

三軸試験による礫質土の力学特性の評価における供試体密度の影響

名城大学大学院 学生会員 ○梅村逸遊
 名城大学 正会員 小高猛司
 建設技術研究所 正会員 李 圭太
 横浜国立大学 正会員 崔 瑛

1. はじめに

大粒径の石などを多く含む礫質土堤防においては、ボーリングによる地盤調査では原粒度試料の採取は困難であるだけでなく、礫当たりなどによってN値のばらつきも大きいことなどから、力学特性の評価は非常に難しい。仮に原粒度試料を入手して室内三軸試験を行う場合であっても、大きな礫や石を除外した粒度調整試料を試験に用いることになり、礫質堤防土本来の力学特性をどこまで正確に評価できるのか不明な点も多い。本報では、実河川堤防から採取した礫質土を対象に、直径20cm、高さ40cmの大型三軸試験を実施し、粒度調整ならびに供試体密度が礫質土の力学特性の評価に及ぼす影響について検討した。

2. 試験の概要

3箇所の実河川、O川¹⁾・S川^{2),3)}・M川の堤防から採取した試料を用いて試験を行った。採取試料は実験室に搬入し、自然乾燥させた後、4分法を用いて均等に小分けした。図1に各試料の粒度分布を示す。大型三軸試験では、M川とS川では最大粒径を53mmに粒度調整した試料を用い、O川では原粒度試料を用いた。また、O川とS川は現地の乾燥密度が不明なため、締固め試験による最大乾燥密度

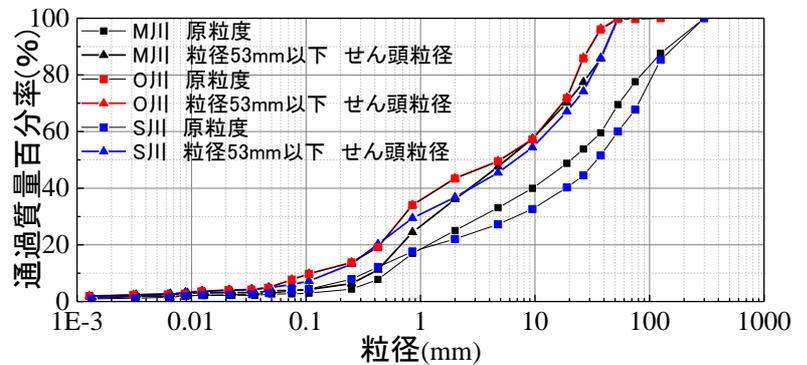
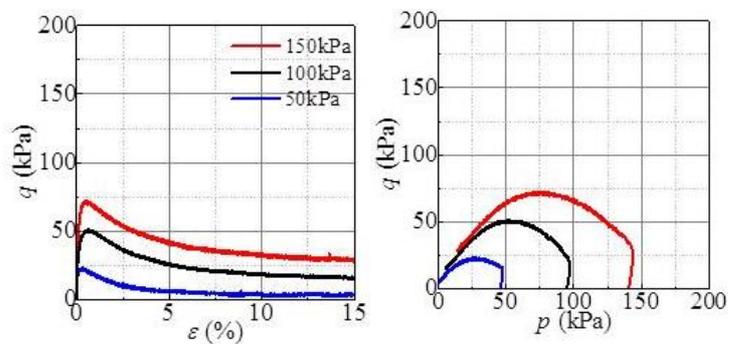


図1 粒度分布

度(O川:2.067g/cm³, S川:2.272g/cm³)を基準に、締固め度が90%となるように供試体を作製した。M川においては、試料採取時に水置換法によって計測された乾燥密度(M川:1.842g/cm³)を元に、後述する方法で算出した乾燥密度で供試体と作製した。いずれの試料も含水比5%に調整した後に所定の締固め度になるように5層に分けて慎重に密度管理を行いながら締固めた。その後2重負圧法による飽和化を行い、1時間の等方圧密を行った後、載荷速度0.1%/minの単調載荷でせん断を行った。本報では、それぞれの試験試料の供試体による圧密非排水せん断($\bar{C}U$)試験の結果を示す。

3. 試験結果

図2にO川の $\bar{C}U$ 試験結果¹⁾を示す。締固め度は90%の供試体である。いずれの有効拘束圧においても軸差応力が最大値に達した後に急激にひずみ軟化している。最終的には、いずれの有効拘束圧においても大きな塑性圧縮が生じており、軸差応力が0kPaに近づく静的液状化に近い状態となっている。締固め度90%の礫質土であるが、通常の $\bar{C}U$ 試験で得られる力学特性は、極めてゆる詰め傾向を示すことがわかる。



軸差応力～軸ひずみ 有効応力経路
図2 O川 $\bar{C}U$ 試験結果

キーワード:河川堤防, 礫質土, 三軸試験

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

図3にはS川の締固め度90%の供試体における \overline{CU} 試験結果³⁾を示す。いずれの有効拘束圧でも軸ひずみ1%未満までに軸差応力がピークに達し、その後、ひずみ軟化の挙動が確認できる。有効応力経路に着目すると、有効拘束圧30, 50 kPaではせん断初期に塑性膨張を伴う正のダイラテンシーの発現が見られたのちに、急激に塑性圧縮を伴う軟化に転じている。ひずみ軟化に転じる軸ひずみは非常に小さいことから、比較的小さなせん断ひずみがかかることで構造崩壊を引き起こすことが示唆される。一方、有効拘束圧100, 150kPaでは正のダイラテンシーは見られず、せん断初期から塑性圧縮をし続ける。

