

水の移流および細粒化を考慮した硬化遅延を施した高炉水砕スラグの透水特性

九州大学大学院 学 〇中山修一郎

正 石藏良平 F 安福規之

正 アデル・アロウイシー

1.はじめに

高炉水砕スラグは、都市化に伴う砂需要の増加や規制強化による日本国内の砂採取量の減少といった状況の中で砂に替わる地盤改良材として期待されている。この材料は銑鉄の製造過程で生成される副産物で、水和反応によって硬化が進む潜在水硬性を有している。本研究では低置換サンドコンパクションパイル (SCP) 工法への高炉水砕スラグの適用を想定し、図1に示すような潜在水硬性を活かした粘性土地盤における杭と地盤から成る複合地盤としての改良効果と、杭のドレーン効果を利用した地盤の圧密による強度増加¹⁾を期待している。しかし、杭打設時に材料が破碎され、細粒分が増加して硬化の反応が促進されることで透水性が急激に低下することが課題となっている²⁾。そこで本研究では、実施工における細粒化を考慮した高炉スラグ微粉末や、硬化遅延を期待した海砂を混合して供試体を作製し、通水条件・滞留条件の2条件で透水特性の経時変化を把握する実験²⁾を継続的に実施した。そして実現場環境が高炉水砕スラグの透水特性に与える影響と地盤改良材としての適用性についてより詳細な検討を行った。

2.実験概要

作製した供試体の条件を表1に示す。質量混合率(混合材料の質量が全体の質量に占める割合)を設定し、高炉水砕スラグと混合した試料に対し、杭打設時の粒子破碎状況を想定してA-a法による締固めを3回行った。図2に各試料の粒度分布を示す。また一部の条件では、締固めに加えてSCP杭打設後のスラグの細粒分含有率を再現するため、既往のデータ³⁾に基づき高炉スラグ微粉末を5%及び10%の割合で混合した。通水条件での透水試験では、直径5.5cm、高さ10cmのモールドに試料を3層に分けて入れ、各層50回ずつ木槌で叩くことでSCP杭の打設の状況を簡易的に再現して供試体を作製した。この供試体に対し、図3の試験装置を用いて上向き流れの連

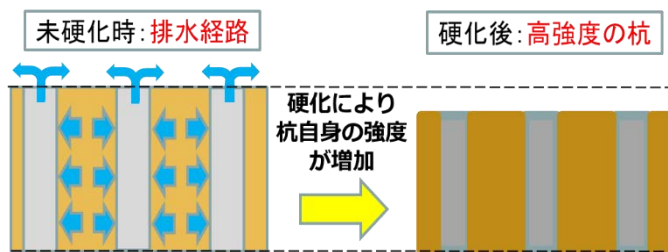


図1 低置換 SCP 工法への適用イメージ

表1 供試体の実験条件

	混合材料	質量混合率(%)	動水勾配	養生期間
通水条件	なし(スラグ単体)		1.5, 3.0	0~180日
	海砂	10, 30		
	高炉スラグ微粉末	5, 10		
	海砂+高炉スラグ微粉末	海砂10+微粉末10 海砂30+微粉末10	1.5	
滞留条件	通水条件と同様			0, 28, 56日

