

粘土の沈降堆積・圧密過程と骨格構造の変化

信州大学工学部 ○岡本賢和

信州大学工学部 正 梅崎健夫

信州大学工学部 正 河村 隆

1. はじめに 浚渫埋立地盤において投入される高含水比の浚渫粘土は、懸濁状態からの沈降堆積過程とそれに引き続く自重圧密過程およびその後の覆土による載荷圧密過程において骨格構造が形成され発達する。このような状態における土の骨格構造が形成される過程の初期状態および圧密特性や強度増加特性を明確にすることはたいへん重要である。

本文では、初期含水比を液性限界の7～13倍に変化させた NSF(B)粘土の沈降堆積試験を実施した。試験結果に基づいて沈降堆積・圧密挙動について検討した。さらに、別途実施したベンダーエレメント試験および圧密試験の結果に基づいて、骨格構造が変化する境界の含水比やその時の有効応力について検討した。

2. 試験概要

(1) **沈降堆積試験** 試料には NSF(B)粘土(土粒子密度 $\rho_s=2.726\text{g/cm}^3$, 液性限界 $w_L=73.9\%$, 塑性指数 $I_p=40.8$)を用いた。初期含水比 w_0 が $7.0\sim 13.0 w_L$ の7ケースの沈降堆積試験を実施した。自重圧密の影響をできるだけ軽減するために実質高さ($h_s=M_s/(\rho_s \cdot A)$)をいずれのケースも $h_s=1.0\text{cm}$ とした。ここで、 M_s は土粒子質量、 A はメスシリンダーの断面積である。所定量の気乾状態の試料と純水をメスシリンダー内に投入した後、攪拌装置で5分間攪拌し、攪拌の終了時刻を試験の開始時刻とした。試験中は清澄水と懸濁部分の境界面高さ h を測定し、試験終了後に清澄水を排出して堆積した土の含水比分布も測定した。

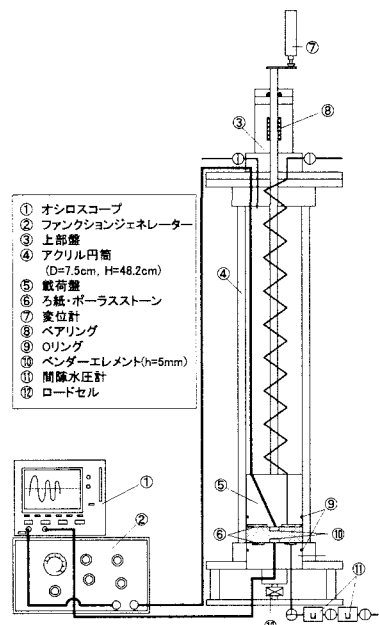
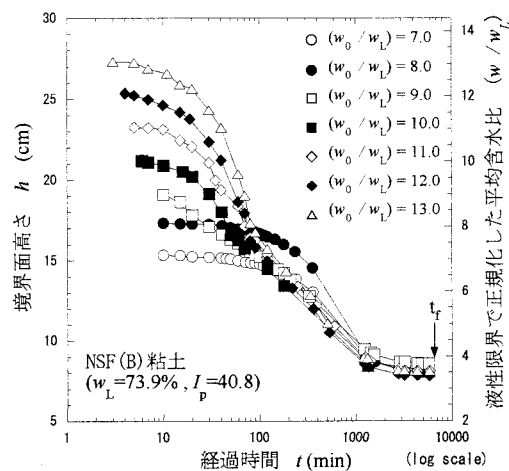
(2) **ベンダーエレメント試験** 図-1に試験装置の概要を示す。杉山ら^{1), 2)}は、NSF(B)粘土を1週間一次元圧密して作製した供試体(直径 $D=7.5\text{cm}$, 高さ $H=2.0\text{cm}$)を本装置に挿入して、ベンダーエレメント試験を実施した。さらに、供試体高さが 2.0cm 程度となるように調整したスラリー状の NSF(B)粘土供試体に対しても同様の試験を行なった。これらのベンダーエレメント試験において、せん断波速度 V_s は $V_s=L/\Delta t$, せん断弾性係数 G は $G=\rho_t V_s^2$ より算定される。ここで、 L は伝達距離(ベンダーエレメントの先端間(tip-to-tip)), Δt は伝達時間、 ρ_t は土の湿潤密度である。

