

遠心振動実験によるE-ディフェンス大型土槽実験の再現手法の確立  
—水平地盤における構造物と杭基礎系の動的相互作用実験—

佐藤正義\*・田端憲太郎\*\*

Study on Reproduction Procedure of E-Defense Large-scale Soil Tests Evaluated  
by Dynamic Centrifuge Modeling

—Tests on Dynamic Soil-Pile-Structure Interaction in Horizontal Sand Deposit—

Masayoshi SATO\* and Kentaro TABATA\*\*

\*Disaster Prevention System Research Center,  
National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention, Japan  
m.sato@bosai.go.jp

\*\*Hyogo Earthquake Engineering Research Center,  
National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention, Japan  
tabata@bosai.go.jp

Abstract

In order to establish experimental procedure to reproduce behavior observed in E-Defense large-scale shake table tests, dynamic centrifuge tests of specimens satisfying a similitude requirement were performed. The E-Defense large-scale tests considered in this study were carried out to investigate dynamic interaction behavior of a soil-pile-structure system in horizontal sand deposit of 8m diameter and 6.3m height prepared in a laminar box. The study also aims to confirm and evaluate the law of similitude by comparing the centrifuge tests with the E-Defense large-scale tests as a prototype. In CASE-1 of the centrifuge tests of a 1:26.7-scale model with sand deposit of 300mm diameter and 236mm height, acceleration responses were not sufficiently reproduced in the test due to the large scale ratio of the model. In CASE-2 of a 1:20-scale model with sand deposit of 400mm diameter and 315mm height, reproducibility of acceleration responses was improved because of the model larger than that in CASE-1. In contrast, since the shaking table of the centrifuge had no performance to induce necessary displacement, reproducibility of displacement in both CASE-1 and CASE-2 was inadequate.

**Key words** : E-Defense, Large-scale soil test, Centrifuge test, Pile foundation, Similarity rule

1. はじめに

地盤の実験的研究を行おうとする場合、数ケースの比較実験により目的とする現象の解明を行うことが求められることが多い。実験を行う場合、できるだけ実物に近い大きさの実験が望まれるが、大型土槽実験で数多くの実験ケースを行うことは、費用と期間の面から難しい。

従って、パラメトリックな実験は小型土槽実験で行い、特に重要なものだけ大型土槽実験を行うというのが効率的である。その観点からいうと、遠心振動実験は、土の実験で重要な地盤の応力とひずみに関する相似則を満足できており、小型土槽実験でパラメトリックな実験を行うのに適している。しかし、遠心振動実験は土粒子の粒

\*独立行政法人 防災科学技術研究所 防災システム研究センター

\*\*独立行政法人 防災科学技術研究所 兵庫耐震工学研究センター

径や地盤振動時のひずみ速度の相似則は満足できないという問題点がある。また、想定する実物に対して、多くの場合1/15～1/50の縮尺比で行われ、モデルの作製においては簡略化したモデルとなってしまう傾向があるため、実験結果として得られるものが、実際の地盤と構造物の地震時挙動をどの程度再現できているかをチェックする、すなわち、相似則のチェックを行うことが、非常に重要である。しかし、地盤の地震時挙動に対する問題を取り扱った現象に対しては検証が十分とは言えない状況がある。著者らは、これまで大型土槽を用いた乾燥砂の実験<sup>1)</sup>、飽和砂の実験<sup>2)</sup>および乾燥砂を用いた杭基礎の実験<sup>3) 4)</sup>を実物とみなし、これを縮小したモデルによる遠心振動実験を行い、実物の再現性を検討してきた。本文では、その一環として実施した実大三次元震動破壊実験施設(Eーディフェンス)を用いた大型円筒形せん断土槽で実施された水平地盤中の杭基礎の地震時挙動の実験を対象とし、遠心振動実験により再現するための研究を行った。

## 2. 研究の目的

実大三次元震動破壊実験施設(Eーディフェンス)を用いた大型円筒形せん断土槽で実施された水平地盤中の構造物と杭基礎系の動的相互作用の実験を実物として、それを遠心振動実験で再現するための実験方法を確立するとともに、相似則のチェックを行うことが目的である。Eーディフェンス実験における構造物及び地盤の加速度と変位、杭のひずみと詳細に比較することにより、遠心振動実験で実大の挙動を再現するための、地盤の作成方法、構造物のモデル化の精度、振動台加振波の精度などの実験手法を検討する。将来に実施するEーディフェンスの土槽実験に役立てるとともに、今後の地盤と構造物の耐震性評価のためのデータを蓄積するというねらいもある。

## 3. 研究の方法

### 3.1 研究の概要

Eーディフェンスで行われた大型円筒形せん断土槽実験(地盤の直径8m、地盤高さ6.3m)を用いた水平地盤中の構造物と杭基礎系の動的相互作用の実験を実物とみなして、遠心振動実験による再現を行った。Eーディフェンスの実験では、構造物の固有周期を変化させ、3種類の地震の観測波によりパラメトリックな加振実験を行っており、遠心振動実験では、Eーディフェンス実験と同じ地盤材料を用い、相似則を満足する模型を作成し、Eーディフェンス実験に対応させた加振を実施した。CASE-1(平成19年度の実験:以下、本文中の年号「平成」は「H」と表記する)は縮尺比1/26.7の模型(地盤の直径300mm、地盤高さ236mm)を作成して実験を行い、加速度応答に関しては概ね再現できたが、模型の縮小率が大きいと構造物の応答の再現性には、ばらつきがあるものがあつた。そのため、CASE-2(H20年度の実験)は縮尺比1/20(地盤の直径400mm、地盤高さ315mm)として、模型のサイズを大きくしたため、模型の精度が向上し、再現実験の結果はCASE-1(H19年度)のもの

