

B-2

黒鉛を摩擦材とした滑り基礎構造に関する研究

その3 摩擦係数確認実験および一方向振動台実験

Study on Sliding Base Structure Using Graphite Friction Materials

Part3 Verification Test of Friction Coefficient and 1-D Shaking Table Test

○渡邊 恭平¹, 柳川雅嘉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 Watanabe^{*1}, Masayoshi Yanagawa², Masaya Hada², Kenichi Takeuchi², Keiji Kitajima³, Mitsukazu Nakanishi³, Hiromi Adachi³

Abstract: In this paper, it described the verification test of friction coefficient and one-dimension shaking table test on the sliding base structure by means of basic sliding characteristics and the effect of seismic input reduction.

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 の概念図に示すように、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黒鉛粉末(摩擦係数 0.1~0.2 程度)を挿入することによって、地震時に地盤加速度が一定以上の大きになると、人工地盤と基礎板の間が滑り、建物への入力加速度を低減させる仕組みである。

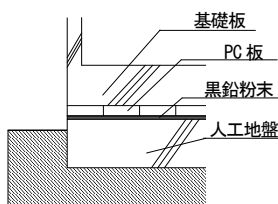


Fig.1 Sliding Base Structure (Image)

本報では、実験的に摩擦係数を確認し、一方向振動台実験を実施することにより、滑り基礎構造の基本的な滑り性状および入力低減効果について確認する。

2. 試験体および摩擦係数確認実験

2.1 試験体 試験体は Fig.2 に示すように、幅 1500×1500mm、高さ 200mm のコンクリート製の人工地盤と基礎板である。試験体の作製方法は、まず人工地盤を打設しコンクリート硬化後、滑り面となる人工地盤上面を研磨して約 30g/m² の少量の黒鉛粉末を塗布する。その上に 300mm 角、厚さ 50mm の PC 板を敷き詰め、その側面部に型枠を設置し PC 板上に基礎板コンクリートを打設することで摩擦面と基礎コンクリートが付着しないようにした。なお基礎板の重量は約 10kN である。

2.2 摩擦係数確認実験

a) 実験方法 試験体の摩擦係数を確認するために実施した実験(Photo.1)は、人工地盤を反力床に固定し、既往の実験¹⁾で用いた加振テーブルと基礎板をロードセルを介して緊結し、基礎板を直接押し引きして実施した。加力サイクルは、振幅を ±100mm 一定の 3 サイクルとし、加力速度は 1.0, 2.0cm/sec とした。また、滑り性状の面圧依存性

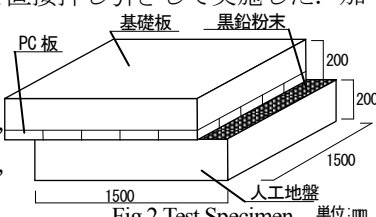


Fig.2 Test Specimen 単位:mm

を確認するため、基礎板上に 20kN の錘(面圧 3 倍)を載せた加力も実施した。人工地盤と基礎板の相対変位はレーザー変位計を用いて測定した。

b) 実験結果 Fig.3 に摩擦係数と基礎板変位(人工地盤と基礎板の相対変位)の関係を示す。摩擦係数は、試験体の滑り抵抗力を基礎板重量で除して算出した。Fig.3(a), (b) より、滑り始めの静止摩擦係数は若干高いが、滑っている最中の摩擦係数は、滑り速度に拘わらず 0.15~0.2 程度であることが確認できる。また、Fig.3(c)より、面圧を 3 倍に変化させても同様な結果となったことから、滑り性状は面圧にも依存しないことが確認できた。

3. 一方向振動台実験

3.1 実験方法 振動台実験は、二方向振動台を使用し、加振テーブルに人工地盤を固定して、慣性力にて基礎板を滑らせた(Photo.2, Fig.4)。加振波は定常波では、漸増 sin 波 3 波(1.33Hz,2Hz,4Hz)とし、最大加速度が 500cm/sec² となるように変位振幅を調整した。非定常波は、観測地震波 3 波(EI Centro-NS, Kobe-NS, Taft-EW)とし、振動台のストローク(±200mm)の制約から 0.75Hz でハイパス処理し、50cm/sec で規準化した波を入力倍率 1.0 倍とした。Table1 に加振条件を、Table2 に入力加振波の特性値を示す。また、入力倍率の違いによる滑り性状を把握するため、入力倍率 1.5 倍までの加振を行った。計測項目は、人工地盤(振動台)と基礎板の加速度、絶対変位および人工地盤と基礎板の相対変位である。加速度は

