

III-127 土被りの薄い土砂 NATMでの計測結果について

住友建設(株) 正員 桑原秀樹 祖父江 隆
 水資源開発公団 前川 昭 所 一志
 水資源開発公団 半田恒雄 小酒井 徹

1. はじめに

土被りの薄い土砂地山でトンネル掘削を行う場合、切羽の自立性の保持、掘削に伴う応力開放に起因する地表沈下の防止は周辺環境の保全上、また、施工時の安全性を確保する上からも重要である。しかし、トンネル掘削時の地山の変形、支保材の変位・応力特性は複雑で、地山条件、土被り、掘削断面形状、施工法等で異なることは良く経験するところである。今回、掘削断面積は約 11m^2 と小断面であるが、土被りが $5\sim 15\text{m}$ と浅い条件下での地山と支保の挙動を計測したので、その結果を報告する。

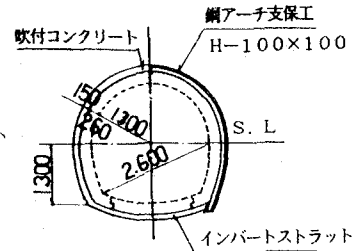


図-1 標準断面図

2. 施工概要

地質は第三紀鮮新世の常滑累層に相当するシルト質砂層、凝固粘土層、団結粘土層が主体で、一部下半に細中砂、砂礫層を分布する。この砂層、粘土層を含めた平均一軸強度は $5\text{kg}/\text{cm}^2$ 、破壊ひずみは1%前後、地山強度比は $1.8\sim 5.3$ の地山状況である。又、シルト質砂層については切羽の流動化が懸念されたが、均等係数が極めて大きく、曲率係数も $2\sim 3$ の範囲にあり、加えて、湧水も砂層と粘土層の境界面からの滴水程度の為、切羽の自立性は概ね良好であった。掘削はカッターローダーによる全断面工法で施工を行った。図-1にトンネル標準断面図を示すが、小断面にしては剛性の高い支保構造としており、フォアパイリングは施工したが、システムボルトは打設していない。

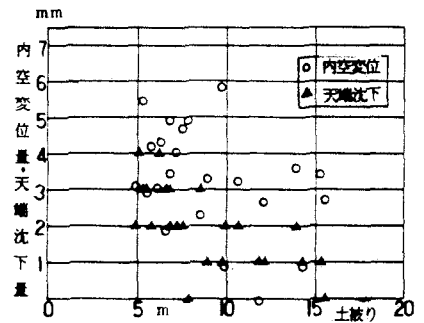


図-2 土被りと内空変位量、天端沈下量の関係

3. 計測結果

a) 内空変位・地表面沈下

内空変位は水平測線で最大 6mm の縮小、天端沈下は 4mm 以内の測定結果であった。これを吹付けコンクリートに発生したひずみ量で見ると0.2%程度となり、吹付けコンクリートの限界ひずみ量(0.4~1%)と比較すれば小さく、その安全性は十分に確保できた。図-2に土被りと内空変位・天端沈下の関係図を示すが、相関はやや弱いものの土被りが小さくなるほど変位量は大きくなる傾向にある。又、内空変位の収束時期は、切羽とのなれが $2\sim 4D$ ($D=3.5\text{m}$ トンネル直径)程度であった。

図-3に土被りと地表面沈下との関係図を示す。地表面沈下は土被りが $2.5D$ 以上になると掘削による影響を受けないことを示唆している。又、横断方向の沈下形状から粘土層のような内部摩擦角が小さな地質が優勢な箇所の地表面沈下は

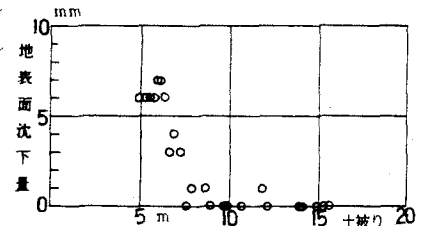


図-3 土被りと地表面沈下量との関係

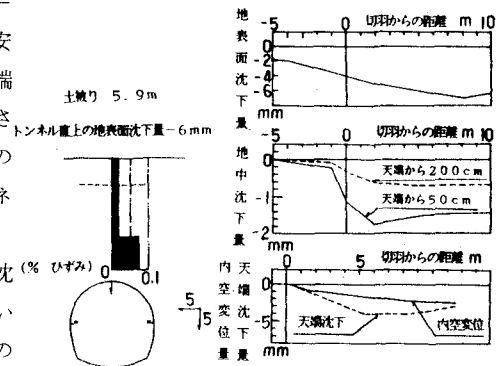


図-4 地中ひずみ分布図、経距変化図

砂層のように内部摩擦角の大きな地質と比較すると、トンネル直上の沈下量は若干小さくなるものの、沈下の範囲は大きくなる傾向を再確認できた。

b) 地中変位

図-4・5に土被りの違いによる地中ひずみ分布図、経距変化図を示す。図より土被りの小さな箇所では、切羽通過後トンネル上部の土層が圧縮されていることがわかる。一方、土被りの大きい箇所ではこの挙動は見られない。これは土被りが小さいとトンネル掘削の影響が地表まで達し、アーチゾーンが形成されない為、剛性の高い支保を施工後、直上地山全体が荷重となって作用しトンネル直上部が圧縮されたものと考えられる。図-6にトンネル側壁部の鉛直

