

黒鉛を摩擦材とした滑り基礎構造に関する研究

その6 滑り基礎構造を有する建物の地震応答性状

Study on Sliding Base Structure using Graphite Friction Materials

Part6 Seismic Response of Sliding-Foundation-buildings

○渡邊恭平¹, 柳田佳伸², 波田雅也², 竹内健一², 北嶋圭二³, 中西三和³, 安達洋³

* Kyohei Watanabe¹, Yoshinobu Yanagida², Masaya Hada², Kenichi Takeuchi², Keiji Kitajima³, Mitsukazu Nakanishi³, Hiromi Adachi³

Abstract: This paper describes seismic response of sliding-foundation-buildings

1. 研究目的

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頭打ちとなる“滑り基礎構造^{1),2)}”に関するものである。本報では、滑り基礎構造を有する建物(上屋)の地震応答性状を把握するため、一般的な固定基礎の建物と滑り基礎構造の建物を対象とした時刻歴地震応答解析を実施し、両者の上屋の地震応答性状について比較・検討する。

2. 解析概要

解析モデルは、Table 1 に示す固定基礎モデルと滑り基礎モデルの2つのモデルを設定した。両モデルの主たる解析変数は、上屋の固有周期(上屋剛体、T=0.1、0.25、0.5、0.75sec)である。両モデルとも、基礎(M1)と上屋(M2)の質量は単位重量(1ton)とし、上屋のばね定数を変えることで固有周期を変化させた。なお、滑り基礎モデルでは、摩擦係数 $\mu=0.15$ で基礎板が滑るように、建物全重量((M1+M2)g)の15%の耐力で降伏する完全弾塑性型の履歴特性を有するばねを基礎-地盤間に設定した。入力波は、定常波および非定常波を用いた。定常波は

漸増 sin 波 3 波 (1.0、2.0、

4.0Hz)とし、最大加速度が 500cm/sec² 程度(L2)と L2 の 2.0 倍(1000cm/sec² 程度:L4)とした。非定常波はレベル 2(L2)相当の告示波(観測位相)の 3 波を使用した。

3. 上屋が振動する時の滑り基礎構造建物の応答性状

Fig.1 に、定常波 2.0Hz-L2 入力時の滑り基礎モデルの応答解析結果を示す。(a)が上屋剛体、(b)が周期 T=0.25sec の時の応答加速度波形である。(ii)には 4.0~5.0sec までを拡大した。上屋が剛体の時は基礎および上屋の加速度は150cm/sec²で頭打ちになっているのに対し、上屋固有周期 T=0.25sec の時では、基礎および上屋の加速度は150cm/sec²で頭打ちにならず上昇していることがわかる。これは、4.0~5.0sec までを拡大し、かつ剛体時(a)と振動時(b)を重ね書きした(b)(ii)の図を見ると明らかなように、上屋が振動する場合には滑り基礎の加速度が上屋の応答加速度につられ上昇し、上屋剛体時に頭打ちとなる150cm/sec²を基準(図中破線)にして、同振幅で逆位相の振動をしているためである。

4. 固定基礎と滑り基礎構建造物の応答性状の比較

本章では、上屋の周期を変化させた解析結果について検討する。定常波 2.0Hz-L2 および L4 入力時の、固定基礎と滑り基礎構造の上屋の最大加速度と最大層間変位を Fig.2 に示す。実線が L2、破線が L4 入力時である。まず、固定基礎構造の建物の最大応答加速度につ

		固定基礎	滑り基礎
解析モデル	図		
	履歴特性	—	完全弾塑性
基礎	摩擦係数 μ	—	0.15
周期			
上屋	固定基礎	剛体	0.1 0.25 0.5 0.75
	滑り基礎	—	—

入力波	加速度 [cm/sec ²]	速度 [cm/sec]	変位 [mm]		
				周期	
定常波	1.0Hz	L2	513	82	130
		L4	1026	163	260
	2.0Hz	L2	473	38	30
		L4	947	75	60
	4.0Hz	L2	505	20	8
		L4	1010	40	16
非定常波	EL-NS	557	90	98	
	HA-EW	575	100	104	
	KO-NS	632	96	97	

