

小断面長距離シールドのビット摩耗に対する考察

— 高圧ガス導管 姫路・岡山ラインにおける小断面非開削工事 (その 7) —

鴻池組・奥村組共同企業体 正会員 ○弦本 優司
 鴻池組・奥村組共同企業体 土居 武
 大阪ガス株式会社 正会員 満田 規夫

1. はじめに

大阪ガス(株)の高圧ガス導管(φ600 mm)姫路・岡山ラインのうち瀬戸内シールドは、延長約 3.5 km、掘削外径 2.3m で泥土圧式シールド工法にて構築する工事である。当ルートは、河川横断や路線の大部分が干田川の右岸道路内に計画されており、河川区域内である道路占用、立坑築造に制約があることから、ビット交換が不要なシールド掘進計画を立案した(図-1)。施工延長の概ね 60%を占める洪積砂礫層(細粒分 5%未満)掘進のカッタービット摩耗対策計画及び実績について報告する。

2. 工事概要

◆シールドトンネル(泥土圧式シールド工法)

- 掘削外径: φ2.30m、トンネル内径: φ2.0m
- 延長: L=3,533m 土被り: 5.2m~19.3m
- 曲線: 急曲線(R=40m 以下) 11 箇所, R=60m 以上 22 箇所
- 勾配: 最大勾配 3.5%、勾配変化点 18 箇所
- 土質: 洪積砂礫層(60%) 洪積粘土層(30%) (図-2)

3. シールド機カッタービット摩耗対策

(1) カッターヘッド形状について

ビットの取付け数を多くする目的で、カッタスポーク本数を通常の 3~4 本から変則 6 本とし、ビット配置を 1 パス最外周 6 カッタ、外周部 4 カッタ、内周部 2 カッタとした。スポークは、大径で厚肉のパイプ部材で構成し、土砂の流れと取込性の向上を図った(図-3)。

(2) ビット形状について

スクレーパビットは、面板からの高さを h=100 mm と 80 mm、外周ビットは h=150mm と 130mm、先行ビットは h=130 mm と 110 mm のそれぞれ 2 段階に段差配置することで、礫を砕かざるべくそのまま掘り起こして掻き込みを容易にし、かつ高い位置のビット摩耗が進めば、低い位置のビットに順次掘削の負担を肩代わりさせるよう配慮した。こうすることで、よく締まった硬い洪積砂礫層の掘削においても掘進能力を低下させずにビットの耐久性向上を図った。

(3) ビット仕様について

シールド機のカッタービット刃先である超硬合金は、硬度が高いほど耐摩耗性が高いが、抗折力は低下して衝撃に対して脆くなり欠損しやすくなる。一般的にシールド機には E3~E5 が使用されており、通常、玉石層を含む砂礫層には、抗折力の高い E5 を採用している。今回の超硬チップは、E5 より硬度及び圧縮強度に優

キーワード 長距離、ビット摩耗、段差配置

連絡先 〒541-0057 大阪市中央区北久宝寺町 3-6-1 (株)鴻池組大阪本店土木部 TEL 06-6245-6370



図-1 路線平面図

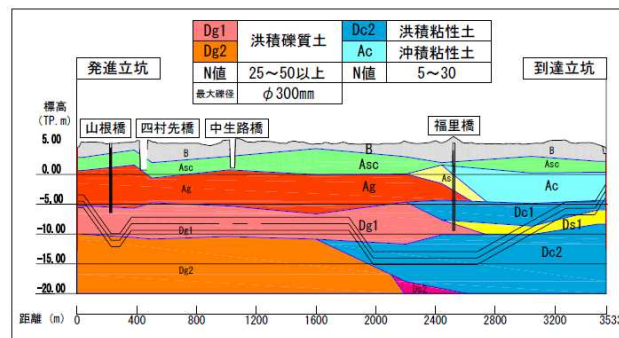


図-2 地質縦断面図

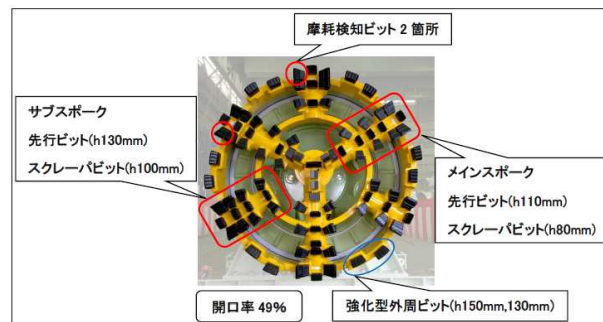


図-3 シールド機面板

れ、抗折力はE5 同等のものを採用し、ビットの耐久性向上を図った。

(4) カッタ外周保護対策について

カッタ外周リングには、大型ビットの厚肉チップを採用し、両肩は大きくR加工して礫との衝撃を和らげ、欠損しにくい形状とした。また、外周部の土砂流れに悪影響がでないようチップを中央に配置した外周保護ビットを取付け、残りの面には溶接による硬化肉盛を施した。

