

脱水ケーキを刃金土として活用するための土質改良実験

九州産業大学 学生会員 田代 大樹
 筑後川砂利砂協業組合 非会員 吉田 一彦
 九州産業大学 学生会員 眞鍋 一喜

九州産業大学 正会員 林 泰弘
 鳥栖碎石 非会員 吉田 健治
 九州産業大学 正会員 松尾 雄治

1. はじめに

花崗岩を掘削・破碎して砂利・洗砂をコンクリート用骨材として製造する過程で発生する泥水は、タンクで凝集・沈殿された後にプレス機で加圧脱水され脱水ケーキとなり破棄されている。この脱水ケーキは粒度が細かいことから透水性が低いと見込まれ、「刃金土」などの代替材としてリサイクル使用できるのではないかと考えられた。松尾ら¹⁾は消石灰による土質改良を試み、コーン指数の改善は得られたものの遮水材としては十分な透水係数は得られなかった。本研究では、ダンプトラックが走行可能なトラフィカビリティ(コーン指数1200kN/m²以上)を満足したうえで、刃金土として要求される透水係数が 2.0×10^{-8} m/sを下回るような改良土を作製するために消石灰に加え、ベントナイトの使用を検討した。

2. 改良土の作製

採取時の脱水ケーキの物理特性を表-1に示す。本研究で使用した試料(平成28年7月)は細粒分が約90%であったが、松尾ら¹⁾の試料(平成27年5月)と大きな違いは見られなかった。

脱水ケーキを4.75mmのふるいを通過するようになるときほぐし、含水比を30%に調整したあと、工業用消石灰(HL)と粒状のベントナイト(PG)を添加・混合して改良土を作製した。改良土は恒温庫(20±3℃)内で1週間密閉養生後、9.5mmふるいを通過するようにはぐして試験に供した。以下、消石灰を添加した脱水ケーキを消石灰混合土、ベントナイトを添加した脱水ケーキをベントナイト混合土、消石灰とベントナイトを添加した脱水ケーキを消石灰・ベントナイト混合土と呼ぶ。

3. コーン指数試験

JIS A 1228:2009に基づいてコーン指数試験を行った。ベントナイト添加率とコーン指数の関係を図-1に示す。ベントナイトを添加率2%してもコーン指数に変化がないが、添加率を5%とすると消石灰添加率が少ないほどコーン指数は低下した。

JIS A 1210:2009のA-a法に基づいて締固め試験を実施し、併せてコーン指数を測定した。締固め曲線(図-2)では、消石灰添加率が高くなると締固め曲線は右下に移動したが、消石灰添加率が同じ場合でのベントナイト添加の影響は見られなかった。含水比とコーン指数の関係(図-3)におい

表-1 脱水ケーキの物理特性

試料番号	平成27年5月	平成28年7月
石分 (75mm以上) %	0	0
礫分 (2-75mm) %	0	0
砂分 (0.075-2mm) %	18.3	10.2
細粒分 (0.075mm未満) %	81.7	89.8
均等係数 U_c	91.4	45.9
液性限界 w_L %	42.3	52.6
塑性限界 w_p %	27.3	29.7
塑性指数 I_p %	14.7	22.9
基準分類名	シルト(低液性限界)	シルト(高液性限界)
基準分類記号	(ML)	(MH)

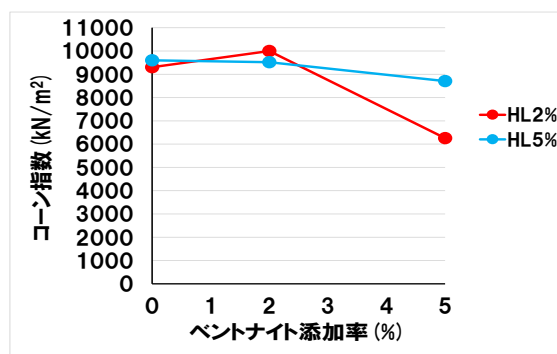


図-1 ベントナイト添加率とコーン指数の関係

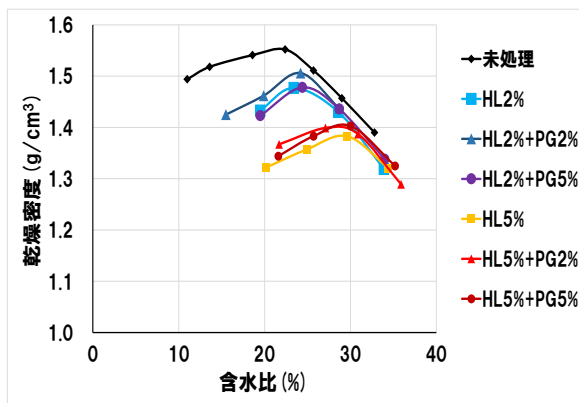


図-2 締固め曲線

て同じ含水比で比較した場合、消石灰添加率が高くベントナイト添加率が低いほどコーン指数は大きくなった。また、消石灰添加率が高いほうがベントナイト添加の影響が少なく、消石灰を 5% 添加することで含水比が 35% 程度でも $q_c=1200\text{kN/m}^2$ を満たした。

