

自然環境下で硬化した高炉水砕スラグの自己修復特性に関する研究

山口大学大学院 学生会員 ○井川尚之 正会員 松田 博
 正会員 原 弘行 学生会員 和田正寛

1. はじめに

高炉水砕スラグ(以下、水砕スラグ)は水和反応により粘着力が発現し、硬化する「潜在水硬性」を有している¹⁾。硬化した水砕スラグが地震などにより破壊した場合においても、再び硬化する(自己修復)ことが確認できれば維持管理上、非常に有益な土木材料として考えることができる。

本研究では、硬化した水砕スラグのせん断後の自己修復特性を検討するため、自然環境下で8年に亘って硬化が進行した水砕スラグを用い、せん断後の粘着力の発現を調べた。

2. 試験盛土の概要

図1に、試験盛土の平面図を示す²⁾。試験盛土は、水砕スラグを盛土材料として用い、17m×23m×2mの規模で施工を行った。図中に示すように、盛土中心を境に左右で1層あたりの撒き出し層厚が異なる。左方は1層0.3m、右方は1.0mで3回/層の転圧回数で施工を行っている。

図2に、0.3m/層の深度1.0mにおける試験盛土施工後8年経過した水砕スラグのCD試験によるモール応力円を示す。粘着力 c_d は140kPaを示しており、潜在水硬性による硬化が確認された。

3. 試料及び試験概要

本研究で用いた試料はフレッシュな水砕スラグ(以下、GBFS-A)と試験盛土の0.3m/層の範囲から採取後、解砕してふるい分けを行った水砕スラグ(以下、GBFS-B)である。GBFS-B及びGBFS-Aの物理特性及び粒度分布を表1、図3にそれぞれ示す。比較として玄海砂のものも併せて示す。供試体は、直径5cm、高さ10cmのプラスチックモールドに $Dr=80\%$ となるように試料を詰めて作製した。その後、硬化を促進させるため、密閉容器内で80°Cの海水に浸漬させた。養生期間は28、56、112日間である。所定期間養生した供試体に対して静的三軸圧縮試験(CD)を行った。試験条件は、拘束圧50kPa、100kPa、150kPa、ひずみ速度0.3%/minとした。

4. 試験結果

図4及び図5にGBFS-Aについて養生112日後の応力比及び体積ひずみと軸ひずみの関係、モール応力円を示す。同図より、応力比と軸ひずみの関係では、各拘束圧ともに軸ひずみが5%から10%程度で最大応力比に達している。また、拘束圧の増加に伴い、応力比は減少している。体積ひずみはピークが明確で膨張傾

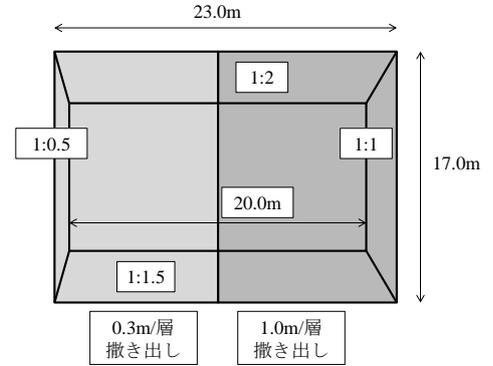


図1 試験盛土概要

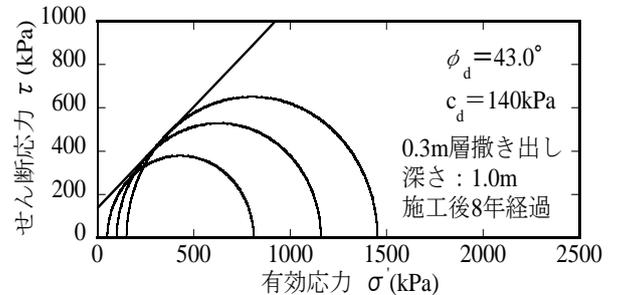


図2 モールの応力円
(施工後8年サンプリング)

表1 各試料の物理特性

| | 土粒子密度 ρ_s (g/cm ³) | 最大間隙比 e_{max} | 最小間隙比 e_{min} |
|----------------|---|--------------------|--------------------|
| GBFS-A | 2.643 | 1.510 | 1.033 |
| GBFS-B(0.3m/層) | 2.779 | 1.808 | 1.177 |
| 玄海砂 | 2.678 | 0.827 | 0.516 |

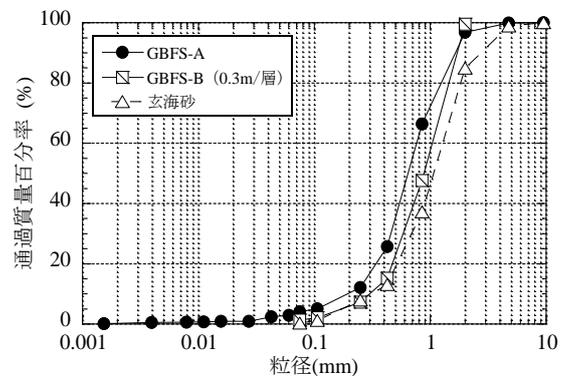


図3 各試料の粒度分布

向が減少している。モール応力円では、包絡線は明らかに原点を通らず、粘着力が生じていることがわかる。せん断抵抗角は設計基準値の 35° 以上³⁾を満足している。

図 6 及び図 7 に水砕スラグ GBFS-B の応力比及び体積ひずみと軸ひずみの関係、モール応力円を示す。応力比と軸ひずみの関係では、各拘束圧ともに軸ひずみが 7% から 15% 程度で最大応力比に達している。また、拘束圧の増加に伴い、応力比は減少している。体積ひずみはピークが明確で膨張傾向が減少している。モール応力円では、解砕前の水砕スラグ (図 2) と比べて幾分か小さいものの粘着力が生じていることが確認される。このことから、水砕スラグは自然環境下で著しく硬化した後も潜在水硬性は保持されており、自己修復することが示された。

