

載荷・除荷過程における飽和粘土の圧密機構に関する研究

山口大学大学院 学生会員 ○丸山八大 白宗和 山田和昌

正会員 松田博 石藏良平

1.はじめに

日本では、海岸部分に都市部が集中していることが多く、軟弱地盤上に盛土や構造物を建設する際に生じる残留沈下や不等沈下に対する正確な沈下予測あるいは抑制などの対策が重要である。また近年地球温暖化を原因とする海面上昇など軟弱地盤に対する環境は変化していくことが予測される。圧密沈下予測については、既存の圧密理論が定着しているが、理論値と実際の沈下量が一致しないことは数多い。そこで飽和粘土の圧密機構について調べている¹⁾が本研究では飽和粘性土の載荷-除荷-再載荷過程における挙動を明らかにすることを目的とし、層別計測型圧密試験機（以降 STC と表記）を用いて実験を行った。

2.試料および実験方法

実験で用いた試料は東京湾粘土で試料の物理及び力学特性を表-1に示す。試験は STC を用いた。STC は粘土層をいくつかの層に分割し、各層の応力条件や排水条件が分割しない場合と同一になるように各層を連結し圧密する装置である。試験中は温度変化の影響を避けるために室温を 20℃ に保ち全ての圧密容器を恒温水槽に入れて 15℃±0.5℃ に保った。載荷方法は各分割層で $\sigma_0/2=39.2\text{kPa}$ 、 $\sigma_0=78.4\text{kPa}$ で 2 段階予圧密を行った。各載荷期間は間隙水圧より算定した EOP 時間である。その後、層全体として片面排水条件とし $\Delta\sigma=\sigma_p-\sigma_0=78.4\text{kPa}$ (σ_p : 事前圧密荷重) を載荷した。次に、間隙水圧より求めた層全体の平均圧密度 U が 29.9%、51.1%、76.7%、の時 $\Delta\sigma$ の除荷を行った。その際間隙水圧が負圧を生じるがその負圧が全層で消散した後、最終荷重 $\sigma_f=117\text{kPa}$ を載荷した。Test a の実験では事前圧密を行うことなく最終荷重を載荷している。また Test e では十分な時間(20000min)経過後同様にして除荷-再載荷を行っている。載荷方法を表-2に示す。

3.実験結果と考察

層別計測型圧密試験機では、各分割供試体の底部 ($z/H=0.2, 0.4, 0.6, 0.8, 1.0$) における間隙水圧を測定した。これにより供試体内部の間隙水圧値を正確に測定できるとともに過剰間隙水圧の経時変化が得られる。

図-1 は $U=29.9\%$ のとき除荷したときの再載荷時における過剰間隙水圧の経時変化を示す。除荷時では排水層に近

表-1 試料の物理特性

	Clay	Silt	Sand	w_L	w_p	$\rho_s(\text{g/cm}^3)$	C_c
Tokyo Bay Clay	38%	26%	36%	66.6%	41.6%	2.78	0.46

表-2 載荷方法及び諸条件

Test No	Sample	σ_0 (kPa)	σ_p (kPa)	σ_f (kPa)	U (%)	H_0 (cm)
a	Tokyo Bay Clay	78.4	-	118	-	10
b		78.4	157	118	29.9	
c		78.4	157	118	51.1	
d		78.4	157	118	76.7	
e		78.4	157	118	100	

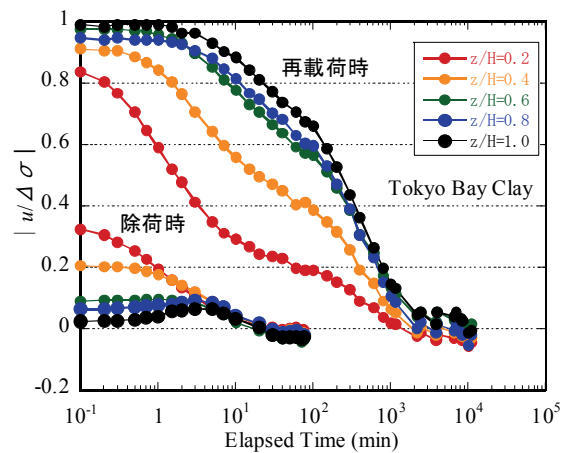


図-1 間隙水圧の経時変化(Test b)

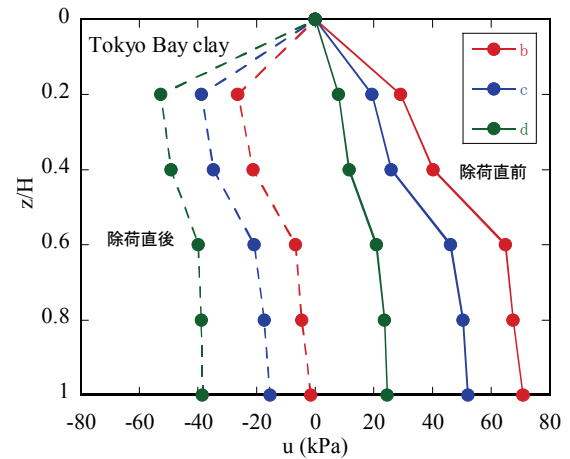


図-2 除荷直前・直後の過剰間隙水圧分布

いほど大きい負圧が生じている.また負圧の消散過程については圧密度 U に依存せず,経過時間はほぼ等しくなっている.その消散過程において U が小さいとき排水層側と非排水層側では消散過程途中から同様の経路をたどっている.これは事前圧密過程において非排水層側でより圧密が進行したためである.

