

スラグを用いた混合処理土における圧密特性

呉工業高専 正会員 小堀 慈久
 呉工業高専 学生会員 ○原田 明
 呉工業高専 学生会員 立畑 忠之

1. まえがき 現在、我が国では地盤改良に用いられる良質の海砂が枯渇してきており、最近の環境保全意識が高まる中、採取規制されることが多くなってきているため、海砂に代わる材料の開発が望まれている。そんな中、鉄鋼の生産過程において生成される高炉スラグは、年間 2201 万 t 生産されているが、約 69% が高炉水砕スラグとして出荷されている。水砕スラグは人工的に産出される材料であることから、比較的均質であり、また大量に供給可能であるので、その多くはセメント材料として利用されている。そこで本研究では、今後さらに広域な用途の有効利用を目的として、単独でも用いられる廃棄物である水砕スラグと、単独で用いられることは非常に困難とされている粘土との混合土の特性、地盤強度あるいは地盤支持力を実験的に調査する為に、その圧密沈下特性を圧密試験によって検討した。また、スラグ特有の水硬性についても、養生期間を設けて実験し検討した。

2. 使用材料特性

2.1. 水砕スラグの特性 本研究で用いた水砕スラグは広島県呉市の日新製鋼株式会社で生成されたものである。材料特性として表 1 に試料物性値、図 1 に粒径加積曲線を示す。 ρ_s は 2.641 であり、粘土に近い値となっている。粒度分布は図 1 からわかるように、スラグは 4.75mm 以下の粒状であり、細粒分が極めて少なく、比較的単粒土である。均等係数 U_c は 3.57 であり、スラグは粒径が揃っており粒度分布が悪いことがわかる。

2.2. 粘土の特性 本研究の試料は岐阜県多治見産の粘土を使用し、表 1 の試料物性値より ρ_s は 2.615 であった。図 1 の粒径加積曲線からみてもわかるように、粘土は粒径の小さいものが多く微粒である。この曲線から 10% の粒径 D_{10} を推定すると均等係数は 58.75 となる。

表 1 試料物性値

	土粒子の密度 $\rho_s / \text{g/cm}^3$	D_{60}	D_{10}	均等係数 U_c
水砕スラグ	2.641	25	0.7	3.57
粘土	2.615	0.047	0.0008	58.75

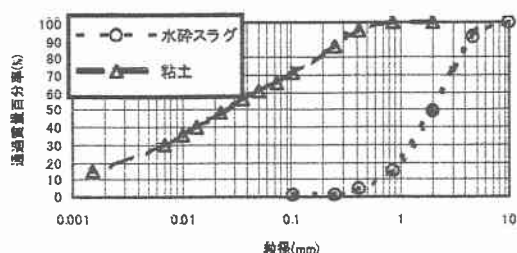


図 1 粒径加積曲線

3. 試験方法

3.1. 圧密試験と供試体作成方法 粘土とスラグの混合率を変えて圧密試験を行い、圧密指数 C_c 、圧密降伏応力 P_c などを求めて境界条件を設定し、事例地盤における圧密沈下量予測、圧密日数の検討を行った。試料は粘土・スラグの割合をスラグ 0% (粘土のみ)、25%、50%、75%、100% (スラグのみ) で混合し、試料ができると同時に実験を開始したものと、試料ができても 10 日間ほど自然養生した状態から実験を開始したものの 2 種類の実験を行った。今回の実験では試料をより混合させる為に攪乱試料とした。試料を作る際、良好な締固め上を作る為、含水比は設定せず十分な水を使い実験を行った。なお、自然養生の場合はパラフィンで周りを固め含水比の減少を防止した。スラグのみの試料の場合は通常とは異なり試料が締固まらなかったため約 24 時間冷凍保存することとした。

3.2. 圧密沈下事例による予測

圧密試験により得られたデータ、間隙比 e 、圧密指数 C_c を用い圧密沈下予測として S_f を求めた。そしてそれらのデータを用いて、最終沈下量の半分まで沈下するのに何日必要か (圧密度 $U_s = 50\%$ により時間係数 $T_v = 0.197$)、また載荷後 5 年経た時点での粘土・スラグ層の圧密度 U_s を検討した。ただし、粘土・スラグ層の γ_{sat} は養生の有無にかかわらず一定とした。

4. 結果と考察

4.1. 圧密試験の試験結果

表2はそれぞれの実験

のデータ数値を表にまとめたものである。それぞれの圧密降伏応力 P_c がスラグの混合率が多くなるにしたがって大きくなっている傾向にあることがわかる。図2の地盤改良土の e - $\log p$ 曲線においても同様の傾向が見られる。一方、10日間養生を行った混合土でも、表2よりスラグの混合率が多いほど P_c が大きくなっている傾向にあることがわかる。よって、養生の有無にかかわらずスラグの混合率が高いほど P_c の値が大きくなる傾向にあることがわかる。表2より、10日間養生の場合、スラグの混合率が高いほど C_c の値が小さい傾向にあることがわかる。

