

細粒分を多く含む堤体砂質土の各種三軸試験による力学特性の評価

名城大学大学院
名城大学
建設技術研究所

学生会員 ○小林芳樹・兼松祐志
正会員 小高猛司・崔 瑛
正会員 李 圭太

1. はじめに

河川堤防の安定性照査においては、従来、砂や砂礫の強度定数はCU試験で求めてきたが、現在では $\overline{CU}$ あるいはCD試験も推奨されるようになった。しかし、試験条件の違いによって得られる強度定数は異なるため、現場の技術者は堤防土の粒度や密度などから適切な試験条件を判断しなければならない。本報では、堤体から乱れの少ない砂質試料を採取し、CU、CD、 $\overline{CU}$ の各条件で三軸試験を実施し、力学特性を把握するとともに、適切な試験条件について考察を行う。

2. 試験の概要

試料は淀川下流部の堤防天端から深度1~2m、2~3mおよび3~4mの位置からサンドサンプラーによって乱れの少ない砂質試料を採取した（以下、各深度の試料を試料1、2および3と記す）。採取後に凍結して保管し、凍結したまま供試体に成型し、三軸試験装置に設置後、2重負圧法により飽和化した。

実施した試験は、 $\overline{CU}$ 試験とCD試験である。試料1および試料2は有効拘束圧50および100kPa、試料3は有効拘束圧50、100および150kPaで3時間等方圧密した後に、ひずみ速度は0.1%/minで単調載荷した。

3. 試験結果

図1に軸差応力～軸ひずみ関係を示す。試料1に着目すると、 $\overline{CU}$ 試験ではせん断終了時まで軸差応力が増加し続けて試験を終了しているが、CD試験では軸ひずみ6%程度からひずみ軟化挙動が見られる。試料2に着目すると、 $\overline{CU}$ 試験では有効拘束圧100kPaの試験よりも50kPaの軸差応力の増加度合いが大きくなっており、CD試験では同じサンプリングチューブ内の湿潤密度が異なる2つの供試体を用いて有効拘束圧50kPa

の試験を行ったが、両者のせん断挙動は大きく異なる。試料3に着目すると、 $\overline{CU}$ 試験ではいずれの有効拘束圧においても試験中盤からはほぼ一定の値を示している。CD試験は有効拘束圧にかかわらず、せん断終了時まで軸差応力が単調に増加している。

