

再生半水石膏による路床・路盤材の改良効果に関する実験的検討

福岡大学工学部 学生会員 新 翔一郎 松尾典映
福岡大学工学部 正会員 佐藤研一 藤川拓朗 古賀千佳嗣

1. はじめに 2006年6月1日に廃石膏ボードは、安定型最終処分場への搬入が全面的に禁止¹⁾された。以来、廃石膏ボードはボード紙と廃石膏に分離され中間処理した後に、管理型最終処分場で処分されることが義務づけられている。一方、廃石膏ボードの年間排出量は高度成長期の建造物のリニューアルに伴って年々増加傾向²⁾にある。その為、処分コストの増加や処分場の逼迫といった問題点があげられ、廃石膏ボードの有効利用の確立が急務とされている。そこで本研究では、中性固化材として知られている再生半水石膏を、軟弱な路床・路盤材の改良材として用いることを目的としている。本報告では、軟弱でかつ細粒分の多い粘性土(写真-1)に再生半水石膏を添加混合し、路床土の改良工事への利用の可能性について修正 CBR 試験による検討を行なった。特に再生半水石膏による改良土の膨張に着目して検討した結果について報告する。



写真-1 粘性土の写真

表-1 粘性土の物理特性

	粘性土
土粒子の密度 ρ_s (g/cm ³)	2.791
自然含水比 w (%)	35.9
最適含水比 w_{opt} (%)	21.5
細粒分含有率 F_c (%)	64.2
最大乾燥密度 ρ_{dmax} (g/cm ³)	1.62

2. 実験概要

2-1 実験に用いた試料 土質材料には、13mm 以下に粒度調整した細粒分含有率が 60%を超えている粘性土を用いた。固化材には、間接焼成方式で加熱処理された再生半水石膏を用いた。表-1 に粘性土の物理特性、図-1 に粒径加積曲線を示す。

2-2 実験手順 表-2 に修正 CBR 試験に用いた試料の配合条件を示す。絶乾状態の粘性土に再生半水石膏を所定量添加し、締固め試験(E-a 法)を行った。締固め試験結果より得られた最適含水比に試料を調節した後、JIS A 1211³⁾に基づき供試体を作製し、水道水を使用し吸水膨張試験を行った。その後、吸水膨張試験終了後の供試体を用い、貫入試験を実施した。

3. 実験結果及び考察

3-1 改良した路床・路盤材の膨張量について 表-3 及び図-2

に締固め試験結果を示す。水・再生半水石膏比(以下 W/B)は、水の質量を絶乾状態の再生半水石膏の質量で除して算出した。再生半水石膏の添加量が増加するに伴い、最適含水比も増加していることが分かる。このことから再生半水石膏は吸水性が高いことが分かる。一方、最大乾燥密度は、粘性土のみと再生半水石膏を添加したものを比べると再生半水石膏を添加したものは低い値を示している。これは細粒分含有率が非常に高い再生半水石膏による影響だと考えられる。図-3 に水浸時間と供試体膨張量の関係を示す。供試体膨張量は、再生半水石膏による添加量が増加する程、わずかではあるが増加傾向にあることが分かる。図-4 に膨張量と W/B の関係を示す。W/B の減少に伴い膨張量は増加している。従って、膨張量は再生半水石膏の添加量のみに影響されるのではなく、W/B にも影響されることが考えられる。次に、既定されている

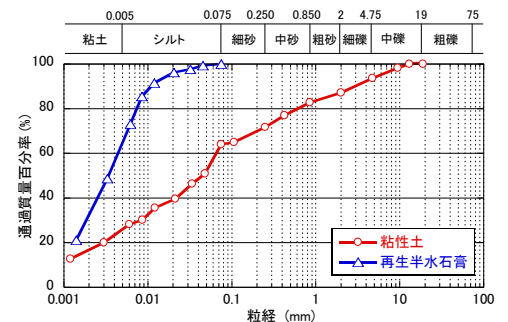


図-1 粒径加積曲線

表-2 配合条件

粘性土に対する 再生半水石膏混合量B(kg/m ³)	養生日数 t(day)	締固め回数 (回)
0		17
100		42
150		92
200		

表-3 締固め試験結果

再生半水石膏混合量 B(kg/m ³)	最大乾燥密度 ρ_{dmax} (g/cm ³)	最適含水比 w_{opt} (%)	水・再生半水石膏比 w/B(%)
0	1.62	21.5	-
100	1.52	21.9	370.0
150	1.58	24.9	249.5
200	1.54	27.2	213.1

