

開削時現場透水試験と室内透水試験による狩野川堤防の透水性の評価

透水試験 現場透水試験 河川堤防

名城大学

国際会員

小高猛司

日本工営

国際会員

李 圭太

中部土質試験協同組合

国際会員

〇久保裕一

土木研究所

国際会員

石原雅規, 青柳悠大

1. はじめに

本報は、2020 年 12 月に静岡県の狩野川右岸 8.5k 付近の堤防開削断面にて実施した現場透水試験とその際に採取した乱れの少ない試料で実施した室内透水試験の結果を示す。本現場においては、共著者である土木研究所の研究チームが開発して検証を進めている簡易現場透水試験法の調査も別途実施されており、詳細な分析結果が報告されている¹⁾。

2. 現場透水試験と室内透水試験

2.1 現場状況と試験方法

現場透水試験は上流側の開削断面で実施した(図 1)。小段を A (堤外), B (中央), C (堤内) の 3 地点に分け、それぞれの地点についてマリ奥特サイフォンを用いた JGS-1316 による現場透水試験法(以下 1316 法と称す)、水道メーターを用いた方法(1316 法と同じ寸法の試験孔を使用し、定常状態となるよう水量を調節して水位を一定に保持して、水道メーターにより注水量を測定する方法、以下 WMPT 法と称す)。それぞれの試験孔(1316 孔と WMPT 孔と表記)を 50cm 程の間隔をあげ掘削し、試験を実施した。試験孔は、特製の鋼製ガイドリングを使用して直径 30cm、深さ 40cm に整形し、底部に市販のバラス碎石を敷き詰めた。図 1 中にはそれぞれの試験孔の位置を示す。いずれの試験孔も同じ寸法のため、いずれの試験法も実施したが、試験孔には先に実施した試験法の名称を付けて呼ぶこととした。

室内透水試験は、現場透水試験を行った試験箇所近傍から採取した乱れの少ない試料を用いて実施した。具体的には、内径約 10cm の市販の塩ビ管を高さ約 19cm に切断した上で、片側先端を刃先に加工して簡易サンプラーとし、それを丁寧に地面に押し込んで採取した²⁾。砂分が多い試料を塩ビ管から脱型すると破損や乱れを誘発する恐れがあったため、内径 15cm の透水試験用のモールドと塩ビ管外周の間をベントナイトで充填して透水試験を実施した。供試体端面が接する上下のポーラスストーンには直径 2~3mm の穴を放射状に開け、透水係数に影響を与えないよう配慮した。



図 1 狩野川上流側開削断面試験箇所

2.2 粒度試験と動的貫入試験

図 2 に粒度試験結果を示す。凡例の「現場- 1316 (or WMPT) 孔」は、現場透水試験時に 1316 (or WMPT) 孔から採取した試料の結果であり、「室内- 1316 (or WMPT) 孔」は、それぞれの試験孔付近で室内透水試験用に採取した試料の一部を用いた結果である。A 地点の室内試験試料はいずれの試験孔でも細粒分が多く、両者の粒度は等しい。一方、現場試験試料では、いずれの試験孔でも細粒分が少なく、1~2mm 付近の粗砂、礫の含有率が異なっている。室内試験試料と現場試験試料で細粒分含有率が異なるものの、いずれも細粒分質砂質土である。B 地点については、室内試験試料と現場試験試料、1316 孔と WMPT 孔、ともに概ね同じ粒度を示し、細粒分質砂質土である。細粒分含有率は A 地点の現場試験試料と概ね一致する。C 地点もバラツキは少なく、細粒分が少ない細粒分混じり砂質土である。C 地点のみ

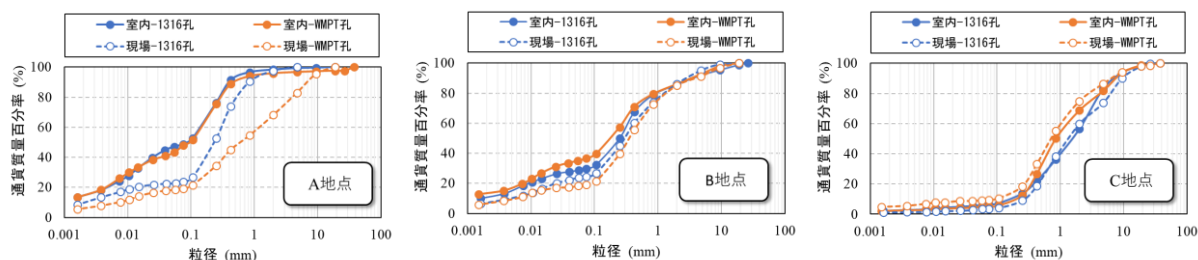


図 2 A, B, C 各地点の堤防土の粒径加積曲線

が A 地点、B 地点と異なり細粒分が少なく砂分・礫分が多い。

A 地点では動的貫入試験も実施した（図 1 参照）。地表面から 2～3.5m 付近において打撃回数 N_d 値が概ね 5 前後であるが、所々に礫当たりのため $N_d=10$ 前後の箇所が存在する。そして 4m 付近で $N_d=2$ 程度に減少し、それ以降では徐々に深度に伴い N_d 値が増加した。

