

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方性

名城大学	正会員	小高猛司
建設技術研究所	正会員	李 圭太
中部土質試験協同組合	正会員	久保裕一
土木研究所	正会員	石原雅規
名城大学大学院	学生会員	譙 熙晨・梅村逸遊 御手洗翔太・顧 峻滔

1. はじめに

今回、出水時に変状被害が発生した現地堤防にて不攪乱試料を採取する機会を得たので、その採取試料を用いて、室内透水試験と三軸試験を実施した。特に本報では、採取した不攪乱試料に対して、透水性と力学特性の異方性について検討した結果を示す。現地では、河川水上昇に伴い法すべりが発生したが、試料採取地点は被災地点近傍の堤体盛土であり、被災原因の解明に繋がるものと考えている。

2. 試験概要

調査地点は、平成29年台風18号により被災したS川堤内地の法尻部の変状箇所付近である。不攪乱試料は写真1のように内径10cm、高さ19cmの塩ビ管で簡易サンプリング<sup>1)</sup>した。塩ビ管のまま一旦凍結させて、図1のように直径5cm、高さ9cmの円筒形供試体を2本成型した。この供試体を三軸試験装置に設置し、透水試験なら



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

びにCUB試験を実施した<sup>2)</sup>。一方、写真2のように、マリオット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))<sup>3)</sup>も実施しているため、室内透水試験との比較も行う。

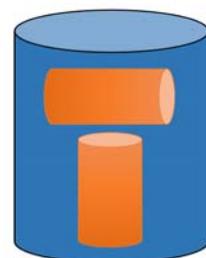


図1 供試体の成型

3. 現場透水試験と室内透水試験の違いについて

一般に現場透水試験で得られる飽和透水係数の方が、室内透水試験で得られる透水係数より大きな値が得られることが多く<sup>4)~6)</sup>、さらに、その方が出水時の現場の堤防の状況を良く説明できるという報告<sup>5)</sup>もある。現場の透水性の方が大きい理由の一つとして、現場透水試験では水の浸透方向が円柱状の貯水穴から放射線に広がるのに対して、室内透水試験では一次元流れに限定していることが挙げられる。すなわち、盛土地盤の透水性の異方性が関係しているのではないかと考えた。そのため本報では、図1のように鉛直方向と水平方向に対して、不攪乱試料の室内透水試験を実施した。表1に縦方向と横方向の室内透水試験と現場透水試験の結果を示す。いずれの供試体においても、室内透水試験においては、縦方向と横方向の違いも含めて透水係数に有意な差は確認できなかった。少なくとも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い。一方、現場透水試験で得られた透水係数と比較すると1/4~1/5程度と小さくなり、従来通り室内試験の方が透水性を小さく評価する傾向が確認できた。

表1 現場透水試験と室内透水試験の結果

	室内透水試験による 透水係数(cm/s)		現場透水試験 による飽和透 水係数(cm/s)
	縦方向	横方向	
B3上流 ⑤-1	$9.6 \times 10^{-4}$	$8.7 \times 10^{-4}$	$2.9 \times 10^{-3}$
B3上流 ⑤-2	$7.6 \times 10^{-4}$	$7.7 \times 10^{-4}$	
B3上流 ⑤-3	$7.5 \times 10^{-4}$	$8.3 \times 10^{-4}$	
B3上流 ④-1	$9.2 \times 10^{-4}$	$6.9 \times 10^{-4}$	
B3上流 ④-2	$7.9 \times 10^{-4}$	$9.0 \times 10^{-4}$	
B3上流 ④-3	$7.3 \times 10^{-4}$	$6.3 \times 10^{-4}$	

キーワード 河川堤防, 室内透水試験, 現場透水試験, 異方性

連絡先 〒468-5802 名古屋市天白区塩釜口1-501 名城大学理工学部社会基盤デザイン工学科 TEL052-838-2347

### 4. 三軸圧縮実験の結果について検討

図2～5にそれぞれの試料におけるCUB試験の結果を示す。B3-④試料の縦方向と横方向の供試体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、せん断特性には明らかな異方性が認められる。縦方向供試体では軸ひずみ2%まで塑性圧縮を示し、その後塑性膨張を伴う硬化を示す。横方向供試体ではせん断初期に急激に塑性圧縮を示すが、変相して塑性膨張を伴う硬化に転じている。B3-⑤試料においてもせん断特性には明らかな異方性が認められる。縦方向供試体では、大きな変相に至らないまま限界状態に到達するが、塑性圧縮の度合いはB3-④縦方向試料に近い。一方、横方向試料では、変相までの塑性圧縮の度合いはB3-④横方向試料よりやや大きいように感じられる。B3-④も⑤も縦方向供試体の有効応力経路の方が立ち上がっており、せん断初期に弾性応答が卓越しており、せん断初期から塑性圧縮が顕著に現れる横方向供試体よりも骨格構造が高位と考えられる<sup>7)</sup>。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<sup>1)</sup>、今回ようにせん断初期から大きく異なる挙動を呈するのは、現時点では盛土構築時からの構造的な異方性が考えられる。

