

論文 / 著書情報  
Article / Book Information

題目(和文)	地震後の早期復旧を可能とする損傷制御型鉄筋コンクリート造壁の損傷および各種限界状態評価に関する研究
Title(English)	
著者(和文)	小原拓
Author(English)	Taku Obara
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11199号, 授与年月日:2019年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:河野 進,坂田 弘安,山田 哲,堀田 久人,西村 康志郎
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第11199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

# 論文要旨

## THESIS SUMMARY

系・コース： Department of, Graduate major in	建築学 都市・環境学	系 コース
学生氏名： Student's Name	小原 拓	

申請学位 (専攻分野)： Academic Degree Requested	博士 (工学) Doctor of
指導教員 (主)： Academic Supervisor(main)	河野 進
指導教員 (副)： Academic Supervisor(sub)	

### 要旨 (和文 2000 字程度)

Thesis Summary (approx.2000 Japanese Characters )

本研究は、損傷制御型鉄筋コンクリート造壁を提案し、実験および解析から地震時および地震後における構造的な性能および損傷制御性能を解明したものである。東北地方太平洋沖地震や熊本地震による被害では耐震要素の損傷が軽微であっても非耐震要素である方立壁の損傷により建物の取り壊しを余儀なくされた事例が散見された。海外ではチリ・マウレ地震やNZ・クライストチャーチ地震で曲げ圧縮破壊をする耐震壁が確認され、国内外問わず壁の損傷制御性能や限界状態に関する定量的な把握が求められている。本論文の特徴は、方立壁および耐震壁に使用できるアンボンドプレキャストプレストレストコンクリート造壁（以下、ロッキング壁）およびエネルギー消費要素を有するロッキング壁（以下、ハイブリッド壁）の損傷度と各種限界状態を実験により定量化し、部材の損傷や各種限界状態を予測できる解析モデルの構築を行った点にある。本論文は以下の全6章から成る。

第1章「序論」では、RC壁がこれまでの地震被害から高い耐震性能を有する地震抵抗要素の一つであることを示すとともに東北地方太平洋沖地震やチリ・マウレ地震での種々のRC造壁の損傷や破壊が問題視されていることを背景として挙げた。また、地震後の住機能の維持やBCPといった近年の建物に対する社会的需要から損傷度や変形性能の定量的な把握が重要視されていることから、損傷を低減できる損傷制御型RC造壁の構築が必要であることを示した。これらの背景から、本研究目的を損傷制御型RC造壁の損傷および各種限界状態（使用限界、修復限界I、II、安全限界）を定量的に評価すること、また部材の損傷や各種限界状態を予測できる解析手法を構築することとした。第2章「既往研究の紹介」では、国内外での関連研究と問題点を洗い出し、本研究目的達成に必要な課題を明確にした。海外での関連研究を中心にロッキング壁やハイブリッド壁の構造性能を解明する実験研究や実験結果を評価するために提案されているマクロモデルや有限要素法による解析事例を紹介した。第3章「ロッキング壁およびハイブリッド壁の構造性能および損傷を評価する為の実験研究」では、せん断スパン比、ダンパー量を変数とした全6体のロッキング壁およびハイブリッド壁の逆対称曲げせん断載荷実験から壁の構造性能および損傷制御性能を明らかにした。全試験体で原点指向型の履歴挙動を示し、大変形時まで安定した履歴復元力特性を示した。また、ハイブリッド壁では小変形時から高いエネルギー消費性能を発揮し、部材変形角1.0%までRC造壁より大きいエネルギー消費量を示した。壁端部での圧縮ひずみと損傷度の関係を定量化し、全試験体で壁際では局所的に大きい圧縮ひずみが生じていることが分かった。各種限界状態の評価では、せん断スパン比を小さくした試験体を除いて、コンクリートの圧縮損傷が要因で各種限界状態が決定することが分かった。第4章「ロッキング壁およびハイブリッド壁の損傷および各種限界状態を再現する為の数値解析モデルの構築」では、ロッキング壁およびハイブリッド壁の損傷および各種限界状態を予測できる解析モデルを示した。実験で得られた損傷度と壁端部の圧縮ひずみの関係を解析モデルでのコンクリートの応力-ひずみ関係に反映することで、荷重-変形角関係のみならずPC鋼材の軸伸び量、エネルギー消費量、壁端部の圧縮ひずみ、残留変形角を高い精度で追跡できた。また、壁の損傷および各種限界状態の再現を行った。各種限界状態の決定要因は実験と同じ結果となり適切に評価できた。各種限界状態到達時変形角に対しても概ね修復限界IIまで実験結果を再現できた。第5章「ロッキング壁およびハイブリッド壁を導入した多層建物モデルの力学的特性と壁の損傷および各種限界状態評価」では、1×2スパンの実大5層RC造建物モデルを想定し、架構内に配置した方立壁にロッキング壁、RC造壁を適用した場合の建物全体の荷重-変形角関係や層間変形角分布を比較した。方立壁の挙動では、モーメント-回転角関係および軸力変動に関する検討を行い、損傷および各種限界状態を評価した。方立壁の入力軸力は、従来は軸力がほぼ0として設計されているが、解析では変形が大きくなるにつれて下層階の軸力比が増大し、0.3程度の軸力比が入力されることを示した。ロッキング壁の損傷制御性能は架構内においても発揮されており、各種限界状態の決定要因はコンクリートの圧縮損傷であることが分かった。第6章「結論」では、各章の研究成果をまとめ本研究で得られた知見を示した。

