

房総導水路におけるブレードシールド工法について

水資源開発公団房総導水路建設所

正 会 員 〇 楯 葉 延 寿
高 村 茂

1 まえがき

房総導水路建設事業は近年水需要が急激に伸びている千葉県東部沿岸に工業用水、水道用水 $24 \text{ m}^3/\text{sec}$ と九十九里沿岸の水道用水 $10 \text{ m}^3/\text{sec}$ を合わせて $34 \text{ m}^3/\text{sec}$ を供給するもので、事業内容は、導水路延長 62.4 km アース 9.4 km 揚水戽場 4 ヶ所及び調整池 2 ヶ所からなり、特に、導水路は農林省が施工した土地改良施設 2.5 km を天用する区間と新設専用区間 5.2 km の計 62.4 km からなる。

新設される導水路（延長 5.2 km ）は、地形、用地、将来の維持管理などから全線にわたって地下に埋設あるいは、地中に構築される、いわゆるトンネルとなつてゐる。

表 - 1 導水路の施工法別内訳表

	圧気工法	シールド工法(圧気)	ブレードシールド工法	種 い 地 工 法				削削工法	計
				771スローダ	カッターローダ	ロードヘッダ	人 力		
箇所数	1	3	3	18	9	2	4	28	68
延長(m)	1,122	3,177	1,670	10,821	5,691	1,180	800	$Cd-C = 908$ $S = 8249$ 5157 17.4	29,618
率(%)	3.8	10.7	5.6	36.6	19.2	4.0	2.7		

昭和46年9月着工以来現在までに 31.24 km 着手し 23 km 完了しているが、その掘削工法は、地質、地下水、公害及び環境保全などから表-1のとおりとなっている。そのうち本稿では、わが国において初めて採用し相当の成果を得たブレードシールドによる 24 号及び 26 号トンネルの施工実績を紹介して、その概要等について述べてみたい。

2 トンネルの概要と工法選定

位置 千葉市小食土町

通水量 $13.0 \text{ m}^3/\text{sec}$

トンネル断面 原形馬蹄形 $2R=3.50 \text{ m}$

水路勾配 $1/850$

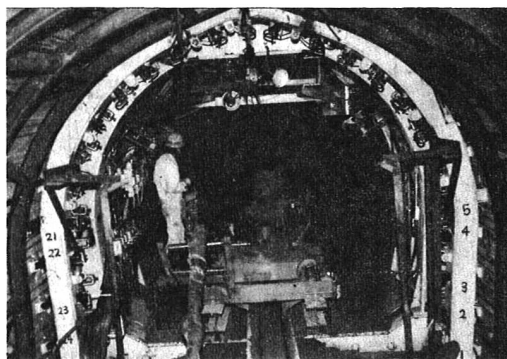
トンネル延長 24 号 62.45 m 完了
(使用機械 輸入 1号機)

トンネル延長 25 号 65.45 m 掘削中
(使用機械 国産 1号機)

トンネル延長 26 号 28.65 m 完了
(使用機械 国産 1号機)

ライニング 全面コンクリート

24号トンネル輸入1号機掘削中



26号トンネル国産1号機掘削中



地形は千葉県特有の丘陵地帯で 地表は畑地を主体とし、山林が点在している。

地質はほとんど第四紀洪積世に生成された地層（主として成田層群）であるが台地表面には広く（ $1 \sim 4$ m）関東ローム層が堆積している。成田層群は 主として黄褐色の細粒砂～砂質シルトから出来ているが 台地の低部には成田層群より下位の黒灰色のシルト岩で代表される鶴舞層群が見られる。

本トンネルが計画されているE.L. 80 m附近は 砂「S」または砂質土「SF」で 局部的にシルト層の層を挟んでいる。N値は $20 \sim 40$ 一軸圧縮強度の $8 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$ 程度である。地下水はボーリング調査結果よりトンネル掘削面までにはなく、湧水の心配は少ないが 土かぶり が薄く（ $1 \sim 2.0$ m）また 地質が上記のとおり砂層のため降雨時の雨水の浸透水による崩落が危念され、また 附近の自然美を利用し千葉市では自然公園として 開発を進め造園工事のため工程制限もあり、トンネル施工は安全かつ迅速に施工する必要があった。

