

分散剤を用いた深層混合処理工法の応力ひずみ特性

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

深層混合処理工法 分散剤 応力ひずみ
比例弾性

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を引き起こす。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)

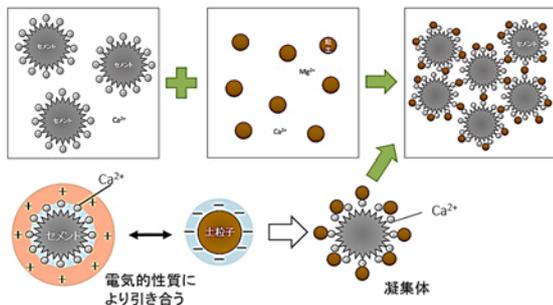


図1 凝集過程（増粘する）

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セメントスラリーの増粘を抑え、流動性を保持した施工が可能となり、攪拌効率の向上及び築造される改良体の品質向上に寄与する¹⁾。分散剤による増粘抑制効果を以下に示す。(図2)

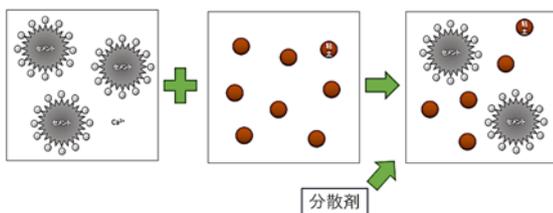


図2 分散剤による増粘抑制

本研究は、分散剤を用いた場合と用いない場合の改良体の応力ひずみ特性の比較実験を行ったものである。

2. 実験条件・結果

分散剤効果が顕著に現れると想定される粘性土において3パターン、攪拌回数は450回/mとして行った。

(1)実験①(図3)

土質：有明粘土（含水率180%、pH7.0）
 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×0.2%)
 設計基準強度：Fc700kN/m²(現場目標強度1089kN/m²)
 材齢：7日(気中養生)

実験①の一軸圧縮強度試験結果を下記に示す。

表1：実験①分散剤あり

供試体No.	密度 ρ_t (g/cm ³)	破壊ひずみ ϵ_f (%)	一軸圧縮強さ q_u (kN/m ²)	平均値との差(kN/m ²)
1	1.563	1.18	1871.8	-208.7
2	1.514	1.16	1933.7	-146.8
3	1.608	0.99	2435.9	+355.4
平均値	1.562	1.11	2080.5	標準偏差 252.6

表2：実験①分散剤なし

供試体No.	密度 ρ_t (g/cm ³)	破壊ひずみ ϵ_f (%)	一軸圧縮強さ q_u (kN/m ²)	平均値との差(kN/m ²)
1	1.562	1.31	1023.6	-52.0
2	1.630	1.35	1222.0	+146.4
3	1.570	1.18	981.2	-94.4
平均値	1.587	1.28	1075.6	標準偏差 105.0

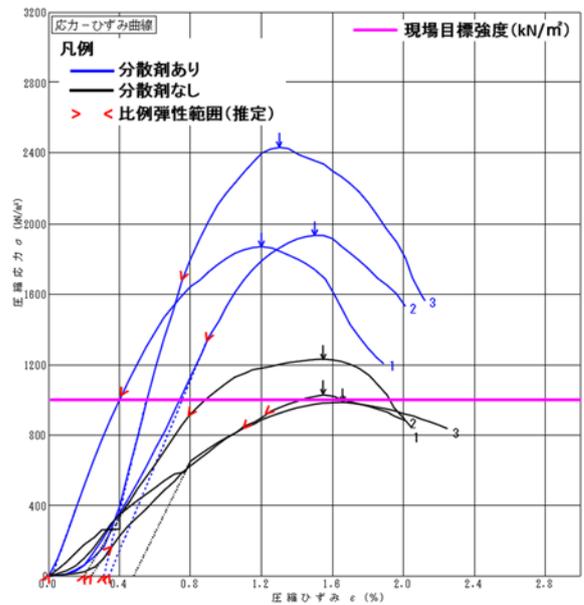


図3 応力ひずみ曲線：実験①

(2)実験②(図4)

土質：粘性土（含水率80%、pH6.5）
 固化材添加量：質量比21.2%(350kg/m³、W/C60%)

分散剤添加量：質量比 0.0424%(固化材×0.2%)
 設計基準強度：Fc1200kN/m²(現場目標強度 1912kN/m²)
 材齢：7日(気中養生)

実験②の一軸圧縮強度試験結果を下記に示す。

表3：実験②分散剤あり

供試体No.	密度 ρ_s (g/cm ³)	破壊ひずみ ε_f (%)	一軸圧縮強さ qu (kN/m ²)	平均値との差(kN/m ²)
1	1.399	0.84	3369.8	-606.5
2	1.489	0.77	4065.1	+88.8
3	1.493	0.96	4494.1	+517.8
平均値	1.460	0.86	3976.3	標準偏差 463.3

表4：実験②分散剤なし

供試体No.	密度 ρ_s (g/cm ³)	破壊ひずみ ε_f (%)	一軸圧縮強さ qu (kN/m ²)	平均値との差(kN/m ²)
1	1.454	0.90	3535.3	-421.7
2	1.510	0.93	4840.6	+883.6
3	1.444	0.80	3495.2	-461.8
平均値	1.469	0.88	3957.0	標準偏差 625.0

