

VI-32

縦楕円シールド機の模型実験

(株)神戸製鋼所 上田 征治
東京都下水道局 安斎 史郎

1. まえがき

自由断面シールド工法は、従来のシールド工法が円形断面を基本としているのに対し、楕円形、矩形など任意の断面を選定し、対象とする構造物の要求する最適の断面形状を創出するシールド工法である。従来の円形シールドと構造が異なるため、その基本的特性を把握するため、縦楕円形の模型実験を実施した。

2. 掘削機構

(1) 構成

主カッタの他に複数個の遊星カッタを備え、楕円形断面の中央を主カッタが掘削し、その外周未掘部分を遊星カッタが掘削する。遊星カッタは自転しながら主カッタの回転につれて公転する。遊星カッタを拡張させながら公転させることにより所定の断面(楕円形)を掘削する。拡張機構としては、遊星カッタを主カッタにアームを介して取付け、このアームをスイングさせる方式を採用した。遊星カッタの個数は3個としてトルクの平均化を図った。

(2) 軌跡制御

楕円形に軌跡制御するため、本体に組み込まれた楕円形状のローラガイドを設けて、ガイドアーム先端に備えたローラをスイングジャッキでガイドに押しつけ、主カッタを回転させることにより遊星カッタを所定の楕円軌跡上を公転させる。

(3) スイングアームと遊星カッタの動き

遊星カッタの公転速度は、スイングアーム角度の変化につれて不等速となる。その動きを図-1に示す。図中小円が遊星カッタ、直線がスイングアームで、主カッタの回転1度ごとのスイングアームの動きを表した。密の部分では遅く、粗の部分では速くなる。遊星カッタの公転速度が不等速となるため、遊星カッタの自転速度も不等速となる。図-2に1個のカッタビットの動きを黒塗りで示す。

3. 実験概要

図-3に実験した模型のカッタ部を示す。模型の断面形状は下水道を想定した縦楕円(二芯円)とした。

図-4に実験の概要を示す。切羽の安定を考慮して泥土圧式を採用し、スクリュコンベアにより排土した。添加材の量は、排土スランプ値が10となるよう調整した。

4. 実験結果

(1) 切削条痕試験により所期の掘削形状を確認した。

(2) 主カッタの切込み量と主カッタのトルク係数 α との関係を図-5に示す。主カッタトルクは上記機構によりトルク変動を生ずるが、その1回転中の最大値に注目して整理した。主カッタトルク $=\alpha D^3$ として、 D は掘削断面と等積な円の直径とした。 α は正転、逆転ともにカッタ切込み量1 cm/rev. まで直

