

III-191 機械掘削式ヒューム管推進実験工事について

日本電信電話公社 正会員 渡辺 高是
日本電信電話公社。正会員 今村 宏司

1. まえがき

近年の道路交通事情の悪化に伴い、電電公社では、管路区間の無開削工法として、小口径(1,500mm以下)トンネル工法の開発を進めており、その一環としてヒューム管推進工事の機械化施工による高速化、省力化を目指した施工システムの研究を進めている。本実験工事は機械掘削式ヒューム管推進工法のシステム設計に先立ち機構上および施工上の問題点ならびに諸特性を把握するために実験機を試作し、予備実験として27m(1次実験および50m(2次実験)の掘進実験を行なったものである。

図-1 土質柱状図

2. 実験場所および実験装置の概要

(1) 実験場所

本実験工事は、茨城県東海村の茨城電気通信研究所内実験場で実施した。実験場の土質は、図-1の土質柱状図に示すとおりであり、シールド掘進深度は、土被2.5m、最下部で4.1mであり、関東ローム層内を掘進したものである。

(2) 実験装置

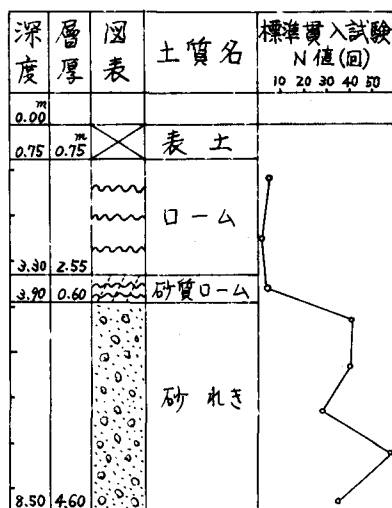
(ア) 掘削機 油圧駆動式回転ドラム型メカニカルシールド機(全長2,180mm、外径1,570mm、カットジャッキ：10ton×4本、ストローク250mm、シールドジャッキ：30ton×6本、ストローク450mm)

(イ) 押管装置 油圧ジャッキ推力100ton×7本、ストローク900mm、各ジャッキ独立駆動式

(ウ) ヒューム管 内径1,350mm、A型普通管

(エ) シールド姿勢計測装置 3軸姿勢角測定器(仰角：加速度計、回転角：加速度計、方位角：ジャイロスコープ)

(オ) その他 スペーサ、パワーユニット、運転操作卓、データ集録装置、ケーブル(計測用、制御用、電力用)、油送ホース、排土用ベルトコンベア、グラウトポンプ、クレーントラック等



3. 実験項目

(1) シールドの方向修正機能 シールド掘進においては、地盤の不均一性およびシールド機のくせなどにより、シールドの姿勢を計画どおりに保つことは困難であり、一般には多少の蛇行現象は避けられないものとなっている。そこで、本実験ではシールドジャッキの操作による方向修正機能を検討することとした。

(2) 姿勢角測定 シールドに搭載した3軸姿勢角測定器により姿勢角を測定し、その結果から求められるシールドの軌跡と光学測量による軌跡を対比し、実用性の検討を行なう。

(3) 山留 ヒューム管山留について、推力の伝達状況、シールド掘進軌跡への追従性、裏込注入効果、接縫部の防水性などについて調査する。

(4) 作業性調査 掘進、計測、ヒューム管セット等の作業別所要時間を調査し作業方法等の検討を行なう。

4. 実験結果および考察

実験工事は、1次実験(27m)および2次実験(50m)に分けて行ない、次の結果を得た。

図-2 シールド仰角変化(1次実験)

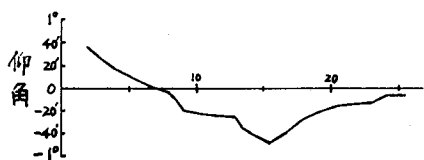


図-3 縦断曲線(1次実験)

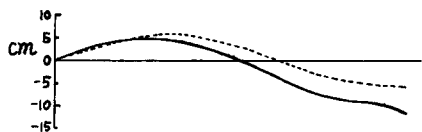


図-4 シールド仰角変化(2次実験)

