

海砂混合に伴う高炉水砕スラグの硬化・透水特性の変化

山口大学 正会員 ○松田 博

Hue University of Sciences Tran Thanh Nhan

国土交通省九州地方整備局 堤 祥亮

山口大学 正会員 原 弘行

1. はじめに

高炉水砕スラグ（以下：水砕スラグ又は GBFS）を低置換率サンドコンパクションパイル工法において海砂の代替材料として適用する試みがなされている。しかし、水砕スラグを砂杭材料として用いた場合、潜在水硬性に起因して砂杭の透水係数が著しく低下し、杭間粘土の強度が十分増加しないことが試験施工で明らかとなった。そのために、水砕スラグの透水性を確保するという観点から、水砕スラグに海砂を混合した場合の硬化の程度、透水性への影響について、すでに、海砂混合率を 0～40% とし、サンドコンパクションパイル工法での施工期間等を考慮して比較的短期の養生期間（84 日以下）を対象とした検討を行っている¹⁾が、その際、養生期間をさらに増加した場合、強度特性が当初の予測とは異なる傾向を示すことが明らかとなった。そこで、本研究においては、海砂混合率を 0～80%とし、養生期間も最長 380 日として、海砂混合率が一軸圧縮強度に及ぼす影響について調べた。その結果、海砂混合率と一軸圧縮強度の関係について新たな傾向が見出されたことから報告する。

2. 実験方法

水砕スラグと海砂の物理特性および粒径加積曲線を表-1、図-1に示す。水砕スラグと海砂の混合供試体は以下の手順で作製した。まず、2 mm ふるいを通過した水砕スラグと海砂を所定の海砂混合率 r (r は水砕スラグの乾燥質量に対する海砂の質量の割合で、本研究では 0, 20, 30, 40, 50, 60, 80%とした。) で混合した後、真空容器内で脱気して直径 5 cm、高さ 10 cm のプラスチックモールドに水中落下法で充填する。なお、試料作製にあたっては、海砂混合率 0%の試料における相対密度 $Dr=80\%$ を基準とし、海砂混合率にかかわらず、乾燥密度が一定となるようにした。また、養生水として海水を用い、硬化促進を図るため 80 ° C の恒温炉内で

表-1 水砕スラグと海砂の物理的性質

	Particle density ρ_s (g/cm ³)	Maximum void ratio e_{max}	Minimum void ratio e_{min}	Ignition loss L_i (%)	Coeff. of permeability k (cm/s) ($Dr=80\%$)
GBFS	2.661	1.232	0.898	0.231	1.35×10^{-1}
Marine sand	2.650	0.885	0.615	4.213	1.11×10^{-1}

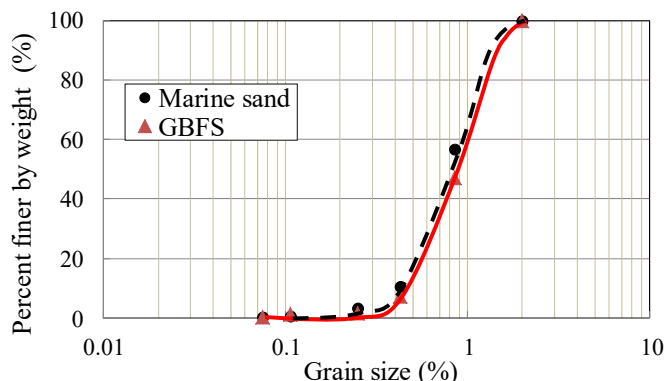


図-1 水砕スラグと海砂の粒径加積曲線

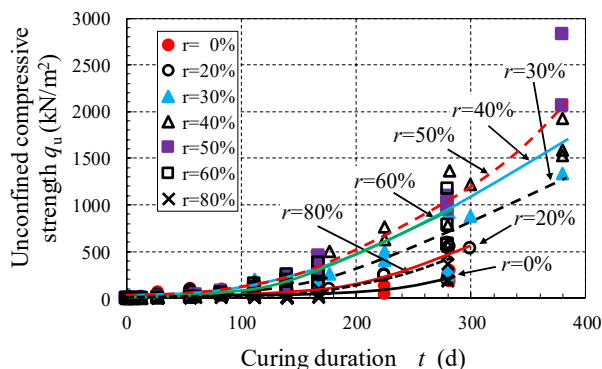


図-2 海砂混合した水砕スラグの一軸圧縮強度

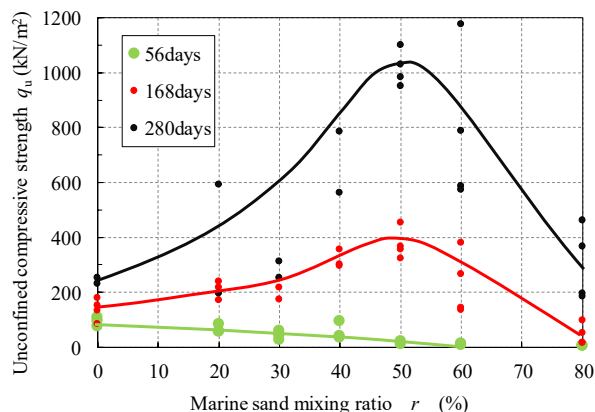


図-3 一軸圧縮強度と海砂混合率の関係

キーワード 高炉水砕スラグ、水硬性、一軸圧縮強度、水和反応

連絡先 〒755-8611 山口県宇部市常盤台 2-16-1 山口大学工学部 TEL 0836-85-9324

養生した。固液比は 1 : 1.4, 養生時間は 0~380 日の間で設定した。養生後の供試体に対して一軸圧縮試験, 水和反応率試験, 変水位透水試験を実施した。

