

現地不攪乱堤体土の透水性ならびに力学特性の異方性の検討

名城大学大学院	学生会員	○顧 峻滔・譙 熙晨
名城大学	正 会 員	小高猛司
中部土質試験協同組合	正 会 員	久保裕一
建設技術研究所	正 会 員	李 圭太
土木研究所	正 会 員	石原雅規

1. はじめに

河川堤防の透水係数は、現場透水係数と室内透水係数が大きく異なるなどの問題が指摘されている¹⁾など、適正な透水係数の評価が喫緊の課題となっている。本報では、出水時に変状した現地堤防にて実施した現場透水試験と同じ場所で採取した試料を用いて縦横2方向の透水性を評価した室内透水試験の結果を示す。さらに、現地堤防の透水性と力学特性の評価を再構成試料で行う是非を検討するために、不攪乱試料と再構成試料による三軸試験結果の比較を行った。

2. 試験の概要

調査地点は、平成29年の台風により被災したS川堤内地の法尻部の変状箇所付近である。不攪乱試料を市販の塩ビ管（VP100）を直径10cm、高さ19cmの簡易サンプリング法^{2),3)}で採取した。塩ビ管は片側周囲をグラインダーにより刃先を付けて採取容器とし、乱れのないよう丁寧に打ち込み写真1のように採取する。採取試料は一旦凍結させ、図1のように直径5cm、高さ9cmの円筒形供試体を縦横2本成型する。透水試験は三軸試験装置を用いて変水位透水試験を行うが、供試体上下から背圧を作用させているため、通水後の水槽の水位も計測することにより正確な透水係数を算出した。透水試験後の供試体は所定の有効拘束圧を載荷して、載荷速度0.1%/minで三軸CUB試験を行った。現場の透水試験は写真2のようなマリ奥特サイフォンを用いた現場透水試験（締め固めた地盤の透水試験方法（JGS 1316-2003））⁴⁾を実施し、室内透水試験結果との比較も行った。

3. 現場透水試験と室内透水試験結果の比較

表1に現場透水試験と室内透水試験の結果を示す。表より、室内透水試験から得られる透水係数と現場透水試験で得られた透水係数を比較すると、室内透水係数は1/5程度と小さくなる結果となった。理由の一つとして、現場透水試験は円筒状の貯水穴からの主に水平方向に卓越した放射状透水であるのに対し、室内透水試験は一次元透水に限定されることに関連していると考えた。そのため、盛土地盤の透水性の異方性の検証を目的として、室内試験では縦横2方向の透水試験を実施した。その結果、表1に示すように、縦横いずれの方向においても室内透水係数に有意な差は確認できなかった。少なくとも



写真1 簡易サンプリングの様子



写真2 現場透水試験の様子

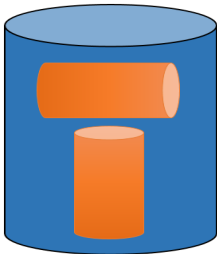


図1 供試体の成型

表1 現場透水試験と室内透水試験の結果

	室内透水係数（m/s）		現場透水係数（m/s）
	縦方向	横方向	
B3 上流 ⑤-1	9.6×10 ⁻²	8.7×10 ⁻²	2.9×10 ⁻³
B3 上流 ⑤-2	7.6×10 ⁻²	7.7×10 ⁻²	
B3 上流 ⑤-3	7.5×10 ⁻²	8.3×10 ⁻²	
B3 再構成試料	5.3×10 ⁻²		

この不攪乱試料においては、直径 5cm の供試体スケールで現れるような局所的な透水性の異方性は認められなかった。一方、再構成した供試体でも透水試験と三軸試験を実施した。密度を不攪乱試料と同様になると、不攪乱試料で計測された透水係数とほぼ等しい透水係数となった。

