

立命館大学大学院 学生員 ○ 小伊豆俊博
 立命館大学理工学部 正会員 竹下 貞雄
 立命館大学大学院 学生員 久保 尚志

1. はじめに

砂は地盤改良などの建設工事において作業性に富み、経済的であるが、液状化しやすいという欠点がある。液状化とは水で飽和された砂が荷重を受けると過剰間隙水圧が発生し有効応力が減少するためにせん断抵抗力を失うことである。今回は砂の液状化に大きく影響を及ぼす間隙水圧の変化に注目し、間隙水圧と圧密後の相対密度の関係について報告する。

2. 試料

今回用いた試料は新潟県の新潟砂、鳥取県の鳥取砂を水洗いし、乾燥させた後、2mm ふるい通過分のもと工場製品の相馬砂である。これらの砂の物理的性質および粒径相積曲線を Table1、Fig.1 に示す。

Table1 Index Properties of Sands

	新潟砂	鳥取砂	相馬砂
G_s	2.744	2.643	2.619
e_{max}	0.977	1.008	1.028
e_{min}	0.582	0.638	0.659
$D_{10}(mm)$	0.16	0.14	0.46
$D_{30}(mm)$	0.25	0.19	0.53
$D_{60}(mm)$	0.33	0.30	0.62
U_c	2.06	2.14	1.35
U'_c	1.18	0.86	0.98

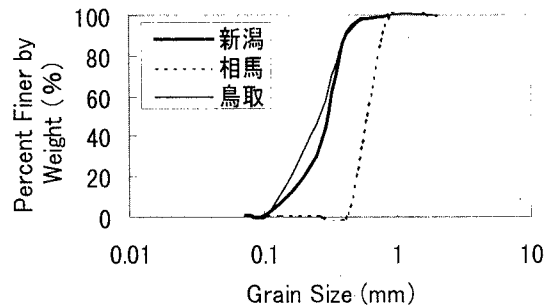


Fig.1 Grain Size Distributions

3. 試験方法

供試体の作製は、ゆるい供試体は 3~10%の含水比で湿らせた砂をモールド内に均等に詰める wet tamping 法を用い、縮まった供試体は乾いた砂を漏斗を用いてモールド内に静かに落下させる空中落下法を用い、非常に縮まった供試体は乾いた砂を漏斗を用いて適量落下させた後モールド側面を金属製のスティックでたたく作業を繰り返し行う方法を用いた。なお、供試体の寸法は直径 5cm、高さ 10cm である。

供試体作製後、飽和度をたかめるため、二酸化炭素 (CO₂) を 30 分通過させた後、脱気水 300cc 通過させ、Back Pressure (3kgf/cm²) をかける。このことにより飽和度は約 100%を確保することができた。

試験はCU試験とし、等方圧密した後ひずみ制御方式 (1mm/min) でひずみ 30%まで圧縮試験を行った。

4. 実験結果

Fig.2 は軸差応力 ($\sigma_1 - \sigma_3$) とひずみの関係を表した曲線のモデル図であり、軸差応力は最大になった後減少し、一定の値すなわち Steady State となる。

今回は間隙水圧の増加を調べるために軸差応力の減少の始まり点 (Failure) と終わりの点 (Steady State) での間隙水圧に注目した。

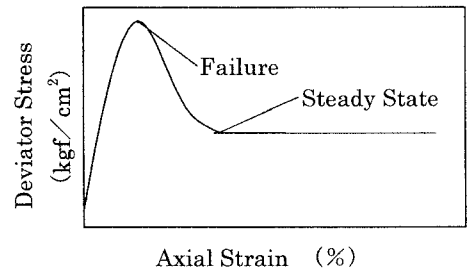


Fig.2 Relationships between Stress and Strain

Toshihiro KOIZU, Sadao TAKESHITA, Takashi KUBO

また、Bishop, A.W.が提案した液状化の程度を示す I_{bu} と圧密後の相対密度 D_r の関係を Fig.3 に示す。 I_{bu} は次式により求まる。

$$I_{bu} = (C_{uf} - C_{us}) / C_{uf} \times 100 (\%)$$

ここで C_{uf} は Failure の点でのせん断強度、 C_{us} は Steady State の点でのせん断強度を示す。

また、 $I_{bu}=0(\%)$ の時は液状化を起こしておらず、 $I_{bu}=100(\%)$ の時は Quick Sand を起こしている。

Fig.3 より、今回用いた 3 つの砂については、 $D_r=0(\%)$ 付近で Quick Sand を起こし、 $D_r=80(\%)$ 付近では液状化を起こしていない。

