

滑り基礎構造建物の2方向振動台実験
定常波入力時の実験結果

Bi-Directional Shaking Table Tests on the Sliding-Foundation-Buildings
Experimental Results with Stationary wave input

○黒沼亜美¹, 國府田有加¹, 北嶋圭二², 中西三和², 安達洋³

*Ami Kuronuma¹, Yuka Koda¹, Keiji Kitajima², Mitsukazu Nakanishi², Hiroshi Adachi³

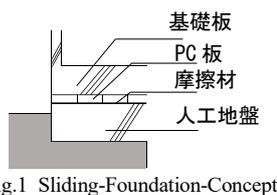
Abstract: The seismic response of a Sliding-Foundation-Building subjected to input in bi-directions has not yet been fully clarified. In this paper, Bi-Directional Shaking Table Test using a large specimen was conducted to investigate the seismic response characteristics of Sliding-Foundation-Building subjected to bi-directional inputs.

1. はじめに

本研究は、コンクリート製の人工地盤上に安価で摩擦係数の小さな摩擦材(黒鉛粉末)を塗布することにより、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(Fig.1)”に関するものである。滑り基礎構造の地震応答低減効果については、既報^{[1],[2]}により確認されているが、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、十分に解明されているとはいえない。また、これまでに実施された振動台実験での試験体は比較的小型であり、滑り面の摩擦抵抗力の2方向相互作用の影響や、上屋の転倒モーメントにより生じる滑り面の摩擦抵抗力の偏りの影響等については、十分な実験データも取得できていない。

そこで本研究では、2方向同時入力を受ける滑り基礎構造建物の詳細な応答性状を把握するため、大型の試験体(Photo 1)を製作して2方向振動台実験を実施する。

なお、非定常波を入力した際の実験結果については学会論文^[3]にて発表しているため、本報では定常波入力時の実験結果について記す。



2. 試験体

試験体作製に際し、4階建てRC造建物を検討対象建物として設定した。検討対象建物は、基礎板13m×13m、(建築面積169m²)とし、階高3.5m、軒高は14mとした。Table 1に検討対象建物の概要を示す。

Fig.2に試験体概要図、Table 2に試験体諸元を示す。試験体の人工地盤、基礎板はともに幅1,800mm×1,800mm、厚さ150mm、重量11.7kNのコンクリート平板とし、片流れを防止するために高低差15mmの2方向テーパを施した。人工地盤の上に基礎板を載置し、

人工地盤と基礎板の間には摩擦材である黒鉛粉末を約100g(30g/m²)塗布し、基礎板を滑らせ馴染ませた。基礎板重量は、基礎板とH形鋼2本で12.9kNである。上屋には幅1,500mm×1,500mm、厚さ125mm、重量17.8kNの鋼板を使用した。柱は直径23mmのPC鋼棒(B種1号)を試験体四隅に4本ずつ計16本使用し、H形鋼と上屋鋼板と固定した。なお、柱であるPC鋼棒の総重量は0.7kNであり、上屋鋼板とPC鋼棒を合わせた重量を上屋重量(18.5kN)とした。上屋の弾性1次固有周期の計算値は0.46secである。

3. 実験方法

実験は日本大学理工学部大型構造物試験センターの2方向振動台を使用し、人工地盤を振動台床に固定し



Table 1 Outline of the Building

構造種別	RC造
階数	地上4階
軒高	14m
平面形状	13m×13m
建築面積	169m ²
上屋重量	8,112kN

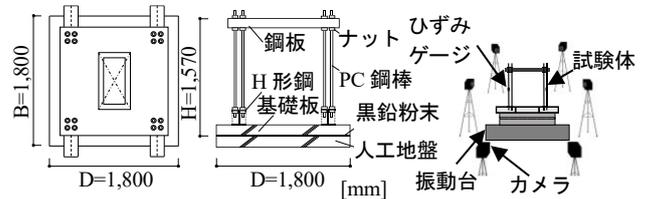


Fig.3 Test Condition

Fig.2 Outline of Test Specimen

Table 2 Details of Test Specimen

B [mm]	D [mm]	H [mm]	固有周期 [sec]	基礎板重量 [kN]	上屋重量 [kN]
1,800	1,800	1,570	0.46	12.9	18.5

Table 3 Input Wave

	加速度 [cm/sec ²]	速度 [cm/sec]	変位 [mm]
定常波	300	35.9	43.0
	324	23.1	18.6
	293	11.3	4.9

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

て実施した。計測項目は、地盤・基礎板・上屋の絶対変位と加速度、上屋柱のPC鋼棒のひずみである。絶対変位は画像センサーにて、加速度は上記の画像センサーと加速度計にて、ひずみはゲージにて測定した。

入力加振波は、定常波では、漸増 sin 波 3 波(1.33Hz, 2.00Hz, 4.00Hz)とし、最大加速度が 300cm/sec² となるように変位振幅を調整した。Table 3 には振動台上で計測した入力加振波の特性を示す。なお、定常波 2 方向同時入力時の実験では位相差を 90 度として入力した。

4. 実験結果

Table 4 に、各入力波による振動台実験で記録された地盤、基礎板および上屋の最大加速度を示す。基礎固定の場合、一般的には上屋の加速度は地盤加速度の 3 倍以上に増幅するが、いずれの入力に対しても上屋の加速度は地盤の加速度と同程度であり、滑り基礎構造の応答低減効果が十分に確認できる。

