

再生二水石膏を用いた中性固化材の開発 ～補助材・粉末凝集剤による改質効果の検証～

福岡大学大学院 学生会員 郭 嘉
福岡大学工学部 正会員 佐藤 研一 藤川 拓朗 古賀 千佳嗣
住友大阪セメント株式会社 小堺 規行 吉田 雅彦 植田 竜也
中央環境開発株式会社 太田 敏則

1. はじめに 近年の地盤改良における環境負荷低減の取り組みを鑑みると、植生や生態系へ与える影響の少ない中性固化材の開発が期待されている。このような背景の下、著者らはこれまでに再生二水石膏にアルミナ成分を含む特殊添加材を混合した中性固化材の開発を行っており、市販の半水石膏系固化材に比べ高い改質効果が得られることを明らかにしている¹⁾²⁾。しかしながら、固化材添加量の増加に伴いpHがアルカリ側にシフトする点や降雨等の影響により改質効果が失われ泥濘化する現象(再泥化と定義)に対する抵抗性については、試験方法の確立も踏まえ課題があることが明らかとなった。そこで本報告では、pH調整および強度改善や再泥化抵抗を向上させる目的で補助材と粉末凝集剤に着目し、これらを中性固化材に混合した場合の効果について検証した結果について報告する。

2. 実験概要

2-1 実験に用いた試料 試料土は、表-1に示す条件で調整し、シールド工事によって排出される第4種建設発生土($q_c=200\text{kN/m}^2$ 以上)を想定した模擬土を用いた。ベースとした固化材は、再生二水石膏、特殊添加材を混合して試製した。この特殊添加材は、アルミナ成分を含有する材料を使用しており、強度増進効果とともに再生二水石膏中に含まれるフッ素をフッ化アルミ等の比較的溶解度の低い化合物として

表-1 模擬土の作製条件

模擬土	
7号珪砂:粉末粘土(質量比)	70:30
加泥材(kg/m^3)	3
含水比(%)	25
コーン指数(kN/m^2)	約200

不溶化させる効果を期待している。補助材には、改質土のアルカリ化を抑えるためのpH調整材として酸性性を呈する乾燥粘土(補助材A)と、pH調整と強度改善の両方が期待できる石灰系の補助材(補助材B)の2種類を用いた。一方、粉末凝集剤は、強度改善効果を有し、再泥化抵抗性の向上にも期待をしている。なお、模擬土の作製においては、土砂として取り扱うために必要となる条件($q_c=200\text{kN/m}^2$ 以上など)を満足することを確認している。

表-2 実験に用いた配合条件および試験条件

固化材内訳(%)					添加量 (kg/m^3)	養生日数 (day)	pH測定 (day)
再生石膏	特殊添加材	補助材A	補助材B	粉末凝集剤			
85	15				30	7	7
85	15				50		
70	15	15			30		
55	15	30			30		
55	15	30			50		
67	15	15		3	30		
52	15	30		3	30		
52	15	30		3	50		
79	15		3	3	30		
77	15		5	3	30		
75	15		7	3	30		

2-2 実験方法 表-2に配合条件を示す。本研究では、改質目標を発生土受入先の受入基準として多い第3種建設発生土以上($q_c=400\text{kN/m}^2$ 以上)とし、室内配合試験での目標コーン指数を 500kN/m^2 、目標pHを5.8~8.6とした。改質土の作製については、

