

裏込め土として用いた高炉水砕スラグの土圧軽減効果に関する研究

山口大学 （正）松田博 白元珍 （学）橋口大輔
 （学）○近藤政彦 馬場翔 濱田ゆかり

1. まえがき

鉄鉄の製造過程で生産される高炉水砕スラグは、粒度分布が海成の自然砂と類似し、均質で大量に安定した供給が可能であり、天然砂と比較して軽量性、高強度および透水性に優れている他、潜在水硬性を有している。この特性を岸壁裏込め材料として用いた場合、土圧軽減効果が期待できる¹⁾ため、港湾工事コストの縮減が可能となる。そこで本研究では、未硬化状態にある高炉水砕スラグを裏込め材料として用いたときの静的および地震時土圧に関する土槽試験を実施し、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の物理特性および内部摩擦角を Table.1 に、また粒径加積曲線を Fig.1 に示す。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・最小間隙比が大きくなっている。これは、高炉水砕スラグが粒子内部に気泡を多く含むこと、角張った形状を有していることに起因している。今回の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、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おり、一方の下端のヒンジは水平および鉛直方向ともロードセルで、上端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。また、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。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、壁面を主働側、受働側に傾斜させることが可能である。

Table.1 試料の物理・力学特性

	ρ_s (g/cm ³)	e_{max}	e_{min}	ϕ (°)
豊浦砂	2.640	0.991	0.630	37.2(Dr=50%)
高炉水砕スラグ (2mm ふるい)	2.643	1.51	1.033	37.0(Dr=25%) 39.5(Dr=50%)

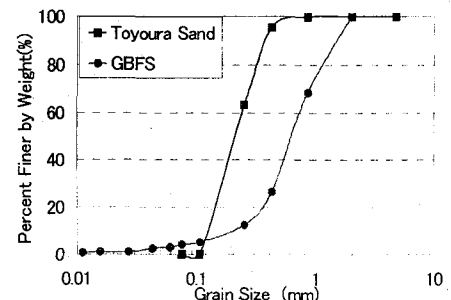


Fig.1 粒径加積曲線

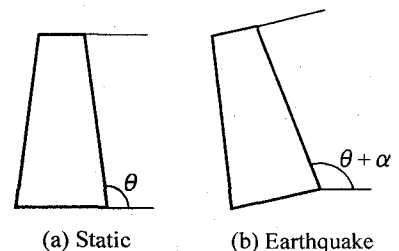


Fig.2 地震時土圧

3. 静的および地震時土圧実験方法

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=15%、25%、55%)になるようにハンドスcoopを用いて流し込んだ。地震時土圧試験の場合は、壁体と裏込め全体が重力と地震力と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)を想定し、水平震度 $k_h=C$ のとき($\alpha=\tan^{-1}C$ °)について実験を行った。

試料を詰めた後、地震時については、土槽を想定水平震度になるように傾けてから、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、主働側に移動後、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)となるまで壁を傾斜させ、さらに、同じ速度で壁上端を 2mm 主働側に移動させて初期の位置に戻した。同様の操作を 4 サイクル繰返した。また、湿潤状態を想定した実験では、試料を詰める前に、5cm/層ごとの分量に試料を分け、それぞれに所定の含水比に対応する水を数回に分けて混ぜ、全体を均一にした後さらに 2 時間ほど放置して土槽に詰めた。

4. 試験結果

Fig.3 は高炉水砕スラグと豊浦砂の Dr=25% について土圧合力と壁変位の関係を示したもので、図中の①～④は 1～4 サイクルの履歴を示す。両試

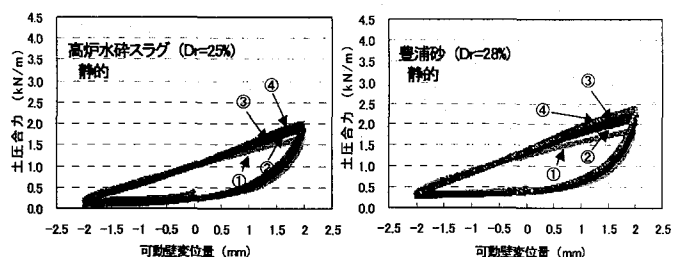


Fig.3 静的土圧合力と変位関係 (静的)

料を比較すると高炉水砕スラグの方が、主働・受働側ともに土圧合力が小さくなっているが、これは単位重量が小さいこと、内部摩擦角の相違に起因しているためと考えられる。また、両試料も変位サイクルの増加にともない、主働側では小さくなり、受働側では大きくなっている。これは、可動壁の変位の繰返しによって壁近傍の粒子が締めめられ、単位重量が大きくなるためと考えられる。Fig. 4 は、相対密度が $Dr \approx 55\%$ についての土圧合力と壁変位の関係であって、 $k_h = 0.1, 0.2, 0.3$ として得た結果である。同図より、水平震度の増加に伴い、主働・受働側ともに土圧合力の増加傾向が見られる。また、 $k_h = 0.2$ においては、土圧合力は、ほぼ一定の軌跡を描き、 $k_h = 0.3$ の場合でも同じ傾向が見られた。これは、可動壁の受働側への移動で締めめられた粒子が、再び主働側へ移動するためと考えられる。Fig. 3 と比較すると、相対密度の増加により主働側、受働側いずれにおいても土圧は増加し、特に受働側での増加が著しくなっている。

