

# 球状黒鉛鑄鉄疲労強度に及ぼす切削面の影響

材料技術部 構造評価チーム  
構造材料チーム

殿塚易行  
佐野明彦

球状黒鉛鑄鉄は表面付近の鑄造欠陥が疲労起点となるため、疲労強度に及ぼす表面状態の影響が一般鋼材と異なる可能性がある。本件研究では、球状黒鉛鑄鉄の疲労強度に及ぼすフライス切削面の影響について調べた。その結果、疲労強度は一般鋼材と同様に表面粗さの影響を受けるほか、研磨面と比較して切削により疲労強度が高くなる場合があり、研磨試験片を使用している既存の疲労データを切削面に適用する際は考慮した方がよいことがわかった。

キーワード：球状黒鉛鑄鉄，切削，4点曲げ，疲労強度，鑄造欠陥，表面粗さ

## 1 はじめに

疲労強度設計において、製品の安全性と経済性を両立させるためには、材料の正確な疲労データが求められる。疲労強度は表面の状態が大きく影響するが、疲労データは通常表面が研磨された試験片のデータであるため、これと粗さが異なる切削面の場合には適切な補正が必要となる。表面付近の鑄造欠陥が疲労起点となる球状黒鉛鑄鉄では、切削面の影響が一般鋼材と異なる可能性がある。そこで本研究では、球状黒鉛鑄鉄の疲労試験を実施し、実用上重要である切削面（表面粗さ）の影響について調べた。

## 2 実験方法

強度の異なる3種類の球状黒鉛鑄鉄ブロック(FCD400, FCD600, FCD700)から板状試験片(68×20×6)を切り出し、表面のフライス切削条件（送り速度）を変えて、図1, 2のように表面粗さが異なる3種類(A1, A2, A3, 加工痕は幅方向)の切削面と、バフ研磨で表面粗さRaを0.2以下にした研磨面の試験片を用意した。比較のため、S45C-H(調質)とS45C-N(焼ならし)で同様の表面粗さの試験片も用意した。インストロン製8802型疲労試験機を用いて図3のような4点曲げ疲労試験（応力比 $R=0$ ，周波数 $f=48\text{Hz}$ ）を実施し、破壊した試験片の破面をSEMにより観察した。また、切削面付近の断面の金属組織も観察した。各材料の静的4点曲げ特性（比例限度を超えるまで）を図4に示す。

## 3 実験結果

### 3.1 疲労試験

各材料のSN線図を図5~7に、表面粗さRaと疲労強度の関係を図8に示す。各材料とも表面粗さが増大するにしたがって疲労強度は低下する傾向がある。しかし、FCD600, FCD700の切削面の疲労限度は研磨面のそれと比較して高く、A1では20%程度高い。また、FCD400の

疲労限度は、研磨面と切削面の差はあまりみられない。なお、FCD600の疲労強度は引張強さの割に低かった。

### 3.2 破面解析

球状黒鉛鑄鉄の疲労起点のほとんどは表面付近の引け巣であった。この引け巣の寸法( $\sqrt{\text{area}}$ )は、FCD400とFCD700では平均約 $280\mu\text{m}$ であり、FCD600では平均約 $480\mu\text{m}$ であった。すなわち、引け巣の寸法は表面粗さ（加工痕）に対して十分大きく、これがほとんどの疲労起点が引け巣であった原因と考えられる。

FCD600の疲労起点付近のSEM写真を図9に示す。切削面では疲労き裂は加工痕に沿って進展しており、疲労き裂の進展方向は表面粗さ（加工痕）の影響を受けていることがわかる。

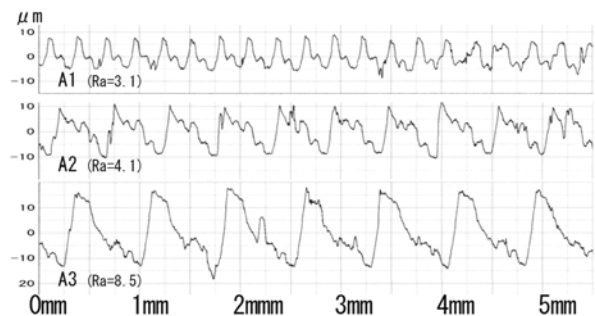


図1 フライス切削面粗さ

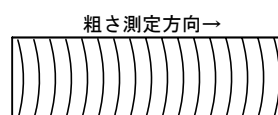


図2 フライス切削痕

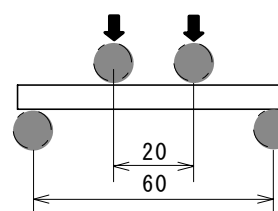


図3 4点曲げ疲労試験

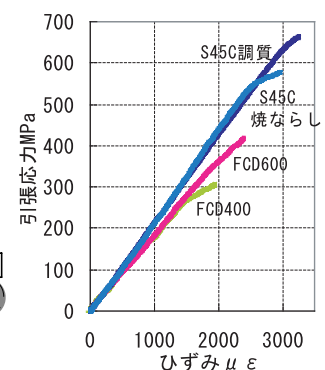


図4 静的特性(4点曲げ)