4. 三軸試験による力学特性の評価

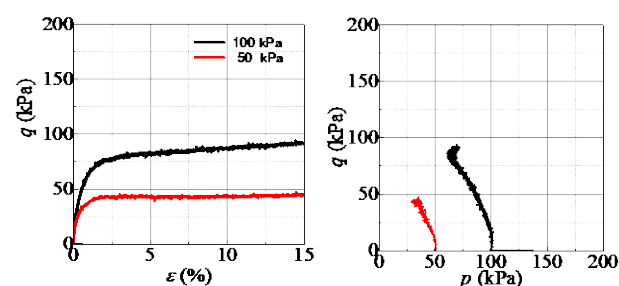
図 2～3 にそれぞれの試料における三軸 CUB 試験の結果を示す。不攪乱試料の縦方向と横方向の試験結果に着目すると、透水特性の異方性は確認できなかったが、せん断特性には縦方向と横方向の力学特性の明確な異方性が認められる。縦方向ではせん断終了まで塑性圧縮を伴う硬化を続けるが、横方向ではせん断初期に急激に塑性圧縮を示し、変相して塑性膨張を伴う硬化に転じている。せん断初期では、縦方向試料の有効応力経路の方が立ち上がっており、弾性応答が卓越し塑性圧縮が顕著に現れる。これらから横方向よりも縦方向が骨格構造は高位と考えられる。もし、サンプリング時の乱れが原因で両者に差が生じているのであれば、変相までは有効応力経路がほぼ同じになることが指摘されており²⁾、せん断初期から大きく異なる挙動を呈するのは、盛土構築時からの構造的な異方性が考えられる。図 4 に自然乾燥させた試料(含水比 0%)とそれを含水比 10%に調整してから不攪乱試料と同一の乾燥密度で再構成した供試体の試験結果を不攪乱縦方向試料の結果とともに示す。いずれの再構成試料においても、せん断初期から不攪乱試料に比べて明らかに大きな塑性圧縮を呈しており、同じ乾燥密度でありながら再構成では不攪乱試料のせん断挙動を説明できないことがわかる。供試体作製時の含水比を変えることにより、構造の程度が異なる供試体が作製できることがわかっている⁴⁾が、今回の再構成供試体の範囲では、不攪乱試料の高位な構造を再現することは困難であった。すなわち、実際に浸透条件下に晒されてきた現地堤防土の方が、強固な構造を有することがあることを示しており、再構成試料による現地堤防の評価にも課題があることも示唆している。

5. まとめ

不攪乱試料により現場透水試験と室内透水試験を比較した結果、室内透水係数は 1/5 程度となった。また、三軸試験では、力学特性に異方性が顕著にあらわれたが、透水性に異方性は認められなかった。また、砂質土であっても、再構成供試体は、現地不攪乱堤体土の構造を十分に再現できないという課題が残された。

参考文献

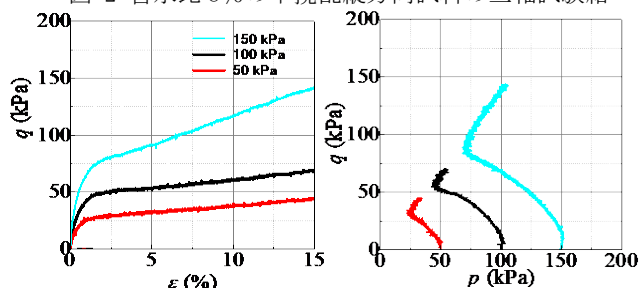
- 1) 石原ら：梯川旧堤で実施した現地堤防地盤調査，第 4 回 河川堤防技術シンポジウム，2016.
- 2) 小高ら：砂質堤体土の簡易サンプリングとその強度特性の評価，第 3 回河川堤防技術シンポジウム，2015.
- 3) Kodaka et al.: Simplified sampling method for river embankment soils and strength property evaluations of the sampled soils, Proc. of ICSMGE, 2017.
- 4) 地盤工学会：締め固めた地盤の透水試験方法(JGS 1316-2003), 2013.
- 5) 小高ら：河川堤防の構造の程度が力学特性の評価に及ぼす影響，河川技術論文集，第 18 巻，2012.



軸差応力～軸ひずみ

有効応力経路

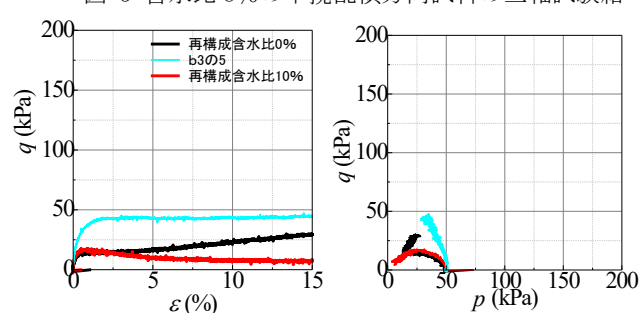
図 2 含水比 8%の不攪乱縦方向試料の三軸試験結



軸差応力～軸ひずみ

有効応力経路

図 3 含水比 8%の不攪乱横方向試料の三軸試験結



軸差応力～軸ひずみ

有効応力経路

図 4 不攪乱縦方向試料と再構成試料の比較