

微視的停留き裂が存在する材料における疲労限度予測法

松枝, 剛広

<https://hdl.handle.net/2324/1441229>

出版情報：九州大学, 2013, 博士（工学）, 課程博士
バージョン：
権利関係：やむを得ない事由により本文ファイル非公開（3）

金属材料中には、介在物、鑄造欠陥、および切欠き、き裂など形状・寸法に再現性のない種々の微小欠陥が存在している。これらの微小欠陥は材料の疲労限度を低下させるため、種々の形状の微小欠陥が疲労限度に及ぼす影響を如何にして評価するかは工学上非常に重要な問題である。そのため、材料力学、破壊力学的観点から微小欠陥が存在する材料の疲労限度を予測する方法が複数提案されている。とりわけ、村上らが提案した材料中に存在する微小欠陥を応力的に最も厳しい条件となるき裂とみなし疲労限度を予測する手法は安全側での設計を行うことができ特筆すべきものである。また、このときの疲労限度は疲労き裂停留限界 σ_{w2} と呼ばれている。しかしながら、微小欠陥を有する材料の疲労限度はき裂と見做した場合の疲労限度よりも高い値を示す場合もあり、微小欠陥をき裂と見做せない場合の疲労限度を如何にして予測するかも重要な問題である。また、この時の疲労限度は疲労き裂発生限界 σ_{w1} と呼ばれている。ところが、微小欠陥をき裂と見做した場合の疲労限度と見做せない場合の疲労限度を予測する手法は別々に論じられ設計に必要な疲労限度データベースを構築するためには多くの試験と時間を必要としている。また、実材料中に存在する応力集中源は三次元的な形状を有しており、応力集中源の持つ応力場を考慮に入れて疲労限度を求める必要がある。さらに、材料中の欠陥がそれぞれ干渉しあうことで更なる疲労限度の低下をもたらすことが有る。そこで、本研究では最小限度の疲労試験で設計に必要な疲労限度データを収集することを目標とし、微視的停留き裂が存在する材料を用いて種々の形状の二次元切欠きを有する材料の疲労限度予測法を提案し、その手法を三次元形状欠陥や二重切欠き材を有する材料の疲労限度予測法を提案した。

第1章では、種々の形状の微小欠陥、とりわけ切欠き材の疲労限度予測が工学上如何に主要であるか及びこれまでの破壊力学や疲労限度予測に関する先行研究について述べ、本研究の狙いについて言及した。

第2章では、微視的停留き裂が存在する材料を対象とし、切欠き底に存在する将来き裂が発生する欠陥をき裂とみなし、切欠きが持つ応力勾配の影響を受けながら停留したき裂を力学的に解析することで、切欠きをき裂と見做せない場合の疲労限度をき裂材の下限界応力拡大係数範囲 ΔK_{th} から予測する方法を提案し、切欠き材の疲労限度を最小限度の試験から予測する方法を示した。また、これまでに提案された疲労限度予測式と合わせて切欠き形状の全範囲に適用可能な疲労限度予測法を提案し、S30C焼鈍し材の疲労試験データと比較・検証し予測値と実験値を比較して提案した疲労限度設定手法を用いた場合18%以内で予測可能であることを示した。また、今回提案した手法を用いることで疲労限度を低下させない限界の応力集中源寸法を予測可能であることを示した。

第3章では、第2章で提案した二次元切欠きを有する材料における疲労限度予測法を応用し三次元形状を有する微小欠陥から発生した疲労き裂が三次元形状欠陥の応力勾配の影響を受ける場合の疲労限度予測法を提案した。また、今回提案した手法とこれまでに提案された微小欠陥をき裂とみなし疲労限度を予測する手法を組み合わせることでそれぞれの予測法の適用限界を定め、三次元形状欠陥の疲労限度を欠陥寸法の制約を受けずに予測する

方法を提案した。また、予測式の適用限界となる応力集中源寸法は材料ごとに異なることを示した。

第4章では、第2章で提案した二次元切欠きを有する材料における疲労限度予測法を応用し、二重切欠き材を用いて重複応力下における疲労限度予測法を力学的観点から二重の切欠きが持つそれぞれの応力場の大きさに着目して提案した。さらにS45C焼鈍し材を用いて二重切欠き材を作成し大型回転曲げ試験器を用いた疲労試験を実施し、予測値と実験値の比較・検討を行った。また、疲労限度付近の応力で得られた疲労破面の様相に着目し σ_{w1} で疲労限度が決定されるとした領域が適切であったかも検討した。その結果、今回提案した手法ならば20%以内で疲労限度が予測可能であり、 σ_{w1} で疲労限度が決定されるとした領域も予測とほぼ一致していることを示した。

第5章では、本論文の総括を行った。