

固化した低添加率のスラグ混合粘土の一軸圧縮強さに及ぼすスラグ粒度の影響

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 北原政宏 西野智之 石田道昭
ジオデザイン 橋爪秀夫 菊池信夫
東京理科大学工学部 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る製鋼スラグをベースに製造された改質材を混合して、固結作用を有するスラグ混合粘土（以下、改質土）の実用化検討¹⁾が進められている。このような固結した改質土の強度特性は一軸圧縮試験が活用されるのが一般的であるが、固化した地盤材料の一軸圧縮強さは、供試体に含まれる地盤材料の粒度に影響されることが知られている。そこで、改質土の一軸圧縮強さに及ぼすスラグ粒度の影響を把握するため、28 日養生した異なる粒度の改質材を加えて作製した同じ寸法の改質土供試体に対して、一軸圧縮試験を行ったので報告する。

2. 実験に用いた材料と実験方法 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粘土に、日本製鉄産の改質材を添加し、混合したものである。両材料の物理特性を表-1 に、粒径加積曲線を図-1 に示す。今回用いたスラグは、同図に示す標準的なスラグの粒度の範囲のほぼ中心に位置していた。また、異なる粒度として設定した調整粒度は、入手したオリジナルの粒度を基に最大粒径を 9.5 mm, 19.0 mm とする「せん頭粒度」とした。それを適切に再現するため、事前に図-1 に示す Range-I~VII の粒度階にふり分けした。

一軸供試体を作製するモールドは、内径 100 mm×長さ 200 mm を準備し、添加する改質材の種類(最大粒径；37.5 mm, 19.0 mm, 9.5 mm)に応じて、表-2 に示す組合せで、一軸供試体を作製した。混合する改質材の添加率は、初期含水比 150 % に粘性土に対して調整粒度 II を用いて、事前に行った配合試験から設定した 14, 18%/容積とし、所定の粒度となるように各粒度階から適量を分取した。

供試体の作製条件・方法は、次の通りとした。混合する量は供試体 7 個分とし、混合前に浚渫粘土に人工海水を添加して含水比 150 %の粘土試料を準備した。所定の改質材を添加し、850 回/分の回転数のハンドミキサーを用いて、1 リットルあたり 60 回に相当する時間を基準に混合した。混合後、改質土を準備した各モールドに 5 層に分けて詰め込み、密封して恒温室（20±2℃）に静置した。この試料詰め込み時に、供試体の質量を測定し、設計上の密度との差異が±2%から外れたものは取出し、再度練り返して再度詰め込んだ。

供試体長さが異なるため、一軸圧縮試験の軸変位速度は軸ひずみ速度が毎分 1 %となるように各実験で調整した。

キーワード 浚渫粘土、改質材、スラグ、一軸圧縮強さ、せん頭粒度

連絡先 〒102-8117 東京都千代田区飯田橋 2-18-3 (株)日建設計 都市・社会基盤部門 TEL03-5226-3070

表-1 母材の粘性土、改質材の物理特性

粘性土	土粒子密度 g/cm ³	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 (スラグ)	粒子密度 g/cm ³	表乾密度 g/cm ³	吸水率 %	50%粒径 mm	細粒分含有率 %
オリジナル	3.570	3.37	2.31	3.5	8
調整粒度 I	-	-	-	3.0	9
調整調整 II	3.635	3.37	2.84	2.23	10.4

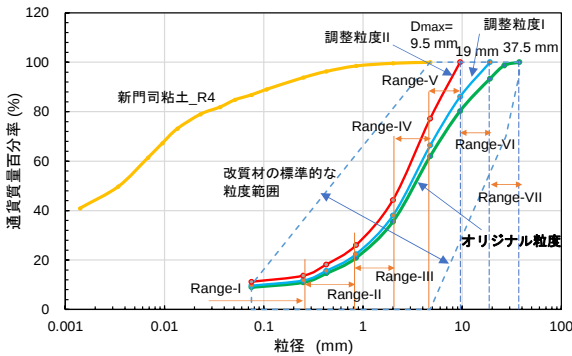


図-1 母材の粘性土、改質材の粒度

表-2 供試体の寸法と粒度

D _{max} mm	添加率 %	φ/D _{max}	供試体名	マーク
9.5	18, 14	10.53	100-18(9.5), 100-14(9.5)	◆, ◇
19	18, 14	5.26	100-18(19.0), 100-14(19.0)	◆, ◇
37.5	18, 14	2.67	100-18(37.5), 100-14(37.5)	◆, ◇

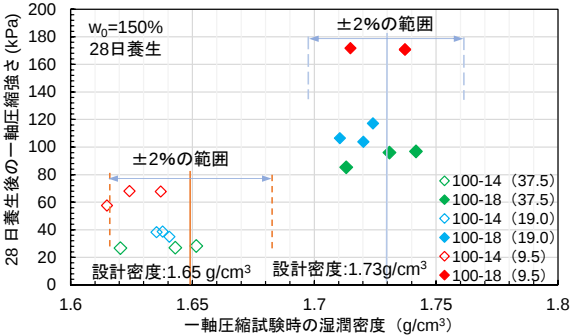


図-2 作製時の湿潤密度と一軸圧縮強さの関係

3. 実験結果と評価

図-2 に、供試体作製時の湿潤密度と一軸圧縮強さの関係を示す。横軸の供試体作製時の各供試体の湿潤密度は、作製時に管理したように設計上の湿潤密度の $\pm 2\%$ 以内にあったことが確認できる。縦軸の一軸圧縮強さは、改質材の添加率が低い14%のものの一軸圧縮強さが低く、18%のものが高くなった。しかも、最大粒径が小さいもののほど、一軸圧縮強さは高くなった。

