

上載圧下で養生したセメント安定処理土の強度発現に及ぼす凝結遅延剤の影響

大阪工業大学

正○藤本哲生

同 上

非 上野祥麻

非 奥野主税

山口大学大学院

正 鈴木素之

1. はじめに 著者らは、これまでにセメント安定処理土が施工直後から受ける上載圧等の拘束圧が強度・変形特性や微視的構造の変化に及ぼす影響^{1)~4)}、さらに、排水距離が強度発現に及ぼす影響について検討してきた⁵⁾。その結果、上載圧下で養生した安定処理土は排水距離の影響により発現される強度や含水比が変化することを明らかにしたが⁵⁾、本研究では、排水距離の影響による強度や含水比の差異を解消する試みとして、凝結遅延剤を添加した安定処理土を上載圧下で養生後、針貫入勾配および含水比の供試体内分布を調べた。

2. 試験条件 **(1) 土試料及び安定材** 本研究で用いた土試料は、初期含水比 $w_0=70\%$ に調整したカオリン KF (土粒子密度 $\rho_s=2.663\text{ g/cm}^3$ 、最大粒径 $D_{\max}=0.048\text{ mm}$ 、液性限界 $w_L=52.3\%$ 、塑性指数 $I_p=18.8$ 、細粒分含有率 $F_c=100\%$)、安定材は、普通ポルトランドセメント (OPC)、安定材添加量は $Q_c=150\text{ kg/m}^3$ とした。また、凝結遅延剤はオキシカルボン酸塩を主成分とするソイルセメント用超遅延剤 (ジオリター10) を用い、遅延剤添加率は安定材の質量に対して $a=0, 1, 2\%$ とした。なお、設定した a の範囲では、大気圧下で7日養生後の安定処理土の針貫入勾配は概ね同値となる (強度発現の遅延効果が無くなる) ことを予備実験により確認している。

(2) 試験方法 **1) 供試体の作製** 上載圧下で養生した安定処理土供試体は、安定処理土の締固めをしない供試体作製方法 (JGS-0821-2009)⁶⁾ を参考として以下の手順で作製した。①土試料に安定材を粉体添加し、5分間攪拌・混合する。②内面に周面摩擦軽減のためのフィルムを装着した圧密容器 (直径 3 cm) に安定処理土を投入後、軽く打撃して気泡を除去し、小型圧密養生装置³⁾ に設置する。なお、供試体の初期高さは $H_0=8.5\text{ cm}$ 、初期湿潤密度は $\rho_t=1.6\text{ g/cm}^3$ とする。③①の開始後から 30 分 経過後、上載圧 σ_v を載荷する。 σ_v は $0, 56\text{ kPa}$ の2通り、供試体の排水条件は上端面のみの片面排水条件とし、圧密沈下量 ΔH をダイヤルゲージにより測定する。なお、養生時の室温は $20\pm 3^\circ\text{C}$ の恒温条件とする。④養生時間 $T_c=1\text{ day}$ において σ_v を除荷し、圧密容器から供試体を脱型後、ラップに包んで $T_c=7\text{ days}$ まで大気圧下で養生する。⑤ $T_c=7\text{ days}$ が経過後、供試体質量、直径、高さを測定後、後続の針貫入試験に用いる。

2) 針貫入試験 1) で作製した供試体に対し、針貫入試験方法 (JGS3431-2012)⁷⁾ を参考として以下の手順で針貫入試験を実施した。①図-1のように、安定処理土供試体の円周方向に 0° (A列)、 90° (B列)、 180° (C列)、 270° (D列) の位置に、養生時の供試体上端 (排水面) から 1 孔/cm の間隔で試験位置の目印を付ける。②携行型針貫入試験機を用いて試験位置毎に針を貫入し、針の貫入長 $L=10\text{ mm}$ のときの貫入荷重 $P(\text{N})$ を読み取り、針貫入勾配 $N_{p1}(=P/L)$ を求める。③試験終了後の供試体を直ナイフで分割し、試験位置毎の含水比 w_c を測定する。

3. 試験結果及び考察 図-2に、上載圧下で養生した安定処理土供試体の沈下ひずみ ε_v と経過時間 t の関係を示す。 ε_v は測定した ΔH を H_0 で除して百分率表示したもの、 t は σ_v の載荷後の経過時間である。同図に比較として示した未処理土の場合、 $\sigma_v=56\text{ kPa}$ を載荷すると $T_c=7\text{ days}$ まで継続的な沈下がみられるが、 $Q_c=150\text{ kg/m}^3$

