

Ⅲ-B301

水砕スラグの地盤改良材として強度特性

山口大学工学部 正会員 松田 博
フジタ(株) 正会員 安藤 義樹
復建調査設計(株) 正会員 来山 尚義
長棟興産(有) 中野 恭夫

1. まえがき サンドコンパクション工法等によって地盤改良を行う場合においては、良質の砂が大量に必要とされるにもかかわらず、近年はその確保が容易ではない現状にある。そうした中で、鉄鋼などを生成する際に副生する水砕スラグ（以降では銅スラグ<Cu slag>、フェロニッケルスラグ<Ni slag>と区別するために水砕スラグを鉄スラグ<Fe slag>と呼ぶ）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。すでに各スラグの締固め特性、圧縮特性、透水特性等の基本的性質および自然砂との比較については報告している¹⁾が、ここでは新たに静的強度特性、液状化強度特性を各スラグおよび自然砂について調べたので報告する。

2. 液状化特性 今回用いたスラグは鉄スラグ、銅スラグ、フェロニッケルスラグで、いずれも熔融状態のスラグに加圧水を噴射して生成される²⁾砂状の材料である。また自然砂の特性と比較するために豊浦標準砂、玄海産の海砂も用いた。各試料について土粒子の密度、最大・最小間隙比を示したものが Table 1 である。

液状化試験および後述する静的強度試験で用いた装置は、繰返し単純せん断試験装置³⁾である。実験では水浸した試料を真空脱気した後せん断容器に所定の相対密度（60%、80%）になるように詰め、鉛直応力 49kPa で圧密した。その後、供試体の底部は非排水、上部は排水とした上で、鉛直変位を拘束し、すなわち定体積条件のもとで応力制御繰返しせん断試験を行った。Fig.1 は鉄スラグについて繰返しせん断中の鉛直応力、せん断応力、せん断ひずみの記録波形を示したものである。

Fig.2 は相対密度を 60%とした試料の液状化に至るまでの繰返し回数とせん断応力比の関係を示したものである。なお、液状化の定義として $DA=5\%$ に到達した時点とした。また、Fig.3 は相対密度 80%の供試体についての結果である。いずれの相対密度においても、液状化強度は Ni slag

Table 1

	ρ_s (g/cm ³)	e_{max}	e_{min}
Fe-slag	2.695	1.302	0.844
Cu-slag	3.531	1.146	0.738
Ni-slag	2.991	0.899	0.599
Tyoura-sand	2.638	0.970	0.608
Genkai-sand	2.661	0.802	0.493

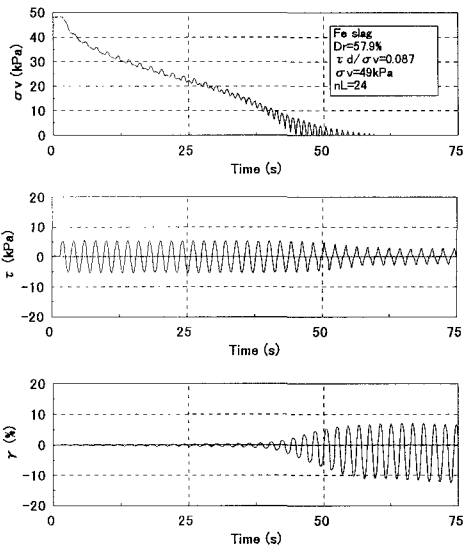


Fig.1

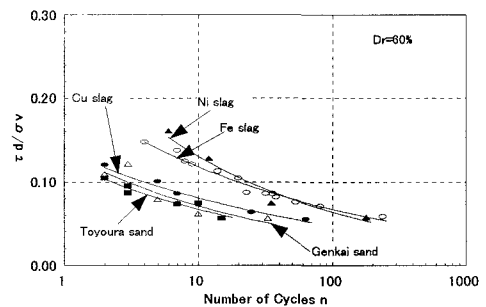


Fig.2

地盤改良、廃棄物、液状化、せん断強さ、砂質土

連絡先（〒755-8611 山口県宇部市常盤台、山口大学工学部、Tel:0836-35-9437, Fax:0836-35-9429）

>Fe slag>Cu slag>豊浦砂または玄海砂となっており、各スラグの液状化強度は自然砂のそれより大きいことがわかる。

3. 静的強度特性 液状化試験と同様に作成した各スラグ供試体について静的せん断試験を行った。せん断中は鉛直変位を拘束することによって体積一定条件とし、鉛直応力の変化および供試体底部での間隙水压を測定した。また、せん断ひすみ速度は1%/minとし、各試料とも圧密圧力は49kPa, 98kPa, 147kPa、相対密度は60%および80%について実験した。

