

横浜粘性土の室内クリープ試験とアイソタック型圧縮則に基づくクリープ解析の比較

横浜国立大学 学生会員 ○師岡 周平

横浜国立大学 正会員 早野 公敏

1.背景・目的

粘土の骨格構造の粘性を考慮したアイソタック型圧縮則に基づく粘弾塑性理論が今井(2002)⁽¹⁾によって提案されており、この理論に基づく圧密解析プログラム「CONAN」が開発されている。そこで今回、横浜市内でサンプリングした乱さない試料を用いて段階クリープ試験と長期圧密クリープ試験を実施し、CONANによるアイソタック型圧縮則の適用性について検討した。

表-1 供試体の物理特性

2.圧密解析プログラム CONAN について

CONAN に用いている有限ひずみ・非線形・時間依存型の構成モデルは、こう結作用がない正規圧密粘土を対象としており、体積比 $f(=1+e)$ を用い、以下に示す式(1)、(2)の圧縮則、式(3)の透水則から構成されている。

$$\text{降伏後の圧縮則} \quad \log f = \Gamma_L^* (\dot{\epsilon}_n^a \cdot 10^b + 1) - C_c^* \log \sigma_v' \dots (1)$$

$$\text{降伏前の圧縮則} \quad \Delta(\log f) = - \frac{C_c^*}{1 + \mu \cdot \Delta \dot{\epsilon}} \cdot \Delta(\log \sigma_v') \dots (2)$$

$$\text{透水則} \quad \log f = C_k^* \log k_v + K^* \dots (3)$$

ここに、 σ_v' ；鉛直有効応力、 $\dot{\epsilon}_n$ ；自然ひずみ速度、 $\Delta \dot{\epsilon}$ ；降伏前と降伏後の Γ^* が等しいときの $\log \dot{\epsilon}_n$ の差、 k_v ；鉛直方向の透水係数、必要なパラメータは Γ_L^* 、 a 、 b 、 C_c^* 、 μ 、 C_k^* 、 K^* である。

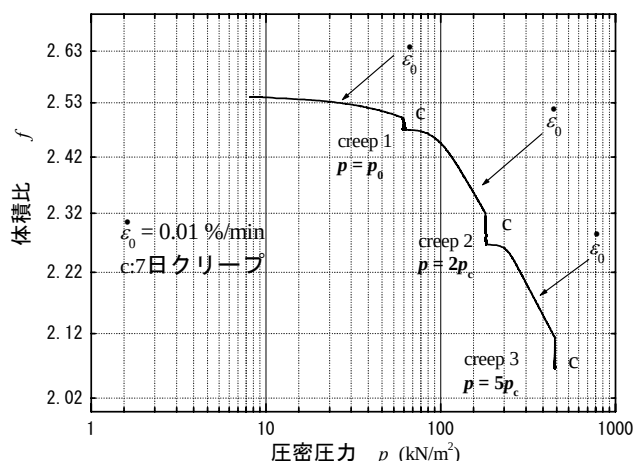
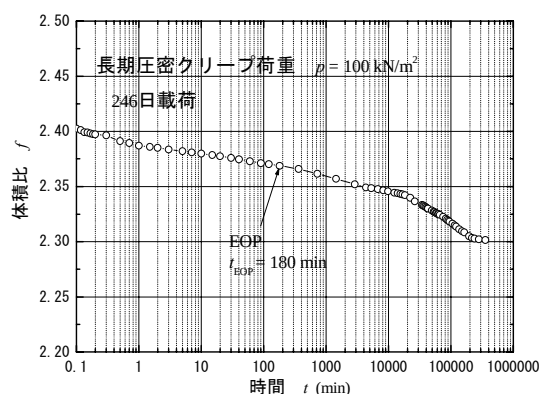
3.段階クリープ試験と長期圧密クリープ試験

試験に用いた試料は横浜市内でサンプリングした完新統の粘性土で、軽い過圧密状態(OCR=1.50)である。供試体の物理特性を表-1に示す。段階クリープ試験では試験供試体(ϕ : 60 mm, h : 10 mm)を作製したのち、圧密容器に供試体をセットし、通水を行った。次に背圧 100kPa を負荷し、背圧とともにセル圧をかけた。セル圧を増加させて、供試体にかかる有効応力が所定のクリープ応力に達するまでひずみ速度 0.01%/min で載荷し、その後、応力制御をしながら7日間のクリープ載荷をした。7日間のクリープ後、同様の操作を繰り返した。試験中に計測した値は圧密時間、セル圧、水圧、変位量である。変位量は Gap Sensor を用いて計測した。クリープ応力は1段階目(creep1)を原位置上載圧 p_0 とし、2段階目、3段階目(creep2, creep3)は圧密降伏応力 p_c の2倍、5倍とした。長期圧密クリープ試験では試験供試体(ϕ : 60 mm, h : 20 mm)を作製したのち、11kPa を一日載荷し、その後、100kPa を246日載荷した。

キーワード 粘性土、クリープ、室内試験

連絡先 〒240-8501 横浜市保土ヶ谷区常盤台 79-5 横浜国立大学 TEL: 045-339-4038

採取深度(m)	試料番号	初期状態				ρ_s (g/cm ³)	w_L (%)	w_p (%)
		w_0 (%)	e_0	ρ_t (g/cm ³)	S_{r0} (%)			
5.00~5.80	No.1	55.30	1.571	1.594	93.2	2.648	60.5	27.8

図-1 f - $\log p$ 曲線図-2 長期圧密クリープ試験の f - t 関係

4.試験結果

段階クリープ試験から得られた $f - \log p$ 関係を図-1 に示す. なお p は有効応力である. 長期圧密クリープ試験から得られた $f - t$ 関係を図-2 に示す. 一次圧密終了時間 t_{EOP} は $\sqrt{t}$ 法で求めた.

