

## 黒鉛を摩擦材とした滑り基礎構造に関する研究

## その4 二方向振動台実験

## Study on Sliding Base Structure Using Graphite Friction Materials

## Part4 2-D Shaking Table Test

○柳川雅嘉<sup>1</sup>, 渡邊 恭平<sup>2</sup>, 波田雅也<sup>1</sup>, 竹内健一<sup>1</sup>, 北嶋圭二<sup>3</sup>, 中西三和<sup>3</sup>, 安達洋<sup>3</sup>\* Masayoshi Yanagawa<sup>1</sup>, Kyohei Watanabe<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 result of the two-dimension shaking table test on the sliding base structure.

## 1. はじめに

本報(その4)では, 実際の地震時に近い二方向加振下での滑り基礎構造の滑り性状について確認し, その結果と一方向振動台実験結果と比較して直交方向の入力の影響について検討する. また, 基礎板の片流れ現象を抑制するために滑り面にすり鉢状のテーパーを付けた試験体に対する加振実験も実施し, その効果についても確認する.

## 2. 二方向振動台実験

**2.1 実験方法** 試験体および加振装置(振動台)は, 前報(その3)にて使用したものをを用いる. 加振波は, 定常波では(その3)と同じ斬増sin波3波(1.33Hz, 2.0Hz, 4.0Hz)をX, Y方向同時に入力した. 非定常波は, 観測地震波3波とし, X方向は(その3)の非定常波加振と同様の波を, Y方向には各々の観測波の直交成分を入力した. また, (その3)と同様に, 入力倍率1.5倍までの加振を行った. 計測項目も同様だが, X, Y両方向の項目を計測する.

**2.2 実験結果** Table1 に二方向振動台実験で計測された地盤と基礎の最大加速度を Table2 に絶対変位・相対変位の最大値を示す.

**a) 定常波加振** Fig.1 に2Hz加振時のX方向およびY方向それぞれの加速度波形を, Fig.2 に加速度リサージュ図を示す. Fig.1 より, X, Y方向ともに基礎板の加速度は100~150cm/sec<sup>2</sup>程度で頭打ちとなっていること, Fig.2 より, 斜め方向に対して基礎板の加速度は150cm/sec<sup>2</sup>程度で頭打ちとなっていることが確認できる.

**b) 非定常波加振** Fig.3 にEl Centro-1.0倍加振時のX, Y

Table1 Max. Acceleration [cm/sec<sup>2</sup>]

	定常波	x方向	y方向			x方向				y方向													
						1.0倍	1.2倍	1.3倍	1.5倍	1.0倍	1.2倍	1.3倍	1.5倍										
1.33Hz	人工地盤	520	593	EL	人工地盤	604	670	747	974	383	461	515	653	KO	人工地盤	409	510	580	727	356	416	452	644
	基礎板	167	143		基礎板	171	175	182	160	194	206	169	178		基礎板	151	157	163	174	159	177	179	184
2Hz	人工地盤	463	491	KO	人工地盤	409	510	580	727	356	416	452	644	TA	人工地盤	524	666	727		612	804	979	
	基礎板	180	151		基礎板	151	157	163	174	159	177	179	184		基礎板	165	187	208		177	222	217	
4Hz	人工地盤	500	568	TA	人工地盤	524	666	727		612	804	979		TA	人工地盤	524	666	727		612	804	979	
	基礎板	169	184		基礎板	165	187	208		177	222	217			基礎板	165	187	208		177	222	217	

Table2 Absolute &amp; Relative Displacement [mm]

