

I-129 大気中疲労と腐食疲労に関する実験的研究

大同工業大学 正員 事口 寿男
福井工業高専 正員○前島 正彦

1. はじめに

海洋構造物は風や波浪によって長期的な繰り返し荷重を受けるとともに、NaClの存在のもとで湿食作用を受ける、典型的な腐食疲労の環境にある。腐食疲労に関しては機械関係で多くの研究がなされているが、回転曲げを受ける部材に対する研究が中心であり、 10^7 回の荷重繰り返しでは大気中の疲労現象で現われる疲労限界は認められず、しかも、いわゆるS-N曲線の勾配が繰り返し数 10^7 回あたりから再び急になるといわれている。しかし、構造物のように長期にわたって使用される部材についての腐食疲労に関する研究はあまりなされていない現状で、海洋構造物に使用される鋼材について腐食疲労特性を明らかにしておく必要があると思われる。SS41材について、部材が疲労を受けやすい片振り引張疲労試験を行った結果を報告する。ここには、腐食疲労の基礎データとして、大気中の実験結果をまとめ、腐食疲労については大気中疲労に比べ疲労強度が小さくなる結果を得ているが、発表当日まとめて報告する。

また、構造物の構成要素が地震などの過大な外力のため、比較的少ない回数であるが、塑性状態のままで繰り返し荷重を受けることがある。このような非弾性域における負荷履歴後の構造物の安全性を検討するには、非弾性域で低サイクル疲労を受けた後の鋼材の機械的性質を熟知することが必要である。最大応力を非弾性域にとって、低サイクル疲労後の鋼材の機械的性質が、その負荷履歴によってどのように影響を受けるかも実験によって調べたので、あわせて報告する。

2. 試験方法

実験に使用した材料はSS41材で、購入時の原寸 $500 \times 55 \times 9$ mmの鋼板を $250 \times 55 \times 9$ に金切鋸盤で切断し、縦フライスで端面を切削し、長さ246 mmにする。その後、形削り盤で荒削りし、平面研摩機で厚さを8 mmにし、最後に縦型NCスライスで500番以上の精度に仕上げる。

表1 供試材料の機械的性質および化学成分

引 張 試 験			化 学 成 分 (%)				
降 伏 点	引張強度	伸び率	C	S _i	M _n	P	S
34 kg/mm ²	43 kg/mm ²	30 %	0.08	0.24	0.84	0.02	0.05

また、疲労強度は表面の欠陥に大きく影響されるが、この同一工程で処理された同一形状の試験片の性状は同一と思われる。この実験に使用した鋼材の機械的性質と化学的性質のミルシートによる値を表1に示す。試験片の大きさ形状はJIS引張5号試験片に準ずるが、そのままの形状では疲労破壊が定着部付近に発生するので、疲労破断が試験片中央に来るように改良した試験片を図1に示す。

本研究で行った実験は、(1) 負荷履歴のない鋼材（以後、無履歴材という）に対する静的引張破断試験 (2) 無履歴材に対する大気中疲労試験、(3) 無履歴材に対する腐食疲労試験、(4) 降伏点前後の荷重を $10^3 \sim 10^4$ 回繰り返し載荷した鋼材（以後、履歴材という）に対する静的引張破断試験、(5) 履歴材に対する大気中疲労試験、(6) 履歴材に対する腐食疲労試験である。

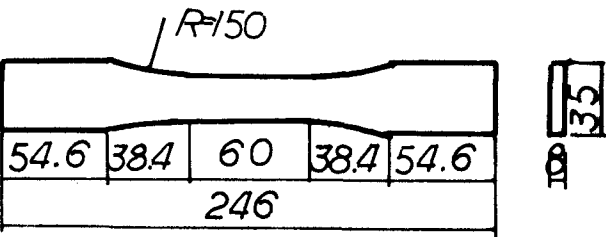


図1 試験片の形状及び寸法

3. 結果と考察 無履歴材と履歴材に対する静的引張破断試験の結果を表2に示す。無履歴材の弾性係数204 GPa、ポアソン比0.26、降伏点337.9 MPa、極限強度418.6 MPaでミルシートの値