図-2は除荷直前と直後の過剰間隙水圧分布を示す.水圧は除荷時間が短いほど多く残留していることがわかる.除荷時に生じる負圧は U が大きい程,大きくなっている.

図-3は平均沈下ひずみの経時変化を示す.事前圧密を行った場合の b, c, d 曲線は全て a, b の間におさまっている.これは網干・松田らの研究¹⁾と同様の結果である.当然ながら除荷時の平均圧密度が大きい時,リバウンドも大きくなるがその後の沈下を大きく抑制できていることが分かる.

図-4に $U=29.9\%$ のとき除荷する場合について載荷-除荷-再載荷過程における各分割層毎の沈下ひずみの経時変化を示す.No1は排水層, No5は非排水層を示している.図から明らかなように,排水層側になるほど再載荷後の圧密が抑制されて,最終沈下量は排水層側では最も大きく生じる.これとは逆に非排水層側では圧密が抑制されずに残留沈下が多いことがわかる.また圧密度が大きくなるほど残留沈下量は抑制されていることもわかる.

図-5は $U=29.9\%$ の除荷したときのひずみ速度の経時変化を示したものである.ひずみ速度は載荷及び再載荷時についてのみ示している.圧密初期に大きいひずみ速度を示し,圧密が進行するにつれてひずみ速度が減少し最終的にほぼ同じ大きさになっている.また,再載荷時において排水層側のひずみ速度が著しく小さくなり,時間経過と共に一定値に収束している.

4.まとめ

- 1) 圧密度 U が小さいとき,排水層側と非排水層側では負圧の消散過程途中から過剰間隙水圧は類似の経路をたどるが, U が大きいときはその経路に大きな差異が生じる.
- 2) 排水層側では再載荷後の圧密が抑制されて最終沈下量は大きくなる.
- 3) 再載荷時のひずみ速度は排水側の層の値が小さく,時間経過とともに一定値に収束する.

【参考文献】

- 1) 山田和昌：クリープの影響を考慮した飽和粘性土の圧密機構に関する研究,第44回地盤工学研究発表会,pp.871-872,2009
- 2) 網干寿夫, 松田博：層別計測による事前圧密工法の基礎的研究, 土木学会論文集, No.331, pp.139-144, 1983

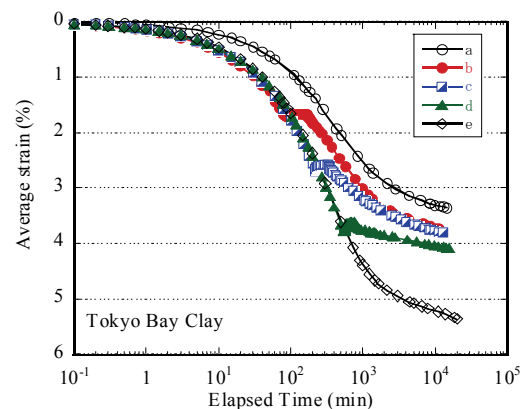


図-3 載荷-除荷-再載荷過程の沈下ひずみの経時変化

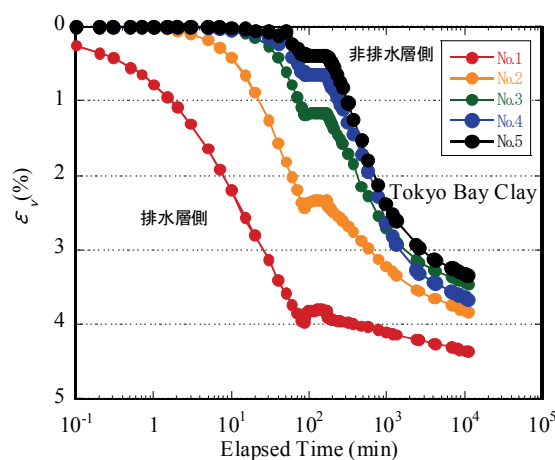


図-4 載荷-除荷-再載荷過程の沈下ひずみの経時変化(Test b)

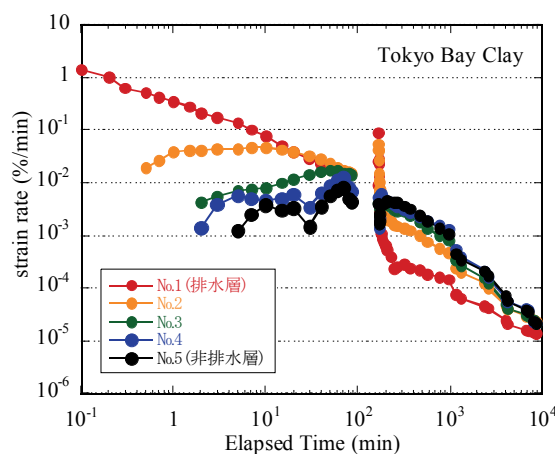


図-5 載荷・再載荷過程のひずみ速度の経時変化 (Testb)