室内透水試験による小田川堤防土の透水性の評価

堤防 透水係数 透水試験

名城大学 国際会員 小高猛司

中部土質試験協同組合 国際会員 O久保裕一(名城大非常勤) 日本工営 国際会員 李 圭太(名城大非常勤)

土木研究所 国際会員 石原雅規

1. はじめに

平成 30 年 7 月の降雨により生じた小田川の決壊箇所および法すべり箇所において,開削調査を実施し 1),その際に 堤体内部の複数箇所においてマリオットサイフォンを用いた現場透水試験を実施した 2)。その試験箇所近傍では,乱れ の少ない試料の簡易サンプリングを実施しており,室内透水試験や力学試験も実施した。本報では,決壊した左岸 3 4k の下流開削断面で採取した試料,ならびに法すべりが発生した左岸 4 2k の上下流開削断面で採取した試料を用いた室内 透水試験の結果を示す。今回は特に,現場透水試験の結果と比較するとともに,供試体レベルでの透水性の異方性の有 無についても検討した。

2. 試験条件

試験試料は、現場透水試験²⁾を実施した試験孔のすぐ近傍において簡易サンプリング法³⁾によって採取した。具体的には、直径 10cm、高さ 19cm の塩ビ管の片側先端を刃先に加工した簡易サンプラーを丁寧に地面に押し込み、容器の周囲の土を掘って除去してサンプリングする。その状況を写真1に示す。

採取試料は塩ビ管のまま一旦凍結させてから,室内透水 試験用の供試体に成形した。今回は、供試体レベルでの透 水性の異方性を検証するために、図1に示すように一つの塩 ビ管から縦方向と横方向の二つの供試体を成形することを 試みた。その手順を図2に示す。はじめに、供試体周囲の塩 ビ管に切れ目を入れて切断し, 凍結試料を取り出す。その 凍結試料を先端から 12cm 部分で切断し、2 つに分ける。こ れらをそれぞれ特殊加工した供試体成形用旋盤機にて, 試 料を回転させながら、鋭利なビットで周囲を削り、直径 5cm, 高さ9cmほどの円柱供試体に成形する。この特殊旋盤 による方法は、凍結した状態のまま数分で成形できるた め、ドライヤーやヒートガンで周囲を徐々に融解させなが ら削る成形方法とは異なり, 乱れの誘発が極めて少ない。 同じ箇所で数本の試料をサンプリングしているため、上記 のように縦横2本の供試体を成形した場合、比較のために塩 ビ管1本分の凍結試料をそのまま供試体として用いた透水試 験も実施した。その際には、周面を削ることなく端面成形 のみ施した。なお、礫分が多い箇所で採取した試料におい ては、成形時に破損する恐れがあるために、そのまま1本の 供試体として透水試験を実施した。

透水試験は、直径 15cm のモールド内に凍結試料を設置して実施するが、モールドと供試体の間に大きな隙間が生じるために、供試体の周囲に低透水材料であるベントナイトを充填した。試験の流れを図3に示す。図は塩ビ管そのまま1本分の直径 10cm の供試体での事例であるが、縦横2本の直径 5cm の供試体であっても充填するベントナイトの量が増えるだけで手順は同じである。



写真 1 サンプリング状況



図 1 成形イメージ



凍結試料の切断



切断状況



特殊旋盤機にて成形



成形された供試体



試料の抜き取り



ベントナイト充填



充填後の状態



具空脱気

図 3 室内透水試験の手順

Study on anisotropic permeability of Oda River embankment soils by laboratory permeability test

T.Kodaka (Meijo University), Y. Kubo (Geolabo-Chubu), K.-T. Lee (Nippon Koei) and M. Ishihara (PWRI)

