

ビット交換なく長距離掘進を可能とした長寿命化ビット技術

清水建設(株) 正会員 ○鎌倉 友之

清水建設(株) 正会員 浜口 幸一

清水建設(株) 正会員 阿曾 利光

1. はじめに

大断面トンネルの施工では、カッタービットの摺動距離が大きく、交換が必要となる。工期短縮、高速施工が求められる長距離シールド工事では、そのビットの延命、機械的交換技術は重要な要素である。そこで、各社シールド機に装備した機械的交換装置の開発が進められていて、当社もカッタースポークを回転し新たなビットを出すリボビット工法がある。

しかし、この機械的交換はシールド機に多大な装備を付加させるため、そのコストは非常に高いものとなる。そのため、特殊な装置を用いず、切削ビットの素材である超合金チップの性状、その製作行程等を見直しすることによって、ビット自らの寿命を延ばし、長距離掘進に対し交換を必要としない長寿命ビットを開発した。

2. 長寿命化ビット概念

ビットの長寿命化は、磨耗量の低減となる硬い超合金チップ材を用いることと、磨耗代を稼ぐため大型化することである。しかし、硬いチップは耐磨耗性が良いが、抗折欠損性は悪い。逆に軟性合金は抗折欠損性が向上するが、耐磨耗性は落ちる。そのため、従来のシールド機に用いる切削ビットは、耐磨耗性、耐衝撃性を考慮して、**E3** もしくは **E5** と呼ばれる超合金のなかでは中程度のチップを採用している。表1にJIS 鋤山工具用超硬チップ規格値を示す。

表1 JIS 鋤山工具用超硬チップ規格値

記号	硬度 (HRA)	抗折力 (kgf/mm ²)
E1	90 以上	120 以上
E2	89 以上	140 以上
E3	88 以上	160 以上
E4	87 以上	170 以上
E5	86 以上	200 以上

表2 チップ材料物性値

材 料	材 種	ヤング率 (kgf/mm ²)	線膨張係数 (1/°C)
母材(シャンク)	SKC24	22,000	13.79×10^{-6}
超合金チップ	E3	59,500	5.0×10^{-6}
	E5	55,500	6.0×10^{-6}

次にチップの大型化であるが、今まで大型ビットが製作できなかった理由は、母材となる鋼材と超合金チップを接合するろう付け

溶接作業で、それぞれの材料の線膨張係数が異なり、熱残留応力が発生し、有害なクラックが発生するためであった。表2に材料物性値を示す。

この2点を解決するため、母材となる鋼材と超合金チップ材の間に緩衝材となる軟性合金を挟み込み、また積層構造とすることにより、ろう付け溶接の際に起きる残留ひずみクラック発生の不具合を解消し、また、より硬度が高い工作機械等に用いる **E2** チップを適正配置し使用することにより耐磨耗性を向上、大型化を図った。

3. 長寿命ビット構造

長寿命化ビットの開発は、先行ビットの重要性に着目して、そのビットを中心に開発を行った。地山を切削する部位に **E2** 超合金チップを、衝撃を受け、切削に寄与する部位に **E5** チップを、切削された土砂流れの流れに対して磨耗防止する部位に **E5** チップや硬化肉盛を配置する。その適切な配置により、其々のチップ性状を生かすことができる。

次に、特に物性値の大きく異なる **E2** チップと母材との間に



図1 先行ビット

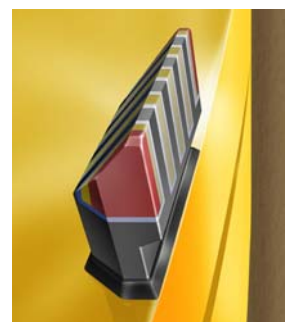


図2 ゲージビット

キーワード：長距離シールド、長寿命化ビット、**E2** チップ、耐磨耗性、積層構造、先行ビット

連絡先：〒105-8007 東京都港区芝浦 1-2-3 清水建設(株) 土木技術本部技術開発部 TEL 03-5441-0518

緩衝材となる軟性合金を挟みこむことと、各々のチップ単体寸法を 4cm 角程度の寸法に抑え、積層構造とすることによって、ろう付け溶接の際に起きる残留ひずみクラックの発生なく大型のビットを製作することができた。尚、緩衝材となる軟性合金は E6 相当の超合金で母材の中間の物性値を持っている。先行ビット、最外周に配置するゲージビットのイメージを図 1、図 2 に示す。

