

部分浮き矢板を有する堤防の圧密変形に関する遠心模型実験

部分浮き矢板 圧密 遠心模型実験

徳島大学大学院 学生会員 ○来島尚樹 肥前大樹
徳島大学 非会員 真鍋壮汰
徳島大学大学院 国際会員 上野勝利

1. 背景と目的

地盤沈下の抑制対策の一つとして鋼矢板工法が挙げられる。鋼矢板工法の中で地盤沈下抑制効果や施工費用などの欠点を改善するため、一部の矢板を支持層まで貫入し、他の矢板を軟弱層で止める部分浮き矢板工法（PFS 工法）が提案されている¹⁾。しかし PFS 工法は実際の施工例が少なく、経済的で合理的な設計方法の確立が望まれている。

本研究では、軟弱地盤上の堤防と二種類の矢板工を模擬し、50G 場の遠心力場で圧密変形に関する実験を行った。天端および堤内側法尻付近の沈下量や変形モードを計測し、矢板工の沈下抑制効果を検討することを目的とする。

2. 実験概要

2.1 実験材料

実験模型は、支持層と粘土層、堤防の3層で構成した。支持層材料には三河砂 3号 ($\rho_s=2.642\text{g/cm}^3$, $e_{max}=1.02$, $e_{min}=0.74$) を用いた。粘土層材料には、カオリン KH (カオリナイト, カナヤ興産) と石膏 (ゾーストーン BHS, 下村石膏株式会社), 水を混ぜ合わせ固化した、体積圧縮率が小さい混合粘土を用いた。本研究では矢板模型を予め設置するため上載圧による予圧密が難しい。そこで、水を混ぜ合わせ固化した混合材料を粘土層材料として用いた。この材料は配合比を変えると強度の調整が行え、圧密速度が早い。ため、遠心装置による圧密時間が短くなる利点がある。水と混合する割合は、材料 A (石膏:水=10:4) と材料 B (カオリン粘土:水=10:8) が 17:83 となるように設定した。この材料の一軸圧縮試験結果²⁾を図1, 物性値を表1に示す。堤防盛土材料には、三河砂 7号とファインサンドを 8:2 の重量比になるように混ぜた混合砂 ($\rho_s=2.642\text{g/cm}^3$, $e_{max}=1.01$, $e_{min}=0.42$) を用いた。

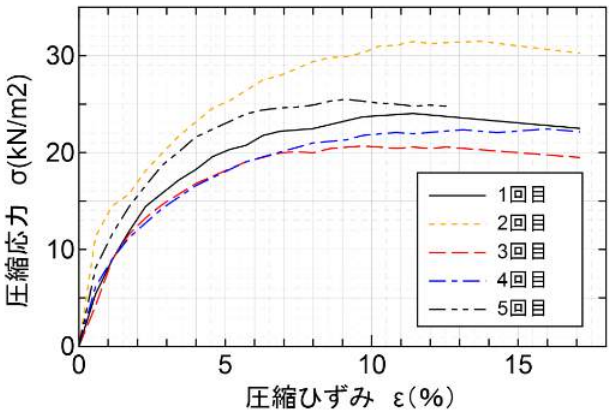


図 1 一軸圧縮試験結果

表 1 粘土層材料物性値		
土粒子密度 ρ_s	2.702	(g/cm^3)
液性限界 w_L	70.1	(%)
塑性限界 w_p	40.4	(%)
塑性指数 I_p	29.7	
工学的分類	MH	
圧縮指数 C_c	0.553	
圧密降伏応力 p_c	60	(kN/m^2)

2.2 実験模型

実験模型図と変位計測点を図2に示す。模型縮尺は 1/50 (遠心加速度 50g) とした。模型地盤製作は、内寸幅 450mm, 高さ 350mm, 奥行 200mm の剛土槽を用いた。実験で用いた矢板模型を図3に示す。厚さ 3mm のステンレス製板を用い、図3(a)が全着底矢板、図3(b)が PFS, 寸法は模型スケールである。

