

小田川堤防における開削調査時の現場透水試験

堤防 透水係数 現場調査

名城大学 国際会員 小高猛司
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・杉山詠一

1. はじめに

河川堤防の質的検討をするのにあたり、堤体盛土の飽和透水係数は重要な地盤特性である。直轄河川での河川堤防の評価・設計では「河川堤防の構造検討の手引き」を準用しているが、堤体：室内土質試験（粒度試験・室内透水試験）、基礎地盤：現場透水試験・土質試験（粒度試験）とされている。堤体部の透水係数を粒度試験から算出するには 20% 粒径 D_{20} を用いる Creager の方法等があるが、堤体の締め固めなどは考慮できず異方性の評価なども困難である。また、乱した試料で室内透水試験をする場合には、現地密度の把握は容易でない上に、最大粒径によっては現地堤体と異なる粒度の試験となる。そもそも乱したことによる影響や異方性が考慮できないことなど、粒度からの推定と同じ問題もある。

そこで、筆者らはマリ奥特サイフォンを用いて行う現場透水試験である「締め固めた地盤の透水試験方法（JGS 1316-2003）」を河川堤防の堤体の飽和透水係数を得るために適用してきた（例えば 1)~4)）。それらは、新堤築堤に伴い撤去する旧堤 1)~3) であったり、被災現場 4) であったりするが、総じて現場透水試験で得られる飽和透水係数は、同位置で採取した乱れの少ない試料で実施した室内試験による透水係数より大きくなり、細粒土堤体の場合においては 3 オーダーも大きくなる事例もあった 1)）。それらの結果は、マリ奥特サイフォンで得られる現場透水係数は、現場の不均質性や異方性を含んだ堤体内のマクロな透水性を評価していることを示唆しており、実際に、浸透流解析によって実際の堤体浸透を模擬しようとする場合、室内試験の透水係数よりも大きくした方が実例を説明しやすいと感じる場合も少なくない。

本報では、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 5)）、その際に堤体内部の複数箇所においてマリ奥特サイフォンを用いた現場透水試験を実施した結果を示す。なお、一部の透水性が高い箇所においては、流量計を用いて定常水位を保つ流量を直接計測する方法を用いた 3)）。

2. 現場透水試験の概要と結果

今回の現場透水試験は、小田川の開削調査を実施した決壊箇所 2 箇所（左岸 3.4k 地点、左岸 6.4k 地点）および法すべり箇所 2 箇所（右岸 0.6k 地点、左岸 4.2k 地点）で実施した。図 1 は左岸 3.4k 地点の堤防開削調査の断面図 6) に現場透水試験の実施位置と実施状況を示したものである。実施位置の白色の①～③の数字は表 1 の結果に対応している。

図 2 および 3 はそれぞれ、左岸 6.4k および右岸 0.6k 地点での開削調査時の現場透水試験の位置を、図 1 と同様に白色の数字で示したものである。左岸 4.2k は紙面の都合上割愛する。

表 1 に下流側から順に現場透水試験の結果を整理して示す。先述のように、表中の①～⑥の数字は、図 1～3 のそれぞれの調査断面での現場透水試験実施場所を示している。表の中程に、現場透水試験で得られた飽和透水係数が示されている。それぞれの試験実施箇所の近辺の土質も示しているが、必ずしも厳密に同じ場所ではないことに注意されたい。さらに、それらの土質の 20% 粒径 D_{20} から Crager の方法で推定した透水係数も併せて示している。

右岸 0.6k は粘性土堤体であるが砂礫が層状に挟在して（図 3 の筋状の部分）おり 5)）、その影響で現場透水係数も粘性土とは大きく異なる高い値となっている。右岸 0.6k ①の試験においては、しばらく定常状態となり表 1 に示す透水係数が求められたものの、その後は挟在する砂礫層に浸透する水によって周囲の粘土堤体土が崩壊し、試験が続行できなく

