

11. 非セグメントによる直か打設覆工技術の開発

(株)銭高組：岡崎 登

近年、シールド工法の自動化ならびに、コンピュータによるシールド機械の制御、さらにはコンクリート吹付ロボットに代表されるような打設作業の機械化など、シールドトンネルの技術革新にはめざましいものがある。特に都市トンネルのように土被りが少く、軟弱未固結な土質を対象とする施工分野においてもその安全性・経済性の向上を図るべく種々の工法が開発・完成されている。

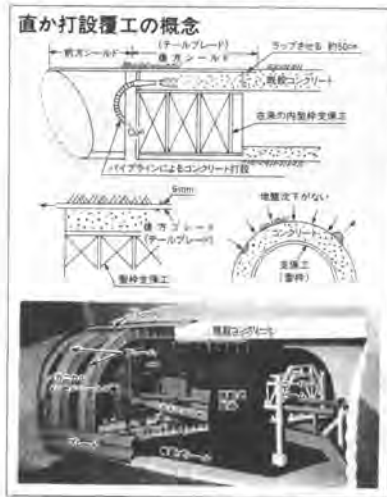


このような地層に対しては各種のシールド工法が採用されているが、いずれも、地山を大きく乱し、かつシールドの反力体である高価なセグメントを必要とするが、なんと建設費の37~40%を占めるなどの欠点があった。

昭和45年、筆者はこのシステムの有効性を早期に着目。最たるネック技術となる地山を乱さず同時に覆工技術と可能としたシールド推進機の開発研究に着手した。その間施工実験をもとに、安全・効率ならびに工費の節減を企てた装置と工法の改良を重ね、一貫して作業システムが可能な自推式シールド推進機を開発・実用化したものである。

1. 自推式シールド機の開発理念

1.1 自推式シールドの特徴



従来のシールド工法は鉄製の円筒を土の中に打ち込む際に、後方セグメントを支えにして切羽部分の抵抗および周辺地山の摩擦を振り切って押し込みながら、中の土を取り出すという考え方に対して、従来一体構造であったシールドの円筒を何枚かの矢板に分割したと考えると、一体構造のものを押し出す時に比べて、こうして分割した割合が小さいほど推力ですむことになる。そこで数個に配列したメッセル矢板、またはこれに代る支持棒(サポーティングフレーム)に取り付けることによって周辺地山の摩擦と機械本体内部の自重を利用しながら、自推式におきかえたことが新しい発想とよっている。

1.2 なぜ直かにコンクリート覆工が可能なのか

本機は、フレームとメッセル矢板から構成されており、推進に際しては反力体(セグメント)を必要とせず自推能力を兼ねている。すなわち、本体はフロント部分とテール部分に分割され、ジョイントはピン構造で連結されており、フロント部はフレームで支えられる個々のメッセル矢板は油圧シリンダで継ぎている。そこでテール部分を利用して覆工コンクリートを打設、テール部の矢板は一時的に外型枠の役割をはたす付組となっている。従って機体自体が、自推しながら同時にコンクリート打設覆工作業を連続的に可能としたものである。

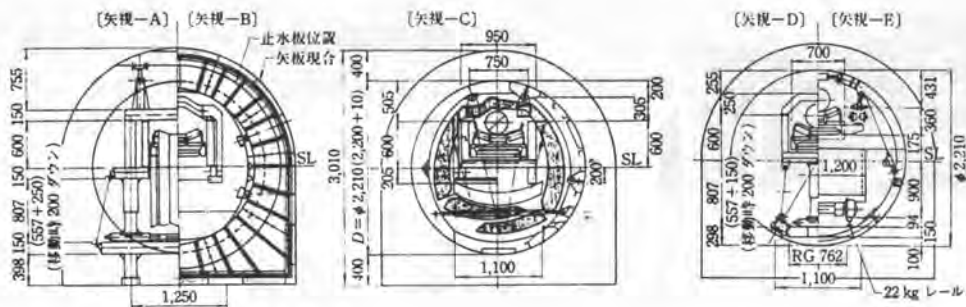
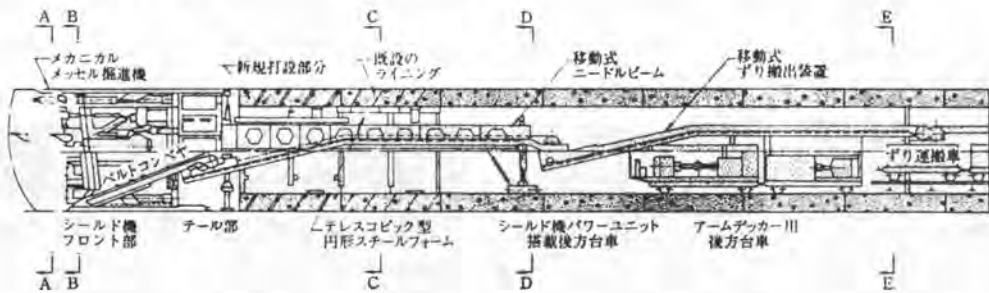
以上開発理念を要約すると。

