

立命館大学理工学部 学生員 ○小伊豆 俊博
 立命館大学理工学部 正会員 竹下 貞雄
 立命館大学理工学部大学院 学生員 林 正一
 立命館大学理工学部大学院 学生員 西村 卓郎

1. はじめに

最近地震のニュースをよく耳にする。それと同時に液状化という言葉がセットのようによく聞く。しかし液状化という言葉が出て来たのはそんなに古い話ではない。この論文は地震と直接関係が無い静的な力による液状化についての報告である。ここでは砂の静的液状化特性を調べるためにL₁を用いた。

表1 物理的性質

	吉田の砂	和田の砂
G _s	2.680	2.745
D ₁₀ (mm)	0.12	0.11
D ₃₀ (mm)	0.15	0.14
D ₅₀ (mm)	0.19	0.24
U _c	1.52	2.18
U _c	0.94	0.81
e _{max}	0.994	1.017
e _{min}	0.605	0.619

2. 試料

吉田の砂(静岡県)と和田の砂(福井県)の海砂を水洗いして用いた。物理的性質は土木学会基準に従った方法より求め、右の図1、表1に示す。

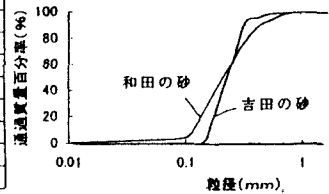


図1 粒径加積曲線

3. 実験方法

供試体の作製はゆるづめ状態(D_r ≤ 20)とそうでないときに分け、前者をモイストタンピング法、後者を空中落下法で寸法を直径5 cm、高さ10 cmのものを作り、CO₂、脱気水により飽和させる。その後土木学会基準に従った圧密非排水三軸圧縮試験を行った。

4. 実験結果及び考察

図2は吉田の砂のX軸に平均有効主応力p'、Y軸に主応力差qを取った応力経路である。原点に達しているものはquick sandを起こしている。又原点に達せず曲がって上に伸びているのは曲がる点でひずみ軟化からひずみ硬化へと変わっていると考えられる。更にこの点ではsteady stateになっているとも考えられる。

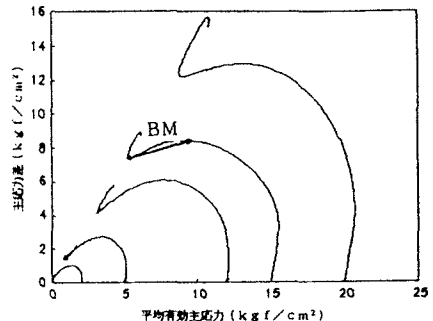


図2 応力経路(吉田の砂)

図3はX軸に図2でのp'の最小値p'_{ss}、をとりY軸に間隙比を取ったsteady state lineである。このグラフでは線が下にくる程縮まった状態でもsteady stateになるということが言える。更にp'_{ss}が大きい値で応力経路のqは減らない。従って液状化の判定にはp'_{ss}の小さな所で行う。そうすると吉田の砂の方が和田の砂より液状化し易い。言い換えればp'_{ss}が大きい値より小さい値の方が液状化判定には重要である。そこで応力経路の大小を逆にしたのが

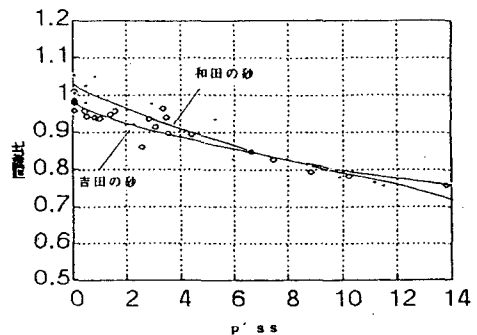


図3 steady state line

Toshihiro KOIZU, Sadao TAKESHITA, Syouiti HAYASHI, Takurou NISHIMURA

正規化応力経路 図4、図5である。
 この図でqの先に訪れるピーク点とX=1の時の点の距離がエネルギー損失である。この距離をY軸、間隙比をX軸に採ることでsteady state lineをより見易くしたのが図8、図9である。この点の近似線をquick sand分を除いた液状化する部分を積分したのがL. I. である。