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).

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).

# 論文要旨

## THESIS SUMMARY

系・コース：	建築学	系
Department of, Graduate major in	都市・環境学	コース
学生氏名：	小原 拓	
Student's Name		

申請学位 (専攻分野)：	博士	( 工学 )
Academic Degree Requested	Doctor of	
指導教員 (主)：	河野 進	
Academic Supervisor(main)		
指導教員 (副)：		
Academic Supervisor(sub)		

### 要旨 (英文 300 語程度)

Thesis Summary (approx.300 English Words )

Damage controlling performance has been becoming an important issue for recent structural design to achieve a good business continuity plan based on lessons obtained from Chile Maule, Tohoku and Kumamoto earthquakes. Society seeks for good seismic damage reduction ability in buildings. Unbonded post-tensioned precast concrete system (hereafter, rocking system) can be one of the structural systems to realize damage reduction ability for reinforced concrete buildings. The rocking system has high seismic damage reduction ability and rocking system with energy dissipating elements (hereafter, hybrid system) has not only high damage controlling ability but also high energy dissipation ability. In this study, structural performance and damage controlling performance of both rocking and hybrid walls are demonstrated from experiment and analysis. The numerical model was able to reproduce the lateral load - drift relation, PT force's behavior, damage level and each limit state; Serviceability limit state, Reparability limit states I and II and Safety limit state obtained from experiment.

Firstly, six rocking and hybrid walls were tested under cyclic static lateral loading with constant axial load. All specimens showed excellent quick recovery performance with negligible residual drift and cracks. The damage level of specimens was evaluated using four limit states listed in the 2015 AIJ draft for structural design and construction of prestressed concrete buildings on performance evaluation concept guidelines. The determining factor for each limit state was mostly governed by compressive damage of concrete. It was found that the spalling of cover concrete occurred when the average compressive strain of concrete reached approximately 1.0%.

Secondly, the behavior of walls was numerically simulated with a multi-spring model. Assuming that the damage length in compression is half of the wall length, the multi-spring model accurately simulated hysteresis loops of load-drift relation and tendon force - drift relation for all specimens, leading to relatively precise simulation of residual drift and equivalent damping ratio. The numerical model was able to evaluate the timing and determining factors of each limit state. As a result, detailed damage levels of analyzed walls were successfully classified to have a good agreement with experimental results. The results of numerical analysis, in addition to the experimental results, demonstrated the superb quick recovery performance of rocking and hybrid walls.

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).

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).