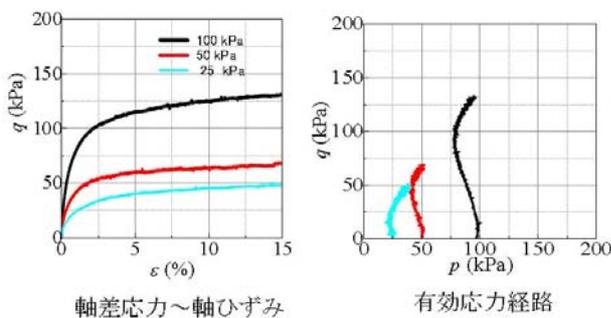


図2 不攪乱縦方向 B3-④試料の三軸試験結果

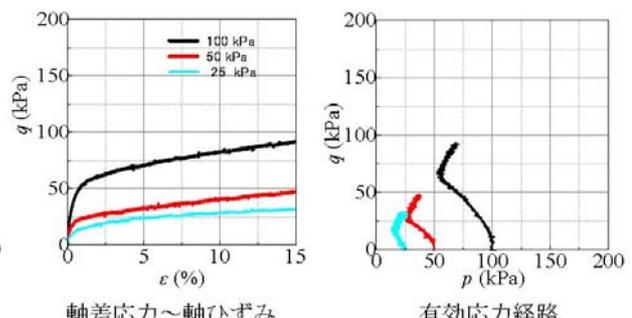


図3 不攪乱横方向 B3-④試料の三軸試験結果

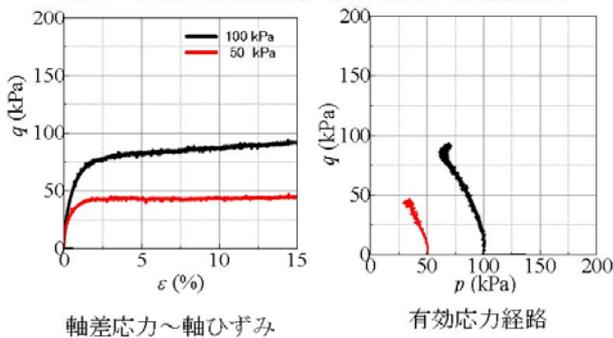


図4 不攪乱縦方向 B3-⑤試料の三軸試験結果

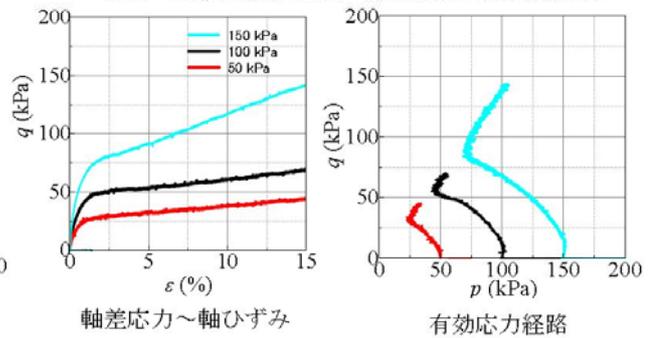


図5 不攪乱横方向 B3-⑤試料の三軸試験結果

### 5. まとめ

不攪乱試料による室内透水試験を実施し、マリオットサイフォンによる現場透水試験と飽和透水係数を比較した結果、室内試験で得られた透水係数の方が1/5程度小さくなった。また、室内試験で異方性の検討も行ったが、三軸試験によって力学特性には異方性が大きくあらわれたのに対して、透水性には有意な異方性が見られなかった。現場透水試験と室内透水試験の違いは、供試体スケールの小さな範囲の異方性ではなく、水みちなどへの選択的な浸透流路形成など、より広い範囲での異方性も検討する必要がある。

### 参考文献

- 1) 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論文集，2015.
- 2) 小高ら：現地不攪乱堤体土の透水性の評価，第53回地盤工学会研究発表会，2018.
- 3) 地盤工学会：締め固めた地盤の透水試験方法 (JGS 1316-2003)，2013.
- 4) 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.
- 5) 石原：WG3 報告資料，第4回河川堤防技術シンポジウム，2016.
- 6) 李ら：河川堤防盛土を対象とした原位置透水試験に関する考察，第52回地盤工学会研究発表会，2017.
- 7) 小高ら：河川堤防砂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，18.2012.