

# 金属材料疲労強度データベースによる 高強度鋼の確率疲労特性の解析

高松高専 岡田憲司 高松高専[専] ○古市真知子  
高松高専 酒井 孝 立命館大学 酒井達雄  
大阪大学 菅田 淳 大阪工業大学 西川 出

## 1. 緒 言

日本材料学会では1996年に「金属材料疲労強度データ集」の全面改訂版“DATABASE ON FATIGUE STRENGTH OF METALLIC MATERIALS”を出版すると共に、データベースについても全面改訂版<sup>1)</sup>を公開し、以来、各方面で有効利用されている。

また、2002年には学会創立50周年記念事業の一環として、金属材料疲労信頼性評価標準【*S-N*曲線回帰法】と題する学会標準<sup>2)</sup>を出版している。この学会標準は書籍と共に、実際に *S-N* 曲線を回帰するためのソフトウェア (CD-ROM) がセットされているのが特徴である。

本研究は最近、超長寿命域の疲労現象で取り上げられることの多い高強度鋼のうち、金属材料疲労強度データ集に収録されたデータシリーズ数の多いクロムモリブデン鋼 SCM435 と SCM440 およびニッケルクロムモリブデン鋼 SNCM439 を選び、丸棒の平滑または砂時計型試験片による回転曲げ疲労試験結果データを検索し、確率疲労特性の解析を試みた。

## 2. JSMS 金属材料疲労強度データベースによる確率疲労特性の解析

### 2.1 データベースからの検索結果

日本材料学会で編集された DATABASE ON FATIGUE STRENGTH OF METALLIC MATERIALS に収録されている SCM435 の疲労試験結果は 65 シリーズ、SCM440 は 71 シリーズおよび SNCM439 は 61 シリーズある。このうち、今回の検索対象とした丸棒平滑および砂時計型試験片による回転曲げ疲労試験のものは SCM435 鋼が 31 シリーズ、SCM440 鋼が 28 シリーズ、SNCM439 鋼は 14 シリーズである。引張強さ  $\sigma_B$  のばらつきは SCM435 が 686MPa~1881MPa、SCM440 が 734MPa~1247MPa、SNCM439 が 803MPa~1890MPa といずれも大きく変動している。

### 2.2 SCM435 の確率疲労特性

Fig.1 は、SCM435 の 31 シリーズの疲労試験結果をすべてプロットしたものであり、縦軸には応力振幅をとっている。プロット総数は 1502 点と極めて多い。これは 31 シリーズ中、統計的疲労試験結果が 11 シリーズも含まれていて、その各シリーズが 100~200 点の実験点を持つからである。

SCM435 の  $\sigma_B$  が大きく変動していることに起因して、各シリーズごとの *S-N* データは図中で大きく散らばっている。強度レベルが高ければ *S-N* 曲線も高強度側に現れ、強度レ

ベルの低下に伴って *S-N* 曲線は低強度側に現れるからである。この状態で描いた 5 本の曲線は、*S-N* 曲線回帰法ソフトを用いて、片対数曲線モデルを選んで描いた確率 1%、10%、50%、90%、99% における連続低下型 *P-S-N* 曲線である。疲労限度型 *P-S-N* 曲線を選ばなかったのは Fig.1 から疲労限度を決められないためである。

ここで、*S-N* 特性を強度レベルに関して標準化するために、応力振幅  $\sigma_a$  を引張強さ  $\sigma_B$  で除した  $\sigma_a/\sigma_B$  を縦軸にとって、Fig.1 の *P-S-N* 線図を再プロットしたものが Fig.2 である。 $\sigma_B$  不明の試験シリーズがあるため、Fig.1 と比較して、実験点が 1470 点となっているが、共通の散布帯

