いて、次式に示す S-N_f 線図の係数 B1, B2 を計算して Table 2 に示す。

$$\log N_f = B1 - B2 * \log \sigma_r \dots \dots \dots (1)$$

リップ十字すみ肉溶接継手の疲労試験結果を Fig. 2 に示す。10 年大気暴露した耐候性鋼と普通鋼の疲労試験結果を比較すると、鋼種の違いによる寿命の差はみられず、ほぼ等しい疲労寿命を示している。また、 $\sigma_r=176$ MPa で試験した 12 体のうち 7 体が 4.6×10^6 回以上の繰り返し数でも破断しなかった。特にこの応力レベルでデータのばらつきが大きい。図中の実線は無暴露材、破線は 4 年大気暴露材の 95% 信頼区間¹⁾である。10 年大気暴露材の試験結果と無暴露材および 4 年大気暴露材の結果を比較すると、破断した 10 年大気暴露材のデータは、ほ

とんど4年大気暴露材の95%信頼区間内にあり、両者の疲労寿命はほぼ同等である。破断したデータから判断すると、10年間の大気暴露が疲労寿命を低下させていないことがわかる。また、 $\sigma_r=176$ MPaで試験した12体のうち7体の試験体が未破断であること（4年大気暴露材では8体中2体が未破断）を考えると、10年間の大気暴露が疲労き裂を発生しにくくしたこともうかがえる。

2年間、4年間および10年間大気暴露した耐候性鋼リブ十字すみ肉溶接継手の疲労試験データ¹⁾と設計S-N線図との比較をFig.3に示す。図中の実線はデータの95%信頼区間を示す。AASHTOのStress Category C⁵⁾と日本鋼構造協会(JSSC)の設計疲労指針(案)¹⁾に規定されている強度等級Eの設計S-N線図を一点鎖線で示す。両者とも、腐食を考えない(塗装して用いられる)リブ十字すみ肉溶接継手の設計S-N線図に相当する。10年間大気暴露した試験体は、すべてAASHTOやJSSCの疲労設計指針の設計S-N線図より長寿命側にある。したがって、長期間無塗装で使用されて安定さびの発生した耐候性鋼リブ十字すみ肉溶接継手の疲労許容応力にこれらの設計S-N線図を適用して良いと考えられる。ただし、架橋地点の環境が耐候性鋼の安定さび形成にとって好ましくないことが予想される場合には、疲労き裂の発生が早まったり、発生したき裂の表面が腐食してき裂の進展が早くなることも考えられるので別途検討することが必要である。

(3) ガセット溶接継手の疲労試験結果

ガセット溶接継手では、まずFig.4に示すように、無暴露材について試験体の母材幅が $B=60$ mmのもので試験し、10年前に行った $B=80$ mmの疲労試験結果と比較した。図中の●印は、試験体の母材幅が60 mmの疲労試験結果であり、95%信頼区間を点線で示す。実線は $B=80$ mmの試験結果の95%信頼区間を示す。 $\sigma_r=245$ MPaと176 MPaで試験した6体は $B=80$ mmの95%信頼区間内の寿命になった。しかしながら、 $\sigma_r=127$ MPaで試験した5体のうち1体のデータは、 $B=80$ mmの95%信頼区間内の寿命であったが、2体のデータは信頼区間の下限より少し短い寿命となり、1体は信頼区間の上限より長い寿命となった。残りの1体は、 4.6×10^6 回の繰り返し数でも破断しなかった。試験体の母材幅が $B=60$ mmの試験結果はばらつきが大きく、その95%信頼区間は、母材幅 $B=80$ mmの信頼区間を包含しているが、50%破壊確率疲労強度はほぼ同等であると推定される。さらに、ガセット溶接継手溶接止端部の応力集中係数を比較するため、すみ肉まわし溶接部をモデル化した3次元有限要素法解析を行った(Appendix参照)。応力集中係数 K_t は、母材幅が60 mmの試験体では $K_t=4.25$ 、 $B=80$ mmの試験体では