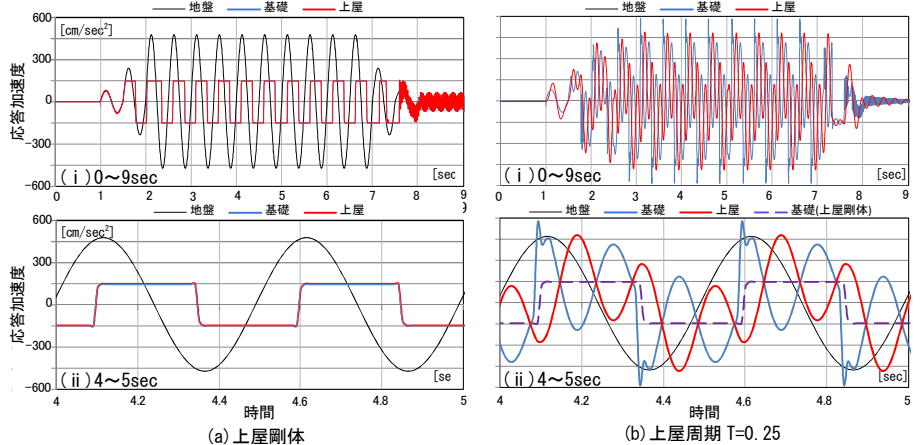


Fig.1 Time History of Acceleration

1 : 株式会社オムニ設計 2 : 青木あすなろ建設株式会社 3 : 日大理工・教員・海建

いて見てみると、上屋が剛体(T=0sec)の時は入力最大加速度と一致していること、L4 入力時の各周期の建物の応答加速度は L2 入力時の 2 倍になり、また、L2, L4 入力時とも入力振動数 2.0Hz で共振していることが確認できる。

一方、滑り基礎構造の建物は Fig.1(a)に示した通り 150cm/sec² であるのに対し、上屋が振動すると上屋の周期および入力レベルによらず、また、入力振動数 2Hz でも共振もせず概ね 500cm/sec² 程度で概ね一定となっており、固定基礎の応答加速度より大幅に低減されていることがわかる。(b)の最大層間変位も同様に、固定基礎は入力が 2 倍になるが、滑り基礎は入力が 2 倍になっても応答変位は L2 入力時とほぼ同じ値となり、固定基礎の応答変位より低減されていることがわかる。これらの滑り基礎構造の建物の応答特性は、Fig.3 の非定常波 (Taft-EW) 入力時でも、ほぼ同じ特性であることが確認できる。

以上の結果より、滑り基礎構造の建物の応答性状は、150cm/sec² では頭打ちとはならないが、上屋の周期に関わらず概ね 500cm/sec² 程度で一定(基礎と上屋の質量比 1:1 の場合)となり、現行基準の 2 倍の大きな加速度入力であっても、応答加速度・応答変位は上昇しないことがわかった。

5. 上屋が塑性化する時の応答性状

本章では、建物耐力を必要保有水平耐力の最小値(ベースシヤ係数換算 0.3)とし、前節と同様に、固定基礎と滑り基礎の建物の応答性状を比較する。なお、両建物の履歴モデルはノーマルバイリニアとする。Fig.4、Fig.5 に定常波 2Hz 入力時の両建物の解析結果を示す。

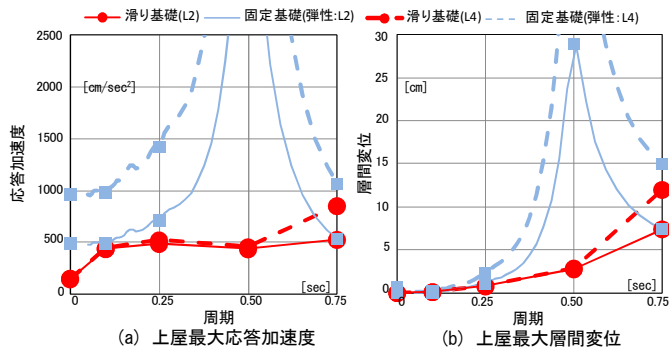


Fig.2 Elastic analysis(2.0Hz)