より改善された。

### 3.2 Eーディフェンス大型円筒形せん断土槽実験

Eーディフェンス実験における試験体を図1に示す。実験に用いた土槽は、円筒形でその内寸法は内径8.0m×高さ6.5mである。図2にEーディフェンス大型円筒形

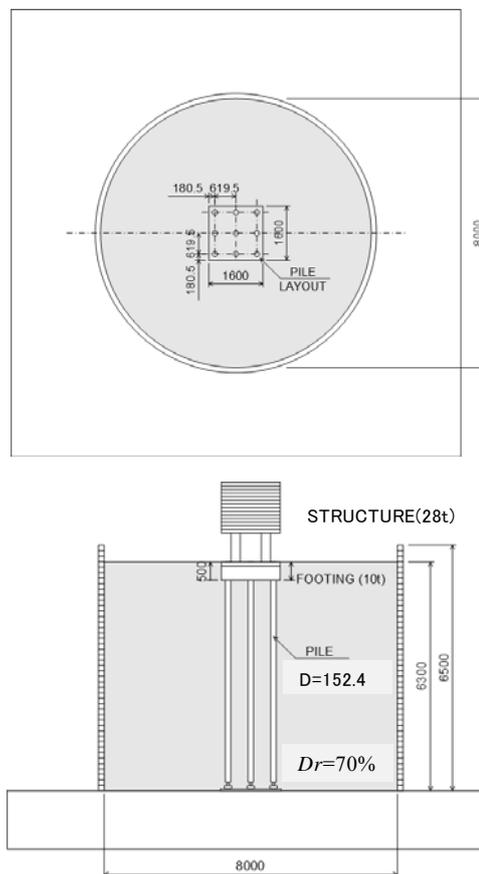


図1 Eーディフェンス水平地盤の杭基礎実験の試験体  
Fig.1 Specimen of soil-pile-structure system on horizontal ground using E-Defense.



図2 Eーディフェンス実験による円筒形せん断土槽の外観  
Fig.2 Aspect of a cylindrical laminar box using E-Defense.

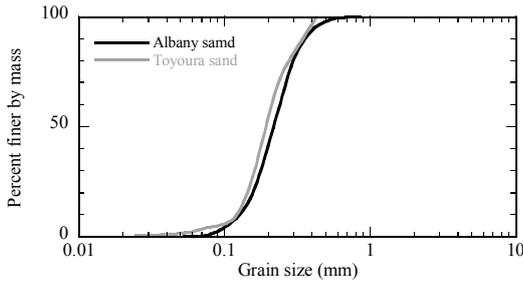


図3 実験に使用した地盤材料の粒径加積曲線  
Fig.3 Grain-size accumulation curve of soil material.

せん断土槽と構造物の外観を示す。

地盤材料は、図3に示すように、豊浦砂とよく似た粒度分布のアルバニー珪砂である。地盤の相対密度を約70%で作成し、非液化化地盤（乾燥砂）の実験である。

構造物は1質点系で、上部の重錘（28.0t）およびフーチング（10.0t）とその間の4本柱（短周期構造物の場合： $l=1\text{m}$ のパイプ、剛体構造物の場合： $l=0.3\text{m}$ のパイプ、長周期構造物の場合： $l=0.3\text{m}$ の免震ゴム）で構成している。

群杭基礎は、本数9本（3行×3列）の電縫鋼管杭（外径 $D=152.4\text{mm}$ 、厚さ $t=2\text{mm}$ 、長さ $l=5.8\text{m}$ ）で、杭間隔は4D（杭径の4倍）、杭の境界条件は杭頭剛結、下端ピン構造である。

振動台加振は、構造物の固有周期、地震波の種類と加振加速度レベルを変化させて、パラメトリックな実験を実施している。

3.3 CASE-1 の遠心振動実験（H19年度実験、縮尺比1/26.7）

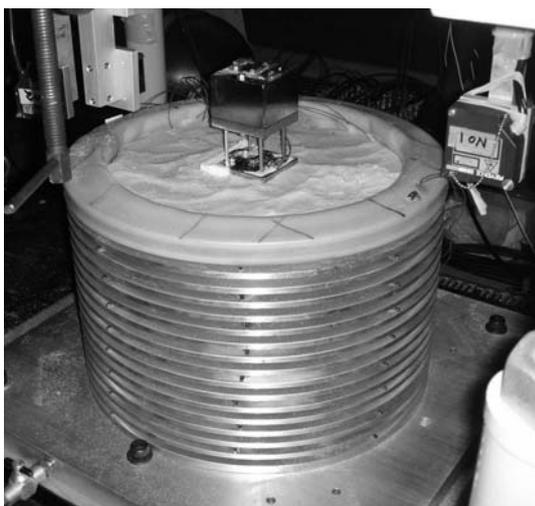


図4 CASE-1 の遠心振動実験の円筒形せん断土槽実験（H19年度、縮尺比1/26.7）  
Fig.4 Centrifuge test of CASE-1 using cylindrical laminar box. (2007 fiscal year, Scale ratio:1/26.7)

遠心振動実験の土槽を図4に示す。土槽サイズは、内径300mm×高さ243mmであり、E-ディフェンスで実施した円筒形せん断土槽実験の試験体を1/26.7に縮小化したもので、構造物と群杭基礎の模型も表1に示す相似則に添って縮小した模型を作成している。表1において、遠心振動実験の模型杭は鋼管では作成できなかったため、曲げ剛性の相似則を満足するように、アルミパイプにて杭模型を作成した。

模型地盤材料はE-ディフェンス実験と同一の砂を用い、地盤作成方法も同一の方法である。

遠心振動実験の計器配置を図5に示す。E-ディフェンスの加振実験では、種々の加振でパラメトリックな実験を実施しているが、今回の遠心振動実験による再現の対象とした加振は、

- ① 剛体構造物，兵庫県南部地震 JR 鷹取波の NS 成分，最大加速度 81Gal，1 方向加振
- ② 短周期構造物，TAFT 波の NS 成分，最大加速度 76Gal，1 方向加振

