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)	ブレースの座屈に着目した鋼構造骨組の終局耐震性能および最適設計
Title(English)	Ultimate Seismic Performance and Optimal Design Strategy of Steel Frames Focused on Brace Buckling
著者(和文)	寺澤友貴
Author(English)	Yuki Terazawa
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11166号, 授与年月日:2019年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:竹内 徹,坂田 弘安,五十嵐 規矩夫,堀田 久人,田村 修次
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第11166号, Conferred date:2019/3/26, 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

系・コース： Department of, Graduate major in	建築学 系 建築学 コース	申請学位（専攻分野）： Academic Degree Requested	博士 （ 工学 ） Doctor of
学生氏名： Student's Name	寺澤 友貴	指導教員（主）： Academic Supervisor(main)	竹内 徹
		指導教員（副）： Academic Supervisor(sub)	

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

本論文は「ブレースの座屈に着目した鋼構造骨組の終局耐震性能および最適設計」と題し，鋼構造骨組内の円形鋼管ブレースが座屈を生じて部材破断に至るまでの累積変形性能と終局耐震性能，ならびにその座屈発生の解消を目指す制振ブレースの最適設計手法について論じたものであり，以下の 6 章で構成される。

第 1 章「序論」では，本研究の背景について述べ，円形鋼管ブレース付鋼構造骨組に関する既往の研究を概観し，その耐震設計において未だ明らかでない問題点を指摘し，本研究の目的と論文の構成を示している。

第 2 章「座屈後破断を伴う薄肉円形鋼管ブレース付鋼構造骨組の振動台実験」では，過大変形時の P-Δ効果を再現する実験装置と低層建物の第 1 層を抽出した径厚比 42 のブレースを片流れ配置した架構の振動台実験を行い，ブレースが座屈後に破断して架構が倒壊する動的崩壊挙動を分析している。この実験から倒壊はブレース局部座屈部の亀裂発生時より全断面破断時に顕著となる知見を得ている。また，実験結果より，静的部材実験に基づいて構築された既往のブレース部材の破断時期評価手法が，骨組配置かつ動的入力に対しても適用可能であり，同手法を組み込んだ時刻歴応答解析は，安全側の耐震性能評価を与えることを示している。一方，局部歪の評価結果から，全体座屈した強度型ブレースは，余震等の小地震の繰返しで破断する可能性が高い点を指摘している。

第 3 章「径厚比の異なる円形鋼管ブレース付鋼構造骨組の累積変形性能および構造特性係数」では，初めに第 2 章の試験体のブレースの細長比と径厚比をパラメータに FEM 解析を行い，骨組から付加曲げを受けるブレース部材の累積変形性能と破壊性状を分類し，部材破断時期評価手法が径厚比約 90 以下の範囲で適用可能であることを示している。次に径厚比 12 の試験体の性能確認実験を行い，前章との比較からブレース付鋼構造骨組の終局耐震性能は，最大応答に関わる細長比のみならず，部材破断時期に関わる径厚比の影響を受けることを示した。また，径厚比が小さいブレースは，保有耐力接合を満たしても溶接部の応力集中を緩和できない場合があり，接合部納まりに留意すべき点も示している。以上を踏まえ，上述の部材破断時期評価手法と等価繰返し回数を援用して，円形鋼管ブレースの部材破断を考慮した構造特性係数の略算法を提案し，部材破断を考慮しない従来の告示や鋼構造限界状態設計指針(LSD)の耐震性能指標の余裕率を検証し，ブレースの水平力分担率による割増が適用されない BA ランクの余裕率が低いこと，告示の極稀地震 1 回では LSD の径厚比制限 35 を満たす架構であれば余裕率 35%以上を有することを示している。一方，長時間・長周期地震動入力等では余裕率は一般に低下し，座屈を前提とする弾塑性設計を経済的な選択肢と捉え続けることが難しい点も示している。

