

[別紙 2]

審査の結果の要旨

氏名 柿内 利文

本論文は「薄板の面外せん断き裂の解析とその応用」と題し、5章からなる。

本論文はき裂を持つ薄板が面外せん断荷重を受ける時のき裂の応力場を解析したものである。面外せん断き裂自体は破壊力学の基礎的な代表モデルとして、古くから多く扱われてきた問題である。しかしながら、これを扱った研究の多くが、数学的な簡便さから、厚さ方向を無限大であると仮定している。き裂長さに比べて厚さが十分厚い場合はこの仮定も成り立つが、逆にき裂長さが厚さと同程度かあるいは厚さが十分に薄い時、この仮定は成り立たない。本論文は、せん断加工など実際への応用のために薄板における面外せん断き裂の解析を行ったものであり、解析手法として連続分布転位法を用いているところに特色がある。

第1章「序論」では、研究の背景となる破壊力学の概観と、本論文の概要を記述している。すなわち、まず、一般的な破壊力学の紹介を行ない、さらに円管の内圧による破壊の解析から発した本論文の面外せん断き裂研究の動機、面外せん断き裂の解析の応用性を述べ、また本論文全体を概観している。

第2章「転位を用いた破壊力学」では、第1章の従来の破壊力学の理論の中から、き裂の解析に関する基本的な方法を紹介し、本論文の特徴である、連続分布転位法を用いた応力解析の手法について簡単に説明している。この手法では、き裂を転位の連続分布で表わし、き裂面の境界条件を満たす積分方程式を作る。連続分布転位法を有限要素法と比較すると、はるかに少ない分割数で正確な解を得ることができる、という長所がある。また得られる転位密度には、応力拡大係数が直接対応する、という利点もある。一方、短所として、境界条件が複雑な場合の定式化が難しいことが挙げられる。

第3章「解析」では、前章で得た知見をもとに、薄板のらせん転位の基本解を用いた連続分布転位法により、薄板の面外せん断き裂問題を解いている。解析の結果は、まず、転位密度から、モードIII応力拡大係数を求め、き裂長さを板厚で無次元化した無次元き裂長さの関係で表わしている。そして、無限板厚の場合はモードIII成分のみが発生するのであるが、薄板の場合はこれに伴ってモードII成分も発生することを明らかにしている。このモードII成分は板の表面で強く表れ、これがき裂進展の際に進展方向を曲げる要因となり、また、き裂進展に伴いき裂面が傾くことを説明している。またモードII応力拡大係数と無次元き裂長さとの関係も示している。

第4章「円管の内圧破壊実験」では、薄板のモードIIIが問題となる実際の応用例として内

圧を受ける薄肉円管が破壊する際のき裂進展径路に関する実験的な研究を扱っている。薄肉円管に関しては、基本的に軸方向にき裂は進展することが予測されるが、実験においては、規則的に正弦波状に蛇行しながら進展していく径路なども多く見られる。本研究においては、き裂進展径路への影響パラメーターを調べ、円管の肉厚を半径で無次元化した無次元肉厚が小さい円管ほど蛇行径路が多く見られることを示している。また、き裂が屈曲する際には肉厚方向に傾いたき裂面をとることも観察している。そしてこの観察結果が、前章までに先に示したモードIIIの解析結果から得られた結論に一致することを説明している。すなわち、内圧を受ける円管を進展するき裂が直線から蛇行径路に入る際には、内側からの圧力によって、半径方向に開口変位を広げようとする機構が生じ、面外き裂のモードIIIが伴うとしている。そしてこの機構に伴い、き裂面が傾き、さらに蛇行モードに移行する可能性を示している。

第5章「結論」では、上述の結果をまとめ、せん断加工への応用を取り扱っている。せん断加工は元来塑性変形を利用した加工法であるが、近年、セラミックスなどの難加工材と呼ばれる材料の利用も増え、破壊力学の見地から研究する必要性も高まっている。本論文ではこのようなせん断加工への、モードIIとモードIIIが連成した本解析の応用性を述べている。

以上を要するに、本研究は従来明らかにされていなかった薄板の面外せん断き裂の解析を行ないその応用を示したもので、航空宇宙工学、および関連する工学に対する寄与が大きい。

よって、本論文は博士(工学)の学位請求論文として合格と認められる。