である。

3.4 CASE-2 の遠心振動実験（H20年度実験、縮尺比1/20）

遠心振動実験の土槽を図6に示す。土槽サイズは、内径400mm×高さ357mmであり、E-ディフェンス土槽実験の試験体を1/20に縮小化したもので、CASE-1と同様の考え方で、模型を表1に示す相似則に添って縮小している。

遠心振動実験の計器配置を図7に示す。本実験ケースにおいても遠心振動実験による再現の対象としたのは、3.2のCASE-1（H19年度実験、縮尺比1/26.7）と同様である。

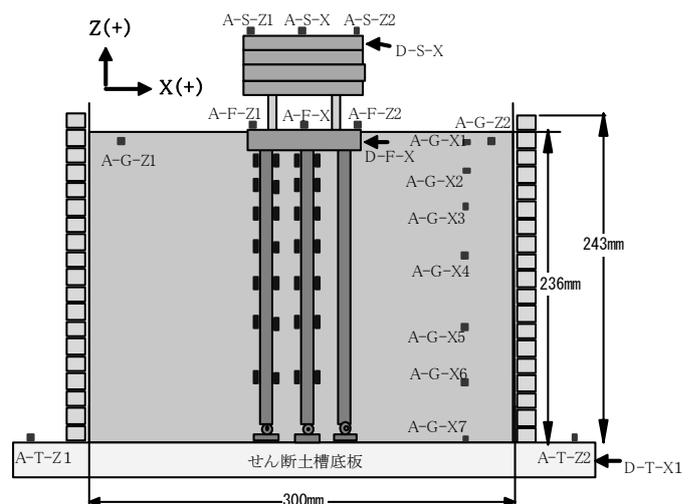


図5 CASE-1 の遠心振動実験における円筒形せん断土槽実験の計器配置（H19年度、縮尺比1/26.7）  
Fig.5 Transducer location on centrifuge test of CASE-1 using cylindrical laminar box. (2007 fiscal year, Scale ratio:1/26.7)

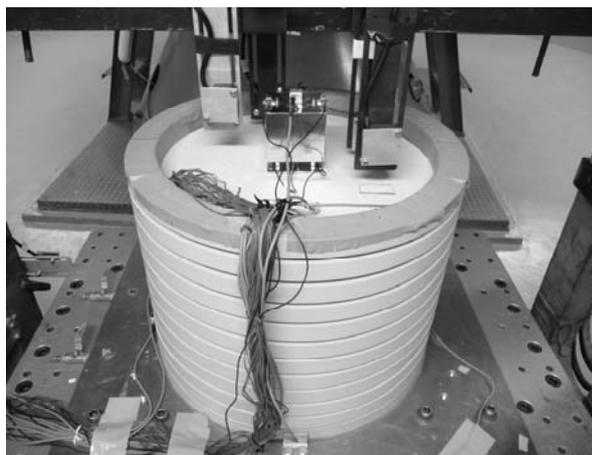


図6 CASE-2の遠心振動実験の円筒形せん断土槽実験 (H20年度, 縮尺比 1/20)

Fig.6 Centrifuge test of CASE-2 using cylindrical laminar box. (2008 fiscal year, Scale ratio:1/20)

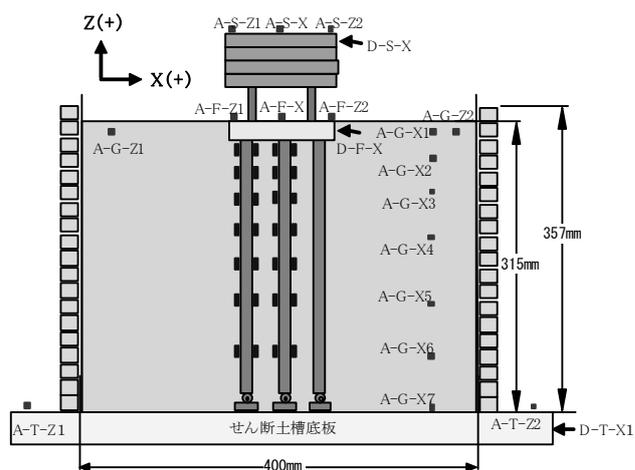


図7 CASE-2の遠心振動実験における円筒形せん断土槽実験の計器配置 (H20年度, 縮尺比 1/20)

Fig.7 Transducer location on centrifuge test of CASE-2 using cylindrical laminar box. (2008 fiscal year, Scale ratio:1/20)

表1 遠心振動実験に適用した相似則

Table 1 Similitude requirements used in centrifuge test.

Item		Symbol	Scale ratio	Unit	E-Defense test	Centrifuge test (1/26.7)	Centrifuge test (1/20)
Soil	Height	H	1/N	mm	6,300	236	315
	Diameter	L	1/N	mm	8,000	300	400
	Density	$\rho$	1	kg/cm <sup>3</sup>	2.00	2.00	2.00
Pile	Length of pile	L	1/N	mm	5,800	217	290
	Diameter	D	1/N	mm	152.4	6.00	7.62
	Thickness	t	1/N	mm	2	0.20	0.32
	Young's modulus	E	1	MN/m <sup>2</sup>	2.06E+05	7.10E+04	7.10E+04
	Area	A	1/N <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	9.45E-04	3.64E-06	7.34E-06
	Geometrical moment of inertia	I	1/N <sup>4</sup>	m <sup>4</sup>	2.67E-06	1.53E-11	4.90E-11
	Normal stiffness	E · A	1/N <sup>2</sup>	MN	1.95E+02	2.59E-01	5.21E-01
Bending stiffness	E · I	1/N <sup>4</sup>	MNm <sup>2</sup>	5.51E-01	1.09E-06	3.48E-06	
Footing	Thickness	D	1/N	mm	500	18.7	25.0
	Length	L	1/N	mm	1,600	59.9	80.0
	Mass	m	1/N <sup>3</sup>	kg	1.00E+04	5.28E-01	1.26E+00
Structure	Thickness	D	1/N	mm	1,400	52.4	70.0
	Length	L	1/N	mm	1,600	59.9	80.0
	Mass	m	1/N <sup>3</sup>	kg	2.80E+04	1.47E+00	3.52E+00
	Column length	H	1/N	mm	1000	37	50
	Natural frequency	f	N	Hz	12	320	240
Input wave	Excitation acceleration	$\alpha$	N	Gal	90	2,403	1,800
	Time	t	1/N	sec	40	1.5	2.0
	Frequency	f	N	Hz	1	26.7	20