以上の諸条件により工法選定は鍾地工法、メッセル工法、メカニカルメッセル工法、シールド工法等の工法を比較検討し、メカニカルメッセル工法を採用することにした。

3. ブレードシールド工法

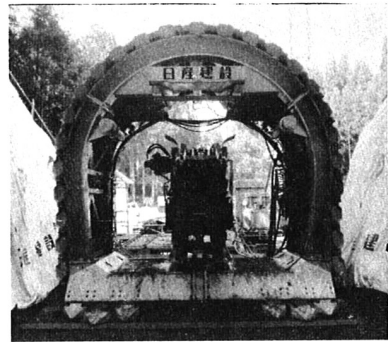
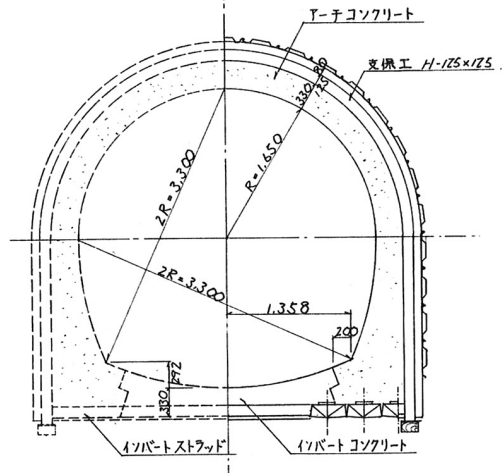
メカニカルメッセル工法は メッセル支保わくを自走式に換え、メッセル鋼矢板とジャッキ中の取付を自動装置にし、ワンマンコントロールが可能であるように改良したもので、ブレードシールドはこの一種である。ブレードシールドは、シールド本体の推進にあたり在来シールド推進と異なり、セグメント、あるいは鋼製支保工に推進による負荷を全くかけない面期的シールド推進様式である。これは在来シールドの剛体構造と全く異なり、外殻（スキンプレート、いわゆるブレード）を複数枚に分割し、おろりのブレードは先端に刃口部を伴う菱形構造とし、その分割された外殻ブレードに加わる周辺フリクションをクローピングフレームおよびプッシングフレームに交互に伝達し、反力体を構成し順次推進して全体を同一位置に前進させる工法である。

ブレードシールド工法の特徴（要点）

- (1) 正確な断面掘削が可能のため余堀が少なく土被りが浅い場合でも表土をいためない。
- (2) ブレードシールド自体が常に作業員を保護するため、安全で確実に施工できる。
- (3) 鍾地工法に比べ コンクリートの巻厚が一定で、正確である。
- (4) ブレードの送り込みはワンマンコントロールであるため作業効率が良い。
- (5) 断面を自由に選択し得る。
- (6) 残骸及びブレードは推進完了後回収できるため、再度転用が可能である。
- (7) 作業員が少なくすみ、且つ残骸の粗み作業も簡便であるため経済的である。

将来施工の問題点

トンネル断面



前面より見た国産1号機

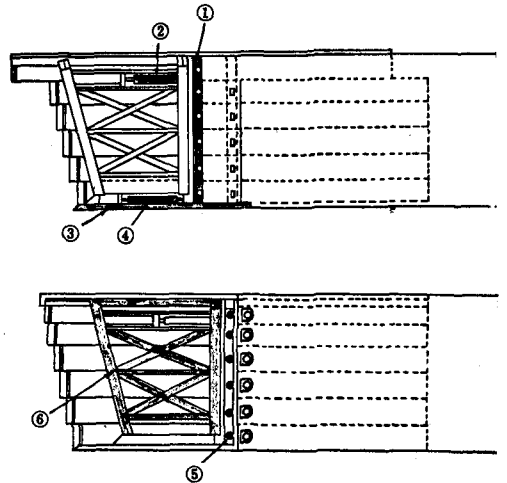
- (1) ブレードシールド内に於けるコンクリートの打ち付け対策。
- (2) 湧水処理及び圧入工法等に対する対策。

