

水砕スラグパウダーと石灰水洗スラッジを添加した
ベントナイト混合土の地盤工学特性

岡山大学環境理工学部
岡山大学大学院
(株) 穴吹工務店
(株) 岡山県共同石灰

正会員
学生会員
石井孝和
田村二郎

竹下祐二
○宇城 真

1. はじめに

近年、景観、環境保全等の問題から天然資材の入手が困難になってきており、それに代わる土木材料の開発が重要な課題となっている。また、様々な事業所から排出される大量の産業副産物も、その処分が大きな社会問題となっている。その中で製鉄所から副産される水砕スラグや石灰産業において石灰石を洗浄する過程で発生する石灰水洗スラッジは地盤材料として有効利用できる可能性を有している。

本研究では、これらの産業副産物を地盤材料として有効利用することを目的として、水砕スラグパウダーと石灰水洗スラッジを混合し、その特性について検討した。今回、その混合材料の適用例として廃棄物処分場などの遮水材料に着目し、従来の遮水材料として多く用いられているベントナイト混合土に混合材料を添加した場合の強度特性や透水性に及ぼす影響を検討するため、室内実験を行った。

2. 使用材料の物性

水砕スラグは水と反応すると凝結固化するといった潜在水硬性を有するが、その強度発現には長時間を要し、潜在水硬性を促進させるにはアルカリ刺激剤が必要である¹⁾。そこで今回アルカリ刺激剤として添加したのが石灰水洗スラッジである。石灰水洗スラッジとは、石灰石から生石灰などを作る際、洗浄する過程で副産されるもので、その多くは資源として有効利用されることなく、埋立廃棄処分されている²⁾。本研究で用いた石灰水洗スラッジは、これを取

扱い、運搬、貯蔵に便利な粉体状に加工したもので、強いアルカリ性を示す。水砕スラグパウダーは水砕スラグを微粉体化したもので、主に高炉セメント原料に使用されている。その水砕スラグパウダー、石灰水洗スラッジの物理化学的性質を表-1、2に示す。また、廃棄物処分場などの遮水材は、現地発生土にベントナイトなどを混合したものを使用することが多い。今回は現地発生土の代わりに均質で再現性のある材料として豊浦標準砂を用い、ベントナイトは比較的膨潤度の高いナトリウム系ベントナイトを用いた。ベントナイトの物性値を表-3に示す。また、各材料の粒径加積曲線を図-1に示す。

表-1 水砕スラグの物理化学的性質

ρ_s (g/cm^3)	Chemical composition(%)				塩基度	ガラス化率
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO		
2.89	32.7	14.5	42.4	7.4	1.97	≥95%

表-2 石灰水洗スラッジの物理化学的性質

ρ_s (g/cm^3)	Chemical composition(%)						pH
	CaCO ₃	Ca(OH) ₂	SiO ₂	MgCO ₃	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	
2.62	74.68	22.32	2.16	0.59	0.15	0.07	11~12

表-3 ベントナイト(クニゲル V1)の物理化学的性質

水分 (%)	粒度 (%/250M)	膨潤力 (ml/2g)	pH	見掛け比重	真比重
5.7	97.1	21.0	10.1	0.67	2.6

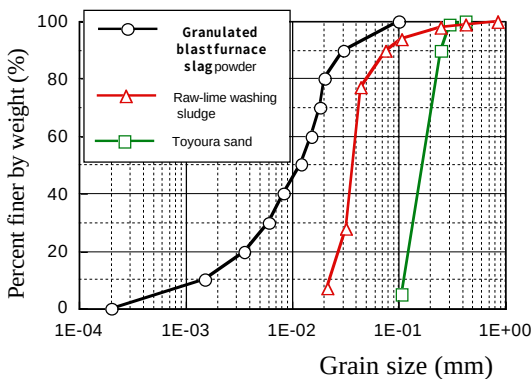


図-1 粒径加積曲線

キーワード：水砕スラグパウダー、石灰水洗スラッジ、ベントナイト、一軸圧縮強さ、透水係数

連絡先：〒700-8580 岡山市津島 3-1-1 Tel 086-251-8153

3. 試験条件

今回の試験で用いた材料の配合は現地発生土に相当する豊浦標準砂（以下 S と記す）を混合材料全体の乾燥重量比 80%に固定し、そこにベントナイト（以下 Be と記す）、水砕スラグパウダー（以下 SP と記す）、石灰水洗スラッジ（以下 C と記す）を表-4 に示すように添加した。なお、case3、4 の SP、C は 4：1 で事前に混合したものをを用いた。