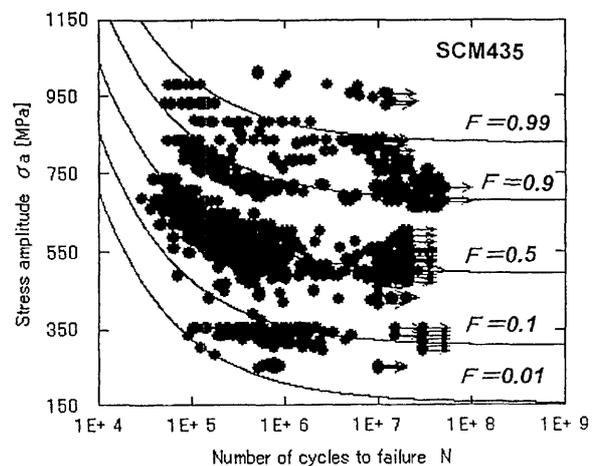


Fig.1  $\sigma_a$ -*N* diagram (SCM435)

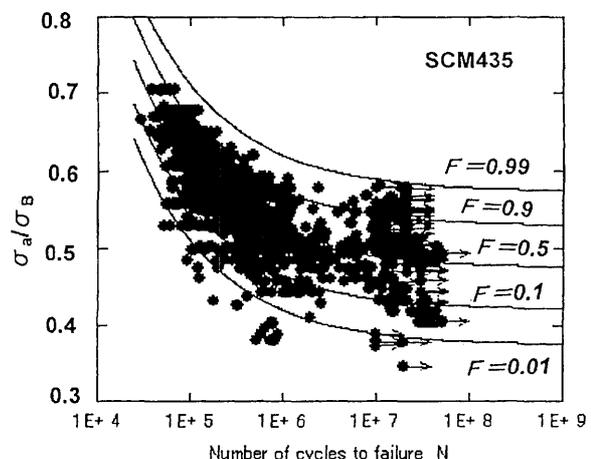


Fig.2  $\sigma_a/\sigma_B$ -*N* diagram (SCM435)

に集まってくる傾向が認められる。これは構造用炭素鋼に関し別法<sup>3)</sup>でも確認されている特長であり、強度レベルの異なる金属材料の  $S-N$  データの標準化として、本法の有効性を示すものである。Fig. 2 に描いた 5 本の曲線は、縦軸の数値を 1000 倍し、ソフトウェアを作動させる応力数値範囲に変換して描いた連続低下型  $P-S-N$  曲線である。

### 2.3 SCM440 の確率疲労特性

同様の解析を SCM440 について行ったものがそれぞれ Fig. 3, Fig. 4 である。実験点は Fig. 3 で 292 点、Fig. 4 で 224 点である。統計的疲労試験結果は 1 シリーズのみであり、これが Fig. 4 においてもばらつきがさほど減ったように見えない原因のひとつであろう。なお、紙面の都合で省略するが、その唯一の  $PV$  データ (コードシリーズ 189-100) の  $S-N$  特性を見ると破断点の配置関係に表面起点型破断と内部起点型破断に分離するような傾向も見えており、今後、詳細な検討を行う予定である。

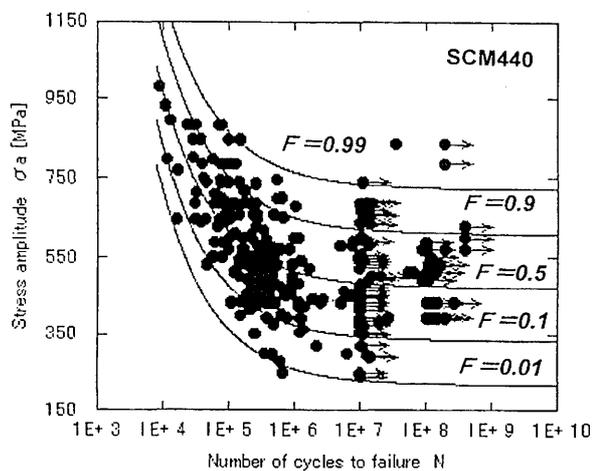


Fig. 3  $\sigma_a-N$  diagram (SCM440)

