

再生石膏混合による泥土の強度発現特性

石川工業高等専門学校 学生会員 ○井村 友哉

石川工業高等専門学校 正会員 重松 宏明

1. 緒言

河川や湖、港湾などから掻き揚げられた土砂(浚渫土)、特に粘土やシルトのような細粒分を多く含有する泥土は高含水比状態にあることから、標準ダンプトラックには山積みできず、運搬が困難である。これが泥土のリサイクル率が上がらない要因の1つである。そこで、本研究は毎年大量に排出される廃石膏ボードを破碎分離・加熱処理して得られた「再生石膏」を泥土の安定材として採用し、再生石膏のみでどの程度の強度発現効果が見込めるのかを実験的に検証した。

2. 実験的研究

まず、使用材料について説明する。廃石膏ボードを破碎分離した直後の石膏は、二水石膏($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)に相当し、これに温度を上げて加熱時間を長くすることによって石膏中の結晶水は減少し、やがて半水石膏($\text{CaSO}_4 \cdot 1/2\text{H}_2\text{O}$)、無水石膏(CaSO_4)へと変化する。本研究で使用した再生石膏は無水石膏に相当する。

泥土を模擬した処理対象土は、青粘土と呼ばれる市販のパウダー状の粘性土を採用した。表-1に青粘土の物理特性を示す。次に、試料調整および供試体の作製方法について説明する。模擬泥土の初期含水比を青粘土の液性限界と同じ値になるように加水調整し、乾燥させないように施した上で、土と水がなじむようにインキュベーター内(20℃)で24時間放置した。そして、この高含水比状態の青粘土に再生石膏を異なる混合率(乾燥質量比 20%, 30%, 40%, 50%)で混ぜ合わせた後、これらの石膏混合土を円筒形の割型モールド(供試体の直径:50mm, 高さ:約100mm)に詰めて同一の締固めエネルギーで突固めて供試体を作製した。脱型後は供試体を乾燥させないように施し、インキュベーター内で所定の期間(7日, 28日)湿潤養生させた後、一軸圧縮試験を行った。また、石膏混合直後(養生0日)の強度発現特性についても調べるため、脱型直後の供試体に対しても一軸圧縮試験を実施した。

表-1 青粘土の物理特性

土粒子の密度 ρ_s (g/cm ³)	2.752
自然含水比 w_N (%)	3.2
砂分 (%)	10.6
シルト分 (%)	56.7
粘土分 (%)	32.7
液性限界 w_L (%)	46.3
塑性限界 w_P (%)	22.0
塑性指数 I_P	24.3
活性度 A	1.03
最大乾燥密度 ρ_{\max} (g/cm ³)	1.645
最適含水比 w_{opt} (%)	19.4

3. 結果および考察

(1) 石膏混合土の強度特性

図-1は、以前に筆者らが石膏混合土(処理対象土:青粘土)に対して行ったコーン指数試験の結果¹⁾である。本研究と同様に、再生石膏を混入させる前の含水比を青粘土の液性限界と同じ値になるように調整した。図中の $q_c=200\text{kN/m}^2$ は泥土のトラック運搬に必要な強度で、この場合の運搬には、20%以上の再生石膏を混入しなければならないことが分かる。

図-2に圧縮応力と軸ひずみの関係を示す。図より、養生期間の長短に関係なく、再生石膏の混合率(以後、石膏混合率と呼ぶ)の増加に伴って圧縮応力は増大し、破壊ひずみが小さくなっている様子が確認できる。養生期間を設けなかった養生0日においても、一定の強度発現効果が得られている。図-3の(a)に養生0日、(b)に養生7日および28日の一軸圧縮強度と石膏混合率の関係を示す。一般に、トラックによる運搬が可能な状態の泥土の