4. 長寿命化ビット磨耗係数

磨耗係数は超合金チップ材の硬度で決まる。E5 チップに対する耐磨耗比を示すと、E3 チップが 2.0 倍、E2 チップが 3.3 倍程度である。ここで、掘削地盤を砂優勢の地質（砂 55%、砂礫 15%、粘性土 30%）と仮定すると、従来使われている E5 チップの磨耗係数は $15 \times 10^{-3} (\text{mm/km})$ 程度である。参考であるが、カッタビットに対する先行ビットの磨耗度は 1.5 倍、また先行されるビットで保護された状態でのビットの磨耗度は其々 $2/3$ 程度に低減される。今回の特殊先行ビットは形状から従来の先行ビットに対し 10% 程度磨耗度が高いことも考慮して、表 3 に各ビットの

表 3 各ビットの設定磨耗係数 (mm/km)

磨耗係数を整理する。今回開発した長寿命ビットの耐磨耗性は E2 チップの性状に支配されるため、E2 チップの磨耗係数を使うのが適当と考える。

	E5	E3	E2
カッタビット (A)	15×10^{-3}	8×10^{-3}	—
先行ビット (B=1.5A)	23×10^{-3}	12×10^{-3}	—
特殊先行ビット (C=1.1B)	25×10^{-3}	13×10^{-3}	8×10^{-3}
後方カッタビット (D=2/3A)	10×10^{-3}	5×10^{-3}	—
後方先行ビット (E=2/3B)	16×10^{-3}	8×10^{-3}	5×10^{-3}

5. 長寿命化ビットの経済性

大断面道路トンネルの掘削外径 $\phi 16\text{m}$ 、掘削距離約 7km の条件でビットの磨耗計算を行ない、チップ高さを設定し、比較すると、今回開発したビットでのチップ高 100mm、E3 チップでは 140mm、E5 チップでは 200mm となり、製作価格に影響する使用するチップ重量で比較すると、其々、1 : 1.3 : 1.9 となる。このように、従来から使用されたチップ材料で、この高さのビットが仮に製作できるとしても、十分にコストダウンが図れることがわかる。また、シールド機の機械的交換装置に対しても安価なことは明らかである。図 3 にチップ別磨耗量算定図を示す。

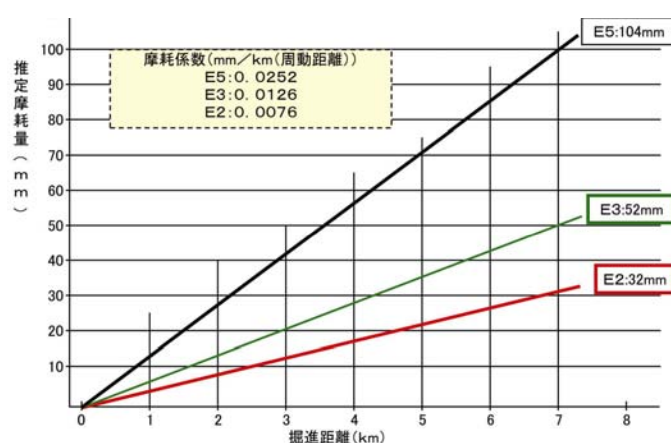


図 3 チップ別磨耗量算定図

6. 開発ビットの実証

東京メトロ 13 号線新宿工区シールド機のビットの一部に開発したビットを装備し、耐磨耗性や欠け耐力について検証する。掘削対象地盤が砂礫地盤であり、到達時に従来ビットと比較し、その有効性を確認する。取り付けた長寿命化ビットの装備状況を図 4 に示す。



図 4 開発ビット装備状況

7. おわりに

切削ビットの素材である超合金チップの性状を、適切な配置等により、上手く利用することで、特殊な交換装置を必要としない、交換不要な長寿命化ビットを開発することができた。この長寿命化ビットは、大断面長距離のシールド工事を対象として開発したが、小断面のシールド工事においても、現在、長距離化が進められており、特に特殊な機械的交換装置の装備が難しい小断面シールド機では、この長距離ビットはコストダウンが図れ、有効である。今後、この長寿命化ビットが長距離シールド工事で一般的に採用されるよう、積極的に提案活動していく計画である。