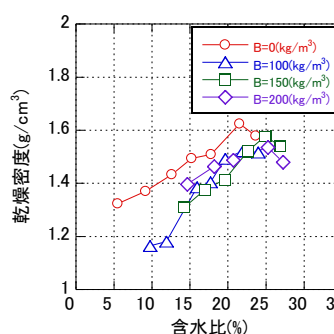


図-2 締固め試験結果

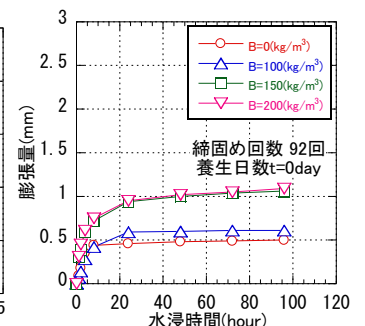


図-3 水浸時間と供試体膨張量の関係

水浸時間 96 時間において、再生半水石膏の添加量に関わらず、供試体膨張量はほぼ一定になりつつある。このことから、再生半水石膏の添加量を増加させたとしても、長期間にわたり膨張する恐れがないことが考えられる。表-4 に路床の状態と膨張比の関係⁴⁾、図-5 に 96 時間水浸後の膨張比と締固め回数の関係を示す。図-5 より再生半水石膏の添加によって膨張比が増加していることがわかる。また全条件において、膨張比は 2%以下を示しており、水浸 96 時間内において路床に使用するには良好もしくは通常の状態であることが分かる。再生半水石膏による路床改良直後であれば、路床土の膨張量は小さいと考えられる。今後は、膨張量と W/B の関係性、再生半水石膏の長期膨張特性を検討していく予定である。

3-2 改良した粘性土の強度特性 図-6 に締固め回数 92 回による荷重強さと変位量の関係を示す。再生半水石膏添加量が増加するに伴い荷重強さは増加傾向にあることが分かる。その一方で、表-3 に示した締固め試験結果から分かるように、再生半水石膏添加量の添加に伴い最大乾燥密度が減少する傾向を示していることから、これは、再生半水石膏の固化作用によるものと考えられる。図-7 に再生半水石膏添加量 $B=0, 200\text{kg/m}^3$ における修正 CBR 試験結果を示す。再生半水石膏添加量 $B=0\text{kg/m}^3$ の際、修正 95%CBR 値は 6.1%、 $B=200\text{kg/m}^3$ では修正 95%CBR 値は 26.3%を示している。このことから、再生半水石膏を添加することで修正 CBR 値が増加することが分かり、現場施工において再生半水石膏を混合直後から改良効果が得られることが考えられる。さらに、路盤材に要求される修正 CBR 値より、粘性土のみでは路床路盤材として使用できないという結果を得られた。しかし、再生半水石膏を添加することで下層路盤のコンクリート舗装から路床まで使用できる⁵⁾

ことが示された。表-5 に再生半水石膏添加量と修正 95%CBR 値の関係を示す。再生半水石膏添加量の増加に伴い、修正 95%CBR 値は増加していることが分かる。しかし、再生半水石膏添加量 $B=0\text{kg/m}^3$ 、 $B=100\text{kg/m}^3$ の修正 95%CBR 値を比較すると、ほぼ同程度であることが分かる。このことから、再生半水石膏を 100kg/m^3 程度添加させたとしても十分な改良効果を得ることができないことが考えられる。一方、 $B=150\text{kg/m}^3$ 、 $B=200\text{kg/m}^3$ では大幅に修正 95%CBR 値が増加していることから、再生半水石膏を路床路盤材として使用するためには、一定量以上の添加量が必要であり、適切な配合量を把握する必要があると考えられる。今回、細粒分含有率の高い粘性土に再生半水石膏を添加することにより、路盤材料に利用できる改良効果を発揮させることが確認出来た。今後は更なる添加量の違い、再泥化や長期的な耐久性について検討していく予定である。

