T2R2 東京工業大学リサーチリポジトリ
Tokyo Tech Research Repository

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	軸方向と水平2方向の複合荷重を受ける角形鋼管柱の繰り返し劣化挙動
Title(English)	
著者(和文)	石田孝徳
Author(English)	Takanori Ishida
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第9509号, 授与年月日:2014年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:山田　哲,坂田　弘安,山中　浩明,河野　進,篠原　保二
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第9509号, Conferred date:2014/3/26, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	論文要旨
Type(English)	Summary

Powered by T2R2 (Tokyo Institute Research Repository)

（博士課程）
Doctoral Program

論 文 要 旨

THESIS SUMMARY

専攻： Department of	環境理工学創造　　専攻	申請学位（専攻分野）： Academic Degree Requested	博士　（　工学　） Doctor of
学生氏名： Student's Name	石田　孝徳	指導教員（主）： Academic Advisor(main)	山田　哲　准教授
		指導教員（副）： Academic Advisor(sub)	篠原　保二　准教授

要旨（和文 2000 字程度）
Thesis Summary（approx.2000 Japanese Characters ）

我が国では、直交する 2 方向に対して剛性、耐力が等しく、2 方向ラーメン構造を容易に設計できるなどの理由から、角形鋼管は鋼構造建築の柱材として多く用いられている。強震下において建物が倒壊に至るのは、重力による荷重効果である P-Δ効果と構成部材が最大耐力に至った後に耐力劣化に転じることで層剛性が負となり、これに伴い大きな応答変位が相乗的に発生し、最終的に柱が復元力を喪失して自重を支持できなくなることによる。従って、鋼構造建築の 3 次元倒壊挙動を明らかにし、現行の耐震設計が有する耐震安全余裕度を評価する上で、角形鋼管柱の最大耐力以降の劣化域を含む 3 次元挙動を捉えることは重要な課題である。本研究では、中小規模の鋼構造建築の柱材として多く用いられる冷間ロール成形角形鋼管を対象に、角形鋼管柱の 3 次元大変形繰り返し載荷実験を行い、実験結果とのキャリブレーションに基づき、軸方向と水平 2 方向の複合荷重を受ける角形鋼管柱の最大耐力以降の劣化域を含む挙動を追跡できるモデルを構築した。

本論文は全 7 章で構成される。第 1 章は序論であり、研究の背景と目的について論じた。

第 2 章では、既往の角形鋼管柱の繰り返し載荷実験結果のデータベースを構築し、それに基づき、3 次元荷重下の複雑な挙動をモデル化する上で基本となる、一定軸力下で繰り返し 1 軸曲げを受ける角形鋼管柱の劣化挙動に関する履歴モデルを構築した。本研究では、最大耐力以降の劣化域を含む挙動について、骨格曲線とバウシンガー部に分解する方法による検討を行い、最大耐力以降の劣化域における履歴挙動のモデル化を行った。履歴モデルは、一方向載荷を受けた場合の荷重-変形関係と対応する拡張骨格曲線と、繰り返しに対する履歴モデルの組み合わせで構築した。履歴モデルによる履歴挙動を、データベースを構成する降伏軸力比、幅厚比、載荷履歴の異なる実験結果と比較したところ、大変形領域に至るまで繰り返し劣化挙動が捉えられていることを確認した。

地震力は 3 次元の外力として作用し、建物は 3 次元的に挙動することから、柱は軸方向と水平 2 方向の複合荷重を受ける。第 3 章及び第 4 章では、構面内挙動から水平 2 方向挙動へと研究を拡張し、水平 2 方向挙動に関する研究の第一段階として、一定軸力の条件を対象に、水平 2 方向外力を受ける角形鋼管柱の最大耐力以降の劣化域を含む挙動を検討した。第 3 章では、解析のキャリブレーションのため、水平 2 方向の載荷履歴、幅厚比、降伏軸力比をパラメーターとした一定軸力下で水平 2 方向外力を受ける角形鋼管柱の繰り返し載荷実験を行い、局部座屈発生に起因する劣化域を含む挙動に関するデータを得た。また、水平 2 方向載荷実験の主なパラメーターである水平 2 方向の載荷履歴については、水平 2 方向入力を受ける多質点せん断系の弾塑性応答解析結果に基づき設定した。第 4 章では、一定軸力下で水平 2 方向外力を受ける角形鋼管柱の劣化域を含む挙動の解析について述べた。解析モデルは、変動軸力の影響を考慮した解析にも適用可能な、塑性化領域の断面を複数の弾塑性軸バネに置き換えた MS(Multi Spring)モデルとし、弾塑性軸バネの履歴モデルを第 2 章の 1 軸曲げの条件における局部座屈を伴う角形鋼管柱の劣化挙動のモデルに基づき構築した。第 3 章における実験結果と MS モデルによる解析結果を比較し、劣化域に至るまで水平 2 方向の履歴曲線及び軸方向変形を良好に追跡できることを確認した。

