

繰返しせん断の多方向性が高炉水砕スラグの沈下に及ぼす影響

山口大学大学院 学生会員○新山馨紫

山口大学大学院 正会員 松田 博

山口大学大学院 正会員 白 元珍

鉄鋼スラグ協会 正会員 篠崎晴彦

山口大学大学院 学生会員 北山 尚

1. まえがき

近年、環境問題により天然砂の採取が困難な状況となり、リサイクル材料を天然砂の代替材料として土木・地盤材料へ適用されるケースが増えてきている。そこで、リサイクル材料の一つである高炉水砕スラグに注目し実際の地震動に近い挙動を再現できる多軸単純せん断試験機を用い円形加振による多方向せん断と一方加振による一方向せん断での違いを比較してきた。

しかし、多方向せん断と一方向せん断では1サイクル中の変形が異なるために一概に比較できないと考えられることから、繰返しせん断中の供試体底面の軌跡を用いて、せん断方向の影響の検討を行った。

2. 試験装置及び実験方法

実験に用いた装置は多軸単純せん断試験機である。この装置は、供試体（直径 75mm、高さ 20mm）の水平面上の直角 2 方向から独立して波形を入力することが可能である。

実験は、飽和試料をせん断箱に投入し、圧密応力 49kPa で予圧密した後、定体積条件のもとで繰返しせん断試験を行った。繰返しせん断後は圧密応力 49kPa で再圧密を行った。

実験に用いた試料は高炉水砕スラグである。用いた試料の物理定数を表-1に、粒径加積曲線を図-1に示す。高炉水砕スラグは粒子形状が角ばっているために $e_{\max}$ と $e_{\min}$ が他の天然砂と比較して大きいことがわかる。繰返しせん断波形はサイン波であり図-2に示す方法で载荷した。

(a) X 方向のみで繰返しせん断を行う一方向せん断試験（一方向せん断）

(b) 直角 2 方向より 90° の位相差を与えて繰返しせん断を行う多方向せん断試験（多方向せん断）

なお、相対密度を $D_r=70 (\pm 3) \%$ とし、繰返しせん断中の周期は 2 秒とした。また、せん断ひずみ振幅は $\gamma = 0.1\% \sim 1.0\%$ の間で変化させ、繰返し回数は $n = 5 \sim 700$ 回とした。せん断ひずみ振幅 γ の定義としては、一方向せん断(a)では、片振幅の大きさを供試体高さで除した値とし、多方向せん断(b)では、繰返しせん断中に供試体底面中央が描く軌跡（円）の半径を供試体高さで除した値とした。

また、繰返しせん断中の累加せん断ひずみ $G^{*1)}$ は、繰返しせん断中の供試体底面中央が描く軌跡の長さを供試体高さで除した値とした。

表-1 試料の物理定数

	$\rho_s (\text{g/cm}^3)$	$e_{\max}$	$e_{\min}$
高炉水砕スラグ	2.702	1.413	0.904
玄海砂	2.678	0.827	0.516
豊浦砂	2.637	0.991	0.630

