

## 黒鉛を摩擦材とした滑り基礎構造に関する研究

### その1 加振実験

#### Study on Sliding Base Structure Using Graphite Friction Materials

#### Part1 Shaking Table Test

○柳川雅嘉<sup>1</sup>, 大重雄矢<sup>2</sup>, 波田雅也<sup>1</sup>, 竹内健一<sup>1</sup>, 北嶋圭二<sup>1</sup>, 中西三和<sup>3</sup>, 安達洋<sup>3</sup>

\* Masayoshi Yanagawa<sup>1</sup>, Yuya Oshige<sup>2</sup>, Masaya Hada<sup>1</sup>, Kenichi Takeuchi<sup>1</sup>, Keiji Kitajima<sup>1</sup>, Mitsukazu Nakanishi<sup>3</sup>, Hiromi Adachi<sup>3</sup>

**Abstract:** This paper describes the results of the shaking table test on the sliding base structure.

#### 1. はじめに

本研究は、中低層建物を対象とした滑り基礎構造の実現の可能性について検討したものである。滑り基礎構造とは、Fig.1 に示すように、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：摩擦係数 0.15)を挿入し、地盤加速度がある一定以上の大きさになると、人工地盤と基礎板の間が滑ることによって、建物への入力加速度を低減させるという仕組みである<sup>1)</sup>。

本報では、滑り基礎構造を模擬したコンクリート版試験体の加振実験結果と解析結果について述べる。

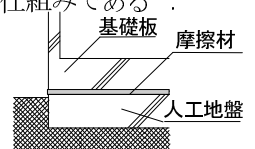


Fig.1 Sliding Base Structure (Image)

#### 2. 加振実験

**2.1 実験概要** 実験は 1.5m 角のコンクリート製人工地盤と基礎板からなる試験体を、動的アクチュエータ(ストローク±150mm)を取付けた加振テーブルに固定して実施した。Table1 に試験体概要、Photo.1 に実験状況を示す。

試験体は、まず人工地盤を打設し、硬化後に滑り面をサンダーにて研磨して黒鉛粉末を塗布し、その上に小型プレキャスト板を敷詰め、そこに基礎コンクリートを打設することで、摩擦面と基礎板が付着しないように作製した。

実験では、人工地盤と基礎の絶対加速度をサーボ式加速度計にて、それらの絶対変位を画像センサにて計測した。加速度データは 1msec のサンプリングタイム(50Hz のハイカットフィルタ処理)で計測し、変位データは 25msec で計測した。なお、本実験で使用している加振テーブルには、14Hz 近傍に共振点があり、計測加速度に影響を及ぼしてしまうため、加振実験における最大加速度の値は、その影響を除去した値( $G_{max0.3}$ )で評価することとした。 $G_{max0.3}$ とは、時々刻々変化する計測加速度波形の値を絶対値に変換して大きい順に並び替え、0.3sec 経過した値を最大値と定義したものである(Fig.2)。

試験体名	寸法(m)	重量(kN)
人工地盤	1.5 × 1.5 × 0.2	10
基礎		

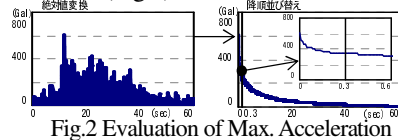


Fig.2 Evaluation of Max. Acceleration

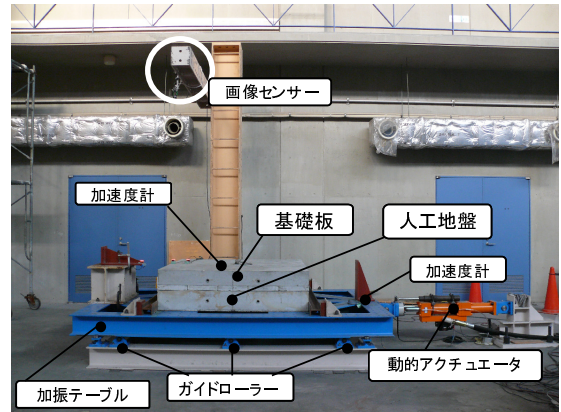


Photo.1 System of Dynamic Tests

**2.2 定常波加振実験** 定常波加振実験では、漸増 sin 波 3 波を作成し入力波とした。振幅は最大加速度が 600Gal となるように、1.33Hz で 85mm, 2Hz で 38mm, 4Hz で 9.5mm と設定した。

Table2 に実験で得られた地盤および基礎の最大加速度を、Fig.3(a)には 2Hz,38mm 加振時の地盤および基礎の加速度波形を、(b)には地盤と基礎の相対変位波形を、Fig.4 には摩擦係数(基礎の加速度を重力加速度で除した値)と、地盤と基礎の相対変位関係を示す。Table2 より、いずれの加振でも地盤の最大加速度は 600Gal 相当に対し、基礎の最大加速度は 150Gal 程度

