

一度硬化した高炉水砕スラグの自己修復特性

山口大学大学院 学生会員 ○新舎良典 非会員 和田正寛 学生会員 正木理久
 正会員 松田博 正会員 石藏良平

1. はじめに

高炉水砕スラグは潜在水硬性を有するため有用な非液状化材料として考えられる。そのため硬化に伴うせん断強度特性の変化について多くの検討が行われている¹⁾。高炉水砕スラグが硬化した場合、硬化後も粒子内には潜在水硬性が保持されていることが想定される。初期硬化後に負荷を受け破断面等が生じた場合においては、未水和反応部が再硬化する可能性がある。再硬化することが明らかとなれば、スラグ構造物の維持管理・補修において非常に有益となる。そこで、本研究では、一度硬化した高炉水砕スラグのせん断後の水硬性について明確にすることを目的に、施工後10年経過したスラグ試験盛土から採取した試料を粉砕し再養生した供試体及び初回養生後にせん断破壊し再養生した供試体に対して非排水繰返し三軸試験を行い高炉水砕スラグの自己修復特性について検討を行った。

2. 試料のせん断特性

試験盛土スラグは0.3m/層の撒き出しと1.0m/層の撒き出しで施工されている。試験盛土に用いた高炉水砕スラグ及び初回養生前の高炉水砕スラグのCD試験による応力比、体積ひずみと軸ひずみの関係を図1及び図2に示す。いずれも、拘束圧の増加に伴い応力比が低下し、体積膨張から収縮に移行している。このような拘束圧の増加に伴う応力比の低下や収縮は、せん断による粒子破碎の影響が考えられる。

施工前の試験盛土スラグおよび初回養生前の高炉水砕スラグのストレス・ダイレイタンスー関係を図3及び図4に示す。拘束圧の変化によらず同一直線上に位置している。限界状態のストレス・ダイレイタンスー関係は以下の式(1)が成り立つ。また、Mと内部摩擦角φの関係としては以下の式(2)が成り立つ。

$$\frac{q}{p'} = M - \frac{d\varepsilon_v}{d\varepsilon_s} \dots (1) \quad \sin\phi = \frac{3M}{(6+M)} \dots (2)$$

