

日本鉄道建設公団大阪支社

正会員○安波 盛雄

日本鉄道建設公団大阪支社

藤田 一昭

佐藤・フジタ・青木・白石淀川T共同企業体

槻宅 武夫

1. はじめに

鉄道トンネルとして初めて淀川を横過する淀川シールドは、高水圧(約4.5kgf/cm²)、多種地層(礫土、礫・砂・礫層)、多くの重要構造物との近接施工という厳しい条件に加えて、鉄道トンネルとしては2,325mの長距離となることからカッタービットの摩耗対策が一つの重要課題であった。当初カッタービットの摩耗が掘削途中で限界摩耗量(20mm)に達すると推定され、中間でのビットの目視点検・交換が必要とされたが、各種の耐久性向上対策を講じることにより、掘削途中でビットの目視点検・交換無しで2,325mの掘進を完了した。なお、掘進中は超音波式(2個)及び油圧式(8~10個)検知ビットで摩耗量の把握を行った。

2. メインビット摩耗量の推定

これまでのシールドの施工実績から求めた地質毎の摩耗係数(粘土7~9×10⁻³、礫20×10⁻³mm/km)により算定した推定摩耗量は、最外周のビットで約2.4mmである。(ローラービット等の各種対策による効果を考慮せず)

3. カッタービットの耐久性向上対策

本工事で使用したシールドマシン(上り線、下り線:外径7.15m)のビット配置を図-1に示す。

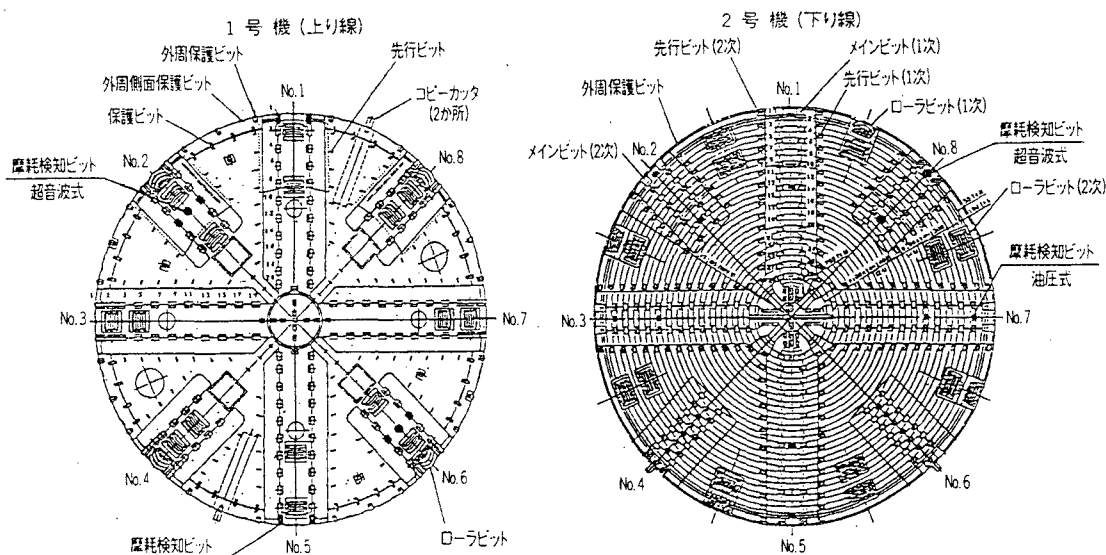


図-1 カッタービット配置図

長距離掘進に対応するため、次のようなカッタービットの耐久性向上対策を実施した。(図-2参照)

(1) パス数の増加(上り線、下り線)

面盤の同一トレース上に重複してビットを配置し、一個当たりの負荷の低減を図る。

(最外周8パス、外周~中間4パス、中間~最内周2パス)

(2) 礫破碎用ローラービット取り付け（上り線、下り線）

礫を先行して破碎し、衝撃によるメインビットの欠損・脱落を保護する。（上り線20個、下り線16個）

(3) 段差ビットの採用（下り線）

同一トレース上のビットに高低差(30mm)をつけ、高い方(一次ビット)が摩耗後に低い方(二次ビット)が機能する。

(4) メインビットの二重刺刃採用（下り線）

母材の摩耗による超硬チップの脱落防止のため、ビット母材の中に超硬チップを追加して埋め込む。

(5) ビットの背面防護（上り線、下り線）

超硬チップの背面に硬化肉盛りをし、チップの背面母材の摩耗を防止する。

(6) 先行ビットの配置（上り線、下り線）

先行ビットを通常より数多く配置し、メインビットより高く取り付け（上り線15mm、下り線20mm）、先行掘削によりメインビットの切削負荷を低減させる。

（上り線90個、下り線 158個）

4. 摩耗実績及び耐久性向上対策の効果

(1) 摩耗検知ビット

掘進中の超音波式検知ビットによる摩耗推移は図-3のとおりである。到達時の最外周ビットの検知摩耗量と実測摩耗量はそれぞれ、上り線で4.8mm-5mm 下り線で1.8mm-2mm と検知と実測の値はほぼ同一であった。

