

砂質堤防土の強度定数評価に及ぼす供試体再構成と凍結過程の影響（その2）

名城大学大学院 学生会員 ○武 楊・田村太郎
名城大学 正会員 小高猛司・崔 瑛
建設技術研究所 正会員 李 圭太
不動産テトラ(元名城大院) 正会員 小林芳樹

1. はじめに

砂質土の河川堤防のすべり破壊に対する照査を実施するためには、三軸試験で強度定数を決定することが多い。そのために、現地で不攪乱試料を採取することもあるが、サンプリング後の運搬や供試体成型時の凍結過程などにより、乱れが生じることも少なくない。場合によっては、乱した試料を採取して、再構成試料で試験を実施することもある。著者らは、同じ河川堤防から採取した乱れの少ない試料による供試体と再構成供試体ならびに、再構成試料を凍結させた供試体などを用いて三軸試験を実施し、各種の要因が強度定数の評価に及ぼす影響を検討してきた。本報では、文献1)の成果に、さらに再構成試料としては、土の骨格構造を作りやすい含水比で作製した供試体を用いて、凍結過程の影響について詳細に検討した結果を追加して示す。

2. 試験の概要

不攪乱試料の採取は、開削工事中の河川堤防の堤体にて、塩ビパイプを慎重に打ち込み、丁寧に手堀りで採取した。実験室に搬入後、一旦凍結させてから供試体を成型した。再構成供試体は、不攪乱試料の採取場所直近から採取した攪乱試料を 9.5mm フルイで粒度調整を行ったものを用いた。所定の含水比に調整してから、締固め度 90%（乾燥密度 1.47 g/cm^3 ）となるように 5 層に分けて慎重に締め固めた。いずれの供試体も三軸試験装置に設置後、二重負圧法による完全飽和化を行った後、所定の有効拘束圧で圧密した後に、非排水せん断を実施した。凍結供試体は飽和化後、15 時間程度静置し、供試体を完全に解凍させた後に、同様の手順で試験を実施した。

3. 試験結果

図 1 に不攪乱試料の三軸試験結果を示す。有効拘束圧 200kPa の 2 ケースの試験ではほとんど差が見られないが、有効拘束圧 50kPa の 2 ケースのせん断挙動は大きく異なる。すなわち、慎重に採取した不攪乱試料でも、試験結果に差が生じ、特に変相状態を超え、正のダイレイタンスが発揮されてからの差が顕著にあらわれている。この要因は、採取や運搬時の乱れ、凍結過程、あるいは元々の地盤の締固め履歴等、色々考えられるものの、明確ではない。

次に、締固め度 90%、初期含水比 18%の再構成試料とそれを一旦

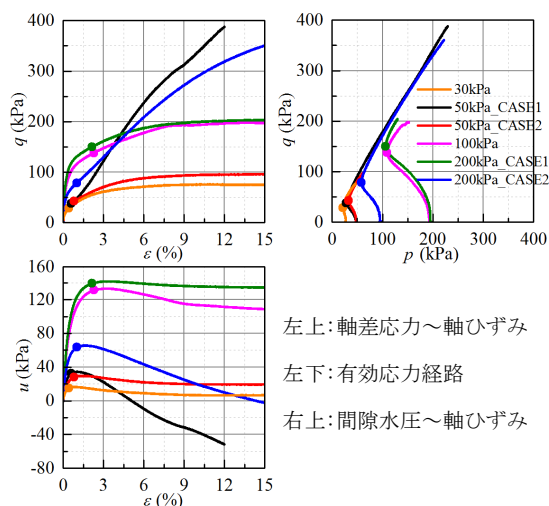


図 1 不攪乱試料の三軸試験結果

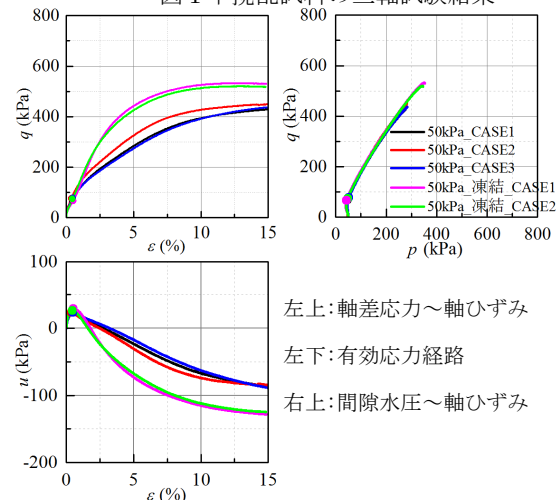


図 2 再構成及び凍結再構成試料(含水比 18%)

