

鉄道営業線直下における NATM の計測・安全管理

○東急設計コンサルタント 正会員 永井宏昌
 東京急行電鉄 正会員 小林理志
 東京急行電鉄 正会員 関 聡史
 東京急行電鉄 高橋 忠
 東急設計コンサルタント 岩村 巖

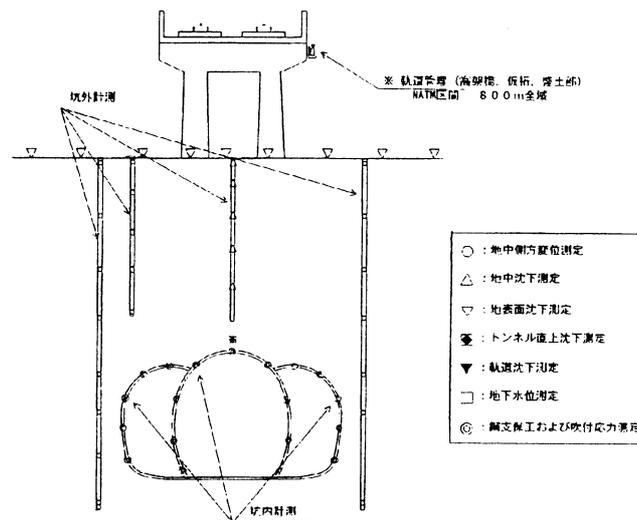
1. まえがき

被圧の大きい土砂地山を鉄道営業線直下でトンネル掘削するのは、世界的にも珍しい施工事例と思われる。いま我々は、東急東横線地下化工事の一環として横浜駅近辺の極度に都市化された地域で地下水位低下工法を併用しながら NATM 施工を行っている。トンネル上部の地表面は東横線の他にビルや家屋が密集しており、地中には多くの地下埋設物が敷設されている。種々の既設構造物に対し近接施工を行わざるを得ないことから切羽安定・沈下防止などの対策工と併せて慎重な計測管理を実施している。現在は施工途上の段階にあるが、本工事で採用している計測・安全管理の概要について紹介する。

2. 計測概要

(1) 自動計測システム

計測対象は通常の NATM 計測の他、軌道を含めた既設構造物への影響測定、地下水測定などがある。また、断面形状も 3 連メガネ型や双設トンネルなど多岐に亘り、データ処理も 3 工区分を一括して行う必要がある。このため、工事事務所に集中管理室を設け、膨大なデータの図化处理などを正確で素早く実施できるように自動計測システムを採用している。集中管理室ではデータ処理後に、3 段階に区分分けした管理基準と照合のうえ、設計施工へ反映する。



(2) 軌道沈下計測

軌道沈下計測は列車の安全運行を確認するために実施する。トンネルの縦断方向に 6～7 m の間隔で水盛連通管式沈下計を設置し、10 分間毎に測定してレベル 1 (管理基準限界値の 50%) を越す沈下量が生じた場合は、パソコン画面上に異常値を知らせる警報サインが出る仕組みを採っている。また、計測関係者が所有する携帯電話は何時でも異常値発生を知らせる警報音が鳴るようにしてある。

(3) NATM 計測

トンネル安定性判断と周辺構造物へ与える影響を把握するために実施する B 計測項目を右表に示す。

B計測	坑内	吹付コンクリート応力測定	自動計測
		鋼製支保工応力測定	自動計測
		AGF鋼管たわみ測定	自動計測
		緊結ボルト軸力測定	自動計測
		支柱応力測定	自動計測
		パイプルフ沈下測定	自動計測
	坑外	地中沈下測定	自動計測
		地中水平変位測定	自動計測
		トンネル直上沈下測定	自動計測
		地表面沈下測定(レベル)	自動データ処理

キーワード：鉄道近接工事、NATM、自動計測、軌道沈下測定

発表者連絡先：横浜市神奈川区桐畑 19-4 TEL 045-317-9080

3. 計測結果

NATM 計測結果の多くは、今後の施工に負う処が大きく後日改めて報告したい。今回は、既に結果が明らかになったトンネル直上沈下計測結果及び軌道沈下計測結果の相関性について紹介する。

掘削に伴って生じるトンネル天端付近の沈下量とその傾向を連続的に把握するために、直上部地山に水平ボーリングを約 50m 行い、その中に 5 m 間隔で傾斜計 10 台を配置して、直上沈下計測を実施した。