4. まとめ (1)再生半水石膏の膨張量は、石膏添加量及び W/B に影響されることが明らかとなった。(2)再生半水石膏添加量の増加に伴い、粘性土は改良され荷重強さは増加傾向を示すことが明らかとなった。このことから、再生半水石膏の固化作用が確認できた。(3)再生半水石膏添加量により得られる修正 95%CBR 値は変動するため、適切な添加量を把握する必要があることが示された。

参考文献 1)一般社団法人石膏ボード工業会, ホームページ <http://www.gypsumboard-a.or.jp> 2)亀井ら:半水石膏の地盤改良材としての有効利用,地盤工学ジャーナル, vol.2, No.3, pp.245-252, 2007. 3)社団法人 地盤工学会:「土質試験の方法と解説」, p280, 2000. 4)社団法人 地盤工学会:「土質試験 基本と手引き」, p83.2010. 5)日本道路協会, セメントコンクリート舗装要綱(第 19 版), pp.11-14, 1993.

表-4 路床の状態と膨張比の関係⁴⁾

路床の状態	膨張比(%)
良好な状態	1以下
通常の状態	2以下
不良な状態	3以下
腐食土	7~20

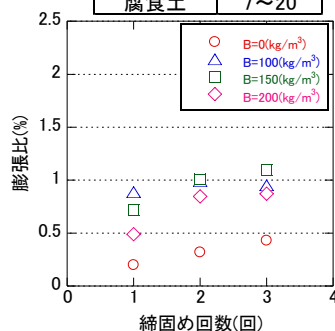


図-5 96 時間水浸後の膨張比と締固め回数の関係

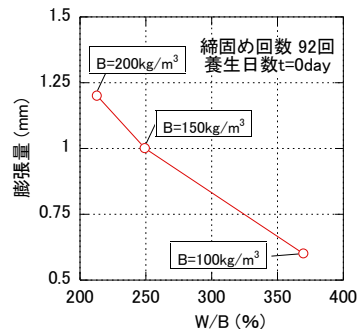


図-4 膨張量と W/B の関係

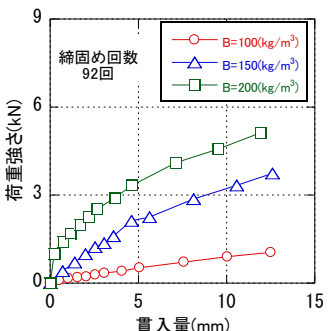


図-6 締固め回数 92 回による荷重強さと変位量の関係

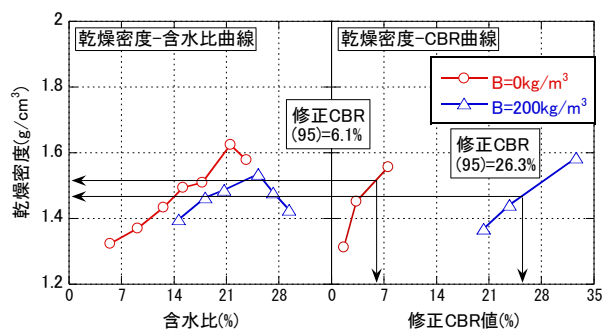


図-7 再生半水石膏添加量 $B=0, 200 (\text{kg/m}^3)$ における修正 CBR 試験結果

表-5 再生半水石膏添加量と修正 95%CBR 値の関係

再生半水石膏添加量 (kg/m^3)	修正 95%CBR 値 (%)
0	6.1
100	7.0
150	20.0
200	26.3