

高炉水砕スラグの土圧特性に及ぼす水平震度の影響

山口大学 学生会員 ○末吉祐樹 学生会員 井川尚之
正会員 松田 博 正会員 原 弘行

1. まえがき

銑鉄の製造過程の副産物として生成される高炉水砕スラグ(GBFS)は、天然砂と比較して軽量性、高強度および透水性に優れ、水和反応によって硬化する「潜在水硬性」を有する¹⁾。これらの性質から、港湾構造物の岸壁裏込め材としての適用が期待されており、施工も数多くなされているが、土圧特性について未解明な点が多く残されている。そこで、本研究では高炉水砕スラグを裏込め材として用いた場合の土圧特性に及ぼす水平震度の影響を明らかにするため、模型土槽実験を行った。また、同一条件下で豊浦砂を用いた実験を行い、比較、検討を行った。

2. 試料および実験装置

本研究で用いた試料の物理特性を Table 1, 粒径加積曲線を Fig. 1 に示す。実験で用いた土槽は軽金属板製で、幅、深さ、長さがそれぞれ 0.5m×0.5m×1m で、土槽の鉛直壁は、両端とも下端をヒンジとした可動壁となっている。下端のヒンジには、水平および鉛直方向、上端の水平方向にロードセルを設置し、壁に作用する土圧合力の水平成分、鉛直成分(壁面摩擦)が測定可能である。壁面には、スラグ層表面から 10, 25, 40cm の深さに土圧計を設置し、深さ方向の土圧分布も測定できる。また、壁底部を支点として、壁面を主働側、受働側に傾斜させることが可能である。

3. 実験方法

試料を土槽へ充填する際には 5cm ごとに所定の相対密度 ($Dr=25\%$, $Dr=70\%$)になるようにした上で、以下の手順で壁を変位させた。まず、可動壁上端を 0.01mm/s の速度で主働側に 0.0035rad(壁上端の水平変位量 2mm)傾ける。次に、同じ速度で受働側へ 0.0070rad(初期位置から 2mm)傾け、その後、同じ速度で 0.0035rad 主働側に変位させ初期の位置に戻した。同様の操作を 4 サイクル行った。地震時を模擬した場合は、壁体と裏込め全体が重力と地震力によって生じる合力の傾き α だけ壁体が前方に傾いた状態(Fig. 2)で実験を行った。水平震度は、 $k_h=0, 0.15, 0.30$ とした。試料を詰めた後、土槽を想定水平震度になるように傾けて設置し、計測を行った。

4. 試験結果及び考察

Fig. 3 及び Fig. 4 に高炉水砕スラグにおいて $Dr=25\%$ 及び $Dr=70\%$ に対する土圧合力の変化を示す。同図より、水平震度の増加に伴い土圧合力が大きくなる傾向を示した。また、変位角の増加に伴い、主働側では減少、受働側では増加傾向にあり、その程度は $Dr=70\%$ の方が顕著であることがわかる。こ

Table 1 土粒子密度, 最大, 最小間隙比

	$\rho_s(\text{g/cm}^3)$	e_{\max}	e_{\min}
豊浦砂	2.64	1.06	0.67
GBFS	2.61	1.56	0.94

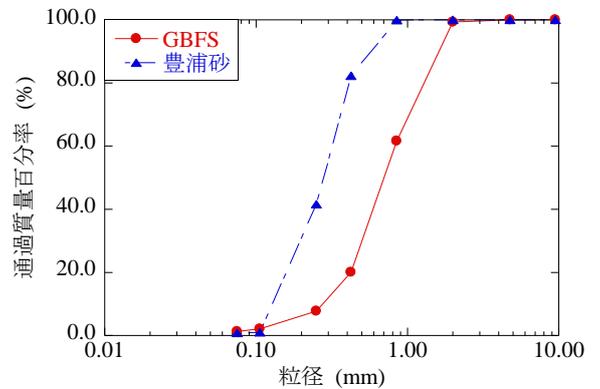


Fig. 1 粒径加積曲線

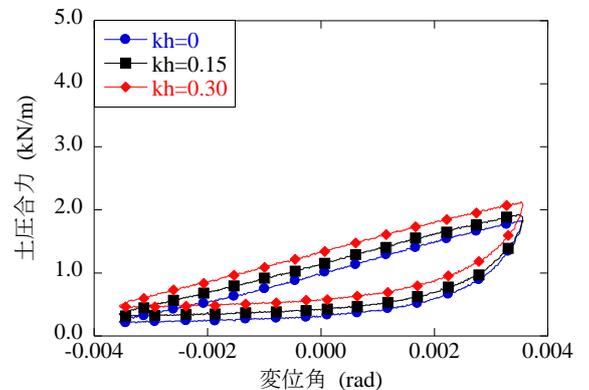


Fig. 3 土圧合力($Dr=25\%$)

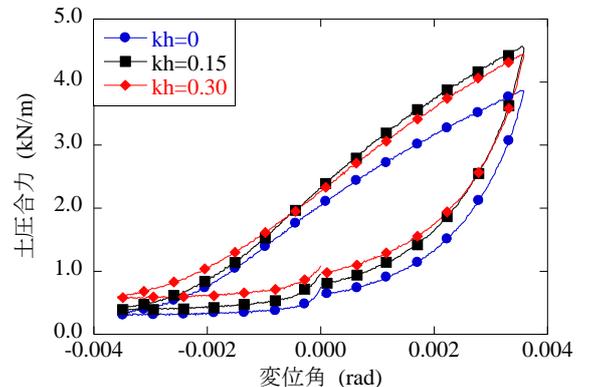


Fig. 4 土圧合力($Dr=70\%$)

