

4) 建築生産研究グループ

4) - 1 浮き上がりによる応答低減効果を活用した建築物の耐震設計上の課題に関する基礎研究【安全・安心】

Fundamental Study on Seismic Design of Buildings Utilized Response Reduction Effect Due to Uplift

(研究開発期間 平成 27~28 年度)

建築生産研究グループ (併 構造研究グループ)
Dept. of Production Engineering (Dept. of Structural Engineering)
国際地震工学センター
International Institute of Seismology and Earthquake Engineering

石原直
ISHIHARA Tadashi
小豆畑達哉
AZUHATA Tatsuya

Previous researches pointed out that uplift motion during earthquakes can reduce seismic forces in buildings. But the current standards or provisions does not take this beneficial reduction effect into account. In this study, problems to be solved for taking account of reduction effect due to uplift are investigated. More specifically, two themes, design seismic forces in buildings allowed to uplift and dynamic ultimate strength of soils regarding uplift, are studied.

【研究開発の目的及び経過】

浮き上がりを許容した建築物の地震時挙動と耐震設計に関しては比較的古くから研究が行われており、建築研究所においても日米共同構造実験研究「高知能建築構造システムの開発」(平成 10~14 年度)(建築研究報告 No. 141 等)などで検討を行ってきた。平成 24 及び 25 年度には国土交通省による建築基準整備促進事業(建築研究所との共同研究)として関連検討が実施されたが、現行の耐震設計に研究成果を反映するには至っていない。

本研究では浮き上がりによる応答低減効果を活用した建築物の耐震設計上の課題について、既往の研究成果を踏まえた検討・調査を行い、耐震設計法の構築に向けた技術資料を作成することを目的とした。

【研究開発の内容】

(1) 上部構造の設計用地震力の検討

浮き上がりによる応答低減効果を活用した建築物の設計用地震力を検討する。既往の知見を活かしたプログラム作成とそれに基づく地震応答解析を実施して、設計用地震力と各種パラメータの影響との関係を整理する。既存のデータ活用や追加実験の実施により、実験的な検討も合わせて行う。

また、地震動特性に応じた上部構造での高次モードの増幅程度を地震応答解析結果から分析する。

(2) 浮き上がりと着地に関連した基礎地盤の極限支持力の調査

浮き上がりと着地を繰り返す場合の動的な極限支持力について文献等による情報収集を行い、現状の知見と課題

を整理する。

【研究開発の結果】

(1) 上部構造の設計用地震力の検討

上部構造の設計用地震力を検討するに当たり、個性を排除するとともにパラメータを絞るため、多層建築物を抽象化した均一せん断棒モデルを対象とした(図 1)¹⁾²⁾。剛な基礎・地盤を前提として担当者の既往の知見を活かしながら地震応答解析プログラムを新たに作成した。解析の全体的なフローを図 2 に示す。図中の[C]や[D]に示されるように、微小時間増分 Δt 間の応答は線形として計算し、浮き上がり開始や着地の判定を図中の[E]や[F]で行いながら適宜状態(使用するモード形)を切り替えることにより、いわゆる区分線形系としての計算を行うものである。

解析結果の妥当性は、既往の実験データとの比較を通じて確認した(図 3 参照)²⁾。また、熊本地震での観測記録を含めた地震動を対象として応答解析を実施し¹⁾、上部構造の地震力と各種パラメータの影響との関係を整理した(図 4 参照)。

また、地震動特性と応答特性との関係については、多層浮き上がり許容構造の時刻歴応答を UMRHA (Uncoupled Modal Response History Analysis) 法等により浮き上がりを伴う主要モードと地震動特性により励起される高次

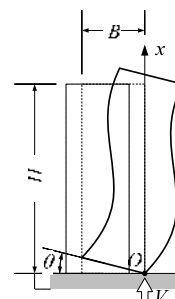


図 1 均一せん断棒モデル¹⁾²⁾

モードに分離し、主要モードにおいて浮き上がり後に生じる高次モードと地震動特性により励起される高次モードとの重合性が比較的大きいこと等を明らかにした(図 5 参照)³⁾⁴⁾⁵⁾。

さらに、既存の部材等を活用しつつ追加部材を製作して、剛な基礎・地盤上にある 1 層の強柱・弱梁モデルの振動台実験を行った。上部構造が塑性化する場合でも浮き上がりによる損傷低減効果が見込めることを検証した。

