

圧密養生した改良土の強度・変形特性（その１）

山口大学工学部 正○鈴木素之 正 山本哲朗

(株)宇部三菱セメント研究所 岡林茂生 正 藤野秀利

山口大学大学院 学 田口岳志

１．はじめに 軟弱地盤ではセメント系固化材による安定処理工法が盛んに行われているが、施工後の圧密沈下やそれに伴う強度増加はあまり問題にされていない。しかし、安定処理地盤のチェックボーリングから得られた調査結果¹⁾によると、安定処理土も固化未了の養生初期段階で圧密現象が生じて非排水強度が増加する可能性がある。このような観点で現位置に近い有効応力状態で養生した処理土の強度特性を検討した研究がいくつかあるが²⁾、未解明の問題点も非常に多い。本文では、モールド型圧密養生装置³⁾を用いて上載圧の作用下で養生した安定処理土供試体に対して一軸圧縮試験を実施し、強度・変形特性を検討している。なお、本報告では、上載圧下で改良土を養生する場合、圧密現象が生じると考え、その養生方法を「圧密養生」とした。

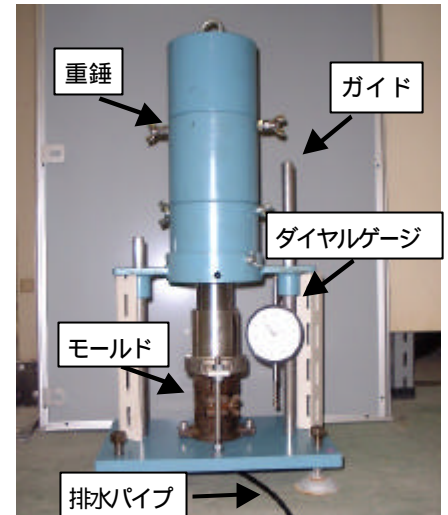


写真 - 1 モールド型圧密養生装置

２．試験概要

(１) 土試料・固化材 土試料は山口県宇部市高嶺で採取した粘性土 ($\rho_s=2.69 \text{ g/cm}^3$, $D_{\max}=2.0 \text{ mm}$, $D_{50}=0.033 \text{ mm}$, 湿潤密度 $\rho_t=1.80 \text{ g/cm}^3$, 自然含水比 $w_n=45.0 \%$, $w_L=45.4 \%$, $I_p=25.3$, 細粒分含有率 $F_c=56.0 \%$) である。固化材は一般軟弱土用固化材を用い、添加量は 0, 50, 100 および 150 kg/m^3 の 4 通りとした。

(２) 試験手順 土試料と固化材の配合手順はセメント協会標準試験方法(JCAS L-01-1990)に準じている。固化材を添加した土試料をモールド（直径：50 mm，高さ：100 mm）に打撃により気泡を除去しながら充填した後、写真 - 1 に示す圧密養生装置にモールドを取り付け、上載圧 $\sigma_v=49\text{kPa}$, 98kPa および 147kPa の下で 7 日間恒温・恒湿条件（温度：20℃，湿度：95%）で養生した。養生終了後、モールドから土試料を脱型し、高さ 100 mm に仕上げた供試体に対して軸ひずみ速度 1%/min で一軸圧縮試験を行った。さらに、一軸圧縮試験終了後、供試体中央部から土試料を切り出し、走査型電子顕微鏡（SEMと略す）により微視的土粒子構造を観察した。

