

分散剤を用いたソイルセメント改良体の変動係数比較実験

正会員 ○菟田 佳明*1,2 同 佐藤 一也*1,4
同 酒井 盛幸*1,3 同 玉山 真仁*1,5

深層混合処理工法 改良体 分散剤
変動係数 品質向上 構造的安定

1. はじめに

一般的な粘性土やシルト等の細粒分を多く含む土は、セメント系固化材（以下固化材という）の水和反応により固化するまでの過程で、ソイルセメントスラリーの粘度が高くなることで流動性が失われる傾向があり、改良体の出来形不足や強度不足の原因となることが知られている。粘度が高くなる原因として、細粒土とセメントの水和反応により細粒土とセメント粒子が凝集体を形成し、土中水を拘束することが挙げられる。一般的に細粒土は電氣的に負に帯電しており、土粒子同士が電氣的に反発している状態で存在している固化材に水を加えることで水和反応が進行すると、水酸化カルシウム (Ca(OH)₂) を生成し、Ca²⁺と OH⁻に電離する。電離した Ca²⁺は土粒子の負の帯電を中和して、反発力を抑え、細粒土を凝集・固粒化させる。凝集体は凝集体同士ネットワーク化して土中水を拘束した状態で偽凝結し、短時間で流動性を失わせる。(図1)

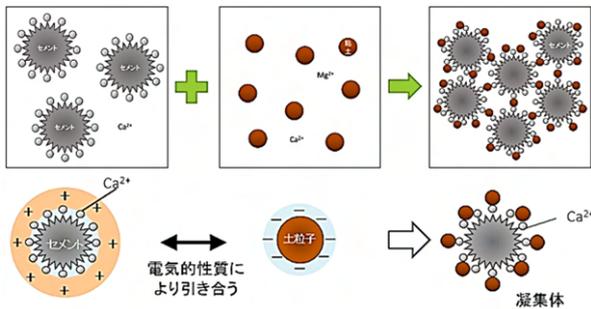


図1 凝集過程 (増粘する)

分散剤を用いた深層混合処理工法は土の凝集を分散させることでソイルセメントスラリーの増粘を抑え¹⁾、流動性を保持した施工が可能²⁾³⁾となり、これまでの研究結果から変動係数の向上、品質向上が確認されてきた⁴⁾⁵⁾⁶⁾⁷⁾⁸⁾。分散剤による増粘抑制効果を以下に示す。(図2)

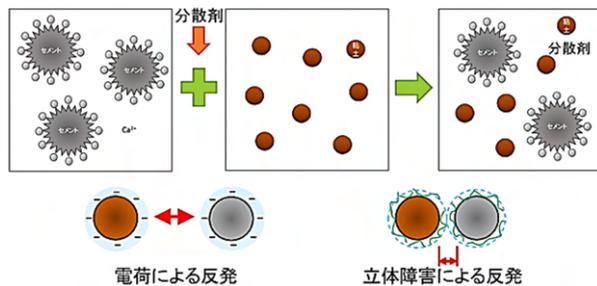


図2 分散剤による増粘抑制

本研究は、分散剤を用いた場合と用いない場合における一軸圧縮強度（以下 q_u ）試験の変動係数と合格判定値を比較検討したものである。

2. 実験条件

分散剤効果が顕著に現れる粘性土地盤に対し、施工条件は攪拌回数 450(回/m)を満足し、セメント固化材添加量 300(kg/m³)、W/C60(%)の条件下で行った。分散剤を用いたコラム2本、分散剤を用いないコラム2本を築造し、それぞれ計 25 本のモールド供試体を採取し変動係数と合格判定値を算出した。算出式を以下(1),(2)に示す。

(1)変動係数 V_d

$$\text{供試体 } q_u \text{ の平均値: } \bar{q}_u = (q_1, q_2, q_3, \dots, q_{25}) / 25$$

$$\text{分散: } S = \frac{(\bar{q}_u - q_1)^2 + (\bar{q}_u - q_2)^2 + \dots + (\bar{q}_u - q_{25})^2}{25}$$