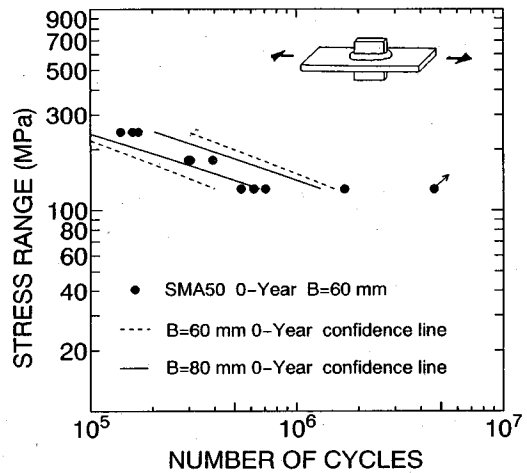


Fig.4 Fatigue test results of gusset specimens of 60 mm width in non-weathered condition.

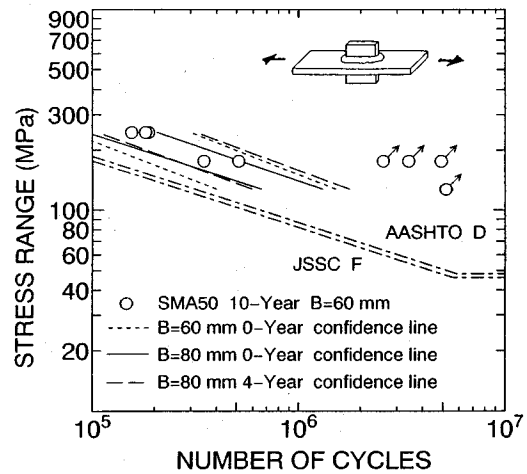


Fig.5 Comparison of fatigue strength between 10-year weathered gusset specimens and previous test results.

$K_t=4.44$ となった。母材幅が60 mmの試験体の応力集中係数が約5%小さいが、この程度の差であれば、溶接止端半径や止端角のばらつきの影響が大きく、板幅の差の影響は疲労寿命のばらつきの範囲にふくまれるものと考えられる。

10年大気暴露材の疲労試験結果をFig.5に示す。図中の実線は $B=80$ mmの無暴露材、点線は $B=60$ mmの無暴露材、および破線は $B=80$ mmの4年暴露材の95%信頼区間である。破断した試験体は9体のうち5体であり、いずれも無暴露材と4年暴露材の95%信頼区間内の寿命となった。また、 $\sigma_r=127$ MPaで試験した1体と $\sigma_r=176$ MPaで試験した5体のうち3体が 2.5×10^6 回以上の繰り返し数でも破断しなかった。無暴露材では、 $\sigma_r=176$ MPaで試験した $B=80$ mmの試験体10体と $B=60$ mmの試験体3体すべてが破断した

こと、また、4年大気暴露材では $\sigma_r=176$ MPaで試験した6体すべての試験体が破断に至ったことを考慮すると、10年大気暴露材の疲労寿命が、無暴露材や4年大気暴露材より長くなっていることが推定される。

付加物をすみ肉溶接した場合の設計S-N線図は、JSSCではF、AASHTOではDに相当し、200万回疲労強度は、JSSCでは $\sigma_r=65$ MPa、AASHTOでは $\sigma_r=69$ MPaである。この継手の4年暴露材 ($B=80$ mm) および10年暴露材の200万回疲労強度の下限値をS-N線図を延長して求めるとそれぞれ $\sigma_r=80$ MPaと87 MPaであり、設計S-N線図と比較して十分な余裕を残している。