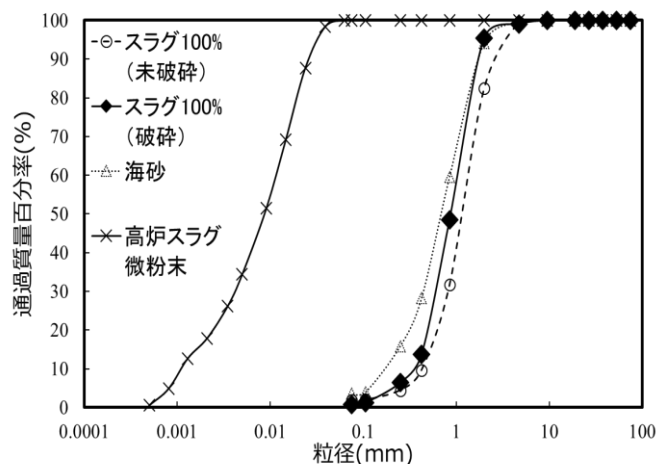


図2 各試料の粒度分布

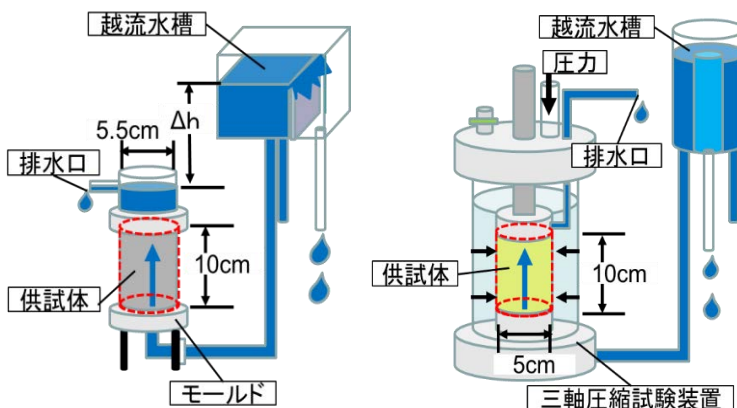


図3 透水試験装置(通水条件) 図4 透水試験装置(滞留条件)

キーワード：高炉水砕スラグ、低置換 SCP 工法、海砂、高炉スラグ微粉末、透水特性

〒819-0395 福岡県福岡市西区元岡 744 番地 ウエスト 2 号館 1108-2 号室

続透水試験を行った。越流水槽の水面と供試体上部の排水口の高低差 Δh は15cm及び30cm（動水勾配 i は1.5及び3.0）に設定した。滞留条件での透水試験では、プラスチック製の型枠に同様の方法で試料を入れ、所定の期間水道水中で養生した。脱型した供試体を図4に示す三軸圧縮試験装置に設置し、供試体が自立する程度に拘束圧20kPaを作用させながら通水して透水試験を実施した。

3.実験結果と考察

図5~8に動水勾配 i が1.5の通水条件と、滞留条件の時の各供試体の透水係数と養生日数の関係を示す。通水条件ではいずれの混合条件においても、期間が200日程度経過までに、各供試体の透水係数は緩やかに低下しているものの大きな変化は見られなかった。これは硬化に関係するスラグ細粒分が水の移流によって流出したことが要因の一つと考えられる。一方、滞留条件では海砂混合試料を除いて50日程度経過までに、透水性が低下する傾向が見られた。これは水の移流の影響がほとんどなかったことで細粒分の抜け出しが少なく、硬化が促進されたためと考えられる。海砂混合試料では滞留条件下でも透水性の低下が抑えられており、硬化遅延効果が発揮されている。しかし、高炉スラグ微粉末と海砂の両者を混合した条件では、透水係数が極端に低下する傾向が見られた。海砂混合により間隙比が小さくなるとともに、高炉スラグ微粉末による水和反応の促進により、より間隙が小さくなったことなどが一因と考えられる。

4.まとめ

低置換SCP工法への適用に向けて、高炉水砕スラグに海砂及び高炉スラグ微粉末を混合した供試体の透水特性の経時変化を測定し、水の移流や混合材料の影響について調査した。通水条件下では時間が経過しても透水性が大きく変化しなかった。水の移流による細粒分の抜け出しが考えられ、高炉水砕スラグの硬化には細粒分が大きく関係している可能性を確認した。一方、滞留条件下では海砂と高炉スラグ微粉末を併せて混合した供試体で最も急激な透水性の低下が見られた。今後は細粒分の抜け出しに関わる水の移流速度について更に検討するとともに、高炉スラグ微粉末及び海砂混合条件での硬化反応についても詳細に検討を行っていく予定である。

【謝辞】本研究の一部は鉄鋼スラグ協会の支援を得て実施した。また、技術協力スタッフの中島通夫氏には試験装置の作製及び透水試験の実施にあたり支援・技術指導をいただいた。ここに記して謝意を表す。【参考文献】(1) 篠崎晴彦・松田博・坂井悦郎・小野幸一郎・鈴木操・中川雅夫：高炉水砕スラグの硬化特性と地盤改良工法への適用,土木学会論文集 C, Vol.62, No.4, pp.858-869, 2006.12 (2) 石川優揮人・中山修一朗・石蔵良平・安福規之：低置換SCP工法への適用に向けた海砂・スラグ微粉末混合高炉水砕スラグの透水特性に関する研究, 令和3年度土木学会西部支部研究発表会講演概要集, pp.329-330, 2022.3

