

福井大学工学部 正○ 服部 修次 福井大学大学院 Haftirman
 福井大学工学部 正 岡田 庸敬

1.はじめに

先に、鉄鋼材料やアルミニウム合金などの金属材料の疲労強度に及ぼす高湿環境の影響について検討したところ、相対湿度が70%以上になると疲労強度が急速に低下し、イオン交換水中の強度に等しくなる遷移現象が現れることを見出した^{1), 2)}。本研究では、高湿環境下の疲労強度に及ぼす試験片寸法の影響について検討した。

2.供試材料及び試験方法

供試材料は、一般構造用圧延鋼材SS400と炭素鋼S45Cを用いた。材料の化学成分と機械的性質を表1に示す。それぞれ図1に示すように直径8mm, 2mm, 1mmの砂時計形試験片に機械加工し、表面はエメリー紙1200番まで研磨した。疲労試験には、繰返し速度25Hzの片持ち回転曲げ疲労試験機を使用した。試験環境は相対湿度20%~90%で、70%~90%の高湿環境は制御装置のついた加湿器を、20%の低湿環境は試験槽内をシリカゲルで除湿した。参考のためにイオン交換水中でも試験した。

Table 1 Chemical composition and mechanical properties of the materials

Material	C	Si	Mn	P	S	σ_B MPa	HV
SS400	0.12	0.14	0.54	0.016	0.028	657	190
S45C	0.45	0.25	0.79	0.011	0.010	781	226

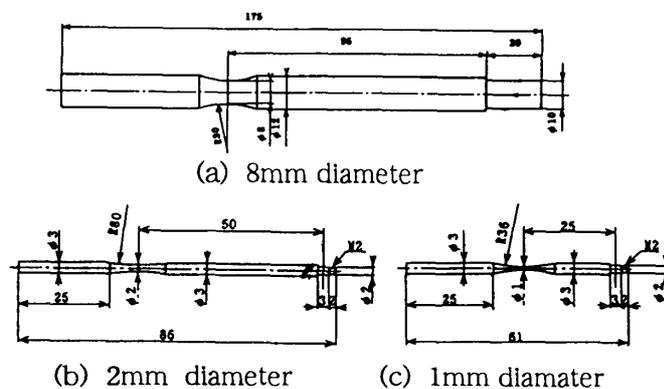


Fig.1 Shape of the specimen

3.試験結果

図2は一例としてSS400鋼の2mm材のS-N曲線である。相対湿度が20%~80%では疲労強度にあまり差はないが、相対湿度90%になるとやや強度低下し、イオン交換水中になると大きく強度低下する。図3は1mm材の結果で、相対湿度20%中と大気中(湿度60%)では疲労強度は同じであるが、相対湿度が70%になると強度低下し始め、相対湿度80%ではさらに低下する。湿度90%の強度は湿度80%の場合とそれほど変わらない。また、イオン交換水中の強度は湿度90%中の結果からやや下回る程度である。同様な傾向はS45C炭素鋼の場合にも認められたが、紙面の都合上図は省略する。

図4は、直径8mm材の結果も含めてSS400鋼の 10^7 時間強度を相対湿度で整理したものである。8mm材では、相対湿度が20~80%で 10^7 時間強度は一定であるが、湿度90%になるとやや強度低下する。2mm材、1mm材の大気湿度(60%)中の

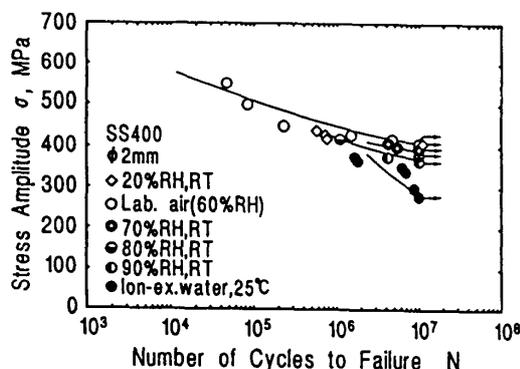


Fig.2 S-N curves (2mm diameter)

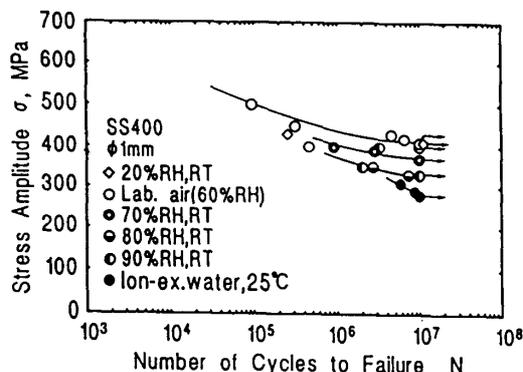


Fig.3 S-N curves (1mm diameter)

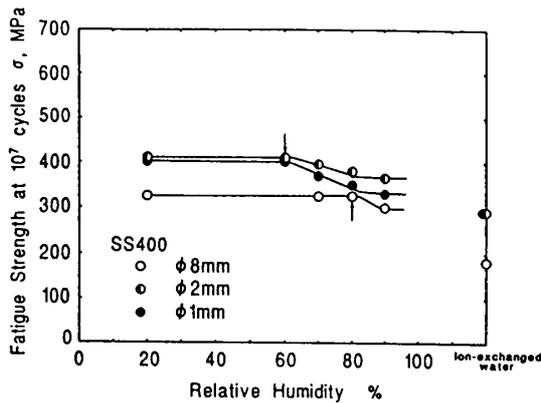


Fig.4 Relation between humidity and fatigue strength (SS400)