Fig.4 は、鉄スラグについて、せん断中の応力経路および破壊線を示したものであって、相対密度=60%の結果である。図中のモール円は、Fig.5 に示したように、せん断中は最小主応力が一定という仮定⁴⁾のもと、次式によって最大・最小主応力を求めて描いたものである。

$$\sigma_1' = K_o \cdot \sigma_v' + \frac{(1 - K_o)^2 \cdot \sigma_v'^2 + \tau^2}{(1 - K_o) \cdot \sigma_v'} \quad (1)$$

$$\sigma_3' = K_o \cdot \sigma_v' \quad (2)$$

ここに、 σ_1' 、 σ_3' は最大・最小主応力、 σ_v' は鉛直有効応力、 τ はせん断応力、 K_o は静止土圧係数である。したがって、Fig.4 直線により内部摩擦角を得ることができる。Table 2 は各試料についての内部摩擦角を示したものであって、相対密度が60%および80%に対する結果である。同表より、内部摩擦角は鉄スラグが最も大きく、またいずれのスラグの内部摩擦角も自然砂のそれより大きいことがわかる。

4. あとがき 鉄、銅、フェロニッケルの各水砕スラグについて、単純せん断試験装置を用いて液状化強度試験および静的強度試験を行った。その結果、いずれのスラグも自然砂より高い液状化強度を示すこと、また静的強度についても、自然砂と同等かそれ以上であることがわかった。

なお、この研究の一部は、(財)鉄鋼環境保全技術開発基金からの研究助成を受けて実施したものである。

参考文献：1) 水砕スラグの地盤改良材としての有効利用に

関する基礎的研究、第33回地盤工学研究発表会、1998。2) 長坂勇二、他：発生土および廃棄物の地盤工学的処理と有効利用、6. 産業廃棄物の地盤工学的有効利用（その1）、土と基礎、45-5, pp.55-60, 1997。3) Ohara S. and Matsuda H.: Study on the settlement of saturated clay layer induced by cyclic shear, Soils and Foundations, Vol.28, No.3, pp.103-113, 1988。4) 大原資生、松田博：飽和粘土の動的強度について、土木学会論文報告集、第274号、pp.69-78, 1978。

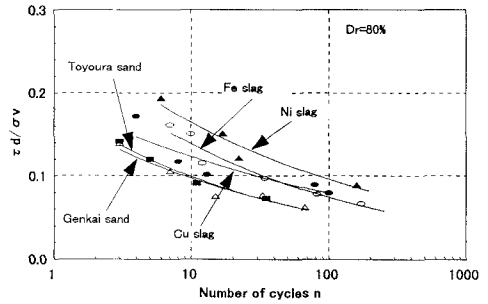


Fig.3

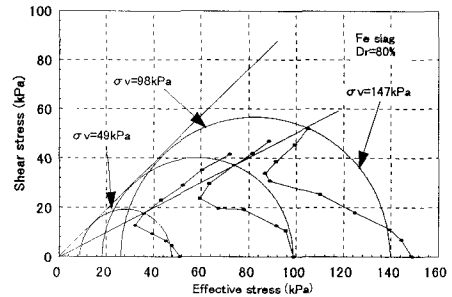


Fig.4

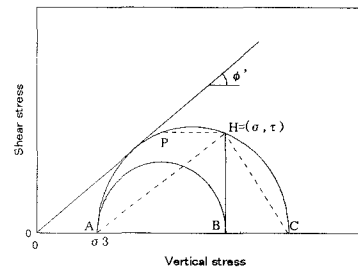


Fig.5

Table 2

	Dr=60% $\phi'(^{\circ})$	Dr=80% $\phi'(^{\circ})$
Fe slag	41.3	43.4
Cu slag	37.2	42.0
Ni slag	38.7	42.5
Toyouura sand	35.7	38.7
Genkai sand	36.3	42.0