$$\text{標準偏差: } \sigma = \sqrt{S}$$

$$\text{変動係数: } V_d = \sigma / \bar{q}_u$$

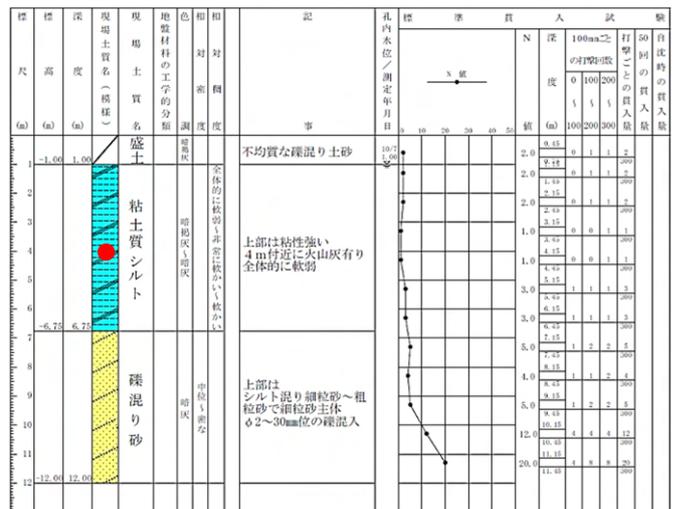
(2)合格判定値 X_L

$$X_L = F_c + k_b \cdot \sigma \quad (k_b: \text{合格判定係数 } 1.3)$$

3. 実験結果

(1)実験地柱状図、実験配置図 (福岡県久留米市)

対象土質: 粘性土 (含水比 80.1%、湿潤密度 1.486g/cm³)
改良体径: ϕ 600mm、改良長: 8.0m
固化材添加量: 質量比 18.8%(300kg/m³、W/C60%)
分散剤添加量: 質量比 0.0376%(固化材 \times 0.2%)
設計基準強度: $F_c=1200\text{kN/m}^2$



●モールド採取 (深度4m)

図3 実験地柱状図



図4 実験配置図

(2)実験結果

図5,6に分散剤有り、無しそれぞれの供試体一軸圧縮強度試験結果 q_u と供試体比重 ρ 散布図、表1に供試体平均強度 q_{uAve} 、平均比重 ρ_{Ave} 合格判定値 X_L 、標準偏差 σ_n 、変動係数 V_d の実験結果を示す。

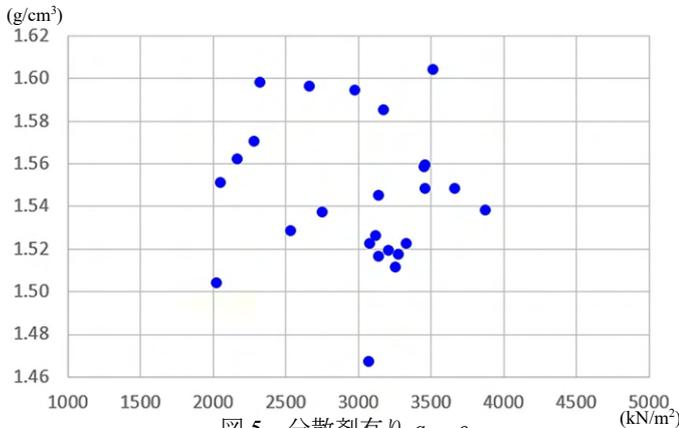


図5 分散剤有り $q_u - \rho$

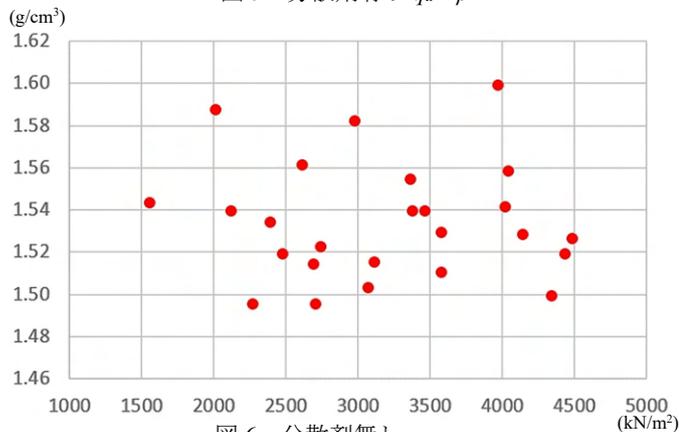


図6 分散剤無し $q_u - \rho$

表1 実験結果

	分散剤有り	分散剤無し
ρ_{Ave} (g/cm ³)	1.545	1.534
q_{uAve} (kN/m ²)	3004.4	3188.1
X_L (kN/m ²)	1857.7	2246.1
判定	$q_{uAve} \geq X_L \dots OK$	$q_{uAve} \geq X_L \dots OK$
σ_n (kN/m ²)	505.9	804.7
V_d (%)	16.84	25.25