油圧式摩耗検知ビットの摩耗は、いずれも設定摩耗量以下であり、掘進中の油圧低下検知はなかった。

(2) メインビット（図-4、5参照）

最大摩耗量は上り線15mm、下り線22mmで殆どは10mm以下であった。左回転と右回転の比は上り線 8:2、下り線3:7であったが、摩耗量にはそのような差は見られず、逆回転でも正回転に近い摩耗があったと言える。

なお、下り線の二次ビットの摩耗は最大でも3mmと僅かであった。

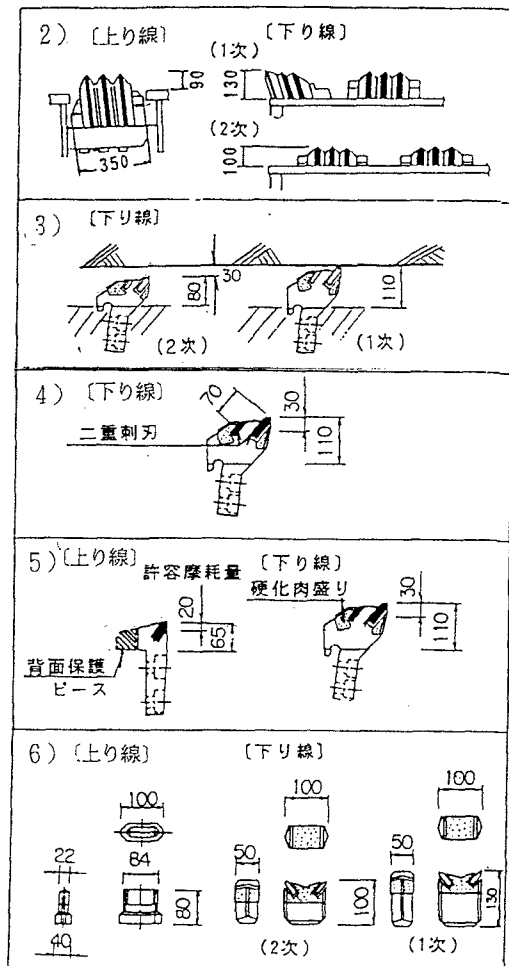


図-2 ビット耐久性向上対策一覧

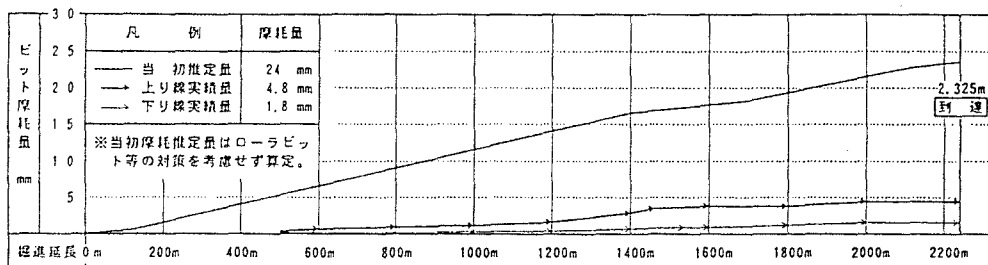


図-3 ビット摩耗検知実績グラフ

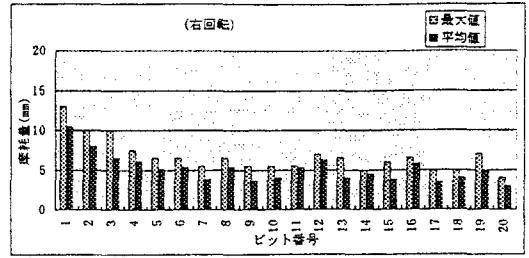
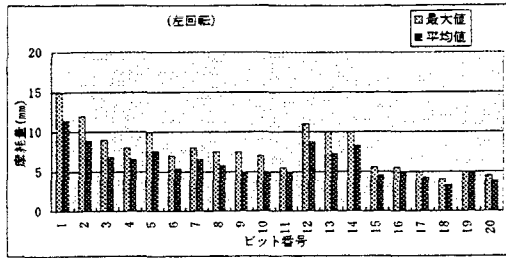


