

高炉水砕スラグの主働土圧に関する土槽実験

山口大学工学部 正〇白 元珍 篠崎晴彦
 山口大学大学院 学 橋口大輔 近藤政彦
 山口大学工学部 正 松田 博

1. はじめに

鉄鉄の生産過程において生成される高炉水砕スラグの粒度分布は海成の自然砂と類似し、均質で、大量に供給可能である。さらに、高炉水砕スラグは、軽量、高強度、潜在水硬性による時間経過に伴う粘着力の発現といった天然砂にない特性を有する。この特性を岸壁裏込め材料として適用した場合、土圧軽減効果および液状化抵抗が期待できる¹⁾ため、港湾工事コストの縮減が可能となる。そこで、高炉水砕スラグを岸壁の裏込め材料として用いた場合の土圧に関する土槽実験を実施し、豊浦砂の結果と比較・検討した。

2. 試料および実験装置

本研究で用いた試料は、高炉水砕スラグ(乾燥状態で2mmふるい通過試料)で、表-1にその物理特性および内部摩擦角を示す。同表には豊浦砂の結果も示しているが、両試料ともに密度はほぼ同じであるが、高炉水砕スラグの方が豊浦砂より最大・最小間隙比が大きいことがわかる。写真-1は、製造直後の水砕スラグの顕微鏡写真を示したもので、粒子内に多数の気泡を有し、角張った形状をしていることがわかる。このように粒子内部に気泡を多く含むことにより、豊浦砂より大きい最大・最小間隙比が得られる。図-1、図-2は、粒経加積曲線と三軸試験結果を示したものである。三軸試験において拘束圧は、土槽の土かぶり圧が小さいことを考慮して、25、50、100、150 kPaの4段階とした。また、実験に用いた土槽は軽金属板製で、深さ、幅、長さがそれぞれ50cm×50cm×100cmで、鉛直壁は、両方とも下端をヒンジとした可動壁となっており、下端のヒンジは水平および鉛直方向ともロードセルで、上支点も水平方向にロードセルで支えられており、壁に作用する土圧合力の水平成分、鉛直成分(壁面摩擦)が測定できるようになっている。また、壁面には、スラグ層表面から10、25、40cmの深さに土圧計が付けられ、深さ方向の土圧分布も測定できるようになっている。さらに、ハンドルを回転することによって、壁底部を支点として、壁面を傾斜させることが可能である。

表-1 試料の物理・力学特性

	ρ_s (g/cm ³)	e_{max}	e_{min}	ϕ (°)
Toyoura Sand	2.640	0.991	0.630	37.4
GBFS	2.643	1.51	1.033	37.0 (Dr=25%)
				39.5 (Dr=50%)

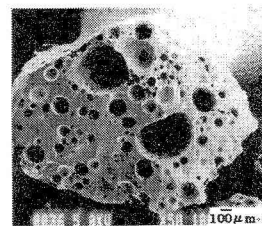


写真-1 水砕スラグの電子顕微鏡写真

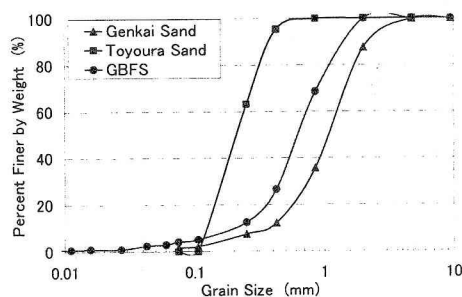


図-1 粒経加積曲線

3. 実験方法および結果

乾燥状態にある高炉水砕スラグを土槽に詰めるにあたっては、5cm/層ごとに所定の相対密度(Dr=14、25、50%)になるようにハンドスコップを用いて流し込んだ。その際、湿潤密度は豊浦砂においては $\gamma = 13.4 \text{ kN/m}^3$ 、高炉水砕スラグでは、 $\gamma = 10.6$ 、 10.9 、 11.5 kN/m^3 であった。試料を詰めた後、可動壁の上支点(スラグ表面上6.6cmの位置)の水平変位が2mmとなるまで壁を0.01mm/sの速度で、静かに主働側に倒し、同じ速度で受働側へ変位が4mm(最初の位置からの変位は2mm)となるまで倒し、さらに、同じ速度で2mm主働側に動かしてはじめての位置に戻した。同様の操作を4サイクル繰返し行った。

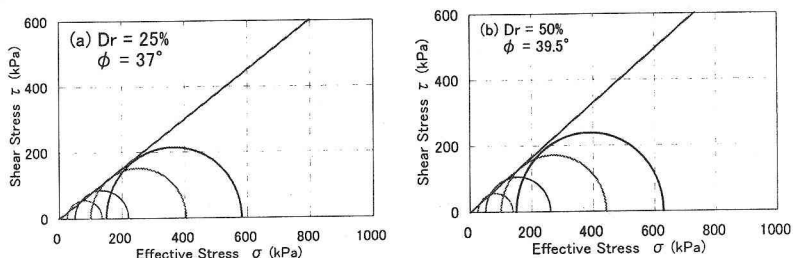


図-2 三軸圧縮試験結果

図-3は、豊浦砂および高炉水砕スラグ ($Dr=25\%$) について、土圧合力と壁上端変位の関係を示したものである。同図より、高炉水砕スラグの方が主働・受働側ともに土圧が小さくなっているが、これは前述のように高炉水砕スラグの粒子内部に含まれる気泡により単位重量が小さくなったこと、および粒子の形状に起因していると考えられる。また、いずれの試料においても変位サイクルが増加するに従って、主働土圧はやや小さくなる一方で、受働側土圧は大きくなっている。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められて、その単位重量が大きくなるためと考えられる。また、履歴曲線が同じにはならないが、主働側への変位量が 0.8mm 以上になると、土圧合力はほぼ一定値になり主働状態とみなせる土圧合力が得られていると判断される。

