

## 論文審査の結果の要旨および担当者

報告番号	※ 甲 第 13638 号
------	---------------

氏 名 M. Arief Rahman Panjaitan

### 論文題目

Low cycle fatigue crack propagation in steel under various cyclic loading histories  
(変動振幅荷重を受ける低サイクル疲労き裂の進展に関する研究)

### 論文審査担当者

主査	名古屋大学	教授	館石 和雄
委員	名古屋大学	教授	加藤 準治
委員	名古屋大学	准教授	判治 剛
委員	芝浦工業大学	教授	穴見 健吾

## 論文審査の結果の要旨

M. Arief Rahman Panjaitan君提出の論文「Low cycle fatigue crack propagation in steel under various cyclic loading histories (変動振幅荷重を受ける低サイクル疲労き裂の進展に関する研究)」は、地震時などに鋼構造部材に発生する恐れのある低サイクル疲労破壊を対象に、変動振幅荷重下での低サイクル疲労き裂の進展挙動を明らかにしたものであり、以下の6章で構成されている。

第1章では、鋼構造物の耐震性を確保するために、低サイクル疲労を防止することの重要性を述べ、これまでの研究動向についてとりまとめている。低サイクル疲労き裂が発生するまでの繰返し回数に比べ、き裂が進展し破断に至るまでの繰返し数の方が多いという過去の知見から、低サイクル疲労現象を解明するには、き裂の進展挙動を明らかにすることが重要であることを指摘している。

第2章では、本研究で実施する疲労試験について詳述するとともに、実験データを整理するために用いる破壊力学パラメータ、繰返しJ積分（以下、 $\Delta J$ ）について説明し、それを求めるための有限要素解析手法とその解析精度について述べている。

第3章では、基本データの取得を目的として、一定振幅の繰返し変形を与えて疲労試験を行い、1回の変形の変動による疲労き裂の進展長さ、すなわち疲労き裂進展速度を実験的に取得した。一方で、弾塑性有限要素解析により、き裂近傍の応力・ひずみ場から $\Delta J$ を算出した。疲労き裂進展速度と $\Delta J$ は両対数で直線の関係にあることを示し、その回帰式を導出した。

第4章では、変動振幅波形の例として二段二重変動波形をとりあげ、変動振幅変位下での低サイクル疲労試験を行った。第3章で得られた、一定振幅変位に対する回帰式を用いてき裂進展解析を行ったところ、実験結果よりもき裂の進展を小さめに予測する結果となった。き裂進展挙動を詳細に分析した結果、変位が小さいものから大きなものに変化した場合のき裂進展速度は一定振幅下でのそれと同等であるが、変位が大きなものから小さなものに変化した際には、同じ $\Delta J$ であっても、き裂進展速度が一定振幅下のそれよりも大きくなる現象、すなわちき裂進展の加速現象があることを見出した。加速の程度は、前サイクルと現サイクルでの $\Delta J$ の比と相関があることを解明し、この比と、 $\Delta J$ から、加速倍率を推定する式を提案した。提案した式により加速倍率を求め、それを考慮したき裂進展解析を行った結果、実験で得られたき裂進展曲線を非常に精度よく再現できることが明らかとなった。

第5章では、実地震時の低サイクル疲労照査を念頭におき、ランダムに変動する変位波形下での低サイクル疲労試験を実施した。ランダム波形は変動範囲が異なる3段階のものを用意し、それぞれの載荷による疲労き裂進展曲線を得た。この進展挙動を、第4章で明らかにした加速効果を考慮してき裂進展解析を行った結果、ランダム波形に対しても、実験で得られたき裂進展挙動を高精度に予測できることが明らかとなった。

第6章では、本研究で得られた知見をとりまとめている。

以上のように本論文では、変位振幅が変化する変動振幅繰返し変位を受ける場合の鋼中の低サイクル疲労進展挙動を明らかにするとともに、その予測方法を明らかにしている。これらの評価方法並びに得られた結果は、地震時の鋼構造物の崩壊を防ぐための低サイクル疲労設計の確立のために重要であり、工学の発展に寄与するところが大きい。よって、本論文の提出者であるM. Arief Rahman Panjaitan君は博士（工学）の学位を受けるに十分な資格があると判断した。