

都市NATMにおける先行変位に着目した補助工法の効果についての一考察

中央復建コンサルタンツ(株) 正会員 栗山廣志 川野貴志
福岡市交通局 正会員 緒方隆哉 中村秀光 猪口光行
西松・松村・梅林建設共同企業体 上林武司 矢根健二

1. はじめに

都市部でNATMを適用する場合、対象地山の強度が小さく変位が大きくなり易いこと、及び周辺重要構造物との近接施工が想定されるため、情報化施工により地山の変形挙動し、必要に応じて補助工法を施す必要がある。特に土被りの浅い所でのNATM施工は地山のアーチ効果が期待できないため、地表面沈下と周辺構造物への影響が懸念される。また、強度の小さい地山を対象としたNATMでは先行変位が全変位量に占める割合も大きいと予測され、変位抑制を行う場合には先行変位の抑制が課題となる。

本工事は福岡市地下鉄建設工事の土被りの浅いNATMにおいて施工中の計測管理を行い、地山の先行変位と最終変位の関係を整理し、補助工法の適正について考察した。

2. 施工概要

本工事は福岡市交通局による高速鉄道3号線薬院西工区建設工事駅間部トンネル(L=838.9m)をNATMにより施工するものである。

(1) 施工条件

対象地山は古第三紀層砂岩及び頁岩を基岩盤とし、表層部には沖積層の粘性土、砂質土が堆積している。基岩盤の特性は沖積層と接する上層部が風化により粘土化し、強度についてもN値50以下と脆弱なことがあげられる。地下水は粘土化した基岩盤が不透水層となり、沖積層内地下水と岩盤内地下水を遮断している。基岩盤はトンネル深度付近では亀裂が発達しており、一軸圧縮強度 $q_u=98,000\text{N/mm}^2$ 程度である。

トンネルは基岩盤である砂岩頁岩の互層を掘削するが、土被りが8~12mと浅く、掘削による影響が地表面、周辺重要構造物に達することが予測された。

トンネル掘削断面は4種類あり、掘削工法が複雑に変化する。また、支保パターンについてはC~D級に分類される。また、補助工法としては薬液注入と増しロックボルト、注入式フォアポーリング、長尺鋼管先受けの3種類を施工した。

(2) 計測方法

掘削初期段階の地盤計測より「共下がり」が確認され、地表面沈下の測定により先行変位を含む地山挙動の把握が可能と判断された。これにより、トンネル縦断方向での施工条件と地山挙動の変化を関連づけることが可能となった。

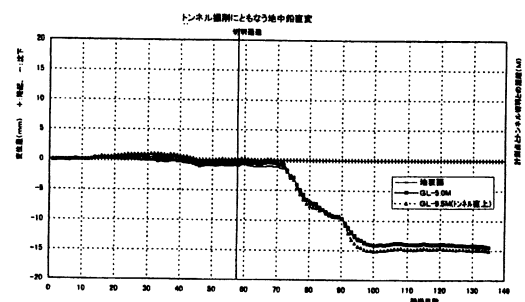


図.1 共下がり

3. 計測結果

地表面沈下量を決定する要因としては、地山状況、支保パターン、補助工法、掘削加背割り、掘削断面など複数あげられ、すべての結果を一律には評価できない。このため、変位量全体に占める先行変位の割合(先行変位率)を用いて地山状況と補助工法の効果を検証した。これは本工事のような特殊地山では先行変位に着目した補助工法が効果的であり、その効果を把握することで安全性の高い経済的な施工が可能となるためである。

Keywords : 都市NATM、共下がり、補助工法、先行変位

大阪市淀川区西宮原 1-8-29 中央復建コンサルタンツ(株) TEL 06-6393-1105 FAX 06-6393-1148

(1) 先行変位率

通常掘削時の先行変位率は40%程度となっているが、地山状況により若干異なる結果となっている。変形挙動を決定する要因としては地山状況が最も大きく、測点 9K550M～650M の地山不良箇所では変位率が他の区間に比べ大きくなっている。

