

2 方向同時入力を受ける滑り基礎構造建物の地震応答性状に関する研究

Study on Seismic Response Characteristics of Sliding-Foundation-Buildings

receiving Simultaneous Input of Bi-Directional Seismic Motion

○國府田有加<sup>1</sup>, 北嶋圭二<sup>2</sup>, 中西三和<sup>2</sup>, 安達洋<sup>3</sup>

\*Yuka Koda<sup>1</sup>, Keiji Kitajima<sup>2</sup>, Mitsukazu Nakanishi<sup>2</sup>, Hiromi Adachi<sup>3</sup>

Abstract: This Paper examined the seismic response properties of Sliding-Foundation-Buildings that receive simultaneous input in Bi-directional. We performed time history response analysis using a three-dimensional skeleton models, and the obtained the results regarding the response reduction effect of the Sliding-Foundation-Buildings, the interaction of Bi-directional simultaneous input, and the torsional behavior.

1. はじめに

本研究は、コンクリート製の人工地盤と基礎板の間に、安価で摩擦係数の小さな摩擦材(黒鉛粉末)を塗布し、基礎板が滑ることにより、建物への入力加速度を低減させる“滑り基礎構造”に関するものである。滑り基礎構造の地震入力低減効果については、先行研究<sup>[1][2]</sup>により確認されているが、立体骨組モデルによる2方向同時入力時の滑り基礎構造建物の地震応答性状については、十分に説明されているとはいえない。特に、地震動の2方向同時入力時の軸力変動により摩擦抵抗力が変動した際の捩じれ挙動に関して検討が必要である。

そこで本研究では、立体骨組モデルによる時刻歴地震応答解析を実施し、2方向同時入力時の滑り基礎構造建物の応答低減効果を確認するとともに、滑り面に生じる軸力変動により摩擦抵抗力が変動した際の捩じれ挙動に着目して検討を行う。

2. 建物概要および解析概要

本検討では、4階建てRC造建物の柱直下の基礎板下に滑り支承が設置されている滑り基礎構造建物を検討対象とする。軸組図を Fig.1 に、基準階伏図を Fig.2 に示す。また、基礎固定時の静的増分解析諸元を Table 1 に、静的増分解析結果を Fig.3 に示す。本建物の X 方向は純ラーメン構造で、ベースシア係数  $C_B=0.37$  で、部分崩壊形を形成する。Y 方向は耐震壁付きラーメン構造で十分な耐力を有している。

滑り基礎の解析モデルは、弾性滑り支承を用い、摩擦係数  $\mu=0.15$  で滑るように設定した。すなわち、各支承に作用する時々刻々と変動する軸力の 15% の耐力で降伏するようにした。初期剛性は、降伏耐力に達する時の滑り変位を 1 mm と想定し、115.6 kN/mm とした。また、降伏後の剛性は、滑り面のテーパーによる復元力を想定し、0.01 kN/mm と設定した。

立体骨組モデルの静的増分解析および時刻歴応答解析はともに、任意形状立体フレーム弾塑性解析プログラム「SNAP ver.7」を使用した。時刻歴応答解析は、Newmark- $\beta$ 法( $\beta=0.25$ )を用い、積分時間間隔 $\Delta t=0.001$ sec とし、減衰は上屋のみに対し減衰定数 3% の瞬間剛性比例型とした。入力地震動は、地動最大速度を 50 cm/sec に基準化した観測波 1940El Centro の NS 波と EW 波を用いる。検討用入力地震動の諸元を Table 2 に示す。

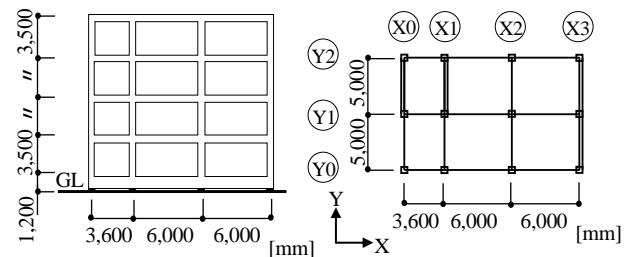


Fig.1 Frame diagram

Fig.2 Reference floor plan

Table 1 Structural characteristics

階	Wi [kN]	$\Sigma W$ [kN]	T [sec]	Ai	Qi [kN]
R	1254	1254	0.405	1.77	443
4	1741	2995		1.37	823
3	1765	4760		1.16	1107
2	1792	6552		1.00	1310
1(基礎)	2693	9245		—	—

