

再生二水石膏を用いた中性固化材の開発

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 正会員 小塚 規行
 中央環境開発株式会社 太田 敏則

1. はじめに 近年、地盤改良や土壌汚染対策等において、セメント安定処理工法が幅広く用いられている。その一方で、環境意識の高まりにより、建設工事に伴う環境負荷の低減が求められており、pHが中性域で施工可能な中性固化材の開発が期待されている。一方、建築物の解体で発生する廃石膏ボードは毎年増加し、2020年は150万トンに達するりことから、再資源化の促進が緊急な課題となっている。その廃石膏ボードの有効利用技術として、廃石膏ボードをボード紙と石膏に分離や焼成処理することで得られる再生石膏が注目されている。この再生石膏は、中性の性質を示すという特徴を持っているが、土壌環境基準を超えるフッ素の溶出が懸念される材料である。そのため、フッ素溶出を抑えた中性固化材を開発し、土木工事で利用することで、再生石膏の有効利用に繋がる可能性がある。本研究では再生二水石膏を用いた中性固化材の開発を行っており、再生二水石膏に特殊添加材を混合した中性固化材の改質効果について報告する。

2. 実験概要

2-1 実験に用いた試料 実験には、表-1に示すシールド発生土を模擬した試料(以後、模擬土)を使用した。この模擬土は、改質前の搬送工程時点のシールド発生土の性状を再現しており、7号珪砂とトクレーを70:30の質量比で混合し、含水比が25%となるように調整した後、高分子材を3kg/m³添加している。なお作製した模擬土は、土砂として取り扱うため

表-1 模擬土の作製条件

模擬土	
7号珪砂:トクレー(質量比)	70:30
高分子材(kg/m ³)	3
含水比(%)	25
コーン指数(kN/m ²)	約200

に必要となる条件(コーン指数200kN/m²以上など)を満足することを確認している。固化材には再生二水石膏と特殊添加材を混合した試料を使用した(以後、中性固化材)。この特殊添加材には、アルミナ成分を含む材料を使用しており、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不溶化させる効果を期待している。なお、比較のため半水石膏を主原料とする市販の中性固化材も使用し、改質効果の比較を行った。

表-2 実験に用いた配合条件

固化材内訳(%)		固化材添加量(kg/m ³)	養生日数(day)	pH測定(day)
再生石膏	特殊添加材			
85	15	25	7	7
70	30	50		
55	45	75		
半水石膏系				

2-2 実験方法 表-2に配合条件を示す。本研究では、改質目標をシールド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は500kN/m²とした。そのため、

表-3 再泥化区分²⁾

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	半分に再泥化	完全に再泥化

固化材は再生二水石膏と特殊添加材の混合割合を質量比で85:15, 70:30, 55:45の3水準で変化させ、添加量を25, 50, 75kg/m³の3水準として、目標性能を満足する配合を検討した。改質土の作製については、配合に基づきホバートミキサーを用いて3分間試料の混合を行った。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、φ10×12.7cm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℃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²⁾を行った。再泥化試験は、改質土で作製したφ5×10cm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²⁾に従い目視により評価を行った。

3. 実験結果及び考察

3-1 中性固化材の改良効果 図-1に特殊添加材の割合に着目した固化材添加量とコーン指数の関係、図-2に固化

材添加量と改質土のpHの関係、**図-3**にコーン指数とpHの関係を示す。コーン指数は、いずれの条件においても固化材添加量の増加に伴い増加する傾向にあることが分かる。また、同一固化材添加量における特殊添加材の内訳に着目すると、特殊添加材の増加に伴いコーン指数は増加し、その増加幅は固化材添加量が多いほど顕著であることから、特殊添加材は強度増加に寄与することが分かる。これに対し市販の半水石膏系固化材は、改質効果が低く目標性能(500kN/m²以上)を満たすためには、75kg/m³の添加量が必要であることが分かる。pHに着目すると、コーン指数と同様に固化材添加量の増加に伴いpHは増加する傾向にあることが分かる。市販の半水石膏系固化材では、いずれの添加量についても目標とするpH:5.8~8.6を満足しているのに対し、本研究の中性固化材はコーン指数が高くなるとアルカリ領域に移行してしまうことから、特殊添加材添加率と固化材添加量のバランスが重要であり、目標pHを満足する最適な条件が存在することが分かる。今回の検討においては、特殊添加材15%、固化材添加量50kg/m³の条件において、コーン指数とpHの目標性能を満たすことが判明した。

3-2 再泥化抑制効果 **図-4**に特殊添加材の添加率ごとの再泥化評価結果を示す。特殊添加材添加率(a)15%においては、水浸して10分後に全ての条件において再泥化する結果となり、再泥化に対する抵抗性が見られなかった。これに対し、(b)30%においては、固化材添加量の増加に伴い再泥化に対する抵抗性が徐々に認められはじめ、(c)45%においては、固化材添加量50, 75kg/m³において再泥化が生じない結果となった。なお、市販の半水石膏系固化材は、いずれの添加量においても水浸1時間後に再泥化し、再泥化に対する抵抗性は見られなかった。

