

金沢大学 正員 〇鳥居 和之
 金沢大学 正員 川村 満紀
 金沢大学 正員 加場 重正
 川崎製鉄 正員 小田 舜敏

1. まえがき

近年、製鋼過程において発生する転炉スラグは、産出時の遊離石灰分が多いために、ほとんどが3mm以下の細粒状となり、粉化転炉スラグと呼ばれている。粉化転炉スラグは従来の転炉スラグと比較して、石灰分が多く、シリカおよび鉄分が少ないという化学成分の特徴があり、粉化転炉スラグの水硬性を考慮した用途として、土質安定処理への利用が期待できる。本研究は粉化転炉スラグの土質安定材としての適用性について検討したものであり、消石灰-粉化転炉スラグ処理土の強度特性と反応過程を把握することによって、試料土の種類、安定材の混合割合および粉化転炉スラグの粒度が処理土の圧縮強度および反応過程におよぼす影響について調べたものである。

2. 実験概要

使用した粉化転炉スラグの化学成分は表-1に示すとおりである。X線回折(粉末法)の結果より、粉化転炉スラグの主要な結晶相は β - C_2S (または C_3S)相、 C_2F 相、ブスタイト相、 C_2S - C_3P 相および f - CaO 相および水酸にカルシウムである。

エチレン・グリコール抽出法および熱天秤(T.G.)より求めた粉化転炉スラグ中の f - CaO および $Ca(OH)_2$ の含有量は、それぞれ6.8%および5.7%である。

使用した砂質土および粘性土の物理的性質は、表-2に示すとおりである。土質安定材として消石灰とともに使用した粉化転炉スラグは、粉碎した88 μm 、88~150 μm 、150~300 μm および未粉碎の5mm以下の各粒度範囲のものである。安定材の添加総量は試料土の乾燥重量に対して10%および20%であり、粉化転炉スラグと消石灰の比率を変化させた。供試体の作製は締固めによる安定処理土の一軸圧縮強度試験方法に準じて行い、養生は温度20℃で密封養生とした。一軸圧縮強度試験はオートグラフを使用して、ひずみ速度一定(1%/min)の条件にて行った。DSC、TGおよびSEMによって、消石灰-粉化転炉スラグ処理土における反応過程および微視的内部構造を調べた。

3. 消石灰-粉化転炉スラグ処理土の圧縮強度特性と反応過程

砂質土を用いた消石灰-粉化転炉スラグ処理土の場合、消石灰または粉化転炉スラグのみによる処理土と比較して、消石灰-粉化転炉スラグ処理土では28日齢以後に顕著な強度増加を示す(図-1)。これらの処理土の90日齢におけるDSC曲線には、反応生成物のピークとして、 $C-S-H$ ゲルによる比較的大きなピーク(50℃)が存在し、各処理土における圧縮強度の発現はDSC曲線より求めた $C-S-H$ ゲルのピーク面積の大きさと良く対応している(図-2)。また、砂質土を用いた消石灰-粉化転炉スラグ処理土のSEM観察より、添加した粉化転炉スラグの粒子表面には β - C_2S 相の水和反応が明示すると思われる $C-S-H$ ゲルが多数生成しており、これら生成物によ

表-1. 粉化転炉スラグの化学成分(%)

粉化転炉スラグ	
CaO	44.0
SiO ₂	14.2
T-Fe	15.4
FeO	8.3
M-Fe	2.0
MnO	3.6
MgO	4.7
Al ₂ O ₃	5.6
TiO ₂	1.1
P ₂ O ₅	2.9

表-2. 試料土の物理的性質

分類	砂質土	粘性土
シルト質砂	シルト質砂	粘土
砂分(%)	85.5	4.1
シルト分(%)	11.0	50.9
粘土分(%)	3.5	45.0
LL(%)	—	60.0
PL(%)	—	37.5
PI	NP	22.5
W _{opt} (%)	24.5	30.8
Id max(8/cm)	1.538	1.400
比重	2.703	2.650

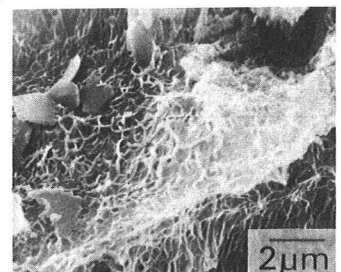


写真-1. 砂質土・消石灰-粉化転炉スラグ処理土90日齢、SEM像

って緻密な土構造が形成されている様子が認められた(写真-1)。このように砂質土では粉化転炉スラグと消石灰を併用することによって、粉化転炉スラグの水和反応が活発となり、処理土の

