

Ⅲ-A16

静的載荷による砂の液状化挙動に関する研究

日本鉄道建設公団 正会員 小伊豆俊博
立命館大学理工学部 フェロー 竹下貞雄
立命館大学大学院 学生員 久保尚志

1 はじめに 本研究は我々の研究室において非排水条件において圧縮試験、伸張試験を行い、その相関について考察したものである。

2 試料 用いた試料は鳥取砂（鳥取県）、吉田砂（静岡県）、2種類である。両砂とも海岸から採取し、良く水洗いした後、2mmふるい通過分を乾燥し、用いた。物理的特性、粒径加積曲線は表1、図1にそれぞれ示した。

表1 物理的特性

	鳥取	吉田
G_s	2.643	2.660
D_{10}	0.14	0.12
D_{30}	0.19	0.15
D_{60}	0.30	0.18
U_c	2.14	1.50
U'_c	0.86	1.04
e_{max}	1.008	0.994
e_{min}	0.638	0.605

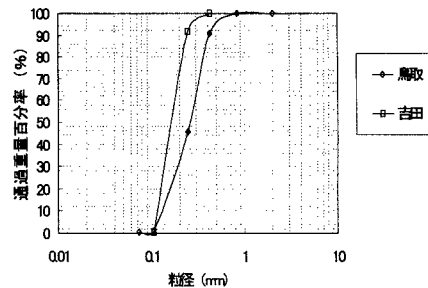


図1 粒径加積曲線

3 実験と考察 供試体の寸法は直径 50mm、高さ 100mm とした。、背圧を圧縮試験では 3kgf/cm^2 、伸張試験では 5kgf/cm^2 をかける事で、B 値はほとんど 100% 確保できた。試験は圧縮試験、伸張試験ともに等方圧密した後、ひずみ制御方式で行い、伸張試験は軸圧除去の形で行った。ひずみは圧縮試験では 30%、伸張試験では 13% まで行った。

図2は鳥取、吉田砂の圧縮試験における定常状態時の軸応力-平均有効主応力の関係、図3は吉田砂の伸張試験における定常状態時の軸応力-平均有効主応力の関係を示している。

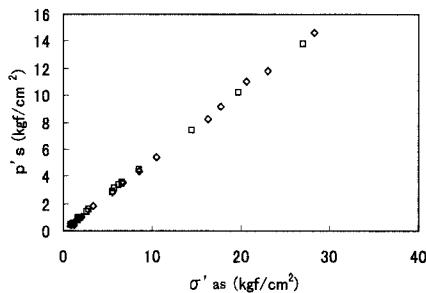


図2 σ'_{as} と p'_s の関係

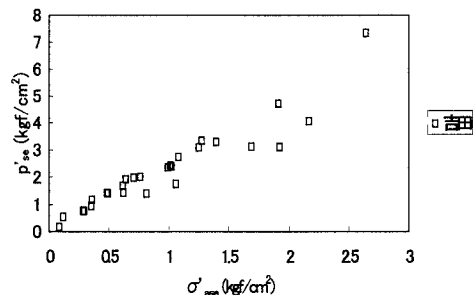


図3 σ'_{ase} と p'_{se} の関係

図2から $\sigma'_{as} = 2p'_s$ という関係が読み取れ、図3からは $\sigma'_{ase} = 5/2p'_{se}$ という関係が読み取れる。

平均有効主応力の式は

圧縮試験 伸張試験 過剰間隙水圧 SSL

立命館大学（滋賀県草津市野路東 1-1-1 電話 077-566-1111 FAX077-561-2667）

$$p' = \frac{\sigma'_a + 2\sigma'_t}{3} \Rightarrow 3p'_s = \sigma'_{as} + 2\sigma_{ts} - 2\Delta u_s$$

$$\Rightarrow 3 \frac{p'_s}{p'_c} = \frac{\sigma'_{as}}{p'_c} + 2 - 2 \frac{\Delta u_s}{p'_c} \Rightarrow \frac{\Delta u_s}{p'_c} = \frac{\sigma'_{as}}{2p'_c} + 1 - \frac{3p'_s}{2p'_c}$$

