

供試体寸法と粒度調整ならびに締固め度が礫質堤防土のせん断挙動に及ぼす影響

名城大学大学院 学生会員 ○田村太郎 尤 源

名城大学 正会員 小高猛司・崔 瑛・板橋一雄

建設技術研究所 正会員 李 圭太

1. はじめに

新設堤防の盛土材として礫質土が用いられることはないが、実河川においては河床材料を盛り立てたために、比較的大きな礫を含む堤防も少なくない。そのような礫質土堤防は本当に安全性が劣る既存不適格構造物なのか、土質力学に立脚して合理的に評価すべき時代となっている。礫質土の力学特性を評価するには、原粒度の大型三軸試験を実施するのが理想であるが、実務では困難である。本報では、実河川堤防土の礫質土について、原粒度に近い試料による大型三軸試験と粒度調整試料による三軸試験を実施し、供試体寸法と粒度調整法ならびに供試体密度の観点から、礫質堤防土の力学特性について考察した。

2. 試験の概要

実験試料は、信濃川の中流域の河川堤防法尻部の基礎地盤からバックホウを用いて採取した。採取試料は実験室に搬入して自然乾燥させた後、4分法を用いて均等に小分けした。なお、堤体材料もほぼ同じ礫質土であった¹⁾。三軸試験では直径 ϕ と高さ h が $\phi 20$ と $h 40\text{cm}$ および $\phi 10$ と $h 20\text{cm}$ の大小2種類の供試体を用いるが、それぞれの最大粒径を53および19mmとなるように粒度調整した。図1に原粒度ならびに粒度調整試料の粒度分布を示す。最大粒径19mmの試料は、最大粒径53mmの試料と9.5mmまでは同じ粒度分布となるように調整した²⁾。この粒度調整試料を含水比5%に調整した後に、所定の締固め度となるように5層に分けて慎重に密度管理を行いながら締固めて供試体を作製した。2重負圧法による飽和化を行い、1時間等方圧密を行った後、载荷速度0.1%/minで非排水せん断試験を実施した。

3. 試験結果

図2に直径20cm、高さ40cmの大型供試体を用いた、締固め度95%および90%での $\overline{\text{CU}}$ 試験の結果を示す。締固め度は最大粒径53mmの試料を用いた突固め試験による最大乾燥密度から算定した。いずれの締固め度でもひずみ軟化が見られるが、締固め度95%の場合には、一旦正のダイレイタンスを発現して比較的大きな軸差応力に到達してから急激に軟化している。一方、締固め度90%の場合、有効拘束圧の低い30と50kPaでは比較的締固め度95%の挙動に近いものの、有効拘束圧の高い100と150kPaでは塑性圧縮を伴う軟化挙動を示しており、ゆるめ傾向が顕著となっている。図では示していないが、締固め度97%となると、全くひずみ軟化が見られずに、

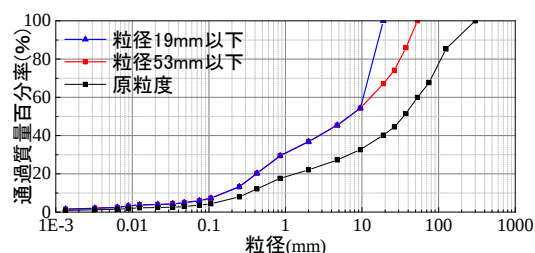
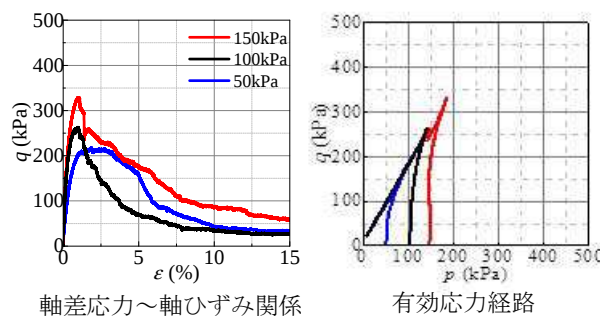
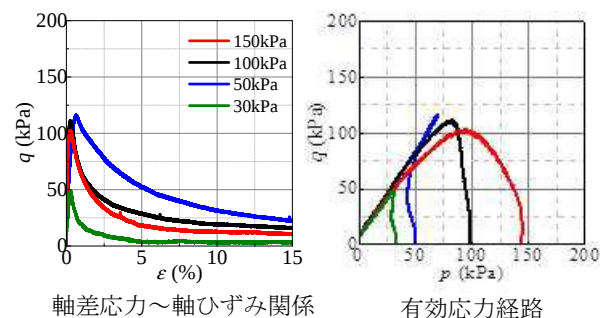


図1 試験試料の粒度分布



(a) 締固め度 95%



(b) 締固め度 90%

図2 $\overline{\text{CU}}$ 試験結果 (直径20cm, 高さ40cm)

キーワード: 礫質土, 粒度調整, 締固め度

連絡先: 〒468-8502 名古屋市天白区塩釜口1-501 名城大学理工学部 Tel 052-838-2347

軸差応力は増加する一方で荷重計の許容値を超えて試験を終了した。すなわち、礫質土の場合、わずかな密度の違いによって、密詰め傾向からゆる詰め傾向へ大きくせん断挙動が変化することがわかり、礫質土における締固め管理の重要性を示唆している。

図3に直径10cm、高さ20cmの小型供試体を用いた、締固め度90%でのCU試験の結果を示す。有効拘束圧50と150kPaでは、大型供試体の締固め度90%のせん断挙動に非常に近い。ただし、有効拘束圧100kPaについては、大型供試体の締固め度95%に近いせん断挙動を示した。

