

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	
Title(English)	Evaluation of Experimental Full-Scale Steel Building Collapse Caused by Two-Directional Column Deteriorations
著者(和文)	TRAN TUAN NAM
Author(English)	TRAN TUAN NAM
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10204号, 授与年月日:2016年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:笠井 和彦,坂田 弘安,元結 正次郎,山田 哲,佐藤 大樹
Citation(English)	Degree:., Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第10204号, Conferred date:2016/3/26, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	審査の要旨
Type(English)	Exam Summary

(博士課程)

論文審査の要旨及び審査員

報告番号	甲第	号	学位申請者氏名	Tran Tuan Nam	
論文審査 審査員		氏名	職名	氏名	職名
	主査	笠井 和彦	教授	佐藤 大樹	准教授
	審査員	元結 正次郎	教授		
		山田 哲	教授		
		坂田 弘安	教授		

論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は、「Evaluation of Experimental Full-Scale Steel Building Collapse Caused by Two-Directional Column Deteriorations」と題し、以下の7章から構成されている。

第1章「Introduction and Objectives」(序論と目的)では、2007年に世界最大の震動台実験施設 E-Defense (兵庫県)で行われた実大4層鉄骨建物の地震時崩壊の実験に関する様々な研究の概要を述べている。1995年阪神淡路大震災時にJR鷹取駅で記録した3方向加速度の20, 40, 60, 100%を震動台に与え、100%入力レベル時に、建物1階の全ての角型鋼管柱6本に局部座屈が生じ、その結果1階に変形が集中して層崩壊に至ったことを述べている。また、その現象の詳細な報告や解析による再現が既往研究で行われているが、各柱における局部座屈性状および建物崩壊への寄与を、各柱に対し様々に変化する軸力と水平2方向の曲げ、それらを生じさせた地震入力の特徴などを、力学的要因に基づき検討した研究が少なく、これらを明らかにすることを本研究の目的としている。

第2章「Building Responses at Various Excitation Levels」(様々な地震入力レベルでの建物応答)では、建物の固有周期における水平2方向の弾性応答スペクトル値、総エネルギー入力スペクトル値は両方向でほぼ等しいが、100%入力レベルでの弾塑性応答スペクトルでY方向変位が著しく大きく、実大建物の崩壊の方向と概ね整合することを述べている。入力レベルごとの塑性化の進展を、まず固有周期と減衰定数の変化から指摘し、さらに梁、柱、柱脚、パネルなど局所の塑性化と関連させ、実験ごとの1層最大水平変位の増加過程を分析している。さらに1層崩壊時の震動台の動きを水平2方向絶対変位の軌跡により示し、本建物の崩壊過程を明らかにしている。

第3章「Building Collapse Caused by Column Deteriorations」(柱の損傷劣化による建物崩壊)では、6本の柱は共通の2方向曲げ変形を受けたが、建物転倒モーメントから生ずる軸力は、柱ごとに著しく異なることを指摘し、各柱の局部座屈・劣化の様相を関連させた上で、建物崩壊時の1層せん断力と層間変形の関係を述べている。また、60%入力レベルまでの各実験では主な応答が3サイクルあり、応答終了時の総エネルギー入力量は両方向で概ね等しいが、Y方向で3サイクル目に著しいエネルギー入力がおき、その結果X方向よりも塑性変形が大きかったことを述べている。これが100%入力レベルで主にY方向に崩壊がおきた原因であることと、そのような崩壊は総エネルギー入力量では予測できないことも指摘している。

第4章「Column Analyses Simulating Two-Directional Deteriorations」(2方向の損傷劣化を再現した柱応答解析)では、角型鋼管断面を多くのファイバーヒンジ(以後、マルチスプリング)要素で分割し、個々のスプリングに引張りによる塑性化と圧縮による座屈の荷重変形関係を定義して、角型鋼管の2方向曲げと軸力による塑性化や座屈の繰返し挙動と劣化を簡易に再現するモデルを提案している。モデルパラメータ値は、同一断面・材料の片持ち柱の一定軸力・水平1方向繰返し載荷実験結果、既往の座屈・劣化予測理論、シェル有限要素による詳細解析と合うよう設定している。また、第3章で検討した柱に対し、鉛直加速度応答による柱軸力の小刻みな変化を加味した場合、水平載荷の方向が様々に変わる場合の解析も行い、局部座屈・劣化の傾向を把握している。

第5章「Building Analyses Involving Two-Directional Column Deteriorations」(柱の2方向局部座屈・劣化を模擬した4層建物の解析)では、前章で述べた角型鋼管柱モデルを含む実大4層鉄骨建物3次元モデルの時刻歴解析が、全ての入力レベルで、実験から得られた層間変形、加速度、ベースシア、エネルギー吸収、6本の柱の局部座屈と劣化、そして建物崩壊過程を精度よく再現したことを述べている。また、各柱モデルのスプリング要素が再現した軸力・軸歪関係に基づき、角型鋼管柱の局部座屈および損傷累積による曲げ・回転角関係の劣化の現象を、鋼管断面の局所の履歴挙動と関連付けて説明している。

第6章「Characterizations for Cyclic Deteriorations of Columns and Soft Story」(繰返し載荷時の柱劣化と層崩壊の関連)では、X, Y方向の曲げ耐力は、劣化の著しい方向における残留曲げ耐力で共通に制限される、つまり劣化後の2方向曲げ降伏曲面は一様に縮小するという仮説を立て、その実証を第4章の柱モデルで解析的に試みている。まず、一定軸力・水平1方向繰返し載荷をうける柱の残留耐力は、単調載荷時の荷重変形曲線により予測できるという既往のスケルトン曲線の概念を、水平2方向繰返し載荷に拡張する方法を提案している。この方法を様々な水平方向の載荷、様々な軸力を用いた解析結果と比べ、近似法としての有効性を示している。また、この方法により、4層鉄骨建物1階の6本の柱それぞれの劣化、ひいては層全体の劣化と崩壊が予測できるとしている。

第7章「Conclusion」(結論)では、各章で得られた知見を総括するとともに、今後の課題について述べている。

以上を要するに、本論文は、既往の実大4層鉄骨建物の崩壊実験結果を、崩壊の原因となった柱の2方向損傷の把握、崩壊まで再現できる簡易で正確な3次元時刻歴解析、柱の既往劣化理論の拡張など、新たな観点や方法により詳細な分析を行った上で有用な知見を示しており、合理的な鋼構造耐震設計に寄与することから、工学上貢献するところが大きい。よって本論文は、博士(工学)の学位論文として十分価値があるものと認められる。