

滑り基礎構造を用いた10階建て鉄筋コンクリート造建物の地震応答解析

Seismic Behavior of a Ten-Story Reinforced Concrete Building with Sliding-Foundation

○小出裕輝¹, 中舘良太¹, 谷内颯真¹, 北嶋圭二²

* Yukino Koide¹, Ryota Nakadate¹, Sohma Taniuchi¹, Keiji Kitajima²

Abstract: In 2015, a shaking table test of a ten-story full-scale RC building was conducted at E-Defense as a project of NIED, and the responses with sliding and fixed foundations were examined. In this study, a time-history analysis was carried out using a three-dimensional frame model with elastic sliding bearings, and comparison with the experimental results showed that the responses in the frame direction were generally consistent, while the modeling in the shear wall direction requires further investigation.

1. はじめに

国立研究開発法人防災科学技術研究所実大三次元震動破壊実験実施施設 E-Defense において、2015年に実大10層鉄筋コンクリート造建物の振動台実験が実施された¹⁾。実験は、大地震時に建物へ入力される加速度が低減される「滑り基礎構造」の性能を検証することを目的としている。文献²⁾では、滑り基礎構造の設計法構築に向けて、複数のモデルを用いた立体骨組解析による検討を行ったが、滑り変位量の再現性が十分ではなかった。日本建築学会の基礎滑動WGでは各研究機関において実験³⁾の解析方法が検討されている。

本研究では、基礎滑動WGで検討を行っている滑り基礎構造建物の一般的なモデル化が実験結果とどの程度対応するのかを比較・検討する。検討では、滑り基礎構造を弾性すべり支承で模擬した立体骨組モデルを用いる。

2. 解析概要

解析モデル概要をTable 1に、各階重量をTable 2に示す。また、軸組図をFig.1に、基準階略伏図をFig.2に示す。解析モデルは、3×3スパン、10層のRC造建物であり、桁行方向はラーメン構造(以下、フレーム方向)、梁間方向は1層から7層が耐震壁付きラーメン構造、8層以上はラーメン構造である(以下、壁方向)。上部構造の解析モデルは、文献²⁾で示されている基礎固定時の解析モデルを参考にした。柱および梁部材は線材モデルとし、耐震壁は側柱および壁板をMSモデルとした。

滑り基礎の解析モデルは、16本の柱直下に弾性滑り支承を設置し、摩擦係数 $\mu=0.20$ で滑るように設定した。弾性すべり支承の解析モデルは、鉛直ばねと多方向せん断ばねを採用した。鉛直ばねの鉛直剛性は、圧縮に対してはほぼ剛と考え、非常に高い剛性と設定した(Fig.3)。水平方向の多方向せん断ばねは、360°の方向に

等間隔に12本設置した。水平ばねの初期剛性 K_1 は、実験結果に基づき、1基あたり719kN/mmとした(Fig.4)。なお、変動軸力による影響は考慮していない。

立体骨組モデルの時刻歴応答解析は、任意形状立体フレーム弾塑性解析プログラム「SNAP ver.8」を使用した。時刻歴応答解析は、Newmark- β 法($\beta=0.25$)を用い、積分時間間隔 $\Delta t=0.0001$ とした。粘性減衰は瞬間剛性比例型3%とした。

入力波は、実験³⁾の振動台上で計測された1995年兵庫県南部地震神戸海洋気象台観測波(JMA Kobe)の加速

固有周期[s]	0.6
摩擦係数	0.20
基準軸力[kN]	719
滑り出し耐力(長期軸力時)FD[kN]	144
初期剛性 K_1 [kN]	144
鉛直軸剛性 K_v [kN]	863

	各階重量[kN]	合計[kN]
R	725	725
10	797	1,522
9	722	2,244
8	744	2,988
7	977	3,965
6	806	4,771
5	808	5,579
4	826	6,405
3	845	7,250
2	946	8,196
1	1,859	10,055



