

二回の過大引張荷重負荷による疲労亀裂伝播遅延現象に関する数値解析的検討

松田, 和貴
九州大学大学院

永金, 大志
九州大学大学院

後藤, 浩二
九州大学大学院

<https://hdl.handle.net/2324/7387641>

出版情報 : Preprints of the National Meeting of JWS, 2025. JAPAN WELDING SOCIETY
バージョン :
権利関係 :



二回の過大引張荷重負荷による疲労亀裂伝播遅延現象に関する 数値解析的検討

九州大学 大学院 ○松田 和貴
永金 大志
後藤 浩二

Numerical Study of Fatigue Crack Growth Retardation under Double Tensile Overloading

by MATSUDA Kazuki, NAGAKANE Taishi and GOTOH Koji

キーワード：疲労亀裂進展，遅延効果，過大荷重，亀裂開閉口

Keyword: Fatigue crack propagation, Retardation effect, Overloading, Crack closure

1. 背景

繰返し荷重履歴下で進展する疲労亀裂に過大引張荷重が作用した場合、疲労亀裂伝播速度が過大荷重載荷以前よりも低下する、いわゆる亀裂進展遅延現象が生じることが知られている。しかしながら、過大引張荷重が二回作用する場合において、二回目の載荷タイミングが遅延現象に及ぼす影響について検討した研究は殆ど見当たらない。

亀裂進展遅延現象は亀裂先端の塑性挙動に起因するため、亀裂開閉口挙動を考慮しない Paris 則ではその影響を適切に評価できない。そこで本研究では、疲労亀裂先端に再引張塑性域が形成される時の荷重 (RPG 荷重) から最大荷重までの応力拡大係数の変化量である ΔK_{RPG} を、亀裂伝播速度を律するパラメータとして用いた疲労亀裂伝播シミュレーションを実施し、二回の過大荷重が作用した場合の遅延現象に関する数値解析的検討を実施した。

2. 疲労亀裂伝播解析

2.1 解析条件

対象モデルは無限平板中に存在する板厚貫通亀裂（初期亀裂半長 20 mm）とし、材料は弾完全塑性体を仮定し、降伏応力は軟鋼相当の 391 MPa とした。応力比 $R = 0.1$ 、応力振幅 39.9 MPa の一定振幅繰返し応力を載荷し、亀裂半長が 28 mm に達した時点で 65.8 MPa の一回目の過大引張応力を作用させた。さらに、二回目の過大引張応力の載荷タイミングを種々変化させて解析を行い、遅延現象の変化を調査した。

2.2 解析結果

解析結果から得られた、一回目と二回目の過大応力のサイクル数間隔と、一回のみ過大応力を作用させた場合に対する二回過大応力を作用させた場合の遅延サイクル数の推移を Fig. 1 に示す。図中の点線は、二回目の過大荷重を単独で作用させた場合の一定振幅条件に

対する遅延サイクル数を示しており、一回目の過大荷重との相互作用のない場合の遅延サイクル数を表している。二回の過大荷重のサイクル数間隔が十分に長い場合には、過大荷重同士の相互作用は殆どなく、それぞれを単独で載荷した場合と同等の遅延効果が得られることが分かる。一方で、サイクル数間隔が短くなるにつれて、二回目の過大荷重による遅延効果は減少する傾向が見られた。さらに、これらの中間の領域では、単独載荷時よりも遅延サイクル数が増加する増幅領域が存在することが分かる。

このメカニズムを考察するため、Fig. 1におけるPoint A, B, およびCにおけるRPG応力の推移をFig. 2に示す。図中には、一回目の過大荷重のみを作用させた場合のRPG応力の推移を黒線で併記した。Fig. 2より、過大荷重が作用すると直後にRPG応力が急減し、一次的な加速現象が生じる。その後、RPG応力は大きく上昇し、遅延現象が生じる。この際、(a), (b) では、二回目の過大荷重作用時におけるRPG応力の上昇が一回目より顕著であり、遅延現象の増幅が確認された（橙色ハッチング領域）。一方、サイクル数間隔が短い場合には、一回目の遅延領域と二回目の遅延領域が重複し、結果として遅延現象の損失が生じていた。これらの効果の組み合わせにより、Fig. 1に示したような遅延サイクル数の非線形な挙動が得られたものと考えられる。

3. 結論

二回の過大荷重作用時の遅延現象について数値解析的に検討した。その結果、過大荷重の載荷間隔に応じて、遅延現象の増幅、および損失が生じることが明らかとなった。

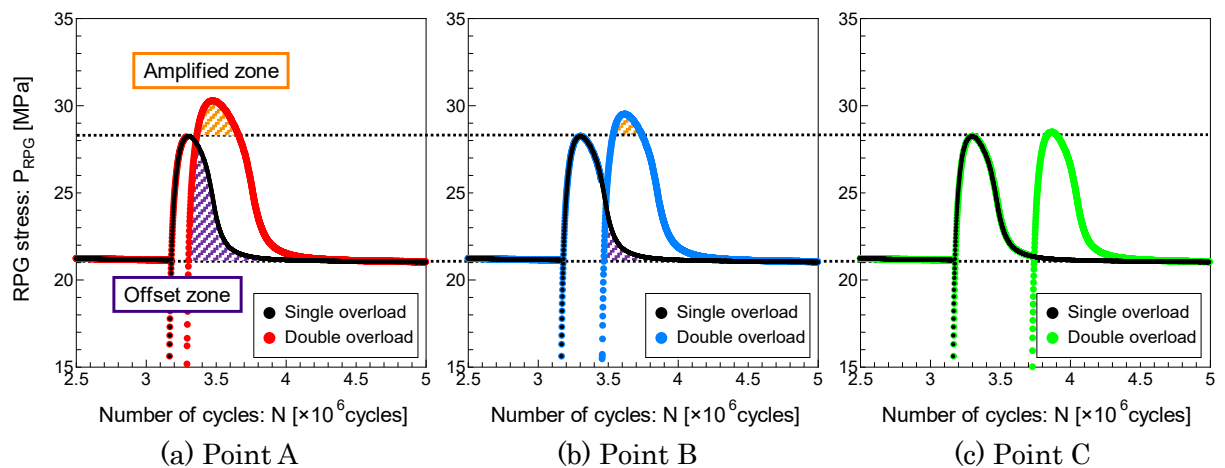


Fig. 2 Comparison of RPG stress transition in Point A, B and C.