淀川盛土砂の排気-排水および非排気-非排水不飽和三軸試験

京都大学大学院	学生会員	矢吹	太一
千代田化工建設株式会社(元京都大学大学院)	正会員	福谷	準也
京都大学大学院	フェロー会員	岡	二三生
京都大学大学院	正会員	木元 /	小百合
京都大学大学院	正会員	肥後	陽介

<u>1.はじめに</u>

本研究では,堤防の改修に使われている堤防砂質土を 用い,排気-排水,非排気-非排水三軸試験を行った。排 気-排水試験では,不飽和地盤の表層部などを想定して おり,非排気-非排水試験は,地震や斜面崩壊等の動的 挙動が生じる内部,急激な浸透や越流などで十分な排 気条件が得られなくなった堤体内部などの地盤を想定 している。本研究では,初期サクション,締固め度を 変えて試験を行い,堤防砂質土の強度・変形特性に及 ぼす影響について調べた。



<u>2.試験概要</u>

2.1 試験用土試料

本研究で使用した試料は,淀川の堤防の改修に用いら れている砂質土である。土試料の物理特性を表1に, 粒径加積曲線を図1に示す。物理特性から,日本統一 分類ではSFGに分類され,粒径幅の広い土であると判 断できる。三軸試験では,2mm以下にふるい分けを行っ た試料で試験を行った。また,供試体作製は,油圧式 締固め装置を用いて静的に締固めて行った。

2.2 試験方法

締固め度が90,85,72%となるように,表2の割合で 乾燥試料と蒸留水を混合した後,高さ100mm,直径50 mmに静的に締固め供試体を作製した。締固め度D。と土 粒子重量W。の関係式は次式で示される。

$$D_c = (\rho_d / \rho_{d \max}) \times 100 = W_s / V \cdot \rho_{d \max}$$
(1)

なお,最大乾燥密度は, $\rho_{d \max} = 1.885 \,\text{g/cm}^3$ であり, 2mm 以上の粒径も含んだ試料より求めた。供試体体積 は, $V = 196.3 \text{cm}^3$ である。 せん断中の体積変化は、セル内に設置¹⁾した側方のギャ ップセンサーを用いて測定した。間隙空気圧、間隙水 圧を個々に制御・計測するため、供試体上部にはポリ フロンフィルターを、供試体下部にはセラミックディ スク(A.E.V 200kPa)付きのペデスタルを用いた。また、 間隙空気圧をより正確に測定するため、キャップに間 隙空気圧計を取り付けセル内で計測した。また、非排 気状態を保つためキャップに取り付けた空気圧バルブ によってセル外からの間隙空気圧を遮断した。

表 2 供試体諸量

締固め度	土粒子重量	水重量	乾燥密度	含水比
D.(%)	W,(g)	W _w (g)	ρ_(g/cm³)	w(%)
90	333.1	43.3	1.697	
85	314.6	40.9	1.602	13.0
72	266.5	34.6	1.357	

2.3 試験条件

本試験では,初期サクション,拘束圧,締固め度による影響を検討するため,初期サクション 0,10,50, 100kPa,締固め度 90,85,72%で試験を行った。なお, 間隙空気圧は 200kPa,セル圧は 300kPa で行った。

2.4 応力変数

本研究で用いている応力変数は,骨格応力の,^{2) 3)}とサクション sである。骨格応力は,骨格とその間隙を満た す空気,水の応力から求められる平均間隙圧によって 定義される応力であり,次式で定義される。

 $\sigma_{ij}^{'} = \sigma_{ij} - P^{F} \delta_{ij}, P^{F} = S_{r} u_{w} + (1 - S_{r}) u_{a}$ (2) ここで, P^{F} は平均間隙圧, u_{a} は間隙空気圧, u_{w} は間隙 水圧, S_{r} は飽和度, σ_{ij} は全応力テンソル, δ_{ij} はクロネ ッカーのデルタであり、サクションは $s = u_{a} - u_{w}$ で定 義される。