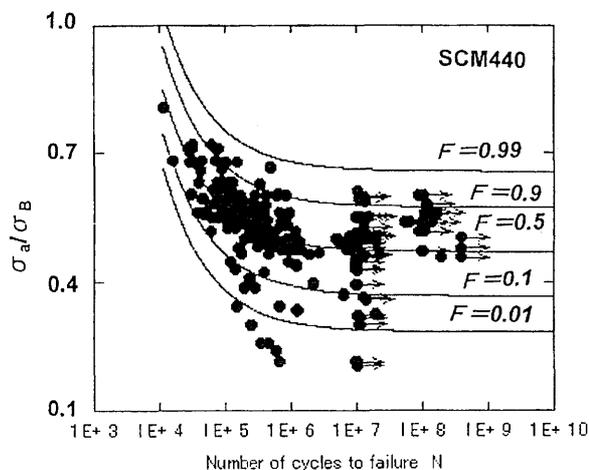


Fig. 4  $\sigma_a/\sigma_B-N$  diagram (SCM440)

### 2.4 SNCM439 の確率疲労特性

SNCM439 鋼についても同様に解析を行ったものがそれぞれ Fig. 5, Fig. 6 である。実験点は Fig. 5, Fig. 6 共に 474 点であり  $\sigma_B$  の不明なものはない。14 シリーズ中、 $PV$  データシリーズは 3 つで、この 3 シリーズはいずれもデータ数が 100~150 点あり、全データの約 80% を占める。そのためもあり、Fig. 5 で大きかったばらつきが Fig. 6 では極端に小さくなっており、SCM435 鋼と同様の傾向が見られる。紙面の都合で省略するが、 $PV$  データ中、コードシリーズ 204-120 が明確な 2 段折れ曲がり現象を示しており、今後、詳細な検討を行っていく予定である。

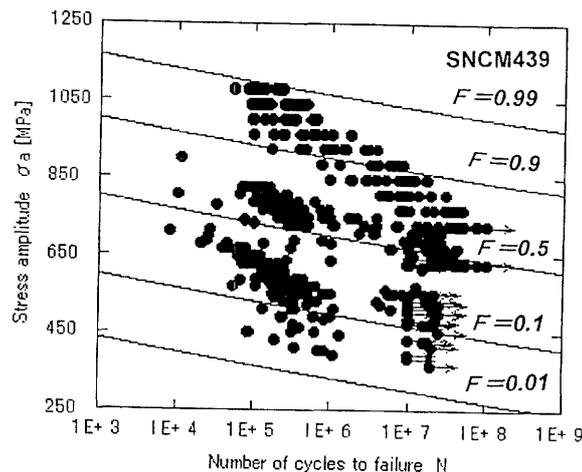


Fig. 5  $\sigma_a-N$  diagram (SNCM439)

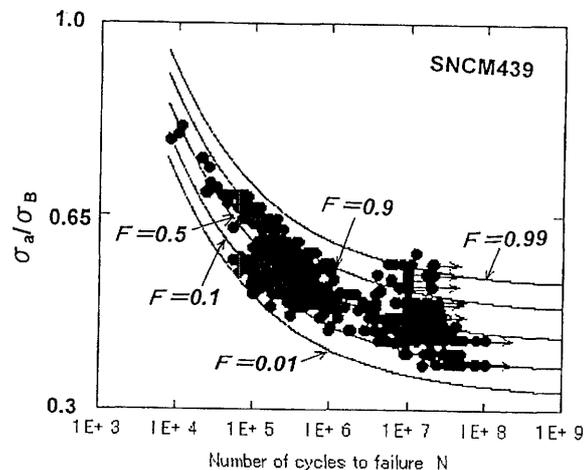


Fig. 6  $\sigma_a/\sigma_B-N$  diagram (SNCM439)

### 参考文献

- 1) 日本材料学会, 金属材料疲労強度データベース, FD, (1996).
- 2) 日本材料学会編, “金属材料疲労信頼性評価標準【 $S-N$  曲線回帰法】”, 日本材料学会, (2002).
- 3) 酒井達雄, 安井秀昭, 田中道七, 材料, 36, 915 (1987)