河川堤防, 礫混じり砂, 供試体寸法

名城大学	国際会員 C	小高	猛司
名城大学	国際会員	板橋	一雄
市川工務店(元名	城大学学生)	坂井	田旭秀
名城大学大学院	学生会員	岸	賢吾
建設技術研究所	国際会員	李	圭太

1. はじめに

河川堤防の詳細点検における浸透時のすべり破壊に対する検討においては、浸透解析によって浸潤面を設定した後に、 全応力法の円弧すべり解析が通常用いられる。この際の強度定数の特定には、砂や砂礫材料であれば全応力解析を念頭 においた CU 試験結果が用いられる¹⁾。堤防は礫混じり土で構成されていることも多く、室内試験時には礫の含有率を 調整せざるを得ない場合も多い。本報では、供試体直径にあわせて粒度調整した礫まじり砂を用いて非排水三軸試験を 実施することにより、現地礫混じり砂のせん断特性と供試体寸法がその試験結果に及ぼす影響について検討を行った。

2. 供試体の作製方法および試験手順

実際の堤防で採取した礫混じり砂を,現地の湿潤密度に あわせるように湿潤状態のまま突固め法によって再構成の 供試体を作製した。供試体は直径 10cm、高さ 20cm ならび に直径 5cm, 高さ 10cm の 2 種類を用い, 供試体径の 1/5 以 上の礫を含まないように, 直径 10cm の供試体では 19.1mm 超の礫を,直径 5cm の供試体では粒径 9.5mm 超の礫をあ らかじめフルイによって除外した。図1に供試体の粒度分 布を示し,表1に各実験ケースにおける供試体の乾燥密度 を示す。含水比を揃えた上で、すべての供試体で締固めエ ネルギーが同一となるように供試体を作製したが、全般的 に直径 5cm の方がゆる詰めとなった。2 つの供試体の粒度 曲線は礫分の範囲ではほぼ平行しており、供試体径に対す る各粒径の礫の混入割合はほぼ同一と思われるが、直径が 小さい供試体ほど、ゆる詰めになりやすいと考えられる。 供試体は三軸セルに設置して二重負圧法により飽和化を行 った後,所定の有効拘束圧(50,100,200kPa)で圧密して から, ひずみ速度 0.1%/min で非排水せん断を行った。

3. 試験結果

図2および図3にそれぞれの供試体径における応力~ひ ずみ関係と有効応力経路図を示す。乾燥密度が小さい直径



1 各実験ケースの供試体の諾元

衣I 百天候/ 八0万时件91812								
実験 Case	Α	В	С	D	Е	F		
直径 (cm)	5			10				
有効拘束圧 (kPa)	50	100	200	50	100	200		
乾燥密度 (g/cm ³)	1.63	1.62	1.72	1.72	1.80	1.84		
ピーク時の 応力比	0.72		1.22	0.93				
残留時の 応力比	0.78		1.45	1.09				

5cm の Case A および B においては、軸差応力全体ならびに破壊時の応力比のいずれも、直径 10cm の同一有効拘束圧の 実験 Case D および E と比べて小さくなっている。しかしながら、直径 5cm の中では乾燥密度が大きくなった Case C の 場合には、突出して軸差応力全体ならびに応力比は大きくなり、他の Case とは大きな差が生じた。一方、直径 10cm の Case D, E および F では破壊時の応力比はほぼ同一となり、供試体の密度のバラツキの影響は小さい。表 1 にピーク強度 時ならびに残留時の応力比も示しているが、有効応力経路図にも示したように、直径 5cm の場合では A, B と C で大き な差があるのに対して、直径 10cm では D, E, F とも同一となっている。全般的に、ピーク時の応力比の方が残留時の応 力比よりも小さく、ピーク時での強度定数の設定は一見安全側ではあるものの、この礫混じり砂のように塑性圧縮を伴 いながらひずみ軟化を呈する材料は、ピーク強度以下でもクリープ破壊等の進行性破壊が懸念される地盤材料であり、 ピーク時での強度定数の設定には注意が必要である。

次に全応力と有効応力の両者でモール・クーロンの破壊規準を整理して、それぞれの特徴を考察する。図4ならびに 図5にそれぞれ直径5cmならびに直径10cmの試験結果を示す。直径5cmの場合には、供試体密度のバラツキがモール の応力円に大きく影響し、密詰めとなったCaseCの応力円が突出して大きくなっている。このCaseCを除外すると、 全応力ならびに有効応力での内部摩擦角はそれぞれ_{\$\perpend}eu=}11.6°ならびに\$\perpend>'=18.7°となる。一方、直径10cmの場合には、全 応力、有効応力ともに3つの試験で統一した強度定数が求められ、全応力ならびに有効応力での内部摩擦角はそれぞれ

Effects of grain size and specimen scale on strength evaluation of gravel-mixed sand using triaxial test: Takeshi KODAKA, Kazuo ITABASHI, Akihide SAKAIDA and Kengo KISHI (Meijo University), and Kyu-Tae LEE (CTI Engineering Co., Ltd.)

 $\phi_{cu}=11.2^{\circ}$ ならびに $\phi'=22.9^{\circ}$ となる。 特に全応力で整理することにより, 直径 5cm の Case A, B と直径 10cm の内部摩擦角 ocu はほぼ同じ値と なるが, 直径 10cm の場合では c_{cu}=6.2kPa の粘着力が見込まれる 結果となっている。河川堤防の法 面すべり破壊の検討では、小さな 拘束圧レベルでのせん断強度が特 に重要となるため, たとえ小さな 粘着力であっても円弧すべり解析 の結果に与える影響は大きい。今 回の礫混じり砂のように, ゆる詰 め構造に起因するひずみ軟化を呈 する地盤材料では,本来粘着力な どを見込むべきではないことは明 白であるが、全応力で整理した最 終的な結果(図 4(a)と図 5(a))し か見なければ、試験結果として現 れている粘着力の妥当性について の判断もできないために、CU 試 験の結果の取扱には注意を要する。





4. まとめ

150

100

50

0

150

τ (kPa) 001 a)

50

٥t

50

=6.2

50

τ (kPa)

礫混じり砂の場合,供試体径が小さくなると密度のバラツキの影響が試験結果に大きく現れて良質なデータが得にく い。今後は静的締固め等による供試体作製を行い,より緻密な試験を行う必要がある。一方,ある程度供試体径が大き い場合には,比較的良質なデータが得られるものの,その場合であっても全応力で整理する場合には粘着力を過大に評 価するなどの危険性がある。過剰間隙水圧を考慮しない CU 試験では,対象とする地盤材料の正確なせん断挙動をほと んど検討しないために試験結果の取扱を誤る可能性もあるので注意が必要である。そもそも洪水時を想定した安定解析 に,たとえ安全側であるとしても完全非排水条件を仮定することの是非も議論されるべきであり,地盤材料のせん断挙 動を合理的に取り入れることのできる連成解析²⁾等が今後より一層求められる。

参考文献:1)(財)国土技術研究センター:河川構造の構造検討の手引き,2002.2)小高他:不飽和浸透-変形連成解析 による河川堤防の安全性評価,第50回地盤工学シンポジウム論文集,pp.347-354,2005.