図2に有効応力経路を示す。 $\overline{CU}$ 試験に着目すると、試料1は、有効拘束圧にかかわらず塑性圧縮後、膨張に転じて、正のダイレイタンスーが見

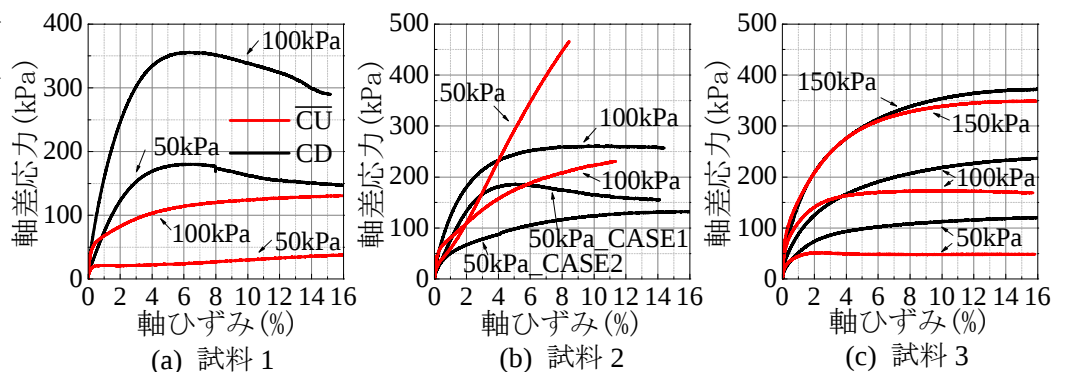


図1 軸差応力～軸ひずみ関係

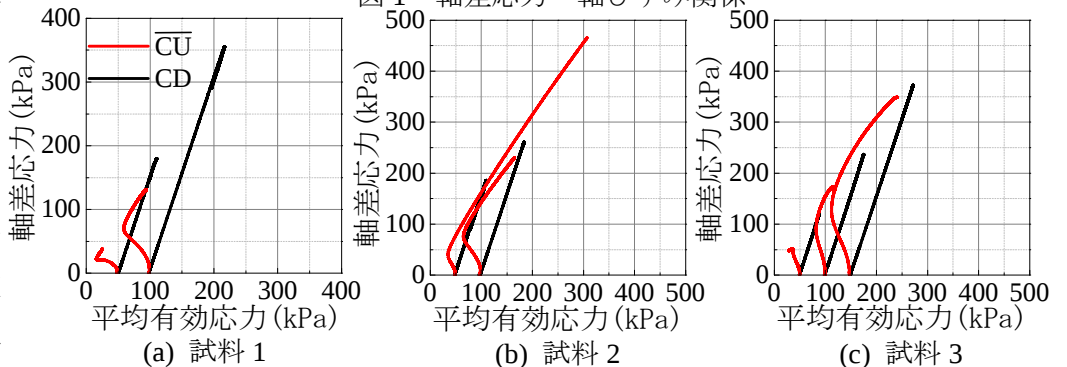


図2 有効効力経路

キーワード: 河川堤防, 排水条件, 不攪乱試料

連絡先: 〒468-8502 名古屋市天白区塩釜口 1-501 名城大学理工学部建設システム工学科 Tel 052-838-2347

られた。試料 2 は、試料 1 と同様の挙動が見られた。試料 3 は有効拘束圧 50kPa の試験のみ、変相には至らず塑性圧縮したまま試験を終了している。

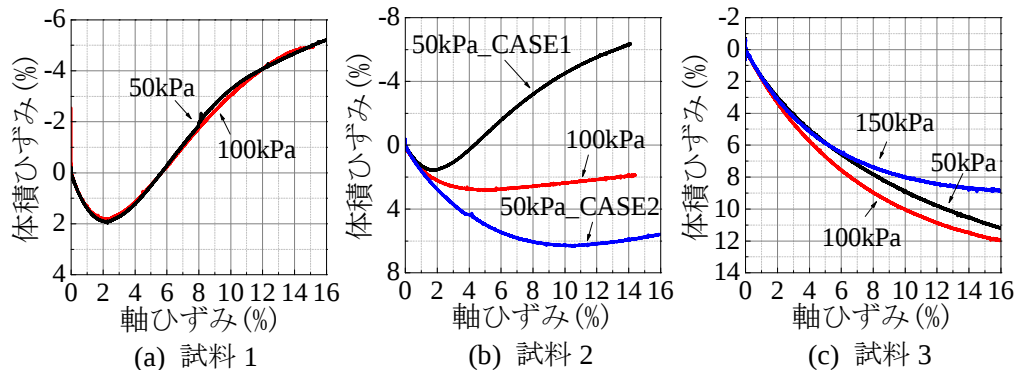


図3 CD試験における体積ひずみ～軸ひずみ関係

図3に各試料のCD試験における体積ひずみ～軸ひずみ関係を示す。試料1は

軸ひずみ2%程度まで圧縮し、その後膨張に転じている。試料2は有効拘束圧50kPaの試験において、CASE1では試料1と同様の挙動を示しているのに対し、CASE2では軸ひずみ10%程度まで圧縮し、その後膨張に転じてはいるが、CASE1ほど大きく膨張はしていない。試料3は有効拘束圧にかかわらず、圧縮し続けて試験を終了している。このことから、同じサンプリングチューブ内の供試体であっても、わずかな深度の違いによって力学的性質が異なる。

