

ポートアイランド・六甲アイランドで採取した沖積粘土の繰返し強度の比較

岐阜大学大学院 学生会員 ○竹内法道

岐阜大学 正会員 八嶋厚

岐阜大学大学院 学生会員 古田竜一

1.はじめに

1995 年に発生した兵庫県南部地震において、液状化被災状況に違いがみられた神戸市ポートアイランド(以下 PI)と同市六甲アイランド(以下 RI)の埋立層を対象に数多くの比較調査が実施され、両人工島の液状化程度の要因が明らかになってきた¹⁾。一方、両人工島の埋立時期には、かなりの時間差があることがわかっている。このことから埋立層直下の沖積粘土層の剛性の違いにより、液状化対象地盤である埋立層への地震動伝達に差異が生じたことも考えられる。そこで筆者らは、1999 年末に両人工島の鉛直区アレー地震計設置地点において採取した埋立層直下の沖積粘土を用いて一連の研究を行ってきた²⁾。今回は、採取した沖積粘土に繰返しせん断応力を作用させ、両人工島の沖積粘土の繰返し強度の比較および検討を行った。

2.試料および試験方法

本研究で用いた試験試料は、両埋立地の地震計設置位置において、ロータリー式二重管サンプラーを用い粘性土を採取したものである。両地点の土質柱状図とサンプリング深度を図.1 および図.2 に示す。また、沖積粘土の物理試験結果を表.1 に示す。

繰返しせん断試験には、中空ねじりせん断試験機を用い、供試体寸法は外径 7cm、内径 3cm、高さ 10cm とした。有効拘束圧は、試験対象粘土で設定深度について行った標準圧密試験結果の圧密降伏応力を鉛直応力として、原位置での応力状態を $K_0=0.5$ と仮定して算出した。また、背圧も原位置における地下水位を考慮し各試験 294kPa とし等方圧密した後、繰返し载荷を行った。試験では繰返し载荷速度を 7.5kPa/min と設定して、応力振幅を変化させることによって、繰返し強度を比較した。試験終了は、トルク制御が不能になった時点とした。試験条件および試験結果から求まる初期せん断剛性を表.2 と表.3 に示す。

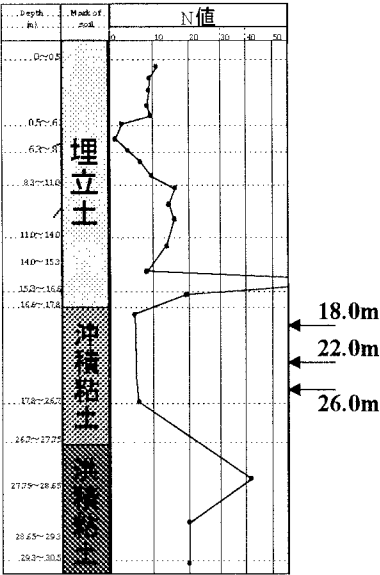


図.1 PI の柱状図とサンプリング深度

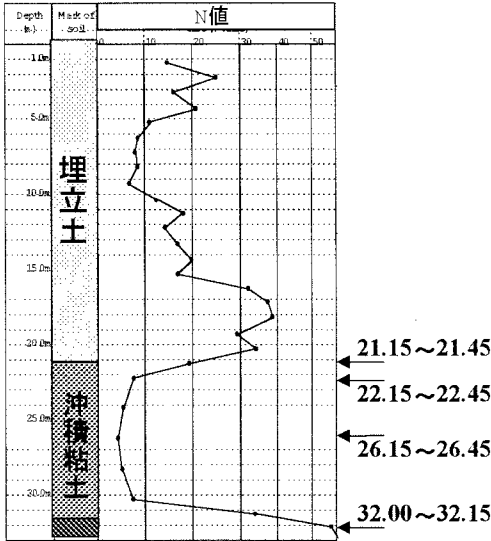


図.2 RI の柱状図とサンプリング深度

表.1 両人工島の物理特性				
	液性限界 $W_L(\%)$	塑性限界 $W_P(\%)$	塑性指数 $I_P(\%)$	比重 G_s
ポートアイランド (GL.-25.00～ -25.80m)	93.9	30.5	63.4	2.601
六甲アイランド (GL.-29.00～ -29.85m)	111.9	33.5	78.4	2.624

表.2 PI の試験条件と初期せん断剛性

表.3 RI の試験条件と初期せん断剛性

試験名	圧密応力 (kPa)	せん断応力速度 (kPa/min)	せん断応力比 τ / σ'_c	初期剛性 G_0	試験名	圧密応力 (kPa)	せん断応力速度 (kPa/min)	せん断応力比 τ / σ'_c	初期剛性 G_0
PI-1	180.320	7.5	0.2825(小)	45000	RI-1	192.080	7.5	0.2791(小)	31700
PI-2	180.320	7.5	0.3213(中)	31800	RI-2	192.080	7.5	0.3(中)	48800
PI-3	208.740	7.5	0.3952(大)	39500	RI-3	208.740	7.5	0.39(大)	39800

