

未硬化高炉水砕スラグの強度特性

山口大学工学部 正会員 松田博、復建調査設計(株) 正会員 来山尚義、
山口大学大学院 学生員 ○片山章徳、山口大学大学院 学生員 是石倫明
長棟興産(有) 正会員 中野恭夫

1. はじめに

軟弱地盤の地盤改良工法として用いられる SCP 工法においては、大量の砂を必要とするものの、近年は海砂の採取が難しくなる等、その確保が容易ではない状況にある。一方、高炉水砕スラグは均質で大量に入手可能であることから砂の代替材料として考えられる¹⁾。しかしその強度特性についてはまだ明確にされていない点が多い。また、高炉水砕スラグは潜在水硬性を有するが、ここでは未硬化状態における高炉水砕スラグの静的強度特性を調べたので報告する。

2. 試験方法

用いた装置は三軸圧縮試験装置であって、圧密排水せん断試験、および圧密非排水せん断試験を行った。試料は高炉水砕スラグ ($\rho_s=2.624\text{g/cm}^3$, $e_{\max}=1.521$, $e_{\min}=1.043$) および玄海産の自然砂 ($\rho_s=2.661\text{g/cm}^3$, $e_{\max}=0.802$, $e_{\min}=0.493$) である。供試体は Loose(約 50%)、Dense(約 90%)とし、載荷はひずみ制御によって行った。また、圧密圧力は 50、100、150kPa とし、高炉水砕スラグについては 300、500kPa についても実験を行った。

3. 実験結果

Fig.1、Fig.2 は高炉水砕スラグと玄海砂の Loose 供試体について得られた応力比と軸ひずみの関係を示したものである。高炉水砕スラグでは拘束圧の増加とともに応力比が減少するのに対し、玄海砂では拘束圧の増加による応力比の変化は見られない。このように拘束圧が応力比に影響する原因は、主としてせん断に伴う粒子破碎が考えられ、高炉水砕スラグにおいては低拘束圧の領域においても粒子破碎が生じるのに対し、玄海砂では今回用いた拘束圧が比較的小さいために粒子破碎によると思われる現象が顕著に現れなかったものと考えられる。

Fig.3、Fig.4 は体積ひずみと軸ひずみの関係を示したものである。高炉水砕スラグでは拘束圧の増加とともに相対的に軸ひずみが増加すると体積が収縮する傾向が顕著であるのに対し、玄海砂では拘束圧の大きにかかわらず体積ひずみ～軸ひずみ関係はほぼ等しくなっている。これは、高炉水砕スラグにおいては拘束圧の増加に伴って粒子破碎が進行し、体積が膨張から収縮する傾向に転じたものと考えられる。一方、玄海砂では今回用いた拘束圧が比較的小さいために、せん断中に生じる粒

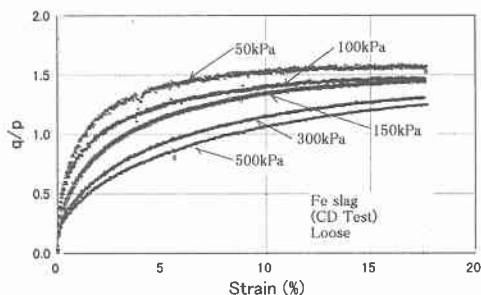


Fig.1 q/p - ϵ relations on Fe slag (Loose)

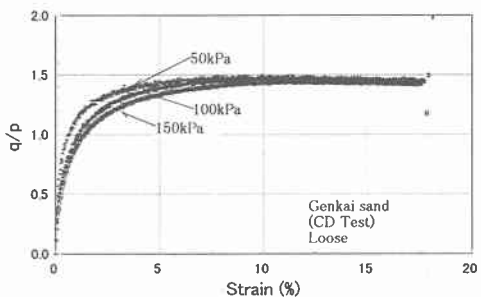


Fig.2 q/p - ϵ relations on Genkai sand (Loose)

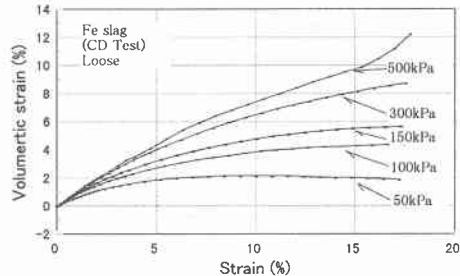


Fig.3 ϵ_v - ϵ relations on Fe slag (Loose)

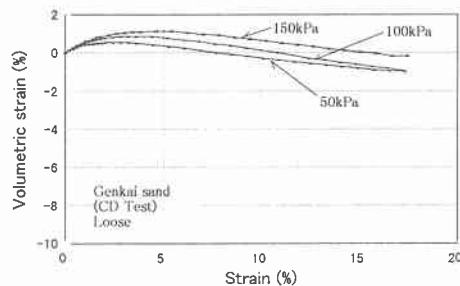


Fig.4 ϵ_v - ϵ relations on Genkai sand (Loose)

