

地震を受ける堤防と軟弱粘土の変形について

遠心力模型実験 軟弱粘土 変形

徳島大学大学院
徳島大学大学院

学生会員 ○岡涼太 秋本拓哉 来島尚樹 肥前大樹
正会員 上野勝利

1. 研究の背景と目的

昨今の日本において、砂地盤だけでなく、軟弱な粘土地盤上にも構造物が建設されることが多くなり、粘土地盤上の構造物による圧密沈下や、地震時の変形挙動を把握する重要性が高まっている。

本研究では、1/30 スケールの軟弱地盤と鋼矢板を作製し、30g 場での動的遠心力模型実験を行い、粘土地盤の変形挙動について調べる。さらに、地震後沈下予測のパラメータの一つである動的圧縮指数 C_{dyn} を模型実験から算出し、過去の要素試験¹⁾²⁾により推定された値との比較を行うことで、要素試験と模型実験による違いが加振後沈下量に及ぼす影響について考察する。

2. 材料試験

2.1 一軸圧縮試験

実験試料はカオリン粘土と石膏、水を混合して固めた混合試料であり、養生日数は5日とした。この混合試料の一軸圧縮試験結果を図1に示す。各ケースの地盤は概ね均一な条件で作製できていると仮定する。

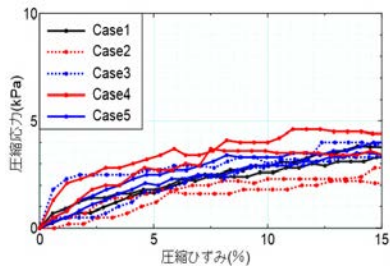


図1 応力-ひずみ曲線

2.2 圧密試験

以下の図2、表1に、混合材料の圧密試験結果から得られた $e - \log_{10}p$ 曲線と圧密特性を示す。この $e - \log_{10}p$ 曲線を実験時の動的圧縮指数を算出する際に用いる加振前の間隙比を推定するために利用する。

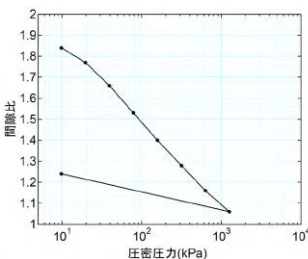


図2 $e - \log_{10}p$ 曲線

表1 混合材料の圧密特性

	圧密特性
圧密降伏応力 p_c (kPa)	14.1
圧密係数 c_v (cm ² /day)	150
圧縮指数 C_c	0.432
膨潤指数 C_s	0.0854

3. 実験概要

遠心力模型実験に使用した矢板模型と実験模型図を図3、図4に示す。また、表2に遠心力模型実験の実験ケースを示す。Case1は矢板を設置しない無対策条件で実験した。Case2は盛土の堤内側の法尻直下に PFS 工法を再現した矢板を設置した。Case3はCase2と同じ位置に全着底工法を再現した矢板を設置した。また、矢板の設置数による違いを検討するため、Case4は盛土の堤内外側の法尻直下(以下、両側)に PFS 工法を再現した矢板を設置した。Case5はCase4と同じ位置に全着底工法を再現した矢板を設置した。

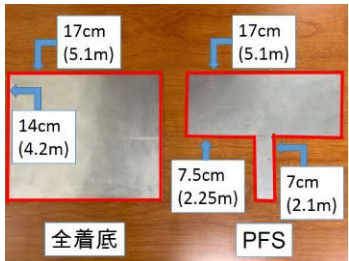


図3 矢板模型

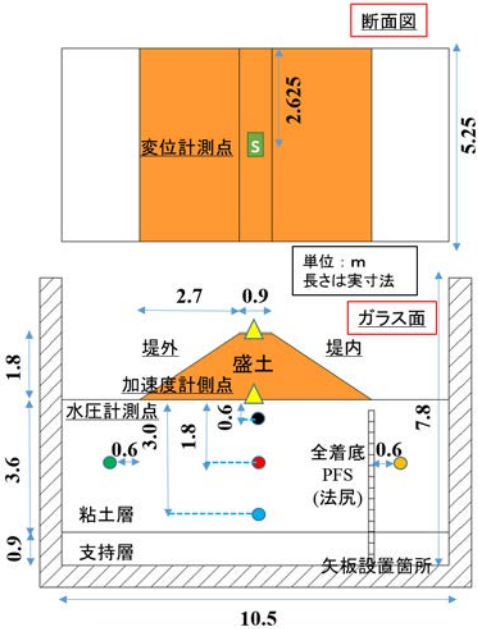


図4 実験模型図

表2 実験ケース

ケース	矢板の形状	矢板の貫入位置
Case1	なし	
Case2	PFS	堤内側法尻直下
Case3	全着底	堤内側法尻直下
Case4	PFS	両側法尻直下
Case5	全着底	両側法尻直下

4. 実験結果

4.1 盛土・地盤の変位量

以下の図5に実験時の沈下曲線を示す。一軸圧縮試験結果と併せると、最も強度が小さいCase2において、実験開始(1g)から30g到達までの沈下量が最も小さくなった。このことから、盛土急速施工時等の短期変形問題において地盤強度が与える影響が大きいといえる。

