

# MFシールドトンネル

小山 幸則(京都大学)

## はじめに

都市の地下鉄道建設の主角となっているシールド工法は、今から90年前に不良地質のために難航していた山岳トンネル(羽越線折渡隧道)に対する補助的な工法として日本で初めて適用され、その後も、海底トンネル(山陽線関門隧道)の施工に用いられるなど、特殊な工法と位置付けられていました。その後、大都市部での地下鉄建設が盛んになるにつれて、地上部への影響が少ない工法として広く用いられるようになっていきました<sup>1)</sup>。このように、シールド工法は鉄道で生まれ、鉄道で育った技術といっても過言ではありません。ここでは、この工法のうち、最近のシールド工法の技術革新の起爆剤となったMFシールド工法の誕生と発展を中心に紹介します。

## MFシールド工法の開発

東北新幹線の上野地下駅を挟む上野トンネルは、上下線を一つの円形トンネルに収める複線断面のシールド工法で建設されました。図1に示すように新幹線の建築限界から必要とされる空間は、横長の扁平断面で、これを包含する円形トンネルではトンネルの上部と下部に大きく余分な空間が生じてしまいます。特に下部の空間は軌道を支えることになるので、再びコンクリートで埋め戻されることになり、二重に無駄を行う感が否めません。ここから、特殊断面のシールド工法を開発しようとする機運が生じました。当初は横長の楕円形状が提案されましたが、緩やかな曲

線にするとトンネル外壁を構成するプレキャスト部材(セグメント)の強度を大きくする必要が生じ、また、いくつかに分割して組み立てられるセグメントの形状も多様になるなど、必ずしも経済的にはなりません。そこで、通常の複線型箱形トンネルのように中央に柱の立つ図2のような形状が提案されました。これが、MFシールド(Multi-circular Face Shield)です。この形で設計計算をすると、単円形の複線断面シールドよりもセグメントの厚さが小さくなり、ほぼ単線断面のものと同程度になるので、メリットのあることが分かりました。

しかし、施工の面から見ると、通常のシールド機械をそのまま組み合わせただけではうまく掘削ができません。その理由は、最近のシールド工法では、機械の先端部にチャンバーと呼ばれる空間を作り、そこに泥水あるいは泥土を密封して圧力を掛けて掘削面の崩壊や地下水の流入を防ぐとともに、先頭部で回転するカッターフェイスと呼ばれる円盤に地盤切削用のカッターを多数取り付けて、掘進していくようになっているからです。2つの円を一部重複させる形状のMFシールドを考えると、そのままでは左右のカッターフェイスが干渉してしまいます。そこで、2つのカッターフェイスを前後にずらすことによりこの問題を解決しました。

MFシールドは、京葉都心線の東京駅・新八丁堀駅間の京橋トンネル(図3)に初めて適用され、極めて順調に施工が行われました。その結果、従来、「シールドトンネルは

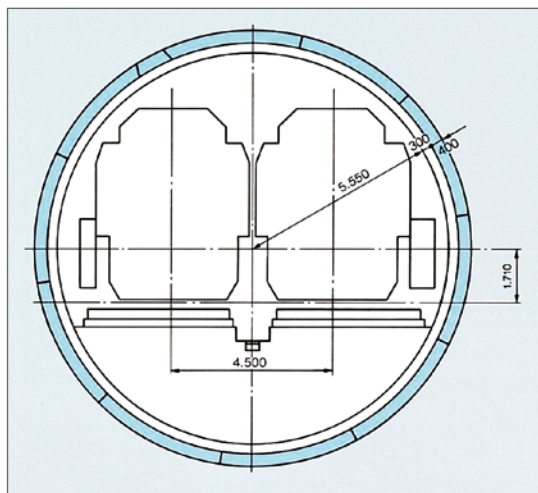


図1 新幹線上野トンネルの断面図

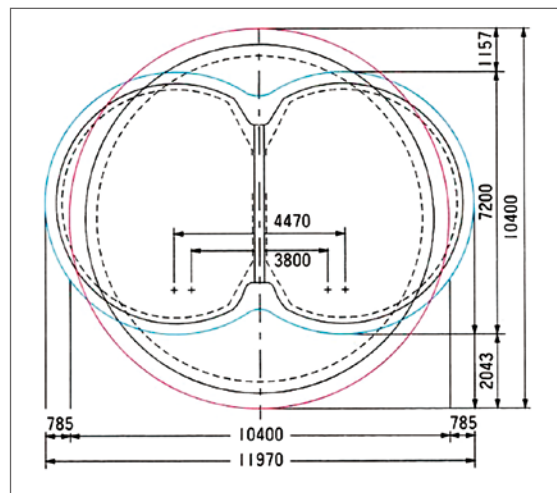


図2 MFシールドと単円形シールドの比較<sup>2)</sup>

単円形でなければうまくいかない」と考えられていた常識を覆し、その後のシールド工法における新技術の開発を大いに促進することになりました。

### 地下駅建設への適用

MFシールドの開発当初から、扁平な形状のトンネルを容易に建設することができるところに着目して、上部に移設や仮受けのできない構造物があり、その直下に地下駅を建設する場合に適用することも考えられていました。京橋トンネルの施工が行われていた当時、東京都営地下鉄大江戸線の環状部の施工が始まり、いくつかの地下駅が既設の地下鉄や大規模な電力洞道等の直下に計画され、その構造と施工法について検討されていました。その中で、京橋トンネルの成功を見て、多くの地下鉄、河川、高速道路の高架橋等の大規模で重要な構造物の錯綜する直下に計画されていた飯田橋駅の施工に適用されることになりました。