3. さび層の厚さと凹凸および溶接止端形状の測定

本実験で用いた無塗装の溶接継手試験体は、通常の橋梁の製作過程に準じて製作された。すなわち、耐候性鋼の黒皮を除去し様なさびを出す目的で、溶接後に塗装の前処理と同じサンドブラスト処理を行った。この段階で鋼材表面に微少な凹凸が生じる。さらに耐候性鋼の試験体が長期間大気暴露された場合、安定さびが生じるまでに表面の腐食が生じる。この腐食は均一に生じるのではなく、局部的に腐食が進行し鋼材表面に腐食ピットを生じる。2年間および4年間大気暴露された試験体では、このような挙動を平滑部分の凹凸の変化および溶接止端形状（特に溶接止端半径）の変化として計測し、評価を加えた¹⁾。今回の疲労試験に用いた10年間大気暴露材についても比較のために同様な計測を行った。

(1) 平滑部のさび層の厚さと表面の凹凸

平滑部のさび層の厚さと表面の凹凸は、10年間大気暴露した疲労試験体から50×50 mmの鋼材を切り出し、研削盤を用いて表面から約0.05 mmずつ削り、そのつど研削面の変化を観察することにより求めた¹⁾。さび層がなくなり鋼の地金が現れるまでをさび層の厚さ h_1 とし、その後腐食ピットが見えなくなるまでを腐食ピットの深さ h_2 とした。

試験体は、南向30°の角度で平置きしたため、上面と下面のさびの出方に若干の差があった。目視観察では、10年大気暴露材は、SMA 50、SM 50ともに、褐色のさびで覆われており、両鋼種とも上面のさびの方が、下面のさびにくらべ若干ち密であることがわかった。計測されたさび厚 h_1 と、鋼材の凹凸の深さ h_2 を2年および4年大気暴露した鋼材のものと比較して、Fig.6に示す。さび層の厚さ h_1 は、2年大気暴露材で、鋼種および上下面の区別なく0.1 mm程度であったが、4年暴露材では、SMA 50およびSM 50ともに下面のさび厚 h_1 が上面(0.1 mm程度)より50%ほど大きくなっている。10年大気暴露材では、SMA 50材の h_1 は4年暴露材と

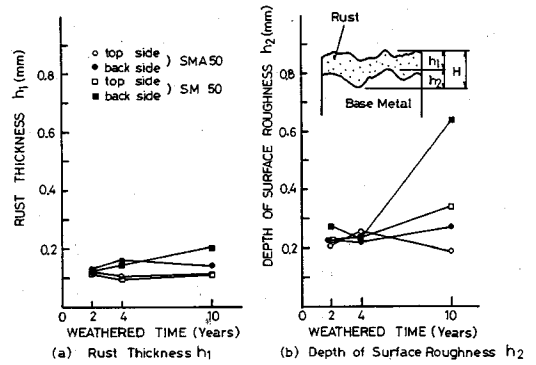


Fig.6 Results of measurement of rust thickness and depth of surface roughness.

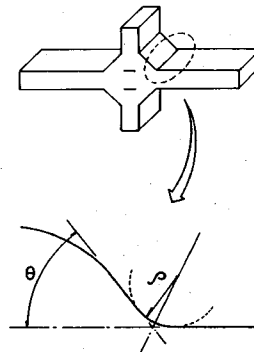


Fig.7 Fillet weld toe profile of stiffener specimen.

ほぼ同等であるのに対し、SM 50材の下面において増加する傾向がみられる。

さびによる鋼材表面の凹凸の深さ h_2 は、2年および4年大気暴露材では0.2~0.3 mm程度であり、鋼材の種類および上下面の差はなくほぼ同じ傾向を示した。10年大気暴露材ではSMA 50とSM 50および上・下面とで大きな差が生じている。すなわち、SMA 50の h_2 は、上下面とも2年および4年暴露材とほぼ同じく0.2~0.3 mm程度であった。これは、耐候性鋼では鋼材表面にできた安定さびが内部のさびの進行を防止していることを示している。これに比べて普通鋼のSM 50では、上面では0.35 mm、下面で0.65 mm程度に増加し、さびの進行が続いていることを示している。また、暴露材の下面では、ほこり等が雨により洗い流されず、しかも表面が乾燥しにくい等の条件が、普通鋼材の下面の腐食を大きくしたと思われる。