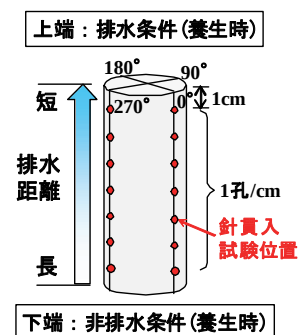


図-1 針貫入試験位置図

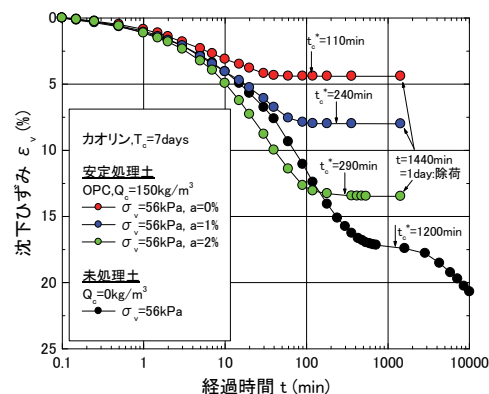
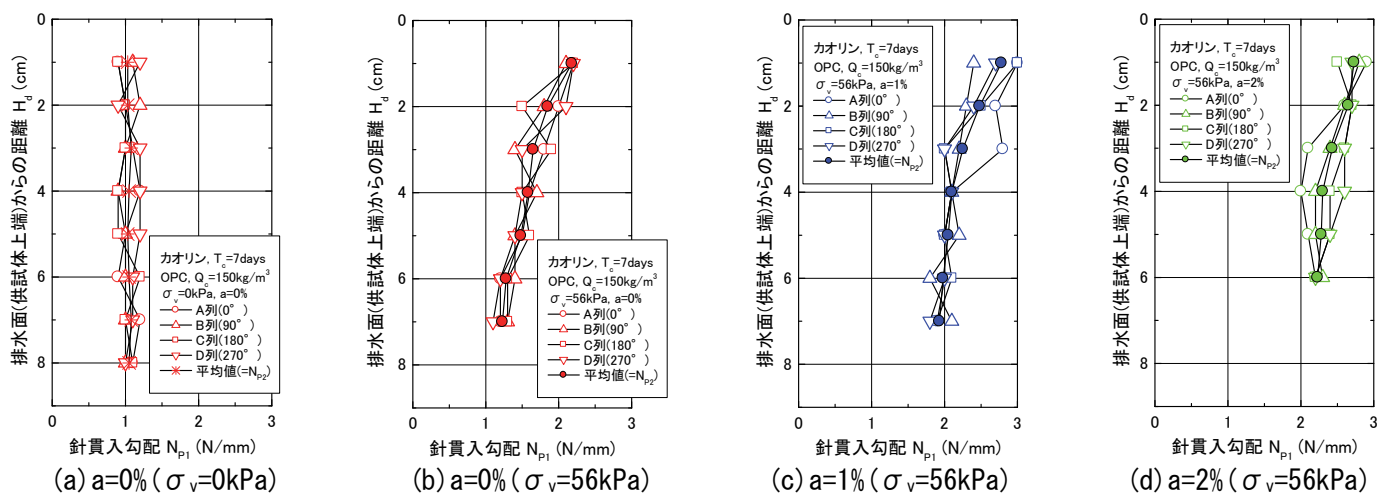


図-2 沈下ひずみ ε_v と経過時間 t の関係

キーワード: セメント安定処理, 上載圧, 針貫入試験, 排水距離, 凝結遅延剤

連絡先: 〒535-8585 大阪市旭区大宮5丁目16番1号 大阪工業大学 工学部 都市デザイン工学科 TEL 06-6954-4141

図-3 遅延剤添加率 a が異なる場合の針貫入勾配 N_{p1} の供試体内分布

の場合、遅延剤添加率 $a=0\%$ では安定材の凝結開始時間である $t=100\text{ min}$ 程度⁸⁾ で ε_v が一定値となる。一方、 $a=1$ および 2% では凝結遅延効果によって $3t$ 法による圧密終了時間 t_c が大きくなり、 σ_v を除荷した $t=1440\text{ min}$ (=1day) における最終的な沈下ひずみ ε_v^* は a の増加とともに大きくなっている。