		定常波			非定常波		x方向								y方向											
		x方向	y方向		1.0倍	1.2倍	1.3倍	1.5倍	1.0倍	1.2倍	1.3倍	1.5倍	1.0倍	1.2倍	1.3倍	1.5倍										
1.33Hz	絶対変位	人工地盤	74	75	EL	絶対変位	人工地盤	107	130	140	161	84	101	108	125	KO	絶対変位	人工地盤	81	98	107	122	72	86	94	108
	基礎板	37	50	基礎板		86	104	126	127	87	136	146	224	基礎板	85		101	96	128	118	175	196	278			
	相対変位	基礎板	89	99		相対変位	基礎板	85	101	96	128	118	175	196	278		相対変位	基礎板	85	101	96	128	118	175	196	278
	人工地盤	33	34	人工地盤		81	98	107	122	72	86	94	108	人工地盤	81		98	107	122	72	86	94	108			
2Hz	絶対変位	人工地盤	33	34	KO	絶対変位	人工地盤	113	133	141	152	122	145	166	182	TA	絶対変位	人工地盤	101	126	138	152	111	135	156	178
	基礎板	17	19	基礎板		113	133	141	152	122	145	166	182	基礎板	101		126	138	152	111	135	156	178			
	相対変位	基礎板	40	42		相対変位	基礎板	101	126	138	152	111	135	156	178		相対変位	基礎板	101	126	138	152	111	135	156	178
	人工地盤	9	9	人工地盤		92	109	118		102	122	133		人工地盤	92		109	118		102	122	133				
4Hz	絶対変位	人工地盤	5	9	TA	絶対変位	人工地盤	131	178	184		177	209	207	TA	絶対変位	人工地盤	131	178	184		177	209	207		
	基礎板	12	15	基礎板		131	178	184		177	209	207		基礎板		131	178	184		177	209	207				

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

方向それぞれの加速度波形を, Fig.4 に加速度リサージュ図を示す. Fig.3 より, X, Y方向ともに基礎板の加速度は150cm/sec<sup>2</sup>程度で頭打ちとなっていること, Fig.4 より, 基礎板加速度は全方向に対して150cm/sec<sup>2</sup>程度で頭打ちとなっていること, また, 入力倍率が大きくなっても頭打ちとなる加速度は同じであることが確認できる. Fig.5の相対変位波形からは, 入力倍率が大きくなると相対変位も大きくなることが見てとれる.

## 3. 一方向加振と二方向加振の比較

(その3)の一方向加振と二方向加振のX方向の実験結果を比較し, 直交方向の入力の影響について検討する.

**a) 定常波加振の比較** Fig.6 に2Hz加振時の加速度波形を, Fig.7 に摩擦係数と相対変位の関係を示す. また両図は, 一方向加振(X方向)と二方向加振のX方向の結果を示している. 図より, 二方向加振時の加速度および摩擦係数が一方向加振時より小さくなっている. これは, 定常波二方向加振時には, 斜め45度方向で基礎板の加速度が

150cm/sec<sup>2</sup>程度で頭打ちとなるため, その時のX方向の

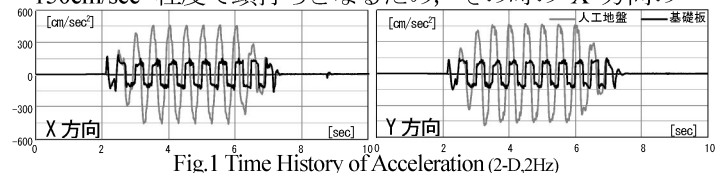


Fig.1 Time History of Acceleration (2-D, 2Hz)

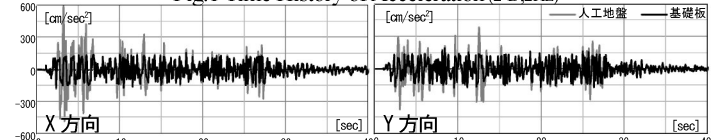


Fig.3 Time History of Acceleration (2-D, EL: 1.0 Times)

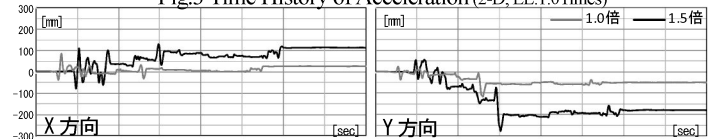


Fig.5 Time History of Relative Displacement (2-D, EL)

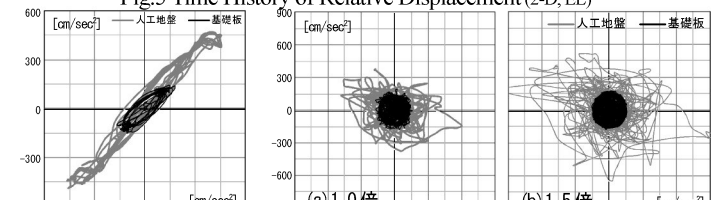


Fig.2 Acc. Lissajous (2-D, 2Hz)

