

VI-26

砂礫層長距離掘進におけるシールド機カッタビットの耐久性について

大阪ガス（株） 正会員 山下 修
 大阪ガス（株） 正会員 ○稲田 澄夫
 （株）鴻池組 正会員 和佐野 貞利

1. はじめに

近年、シールド工事は立坑基地の用地確保、工事費の節減、工期の短縮などの問題で都市部を中心に長距離掘進の機会が増えている。長距離掘進、特に砂礫層を掘進するシールド機において問題となる要因の一つにカッタビットの耐久性がある。今回、大阪市南港で施工した海底シールドトンネル（ $\phi 3,840\text{mm}$ ）は、洪積砂礫層を、2台のシールド機により各々1400m、700mを掘進し地中接合を行なって、全長2,100mのトンネルを完成させたものである。本文は、事前の摩耗量予想と掘進完了後の計測結果からカッタビットについて報告する。

2. 土質概要

シールドルートの土質は、天溝砂礫層とよばれる洪積砂礫層である。この土層は、大阪平野中央部から南部にかけて広く分布し、当地域では10～15mの層厚を有しており、上部に $\phi 2\sim 30\text{mm}$ 、下部に $\phi 2\sim 50\text{mm}$ 程度の円礫が存在するN値50以上の非常に密な地層である。

3. カッタビットの摩耗量予想

礫層を掘進するシールド機において切削タイプのツールビットでは、礫によって超硬チップが欠損したり脱落しやすく単独で長距離掘削を行なうことは困難である。そこで本機では、TBMに用いられる $\phi 393.7\text{mm}$ のディスクカッタ（図-1）を併用し、ツールビットに先行して地山を掘削するようにした。このディスクカッタの限界摩耗量は20mmであり、ディスクカッタが摩耗限界に達した時点が礫層を掘削するシールド機の最長掘進可能距離と考えておく必要がある。ディスクカッタはカッタヘッドの回転に伴って地山上を転送し、転送距離に比例して摩耗するので、シールドマシン外周部のディスクカッタほど摩耗が大きく、またシールドマシン径が大きければ大きいほど摩耗が大きくなる。図-2は、過去の施工データからこの転送距離と摩耗量の関係をまとめたものである。

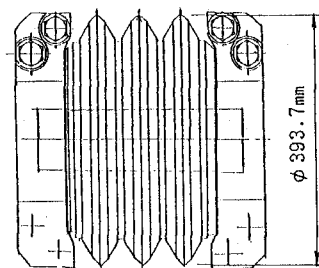


図-1 ディスクカッタ

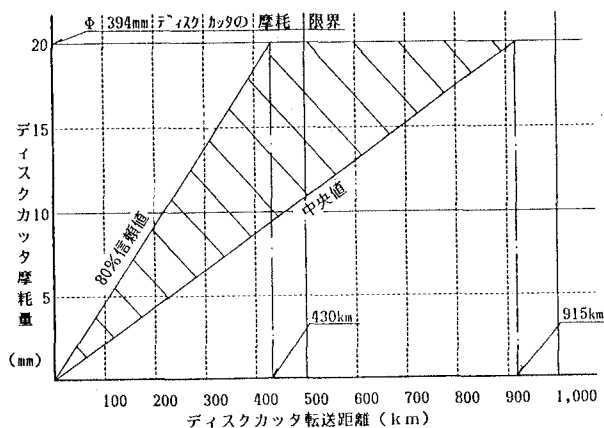


図-2 ディスクカッタの摩耗量予想図

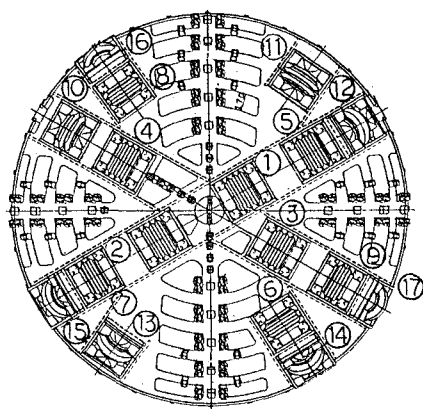


図-3 ディスクカッタの配列図

図-2から分るように80%信頼値におけるディスクカッタの限界転送距離（T）は430kmであるので、 $\phi 3,840\text{mm}$ （D）、平均速度（S）3.5cm/min、カッター回転数（N）1rpmとすれば、シールド機の掘進限界距離（L）は、

$$L = T \div \pi \cdot D \times S \times N = 430,000 \div (\pi \times 3.84) \times 0.035 \times 1 = 1,248 \text{ m}$$