3. 海砂混合が水砕スラグの一軸圧縮強度に及ぼす影響

図-2 は海砂混合率を変化させた場合の一軸圧縮強度 q_u と養生時間の関係である。養生時間の増加に伴って q_u が増加しているが, 海砂混合によって q_u が増減することがわかる。そこで, 海砂混合率と所定の養生期間後の一軸圧縮強度の関係を示したものが図-3 である。養生期間が 56 日の場合は, 一軸圧縮強度は海砂混合率の増加とともに減少するが, 養生期間が 168 日, 280 日では海砂混合率が約 50% のとき一軸圧縮強度に明らかなピーク値がみられる。一方, 一軸圧縮強度は養生時間の平方根に比例することが示されている¹⁾ことから, 両者の関係を示したものが図-4 である。図-4 の直線の勾配は式

$$q_u = A\sqrt{t} + B \quad (1)$$

(1) の係数 A で与えられ, 海砂混合率と係数 A の関係を示したものが図-5 である。係数 A についても, 図-3 と同様に海砂混合率が約 50% において最大値を示している。海砂混合率が約 50% において最大値を取る理由についてより明確にするため, 次式¹⁾で与

$$R_i = \frac{M_h}{M \left(1 - Li_g \left(\frac{100-r}{100} \right) - Li_m \cdot \frac{r}{100} \right) - m_{sa}} \times 100 \quad (2)$$

$$R = 100 - R_i \quad (3)$$

えられる水和反応率 R と経過時間の関係を示したものが図-6 である。同図より水和反応率~経過時間関係の勾配は海砂混合率が 80% の場合を除くと, 海砂混合率によらずほぼ一定であって, 水和物の量とは異なる原因が考えられる。

図-7 は透水係数と養生期間の関係を各海砂混合率に対して示したものである。同図より, 海砂混合によって透水係数は増加する傾向がみられる。

4. あとがき

本研究においては, 海砂混合率を 0~80% として養生期間を約 1 年間とし, 海砂混合が一軸圧縮強度に及ぼす影響について調べた。その結果, 海砂混合率が約 50% のときに一軸圧縮強度が最大値を示すことが明らかになった。今後, この現象の理由について更なる検討が必要である。なお, 本研究の一部は JSPS 科研費 26420438 の助成を受けて行ったものである。

参考文献 1) 中村奨哉、松田 博、原 弘行、徳増晃希：海砂混合が高炉水砕スラグの硬化・透水特性に及ぼす影響, 第 51 回地盤工学研究発表会 0296, pp. 591-592, 2016.

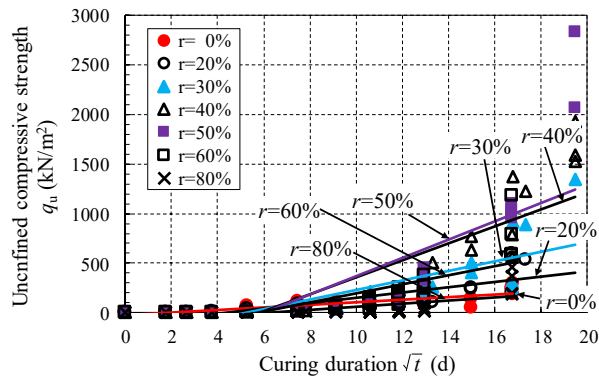


図-4 一軸圧縮強度と養生時間の関係

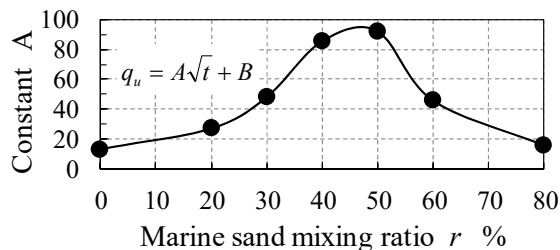


図-5 海砂混合率と係数 A の関係

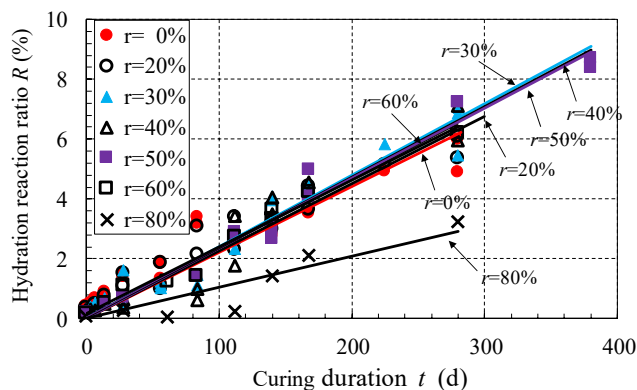


図-6 海砂混合した水砕スラグの水和反応率

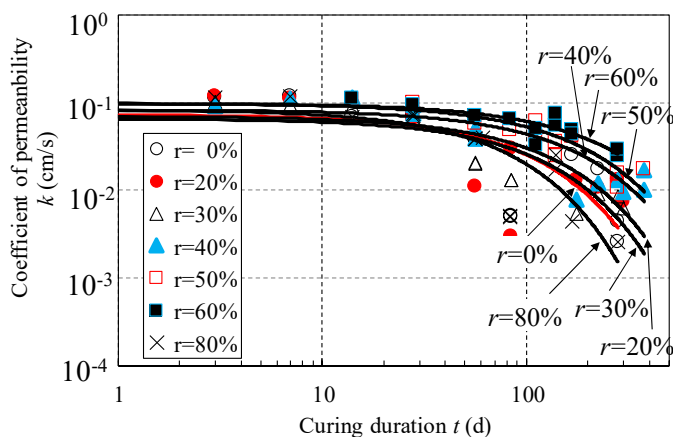


図-7 海砂混合が透水係数に及ぼす影響