## 4. 実験結果

### 4.1 CASE-1の遠心振動実験(H19年度, 縮尺比 1/26.7)とE-ディフェンス実験の比較

図8の(1)に地盤加速度の応答に関する遠心振動実験とE-ディフェンス実験結果の比較(剛体構造物, JR 鷹取波加振)を, 同様に図8の(2)に構造物とフーチングの加速度および杭ひずみの応答の比較を示す. なお, 杭ひずみ(杭頭より-900mm)は後に行ったE-ディフェンス実験の破壊加振で杭が折損した位置のものを選択した. また, 図8の(3)に構造物と振動台入力の変位の比較を示す. 図8(1)において, 上から3番目の(c)は振動台入力加速度の比較であるが, 遠心振動実験のものの方がE-ディフェンスの大型実験よりも振幅が大きいという傾向が見られる. そのため, (a)地表: GL-500mmと(b)地中: GL-3,000mmの加速度応答の振幅についても遠心振動実験のほうが大きい. 図8(2)の(b)フーチングの加速度応答の振幅は比較的一致しているが, (a)構造物加速度, (c)杭ひずみの応答振幅は遠心振動実験のほうがかなり大きくなっている. 図8(3)の構造物と振動台入力の変位振幅は遠心振動実験のほうがかなり大きく, 特に振動台入力変位は振動の周期が大きく異なっているため, 全く異なった波形になっている.

図9の(1)に地盤加速度の応答に関する遠心振動実験とE-ディフェンス実験結果の比較(短周期構造物, TAFT波加振)を, 同様に図9の(2)に構造物とフーチングの加速度および杭ひずみの応答の比較, 図9の(3)に構造物, フーチングと振動台入力の変位の比較を示す. 図9(1)の(a)地表加速度: GL-500mm, (b)地中加速度: GL-3,000mmと(c)振動台入力加速度の振幅の比較において, 入力加速度は遠心振動実験のほうがやや大きいため, 地表加速度と地中加速度の振幅が遠心振動実験のほうが大きい. 図9(2)の(a)構造物と(b)のフーチングの加速度, (c)杭ひずみに関して3者とも振幅の一致度はあまり良いとはいえないが, 図8(2)ほどは悪くない. 図9(3)の構造物, フーチングおよび振動台入力の変位に関して, (a)構造物, (b)フーチングと(c)振動台入力は遠心振動実験のほうが大きい. (c)振動台入力の振幅の一致度は, 図8(3)の(c)よりも良い.

以上, CASE-1(H19年度, 縮尺比 1/26.7)における遠心振動実験のE-ディフェンス大型実験の再現性については, 振幅が比較的一致しているものもあるが, 全般的には再現性はあまり良いとはいえないという結果である. また, 遠心振動実験の再現性は振動台入力の地震波の種類によって変化し, TAFT波の方がJR 鷹取波よりも再現性が良いという傾向がみられる.

### 4.2 CASE-2の遠心振動実験(H20年度, 縮尺比 1/20)とE-ディフェンス実験の比較

図10の(1)に地盤加速度の応答に関する遠心振動実験とE-ディフェンス実験結果の比較(剛体構造物, JR

鷹取波加振), 同様に図10の(2)に構造物とフーチングの加速度及び杭ひずみの応答の比較, 図10の(3)に構造物と振動台入力の変位の比較を示す. 図10(1)は, (a)地表: GL-500mmと(b)地中: GL-3,000mm, (c)振動台入力加速度に関する比較であるが, これらの振幅と位相の一致度はいずれも比較的良く, 図8(1)に比べるとかなり再現性が向上している. 図10(2)の(a)構造物と(b)フーチングの加速度, (c)杭ひずみの応答振幅と位相も概ね一致しており再現性は比較的良い. 図10(3)の(a)構造物の変位振幅は遠心振動実験のほうがかなり大きい. (b)振動台入力の変位振幅はE-ディフェンス実験のほうが大きく一致度が良いとは言えず, 図8(3)の(c)と同様の傾向である. また, 振動台入力の変位の周期に関しても図8(3)と同様に大きく異なっているため, 異なった波形になっている.

図11の(1)に地盤加速度の応答に関する遠心振動実験とE-ディフェンス実験結果の比較(短周期構造物, TAFT波加振), 同様に図11の(2)に構造物とフーチングの加速度および杭ひずみの応答の比較, 図11の(3)に構造物, フーチングと振動台入力の変位の比較を示す. 図11(1)の(c)は振動台入力加速度の比較であるが, 両者の波形の一致度は振幅も位相もかなり良い. (a)の地表加速度と(b)の地中加速度の振幅と位相も, 概ね一致していると言える. 図11(2)の(a)構造物の応答加速度において, 振幅は大型実験のほうがやや大きい, 振幅と位相ともに一致度はかなり良いといえる. (b)のフーチングと(c)の杭ひずみの振幅と位相に関しても比較的よく一致している. 図11(3)の構造物, フーチングの変位に関して, (a)構造物の振幅と位相は比較的良く一致しているが, (b)フーチングの振幅は遠心振動実験のほうがかなり大きい. (c)振動台入力は振幅と位相において一致度が良いとは言えないが, 図9(3)の(c)よりも再現性が良い. また, TAFT波加振の結果は, JR 鷹取波加振の結果よりも再現性が良いという傾向はCASE-1の場合と同様である.

