

## スラグ混合粘土の設計強度設定のための配合実験結果の確認例

日建設計 片桐雅明 山崎誓也  
 沿岸技術研究センター 春日井康夫 藤村立行  
 国土交通省九州地方整備局 北原政広 西野智之 石田道昭  
 ジオデザイン 橋爪秀夫 菊池信夫  
 東京理科大学 菊池喜昭

### 1. はじめに

港湾整備事業で発生する浚渫粘土に製鉄所から産出された製鋼スラグを基に製造された改質材を混合したスラグ混合粘土（以下、改質土）の有効活用をはかる検討<sup>1)</sup>が進められている。ここでは、改質土が固結して強度が増加するという特徴を活かした地盤材料にするため、スラグ添加率を変えて作製した供試体の一軸圧縮強さで、目標となる一軸圧縮強さとなるスラグ添加率を設定している。しかしながら、事前の配合実験から設定した添加率で作製した改質土の一軸圧縮強さを求めた片桐らの実験<sup>2)</sup>では、実際に求めた一軸圧縮強さは目標値の70～140%とばらついていた。

そこで、改質土の一軸圧縮強さのばらつきに関与すると考えられる条件を管理した配合実験を行い、その実験結果から設定した添加率の一軸圧縮強さを求めたので、それらの結果と評価を報告する。

### 2. 実験に供した地盤材料

実験に供した改質土は、新門司沖土砂処分場周辺の海底から浚渫された海成粘土に、日本製鉄産の改質材（5×8mm篩通過分）を添加して、混合したものである。それらの物理的特性を表-1に、粒度加積曲線を図-1に示す。

母材となる浚渫粘土は高塑性粘土で、改質材は最大粒径が9mmの粗粒土に分類できる。なお、図中のRange I～Vは極力改質材の均質性を高めるために設定した粒度階の範囲で、改質材をこれらの粒度階にふるい分け、所定の改質材全量に対する比率でふるい分けた各粒度階の土量をそれぞれ添加することにした。

### 3. 実験方法

配合実験の条件は、浚渫粘土の初期含水比を150%に設定し、添加率は容積混合率で7.5～25%（重量/体積）とした。表-2には粘土質量 $M_{clay}$ に対する改質材 $M_{slag}$ の比率、改質材・間隙水比 $M_{water}/M_{slag}$ も併せて示している。

まず、浚渫粘土の含水比を塩分濃度3.5%の人工海水を加えて150%に調整した。その粘土に設定した添加率となるように、改質材を各粒度階から所定量を計り取り、所定の時間混合した。一軸圧縮試験の供試体は、内径：50、高さ：100mmのモールドに、混合した改質土を3回に分けて詰め込み、密封状態で恒温室（20±2℃）に静置した。なお、改質土をモールドに詰め込む際には、設計上の湿潤密度との差異が±3%から外れたものは除外した。

表-1 対象とする処分場と航路の位置関係

粘性土	土粒子密度 g/cm <sup>3</sup>	液性限界 %	塑性限界 %	塑性指数	砂分含有率 %
新門司_R4	2.654	85.50	28.3	57.2	13.2
改質材	土子密度 g/cm <sup>3</sup>	表乾密度 g/cm <sup>3</sup>	吸水率 %	50%粒径 mm	細粒分含有率 %
スラグ_R4	3.635	3.37	2.84	2.23	10.4

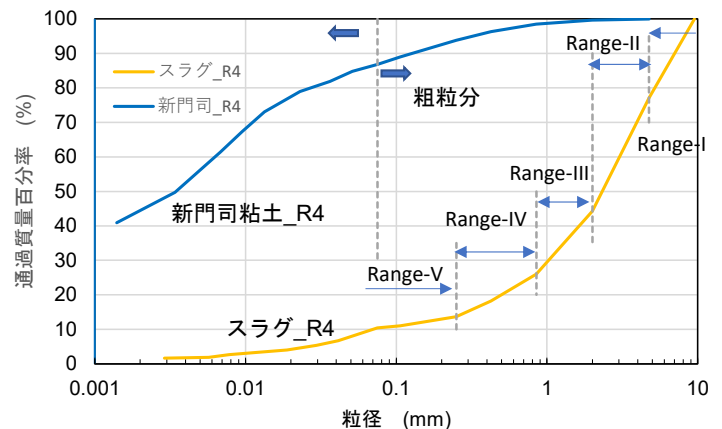


図-2 浚渫粘土と改質材の粒径加積曲線

表-2 配合実験の設定条件

添加率 %	$M_{slag}/M_{clay}$	$M_{water}/M_{slag}$
7.5	0.601	3.327
15.0	1.308	1.529
20.0	1.853	1.079
25.0	2.471	0.809

一軸圧縮試験は、養生期間が 7 日と 28 日のものを対象に行った。JIS A 1216 の規格を準用して、軸ひずみ速度は 1 %/分とし、最大荷重を示した後、その荷重が 60 %を下回るまで载荷を続けた。

4. 配合実験の結果と評価

図-3 は、7 日ならびに 28 日養生した改質土の一軸圧縮強さ  $q_u$  と添加率の関係である。添加率が高まるにつれて  $q_u$  が高まっていること、養生日数が長いほど  $q_u$  が高くなることが認められる。また、図-4 は図-3 に示した  $q_u$  を求めた供試体の湿潤密度であり、7 日養生と 28 日養生に差がないことが確認できる。

