

審査の結果の要旨

氏名 壁谷澤 寿一

本論文は、次の8章より構成される。

第1章「研究の目的」では、本研究が鉄筋コンクリート造建物を対象にして、基礎近傍の非線形現象をともなう大加速度域での地震動入力逸散効果を、実験、観測、解析によって検証したものであり、基礎底面での滑り現象に着目した実大振動実験によって入力逸散効果を実証するとともに、非線形地震応答解析および理論的な検討によって、基礎すべり入力逸散効果を一般化して理解する方法を示すことを目的とするものとしている。

第2章「地盤-建物連成応答に関する既往の研究」では、基礎入力逸散効果に関する既往の研究を概観し、極大地震時の地盤非線形応答を考慮した有限要素法による評価法や、汎用性のある質点ばねモデルによる入力逸散効果についての解析法を検討し、大加速度域の非線形領域での相互連成作用はいまだ十分には定量化されていないことを指摘した。そして、本研究では、地盤の非線形入力逸散現象の一つである基礎地盤間の摩擦滑り現象について取り上げ、極大地震時の基礎地盤間の摩擦滑り現象の発生メカニズムを検証し定量化することを目的として実大振動実験および解析を行うことの意義について述べている。

第3章「実在建物の基礎における入力逸散効果」では、新潟県中越地震で被災した実在する鉄筋コンクリート建物の静的加力実験や余震観測記録に基づいて地盤建物の相互作用の検討を行っている。

第4章「鉄筋コンクリート造3層建物の実大3次元震動実験の計画」では、学校校舎を模擬して1970年代当時の一般的な構造設計手法により設計された、鉄筋コンクリート建物試験体の実大振動実験の実験計画と実験結果について述べている。試験体の基礎は震動台上に固定せず、基礎コンクリート下面を支持面のコンクリートと分離して設置することで基礎滑り挙動を模擬した実験が行われ、基礎を固定しない時の応答は大加速度入力において基礎下で浮上りを伴う滑り変形が生じて、小破程度の被害にとどまったのに対して、その後基礎を震動台上に固定した後の同じ加振では、構造物は進行性崩壊に至ることが示され、基礎すべりによる入力逸散効果を実験により実証している。

第5章「実大3層震動実験の結果」では、実験結果における基礎滑り変形現象と応答せん断力の非定常な関係を詳細に分析し、基礎は初滑り時に摩擦耐力に加えて付着力が作用し、非常に高い水平せん断力で滑り始めるが、繰返し振動時には低い耐力で基礎滑りが発生していることを

実験的に明らかにしている。摩擦係数に換算すると前者は0.75、後者は0.45程度で、その時刻歴変化は振動するような変動性状を示し、徐々に一定値に収束している。震動実験後に基礎の静的漸増載荷試験により得られた静的滑り摩擦係数とも比較検討し良い対応を得ている。

第6章「実大3層震動実験の解析」では、試験体を部材レベルでモデル化して、滑り復元力に関しては弾塑性またはバイリニアモデルとして、実大振動実験結果の解析的検討を行っている。基礎の滑り始めの摩擦耐力の変動を考慮した基礎復元力モデルによった解析は実験と良く対応することを示している。摩擦耐力を常に一定とした解析モデルでは振動前半における応答変形およびせん断力を過小評価するが、基礎滑り中の摩擦耐力変動は上部構造の応答には大きな影響は与えないとしている。

第7章「基礎下に弾塑性ばねを有する建物の応答」においては、基礎下に摩擦すべりを模擬した弾塑性ばねをもつ2自由度系を等価1自由度に縮約し、既往の限界耐力計算における等価線形応答と非線形応答を比較し、静的漸増載荷解析では基礎ばねに変形が集中するため、既往の方法では建物の最大応答は本質的に推定が困難であることを指摘している。さらに、基礎滑り開始時の建物速度、変形、逸散減衰エネルギーの和が保存されることに着目し、逆方向基礎滑り停止時から基礎滑り開始時までの入力加速度を最大値と仮定することにより、建物最大応答層せん断力は最大入力加速度と減衰定数の関数となり、建物固有周期に依存しない上限値として理論的に推定が可能であることを示している。本推定法を、さまざまな地震記録に対しての時刻歴解析結果と比較して妥当性を確認し、その計算値は上限値を0~20%程度下回った値であり、上限の0.9倍を推定値とすれば非常に良好な対応関係となる、としている。

第8章「結論および今後の展望」においては、本論文のまとめを行い、今後の研究の展望について論じている。

以上のように、本論文は、基礎滑り現象による入力逸散効果を実大振動実験によって実証するとともに、実験結果を再現しうるモデルを提示し、さらに理論的な検討によって極大地震動入力に対しては、建物のせん断力応答には上限が存在して、この上限が推定可能であることを理論的に示している。これらの現象の解明および検討結果は、従来の既存建物の地震被害解析あるいは新築建物の耐震設計の適用範囲を、設計時の設定レベルを上回る極大地震動も対象としたものに拡大し新たに展開させたものであり、耐震工学の進歩に大きく貢献している。

よって本論文は博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。