各種三軸試験条件で得られる河川堤防土の強度定数の評価

河川堤防, 排水条件, 不攪乱試料

名城大学	国際会員	小高猛司・崔	瑛			
名城大学大学院	学生会員	○兼松祐志・森	涼香			
	小林芳樹					
建設技術研究所	国際会員	李 圭太				

## 1. はじめに

従来の「河川堤防の構造検討の手引き」では、砂や砂礫の強度定数は CU 試験で求めることとされてきたが、平成 24 年2月の改訂により、砂や砂礫は CU 試験か CD 試験が推奨されるようになった。一方、著者らは試験時の排水条件に よって得られる強度定数は大きく異なり、特にゆる詰め構造を持った砂礫堤防土における CD 条件での内部摩擦角 du 実際の堤防土の安定性を過大評価する可能性があるほど大きくなることを指摘した<sup>1),2)</sup>。以上のように、試験条件によ って得られる強度定数が大きく異なることから、強度定数を得る際の試験条件は慎重に選択すべきであるが、粒度や密 度などの土質情報によって合理的な試験条件をあらかじめわかるガイドラインが必要である。その整備にあたり、現在 様々な実堤防土で採取した試料を用いて各種の排水条件での試験を実施している。本報では、実堤防で採取した乱れの 少ない砂質試料を用いて三軸試験を実施し、CD、CU、CU の各種条件での強度定数を比較した結果を示す。

## 2. 試験の概要

実験試料は実堤防の堤体土であり、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、 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 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の軸差応力~軸ひずみ関係より,試料1の場合, CU 試験では軸差応力が単調増加したまま試験終了しているが, CD 試験では軸ひずみ6%程度からひずみ軟化が見られる。試料2の場合, CU 試験における初期有効拘束圧50kPaの



Evaluation of strength coefficients of levee soil obtained by various triaxial test conditions T. Kodaka, Y. Cui, Y. Kanematsu, S. Mori, Y. Kobayashi (Meijo University), K.-T.Lee (CTI Engg. Co., Ltd.)





増加度合いが大きい。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の場合、CU 試験では いずれの初期有効拘束圧においても試験中盤から軸差応力はほぼ一定 となるが、CD 試験ではせん断終了時まで単調増加している。

次に図2のCU 試験の有効応力経路を見る。試料1の場合,いずれ の初期有効拘束圧においてもせん断初期から塑性圧縮が見られ、変相 後に塑性膨張に転じて正のダイレイタンシーが発現している。試料2 の場合,試料1と同様のせん断挙動を示しているが,特に初期有効拘 束圧 50kPa の試験においては、顕著にその特性が表れている。試料 3 の場合,初期有効拘束圧 50kPa のみにおいて,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では、いずれの拘束圧においても軸ひずみ2%程度まで圧縮し、 その後膨張に転じている。試料2では、拘束圧50kPaの試験において、 CASE1 では圧縮後、膨張に転じているが、CASE2 では軸ひずみ 10% 程度まで圧縮し、その後もあまり膨張していない。試料3では、いず れの拘束圧においても圧縮したまません断が終了している。同じサン プリングチューブ内の堤防土であっても、わずかな深度の違いによっ て力学性質が異なる。

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、試験試料ごとに異なるせん断 中のダイレイタンシー特性がモールの応力円に反映されているためで あると考えられる。

## 4. まとめ

現場で採取した乱れの少ない試料においては、CU 試験は供試体毎 の材料特性を反映して強度定数が設定しづらい場合がある。一方, CU 試験や CD 試験は、強度定数の設定は容易であるが、それを全応力解 析での堤防の安定性評価に用いるには合理性に欠ける面もあり、慎重 な運用が必要である。今後、合理的な試験法を示すガイドラインの構 築に向けて更なる試験データの蓄積を行う予定である。なお、本研究 は、国交省の河川砂防技術研究開発公募課題「地震・洪水およびその



-2

0

		$\phi_{\rm cu}$	φ'	c <sub>d</sub>	φ <sub>d</sub>
		(°)	(°)	(kPa)	(°)
試	料 1	23.5	34.9	0	40.3
試料 2 CASE1 CASE2	CASE1	$\overline{}$	25.5	38.2	24.8
		35.5	7.5	32.8	
試	料 3	27.7	37.2	0	33.8

複合災害に対する統合型河川堤防評価技術の開発」の一環で実施しているものである。記して謝意を表する。 参考文献:1) 小高ら:河川堤防砂礫の変形・強度特性の評価手法に関する考察,地盤工学ジャーナル,5(2),2010.2) 小 高ら:河川堤防砂の構造の程度が力学特性の評価に及ぼす影響,河川技術論文集,18,2012.