ブレードシールド残存作動原理

本機は油圧残存機構を6本をサポーティングフレームに取り付け、周辺にシールドのスキンプレートに相当する菱形断面のブレードを備えたシールド残存機である。又従来のシールドと異なり、反力体をバックにとり、反力を周辺摩擦にとったところが最大の特徴である。

ブレード推進方法

- 1) プッシングフレーム①を点線の位置迄バックさせ、内側に設置されたスプリング構造の自動インターロッキングボルトと連結する。その後、油圧シリンダー②を作動させる事によりプッシングフレームを引込み、サポーティングフレームに沿って平行かつ、自動的にブレードを刃羽中に喰入させる。
- 2) ブレードを左右平均に1〜2枚ずつ貫入作動を繰り返して、全部のブレードを前進させる。
- 3) ③のボトムブレードを各ボトムプレートに装着されている油圧シリンダー④によって前進させる。
- 4) 全部のブレードを圧入し終るとプッシングフレーム①のインターロッキングボルト⑤を連結し、サポーティングフレーム⑥に固定装着した油圧シリンダーを作動させるとブレードとプッシングフレームとが反力となってサポーティングフレームを押し出す。



4 ブレードシールド残の仕様

24号トンネルに使用したブレードシールド残（輸入1号残）は今回わが国で初めて使用されたもので、西独 ウェストファリア社から直接輸入したものであり、26号トンネルに使用したブレードシールド残（国産1号残）は輸入1号残に改良を加えた国産機である。仕様寸法は表一に示すとおりである。

5 施工

- (1) ブレードシールドの組立及び前進

24号トンネルは末端部に立坑を設け、残存機は坑外で仮組立を行い、検査後、モータラッククレーン車にてボトムブレードからつり卸し所定の位置におさめ、次にサポーティングフレームとプッシングフレームとを組み立てる。

その後フロントブレードを順次組立て、油圧シリンダーを所定位置に配置した後シールド残の自重と反力として地山にブレードを1枚ずつ貫入させる。前に述べた操作と繰返して本体と全部地山に貫入し終った段階でフロント

表一2 ブレードシールド機主要諸元

名 称	24号トンネル		26号トンネル	
	全高×全幅	4200mm×4400mm	4257mm×4494mm	
軀 体	長さ	70:13867mm、バル5100mm	70:13850mm、バル3300mm	
	バルク使用枚数	25枚	25枚	
油 圧 機 械	シリンダー	12本（両端7Lピストン）	12本（両端7Lピストン）	
	シリンダー内径	125mm	125mm	
油 圧 機 械	ロード径	80mm	80mm	
	ストローク	500mm	500mm	
油 圧 機 械	最大使用圧力	400kg/cm ²	350kg/cm ²	
	試験圧力	600kg/cm ²	500kg/cm ²	
油 圧 機 械	押付け力	42t（圧力350kg/cm ² ）	42.5t（圧力350kg/cm ² ）	
	引付け力	25t（圧力350kg/cm ² ）	25t（圧力350kg/cm ² ）	
油 圧 機 械	引付け力	1206kg（12本分）	1206kg（12本分）	
油 圧 機 械	ポンプ	7ランジャ形 3台	7ランジャ形 2台	
	吐出量	23ℓ/min	14.25ℓ/min	
油 圧 機 械	圧力	最高400kg/cm ² 、使用350kg/cm ²	最高350kg/cm ² 、使用330kg/cm ²	
	モータ	55.3kW（185kW×3台）	15kW 4P 200V E種	
油 圧 機 械	バルク	420ℓ	300ℓ	
	ポンプ	7ランジャ形 3台	7ランジャ形・2台	
油 圧 機 械	吐出量	11.5ℓ/min	7.5ℓ/min	
	圧力	最高400kg/cm ² 、使用350kg/cm ²	最高350kg/cm ² 、使用330kg/cm ²	
油 圧 機 械	モータ	60kW（30kW×2台）	15kW 4P 200V E種	
	バルク	320ℓ	300ℓ	
操 削 機		定置式 79（スロ-ダ）（FL-21）	79（スロ-ダ）（FL-21）	