### 3. 3 金属組織観察

FCD400 の金属組織 (A2 切削面付近, 切削方向は紙面に  
 対して垂直) を図 10 に示す。FCD400 では切削による黒  
 鉛の変形や基地組織の変形が表面から 20~30 $\mu\text{m}$  の深さ  
 まで観察され, FCD600 では 10 数  $\mu\text{m}$  の深さまで観察され  
 した。しかし, 引け巣の寸法(数 100 $\mu\text{m}$ )に対しては十分小  
 さいため, 引け巣の寸法を大きく変化させるものではない  
 ことがわかった。

## 4 まとめ

球状黒鉛鋳鉄の疲労強度に及ぼす切削面の影響を調べた  
 結果, 次のようであった。

- 1) FCD600, 700 の疲労限度は, 研磨面より切削面の方  
 が最大 20%程度高かった。切削条件によってはさらに高  
 くなる可能性がある。研磨試験片を用いた従来の疲労デ  
 ータを切削面に適用する際は考慮した方がよい。切削面  
 の方が疲労強度が高くなった原因は切削による表面層の  
 加工硬化および圧縮残留応力の影響が考えられ, 今後調  
 査する予定である。
- 2) FCD400 の切削面の疲労強度は研磨面とほぼ同等で  
 ある。
- 3) 球状黒鉛鋳鉄の切削面では, 疲労き裂の発生は表面  
 粗さにかかわらず引け巣からで, 進展方向は表面粗さ(加  
 工痕)の影響を受ける。

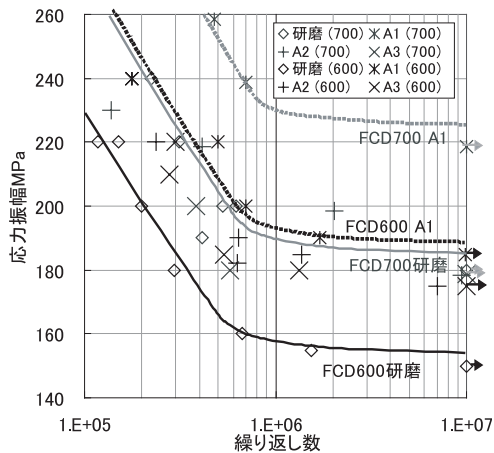


図5 疲労強度特性(FCD600, 700)

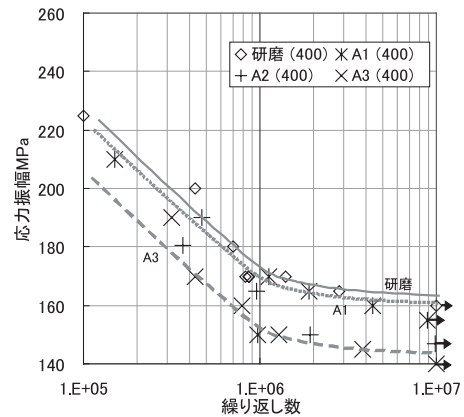


図6 疲労強度特性(FCD400)

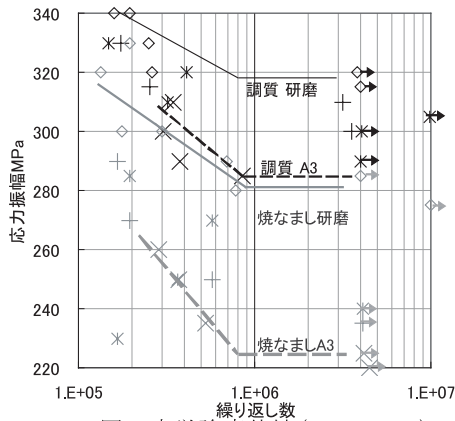


図7 疲労強度特性(S45C-H, N)

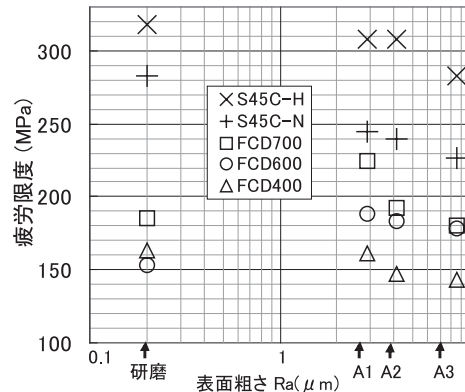


図8 表面粗さと疲労限度

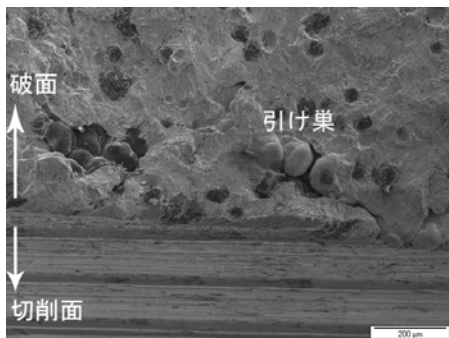


図9 疲労起点付近(FCD600 A2 破面より 45° 方向)

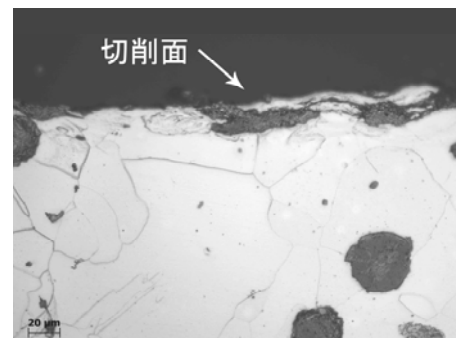


図10 切削面付近の金属組織(FCD400 A2)