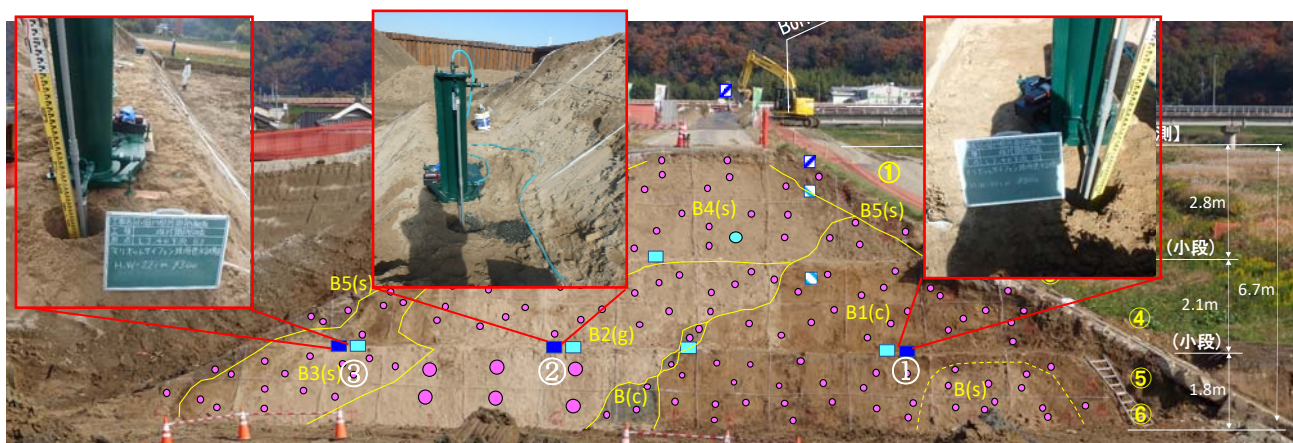


図 1 左岸 3.4k の破堤箇所における開削調査時の現場透水試験の実施箇所と状況 6)を加工

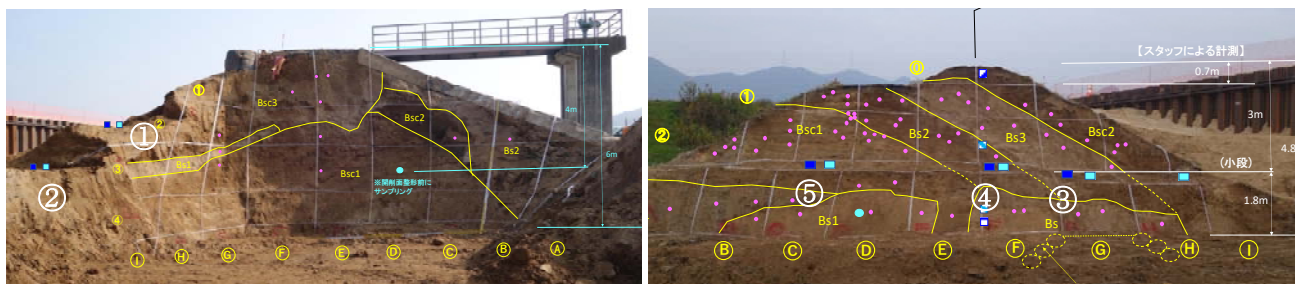


図2 左岸 6.4k の破堤箇所における開削調査時の現場透水試験の実施箇所（左図：下流断面，右図：上流断面）



図3 右岸 0.6k の法すべり箇所における開削調査時の現場透水試験の実施箇所（左図：上流断面，右図：下流断面）

表1 現場透水試験結果と各箇所の土質と推定透水係数

調査場所	開削断面（上下流）	試験位置		現場透水係数(m/s)	現場透水試験近辺の土質		Creager による推定透水係数(m/s)
		詳細箇所	写真		工学的土質分類	D ₂₀ (mm)	
右岸 0.6k	下流	上段	①	1.6×10^{-4}	砂質粘土 (CLS)	—	—
		下段	②	3.1×10^{-5}	砂質細粒土 (FS)	0.0016	—
	上流	上段 (堤外)	③	4.6×10^{-5}	砂質粘土 (CLS)	—	—
		上段 (堤内)	④	2.3×10^{-5}	砂質粘土 (CLS)	—	—
		下段 (堤外)	⑤	1.9×10^{-5}	砂質粘土 (CLS)	—	—
		下段 (堤内)	⑥	6.4×10^{-5}	粘土質砂 (SC)	0.0046	3.0×10^{-8}
左岸 3.4k	下流	堤外	①	3.2×10^{-6}	砂質細粒土 (FS)	0.0013	—
		堤内 (内側)	②	3.7×10^{-4}	礫混じり砂 (SP-G)	0.4130	4.8×10^{-4}
		堤内 (外側)	③	1.1×10^{-4}	礫混じり砂 (SP-G)	0.3257	2.7×10^{-4}
左岸 4.2k	下流	上段	—	2.5×10^{-4}	細粒分混じり礫質砂 (SG-F)	0.37	2.5×10^{-4}
		下段	—	3.1×10^{-5}	細粒分質砂 (SF)	0.04	1.8×10^{-6}
	上流	堤内 (内側)	—	9.2×10^{-5}	細粒分質砂 (SF)	0.078	8.5×10^{-6}
		堤内 (外側)	—	4.6×10^{-5}	細粒分礫混じり砂 (S-FG)	0.2	8.9×10^{-5}
左岸 6.4k	下流	上段	①	6.2×10^{-5}	粘土質砂 (SC)	—	—
