

氏名	小谷野 一尚
学位の種類	博士(工学)
学位記番号	博乙第56号
学位授与の日付	2018年3月13日
学位授与の要件	学位規則第4条第2項該当
学位論文の題目	鋼モルタル板を用いた座屈拘束ブレースの疲労性能に関する研究
論文審査委員	主査 神奈川大学 教授 岩田 衛 副査 神奈川大学 名誉教授 大熊 武司 副査 神奈川大学 教授 荻本 孝久 副査 神奈川大学 教授 島崎 和司 副査 神奈川大学 教授 趙 衍剛 副査 北海道大学 名誉教授 緑川 光正

## 【論文内容の要旨】

鋼モルタル板を用いた座屈拘束ブレースは、芯材を鋼モルタル板からなる拘束材で補剛することにより、圧縮力下においても座屈を抑える。引張力下と同等の性能を発揮する部材であり、安定した復元力特性を有している。

既往研究により、様々な性能項目について解明されてきた。しかしながら、座屈拘束ブレースの構造性能項目の1つである疲労性能については、これまで大中地震を想定した低サイクル疲労の研究はある程度進められてきているものの、小地震や長周期長継続時間の地震動、風外力を想定した高サイクル疲労の研究はほとんど行われてきていない。特に制振ブレースとして使用する場合、疲労性能について確認しておくことは重要である。

本研究では、まず、鋼モルタル板を用いた座屈拘束ブレースを対象に、基本的なタイプとエネルギー吸収性能を高めた高性能なタイプについて、エネルギー吸収する塑性域での一定歪振幅繰返し疲労実験を行う。

実験結果から疲労線図を完成させ、疲労性能式を求めることで、鋼モルタル板を用いた座屈拘束ブレースの疲労性能を推定することができるようにする。

次に、座屈拘束ブレースが組み込まれた中層鋼構造建築物について、一般的な設計用地震動による時刻歴応答解析を行い、疲労性能式とマイナー則を用いた疲労性能評価の一例を示す。

更に、設計時に期待した疲労性能やエネルギー吸収性能等の構造性能を発揮するための、製作時の初期品質管理について述べる。また、品質管理項目がどのように構造性能に影響するのか確認する。

本論文は、第1章「序論」、第2章「高性能な座屈拘束ブレースの抽出」、第3章「大中歪振幅疲労性能実験」、第4章「小歪振幅疲労性能実験」、第5章「座屈拘束ブレースの疲労性能」、第6章「構造物に組み込まれた座屈拘束ブレースの疲労性能評価適用例」、第7章「疲労性能に影響を及ぼす製作時の品質管理」、第8章「結論」という、全8章構成となっている。

第1章「序論」では、本研究の社会的背景、既往研究、目的、構成を示している。既往研究では鋼モルタル板を用いた座屈拘束ブレースのこれまでの研究、及びその他の座屈拘束ブレースの疲労の研究について説明している。

第2章「高性能な座屈拘束ブレースの抽出」では、従来の座屈拘束ブレースである基本タイプについて既往研究を分析し、疲労性能と相関するエネルギー吸収性能の高性能化を目指した高性能タイプについてディテール等の説明を行い、実験で性能を確認している。

第3章「大中歪振幅疲労性能実験」では、大中地震を想定した大中歪振幅での一定歪振幅載荷実験を行い、基本タイプと高性能タイプの実験結果を比較しながら、大中歪振幅での疲労性能について検証している。

第4章「小歪振幅疲労性能実験」では、小地震や風外力を想定した降伏歪よりやや大きい歪振幅においての一定歪振幅載荷実験を行っている。前章と同様に基本タイプと高性能タイプの実験結果を比較しながら、小歪振幅での疲労性能を検証している。

第5章「座屈拘束ブレースの疲労性能」では、第3章と第4章で行った疲労実験結果をまとめ、さらに巨大地震を想定した3%を超える歪振幅、およびエネルギー吸収性能を左右する拘束指標を小さくした場合の一定歪振幅繰返し載荷による疲労実験結果を追加し、塑性域全体での基本タイプと高性能タイプの疲労線図を完成させ、疲労性能式を導いている。実験結果を比較しつつ、疲労性能を主にして、エネルギー吸収性能等の構造性能項目についても考察している。

第6章「構造物に組み込まれた座屈拘束ブレースの疲労性能評価適用例」では、座屈拘束ブレースが組み込まれた鋼構造建築物を対象とし、様々な特性を有する設計用地震動における時刻歴応答解析を行い、解析結果と本研究の実験結果から得られた疲労性能式を簡易的な評価方法である線形累積損傷則(マイナー則)を用いて比較し、地震時の疲労性能評価の一例を行っている。

第7章「疲労性能に影響を及ぼす製作時の品質管理」では、製作時の初期品質管理について検証している。構造性能、特に疲労性能に影響を及ぼすクリアランス、ギャップ、モルタル強度について実験を行うことで確認を行っている。また、モックアップ試験体を製作し、品質管理値の妥当性を検証している。

第8章「結論」は、総括であり本研究で得られた知見についてまとめている。

## 【論文審査の結果の要旨】

本論文は、鋼モルタル板を用いた座屈拘束ブレースの疲労性能についての研究をしている。中低層建築物で主に耐震ブレースとして、超高層および高層建築物で主に制振ブレースとして、世の中で実際に適用されている座屈拘束ブレースの疲労性能を解明することは、今後さまざまな地震や風による被害が予測される我が国において、学術的にも社会的にも非常に価値のあることである。各章において実験・解析を通じて疲労性能に関する検証を行っている。

第二章では、多くの座屈拘束ブレースの既往研究を多岐にわたる項目について分析し、高性能になる設計要件を抽出することで、エネルギー吸収性能にも疲労性能にもより優れた高性能タイプを提案している。高性能タイプは制振ブレースとして期待ができる。

第三章では、従来の形状である基本タイプと第二章で提案している高性能タイプの2種類について、大中地震を想定とした大中歪振幅疲労実験を行うことで、大きな変形に対する疲労性能を検証している。

第四章では、基本タイプと高性能タイプについて、小地震や風外力を想定とした小歪振幅疲労実験を行うことで、繰返し回数の多い小さな変形に対する疲労性能を検証している。

第五章では、第三章、第四章の基本タイプと高性能タイプの実験結果をまとめ、さらに試験体を追加することにより塑性域での疲労性能式を導いている。この式により座屈拘束ブレースの疲労設計を可能としている。

第六章では、構造物全体としての座屈拘束ブレースの疲労性能について、疲労性能式と線形累積損傷則を用いて性能評価の一例を行うことで、疲労性能式の使い方や評価の考え方、手順の参考となっている。

第七章では、疲労性能に影響を及ぼすクリアランスやギャップ、モルタル強度という重要な項目について、品質管理という新しい観点から研究を行うことで、今後の研究の発展となる基となっている。

以上のように本論文により示されたこれらの知見は、建築物の中でも特に重要な構造部材である座屈拘束ブレースの設計時に活用されることが今後十分期待される。したがって、本論文は博士(工学)の学位論文として十分価値のあるものと認められる。