

審査の結果の要旨

氏 名 金 泰 洙

本論文は、ステンレス鋼薄板構造におけるボルト接合部の終局挙動について論じたもので、その論考は数値解析に基づいている。今まで、ステンレス鋼は耐久性が要求される特殊な建築物のみに使用が限られていたが、建築物のサステナビリティに対する社会的な要請から、用途の拡大が期待されている。ステンレス鋼は普通鋼に比べて高価であるため、薄板からの成形材として利用することが現実的とされている。薄板構造物の場合には、ボルト接合部が破壊に至る終局状態において、通常の板厚の場合には現れない現象、すなわちカーリング（板が面外に曲る現象）が生じて、終局耐力が低下することがかねてより指摘されている。しかし、これは限られた実験データによるもので、その現象を設計に取り込むまでには至っていない。本論文は、その点の究明に重点を置いており、カーリングを考慮した接合部の終局耐力の評価手法を確立したことが本研究の特筆すべき成果である。

本論文は、本文6章と付録から構成されている。

第1章では、本研究課題に関わる既往の研究および背景が整理されている。ステンレス鋼薄板構造物に対する社会的要請およびそれを達成するために解明すべき学術的課題が明らかにされている。

第2章では、ボルト接合部の終局耐力の評価式に関して現行の設計基準における規定および最近の研究における提案式がまとめられている。特に、カーリングに対する配慮が現行基準に欠如している点、および最近の実験におけるカーリング現象とそれを考慮した耐力評価式の見直しに関する他研究者の提案がまとめられている。3種類の終局モード、すなわち有効断面破断、端抜け破断、ちぎれ破断のなかで、カーリング現象を考慮した評価式の見直しがなされているのは有効断面破断に対してのみであり、設計への適応には未だ不十分な状況にあることが明らかにされている。

第3章では、本研究のツールとして用いる有限要素解析の適用性が検討されている。有限要素解析は様々な仮定に立脚しているので、その結果の正当性は実験データと比較することによって検証される。ステンレス鋼薄板ボルト接合部の終局耐力に関する既往の実験データを再整理し、それと有限要素解析結果を比較分析し、解析の仮定事項に関する検討を加えることによって、最終的に解析方法の妥当性の検証に至っている。特に、本論文で対象としている破断モードの判定と最大耐力の値に関して実験データと数値解析結果に満足すべき対応関係が得られる数値実験の諸前提を明らかにしている。

第4章では、前章の結果を受けて、ステンレス鋼薄板ボルト接合部の数値シミュレーションを行い、代表的なモデルについて終局挙動を追跡したものである。この章が、本論文の中核を成すものである。接合部におけるボルトプランは無数に存在しうるが、それらを代表しうる4形式に集約し、それぞれについて応力方向と応力直交方向の縁端距離を変化させた数値的パラメトリックスタディを経て、3種類の破断モードの支配領域を明らかにした。それと同時に、今まで知られていた有効断面破断だけでなく、他の破断モードにもカーリングの影響が存在することを明らかにした。数値解析結果は現行基準式による値と綿密に比較され、カーリングが生じる場合には、現行基準式が危険側の耐力評価となることを明らかにした。

第5章では、第4章の解析結果を基にして設計用の耐力評価式を提案したもので、カーリングによる耐力低減係数を導入した点に特徴がある。すなわち、カーリング発生領域に入っているか否かの判定を行ったのち、補正係数を掛けて耐力を精確に評価する枠組みを構築した。これにより、ステンレス鋼薄板ボルト接合部の終局耐力の正しい評価が可能となった。

第6章では、論文全体のまとめと今後の課題が示されている。

本論に添付された付録のうち、付録Aでは過去に行われたステンレス鋼薄板ボルト接合部の破壊実験のデータが整理されている。これは、本文第3章の論考で引用されている。付録Bでは有限要素解析において設定しなければならない諸条件、すなわち要素の種類、メッシュサイズ、ボルトの力学性状、モデルの収斂長さ、破壊の判定条件などについてケーススタディを行った結果が整理されている。これは本文第3章の結論を補完するものとなっている。付録Cでは、数値解析結果のうち、荷重-変形曲線が掲載されており、数値解析が破壊までの経路を追跡していることを確認している。荷重-変形曲線は本文第4章で用いる数値データの基となるものである。付録Dは、参考として解析を行ったもので、本論で対象としたステンレス鋼を普通鋼と比較し、カーリングの発生時期が材料特性に依存することを示している。

以上のように、本論文はステンレス鋼薄板構造物の設計において欠かすことのできないボルト接合部の終局状態、特に破断モードの判定と最大耐力の評価において、今まで考慮されてこなかったカーリングを加味した精度の高い判定方法と評価式を導き出した点が高く評価できる。

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。