図4に破壊時のモールの応力円と破壊規準を示し、表1にそれぞれの強度定数を示す。CU試験の場合、いずれの試料も拘束圧に整合したモール円が得られず、包絡線で強度定数を設定するのが難しい。試料1および試料3で示す ϕ_{cu} は、仮に拘束圧100kPaの試験結果から設定した値である。一方、CU試験やCD試験では試験結果は整合している。これらの試験条件においては、試験条件ごとに異なるせん断中のダイレイタンスー特性がモールの応力円に反映されているためである。

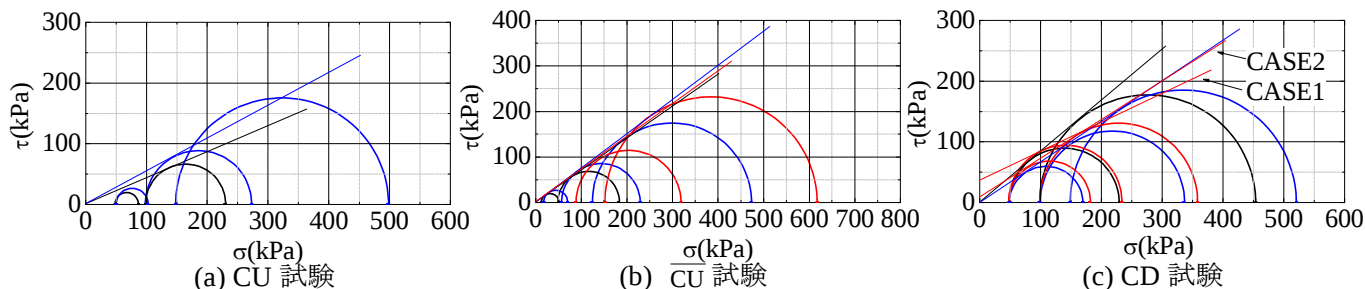


図4 モールの応力円と破壊規準

図5に試料3の各供試体の粒度分布を示す。試料毎のばらつきは見られるが、いずれの供試体も細粒分を多く含む粘性土に近い土である。そのため、CU試験では塑性膨張が見られたもののCD試験では圧縮のみ観察されたと考えられる。試料1と2における供試体毎の試験結果の不統一性は、同じサンプリングチューブ内の供試体であってもわずかな深度の違いで密度が異なっており、それが試験結果に反映されることが推測される。

表1 各試料の強度定数

	ϕ_{cu} (°)	ϕ' (°)	c_d (kPa)	ϕ_d (°)
試料 1	23.5	34.9	0	40.3
試料 2		35.5	38.2	24.8
			7.5	32.8
試料 3	27.7	37.2	0	33.8

4. まとめ

同試料であっても、有効拘束圧や排水条件などの試験条件の違いによって、力学特性が異なることがわかった。河川堤防は盛土構造物であることから、ほぼ同深度で同じ土質であっても、締固め履歴によって密度が異なると考えられる。必ずしも現場採取の乱れの少ない試料を用いて試験をし、強度定数を求めることが妥当であるのかについても議論の余地がある。なお、別報にて、本試験のシミュレーションを通して、供試体毎の骨格構造の相違について検討した結果を示す¹⁾。

参考文献: 1) 兼松ら: 細粒分を多く含む堤防砂質土の三軸試験のシミュレーション, 第68回土木年講, 2013.

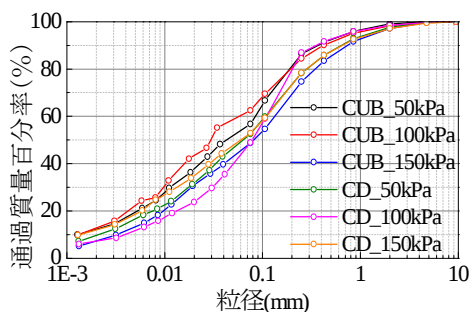


図5 粒度分布