

博士論文の概要

(2022 年 11 月 10 日 提出)

論文題目 弾性すべり支承における静摩擦係数の待機時間依存性を

考慮した免震建物の構造設計法に関する研究

指導教員 宮内 靖昌



大学院 工学研究科
博士後期課程 建築・都市デザイン工学専攻

申請者氏名 吉田 康弘



大阪工業大学大学院

博士論文の概要

1995年阪神・淡路大震災以降、免震構造を適用した建物（以下、免震建物）の建設が急増している。免震建物とするためには、建物上部の重量（鉛直荷重）を支えつつ、地震により水平力を受けた際には低剛性で柔らかく水平に変位する免震部材を柱の直下に設置する必要がある。免震部材には、主に積層ゴムと弾性すべり支承があるが、免震建物の固有周期をより長くして免震効果をさらに高めるために、近年では弾性すべり支承の採用が増加している。

本論文は、弾性すべり支承における静摩擦係数およびその待機時間依存性を考慮した免震建物の構造設計法に関する研究についてまとめたものである。ここで、待機時間とは、2つの物体が接触または静止してから次に滑動するまでの時間のことである。

第1章では、序論として本研究の背景と目的を示した。免震建物の地震応答解析において、弾性すべり支承の復元力特性は、面圧や速度などの各種依存性を考慮して設定される。しかし、静摩擦係数およびその待機時間依存性については明らかにされていないことから、現状の実設計では一定値の摩擦係数（動摩擦係数に対応している）が用いられている。したがって、免震建物が建設され、何年後に遭遇するか分からない地震時に想定通りの優れた構造性能を発揮するためには、静摩擦係数の待機時間依存性に対する考え方を明確にすることは重要であり、弾性すべり支承の経年を考慮した免震建物の設計手法を確立することを本研究の目的とした。

第2章では、本研究着手の発端となった免震建物（以下、モデル建物）の水平加力実験について述べた。実験の結果、設計時に用いた復元力特性から推定される水平力よりも大きな水平力を要した荷重-変位関係が得られ、その原因と建物への影響について考察し、本研究の課題を示した。

第3章では、弾性すべり支承の静摩擦係数の待機時間による変化を定量的に把握することを目的とした実験について述べた。試験体（合計12体）は、弾性すべり支承に使用されるすべり材（PTFE材）とすべり板（PTFEコーティングステンレス板）を接触させて組み立てたものであり、所定の面圧を加えた状態で養生した。面圧は3水準に変化させた。所定の時間経過した後、試験体を加力装置に設置して水平力を載荷し、静摩擦係数を計測した。得られた実験データに基づいて、待機時間、面圧および気温を変数とした重回帰分析を行い、弾性すべり支承の静摩擦係数を求める算定式を提案した。

第4章では、免震建物の実設計において、面圧、気温に加えて、静摩擦係数の待機時間による増大を考慮するための設計手法を提案した。まず、第3章で示した提案式を使用する際の考え方と復元力モデル例を示した。次に、既往のプログラムでは静摩擦係数を考慮した解析ができなため静摩擦モデルを有するプログラムを開発した。従来のバイリニア型の動摩擦モデルでの応

答および提案式を用いた待機時間による静摩擦係数の増大を考慮した静摩擦モデルでの応答について、モデル建物を対象として開発プログラムを用いた解析を行い、提案した設計手法を用いた場合の応答への影響を示した。

第5章では、2018年に発生した大阪府北部を震源とする地震において得られたモデル建物の地震観測記録を用いてシミュレーション解析を行い、第4章にて提案した設計手法の妥当性を検証した。まず、得られた地震観測記録を分析し、加速度記録とけがき板の変位記録との対応性を検討した。その結果得られた建物1階の入力地震動を設計モデルに入力し、2階床位置での加速度応答値と観測記録の比較、および免震層上下の設計相対変位とけがき板記録の比較により設計手法等の妥当性を検証した。

第6章では、各章で得られた知見を整理し、本研究の結論を示した。

各章で得られた知見を総括すると、弾性すべり支承は、これまで動摩擦係数を用いたバイリニア型の復元力特性である動摩擦モデルにて設計されている。しかし、待機時間により静摩擦係数は増大し、地震時の最大加速度応答および最大変位応答に影響を与える可能性があることを明らかにし、静摩擦係数の増大による静摩擦荷重の立上りを考慮した構造設計法を提案した。設計では、地震応答解析により最大応答値を求める際に、動摩擦モデルに加えて開発したプログラムを用いた静摩擦モデルを用い、静摩擦係数は提案式により求める。このように設計することで、建設後いつ遭遇するか分からない地震時に想定通りの優れた構造性能を発揮できるものとする。