Photo 1 Test Specimen

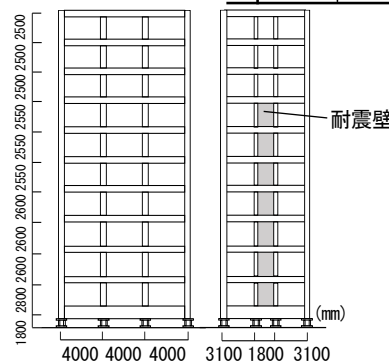


Fig.1 Elevation of Specimen

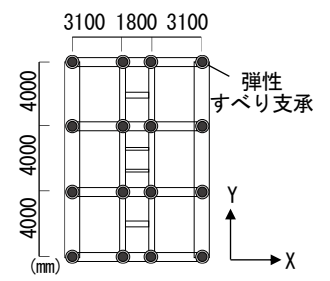


Fig.2 Typical Plan of the Specimen

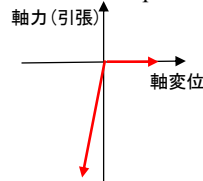


Fig.3 Definition of Vertical Stiffness of an Elastic Sliding Bearing

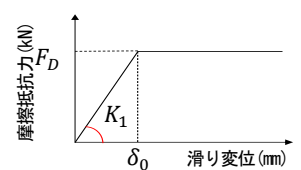


Fig.4 Axial Restoring Characteristics of an Elastic Sliding Bearing

1: 日大理工・院(前)・海建 2: 日大・教員・海建

度波形を用いた。なお、実験³⁾は観測波の加速度倍率を10, 25, 50, 100%と段階的に増加させて加振を行い、その後、試験体を基礎固定し、同じく加速度倍率10%~100%の加振実験を行っている。本解析では、基礎固定時および基礎滑動時の入力倍率100%時の振動台加速度を初期入力として用いた。振動台加速度波形は、基礎固定時は計測データ保存番号「2015-1211-006-1」³⁾、基礎滑動時は「2015-1127-007-1」³⁾におけるch.839(壁方向)、ch.840(フレーム方向)を用いた。

3. 基礎固定時の地震応答解析結果

基礎固定時のフレーム方向と壁方向の最大層間変形角をFig.5に、最大層せん断力をFig.6に示す。図中には文献2)の解析結果2種類と実験結果および本解析結果を示している。フレーム方向の1~8層の層間変形角(本解析結果)は、文献2)の解析および実験結果より小さい結果が得られた。壁方向では、2~8層の層間変形角が大きく異なっている。最大層せん断力はフレーム方向、壁方向ともにconventional²⁾と比較的整合していることを確認した。

4. 基礎滑動時の実験結果と地震応答解析結果の比較

基礎滑動時のフレーム方向および壁方向の最大層間変形角をFig.7に、最大層せん断力をFig.8に示す。最大層間変形角の実験結果³⁾は、層間変位計の計測値および各階床上加速度計の計測値を積分して差を取り、算出している。層間変形角は、フレーム方向は最大層間変形角が概ね様な分布となる傾向は再現されている。壁方向は、解析結果が実験結果(積分)を過小評価している。層せん断力の解析結果は、壁方向、フレーム方向ともに実験結果よりも小さい値となった。

--- 実験結果 ○ 文献²⁾ Full Slab ▲ 文献²⁾ Conventional — 解析結果

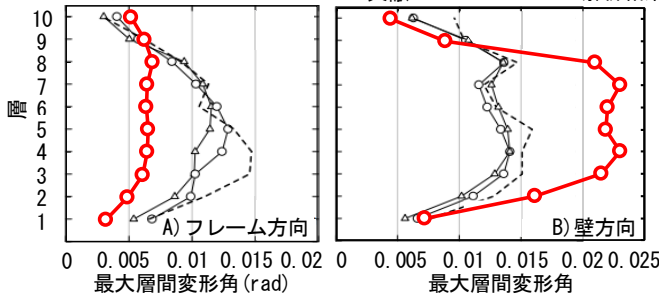


Fig.5 Maximum Story drift ratio (Base Fix Model)

