

表面処理を施した部材の疲労強度解析

齊藤 光弘（情報・生産技術部 デザイン・設計グループ）

1. はじめに

本研究では、有限要素法シミュレーションソフト ANSYS Mechanical Pro の疲労ツール及びプリポスト機能である“表面コーティング”を使用し、ソリッドモデルの表面に薄膜層を設定した場合の応力寿命への影響を評価した。

2. 有限要素法シミュレーションソフトについて

当所では、3次元 CAD (Autodesk Inventor) と ANSYS Mechanical Pro を利用して、3次元モデリング及び静的構造解析の技術支援を実施している。ANSYS Mechanical Pro は疲労解析や非線形解析（大変形）に対応しており、また 2018 年より実装された“表面コーティング”では、シェル要素の厚さや材料及び物性値を指定することで、ソリッドモデルの表面にシェル要素を簡単に作成することが可能となっている。

3. 評価の方法

当所の疲労試験機（図 1）で実施した 4 点曲げ疲労試験を例に取り上げ、同一条件で疲労解析を行い、双方の結果

を比較した。試験の条件は以下の通りである。

- ・材質 A2017-T351
- ・表面処理（3 種類）
 - 処理なし
 - 炭化ケイ素（SiC, 厚み $45\mu\text{m}$ ）
 - タングステン（W, 厚み $53\mu\text{m}$ ）
- ・試験片の寸法 $6\times 20\times 68\text{mm}$
- ・荷重点（圧子）間距離 20mm
- ・支点間距離 60mm
- ・支点ピン径 $\phi 10$
- ・荷重の大きさ 1.7kN

疲労試験結果を図 2 に示す。応力振幅は、繰返し数（設計寿命） $1\text{E}+05\sim 1\text{E}+07$ を通し、処理なしの場合と比較して、SiC では約 14%、W では約 31%向上している。なおこの試験では、形状、荷重条件、拘束条件がすべて奥行き方向に対称となっているので、ANSYS Mechanical



図 1 疲労試験機（インストロン製 8802 型）

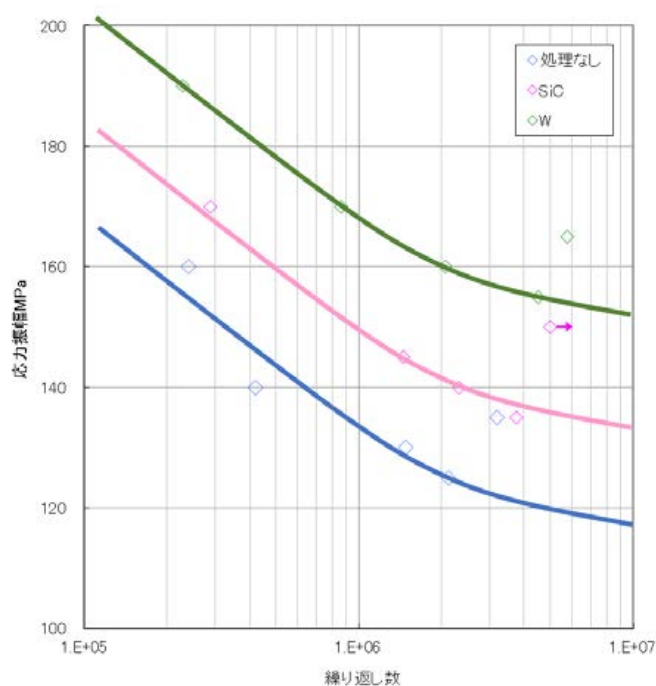


図 2 疲労試験結果（疲労強度特性）

Pro での疲労解析は、図 3 のように奥行き方向をカットした 1/2 モデル（幅 10mm）を作成し、その断面を“摩擦なし支持（対称条件）”として行った（この場合、加える荷重の大きさ（荷重点 2 つの合計）は半分の 850N となる）。このモデルの、収束計算を行う前のデフォルトの要素数は 33590 であり、要素サイズは 0.5mm と設定した。なお左右方向も条件は対称だが、試験片中央部分の応力等の結果を正確に評価するため、1/2 モデルを用いた。疲労解析では支点ピンは剛体とし、試験片と支点ピン及び荷重を加える圧子の接触条件は共に“摩擦なし接触”とし、圧子については、上下方向以外には動かないよう、左右方向の拘束を付加した。解析結果の評価は、試験片と支点ピン及び圧子の接触部分の影響を考慮し、試験片下面の、支点ピンとの接触部分を除いた中央部について行った。