図7に分散剤有り供試体強度 q_u 分布ヒストグラム
図8に分散剤無し供試体強度 q_u 分布ヒストグラム
を示す。

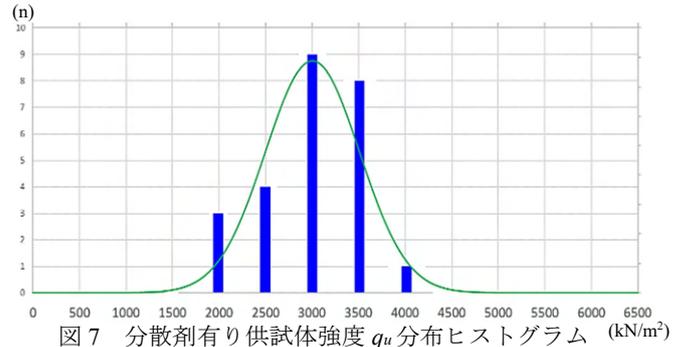


図7 分散剤有り供試体強度 q_u 分布ヒストグラム (kN/m²)

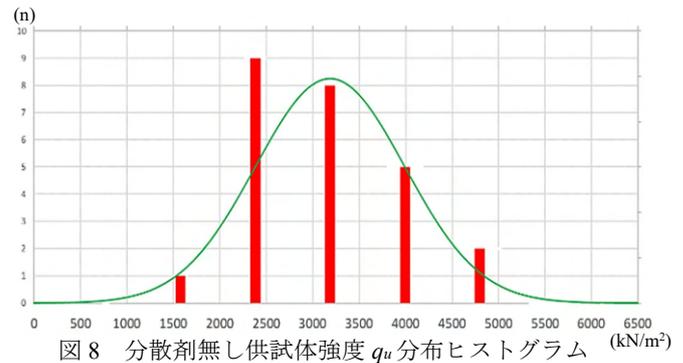


図8 分散剤無し供試体強度 q_u 分布ヒストグラム (kN/m²)

4. 考察

実験結果より、供試体 q_u の変動係数 V_d は分散剤有り $V_d=16.84\%$ 、分散剤無し $V_d=25.25\%$ となり、分散剤有りの供試体の方がより均一になっていることが確認された。

ヒストグラムによる比較は、分散剤有りは正規分布を示し、分散剤無しは非正規分布となっている。標準偏差 σ_n はそれぞれ分散剤有り $\sigma_n=505.9\text{kN/m}^2$ 、分散剤無し $\sigma_n=804.7\text{kN/m}^2$ であった。

また、品質管理における合格判定値 X_L は設計基準強度 $F_c=1200\text{kN/m}^2$ に対し、分散剤有り $X_L=1857.7\text{kN/m}^2$ 、分散剤無し $X_L=2246.1\text{kN/m}^2$ となり、分散剤有りの方がより合格基準を満たしやすいことも確認された。

5. まとめ

分散剤を用いた場合の改良体の変動係数は、用いない場合と比較して向上することが確認され、改良体の品質安定化と、支持する構造体の安全性により寄与するものと考えられる。

【参考文献】

- 1) 分散剤を添加したソイルセメントの力学特性(2003 日本建築学会)
- 2) 分散剤を用いたセメント改良土の室内配合試験(2017 日本建築学会)
- 3) 現場施工によるグルコン酸系分散剤を用いた深層混合処理工法のばらつきの評価 (2016 日本建築学会)
- 4) グルコン酸系分散剤による地盤改良体の品質改善に関する研究(2016 日本建築学会)
- 5) グルコン酸系分散剤による地盤改良体の品質改善に関する研究(2015 日本建築学会)
- 6) グルコン酸系分散剤による地盤改良体の品質改善 (2015 日本建築学会)
- 7) Using a Polycarboxylic Acid-Based Surfactant to Improve the Quality of Cement-Treated Ground (2019 日本材料学会)
- 8) 分散剤を用いた深層混合処理工法の応力ひずみ特性(2021 日本建築学会)

【謝辞】

本研究は(敬称略)、グランダートユニオン、(株)井上建機リース、(株)土木管理総合試験所、ポーター製造(株)、(株)奈良重機工事、中村基礎工業(株)、三和興業(株)、(株)綜和、出雲建設(株)、(有)ジオワークス、(株)ケンシンテクノ、(株)P.E.C、(株)パンゼン、(株)浪速試験工業所、(株)ジオックス、隆テック(株)、(有)天王重機、(株)地下テクノ、(株)テイビー、(有)地盤データサービス、(株)総栄、アースプラン(株)、UGR コーポレーション(株)、エイチ・ジー・サービス(株)、兼松サステック(株)の協力をいただきました。ここに深く感謝し、厚く御礼申し上げます。

*1 グランダートユニオン *2(株)井上建機リース
*3(株)兼松サステック *4(株)土木管理総合試験所 *5 ポーター製造(株)

*1 Groundartunion *2 Inoue Kenki Leace^{CO.LTD} *3 Kanematsu Sustech^{CO.LTD}
*4 Doboku kanri Sogo Shikenzyo^{CO.LTD} *5 Pota Manufacturing^{CO.LTD}