図3よりMは1.67程度であって、式(2)から求まる内部摩擦角φ_dは41.0°となっている。図4よりMは1.51程度

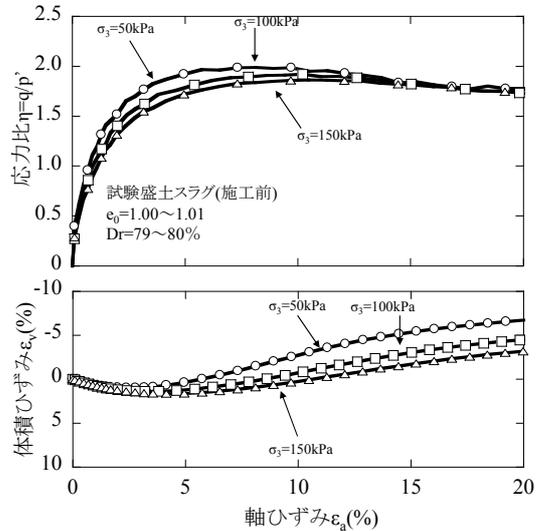


図1 施工前の試験盛土スラグの応力比および体積ひずみと軸ひずみの関係

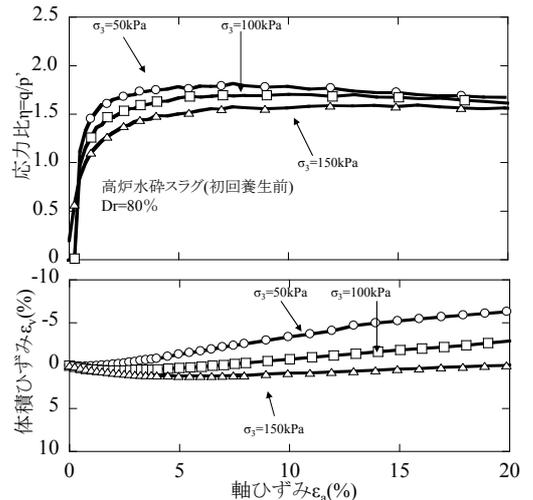


図2 初回養生前の高炉水砕スラグの応力比および体積ひずみと軸ひずみの関係

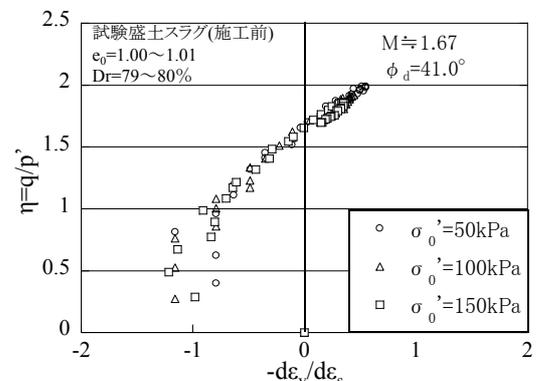


図3 施工前の試験盛土スラグのストレス・ダイレイタンスー関係

キーワード 高炉水砕スラグ, 自己修復特性, 非排水繰返し三軸試験

連絡先 〒755-8611 山口県宇部市常盤台 2-16-1 社会建設工学専攻 松田研究室 TEL 0836-85-9011

であって、式(2)から求まる内部摩擦角 ϕ_d は 37.1° となっている。高炉水砕スラグは拘束圧の増加に伴い内部摩擦角が減少する傾向にある²⁾が、図3及び図4においては同一直線上に位置する傾向を示した。

3. 再硬化特性

本研究で用いた試料は試験盛土からブロックサンプリングした硬化した水砕スラグを粉砕後、ふるい分けを行ったものである。試験盛土スラグは施工時に0.3m/層と1.0m/層で転圧されていることから、サンプリングは撒き出し層ごとに行った。土粒子の密度、最大・最小間隙比および粒度分布を表1および図5に示す。供試体は、直径5cm、高さ10cm、 $Dr=80\%$ とし、 80°C の海水中にて密閉したケースで所定の期間養生した。各供試体について $\sigma_0'=50, 100, 150\text{kPa}$ で圧密後、非排水条件下で正弦波繰返し载荷を行った。液状化によって生じる破壊の定義は両振幅軸ひずみ $DA=5\%$ とした。なお、供試体の飽和は未硬化時の供試体においては水中落下法を用い、硬化後の供試体においては二重負圧法で行った。

4. 試験結果

図6は、養生した試験盛土スラグ供試体の液状化強度曲線である。未硬化の液状化強度比は $R_{20}=0.252$ 、養生1ヶ月は $R_{20}=0.312$ 、養生2ヶ月は $R_{20}=0.430$ と、養生日数の経過に伴い、強度増加していることが分かる。本研究では、近似曲線において繰返し载荷回数が20回のときの繰返し応力振幅比を液状化強度比 R_{20} と定義した。

図7は、初回養生及び再養生した高炉水砕スラグ供試体の液状化強度曲線である。同図よりいずれの養生日数においても強度増加していることが分かる。

5. まとめ

本研究では、硬化した高炉水砕スラグのせん断後の再硬化特性を明確にするため、非排水繰返し三軸試験を行った。その結果、硬化した高炉水砕スラグは、せん断しても潜在水硬性は保持されており、再硬化することが確認できた。

【謝辞】

本研究の一部は科研費(23560993)の助成を受けたものである。

【参考文献】

- 1) 篠崎晴彦, 松田博, 白元珍: 高炉水砕スラグの硬化に伴う繰返しせん断強度特性の変化, 土木学会論文集 C, Vol.64, No.1, pp.175-180, 2008.
- 2) 松田博, 石蔵良平, 和田正寛, 來山尚義, 白元珍, 谷信幸: 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, 2012.