Fig.4 に定常波(sin 波 300ga 12.0Hz)の 1 方向入力時と 2 方向同時入力時の X・Y 各方向の地盤、基礎板、上屋の加速度の時刻歴波形を示す。1 方向入力時の加速度の時刻歴波形より 1 方向入力時と 2 方向同時入力時を比較して 2 方向同時入力時の応答加速度が低減していることが確認できた。また、実験結果から得られた試験体上屋の 1 次固有周期の値は、X 方向は 0.46sec, Y 方向は 0.45sec であり、試験体設計時に想定した値とほぼ一致することを確認した。

Fig.5 に地盤変位のオービットを示す。定常波を 90 度の位相差で入力したため、円を描くような挙動をしていることがわかる。Fig.6 は応答履歴曲線(滑り面の摩擦抵抗力と滑り変位の関係)を 1 方向入力時と 2 方向同時

Table 4 Maximum Acceleration

加振波		1方向		2方向		
		X	Y	X	Y	
定常波	1.33Hz	上屋	383	350	275	329
		基礎板	412	410	225	191
		地盤	300	313	304	329
	2.00Hz	上屋	436	393	318	319
		基礎板	347	311	236	254
		地盤	324	304	301	318
4.00Hz	上屋	163	153	155	146	
	基礎板	292	418	290	414	
	地盤	293	416	288	416	

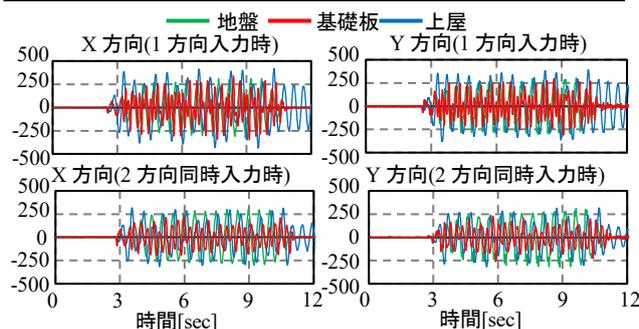


Fig.4 Time history of Acceleration

入力時を比較して示す。1 方向入力時はほぼ一定の摩擦抵抗力で滑っているのに対し、2 方向同時入力時には、小さな摩擦抵抗力で滑っており、応答履歴曲線が丸みを帯びていることが確認できる。Fig.7 に摩擦抵抗力のオービットを、Fig.8 に基礎板の滑り変位のオービットを示す。1 方向入力時のオービットは X・Y 各 1 方向入力時の値を 2 方向同時入力時と時間を合わせて重ね書きしたものである。Fig.7 より、1 方向入力時は正方形の耐力線(図中黒破線の正方形)に沿う挙動であるのに対し、2 方向同時入力時は正方形の内接円の耐力曲線(図中黒破線の円)に沿う 2 方向相互作用の影響を受けた挙動をしていることがわかる。また、Fig.8 より地盤変位が円運動となる 2 方向同時入力時(Fig.5)では、遠心力により、基礎板が地盤変位より大きな円運動をしていることがわかる。

5. まとめ

滑り基礎構建造物の試験体を用いた 2 方向振動台実験結果から得られた知見を以下に示す。

- ・ 1 方向入力時と比較して 2 方向同時入力時の応答が低減していることを確認した。
- ・ 実地震動では起こり得ないが、地盤が円運動するような挙動をした場合、2 方向同時入力時には基礎板がより大きな円運動をすることがわかった。

【参考文献】

[1] 波田, 北嶋ほか: 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] 沖野, 北嶋ほか: テーパー付き滑り基礎構建造物の加振実験 その1~7, 日本建築学会大会, B-2, 2016~2018
 [3] 天谷, 北嶋ほか: 滑り基礎構建造物の2方向振動台実験その1~3, 日本建築学会大会, B-2, 2021

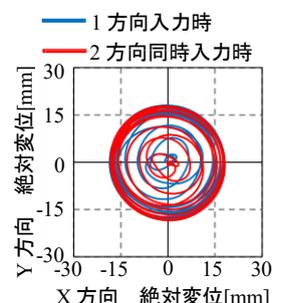


Fig.5 Orbit of Ground displacement

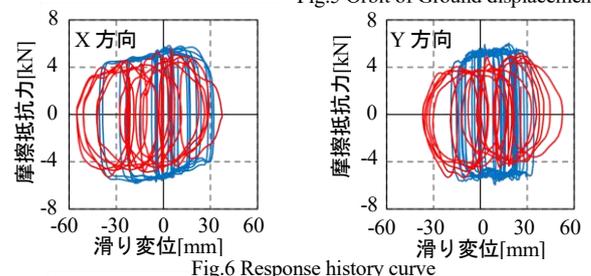


Fig.6 Response history curve

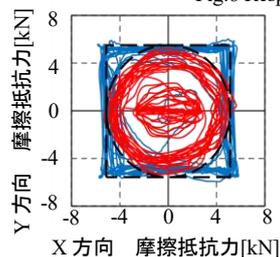


Fig.7 Orbit of friction resistance

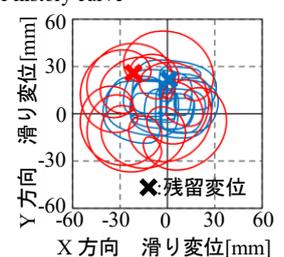


Fig.8 Orbit of sliding displacement