第 4 章「一般化応答スペクトル解析法を用いた応答制御型ブレース付鋼構造骨組の地震応答評価」では，第 3 章までの強度型ブレース付架構の検討結果を受け，極稀地震後の継続使用など要求性能の高い建物に適用される応答制御設計について，複素固有値解析と応答スペクトル法の収斂計算に基づく一般化応答スペクトル解析法を提案している。提案評価法は従来の簡易自由度系を用いた等価線形化法と比べ，応力解析に用いる程度の骨組モデルのまま，詳細なダンパー量と配置を直接検討することが可能であり，曲げ系，軸力系に依らず実用的な精度で，時刻歴応答解析より高速(自由度数 810 のモデルに対して約 5 秒)に，座屈やその他の応答制御への効果が検証可能である。また，振幅依存型減衰を表現する複素剛性の評価は，特定の振動モードが卓越する場合は最大点剛性法，複数の振動モードが卓越する場合は平均減衰法の評価精度が良いことを示している。一方で，高い主架構ダンパー剛性比や極端なスペクトル性状を有する地震動入力の場合など，地震応答の非線形性が強くなると評価精度が悪化する点も示している。

第 5 章「座屈制御を目的とした鋼構造骨組へのブレース最適設計法の提案」では，一般化応答スペクトル解析法を遺伝的アルゴリズムや粒子群最適化などの最適化アルゴリズムモジュールと組合せた設計手法へ拡張し，座屈拘束ブレース(BRB)を用いた改修が行われた実在トラス鉄塔や，一般的な BRB 付骨組を対象に最適化計算を実施し，提案手法が時刻歴応答解析を用いた試行錯誤や，等価一自由度系を用いた検討手法より優れた設計解を得られること，詳細多自由度系でも等価一自由度系と同様な性能曲線が導出できることを示し，最後に耐震要素を外周に集約した外殻構造物を対象に，強度型ブレースを含め，より複雑な配置最適化計算を行い，変位の低減を目的とする場合は BRB が層方向に均一に，部材座屈の解消を目的とする場合はスパン方向に集中的に配置され，変位と座屈の基準を満たす場合は両者の中間的な配置となることを示している。

第 6 章「結論」では，各章で得られた成果を統括している。

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。
注意：論文要旨は、東工大リサーチリポジトリ（T2R2）にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。

（博士課程）
Doctoral Program

論 文 要 旨

THESIS SUMMARY

系・コース： Department of, Graduate major in	建築学 系 建築学 コース	申請学位（専攻分野）： Academic Degree Requested	博士 Doctor of （ 工学 ）
学生氏名： Student's Name	寺澤 友貴	指導教員（主）： Academic Supervisor(main)	竹内 徹
		指導教員（副）： Academic Supervisor(sub)	

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

The post-buckling fracture behavior of cold-formed and closed section braces are becoming a considerable problem of seismic design of steel braced frames according to previous seismic damage reports and numerical fracture analysis results. To cover an insufficiency of the current seismic design method about this problem, this thesis studied ultimate seismic performance and optimal damper design strategy of steel braced frames including both circular hollow section braces (CHS, the most popular closed section braces in Japan) and elasto-plastic damper braces.

In Chapter 1, the background and literature review about research fields of steel braced frames were summarized, and the purpose of this thesis was discussed.

In Chapter 2, the dynamic fracture characteristic of a thin CHS braced frames model was investigated by a collapse test, and the existing CHS fracture evaluation method and the fracture analysis method were validated under dynamic loading.

In Chapter 3, a structural ductility factor of CHS braced frames considering member fracture was proposed according to the discussion of the cumulative plastic deformation capacity of in-frame CHS braces by finite element analysis and some performance experiments, and the margin of safety of the current design standard value were estimated and analyzed against a variety of section property and seismic inputs, which suggested one of the limitation of the code-based elasto-plastic design philosophy as an easy and economical seismic design method.

In Chapter 4, according to the above discussion of the buckling braced frames, a numerical seismic response evaluation method named as “Generalized Response Spectrum analysis” (GRSA) for highly intermediate three dimensional structures (to require higher seismic performance) with various damper braces including elasto-plastic damper braces was proposed, and the accuracy, applicability and limitation were confirmed.

In Chapter 5, the optimal damper design strategy composed of GRSA and optimization algorithms to prevent member buckling was proposed. The efficiency of the proposed design strategy was verified, analyzed and discussed in a series of studies using an existing lattice tower structure, popular buckling-restrained braced frames and a concentric braced frame skin structure.

In Chapter 6, the conclusions of each chapter were summarized.

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。
注意：論文要旨は、東工大リサーチリポジトリ（T2R2）にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。
Attention: Thesis Summary will be published on Tokyo Tech Research Repository Website (T2R2).