Fig. 5 は、両試料の $Dr \approx 55\%$ について壁面摩擦力と壁変位の関係である。 $k_h = 0 \sim 0.1$ の傾向は類似しているが、 $k_h = 0.2$ には繰返しの影響が見られなくなっており、特に主働側での壁面摩擦力が小さくなっている。Fig. 6 は高炉水砕スラグ $Dr = 25\%$ について湿潤状態での土圧合力を示す。同図より、含水比の増加による受働側の土圧合力の増加は見られるが、主働側ではあまり変化がみられなかった。これは、試料にサクシオンによって見かけ上粘着力同様の効果が現れたためと考えられる。Fig. 7 は、第1サイクルについて、主働側の土圧合力を k_h 別に示したものである。高炉水砕スラグと豊浦砂いずれも土圧合力は震度とともに直線的に増加している。

5. まとめ

高炉水砕スラグと豊浦砂について相対密度を変化させて土圧試験を行った。その結果、高炉水砕スラグの主働土圧は、豊浦砂より小さいこと、また、水平震度の増加及び相対密度の増加に伴い主働土圧は増加し、特に水平震度の影響が大きいことがわかった。

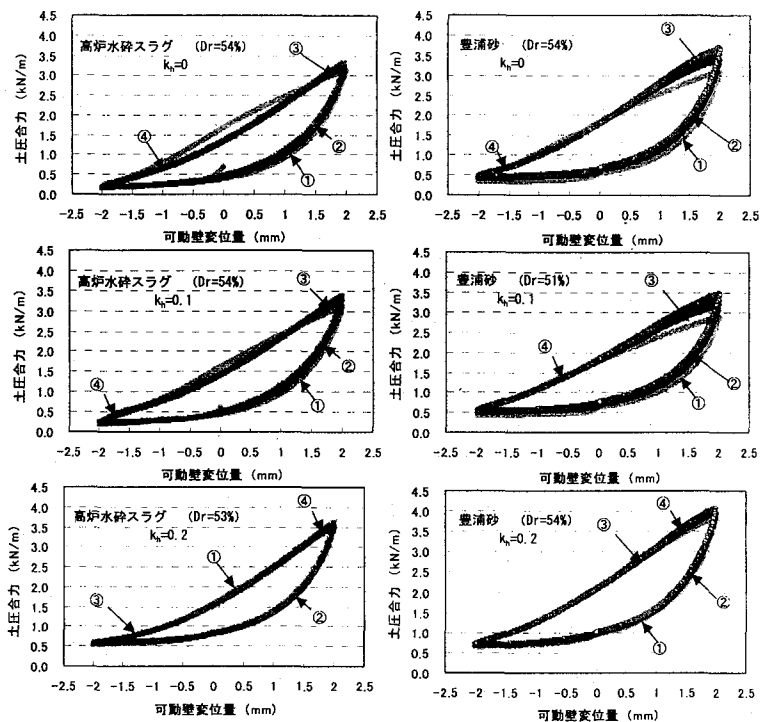


Fig.4 静的および地震時の土圧合力

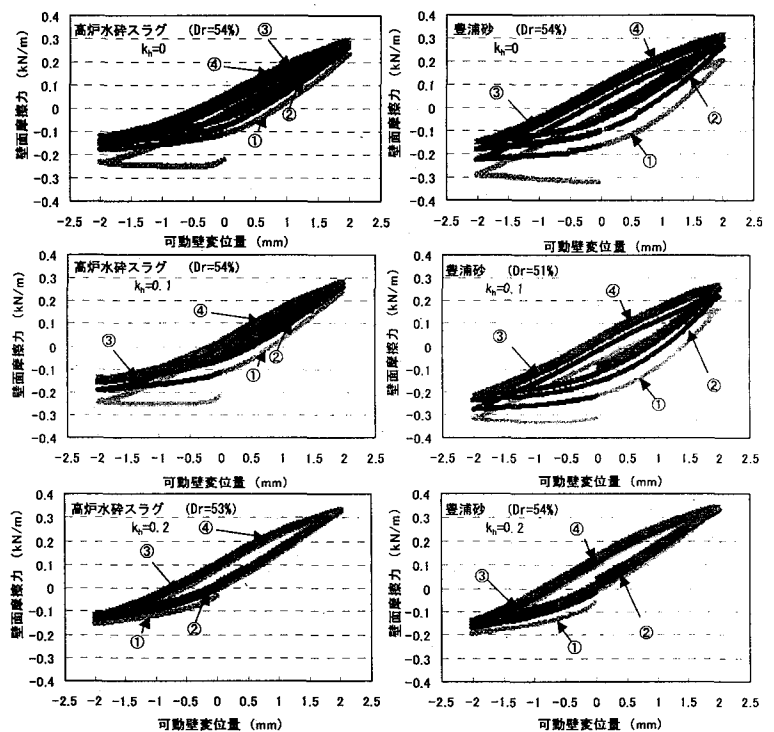


Fig.5 静的および地震時の壁面摩擦力

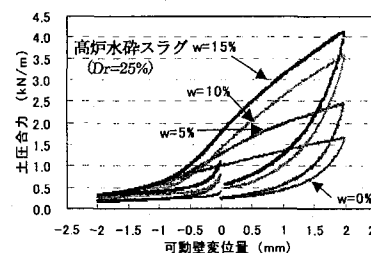


Fig.6 含水状態の土圧合力

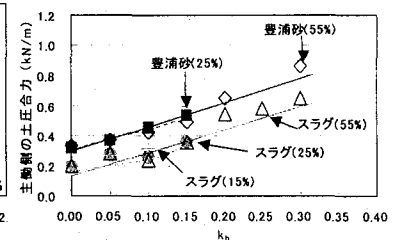


Fig.7 k_h 別の土圧合力