--- 実験結果 ○ 文献²⁾ Full Slab ▲ 文献²⁾ Conventional — 解析結果

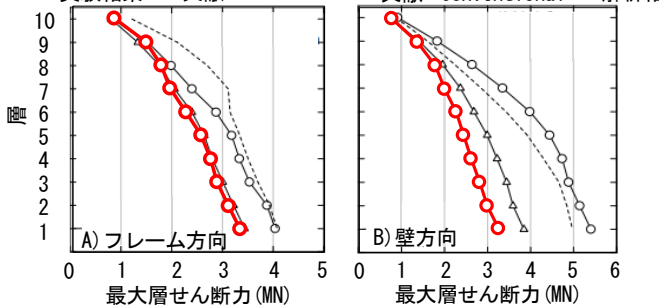


Fig.6 Maximum Story Shear (Base Fix Model)

Fig.9に滑り変位の時刻歴波形を示す。滑り変位量は実験結果と大きく異なっており、最大値、残留変位ともに再現できていない。これは、本検討では上部構造のモデル化が適切でなかったこと、変動軸力、浮上り挙動や基礎の剛体回転などを考慮していないためだと考えられる。滑り出しの時間、滑動、非滑動の継続時間は概ね一致している。

5. まとめ

以上、滑り基礎構造を弾性すべり支承で模擬した立体骨組モデルによる時刻歴応答解析より、基礎滑動時の解析結果は実験結果を概ね再現できたが、基礎固定時の解析結果は層間変形角において大きく異なる値となった。今後はモデルの再検討を行う。

滑り変位においては、本検討で考慮していない変動軸力や浮上りの影響などを考慮する検討が必要だと考えられる。

6. 参考文献

- 1) 梶原ほか:大型振動台による10階建て鉄筋コンクリート建造物の三次元震動実験(2015), 日本建築学会大会, 2018
- 2) 壁谷澤ほか:実大10層RC建物の振動台(2015)における基礎滑り応答性状, 日本建築学会大会, 2021
- 3) 国立研究開発法人防災科学技術研究所実大三次元震動破壊実験実施施設「E-Defense 実験データ ASEBI」「現行耐震設計基準に基づく10層RC造骨組の崩壊メカニズムと普及型高耐震技術に関する実験」

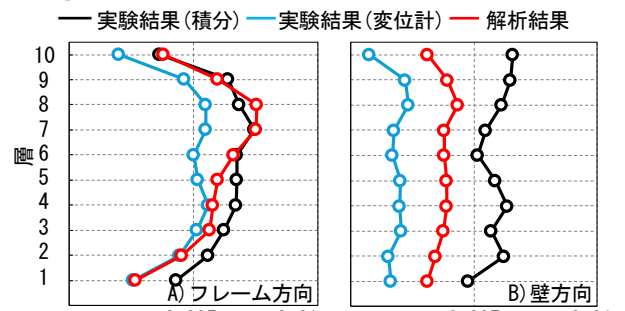


Fig.7 Maximum Story drift ratio (Base Sliding Model)

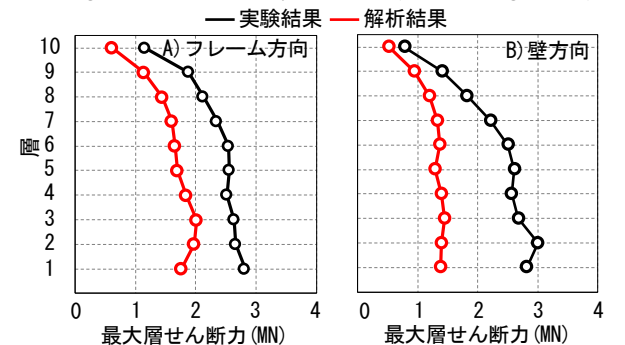


Fig.8 Maximum Story Shear (Base Sliding Model)

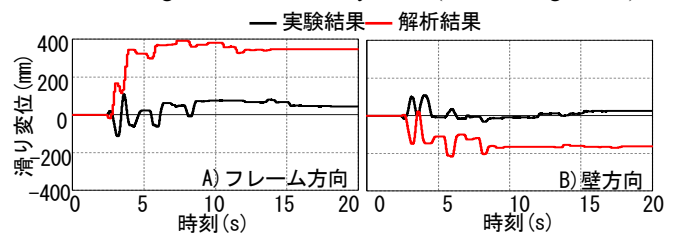


Fig.9 Time History of Base Sliding Drift