

遅れ圧密沈下の可能性がある地盤の弾塑性地盤性状の確定と沈下予測

名古屋大学 正会員 ○田代むつみ 中野正樹 野田利弘 浅岡顕
中日本高速道路株式会社 正会員 稲垣太浩

1. はじめに

著者らはこれまでに、盛土载荷に伴う遅れ圧密沈下の可能性がある自然堆積粘土の判定基準を、概ね「圧縮指数比（不攪乱試料と練返し試料の圧縮曲線における最急勾配の比）が1.5以上、鋭敏比が8以上」として提案してきた（図-1）¹⁾⁻³⁾。また、このような粘土は、SYS カムクレイモデル⁴⁾に基づけば、高位な構造⁵⁾（嵩張り）を有ししかもその状態が変化しやすい粘土であり、乱れに伴う圧縮性低下が顕著であるため室内の不攪乱試料よりも原位置の粘土の方が大きな圧縮性を示す可能性があることも分かってきた¹⁾⁻³⁾。したがって、今後起こりうる沈下の予測では、事前に遅れ圧密の可能性がある粘土の存在が確認された場合には、乱れの影響を考慮して原位置粘土が示すより高い圧縮性を推定する必要がある。

本報では、供用4年現在ですでに70cm近い残留沈下が観測されるN地区の盛土载荷事例（図-4）を対象に行った今後の沈下予測事例を示す。当地区の自然堆積粘土は図-1に示すように遅れ圧密の可能性があるため、はじめに盛土前に採取された不攪乱試料の室内試験結果から、原位置粘土の圧縮性を推定し、地盤の弾塑性性状の確定を行った。その後、透水係数や初期間隙比など不確定な要素の影響についてGEOASIA⁶⁾による変形解析により考察した上で、当地区の沈下予測を行った。

2. 弾塑性地盤性状の確定

図-2は、図-4の沈下が計測された地点において、盛土建設前に採取された不攪乱試料の圧縮曲線である。N地区の粘土は初期比体積が2.52~3.74と広範囲に分布しているため、まず試験実施深度を中心に粘土層を7つに分割した。そして、各深度において粘土の「種類」は等しいと仮定し、図-2のすべての試験結果を一組の弾塑性パラメータで再現した。次に、不攪乱試料の圧縮曲線に対し、Schmertmannの図解法^{7), 8)}を参考に「不攪乱試料と原位置粘土の圧密降伏応力は等しい」という仮定を設けることで、原位置粘土の初期状態を推定した（詳細は文献1)-3)）。ただし、図-2において高压密応力下における圧縮曲線のNCLへの漸近の程度（構造の劣化度合い）は粘土層毎に異なるため、本報ではこの特徴を構造劣化指数 a

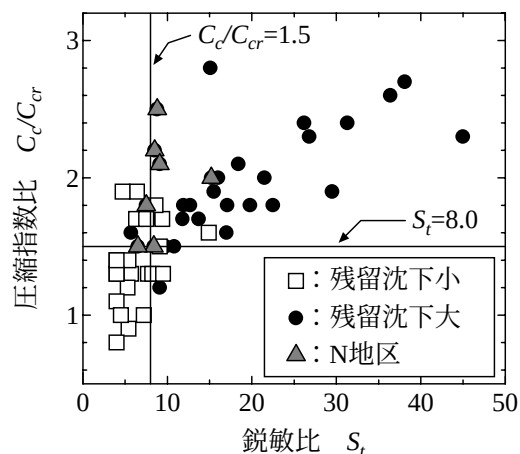


図-1 圧縮指数比と鋭敏比

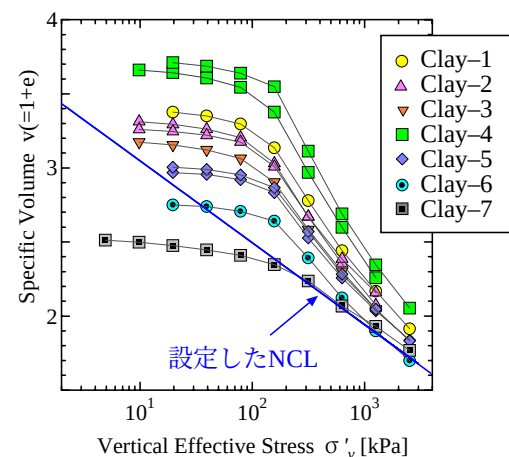


図-2 不攪乱試料の標準圧密試験結果

表-1 決定した材料定数

		盛土	砂	粘土
弾塑性パラメータ	圧縮指数 $\tilde{\lambda}$	0.063	0.063	0.24
	膨潤指数 $\tilde{\kappa}$	0.012	0.012	0.055
	限界状態定数 M	1.45	1.45	1.30
	NCLの切片 N	1.51	2.20	2.50
	ポアソン比 ν	0.3	0.3	0.1
	正規圧密土化指数 m	0.15	0.15	1.0
発展則パラメータ	構造劣化指数 a	10	10	図-3
	b	1.0	1.0	0.75
	c_s	1.0	1.0	0.2
	回転硬化指数 b_r	0.3	0.3	0.001
	回転硬化限界定数 m_b	0.65	0.65	1.0

軟弱粘土 構造 SYS カムクレイモデル

〒464-8603 名古屋市千種区不老町 名古屋大学工学研究科社会基盤工学専攻 TEL: 052-789-3834

の違いにより表現した。この結果、砂層に近い粘土層ほど、初期比体積が小さく構造は低位で構造劣化が速い、つまり、より砂らしい傾向が表現された(図-3)。砂層および盛土については採取試料を用いた力学試験結果が無い場合、現場の観測密度から間隙比を、また粒度試験が実施された場合は Creager の式⁹⁾から透水係数を決定し、その他は富田地区の砂の値¹⁰⁾を参考に各種パラメータを決定した。地盤の弾塑性性状を、表-1 および図-3 に示す。

