

## 粗粒分が卓越した河川堤防礫質土の力学特性の評価

名城大学大学院 学生会員 ○湯貫 敬  
 名城大学 正会員 小高猛司  
 日本工営 正会員 李 圭太  
 中部土質試験協同組合 正会員 久保裕一

## 1. はじめに

礫分から砂分までの広範な粒度の土で構成されている河川堤防土の力学特性を評価する際、大きな礫も占有する原粒度試料を用いた大型三軸試験が理想であるが、試料確保が困難であること、コストを要することから実務では行われていない。一方実務では、大きな礫を除外した粒度調整試料を用いた小型・中型三軸試験が行われているが、現地堤防土の力学特性が適切に評価できているかは不明瞭である。本研究グループでは、様々な礫質土堤防土を現地採取し、大型三軸試験ならびに小型、中型三軸試験を実施して、適切な粒度調整と密度補正を施すことにより、原粒度の力学特性を適正に評価できることを示してきた<sup>1)</sup>。本報では、本研究グループではあまり経験の無い、ほとんど細粒分を含まない粗粒分が卓越した堤防礫質土を用いて、我々の従来の知見が適用できるのか検討を行った。

## 2. 試験概要

今回対象としたのは、山梨県釜無川（富士川上流部の呼称）の実堤防から採取した試料である。図1の粒径分布に示すように細粒分を含まない。採取試料を実験室に搬入し、自然乾燥させた後、4分法を用いて均等に小分けした。表1に試験条件を示す。直径20cm、高さ40cmの大型供試体用には、53mmのふるいでせん頭粒度調整を行った。また、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 $1.924\text{g/cm}^3$ を基準に、53mm以下の試料だけで構成される部分の補正乾燥密度を算出し、締固め度90%（乾燥密度 $1.703\text{g/cm}^3$ ）と95%（乾燥密度 $1.801\text{g/cm}^3$ ）で供試体を作製した。直径

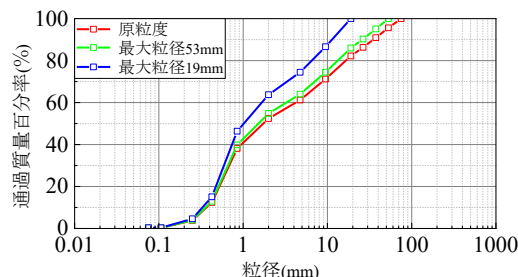


図1 釜無川試料の粒径分布

表1 試験条件

締固め度(%)	最大粒径(mm)	供試体寸法	乾燥密度( $\text{g/cm}^3$ )
90	53	大型	1.703
	19	中型	1.607
95	53	大型	1.801

10cm、高さ20cmの中型供試体用には、19mmふるいでせん頭粒度調整を行い、やはり19mm以下の試料のみに相当する補正乾燥密度を算出して、締固め度90%（ $1.607\text{g/cm}^3$ ）相当の供試体を作製した。供試体作製時の含水比は、締固め試験から得られた最適含水比6.6%を採用し、蒸留水を加えながら調節し、均一になるまで十分に攪拌した。その後、所定の密度となるように5層に分けて慎重に密度管理を行いながら突き固め法によって供試体を作製した。その後、二重負圧法で完全飽和化させ、所定の有効拘束圧で1時間等方圧密した後、載荷速度 $0.1\%/\text{min}$ で非排水せん断試験を実施した。

## 3. 試験結果

図2, 3に締固め度90%の大型、中型供試体の試験結果を示す。有効応力経路と軸差応力～軸ひずみ関係の赤、緑、青がそれぞれ初期有効拘束圧50, 100, 150kPaのCU試験結果である。大型、中型供試体ともせん断初期に軸差応力がピークに到達した後に急激にひずみ軟化している。最終的には、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。ただし、大型供試体の有効拘束圧50kPa

キーワード 礫質土、粒度調整、締固め度、三軸圧縮試験

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 TEL052-838-2347

のみ、変相後に若干過圧密的な挙動を示した。いずれにしても、大型と中型供試体ともに、典型的なゆる詰め傾向を示す結果であり、過去に我々の研究グループで実施してきた現地礫質堤防土を用いた試験結果と概ね一致している。大型供試体と中型供試体の有効応力経路に着目すると非常に類似しており、供試体寸法の違いにより拘束圧ごとの軸差応力のピーク値に違いがあっても、モールの応力円から得られた内部摩擦角 $\phi$ は、ほぼ同じ値となった。これは乾燥密度の補正によって粒度調整試料の中型供試体でも、原粒度に近い大型供試体と同様の強度評価が可能であることを示している。

図4に締固め度95%の大型供試体の試験結果を示す。有効応力経路に着目すると、せん断初期から高い剛性を示し、変相後には有効拘束圧100kPaを除いた50, 150kPaでは正のダイレイタンスの拘束によって平均有効圧力と軸差応力が大きく増大するひずみ硬化挙動を示した。この挙動は、密詰めの礫質土によく見られる傾向である。有効拘束圧150kPaでは、軸差応力が増大していき、計測限界に近づいたため試験を途中で終了した。締固め度90%から95%になると、力学挙動が大きく変化し、モールの応力円から得られる内部摩擦角 $\phi$ も37°まで増加するため、築堤時には締固め度の管理が非常に重要となる。

