

Ⅲ-A51

粘性土のクリープ挙動に関する実験的研究

芝浦工業大学 (正) 足立 格一郎

(学) 小林 亮 (現 日本道路公団) (学) 坂本 充央

○(学) 宮永 慎也 大島 孝之 (現 愛知県庁)

1. はじめに

粘性土のクリープ挙動に関し、東京下町地域に広く分布する有楽町層粘土試料を用いて、実験的研究を行ない興味深い結果が得られたので報告する。試験に用いた試料は、①不攪乱試料(以下 N 試料と呼ぶ)、②室温再構成試料(R 試料)、③高温再構成試料(H 試料)、の3種類である。

2. 試験の概要

(1)試料の概要：N 試料は、東京都墨田区錦糸町で採取された有楽町層粘土である。この試料の物理試験結果を表1に示す。この試料を $\phi = 425 \mu\text{m}$ のふるいで裏ごししたスラリー試料から、表2のような条件で再構成することにより R、H 試料を作製する。

(2)CIU 試験：この試験は非排水クリープ試験における基準強度(各試料それぞれ数箇の試験を行い、そのピーク強度の平均)を得るために行う。等方圧密応力は現地盤が $K_0 = 0.5$ 状態であると考え、有効土被り圧から算出した平均有効土応力 90kPa とした。

表1 N 試料の物理試験結果

液性限界 $w_L(\%)$	塑性限界 $w_P(\%)$	塑性指数 I_P	土粒子密度 $\rho_s(\text{g/cm}^3)$	含水比 $w(\%)$	間隙比 e
53.7	31.1	22.6	2.68	61.1	1.637

表2 再構成試料の作製

	R 試料	H 試料
圧密圧力の荷重段階	10→30→65→130kPa	20→40→65→130kPa
	段階的に荷重を行う。 (最終荷重は N 試料の有効土被り圧)	
一次圧密終了確認	3t 法	
温度($^{\circ}\text{C}$)	23	75
初期含水比($\%$)	80.5(N 試料の液性限界の 1.5 倍)	
再構成後含水比($\%$)	46.6	47.5
再構成後間隙比	1.247	1.271
総沈下量(mm)	34.65	29.61
総圧密時間(min)	11390	5842

せん断過程においては歪速度 $0.05\%/min$ で非排水せん断を行った。尚、この試験結果をもとに算出した非排水クリープ試験時の基準強度を表3に示す。

(3)非排水クリープ試験：圧密過程に関しては CIU 試験と同様である。クリープ過程では CIU 試験より得られた基準強度の 20%, 40%, 60%, 80%, 100%, 110%, 120% を荷重レベルとして設定し、非排水条件で一定荷重を荷重する。荷重方法は瞬間荷重で行い(約 15 秒間で所定の荷重を荷重)、クリープ時間は最低 2880 分とした。

3. 結果・考察

(1)再構成試料作製結果および CIU 試験結果に関する検討

各試料の CIU 試験結果として図1に軸歪～軸差応力曲線を示す。この図1と表1、表2から3つの試料を比較すると次のようなことが言える。①N 試料は間隙が大きく、ピーク強度も大きい。そのピーク強度は明瞭であり、軸歪 1.5% 付近で発生するなど、年代効果を有した綿毛的構造を持つ不攪乱粘性土特有の挙動といえる。

②R 試料は間隙が小さく、明瞭なピーク強度を示さない。③H 試料は R 試料に比べ圧密時間が短く、間隙が大きいが、ピーク強度はほぼ同強度である。また明瞭なピーク強度を示すという点においては N 試料の特性と類似している。以上より H 試料は、高温環境の影響(水の粘性係数の低下、イオン濃度の増加に伴う凝集力の高い骨格構造の形成)によって高位な骨格構造を形成したものと考えられる。

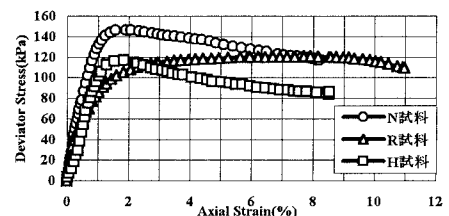


図1 軸歪～軸差応力曲線

表3 基準強度

	基準強度 (kPa)
N 試料	148
R 試料	128
H 試料	116

キーワード：クリープ、歪速度、温度環境、再構成試料

連絡先：〒108-8548 東京都港区芝浦 3-9-14 芝浦工業大学土木工学科地盤工学研究室

TEL 03-5476-3048 FAX 03-5476-3166

(2)非排水クリープ試験結果に関する検討

非排水クリープ試験結果として、図2、図3、図4に各試料の各荷重レベルにおける時間と軸歪の関係を示す。ここで破壊点とは、クリープ歪速度(軸歪/時間)で表わされる)が極小となり加速クリープが始まる点としてプロットしている。この図から、クリープ挙動には①低歪で直線的な挙動を示すもの(各試料基準強度の60%以下)、②最終的に歪が収束するもの(R試料の80%, 100%, 110%), ③歪が増大し、破壊に至るもの(N, H試料の80%以上, R試料の120%), に大別できる。

