

日本電信電話公社 茨城電気通信研究所 正員 鶴田秀典

正員 阿南修平

正員○佐藤正朝

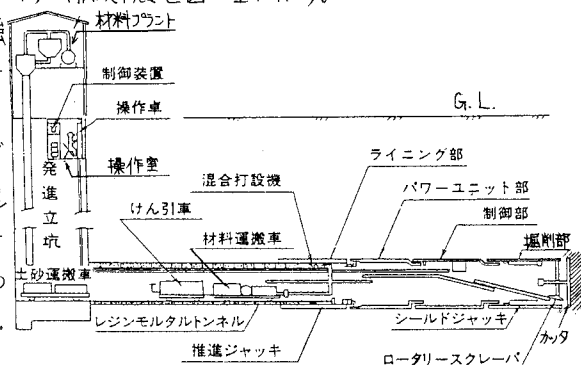
1 まえがき

電電公社では 通信土木工事の高能率化, 環境への適応, 経済化を目的として内径 ϕ 1200 mmの小断面シールド工法(M-2)の開削を進めてきたが, このほど茨城電気通信研究所構内に107 mのレジンモルタルトンネルを築造する掘進試験を実施し, 目標性能を満足することを確認した。本稿はこの試験結果を報告するものである。

2、小断面シールド工法 (M-2) の概要

M-2工法のシステムは、掘削部、制御部、パワーユニット部、ライニング部からなるシールド機、掘削土及びライニング材料等を運搬する坑内運搬車、早強性レジンモルタルを混練する材料プラント、またシステムを集中自動制御する制御装置、操作卓等から成っている。システム構成概要を図-1に示す。

M-2工法の主な特徴は、①打設後30分で所定の強度が得られる早強性レジンモルタルの現場打設によるトンネルライニング方式。②坑内作業を無人化するため、ミニコンピュータを用いて、掘削機の運転、ライニングの現場打設、坑内運搬車の走行等、一連の工程の自動遠隔制御。③水平回転式の新しい掘削排土装置であるロータリースクレーパーの採用による、粘性地盤から湧水のある砂質、玉石地盤まで広範囲な土質への適用拡大である。



3. 掘進試驗結果

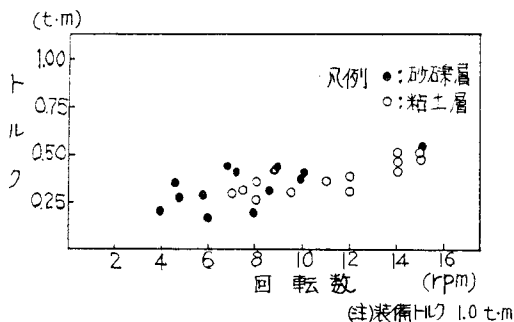
試作した小断面シールド(M-2)システムを用いて、表-1に示す条件で掘進試験を実施した。試験においては、掘削、ライニング打設成形、坑内運搬等の機能の他、集中制御装置の信頼性、ソフトウェアに予め組み込んだ施工手順の妥当性、築造したライニングの強度、成形性等、各項目について調査し、実用性の確認を行った。その結果、次の事項が明らかになった。

図-1 小断面シールド工法(M-2)システム構成

項 目		条 件
線 形	平 面	曲率半径 200mを含む
	縦 断	平均 2% の上り勾配
土 質	立坑～20m	湧水のある粘土、地下水位4.2m
	20m～55m	砂 質粘土、地下水位5m
	55m～107m	ローム
土 被 り		発進口 4m、到達口 2m
掘 進 長		107m、打設リング数219リング

(1)掘削機能—— $\phi 100\text{mm} \sim 200\text{mm}$ の玉石を含む、礫混り湧水砂質土盤及び粘性土盤を、装備推力・トルクの $1/3 \sim 1/5$ で順調に掘進できる。特に湧水土盤では、ロータリースクレーパーのON、OFF制御により地下水流入を少なくし良好に掘削土が取込める。(ロータリースクレーパーからの地下水流入量は停止時 $0 \sim 2.5\text{ L/min}$ 、排土時 $10 \sim 35\text{ L/min}$)。掘進中のロータリースクレーパーのトルク、回転数を図-2に示す。

図-3, 4に掘進平面線形、縦断線形を示す。平面の方向制御は勾配及びライニング部の追従性を考慮しながら掘進した結果、研究目標曲率半径 $R=200\text{ m}$ に対し



