

揖斐川堤防調査における均質砂質土堤体土の力学特性の検討

名城大学 国際会員 小高猛司
日本工営 国際会員 李 圭太
日本工営 正会員 大堀文彦
土木研究所 国際会員 石原雅規
ジオラボ中部 国際会員 久保裕一
名城大学 正会員（学生） 児玉直哉・廣田俊輝・佐藤史都

1. はじめに

河川堤防の質的検討にあたり、堤体盛土の締固め度、透水係数およびせん断強度などの力学特性の評価は非常に重要である。我々の研究グループでは、これまで様々な河川堤防の堤体盛土について現場調査や室内試験を通して、堤体の現場透水係数や堤体土の力学特性を適切に評価する手法の検討を行ってきた。本報では、令和 5 年 12 月に実施した三重県桑名市の揖斐川右岸の御砂樋管改築工事に併せて実施した開削調査の一部とその際に採取した試料による室内試験結果を示す。開削調査においては、堤体土質の観察の他、現場密度試験、現場透水試験、室内試験用の試料採取を行った。室内試験においては、締固め試験による堤体の締固め度の把握、室内透水試験による現場透水係数との比較を行った。さらに、 $\overline{CU}$ 三軸試験ならびに吸水軟化試験により、揖斐川堤防土の力学特性の評価を行った。

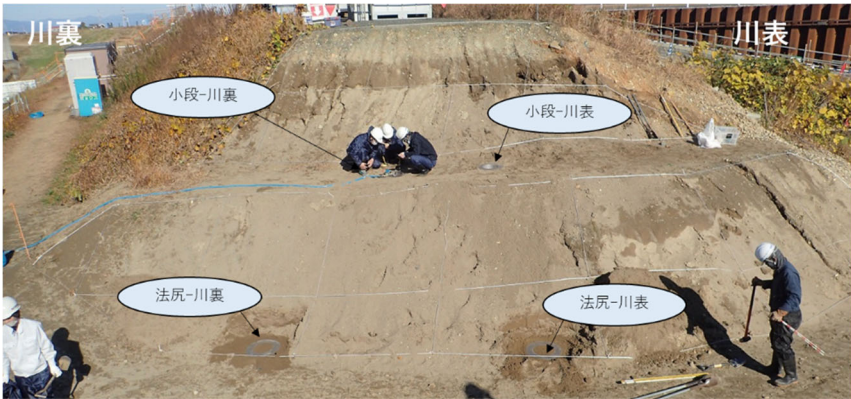


写真 1 開削調査の概要

2. 現地調査の結果

本研究では、写真 1 に示すように、揖斐川堤防の開削断面の 4 箇所において、現場密度試験、現場透水試験、室内試験用の試料採取を行った。開削断面内に設けた「小段」に対して、基礎地盤に近い箇所を仮に「法尻」と呼んでいる。そのため、法尻の川表・川裏と小段の川表・川裏の 4 地点としている。それぞれで採取した試料の粒径分布を図 1 に示す。いずれも均質な砂質土である。

表 1 に現場密度試験（水置換法）と現場透水試験の結果を示す。現場透水試験は、マリ奥特サイフォンによる JGS1316 法と水道メーターを用いた簡易な定水位試験を実施した。いずれも大きな差は見られなかった。また、調査孔付近で採取した乱れの少ない試料を用いて実施した室内透水試験の結果も表 1 に合わせて示す。若干であるが室内透水試験の方が小さめの透水係数となる傾向が見られた。

表 1 現場透水試験と室内透水試験結果

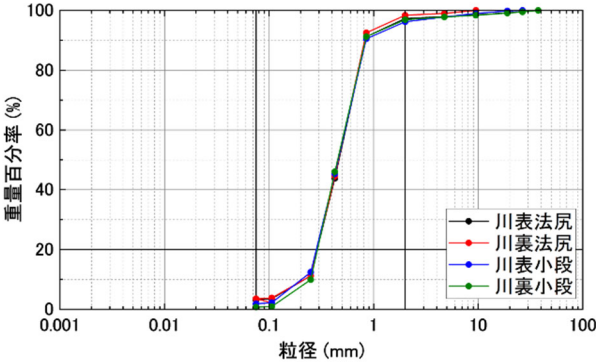


図 2 粒径加積曲線

調査孔	単位体積重量 (g/cm3)	現場透水試験		室内透水試験（定水位）	
		JGS1316	WMPT	透水係数 (m/s)	単位体積重量 (g/cm3)
小段-川裏	1.57	9.70E-05	7.20E-04	2.25E-04	1.57
				5.32E-04	1.55
小段-川表	1.61	8.04E-05	3.41E-04	2.08E-04	1.56
				3.67E-05	1.52
法尻-川裏	1.60	1.17E-04	2.61E-04	5.31E-05	1.68
				3.04E-05	1.64
法尻-川表	1.70	1.19E-04	3.48E-04	3.27E-04	1.53
				4.69E-05	1.67

