

細粒分流出に起因する盛土構造物の不安定化に関する実験的検討

東京工業大学 学生会員 ○堀越 一輝
 東京工業大学 学生会員 柯 林
 東京工業大学 正会員 高橋 章浩

1. はじめに ダムや堤防などの水利構造物において性能劣化の原因とされる地下浸透流による盛土材の細粒分の流出現象は、大規模地震時に谷埋め盛土の崩壊をさせる一因となる可能性がある。筆者らはこれまでに、盛土模型を用いた重力場での浸透実験を実施し、細粒分流出現象を実験室で再現するとともに、2次元的な浸透問題に対しても細粒分含有率や水理境界条件がこの現象に大きな影響を及ぼすことを示した¹⁾。本稿では、細粒分流出が生じた盛土模型に対して、天端部において支持力試験をおこない構造物全体としての強さを調べた。これにより、間接的に細粒分流出が生じた盛土の不安定化についての検討をおこなった。

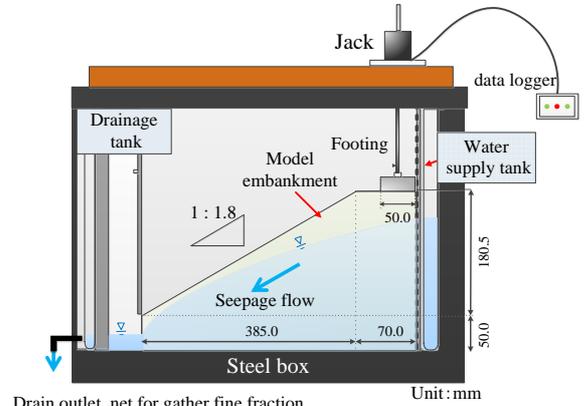


図1 実験システム概念図

2. 実験概要

2.1 実験試料 実験に用いた試料は、粒径が異なる硅砂3号(平均粒径 D_{50} : 1.72mm, 有効径 D_{10} : 1.37mm, 均等係数 U_c : 1.29)と硅砂8号(D_{50} : 0.16mm, D_{10} : 0.087mm, U_c : 2.09)の混合土とした。この混合試料において、硅砂3号を地盤骨格を形成するものとして、硅砂8号を骨格間隙に格納される細粒分として扱った。混合試料の硅砂8号含有率は10%、15%とした。

2.2 実験条件 実験装置の全体図を図1に示す。模型地盤を作成した剛土槽の内寸は、幅500mm、奥行き150mm、高さ350mmである。この土槽には両端に、それぞれ給水溝と排水溝を設置している。排水溝と盛土模型の間には、地盤の骨格を形成する硅砂3号は通過せず、細粒分を模擬した硅砂8号と浸透水のみが通過するサイズの網を設置した。給水溝に水を給水させることにより、盛土模型に天端側から浸透流を与え、法尻から排水溝へ浸透水と土砂を流出させている。流出した細粒分は排水口に設置したふるいにより採取している。地盤作成は材料分離を防ぐため不飽和状態で、地盤が各試料の最少乾燥密度になるように1層2cmごとに締固めた。下流側の水理境界が、水位変動を許した場合(タイプA)、流出する水を特定の部分に固定した場合(タイプB)の2パターンがあり、この水理境界条件と試料の硅砂8号含有率により表1に示す条件のもと、3ケースの浸透実験を実施した。より詳細な細粒分流出過程の実験方法については別報に譲る¹⁾。この浸透実験で所定の期間浸透を与え、細粒分を流出させた後、浸透状態を保ったまま図1に示すような天端部での支持力試験をおこなった。フーチングの寸法は、幅50mm、奥行き150mmである。さらに、この支持力値を対比するため、同様な条件の盛土模型を再現し、その模型に浸透を与え、地下水が定常状態になった後、直ちに同じ支持力試験をおこない初期状態での土構造物としての強さを調べた。これにより、長期間の浸透によって、土構造物がどれほど、強度変化しているかを分析する。各実験ケースの実験条件を表1に示す。実験終了後、模型盛

表1 実験ケース

Case	Content of Silica sand No.8 (%)	Boundary condition of levee crown	Boundary condition of levee toe	Loading location	Loading speed (mm/min)	Dry density (g/cm ³)	Seepage time (min)
10% H-A	Initial	Constant Head	A	top of slope	62.50	1.535	30
	10140					1.535	10140
10% H-B	Initial		B	20mm from the edge of a slope	11.75	1.549	30
	5760					1.554	5760
15% H-B	Initial		B	20mm from the edge of a slope	11.75	1.551	30
	20670					1.558	20670