2.3 透水試験結果

現場および室内の透水試験結果をそれぞれ表 1 および 2 に示す。

表には、20% 粒径 D_{20} を用いて Creager 法による透水係数の推定値も示した。表 1 の現場透水係数においては、細粒分の多い A 地点と B 地点で 1316 法と WMPT 法ともに 4 から 5 乗のオーダー、砂分の多い C 地点のみ 4 乗のオーダーとなっており、概ね D_{20} からの推定値と一致した。A, B 各地点の試験孔での違いに着目すると、粒度の若干の違いを反映した差が見られる。しかし、試験法による差はほとんどない。さらに、C 地点 WMPT 孔のように、透水性が高くマリOTTサイフォンでは定常水位を維持できず計測困難であっても、WMPT 法は水中ポンプの供給能力次第で計測可能であり、WMPT 法は高透水性盛土を含む、広範な粒度の堤防土で現場透水係数を求める方法として非常に有益であることが確認された。

Creager 法の透水係数では、A, B 両地点において試験孔毎に推定値が大きく異なる。これは、粒径加積曲線の細粒分の範囲においては、同傾向の曲線に見えるものの、1316 孔の細粒分が僅かに多いために D_{20} の値に大きな差が生じたことに起因する。堤体に多くみられる細粒分質砂質土においては、細粒分の範囲の違いが D_{20} の値に大きく影響するため、Creager 法の透水係数の推定値を利用する場合は、十分に留意する必要がある。

表 2 の室内透水試験結果においては、細粒分の多かった A 地点と B 地点で 6 乗のオーダー、砂分の多かった C 地点においては 5 乗のオーダーの透水係数となった。各地点における試験孔の差はほとんどなく、粒度、特に D_{20} に差がないことから Creager 法の透水係数にも差はない。

今回の現場透水係数と室内透水試験の結果から、20% 粒径 D_{20} と Creager 法の透水係数と 1316 法、WMPT 法、室内透水試験でそれぞれ求められた透水係数の関係を両対数で整理したものを図 3 に示す。現場透水試験である 1316 法と WMPT 法は一致するのに対し、室内透水試験は粒径の大きさに関係なく、現場透水係数よりも小さな透水係数が得られる。そして、Creager 法の透水係数は、広い粒度の範囲で現場透水係数よりも小さく、 $D_{20}=0.5$ mm 程度の粗い砂質土になるまで一致しない。以上の結果は、著者ら過去に実施した各地での調査結果³⁾と一致している。堤体の透水性の過小評価は、即、浸透に対しては危険側の評価につながるため、室内試験や粒度から推定した透水係数を過信すべきではないことに注意しなければならない。

表 1 現場透水試験結果

	試験孔	1316法 (m/s)	WMPT法 (m/s)	D_{20} (mm)	Creager法 (m/s)
A地点	1316孔	7.98×10^{-5}	7.67×10^{-5}	0.0136	2.11×10^{-7}
	WMPT孔	1.32×10^{-4}	1.46×10^{-4}	0.0906	1.42×10^{-5}
B地点	1316孔	5.69×10^{-5}	5.64×10^{-5}	0.0248	6.16×10^{-7}
	WMPT孔	1.20×10^{-4}	1.04×10^{-4}	0.0922	1.48×10^{-5}
C地点	1316孔	3.68×10^{-4}	5.49×10^{-4}	0.4448	5.66×10^{-4}
	WMPT孔	計測不可能	4.48×10^{-4}	0.2686	1.70×10^{-4}

表 2 室内透水試験結果

	試験孔	室内透水 (m/s)	D_{20} (mm)	Creager法 (m/s)
A地点	1316孔	1.89×10^{-6}	0.0047	2.73×10^{-8}
	WMPT孔	2.48×10^{-6}	0.0044	2.45×10^{-8}
B地点	1316孔	1.10×10^{-6}	0.0092	9.30×10^{-8}
	WMPT孔	3.79×10^{-6}	0.0076	8.90×10^{-8}
C地点	1316孔	1.82×10^{-5}	0.3791	3.96×10^{-4}
	WMPT孔	2.32×10^{-5}	0.3406	3.01×10^{-4}

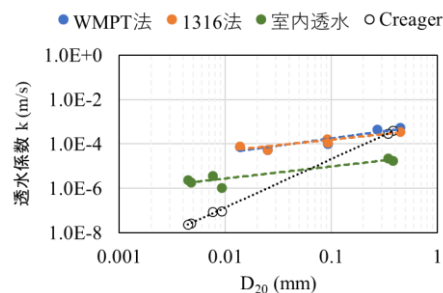


図 3 20% 粒径と透水係数の関係

3. まとめ

今回の調査においても、他の堤防の事例³⁾と同様に、現場透水係数は室内透水係数や粒度から推定値よりも大きな値となった。また、そのような現場透水試験を、水道メーターを用いてより簡便に実施する方法も示した。本調査を実施するにあたっては、中部地方整備局および沼津河川国道事務所にも多大なる協力を頂いた。この場を借りて謝意を表す。

参考文献：1) 杉山ら：簡易透水試験法を含む現場透水試験方法の違いによる結果の比較，第 56 回地盤工学研究発表会，2021. 2) Kodaka et al.: Simplified sampling method for river embankment soils and strength property evaluations of the sampled soils, Proc. ICSMGE, 2017. 3) 例えば、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.