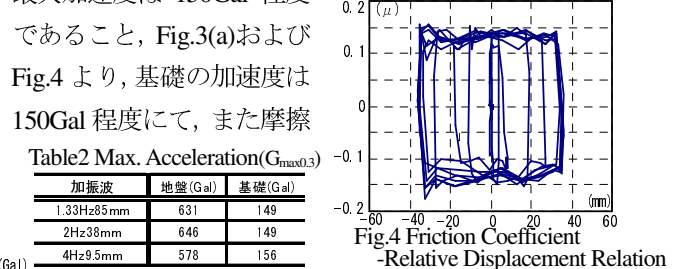


Table2 Max. Acceleration( $G_{max0.3}$ )

加振波	地盤(Gal)	基礎(Gal)
1.33Hz85mm	631	149
2Hz38mm	646	149
4Hz9.5mm	578	156

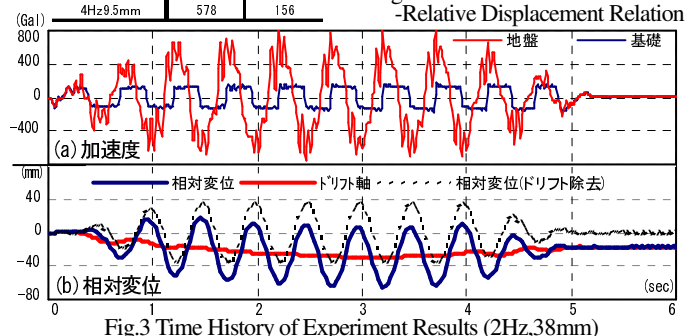


Fig.3 Time History of Experiment Results (2Hz,38mm)

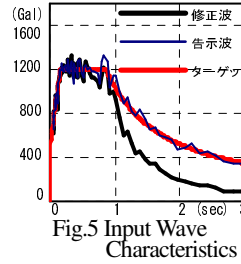
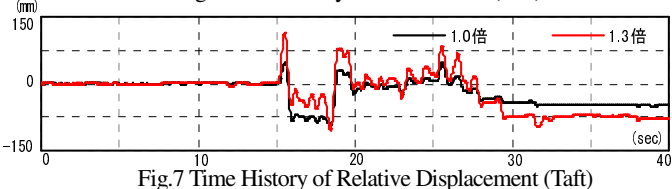
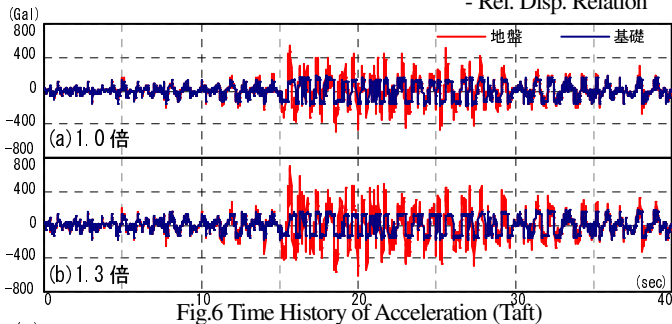
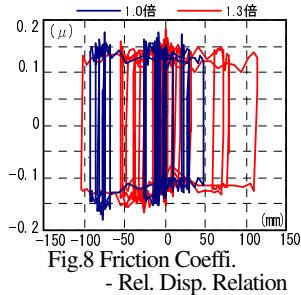
1 : 青木あすなろ建設株式会社 2 : 日大理工・院・海建 3 : 日大理工・教員・海建