今まで近似線の式にべき乗近似(破線)を用いたが、それでは間隙比が0で液状化せず、∞でquick sandになることになる。すなわちquick sandは存在しないことになる。この対策として今回は図6、図7でRq (q_{ss}/q_{max})と間隙比をグラフにし、一次近似をし、そのX=0をquick sandを起こす最小間隙比、X=1を液状化を起こす最小間隙比としてその範囲で正接を用いて近似したのも同時に示した(実線)。

それぞれL. I. を求めると
 べき乗近似

$$L.I.(吉田の砂) = \int_{0.815}^{0.983} 6.34X^{11.52} dX = 0.369$$

$$L.I.(和田の砂) = \int_{0.823}^{1.073} 1.59X^{5.81} dX = 0.315$$

正接近似

$$L.I.(吉田の砂) = \int_{0.815}^{0.982} 1.52 \tan\left(\frac{X-0.815}{0.168} \times 90^\circ\right) dX = 0.76$$

$$L.I.(和田の砂) = \int_{0.823}^{1.072} 0.78 \tan\left(\frac{X-0.823}{0.250} \times 90^\circ\right) dX = 0.63$$

となりどちらで比べても吉田の砂の方が液状化しやすいと言える。

5. おわりに

上記の結果より正接での近似の方が値が大きく、差も大きく出ていることが分かる。この理由としてquick sand付近を正確に積分できていることが考えられる。この事より正接による近似が有効であると考えられる。

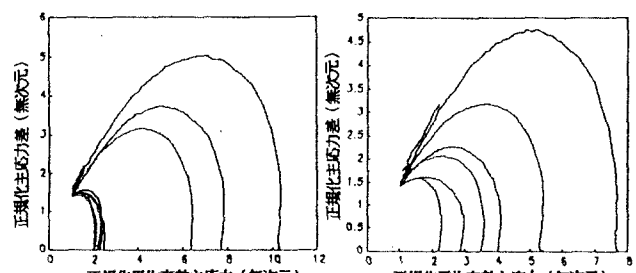


図4 正規化応力経路 (吉田の砂)

図5 正規化応力経路 (和田の砂)

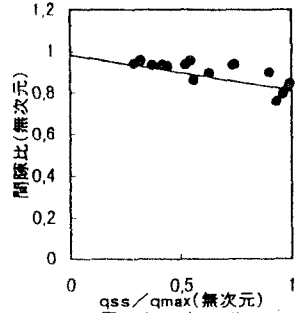


図6 Rq (吉田の砂)

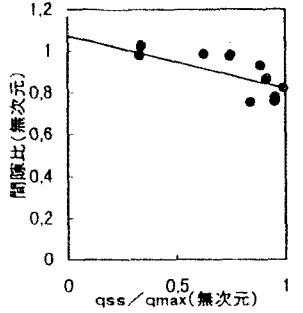


図7 Rq (和田の砂)

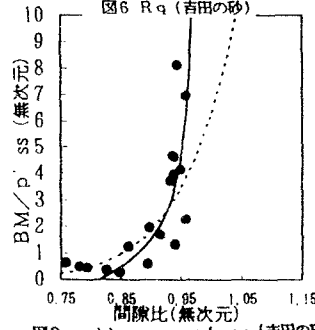


図8 collapse surface (吉田の砂)

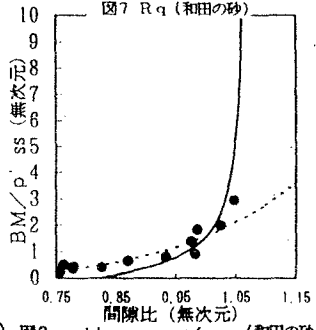


図9 collapse surface (和田の砂)