以上, CASE-2(H20年度, 縮尺比 1/20)における遠心振動実験のE-ディフェンスの大型実験の再現性については, CASE-1に比較すると全般的に一致は向上しているといえる. これは, 模型の縮尺比が1/26.7から1/20となったためと考えられる. すなわち, 遠心振動実験の実物に対する再現性は模型の縮尺比が小さい, すなわち模型のサイズが大きい方が, 地盤と構造物の製作精度が向上して, 再現性が向上すると考えられる.

しかし, CASE-1およびCASE-2の実験とも, 変位の再現性については, 十分とはいえない結果であった. これは, 再現実験に使用した遠心振動実験装置の振動台の加振機の最大ストロークが $\pm 0.5\text{mm}$ と小さく, 且つ30Hz以下の振動数の加振が出来ないため, 低振動数成分の再現が出来ていないことが主たる要因と考えられる.

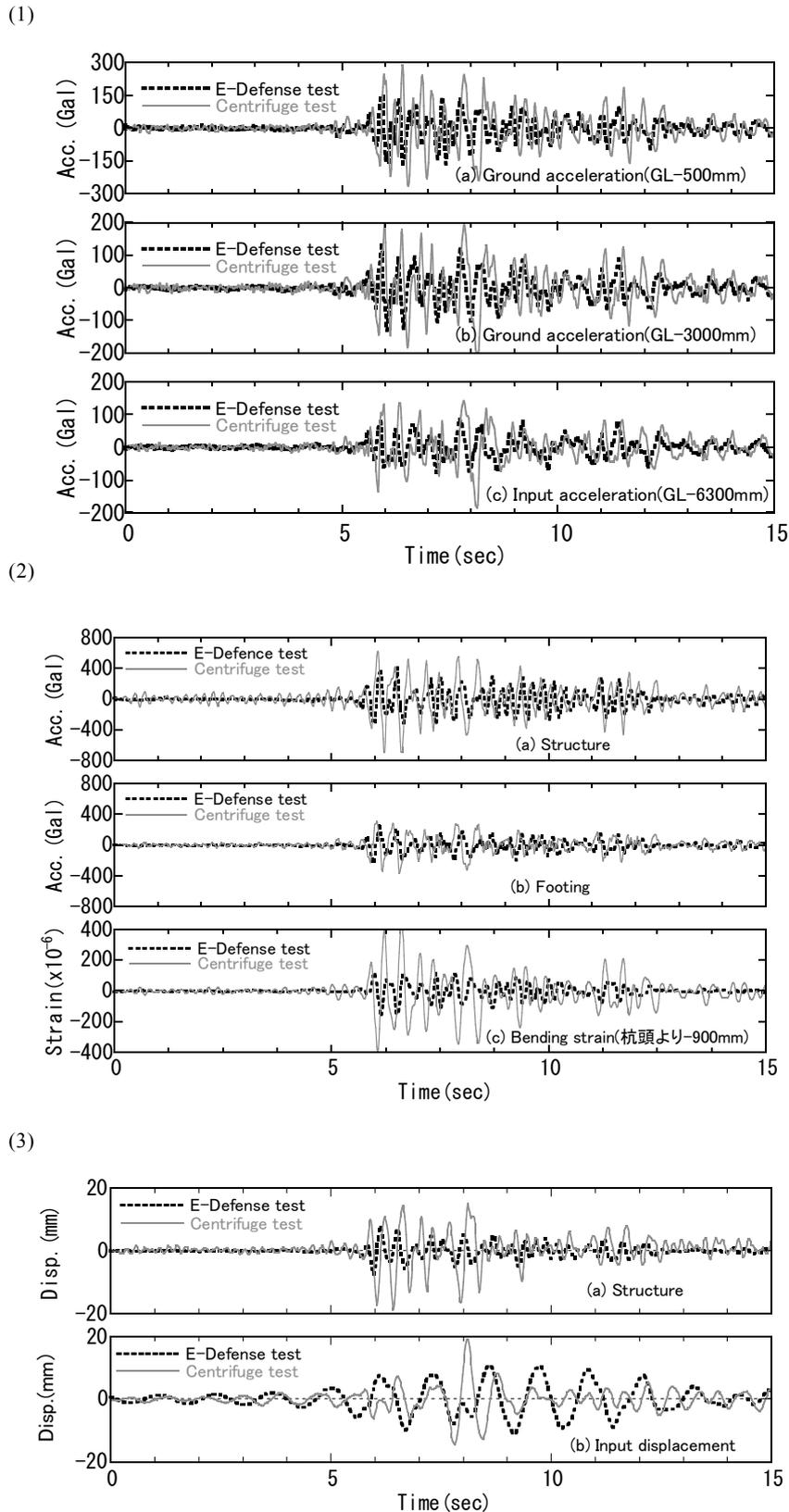
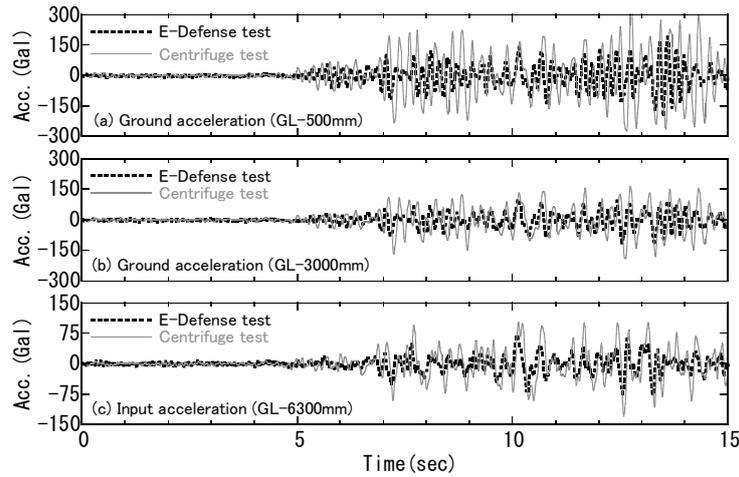