補助工法を用いた場合、それぞれ特徴的な変位率となり、補助工法の効果検証に活用できる。

長尺鋼管先受けでは先行変位抑制効果が大きいため先行変位率は小さくなる。また、注入式フォアポーリングについては先受け効果が小さく、掘削後の後続変位も通常掘削とほぼ等しい。しかし、注入によりトンネル近傍地山が安定し、変位量自体の抑制効果が確認できる。薬注区間では先行変位抑制を主眼にしていなかったが、掘削加背割りが異なるため、先行変位率が見かけ上大きいものとなっている。

全ての補助工法で変位の抑制効果は確認されているが、先行変位率に着目した場合、本工事における補助工法としては長尺鋼管先受けが最も効果的であることが確認できる。

(2) 沈下特性曲線

補助工法の効果を総合的に評価する場合、先行変位を含む最終変位の抑制が重要であり、沈下特性曲線による比較検討を行った。

通常掘削では2D手前から先行変位が発生し、2～2.5D切羽通過後に収束する。また、先行変位の増加がそのまま最終変位の増加につながり、相関がうかがえる。変位進行の差は地山条件によるものである。

補助工法を用いた場合、前述のように変位量が抑制されるほか、変位の進行にも影響を与えられている。特に長尺鋼管先受けでは先行変位の発生時期を遅らせる効果が明確になっている。

先行変位のみを単純に比較した場合、補助工法による抑制効果は表.1 のようになる。

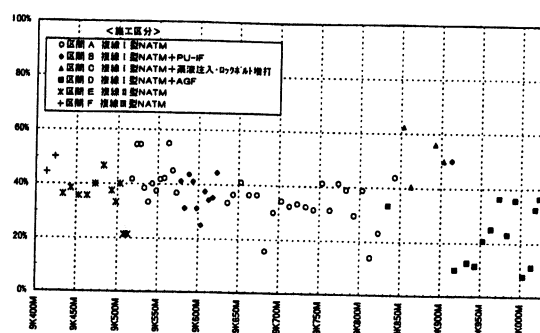


図.2 先行変位の比率

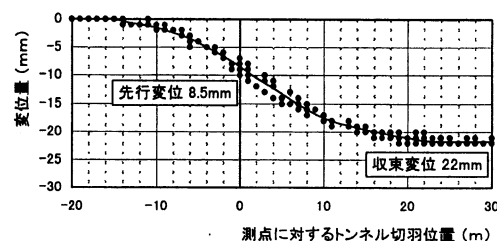


図.3 通常掘削時の沈下特性曲線

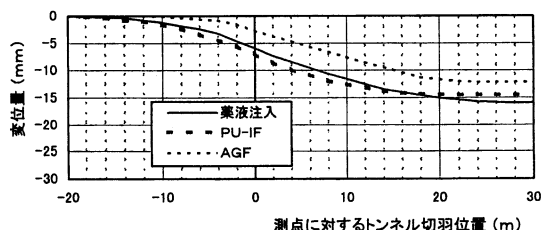


図.4 補助工法使用時の沈下特性曲線

表.1 先行変位一覧表

補助工法	先行変位 mm	通常掘削時の先行変位 mm	変位抑制効果 %
通常掘削	8.5	8.5	—
薬注と増RB	7.0		18
PU-IF	6.0		30
AGF	4.0		53

4. まとめ

今回の計測結果から、従来より指摘されている長尺鋼管先受けによる先受け効果の有効性が確認

できた。また、注入式フォアポーリングなどの短尺の先受けでは若干の変位抑制は確認できるものの、先受け、アーチ効果はあまり期待できないと考えられる。また、掘削後の後続沈下については補助工法の有無に関わらず約2.5D切羽通過後収束しているため、トンネル支保の剛性が大きく関係していると考えられる。

本工事は土被りの浅い脆弱な地山でのNATM施工であり、周辺構造物との近接施工など困難な条件下での施工であったが、補助工法の採用により無事施工を完了した。

NATMでは過大な変形を予測される事が多いが、補助工法の適切な選択により経済性の高い施工と、安定した進行が可能であり、そのためには情報化施工が欠かせないものであると考えられる。今後は今回得られた計測データを基に、都市NATMの設計方法について考察していく所存である。