をやや下回る。また、降伏点伸び $\lambda_f=2.11\%$ であった。また、表から明らかなように、降伏点前後の荷重履歴は降伏点応力度、極限強度、破壊強度、伸びに対して影響を与えないが、弾性係数と絞りには大きな影響を与える。特に、弾性係数は、5000回繰り返しの最大荷重 $0.91\sigma_{yo}$ と $0.98\sigma_{yo}$ の場合に 17.2GPa となり、無履歴材を 15.5% 下回る。この実験では、 10^4 回負荷を繰り返した場合より 5×10^3 回負荷を繰り返した場合の方が弾性係数の低下が大きく、また負荷最大荷重の大きさと弾性係数の低下率の間にも特に関係は見い出せない。降伏点近傍の荷重履歴を繰り返し与えることによって、弾性係数が低下することは明らかである。

表2 無履歴材と履歴材の静的引張破断試験の結果
(σ_{yo} は無履歴材の降伏点応力度)

回数	σ_{max} $\times \sigma_{yo}$	E GPa	ν	σ_y MPa	σ_u MPa	σ_B MPa	伸び (%)
無履歴材平均		204	0.26	337.9	418.6	365.3	43.8
1000	0.98	200	0.24	337.1	415.2	355.8	44.0
10000	1.02	191	0.25	323.4	417.1	408.4	46.0
10000	1.04	203	0.24	318.4	404.5	366.5	44.0
10000	0.98	201	0.24	339.7	414.5	414.0	42.0
5000	1.01	198	0.26	330.9	409.5	382.7	46.0
5000	0.93	221	0.28	342.8	435.8	402.1	45.0
5000	0.92	184	0.26	322.0	413.4	412.7	45.0
5000	1.00	189	0.26	349.6	403.4	353.4	42.0
5000	1.06	178	0.26	349.6	425.2	377.1	45.0
5000	0.95	184	0.26	334.7	417.1	359.7	44.0
5000	0.91	172	0.27	320.3	428.4	377.1	44.0
5000	0.98	172	0.27	345.3	420.2	385.5	44.0

断面の絞りの大きさは、無履歴材では平均4.4%であったが、履歴材では、若干、増加の傾向が見られ、また、ポアソン比はわずかに大きくなる傾向が見られる。弾性係数の低下・絞りの増加・ポアソン比の増加から、SS41材は降伏点近傍の荷重履歴によって、軟化・延性化の傾向を示すと考えられる。

図2に、無履歴材と履歴材に対して行った片振り引張疲労試験の結果、得られた $S-\log N$ 曲線を示す。この疲労試験に使用した履歴材の応力履歴は、静的引張試験で求められた降伏点応力まで、 10^3 回の繰り返し負荷を行ったものである。荷重の波形は、前段階・疲労試験段階とも正弦波荷重で、負荷サイクルは10サイクル/秒である。

履歴材の疲労強度は低下するという報告もあるが、本実験では $S-N$ 曲線に差異は見られず、疲労限界は、履歴材・無履歴材とも約320MPaである。

4. 参考文献

- 1) 事口寿男, Corrosion and Corrosion Fatigue of Off-shore Structure, 海洋構造物の動的疲労とその設計に関するシンポジウム, Feb. 19, 1988
- 2) 小林他, 非弾性域における負荷履歴のあるSM580材の疲労強度について, 第38回土木学会年次学術講演会, Oct, 1982
- 3) 小林他, 降伏点を越える繰り返し荷重を受けた鋼材の機械的性質, 第36回土木学会年次学術講演会, Oct, 1980

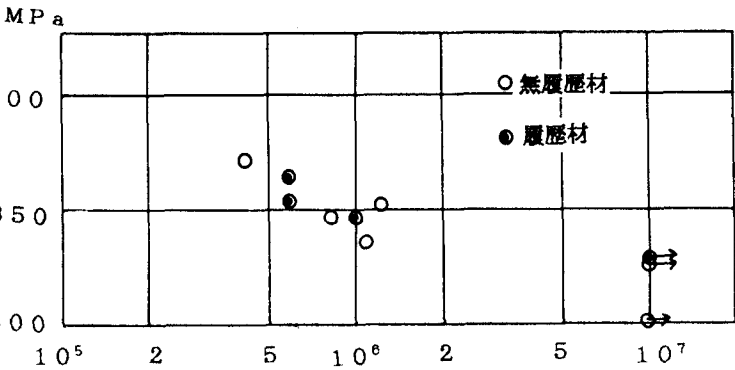


図2 履歴材と無履歴材の $S-N$ 曲線

なお、この研究は昭和62年度科学研究費（海外学術研究）による研究の一部である。