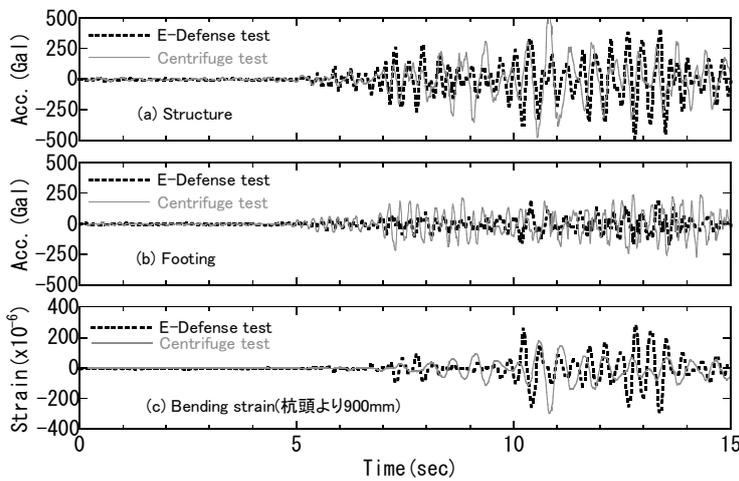
図8 CASE-1の遠心振動実験とE-ディフェンス実験結果の比較 (1)地盤加速度の応答 (2)構造物、フーチングの加速度と杭ひずみの応答 (3)構造物の変位応答と振動台入力変位 (H19年度, 縮尺比1/26.7, 剛体構造物, JR鷹取波加振)

Fig.8 Comparisons of centrifuge test and E-Defense test on response acceleration of CASE-1. (1) Responses of acceleration on ground. (2) Responses of acceleration on structure, footing and bending strain of pile. (3) Responses of displacement on structure and table input (2007 fiscal year, Scale ratio:1/26.7, Solid structure, JR Takatori wave).

(1)



(2)



(3)

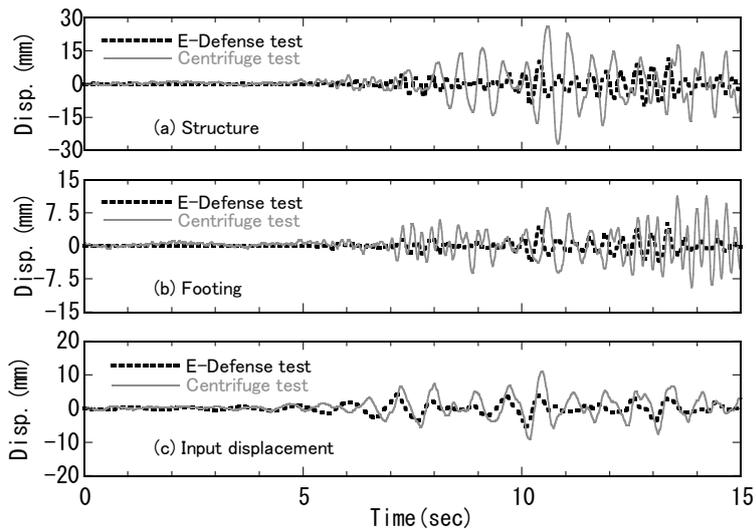


図9 CASE-1の遠心振動実験とE-ディフェンス実験結果の比較 (1)地盤加速度の応答 (2)構造物、フーチングの加速度と杭ひずみの応答 (3)構造物、フーチングの変位応答と振動台入力変位 (H19年度、縮尺比1/26.7、短周期構造物、TAFT波加振)

Fig.9 Comparisons of centrifuge test and E-Defense test on response acceleration of CASE-1. (1) Responses of acceleration on ground. (2) Responses of acceleration on structure, footing and bending strain of pile. (3) Responses of displacement on structure, footing and table input (2007 fiscal year, Scale ratio:1/26.7, High frequency structure, TAFT wave).

