

水砕スラグと石灰水洗ケーキによる混合材料の
地盤工学特性に関する実験的研究

岡山大学環境理工学部 正会員 竹下祐二
岡山大学大学院 学生会員 ○宇城 真
(株)熊谷組 正会員 新宮信也
岡山県石灰工業組合 田村二郎
岡山大学学長 フェロー 河野伊一郎

1. はじめに

水砕スラグは天然資材の代替材料として、路床、盛土、覆土、裏込めなどに対して多くの使用実績がある。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、その固化状況は、使用する水砕スラグとその使用環境によって様々であり、強度発現に大きなばらつきがある¹⁾。そこで、如何なる水砕スラグにおいても安定した初期の強度発現、更には長期的な強度コントロールを可能にするため、物性改良材として石灰水洗ケーキを添加し、その混合材料の地盤工学特性について検討を行った。

2. 石灰水洗ケーキと水砕スラグの物性

石灰水洗ケーキとは、石灰石から生石灰などを作る際に副産されるスラッジ状のもので、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。本研究で用いた石灰水洗ケーキは、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。この強アルカリ性が水砕スラグの潜在水硬性の発現を促進させるため、早期強度発現が期待できる。また、他の石灰製品に比べ安価である。石灰水洗ケーキの物理化学的性質を表-1 に示す。

表-1 石灰水洗ケーキの物理化学的性質

密度 (g/cm ³)	化学成分 (%)						pH
	CaCO ₃	Ca(OH) ₂	SiO ₂	MgCO ₃	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	
2.61	74.68	22.32	2.16	0.59	0.15	0.07	11~12

本研究では、この石灰水洗ケーキを異なる 5 箇所の製鉄所にて副産された水砕スラグ（記号：M、T、F、K、Y）に、乾燥重量比 4% の割合で配合して、混合材料（記号：Mc、Tc、Fc、Kc、Yc）を用意し、更に施工環境を考え含水比を 8% と 15% にコントロールした供試体を作製し、その特性を評価した。

表-2 水砕スラグの物理化学的性質

産地	化学組成 (%)				塩基度	密度 (g/cm ³)	比表面積* (m ² /g)
	CaO	Al ₂ O ₃	MgO	SiO ₂			
M	44.7	12.0	6.8	30.9	2.05	2.77	3.85
T	40.6	12.6	7.6	34.7	1.75	2.72	1.26
F	40.5	12.4	8.1	34.3	1.78	2.83	1.36
K	43.9	11.9	6.8	33.0	1.90	2.74	0.81
Y	48.6	10.6	6.3	29.7	2.21	2.66	-

*：実験用振動ボールミルを使い、概ね150μm以下に粉砕したものを供試体とした。

今回使用した水砕スラグの物性を表-2 で示す。このように物性に違いがあることから、それが反応に影響してくることが考えられる。

3. 混合材料の基本的特性

粒径加積曲線、締固め曲線をそれぞれ図-1、2 に示す。いずれの水砕スラグも粒度分布は細粒分が極めて少なく、比較的単粒度である。これらの水砕スラグにシルト分が大部分を占める石灰水洗ケーキを混合することで、粒度特性は若干改善され、乾燥密度の上昇傾向が認められる。