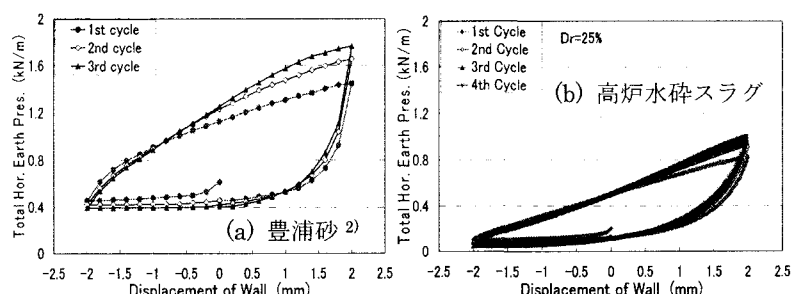


図-3 土圧合力と壁の上端の変位の関係

図-4,5は、高炉水砕スラグの相対密度を14、25、55%として、4サイクル変位させた際の土圧合力、壁面摩擦力と変位の関係を示したものである。図-4より、相対密度が大きくなるに従って、土圧合力も大きくなる。これは、相対密度が大きくな

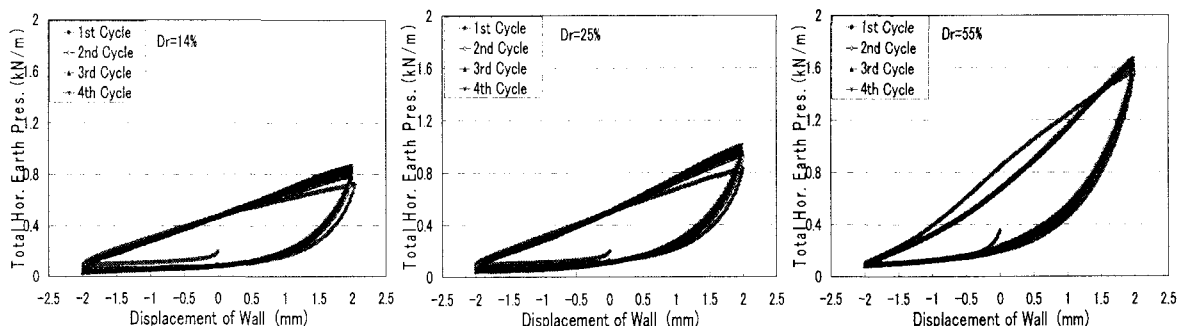


図-4 相対密度の違いによる土圧合力

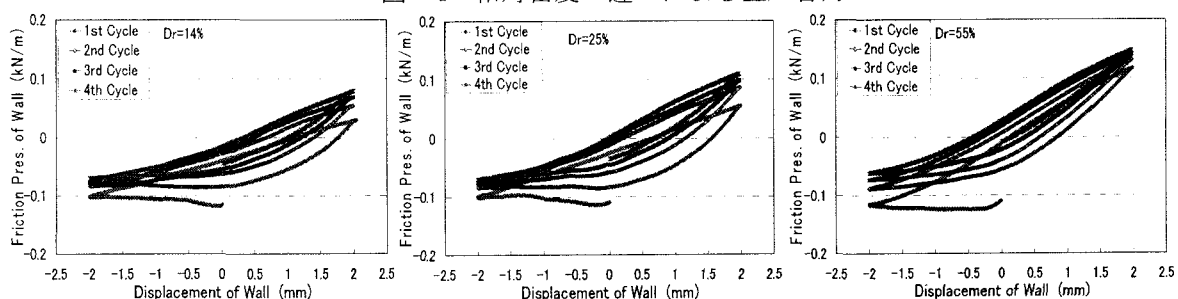


図-5 相対密度の違いによる壁面摩擦力

ることで単位重量が大きくなり、またインターロッキング効果も発揮されたためである。また、比較的緩い状態の相対密度25%では、サイクル数が増すとともに土圧は主働状態では小さく、受働状態では大きくなり、これは、前述したように、緩い状態での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め固められたためと考えられる。図-5においては主働状態での壁面摩擦力は相対密度によらずほぼ同じ値になっているが、受働状態では相対密度が大きくなるにつれて増加することが分かる。

4. おわりに

高炉水砕スラグを擁壁や岸壁の裏込め材料として用いた際に作用する土圧を調べるために土槽実験を行い、豊浦砂との比較・検討から次のことが明らかになった。

- ① 高炉水砕スラグが持つ軽量性により、豊浦砂に比べて小さい土圧が得られた。
- ② 高炉水砕スラグ、豊浦砂ともに、変位サイクルが増すに従って、土圧合力は、主働状態では小さくなり受働状態では大きくなる。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め固められるためと考えられる。
- ③ 高炉水砕スラグの相対密度が増加することにより、土圧合力、壁面摩擦力は大きくなる。

参考文献

- 1) (財)沿岸開発技術センター，鐵鋼スラグ協会：港湾工事用水砕スラグ利用手引書，1989。
- 2) 大原資生，松田博：岸壁に作用する地震時土圧の計算，土木学会論文集，第358号/Ⅲ-3，pp.103-111，1985。