

シャークビット工法の開発（その2：交換検討）

五洋建設(株) 正会員 原 修一、○白上勝章、野元義一

JFE エンジニアリング(株) 正会員 小林 暁 林 友幸

1. はじめに

シャークビット工法は、シールド長距離施工におけるカッタービットの機械的交換技術である。

一般的にカッタービットの交換には、長期間の掘削休止期間が必要になり、工事コストも増加する。また、カッタービットを必要以上に交換すれば、カッタービット自体のコストの増加につながる。

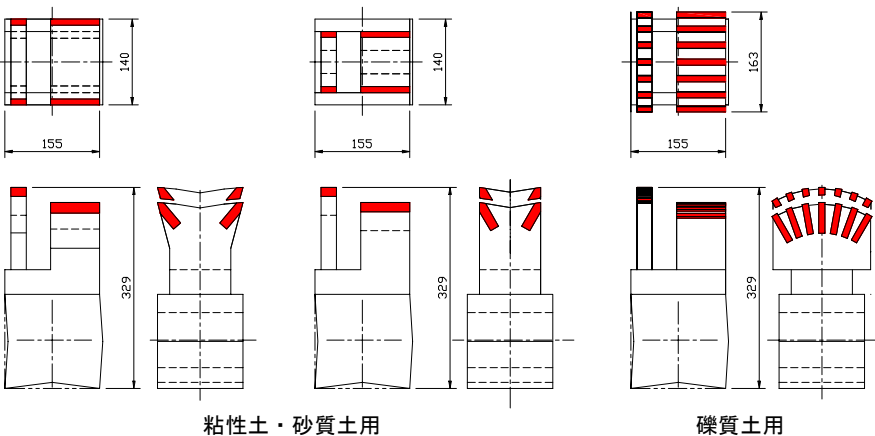
シャークビット工法では、本工法用のビット摩耗自動計算ソフトを使用することにより、掘削距離によるカッタービット摩耗量をあらかじめ予測し、最適で経済的なカッタービット交換計画を誰でも簡単に立てることが出来る。

本報は、シャークビット工法における経済的なカッタービット交換の検討について報告するものである。

2. シャークビット工法用カッタービットの形状と材質

カッタービットは、台座部と超硬合金チップ（図-1 着色部参照）から構成されており、掘削は主に超硬合金チップによって行なわれる。

カッタービットの形状は、掘削土質によって掘削効率が最適となる形状・材質を選択する。図-1 にシャークビット工法用のカッタービット例を示す。



3. カッタービット摩耗の要因

カッタービット摩耗に係わる検討事項としては、掘進延長・掘削土質

・シールド機種・カッタービットのチップ材質等が挙げられる。カッタービットの寿命は、刃先に取り付けられた超硬チップの摩耗に加え、予測の出来ない欠損・剥離脱落により、その寿命が決まってくる。摩耗についても施工実績から導かれた摩耗係数から算出されるが、カッタービットの取付位置・形状・大きさ・数量、泥水や加泥材の状況、土質の差異といったさまざまな条件から、実際には計算値とは異なることがあるため注意が必要である。また、カッタービットの一般的な許容摩耗量は、15mm から 20mm である。

4. カッタービットの摩耗量計算

カッタービットの摩耗量 δ (mm) は、式(1)によって表せる。
$$\delta = (L/v) \cdot n \cdot (2 \cdot \pi \cdot r) \cdot k \quad \cdots \cdots (1)$$

- L (m) : 掘進延長
- V (mm/min) : 掘進速度
- n (min⁻¹) : カッター回転数
- r (m) : カッタービット軌跡半径
- k (mm/km) : 摩耗係数

摩耗係数は、土質、カッタービットの材質およびシールド形式によって決まる。表-1 に摩耗係数例（施工実績およびメーカー規定値より設定）を示す。

表-1 摩耗係数

掘削土質		単位 : mm/km				
		粘性土	砂質土	砂礫土		
シールド機形式	*2超硬チップ材質			小礫	中礫	大礫
泥土圧式	E3	0.008	0.023	0.026	0.039	0.052
	E5	0.010	0.030	0.034	0.051	0.068
泥水式	E3	0.005	0.009	0.011	0.015	0.019
	E5	0.007	0.012	0.014	0.020	0.029

5. ビット摩耗自動計算ソフトによるカッタービットの交換検討

シャークビット工法ではカッタービットの交換を任意の時期に設定できるため、あらかじめ計算した摩耗予測をもとに最適な交換サイクルを判断し、経済的なカッタービットの交換計画を立てる。