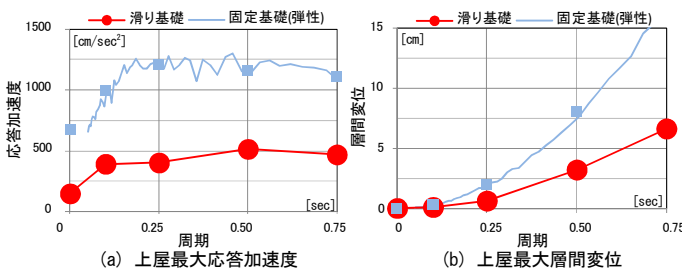


Fig.3 Elastic analysis(TA-EW)

Fig.4 は(a)L2 入力時と(b)L4 入力時の最大応答加速度で、Fig.5 は L2, L4 入力時の(a)最大層間変位、(b)塑性率である。Fig.6 には、図 3 と同じ非定常波(Taft-EW)入力時の(a)最大層間変位と(b)塑性率を示した。なお、図中には固定基礎の上屋弾性時の結果も参考のため示している。Fig.4 より、固定基礎、滑り基礎ともに上屋の最大応答加速度は、上屋耐力 0.3 に対応する 300cm/sec² で頭打ち(固定基礎では減衰抵抗力分上昇)となっていること、Fig.5 より、固定基礎では入力が 2 倍となると層間変位と塑性率が 2 倍以上の値となっているが、滑り基礎はほぼ同程度の値であることがわかる。滑り基礎構造の上屋の塑性率は L2 入力時で最大 2.5、L4 入力時で 3.6 である。Fig.6 より、非定常入力時の最大応答変位と塑性率は図 Fig.5 の L2 レベルの 2.0Hz 定常入力時とほぼ同じ応答値となっていることがわかる。

以上の結果より、滑り基礎構造の建物が塑性化した場合、入力レベルが上昇しても塑性化の程度はさほど上昇しないことがわかった。

6. まとめ

以上、滑り基礎構造を有する建物(基礎と上屋の質量比 1:1 の場合)の地震応答性状について示した。

[参考文献]
(その 7)にまとめて示す。

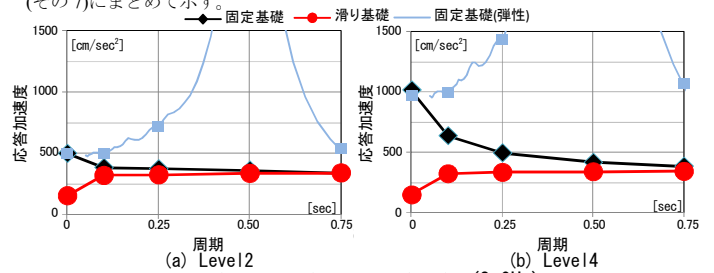


Fig.4 Maximum Acceleration (2.0Hz)

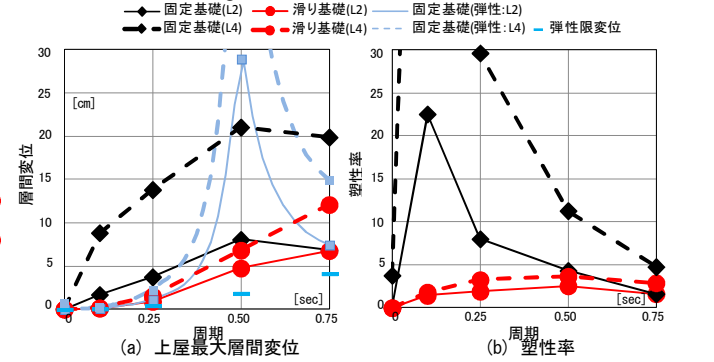


Fig.5 Elasto-plastic analysis(2.0Hz)

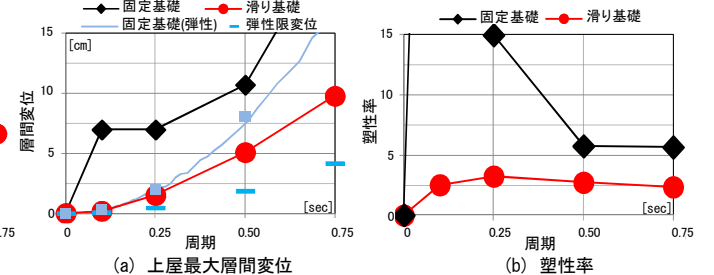


Fig.6 Elasto-plastic analysis(TA-EW)