3. 遅れ圧密沈下の将来予測

本報では原位置粘土の初期間隙比に、(a)圧密試験の初期値、を基本としたが、Clay-3, 5, 6 では別途実施された含水比試験でより大きな比体積が観測されているため、(b)その最大値を用いる場合も想定し、結果の比較を行った。また、粘土層の透水性については、圧密試験結果から求めた間隙比と透水係数の対数関係($e-\ln k$ 曲線)を線形近似し、(1)初期間隙比 e_0 に対応する透水係数 k_0 のまま変化しない場合、(2)間隙比変化に伴い透水係数を変化させる場合、の2ケースを想定した。そして、上記の組み合わせ3ケースについて GEOASIA⁶⁾による載荷履歴を再現した変形解析を行い、沈下挙動の比較を行った。結果を図-4 に示す。原位置粘土の初期間隙比を大きく設定するほど沈下量は大きく、また透水係数が変化するほど沈下の収束は遅くなる。現在までの沈下～時間関係をよりよく合わせるためには透水係数をもう少し吟味する必要があるが、今回想定した3ケースでは、Case-3 が現在までの実測値を最もよく再現しており、それに基づけば、(沈下に伴うオーバーレイを行わない場合)今後約25年に亘りさらに約1.3mの大沈下が予想される。

4. おわりに

簡易法による盛土建設前の推定沈下量を大きく上回る長期・大沈下は、構造が高位な粘土層で進行的に生じる構造劣化に起因する。当地域はどの程度まで沈下が続くかの見通しすらついていないが、今後の補修計画を行う上での LCC の検討にこの解析を活かしてゆきたい。

参考文献 1)田代他(2006):予測以上の大沈下を..., 41st JNCGE, pp.921-922. 2) 田代他(2007):盛土載荷に伴う..., 42nd JNCGE, pp.791-792. 3)Nakano et al.(2007):Soil classification ..., Proc. of the 13th ARC, pp.415-418. 4) Asaoka et al. (2002) An elasto-plastic description ..., S&F, 42(5), pp. 47-57. 5) 三笠(1964)土の工学的性質の分類表..., 土と基礎, 12(4), pp.17-24. 6)Asaoka, A. and Noda, T. (2007):All Soils All States All Round ..., International Workshop on Constitutive Modelling..., Hong Kong, China. 7)Schmertmann, J.H. (1953):Estimating the true..., ASCE, Journal of the Soil Mechanics..., Vol.79, pp.1-26. 7) K. Terzaghi & B. Peck (1948) : Soil Mechanics in Engineering Practice. 8)土質試験—基本と手引き—, (社)地盤工学会. 9)河原田他(2007):擁壁・シートパイル等で..., 42nd JNCGE, pp.1719-1720.

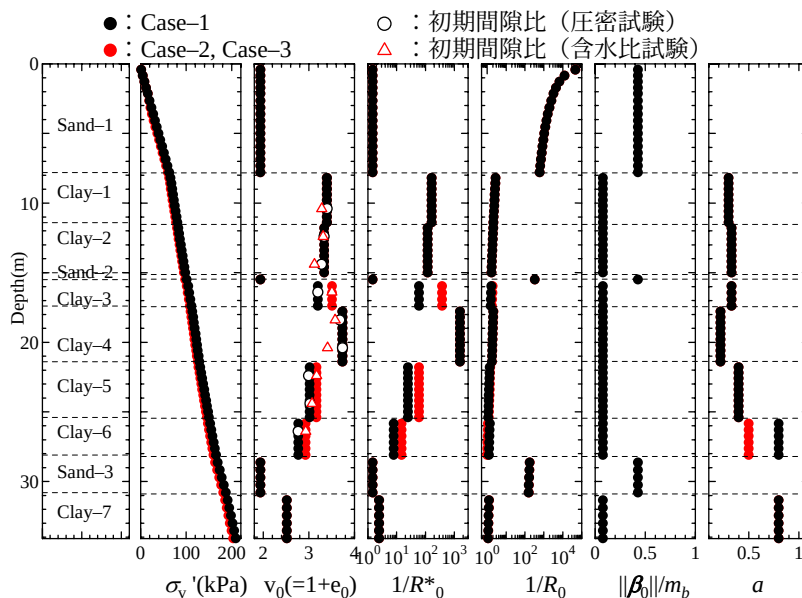


図-3 地盤の初期値および構造劣化指数

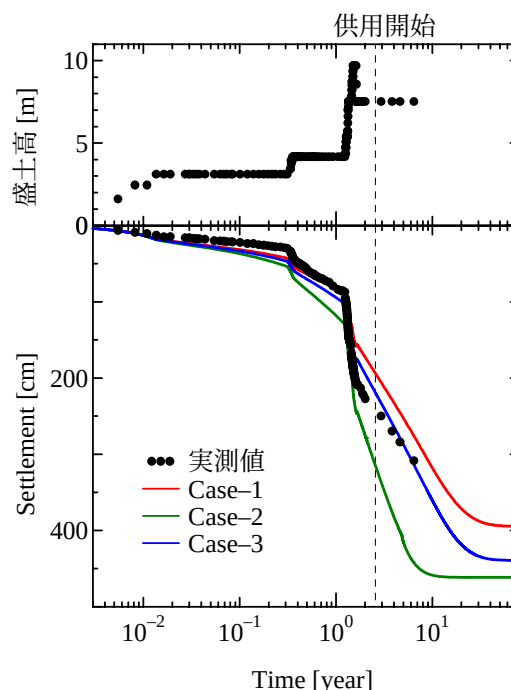


図-4 載荷履歴と盛土中央直下の沈下