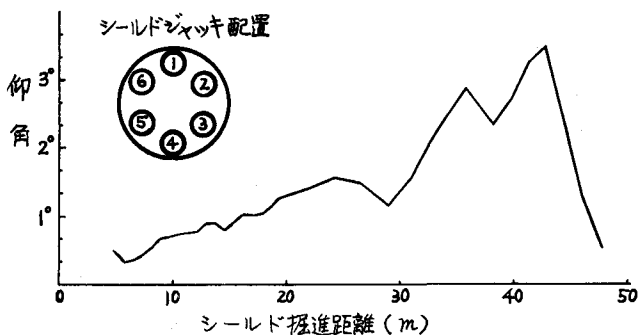


図-5 縦断曲線(2次実験)

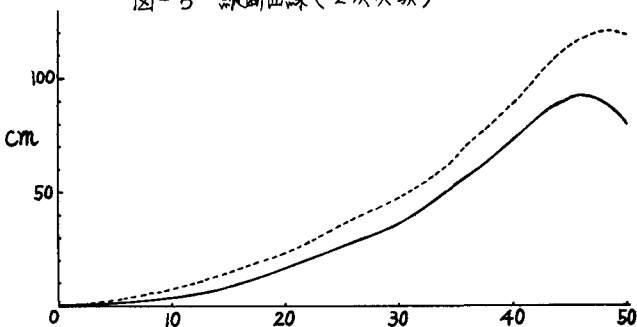
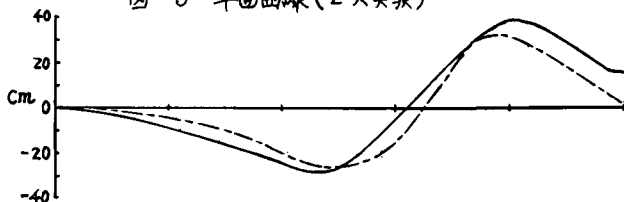


図-6 平面曲線(2次実験)



(1) シールドの方向修正機能
本実験工事に用いられたシールドは、直線施工を前提に試作したものであるが、シールドジャッキ操作の組合せにより、方向修正が可能であった。シールドジャッキによる仰角の変化、縦断曲線および平面曲線を図-2～図-6に示す。回転角については、カット回転方向を変えることにより簡単に修正することができた。仰角、方位角については、修正をはじめてから効果が表われるのにヒューム管約2本の距離(約5m)を必要とすることが分かった。また、シールド軌跡の測量と、ヒューム管位置測量との差は、蛇行に伴うバックリング現象によるものと考えられる。

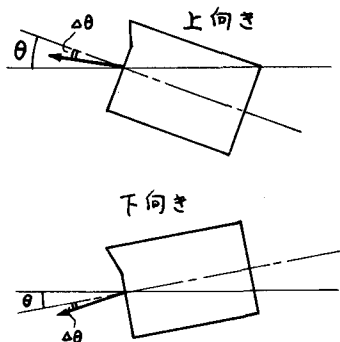
(2) 姿勢角測定

仰角および回転角については、加速度計の測定精度が±5°で有効に測定することができたが、方位角については、ジャイロスコアの測定精度が±1°であったことおよび長期ドリフト、Pitch、Rollによるマスアンバランスの影響により光学測量結果と対応させることができなかった。仰角の積分によるシールド軌跡の縦断曲線は、図-3 および図-5の点線のとおりであり、光学測量との差は、シールドの進行方向が仰角(θ)に対して下向きに $\Delta\theta$ の角度をもっていたものと考えられる(図-7参照)。今回の実験においては、シールドが上向きするとき $\Delta\theta=27'$ 、下向きするとき $\Delta\theta=11'$ という値が得られた。この傾向は、左右の蛇行に対しても同様のことが考えられるが、ジャイロスコアの精度が悪かったため、観測することができなかった。

(3) 山留

ヒューム管推進に伴う押管ジャッキ推力は、ほぼ2ton/mであった。また、シールド軌跡に対するヒューム管の追従性は、強制方向修正を行なった2次実験結果からほぼ良好と判断され、半管(ヒューム管長さ1.2m)の