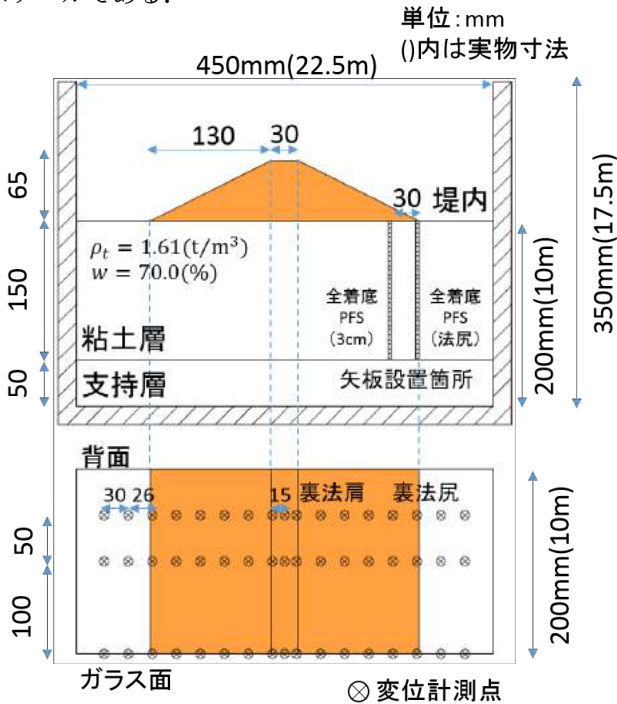


図 2 実験模型図



(a) 全着底矢板 (b) PFS

図 3 矢板模型

支持層は、蒸留水で湿らせた三河硅砂 3 号を地盤高さ 50mm になるように十分に突き固めて敷き詰めた。矢板模型を設置する場合は、この段階で裏法尻の支持層に貫入した。粘土層は、カオリン粘土と石膏、水を十分に攪拌しスラリー状態にしておき、バイブレーターで空気を抜きながら土槽内に流し入れ、乾燥しないように濡れ布とラップを被せ養生した。4 日経過後、所定の地盤高さになるように表面を整形し、初期の粘土地盤高さを図 2 に示す位置で合計 51ヶ所計測した。粘土地盤の湿潤密度は 1.61t/m³ (代表値)、含水比は 71.0% (代表値) であった。

堤防は、完成した粘土地盤上で含水比 $w = 12\%$ 、締固め度 $D_c = 85\%$ を目標に、5 層に突き固めて行った。堤防寸法は天端幅 30mm、高さ 65mm、底面幅 290mm、法面勾配 1:2 とした。堤防作成後、初期の堤防法面および天端高さを図 2 に示す位置で合計 39ヶ所計測した。混合粘土を土槽内に流し入れてから 5 日後に遠心模型実験を行った。

本研究における実験ケースを表 2 に示す。同じ位置に異なる矢板工を設置し、矢板工の違いによる効果の検討を行った。同様に、同じ矢板工を異なる位置に設置し、設置位置の違いによる効果の検討も行った。

表 2 実験ケース

ケース	矢板の形状	矢板の貫入位置
無対策	—	—
全着底 (法尻)	全着底	法尻
PFS (法尻)	PFS	法尻
全着底 (3cm)	全着底	法尻より内側 3cm
PFS (3cm)	PFS	法尻より内側 3cm

3. 実験結果

実験前と実験後における堤防と粘土地盤の計測点の高さを矢板の貫入位置別にそれぞれ図 4、図 5 に示す。計測点の高さは粘土地盤の地表面高さを 0 としている。沈下量および計測地点は実物換算で示す。

堤防沈下量についてケース毎で比較すると、表法尻から天端までにかけての沈下傾向は各ケースほぼ同様であるが、矢板を法尻に貫入したケースでは矢板を貫入した法尻近傍の地点で全着底のケースが他のケースに比べ、沈下を抑制している。矢板を法尻より内側 3cm に貫入したケースでは、全着底と PFS のケースともに矢板を貫入した位置の真上の地点では沈下を抑制している。しかし対策工 4 ケースでは大きさに差はあるが全てのケースにクラックが発生した。これは短時間の圧密が影響したと考えられる。