#### 4. まとめ

実堤防試料を用いて、大型と中型供試体のCU試験を実施した結果、粒度調整並びに密度補正した中型供試体でも、原粒度に近い大型供試体と同様の強度評価が可能であることが示された。また、締固め度90%では、十分なせん断強度が得られず、締固め度95%は必要であることが示された。今後は、直径5cm、高さ10cmの小型供試体でも実施することと、我々の研究グループが、これまで実施してきた低有効拘束圧ならびに小ひずみレベルの浸透すべり破壊耐性を評価できる吸水軟化試験<sup>1)</sup>を用いて、粗粒分が卓越した礫質土の力学挙動を検討する予定である。

#### 参考文献

- 1) 例えば、小高ら：浸透すべり評価に用いる礫質堤防土の強度定数の決定法，第54回地盤工学研究発表会，2019。

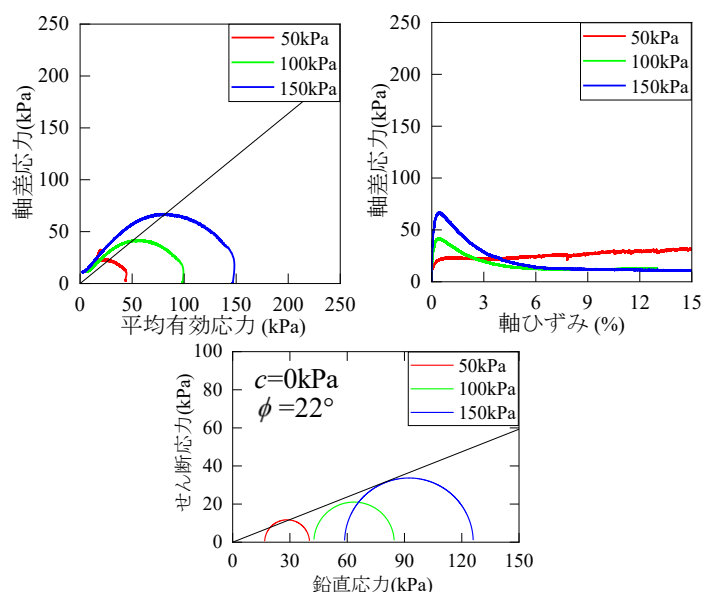


図2 締固め度90% 大型供試体

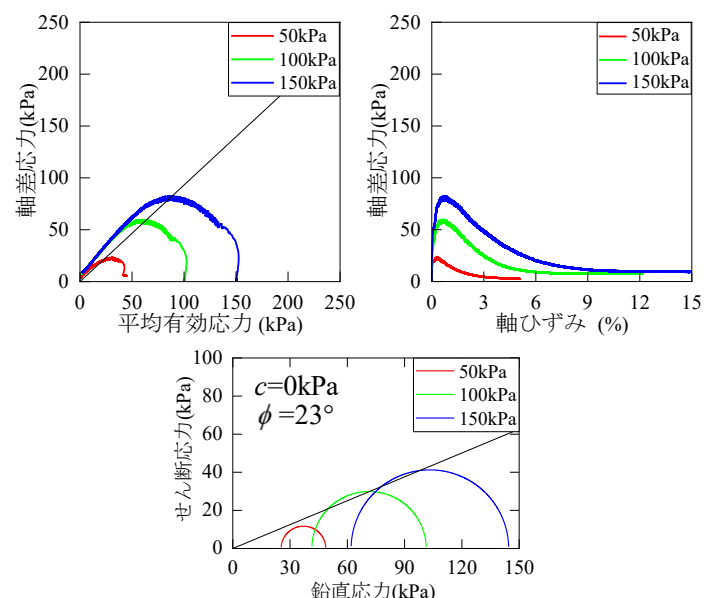


図3 締固め度90% 中型供試体

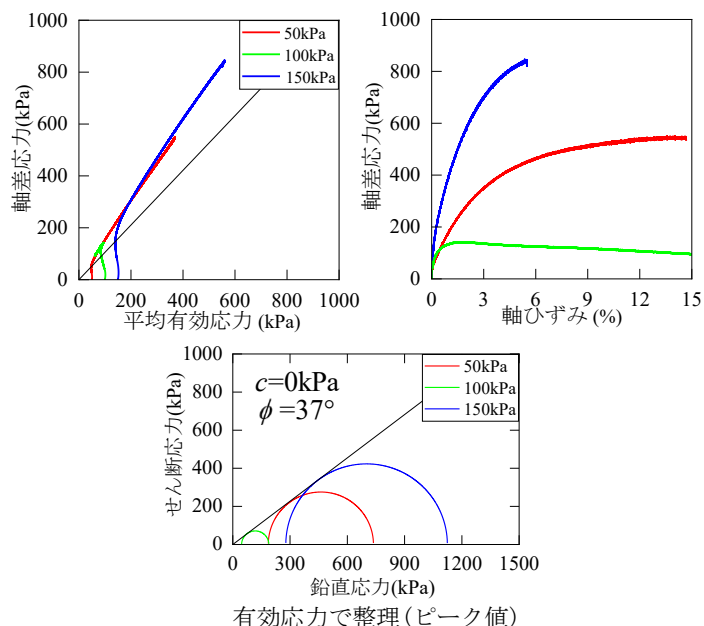


図3 締固め度95% 大型供試体