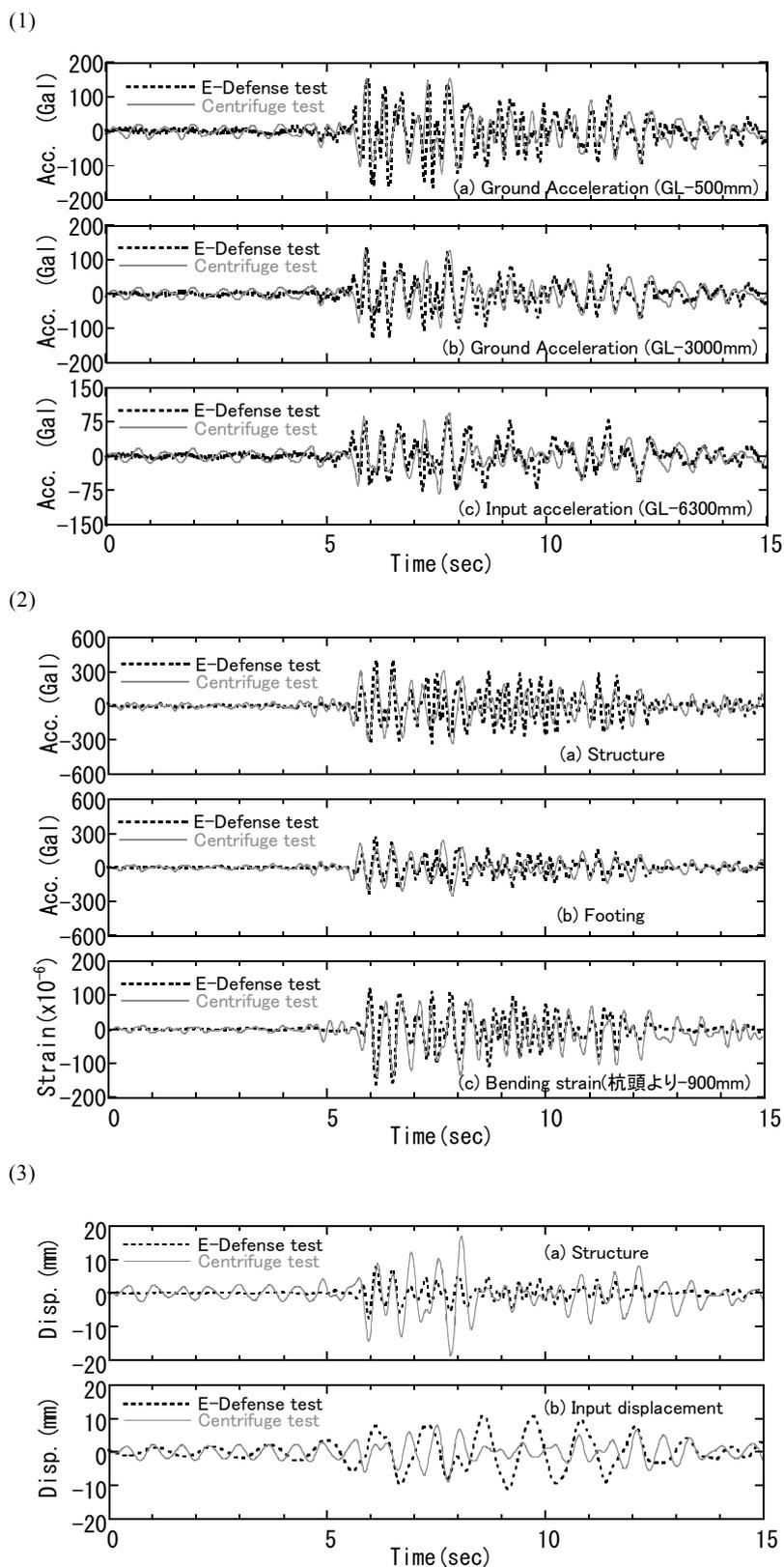


図10 CASE-2の遠心振動実験とE-ディフェンス実験結果の比較 (1)地盤加速度の応答 (2)構造物、フーチングの加速度と杭ひずみの応答 (3)構造物の変位応答と振動台入力変位 (H20年度, 縮尺比1/20, 剛体構造物, JR鷹取波加振)

Fig.10 Comparisons of centrifuge test and E-Defense test on response acceleration of CASE-2. (1) Responses of acceleration on ground. (2) Responses of acceleration on structure, footing and bending strain of pile. (3) Responses of displacement on structure and table input. (2008 fiscal year, Scale ratio:1/20, Solid structure, JR Takatori wave).