図4はM川の現地堤防密度で作製した供試体を用いた \overline{CU} 試験結果である。M川試料においても、せん断初期に軸差応力がピークを迎え、その後緩やかにひずみ軟化を示す。有効応力経路においても、せん断初期から塑性圧縮をし続けることがわかる。ただし、この供試体密度は、大きな石を含む現地堤防の乾燥密度をそのまま用いたものであり、せん頭粒度試料を用いている本試験においては、過大な密度(密詰め過ぎる)の供試体である。そこで、53mm以下の試料のみで構成するマトリックス部分の乾燥密度を、53mm超の礫・石の体積を除外して新たに算出した。その際、除外した礫・石は円礫、円石で亀裂がほとんどないことから、土粒子密度を 2.7g/cm^3 と仮定して計算した。もちろん、別途、礫、石の密度試験ならびに吸水率試験も実施しているが、本報では両極の結果を抑える意味で、礫・石の密度を 2.7g/cm^3 とした。図5にその供試体の \overline{CU} 試験結果を示す。図4の供試体が現地堤防の密詰めの上限とすれば、図5はゆる詰めの下限と言える。他の川の試験結果と同様に、せん断に伴い最終的に軸差応力も平均有効がゼロに近づく静的液状化に近い状態となる。ただし、最大軸差応力は図4の試験結果よりも大きく、ゆる詰めながらも小ひずみ領域では大きなせん断強度を有する構造であることが推察できる。

4. まとめ

現地の密度を正確に把握して実施しているM川の試験結果は、締固め度90%として実施したO川やS川の試験結果との類似性は高く、締固め度90%程度の堤防盛土と判断することもできる。通常の \overline{CU} 試験を実施したこれらの試験結果は、礫質堤防土が非常にゆる詰め構造であることを示している。しかし、浸透すべり時の礫質堤防土の評価については、低有効拘束圧ならびに小ひずみレベルの浸透耐性を評価できる吸水軟化試験⁴⁾などを用いて、さらに詳細に検討する必要があると考えている。

参考文献：1)小高ら：河川堤防の礫質基礎地盤土の力学特性の評価，第52回地盤工学研究発表会，2017. 2)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. 3)田村ら：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，第71回土木学会年次学術講演会，2016. 4)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.

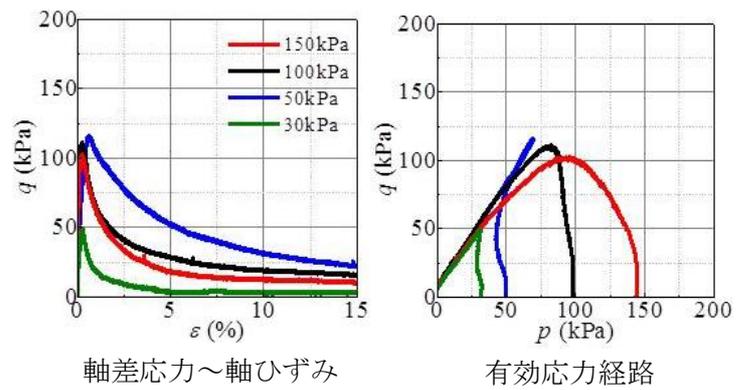


図3 S川 \overline{CU} 試験結果

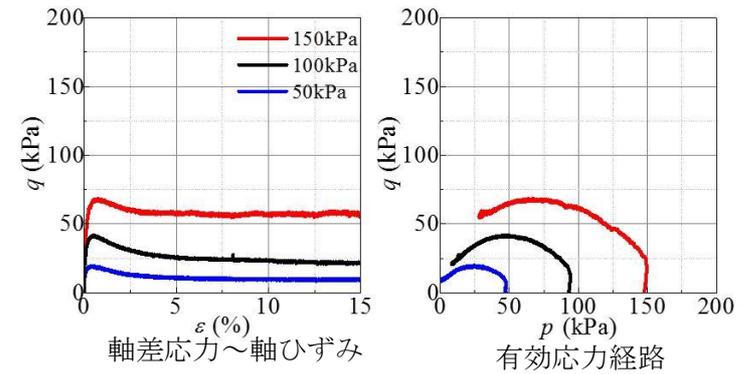


図4 M川 \overline{CU} 試験結果

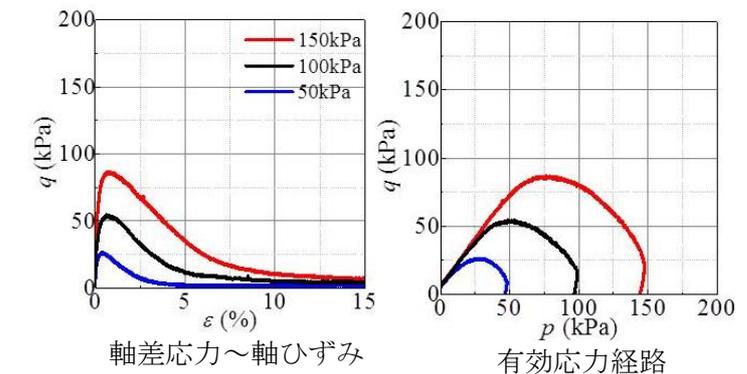


図5 M川 \overline{CU} 試験結果