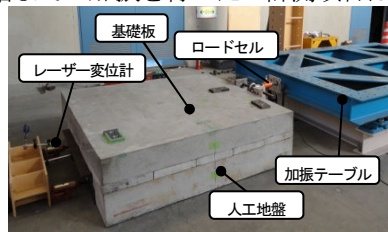


Photo.1 Verification Test of Friction Coefficient

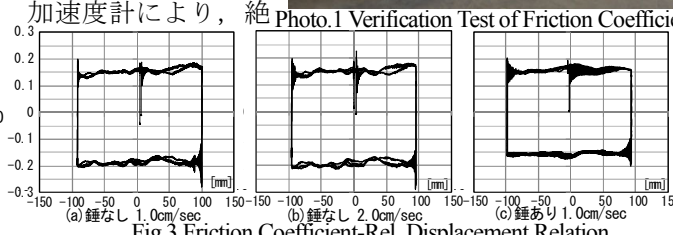


Fig.3 Friction Coefficient-Rel. Displacement Relation

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

対変位は、振動台を跨ぐようにフレームを組み、振動台上2mの高さの位置に取付けた画像センサにより測定した。人工地盤と基礎板の相対変位(滑り変位)は、基礎板上に取付けたレーザー変位計にて測定した。

3.2 実験結果

a) 定常波加振 Table3 に定常波加振実験で計測された地盤と基礎板の最大加速度を、Fig.5, Fig.6 に2Hz 加振時の加速度波形と摩擦係数-基礎板相対変位の関係を示す。なお、摩擦係数は、基礎板加速度を重力加速度で除して算出した。Table3, Fig.5 より、基礎板の加速度は 150~200cm/sec² で頭打ちとなっていることが確認できる。またFig.6 より、摩擦係数は0.15~0.2程度であり、振動台実験においても摩擦係数確認実験と同様の摩擦係数で滑っていることが確認できる。Table4 に地盤および基礎板の絶対変位と相対変位の最大値を、Fig.7 に2Hz 加振時の絶対変位波形を、Fig.8 に地盤と基礎における相対変位波形を示す。Fig.7 より、基礎板の絶対変位の振幅は地盤より小さいが、若干の片流れ現象が発生し、加振終了時には残留変位が生じることが確認された。このことは Fig.8 から確認することができる。

b) 非定常波加振 Table5 に非定常加振実験で計測された地盤と基礎の最大加速度を、

Fig.9 に El Centro 加振時(入力倍 Table1 Excitation Reserption

方法	波	種類	入力倍率			
			1.0倍	1.2倍	1.3倍	1.5倍
一方向	定常	1.33Hz	○	○	○	○
		2Hz	○	○	○	○
		4Hz	○	○	○	○
		El Centro	○	○	○	○
非定常	Kobe	○	○	○	○	
		○	○	○	○	
		○	○	○	○	

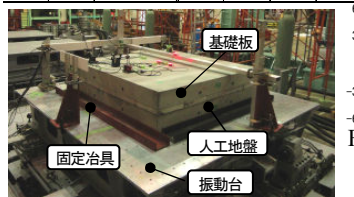


Photo.2 System of Shaking Table

X: 照準点 (画像センサ) △: 加速度計

□: レーザー変位計

固定治具

ストッパー

Y

X

(b) 平面図 振動台

画像センサ

レーザー変位計

照準点

試験体

振動台

(a) 立面図

Fig.4 System of Shaking Table Test

Table2 Input Wave Characteristics

		加速度		変位	
		cm/sec ²	[cm/sec]		
定常	1.33Hz	489	58	70	
	2Hz	473	38	30	
	4Hz	473	19	8	
非定常	EL Centrd	NS	656	51	101
	(EL)	EW	383	42	79
	Kobe	NS	447	50	78
	(KO)	EW	338	41	68
	Taft	NS	568	42	86
	(TA)	EW	671	50	93

Table3 Max. Acceleration [cm/sec²]

	1.33Hz	2Hz	4Hz
人工地盤	491	476	498
基礎板	196	198	201

Table4 Absolute & Relative Disp. [mm]

		1.33Hz	2Hz	4Hz
		[mm]	[mm]	[mm]
絶対変位	人工地盤	71	32	9
	基礎板	38	23	5
相対変位	基礎板	78	38	8

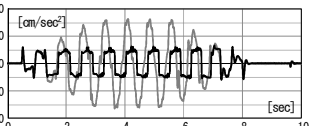


Fig.5 Time History of Acceleration

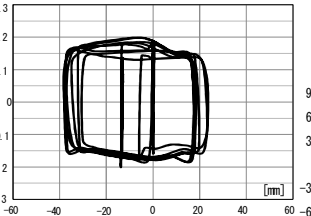


Fig.6 Friction Coefficient -Relative Displacement Relation

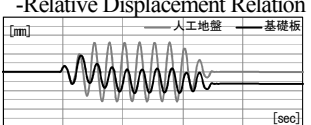


Fig.7 Absolute Disp. (2Hz)