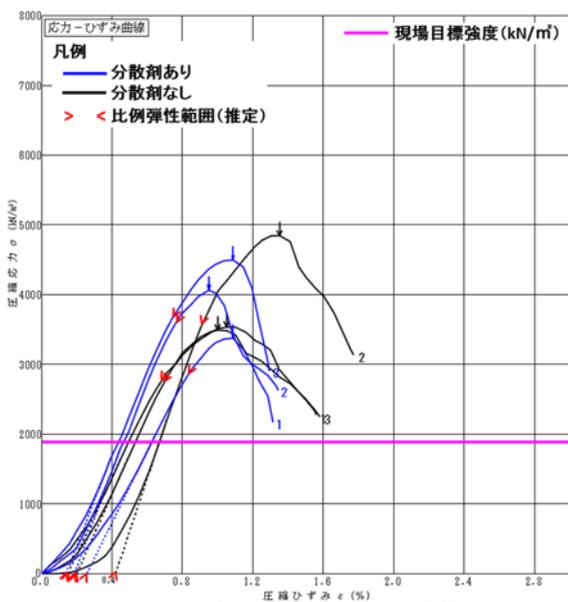


図4 応力ひずみ曲線：実験②

(3)実験③(図5)

土質：有機質土(含水率 120%、pH6.0)
 固化材添加量：質量比 23.3%(350kg/m³、W/C60%)
 分散剤添加量：質量比 0.0466%(固化材×0.2%)
 設計基準強度：Fc1000kN/m²(現場目標強度 1593kN/m²)
 材齢：7日(気中養生)

実験③の一軸圧縮強度試験結果を下記に示す。

表5：実験③分散剤あり

供試体No.	密度 ρ_s (g/cm ³)	破壊ひずみ ε_f (%)	一軸圧縮強さ qu (kN/m ²)	平均値との差(kN/m ²)
1	1.744	0.80	2062.6	-79.7
2	1.738	0.65	2151.1	+8.8
3	1.740	0.66	2213.1	+70.8
平均値	1.741	0.70	2142.3	標準偏差 61.8

表6：実験③分散剤なし

供試体No.	密度 ρ_s (g/cm ³)	破壊ひずみ ε_f (%)	一軸圧縮強さ qu (kN/m ²)	平均値との差(kN/m ²)
1	1.757	0.71	2504.1	+67.6
2	1.774	0.94	1802.0	-634.5
3	1.802	0.82	3003.4	+566.9
平均値	1.778	0.82	2436.5	標準偏差 492.8

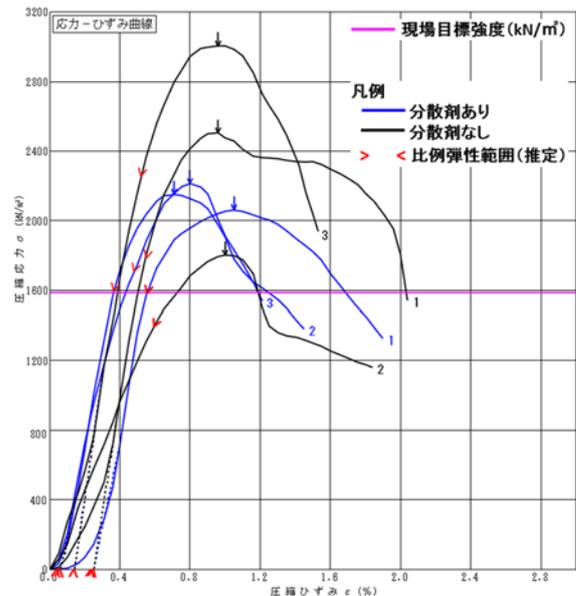


図5 応力ひずみ曲線：実験③

3. 考察

分散剤を用いた場合と用いない場合を比較すると、分散剤を用いた場合の改良体のひずみ率は小さく、比例弾性範囲(推定)が広くなる傾向が確認された。この要因として、分散剤の土と固化材の凝集抑制作用により、流動性が高くなったことで水和反応が改善されたことが考察される。

各土質では、実験①有明粘土は、分散剤を用いない場合は一軸圧縮強さが現場目標強度に達しないものが確認されたが、分散剤を用いたものは、ひずみ率が小さく、弾性範囲が広く改善され、有明粘土特有の高粘性土においては改善効果が高く現れると考察する。実験②粘性土及び実験③有機質土は、分散剤の効果の差は大きくないものの、分散剤の効果の実験を通して確認された。

4.まとめ

分散剤を用いた改良体は、用いないものと比較すると、応力ひずみ曲線のひずみ率が小さく、比例弾性範囲が広くなる傾向があることから、構造物の長期～短期～終局時における安全性に寄与するものとする。

【参考文献】

1) 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(日本建築学会大会 2015)

【謝辞】

本研究は(敬称略)、グラウンダートユニオン、(株)井上建機リース、(株)土木管理総合試験所、(株)奈良重機工事、中村基礎工業(株)、三和興業(株)、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)バンゼン、(株)タムラクレーン、(株)浪速試験工業所、(株)ジオックス、隆テック(株)、兼松サステック(株)の協力をいただきました。深く感謝し、厚く御礼申し上げます。

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

*1Ground Art Union *2Inoue Kenki Leace^{CO.LTD}
 *3Kanematsu Sustech^{CO.LTD} *4Doboku kanri Sogo Shikenzyo^{CO.LTD}