この結果を見ると、2年あるいは4年間の大気暴露ではあまり明白ではなかった耐候性鋼 SMA 50と普通鋼 SM 50との差がはっきりと出てきた。耐候性鋼では安定さびが形成されたため、さびの進行は停止したが、普通鋼ではさらに腐食が進行している。疲労に影響を与えるのは、腐食ピットの深さと形状であり、今回の計測は

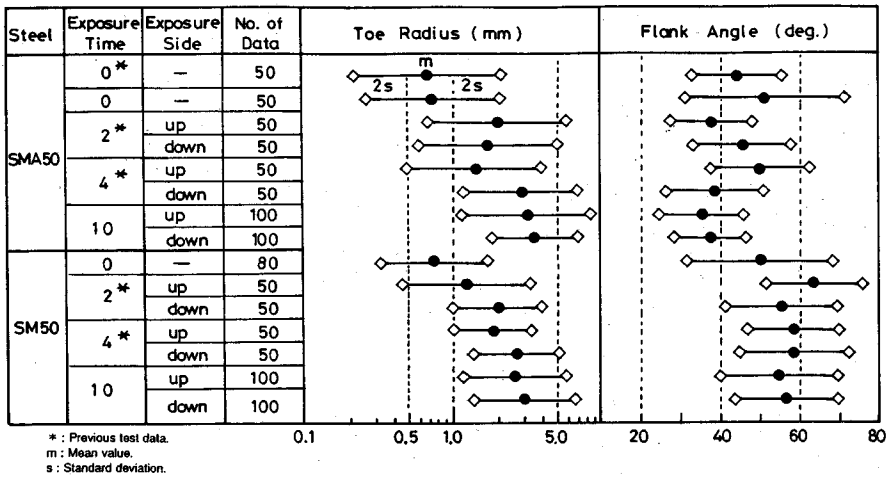


Fig.8 Results of measurement of toe radius ρ and flank angle θ at the weld toe.

おもに前者に注目した。深さが大きくなると応力集中が大きくなると仮定すると、普通鋼の平滑材では腐食ピットが大きくなり、疲労強度が長期暴露により低下するため塗装が不可欠となる。なお、大気暴露した溶接継手試験体では、平滑部に腐食ピットがあっても、その部分の疲労強度は溶接止端部の疲労強度より高く、本研究の試験体の疲労破断はすべて溶接止端部で生じた。

(2) すみ肉溶接止端形状の測定

溶接継手では Fig.7 に示す溶接止端形状、特に溶接止端半径が疲労寿命に影響する。大気暴露によるすみ肉溶接止端形状の変化を把握するため、リブ十字すみ肉溶接継手の溶接止端形状を測定した。さびのない状態で止端形状を測定をするため、10年大気暴露材のさびを化学的に除去し鋼材表面を露出させた。その後、すみ肉溶接止端部を、シリコン印象材で型取り、それを1mm程度の薄片に分割した。この薄片を拡大投影機で10倍に拡大してトレースし、止端半径 ρ と止端角 θ を測定した。

計測は、10年間大気暴露した SMA 50 と SM 50 リブ十字すみ肉溶接継手と10年間実験室で保存した予備の SMA 50 と SM 50 リブ十字すみ肉溶接継手（無暴露材）について行った。本研究では、溶接止端形状を10倍に拡大して観察しているのに対し、文献1)の無暴露材、2年および4年暴露材では、20倍で観察している。このため、拡大倍率の違いが測定結果におよぼす影響を調べるために、10年間実験室に保存したリブ十字すみ溶接継手の測定を行って倍率20倍の結果と比較した。各試験体で求めた ρ が対数正規分布、 θ が正規分布すると仮定して、平均値および95%信頼区間を求めた。