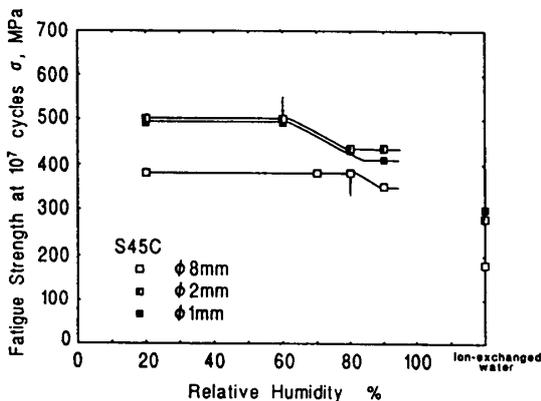


Fig.5 Relation between humidity and fatigue strength (S45C)

疲労強度は8mm材に比べて約80MPa上昇する。試験片直径が小さくなると応力勾配が大きくなると同時に、直径3mmの素材から試験片を作成しているので、引抜きのために素材の段階で加工硬化していたためと考えられる。どの直径の試験片も低湿度から高湿度にかけて疲労強度が低下する遷移現象が認められるが、直径の小さい2mm材や1mm材では遷移現象の生じる湿度が低湿度側へ移動する。一方、硬さの高いS45C鋼でも図5に示すように、どの直径の試験片も遷移現象の生じる湿度はSS400鋼とほとんど変わらない。高湿度環境中のような弱い腐食性の環境中の鉄鋼材料の腐食では、組織の影響をあまり受けないという従来の結果³⁾とも一致する。

また、図4、図5から試験片直径が小さいとき湿度の影響を受けて大きく強度低下することがわかる。これは直径が大きい試験片で回転曲げ試験を行うと、試験片が回転するために表面に形成される水分子被膜が蒸発したり、ある部分が吹き飛ばされたりして不均一な被膜形成となって腐食されにくくなるのに対し、直径が小さくなると周速度が小さくなって水分子被膜で覆われた状態になっ

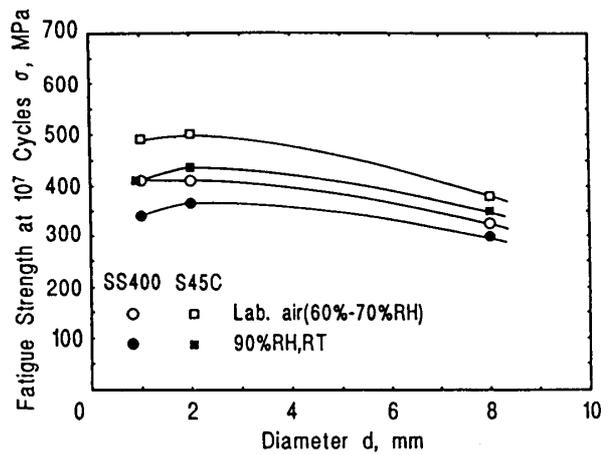


Fig.6 Relation between specimen diameter and fatigue strength

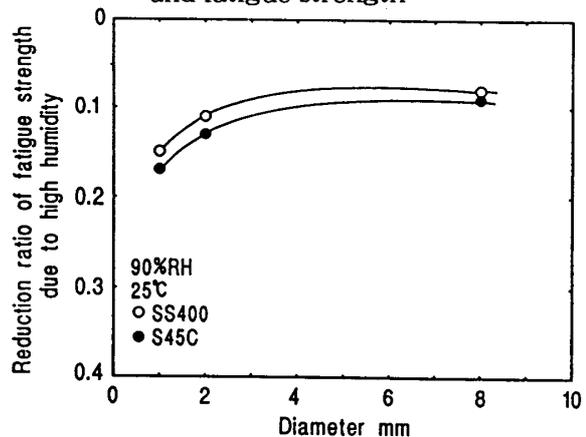


Fig.7 Relation between specimen diameter and reduction ratio of fatigue strength due to high humidity

て腐食しやすくなったためと考えられる。このように考えると、不均一な水分子被膜を形成する8mm材では高湿度環境からイオン交換水中になると大きく強度低下するが、水分子被膜に覆われる1mm材ではイオン交換水中とほぼ同じ強度を示すことも理解できる。

図6は実験室大気中（湿度約70%）と湿度90%の高湿度環境中での10⁷時間強度を直径に対して整理したものである。実験室湿度では、直径が8mmから小さくなると寸法効果のために強度が増加する。高湿度環境中では、大気中の寸法効果と高湿度環境の影響が重畳して、2mmをピークとした上に凸の曲線となる。大気中の寸法効果の影響を除外して高湿度環境の影響を明らかにするために、大気中の疲労強度に対する高湿度環境による疲労強度の低下率を算出した結果を図7に示す。両材とも試験片の直径が小さくなるにつれて低下率が大きくなるが、低下率は切欠き感受性の高いS45C鋼の方が大きい。小さい試験片では高湿度環境中で疲労強度が低下するので注意が必要である。

（結言、参考文献略）