四-2 ロータリースクレ-パトルク-回転数

$R=138\text{m}$ を含むS字状の線形を描きながら到達立坑目標位置に誤差 4cm の精度で到達した。縦断面の方向制御は目標勾配 2% に対し、 $1\sim3.5\%$ の勾配で掘進して、 2cm の精度で到達できた。特に縦断方向の制御では、掘削部を上向きにさせる機能を補助するために取付けた修正ジャッキの効果が認められた。

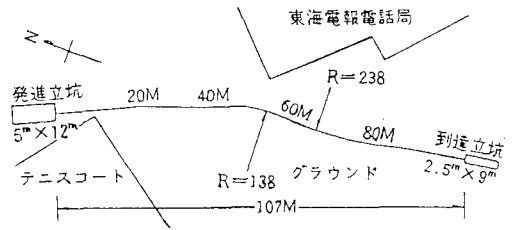


図-3 掘進平面線形

(2)ライニング打設機能——ライニング打設成形装置の機能は地下水の存在する施工条件下においても良好であり、連続的なライニング打設、洗浄、脱型が順調に行なえた。しかし一部装置に保守作業性の改良が必要と認められた。打設したライニング表面は滑らかであり、またライニングよりコア採取し強度試験を実施した結果、圧縮強度で $900\text{kg/cm}^2\sim1200\text{kg/cm}^2$ と目標値 700kg/cm^2 を上回る値が得られた。

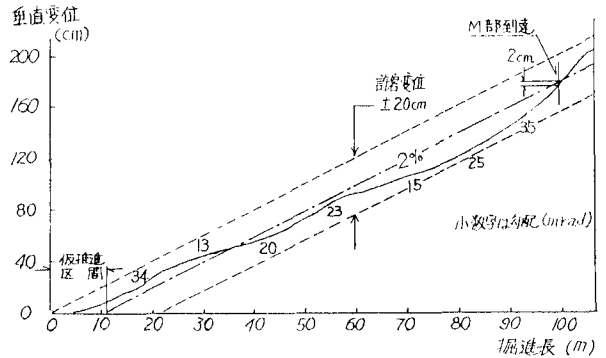


図-4 掘進縦断線形

図-5に打設したリングの天端部を削孔し厚み測定した結果を示す。型枠へのレジンモルタルの充填検知機能は、天端部目標厚さ 10cm 以上に対し、 $12\text{cm}\sim15\text{cm}$ を確保でき良好であった。またトンネル内径は $1200(+0\sim-12)\text{mm}$ で問題はなかった。

(3)坑内運搬機能——坑内運搬車を無線により遠隔制御する方式は、試験の結果、伝送エラー、雑音による障害もなく、良好に制御できることを確認した。また、走行性能については、 $1, 3, 5\text{km/h}$ の設定速度に対し 10% 以内の誤差に制御できた。

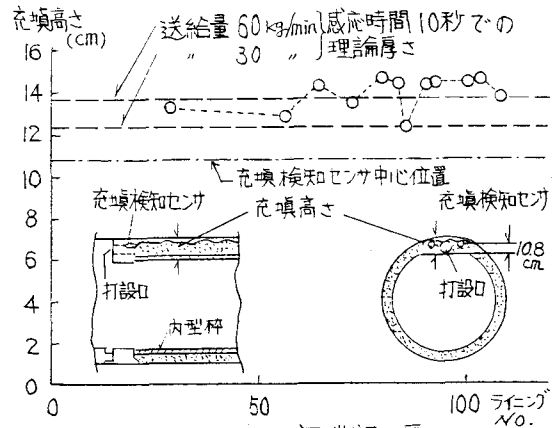


図-5 ライニング天端部の厚み

(4)集中制御機能——本システムを構成する一連の機器の操作を制御、監視する機能及び各制御機器の信頼性は、一部に改良を必要としたものの、おおむね良好で順調な自動掘進、自動ライニング打設成形が可能であった。掘進に関しては、今後種々の地盤での実績を蓄積し、最適なプログラムを開発する予定である。

(5)その他——①1サイクル 50cm のトンネル築造時間は $90\sim110$ 分であった。②シールド掘進による地表面への影響は見られなかった。

4. おわりに

大断面に適用するシールド工法は種々の工法の開発によって高レベルの技術に達していると言える。しかし、小口径のトンネル築造技術について考えると、従来のセグメント方式あるいはヒューム管方式等の技術では、長距離掘進、曲線施工等に対して技術的に限界があるのが現状である。本工法は掘削からライニング築造まで一連の工程を自動化し、坑内作業を無人化するものであり、今回の掘進試験でその実用性が証明されたと言える。現在、さらに厳しい施工条件下で長距離掘進試験を実施中であり、今後施工性の向上、システムの信頼性の向上など、総合的に改良を図って現場に導入する予定である。