

VI-79 スイングドラム型矩形断面(SDR)シールドの開発(その2)

— スイングアームによる混練・排土効果の確認実験 —

西松建設(株)	土木設計部	正会員	○三戸憲二
西松建設(株)	機材部		大橋健司
日立造船(株)	技術研究所	正会員	清水賢之
日立造船(株)	技術研究所		鈴木基光

1. はじめに

SDRシールド(Swing Drum Rectangular Shield)は、ドラムカッタをスイングアームの先端に取り付け、このドラムカッタを回転させながら上下にスイングさせることにより矩形断面トンネルを建設する土圧式シールドである。一般に矩形シールドは、円形シールドと比べ、不要断面を削減できることあるいは土かぶりが大きくとれるため、周辺地盤や既存の地下埋設物への影響を少なくすることができるなどの利点を有している。しかしながら、その掘削機構が複雑となること、あるいは切羽の保持あるいはローリング対策などの点で慎重な施工管理が必要なことなどの問題点があり、円形シールドとくらべその施工実績は少ない。

SDRシールドの掘削機構は矩形シールドの中では比較的簡単で、かつこのドラムの幅とスイングアームの長さおよびそのスイング角度を変えることにより、使用目的に合わせた大きさあるいは形状の異なる様々な矩形断面を掘削することができる。またこのスイングアームには攪拌スクリーンが取り付けられており、チャンバ内土砂の混練や排土効果を高めることができる。

このシールドを開発するにあたって、チャンバ内土砂の混練性と排土特性は、実機の設計、製作および施工する上で特に重要な問題である。そこで、スイングアームの混練および排土効果の確認と実機を設計、製作する上で必要となる負荷特性などの把握、さらには運転条件や土質などの施工条件の検討を目的に要素実験を行った。

2. 実験装置および実験方法

実験装置の概略を図1に示す。実験装置は実機の1/6にスケールで、実機のチャンバ内の土砂の状態を再現できるよう、その形状およびスイングアームの運動を実機と同じ機能とした。なお実験装置は土砂のハンドリングのしやすさからシールドを立てた模型とした。また加压装置により、チャンバ内に土圧をかけることができる。さらにまたタンク壁面に観察窓を取り付け、土砂の流れを観察できるようにした。タンク内に土砂が充填された状態で、攪拌羽根(スクリーン)を回転させながらスイングアームの揺動および揺動しながら下部のスクリーンにより排土することができる。

図2に、要素実験にて比較検討を行ったスイングアームの形状を示す。A型(スクリーン型)は、スクリーンによる混練効果と排土効果を促進させるもので、B型(パドル型)は混練効果を促進させるもので、またC型は丸棒でA、B型との負荷特性の比較のために使用した。

実験装置には、チャンバ内のスイングアームおよび攪拌羽根(スクリーン)の挙動や負荷特性ならびに土の状態を計測するために各種センサが取り付けられている。実験中の運転条件とそのときの負荷特性について計測を行った。運転条件としては、スイングアーム速度、攪拌羽根(スクリーン)回転数を、また負荷特性としては、スイングトルク、攪拌トルクおよび土圧の測定を行った。また、混練・排土特性

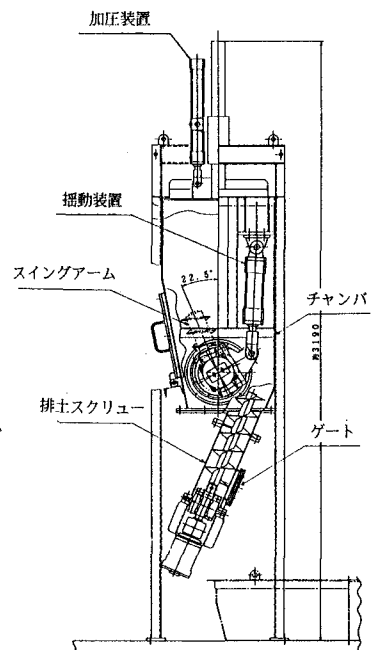


図1 実験装置の概略

および土の流れの観察をするために、排土量の計測や、着色土を使用して実験を行った。

運転条件として、スイングアームの速度および攪拌羽根(スクリュー)の回転数を変化させた。スイングアームの速度は、主に11.5cm/minと15.4cm/minの2条件について、また攪拌羽根(スクリュー)回転数については、40rpmと回転しない場合の2条件で、計4とおりの条件について行った。要素実験で使用した土砂は、川砂と粘土および水を調合し、スランプ値を1ないし2cmとした。川砂と粘土の乾燥重量比は主に7:3とした。実験は、まず加圧装置にてチャンバ内を加圧し、ゲートを閉じた状態で、上記の4とおりの運転条件で実験を行い、その後ゲートをあけて排土スクリューを回転させて排土させながら実験を行った。