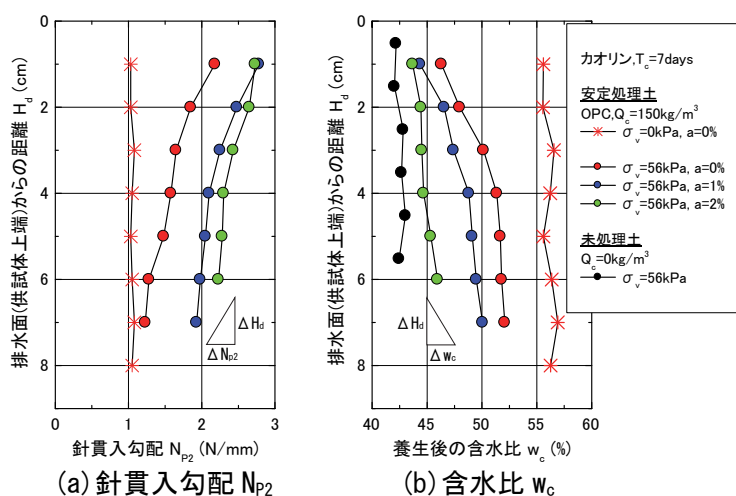
図-3(a)～(d)に、 $T_c=7\text{ days}$ における針貫入試験による針貫入勾配 N_{p1} 、 N_{p1} を排水面からの距離 H_d 毎に平均化した針貫入勾配 N_{p2} の供試体内分布を示す。図 3(a)に比較として示した大気圧下養生 ($\sigma_v=0\text{ kPa}$, $a=0\%$) の場合、

各列でばらつきはあるものの H_d によらず N_{p1} は概ね一定であるが、図 3(b)～(d)に示す $\sigma_v=56\text{ kPa}$ の場合、 a によらず H_d が短いほど N_{p1} が大きく、 a の増加とともに N_{p1} が全体的に大きくなっている。また、図-4(a)に示す N_{p2} の供試体内分布より、 $H_d=1\text{ cm}$ における N_{p2} は $a=1$ および 2% で概ね同値となり、 a の増加とともに H_d に対する N_{p2} の変化割合 ($\Delta N_{p2}/\Delta H_d$)、すなわち、排水距離による強度の差異がわずかに小さくなっている。

図-4(b)に、針貫入試験後供試体の含水比 w_c の分布を示す。未処理土 ($\sigma_v=56\text{ kPa}$) の場合、 H_d によらず $w_c=43\%$ 程度であり $w_0=70\%$ から σ_v による大幅な減少がみられる。一方、 $Q_c=150\text{ kg/m}^3$ の場合、安定材と土中水が結合することにより $\sigma_v=0\text{ kPa}$ でも H_d によらず $w_c=55\%$ 程度となっている。また、 $\sigma_v=56\text{ kPa}$ の場合、 a によらず H_d が短いほど w_c が小さくなり、 a の増加とともに w_c が未処理土の値に漸近する。さらに、 $H_d=1\text{ cm}$ における w_c は $a=1$ および 2% で概ね同値となり、 a の増加とともに H_d に対する w_c の変化割合 ($\Delta w_c/\Delta H_d$)、すなわち、排水距離による含水比の差異が小さくなっている。これは、 a の増加とともに H_d が長い箇所においても上載圧による圧密が促進されたことを意味しており、これが前述の $\Delta N_{p2}/\Delta H_d$ に影響を及ぼしたと推察される。

4. まとめ 本研究では、排水距離の影響による強度や含水比の差異を解消する試みとして、凝結遅延剤を添加した安定処理土を上載圧下で養生後、針貫入勾配および含水比の供試体内分布を調べた。その結果、凝結遅延剤を添加することにより排水距離が長い箇所においても上載圧による圧密が促進され、その結果として排水距離の影響による強度や含水比の差異が小さくなることを示した。

【参考文献】1) 山本ら：上載圧下で養生したセメント安定処理土の一軸圧縮強度特性，土木学会論文集，No.701/III-58，pp.387-399，2002.3. 2) 鈴木ら：セメント安定処理土の強度発現における養生時上載圧の荷重条件の影響，土木学会論文集，No.792/III-71，pp.211-216，2005.6. 3) 田口ら：養生時に上載圧の影響を受けたセメント安定処理土の微細構造，土木学会論文集C，Vol.64，No.1，pp.67-78，2008.2. 4) Suzuki et al.: Peak and Residual Strength Characteristics of Cement-treated Soil Cured under Different Consolidation Conditions, Soils and Foundations, Vol.54, No.4, pp.687-698, 2014.8. 5) 藤本ら：上載圧下で養生したセメント安定処理土の強度発現に及ぼす排水距離の影響，地盤と建設，Vol.38, No.1, pp.99-104, 2020.12. 6) 地盤工学会：地盤材料試験の方法と解説，地盤工学会，pp.426-434，2009.11. 7) 地盤工学会：地盤調査の方法と解説，地盤工学会，pp.426-432，2013.3. 8) 無機マテリアル学会：セメント・セッコウ・石灰ハンドブック，技報堂出版，pp.190-195，1995.11.

図-4 遅延剤添加率 a が異なる場合の N_{p2} 、 w_c の供試体内分布