

浸透および地震に対する既設盛土の安定化対策に関する遠心模型実験

安藤ハザマ 正会員 ○西尾 竜文, 足立 有史
青山機工 正会員 小林 司
新日本グラウト工業 正会員 市坪 天士
京都大学防災研究所 正会員 渦岡 良介

1. はじめに

近年、集中豪雨や巨大地震などの大規模な自然災害が増加しており、河川堤防やため池などの安定化対策が求められている¹⁾。著者らは、既設の堤体盛土を対象に豪雨・洪水と地震の複合的な災害に対する合理的な対策として、止水性および透水性地盤改良体を組合せた補強工法を提案している²⁾。本論では、本工法の効果およびメカニズムの確認を目的として実施した遠心模型実験について報告する。

2. 実験概要

2.1 模型概要

図-1、表-1 に模型概要図と模型材料一覧を示す。本実験は、50G 場において実施した。模型寸法は相似則により実物の 1/50 で作製した。模型土槽は幅 60cm、高さ 27cm、奥行 15cm の剛土槽を使用した。実験模型は液状化層上の堤体盛土を想定した。基礎地盤は東北硅砂 6 号を用いて水中落下法により作製し、堤体盛土は日光硅砂 4~8 号とカオリン粘土の混合土を最適含水比に調整したものを用いて湿潤締固めで作製した。対策工として用いた地盤改良体はプレキャストとし、上流側に止水性改良体、下流側に透水性改良体を設置した。透水性地盤改良体とは、透水性の高い碎石に少量のセメントスラリーを添加し、空隙を確保した状態で固化した優れた透水性とせん断強度を有する地盤改良体である。間隙水は、遠心力場の相似則に基づき、メトロゾ水溶液（粘性係数 $\eta=50\text{mPa}\cdot\text{s}$ ）を使用した。表-2 に実験ケースを示す。本実験では、無対策と対策幅 2.0m、対策幅 4.0m の 3 ケースを実施した。

2.2 実験手順

50G 場に到達後、河川水位の急増を模擬するため上流側に給水して水位を上昇させた。所定の水位に到達後、定常状態に至るまで上流側の水位を保持した。堤体内に設置した間隙水圧計が一定値を示し、定常状態に至ったことを確認して、加振を行った。入力波は図-2 に示す正弦波（2Hz、250gal、20 波）とし、予備加振と本加振の 2 回加振を行った。予備加振は本加振に対して 0.2 倍の加速度振幅で入力した。

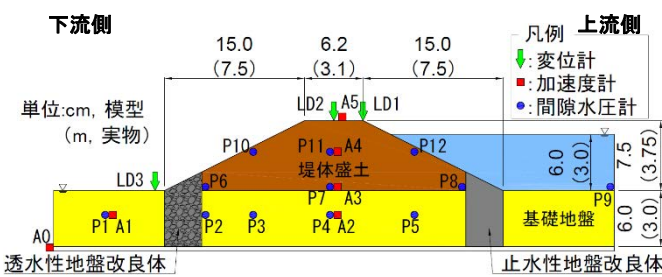


図-1 模型概要図

表-1 模型材料一覧

モデル名	材料	物性等
堤体盛土	日光硅砂 4~8 号 カオリン粘土	$D_{\max}=2.0\text{mm}$, $U_c=5.7$, $D_c=85\%$, $\rho_d=1.591\text{g}/\text{cm}^3$, $w_{\text{opt}}=11.6\%$, $k=2.71\times 10^{-5}\text{m}/\text{sec}$
基礎地盤	東北硅砂 6 号	$D_r=85\%$, $\rho_d=1.621\text{g}/\text{cm}^3$, $k=5.6\times 10^{-4}\text{m}/\text{sec}$
止水性改良体	セメント改良体	$\rho_d=1.795\text{g}/\text{cm}^3$, $k=6.8\times 10^{-10}\text{m}/\text{sec}$
透水性改良体	ポーラス コンクリート	$\rho_d=1.836\text{g}/\text{cm}^3$, $k=5.8\times 10^{-3}\text{m}/\text{sec}$
間隙水	粘性流体	$\eta=50\text{mPa}\cdot\text{s}$

