

再生石膏混合による泥土の強度発現に関する実験的研究

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 堀井 優純稀
石川工業高等専門学校 正会員 重松 宏明

1. 緒言

粘土やシルトのような細粒分を多く含有する泥土は、砂礫や玉石とは異なり含水比が高いことから、この上を人は歩行できず、かつダンプトラックに山積みできない状態にあるため、運搬が非常に困難である。これが泥土のリサイクル率が一向に上がらない要因の1つである。そこで本研究では、昨年度¹⁾に引き続き、廃石膏ボード由来の「再生石膏」を泥土に混ぜ合わせて安定化を施した後、これに消石灰を加えて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. 実験の概要

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。泥土を模擬した青粘土の初期含水比を液性限界と同じ値になるように加水調整し、乾燥し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。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型の割型モールド(直径:50mm, 高さ:約100mm)に詰めて同一の締固めエネルギー($2E_c$ もしくは $4E_c$, $1E_c=551\text{kJ/m}^3$)で突き固めて供試体を作製した。それをインキュベーター内で7日間湿潤養生させた。養生後は脱型して、供試体の一軸圧縮試験を行った。また固化材を混ぜ合わせた場合については、養生後の石膏混合土に消石灰を異なる混合率(乾燥質量比:2%, 4%, 6%)で混ぜ合わせた後、再度バット内で7日間湿潤養生させた。その後同様の方法で供試体を作製し、一軸圧縮試験を行った。

3. 結果および考察

まず、泥土を模擬した青粘土の再生石膏混合による含水比の低下状況を確認しておく。液性限界 $w_L (=46.3\%)$ と同じ含水比になるように加水調整した後、再生石膏を混ぜ合わると、図-1に示すように石膏混合率の増加に伴って含水比は比例的に低下していく様子が確認できる。なお、図中には青粘土(石膏未混入)の液性限界 w_L の他に塑性限界 $w_p=22.0\%$ と最適含水比 $w_{opt}=19.4\%$ を併記した。

図-2は一軸圧縮試験の結果で、(a)～(d)は順に消石灰0%, 2%, 4%, 6%混ぜ合わせた石膏混合土の一軸圧縮強度 q_u および乾燥密度 ρ_d と石膏混合率の関係を示す。一般に、トラックで運搬可能な状態の泥土の必要強度はコーン指数 $q_c > 200\text{kN/m}^2$ である。盛土材として用いる場合の必要強度は、建設発生土の土質区分基準で第2種改良土 $q_c > 800\text{kN/m}^2$ 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。本研究では、現場と室内の強度比(=現場/室内)を0.5に設定した上で必要強度を $q_u = 320\text{kN/m}^2$ に定めた。図より、消石灰未混入では石膏混合率の増加に比例して q_u と ρ_d が共に上昇していく様子が認められる。消

表-1 青粘土の物理特性

土粒子の密度 $\rho_s (\text{g/cm}^3)$	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 $\rho_{max} (\text{g/cm}^3)$	1.645
最適含水比 $w_{opt} (\%)$	19.4

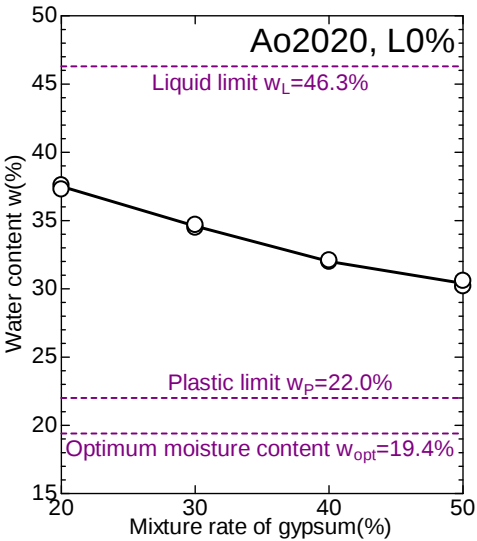


図-1 含水比と石膏混合率の関係

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

石灰 2%, 4%, 6%を混ぜ合わせた場合も石膏混合率の増加に伴って q_u は増加しているものの、消石灰未混入の場合と比べると消石灰 2% の石膏混合率 50% の場合の q_u は低下している。消石灰 4%, 6% の場合も消石灰未混入の場合と q_u に大きな差がなく、設定した必要強度にも達していない。試験開始時の各供試体の ρ_d を確認してみると、消石灰 2% では ρ_d が石膏混合率 40% から 50% になるにつれて低下している。消石灰 4%, 6% では石膏混合率 30% をピーク

に 40%, 50% になるにつれて大きく減少している。このことより ρ_d の低下は q_u の低下に大きく影響していると言える。そこで筆者らは供試体の乾燥密度 ρ_d を向上させるために、供試体作製時の締固めエネルギーを 2 倍の $4E_c$ に設定し、同様の方法で一軸圧縮試験を行なった。図-3 にその結果を示す。図-3 より供試体作製時の締固めエネルギー $2E_c$ と $4E_c$ を比較すると石膏混合率 30%, 40%, 50% 何れの場合も q_u が飛躍的に上昇していることが認められる。特に石膏混合率 40%, 50% においては、 $4E_c$ で突き固めた供試体の ρ_d が $2E_c$ と比べて大きく上昇したことが q_u を大きく増大させた要因と考えられる。しかしながら、石膏混合率 30% に着目すると、 q_u は増加したものの、 $2E_c$ と $4E_c$ の両者の ρ_d に差異はない。このことから、 ρ_d 以外にも石膏混合土の強度発現性に影響を与える要因があるのかもしれない。