(5) 摩耗検知ビット

摩耗状態が早期に発生すると想定される摺動距離の長い外周スクレーパビットに、摩耗検知ビットを2箇所配備した。サブスポークに配置した外周スクレーパビット(h100mm)に20mm、メインスポークに配置した外周スクレーパビット(h80mm)に10mmの検知高さを持った油圧式摩耗検知ビットを採用した。検知時の掘進距離は1,150mと予測され、検知されているか日々確認した。

4. カッタビット摩耗の予測と摩耗調査結果

(1) カッタビット摩耗量の予測

通過断面のボーリングデータを基に、地層を3種類に分けて摩耗負荷係数を設定し、先行ビット、スクレーパビット(h100)、スクレーパビット(h80)の3段階で摩耗量の算定を行った。

$$M_t = N \times m \times k$$

$$M_a = M_t \times n \times \pi \times D \times L \times 10^2 \quad / V$$

M_a : 各土質での摩耗量 (mm)

M_t : 単位摺動距離当りの摩耗量 (mm/m)

L : 各土質での掘削延長 (m) N : N 値

m : ビット材質による摺動距離当りの摩耗量 (mm/m)

k : 土質区分による摩耗負荷係数

n : カッタ回転数 (r.p.m) V : 平均掘削速度 (cm/min)

計算結果から、先行ビット及びスクレーパビット(h100)は許容摩耗量30mmをオーバーし、スクレーパビット(h80)の摩耗量29.17mmで到達すると推定した。

(2) カッタビット摩耗調査結果(表-1)

先行ビットの計画摩耗量54.91mmに対し、実測値35mm(計画の63%)、スクレーパビットh100は42.96mmに対し27.3mm(同63%)、スクレーパh80は29.17mmに対し6.2mm(同21%)であった。先行ビットに対するスクレーパビットh80の摩耗減率は計画の0.53に対し実測0.18であった。

摩耗結果より複数切削(2~6 カッタ)の段差配置はスクレーパビット(h80)の負荷を大きく減じたものと考えられる。また、計画では先行ビットの段差は考慮していないため、実施工においては、摩耗低減に有効に働いたと考えられる。

検知ビットの摩耗量は外周スクレーパビット(h100)で16mm、(h80)で7mmであり、検知する位置までの摩耗は見られなかった。また、到達後のビット摩耗状態は均一でなく、図-5のように内周リング外側スポークを中心に特徴的な摩耗の形態が全周に見られたことから、チャンバー内へ取り込めないような直径約550mm程度の転石が存在していたと推測できる。

5. おわりに

今回は計画以上の平均掘進速度が得られており、地山切削効率が良く、ビットの配置を含むカッタヘッド形状の計画は適正で、摩耗低減効果も充分にあったと考える。しかし、地盤によりビット耐久性を予測することは困難な場合もあり、今後は簡便な摩耗検知装置の開発とビット形状と配置に見合った配備計画が必要である。

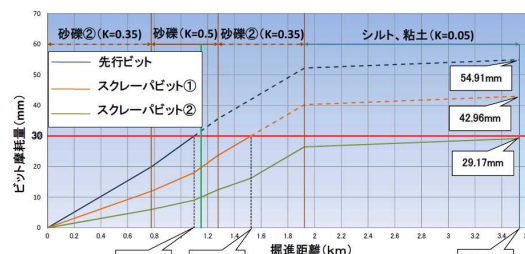


図-4 カッタビット摩耗量の推定
(メーカー 施工実績による推定)

表-1 外周ビット摩耗量比較

ビット種類	摩耗量(mm)			
	計画値	摩耗減率	測定値	摩耗減率
先行ビット(h130,h110)	54.91	0	35	0
スクレーパビット(h100)	42.96	0.78	27.3	0.78
スクレーパビット(h80)	29.17	0.53	6.2	0.18



図-5 カッタビット摩耗状況