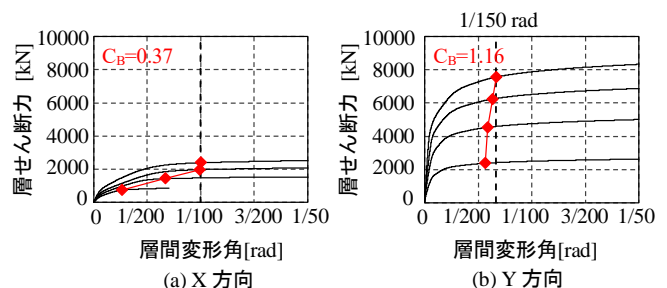


Fig.3 Static incremental analysis (Fixing the foundation)

Table 2 Input seismic motion for examination

地震波名称	継続時間 [sec]	加速度 [cm/sec <sup>2</sup> ]	速度 [cm/sec]	変位 [cm]
1940 El Centro NS	53.76	510.0	50.0	13.7
1940 El Centro EW		275.7	50.0	36.9

1 : 日大理工・院・(前) 海建 2 : 日大理工・教員・海建 3 : 日大名誉教授

### 3. 時刻歴応答解析結果

**3.1 応答変位** 時刻歴応答解析で得られた1方向入力時と2方向同時入力時の最大応答変位(最大相対変位, 最大層間変位)を基礎固定時および軸力一定時と比較してFig.4に示す。滑り基礎構造建物は基礎部の1階床が大きく変位し, 上屋の層間変位は基礎固定時より極端に小さくなっており, 滑り基礎構造の応答低減効果が確認できる。また, 滑り基礎構造建物の最大応答変位は, 1方向入力時と2方向入力時および軸力一定時と軸力変動ありの時では差が生じていた。

**3.2 滑り支承の応答** 滑り支承の応答は, X0-Y2通りの滑り支承(長期軸力 445 kN)に焦点をあてて検討する。1方向入力時の滑り支承の応答履歴曲線(摩擦抵抗力  $P$  と滑り変位  $\delta$  の関係)を Fig.5 に, 2方向入力時の滑り支承の応答履歴曲線を Fig.6 に, 軸力変動なしの滑り支承の応答と比較して示す。なお, 黒破線は, 長期軸力時の摩擦抵抗力 67 kN を示す。Fig.5 より, 軸力変動なしでは, 長期軸力の摩擦抵抗力で一定に滑っていることがわかる。一方, 軸力変動を考慮した場合, 複雑な応答履歴曲線を描き, 抵抗力が 0 kN で滑るときや, 長期軸力時の摩擦抵抗力を大きく超えて滑るときもあることを確認した。Fig.6 は, 2方向入力の影響より, 1方向入力時(Fig.5)よりも応答履歴曲線が複雑になっており, 摩擦抵抗力が大きくなっていることがわかる。Fig.7 の摩擦抵抗力のオービットからは, 2方向入力時の相互作用が再現されていることがわかる。Fig.8 の滑り変位のオービットでは, 残留変位があることがわかり, 片流れ現象が生じていると考えられる。また, 1方向入力時と2方向入力時の応答はともに, 軸力変動を考慮した解析の応答の方が, 摩擦抵抗力は大きくなっており, 滑り変位は小さいことがわかった。

**3.3 捩じれ挙動** Table 3 に1階床と上屋最上階の捩じれの最大回転角と建物の捩じれ(1階床と最上階の相対的な捩じれ角)を固定基礎および軸力変動なしの時と比較して示す。回転角は, 建物の一辺の変位の差分を建物の長さで除して算出した。軸力変動を考慮した場合, 軸力変動なしのものより, 回転角が10倍ほど大きくなっており, 軸力変動の影響によって捩じれが生じることを確認した。しかし, 最大回転角は  $1/500 \text{ rad}$  とわずかなものであり, 建物の性能に影響を及ぼすほどの捩じれは生じていないことがわかった。また, 建物の捩じれに関しては, 滑り基礎構造建物の上屋の捩じれはわずかに生じているが, 固定基礎建物と比較して,  $1/5$  の値となっており, 滑り基礎構造建物の捩じれは, 低減できていることがわかる。

