

氏名	むかい ぼう きょう すけ 向 坊 恭 介
学位(専攻分野)	博 士 (工 学)
学位記番号	工 博 第 2912 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	伝 統 構 法 木 造 建 物 の 地 震 応 答 と 耐 震 性 能 に 関 す る 研 究

論文調査委員 (主査) 教授 鈴木祥之 教授 河井宏允 教授 林 康裕

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、伝統構法木造建物の構造力学的に未解明な課題である、柔な水平構面および礎石建て構法による柱脚が建物の地震応答と耐震性能に及ぼす影響を、実大振動台実験と地震応答解析に基づいて解明することを目的として行った研究をまとめたものであり、5章からなっている。

第1章では、研究の背景として伝統構法木造建物の置かれている現状と、柔な水平構面および礎石建て構法に関する既往の研究について述べるとともに、本研究の目的を明らかにした。

第2章では、1×3スパンの平面形状を持つ平屋建て木造建物を試験体とした実大振動台実験を行い、水平構面および柱脚の仕様の違いが木造建物の地震応答や耐震性能に及ぼす影響を分析した。水平構面を剛、半剛、柔な仕様の3種類とするとともに、柱脚を土台に固定する仕様と足固めを設けて柱脚部を固定しない礎石建て仕様の2種類とした。耐力壁の配置を変えることによって偏心の影響も調べた。

小振幅加振におけるフーリエスペクトル比の分析から、水平構面の剛性が低くなると1次卓越振動数が低くなる傾向があるが、振動モード形状は1次モードよりも2次以降の高次モードで水平構面による違いが見られた。地震波加振における最大層間変形角の分析から、柔な水平構面の場合、耐力要素の少ない鉛直構面に变形が集中し、偏心が無い場合、剛床仕様よりも応答が大きくなることを示した。水平構面のせん断変形角の分析から、柔な水平構面の場合、隣り合う鉛直構面の剛性や耐力の違いが大きい水平構面の变形が大きくなり、入力加速度が大きくなるとその傾向がより顕著になった。柔な水平構面の場合、水平構面は塑性域まで変形していたことから、伝統構法木造建物の耐震性能を評価する際には水平構面の弾塑性復元力特性を考慮する必要があることを指摘した。

礎石建て構法による柱脚の場合、柱脚が滑ることによって建物に入力される地震力が低減され層間変形角が抑えられることを示すとともに、柱脚と礎石との接触によって柱の折損が生じる危険性があることを指摘した。

第3章では、1×1スパン礎石建て構法木造建物の実大振動台実験を行い、柱底面と礎石との間で生じる滑り挙動と軸組のロッキングによる柱脚の浮き上がり挙動について分析した。

加振振動数が低く荷重が軽い方が、柱脚が一方のみに滑っていく傾向が見られたが、加振途中でこの性状が変わる場合もあり、ばらつきが大きいことが分かった。軸組の变形が小さく、柱脚の浮き上がりが生じないという状況において、柱底面と礎石間の摩擦係数の平均値は0.38でおおよそ0.3~0.5に分布した。

ロッキングによる柱脚の浮き上がり挙動の分析から、ロッキング中の加速度波形に上部構造の振動の影響が現れていることを示し、剛体のロッキング振動と性状が異なることを指摘した。この上部構造の振動には、浮き上がり後の柱と基礎との衝突による鉛直方向の力が一因となっていると考えられる。ロッキングが生じるための水平応答加速度は、重心の鉛直方向の応答加速度を考慮したモーメントの釣合いから得られることを示した。

第4章では、第2章で実施した実大振動台実験の1×3スパン木造建物を対象として、水平構面の变形を考慮した解析モ

デルを構築し、弾性および弾塑性地震応答解析を行って、解析モデルの妥当性を検証するとともに、柔な水平構面が建物の地震応答および耐震性能に及ぼす影響を分析した。

大変形を経験しておらず各部材の剛性低下が無い場合には、弾性地震応答解析によって、振動台実験における小変形領域での挙動を良い精度で再現出来ることを示した。弾塑性地震応答解析では、振動台実験における最大経験変形角の情報を解析モデルの復元力特性に反映することで、壁配置や床仕様によらず良い精度で実験における層間変形角応答を再現出来ることを示した。

水平構面の剛性が鉛直構面の剛性に対して十分に高いときを剛床とし、水平構面の剛性を低くしていったときの最大層間変形角の変化を解析によって求め、柔な水平構面が最大層間変形角に及ぼす影響を明らかにした。柔な水平構面を有する場合、偏心があってもねじれ振動が励起されにくいため加振方向と直交する耐力壁が加振方向の層間変形角に及ぼす影響が小さいこと、壁配置によっては耐力壁の増設が必ずしも層間変形角の低減につながらないことを解析結果に基づいて示し、柔な水平構面を有する木造建物では各鉛直構面での剛性・耐力バランスを良くすることが重要であると指摘した。

第5章は結論であり、本論文で得られた成果について要約し、今後の課題についてまとめている。

論文審査の結果の要旨

本論文は、伝統構法木造建物の構造力学的に未解明な課題である、柔な水平構面および礎石建て構法による柱脚が建物の地震応答と耐震性能に及ぼす影響を、実大振動台実験と地震応答解析に基づいて解明することを目的とした研究をまとめたものであり、得られた成果は次の通りである。

1) 伝統構法木造建物の水平構面および柱脚の仕様が異なる1×3スパン木造軸組試験体6体を用いた実大振動台実験を実施した。軸組の応答性状が水平構面の剛性と鉛直構面の壁配置による偏心によって大きく異なることを明らかにした。また、礎石建て構法の場合には、柱脚を土台に固定する構法に比べて、柱脚が滑ることによって建物に入力される地震力が低減され、軸組の層間変形角が抑えられることを指摘した。

2) 柱底面と礎石との間で生じる滑り挙動と軸組のロッキングによる柱脚の浮き上がり挙動を解明するため、1×1スパン礎石建て構法木造軸組の実大振動台実験を実施した。まず、柱底面と礎石間の摩擦係数が実験方法や応答性状により0.3～0.5に分布する状況を考察した。次に、柱脚が固定されない礎石建て構法では、軸組の地震時挙動が、軸組のせん断変形に加えて柱脚の滑りと軸組のロッキングが複合された挙動であることを明らかにした。ロッキングによる柱脚の浮き上がりが生じているときには、軸組のせん断変形と柱脚の衝突による上下振動が現れていることを示し、剛体のロッキング振動と性状が大きく異なることを指摘した。また、ロッキングの発生条件が重心の鉛直方向の応答加速度を考慮したモーメントの釣合いから得られることを示した。

3) 木造軸組の水平構面の変形を考慮した解析モデルを構築し、時刻歴地震応答解析によって、水平構面の仕様や壁配置によらず、振動台実験における軸組の応答性状を再現出来ることを示した。これにより、水平構面の剛性と鉛直構面の剛性との組み合わせにより、剛床あるいは柔床として取り扱え得る領域を解析的に明らかにした。また、水平構面の剛性が軸組の応答性状に与える影響を解析的に評価し、柔な水平構面の場合には、壁配置によっては耐力壁の増設が必ずしも応答の低減につながらないことを指摘した。

本論文は、伝統構法木造建物の柔な水平構面および礎石建て柱脚に関する課題を実験的、解析的に解明したものであり、伝統構法木造建物の耐震性能評価法および耐震設計法の構築に有用であることから、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20年2月27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。