

Title	ボルト締結体の等価剛性とそれを用いた構造物の解析手法および強度評価に関する研究
Author(s)	成瀬, 友博
Citation	大阪大学, 2011, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/2197
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

論文審査の結果の要旨

氏名	なる せ とも ひる 成 瀬 友 博
博士の専攻分野の名称	博士(工学)
学位記番号	第 24271 号
学位授与年月日	平成23年1月31日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当 工学研究科機械工学専攻
学位論文名	ボルト締結体の等価剛性とそれを用いた構造物の解析手法および強度評価に関する研究
論文審査委員	(主査) 教授 瀧谷 陽二 (副査) 教授 久保 司郎 教授 箕島 弘二

論文内容の要旨

本論文は、一本のボルト締結体の外力と外モーメント負荷時の剛性の線形および非線形挙動を、接触を考慮した有限要素解析を用いて明らかにして被締結体の等価剛性式を評価した。そして、その被締結体の剛性式をもとに複数のボルト締結部を持つ複雑な構造物を解析するための簡易かつ精度良い有限要素モデル化手法と強度評価手法を検討したものであり、次の6章から構成されている。

第1章では、従来のボルト締結体の設計方法を示すとともに、既往の研究成果を調査し、本研究の位置づけと目的、そして意義について述べた。

第2章では、まず一本のボルトで締結された2枚の板材を対象に、被締結体の剛性の線形挙動を検討した。接触を考慮したボルト締結体モデルにより、被締結体の軸方向コンプライアンスと曲げコンプライアンスを評価した。そして得られた結果とVDI 2230 (2003)等で従来から用いられている被締結体の等価圧縮体とを比較し、その妥当性を検証した。さらに、板厚の異なる2枚の板を締結した場合に対しても被締結体の剛性を評価できるように、VDI 2230 (2003)の等価円すい体モデルの改善を図った。

第3章では、第2章で用いたモデルを対象に被締結体の軸方向コンプライアンスと曲げコンプライアンスの接合面分離に対する非線形挙動を評価した。特に、曲げコンプライアンスの非線形挙動に対しては、接合面分離後の力学モデルを構築し、被締結体の剛性を定式化した。そして、定式化した曲げコンプライアンスの妥当性を有限要素解析結果と比較して検証した。

第4章では、第2章で構築した被締結体の剛性式を用いて、シェル要素とビーム要素を用いた複数のボルトで締結された複雑な構造物のボルト締結体の簡易モデル化手法を構築した。そして、ボルト締結体要素の固有値測定を行い、実験値と解析値を比較して構築したボルト締結体簡易モデル化手法の妥当性を検証した。

第5章では、第4章で構築した板材のボルト締結構造体のモデル化手法に対して、静的強度、疲労強度、すべり、座面陥没、およびへたりを評価できる強度評価手法を検討した。構築した強度評価手法を具体的な例に適用し、複数ボルトで締結された構造物に対する有効性を示した。

第6章では、得られた結果を総括するとともに、今後の展開について述べた。

ボルト締結体は、従来より機械構造物や建築構造物に多用されてきているが、近年においてもボルト締結体の破壊やゆるみに起因する事故が散見されている。規格VDI2230に代表されるボルト締結体の設計方法は、一本のボルト締結体を強度評価する手法として体系化されている。しかしながら、外力、特に外モーメントに対する締結体の剛性が不明確であることや、多数のボルトで締結された構造物に対する強度評価が困難であるといった課題がある。本論文では、一本のボルト締結体の外力と外モーメント負荷時の剛性の線形および非線形挙動を、接触を考慮した有限要素解析を用いて明らかにし、被締結体の等価剛性評価式を検討している。その被締結体の剛性式を適用し、複数のボルト締結部を持つ複雑な構造物を解析するための簡易かつ精度の良い有限要素モデル化手法を提案している。さらに、この簡易モデルから得られた解析結果に対して、ボルトの強度評価を行う手法を検討している。得られた主要な成果は以下の通りである。

- 円すい型の等価圧縮体でモデル化している従来のVDI 2230 (2003)では、軸方向剛性を最大で11%程度、曲げ剛性を最大で22%程度高めに評価し、ボルト荷重を若干危険側に評価することを明らかにしている。さらに、板厚の異なる被締結体の場合には、VDI 2230 (2003)の予測から離れる傾向にあることを明確にしている。
- VDI 2230 (2003)の等価円すい体モデルを板厚の異なる2枚の板に適用できるように拡張し、軸方向コンプライアンスを-1.5%から6.8%の範囲で、曲げコンプライアンスを-6.5%から10%の範囲で予測できる高精度な被締結体の剛性式を提案している。
- 被締結体の外モーメント負荷における曲げコンプライアンスの非線形挙動を表す力学モデルを提案し、被締結体の剛性を定式化している。構築したモデルによる被締結体のコンプライアンスの予測値は、有限要素解析結果と良好に一致している。特に、2枚の板厚が大きく異なる場合のコンプライアンスの変化も良く表すことを示している。
- 構築した線形領域の被締結体の剛性式を用いて、複数のボルトで締結された複雑な構造物に対するシェル要素とビーム要素を用いたボルト締結体の簡易モデル化手法を提案している。ボルト締結体要素の固有値測定を行い、実験値と解析値との比較により、本モデル化手法の妥当性を示している。
- 提案したボルト締結構造体モデル化手法を用いた強度評価手法を検討している。この強度評価手法を具体的な例に適用し、その有効性を検証している。

以上のように、本研究の成果により産業機械や建築構造物などの複数のボルトで締結される構造物に対して、ボルト一つの負荷を有限要素解析により簡易かつ精度よく求めて強度評価を行うことが可能となった。これにより、開発期間の大幅な短縮や、低価格化のための極限設計を行いつつ、高信頼性かつ低環境負荷の製品設計・開発に貢献できると考える。よって、本論文は博士論文として価値あるものと認める。