これらの混合材料は含水比をすべて 10%とし、セメント協会標準試験方法（JCAS L-01-1990）により供試体（内径 50mm、高さ 100mm）を作成した。それらを 7、14 日養生した後、一軸圧縮試験（JIS A 1216:1998）を行った。また、同様の供試体（高さ 10mm）を用い 1 日養生した後、変水位透水試験（JIS A 1218 1998）を行った。

4. 試験結果

一軸圧縮試験の結果を図-2 に示す。Case1 は 7、14 日ともに強度に変化はなく、Case2 の強度特性も Case1 と有意な差が認められない。すなわち、Case2 の強度増加は小さく、SP の潜在水硬性による強度発現とは言い難い。それに比べ、C を加えた Case3、4 は早期強度発現が確認でき、強度増加も大きい。また、SP、C の配合率が高い Case4 の方がその傾向が顕著に表れている。

透水試験の結果を図-3 に示す。現地発生土に相当する S の透水係数が 10^{-2}cm/s オーダーと高透水性であるのに対して、Case1 は Be の働きから 10^{-9}cm/s オーダーとなった。Case2 は Be の配合比が減り、代わりに SP が加わっていることから 10^{-7}cm/s オーダーの透水性となっている。Case3 は Case2 に比べ Be の配合比が高いにも関わらず 10^{-6}cm/s オーダーの透水性であり、これは Case3 で配合した C に含まれる Ca イオンが Be の膨潤を妨げていると考えられ、Case4 でも同様の傾向が見られる。しかし、Case3、4 共に S に比べ 4～2 オーダー程度低い透水性が得られている。

5. まとめ

産業副産物の有効利用を目的として、水砕スラグパウダーと石灰水洗スラッジの混合材料をベントナイト混合土に配合した。その成果として（1）配合率を変えることによって強度および透水特性をコントロールでき、用途に応じた現地発生土の改良が可能である。（2）石灰水洗スラッジは水砕スラグパウダーの早期強度発現に対して有効である。（3）水砕スラグパウダーおよび石灰水洗スラッジは産業副産物であり、その有効利用は環境問題に貢献できる。

今後は種々の現地発生土に対しての適用を試み、最適な配合率についての検討を行う予定である。

<参考文献>

- 1) 財団法人 沿岸開発技術センター編：港湾工事用水砕スラグ利用手引書、pp5～6、1989。
- 2) 岡山県石灰工業協同組合編：平成 7 年度特定中小企業集積活性化促進事業報告書、pp10～38、1996。

表-4 配合比表（乾燥重量比 %）

	標準砂(S)	ベントナイト(Be)	水砕スラグパウダー(SP)	石灰水洗スラッジ(C)
Case1	80	20	-	-
Case2	80	10	10	-
Case3	80	15	4	1
Case4	80	10	8	2

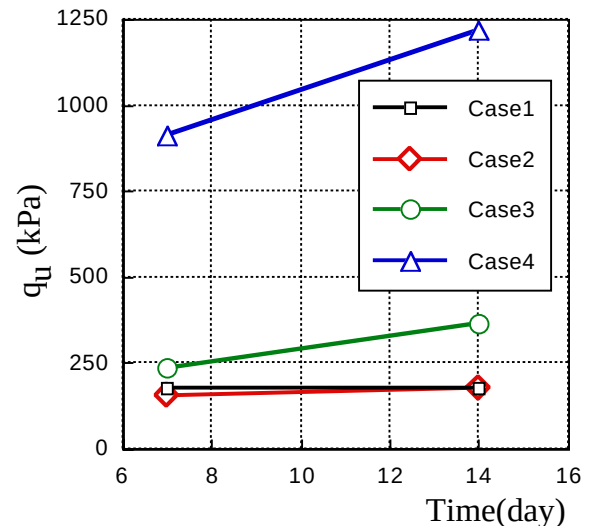


図-2 一軸圧縮強度と材令

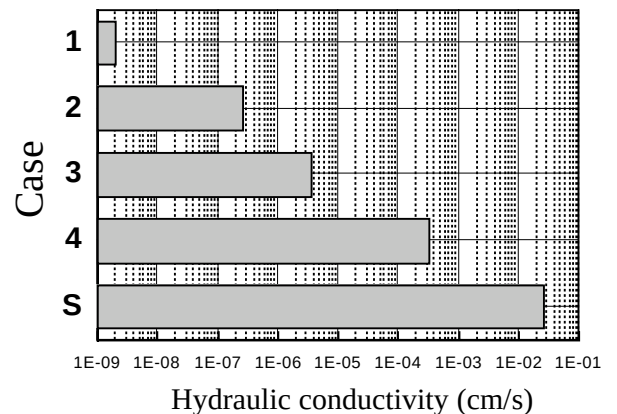


図-3 透水性