

土質改良助材としてのコンクリートスラッジの硬化特性

明石高専 建築都市システム工学専攻 学生員 ○野口登史樹、三浦佑也
 明石高専 都市システム工学科 正会員 友久誠司、鍋島康之、内藤永秀

1. まえがき

平成 20 年度の環境省の調査によると、全国の産業廃棄物の種類別排出量は汚泥が全体の 43.6%(約 1 億 7,611 万トン)で最も高い割合となっている。この汚泥は、高含水比で低強度のため建設材料としての利用が困難である。一方、多くの建設現場では残コンクリート・戻りコンクリート（以後、残コン・戻りコンと呼ぶ）と呼ばれる余剰コンクリートの発生が問題となっている。平成 17 年度の国土交通省の調査¹⁾によると残コン・戻りコンを有効利用しているケースはわずかであった。

先行研究²⁾では、コンクリートスラッジを固化材として用いた結果、強度発現効果の小さなことが明らかとなった。本研究は、汚泥の再資源化を目的として、コンクリートスラッジを固化助材とする可能性を追究している。具体的には、固化材として水砕スラグを混合した泥土に、残コン・戻りコンから骨材を取り除き乾燥させたコンクリートスラッジを添加した改良土の強度特性を追究し、その固化助材としての可能性を明らかにする。

2. 試料および実験方法

試料は兵庫県明石市の区画整理現場で発生した泥土である（表-1）。この泥土は、現状のままでは建設材料としての利用は困難なものである。実験には、泥土の含水比を 28%に調整したものを用いる。

固化材は製鉄の際に副産される高炉水砕スラグ（最大粒径 2.5mm、50% 粒径 0.65mm）であり、潜在水硬性を期待する目的である。一方、固化助材として用いるコンクリートスラッジは実験室にて製造した。その方法は、普通ポルトランドセメントに加水して水セメント比 40%のセメントペーストを作り、加水後 8、48 時間経過後（以後、水和時間と呼ぶ）に 24 時間炉乾燥し、最大粒径を 5mm、1mm の 2 種類に破碎する（以後、PC スラッジと呼ぶ）。これらの粒度を図-1 に示す。

改良土の配合は、PC スラッジ添加率を 0%・5%・10%、水砕スラグ混合率を 0%・5%・10%の 9 種類の組み合わせである。PC スラッジは水和時間、粒径の異なる 4 種類を用いた。供試体は、内径 5cm、高さ 10cm の円柱形モールドを用い、「JGS 2821 安定処理土の締固めをしない供試体作成方法」に準じて空隙が生じないように成形する。そして、樹脂フィルムで密閉し、20℃の恒温槽での 0、14、28、90 日養生後に一軸圧縮試験、電子顕微鏡観察と X 線回折分析を行う。

3. 結果と考察

図-2 は PC スラッジの水和時間を 8h、水砕スラグ混合率 10%改良土の PC スラッジ添加率と一軸圧縮強度との関係を PC スラッジの最大粒径で分けて表したものである。改良土は養生 0 日の PC スラッジおよび水砕スラグの混合直後から強度が増加している。これは添加する PC スラッジ、水砕スラグによる粒度改善、および含水比の低下に起因するものと考えられる。そして、PC スラッジの混合率が大きいほど強度増加傾向が顕著であることもわかる。また、いずれの養生日数においても PC スラッジの最大粒径が 5mm より 1mm の方の強度発現が顕著であり、表面積の大きなものが、水砕スラグのアルカリ刺激材としての効果の大きなことを示している。

表-1 泥土の物理的特性

含水比 (%)	26.3
一軸圧縮強度 (kN/m ²)	自沈
土粒子の密度 (g/cm ³)	2.62
液性限界 (%)	28.2
塑性限界 (%)	16.2

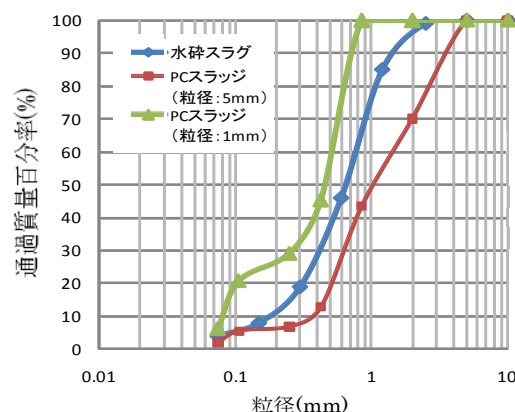


図-1 PC スラッジ、スラグの粒度分布

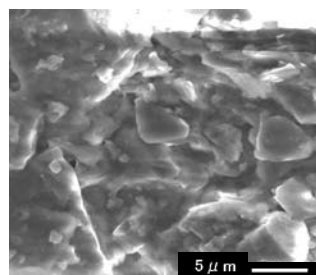
キーワード コンクリートスラッジ、水砕スラグ、一軸圧縮強度、泥土、硬化反応生成物