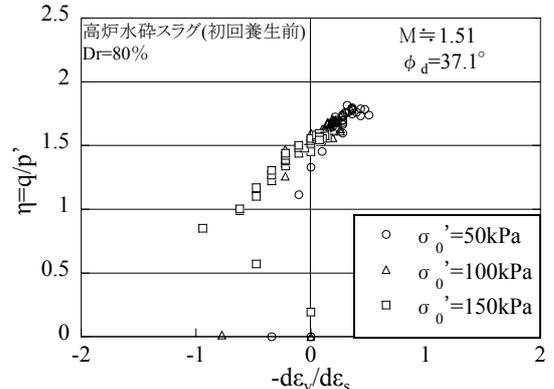


図4 初回養生前の高炉水砕スラグのストレス・ダイレイタンスー関係

表1 土粒子密度と最大・最小間隙比

| | $\rho_s(\text{g/cm}^3)$ | e_{max} | e_{min} |
|-----------------|-------------------------|------------------|------------------|
| 豊浦砂 | 2.646 | 0.999 | 0.623 |
| 玄海砂 | 2.678 | 0.827 | 0.516 |
| 試験盛土スラグ(0.3m/層) | 2.779 | 1.808 | 1.177 |
| 試験盛土スラグ(1.0m/層) | 2.691 | 1.663 | 1.064 |
| 高炉水砕スラグ | 2.643 | 1.510 | 1.064 |

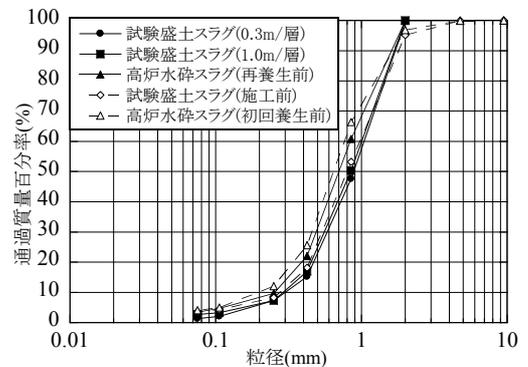


図5 試料の粒度分布

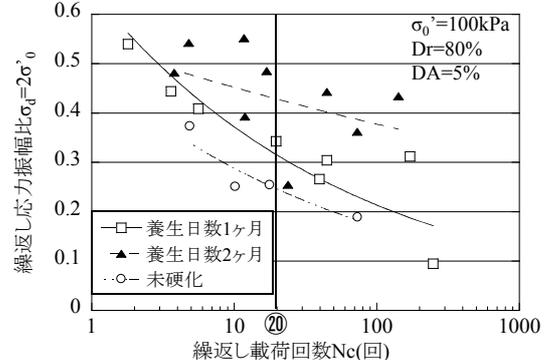


図6 養生した供試体の液状化強度曲線 (試験盛土スラグ)

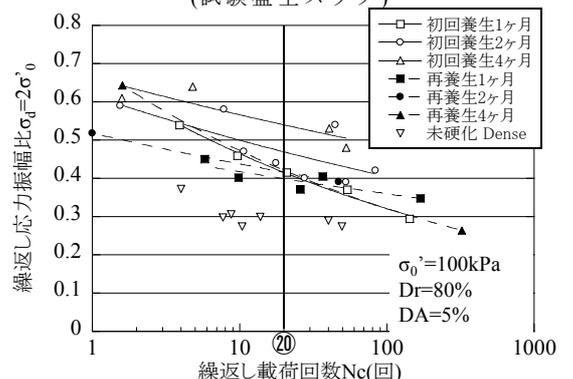


図7 養生した供試体の液状化強度曲線 (高炉水砕スラグ)