第 5 章及び第 6 章では、変動軸力の条件における挙動に研究を展開し、転倒モーメントによる変動軸力を受ける多層骨組の下層部外柱を想定した、変動軸力と水平 2 方向外力を受ける角形鋼管柱の局部座屈発生以降の劣化域を含む挙動を検討した。第 5 章では、軸力の変動幅、水平 2 方向の載荷履歴、幅厚比をパラメーターとした、変動軸力下で水平 2 方向外力を受ける角形鋼管柱の繰り返し載荷実験を行い、局部座屈発生以降の劣化域を含む挙動に関するデータを得た。第 6 章では、変動軸力下で水平 2 方向外力を受ける角形鋼管柱の解析を行った。解析モデルは第 4 章と同じ MS モデルを用い、変動軸力下での挙動の解析に対応できるようにするため、第 4 章で構築した一定軸力の条件における MS モデルの弾塑性軸バネの履歴モデルに修正を施した。第 5 章で実施した実験結果と MS モデルによる解析結果の比較を行ったところ、水平 2 方向の履歴曲線及び軸方向変形を局部座屈発生以降の劣化域に至るまで追跡できることがわかった。

第 7 章では、各章で得られた研究成果を取りまとめ、本研究の結論として示した。

備考 ： 論文要旨は、和文 2000 字と英文 300 語を 1 部ずつ提出するか、もしくは英文 800 語を 1 部提出してください。

Note : Thesis Summary should be submitted in either a copy of 2000 Japanese Characters and 300 Words (English) or 1copy of 800 Words (English).

（博士課程）
Doctoral Program

論 文 要 旨

THESIS SUMMARY

専攻： Department of	環境理工学創造　　専攻	申請学位（専攻分野）： Academic Degree Requested	博士 Doctor of　（　工学　）
学生氏名： Student's Name	石田　孝徳	指導教員（主）： Academic Advisor(main)	山田　哲　准教授
		指導教員（副）： Academic Advisor(sub)	篠原　保二　准教授

要旨（英文 300 語程度）
Thesis Summary（approx.300 English Words ）

Rectangular Hollow Section (RHS) steel tubes are generally used as columns for middle-rise and low-rise steel moment frames in Japan. In order to clarify the 3D collapse behavior of steel moment frames, it is necessary to simulate the behavior of RHS column, including post-local-buckling and strength deterioration. The objective of this study is to develop a hysteretic model to simulate post-local-buckling and deterioration behavior of RHS columns under tri-directional varying loads.

In chapter 2, a database of test results of RHS columns subjected to cyclic uniaxial bending was developed. Based on this database, the hysteretic model of RHS columns including deterioration governed by local buckling was established.

Columns are subjected to biaxial bending, since building behave 3-dimensionally under seismic excitations. In chapter 3, a series of cyclic loading tests on RHS columns under random bi-directional horizontal forces and constant axial force was conducted to verify the analytical results. In chapter 4, the analysis of RHS columns under bi-directional horizontal forces and constant axial force was described. A multi spring (MS) model which consists of elastic and inelastic elements was employed in the analysis. The hysteretic model of the axial springs which compose the inelastic element was established based on the hysteretic model under uniaxial bending proposed in chapter 2. The analytical results and the experimental results showed good correspondence including the post-local-buckling and deterioration range.

Exterior columns in multi-story frames are subjected to bi-directional horizontal forces and variable axial force due to the overturning moment. In chapter 5, a series of cyclic loading tests on RHS columns under bi-directional horizontal forces and variable axial force was carried out to calibrate the hysteretic model. In chapter 6, the analysis of RHS columns under bi-directional horizontal forces and variable axial force was described. MS model was applied in the simulation. Based on the hysteretic model under constant axial force proposed in chapter 4, the hysteretic model of axial springs under variable axial force was established. The simulated RHS column behavior agreed with the experimental results including the post-local-buckling and deterioration range.

備考 ： 論文要旨は、和文 2000 字と英文 300 語を 1 部ずつ提出するか、もしくは英文 800 語を 1 部提出してください。
Note : Thesis Summary should be submitted in either a copy of 2000 Japanese Characters and 300 Words (English) or 1copy of 800 Words (English).