

下水汚泥から生成される溶融スラグの締固め特性に関する検討

前橋工科大学 学生会員 〇米山 聡一郎
前橋工科大学 正会員 土倉 泰
前橋工科大学 学生会員 大澤 綾子

1. はじめに

近年、建設業界においても建設リサイクル法というものが施行され、「リサイクル」という言葉を頻繁に耳にし、そして数多くのリサイクル製品が作られている。また我が国では、下水汚泥や一般廃棄物焼却灰の処分場不足が問題となっており、汚泥や焼却灰の無害化・減容化のため、高温溶融処理した、スラグ化技術が注目されている。現在、全国で下水汚泥 17 ヶ所、ごみ約 20 ヶ所の溶融炉が稼働中で、年間約 15 万トンの溶融スラグが発生している。本研究では、前橋市内下水処理場より生成された溶融スラグを埋め立て材料として用いる際の施工性を調べる目的で、突き固めによる締固め試験を行い、その結果を検討した。

2. 材料及び試験方法

今回試験に用いた試料は前橋市六供町の下水処理場から生成された溶融スラグで、自然含水比 $W_n = 0.06\%$ 、粒子密度 $s = 2.75 \text{ g/cm}^3$ 、最大密度 $d_{\max} = 1.56 \text{ g/cm}^3$ 、最小密度 $d_{\min} = 1.32 \text{ g/cm}^3$ である。日本統一土質分類法によれば、砂質土に分類される。写真 - 1 に示すように、粒子はかなり角張った形状をしている。

本研究では JIS A 1210 による突き固めによる土の締固め試験方法にならい、最大粒径を 19mm に調整した資料を用いて、乾燥法・非繰返し法で、内径 10 cm、容量 1000 cm^3 のモールドに、一定の衝撃仕事量 (2.5 kg のランマーを 30 cm の高さから落下させ、試料を 3 層に分けて各層 25 回ずつ突き固める) を与え、含水比を段階的に変化させた試験を行う。そして、突き固めた供試体の中心を通るように 2 つ割りにして、上部・下部から含水比を求める。なお、比較の対象として、ガラスビーズと豊浦標準砂を用いて同様の締固め試験を行った。