3. 試験結果および考察 図-2に沈降堆積試験から得られた h および

(w/w_L) $\sim t$ 関係を示す。試料の実質高さが小さいことから、自重圧密の影響が少ないとすれば、境界面の沈下は沈降堆積によるものと考えられる。よって、図-2に示すように境界面高さがほぼ一定値に収束した時間 $t_f=4000\sim 5000$ 分を沈降堆積の終了とした。 w_0 が異なる場合には、それぞれの曲線が異なる。しかし、 t_f 時付近においてはほぼ一定の値に収束する。

図-3は、 t_f 時点における(w_f/w_L) $\sim$ (w_0/w_L)関係である。いずれの初期含水比においても t_f 時点の w_f/w_L は $3.39\sim 3.76$ とほぼ等しく、その平均値は 3.67 である。この時点で沈降堆積が終了していることから、骨格構造は $w_f/w_L=3.39\sim 3.76$ となる含水比で形成され始めていると考えられる。

図-4は t_f 時点における平均圧密圧力 $\bar{p} (= \gamma' \cdot (h_f/2)) \sim (w_0/w_L)$

図-1 試験装置の概要^{1), 2)}図-2 $h, (w/w_L) \sim t$ 関係

関係である。ここで、 γ' は水中単位体積重量、 h_f は t_f 時点の境界面高さである。 $\bar{p}$ は w_0 によらず 0.08kN/m^2 付近の値である。

図-5に $\log(w/w_L) \sim \log p$, $\log Cu$ および $\log G$ 関係を示す。段階载荷圧密試験および沈降堆積試験より得られ $\log(w/w_L) \sim \log p$ 関係は、1本の直線で近似することができる。また、杉山ら²⁾は $\log(w/w_L) \sim \log G$ 関係は圧密再構成粘土から液性限界 w_L の2倍のスラリー粘土まで1本の直線で近似できることを示している。 $\log(w/w_L) \sim \log p$ 関係が $w/w_L=3.67$ まで1本の直線で近似されることから、図-5中の破線で示すように $\log(w/w_L) \sim \log G$ 関係も同様に1本の直線で近似できると考えられる。

図-6に $(w/w_L) \sim \log p$, $\log Cu$ および $\log G$ 関係を示す。図中の破線は、 $\log(w/w_L) \sim \log p$ の $w/w_L=1.0, 2.0, 3.67$ における値を参考に傾きの異なる3本の直線で近似したものである。これらの近似線の境界である $w/w_L=1.0, 2.0, 3.67$ が沈降堆積・自重圧密過程から载荷圧密過程におけるスラリー状態から圧密過程までの粘土の骨格構造の変化における境界を表していると仮定すれば、 $(w/w_L) \sim \log G$ 関係についても同様に、図中に示すように、これらの点を境界とする傾きの異なる3本の直線で近似できるものと考えられる。また、 $(w/w_L) \sim \log p$ 関係では $w/w_L=1.0, 2.0, 3.67$ で圧密圧力がそれぞれ $0.1, 1, 10\text{kN/m}^2$ 程度の値となっていることから圧密圧力からも粘土の骨格構造の変化を推定できると考えられる。

4. まとめ $w_0=7.0 \sim 13.0 w_L$ でのNSF(B)粘土の沈降堆積試験を実施した。本文で得られた主な結果を以下にまとめる。

①沈降堆積が終了した時点の w_f/w_L は初期含水比によらず $3.39 \sim 3.76$ になり、ほぼ一定である。このことから、骨格構造は $w_f/w_L=3.39 \sim 3.76$ となる含水比で形成され始めていると考えられる。②段階载荷圧密試験および沈降堆積試験より得られた $\log(w/w_L) \sim \log p$ 関係は、1本の直線で近似することができる。また、 $\log(w/w_L) \sim \log G$ 関係も同様の範囲において直線近似することができる。③骨格構造が変化する境界の含水比を、 w/w_L の $1.0, 2.0, 3.67(=w_f/w_L)$ として $\log(w/w_L) \sim \log p$, $\log Cu$ および $\log G$ 関係を片対数表示で再整理すれば、 $(w/w_L) \sim \log p$, $\log Cu$ および $\log G$ 関係は傾きの異なる3つの直線で近似できる。④ $(w/w_L) \sim \log p$ 関係では w/w_L が $1.0, 2.0, 3.67$ で圧密圧力がそれぞれ $0.1, 1, 10\text{kN/m}^2$ 程度となることから圧密圧力からも粘土の骨格構造を予測できると考えられる。

