

## 審査の結果の要旨

氏名 伊藤 泰弘

板成形における破断評価に関して、これまで多くの研究がなされ、ほぼ一般的な変形場での破断に関しては、実用上十分に正確な予測が行われるようになってきている。しかしながら、ひずみや応力が勾配を持っている状況では、破断が変化すると論があり、板破断に関して明確な評価ができていないのが現状である。これに対し、これまで明確でなかったひずみや応力が勾配を持っている状況下での板成形における変形の局所から破断に至る条件を明らかにしたことが、本論文の特徴である。

第1章では、板成形に関する研究・現状が概括され、近年の高張力化に伴い板縁部の破壊が課題になり穴広げ試験が規格化されているが、伸びフランジ変形を代表する穴広げ試験であっても、ひずみや応力が勾配を持っている状況での破壊をどのように評価すれば良いかが示されていないといった課題が纏められている。また、それにどう対応するかの研究の構成が示されている。

第2章では、工業的に広く用いられている円錐穴広げ試験で、初期の工具との接触による加工硬化の影響を排除する工具形状を用いて、工具角度を変えてひずみ・応力の勾配を変化させた試験を行った。この実験により、ひずみ・応力勾配が大きいと変形の局所化が抑制されること、ひずみ勾配より応力勾配の影響が大きいことが示された。また、破断限界は、変形の局所化と異なり、材料で一定の値になり、勾配に依らないことが示された。従来、破断限界が勾配に依存するとの見解があったが、破断ひずみの計測を格子法で行っており、計測されたひずみの値に変形の局所化の影響が入っていることが示唆された。

第3章では、穴広げ試験の工具形状を円錐と円筒で比較した試験を行い、応力勾配を大きく変化させた試験を行った。その結果、円筒は円錐の頂角が $180^\circ$ となった場合として整理されることが、穴縁全体の拡大率（穴広げ率）、穴縁の破断ひずみに関して示された。

第4章では、円筒穴広げ試験での初期穴径の影響が検討された。初期穴径が小さいと穴縁から離れた場所で破断が発生し、初期穴径が大きいと穴縁で破断が発生する結果となった。これは、初期穴径により変形状態が変化し、単軸引張状態となる穴縁部と穴から離れた場所での平面ひずみ状態でのくびれ・破断の限界の違いによるものであることが示された。

第5章では、伸びフランジ成形試験をフェライト単相鋼とフェライト・パーラ

イト複相鋼で行い、金属組織の影響を検討した。縁部の破断は、フェライト単相鋼ではフェライトの加工硬化に、フェライト-パーライト複相鋼では縁部のマイクロ・ボイドの影響が大きいことが示された。

第 6 章では、円錐・円筒両方の穴広げ試験を、板成形の際の破断の評価として用いられる理論局所くびれ限界を参照して体系的に整理した。穴縁であれ穴から離れた位置であれ、変形の局所化は理論局所くびれ限界と一致すること、穴から離れた位置ではその後の変形の局所が急激に進展し破断に至ること、穴縁では変形の局所化が応力勾配に依って緩やかに進展し破断に至ることが体系的に示された。

第 7 章では総括とともに、本研究により応力勾配の生ずる伸びフランジ・穴広げ成形での破断評価が定量的に可能となること、勾配下での破断は変形の局所化によるので、この局所化を抑制する成形法とすれば回避できる実用上の応用が示された。

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。