以上の結果より、再泥化に対する抵抗性は特殊添加材添加率や固化材添加量に依存しており、つまりは、改質土のコーン指数の影響を受けていることが分かる。そこで、**図-5**に示すコーン指数と再泥化区分の関係で結果を整理すると、再泥化に対する抵抗性を有するコーン指数の領域が存在することが分かる。今回の結果によれば、コーン指数1200kN/m²以上を有していれば、再泥化に対して抵抗性を有することが分かる。しかしながら、この値は第3種建設発生土を想定した目標コーン指数を幅に上回るものであり、3-1で明らかにしたようにコーン指数を増加させることはpHの上昇につながることから、目標性能での再泥化抑止については引き続き検討が必要である。一方で、本実験に用いた再泥化試験方法は、改質土供試体を完全に水浸させる極めて厳しい環境下における試験であることを考慮すると、現場の状況を再現した再泥化試験方法の検討も今後の重要な課題である。

4. まとめ 1) 本研究で開発する中性固化材は、市販の半水石膏系固化材と比べ高い改質効果を得られる。ただし、pHがアルカリ側にシフトする可能性があるため、目標性能を満たす適正な配合選定が必要である。2) 改質土のコーン指数が1200kN/m²以上あれば、今回の再泥化検討方法において再泥化抵抗性を有する結果が得られた。

【参考文献】 1) 林宏治：廃石膏ボード及びその再資源化の現状,地盤改良材を中心とした廃石膏ボードの再資源化研究委員会報告書,pp14-19, 2013. 2) 松尾ら：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,pp633-634, 2014.

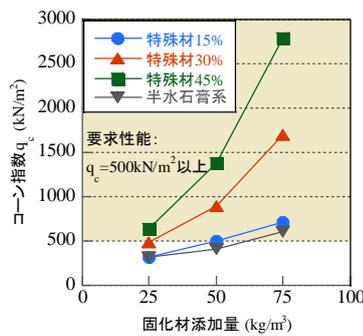


図-1 固化材添加量とコーン指数の関係

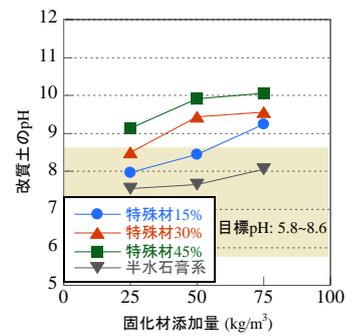


図-2 固化材添加量と改質土のpHの関係

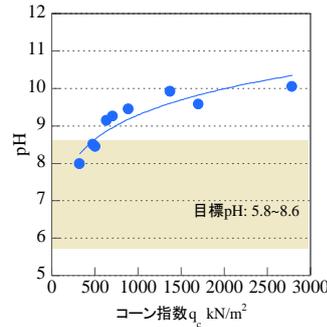
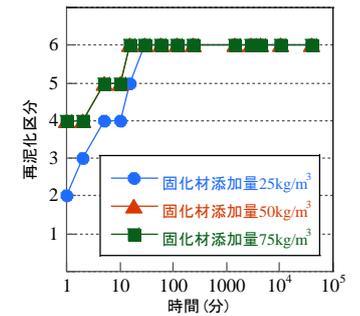
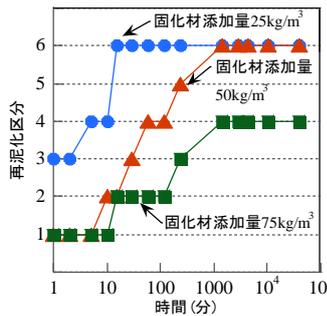


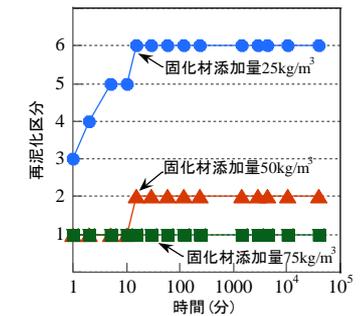
図-3 コーン指数とpHの関係



(a) 特殊添加材添加率 15%



(b) 特殊添加材添加率 30%



(c) 特殊添加材添加率 45%

図-4 特殊添加材添加率と再泥化の関係

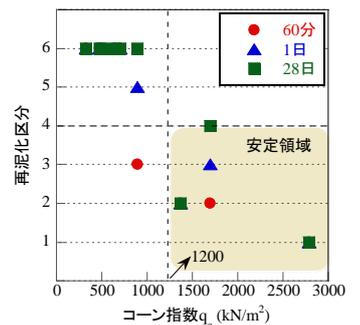


図-5 コーン指数と再泥化の関係