これら求めた添加率と一軸圧縮強さの関係から、28 日養生した改質土の一軸圧縮強さが 100, 200 kPa となる添加率を、14, 18 %と設定した。

5. 設定した添加率と実強度の関係

配合実験から設定した添加率を混合した改質土の 28 日ならびに 7 日養生後の一軸圧縮強さを、添加率を推定した実験結果と合わせて、図-5 に示す。28 日養生後の一軸圧縮強さが 100, 200 kPa となると設定した添加率 14, 18 %の  $q_u$  は、61~66 kPa, 147~163 kPa で、設定した  $q_u$  よりも前者では 60~65 %, 後者では 75~80 %と、設定強度によって違いが生じたが、両者とも低めの強度となった。同様に、7 日養生後の  $q_u$  も、設定値の 70~80 %であった。一方、湿潤密度は改質材の添加割合から算定した値との差異は 3 %以内であり、供試体作製時の品質管理が十分であったことも確認できた。

添加するスラグは細粒分が多いほど固化して強度が高くなること<sup>3)</sup>から、今回は改質材の粒度もコントロールして配合実験を行ったが、片桐ら<sup>2)</sup>が示したばらつきの範囲よりは狭くなったものの、最大 30~40 %程度の差異があり、劇的には改善されなかった。その要因の一つとして、0.25 mm 以下の粒度階の総質量が同じであっても、その細粒分の量が配合実験と確認実験では異なり、配合試験のほうがより細粒分の割合が多かったという改質材の不均質性があげられる。

6. まとめ

スラグ混合粘土を地盤材料に活用するために、事前に行われる配合実験から設定した配合の改質土の一軸圧縮強さの再現性を確認してみた。±30~40%の差異が報告されていた既往の事例に対して、今回は添加する改質材の品質を一様にするための方策を講じたところ、多少改善されたが劇的な改善とはならなかった。

参考文献 1) 沿岸技術研究センター(2017) : カルシア改質土利用技術マニュアル, 沿岸技術ライブラリーNo.47. 2) 片桐雅明ら(2022) : 固化した低添加率のスラグ混合処理土の圧密非排水三軸圧縮試験, 第 57 回地盤工学研究発表会, 21-3-2-05. 3) 平井壮ら(2013) : 製鋼スラグ混合土の配合・混合条件がその力学特性に与える影響について, 港湾空港技術研究所報告, 第 51 巻第 3 号, pp.77-106.

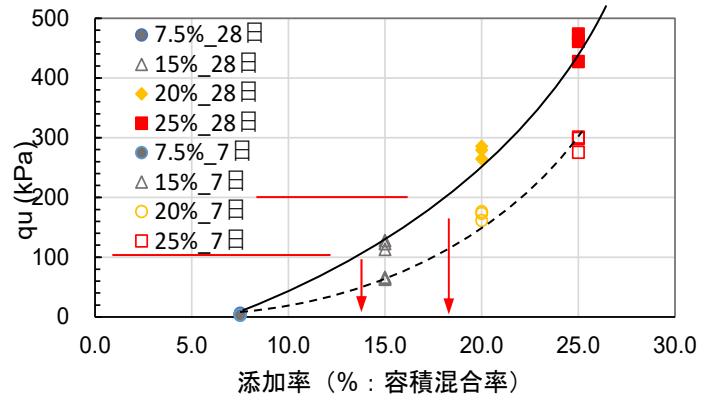


図-3 添加率と一軸圧縮強さ (7 日, 28 日養生) の関係

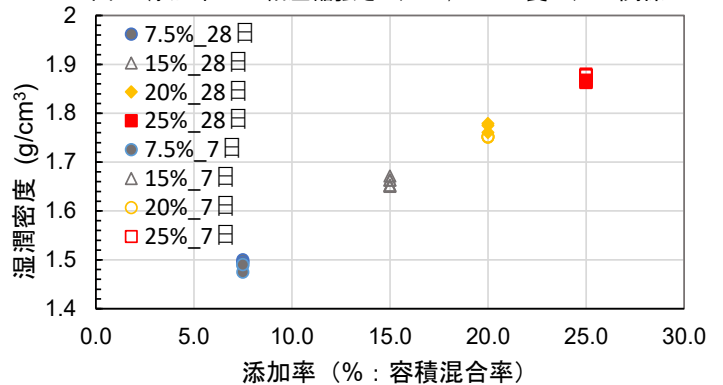


図-4 添加率と湿潤密度 (7 日, 28 日養生) の関係

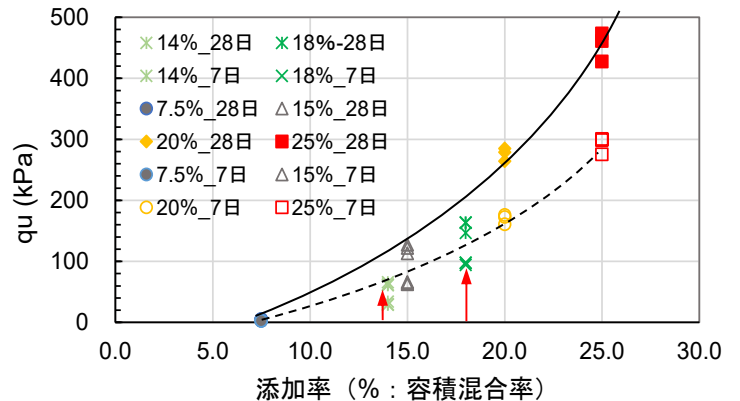


図-5 配合実験から設定した添加率の改質土の  $q_u$  の評価