すなわち、細粒分を含む粒径が小さい部分での粒度分布を揃える粒度調整試料を用いることにより、同じ乾燥密度で供試体を作製することによって、より大きな粒径を含む試料のせん断挙動が予測可能であることが示された。ただし、有効拘束圧100kPaでは密詰め傾向を示すなど、わずかな密度変動により敏感となっている可能性も考えられる。ちなみに、本報では示していないが、粒径19mmを超える試料を単に除外しただけのせん断頭粒度試料による小型供試体による試験結果は、締固め度90%の場合でも非常に強い密詰め傾向を示し、大型供試体の試験結果とは全く異なるものとなった。

図4に有効応力で整理したモールの応力円を示す。直径20cm、高さ40cmの大型供試体の場合、締固め度90%では、高拘束圧での小さいモール円を除外しても内部摩擦角は締固め度95%よりも小さくなる。直径10cm、高さ20cmの小型供試体の場合には、大型供試体と同様に小さく現れたモール円を除外した場合には、内部摩擦角は大型の締固め度95%と90%の間の値となった。

図5に変相状態で評価³⁾したモールの応力円を示す。変相状態はせん断に伴い大きく土の骨格構造が変化する前のひずみレベルが小さい状態で強度定数を評価するため、いずれの試験でも内部摩擦角は小さくなるが、特にゆる詰め傾向を示している締固め度90%の場合にはその差は大きい。

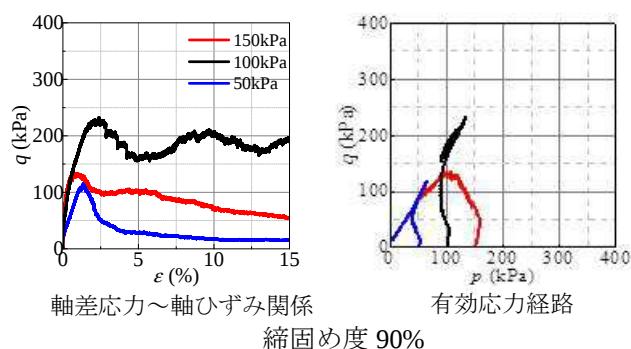


図3 CU試験結果（直径10cm、高さ20cm）

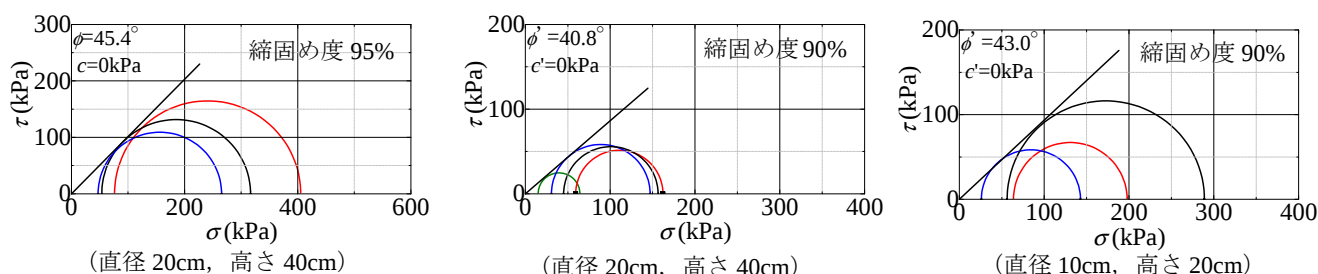


図4 有効応力によるモールの応力円

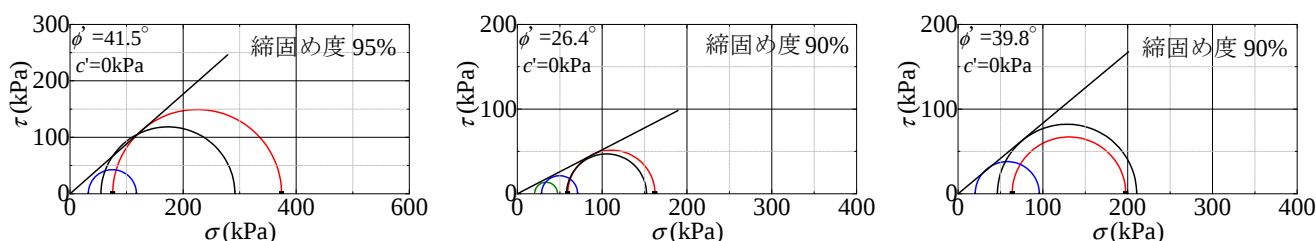


図5 変相状態で評価したモールの応力円

5. まとめ

信濃川河川堤防から礫質土試料を採取し大型三軸試験を実施した。その結果、供試体の寸法やわずかな締固め度の違いによって異なる力学挙動が示された。礫質土は十分に締め固めることによって非常に強固な堤体を構築することができる一方で、わずかな締固め不良で十分なせん断強度が得られなくなる可能性も含んでいる。

参考文献：1)小高ら：信濃川中流域の礫質堤防土の力学特性の評価，第51回地盤工学研究発表会，2016. 2)小高ら：河川堤防砂礫の変形・強度特性の評価手法に関する考察，地盤工学ジャーナル，5(2)，2010. 3)小高ら：河川堤防の安全性照査に用いる適切な強度定数の検討，第59回地盤工学シンポジウム論文集，2014.