表-2 実験ケース

ケース	対策	
	上流側	下流側
CASE1	なし	なし
CASE2	止水性 2.0m	透水性 2.0m
CASE3	止水性 4.0m	透水性 4.0m

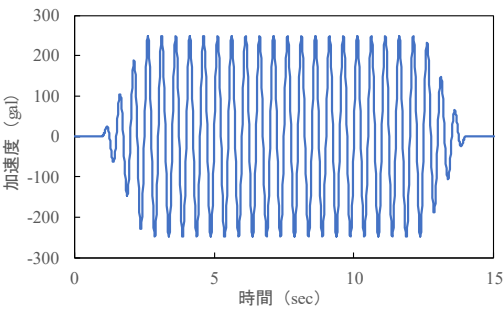


図-2 入力波形（正弦波）

キーワード 豪雨、地震、遠心模型実験

連絡先 〒305-0822 茨城県つくば市荻間 515-1 (株)安藤・間 技術研究所 土木研究部 TEL029-858-8813

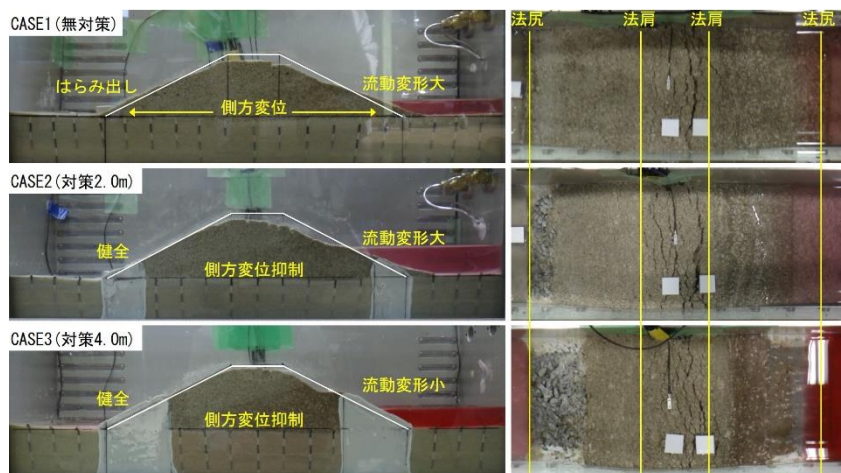


図-3 実験後の状況（左：土槽正面，右：土槽上面）

3. 実験結果と考察

3.1. 破壊形態と加振直前の堤体内水位

図-3, 4 に実験後の模型の状況と加振時の堤体天端中央の沈下量を実物スケールで示す。無対策の CASE1 では、基礎地盤の液状化による側方変位が発生した。堤体盛土は下流側にはらみ出し、上流側に流動変形が発生した。対策幅 2.0m の CASE2 では、無対策に対して基礎地盤の側方変位が抑制された。堤体盛土は、下流側は健全な状態を保っているのに対し、上流側は、CASE1 と同様に流動変形が発生し、上流側の改良体を越えて変形が増大した。堤体天端沈下量は 407mm であり、無対策と同程度であった。対策幅 4.0m の CASE3 では、CASE2 と同様に基礎地盤の側方変位が抑制された。堤体盛土は、下流側は健全であり、上流側は CASE1, 2 と同様に流動変形が発生したが、その程度は小さく、上流側改良体により変形が抑制された。天端沈下量は 182mm であり、無対策に対して 54%低減した。図-5 に堤体底面の水圧計から読み取った堤体内水位を示す。上流側水位は実験装置の制約により各ケースでばらつきが生じたが、透水性改良体の排水効果により CASE1 に比べて、CASE2, 3 の水位勾配は大きくなった。CASE3 は、最も堤体内水位が低く、改良幅の拡大により水位低下効果が大きくなることが確認できた。

3.2. 過剰間隙水圧

図-6 に加振時の過剰間隙水圧比を示す。P4（基礎地盤）、P6（堤体下流側法尻）では、CASE1 に対し、CASE2, 3 の水圧上昇が抑制されており、その結果、基礎地盤の側方変位や堤体盛土下流側のはらみ出しが抑制されたと考えられる。P7（盛土中央）、P8（盛土上流側法尻）では、CASE1 に対し、CASE2 の水圧上昇が大きい。CASE3 は水圧上昇が遅く、そのピークは最も小さい。この水圧上昇の差が堤体上流側の流動変形の程度に影響していると考えられる。

4. まとめ

止水性および透水性改良体を組合せた対策工では、基礎地盤の液状化に伴う側方変位を抑制できることが確認できた。堤体盛土が流動し、大きく変形する場合では、改良幅を拡大することでその変位を抑制でき、無対策に対して堤体天端の沈下量を 54%低減できた。

【参考文献】1)公益社団法人 地盤工学会:平成 30 年 7 月豪雨を踏まえた豪雨地盤災害に対する地盤工学の課題-地盤工学会からの提言-,2019.5. 2)西尾ら:浸透および地震を考慮した既設盛土の安定化に関する遠心模型実験,第 55 回地盤工学研究発表会,2020.7

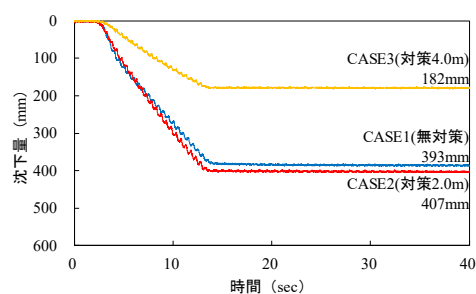


図-4 加振時の堤体天端沈下量

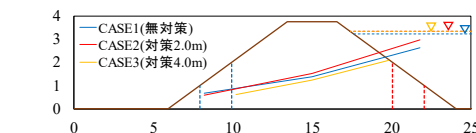


図-5 加振直前の堤体内水位

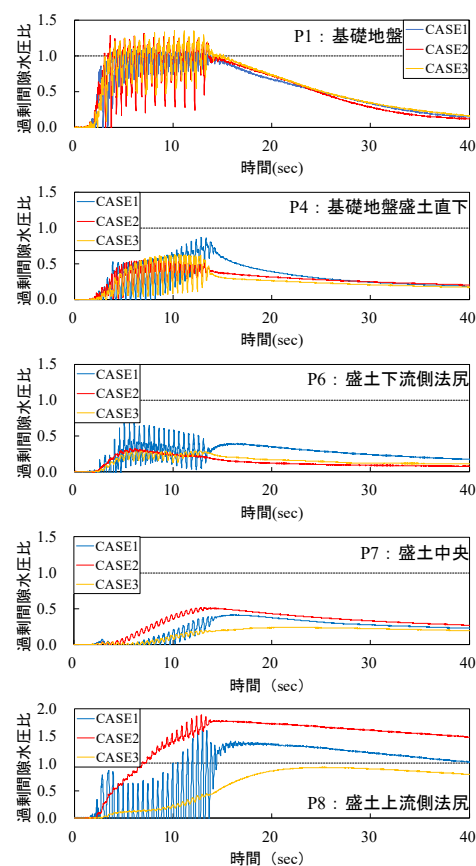


図-6 加振時の過剰間隙水圧比