

III-47

多円形断面シールド(MFシールド)の施工 その1

— 掘削特性について —

JR東日本 渡辺 節雄 小野 浩克
(株)熊谷組 瓜生 宗男 繁 修二

1. はじめに

カッターを2面有する多円形断面シールド(MFシールド)¹⁾により、京葉線京橋トンネルの掘削を行った。シールドの断面が $\phi 7.42\text{m} \times 2$ (幅 12.19m)と特殊形状であることから、施工にあたり、負荷特性、姿勢制御性、切羽安定性などMFシールドの掘削特性を明らかにするために十分な検討が実施された²⁾。本報は、京橋トンネルの施工データを紹介し、実施工におけるMFシールドの掘削特性について報告するものである。

2. 京葉線京橋トンネルの概要³⁾

京橋トンネルは、東京地下駅東側の立坑から新八丁堀に到る延長 619m の鉄道用複線トンネルであり、中高層ビルの林立するオフィス街の道路下に土被り $23 \sim 27\text{m}$ で位置している。路線の平面線形は、発進直後に半径 1200m の曲線があり、直線区間を挟んで到達付近で半径 405m の急曲線となっている。また、縦断線形は、発進立坑から約 200m がレベルで、その後は 7% の上り勾配である。

地質の概要については、発進立坑から 400m までの区間は、GL- 6m 付近以深より洪積層となり、トンネル切羽の地質はよく締まった洪積砂質土である。しかし到達立坑付近では、沖積層の厚さが最大 20m に及ぶとともにトンネル切羽に洪積礫層が現われ、施工上注意を要する地質構成となっている。

3. 施工結果

(1) 掘進実績：掘進速度は、初期掘進区間(32リングまで)で $1 \sim 2\text{cm/分}$ 、本掘進では 3cm/分 で行った。送泥水濃度は $1.2 \sim 1.3\text{tf/m}^3$ 、泥水圧は、エントランス付近を除き 100 リングあたりまで 2.6kgf/cm^2 で行ったが圧力を下げても問題がなかったため、その後はほぼ 2.2kgf/cm^2 とした。ただし礫層にはいり、礫処理能力に合わせて掘進速度を 2cm/分 に、泥水圧も切羽安定上問題のない範囲で逸泥の無いよう 1.5kgf/cm^2 に低下させ、また、カッター回転数も掘進速度の低下に合わせて通常の 0.86rpm から 0.43rpm に落として掘進した。カッターの回転方向については、半径 1200m の曲線区間および直線区間は主として前後のカッターを互いに逆方向の回転とし、左へ曲がる半径 405m の曲線区間では両カッターとも切羽に向かって左回りの回転とした。

地下鉄などの交差構造物および地表面において沈下や隆起はほとんど認められなかった。また、土砂の過剰取込みはいずれのカッター回転方向においても認められず、総排泥量に占める先行排泥量の割合は、図-1に示すようにほぼ面板の掘削面積の比(0.57)と同じであった。これらのことより、設定した掘進条件は適切であり、また切羽安定性に問題のなかったことがわかる。

(2) 姿勢制御：シールドの姿勢制御は、使用するシールドジャッキの組合せとカッター回転方向の選択により行い、また曲線部においてはコビーカッターによる余掘り量の調整も加えて行ったが、可動そりなどの補助設備を使用する必要はなく比較的容易であった。また、セグメントの蛇行は、図-2に示すようにヨーイングおよびピッチングともに小さく蛇行管理値 50mm 以内で制御でき、また、ローリングも最大で 0.05 度と小さく十分に管理値を満足する値であった。

(3) カッタートルク：カッタートルクの最大値は、先行カッターで 194tfm 、後行カッターで 150tfm であり、それぞれ装備トルク(先行、後行いずれも 467tfm)の 42% 、 32% であった(図-3参照)。また、先行と後行のカッタートルクの比は、その平均値(先行 74tfm 、後行 56tfm)で求めると 1.32 となり、先行と後行の掘削断