4. 膨潤実験

ベントナイトが膨潤することによって透水係数を小さくすることができるが、消石灰との併用に懸念があったため、膨潤実験を行った。JIS A 1217 : 2209 に定められた圧密試験機を用いて実施した膨潤実験の方法を以下に記す。圧密リングにコーン指数試験において得られた乾燥密度に合わせて試料を締め固め、圧密容器にセットした。水浸容器に水を注いでからの経過時間と膨潤量を測定した。

ベントナイト改良土の経過時間と膨潤ひずみの関係を図-4 に示す。膨潤ひずみ $\varepsilon_s(\%)$ は供試体初期高さに対する供試体膨潤高さを百分率で表したものである。未処理土は時間が経過しても膨潤ひずみはほぼ横ばいだが、ベントナイトの添加率が高くなるにつれ、時間の経過とともに膨潤ひずみが大きくなった。

ベントナイト添加率と水浸 24 時間後の膨潤ひずみ ($\varepsilon_{s(24h)}(\%)$) の関係を図-5 に示す。ベントナイト改良土はベントナイト添加率に比例して膨潤ひずみも大きくなった。しかし、消石灰・ベントナイト混合土は消石灰添加率が高いほど膨潤ひずみが小さくなった。これは、消石灰から溶出するカルシウムイオンがベントナイトに含まれるナトリウムイオンに置換されてしまうため膨潤効果を発揮しなくなったと考えられる。

5. 透水係数

ベントナイト改良土に対し、JIS A 1218 : 2009 に基づいて変水位透水試験を実施して得られた透水係数と乾燥密度の関係を図-6 に示す。消石灰混合土の結果も併せて示す。ベントナイト改良土は消石灰混合土に比べ乾燥密度は大きくなったが、透水係数は未処理土や消石灰改良土とほぼ同レベルであり、透水係数は目標の $2.0 \times 10^{-8} \text{m/s}$ 未満を達成することができなかった。

5. まとめ

遮水性向上のため、ベントナイトの添加を試みたが、消石灰と併用すると膨潤効果が得られなかった。また、ベントナイト混合土の透水係数は、未処理土や消石灰改良土と同等で目標を達成できなかった。今後は、ベントナイトの添加率をさらに高くするなどして刃金土としての改良の余地が見いだせることが考えられる。

参考文献：1) 松尾雄治ほか：花崗岩破碎工程で発生する泥水に固化材を添加脱水した処理土の盛土材料への適用性、第 12 回地盤改良シンポジウム論文集、pp.393-398、2016.10.

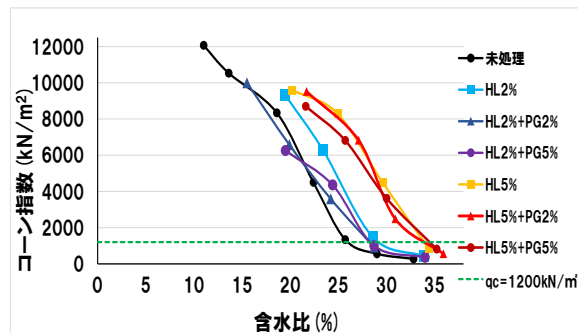


図-3 含水比とコーン指数の関係

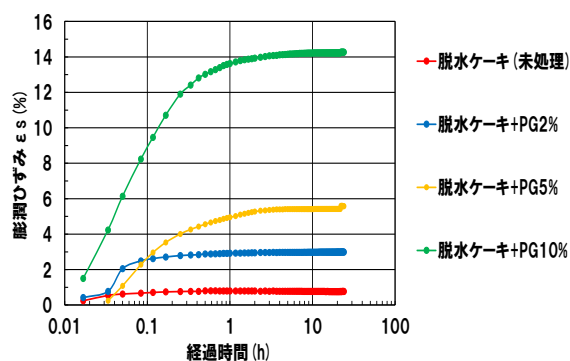


図-4 経過時間と膨潤ひずみの関係

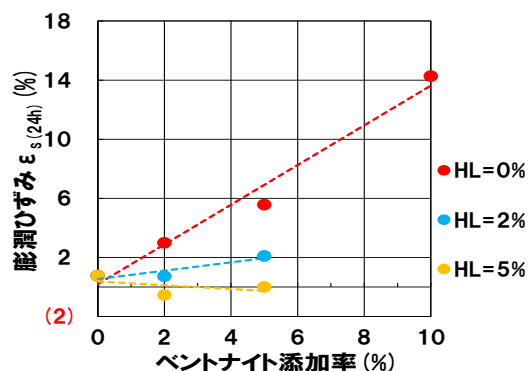


図-5 ベントナイト添加率と膨潤ひずみの関係

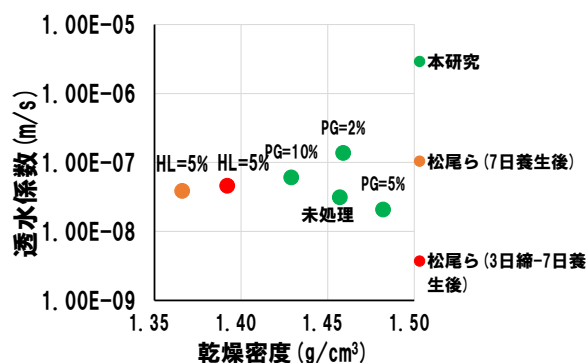


図-6 乾燥密度と透水係数の関係