次に今回注目している間隙水圧と圧密後の相対密度の関係を調べるために Fig.4 に Failure の点での間隙水圧比 ($\Delta u_f / p'_c$) - D_r の関係、Steady State の点での間隙水圧比 ($\Delta u_s / p'_c$) - D_r の関係を示す。ここで、 Δu_f は Failure の点での間隙水圧、 Δu_s は Steady State の点での間隙水圧、 p'_c は初期拘束圧、 D_r は圧密後の相対密度を示す。またここで用いる $\Delta u_f / p'_c$ と $\Delta u_s / p'_c$ はそれぞれ $\Delta u_f / p'_c \times 100(\%)$ 、 $\Delta u_s / p'_c \times 100(\%)$ とする。

今回用いた 3 つの砂について Fig.4 より $\Delta u_f / p'_c - D_r$ の関係、 $\Delta u_s / p'_c - D_r$ の関係はそれぞれほぼ 1 つの曲線上にあることがわかる。

この 2 つの曲線において $\Delta u_f / p'_c - D_r$ の曲線は Fig.4 より $D_r=0(\%)$ の時 $\Delta u_f / p'_c$ の値はほぼ 40(%)であり、 $D_r=80(\%)$ 付近すなわち液状化を起こしていない時 $\Delta u_f / p'_c$ の値は 60~75(%)である。また、もう 1 つの $\Delta u_s / p'_c - D_r$ 曲線は Fig.4 より $D_r=0(\%)$ の時 $\Delta u_s / p'_c$ の値はほぼ 100(%)であり、 $D_r=80(\%)$ 付近すなわち液状化を起こしていない時 $\Delta u_s / p'_c$ の値は 60~75(%)付近である。この 2 つの曲線で D_r の値がほぼ 80(%)すなわち液状化を起こしていないところでは、 $\Delta u_f / p'_c$ と $\Delta u_s / p'_c$ の値は 60~75(%)付近で交わるようである。

5. 結論

1. Fig.4 より間隙水圧比と相対密度の間の関係は砂の種類によらず一定である可能性がある。
2. $D_r=0(\%)$ の時 $\Delta u_f / p'_c$ はほぼ 40(%)であり $\Delta u_s / p'_c$ はほぼ 100(%)である。また、 $D_r=80(\%)$ 付近すなわち液状化を起こしていない時 $\Delta u_f / p'_c$ と $\Delta u_s / p'_c$ は 60~75(%)付近で一致すると思われる。
3. $\Delta u_f / p'_c - D_r$ の関係、 $\Delta u_s / p'_c - D_r$ の関係はそれぞれ 1 つの曲線であることより実験を始める前に圧密後の相対密度と初期拘束圧がわかれば Failure の点での間隙水圧と Steady State の点での間隙水圧が予想できる。

6. おわりに

本報告は、新潟砂、鳥取砂および相馬砂について実験を行い、得られた結果より分析し提案したが、今後実験を重ねることにより今回の提案の実証に努めていきたいと考えている。

7. 参考文献

Bishop, A.W.: Shear strength parameters for undisturbed and remolded soil specimens, Roscoe Memorial Symposium, Cambridge University, pp.3 - 58, 1971.

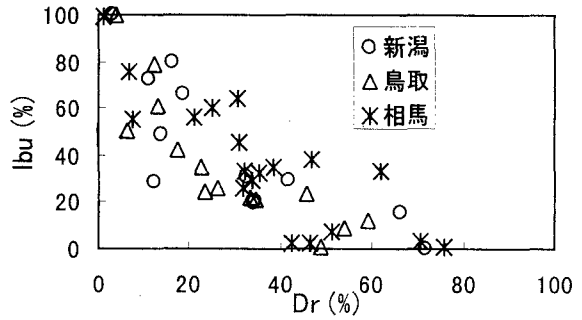


Fig.3 Relationships between I_{bu} and D_r

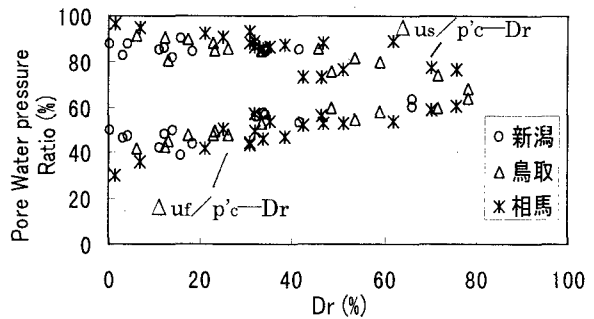


Fig.4 Relationships between Pore Water Pressure Ratio and D_r