- (1) 本機械およびシステムを用いることによって、地山に密着した直の打設コンクリート覆工を可能にしたことにより、 Δ 20~ Δ 5%の工事費を軽減することができる。
 - (2) 坑内は、鋼鉄板とフレームおよび、覆工コンクリートが連続しているから崩落がなく、安全に施工を推進することが可能である。
 - (3) 覆工コンクリートと地山のボイドが少ないから、土被りの小さい力前でも地表面の影響が小さい。
 - (4) 円形、馬蹄型、扇型等、断面が自由に選べる。
 - (5) 軟弱地盤から、礫層に至るまで適用性が大きい。
 - (6) 本機械システムは、全油圧方式でワンマンコントロールで効率的である。
- 作業手順と直の打設覆工コンクリートの関係を示すと。

2. 直の打設覆工システム

2.1 掘削機構と直の打設手順

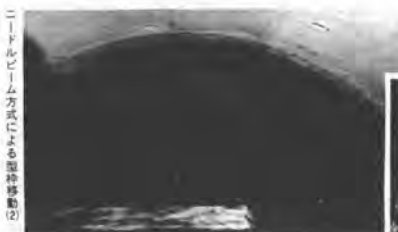
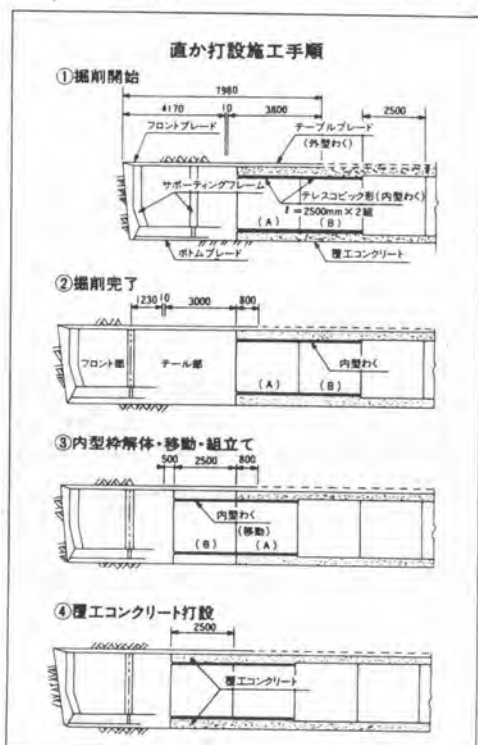
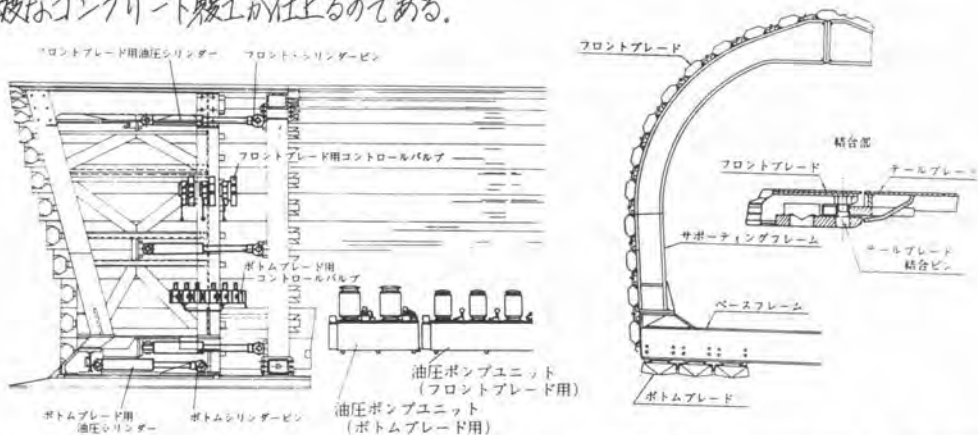
自掘式、メカニカルメッセル掘削機の前面部分にショベル用(chiselling)のみ状ブレードを用いて至石を崩すことが可能な油圧機構を設け、さらに掘削機(Hydraulic Excavator)を装備し、掘削された土砂は連続的にコンベヤによって集められ、トレンアッセンブリの先端で土捨運搬車に積み込まれる。なお、掘削機は下図に示すように、ブレードが受ける周辺土圧のフリクションをサポートフレームと、プッシングフレームと交互に置きかえる仕組みによって、「足とり虫」が進むように土中を無限に掘削し進んでいくことができる。