無暴露材、2年、4年および10年大気暴露材の ρ と θ の比較を Fig.8 に示す。拡大倍率20倍の場合の無暴露材の ρ の測定結果は、平均値が0.70 mm、95%信頼区間の下限界値が0.23 mmであるのに対し、10倍の場合

には SMA 50 については平均値が0.75 mm 下限界値が0.27 mm であり、SM 50 については、それぞれ0.76 mm、0.34 mm であった。平均値はほぼ同等の値であり、95%信頼区間の下限界値は10倍の倍率の場合に若干大きな値となっている。これらの結果、同一の溶接継手に関する測定結果ではないものの、10倍と20倍の拡大倍率の差が測定結果におよぼす影響は小さいと考えられる。止端角 θ は、平均値が20倍で44°、10倍で51°、50°となっているが、拡大倍率の差により θ が変化するとは考えられず、測定したリブ十字すみ肉溶接継手の違いによるものと判断される。

無暴露材の ρ の95%信頼区間の下限界値が0.23~0.34 mm であるのに対し、暴露材ではいずれも溶接止端半径 ρ が大きくなっていることがわかる。10年暴露材では、鋼種の差、暴露面の上下面を問わず、すべて1mmを越えた。さらに、4年暴露材に比べて同等か大きくなった。

止端角 θ は、SMA 50 と SM 50 の鋼種により差が生じているが、無暴露材と大気暴露材とを比較すると両鋼種とも明確な差はみられない。

Fig.9 は、大気暴露にともなう SMA 50 の止端形状の変化を示したものである。無暴露材に比べて大気暴露材の ρ および鋼材表面の凹凸が大きいたことがわかる。溶接止端部のさび層の厚さおよび腐食ピットの深さは前節の方法では測定できないが、溶接止端部付近の表面の凹凸状況は、図中右側の平滑部とほぼ同じであると考えられる。

文献1)で示された結果と同様に10年暴露材でも溶接止端半径が無暴露材より大きくなっており、そのため暴露材の疲労寿命が無暴露材より長寿命側になった疲労試験結果が理解できる。

また、本研究における試験体の暴露状況は前述のよう

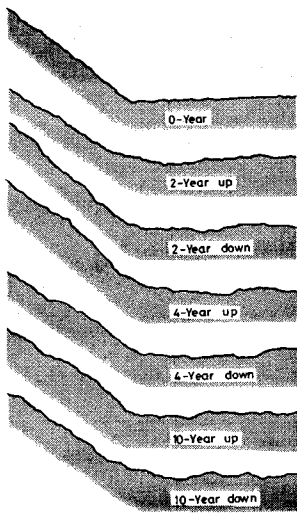


Fig.9 Typical fillet weld toe profiles of non-weathered, 2-year, 4-year and 10-year weathered stiffener specimens.

に耐候性鋼の暴露環境としてはよい環境にあるが、実際の橋梁では、水平や垂直な部材や雨にあたらない道路橋の内部などのような部材が数多くあり、暴露条件が異なる。このような観点からの暴露データもそろいつつあり⁶⁾、表面荒さ、溶接止端形状などについて本計測値との比較も必要になってくると思われる。

4. ま と め

10年大気暴露された耐候性鋼および普通鋼の溶接継手の疲労試験を実施し、過去に行われた2年間および4年間の大気暴露材の実験結果と比較することにより、長期間大気暴露が疲労挙動におよぼす影響の検討を行った。用いた試験体は、リブ十字すみ肉溶接継手では、SMA 50 11体、SM 50 8体の合計19体である。ガセット溶接継手では、10年暴露材を9体と、比較のため10年間実験室で保存したもの11体を試験した。