必要強度は $q_c > 200\text{kN/m}^2$ 、建設発生土の土質区分基準で定められている第2種改良土としての必要強度は $q_c > 800\text{kN/m}^2$ と定められている。コーン指数 q_c と q_u の相関は高く、通常 $q_c \approx 5q_u$ の関係式が用いられる。この関係式から算定したそれぞれの必要強度 $q_u=40, 320\text{kN/m}^2$ を図中に併記した(ただし、第2種改良土に対しては、現場・室内の強度比を0.5(=現場/室内)に設定した)。前述したように、養生期間の長短に関係なく、石膏混合率の増加に伴って著しい強度発現効果が得られていることが見て取れる。特に、養生0日は石膏混合率50%で第2種改良土の必要強度を上回っており、かつ7日と28日と比べても強度は若干高くなっている。また、養生0日は石膏混合率の増加に伴ってばらつきが大きくなっているのに対し、養生7日と28日はばらつきが小さく、両者の間において、明瞭な強度の差は認められない。このことか

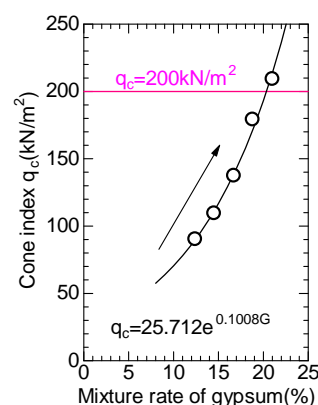


図-1 コーン指数試験の結果

キーワード 再生石膏, 泥土, 強度発現

連絡先 〒929-0392 石川県河北郡津幡町北中条タ1 石川工業高等専門学校環境都市工学科 TEL 076-288-8168

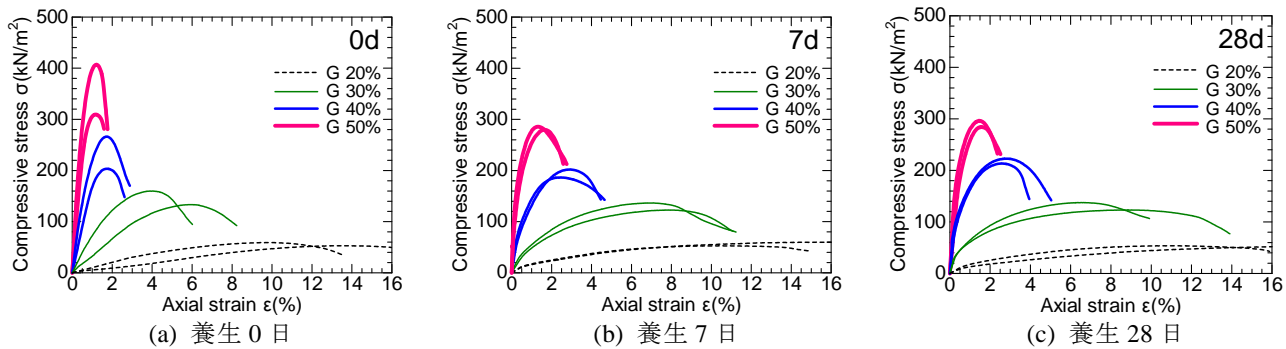


図-2 圧縮応力と軸ひずみの関係

ら、泥土への再生石膏の添加は、添加直後の改質効果はあっても、セメントもしくは石灰安定処理土のような養生日数の経過に伴う強度発現効果までは期待できない。

(2) 石膏混合による締固め効果

図-4 に一軸圧縮試験開始時の供試体の乾燥密度と石膏混合率の関係を示す。ばらつきはあるものの、石膏混合率の増加に伴って乾燥密度が著しく上昇していく様子が見取れる。これは再生石膏を混ぜ合わせることによって、泥土の含水比が低下し、より締固まりやすい材料の性質へと変化したことを意味する。これが石膏混合土の強度発現につながった大きな要因の1つと言える。

(3) 石膏混合土の変形特性

図-2 の圧縮応力-軸ひずみ関係の初期勾配から、変形係数を求めて集約した。図-5 に変形係数 E_{50} と石膏混合率の関係を示す。図より、多少のばらつきはあるものの、石膏混合率の増加に伴って石膏混合土の変形係数が飛躍的に増大している様子が見られる。これは再生石膏を多く混ぜ合わせることで土の剛性が上がることを意味する。また、一軸圧縮強度と同様に、変形係数も養生期間の長短による影響はほとんど見られない。