表-3 再泥化区分³⁾

区分	1	2	3	4	5	6
形状						
状態	変化なし	角が崩れる程度	周囲のひび割れが顕著	再泥化開始	半分が再泥化	完全に再泥化

配合に基づき計量し、ホバートミキサーを用いて混合を行った。コーン指数試験用の供試体は突固めによる土の締固め試験方法(JIS A 1210)A法に準拠して作製し、 $D=10\times H=12.7\text{cm}$ のモールドに2.5kgランマーを用いて落下高さ30cmにて3層25回で打設した後、ラップをかけて20°C恒温室内にて養生した。残りの改質土は、個袋に分取し、それぞれpH測定用と再泥化試験の供試体作製用とした。7日間養生後、コーン指数試験(JIS A 1228)および土懸濁液のpH試験(JGS 0211)により評価を行った。さらに改質土は降雨や練り返しに対し一定の抵抗性を有する必要があるため、これらの評価のために再泥化試験³⁾を行った。再泥化試験は、養生後の改質土で作製した $D=5\times H=10\text{cm}$ の供試体を水道水に水浸(液固比5)させ、表-3に示す再泥化区分³⁾に従い目視により評価した。

3. 実験結果及び考察

3-1 補助材Aの改質効果 図-1に補助材Aの添加による改質土のコーン指数とpHの関係を示す。補助材Aの添加率に伴いpHは低下する傾向を示しており、いずれの条件においても目標pHを満たしている。しかしながら、コーン指数には変化が見られず、目標強度(500kN/m²)を満足できない結果となった。

3-2 補助材Aと粉末凝集剤の併用による改質効果 図-2に粉末凝集剤3%混合による、補助材Aの添加率と改質土のコーン指数及びpHの関係を示す。補助材Aの添加率の増加に伴い、コーン指数は低下する傾向を示す。しかし、粉末凝集剤の添加により、固化材添加量を増やしてもpHが上昇することなくコーン指数を増加させることが可能であり、目標強度を満たしている。このように、補助材Aと粉末凝集剤の併用は、改質土のpH上昇を抑制しての改質性能向上に効果的であると考えられる。

3-3 補助材Bと粉末凝集剤の併用による改質効果 図-3に補助材Bと粉末凝集剤の添加によるコーン指数とpHの関係を示す。補助材Aと同様に、補助材Bと粉末凝集剤の併用はpHを上昇させることなく、コーン指数の増加に寄与することが明らかとなった。

3-4 補助材及び粉末凝集剤による再泥化抑制効果 図4-(a)に補助材Aを添加し固化材(30kg/m³)を用いた改質土の再泥化試験結果を示す。粉末凝集剤を添加しない条件においては、補助材Aの添加率に関係なく、いずれも浸漬後30分以内に供試体の崩壊が起こり再泥化を抑制できなかった。また、粉末凝集剤を3%添加した条件においては、いずれもコーン指数は目標強度を満足していたものの、補助材Aの増加に伴い再泥化区分は悪化する傾向にあることから、補助材Aでは再泥化に対して抑制効果が見られないことが分かる。(b)に補助材B及び粉末凝集剤を3%添加させた固化材(30kg/m³)を用いた改質土の再泥化試験結果を示す。いずれの条件においても再泥化区分は3以内に収まっており、再泥化に対して効果的であることが分かる。また、今回の条件においては、補助材B:7%の条件において最も高い再泥化抑制効果が見られることが判明した。

4.まとめ 再生二水石膏と特殊添加材をベースとして、粉末凝集剤、補助材A,Bを添加し、その改質効果を検証した。結果、粉末凝集剤がコーン指数増加および再泥化抑制に効果的であることに加え、1)補助材Aは改質土のpH上昇抑制に効果的であるが、再泥化に対して有効性は認められないこと、2)補助材BはpHを上昇させることなくコーン指数を改善でき、再泥化に対しても効果的であることが確認された。

参考文献:1)郭嘉・佐藤研一・古賀千佳嗣・小堀規行・吉田雅彦・植田竜也：再生二水石膏を用いた中性固化材の開発，土木学会西部支部研究発表会，pp361-362,2020. 2)郭嘉・佐藤研一・古賀千佳嗣・小堀規行・吉田雅彦・植田竜也：再生二水石膏を用いた中性固化材の改質効果と再泥化評価，第六回地盤改良シンポジウム研究発表会，pp.105-108,2020. 3)松尾典映・佐藤研一・藤川拓朗・古賀千佳嗣：再生半水石膏を用いた改良土の再泥化特性，土木学会第69回年次学術講演会，pp.633-634,2014.