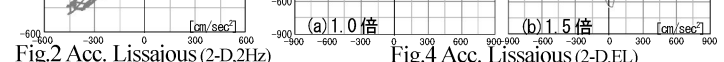


Fig.4 Acc. Lissajous (2-D, EL)

加速度(摩擦係数)は 45 度方向の  $1/\sqrt{2}(100\text{cm/sec}^2)$  程度となったためである。Fig.8, Fig.9 には 2Hz 加振時の基礎板の絶対変位波形, 相対変位波形を示す。基礎板の頭打ちとなる加速度が直交方向の入力により小さくなったため, 変位にもその影響が表れており, 絶対変位振幅は二方向加振時の方が一方向加振時より小さく, 相対変位は二方向加振時の方が大きくなっている。

**b) 非定常波での比較** El Centro-1.5 倍加振による一方向加振時(X 方向)と二方向加振時の X 方向の基礎板の加速度波形を Fig.10 に, 基礎板の絶対変位波形を Fig.11 に比較して示す。また, 各加振波最大倍率時の摩擦係数と相対変位の関係を Fig.12 に比較して示す。Fig.10, Fig.12 より非定常波加振時は, 定常波加振時とは異なり, 基礎板の頭打ちとなる加速度および摩擦係数は, 一方向加振時と二方向加振時で概ね一致しており, 著しい差異は見られなかった。これは, Fig.2 と Fig.4 の加速度リサージュ図を比較すればわかるように, 非定常波加振ではランダムな方向に地盤加速度が生じているためであると考えられる。しかし, 基礎板の変位挙動には一方向加振時と二方向加振時で若干の差異が生じており, 直交方向の入力の影響は少なからず受けていることが確認できる(Fig.11)。ただし, いずれの地震波においても著しい片流れ現象などは生じておらず, 二方向加振時でも概ね一方向加振時と同じ挙動を示すことが確認できた。

#### 4. テーパー付き試験体に対する実験結果

本章では, 基礎板の片流れ現象や残留変位を抑制する

ために滑り面にすり鉢状のテーパーを付けた試験体に対する実験結果を示し, その効果を確認する。テーパー付き試験体とは, Fig.13 に示すように試験体の外周部に幅 300mm 高さ 3mm(1/100 勾配)のテーパーを付けた試験体である。なお, 振動台, 加振波, 計測項目等は前章と同じとする。Fig.14 に摩擦係数確認実験の結果を, Fig.15 に定常波一方向加振時(2Hz)の摩擦係数と相対変位の関係を示す。テーパー付き試験体の摩擦係数は, 摩擦係数確認実験および加振実験ともにテーパーなし試験体と同様に 0.15~0.2 程度であり, 3mm 程度のテーパーでは摩擦係数にはほとんど影響を及ぼさないことがわかる。Fig.16 にはテーパーなし試験体とテーパー付き試験体に対する非定常二方向加振時の絶対変位リサージュ図を, Fig.17 には基礎板の絶対変位を, Fig.18 には加振後の残留変位の最大値を示す。Fig.17, Fig.18 より, 全ての入力波に対してテーパーの効果は発揮されてはいないが, Fig.16 に示すように片流れ現象が抑制されており, テーパーの効果を確認できる。

#### 5. まとめ

以上, 本報により得られた知見を以下にまとめる。

- ・定常波の二方向加振実験では, X 方向の滑り加速度は  $1/\sqrt{2}$  に低下する。また, 非定常波の二方向加振は, 直交方向の入力の影響を受けるが, いずれの地震波においても著しい片流れ現象などは生じず, 二方向加振時でも概ね一方向加振時と同じ挙動をする。

- ・テーパー付き試験体に対する加振実験より, 3mm 程度のテーパーでは摩擦係数にはほとんど影響を及ぼさないが, 片流れ現象を抑制する効果が得られる。

#### [参考文献]

1) 柳川ほか: 黒鉛を摩擦材とした滑り基礎構造に関する研究(その 1-2), 平成 23 年度日本大学学術講演会論文集, 構造・強度部会 B-47-48, pp171-174, 2011.11