となり、最悪のケースでは1,300m足らずで掘進限界に達する可能性がある。このため、摩耗が激しいシールド機外周部付近については図-3に示すように転送軌跡上に2セット配置する1バス2カッタ方式を導入した。

4. 掘進完了後の摩耗量測定結果

1,400m掘進をしたマシン（A）および700mを掘進したマシン（B）について装着した各々17個のディスクカッタの摩耗量を測定した。測定結果は、図-4に示すようにカッタ取付半径を転送距離に換算して図-2の摩耗量予想値と比較した。これより、下記の事が言える。

- ① ディスクカッタは、取付半径つまり転送距離に比例して摩耗し、全体として中央値と80%信頼値の間にある。
- ② 1バス2カッタ区間（No 6～No17）のカッタは、当初期待した摩耗低減効果は明確には見られなかった。これは同一軌跡上のカッタが、同時に地山に接触する状態であったためと思われる。
- ③ シールド機の掘進をこのまま継続した場合、転送距離625kmでカッタが摩耗限界に達し掘進困難となる可能性がある。

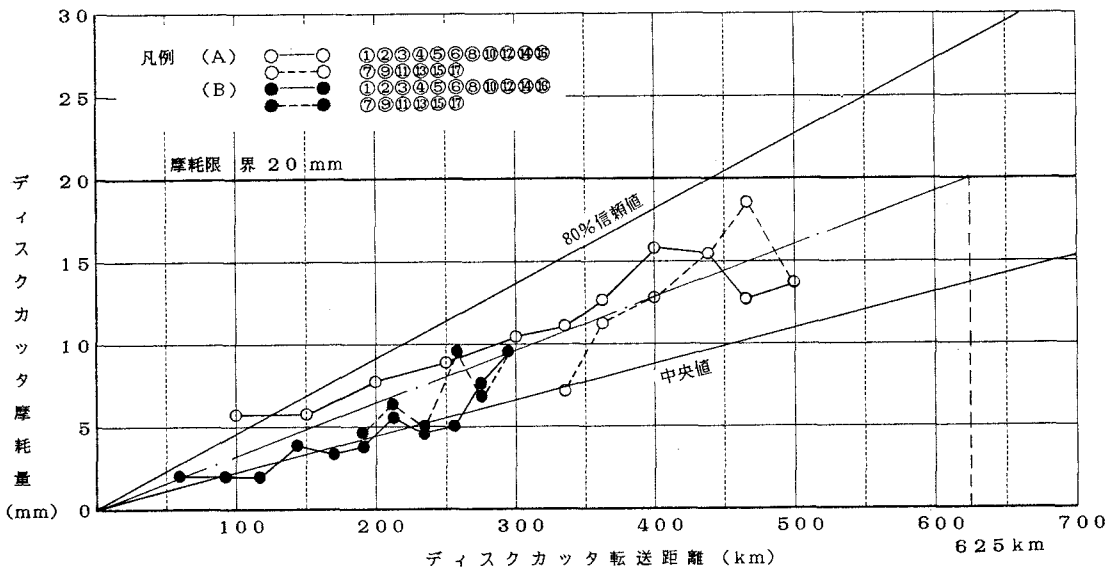


図-4 摩耗量測定結果

5. あとがき

今回の調査結果を見るかぎり、砂礫層での中口径シールド機に装備したディスクカッタの掘進転送距離は当初予想通り625km前後の範囲にあると言える。 $\phi 4,000\text{mm}$ 前後のマシンでは約1,800mに相当。前述のとうり、砂礫層を掘進するシールドマシンの場合は、ツールビットのチップが欠損脱落を起こすことから耐久性が計算できないため、ディスクカッタの摩耗限界が即シールドマシンの掘進可能限界に近いと言える。今後、長距離掘進を実施するには、カッタ自体の耐久性向上などとともに、掘進中にカッタの摩耗量を検出する計測システムの開発、簡易なカッタ交換法の開発などの技術開発が必要である。