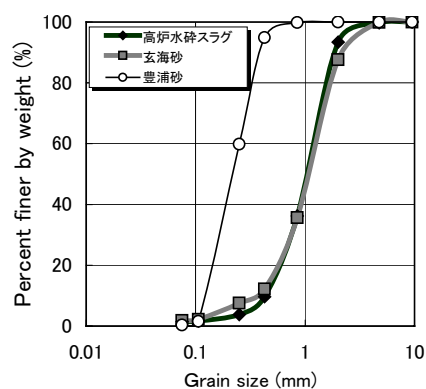


図-1 粒径加積曲線

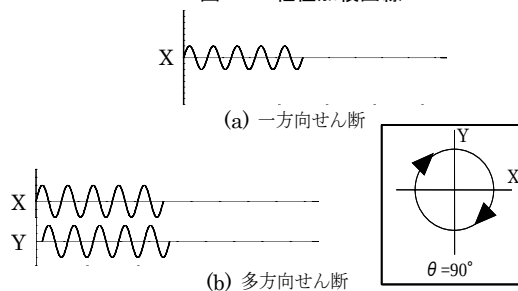
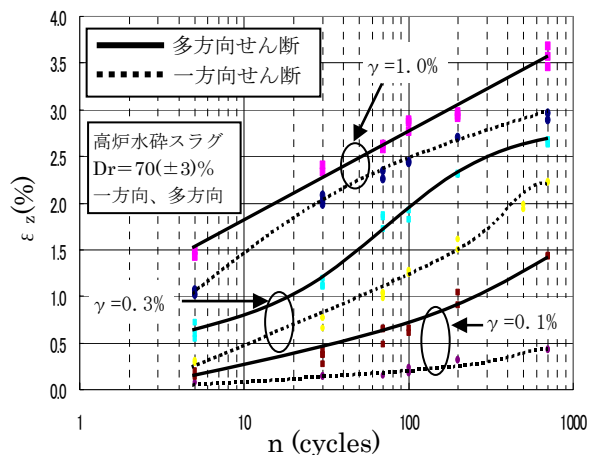
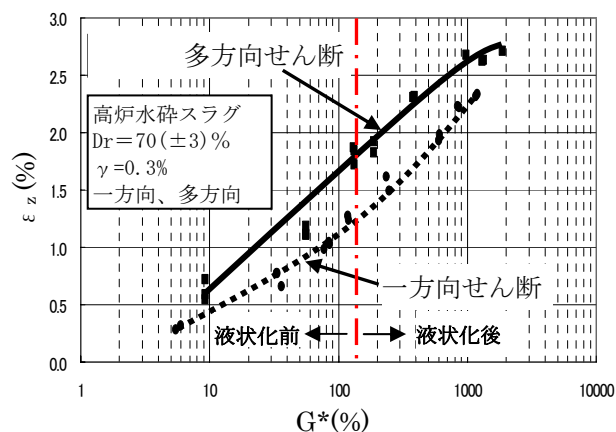
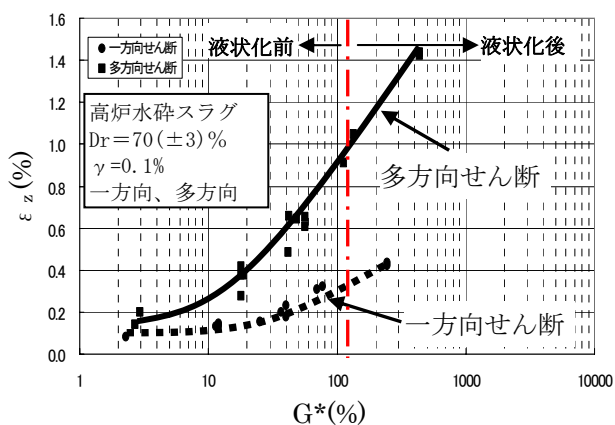
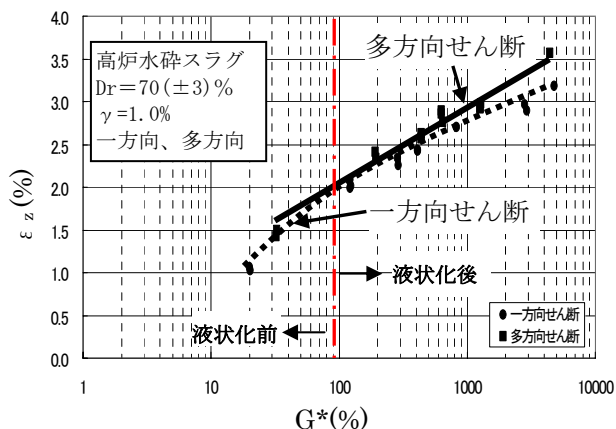


図-2 繰返しせん断方法

多軸単純せん断試験機、高炉水砕スラグ、多方向せん断、沈下、累積せん断ひずみ

〒755-8611 山口県宇部市常盤台 2-16-1 山口大学大学院 TEL・FAX 0836-85-9324

図-3 ε_z と n の関係図-4 (b) ε_z と G^* の関係図-4 (a) ε_z と G^* の関係図-4 (c) ε_z と G^* の関係

3. 実験結果

図-3は繰返し回数を $n=5\sim 700$ 回に変化させた時の、一方向せん断と多方向せん断の結果である。豊浦砂では繰返し回数の増加に伴い一方向せん断後の沈下量と多方向せん断後の沈下量が同じになったが、高炉水砕スラグでは繰返し回数を増加させても多方向せん断後の沈下量ひずみと一致する前に、一方向せん断後の沈下量ひずみが一定の値に収束している。そのために、繰返し回数を増加させても今回行った条件下では多方向せん断後の沈下ひずみが一方向せん断後の沈下量よりも常に大きくなっている。

図-4は図-3を累加せん断ひずみ G^* と沈下ひずみ ε_z との関係で整理したもので、それぞれせん断ひずみ振幅 $\gamma=0.1\%$ 、 0.3% 、 0.1% に対する結果である。

同図より、せん断ひずみ振幅 $\gamma=1.0\%$ においては累加せん断ひずみ G^* が等しければせん断方向の違いに関わらずその後に生じる沈下量はほぼ等しくなっている。しかし、せん断ひずみ振幅 $\gamma=0.3\%$ 、 0.1% においては累加せん断ひずみが同じであっても多方向せん断での沈下ひずみが大きく、せん断方向の影響を受けている。この理由としては、高炉水砕スラグはインターロッキング効果により天然砂よりも沈下しにくいという特性を持っており、せん断方向が多方向にわたる多方向せん断のほうが一方向せん断より大きく沈下したと考えられる。

4. まとめ

地震時のせん断の多方向性が高炉水砕スラグの地震後沈下に及ぼす影響を調べるために、繰返しせん断中の供試体底面中央の移動量から得られる累加せん断ひずみ G^* に注目し、一方向せん断と多方向せん断後の沈下量の違いについて検討した。その結果以下のことがわかった。

- (1) 多方向せん断後の沈下ひずみは一方向せん断後の沈下ひずみよりも大きい。
- (2) せん断ひずみ振幅が大きいとき、累加せん断ひずみが同じであればせん断後の沈下はせん断方向の影響を受けない。

参考文献：1) 福武毅芳、松岡元：任意方向単純せん断におけるダイレイタンスの統一的解釈、土木学会論文集 第412号/Ⅲ-12、pp.143-151、1989年12月。