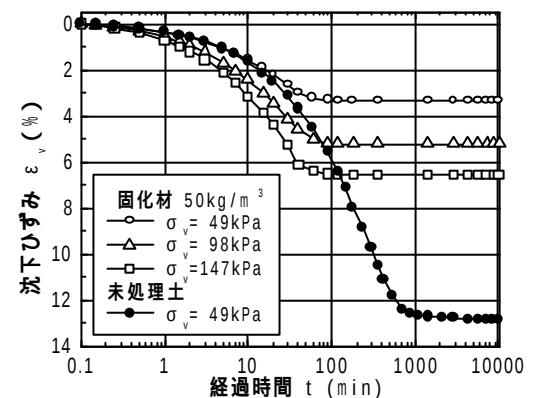


図 - 1 沈下ひずみ ε_v と経過時間 t の関係

３．試験結果と考察

(１) 圧密特性および一軸圧縮強度特性 図 - 1 に圧密養生中の沈下ひずみ $\varepsilon_v (= H/H_0 \times 100$, H : 沈下量, H_0 : 初期高さ) と対数表示の経過時間 t の関係を示す。 $\sigma_v = 49\text{kPa}$ の場合の $\varepsilon_v \sim t$ 曲線は $t = 10 \text{ min}$ まで未処理土のそれとほぼ同じになるが、 ε_v は $t = 100 \text{ min}$ 程度でほぼ一定値になる。

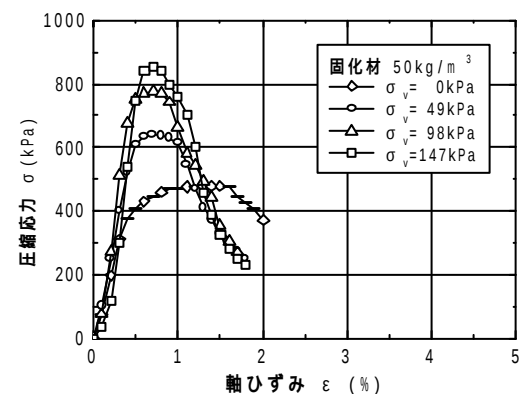


図 - 2 応力とひずみの関係

キーワード：圧密養生，セメント安定処理土，セメンテーション，走査型電子顕微鏡，一軸圧縮試験

連絡先：〒755-8611 宇部市常盤台 2-16-1 山口大学工学部社会建設工学科 山本哲朗 (Tel:0836-35-9438, Fax:0836-35-9429)

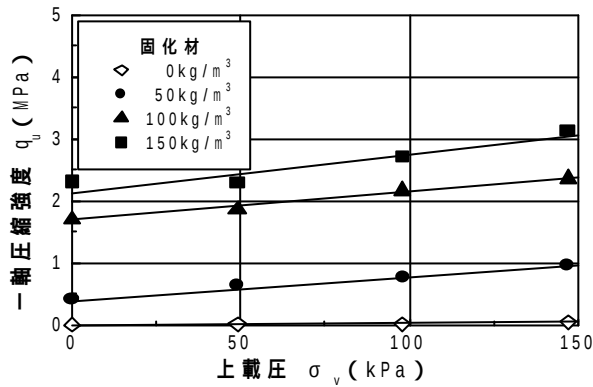


図 - 3 上載圧と一軸圧縮強度の関係

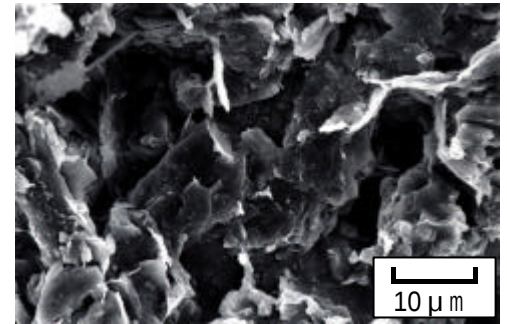
これは固化材の添加により約 100 分経過した時点でセメンテーション効果が土の圧密現象よりも卓越し、上載圧による圧密沈下を抑制した結果と考えられる。また、 $\sigma_v = 98$ kPa および 147 kPa の場合も同様に ε_v は 100 分程度でほぼ一定になる。図-2 に、図 - 1 で示した上載圧下で養生した処理土の一軸圧縮試験における圧縮応力 σ と軸ひずみ ε の関係を示す。一軸圧縮強度 q_u は σ_v の増加によって著しく増加し、また、 $\sigma \sim \varepsilon$ 曲線の形状からみて処理土の挙動はより脆性的なものとなる。これらの性質は普通ポルトランドセメントを用いた場合にも同様な傾向がみられたので、一般的な傾向といえる。図 - 3 にこのときの q_u と σ_v の関係を固化材添加量別に示す。 q_u は σ_v の増加に対してほぼ直線的に増加しており、「圧密養生による強度増加率」ともいえるこの直線の傾きは 1.4~1.8 である。

