河川堤防砂礫のせん断強度特性に及ぼす供試体寸法・密度・排水条件の影響

河川堤防, 砂礫, 三軸圧縮試験

名城大学	国際会員	小高猛司・板橋一雄
名城大学大学院	学生会員	○牧田祐輝・中島康介
建設技術研究所	国際会員	李 圭太・上村俊英
ジオ・ラボ中部	正会員	坪田邦治・加藤雅也

1. はじめに

河川堤防の浸透時のすべり破壊に対する安全性評価を行う場合,全応力法の円弧すべり解析を用いて評価される。その際の強度定数は,主に CU 三軸試験によって求められる。一方,河川堤防は大きな礫から細粒分までの広範な粒度の 地盤材料で構成されており,原粒度のままの変形・強度特性を求めるには大型三軸試験を実施するのが理想であるが, 現実には大きな礫を除外する粒度調整試料を用いて室内試験を実施することになる。本報では,ある河川堤防で採取し た砂礫を用いて原粒度試料での大型三軸試験を実施することにより,供試体密度と排水条件が試験結果に及ぼす影響に ついて検討した。さらに,粒度調整試料での小型三軸試験によって同様の検討を行い,供試体寸法の影響についても考 察した。

2. 試験手順

実験に用いた試料は,実際に詳細点検がなされた河川堤防で 採取したものであり,図1に粒度分布を示す。大型三軸試験で は原粒度試料を用い,1.8 および1.7g/cm³の乾燥密度(それぞれ 締固め度90および85%に相当)で供試体(直径30cm,高さ60cm) を作製した。小型三軸試験では,図1に示す粒径9.5mmを超え る礫を除外した粒度調整試料を用いて,1.8,1.7 および1.6g/cm³ の乾燥密度(それぞれ締固め度90,85 および80%に相当)で 供試体(直径5cm,高さ10cm)を作製した。大型,小型の三軸



試験ともに,所定の有効拘束圧(50,100,200kPa)で等方圧密し,載荷速度0.1%/minでCU,CD三軸試験を実施した。 3. 試験結果

図2および図3はそれぞれ,大型三軸試験の応力~ひずみ関係および有効応力経路を示す。図3の有効応力経路のCU 試験結果に着目すると,締固め度90%では,せん断初期に塑性圧縮を示し,その後正のダイレタンシーの発現により塑 性膨張に転じて軸差応力が増加している。一方,締固め度85%では,塑性圧縮のみを示し,緩詰め傾向の挙動が顕著に 現れる。

図4および図5はそれぞれ、小型三軸試験の応力~ひずみ関係および有効応力経路を示す。図4の応力~ひずみ関係 に着目すると、締固め度90%においては、CD試験ではピーク強度を示すのに対し、CU試験では軸差応力は試験終了ま で単調増加し続ける。一方、締固め度80%においては、CD試験では軸差応力が単調増加し続けるのに対し、CU試験で は軸差応力は小さいながらもピーク強度を示す。図5の有効応力経路のCU試験結果に着目すると、締固め度90,85% では、せん断初期に塑性圧縮を示すが、その後正のダイレタンシーの発現により軸差応力が増加している。特に締固め 度90%では、変相後の軸差応力の増加が大きい。一方、締固め度80%では、塑性圧縮を伴うひずみ軟化を示す。



Effects of specimen size, density and drainage conditions on shear failure characteristics of sandy gravel in a river embankment: Takeshi Kodaka, Kazuo Itabashi, Yuki Makita, Kosuke Nakashima (Meijo University), K.-T.Lee, Toshihide Uemura (CTI Engg. Co., Ltd.), Kuniharu Tsubota and Masaya Kato (Geo-Labo Chubu)



表1はすべての実験ケースにおいて、有効応力経路から得られた破壊応力比をまとめたものを示す。大型三軸試験結果に着目すると、CD 試験では締固め度の違いによる差はほとんど見られないのに対し、CU 試験では、締固め度 85%の 供試体は90%よりもかなり小さな値を示す。小型三軸試験結果に着目すると、CD、CU 試験ともに締固め度が小さくな るにつれて破壊応力比に差が生じた。したがって、大型三軸試験と小型三軸試験の結果を比較すると、大型では、CD および CU 試験により得られる破壊応力比に差が生じ、締固め度が小さい供試体ほどその差は大きくなる。一方、小型 では、その差はほとんど見られない。

表2はすべての実験ケースにおいて、破壊時のモールの応力円と破壊基準から得られた内部摩擦角と粘着力をまとめたものを示す。なお、 \overline{CU} 試験を全応力で整理して c_{cu} と ϕ_{cu} を算出している。また、 \overline{CU} 試験ならびに CD 試験より得られる粘着力 c'および cd はいずれもゼロであった。粘着力 c_{cu} に着目すると、締固め度 90%では大型、小型ともに粘着力が現れるのに対し、その他の実験ケースでは粘着力は現れない。また、締固め度 90%の場合において、粘着力 c_{cu} は大型よりも小型の方が大きく現れる。一方、内部摩擦角に着目すると、大型では、いずれの試験でも ϕ_{cu} は小さな値となるが、特に緩詰め傾向の強い締固め度 85%の ϕ_{cu} は非常に小さい。小型では、締固め度 85%の ϕ_{cu} が最も大きな値となり、締固め度 80%の ϕ_{cu} が最も小さい。次に、有効応力で整理した ϕ の場合、大型、小型ともに締固め度が小さくなるにつれ

てφ'の値は小さくなり,特に大型では締固め度の違いが顕 著に現れる。また,締固め度 90,85%では,小型のφ'は大 型よりも大きい。最後に,CD試験によるφ_dに着目すると, 大型,小型ともに締固め度が小さくなるほどφ_dの値も小さ くなるが,それほど大きな差は見られない。したがって, φ'とφ_dを比較すると,大型では両者の差が大きく,特に締 固め度が小さいケースではその差は顕著に現れる。

衣 2 内即岸综内 2 和相力							
試験	締固め度	ϕ_{cu}	c _{cu} (kPa)	φ'	ϕ_d		
大型	90%	22.5°	39.1	35.3°	42.1°		
	85%	12.1°	0	24.7°	40.9°		
小型	90%	24.5°	115.0	41.1°	41.7°		
	85%	30.6°	0	40.6°	39.0°		
	80%	15.1°	0	32.7°	35.6°		

2 内部摩擦角と粘着力

4. まとめ

同じ乾燥密度で供試体を作製しても、小型三軸試験で得られる力学挙動は、大型三軸試験よりも密詰めの傾向となる。 これは、通常業務の室内試験の結果では、原粒度試料の力学特性を過大評価することを示唆している。また、河川堤防 のすべりに対する安全性検討を行う場合には、粘着力はほとんど考慮せずに円弧すべり安定計算を行う。したがって、 たとえ乾燥密度が大きい供試体であっても算出される安全率は小さな値となり、そのような場合には、�'や�a が�ca の代 用として用いられることがある。しかしながら、現地堤防は予想以上に緩詰めと評価すべき地盤材料である可能性が高 く、その際には、特に�a は強度定数を過大評価することになるため、その取り扱いには十分な注意が必要である。 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.