【参考文献】1) 杉山ら：ベンダーエレメント試験によるスラリー粘土のせん断弾性係数の測定，第38回地盤工学会概要集，pp.203-204, 2003. 2) 杉山ら：ベンダーエレメント試験によるスラリー粘土のせん断弾性係数の測定(その2)，第39回地盤工学会発表研究会，pp.279-280, 2004

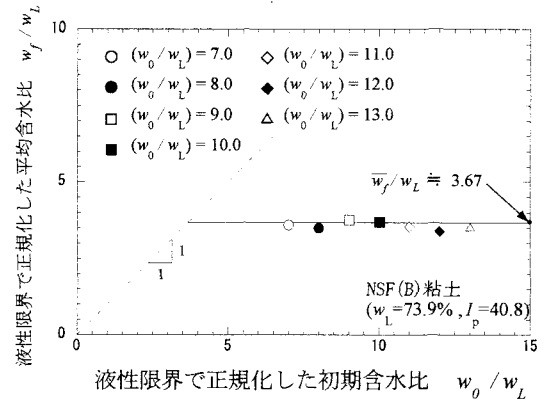


図-3 t_f 時における $(w_f/w_L) \sim (w_0/w_L)$ 関係

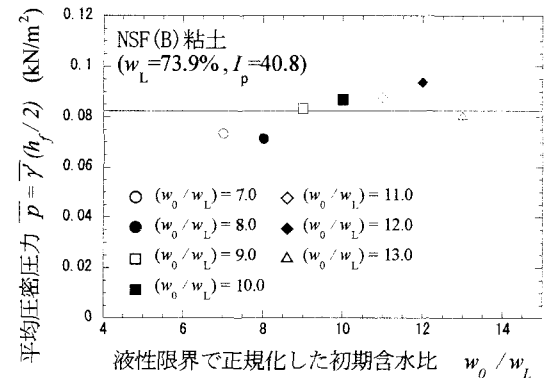


図-4 t_f 時における $\bar{p} \sim (w_0/w_L)$ 関係

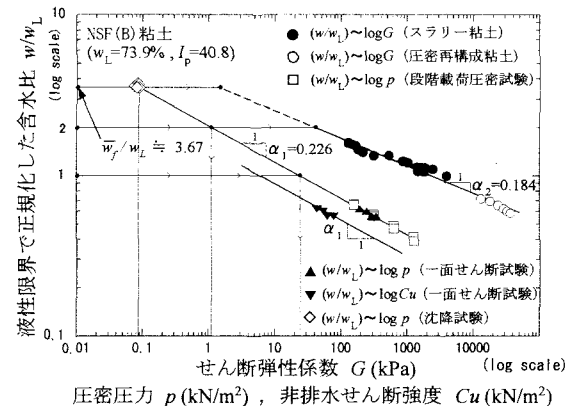


図-5 $\log(w/w_L) \sim \log p, \log Cu, \log G$ 関係 (文献2)のデータに加筆

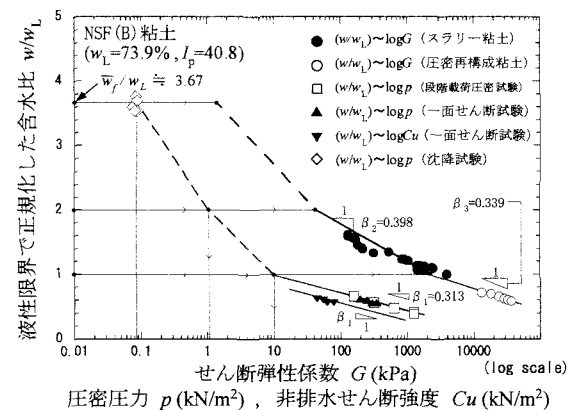


図-6 $(w/w_L) \sim \log p, \log Cu, \log G$ 関係 (文献2)のデータに加筆