ここで、クリープ挙動に明確な違いが現れた80%, 100%, 110%の荷重レベルを各試料において比較する。この荷重レベルにおいて、N, H試料は最終的に破壊に至るが、H試料の方が破壊点に達するまでの歪の増加が少なく、脆性的に破壊している。また、一般的に粘性土のクリープ試験時におけるクリープ破壊するかしないかの限界応力(クリープ破壊強度)は、三軸圧縮試験で求めた圧縮強度の7割程度であると報告されている。つまり圧縮強度の7割以上の応力下ではクリープ破壊に至る¹⁾。本研究においても、N, H試料の荷重レベル80%では破壊に至っており、既往の研究に則した結果である。しかしR試料では、110%以下の荷重レベルにおいて破壊は確認されておらず、N, H試料とは挙動に大きな差が見られた。これは骨格構造の違いによるものとみられる。すなわち、R試料は、配向的で未発達(低位)な骨格構造を持ち(いわゆる Young Clay)、間隙比も相対的には小さい。このため外力に対しては変形を伴いながら抵抗する、いわゆる歪硬化的挙動を示したと思われる。よって100%を超える荷重レベルに対しても歪が収束し、またCIU試験においては、ピーク強度発生までの歪量が大きく明瞭なピークを示さない挙動になったものと考えられる。以上のような結果の特徴は、図5、図6に示したH試料及びR試料の、クリープひずみ速度と経過時間との関係を両対数目盛りでプロットした図に明瞭に示されている。

4. まとめ

①荷重レベル80%以上のクリープ挙動では、R試料が歪硬化的挙動を示し歪が収束するが、N, H試料は破壊に至る(特にH試料は脆性的)。②N, R, H試料は3試料とも骨格構造およびその接点結合力に違いがあり、クリープ挙動に差異を示した。③高位な骨格構造を有する試料(H試料)は、クリープ試験を行うと歪軟化的あるいは脆性的な変形挙動を示す。一方、低位な骨格構造を有する試料(R試料)は、歪(クリープ)硬化的挙動を示す。

(参考文献) 1)土質工学会:入門シリーズ1 土質工学入門。 2)風間英彦・小田匡寛・木梨英雄・小宮幸雄:粘土の時間依存性挙動と粘塑性構成モデル, 第24回土質工学研究発表会, pp.583~584, 1989。

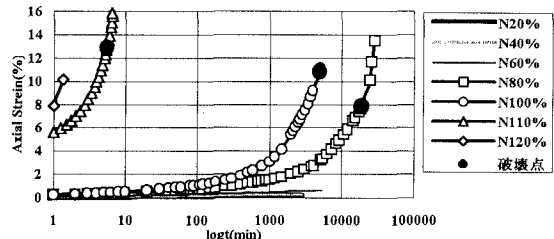


図2 N試料 時間～軸歪曲線

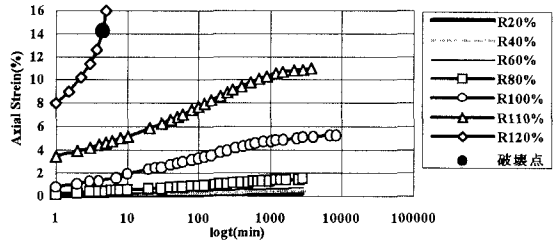


図3 R試料 時間～軸歪曲線

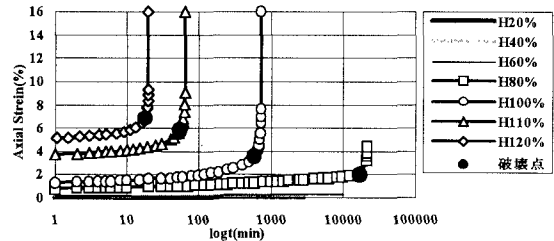


図4 H試料 時間～軸歪曲線

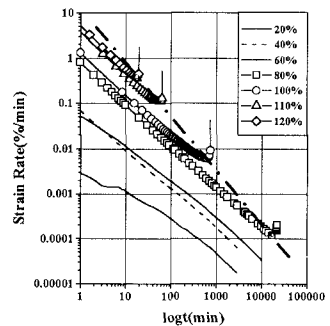


図5 H試料 時間～歪速度曲線

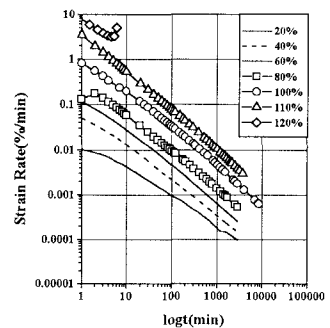


図6 R試料 時間～歪速度曲線