交換計画は、本工法用のビット摩耗自動計算ソフト（以下、計算ソフトと称す）を使用して行う。計算ソフトに掘削条件（掘削土質、掘削延長、超硬合金チップ材質）、シールド機仕様（形式、スポーク本数、外径、カッターヘッド外周速度、掘進速度）を入力すると、カッタービットを交換しないで掘削可能な距離が自動で計算され、グラフが描かれる（図-2 参照）。次に、交換したいカッタービットの個数（スポーク内の全数交換や摩耗した1個のみの交換も可能）を入力するとカッタービット交換後に掘削可能な距離が計算され、掘削距離が延長されたグラフが描かれる。このグラフを参考に、現場条件に合わせて最適な交換位置、時期および交換個数を決定し、経済的なカッタービット交換計画を立てることが出来る。

また、実施工時に摩耗検知装置の使用により実際のカッタービット摩耗量と予測値摩耗量が異なった場合も、摩耗係数を即座に修正し、新たに交換計画を立て直すこともできる。摩耗検知装置は数回の検知が可能な構造とする。表-2 に交換検討条件例、表-3 に検討結果例、図-2 にビット摩耗自動計算ソフト検討グラフ例（2 個ずつ交換の場合）を示す。

表－2 交換検討条件例（φ5.0m シールド機）

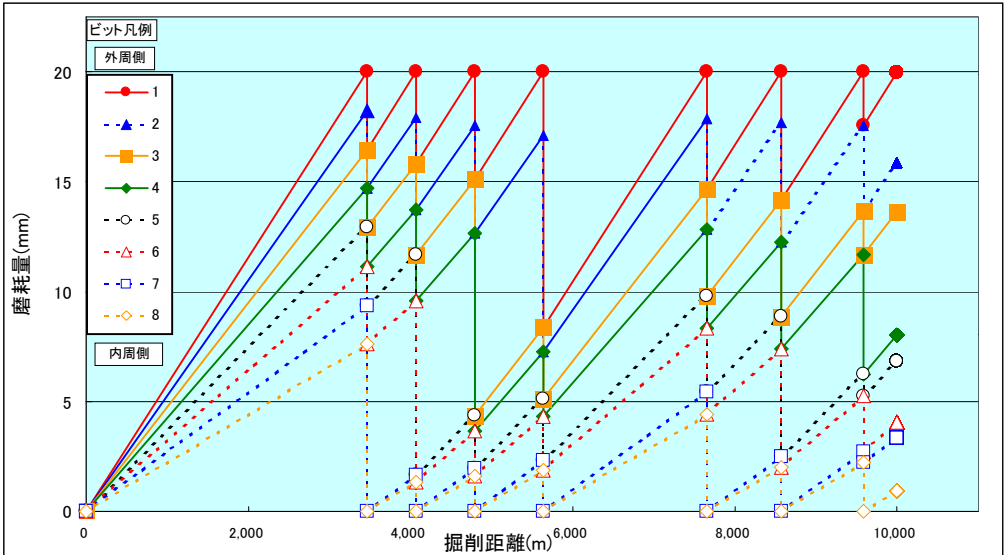
掘削条件				シールド機仕様					
掘削土質	掘進距離 L (mm)	使用ビット材質	磨耗係数 k (mm/km)	シールド機形式	スポーク本数	シールド外径 D (m)	カッターヘッド外周速度 (m/min)	カッター回転数 n (min-1)	掘進速度 V (mm/min)
砂質土	10,000m	E3	0.009	泥水式	5	5.00	16.0	1.02	25.0

交換作業は1 個あたり約 20 分で完了するため、交換回数の少ないパターンが経済的に有利であるが、本工法は・交換回数・交換個数・交換時期が自由に選べるため、現場の施工条件・掘削条件によって最適な交換パターンを選択する。

表－3 交換検討結果例（φ5.0m シールド機）

交換パターン	総交換ビット数	交換回数	交換にかかる総時間	ビット1個当たり交換時間
全数（8個ずつ）交換	80個	2回	約1600分	約20分
4個ずつ交換 4回目のみ3個交換	75個	4回	約1500分	約20分
2個ずつ交換 7回目のみ1個交換	65個	7回	約1300分	約20分

人的カッタービット交換の場合、全数交換が前提のため一定の掘削長に対して総交換ビット数を減らすことは難しい。しかし本工法では、計算ソフトを使用し、最適な交換を実施することにより総交換ビット数を減らすことが可能となる。（表-3 総交換ビット数参照）



図－2 交換検討結果グラフ例（φ5.0m シールド機）

6. おわりに

シャークビット工法は、カッタービットの交換を工事の事前に検討することにより、現場の諸条件に合った経済的なビット交換を可能にする。また、シールド機内より機械的に交換が行えるため、安全面でも優れている。今後は、現場実験による実証を行い、実施工への適用を図る予定である。

【参考文献】

1) 五洋建設：シャークビット工法 技術資料、2) 小林他：（その1）、土木学会第58回年次学術講演会、第VI部門投稿中