(2) 微視的構造 写真 - 2(a) ~ (d) に SEM による土粒子構造の観察結果を示す。同写真(a), (b)から、未処理土は圧密による土粒子の配向と間隙の減少によって、その構造はかなり密実化していることがわかる。一方、固化材を添加した処理土は、上記の圧密による密度増加に加えてセメント水和反応によってその構造は密実で堅固なものに変化する。同写真(c), (d)からセメント水和物であるエトリンガイトの針状結晶が粘土粒子を拘束するような形で多数生成されていることがわかる。

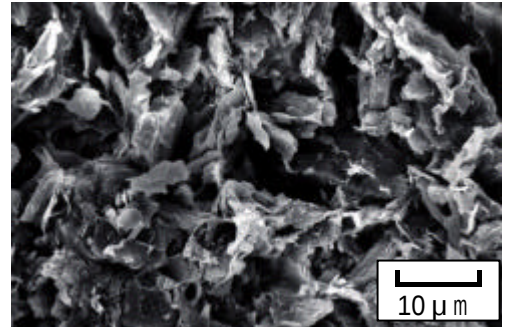
3. 結論 本研究から得られた結果を以下にまとめる。

- 1) 上載圧下での処理土の沈下量測定から、上載圧が大きいほど、沈下ひずみは大きくなり、いずれも約 100 分でほぼ一定になる。これはセメンテーション効果の発現が沈下を抑制したためと考えられる。
- 2) 圧密養生した処理土の一軸圧縮強度は、上載圧の増加に対して直線的に増加し、今回用いた土試料と固化材の場合、圧密養生による強度増加率は 1.4~1.8 である。
- 3) 安定処理土の微視的構造はセメンテーション効果と圧密による密度増加があいまって、より密実で堅固な構造に変化することが観察され、2)で述べた高強度を発現することを裏付けている。

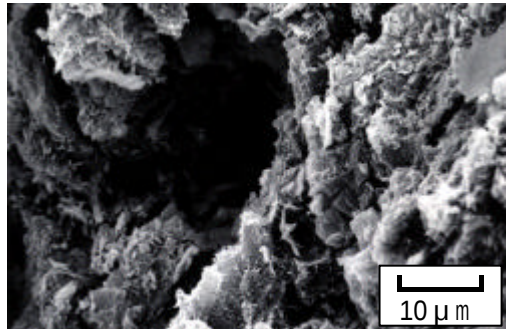
【参考文献】 1) 中国電力株式会社: 柳井 (発) CDM チェックボーリング結果報告書, 1986. 2) たとえば, 小林ほか: セメント混合により改良した飽和軟弱粘性土の強度変形特性, 生産研究, Vol. 34, No. 11, pp. 32-35, 1982. 3) 岡林ほか: 安定処理土のモールド型圧密養生装置, 第 35 回地盤工学研究発表会発表平成 12 年度発表講演集, 2000(投稿中) .



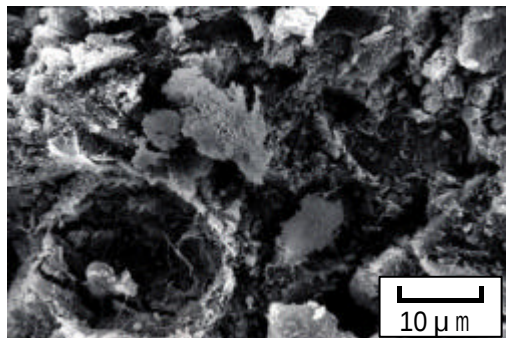
(a) 未処理土, $\sigma_v = 0$ kPa



(b) 未処理土, $\sigma_v = 147$ kPa



(c) 処理土, $\sigma_v = 0$ kPa



(d) 処理土, $\sigma_v = 147$ kPa

写真 - 2 SEM 写真による土粒子構造