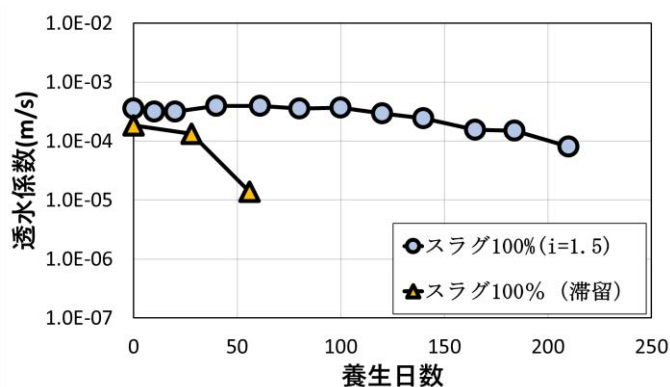


図5 透水係数と養生日数の関係（スラグ単体）

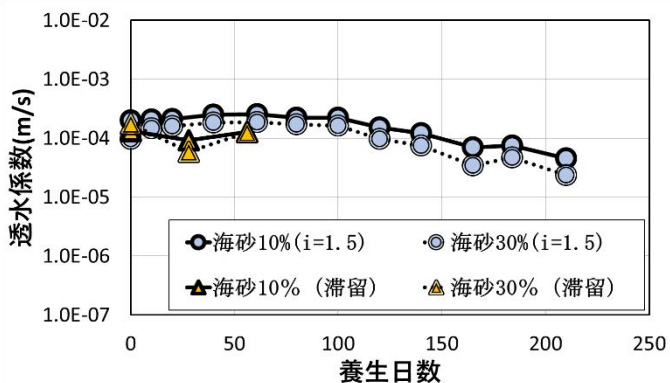


図6 透水係数と養生日数の関係（海砂混合）

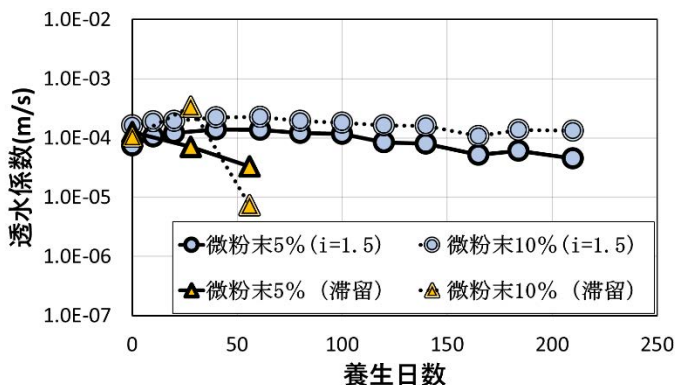


図7 透水係数と養生日数の関係（微粉末混合）

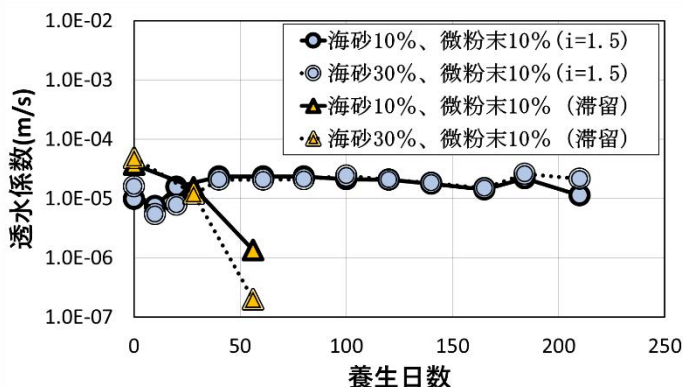


図8 透水係数と養生日数の関係（海砂、微粉末混合）