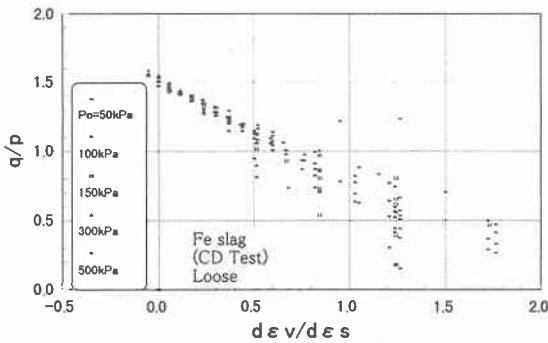
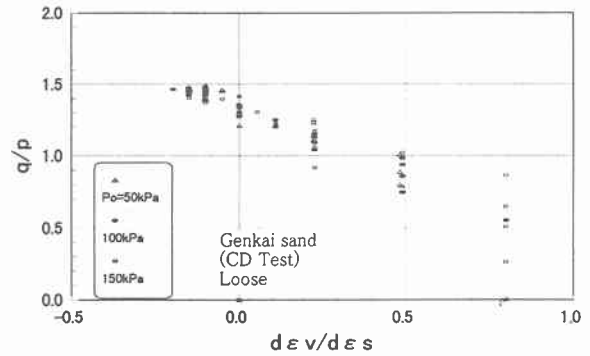
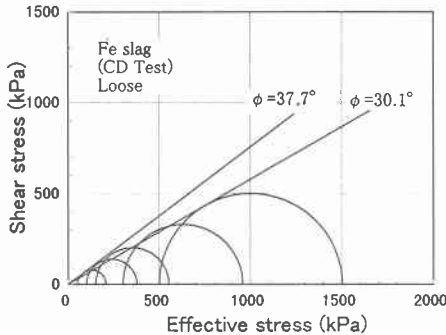
Fig.5 q/p - $d\varepsilon_v/d\varepsilon_s$ relations on Fe slag (Loose)Fig.6 q/p - $d\varepsilon_v/d\varepsilon_s$ relations on Genkai sand (Loose)

Fig.7 Mohr's stress circle for Fe slag (Loose)

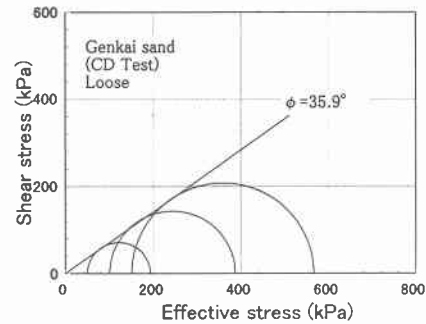


Fig.8 Mohr's stress circle for Genkai sand (Loose)

子破碎が相対的に小さく、結果としていずれの拘束圧においても体積が膨張したものと考えられる。

Fig.5、Fig.6 は応力比と $d\varepsilon_v/d\varepsilon_s$ 関係を示したものである。ここに ε_s はせん断ひずみであり、軸ひずみを ε 、半径方向のひずみを ε_r とすると、 $\varepsilon_s = 2/3(\varepsilon - \varepsilon_r)$ で与えられる。また限界の応力比を M であらわすと、 $(-d\varepsilon_v/d\varepsilon_s) \cdot M - q/p$ の間には、次式が成り立つ。 $q/p = M - d\varepsilon_v/d\varepsilon_s$ (1) したがって、式(1)において $(-d\varepsilon_v/d\varepsilon_s) = 0$ のとき、 $M = q/p$ となり、いわゆるダイレイタンスを伴わない状態における強度比をあらわす。そこで、両図を比較すると明らかに高炉水砕スラグの値が大きいことがわかる。その値 M は約 1.5 であって、 $\sin \phi_r = 3M/(6+M)$ なる関係より、限界状態における内部摩擦角 ϕ_r として 36.9° が得られる。

Fig.7、Fig.8 はモールの円を示したものである。高炉水砕スラグでは拘束圧が増加すると内部摩擦角が減少するのに対し、玄海砂では拘束圧の違いによる内部摩擦角の変化は見られない。このように拘束圧の増加が内部摩擦角に影響する原因は、主としてせん断に伴う粒子破碎が考えられ、高炉水砕スラグにおいては比較的低拘束圧においても粒子破碎が生じるのに対し、玄海砂では今回用いた拘束圧が比較的小さいために粒子破碎によると思われる影響が顕著に現れなかったものと考えられる。

4. まとめ

従来、地盤改良材等として用いられてきた天然砂の代替材料として高炉水砕スラグを用いることを目的として、高炉水砕スラグが持つ強度特性を調べ、海成の天然砂と比較した。その結果、高炉水砕スラグにおいては、比較的低拘束圧の領域において粒子の破碎が生じるが、限界状態においては天然砂よりも大きいせん断強度を有することが明らかになった。

参考文献

- 1) 松田博、来山尚義、安藤義樹、中野恭夫：水砕スラグの地盤工学的有効利用に関する基礎的研究、地盤工学会中国支部論文報告集 地盤と建設、Vol.16、No.1、pp.33-40、1998