ここでは、重複させる円形は3つで、中央のカッターフェイスを前に、両脇のものを少し後ろにずらすようにしました。ここで問題となるのは、駅間のトンネルでは支障とならない柱が、地下駅では乗降の邪魔になることでした。これに対しては、トンネル軸方向に縦梁を構成し、4本ピッチに設置した本設柱で中間の3本の仮設柱の荷重を受け替える構造としました(図4)。

この工法は、その後、上部から開削工法で施工することが難しい駅部(大阪市営地下鉄長堀鶴見緑地線大阪ビジネスパーク駅、東京メトロ南北線白金台駅)や駅部と留置線を含む3線部(東京メトロ半蔵門線清澄白河駅)の施工に応用され、適用範囲が広がっていきました。

### おわりに

MFシールド工法は、必要な空間のみを建設するという発想から開発が進められましたが、扁平な空間を掘削できる特長を活かして地下駅の建設に用いられるなど、地下鉄道の建設工法の幅を広げることに大いに寄与しました。しかし、この工法の果たした真の役割は、従来の常識を打破

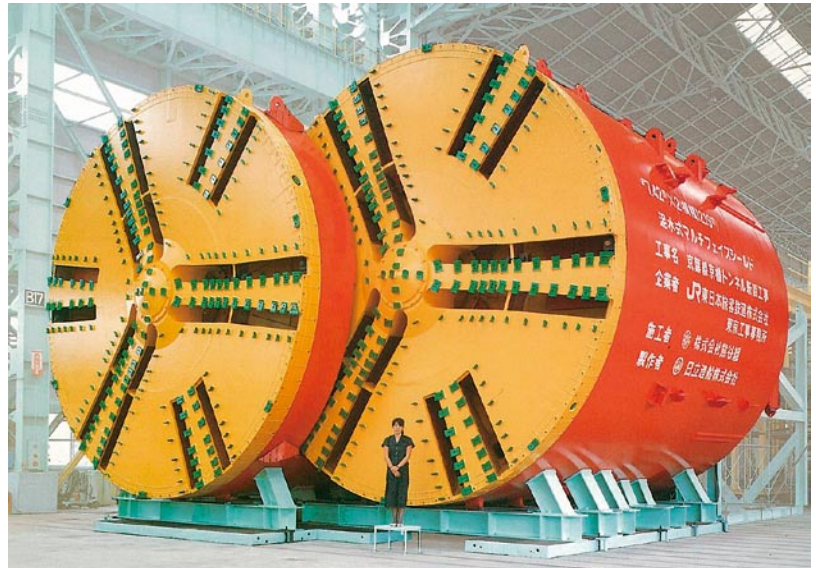


図3 京橋トンネルのシールド機械<sup>2)</sup>

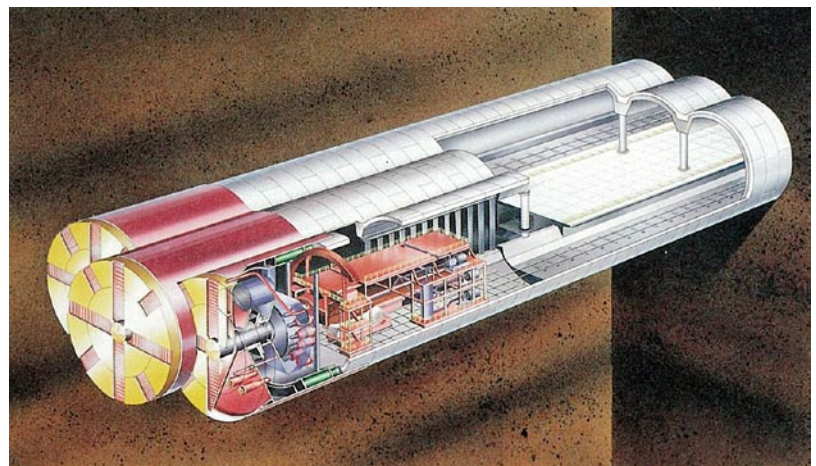


図4 大江戸線飯田橋駅施工イメージ<sup>2)</sup>

し、新しい発想で技術開発を行い、それを実施していく意欲を技術者に喚起したことにあります。MFシールドの成功を機に、シールド工法分野では、さらに特殊な断面のシールドの開発、新しい形式のセグメントの開発、トンネルの中間で断面の大きさを変化させるシールドの開発等が続き、今なお、従来の常識からは考えられないような新技術の開発が進められています。

### 文献

- 1) 小山幸則：鉄道施設を支えた新技術－その誕生と進化－「シールド工法」、日本鉄道施設協会誌、Vol.44, No.4, 2006
- 2) 松本嘉司：最新シールドトンネル、日経コンストラクション・ブックス、1994