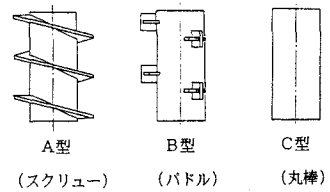


図2 スイングアームの型

3. 実験結果およびその考察

図3は、実験結果の一例として、A、B、C型それぞれについて、排土しない状態での、スイングトルクを示したものである。スイングトルクは、A、B型はC型とくらべ小さな値を示している。またどの型の場合も、スイングアームがタンク壁面に近づくにつれ大きな値となっている。これは、スイングアームが壁面に近づくにつれ、排土されない土砂が圧密され、負荷が大きくなるためと考えられるが、A、B型は、この割合が小さい。攪拌羽根(スクリュー)により土砂の混練が十分行われているためと考えられる。

表1は、AないしC型についてチャンバ内の土圧の変動値を示したもので、チャンバ壁面の土圧計の変動値をチャンバ底部の土圧計の平均値で正規化したものである。攪拌羽根(スクリュー)が回転している場合には、A型では壁面土圧の変動が20%以下であるのに対し、C型は50%以上に達している。一方、攪拌羽根

(スクリュー)の回転が止まると、AおよびB型はその変動が大きくなる。AおよびB型の場合には、攪拌羽根の回転により土砂の混練がうまく行われ、チャンバ内の土圧の変動が小さく抑えられることがわかる。

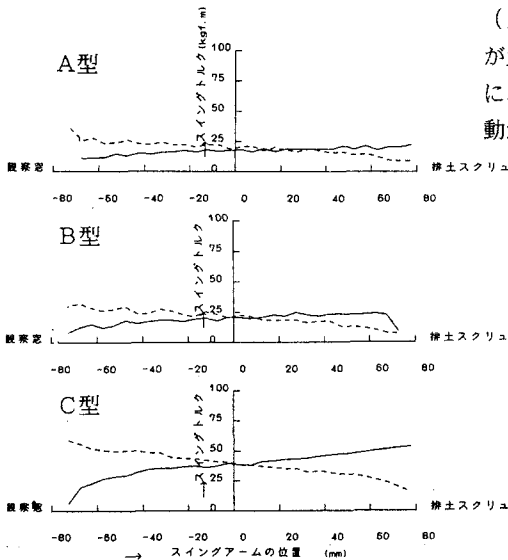


図3 スイングトルクの変動(11.5cm/min, 40rpm)

表1 チャンバ内の土圧の変動値

運転条件 スイングアーム速度 攪拌羽根回転数	A型		B型		C型	
	土圧計1	土圧計2	土圧計1	土圧計2	土圧計1	土圧計2
11.5cm/min, 40rpm	0.20	0.10	0.23	0.10	0.88	0.51
15.4cm/min, 40rpm	0.20	0.08	0.25	0.15	0.87	0.51
11.5cm/min, 0rpm	0.94	0.66	1.66	0.84	0.83	0.55

*表中の値は、チャンバ底部の土圧で各土圧の変動値を正規化している。

4. まとめ

SDRシールドのチャンバ内の土砂の混練性と、排土特性を検討するために要素実験を行った。その結果、スイングアームに攪拌スクリューを取り付けて回転させることにより、チャンバ内土砂の混練および排土を促進させることができ、かつ土圧の変動を少くし施工しやすい運転状態にすることができることがわかった。またこのスイングアームの負荷特性は、実機を設計する上での貴重な資料となった。今回の要素実験の運転条件および土質条件は限られたものであるので、今後、現在計画中的の実証実験をとおして、SDRシールドの施工範囲の拡大およびその特性について検討を進めていく予定である。