

## 泥土圧シールドのチャンバーを模擬した塑性流動実験

(株)安藤・間 土木事業本部 正会員 ○粥川幸司, 新原圭祐  
正会員 名倉 浩, 越田 健

### 1. はじめに

泥土圧シールドの電力のうち、カッター電力が半分近くを占める。これを低減(省エネ化)するための方策の一つとして、チャンバー内の土砂性状の改変や、攪拌方法の改良等が考えられる。一方、これらの改良効果を定量的に把握するためには、実験とともに数値解析が有効な手段となる。そこで、本研究では、チャンバー内の土砂の塑性流動を表現する実験を計画、実施した。実験では、チャンバー内に発生する土圧やバルクヘッドに作用するせん断力とともにトルク等を計測し、土砂性状等によるこれらの変化を定量的に把握することと、これをシミュレートする数値解析に資するデータを取得することを目的としている。



写真-1 実験装置全景

### 2. 実験装置

写真-1 に本研究で用いた実験装置を示す。本実験では、チャンバーを水平

に寝かせた状態であり、その大きさはφ600mm×高さ300mmである。これにカッターを模擬したスポーク(一文字型)と、攪拌翼(4本)を設置している。さらに、バルクヘッドに相当する面に固定翼(2本)を設置している(写真-2)。

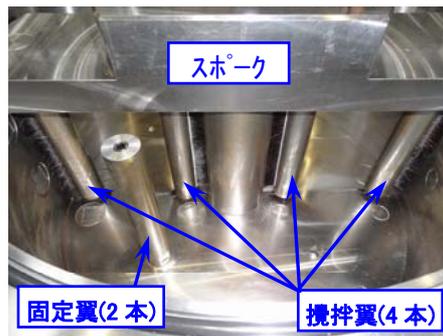


写真-2 チャンバー内状況

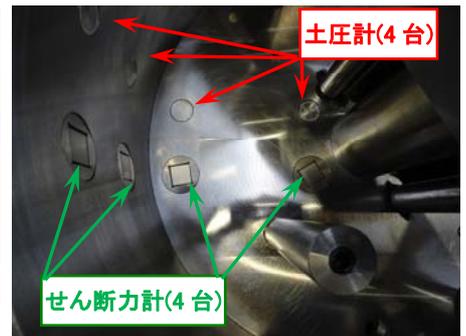


写真-3 チャンバー内測定器

実験時の測定について、チャンバー内では、バルクヘッドに相当する底面、ならびに実際のシールドでは測定されないが、スキンプレートに相当する側面に土圧計、せん断力計を各々4台設置した(写真-3)。せん断力計については、チャンバー内の土砂が攪拌、移動する際に、土砂の硬軟によってバルクヘッドやスキンプレートと

表-1 実験ケースと実験結果

実験ケース	実験条件	スラップ cm	スポーク 回転速度 rpm	実験材料					実験結果		
				5号 珪砂	7号 珪砂	珪砂 質量	添加材 質量	添加材 質量比	総 回転数 回転	実スラップ	
				kg	kg	%	実験前	実験後			
①-1	基本(単粒)	10	0.5	130	0	130	27.4	21.1	20	9.5	3.4
①-2	回転数変更	10	1.0	131	0	131	25.9	19.8	30	10.2	2.7
①-3	回転数変更	10	1.5	140	0	140	30.0	21.4	30	9.2	2.0
①-4	スラップ変更	15	0.5	133	0	133	29.2	21.9	20	14.3	7.2
①-5	スラップ変更	20	0.5	130	0	130	30.9	23.7	20	19.1	11.8
②-1	基本(複粒)	10	0.5	68	68	136	33.8	24.9	20	10.6	8.7
②-2	回転数変更	10	1.0	69	69	138	32.7	23.7	30	9.5	9.5
②-3	回転数変更	10	1.5	65	65	130	32.7	25.2	30	9.5	7.5
②-4	スラップ変更	15	0.5	65	65	130	32.5	25.0	20	14.0	11.5
②-5	スラップ変更	20	0.5	74	74	148	40.0	27.0	20	19.9	15.1

の間の摩擦やかみ合わせが変化することをせん断力で検知することに着目したものである。その他では、チャンバー内の間隙水圧とともに、スポーク駆動部にて回転数、スポーク位置を検知するエンコーダ、トルクを算出するロードセル、電流計を配置した。

### 3. 実験材料と実験ケース

今回の実験では、土砂の性状(硬軟)、スポーク回転速度による相対比較を行うことを目的とするので、表-1に示す実験ケースを選定した。具体的には、土砂には高分子系添加材を練混ぜした珪砂を用いることとし、単粒、キーワード シールド, 泥土, チャンバー, 塑性流動, トルク, せん断力

連絡先 〒107-8658 東京都港区赤坂 6-1-20 (株)安藤・間 土木事業本部 TEL03-6234-3671

複粒として粒径の大きい5号砂単独,ならびにこれと粒径の小さい7号砂を質量比1:1で混合した砂を用意し,その硬軟を添加材量を調整することでスランプ 10cm(基本), 15cm, 20cm の土砂として表現した. また, スポークの回転速度を 0.5rpm(基本), 1.0rpm, 1.5rpm とした.

4. 実験結果

表-1 に示した実験ケースのうち, 代表として相対的な差が顕著であった 5 号砂単粒で硬軟を比較した実験ケース①-1, 4, 5 について, そのトルクとバルクヘッドに相当する底面に設置したせん断力の結果を図-1, 2 に示した. これらの図では, 横軸をスポーク回転角度としているので, スポークの周回にもなう測定値の分布を示すこととなる. なお, せん断力計, 固定翼の詳細な位置を図-3 に示した.