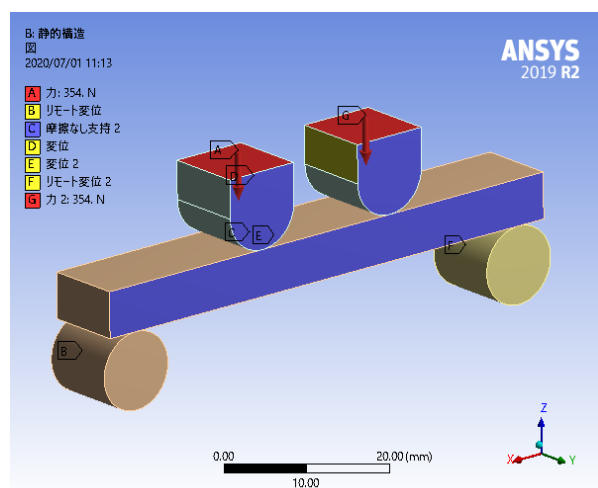


図 3 構造解析条件

4 結果および考察

ANSYS Mechanical Pro では、疲労解析結果として疲労感度（荷重履歴－サイクル線図）が得られる。この結果を図 2 と比較するため、疲労強度特性（繰返し数－応力振幅線図）に変換したのが図 4 である。この図より、応力振幅は処理なしの場合と比較して、SiC では約 28%、W では約 32%向上しているが、疲労試験の結果と比較すると、処理なしと W では約 30%、SiC では約 45%上回っている。疲労試験結果との差の原因としては、試験片と支点ピン及び圧子の接触条件、A2017-T351 の物性値として使用した S-N 曲線（交番応力－繰返し数）や、疲労強度係数等の疲労解析のパラメーターが適切でない事などが考えられる。

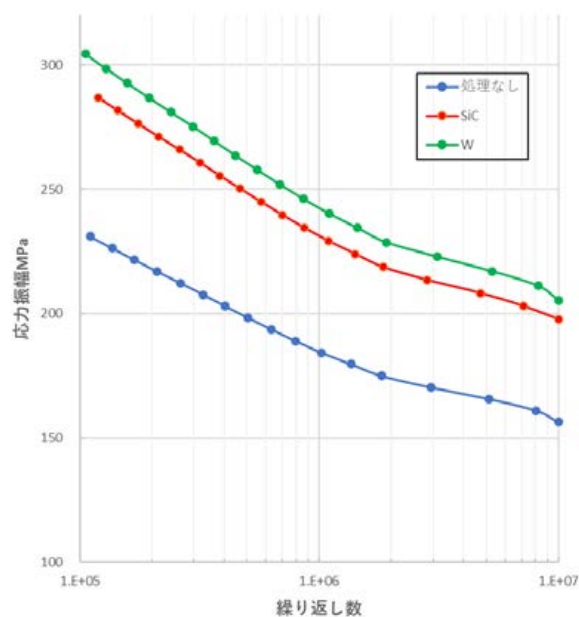


図 4 疲労解析結果（疲労強度特性）

5 おわりに

表面処理を施したソリッドモデルの疲労解析を行い、表面処理の有無や処理の違いによる効果を確認することが出来た。ただし、疲労試験結果との差については、疲労解析のパラメーターの検証及び見直しを行うと共に、他の材料で実施した疲労試験についても同様の検証を行い、精度を高めていく必要がある。今後は疲労試験とも連携し、依頼試験や受託研究など、企業支援への対応を可能とする。

【参考文献】

1. 線延飛，都井裕，日本シミュレーション学会論文誌，Vol.9，No.3，pp.39-45，(2017).
2. 加賀谷忠治，加藤政則，江上登，「材料」第 31 巻 第 343 号，pp.364-369，(1982).
3. 殿塚易行，斉藤光弘，“4 点曲げ疲労試験方法における試験片形状の影響”，神奈川県産業技術センター研究報告，No.19/2013
4. 殿塚易行，“4 点曲げによる「簡易的な疲労強度評価法」”，神奈川県産業技術センター研究報告，No.15/2009