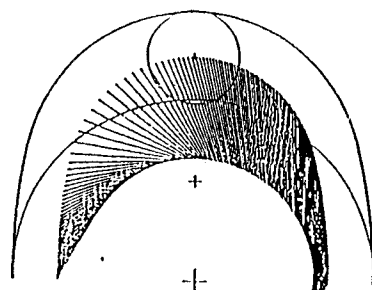


図-1 スイングアームの動き

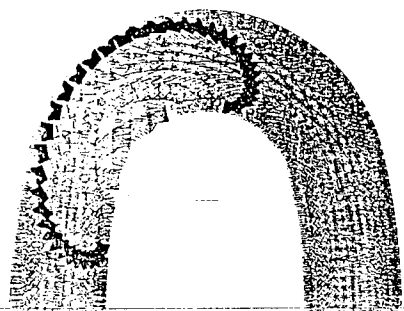


図-2 遊星カッタの動き

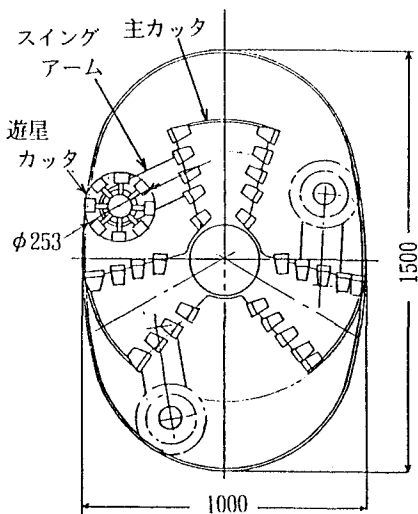


図-3 カッタ部正面図

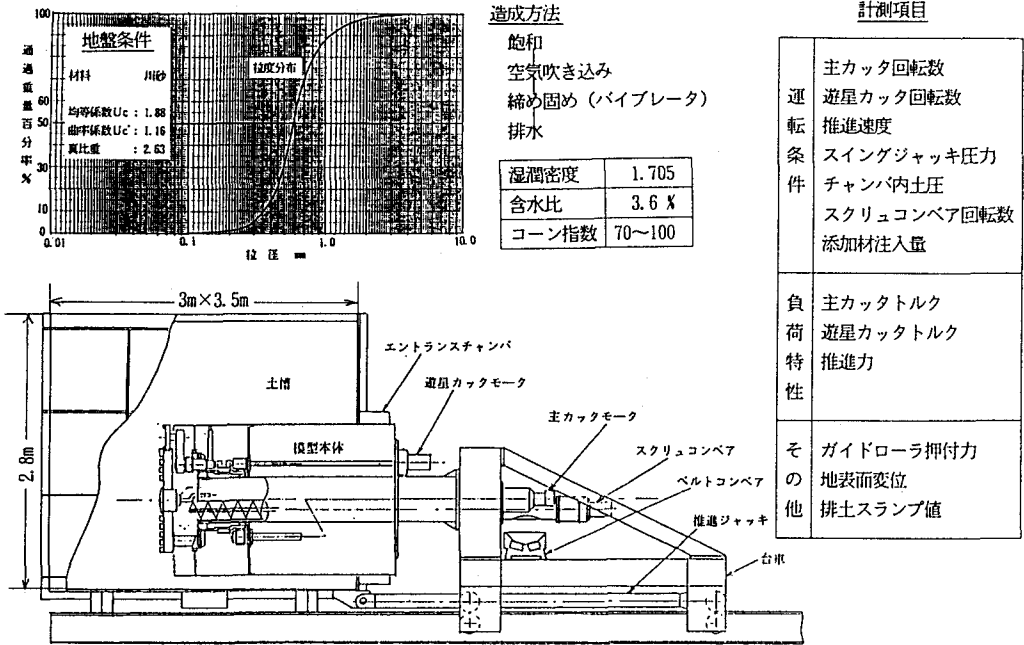


図-4 実験概要

線的に上昇し、これを越えると増加傾向は小さくなる。グラフの切片は、スランプ10の泥土をエントランスチャンバへ封入して推進せずに回転させて取った攪拌抵抗値とほぼ一致する。また同一の主カッタのみによる円形シールド模型のトルク特性と同一の傾向を示した。

(3) 遊星カッタのトルクは、 α 値で0.7以下であり、回転数を上げるとトルクは下がる傾向はあるが、その変化量は小さい。ここで、
遊星カッタトルク = αD_i^3 (D_i : 遊星カッタ直径)。
また遊星カッタ回転数が主カッタトルクに与える影響もごく小さい。

(4) 切羽の安定は、円形の場合と変わらず、チャンバ内土圧を適正に管理すれば地表変位量を低く抑えることができた。

(5) チャンバ内の土砂の流れを知るために、推進速度と主カッタ速度を変えて実験した結果を表-1に示す。安定な掘進のできた条件を○、主カッタトルクが上昇する条件を△、主カッタが停止する条件を×で示す。この試験では、添加材を主カッタ中央から注入したが、注入をチャンバ内下部に変更すると△の状態は改善された。

5. まとめ

以上の結果から遊星カッタ方式による縦楕円シールド機の基本的な特性が一部明らかになった。

なお、本実験は、「合理的断面シールド工法の開発に関する共同研究」において、東京都下水道局、(財) 土木研究センターおよび民間18社*での共同研究である。

*大林組、奥村組、鹿島建設、熊谷組、鴻池組、神戸製鋼所、佐藤工業、清水建設、新日本製鐵、大成建設、飛島建設、西松建設、日特建設、日本ヒューム管、間組、フジタ、前田建設工業、三井建設

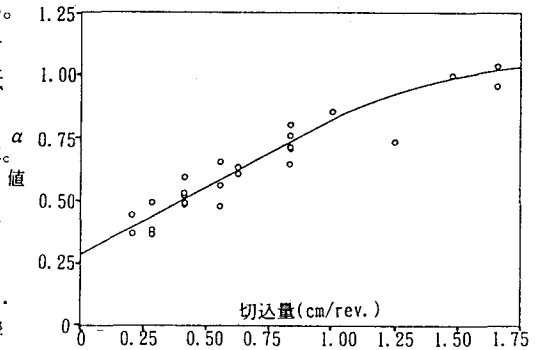


図-5 主カッタ切込み量と主カッタトルク

		主カッタ速度 rev./min			
		1.2	2.4	3.6	4.8
推進速度 cm/min	1	○	○	○	○
	2	△	○	○	○
	3	×	△	○	○

表-1 掘削条件と主カッタトルクの傾向