表-3 施 工 實 績

26号トンネルは上流側に坊
口の南削した平場及び礫成橋
を利用して組立て輸入 号機
同様に山に貫入した。

25号トンネルは26号貫通後
解体しトラック運搬して25号
トンネル坑口にて上記同様組
立て現在振進中である。

ブレードシールドが組立時
間には24号は立坑のために10人で
3日、26号は2日程度で解
体はその半程度かかった。

(2) 掘 削

24号トンネルは昭和49年1月10日成成の入荷以来ブレードシールドの組立、推進方法等の技術指導をドイツ人技術者より受け着手したが成成の調整に20日周位かかり、またテーブルブレード推進後の矢張り等は困難を来し、その施工法の検討、及び掘削機とブレードとり組合せによる掘削機の選定、切羽崩落の阻止方法の検討等あり、掘削は当初想定

したようにはいかなかったが4月に入って日進4米と記録するようになり、5月には月進144米、日進最大9米と記録した。26号トンネルは24号より試験をへし、成成の改良と天中に行つたので、24号トンネルの時のようなトラブルは無かつたが、延滞性が激しく、ローリング、ピッチングの施工管理に手間どり、掘削開始より2ヶ月は突進行がうなるかつたがその後成成にはゆるに促い安定した掘進が5月10日は月進160米、日進12米の記録と来た。各月の施工実績を表-3に、また1サイクル当りの作業工程を土図に示す。

6. あとがき

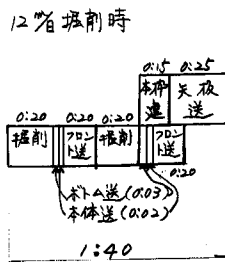
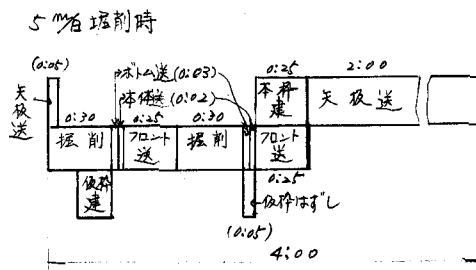
近時震災害、無公害施工を要する世論は誠に厳しいものがある。今日、ここに紹介したブレードシールド工法は、今後湧水、転石等の処理対策、ブレードシールド内におけるコンクリートの直ち打ち対策等に改良を加へるならば土砂トネルの掘削工法としては大いに期待出来る。また、無振動、無騒音が特徴と生かして、オーブンビット工法等に應用するならば、住宅地域等の環境公害や建設公害の防止に威力を発揮し、安全で経済的にしかも工期を大に短縮した画期的工法となるであろう。

