OUKA
The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	筋違を含む鋼構造建物の倒壊挙動解析用の力学モデルと超大地震動下での完全倒壊性状
Author(s)	斉, 浩
Citation	大阪大学, 2021, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/85400
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

様式３

論　文　内　容　の　要　旨

氏　名　（　QI HAO　）	
論文題名	筋違を含む鋼構造建物の倒壊挙動解析用の力学モデルと超大地震動下での完全倒壊性状

論文内容の要旨

超大地震動で建物が倒壊に至るまでの余裕度を把握するための地震応答解析においては，一般化塑性ヒンジモデルや加藤秋山モデルはH形鋼部材の局部座屈による劣化挙動を十分に表現できないため，建物の完全倒壊までの挙動を十分に解析できない欠点を有している。したがって，建物の倒壊挙動を精確に検討するには，部材に生じる大変形域までの力学モデルの開発が必要である。このような背景から本論では，まず部材に関する大変形域までの挙動をシェル要素FEM解析で明らかにし，H形断面の筋違・梁・柱部材の劣化挙動を表現可能な力学モデルを提案した。さらに，H形鋼で構成され建築基準法に基づいて設計された鋼構造建物が倒壊に至るまでの挙動を本論の提案モデルで解析して考察し，各部材の力学モデルが建物の倒壊挙動や耐倒壊性能に及ぼす影響を把握した。

第1章では本論の研究背景と目的を示した。また，部材の力学モデルに関する既往研究をまとめた。

第2章では，曲げ座屈と引張降伏を繰返す筋違の挙動解析において，最小限必要な回帰式を一般化塑性ヒンジモデルに導入することで，精度の高い解析に改良できることを示した。具体的には，正負交番繰返し時に，曲げ座屈後に除荷剛性を低減させ，引張降伏後に降伏曲線を引張側特異点を中心に収縮させる方法を提案した。その際，特性を明確に把握可能な完全弾塑性材で改良方法を考察・設定したうえで，歪硬化特性を有する建築構造用鋼材（SN490）に適用可能な係数（除荷剛性の低減率と降伏曲線の収縮率）を提案した。さらに，パラメトリック解析を行って上述の改良方法の適用範囲を確認するとともに，幅厚比に応じて収縮率を変化させることで幅厚比の適用範囲を広げた。

第3章では，H形鋼梁の局部座屈による耐力劣化性状を表現可能な曲げモーメント–回転角関係のモデルを改良した。精密な挙動として参照するためのシェル要素FEM解析の解析条件を確認した上で，片側端の節点回転角を漸増させる単純支持梁の単調解析と繰返し解析を行った。その上で，新たに多折れ線の曲げモーメント–回転角関係の骨格曲線を提案し，既往の加藤秋山モデルと比較した。さらに，既往の修正IMK履歴則を上述の骨格曲線と組み合わせることで精度の高い繰返しモデルを提案した。

第4章では，軸力と2軸曲げを受けて局部座屈するH形鋼柱を解析するための一般化塑性ヒンジモデルに適用するために，降伏曲面の精密解と小田らが提案した近似降伏曲面を提示した。その上で，多重降伏曲面を用いて改良した一般化塑性ヒンジモデルによる解析結果を精密解としてのシェル要素FEM解析結果と比較することで，改良した単調および繰返し載荷時の曲げモーメント–回転角関係が妥当であることを示した。

第5章では，建築基準法に基づいて設計された3層3×3スパン鋼構造建物を対象に，入力地震動を漸増させて建物が倒壊に至るまでの挙動を解析し，各部材の力学モデルの改良前後の倒壊挙動を比較した。また，筋違・梁・柱の力学モデルが桁行方向の筋違付きラーメン骨組および梁間方向の純ラーメン骨組の倒壊挙動に及ぼす影響を考察した。その結果，筋違付きラーメン骨組と純ラーメン骨組の耐倒壊性能は，極稀地震動（レベル2）で要求される水準より，それぞれ2.5倍ないし3.5倍になることを示した。

第6章では，第2章から第5章までの知見をまとめて結論を示した。また，本研究に関する今後の研究課題を示した。

様式 7

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏　名　（　QI HAO　）			
論文審査担当者	（職）		氏　名
	主 査	教授	多田元英
	副 査	教授	真田靖士
	副 査	准教授	桑原　進

