

III-129 豊浦標準砂と鳥取砂の液状化ポテンシャルについて

立命館大学大学院 学生会員 ○清水敏郎
立命館大学理工学部 正会員 竹下貞雄
大成建設株式会社 高橋永治

1. はしがき

砂の静的液状化の研究については、Bjerrumの先駆的研究に始まって、Castro¹⁾、Mohamad²⁾らが液状化ポテンシャルLpを用いて砂の液状化の大きさを調べる方法を提案している。我々はこの考えを日本の砂についても調査し、各々の液状化ポテンシャルLpを求め、両者の液状化のしやすさを比較する。

2. 試験方法

用いた砂の主な指標と粒度分布は表1および図1に示した。D₁₀、D₅₀ともに鳥取砂の方が大きく、U_cは豊浦標準砂の方が大きいことはそれだけ配合がよく、U'_cは鳥取砂の方が大きいことは細かい粒子が少ないことを意味する。ゆえに最大間隙比、最小間隙比の値とも鳥取砂が大きくなっている。

試験機は側圧40kgf/cm²(40kgf/cm²以上になると砂粒子が破壊すると言われている)まで載荷できる中圧型圧縮試験機を用いた。供試体は、直径5cm、高さ10cmで相対密度D_r=20%、50%、90%になるように一定の方法で作製した。D_r=20%の場合は漏斗の先端を下への加圧板の上につけ、漏斗の中に砂を詰め、静かに漏斗を引き上げながら詰めた。D_r=50%の時は漏斗を用いてスプーンで5杯ずつモールドの中に充填し、表面をならした後これを繰り返し、5~7層に分けて詰めた。D_r=90%の場合はD_r=50%の時と同じ方法で砂を詰め、各層ごとに4方向を30回ずつ軽くたたいた。供試体の飽和はまず二酸化炭素を1時間通した後脱気水を3時間流した。これによりB値は100%を得ることができた。なおバックプレッシャーは2kgf/cm²とした。

圧密時間は5分、圧縮試験の載荷速度はCD試験では1%/分、CU試験では0.3%/分とし、圧縮ひずみは20%になったところで試験を終了した。

3. 液状化ポテンシャルLp

Casagrandeは限界側圧をσ_{3f}、限界間隙比での圧密荷重をσ_{3c}とすれば液状化ポテンシャルLpはCD試験の結果から次の式から求められるとした。

$$Lp = (\sigma_{3c} - \sigma_{3f}) / \sigma_{3f} \tag{1}$$

また、非排水試験の結果からLpを求めるには増加した間隙水圧の値をΔuとすれば、定常状態ではσ_{3f} = σ_{3c} - Δuとなるので、これを(1)式に代入すると

$$Lp = \Delta u / (\sigma_{3c} - \Delta u) \tag{2}$$

となるので、この式を用いることにする。

表.1 試料の指標

	豊浦標準砂	鳥取砂
比重 G _s	2.636	2.643
有効粒径 D ₁₀ (mm)	0.12	0.18
平均粒径 D ₅₀ (mm)	0.20	0.30
均等係数 U _c	1.67	1.64
曲率係数 U' _c	1.07	1.21
最大間隙比 e _{max}	0.940	1.008
最小間隙比 e _{min}	0.581	0.638

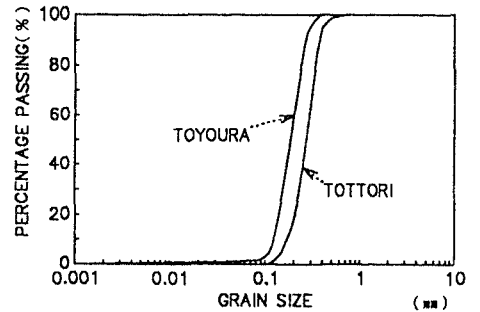


図.1 粒度曲線

表.2 CD試験によるLpの値

豊浦標準砂			鳥取砂		
σ_{3c}^0 (kgf/cm ²)	σ_3^0 (kgf/cm ²)	Lp	σ_{3c}^0 (kgf/cm ²)	σ_3^0 (kgf/cm ²)	Lp
5	1.3	2.85	5	1.1	3.17
10	1.5	5.67	10	1.3	6.69
20	2.0	9.00	20	1.8	10.11
30	2.3	12.04	30	2.2	12.64
35	2.4	13.58	35	2.4	13.58