最後に本稿とりまとめにあたり、資料の提出等、多大の御協力を頂いた（株）高経、日産建設㈱の諸賢に厚く感謝の意を表する次第である。

4月 日	月道 (m)	果計 (m)	作業量 (直)	作業日数 (日)	実働 (直)	平均実働 速 (m/直)	実働平均時 速 (m/日)	月の平均 作業日道 (m/日)	1直の平均 人 (人)	1mの平均 人 (人)
1	8.5	8.5	20	20	9	0.94	(9) 0.94	0.425	12.56	29.56
2	50.7	59.2	46	27	44	1.15	(23) 2.20	1.870	12.06	10.94
3	52.7	111.9	57	29	34	1.55	(20) 2.63	1.817	11.38	12.31
4	70.26	182.16	51	27	37	1.89	(22) 3.19	2.600	8.96	6.50
5	144.16	326.32	54	28	48	3.00	(27) 5.33	5.140	10.41	3.90
6	110.08	436.4	47	29	40	2.77	(23) 4.81	3.790	10.95	4.68
7	45.6	482.0	49	27	23	1.98	(14) 3.25	1.680	9.25	9.94
8	68.0	550.0	42	27	23	2.95	(18) 3.77	2.510	8.55	5.28
9	79.0	629.0	30	19	28	2.82	(16) 4.93	4.160	8.95	3.40
計		629.0	396	233	286	1.94	(172) 3.45	7.665	10.34	6.48

月 日	月進 (m)	果計 (m)	作業直数 (直)	作業日数 (日)	突効 (直)	平均突効 推進 (m/直)	突効平均日進 (m/日)	月の平均 作業日進 (m/日)	月の平均 作業日数 (人)	1mに要した人員 (人)
7	43.7	43.7	17	12	17	2.57	(12) 3.64	3.64	2.90	3.46
8	52.6	96.3	30	21	22	2.39	(13) 4.05	2.50	6.33	3.61
9	113.3	209.6	50	26	47	2.41	(24) 4.72	4.36	8.20	3.62
10	160.8	370.4	52	27	46	3.50	(26) 6.18	5.96	7.50	2.43
11	16.1	386.5	5	3	5	3.22	(3) 5.37	5.37	9.86	3.06
計		386.5	154	89	137	2.82	(78) 4.96	4.34	77.3	3.08

1 サイクル当り作業工程



Novel Blade Shield Practiced In The Boso Water-Way Project

Since construction works began on the scheme late in 1971 and completed 23 km, out of 31 km proposed in total length, up to this date.

Recently, it has performed considerable results of modern tunnelling technique which has given No. 24 and 26 tunnel work of the project its first Blade Shield Construction Method for the purpose of safety works, prevention of subsidence and an earlier completion date.

Outline of Tunnel

Location:	Yasashido-Cho, Chiba Prefecture		
Proposed Quantity:	13.0 m ³ /sec.		
Section:	Standard Horse-Shoe Type 2R = 3.30 m		
Gradient:	1/1850		
Length:	No. 24 Tunnel	624.5 m	Completed
	Imported Product No. 1		
	No. 25 Tunnel	654.5 m	Under operation
	Domestic Product No. 1		
	No. 26 Tunnel	386.5 m	Completed
	Domestic Product No. 1		
Concrete Lining:	Arch and side walls in one pouring		

The Blade Shield is a further development of the conventional blade shield. Essential features of the novel shield are mechanisation of the blade advance as well as elimination of an artificial abutment. The rear blades can additionally be used as outer sheeting so that with low labour expenditure concrete can be injected immediately behind the front blades. The improved drive method thus excels in a high rate of advance and economy. The free space inside the shield enables the use of loosening and transport devices. Possibly required working face support can be connected to the support frame. The Blade Shield consists of leading section and hinge-connected rear section. All construction and drive elements necessary for blade advance are housed in the leading section. The rear section supports the excavated tunnel section and when applying in-situ concrete serves as outer sheeting.

Drive of the individual blades is carried out via the pushing frame which can be advanced and retracted hydraulically. For drive always one blade only on either side is interlocked with the pushing frame by means of bolts. The remaining blades are pressed against the support frame by the lateral soil pressure and as a unit form the necessary abutment. Subsequently, the cycle of operation is repeated until all blades of the shield have been advanced. The Blade Shield can be controlled. The direction can easily be changed or adjusted by utilizing the forces of reaction generated when several blades of one and the same side are advanced simultaneously. Consequently, the shield swings to the side on which the blades are advanced. With one stroke of the frame the blades are advanced by 500 mm. One double stroke requires about one minute only.