

氏 名	さか した まさ のぶ 坂 下 雅 信
学位(専攻分野)	博 士 (工 学)
学位記番号	工 博 第 2914 号
学位授与の日付	平 成 20 年 3 月 24 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 4 条 第 1 項 該 当
研究科・専攻	工 学 研 究 科 建 築 学 専 攻
学位論文題目	RC 造連層耐震壁構造における壁，基礎梁及び杭の相互抵抗機構に関する研究
論文調査委員	(主 査) 教 授 渡 邊 史 夫 教 授 井 上 一 朗 教 授 田 中 仁 史

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、中高層鉄筋コンクリート造連層耐震壁構造下部の、連層耐震壁，基礎梁及び杭よりなる部分架構を取り出し、実験及び解析により、壁，基礎梁及び杭からなる力学系が，相互に作用しあって地震力に抵抗するメカニズムを明らかにしたもので，全9章からなっている。

第1章は序論であり，研究の目的及び背景が述べられている。

第2章では，他研究者による既往研究のレビューが行われている。

第3章では，連層耐震壁構造における，耐震壁，基礎梁及び杭の相互抵抗機構を再現する事を目的として，設計製作された小型試験体2体および大型試験体2体の設計方法，地震水平力加力実験方法が述べられている。主な実験変数は，耐震壁の構造形式，試験体寸法，基礎梁の曲げ余裕度である。

第4章では，第3章で設計した計4体の試験体を用いた載荷実験によって，新たに得られた知見が述べられている。

- 1) 杭の曲げ戻しモーメントに対する，耐震壁下部基礎梁の上端引張時曲げ余裕度に応じて，耐震壁の変形機構や破壊性状が大きく変化する事を，初めて明らかにした。基礎梁の上端引張時曲げ余裕度が大きい試験体では，耐震壁圧縮側柱の脚部に損傷が集中したが，曲げ余裕度が小さい試験体では，耐震壁圧縮側柱脚部の損傷は軽微であり，基礎梁下端域を回転中心として，耐震壁から基礎梁下端域まで進展した曲げせん断ひび割れが開くように，壁の回転変形が進み，靱性に富む挙動を示した。
- 2) 基礎梁の上端引張時曲げ余裕度が小さい試験体では，従来の平面保持を仮定した手法で算定した耐震壁の曲げ降伏強度を下回る耐力しか得られなかった。また，いずれの試験体に関しても，基礎梁上端域の伸びによって耐震壁に付加的なせん断変形が生じた。
- 3) 基礎梁上端筋ひずみの材軸方向分布は，耐震壁の曲げ変形成分の増加にともなって，平面保持の仮定によって予測されたものから引張側へ推移していくことが明らかとなり，従来手法による予測ができないことを示した。
- 4) 基礎梁下端筋においては，引張杭近傍において応力集中が起きる。この応力集中は，平面保持の仮定に基づいた従来の基礎梁設計法では予測できず，地震時における基礎梁設計に注意が必要であることを示した。

第5章では，載荷実験で得られた耐震壁及び杭基礎の相互抵抗機構を再現する事を目的とし，曲げせん断軸力要素とストラットタイ要素を用いたマクロモデルを，新たに考案した。得られた結論は以下の通りである。

- 1) マクロモデルにおいて，1F床スラブの有効幅および基礎梁コンクリートストラットの傾斜角を適切に仮定すれば，基礎梁主筋のひずみ分布を，正確に予測し得ることを明らかにした。
- 2) 提案のマクロモデルを用いることにより，耐震壁の変形機構，破壊性状，基礎梁主筋ひずみ分布および基礎梁せん断補強筋ひずみ分布を，精度よく予測できることを実験結果との対比によって示した。