連絡先 明石高専 〒 674-8501 兵庫県明石市魚住町西岡 679-3 TEL:078-946-6172 FAX:078-946-6184

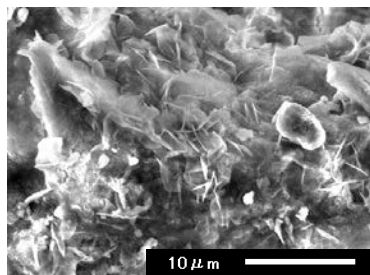
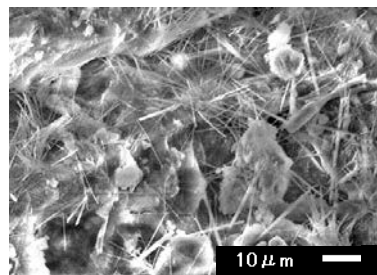
図－3は改良土の養生日数と一軸圧縮強度の関係である。図には水砕スラグ 10%のみ、PC スラッジ 10%のみ、水砕スラグと PC スラッジをそれぞれ 10%併用した 3 種類の配合の改良土の試験結果を示している。水砕スラグのみ 10%の改良土は、PC スラッジによるアルカリ刺激がないため養生日数が経過しても大きな強度増加は見られない。また、PC スラッジのみを 10%配合した改良土は、14 日までの養生で強度の伸びは確認できるが、その後の大きな強度増加は見られない。これより PC スラッジの水和反応は主として養生 14 日程度で終了することがわかる。

一方、水砕スラグと PC スラッジを共に 10%併用した改良土は 14 日までの養生初期とともに、14 日以降の長期にわたる強度増加がみられる。これは PC スラッジの水和反応とともに、PC スラッジのアルカリ刺激による水砕スラグの潜在水硬性が長期にわたって強度増加に貢献していることを表している。また、PC スラッジの水和時間で比較すると、48h より 8h の方の強度増加が大きくなっており、それは水砕スラグと PC スラッジを併用した場合に顕著に表れている。

電子顕微鏡による観察結果として図－4 (a)に泥土を、図－4 (b)に改良土中の水砕スラグを、図－4 (c)に改良土を示す。(b)の水砕スラグでは薄片状のCSAH系や雲状の $\text{Ca}(\text{OH})_2$ や CaCO_3 と考えられる反応物が、また、(c)の改良土では針状のエトリンガイトが見られる。しかし、X線回折分析の結果では生成量が少ないためか硬化反応物のピークは見られない。



(a) 泥土

(b) 改良土中の水砕スラグ
(養生 1 日)(c) 改良土
(水和 8 時間、最大粒径 1mm、PC スラッジ 10%・
水砕スラグ 10%、養生 1 日)

図－4 電子顕微鏡による観察

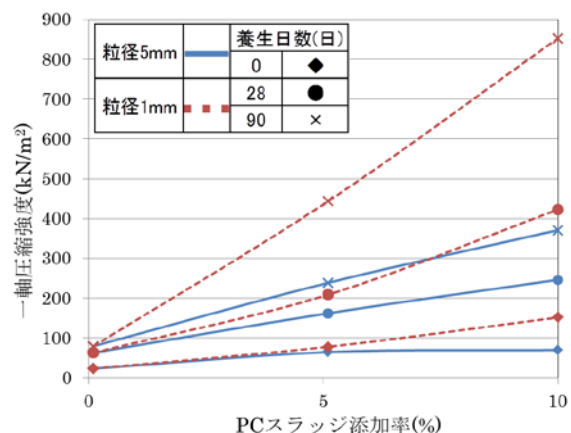
4. あとがき

泥土に水砕スラグと PC スラッジを添加した改良土において、土質改良助材として用いた PC スラッジの硬化特性について次のことが明らかになった。

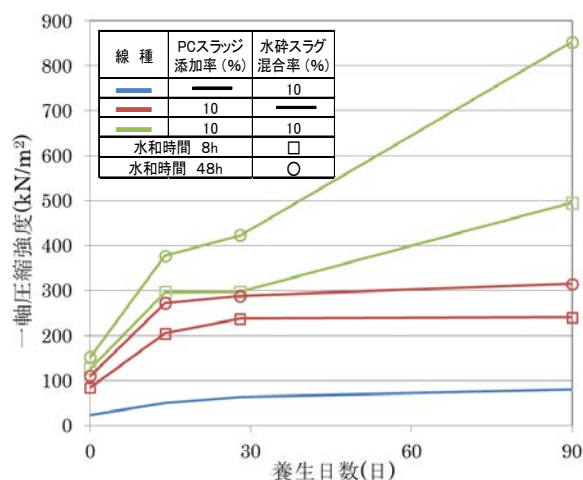
- (1) PC スラッジの添加率が高いほど、また PC スラッジの最大粒径、水和時間が小さいほど改良土は高強度となり、PC スラッジの土質改良助材としての可能性が確認できた。
- (2) 改良土は、養生初期では含水比の低下、粒度改善および PC スラッジの水和反応によって強度が改善し、長期の養生では PC スラッジの水和反応と水砕スラグの潜在水硬性が発揮されることにより強度が増加する。

参考文献 1) 国土交通省：<http://www.zai-keicho.or.jp/pdf/research/1062.pdf>, 2012.3.3

2) 安井沙妃 他：土質改良材としてのコンクリートスラッジの硬化特性, 第65回土木学会年次講演会, III-519, 2010.



図－2 PC スラッジ添加率と一軸圧縮強度
(最大粒径 1mm、水和時間 8h、水砕スラグ 10%)



図－3 養生日数と一軸圧縮強度