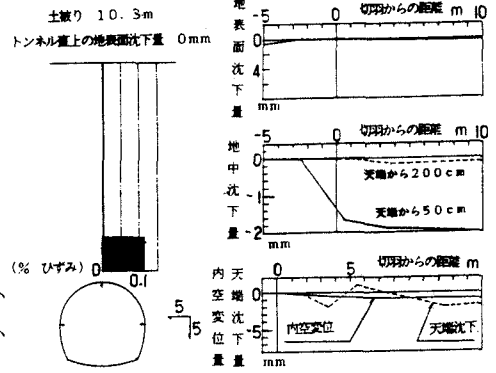


図-5 地中ひずみ分布図、経距変化図

方向での地中ひずみ分布を示す。これによるとトンネル側壁部は、天端部と異なり圧縮ひずみが発生している。このひずみ量を切羽通過直後と切羽通過10日後の値と比較すると側壁、天端部とも切羽進行に伴う変位減少が認められ、圧縮ゾーンが形成されている。これは前述のようにトンネル掘削後、剛性の高い支保が施工された為に発生したものと考えられ、スプリング下部では断面閉合による影響が反映されたものと考えている。図-7に鋼アーチ支保工を0.5m, 1.0m 間隔に建て込んだ時の地中沈下の経距変化図を示す。測定結果は、0.5m 間隔の区間の方が1.0m 間隔の区間よりも変位の進行がゆるやかなことを示している。これは鋼アーチ支保工間隔を密にすることで、切羽における開放力が小さくなり、切羽前方地山に与える影響を低減できたことを示している。

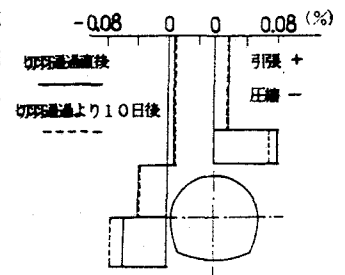


図-6 側壁部地中ひずみ分布図

c) 一次覆工応力・鋼アーチ支保工応力

図-8に測定結果を示す。小断面トンネルで切羽進行速度が早い場合、材令による剛性変化が進行速度に追いつかず、吹付けコンクリートの初期応力度は小さくなる傾向にある。

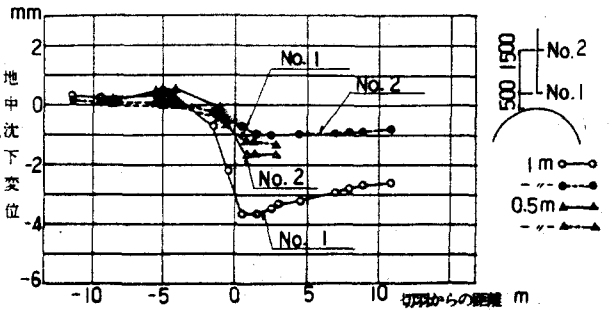


図-7 鋼アーチ支保工間隔の違いによる地中沈下挙動の差

一方、鋼アーチ支保工はそれを補間する形で、初期応力度が大きくなり、両者の相乗効果によって地山を支保していることが確認できた。

4. まとめ

地山状態、土被りの違いによるトンネル周辺地山の挙動は、地中ひずみ、地表面沈下を見る限り若干異なるが、内空変位、覆工応力等は余り差が認められない。この事は土被りの小さい土砂地山の場合、

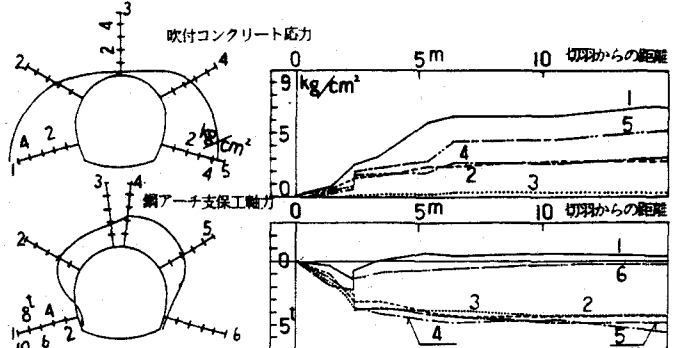


図-8 吹付けコンクリート応力、鋼アーチ支保工応力図

支保の剛性が地山性状よりもトンネル挙動に対して支配的であることを示唆している。最後に、当初より御指導いただいた三重大・松下教授、岐阜大・仲野教授を初め水路検討委員会の皆様に謝意を表します。