

III-20

機械式シールドの掘削性能について(その3)

—カッタビット切削性能確認実験—

日本国土開発(株) 正会員 二宮康治 石田智朗  
 不動建設(株) 正会員 奥 利明 新沼 裕  
 三井造船(株) 正会員 江澤一明 村上昌也

1. はじめに

適切に掘進管理されたシールドトンネルの施工において、掘進中に掘進速度・推力・トルクは各々安定しておりほぼ一定状態が保たれている。カッタ面板が一定回転速度・一定速度で貫入する時、カッタビットはビット自身は回転せず、刃面に平行に移動して掘削するが、カッタビットはそれぞれの取付位置(取付半径)に応じた貫入勾配(貫入角度)を保つことになる。貫入勾配は、シールド機が一定速度で掘進する時、カッタの中心に近いほど一回転あたりの摺動距離が短くなるので大きな貫入勾配を必要とする。

本報告は、ざり処理状況に関連する要因[ビットの高さ・ビットすくい角・スリット幅・切削速度]を考慮してビットの貫入特性を評価することを目的とし、ビット取付位置による貫入勾配の違いを考慮して貫入勾配が有る場合と無い場合について砂地盤の切削実験を実施した結果について報告するものである。

2. 実験概要

実験は、図-1に示すような実験装置を用い、表-1に示すようにビットすくい角・切削深さ・切削速度・スリット幅を変化させ、ビットに作用する切削抵抗力の測定を行った。また、表-2に地盤作成に使用した砂の基本物性を示す。

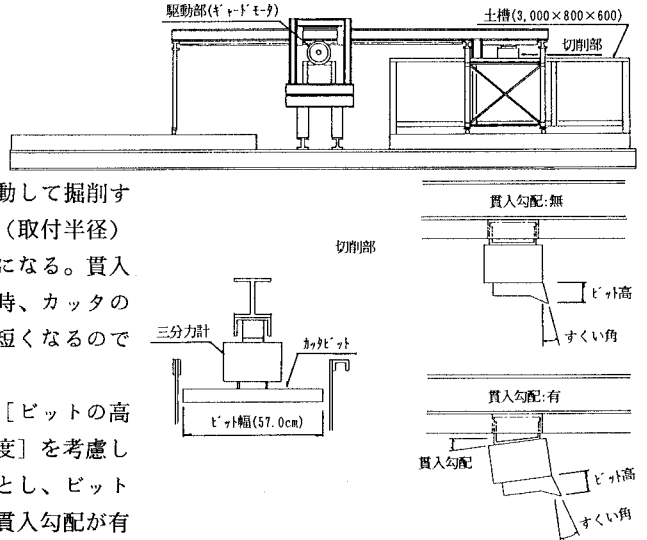


図-1 実験装置概要図

表-1 実験ケース

ケース	パラメータ	ビット形状	切削深さ	切削速度	スリット幅	貫入勾配	次元
切削深さの影響	CASE1-01	すくい角 14.0°	5.0cm	5cm/sec	∞	0.0°	2次元
	CASE1-02		10.0cm				
	CASE1-03		15.0cm				
切削速度の影響	CASE2-01	14.0°	5.0cm	5cm/sec	∞	0.0°	2次元
	CASE2-02			15cm/sec			
	CASE2-03			30cm/sec			
ビット形状の影響	CASE3-01	14.0°	5.0cm	5cm/sec	∞	0.0°	2次元
	CASE3-02	24.0°					
	CASE3-03	34.0°					
	CASE3-04	0.0°					
	CASE3-05	15.5°					
	CASE3-06	15.5°					
	CASE3-07	24.5°					
	CASE3-08	25.0°					
	CASE3-09	34.0°					
	CASE3-10	34.5°					
	CASE3-11	45.0°					
スリット幅の影響	CASE4-01	14.0°	5.0cm	5cm/sec	21.0cm	0.0°	2次元
	CASE4-02				11.0cm		
	CASE4-03				6.0cm		
切削深さの影響	CASE5-01	14.0°	5.0cm	5cm/sec	∞	5.0°	2次元
	CASE5-02		10.0cm				
	CASE5-03		15.0cm				
切削速度の影響	CASE6-01	14.0°	5.0cm	5cm/sec	∞	5.0°	2次元
	CASE6-02			15cm/sec			
	CASE6-03			30cm/sec			
ビット形状の影響	CASE7-01	14.0°	10.0cm	5cm/sec	∞	5.0°	2次元
	CASE7-02	24.0°					
	CASE7-03	34.0°					
	CASE7-04	25.0°					
	CASE7-05	20.2°					
ビット形状の影響	CASE8-01	14.0°	5.0cm	5cm/sec	∞	0.0°	2次元
	CASE8-02	34.0°				5.3°	

表-2 砂の基本物性値

比重		2.668
粒度試験結果	60%粒経(mm)	0.23
	30%粒経(mm)	0.17
	10%粒経(mm)	0.02
	均等係数 $U_c$	11.50
	曲率係数 $U_c'$	6.28
0.074通過(%)		14.80