4. 結言

本研究で実施した一連の室内実験の結果から、泥土への再生石膏の添加は、添加直後の改質効果はあっても、養生日数の経過に伴う強度発現効果までは期待できない。このことから、盛土材など、新たな地盤材料として適用させていくためには、石灰などの固化材との組み合わせが必要になってくる。

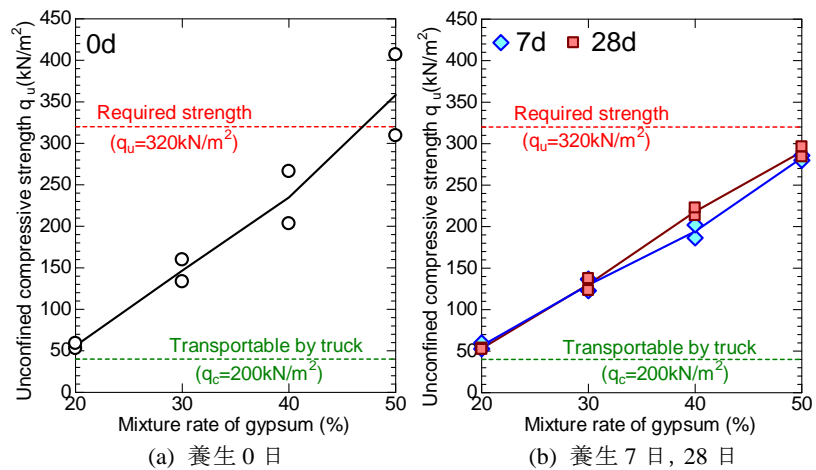


図-3 一軸圧縮強度と石膏混合率の関係

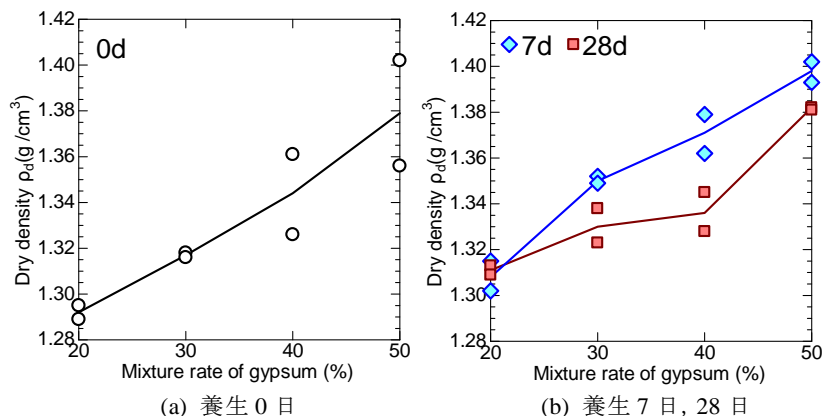


図-4 乾燥密度と石膏混合率の関係

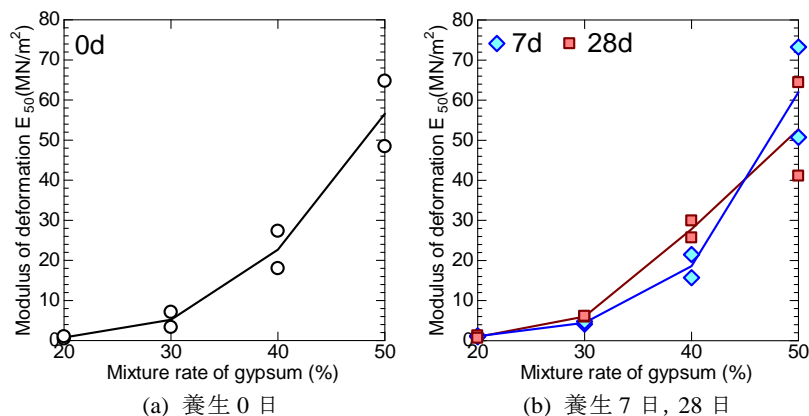


図-5 変形係数と石膏混合率の関係

参考文献 1)重松宏明, 田中均, 中谷成吾:半水石膏混合による浚渫土の再生利用に向けた実験的研究, 第14回環境地盤工学シンポジウム発表論文集, pp.339-344, 2021.