図-3 は、28日養生後の改質土の供試体直径/最大粒径と一軸圧縮強さの関係である。実験数に限りがあるが、今回の実験から得られた供試体直径/最大粒径と一軸圧縮強さの関係は、供試体直径/最大粒径に正比例するような関係を示した。

図-4 は、改質土の一軸圧縮強さに及ぼすと考えられる改質材質量と粘土質量比の関係である。同じ改質土の質量比率でも一軸圧縮強さが異なり、添加する改質材の粒度に改質土の一軸圧縮強さが依存することを意味している。なお、今回設定した添加率は2種類と少ないが、決定係数 R^2 は0.57であった。

図-5 に、各供試体に添加した改質材の最大粒径9.5, 4.75,

2.0, 0.85, 0.25 mm 以下の各質量と全粘土質量比と一軸圧縮強さの関係を示す。ここに示すある粒径以下の改質材の質量は、供試体作製時に計測した各粒度階の改質材の質量と初期含水比150%の粘性土の総量から、均質に混合できたとして、個々の供試体作製時の湿潤質量となるように各粒度階の改質土の質量を算定し、所定の粒径以下の各粒度階の質量をたし合わせたものである。たとえば、最大粒径9.5 mmの改質材の質量と粘土質量比の関係は、図-4 に示した9.5 mm 以下の関係(◆, ◇)はそのまま、最大粒径37.5 mm (◆, ◇), 19 mm (◆, ◇)のものは、9.5 mm 以上の改質材を削減したときの関係となる。

図-5 に示すように、9.5 mm 以下のある粒径以下の改質材質量と粘土質量比と一軸圧縮強さの関係は、正の相関性が高く、決定係数 R^2 が0.95程度となった。このことは、大粒径の改質材が改質土の一軸圧縮強さに大きくは寄与していないと考えられ、平井ら²⁾が示した細粒分が多いほどスラグ混合粘土の一軸圧縮強さを高くなるという特性とも合致している。なお、図-6 に示した全関係の決定係数 R^2 が同じとなった要因は、改質材の各粒度階の質量の算定に各粒度階の比率が同じせん頭粒度を用いたためと考えている。

4. まとめ

本研究では、せん頭粒度で設定した3種の粒度を有するスラグを準備して2種類の添加率で作製した、28日養生後の同一の供試体寸法の改質土に対して、一軸圧縮試験を行い、次の知見を得た。

- ・最大粒径が小さい改質土ほど一軸圧縮強さは高くなった。
- ・全スラグ質量/粘土質量比と一軸圧縮強さの関係の相関性は0.5程度であったが、大粒径粒子を取り除いたある粒径以下に限ると相関性は高くなった。

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) 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.

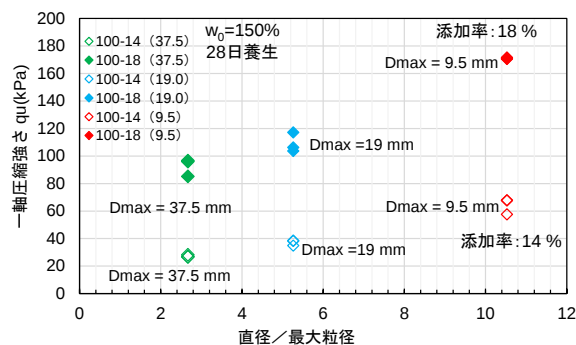


図-3 供試体直径/最大粒径と一軸圧縮強さの関係

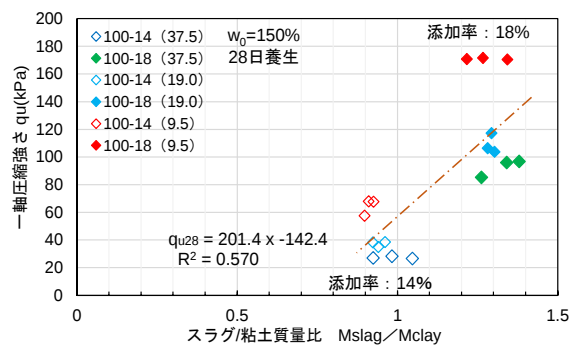


図-4 スラグ/粘土質量比と一軸圧縮強さの関係

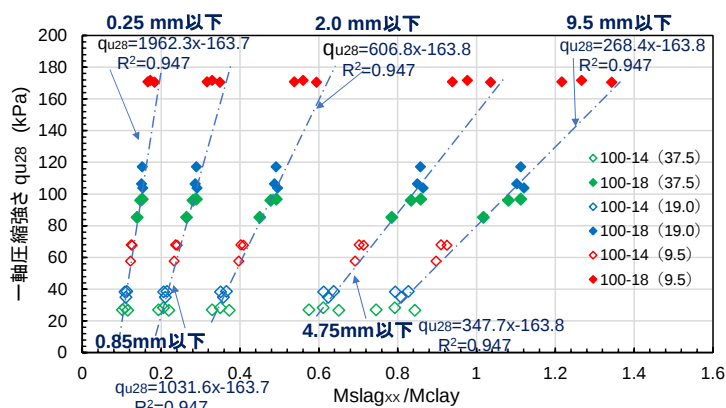


図-5 ある粒径以下のスラグ $\times$ 粘土質量比と一軸圧縮強さの関係