### 3. 実験結果

切削実験は、切削機構の基本性状を把握するために、掘進せずにその場所で回転掘削を行っている状況を想定した場合（貫入勾配無し）と、回転掘削しながら掘進する場合（貫入勾配有り）について行った。その結果、切削抵抗力の経時変化の傾向は貫入勾配の有無にかかわらず同様の変化を示していた。よって、貫入勾配が無い場合の実験結果を以下に示す。

#### 1) 切削深さの影響

図-2 に切削深さの違いによる水平切削抵抗力とビット移動距離の関係を示す。この図から切削抵抗力は、切削深さが深くなるにつれ増加することがわかり、その増加傾向は、移動開始から約20cmまでの区間では切削抵抗力は切削深さが深いほど急激に増加し、20cm以降では切削抵抗力は周期的な変動を示しながら緩やかに増加することがわかる。

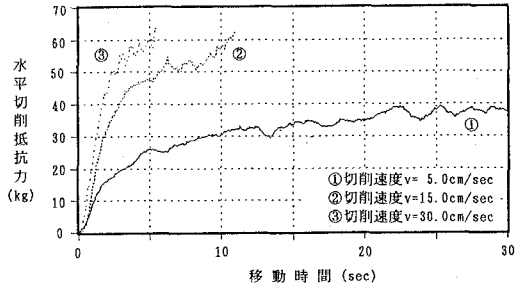


図-2 切削深さの影響

#### 2) 切削速度の影響

図-3 に切削速度の違いによる水平切削抵抗力とビット移動時間の関係を示す。この図から切削抵抗力は、切削速度が速くなるほど大きくなるのがわかり、その増加傾向は移動開始から2~3sec程度までは切削速度が増加してもほぼ同様の傾向を示しているが、ビットが移動するにつれ切削速度が遅くなるほど緩やかな勾配となることがわかる。

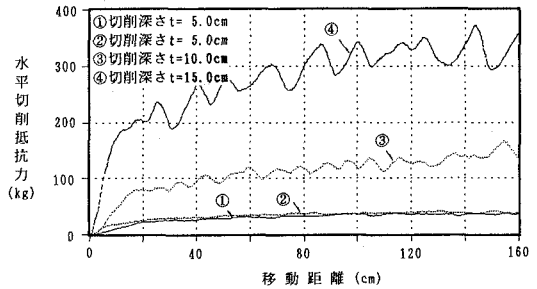


図-3 切削速度の影響

#### 3) ビット形状の影響

図-4 にすくい角の違いによる水平切削抵抗力とビット移動距離の関係を示す。この図から切削抵抗力は、ビットのすくい角が大きいくほど小さくなり、移動による抵抗力の増加傾向は、すくい角が大きいくほど緩やかになることがわかる。

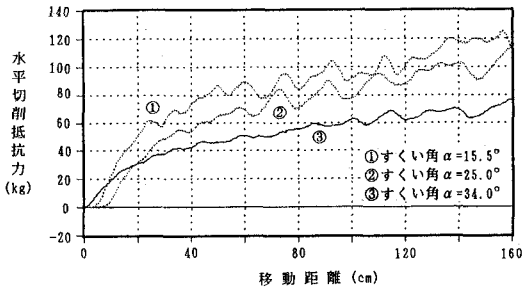


図-4 すくい角の影響

#### 4) スリット幅の影響

図-5 にスリット幅の違いによる水平切削抵抗力とビット移動距離の関係を示す。スリット幅の変化量は、スリット幅を無限大とした時の地盤の破壊幅を測定した結果、約11cmとなったのでその値を基準として約2倍の21cmと約1/2倍の6cmとした。切削抵抗力は、スリット幅が地盤の破壊幅以上の場合はほぼ同様の値を示しているが、地盤の破壊幅より狭い場合は切削抵抗力は約1.5倍程度の値を示している。

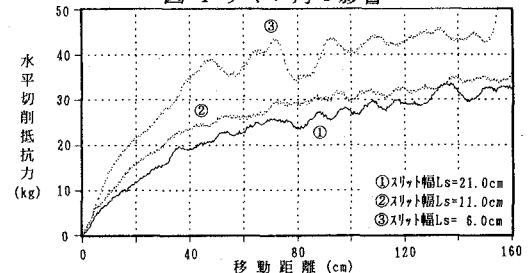


図-5 スリット幅の影響

#### 4. おわりに

実験結果からカッタビットの土砂切削に関する基本性状を確認することができた。今後、実験結果に基づいてカッタビットの切削性能を評価し合理的なカッタ構造を検討していきたいと考えている。なお、本実験は地下総プロ「大深度、大断面シールドトンネルの設計・施工技术に関する研究」において建設省土木研究所、(財)先端建設技術センターとの共同研究として実施したものの一部である。