

日本国土開発（株） 指田健次

" 篠原文

1. はじめに

トンネル切羽の進行及び掘削作業がトンネル周辺地盤に与える影響を、高精度な変位計…マイクロクリブメータ（SGI製、以下MC-300と称す。）により計測を行なったので、結果をここに報告する。

現場は、横浜市高速鉄道3号線の三ツ沢下町駅工区で、当工区は（イ）国道1号線の直下（ロ）ホーム部を含むため大断面（14.6m²）かつ偏平な形状等の制約条件から、安全性が高く周辺地盤への影響が少ないサイロットNATMが採用された。

MC-300による計測は、導坑貫通後の中央部掘削が周辺地盤に及ぼす影響について行なったもので、

（i）切羽の進行に伴う周辺地盤変位の経時変化はクリブ的な挙動を示す。

（ii）地盤の変位速度は、掘削作業に大いに影響される。

などのことが明らかになった。

2. 地質概要

トンネルが掘削される付近の地層は、鶴川層であり、暗青灰色のシルト質泥岩と砂との互層からなる。主な土質常数を次に示す。

表-1 土質常数

土質常数	泥岩	砂質泥岩	砂層
変形係数 E ($\text{kg} \cdot \text{f}/\text{cm}^2$)	3.200	4.020	1.100
一軸圧縮強度 σ_u ($\text{kg} \cdot \text{f}/\text{cm}^2$)	30	40	—
粘着力 C ($\text{kg} \cdot \text{f}/\text{cm}^2$)	15	15	0
内部摩擦角 ϕ ($^\circ$)	13	16	40

3. 計器の設置

図-1に計器の設置位置を示す。

掘削は導坑A→導坑B→中央部上半→中央部下半の順で施工された。計器は中央部掘削に先立ち、導坑Bの天端に埋設し、中央部上半が接近し、下半が通過するまで測定を行なった。

計器はMC-300×2台と比較のためエクステンソメータ（ $\ell=6\text{m}$ 、6点用）を使用し、MC-300

の固定点はロッド及びインバー線を介して、導坑天端より4m及び8mの地中に設けた。図-2に「MC-300設置状況図」を示す。

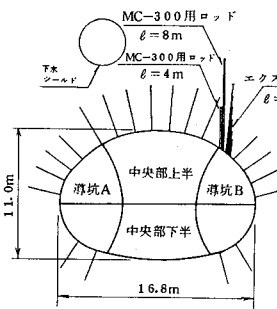


図-1 測定位置図

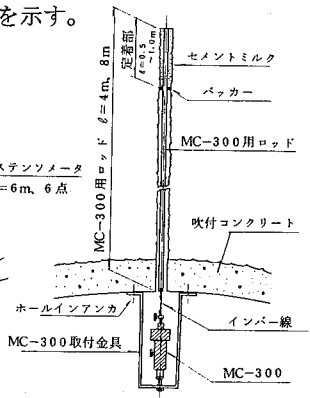


図-2 MC-300設置状況図

次にMC-300の概要仕様を示す。

寸法 : $\phi 38 \times \ell 250\text{mm}$

測定範囲 : $\pm 1.25\text{mm}$

最小読取值 : $1/10,000\text{mm}$

記録計 : FI-220; デジタル指示計 (2ch) あるいは、FR-200; 打点式記録計 (8ch)

当測定においては、短期間の測定のため、簡便なデジタル指示計 (FI-220) を使用した。

4. 測定頻度

測定頻度は、中央部上半及び下半の切羽が計測断面の前後10m以内では1回/日、それ以外では1回/3日を原則とした。但し、上半切羽が計測断面を通過する時は、MC-300により1方の作業中継続して測定し、掘削と変位速度の関係を求めた。

5. 測定結果

測定結果は、それぞれの計器のアンカー部を固定点と仮定し、変位の拡大方向を+、縮小方向を-として表示する。この時、変位の拡大とは導坑天端の沈下を意味している。

5-1 切羽距離と変位量

中央部上半切羽の進行と地中変位量の変化を図-3に表わす。但し、Dは上半掘削断面の換算径で約7mである。図-3から次のことがいえる。

- i) 切羽が計画断面を通過する直前まで大きな変化はないが、若干の隆起現象がみられる。
- ii) 切羽通過直後から0.5Dまでの間に急激な沈下がおこり、1D以後は落ち着く傾向を示している。
- iii) 上半掘削による周辺地盤への影響は、導坑天端から6~8m付近まで及んでいるが、その変位量はひずみで表わすと0.025%と微小なものである。