図-1 トルクでは, 比較的硬質であるスランプ 10cm の場合が特に大きく, 軟質になるにしたがってトルクが低下する傾向が見られた. ここでの特徴は, スポークの周回にもなうトルクの最大値が, スポーク, 攪拌翼が固定翼に近づいた時ではなく, 固定翼と 90° ずれた位置にある時に発生していることである. この傾向は, 数値的な差は大きくないものの, スランプの大きい軟質の土砂の場合や実験ケース②複粒の場合でも同様に見られた.

次に図-2 せん断力では, トルクの場合と同様に土砂の硬軟に比例してせん断力が変化することがわかった. 土圧でも同様な傾向が見られたが, 実機の場合の土圧の大きさは, 地中の土圧, 水圧に支配され, 土砂の硬軟による差までは検知できないと思われる. これに対して, せん断力は力の向きが土水圧と異なるので, 実機においても土砂の硬軟を表現できる可能性があると考えられる.

5. おわりに

今回の実験では, チャンバーを模擬した実験装置を作製し, 珪砂を用いた流動実験を実施し, その硬軟による相対比較を行った. その結果, 硬軟による変化が得られたこと, トルクのピークがスポークのある一定の位置で発生すること, 土砂の硬軟の判断にせん断力を利用できる可能性があることがわかった.

今後, これらの成果の深度化を図るとともに, シールドのさらなる省エネ化, 省力化を検討する予定である.

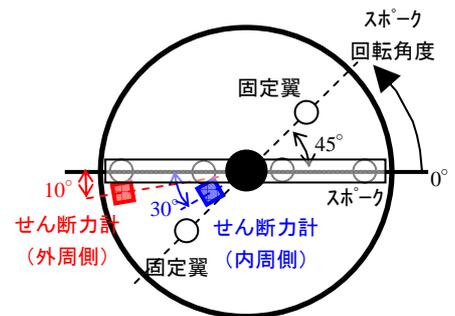


図-3 チャンバー内配置

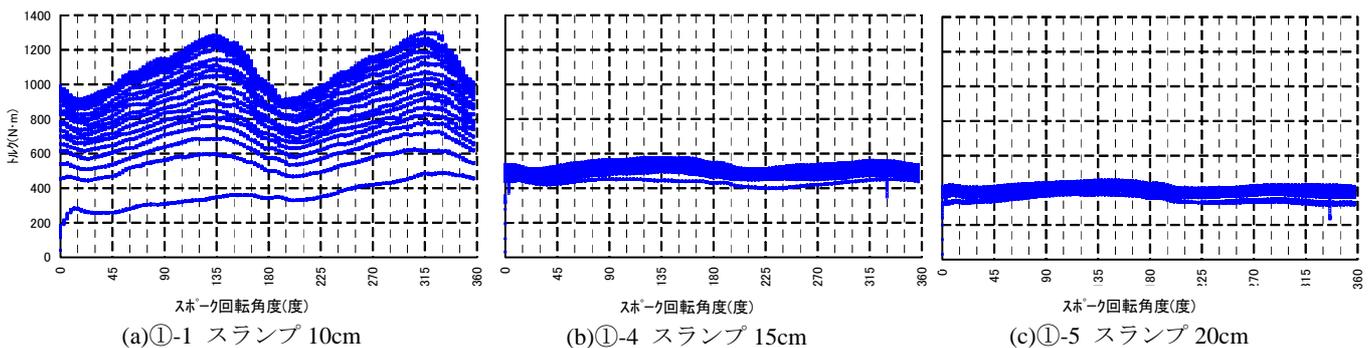


図-1 トルク比較

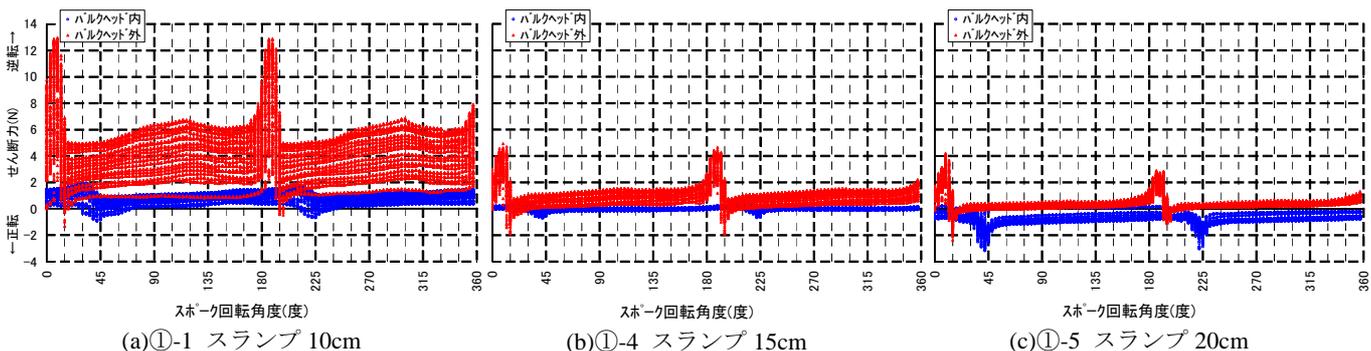


図-2 底面(バルクヘッド)せん断力比較