3.試験結果

3.1 排気-排水試験結果

図 2 に締固め度 90%, 拘束圧 100kPa の軸差応力-軸ひ ずみ,体積ひずみ-軸ひずみ関係を示す。図 2(a)におい ては,軸ひずみ 7%までは同一軸ひずみに対する軸差応 力がサクションが増加するにつれて大きくなり、s = 50kPa のケースのみ軸差応力が増加から減少へ転じた。

キーワード 不飽和土,サクション,三軸試験,堤防盛土,締固め度 連絡先 〒615-8540 京都市西京区京都大学桂4CクラスターC1棟 TEL 075-383-3193

図 2(b)においては, s = 50kPa において膨張挙動を, s = 0,10kPaにおいて圧縮挙動を示した。図3に締固 め度 85%, 拘束圧 100kPa の軸差応力-軸ひずみ, 体積 ひずみ-軸ひずみ関係を示す。図 3(a)においては,同一 軸ひずみに対する軸差応力がサクションが増加するに つれて大きくなっている。図 3(b)においては,すべて のサクションにおいて圧縮挙動を示しており,軸ひず みが大きくなるにつれてサクションの影響が表れてお り, s=50 k Pa を除けば, 初期サクションが大きいほど 同一軸ひずみに対する体積ひずみが小さくなった。図4 に締固め度 72% 拘束圧 100kPa の軸差応力-軸ひずみ, 体積ひずみ-軸ひずみ関係を示す。図 4(a)においては, 同一軸ひずみに対するサクションの影響はほとんど見 られなかった。また,図 4(b)においても同一軸ひずみ に対するサクションの影響は見られなかった。締固め 度によってサクションによる影響が異なる理由として は,間隙内に存在するメニスカス水の存在形態が異な ることが考えられる。締固め度が大きいほど,間隙比 が小さくなり,間隙に作用するメニスカス水が土粒子 骨格を引きつける力として作用すると考えられ,締固 め度 85%においてはサクションによってせん断強度が 増加し,体積ひずみが抑制されるのに対し,締固め度



72%においては締固め度が低いため、ここでの拘束圧下 ではサクションによる影響が小さかったと考えられる。 また,締固め度 72%が,85%に比べて体積ひずみが大 きくなった理由としては,初期間隙比の違いによるも のだと考えられる。

3.2 非排気-非排水試験結果

図 5 に締固め度 72%, 拘束圧 100kPa の非排気-非排水 三軸試験結果を示す。図 5(b)においては,初期サクシ ョンが大きいほど同一軸ひずみに対する体積ひずみが 大きくなっている。この理由としては、サクションの 影響よりも飽和度の影響が卓越していると考えられ, 初期サクションが大きいほど間隙中の空気の量が多い ため空気の圧縮量が多く,せん断に伴って圧縮傾向を 示すと考えられる。図 5(c)においては,初期サクション が大きいほど平均骨格応力の減少量が小さくなった。 図 5(d)においては,s=0kPa ではせん断開始後サクショ ンが減少しているのに対し,s=10,50kPa においては ひずみの増加とともにサクションが増加した。



<u>4.まとめ</u>

初期サクション,拘束圧,締固め度を変えて排気-排水, 非排気非排水三軸試験を行った結果,排気-排水三軸試 験においては,初期サクションが大きいほどせん断強 度,体積ひずみが大きくなり,締固め度が大きいほど, サクションの影響が大きくなること,非排気-非排水三 軸試験においては,初期サクションが大きいほどせん 断強度が大きくなることがわかった。

【参考文献】1)足立紀尚,岡二三生:不飽和土の試験法と力学挙動,土と基礎, vol.29-6,pp27-32,1981 2)鈴木宏尚,岡二三生,小高猛司:No422, pp.843-844,第41回地盤工学研究発表会,2006 3)Jommi,C.: Theoretical Approaches in Unsaturated Soils,Tarantino,A.and Mancuso,eds,2000