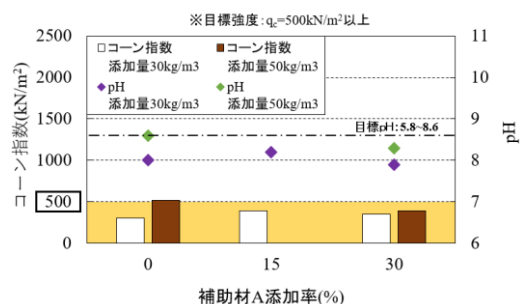


図-1 補助材 A の添加による改質効果

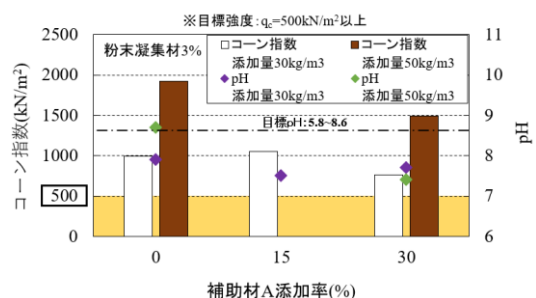


図-2 補助材 A と粉末凝集剤の併用による改質効果

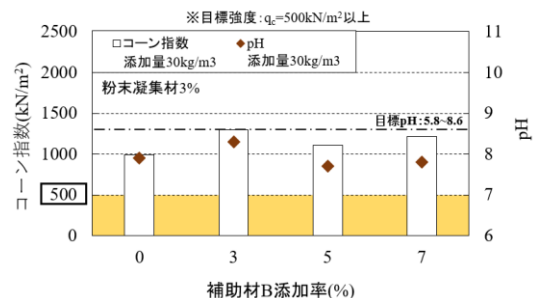


図-3 補助材 B と粉末凝集剤の併用による改質効果

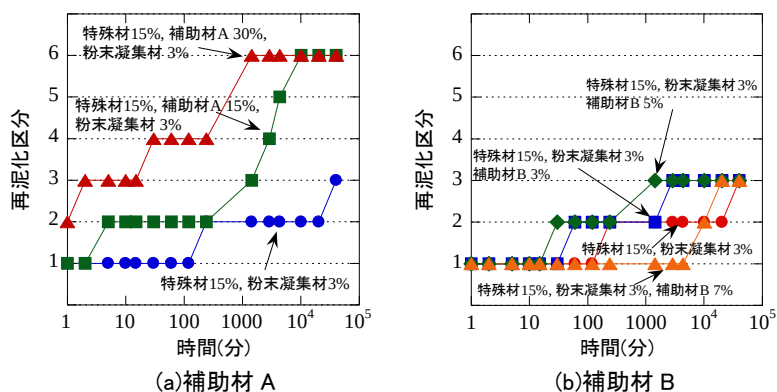


図-4 再泥化試験結果

1)補助材Aは改質土のpH上昇抑制に効果的であるが、再泥化に対して有効性は認められないこと、2)補助材BはpHを上昇させることなくコーン指数を改善でき、再泥化に対しても効果的であることが確認された。

参考文献:1)郭嘉・佐藤研一・古賀千佳嗣・小堀規行・吉田雅彦・植田竜也：再生二水石膏を用いた中性固化材の開発，土木学会西部支部研究発表会，pp361-362,2020. 2)郭嘉・佐藤研一・古賀千佳嗣・小堀規行・吉田雅彦・植田竜也：再生二水石膏を用いた中性固化材の改質効果と再泥化評価，第六回地盤改良シンポジウム研究発表会，pp.105-108,2020. 3)松尾典映・佐藤研一・藤川拓朗・古賀千佳嗣：再生半水石膏を用いた改良土の再泥化特性，土木学会第69回年次学術講演会，pp.633-634,2014.