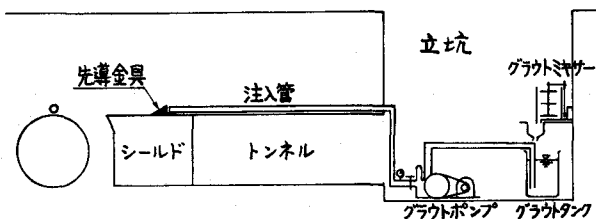
図-7



優位性は認められなかった。

裏込注入は、図-8に示すような装置により、1次裏込はベントナイト水溶液(100g/l)を推進と同時に注入して地山の崩壊を防ぐとともに減摩効果を期待し、2次裏込はセメントモルタル(セメント1:フライアッシュ1:砂1:水2)を、1スパンの推進終了後注入管を抜きながら注入して行く工法を採用した。その結果、1次裏込、2次裏込とも注入は良好に施工できたが、地山が奥東ロームで自立性が大きかったため、崩壊防止および減摩効果については確認できなかった。

図-8 裏込注入工法



接続部の防水性については、シールドテープによる防水とゴムガスケットによる防水について比較検討したが、

作業性、防水効果ともゴムガスケットが良好であった。

図-9 ヒューム管接続部構造

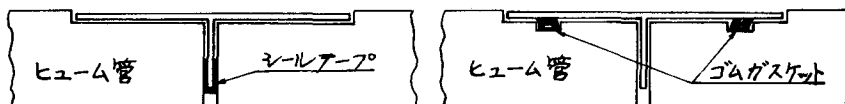
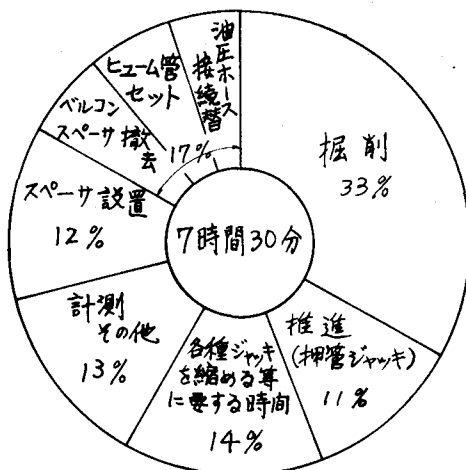


図-10 作業別所要時間

(4) 作業性調査結果

ヒューム管1リング掘推進に伴う作業別所要時間は図-10のとおりであり、7時間30分を要した。このうち、掘削時間の約半分はカッターバケット内の土のつまりによるトルク過大のための停止時間であったこと、また押管ジャッキストロークが90cmであったため、スパーサの設置入替に20%、実験データを収集するための計測等に13%の時間を要していたこと、およびシールドジャッキ推進、押管ジャッキ推進という2段階掘推進により11%のロスタイムがあったこと、などの点を改善することにより、この時間は40%以下に短縮することが可能である。



(5) その他

今回、横坑内の排土に長さ2.5mのベルトコンベアを使用したが、水を含んだ奥東ロームが、傾斜角10°20'のベルト上をすべてポップ部に堆積しがちだったこと、先頭部のベルトコンベアが故障した場合、修理取替のため後続するベルトコンベアをすべて取り出さなければならないので多くの時間を要したことなどから、長スパン推進の場合は排土方式について検討を要する。

シールド駆動用パワーユニットは、1次実験では横坑内第1ヒューム管内に設置して掘進実験を行なったが、横坑内が狭いためトラブルがあったときの修理、調整等の作業性が悪かったため、2次実験では坑外へ設置し、動力伝達は油送ホースにより行なった。この実験により確認した油圧損失は、50l/minの油量で0.24kg/cm²/mであった。この値は理論計算値の約2倍であり、今後の設計にこのことを考慮する必要がある。

5. あとがき

今回の予備実験により、機構上、施工上の内題点および諸特性を把握することができた。機械掘削式ヒューム管推進工法を確立するためには、現在一般に行なわれている手掘式ヒューム管推進工法と経済的に対抗できることが必要条件であり、これについても見通しが得られた。これらの結果をもとに改良機を試作し、現在同一場所で行なっている実験工事を施工中である。この結果については次の機会に報告することとしたい。