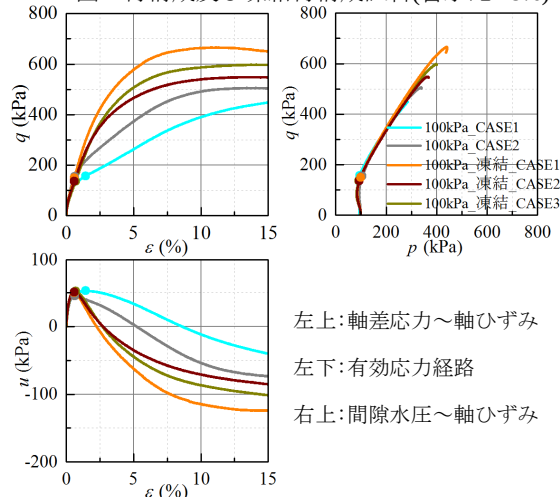


図 3 再構成及び凍結再構成試料(含水比 18%)

キーワード 河川堤防, 三軸圧縮試験, 強度定数

連絡先 〒468-8503 名古屋市天白区塩釜口 1-501 名城大学理工学部

TEL 052-838-2347

凍結させた凍結再構成供試体の三軸試験結果を示す。図 2 および図 3 はそれぞれ、有効拘束圧 50 および 100kPa の試験結果であり、再構成、凍結いずれも同じ条件の試験を 2,3 ケースは実施している。軸差応力～軸ひずみ関係に若干の違いは見られるものの、凍結前と後でグループ分けができ、特に有効応力経路はそれぞれ近いものになっている。また、総じて凍結後の方が最大軸差応力は大きくなる。これは、凍結履歴によって土の骨格構造が劣化し、より過圧密特性が顕著になったためと考えている。

図 4 に含水比 10% で作製した再構成供試体の試験結果を示す。含水比 18% のケースと異なり、凍結によって軸差応力が逆に小さくなるように見えるが、凍結前後の差は含水比 18% のケースほど顕著ではない。

図 5～9 に、以上の試験より得られたモールの応力円と破壊規準線を示す。点線は最大軸差応力で描いたモールの応力円と破壊規準線であり、実線は変相状態での応力で描いたものである。変相状態は、過剰間隙水圧最大時の応力として決定しており、図 1～4 のグラフ上にプロットしていたものである。いずれのケースにおいても、最大軸差応力で評価すると、全応力で整理した場合、拘束圧に整合するモール円が得られず、強度定数の決定が困難である。一方、有効応力で整理すると、拘束圧に整合するモール円が得られる。右図中には、変相状態で評価した内部摩擦角 ϕ_p と最大軸差応力時で評価した内部摩擦角 ϕ' の両者を示している。また、左図には参考のため、変相時の応力(全応力)で評価した内部摩擦角 ϕ を示した。不攪乱試料においては、 ϕ' と ϕ_p に有意な差があるが、再構成試料については、含水比や凍結履歴に拘わらず、 ϕ' と ϕ_p に大きな差はなく、しかもどのケースでもほとんど同じであった。すなわち、不攪乱試料を CUB 試験した場合に最も大きな内部摩擦角 ϕ' を得るが、 ϕ' は極端な完全非排水せん断条件で発揮される内部摩擦角であり、過大評価に繋がる可能性がある。一方、変相時の応力を用いて整理した場合には、供試体の状態にほとんど関係なくほぼ同一の ϕ_p が得られる。つまり、密詰め傾向を示す砂質堤体試料の場合は、現場の密度を再現できていれば再構成試料でも適切な強度定数が得られると考えられる。

4. まとめ

堤防の浸透すべりの照査に用いる強度定数の設定法として、CUB 試験の変相時の応力を用いて決定するのが合理的と考え、別途それを示す吸水軟化試験も実施している²⁾。本稿の結果より、変相状態での応力で強度定数を決定することにより、乱れの程度や凍結履歴の影響を大きく受けずに原地盤の強度を適切に表現できることが示された。