写真 1 溶融スラグ

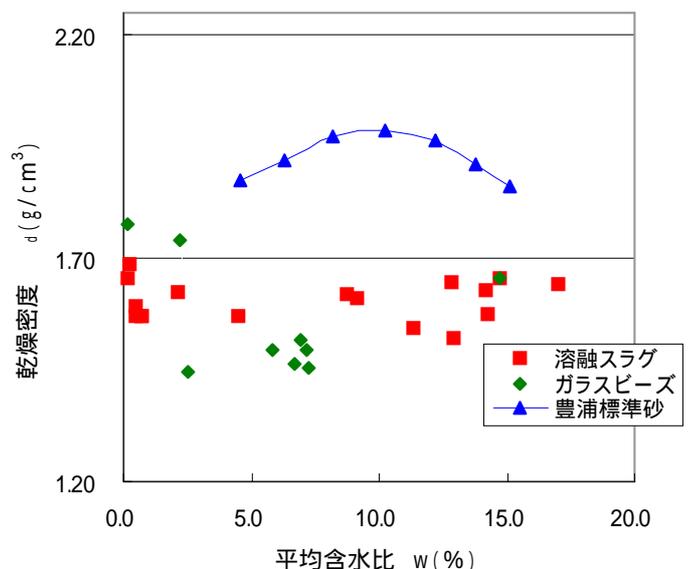


図 1 締固め曲線

キーワード：溶融スラグ、締固め試験、粒子破碎

連絡先：〒371-0816 群馬県前橋市上佐鳥町 460-1 前橋工科大学建設工学科 (027)265-7305

3. 試験結果および考察

図 1 は、溶融スラグ、ガラスビーズ、豊浦標準砂の締固め試験を行って得られた乾燥密度 含水比曲線(締固め曲線)を表している。まず、砂の結果を見てみると、曲線の山がシャープになっているのがわかる。含水比が上がるにつれて乾燥密度も上がり、含水比がある程度になると乾燥密度は、ピークに達している。この点が最適含水比の値である。溶融スラグとガラスビーズの結果を見てみると、得られた値はばらつき、含水比が上がっても乾燥密度は高くなったり低くなったりで、滑らかな曲線は描けなかった。一般に含水比が最適になると粒子の周りに水が付着し、それが潤滑油のような役割となりよく締め固まる。溶融スラグとガラスビーズで滑らかな締固め曲線が得られなかったのは、水が分離してしまい、潤滑油のような役割を果たさなかったのではないかと考えた。そこで、表 1 に供試体の上下で測定した含水比を示す。この表をみると、含水比 5%程度までは上下の差が小さいが、それ以上になると上下の差が 5%以上になっていることがわかる。ガラスビーズでも同様の結果が得られている。溶融スラグやガラスビーズの場合、一般の土質材料のように水が潤滑油のような役割を果たすほどに粒子表面に吸着せず、はじかれているものと考えられる。水は土粒子表面に留まらずに流れてしまうために下部の含水比が大きくなるのであろう。

また、溶融スラグでは突き固めによる衝撃を与える際に粒子の尖った部分に破砕が起こり、そのことが締固め特性に影響を及ぼす可能性があると考えられた。そこで、突き固め試験前後の粒度試験を行い破砕状況を調べた結果を図-2に示す。また、Marshallの方法¹⁾により破砕率を求めた。Marshallの方法とは各ふるい目ごとの残留率の差を P_i としたとき、その総和 P_M を粒子破砕率 P_B とするものである。すなわち、

$$P_B = P_M = \sum |P_i|$$

なる式で算定する。溶融スラグの含水比を約 9%と約 11%に配合したときの 2 種類の試料を用いて破砕率を評価した。その結果、2 種類ともに 0.7%と算出され、粒径加積曲線からも極端に大きな破砕がないようにみられた。したがって、粒子破砕は特に起きていないといえなかった。

表 1 溶融スラグの試験で得られた含水比

試験番号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
上部 W %	0.13	8.93	11.25	12.56	0.17	9.06	9.24	2.07	3.99	5.01	5.20	5.26
下部 W %	0.21	19.60	17.15	21.52	0.30	16.54	20.13	2.20	4.96	17.63	13.14	20.65
(上部 - 下部) 差	0.07	10.68	5.90	8.96	0.13	7.48	10.90	0.13	0.97	12.62	7.94	15.39

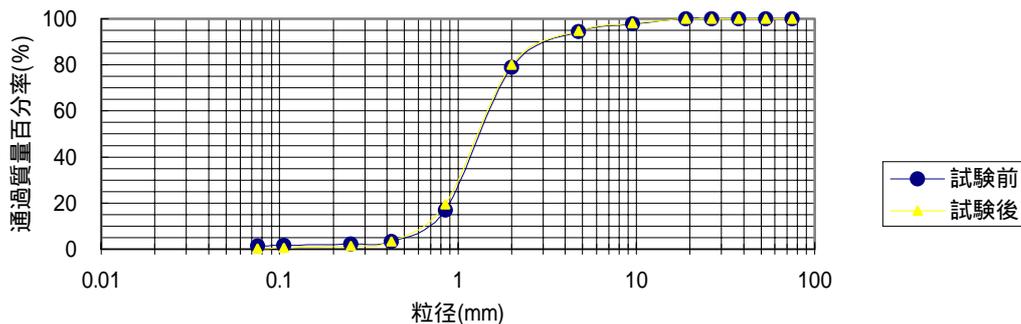


図 2 試験前後の粒径加積曲線

4. まとめ

本研究によって得られた知見を要約すると以下ようになる。

- (1) 溶融スラグは乾燥状態でも湿潤状態でも関係なく締固まる。
- (2) 供試体の上下で含水比の差が大きく出ていることから、水が潤滑油のような役割を果たさずに流れ落ちているものと考えられる。
- (3) 粒子破砕はそれほど起らず、締固めに、影響していない。