第6章では，回転中心が異なる2種類の回転モデルを考案した。一つは，壁脚部に生じる水平方向曲げひび割れによる通

常の曲げ回転モデルと、もう一つは、先に述べた壁曲げせん断ひび割れにより形成される杭頭部を中心とした壁回転モデルである。自由体の釣合と回転による幾何学的関係から、両抵抗機構による耐震壁の負担水平荷重－曲げ変形角関係が算定できることを示し、同一変形時において、負担水平荷重がより小さい方のモデルによって、耐震壁の抵抗機構が決まることを示した。

第7章では、地盤によって水平支持された杭が基礎梁に連結される場合を想定した、連層耐震壁－杭基礎－地盤の連成系解析を行い、以下の結論を得た。

- 1) 載荷実験と同様に、杭頭部を中心とした壁回転機構による抵抗機構が形成される事が確認され、基礎梁を剛としてモデル化した場合と比べ、耐震壁の負担水平荷重の低下、杭基礎のロッキングによる変形成分の減少が生じることを明らかにした。
- 2) 基礎梁が変形する事によって、杭頭の固定度が減少し、杭の地中におけるモーメント分布が変化することを示した。

第8章では、実務設計に本研究成果を適用する事を目的とした簡易的なマクロモデルを提案した。また、このモデルによる解析結果を、載荷実験の結果と比較し、実用上、十分な解析精度を有することを確認している。

第9章は結論であり、本論文で得られた成果について要約している。

論文審査の結果の要旨

本論文は、中高層鉄筋コンクリート造連層耐震壁構造下部の、連層耐震壁、基礎梁及び杭よりなる部分架構を取り出し、実験及び解析により、壁、基礎梁及び杭からなる力学系が、相互に作用しあって地震力に抵抗するメカニズムを明らかにしたものである。得られた主たる知見は以下の通りである。

1. 耐震壁下部基礎梁の上端筋量の大小によって、耐震壁の変形機構や破壊性状が大きく異なる事を、載荷実験において初めて明らかにした。地震水平力の増加によって耐震壁下層部に発生する曲げせん断ひび割れが基礎梁下端域まで進展し、その結果、従来設計で仮定されていた耐震壁の曲げ抵抗機構と全く異なる、杭頭部と耐震壁下端の接合点近傍を回転中心とした壁の回転変形機構が生じ、負担水平力の低下と一層壁全体のせん断変形成分増大が引き起こされることを示した。また、耐震壁の引張柱主筋の降伏後は、水平荷重の増大ではなく、耐震壁の曲げ変形の増大に対応する形で、基礎梁上端筋のひずみ分布が引張側に推移することを明らかにした。
2. 地震水平力の増大に伴って、引張杭近傍における基礎梁下端筋に応力集中が起きることを載荷実験において明らかにした。これは、従来の解析手法では予測出来なかったもので、平面保持の仮定に基づく既往の算定法が、危険側の結果を与えることを示した。
3. 曲げ-せん断-軸力要素とストラット・タイ要素を組み合わせたマクロモデルを考案し、載荷実験で観測された耐震壁の変形機構や基礎梁の挙動を精度良く予測できることを示した。
4. 載荷実験において確認された壁の回転機構をモデル化し、回転機構の形成条件を明らかにした。
5. 地盤によって水平支持された杭頭部が基礎梁によって連結された場合を想定した、連層耐震壁－杭基礎－地盤の連成系モデルの解析を行い、基礎梁の変形が杭頭の固定度に影響を与え、その結果、杭頭固定の実務設計とは異なる杭の地中モーメント分布が生じる可能性があることを示した。
6. 実務設計に本研究成果を適用する事を目的とした簡易的なマクロモデルを提案した。また、このモデルによる解析結果を、載荷実験の結果と比較し、実用上、十分な解析精度を有することを確認した。

以上のように、本論文は、連層耐震壁、基礎梁及び杭の地震時相互抵抗機構を、実験と解析によって明らかにしたものであり、学術上、實際上寄与するところが少なくない。よって、本論文は、博士（工学）の学位論文として価値あるものと認める。また、平成19年2月22日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行った結果、合格と認めた。