キーワード 細粒分流出, 模型実験, 内部侵食, 浸透

連絡先 〒152-8552 東京都目黒区大岡山 2-12-1 東京工業大学大学院理工学研究科土木工学専攻 TEL 03-5734-2798

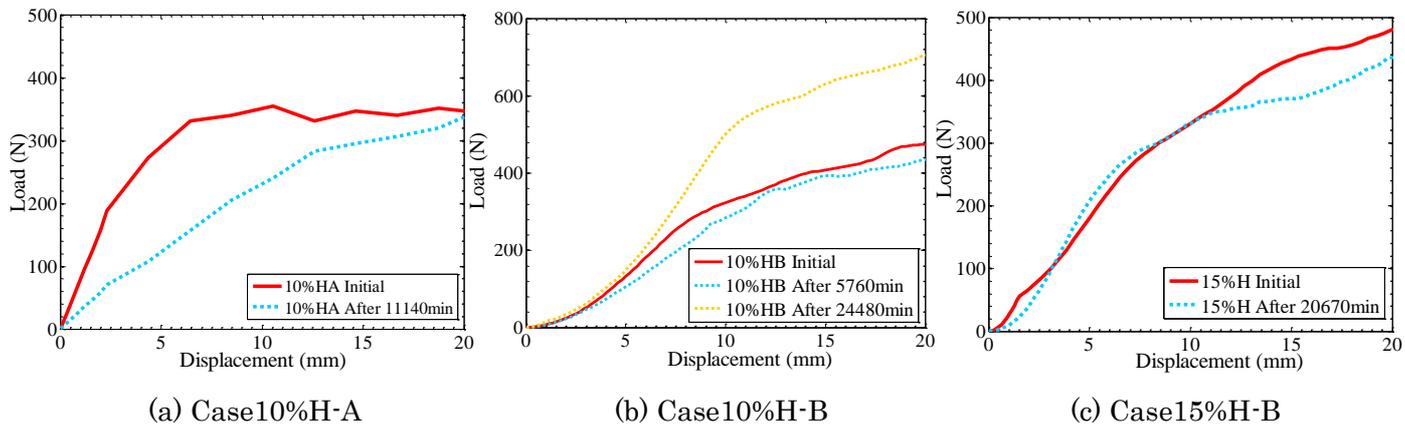


図 2 細粒分流出前後の盛土に対する支持力試験による支持力 - 沈下関係

土を法尻方向から 0~96.25mm, 96.25~192.50mm, 192.50~288.75mm, 288.75~385.00mm の位置で 4 分割の浸透実験後の細粒分の分布を確認した。

3. 実験結果および考察

浸透実験により、図 3(a)に示す Case10% H-A では、初期状態の盛土模型に含まれる細粒分含有量の 15.1%の細粒分が流出した。また、Case10% B では 5.3%、Case15% B では 5.4%の細粒分が流出した。表 2 に実験後に実施した粒度試験によって測定した模型盛土を法尻方向から 4 分割した各部分の細粒分の含有率を示す。各ケースとも実験後の法先側と天端側の細粒分含有率が初期の細粒分含有率と比較して減少していることがわかる。

表 2 実験後の細粒含有率の分布

Case	Initial state	Distance from the slope toe			
		0-96mm	96-193mm	193-289mm	289-385mm
10% H-A	9.94	7.69	10.82	10.46	5.22
10% H-B	9.98	8.91	10.28	11.46	8.99
15% H-B	15.03	12.91	16.03	16.01	11.93

図 3 に各実験ケースの初期状態と長期間浸透によって細粒分が流出した盛土地盤の天端部の支持力-沈下関係を示す。図 3(a)より、多くの細粒分の流出が確認された下流側の水理境界が水頭の変動を許した Case10% H-A では、長期の浸透により、破壊形式が明確なピーク荷重が現れる軽い全般破壊から、ピーク荷重が現れない局所破壊形式に変化した。また、極限支持力値も減少傾向も確認された。このケースの初期すべり線の位置は、浸透初期段階で浸潤面と不飽和領域の間に発生した。一方、11140 分の浸透を与えた段階での初期すべり発生位置は浸潤面より下部に発生した。これは、細粒分流出により浸潤面以下にゆるみ領域が生じ、土構造物としての強度が低下したためであると考えられる。

次に、細粒分流出量の少なかった Case10% H-B および 15% H-B についての初期状態と長期浸透により細粒分流出を受けた状態の支持力を比較する。図 3(b),(c)に示す Case10% H-B の浸透時間 5760 分後支持力 - 沈下曲線、Case15% H-B の浸透時間 20670 分後の支持力 - 沈下曲線とそれぞれの初期段階での値を比較すると、Case10% H-A で見られたような破壊形式の変化は見られず、支持力の低下割合もわずかである。これは、Case10% H-A と比較して、Case10% H-B、Case15% H-B は流失した細粒分の量はわずかであるため、明確な破壊形式と極限支持力の変化を示すに至らなかったと推定できる。なお、Case10% H-B の浸透時間 24480 分後の支持力 - 沈下関係では、初期状態の結果と比べ、大きな支持力値を記録した。これにより、細粒分流出量が少ない現象の進行段階では、地盤全体の強さが向上する可能性もあることが確認された。

4. まとめ

本稿では、模型実験により細粒分流出が生じた盛土に対して天端の支持力試験をおこない、間接的ではあるがこの現象にともなう土構造物の不安定化について検討をおこなった。細粒分流出を受けた土構造物全体の強さは、細粒分の流出量によって大きく変化する。原則的には、細粒分の流出量が多いほどその強度は低下するが、現象が進行段階である場合、その強度が向上する可能性がある。

参考文献

1) 堀越ほか: 地下水浸透による盛土の細粒分流出に関する実験的研究, 第 47 回地盤工学研究発表会講演会(投稿中)