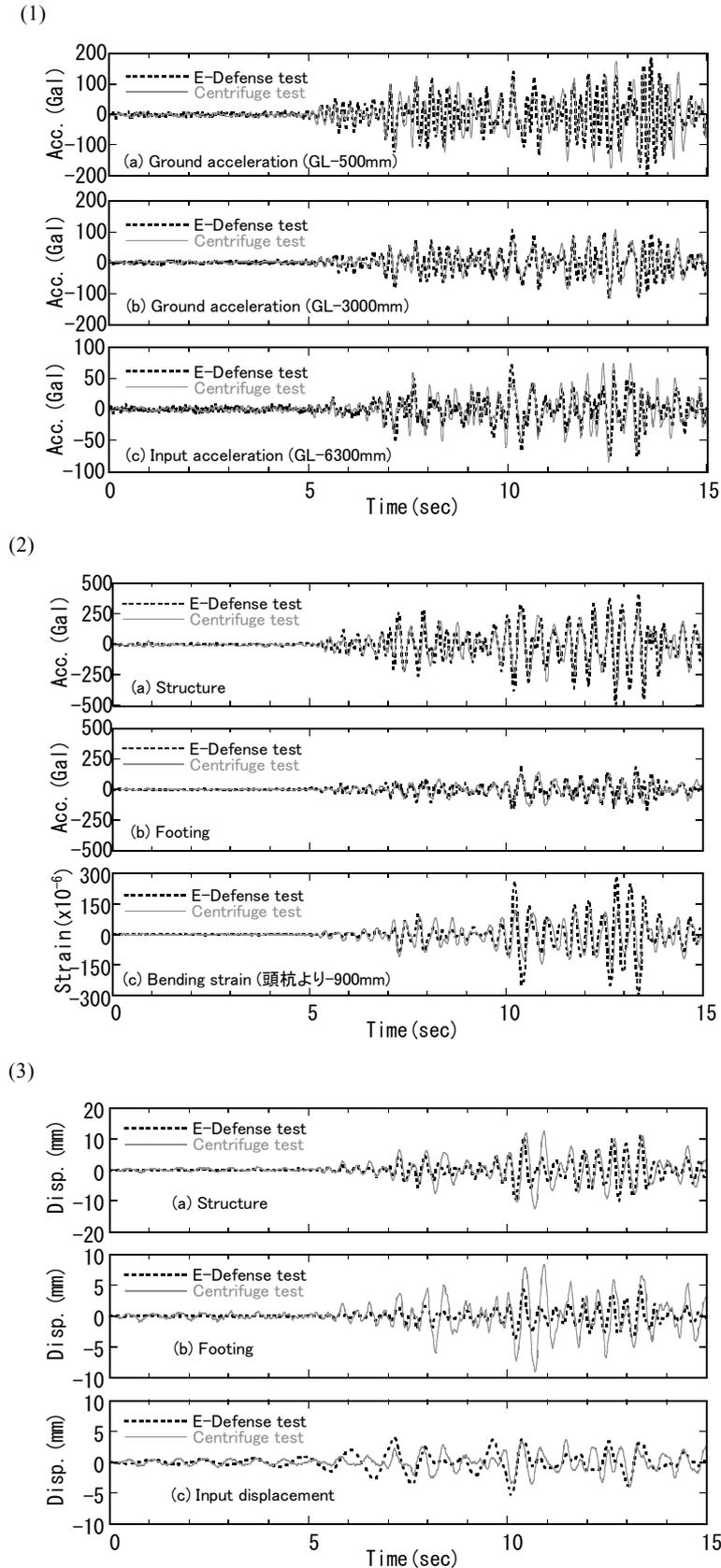


図 11 CASE-2 の遠心振動実験と E-ディフェンス実験結果の比較 (1)地盤加速度の応答 (2)構造物，フーチングの加速度と杭ひずみの応答 (3)構造物，フーチングの変位応答と振動台入力変位 (H20 年度，縮尺比 1/20，短周期構造物，TAFT 波加振)

Fig.11 Comparisons of centrifuge test and E-Defense test on response acceleration of CASE-2. (1) Responses of acceleration on ground. (2)Responses of acceleration on structure, footing and bending strain of pile. (3)Responses of displacement on structure, footing and table input. (2008 fiscal year, Scale ratio:1/20, High frequency structure, TAFT wave).

## 5. まとめ

- (1) 実大三次元震動破壊実験施設（E-ディフェンス）を用いた大型円筒形せん断土槽で実施された水平地盤中の杭基礎の地震時挙動の実験を対象として、遠心振動実験による大型実験の再現性を検討するため、過去に全く研究例のない模型の縮尺比（1/26.7, 1/20）を変化させた実験を行い、相似則の成立性のチェックに関する実証データを得ることができた。
- (2) CASE-1（H19 年度）の遠心振動実験は、縮小率 26.7 の模型（地盤の直径 300mm, 地盤高さ 236mm）を作成して実験を行ったが、加速度応答に関しては概ね再現できたものもあるが、模型の縮小率が大きいいため構造物の応答にばらつきがあるものが多かった。
- (3) CASE-2（H20 年度）の遠心振動実験は、縮小率 20（地盤の直径 400mm, 地盤高さ 315mm）として、模型のサイズを大きくしたため、模型の精度が向上し、再現実験の結果は、CASE-1 の実験より改善された。
- (4) 遠心振動実験の実物に対する再現性は模型の縮尺比が小さい方が、地盤と構造物の製作精度が向上して、再現性が向上するということがわかった。
- (5) 遠心振動実験の再現性は、振動台入力地震波の種類によって変化し、TAFT 波の方が JR 鷹取波よりも再現性が良いという傾向があった。
- (6) CASE-1 および CASE-2 の実験とも、変位の再現性については、十分とは言えない結果であったが、これは再現実験に使用した遠心振動実験装置の振動台の最大変位が小さいことが主たる要因と考えられる。

## 謝辞

本実験研究で用いた E-ディフェンス実験のデータは、文部科学省「大都市大震災軽減化特別プロジェクト 震動台活用による構造物の耐震性向上 地盤基礎実験委員会（委員長：東京工業大学 時松孝次教授）」にて計画・実施されものである。震動台入力としての JR 鷹取波は PEER のデータベースのものを使用させて頂きました。また、本研究は科学研究費補助金の基盤研究（C）、研究期間：H19～H20 年度、課題番号：19560504 および H20 年度防災科学技術研究所の所内競争資金により実施されました。ご協力いただいた多くの方々に対し、ここに記して謝意を表します。

## 参考文献

- 1) 佐藤正義・田地陽一・石原研而・香川崇章・箕輪親宏（1997）：基礎と地中埋設構造物の大型振動実験 その 6 遠心実験による乾燥砂地盤の動的挙動の再現。第 32 回地盤工学研究発表会, 1131-1132.
- 2) Kagawa, T., Sato, M., Minowa C., Abe, A., and Tazoh, T. (2004): Centrifuge Simulation of Large-Scale Shaking Table Tests. *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, **130**-7, 663-672, ASCE.
- 3) Sato, M., Minowa, C., and Saito, Y. (2002): Reproduction of Large-scale 1g Test on Dry Sand Deposit and Pile Foundation using Centrifuge Modeling. *Proceedings of the International Conference on Physical Modeling in Geotechnics, ICPGM '02*, 723-728.
- 4) 佐藤正義・内田明彦（2007）：遠心振動実験による E-ディフェンス大型土槽の杭-地盤系の実験の再現。第 43 回地盤工学研究発表会 CD-Rom, 1653-1654.

（原稿受理：2009年9月30日）

## 要 旨

実大三次元震動破壊実験施設（E-ディフェンス）で行われた杭-構造物-地盤系の大型円筒形せん断土槽実験（地盤の直径 8m, 地盤高さ 6.3m）を対象にして、遠心振動実験で再現するための実験方法を確立するとともに、相似則のチェックを行うことが目的である。遠心振動実験は、E-ディフェンス実験と同じ地盤材料を用い、相似則を満足させた模型を作成し、E-ディフェンス実験に対応させた加振を実施した。CASE-1（平成 19 年度）は縮小率：26.7 の模型（地盤の直径 300mm, 地盤高さ 236mm）を作成して実験を行った。結果は、加速度応答に関しては概ね再現できたものもあるが、模型の縮小率が大きいため、再現性があまり良くなかった。CASE-2（平成 20 年度）は縮小率：20（地盤の直径 400mm, 地盤高さ 315mm）にして、模型のサイズを大きくしたため、模型の精度が向上し、再現実験の結果は CASE-1 のものより改善された。しかし、CASE-1 および CASE-2 の実験とも、変位の再現性については、十分とは言えない結果であった。これは再現実験に使用した遠心振動実験装置の振動台の最大変位が小さいためである。

キーワード：E-ディフェンス、大型土槽実験、遠心振動実験、杭基礎、相似則