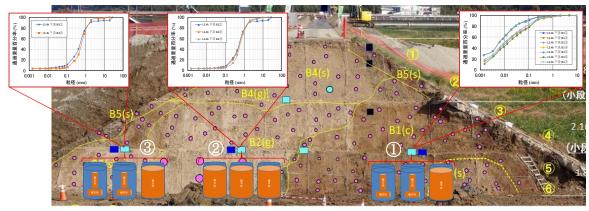


図 4 左岸 3.4k の破堤箇所における開削調査時の現場透水試験の実施箇所と状況 5)を加工

調査場所	開削断面	採取位置	試験方法	供試体の 成形方法	室内透水係数(m/s)		現場透水試験近辺の土質		現場透水係
					縦供試体 (鉛直方向)	横供試体 (水平方向)	工学的土質分類	推定透水 係数(m/s)	数(m/s)
左岸 3.4k	下流	堤外①	変水位	縦1本	8.4×10 ⁻⁹ (1.93)				
			変水位	縦横2本	1.6×10 ⁻⁸ (1.93)	7.5×10 ⁻⁸ (2.01)		推定不可	3.2×10 ⁻⁶
			変水位	縦横2本	8.8×10 ⁻⁹ (2.00)	6.9×10 ⁻⁹ (2.00)			
		堤内(内側)②	定水位	縦1本	4.2×10 ⁻⁵ (1.99)		礫混じり砂 (SP-G)	4.8×10 ⁻⁴	3.7×10 ⁻⁴
			定水位	縦1本	$7.0 \times 10^{-5} (1.95)$ $5.8 \times 10^{-5} (1.95)$				
			定水位	縦1本					
		堤内(外側)③	変水位	縦1本	2.3×10	⁻⁷ (1.90)		2.7×10 ⁻⁴	
			変水位	縦横2本	5.7×10 ⁻⁷ (1.78)	9.7×10 ⁻⁶ (1.67)	礫混じり砂 (SP-G)		1.1×10 ⁻⁴
			変水位	縦横2本	8.6×10 ⁻⁷ (1.76)	8.9×10 ⁻⁶ (1.71)			
左岸 4.2k	下流	上段	変水位	縦横2本	7.7×10 ⁻⁷ (1.65)	2.2×10 ⁻⁶ (1.57)	細粒分混じり礫質砂 (SG-F)	2.5×10 ⁻⁴	2.5×10 ⁻⁴
		下段	変水位	縦横2本	8.4×10 ⁻⁶ (1.53)	5.5×10 ⁻⁷ (1.60)	細粒分質砂 (SF)	1.8×10 ⁻⁶	3.1×10 ⁻⁵
	上流	堤内(内側)	変水位	縦横2本	2.2×10 ⁻⁷ (1.57)	3.2×10 ⁻⁷ (1.69)	細粒分質砂 (SF)	8.5×10 ⁻⁶	9.2×10 ⁻⁵
		堤内(外側)	定水位	縦1本	3.4×10	⁶ (1.431)	細粒分礫混じり砂 (S-FG)	8.9×10 ⁻⁵	4.6×10 ⁻⁵

表 1 現場透水試験結果と各箇所の土質と推定透水係数

※()内の数字は凍結供試体の湿潤密度(g/cm³)

3. 実験結果

図4は左岸3.4kの開削調査における室内透水試験用の試料採取位置と採取試料の供試体成形状況を示す。図1で示したように、基本的に一つの採取試料から、縦横1本ずつ合計2本の供試体を成形した。それぞれ長軸方向で室内透水試験を実施することにより、堤体盛土に対して鉛直と水平の供試体寸法レベルでの透水の異方性について検討するためである。なお、図1あるいは図4中ではサンプラーの刃先を上に描いているため、実際の採取試料は上下逆である。図4中には、採取地点近辺での粒径加積曲線も示した。なお、左岸4.2kでの試料採取位置等は紙面の都合上割愛する。

表1に今回の室内透水試験結果をまとめて示す。左岸3.4kでは3地点で採取した試料によって、合計13本の供試体で試験を実施し、左岸4.2では4地点、合計7供試体の試験を実施した。表中には、それぞれの供試体に対して、凍結状態で成形した直後の湿潤密度も示している。採取位置が同じ供試体であっても、湿潤密度にはばらつきが見られる。

表 1 には試料採取位置とほぼ同じ場所で実施した現場透水試験²⁾の結果も示すが、総じて現場透水試験に比べて室内 透水試験で得られる透水係数は小さい。これは、既往の調査結果⁴⁾においても同様の傾向が見られている。細粒分を多 く含んでいると見られる場所においては、透水係数に 1~2 オーダー、場合によってはそれ以上の差がある。室内透水試 験を実施した供試体そのものを用いての粒度試験を実施していないが、近傍での採取試料の粒度から推定した透水係数 と比較すると、礫が多く透水性が高い位置においては、推定値は現場透水係数に近く、細粒分が多く透水性が低い位置 においては、推定値は室内透水係数に近い傾向が見られる。

異方性の評価については、左岸 3.4k 下流堤内(外側)③において、水平方向の透水係数が鉛直方向よりも 10 倍程度大きくなったが、これらのケースにおいては縦方向供試体の湿潤密度がわずかに大きいこともあり、明確な差があるとは言い切れない。転圧盛土模型から抜き出した大径の供試体で実施した室内試験によって透水性の異方性を示した先駆的な既往の研究 5 もあることから、更なる検討が必要である。一方、現場透水試験自体が、水平方向の透水異方性を包含した評価であるとも解釈でき、それが室内透水試験との大きな差にあらわれているとも考えられることから、堤体内での透水のスケール効果についての検証も別途進める必要である。

本研究を実施するにあたっては、中国地方整備局に多大なる協力を頂いた。この場を借りて謝意を表する。

参考文献: 1) 杉山ら:法すべり等が生じた小田川堤防における開削調査,第 55 回地盤工学研究発表会,2020. 2) 小高ら:小田川堤防における開削調査時の現場透水試験,第 55 回地盤工学研究発表会,2020.3) 小高ら:砂質堤体土の簡易サンプリングとその強度特性の評価,第 3 回 地盤工学から見た堤防技術シンポジウム,2015.4) 石原ら:梯川旧堤で実施した現地堤防地盤調査,第 4 回 河川堤防技術シンポジウム,2016. 5) 大本ら:半透水性材料の透水性の異方性について,第 24 回土質工学研究発表会,1989.