参考文献: 1) 小高ら：砂質堤防土の強度定数評価に及ぼす供試体再構成と凍結過程の影響，第 50 回地盤工学研究発表会，2015。2)

小高ら：弾塑性論と吸水軟化試験による砂質土の強度定数に関する考察，第 70 回土木学会年次学術講演会，2015。

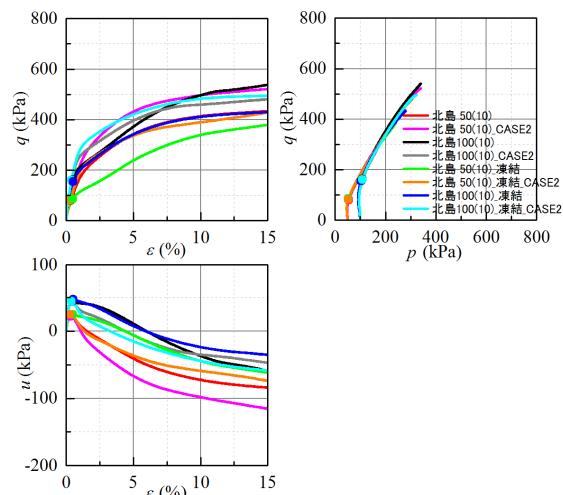


図 4 再構成及び凍結再構成試料(含水比 10%)

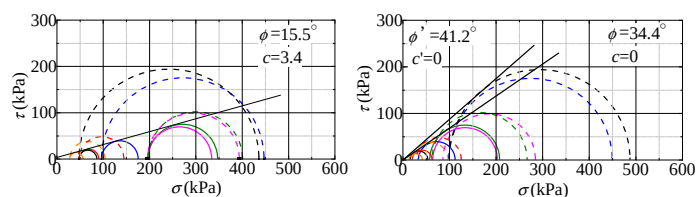


図 5 不攪乱試料及び変相時のモールの応力円と破壊規準

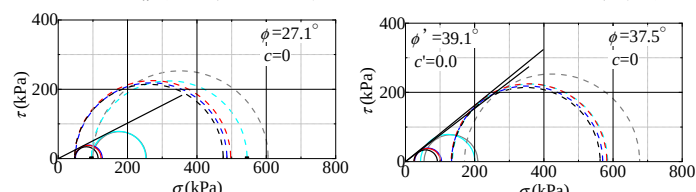


図 6 再構成試料のモールの応力円と破壊規準(含水比 18%)

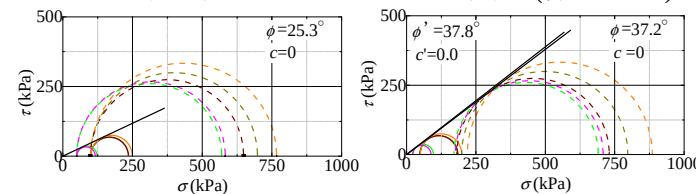


図 7 凍結再構成試料のモールの応力円と破壊規準(含水比 18%)

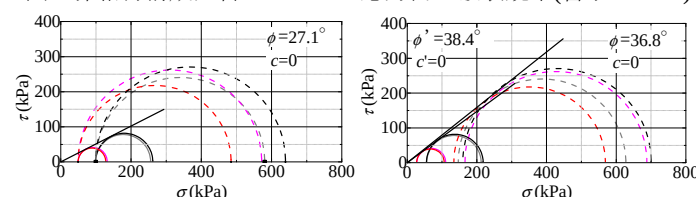


図 8 再構成試料のモールの応力円と破壊規準(含水比 10%)

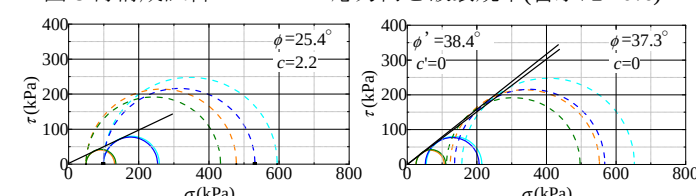


図 9 凍結再構成試料のモールの応力円と破壊規準(含水比 10%)