2.2 直の打設施工手順と基本

直の打設覆工手順の中で基本となるのは、シールド機のテール部分は地山と、外枠の役割をはたすのと同じに、土圧をガッシリと支え、しかも打設コンクリートに外圧がかからない構造となっている。

ことが重要である。従ってフロント部の支桌はピン構造で連結され、後方は部分はずいで打設された覆工コンクリートに托しているから、シールドの前進と平行して直ぐ打設コンクリート覆工が可能である。この時点ではあくまで後方の直ぐ打設部分にはもちろん推進のための推力は加わらぬので、高強度のコンクリート覆工が仕上がるのである。



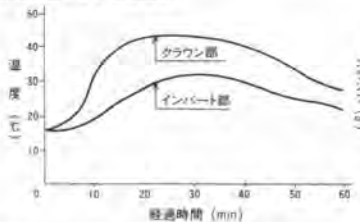
2.3 直か打設のポイント(型枠脱型時の関係)

打設後7~8時間後にブレードを数cm移動させ縁を切っておくことが重要である。従って、夜令7時間で掘削が開始できると同時に外型枠を前方に移動し、2ストローク目(夜令約9時間)から覆工インクリートに序々に土圧を受けることになるが、内型枠で十分に支持されているため、座屈しない程度の強度が保証されているればよいことになる。

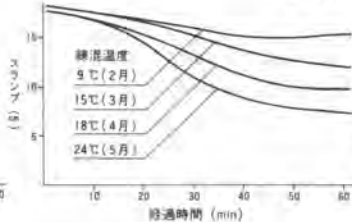
筆者らの実験では、打設完了後7~8時間でブレードを引抜き、土圧を受け始める9時間後には、打設インクリートの圧縮強度は、目標値の30~40kg/cm²が得られている。

■ 施工中の生コンクリートの特性

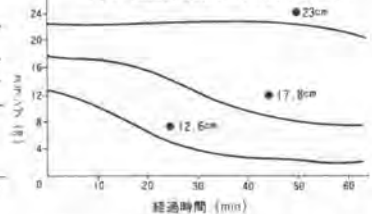
■ 測定位置による温度変化



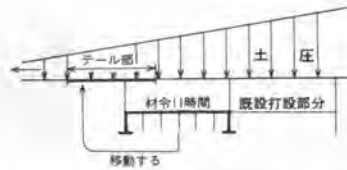
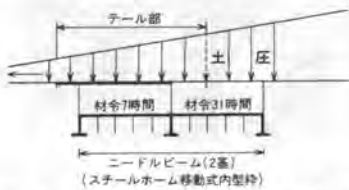
■ スランプの特性



■ コンクリート配設計時に於けるスランプ試験値の比較



■ 型枠脱型時と直か打設の関係



■ 通常サイクル



2.4 打設インクリートの養生

直か打設の場合初期硬化強度は、養生に大きく影響されるから、特に冬期間は早期強度発現のため放射器、重し幕等による保温に注意することが重要である。これまでの実験からするとクラウン部の硬化時の水和熱温度は、夜令24時間で40°C~50°Cになっている。

従って、インバート部分より高い位置では強度発現が大きいから、内型枠はプレスヒックを組むとするのが有利である。

3. 結 論 在来工法と比較検討の結果を以下に要約したものである。

■ 在来工法との比較

項目	進行	推進のための反力	コンクリートライニング面が打設可否	経済性 (t=500を対象)	備 考
在来メッセル工	平均2.1M	矢板支持率	不可	87%	推進にあたり、油圧シリンダー及び矢板支持枠の張り替またはジャッキアップが必要。
在来シールド工	平均7M	セグメント	不可	100	推進のための反力体(セグメント)が必要。また、セグメント自体スラストを受ける充分な強度必要。
メカニカルメッセル工	2.5M 5M	なし (シールドの一部)	可	75-80	直接シールド内にコンクリート打設し得る。推進のためのスラストは全くかからない。従ってセグメントは土圧に耐える軽量構造。
	7M以上	なし (シールドの一部)	可	85	交換工または、軽量セグメントをシールド内に組み立て推進する。テールブレード不要。

■ 覆工コンクリートの配合例

粗骨材最大寸法 (%)	目盛スランプ (cm)	目盛空気量 (%)	W/C (%)	S/A (%)	単 位 量 (kg/cm ³)				
					W	C	細骨材 細砂	粗骨材 木骨 (25%) 笠原 (25%)	混和剤 ポリリス 10L
25	12	3.5	50	41.9	165	330	455 297	531 523	1,650 cc/m ³

C: 早強ポルトランドセメント

材令 12h 50kg/cm²