得られた結果を要約すると次のようになる。

(1) リブ十字すみ肉溶接継手の疲労試験の結果から、10年大気暴露されたSMA 50とSM 50の溶接継手の疲労挙動に有意差はみられない。

(2) 疲労破断した実験データから判断すると、10年間大気暴露された試験体の疲労寿命は、4年間大気暴露材のそれとほぼ同等であり疲労寿命の低下はみられない。

(3) $\sigma_r=176$ MPaで試験した試験体のうち未破断のものを比較すると、4年大気暴露材では8体中2体であり、10年大気暴露材では12体中7体であった。このことから10年間の大気暴露が疲労き裂を発生しにくくしたことが推定される。

(4) 大気暴露後の耐候性鋼リブ十字すみ肉溶接継手

の疲労試験データを検討した結果、設計S-N線図としてJSSC Eが適当と考えられる。

(5) ガセット溶接継手の試験結果から、母材幅が60 mmの試験体の疲労寿命は幅が80 mmのものとはほぼ同等とみなすことができる。

(6) ガセット溶接継手においても、リブ十字すみ肉溶接継手と同様に10年大気暴露材の疲労寿命は4年大気暴露材と同等であり、疲労寿命の低下はみられない。未破断データの数についても、リブ十字すみ肉溶接継手と同様に10年大気暴露材で増加した。設計S-N線図としてJSSC Fを適用できる。

(7) 平滑部の鋼材表面の凹凸は、4年大気暴露材では、SMA 50とSM 50との差、および上面と下面の差がみられず、およそ0.2~0.3 mmであったが、10年間大気暴露されたSM 50では、下面において0.65 mm程度に増大した。SMA 50では、4年大気暴露材とほぼ同じであった。

(8) 溶接止端形状の測定結果から、リブ十字すみ肉溶接継手およびガセット溶接継手の両方とも、10年大気暴露材の止端半径は、4年大気暴露材と同等か大きくなっている。

謝 辞

本研究は、昭和52年(1977)からスタートした耐候性鋼溶接継手の大気暴露後の疲労挙動に関する研究の一部である。初年度には名古屋高速道路公社と新日本製鉄株式会社から援助を受け、トビー工業(株)豊橋製造所敷地内に大量の試験体を暴露してきた。11年目になった本研究には、名古屋高速道路公社からの援助と名城大学学術研究助成費を使用した。本研究を進めるにあたり、塚本勝巳(名城大学大学院)、安藤誠(現オリエンタルコンサルタント)、西岡茂孝(現姫野組)、柳貴万(現玉野総合コンサルタント)、山田幸稔(現東京建設コンサルタント)、青木尚夫(トビー工業)、田村勝巳(同)の諸氏には多大な協力をいただいた。ここに記して感謝の意を表します。

Appendix

ガセット溶接継手では、ガセットのすみ肉まわし溶接止端部の応力集中は試験体の母材幅の影響をうけることが予想される。本研究では、母材幅60 mmの引張試験体を用いて得られた疲労試験結果を、これまで実施された幅80 mmの試験体の試験結果と比較して、疲労寿命の経年変化について考察している。このため、母材幅80 mmおよび60 mmのガセット試験体のすみ肉まわし溶接止端部の応力集中係数を3次元有限要素法解析により算定し比較した。

解析は、ガセット試験体の表裏、左右および上下の3

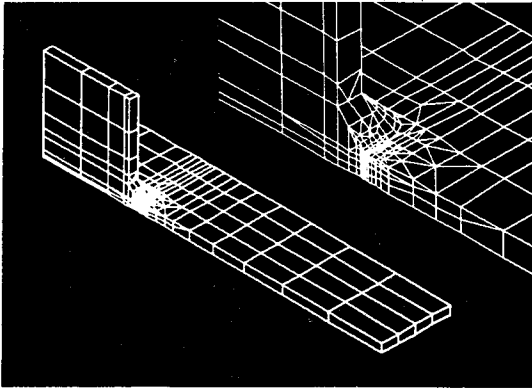


Fig.A1 Element division of gusset specimen for FEM.