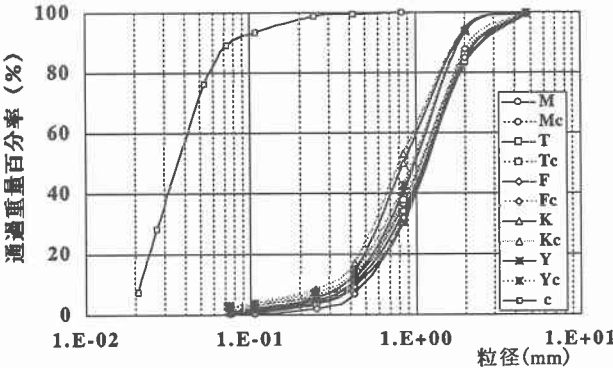


図-1 粒径加積曲線

4. 混合材料の強度特性

混合材料の一軸圧縮強度と材令の関係を図-3 ($\omega=8\%$)、図-4 ($\omega=15\%$) に示す。水砕スラグ単体は、ようやく自立する程度で強度はほとんどない。しかし、混合材料は、28 日で圧縮応力が $2\sim5\text{kgf/cm}^2$ あり、早期強度発現が確認できる。これは、石灰水洗ケーキにより強アルカリ雰囲気になり水砕スラグの潜在水硬性の発現が促進され、また、カルシウムシリケート系の鉱物反応生成物の生成より粒子が拘束されたためである。更に、粒度分布の改善による締固め密度の増大、石灰水洗ケーキのイオン交換反応による粒子の団粒化なども固化の要因と考えられる。

このように、石灰水洗ケーキを添加することによって異なる製鉄所から副産された水砕スラグでも安定した強度が得られることが分かった。

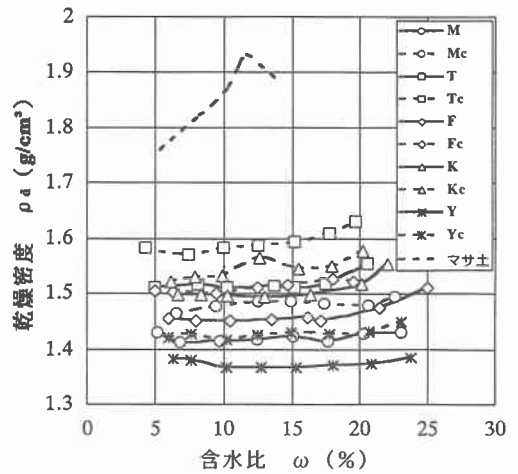


図-2 締固め曲線

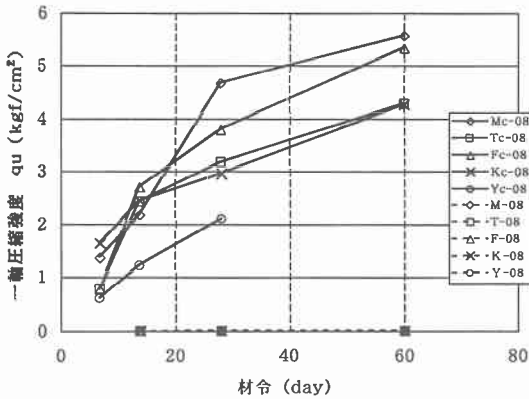


図-3 一軸圧縮強度と材令 ($\omega=8\%$)

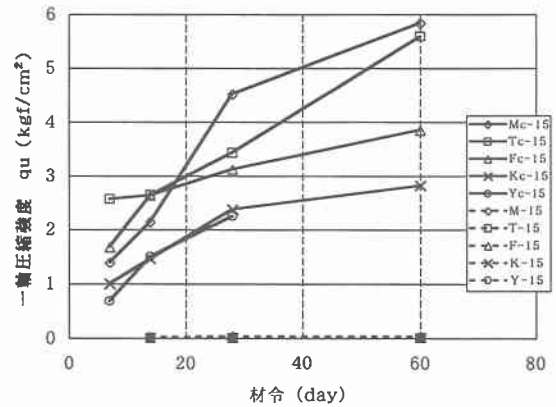


図-4 一軸圧縮強度と材令 ($\omega=15\%$)

5. おわりに

石灰水洗ケーキは、水砕スラグに対して有効であるとともに、今まではそのほとんどが産業副産物として廃棄処分されていたため、その有効利用は環境問題に対して貢献しているといえる。

今後は、年単位といった長期的な強度発現のコントロールの可能性や硬化後の再破碎性、再掘削性について実験的な検討、混合材料の実用化に向けて、設計指針の確立、混合材料の特性を生かした、新たな用途を検討していく必要がある。

<参考文献>

- 1) (財) 沿岸開発技術研究センター 鉄鋼スラグ協会：「港湾工事用水砕スラグ利用手引書」, 1989.