

再生半水・二水石膏を混入した再生路盤材の膨張特性

福岡大学 正会員 ○藤川 拓朗
福岡大学 正会員 佐藤 研一
福岡大学 正会員 古賀 千佳嗣

1. はじめに

建築物等の解体工事に伴い発生する廃石膏ボードの一部は、中間処理を経て再生石膏（再生半水石膏・再生二水石膏）として種々のリサイクルが進められている。しかしながら、路盤材や盛土材等の地盤材料として利用した際に膨張を引き起こす可能性があり、その発生メカニズムや対策には課題が残されている¹⁾。このような背景の中、筆者らはこれまでに再生石膏を用いた再生路盤材の膨張メカニズムの解明とその対策について実験的な検討を行っている²⁾。これまでの検討結果は、いずれの条件も1検体で得られた結果の考察であった。そこで本報告では、試験結果の再現性を持たせるべく検体数を増やし、改めて検討を行った結果について報告する。

2. 実験概要

本研究における再生路盤材とは、RC40相当の再生骨材（2.36mm以下が不足）に人工石粉を粒度調整材として混入させて作製した材料である。また、人工石粉とは、表-1に示すように中間処理プラントにおいて建設発生土を洗砂する際に発生する濁水をフィルタープレスによって圧搾した脱水ケーキを母材とし、脱水ケーキの湿潤質量に対してセメント系固化材と再生半水石膏をそれぞれ添加して作製したものであり、粒度調整材として使用されている。なお、実験では比較のためセメント系固化材のみを用いた条件、再生二水石膏を用いた条件でも検討を行っている。表-2に示すように、これら種々の人工石粉を再生骨材の湿潤質量に対して7%添加・混合した後、D=100mm、H=127mmの塩ビ製モールドに1E_c（≒550kJ/m³）の締固めエネルギーで突き固めて供試体を作製した。供試体作製後、水道水に4ヶ月浸漬させる条件と水道水に2ヶ月浸漬させた後に1%の硫酸塩溶媒に2ヶ月浸漬させる2パターンでの浸漬試験を行い、膨張量の測定を行った。ここで、4ヶ月という浸漬条件は、実際の路盤材において施工後4ヶ月後に膨張が発生したというヒアリング結果を踏まえたものである。また、硫酸塩溶媒に浸漬させた理由は、硫酸塩劣化による膨張の可能性¹⁾を明らかにするためである。これまでの研究により、人工石粉A～Eを用いたいずれの再生路盤材も水道水に浸漬した条件においては、浸漬期間4ヶ月において膨張の発生は見られなかった。一方、人工石粉D・Eを用いた条件においては、硫酸塩溶媒に浸漬させた後から徐々に膨張が発生し、1%を超える膨張率（浸漬試験で得られる鉛直方向の膨張量を供試体高さで除して百分率で表したもの）が計測された。これは、路盤用鉄鋼スラグの施工後の路盤膨張によるトラブル（クレーム）が発生した膨張率³⁾に相当する。しかしながら、試験体数が1検体であったことから、今回、表-3に示すように実験結果に再現性を持たせるべく、人工石粉D・Eを用いた再生路盤材を新たに2検体作製し、合計3検体の結果から考察を行った。また、人工石粉の添加量の影響についても併せて検討を行った。

表-1 人工石粉の作製条件

石粉名	配合			
	母材	セメント系 固化材 (%)	再生 半水石膏 (%)	再生 二水石膏 (%)
人工石粉A	脱水ケーキ (w _s =42.3%)	10		
人工石粉B		5	5	
人工石粉C		5		5
人工石粉D		3	7	
人工石粉E		3		7

表-2 再生路盤材の作製条件および浸漬条件

路盤材	人工石粉の 種類	人工石粉 添加率 (%)	浸漬条件
再生骨材 (RC40相当)	人工石粉A 人工石粉B 人工石粉C 人工石粉D 人工石粉E	7	・水浸4ヶ月 ・水浸2ヶ月 → 硫酸塩2ヶ月