図-4 メインビット摩耗量グラフ（上り線）

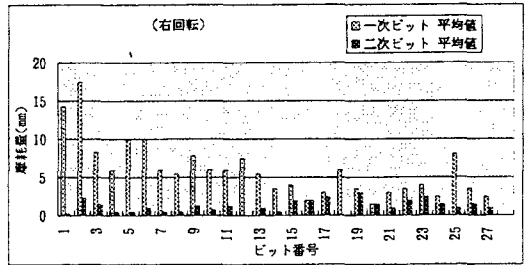
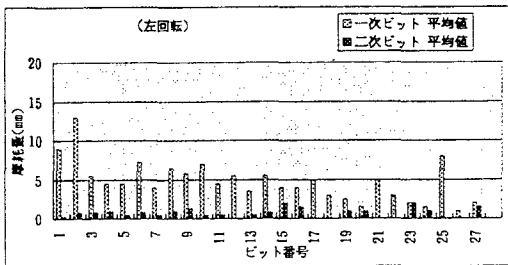


図-5 メインビット摩耗量グラフ（下り線）

(3) ローラービット

チップの摩耗は事前の想定より巨礫の出現が少なかった事もあり、上下線とも0.5～3mmと微小で偏摩耗も無かったが、チップ間の母材摩耗が10mmを超える箇所があり下り線で2個のビット脱落が見られた。なお、メインビットの摩耗形状にローラービットと同一トレース上の摩耗量が少ない波打ち状況が見られ、ローラービットの保護効果と思われる。

(4) 先行ビット

メインビットに比べて摩耗量、欠損数ともかなり大きく、上り線では15mm以上摩耗のビットが43%（最大28mm）、欠損が18%、下り線では同じく62%（最大36mm）、35%となっている。この事は、先行掘削の機能を十分発揮しメインビットの負担軽減に寄与しているものと考えられる。

(5) パス数増加の効果

図-4でを見ると、外周側ビット（No1-11）と内周側ビット（No12-20）の摩耗は撹動距離の差ほどの開きはなく中間部では内周側より外周側の摩耗が少なくなっており、パス数増加の効果が定性的に見られる。

(6) 段差ビットの効果

図-5のとおり、二次ビットの摩耗は3mm以下とごく僅かであり、当初の計画どおり一次ビットが全摩耗したとしても二次ビットが有効に働くものと思われる。

(7) 二重刺刃ビット及びビット背面防護の効果

上り線、下り線とも背面母材の摩耗によるチップの脱落は発生していないので、母材摩耗の防止効果があったものと判断できる。なお、二重刺刃を取り付けた下り線の背面母材（逃げ面）の摩耗がごく僅かであっ

表-1 カッター回転数及び撹動距離

上り線			撹動距離 (Km)	
カッター回転数 (回)			最外周	最内周
左回転	69.354	78.7%	1575	305
右回転	18.724	21.3%	425	82
計	88.078		2.000	387

下り線			撹動距離 (Km)	
カッター回転数 (回)			最外周	最内周
左回転	22.125	28.9%	498	104
右回転	54.410	71.1%	1226	256
計	76.535		1.724	360

たのに対して、二重刺刃のない上り線では、平均10mm程度（最大17mm）であった。

5. まとめ

ローラービット、先行ビットは耐久性向上に大きく寄与し、メインビットの摩耗量をかなり少なくすることができた。全体的にチップ摩耗量は外周側より内周側が少ないが、摩耗係数（摩耗量÷摺動距離）は大きい傾向を示しており、パス数増やローラービットの保護効果が現れている。ビットの回転方向による摩耗量の大きな差はなく、逆回転でも正回転に近い摩耗がある。ローラービットの偏摩耗やメインビットの欠損・脱落がなく良好な掘進管理が行えたものと考えられる。

以上述べたように、地質条件にもよるが各種のビット耐久性向上対策と適正な掘進管理により、2 Kmを超える長距離シールドもビット交換無しで十分掘進できることが確認できた。

なお、今回の超音波式摩耗検知ビットによる掘進中の検知摩耗量と到達後の実測値はほぼ一致し、検知ビットの信頼性は確認できたが、メインビットの摩耗量そのものを検知しておらず、今後の検討課題である。