

八郎瀉粘土の圧密変形特性とその変形量の予測

Consolidation Characteristics of Hachirogata Clay and Prediction of its Deformation

○高橋長仁* 嗟峨直樹** 金山素平***

Takahashi N.*, Naoki S.** and Kanayama M.***

1. はじめに

軟弱な粘土地盤上に構造物を築造する場合、不同沈下や残留沈下が大きな問題となる。秋田県西部の日本海に面する八郎瀉干拓地においては、厚い軟弱沖積粘土層が存在するため、水利施設などの農業用構造物に長期間にわたる不同沈下が生じ、農業用水の確保に支障をきたしている。本研究は、農業用構造物の適切な維持・管理に資するため、現在の構造物の変形状況と八郎瀉粘土の圧密変形特性を把握することを目的とする。干拓地内で採取した八郎瀉粘土を用いて段階載荷による圧密試験を実施し、得られた土質定数を使用し地盤の圧密変形量の数値解析を行った。

2. 採取試料と試験方法

試料は、東北農政局西奥羽土地改良調査管理事務所が主導する「八郎瀉地区幹線水路地質調査」で得られたものである。実験に用いた試料はボーリング試料(不攪乱試料)とその残土である。それぞれの採取地と深度を Fig.1 に示す。

採取した八郎瀉粘土に対して、日本工業規格(JIS)に準拠して液性限界・塑性限界試験、土粒子密度試験、粒度試験、段階載荷による圧密試験の4つの土質試験を行った。先の3試験は、それぞれ、液性限界・塑性限界、土粒子密度、粒度を求めるために行い、得られた物理的性質と段階載荷による圧密試験の結果より、八郎瀉粘土の圧密に関する土質定数を求めた。なお、圧密試験においては、最大圧密圧力を1256kPa、載荷間隔を24-48時間とした。

3. 結果と考察

実験で得られた不攪乱試料、練返し試料のそれぞれの物理的特性を Table 1 に示す。表から分かるように、自然含水比 w_n が大きいほど、液性限界 w_L や塑性指数 I_p が大きくなる傾向にある。標準圧密試験結果より得られた各試料の圧密係数 c_v 、 f_d 体積圧縮係数 m_v 、透水係数 k 、二次圧密係数 $C_{\alpha c}$ を Fig.2 に示す。なお、間隙比 e -時間 t に基づく $C_{\alpha c}$ は式(1)で定義され、一次圧密終了後のクリープ挙動の大きさを示す。

$$C_{\alpha c} = \Delta e / \Delta \log t \quad (1)$$

不攪乱試料 E1-5③(6.5m)の圧密降伏応力 p_c は約35kN/m²となった。不攪乱試料では、過圧密領域と正規圧密領域で各土質定数の変化の違いが確認された。

圧密係数 c_v は、 p_c より大きい圧密圧力下ではほぼ一定の値を示すことが分かっている。全ての試料において、平均圧密圧力 p_{ave} 55.4kN/m² 以上での c_v は10~25 cm²/d の範囲にある。この値は他の沖積粘土の c_v と比較しても小さい値であることから八郎瀉粘土は圧密の進行に長時間を要することが分かる。体積圧縮係数 m_v は、試料による差は小さく10⁻⁴~10⁻² m²/kN の範囲内にある。特に、正規圧密領域における不攪乱試料 E1-5③の m_v は高域に位置していることが分かる。このことから、他の試料に比べ、土の圧縮性が高く沈下量が大きくなることが考えられる。



Fig. 1 Sampling sites and depth of Hachirogata clay

Table 1 Physical properties of Hachirogata clay

八郎瀉粘土(採取年:2018高橋、2019嗟峨)

試料の状態	試料No.	深度(m)	土粒子密度(g/cm ³)	粒度組成(%)			W _L (%)	W _p (%)	I _p	W _n (%)
				粘土	シルト	砂				
練返し	F2-A1	1.2	2.566	19.4	21.3	58.8	77.9	33.5	44.3	58.0
	F2-A2	1.7	2.504	21.3	36.3	41.9	108.0	38.4	69.6	88.8
	F2-1	3.0	2.558				148.0	51.9	96.2	128.8
	F1-1	4.0	2.629				120.7	45.6	75.1	106.6
	E1-2	3.0	2.579	53.2	45.4	1.4	158.4	60.8	97.6	135.2
不攪乱	E1-5③	6.5	2.590	54.3	45.4	0.3	221.9	68.3	153.6	192.1
	E1-5⑦	6.1	2.525							201.7

*岩手大学大学院総合科学研究科, **農林水産省, ***岩手大学農学部

*Graduate school of General Sciences, Iwate University, **Ministry of Agriculture, Forestry, ***Faculty of agriculture, Iwate University

キーワード: 八郎瀉粘土, 圧密係数, 二次圧密係数

透水係数 k は、全ての試料で p_{ave} の増加に伴って減少した。 k の値は、練返し試料では $10^{-9} \sim 10^{-7} \text{cm/s}$ の低域に位置し、不攪乱試料では $10^{-9} \sim 10^{-6} \text{cm/s}$ の高域を中心に幅広く分布している。

二次圧密係数 $C_{\alpha e}$ は、試料の状態によって違いがみられ、練返し試料 E2-A2(1.7m) ではほぼ一定の値、E1-2(3.0m) では最大値以降減少する傾向を示した。不攪乱試料 E1-5③の $C_{\alpha e}$ は、過圧密領域において他試料よりも低い値を示し $0.002 \sim 0.027$ の範囲にあった。一方、正規圧密領域において、 $C_{\alpha e}$ は 0.127 と最も高い値を示した。このことから不攪乱試料の正規圧密領域において二次圧密が卓越することがわかる。原因として粘土に含有する有機物、含水比、主要粘土鉱物などが影響していると考えられる。

