

八郎瀉粘土の圧密特性 Consolidation Property of Hachirogata Clay

○高橋長仁* 金山素平**
Takahashi N* 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、不等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側に面する八郎瀉干拓地においては 40m 以上の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にわたる不当沈下が生じ、農業用水の確保に支障をきたしている。本研究は、構造物の適切な維持管理に資するため八郎瀉粘土の圧密変形特性を把握することを目的とした。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、得られた土質定数について他の粘性土と比較・検討し、地盤の圧密変形量の数値解析を行った。

2. 試料と試験方法

2018 年 7 月、八郎瀉においてハンドオーガーを使用し試料を採取した。採取地点は八郎瀉の南に存在する F2 幹線用水路南端の横の土手である。南端を始点とし、そこから 1m 毎に A 地点、B 地点、C 地点の合計 3 地点から採取を行った。採取深度は表層から 100~170cm であり、採取試料は練返し状態である。なお、本研究では A 地点の試料と他の粘性土の圧密特性の比較を行った。比較試料は、ベントナイト、有明粘土、セリサイト、カオリン、および阿蘇ロームの 5 種の練返し粘土であり、それぞれ主要粘土鉱物が異なる。日本工業規格(JIS)に記載されている試験方法に基づき、採取した八郎瀉粘土に対して、粒度試験、密度試験、液性限界・塑性限界試験、圧密試験の 4 つの土質試験を実施した。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

採取した試料の物理的性質を **Table 1** に示す。既往の研究から深度 3m までは砂分の割合が多いことが報告されており、本試料においても同様に砂分が多いことが確認できる。液性限界・塑性限界については予期していた値よりもはるかに低い値となった。土粒子密度が小さく、粘土分含有

Table 1 Physical properties of Hachirogata clay

試料 No.	深さ (cm)	ρ_s (g/cm ³)	粒度組成(%)			w_L (%)	w_P (%)	I_p	w_n (%)
			粘土	シルト	砂				
A-1	120	2.566	19.4	21.3	58.8	77.9	33.5	44.3	58.0
A-2	170	2.504	21.3	36.3	41.9	108.0	38.4	69.6	88.8
B-1	100	2.525	9.7	20.6	68.5	64.0	27.7	36.3	52.1
B-2	120	2.511	11.7	22.5	65.1	62.2	29.6	32.6	46.4
B-3	160	2.591	17.3	17.9	64.6	67.2	30.3	36.9	69.0
C-1	130	2.573	19.4	28.0	52.2	87.0	36.7	50.3	83.5
C-2	170	2.591	11.8	0.0	87.6	46.0	21.3	24.6	66.1

量が比較的多い A-2 試料で液性限界 w_L が 108.0%、塑性指数 I_p が 69.6 という比較的大きな値となっており、自然含水比 w_n も 88.8% と特筆して高い。一方、砂分の含有量が著しく卓越し土粒子密度が大きい C-2 試料では液性限界 w_L が 46.0%、塑性指数 I_p が 24.6 とかなり小さく、自然含水比 w_n も 66.1% と低い値となっている。

Fig. 1 に各試料の圧密係数 c_v 、体積圧縮係数 m_v 、透水係数 k 、二次圧密係数 C_{ae} を示している。なお、 C_{ae} は間隙比 e と対数時間 t に基づく変形量を示し、 $C_{ae} = \Delta e / \Delta \log t$ と定義される。

八郎瀉粘土の圧密係数 c_v は有明粘土と阿蘇ロームと同様の傾向を示し、その値は 5~30cm²/day であった。粘土分を多く含む A-2 試料の方が低い値となっている。そのため、圧密の進行には時間を要することが考えられる。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。その中でも八郎瀉粘土の m_v は高い値の領域に位置しており、土の圧縮性が高く沈下量が大きくなること

*岩手大学大学院総合科学研究科, **岩手大学農学部

*Graduate school of General Sciences, Iwate University, **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

考えられる。八郎潟粘土の透水係数 k は $10^{-11} \sim 10^{-9} \text{ cm/s}$ に分布しており、粘土を多く含んでいる A-2 試料においてより低い値を示し、ベントナイトと同程度の値となっている。八郎潟粘土の低い透水係数 k は、極端に低い値を示した圧密係数 c_v に由来すると考えられる。八郎潟粘土の二次圧密係数 C_{ae} は深度の違いによって大きな違いが表れた。特に、粘土分の多い A-2 試料がより高い値の領域に位置している。圧密圧力 p が低い段階の二次圧密係数 C_{ae} はばらつきが大きく、 p が 39.2 kPa 以上になると C_{ae} はほぼ一定値を示した。粘土分は 20% 程度と少なく、シルト分、砂分の多い試料であったが、二次圧密が卓越することが分かった。この理由として試料中の有機質分が二次圧密に影響を与えているためと考えられる。