全体の傾向として、Case1(無対策)が他のCaseよりも沈下しており、自重圧密時、地震時ともに、鋼矢板による地盤の変形抑制効果が見られた。

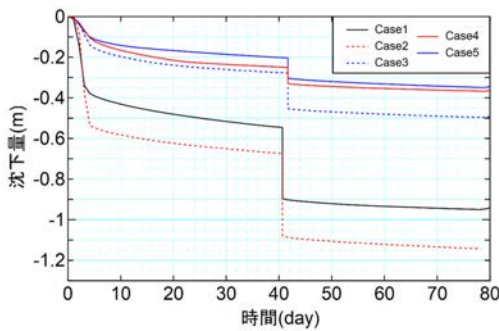


図5 沈下曲線

4.1.1 地震時変形

図6, 図7に加振中、加振後の沈下曲線を示す。地震時、地震後ともに圧縮強度が弱いCase2の沈下量が顕著であったことから、地震時等の動的応力履歴を受けた際、地盤強度が及ぼす沈下への影響は大きいと考えられる。

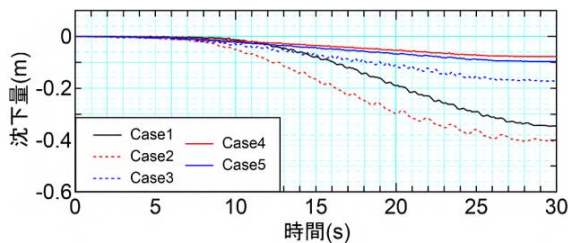


図6 沈下曲線：加振前→加振後

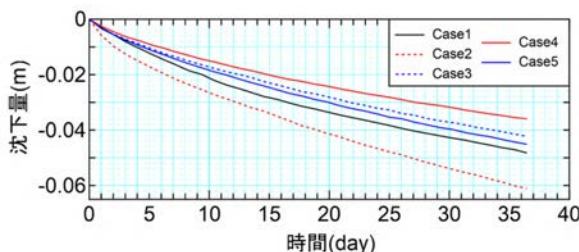


図7 沈下曲線：加振後→実験終了

4.2 動的圧縮指数

以下の表3に既往の研究¹⁾²⁾の方法を用いて求めた動的圧縮指数と、各Caseの模型実験から得られた動的圧縮指数を示す。用いた計算式は次式で表される。

$$C_{dyn} = \frac{1 + e_0}{\log_{10} SRR} \frac{\Delta H}{H} \quad (1)$$

ここに、 H は粘土層厚、 ΔH は加振後の沈下量、 e_0 は加振前の間隙比、 u_{dyn} は地震時に発生する過剰間隙水圧、 SRR は地震時の過剰間隙水圧発生に伴う応力減少比である。本実験では、地盤中央深さである1.8m地点を代表値とする。

表3において、模型実験から得られた動的圧縮指数の方が、既往の値よりも上回るCaseが多かった。既往の研究で得られた沈下量はいずれも三軸繰返しせん断試験、動的単純せん断試験といった要素試験によるものである。一方、模型実験では盛土を有する地盤を考慮しており、繰返しせん断を受ける際の盛土荷重の影響が大きく、それに伴う側方流動等も含め、沈下量を大きくする要因が模型実験の方が多く事に起因すると考えられる。

表3 動的圧縮指数 C_{dyn} の比較

	Case1	Case2	Case3	Case4	Case5
松田らの値 ¹⁾	0.104	-	-	-	-
安原らの値 ²⁾	0.097	-	-	-	-
実験値 ($U_s:70\%$)	0.124	0.103	0.043	0.090	0.158
実験補正值 ($U_s:100\%$)	0.178	0.148	0.062	0.128	0.225

5. 結論

本研究では、動的遠心力模型実験による軟弱粘土地盤の変形挙動について調べた。得られた知見を以下に示す。

- 盛土急速施工時の短期変形問題や地震時の変形等の非排水条件を仮定した地盤の変形において、圧縮強度が及ぼす影響が大きいことがわかった。
- 自重圧密時、地震時ともに、鋼矢板による地盤の変形抑制効果が見られた。
- 動的圧縮指数 C_{dyn} について、三軸繰返しせん断試験や動的単純せん断試験のような要素試験から推定された値と、本研究のような遠心力模型実験から得られた値の比較を行うと、後者の方が大きくなった。模型実験では、盛土荷重を起因とする側方流動や、加振時の盛土に作用する繰返しせん断荷重等の、単純な圧密現象以外の要因が加振後沈下量に及ぼす影響が大きいといえる。

参考文献

- 1) 松田 博, 柳楽英希: 繰返しせん断によって生じる飽和粘土の有効応力減少と再圧密沈下特性, 土木学会論文集 NO.659/III-52,63-75,2000.9.
- 2) 安原一哉, 村上哲, 豊田紀孝: 粘性土の動的性質, 5. 粘性土の動的性質 (その3), 土と基礎, 47-1, pp. 51-56,1999.