論文審査の結果の要旨

超大地震動で建物が倒壊に至るまでの余裕度を把握するための地震応答解析においては，一般化塑性ヒンジモデルや加藤秋山モデルは H 形鋼部材の局部座屈による劣化挙動を十分に表現できないため，建物の完全倒壊までの挙動を十分に解析できない欠点を有している。したがって，建物の倒壊挙動を精確に検討するには，部材に生じる大変形域までの力学モデルの開発が必要である。このような背景から本論では，まず部材に関する大変形域までの挙動をシェル要素 FEM 解析で明らかにし，H 形断面の筋違・梁・柱部材の劣化挙動を表現可能な力学モデルを提案している。さらに，H 形鋼で構成され建築基準法に基づいて設計された鋼構造建物が倒壊に至るまでの挙動を本論の提案モデルで解析して考察し，各部材の力学モデルが建物の倒壊挙動や耐倒壊性能に及ぼす影響を把握している。

第 1 章では本論の研究背景と目的を示している。また，部材の力学モデルに関する既往研究をまとめている。

第 2 章では，曲げ座屈と引張降伏を繰返す筋違の挙動解析において， 最小限必要な回帰式を一般化塑性ヒンジモデルに導入することで，精度の高い解析に改良できることを示している。具体的には，正負交番繰返し時に，曲げ座屈後に除荷剛性を低減させ，引張降伏後に降伏曲線を引張側特異点を中心に収縮させる方法を提案している。その際，特性を明確に把握可能な完全弾塑性材で改良方法を考察・設定したうえで，歪硬化特性を有する建築構造用鋼材（SN490）に適用可能な係数（除荷剛性の低減率と降伏曲線の収縮率）を提案している。さらに，パラメトリック解析を行って上述の改良方法の適用範囲を確認するとともに，幅厚比に応じて収縮率を変化させることで幅厚比の適用範囲を広げている。

第 3 章では，H 形鋼梁の局部座屈による耐力劣化性状を表現可能な曲げモーメント–回転角関係のモデルを改良している。精密な挙動として参照するためのシェル要素 FEM 解析の解析条件を確認した上で，片側端の節点回転角を漸増させる単純支持梁の単調解析と繰返し解析を行っている。その上で，新たに多折れ線の曲げモーメント–回転角関係の骨格曲線を提案し，既往の加藤秋山モデルと比較している。さらに，既往の修正 IMK 履歴則を上述の骨格曲線と組み合わせることで精度の高い繰返しモデルを提案している。

第 4 章では，軸力と 2 軸曲げを受けて局部座屈する H 形鋼柱を解析するための一般化塑性ヒンジモデルに適用するために，降伏曲面の精密解と小田らが提案した近似降伏曲面を提示している。その上で，多重降伏曲面を用いて改良した一般化塑性ヒンジモデルによる解析結果を精密解としてのシェル要素 FEM 解析結果と比較することで，改良した単調および繰返し載荷時の曲げモーメント–回転角関係が妥当であることを示している。

第 5 章では，建築基準法に基づいて設計された 3 層 3×3 スパン鋼構造建物を対象に，入力地震動を漸増させて建物が倒壊に至るまでの挙動を解析し，各部材の力学モデルの改良前後の倒壊挙動を比較している。また，筋違・梁・柱の力学モデルが桁行方向の筋違付きラーメン骨組および梁間方向の純ラーメン骨組の倒壊挙動に及ぼす影響を考察している。その結果，筋違付きラーメン骨組と純ラーメン骨組の耐倒壊性能は，極稀地震動（レベル 2）で要求される水準より，それぞれ 2.5 倍ないし 3.5 倍になることを示している。

第 6 章では，第 2 章から第 5 章までの知見をまとめて結論を示している。また，本研究に関する今後の研究課題を示している。

現在の設計基準の想定を超えた地震動に対する建築構造物の安全性の配慮は，国内外を問わず社会から求められて

いるところである。以上のように，本論文は超大地震動下での建築鋼構造建物の挙動を解析するために部材の力学モデルの改良に取り組むとともに，それを用いて建築鋼構造建物が完全倒壊に至るまでの動的挙動を解析・考察しており，この分野の発展に大きく貢献している。

よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。