表-3 再生路盤材および人工石粉の作製条件

路盤材	人工石粉 添加率 (%)	人工石粉の 種類	配合				検体数 (n数)	
			母材	セメント系 固化材 (%)	再生半水 石膏 (%)	再生二水 石膏 (%)		
再生骨材 (RC40相当)	7	人工石粉D	脱水ケーキ (w _a =42.3%)	3	7	-	3	
					14	-	2	
					-	7	3	
					-	14	2	
		人工石粉E		3	7	-	3	
					14	-	2	
					-	7	3	
					-	14	2	

キーワード 再生路盤材, 膨張, 再生石膏, 脱水ケーキ, 硫酸塩

連絡先 〒814-0180 福岡市城南区七隈8丁目19-1 福岡大学 工学部 TEL 092-871-6631

3. 実験結果および考察

図-1(a), (b)に人工石膏粉 D および E を用いて作製した再生路盤材の吸水膨張試験結果(溶媒: 水道水)を示す。いずれの条件においても、人工石膏の種類に関係なくいずれの再生路盤材から浸漬初期に膨張が見られ、浸漬日数 10 日以降は、横ばいで推移していることが分かる。また、膨張率は人工石膏粉 D を用いた条件で 0.6%, 人工石膏粉 E を用いた条件で 0.3%であり、いずれも 1%以下であることから、路盤が膨張して表層・基層に与える影響は低いことが分かる。人工石膏粉の添加率に着目すると、いずれも 7%に比べ 14%において膨張率が増加しており、特に、浸漬初期の膨張に影響を与えていることが分かる。

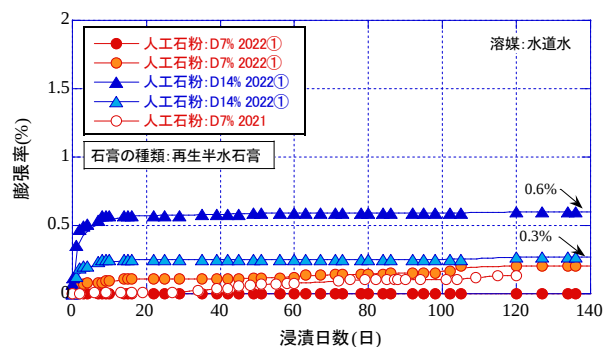
図-2(a), (b)に人工石膏粉 D および E を用いて作製した再生路盤材の吸水膨張試験結果(溶媒: 硫酸塩溶媒)を示す。いずれの条件も水道水に 2 カ月浸漬させた後、硫酸塩溶媒に浸漬させたものである。人工石膏粉 D を用いた条件では、水道水に浸漬した条件と同様に浸漬初期に膨張が生じ、その後は横ばいで推移するものの、硫酸塩溶媒に浸漬した後、再び膨張に転ずる傾向が見て取れる。しかしながら、いずれの条件も浸漬 150 日において膨張量が収束したため、計測を終了した。一方、人工石膏粉 E を用いた条件では、E7% (2021) において硫酸塩溶媒に浸漬後に急激な膨張が生じ、膨張率は 1.5%を超える結果となった。そのため、試験体数を増やして再度検討を行った結果が E7% (2022①・②) であるが、2022①において同様に硫酸塩溶媒に浸漬した後から膨張が生じ、1.5%を上回る結果となった。この供試体については膨張が収束した後に、X線回折(XRD)や走査型電子顕微鏡(SEM)による詳細な検討を行う予定であり、現段階における膨張メカニズムは、エトリンガイトの再転化による膨張²⁾と考えている。その一方で、2022②においては僅かな膨張しか見られていないことから、膨張を引き起こす発生条件等については不明な点もあるため、引き続き検討が必要である。また、人工石膏の添加量の増加は初期の膨張に影響を与え、硫酸塩溶媒に浸漬後の膨張への寄与は低いと考えられる。