係数は 0.15 程度ではほぼ頭打ちとなり、加速度一定の状態  
で安定した滑り挙動を示していることがわかる。また、  
Fig.3(b)の相対変位波形より、地盤と基礎の相対変位には  
若干の片流れ(ドリフト)現象が生じているものの、ほぼ正  
負対称の相対変位が生じており、ドリフト軸を除去(図中  
破線)すると、地盤変位とほぼ一致する挙動を示している  
ことがわかる。なお、これらの挙動は、全ての加振波にお  
いても、さらには基礎の上に 50kN の重り載せ、面圧を 6  
倍に上げた実験でも同様な挙動を示すことを確認した。

**2.3 非定常波加振実験** 非定常波加振実験では、Fig.5  
に示すスペクトル特性の模擬地震動 5 波(告示波)をベー  
スとし、加振装置のストロークの制約から 1.0Hz のハイパ  
スフィルタ処理した修正波を作成し使用した。実験では入  
力波の入力倍率を 1.0 倍と 1.3 倍にして加振した。Table3  
に入力加振波一覧を示す。

Table4 に各入力波による加振実験での地盤および基礎  
の最大加速度( $G_{max0.3}$ )を、Fig.6、Fig.7 には Taft 波加振実験  
(入力倍率 1.0 倍および 1.3 倍)で計測された地盤と基礎の  
加速度波形および相対変位波形を、Fig.8 には摩擦係数と  
相対変位の関係を示す。Table4 より基礎の最大加速度は、  
定常加振実験時より若干大きな値を示したが、いずれの入  
力波においても 150~180Gal 程度の値となっており、十分  
な入力低減効果があったことが確認できる。Fig.6~8 から  
は、入力倍率が上がり地盤加速度および地盤変位が上昇す  
ると、地盤と基礎の相対変位は大きくなるものの、頭打ち  
となる加速度はほぼ一定で、定常加振時と同様に一定加速  
度の状態で安定した滑り挙動を示すことが確認できる。

	1.0倍 (Gal)		1.3倍 (Gal)	
	地盤	基礎	地盤	基礎
El Centro	341	156	461	159
Taft	396	165	473	171
Hachinohe	391	167	496	174
Kobe	349	161	462	165
Random	411	172	499	180



波形名	種別	加振条件			
		加速度 ( $\text{cm/s}^2$ )	速度 ( $\text{cm/s}$ )	変位 ( $\text{cm}$ )	
El Centro	NS	告示波	557	90	98
		修正波	535	44	8
Taft	EW	告示波	672	71	82
		修正波	634	40	9
Hachinohe	EW	告示波	575	100	104
		修正波	550	51	10
Kobe	NS	告示波	632	96	97
		修正波	511	54	11
Random	-	告示波	555	93	89
		修正波	507	46	9

3. 解析結果との比較

実験結果の信頼性を確認するために、Fig.9 に示す 1 質  
点系のスウェイモデルの時刻歴応答解析を行った。スウェ  
イばねの特性には、実験で得られた滑り性状を反映させて、  
試験体重量の 15% の力で降伏(摩擦係数 0.15 相当)する完  
全弾塑性型の履歴特性を設定した。スウェイばねの初期剛  
性および二次剛性を Table5 に示す。

Fig.10 に Taft 波加振実験(倍率 1.0 倍)で計測された地盤  
加速度を入力加速度として与えた解析結果(地盤と基礎の  
加速度波形: 実験結果は Fig.6(a)に対応)を示す。Fig.11 お  
よび Fig.12 には、相対変位波形および摩擦係数-相対変位  
関係の実験結果と解析結果の比較を示す。解析結果は実験  
結果と概ね良く対応しており、実験で観察された基本的な  
滑り性状(基礎の加速度および相対変位)が、簡易なスウェ  
イモデルによる解析によって良く再現されていることが  
確認できる。

4. まとめ

以上、本報では黒鉛粉末を塗布した滑り基礎構造の加振  
実験を実施し、定常および非定常加振時ともに明確な入力  
低減効果が得られること、加振実験結果は、簡易なスウェ  
イモデルによる時刻歴応答解析にて再現可能であることを  
確認した。

[参考文献]

1) 柳川(ほか): 滑り基礎構造の地震入力低減効果に関する基礎的研究,  
AIJ 大会, B-2, pp.313-314, 2010

初期剛性 ( $\text{kN/mm}$ )	二次剛性 ( $\text{kN/mm}^2$ )
$1 \times 10^2$	$1 \times 10^{-6}$