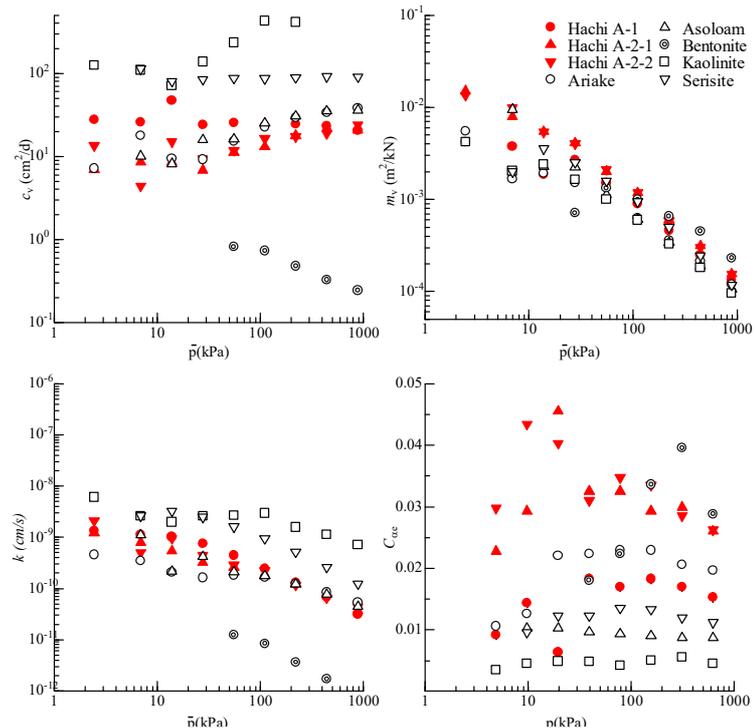


Fig. 1 Comparisons of soil parameter for various clays

八郎潟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。仮想地盤については、八郎潟粘土の層厚 5 m で砂質土層に挟まれた両面排水の地盤を想定しており、この地盤に土被り圧分の盛土荷重を載荷した時の圧密の進行について理論曲線を求めた。砂質土層の土被り圧 p_0 、盛土荷重 q はともに 20 kN/m^2 とした。また、計算に必要な八郎潟粘土の初期間隙比 e_0 、圧縮指数 C_c 、圧密係数 c_v は本研究の圧密試験から得られた値を採用し、それぞれ 2.94 、 0.85 、 $0.005 \text{ (m}^2/\text{day)}$ とした。なお、初期間隙比 e_0 、圧縮指数 C_c については最大値を、圧密係数 c_v は最小値を採用している。これにより将来の沈下量を求め、理論曲線をグラフ化したものが Fig 2 である。最終沈下量 S_f は 0.32 m 、赤でプロットされた点が 50 年後の予測沈下量 0.315 m である。一時圧密が終了するまでに 50 年以上の時間を要することが分かった。今回想定した仮想地盤の層厚は 5 m であり、採用した土質定数は練返し試料の試験結果より得られた値である。加えて二次圧密の存在を考慮すると、実際の現場では最終沈下量は大きなものになり、長期的な地盤の沈下が進行することが考えられる。

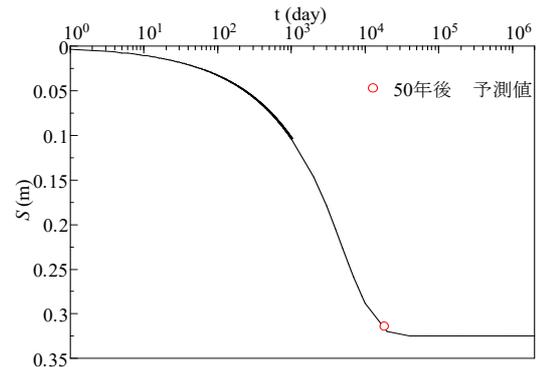


Fig. 2 Theoretical settlement curve of Hachirogata clay

4. まとめ

本研究は、八郎潟粘土の変形特性を評価するため、採取した八郎潟粘土試料を用いて段階載荷による圧密試験をはじめとした各土質試験を行った。本試験で使用した八郎潟粘土試料は砂分が多く粘土分の少ない粘性土であったが、高い液性限界、塑性指数および自然含水比を有することが分かった。圧密試験から求まる八郎潟粘土の圧密係数は $5 \sim 30 \text{ cm}^2/\text{day}$ 、体積圧縮係数は $10^{-4} \sim 10^{-2} \text{ m}^2/\text{kN}$ 、透水係数は $10^{-11} \sim 10^{-9} \text{ cm/s}$ であった。他の粘性土と比較すると、八郎潟粘土の圧密係数と透水係数は低く、体積圧縮係数は高い値を示す傾向にあった。さらに、一定荷重下でひずみが進行する二次圧密係数について解析すると、八郎潟粘土の二次圧密速度が卓越することが分かった。上記結果から、八郎潟粘土の圧密変形には長時間を要すること、その変化量が大きくなること、さらに主要な変形が終了した後も時間経過とともに変形が継続することが分かった。