### 4. まとめ

本研究では, 2方向同時入力を受ける滑り基礎構造建物の応答性状に関して検討を行い, 滑り基礎構造建物の応答低減効果を確認することができた。また, 2方向同時入力を受ける滑り基礎構造建物の捩じれは, 軸力変動の影響を受けるが, わずかな捩じれしか生じないことを確認した。

[参考文献]

- [1] 北嶋圭二ほか:「黒鉛を摩擦材とした滑り基礎構造に関する研究 その1~8」, 日本建築学会大会, B-2, 2012~2015
- [2] 北嶋圭二ほか:「テーパー付き滑り基礎構造建物の加振実験 その1~7」, 日本建築学会, B-2, 2016~2018

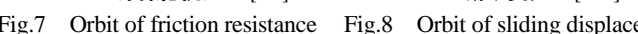
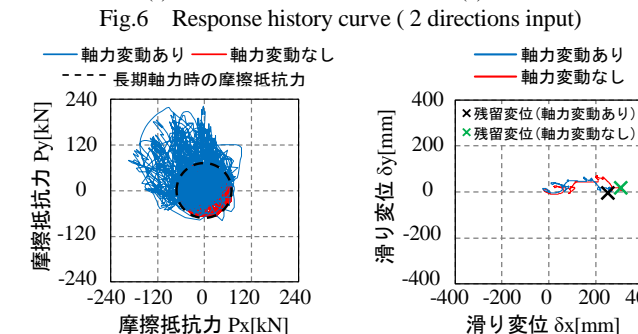
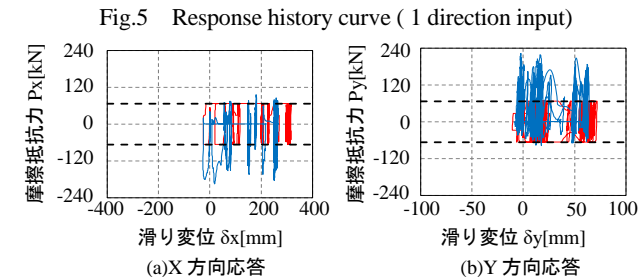
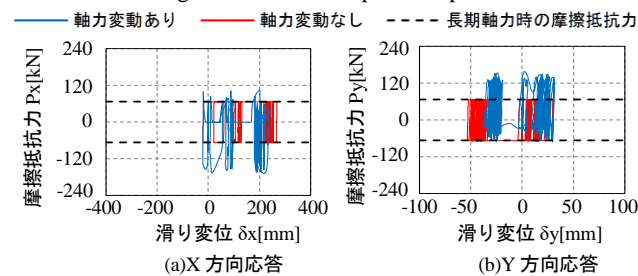
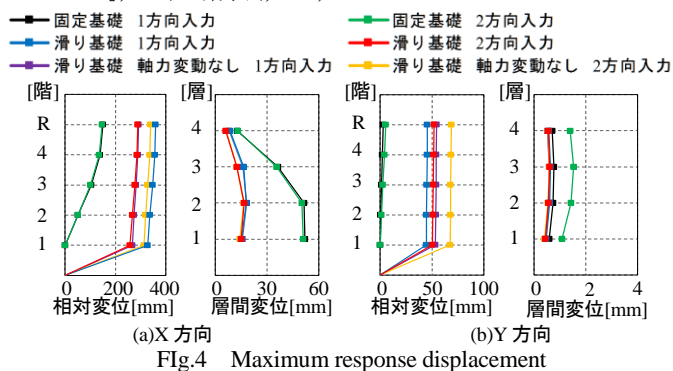


Table 3 Maximum rotation angle

Category	Sliding Foundation, No Axial Force Fluctuation	Sliding Foundation, Axial Force Fluctuation	Fixed Foundation
R階	~0.1	~2.2	~0.1
1階床	~0.1	~2.2	~0.1
建物捩じれ	~0.1	~0.2	~0.5

Legend: ■ 滑り基礎 軸力変動なし ■ 滑り基礎 軸力変動あり ■ 固定基礎 [ $\times 10^{-3}$  rad]