3. 試験結果と考察

図.3 および図.4 にせん断応力比と繰返し回数との関係を示す。図.3 では、ひずみの両振幅が 2%(D.A.=2%) また、図.4 では、4%発生したときの繰返し回数をプロットした。繰返し回数 $N > 10$ の範囲では、ほぼ同程度の強度を示しているが、 $N < 10$ では、いずれも PI の強度が大きくなっている。また、図.3 と図.4 のグラフを比べてみると、低ひずみの強度曲線(図.3)ほど PI と RI の強度差は、小さい。図.5 および図.6 に PI と RI の過剰間隙水圧比の経時変化を示す。図.5(PI)と図.6(RI)から、すべての結果で過剰間隙水圧比の最大値が 0.3~0.4 の範囲内にあり、せん断応力比の大きいものの過剰間隙水圧比の上昇が早い(表.2.3 参照)。図.7 および図.8 に剛性低下率とせん断ひずみの関係を示す。剛性低下率は、繰返し試験結果の応力~ひずみ関係から各サイクルにおける等価せん断剛性率を求め、初期剛性で除した値である。両人工島ともせん断ひずみ 1%での等価せん断剛性率は、初期剛性の 15%程度まで低下する。

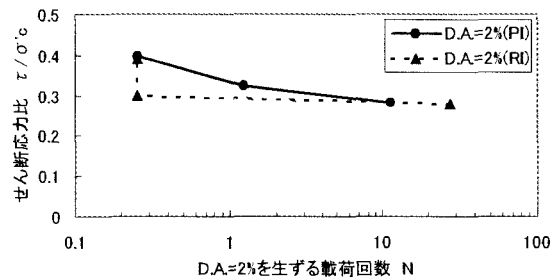


図.3 応力比と繰返し回数との関係(D.A.=2%)

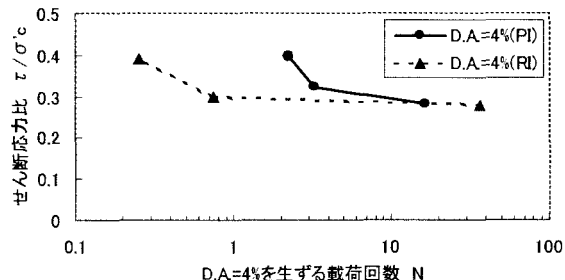


図.4 応力比と繰返し回数との関係(D.A.=4%)

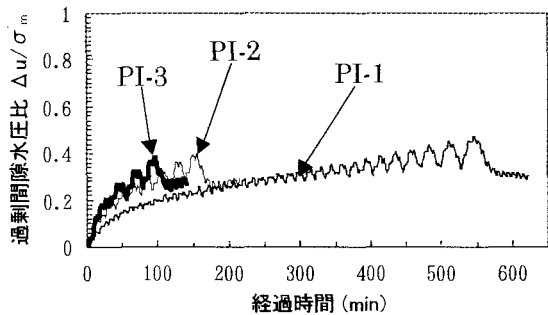


図.5 過剰間隙水圧比の経時変化(PI)

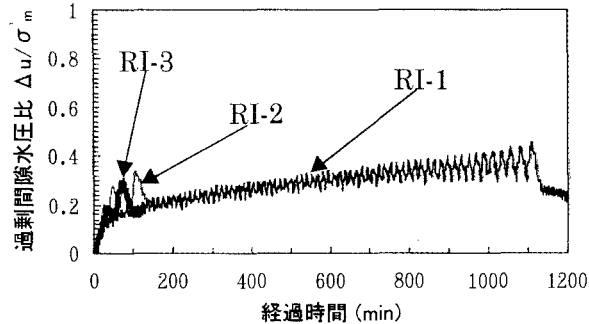


図.6 過剰間隙水圧比の経時変化(RI)

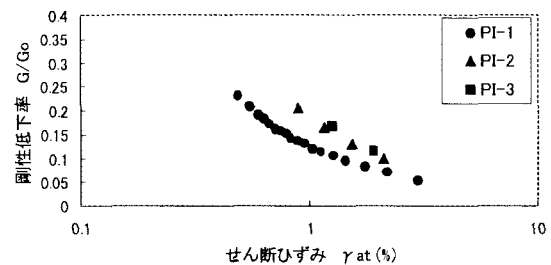


図.7 $G/Go \sim \gamma_{at}$ 関係(PI)

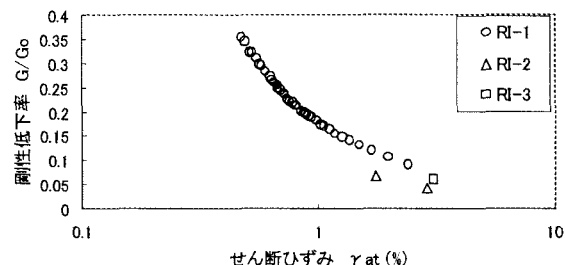


図.8 $G/Go \sim \gamma_{at}$ 関係(RI)

4. まとめ

PI および RI で採取した沖積粘土を用いて繰返しせん断試験を行った結果、液状化強度は RI に比べ PI の沖積粘土が大きくなった。また、両人工島沖積粘土ともせん断ひずみに対する剛性率低下がほぼ同じであることがわかった。今後は、以前行われた解析結果³⁾と比較する解析を行うため、ひずみ速度を変化させて行う三軸圧縮試験により解析に用いるパラメータを求める。

[参考文献]

1) 田中泰雄: 臨海埋立地の埋立材料の液状化強度と影響因子、土と基礎、地盤工学会、Vol.No.6,Ser.No.497,(1996.6),pp33-36
2) 古田竜一・竹内法道・八嶋 厚・杉戸真太・古本吉倫・渦岡良介: 埋立地盤の圧密履歴を考慮した地震増幅特性について、JCOSSAR 2000 論文集,pp289~296
3) 金海博樹: 粘土の弾粘塑性構成式を導入した多層地盤の三次元液状化解析、岐阜大学修士論文,1999