九州大学工学部 学〇王韋雯 九州大学大学院 正 石藏良平 九州大学大学院 正 安福規之 正 ハザリカ・ヘマンタ 学 坂田智美

<u>1.はじめに</u>

高炉水砕スラグは銑鉄の製造過程において生成される副産物であり、粒度及び土粒子密度等の物理的性質 が安定している他、強度・透水性に優れかつ軽量である。また、水と反応して硬化する「潜在水硬性」を有 していることから、地盤の安定上さらに有利となる可能性がある¹⁾。高炉水砕スラグの有効利用率は高いが、 これまでセメント材料として主に用いられ、地盤改良材としての利用が非常に少ない。そのため、地盤工学 の分野において利用の促進が期待されている。

高炉水砕スラグを SCP 工法等での地盤改良材として用いると、図-1 に 示すように、未硬化時の優れた透水性よりドレーン機能が発揮され、周 辺地盤の圧密促進が期待できる²⁾。透水性と硬化の関係についてすでに 検討が行われているが、液状化抵抗については検討されていない。未硬 化の高炉水砕スラグは粒状体であることから、硬化にいたるまでの期間 は液状化の発生が懸念される。特に、ドレーン機能を確保し、硬化遅延 を期待するためには、自然砂を混合する必要があり、その際の高炉水砕ス ラグの液状化抵抗を検討する必要がある。そこで本研究では未硬化の高 炉水砕スラグに着目し、非排水繰返し三軸試験を行い、豊浦砂の混合 割合が高炉水砕スラグの液状化抵抗に及ぼす影響について考察を行った。



ドレーン機能(未硬化) 図-1 SCP 工法への適用の 概念図

<u>2.試料と実験条件</u>

試料には、新日鐵住金株式会社大分製鐵所で2015 年に製造された高炉水砕スラグを用いた。供試体は 事前真空脱気した試料を直径 5cm、高さ 10cm のモ ールドに相対密度 Dr=80%となるように水中落下法 で作製した。実験条件を表-1に示す。締固めを伴う SCP 工法では、砂杭を打設する時に粒子破砕が生じ るため、本研究では試料を破砕してから実験した。 破砕方法は締固め A-a 法に従い繰返し3 回行った。 また、施工時に豊浦砂の混合により粒子破砕量の増 加を想定して、本研究では豊浦砂と水砕スラグを混 合してから破砕を行った。表-2に密度及び最大・最 小密度を示す。高炉水砕スラグと豊浦砂はほぼ同等 の土粒子密度を示している。また、最大・最小間隙 比は、高炉水砕スラグのほうが大きい。これは高炉 水砕スラグが多孔質であるためと考えられる。図-2 に各試料の粒径加積曲線を示す。繰返し載荷は三軸 圧縮試験装置を用い、100kPaの圧密後、非排水条件 下で正弦波繰返し載荷(周波数:0.1Hz)を行った。 また、二重負圧法によって供試体の B 値は 0.95 以 上を確保した。

表-1	実験条件

試料	相対	豊浦砂混合率	拘束圧	繰り返し		
粒度	密度	(%)	(kPa)	応力振幅比		
破砕	80%	0,10,30, 50,100	100	0.2~0.4		
表·2 土粒子密度および最大・最小間隙比						

	$\rho_{s}(g/cm^{3})$	e _{max}	e_{min}
豊浦砂	2.646	0.982	0.608
水砕スラグ(破砕)	2.656	1.283	0.802
水砕スラグ(破砕)+10%豊浦砂	2.638	1.189	0.739
水砕スラグ(破砕)+30%豊浦砂	2.638	1.089	0.660
水砕スラグ(破砕)+50%豊浦砂	2.651	1.030	0.627



<u>3.実験結果</u>

本研究では両振幅軸ひずみ DA が 5%に達したときを 破壊(液状化)と定義して整理を行った。

図-3 は初期間隙比と豊浦砂混合率の関係を示す。初 期間隙比は試料をモールドに入れた直後の間隙比で、eo とした。初期間隙比 eo は豊浦砂の混合の増加に伴い、 小さくなった。図中には、各豊浦砂混合率に対して同一 エネルギーで締固めた際の間隙比の実験結果も併記す る。実験供試体と同様に豊浦砂の混合率の増加に伴い、 間隙比は減少する傾向を示している。

図-4 は∠ecと豊浦砂混合率の関係を示している。∠ec は圧密後の間隙比変化量を意味する。同一条件の供試体 の∠ecはほぼ一定となっている。

図-5 は各条件における液状化曲線を示している。水 砕スラグは豊浦砂と同様に繰返しせん断によって液状 化が生じた。水砕スラグは豊浦砂の液状化強度曲線より 上方に位置しているが、水砕スラグと豊浦砂を混合した 供試体の液状化強度曲線の方が、水砕スラグ単体の液状 化強度曲線よりさらに上方に位置している。また、今回 の実験では、豊浦砂の混合率が 10%の供試体の 液状化強度曲線が最も上方に位置している。

図-6 は∠ep と豊浦砂混合率の関係を示してい る。∠ep は繰返しせん断後の間隙比変化量を意 味する。初期間隙比や繰返し載荷回数が異なる ため、豊浦砂混合率がせん断後の体積ひずみの 変化量に及ぼす明確な傾向が見られなかった。

<u>4.まとめ</u>

本研究では、豊浦砂の混合割合が水砕スラグ の液状化抵抗に与える影響について検討した。 豊浦砂を混合することで、液状化強度が増加す る傾向を示した。また、豊浦砂の混合率が10%の供試 体の液状化強度が一番大きくなった。液状化抵抗に対 する最適な混合割合を提案するため、間隙比や水砕ス ラグの含有量についてさら

に検討する必要がある。

【謝辞】本文の作成にあたり、実験環境で支援頂きました笠間 清伸准教授、実験においてご指導頂きました八尋祐一技術専門 職員と中島通夫技術協力スタッフに感謝の意を表します。

【参考文献】1)鉄鋼スラグ協会:鉄鋼スラグ統計年報,鉄鋼ス ラグ協会,2015.7.2)坂田智美,石藏良平,安福規之,ハザリカ ヘマンタ:浸透状態にある高炉水砕スラグの力学・水理特性の





関係

時間依存性に関する基礎的研究,第11回環境地盤工学シンポジウム発表論文集, pp. 287-290, 2015