というように変換できる事から、ここに図2、図3から得られた圧縮試験におけるの $\sigma'_{as} = 2p'_s$ 、伸張試験におけるの $\sigma'_{ase} = 5/2p'_{se}$ という関係をそれぞれ代入すると

$$\frac{\Delta u_s}{p'_c} = 1 - \frac{1}{2} \cdot \frac{p'_s}{p'_c} \quad (\text{圧縮}) \quad \frac{\Delta u_{se}}{p'_c} = 1 - \frac{13}{10} \cdot \frac{p'_{se}}{p'_c} \quad (\text{伸張})$$

図4は間隙水圧比（最大過剰間隙水圧／側圧）と間隙比の関係を示した。図からばらつきはあるものの $\Delta u_{s(e)}/p'_c = 80\%$ 以下では同様の曲線に乗るものと考えられる。このことから上の2式が等号でつながれるので

$$1 - \frac{1}{2} \cdot \frac{p'_s}{p'_c} = 1 - \frac{13}{10} \cdot \frac{p'_{se}}{p'_c} \Rightarrow 0.385p'_s = p'_{se}$$

という関係が得られる。

この $0.385p'_s = p'_{se}$ という関係を用いて、鳥取砂の SSL 伸張予想曲線を描いたのが図5である。

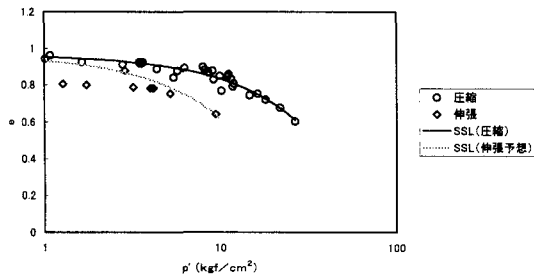


図5 鳥取砂のSSL

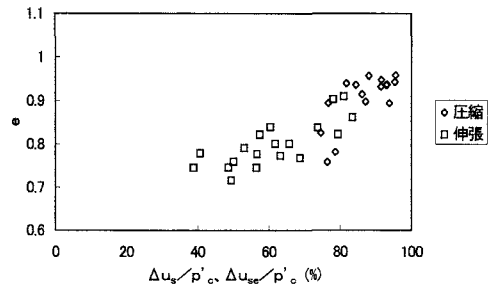


図4 間隙水圧比と間隙比の関係

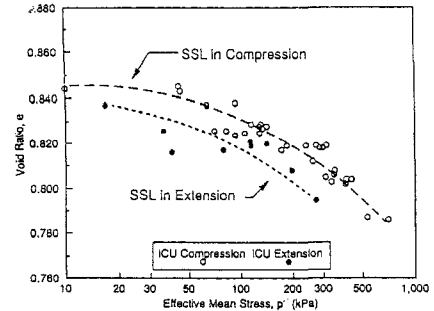


図6 M.F.Riemer et al,1997の文献中の Steady-State line

図6は文献から引用したものである。図5では横軸の平均有効主応力が 2 kgf/cm^2 以下になるとプロットと曲線が離れていく事が読み取れる。これは図4による影響であると考えられる。一方図6では p' が 100 kPa の時の間隙比を圧縮試験によるSSL(破線)から読み取ると約 0.830 と読み取れる。また伸張試験によるSSL(点線)において間隙比が 0.830 のところの p' を読み取ると約 40 kPa と読み取れることから図6では $p'_{se}/p'_c = 40/100$ で 0.4 となり 0.385 という数字がこの図にも当てはまることがわかる。また $100 \text{ kPa} \approx 1 \text{ kgf/cm}^2$ であることから Steady-State line の引き方によっては 2 kgf/cm^2 でも 0.385 が有効である事が言えるが、我々の試験では 2 kgf/cm^2 以上で有効という結果になった。ゆるい状態での伸張試験、締まった状態での圧縮試験をさらに行う必要があるように思われる。

4 まとめ 伸張試験による定常状態線 SSL は圧縮試験による SSL の横軸を 0.385 倍してシフトすれば近似的に求められる。

引用文献 Riemer, M.F., Seed, R.B. 1997. Factors affecting apparent position of steady-state line, Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, ASCE 123(3):281-288