4. 試験結果および考察

4.1 CD試験

図2は豊浦標準砂と鳥取砂についての定常状態曲線(steady-state line)と圧密曲線(compression curve)である。圧密曲線を比較すると鳥取砂の方が圧縮性が高いように思われる。この2つの曲線から式(1)を用いて各圧密荷重で求めたLpの値が表2に示してある。表2より σ_3^0 の値が35 kgf/cm²の時を除いて鳥取砂の方がLpの値が大きく、それだけ液状化しやすいことがわかる。

4.2 CU試験

図3は豊浦標準砂、図4は鳥取砂のCU試験の結果を縦軸に $(\sigma_1' - \sigma_3')/2$ 、横軸に $(\sigma_1' + \sigma_3')/2$ をとってプロットした応力経路を示したものである。いずれの応力経路も間隙水圧の上昇とともにせん断応力は一旦減少した後上昇しており、この中間で変曲点(elbow)が生じ、部分液状化の性格を示している。ただし最大せん断応力は同じ側圧の時、鳥取砂の方が小さいことが分かる。

この結果から式(2)を用いてLpを求めてプロットしたのが図5である。縦軸にLp、横軸に側圧の値をとったもので、2つの砂ともほぼ直線上にならび、また同じ側圧では10kgf/cm²以下では差がみられないが、側圧が10kgf/cm²以上になると鳥取砂の方がLpが大きくなっている。このことから鳥取砂の方が液状化しやすいことが分かった。しかし、Lpの値はいずれの砂も5.0を上回らず、部分液状化を示すことが分かった。

5. 結論

本報告では豊浦標準砂と鳥取砂について静的液状化特性を調べ、砂の物理的性質、CD、CU試験の結果から鳥取砂の方が液状化しやすいこと、両砂とも部分液状化を示すことが分かった。

参考文献

- 1)G.Castro, S.J.Poulos:"Factors Affecting Liquefaction and Cyclic Mobility", Journal of Geotechnical Engineering, Proc.of A.S.C.E., Vol.103, No.GT6, pp501-516 (1977).
- 2)R.Mohamad, R.Dobry:"Undrained Monotonic and Cyclic Triaxial Strength of Sand", Journal of Geotechnical Engineering, Proc.of A.S.C.E., Vol.112, No.10, pp941-958 (1986).

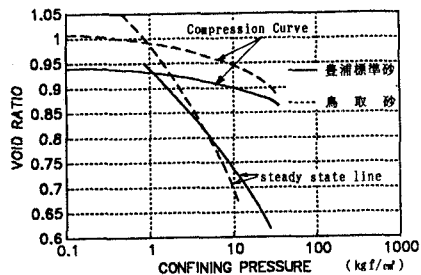


図.2 steady-state lineと圧密曲線

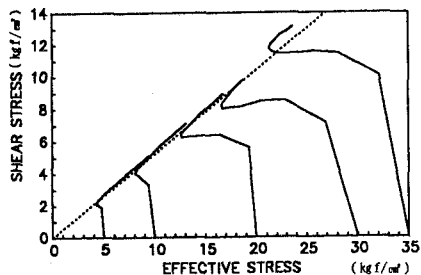


図.3 豊浦標準砂の応力経路

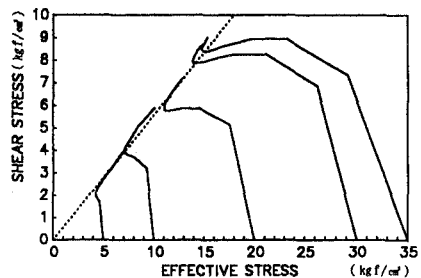


図.4 鳥取砂の応力経路

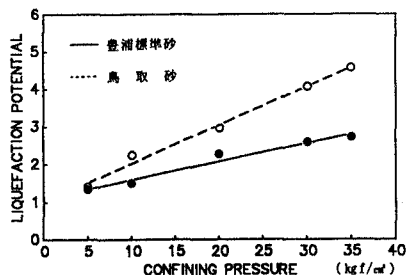


図.5 側圧-Lp