右図は、トンネル直上沈下計測と軌道沈下計測を沈下量及び切羽からの離れを指標として示したものである。計測対象となる地山は、土丹と砂の互層であり、土被り厚は 2.5D 程度である。これによれば、沈下は切羽前方約 30m~40m (およそ 3D から 4D、D はトンネル幅) から生じ始め、切羽の接近に伴い順次増加し、切羽通過後にその後方約 30m~40m の範囲で収束している。沈下量の約 40~50% が切羽の直上地山で発生していることが判る。こうした沈下傾向は、この区間における標準的な沈下特性曲線と判断でき、軌道の安全性を確認する管理基準として実際に活用している。また、切羽前方地山の沈下が 40~50% である事実は、FEM 解析などの掘削開放応力設定にも役立てられた。

4. 安全管理

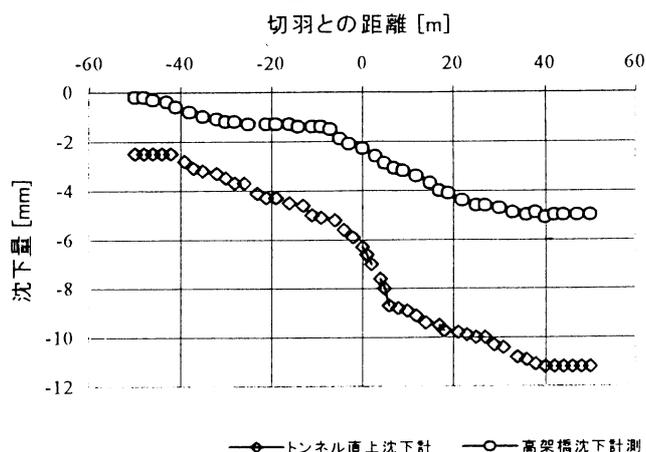
列車を安全運行するために必要な保線の管理値が設けられており、東横線では 10m のレール延長間で高低差が 7 mm 以内と規定されている。軌道沈下の測定は、当初は絶対沈下量を基準に管理していた。

しかし、トンネル掘削に伴って軌道整備が必要か否かの指標は、相対沈下量を基準に行うのが実態に近いと判断して、現在は縦断方向に沿って配置した軌道沈下計の相対沈下を基準として管理している。相対沈下の基準管理値は、7 mm を管理レベル 3、その 80% に相当する 5.5mm を管理レベル 2、その 50% を管理レベル 1 と設定した。右図に示すようにそれぞれのレベルに応じて保線作業や工事管理への対応姿勢などを定めている。

「参考文献」小林理志他：鉄道営業線直下における東急東横線地下化工事の計画概要、土木学会第 56 回年次学術講演会投稿中

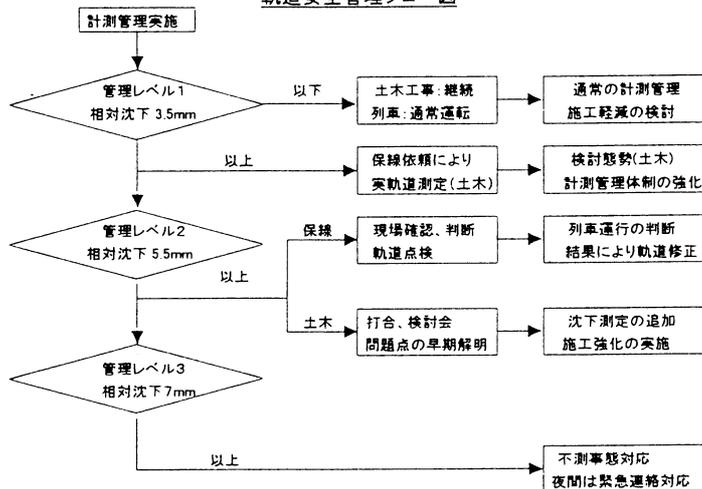
「参考文献」関 聡史他：鉄道営業線直下の NATM 施工に伴う地下水位低下工法、土木学会第 56 回年次学術講演会投稿中

切羽の進行と沈下量相関図



◆ トンネル直上沈下計 ○ 高架橋沈下計測

軌道安全管理フロー図



5. あとがき

大変心配されたトンネル掘削及び地下水位低下に伴う軌道などの地表面沈下量は、当初の計画通りに 1 cm 以下の小さい値に収まっている。今後は、3 連メガネ及び双設トンネルなどの後進坑施工が待っており、相互干渉など注意すべき事項が多く、慎重な施工及び施工管理がより一層求められる。これらの結果については、後日改めて報告する予定である。