		下段	②	6.9×10^{-6}	粘土質砂 (SC)	—	—
	上流	堤外	③	6.2×10^{-5}	礫混じり細粒分質砂 (SF-G)	0.0106	1.1×10^{-7}
		中央	④	5.4×10^{-4}	礫混じり細粒分質砂 (SF-G)	0.0074	6.6×10^{-8}
		堤内	⑤	1.4×10^{-4}	細粒分質礫質砂 (SFG)	0.0098	1.0×10^{-7}

なった。その他の箇所においては、透水試験箇所周辺では目立った不均質性は見られないものの、総じて粒度から推定される透水係数よりも現場透水試験での値の方が大きく、3 オーダー程度大きい箇所もある。特に、細粒分を多く含む堤体の場合にその傾向が顕著である。逆に礫質砂のように粒度の粗い堤体土の場合の評価は、現場透水試験と整合しているが、6.4k 上流断面のように、礫が混入していても細粒分が多い場合には推定値と現場透水係数との差が大きい。

3. まとめ

平成 30 年 7 月豪雨により決壊や法すべりが発生した小田川堤防において実施した開削調査の一環の現場透水試験の結果を示した。現場透水試験で得られる透水係数は、総じて粒度からの推定値よりも大きくなり、特に細粒土が含まれる堤体でその傾向が顕著となった。今回の現場透水試験を実施した近傍で採取した乱れの少ない試料を用いた室内透水試験⁷⁾や力学試験⁸⁾の結果については別報にて示す。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) 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. 2) 李ら：河川堤防盛土の原位置透水特性に関する考察，第 5 回河川堤防技術シンポジウム，2017. 3) 李ら：石混じり礫質土による物部川堤防盛土の特性に関する一考察，第 74 回土木学会年次学術講演会，2019. 4) 小高ら：河川堤防で採取した不攪乱試料の透水性と力学特性の異质性，第 73 回土木学会年次学術講演会，2018. 5) 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. 6) 高梁川水系小田川堤防調査委員会：報告書，2020. 7) 小高ら：室内透水試験による小田川堤防土の透水性の評価，第 55 回地盤工学研究発表会，2020. 8) 小高ら：小田川堤防土の浸透時のせん断強度特性，第 55 回地盤工学研究発表会，2020.