図 8 にせん断抵抗角 ϕ と粘着力 c_d の経時変化を示す。せん断抵抗角 ϕ に大きな変動はみられず、いずれの養生日数においても、設計基準値の 35° 以上を満たしている。粘着力 c_d は増加傾向にあるが養生日数 56 日～112 日にかけて、ほぼ一定になっている。また、両試料とも粘着力の発現傾向に大きな差異はみられない。

5. まとめ

本研究では、硬化した水砕スラグのせん断後の自己修復特性を検討するため、自然環境下で 8 年に亘って硬化が進行した水砕スラグを解砕し、再度養生した水砕スラグに対して静的三軸圧縮試験を実施した。その結果、自然環境下で著しく硬化した水砕スラグは、せん断抵抗角をほぼ一定に保った状態で粘着力が発現することから、せん断破壊後も自己修復することが確認できた。

【参考文献】

- 1) 鉄鋼スラグ協会：水砕スラグ「土木用材料としての技術資料」，2009
- 2) 松田博，石藏良平，和田正寛，來山尚義，白元珍，谷信行：軽量盛土材として用いた高炉水砕スラグの特性の経年変化，地盤工学ジャーナル，Vol.7, No.1, 339-349, 2012.
- 3) 沿岸開発技術研究センター，鉄鋼スラグ協会：港湾工用水砕スラグ利用手引書，1990.

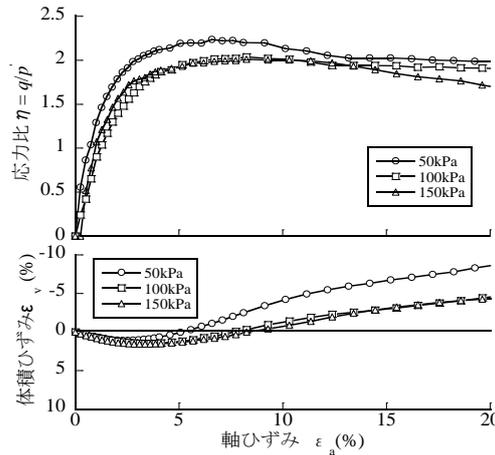


図 4 応力比及び体積ひずみと軸ひずみの関係 (GBFS-A 112 日)

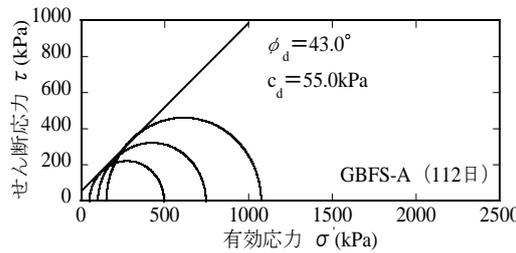


図 5 モール応力円 (GBFS-A 112 日)

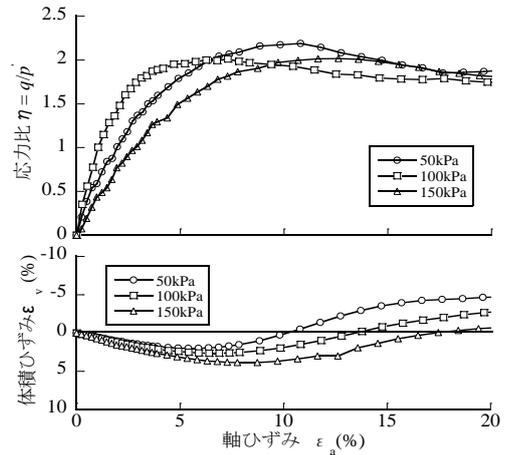


図 6 応力比及び体積ひずみと軸ひずみの関係 (GBFS-B 112 日)

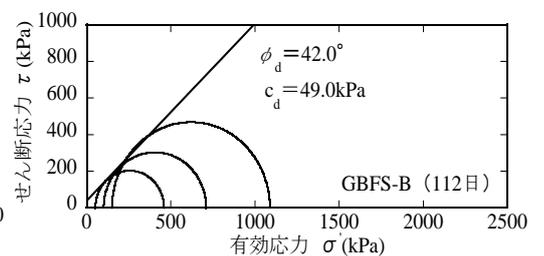


図 7 モール応力円 (GBFS-B 112 日)

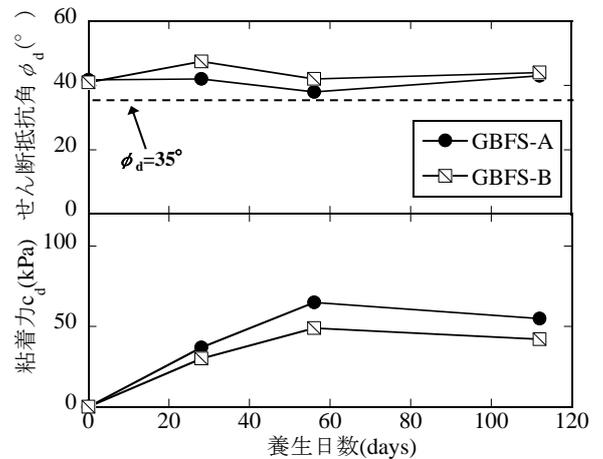


図 8 せん断抵抗角及び粘着力の経時変化