4. 結言

本研究で得られた知見をまとめると、(1)消石灰混入、未混入に関係なく、再生石膏混合率の増加に伴い一軸圧縮強度は上昇した。しかしながら、再生石膏と消石灰の組み合わせによる、満足のいく強度発現効果は得られなかった。(2)消石灰 6% において、異なる締固めエネルギーで作製した供試体の一軸圧縮強度と乾燥密度を比較してみると、高いエネルギーで作製した供試体の乾燥密度は上昇し、これに伴って一軸圧縮強度も大きく増大した。ただし、石膏混合率 30% において、締固めエネルギー高低による乾燥密度の違いが見られなかった。この点を明確にするためには、新たに試験条件を精査した上で、静的締固め法で供試体を作製するなど、乾燥密度を意識した更なる検討が必要となる。

参考文献 1) 井村友哉・重松宏明:再生石膏混合による泥土の強度発現特性, 土木学会年次学術講演概要集(CD-ROM)77th, 2022.

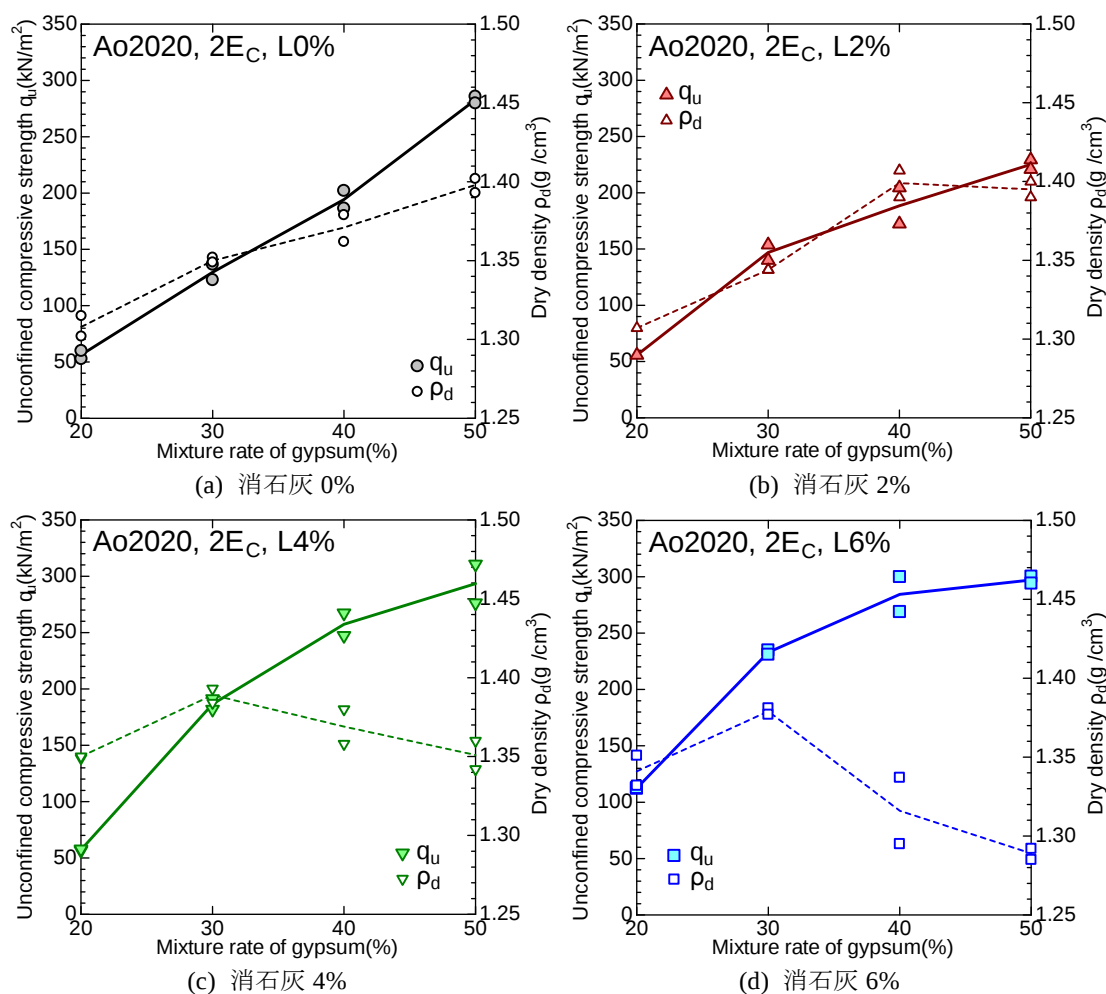


図-2 一軸圧縮強度・乾燥密度と石膏混合率の関係

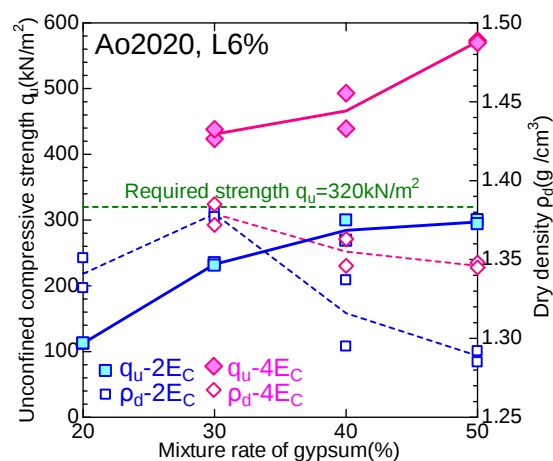


図-3 一軸圧縮強度・乾燥密度と石膏混合率の関係 (消石灰 6%, $2E_c$ vs $4E_c$)