

29. 大口径TBMによる舞子トンネルの施工

本州四国連絡橋公団；土山 正己

1. はじめに

本州四国連絡道路の神戸～鳴門ルートは、神戸市から淡路島を経て鳴門市に至る延長81kmのルートです。このうち、淡路島の津名一宮ICから鳴門市の鳴門IC迄の大鳴門橋関連区間約45kmは供用を開始しております。津名一宮ICから北側の約36kmが明石海峡大橋関連区間として、昭和63年5月に工事を着工し、平成10年春の完成を目指している所です。舞子トンネルは、垂水JCTと明石海峡大橋をつなぐトンネルで延長は約3.3kmあり、3車線断面のトンネルを2本併設する構造となっています。地質は約3/4は大阪層群であり、残りの約1/4は六甲花崗岩です。このうち六甲花崗岩部の600m区間について本坑断面内にずり運搬用の導坑を早期に貫通させる必要があり、トンネルボーリングマシン（T.B.M）を採用した。

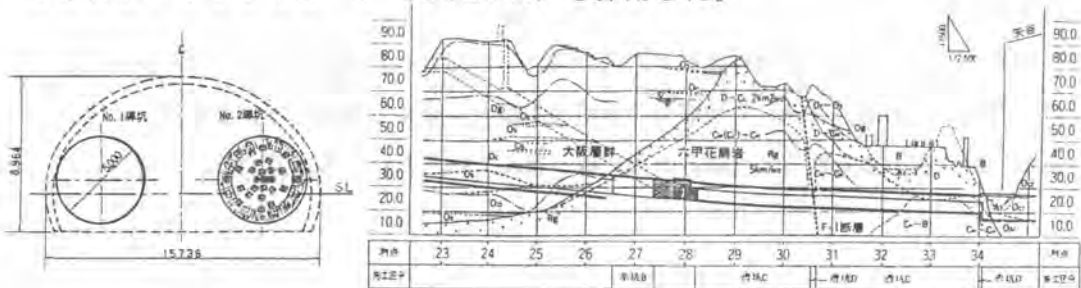


図-1 導坑断面と地質縦断

2. T.B.M採用の理由

T.B.Mを採用するに当たり、次の条件を踏まえて検討した。

- ①掘削対象地質が、一軸圧縮強度最大2400 kgf/cm²にも達する硬質花崗岩である。
- ②周辺およびトンネル直上に住宅等があり、従来の発破工法が採用できない。
- ③トンネルのズリ運搬路として導坑を利用する為、早期に施工する必要がある。

以上の条件を満足させる為、掘進速度が早く、騒音・振動の比較的少ないT.B.M工法を採用する事とした。

尚、この導坑の内径を決定するに当たり、大型ダンプカーが通行できる事又は、幅1.2mのベルトコンベアが設置できる事と言う条件で検討し、φ5mの直径を決定した。又、到達地点である矢谷側の土質が悪くT.B.Mは導坑掘削を行なった後導坑内を後退する必要があった。

3. T. B. Mの仕様

T. B. Mの主要諸元を表-1に示す。このT. B. Mの特徴は、次に示すとおりです。

- ①大型ディスクカッターの採用で高いスラスト力を発生し、一軸圧縮強度2500 kgf/cm²までの超硬岩が掘削可能。
- ②掘削完了後、自らが掘削した孔を後退させる必要があり、外周パケット及び外周カッターを取りはずし、φ 4.5mまで機械径を小さくし後退。
- ③市街地であり、電力事情が必ずしも良くなかったので、始動時のピーク電流の影響で、周辺地域にトラブルを発生させない為電動機にクラッチを設け順次起動を採用。
- ④掘削に伴う粉塵除去の為、湿式の大型集塵機を搭載。
- ⑤レーザー受光器による自動測量システムを採用し、T. B. Mの位置、姿勢をオペレータが直感できる様に、パソコンCRT画面の表示方法を工夫し、掘進精度を確保。



写真-1 T. B. M工場内組立

表-1 T. B. Mの仕様

掘削径	5,000mm	カッター電動機	150kw ×6=900kw
機長	19,470mm	カッタートルク	108t-m
全長	59,970mm	カッター回転数	7.5rpm
重量	260ton	カッター径	394mm
出力	1,080kw	カッター数	37個
推力	212t×4=848t	後続台車	3台
グリッパ押付力	1,048t	ベルトコンベア	600w・248m/日

4. T. B. M掘進計画

T. B. Mの組立は、作業用斜坑（幅7.5m×高5.9m、勾配12%、最小曲率半径R=40m）をトレーラで直接本坑内基地に搬入し、写真-2に示すように坑内に設置した橋型クレーン（60 t）により坑内組立を行なった。4本の導坑掘削は図-2の順序で行なった。

ズリ出しは12 t電車と6 m³鋼車×4両の1編成により行ない、坑内のズリピットに仮置した。



写真-2 坑内組立

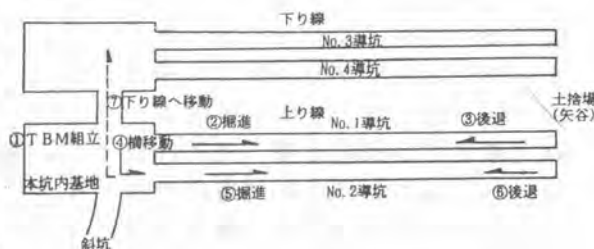


図-2 施工順序



写真-4 支保工のない区間



写真-5 支保工区間

5-2 岩盤分類と機械データ

岩盤分類別に機械データを整理した表-4から次の事が言える。

- ①掘進速度は強度の低下と共にほぼ直線的に増加している。
- ②硬岩部における掘削では、カッター電流が岩盤強度と比例して増加していない。原因はカッター切込深さが小さくトルクに余裕がある為であり、掘進速度は推力に支配されている。

表-4 岩盤強度別機械データ

	単 位	No. 1導坑 岩盤分類						No. 2導坑 岩盤分類					
		a	b	c	d	e	平均	a	b	c	d	e	平均
構成比率	%	14	30	36	8	12	100	16	24	28	19	13	100
一軸圧縮強度	kg/cm ²	2007	1538	1225	904	776	1349	2427	2165	1723	1372	838	1760
純掘進速度	m/hr	1.01	1.16	1.42	1.52	1.68	1.29	0.98	1.14	1.19	1.47	1.63	1.22
カッター切込深さ	mm	2.3	2.6	3.2	3.4	3.7	2.9	2.2	2.5	2.7	3.3	3.6	2.7
スラスト推力	ton	631	588	474	429	404	531	680	604	517	549	443	571
カッター電流	A	110	110	105	97	94	106	113	109	104	108	99	107
カッター回転トルク	t-m	50	50	47	44	42	48	51	50	47	49	45	49

7. あとがき

T. B. Mに対する評価としては、超硬岩での掘削は予想を上回る掘進速度を得られており、カッターの大型化が大きく貢献していると思われる。一方、比較的軟らかい部分での掘削に於いては、掘進速度を早めると大きなズリが発生しやすくなり、ズリ搬出が困難になる事があった。又、カッター交換に多くの時間を要した事から、これらについては、今後とも改良の余地があると思われます。

しかしながら、今回のT. B. Mは全般として良好な結果を得ており、今後の類似施工に於いて、この資料が参考となれば幸いです。

最後に、この工事を請負われた奥村、鴻池、鉄建特定建設工事共同企業体の所長始め関係各位及び、小松製作所、建設機械化研究所の関係各位に感謝の意を表わす次第であります。