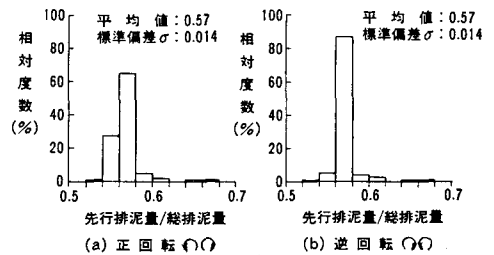


図-1 先行排泥量/総排泥量の頻度分布

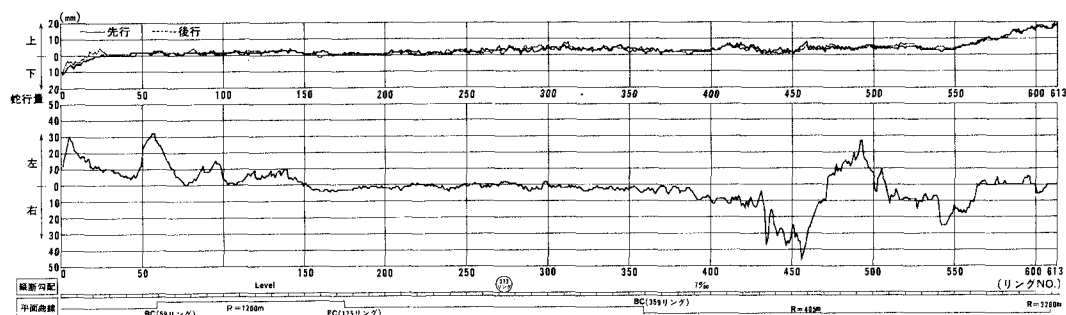


図-2 セグメント蛇行図

面積の比と一致した。

また、先行と後行におけるカッタートルクの方担率は、図-4に示すようにシールドのヨーイング回転角(θy)と相関があり、右回りのヨーイングが発生している場合には、先行

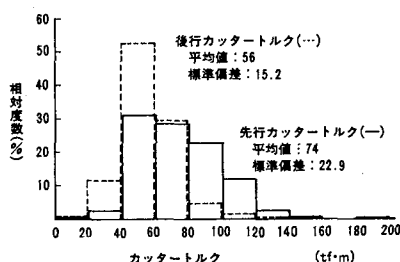


図-3 カッタートルクの頻度分布

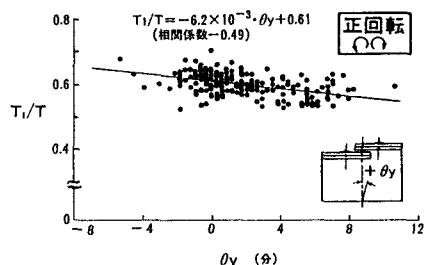


図-4 T_1/T と θy の関係

カッターのトルク分担率(T_1/T)が減少する傾向にある。

(4) 総推進力： 総推進力は、泥水の逸脱が無いよう泥水圧を下げたエントランス付近での施工や礫層区間では3500tf以下であったが、通常の掘進では大部分が4000~5000tfであった（図-5参照）。なお、総推進力の最大値は6448tfを示し、装備推進力10100tfの64%であった。

(5) MFシールドの解体調査結果： 掘進完了後、シールドを解体しカッターヘッド、カッタービット、アジテータ、カッター軸受け、カッター駆動装置、排泥管などについて、掘削前後の変化の状況を調査した結果、MFシールドの各部位は十分な耐久性を発揮したことが実証された。

特に、当初心配された面板ラップ部の土砂の噛み込みによる後行側のカッターヘッドおよびビットの異常摩耗も認められなかった。また、後行側のビットの摩耗量は図-6に示すように先行側に比べて少なかった。

4. おわりに

京橋トンネルは、1988年1月末にMFシールドが発進し、同年8月末に貫通した。掘削は特にトラブルもなく順調に進

み、またセグメントの組立も予想以上に容易であった。1日あたりの掘進量は、稼働日の平均で5~6m、最大で8mであり、これらは単線シールドと同等の実績であった。MFシールド工法は、今後施工経験が増えれば、さらに経済的なトンネル工法になるものと考えられる。本報告が今後の施工に役立てば幸いである。

- <参考文献>
- 1) 松本嘉司：多円形断面シールド工法（MFS工法）の開発，日本機械学会誌，pp.84~88，1988.10
 - 2) 松本嘉司・内田聡吉・他：多円形断面シールドトンネル（MFS）工法の研究および開発，土木学会論文集，pp.17~26，1988.9
 - 3) 渡辺節雄・小野浩克：京葉都心線京橋トンネル建設工事，土木施工，pp.11~17，1988.9

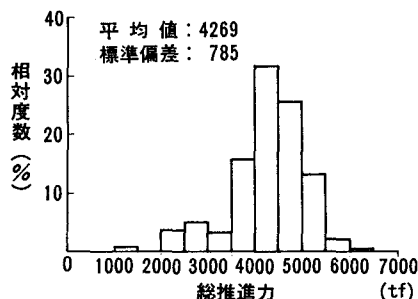


図-5 総推進力の頻度分布

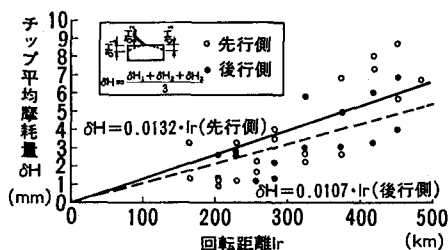


図-6 カッタービットのチップ摩耗量