(2) 浮き上がり及着地に関連した基礎地盤の極限支持力の調査

日本建築学会 (PD 資料を含む)、日本地震工学会、Frontiers in Built Env.、土木研究資料、等の文献調査を行った。土木分野では橋脚を対象に地盤の変形(改良地盤を含む。)を積極的に活用して上部構造の損傷低減を図ろうとする動向が見られた。建築分野では浮き上りを伴う動的な現象において建築基礎構造設計指針(日本建築学会)等で示される静的な極限支持力を超えても地盤の破壊が起こらないことが実験的に示されていること等を把握した。これらの技術的知見は整いつつあるものの、一般的な設計用の評価方法等は確立されていない状況であることが確認された。

[参考文献]

- 1) 石原直、小豆畑達哉、柏尚稔、緑川光正：均一せん断棒モデルの浮き上がり地震応答解析 一熊本地震の観測波を含む計算例一、日本地震工学会第 12 回年次大会梗概集、P2-41、2016 年 9 月
- 2) 石原直、小豆畑達哉、柏尚稔、緑川光正：地震時浮き上りを伴う均一せん断棒モデルの区分線形モード解析法、日本建築学会関東支部研究報告集、I、pp. 273-276、2017 年 2 月
- 3) 小豆畑達哉、石原直、緑川光正：浮き上りを生じる構造物の高次モードの影響を含めた地震応答予測、日本建築学会大会学術講演梗概集、構造 II、pp. 777-778、2016 年 8 月
- 4) Tatsuya Azuhata, Tadashi Ishihara : A SIMPLIFIED PREDICTION METHOD FOR SEISMIC RESPONSES OF BUILDING FRAME STRUCTURES ALLOWED TO UPLIFT, COMPDYN 2017, 2017 年 6 月 (予定)
- 5) 小豆畑達哉、石原直：非連成モーダル応答時刻歴解析による浮き上りを許容する構造物の地震応答に対する高次モードの影響評価、日本建築学会大会学術講演梗概集、2017 年 8 月 (予定)

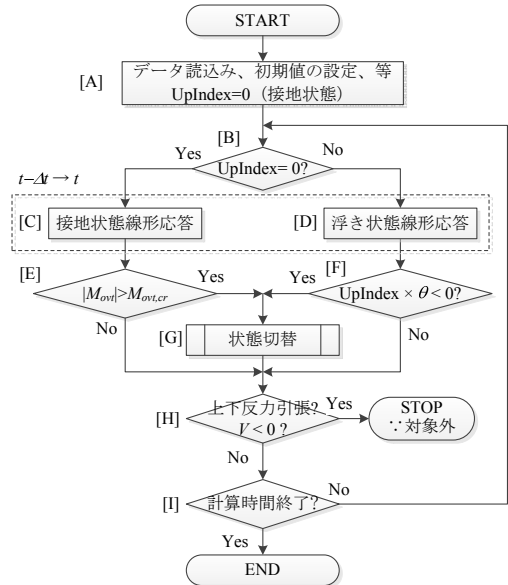
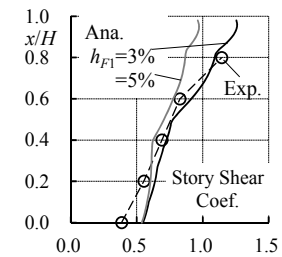


図 2 解析のフローチャート²⁾

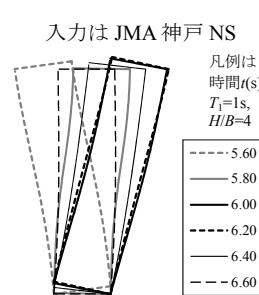


(a) 試験体 (スパン約 2m × 高さ約 5m)

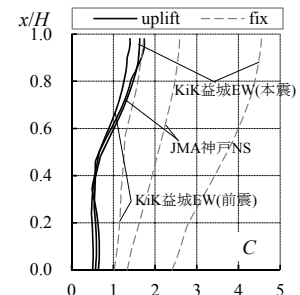


(b) 層せん断力係数の分布 (Exp. : 実験, Ana. : 解析)

図 3 既往の実験との比較による解析結果の妥当性検証²⁾



(a) 変形図



(b) 層せん断力係数の分布

図 4 地震応答解析の例¹⁾

(fix は基部固定、1 次固有周期 $T_1=1s$ 、塔状比 $H/B=4$)

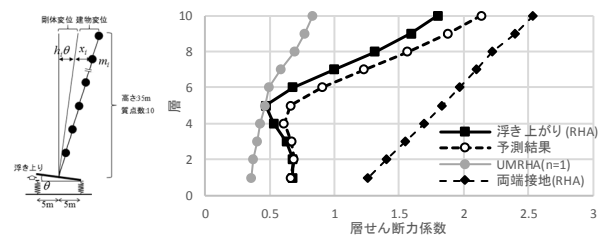


図 5 時刻歴応答解析(RHA)と予測結果の比較⁵⁾