八郎瀉粘土で構成された仮想地盤を想定し、地盤の圧密変形量の評価を行った。仮想地盤は、八郎瀉粘土の全層厚 6m (上部練返し層 3m 、下部不攪乱層 3m) で砂質土層に挟まれた両面排水下にある地盤を想定している。この地盤に土被り圧分の盛土荷重を載荷した時の理論曲線と二次圧密変形量を考慮した沈下曲線(式(2),(3))を求めた。

$$S = S_f \left(1 - \sum_{m=0}^{\infty} \frac{2}{M^2} \exp(-M^2 T_v) \right) \quad (2)$$

$$S_s = H_0 - S_{sc} - H_s (1 + C + C_{\alpha e} \log t) \quad (3)$$

一般に、二次圧密は一次圧密終了後に発生すると仮定されるが、一次圧密中に発生する二次圧密の可能性は以前から指摘されてきた。しかし、一次圧密中に発生する二次圧密挙動は明確にできないため、本研究では単純に圧密度 U が $70, 80, 90, 100\%$ 時に二次圧密が開始すると仮定し、二次圧密変形量の評価を行った圧密理論曲線に加え、二次圧密変形量を考慮した沈下曲線を求めた。

仮想八郎瀉粘土地盤の理論曲線に加え、二次圧密量を考慮した沈下曲線をグラフ化したものが **Fig.3** である。二次圧密を考慮した場合、二次圧密開始時の違いによって求まる沈下量が異なっている。50年経過時の仮想地盤の沈下量は $U=70\%$ において 0.637m 、 $U=80\%$ において 0.623m 、 $U=90\%$ において 0.606m 、 $U=100\%$ において 0.567m となり、二次圧密が早期に開始するほど沈下量が大きくなるのが分かる。例えば、 $U=70\%$ と $U=100\%$ の沈下量では $0.07\text{m}(=7\text{cm})$ の差がある。この値は農業用構造物の機能維持を考慮すると無視できない大きさであることから、二次圧密開始時点の選定に関しては詳細な検討が必要である。

4. まとめ

本研究では、農業用構造物の適切な維持・管理に資するため、現在の構造物の変形状況と八郎瀉粘土の圧密変形特性を把握することを目的とし、採取した八郎瀉粘土を用いて各土質試験を行った。試料は、 w_n が大きいほど w_L 、 I_p が大きくなる傾向を示した。また、不攪乱試料において過圧密領域と正規圧密領域での変化の違いが確認された。圧密係数 c_v は p_{ave} が低い段階ではばらつきがあるものの、最終的には $10 \sim 25 \text{cm}^2/\text{d}$ の範囲にある。体積圧縮係数 m_v は、試料による差異は小さく $10^{-4} \sim 10^{-2} \text{m}^2/\text{kN}$ の値である。透水係数 k は、練返し試料において $10^{-9} \sim 10^{-7} \text{cm/s}$ の低域に分布する。これらの値より、八郎瀉粘土は長時間をかけて変形量の大きい沈下が進行すると考えられる。

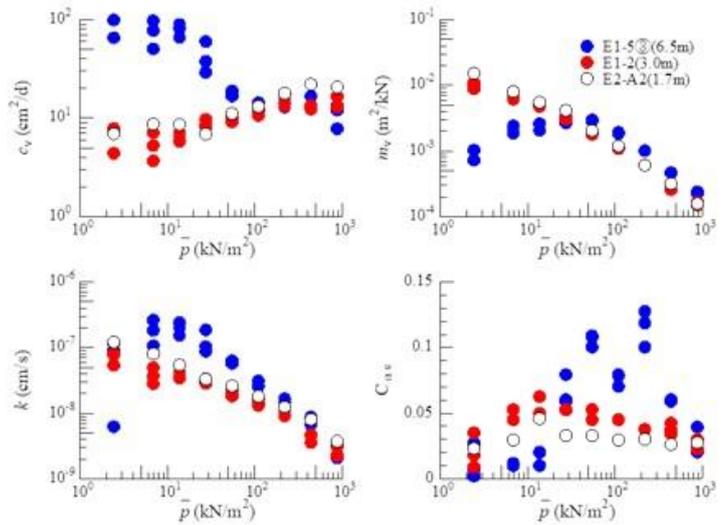


Fig. 2 Comparisons of soil parameters for Hachirogata clay

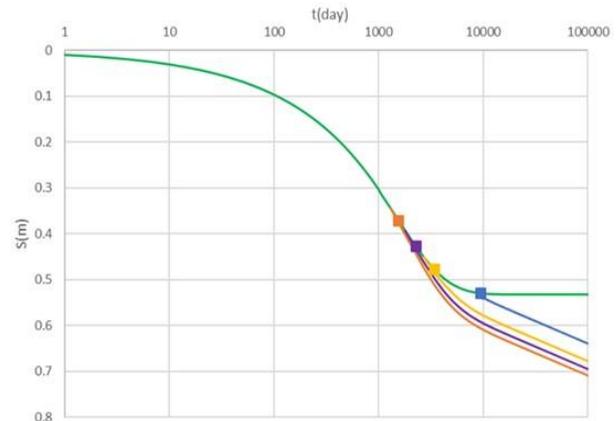


Fig. 3 Theoretical settlement curve and prediction curves of Hachirogata clay