表2 実験データ表

試料状態	混合比		e_0 (%)	e (%)	S_r (%)	S (%)	C_c	P_c (kg/cm ²)
	粘土	スラグ						
養生なし	100	0	0.780	0.488	598	764	0.210	100
養生なし	75	25	0.738	0.488	816	728	0.132	035
養生なし	50	50	0.745	0.398	602	881	0.212	070
養生なし	25	75	0.611	0.483	683	624	0.214	122
養生なし	0	100	1.338	0.688	219	501	0.338	116
10日間養生	100	0	1.180	0.747	795	727	0.310	085
10日間養生	75	25	0.928	0.638	695	619	0.254	108
10日間養生	50	50	0.774	0.487	545	540	0.214	038
10日間養生	25	75	0.638	0.480	572	820	0.057	109
10日間養生	0	100	1.348	1.158	223	508	0.085	112

4.2. 圧密沈下事例による予測結果

表3より圧密沈

下事例の結果を示す。養生なしの状態において、スラグ表3 圧密沈下事例 0% (粘土のみ) 及び 25% では圧密沈下日数(時間)が 1400 日以上あり非常に長いことがわかる。養生なしの試料スラグ 75% 及びスラグ 100% では 500 ~ 700 日の日数になっている。10 日間養生の場合は、スラグ 0% では圧密沈下日数が 1400 日以上ある。スラグ 100% の場合では圧密沈下日数が 600 日程度になっている。また沈下量を見ると、養生なしのスラグ 0% の S_f は 30cm 見られる。スラグの混合率が多くなると 75% 及び 100% では 25cm の沈下量となり、スラグ 0% よりも 5cm ほど沈下量が減少していることがわかる。一方 10 日間養生の場合においても、スラグ 0% は 31cm の圧密沈下量を記録し、スラグ 50% では 25cm 以下、スラグ 100% では沈下量 7cm となり、スラグ 0% と比較すると 24cm 近くも減少していることがわかる。

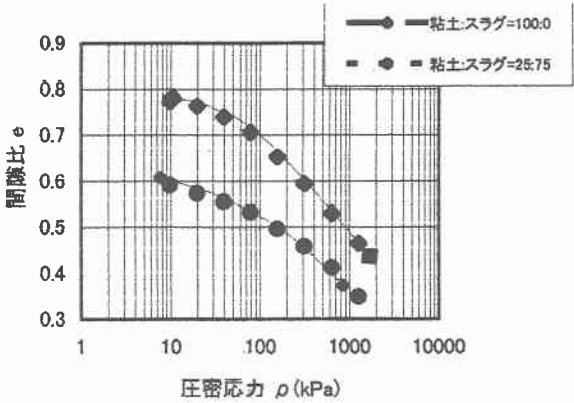


図2 地盤改良土の e - $\log p$ 曲線

表3 圧密沈下事例

試料状態	混合比		S (mm)	t (日)	τ	U (%)
	粘土	スラグ				
養生なし	100	0	3076	1407	0.255	446
養生なし	75	25	2151	1444	0.249	725
養生なし	50	50	2630	1217	0.295	860
養生なし	25	75	2573	715	0.908	768
養生なし	0	100	2504	549	0.785	870
10日間養生	100	0	3158	1408	0.245	617
10日間養生	75	25	2798	1037	0.331	632
10日間養生	50	50	2483	1254	0.287	586
10日間養生	25	75	743	423	0.851	862
10日間養生	0	100	704	641	0.551	807

5. まとめ

- 1) 養生の有無に関係なく、スラグの混合率が高いほど圧密降伏応力 P_c の値は高くなり、圧密指数 C_c の値は小さくなる傾向にある。
- 2) 圧密沈下予測において、養生の有無に関係なく、スラグの混合率が高いほど圧密沈下日数(時間) t が短い。
- 3) 圧密沈下量 S_f はスラグ 0% (粘土のみ) の場合、ほとんど差は見られない。
- 4) スラグ 100% の場合、養生なしの試料と比較して、10 日間養生した試料の方が、圧密沈下量 S_f の値が小さく、スラグの水硬性が顕著にあらわれていることがわかる。
- 5) 粘土のみの試料より、スラグを混合した試料の方がいくつかの優位な点が見られたので、粘土とスラグとの混合土は十分に実用的であると言える。