の圧縮強度特性が改善される。一方、粘性土を用いた消石灰-粉化転炉スラグ処理土の場合、消石灰単味および消石灰粉化転炉スラグ(3:1)の強度の伸びが著しいのに対して、消石灰-粉化転炉スラグ(1:3)および粉化転炉スラグ単味は初期および長期材令ともに大きな強度は期待できない(図-3)。これらの処理土の90日材令におけるDSC曲線には、反応生成物のピークとして、C-S-Hゲルによる比較的大きなピーク(150℃)および $\text{Ca}(\text{OH})_2$ または C_2ASH_n によるピーク(220℃)が存在し、これら反応生成物のピークは消石灰添加量が多くなるにつれて、また、材令が経過するにつれて明瞭となる(図-4)。

このように粘性土においては粘土鉱物と消石灰との反応(ポリア反応)による土粒子間の固結作用が強度増加の主要な要因であり、砂質土においてみられたような粉化転炉スラグの添加による強度特性の改善効果はあまり認められない。

4. 粉化転炉スラグの粒度が処理土の圧縮強度におよぼす影響

粉化転炉スラグの粒度が細くなるにつれてスラグ自身の反応性が増加する。このため砂質土を用いた消石灰-粉化転炉スラグ処理土では、添加した粉化転炉スラグの粒度が細くなるにつれて、圧縮強度の増加が認められる。一方、粘性土を用いた消石灰-粉化転炉スラグ処理土では粉化転炉スラグの圧縮強度におよぼす影響が小さいので、粉化転炉スラグの粒度が処理土の圧縮強度におよぼす影響も小さい(図-5および図-6)。

5. まとめ

粉化転炉スラグの水和反応については、 β - C_2S 相および C_2F 相が主として関与しているようである。砂質土においては粉化転炉スラグと消石灰とともに土質安定材として使用することによって、処理土の圧縮強度特性が改善される。

参考文献

- 1) M. Kawamura et al : Effective Utilization of L.D. Converter Slag as a Soil Stabilizer, 2nd Australian Conference on Engineering Materials, 1981.

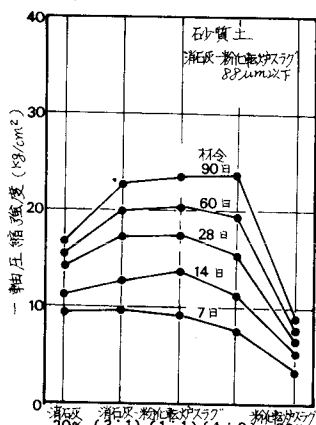


図-1 砂質土を用いた各種処理土の圧縮強度と混合割合

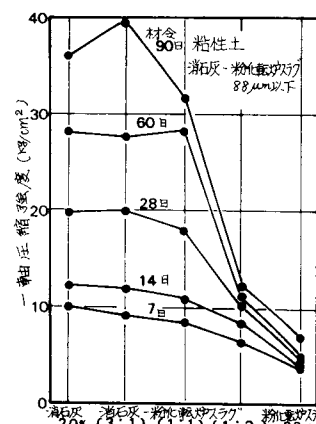


図-3 粘性土を用いた各種処理土の圧縮強度と混合割合

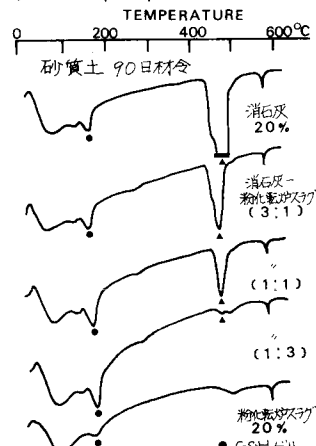


図-2 砂質土を用いた各種処理土のDSC曲線

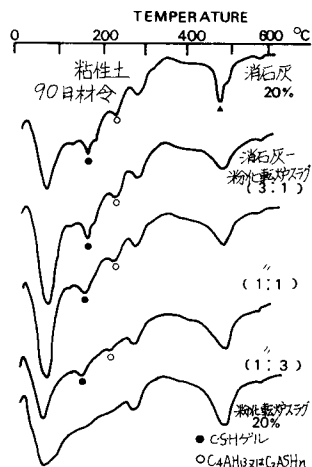


図-4 粘性土を用いた各種処理土のDSC曲線

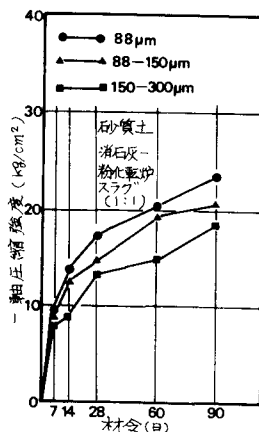


図-5 粉化転炉スラグの粒度と圧縮強度(砂質土)

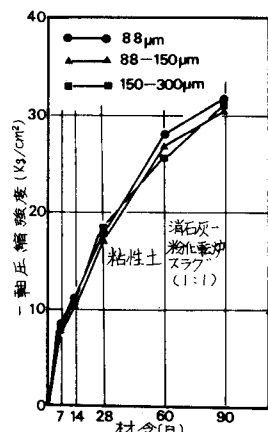


図-6 粉化転炉スラグの粒度と圧縮強度(粘性土)