これは、可動壁の変位サイクルによって壁近傍の粒子が次第に締固められ、単位体積重量が大きくなるためと考えられる。また、主働側への変位量が0.0015rad(壁上部の変位量が0.8mm)以上になると、土圧合力がほぼ一定値となり、主働状態と見なせる土圧合力が得られている。

Fig. 5 及び Fig. 6 に第1サイクル及び第4サイクルにおける両試料の主働時土圧合力と水平震度の関係を示す。両試料共に水平震度が大きいほど、主働時土圧合力は増加する傾向を示した。また、相対密度にかかわらず、高炉水砕スラグの方が主働時土圧合力は小さくなっている。これは、高炉水砕スラグの単位体積重量が小さいためと考えられる。また、高炉水砕スラグの土圧合力の増加が小さいのは、粒子が角張っていることに起因したインターロッキング効果によるものと考えられる。

Fig. 7 に主働時における土圧係数と水平震度の関係を示す。両試料共に水平震度が大きいほど主働土圧係数は、増加する傾向がみられる。また、水平震度の増加に伴い、主働土圧係数の差は大きくなった。豊浦砂は相対密度により、土圧係数に大きな差が見られるが、高炉水砕スラグは相対密度によらず、ほぼ一定の値を示した。

Fig. 8 に主働時における壁面摩擦角と水平震度の関係を示す。両試料共に水平震度が大きいほど壁面摩擦角は減少する傾向がみられる。これは、水平震度の増加に伴って、鉛直方向の土圧に比べて、水平方向の土圧の増加が大きくなったためと考えられる。

5. まとめ

本研究では、高炉水砕スラグを裏込め材として用いた場合の土圧特性に及ぼす水平震度の影響を明らかにするため、模型土槽実験を行った。得られた主な結果を以下に示す。

- ①高炉水砕スラグは豊浦砂に比べて、サイクル数、水平震度が増加しても主働時土圧合力は小さい。
- ②高炉水砕スラグにおいては相対密度が主働土圧係数に及ぼす影響は小さい。
- ③壁面摩擦角は水平震度の増加に伴い小さくなる。

以上のことから、高炉水砕スラグは水平震度が大きくなると土圧は増加するが、豊浦砂に比べてその傾向は小さいことが明らかになった。

【参考文献】

- 1) (財)沿岸開発技術センター：港湾・空港における水砕スラグ利用技術マニュアル，2007，12

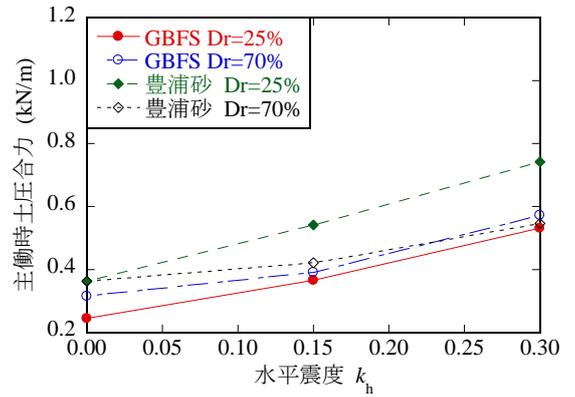


Fig. 5 主働時土圧合力と水平震度の関係 (第1サイクル)

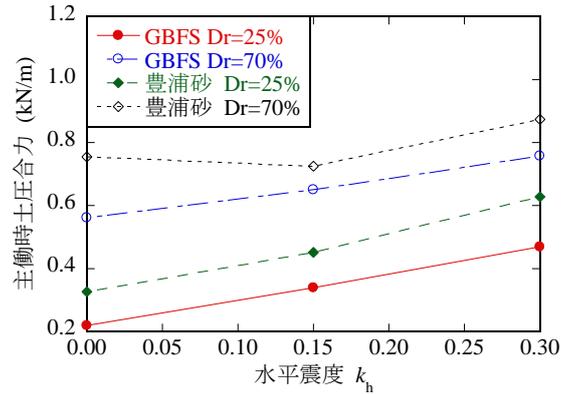


Fig. 6 主働時土圧合力と水平震度の関係 (第4サイクル)

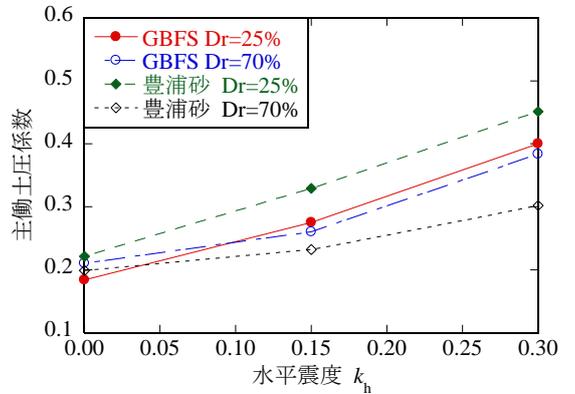


Fig. 7 主働土圧係数と水平震度の関係

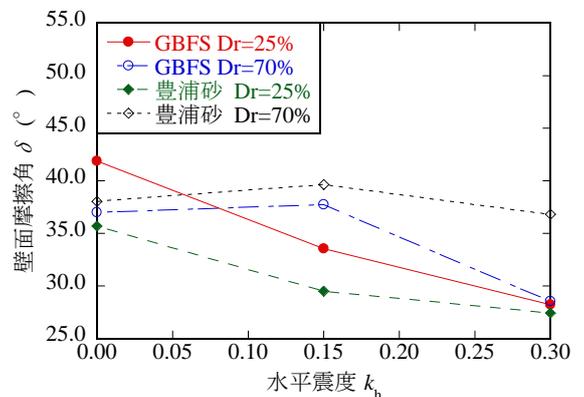


Fig. 8 壁面摩擦角と水平震度の関係