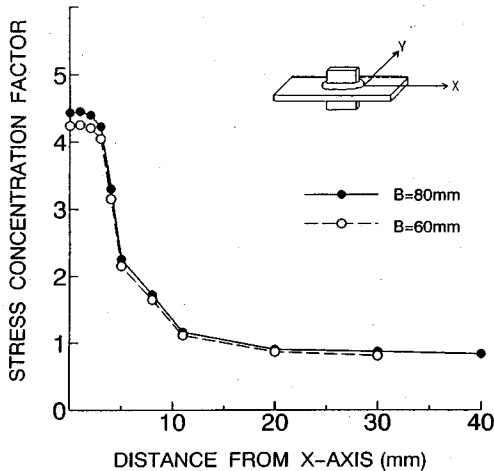


Fig.A2 Comparison of σ_x stress distribution.

軸対称を考慮して全体の1/8区域を対象として行った。
母材幅80mmの試験片の要素分割をFig.A1に示す。

解析には、汎用プログラムMARCを用い、3次元ソリッド要素の最小要素寸法を0.2mm×1.0mm×0.2mmとした。これらの値は、それぞれ縦方向、板幅方向および板厚方向の値である。溶接止端形状は、止端角 $\theta=45^\circ$ 、止端半径 $\rho=0$ mmとした。

Fig.A2にすみ肉まわし溶接止端をふくむ板幅(Y軸)方向の σ_x 分布(板表面)を示す。実線は $B=80$ mm、破線は $B=60$ mmの解析結果である。板幅方向全体にわたって $B=60$ mmの試験体の応力が小さい。まわし溶接止端部の応力集中係数は、板幅 $B=60$ mmの場合には $K_t=4.25$ であり、板幅 $B=80$ mmの場合の $K_t=4.44$ より約5%小さい。

参考文献

- 1) 山田健太郎・村山眞・近藤明雅・菊池洋一：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年9月。
- 2) 山田健太郎・牧野時則・菊池洋一：横リブ十字隅肉溶接止端部に発生する疲労亀裂の解析，土木学会論文報告集，第292号，1979年2月。
- 3) 山田健太郎・牧野時則・馬場千尋・菊池洋一：疲労亀裂の進展挙動に注目したガセット継手の疲労強度解析，土木学会論文報告集，第303号，1980年11月。
- 4) 日本鋼構造協会：疲労設計指針，1989。
- 5) American Association of State Highway and Transportation Officials: Standard Specification for Highway Bridges, Washington, D.C., 1983。
- 6) 建設省土木研究所・鋼材倶楽部・日本橋梁建設協会：耐候性鋼材の橋梁への適用に関する共同研究報告書(XV I)―耐候性鋼材の暴露試験のまとめ―，共同研究報告書第71号，1991。

(1993.5.6受付)

FATIGUE OF 10-YEAR WEATHERED WELDED JOINTS OF WEATHERING AND STRUCTURAL STEELS

Akimasa KONDO, Kentaro YAMADA and Yoichi KIKUCHI

Change in fatigue strength of unpainted welded joints of weathering steel and structural steel due to long term atmospheric exposure is one of the essential factor in using the weathering steel for bridges. Fatigue tests of 10-year weathered 19 stiffener specimens and 9 gusset specimens were carried out. Additional 11 non-weathered gusset specimens were tested for comparison. The fatigue test results were compared with previous fatigue test data. It was found that no reduction in fatigue life was observed even after 10-year of weathering, comparing with the non-weathered, 2-year and 4-year weathered specimen. The runout levels of fatigue strength were also increased, because more data became runout even at higher stress range levels. Measurement of weld toe profiles indicated that the gain in fatigue strength is due to the increase in weld toe radius.