4. まとめ

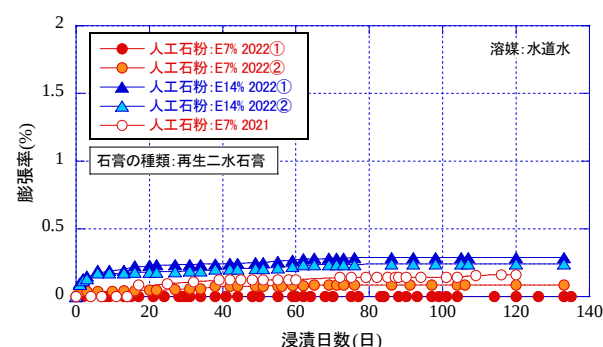
人工石膏を混入した再生路盤材は、水浸条件において膨張の可能性は低いものの、条件によっては硫酸塩溶媒において著しく膨張する傾向が見られた。発生要因やメカニズムについては、今後、さらに検討を行っていく予定である。

謝辞 本研究を遂行するにあたり、一般社団法人九州建設技術管理協会より令和 3 年度建設技術開発助成を受けました。また、本論文をまとめるにあたり、本学卒業生の寺本天平氏・吉田瑞宜氏、前田道路(株)の協力を得ました。末筆ながらここに記し謝意を表します。

参考文献 1) 国立研究開発法人国立環境研究所 資源循環・廃棄物研究センター: 再生石膏粉の有効利用ガイドライン(第一版), 2019. 2) 藤川拓朗・佐藤研一・古賀千佳嗣: 再生石膏粉を用いた再生路盤材および改良土の膨張特性, 第 15 回地盤改良シンポジウム論文集, pp.345-350, 2022. 3) 安藤和彦・寺田 剛・坂 修平: 鉄鋼スラグ路盤設計施工指針の発刊〜鉄鋼スラグの水浸膨張比の規格値検討〜, 土木技術資料 57-11, pp.52-55, 2015.

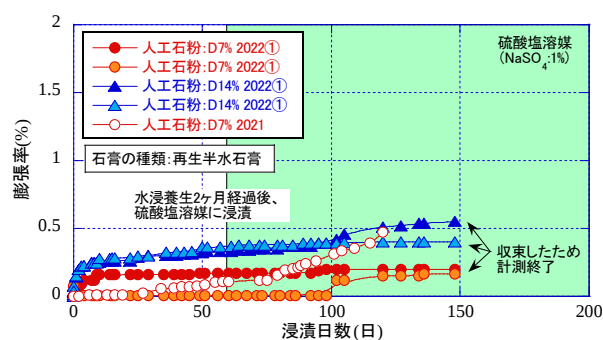


(a) 人工石膏粉 D を用いた再生路盤材

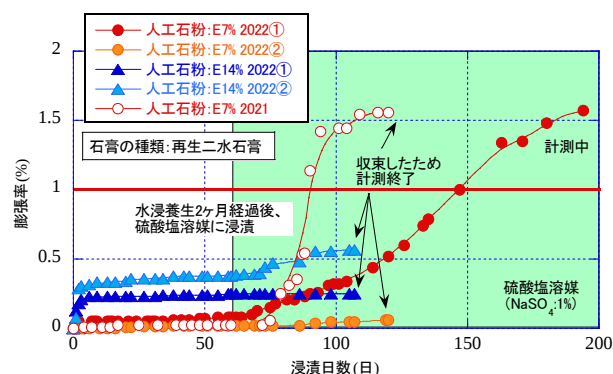


(b) 人工石膏粉 E を用いた再生路盤材

図-1 吸水膨張試験結果(溶媒: 水道水)



(a) 人工石膏粉 D を用いた再生路盤材



(b) 人工石膏粉 E を用いた再生路盤材

図-2 吸水膨張試験結果(溶媒: 硫酸塩溶媒)