粘土地盤沈下量についてケース毎で比較すると、無対策に比べ、対策工 4 ケースでは矢板工の種類と設置位置に関わらず、矢板を設置した裏法尻近傍の堤内地盤の沈下量は抑制されている。また、全着底工法は矢板の設置位置まで堤内地盤が平行に沈下し、PFS 工法は矢板の設置位置あるいはその近傍に向かって、堤内地盤が傾斜しながら沈下する傾向にあった。これは矢板の設置により粘土地盤内が不連続となり、堤防の上載圧による影響が堤内地盤に伝播しにくくなったことが考えられる。対して、矢板を設置していない川表側の沈下量とその傾向は各ケースにおいて大きな差異はなかった。

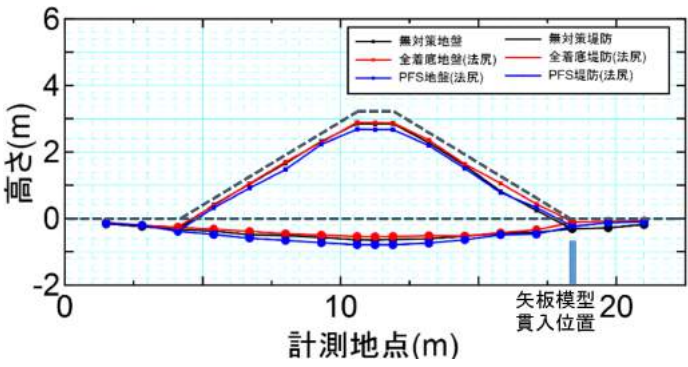


図 4 堤防沈下量 (矢板貫入位置法尻)

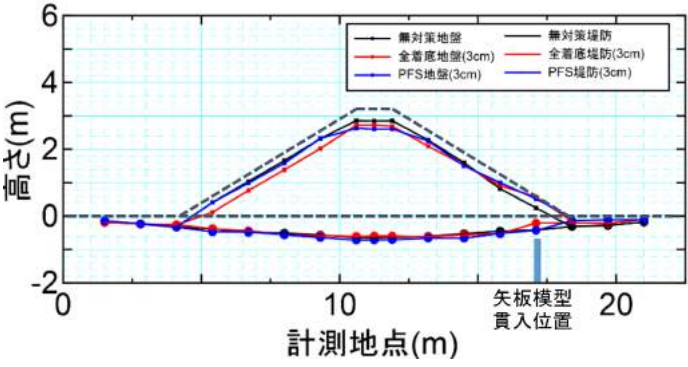


図 5 堤防沈下量 (矢板貫入位置内側 3cm)

4. 結論

本研究では、軟弱地盤上の堤防と二種類の矢板工を模擬し、50G 場の遠心力場で圧密変形に関する実験を行った。その結果、堤内地盤の沈下量は対策工 4 ケース全てで無対策の場合より抑制されることが確認できた。全着底工法は矢板の設置位置まで堤内地盤が平行に沈下し、PFS 工法は設置位置近傍に向かって、堤内地盤が傾斜しながら沈下する傾向にあった。また、図では割愛しているが、今回の実験では矢板を貫入した堤防側のケースで大きなクラックが発生していた。これはせん断ひずみによる相対変位によって粘土地盤表面に段差が発生したことが原因だと考えられる。この実験結果から実際の現場でも堤体にせん断ひずみが発生しているが、沈下に長い時間をかけることによって堤体が変形し、明瞭なクラックが発生しないことが考えられる。

今後は、堤防にクラックを発生させないよう対策をした上で沈下抑制効果の高い PFS 工法の形状を求める必要がある。

参考文献

- 1) 奥田洋一他：軟弱地盤沈下対策のための PFS 工法の開発その 1-概要および設計の基本的な考え方-, 第 40 回地盤工学研究発表会概要集, 1439-1440, 2005.
- 2) 土質試験-基本と手引き- (第二回改訂版) : 社団法人地盤工学会, 2011.
- 3) 肥前大樹他：部分浮き矢板を有する堤防の遠心模型実験, 第 53 回地盤工学研究発表会, 投稿中