5.クリープ解析

段階クリープ試験結果から CONAN のパラメータを求めた. 具体的な求め方は参考文献⁽²⁾による. 段階クリープ試験から求めたパラメータと液性限界を用いた近似式から求めたパラメータの 2 方法を用いて解析を行った. なお, 液性限界を用いた近似式は図-3 に示すように横浜粘土に加えて既存の東京湾粘土の試験結果から導いた w_L とパラメータの関係から求めたものである. パラメータと液性限界の関係の例を図-3 に示す. 各パラメータの w_L を用いた近似式について表-2 に示す.

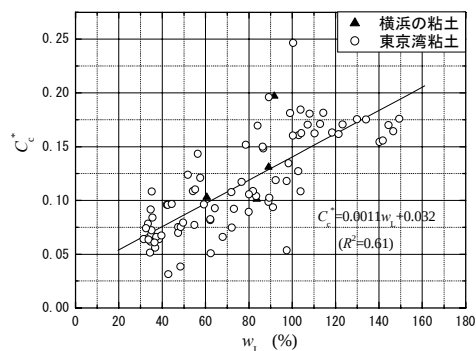


図-3 パラメータと液性限界の関係

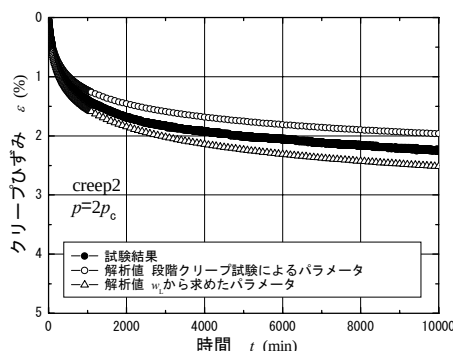


図-4 解析結果(creep2)

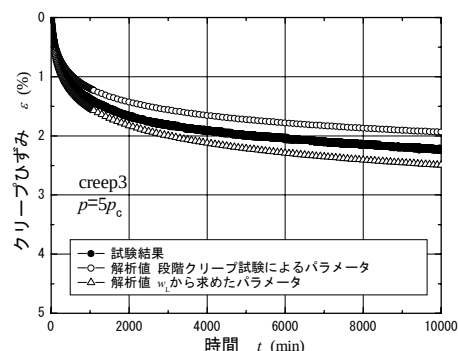


図-5 解析結果(creep3)

(a)段階クリープ試験の解析

正規圧密領域での creep2, creep3 に対応するクリープ荷重を用いた解析を行った. 図-4, 5 に示すように, 試験から求めたパラメータと同様に w_L によるパラメータを使うことによって試験で得られたクリープ中の時間とひずみの関係を精度良く再現できたことが認められる.

(b)長期圧密クリープ試験の解析

100kPa 载荷時の長期圧密クリープの解析を行った. EOP 以降のひずみについての試験結果と解析値を比較した結果を図-6 に示す. 試験や w_L から求めたパラメータを使うことで EOP 以降のひずみをある程度再現できた. 試験では 20 日以降, ひずみが一時的に大きく増加することがみられた. これは粘土の構造が壊れたことによると考えられ, 解析の対応として今後の課題である.

表-2 w_L を用いた近似式

$$\begin{aligned} K^* &= 0.015w_L + 0.58 \\ C_k^* &= 0.0014w_L + 0.049 \\ C_c^* &= 0.0011w_L + 0.032 \\ \Gamma_L^* &= 0.0052w_L + 0.25 \\ a &= 0.0011w_L + 0.00083 \\ b &= 0.000082w_L - 0.82 \end{aligned}$$

6.まとめ

横浜市内でサンプリングした完新統の粘性土を用いて段階クリープ試験と長期圧密クリープ試験を実施し, 圧密解析プログラム CONAN によるクリープの解析を行った. その結果, 試験及び w_L から求めたパラメータを使うことで, 段階クリープ試験におけるクリープ中の時間とひずみの関係を CONAN で精度よく再現できた. また, 長期圧密クリープ試験のクリープの解析についても EOP 以降のクリープ中の時間とひずみの関係を長期間にわたり CONAN である程度再現できることがわかった.

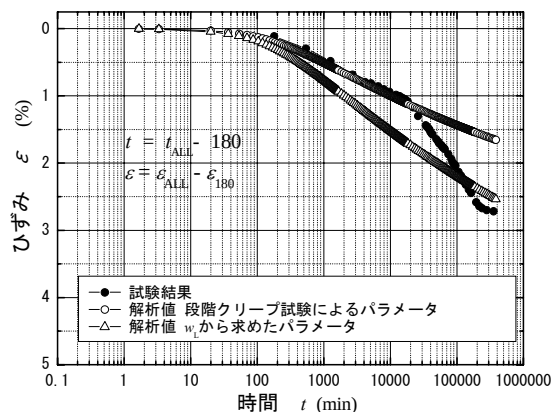


図-6 長期圧密クリープ試験の解析結果

参考文献

- 1) 今井五郎(2002):アイソタック則に基づく圧密理論とその適用法,地盤工学会講習会圧密沈下予測の新しい考え方と手法講演会講演資料, pp.79-101
- 2) 大向直樹(2007):大向直樹:長期圧密沈下の予測法—その2;アイソタックモデルによる沈下予測—,地盤工学会編,実務における圧密沈下予測とその対策技術講習会講演資料, pp.80-98, 2007