攪乱・不攪乱砂の非排水三軸圧縮せん断による定常状態について

東京都立大学土質研究室 正会員 吉嶺充俊

1. はじめに: 1987 年から 1995 年頃にかけて、Verdugo(1989, 1992), 津田(1994), 松崎(1995), 吉嶺(1996)などが 東京大学土質研究室(石原研而教授)において数種類の攪乱・不攪乱砂の非排水三軸圧縮試験を行った。その一 部は吉嶺ら(1993)によって報告済みであるが、あらためてこれらの実験データを整理しなおしてみた。

2. 実験試料: 表1に示す10種類の砂質土について実験を行った。豊浦砂以外は過去に液状化を生じた地盤から 採取したものであり、不攪乱試料は金属チューブを用いたブロックサンプリングによって採取した。釧路砂は 1993 年 釧路沖地震の際に液状化してマンホールを浮上させた埋め戻し土であるが、その他の試料は全て自然堆積地盤から 採取したものである。各試料の粒径加積曲線を図1に示した。

3. 攪乱砂の定常状態線: 図2にきれいな砂(細粒分含有率 FC=0~2%)の定常状態線を、図3にシルト質砂(FC =6 ~22%)の定常状態線を示した。縦軸はいずれも相対密度である。きれいな砂(図2)では、いずれの砂でも低拘束圧では定常状態線の位置がほぼ同じであるが、高拘束圧になると均等係数(UC)の大きな砂ほど傾斜が大きくなり、下側に位置するようになっている。また、シルト質砂(図3)では、低拘束圧で定常状態線の位置は細粒分含有率(FC)の大きな砂ほど下側に位置するが、高拘束圧になるとその差は小さくなっている。

4. 不攪乱砂と攪乱砂の定常状態の比較: 図4~13に全ての実験における初期状態・準定常状態(PT)・定常状態(USS)を間隙比(e)-平均有効応力(log p')平面上にプロットした。準定常状態は初期拘束圧の影響を受けるので、 不攪乱砂(①)と攪乱砂(△)の比較を行うためには密度と初期拘束圧が両方とも同じ条件での実験を比較する必要が ある。そのため、傾向は不明瞭であるが、両者の差はあまり無いように見える。一方、定常状態は初期拘束圧の影響 を受けないので、定常状態線(USSL)の位置によって容易に比較が可能である。図4~13より、不攪乱砂の定常状態 (●)は攪乱砂の定常状態(▲)より上側に位置する傾向が見られ、かつ両者の定常状態線(USSL)は概ね平行である ことがわかる。そこで、同じ有効圧での定常状態の間隙比の差(定常状態線の上下距離、Δe=(e_{undist}- e_{remota})のSS)を攪 乱砂・不攪乱砂の挙動の差を表すパラメータとして捉え、これを細粒分含有率(FC)および最大・最小間隙比の差 (e_{max}- e_{min})に対してプロットして図14・図15に示した。細粒分含有率および最大・最小間隙比の差が大きくなるほど 定常状態での不攪乱砂の強度は攪乱砂に比べて大きくなることがわかる。自然堆積した不攪乱砂では微細な分級構 造(ラミナ)が存在し、実質的な均等係数は攪乱砂より小さく、そのために強固な挙動を示すと考えられる(図2を参 照)。釧路砂は人工的な埋戻土であるために、もともと分級が存在せず、挙動の差が見られない(図14・図15)。

表1 試料の物理特性

-	土粒子密度	細粒分含有率	平均粒径	均等係数	最大間隙比	最小間隙比
	$\rho_s(g/cm^3)$	FC (%)	$D_{50}({\rm mm})$	UC	e_{max}	e_{min}
Toyoura sand	2.650	0	0.20	1.4	0.977	0.597
Kawagishi-cho	2.664	1.4	0.32	2.0	1.054	0.793
Mobara No.1	2.672	8.3	0.14	1.9	1.274	0.772
Mobara No.2	2.663	11.6	0.14	2.5	1.442	0.859
Sekiyado	2.747	1.8	0.28	2.0	1.180	0.752
Kushiro-cho	2.589	5.9	0.28	2.8	1.267	0.767
Ohgata	2.694	0.8	0.28	1.6	1.039	0.655
Chiba*	2.68	18	0.15		1.307	0.685
Kiyosu*	2.67	9	0.30	3.5	1.156	0.629
Kosaka*	2.62	9	0.41	4.9	0.985	0.502
Kizugawa*	2.65	22	0.22		1 357	0 544

Verdugo*(1989)東京大学修士論文, Verdugo*(1992)東京大学博士論文, 津田(1994)東京大学修士論文, 松崎 (1995)東京大学卒業論文, **吉嶺(1996)東京大学博士論文**, 吉嶺等(1993)土木学会年次講演会, No.3, pp.308-309

キーワード: 不攪乱砂・非排水三軸圧縮試験・定常状態・細粒分含有率・均等係数 〒192-0397 東京都八王子市南大沢 1-1 東京都立大学土木工学科, Tel: 0426-77-2773, Fax: 0426-77-2772