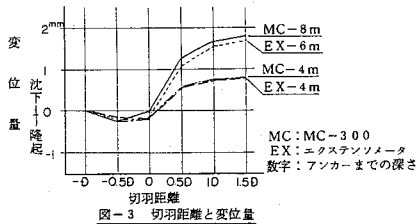


図-3 切羽距離と変位量

5-2 掘削作業と変位速度

中央部上半切羽が計画断面を通過した日の掘削作業と地盤の変位速度の関係を図-4に示す。結果は次の通りである。

- i) リングカット前半は、導坑A測を掘削しているので影響が少ない。
- ii) リングカット後半は、計器に最も近い導坑B側を主に掘削しているので変位速度が大きくなっている。この時、1時間当りの最大変位速度は深さが8mのMC-300の場合 $0.21\text{mm}/h \div 5\text{mm}/\text{day}$ である。
- iii) リングカット終了後、変位速度は急速に減衰していることから、当地盤が極めて弾性的な挙動を示していることがわかる。

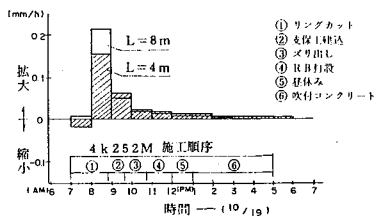


図-4 MC-300による変位速度と掘削作業

5-3 切羽の進行に伴う変位の経時変化

解析時には切羽の進行に伴う地盤の三次元的挙動をクリープにより評価している。

一般にクリープは次式で表わされる。

$$\epsilon_c = \epsilon_e \cdot \alpha (1 - e^{-\beta t}) \dots (1)$$

ϵ_c : クリープひずみ α : クリープ率 ($\alpha = \epsilon_c / \epsilon_e$)

ϵ_e : 弾性ひずみ β : 遅延係数

解析時の切羽の進行に伴う見かけのクリープ係数は $\alpha = 2.0$ 、 $\beta = 0.24$ である。

今回の測定における変位量の経時変化について、

i) 上半切羽通過以前の変位は微小なので省略する。

ii) 切羽が通過した日の変位量を瞬間的な弾性ひずみとする。

iii) 切羽通過の翌日からの変位量を「切羽の進行に伴う見かけのクリープひずみ」とする。

と仮定し、前述の(1)式にて算出したクリープひずみと重ね合わせると図-5のようになる。

同図から切羽の進行に伴う地盤の変形は、クリープによる評価が適当であったことが確められた。また、実測値のクリープ係数は $\alpha = 1.7$ 、 $\beta = 0.12$ となり、解析時の係数 $\alpha = 2.0$ 、 $\beta = 0.24$ と概ね一致している。

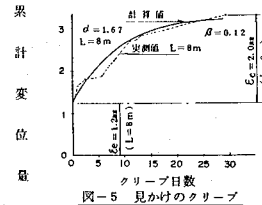


図-5 見かけのクリープ

6. 考察

MC-300の特徴は、高精度及び連続測定にあり、今回の測定では「5-2.掘削作業と変位速度」の項において、生かされている。

この時の結果によれば、トンネル掘削による周辺地盤の変位は、地山本来のクリープに起因するものはわずかで、切羽の進行に伴う見かけのクリープが卓越している。当測定は泥岩の場合であるが、同じことが一般的にもいえよう。特に地質が悪いトンネルほど短期間に大きな変形が発生することが予想され、変形予測が欠かせないものとなる。このような場合、MC-300を用いて、変位量あるいは変位速度による施工管理を実施することが有効な手段となる。

今後は、より変位速度の大きな地山、膨張性の地山等においてもデータを集積し、変位量及び収束時間の予測などの課題に取り組んでいきたいと考えている。