3. 室内試験の結果

採取試料で実施した締固め試験の結果と現場密度試験の結果をあわせると、堤体はいずれの箇所でも締固め度 90% 程度であることがわかった。そのため、以下の試験においては、乱した試料により、締固め度 90% となるように再構成した供試体を用いて、 $\overline{CU}$ 三軸試験および吸水軟化試験を実施した。作製した供試体を三軸試験機に設置し、二重負圧法で完全飽和させた後、所定の拘束圧で等方圧密した。その後、 $\overline{CU}$ 三軸試験では非排水せん断条件で三軸試験を実施し、吸水軟化試験では排水条件で载荷を行い異方応力状態にした後、所定の一定軸差応力で保ちながら間隙水圧を上昇させていくことで、供試体を破壊に至らしめた。全ての供試体で $\overline{CU}$ 三軸試験は有効拘束圧 50, 100, 150 kPa, 吸水軟化試験は有効拘束圧 50, 100 kPa とした。

図 2～図 5 に有効応力経路のグラフを示す。図 2～図 5 について、赤、青、黒色の 3 線で $\overline{CU}$ 三軸試験、橙、緑色の 2 線で吸水軟化試験の有効応力経路を示す。また、黒色の破線で $\overline{CU}$ 三軸試験における破壊点と原点を結ぶ変相応力比、橙色と緑色の破線でそれぞれ 50 kPa, 100 kPa の吸水軟化試験における破壊点と原点を結ぶ破壊応力比を示す。

$\overline{CU}$ 三軸試験では、いずれもせん断初期に弾性挙動が卓越し、変相後に軸差応力が増加し続ける密詰めめの砂の挙動を示した。締固め度 90 % あれば十分なせん断強度が得られることが分かり、堤防材料としては適切であることが分かる。

吸水軟化試験では、4 地点全てにおいて破壊応力比が全ての条件の中で最も大きく、 $\overline{CU}$ 三軸試験より低い平均有効応力で破壊されていることが分かる。そのため、浸透時の低有効応力条件下において高いせん断強度を示す堤体材料であり、浸透に対しては比較的強固であると判断できる。

今回の揖斐川の事例では、締固め度 90 % でも $\overline{CU}$ 三軸試験で密な砂の挙動を示し、比較的高いせん断抵抗を示すことが分かる。また、吸水軟化試験においても、その傾向を顕著に示し、浸透すべり破壊に対して比較的高い耐性を示すことがわかった。

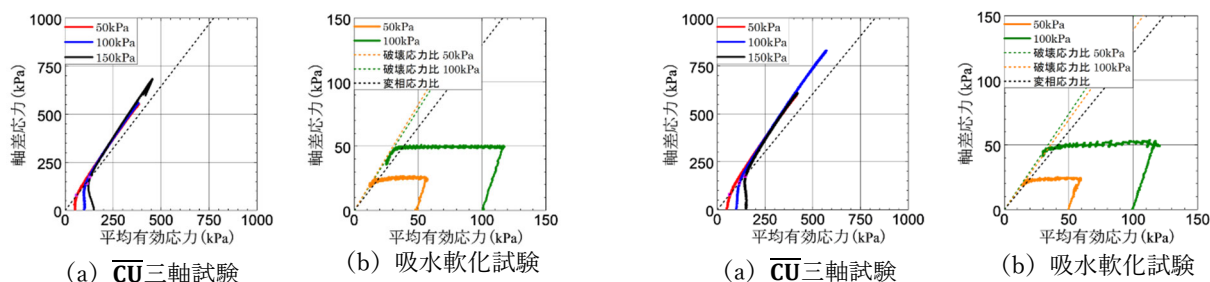


図 2 有効応力経路（川表法尻）

図 3 有効応力経路（川裏法尻）

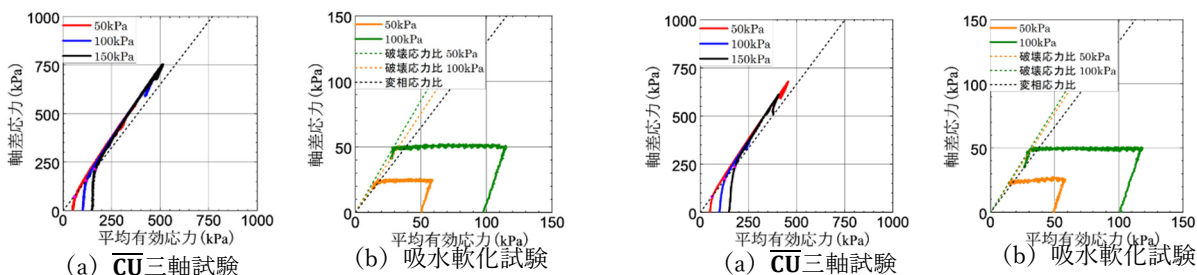


図 4 有効応力経路（川表小段）

図 5 有効応力経路（川裏小段）

4 まとめ

今回は均質な砂質土堤防土についての調査結果を示した。細粒分を含む堤防土などの比較などを含めて、詳細なまとめについては、当日の発表で示す。