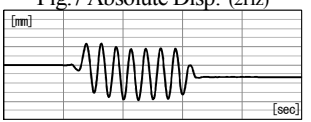


Fig.8 Relative Disp. (2Hz)

率 1.0 倍および 1.5 倍)の加速度波形を、Fig.10 に入力倍率 1.0 倍および 1.5 倍の El Centro 加振時の摩擦係数と相対変位の関係を示す。Table5, Fig.9 より、基礎板の加速度は、波の種類および入力倍率に拘わらず、150~200cm/sec² で頭打ちとなっていること、Fig.10 より、摩擦係数は0.15~0.2程度であることが確認できる。これらのことから、非定常波加振においても定常波加振と同様に、基礎板の加速度は 150~200cm/sec² で頭打ちとなり、波の特性や大きさに影響されないことが確認された。Table6 に地盤および基礎板の絶対変位と相対変位の最大値を、Fig.11 に El Centro-1.0 倍と 1.5 倍加振時の絶対変位波形を示す。Fig.11 より、非定常波加振時の基礎板変位は、定常波加振時とは異なり、地盤から少しずれた状態で地盤変位と類似した挙動をしている。これは Fig.9(a)および Fig.11 から明らかなように、非定常波加振時には常に大きな地盤加速度が生じているわけではないので、地盤加速度が 150cm/sec² 程度以上のときに基礎板が滑り(相対変位が生じ)、それ以外のときは地盤と同じ挙動をするためである。なお、入力倍率が大きくなると、それに伴い地盤の相対変位(滑り量)も大きくなることが確認できる(Fig.11)。

4. まとめ

以上、本報により得られた知見を以下にまとめる。

- ・摩擦係数確認実験より、黒鉛粉末を摩擦材とした滑り基礎の摩擦係数は0.15~0.2程度であり、摩擦係数は滑り速度や面圧に依存しない。
- ・一方向加振実験より、基礎板の加速度は 150~200cm/sec² で頭打ちとなり、入力波の特性(定常・非定常、波の種類および入力倍率)の影響は受けない。

【参考文献】 その4にまとめて示す。

Table5 Max. Acceleration (1-D Nonstationary) [cm/sec²]

		入力倍率			
		1.0倍	1.2倍	1.3倍	1.5倍
EL	人工地盤	612	704	739	944
	基礎板	190	218	189	202
KO	人工地盤	409	496	553	723
	基礎板	209	184	181	174
TA	人工地盤	635	792	893	
	基礎板	214	201	199	

Table6 Absolute & Relative Disp. (1-D Nonstationary) [mm]

		入力倍率			
		1.0倍	1.2倍	1.3倍	1.5倍
EL	絶対変位 人工地盤	108	129	140	162
	基礎板	95	136	101	129
KO	絶対変位 人工地盤	82	99	107	124
	基礎板	143	184	206	228
TA	絶対変位 人工地盤	99	119	129	
	基礎板	129	164	171	
	相対変位 基礎板	116	152	158	

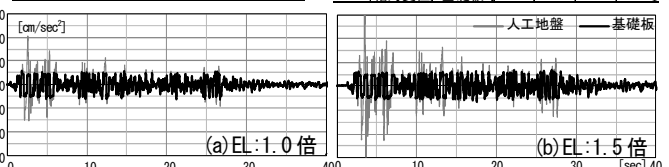


Fig.9 Time History of Acceleration (1-D, EL: 1.0, 1.5 times)

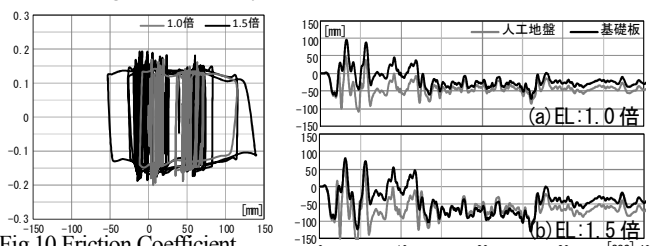


Fig.10 Friction Coefficient -Relative Disp. Relation (1-D, EL)

Fig.11 Absolute Disp. (EL: 1.0, 1.5 times)