

福岡市地下鉄七隈線延伸事業における都市 NATM の情報化施工 (その1: 工事概要と計測管理)

大成建設株式会社 正会員 ○文村賢一 小原伸高 大塚勇 澤田幸平
福岡市交通局 非会員 原靖浩 後藤真之助

1. 事業概要

福岡市交通局では、福岡市西南部から都心部への移動および都心部内での移動の利便性向上と、都市部における交通渋滞や営業中の地下鉄空港線の混雑緩和等を目的として、福岡市営地下鉄七隈線天神南駅～博多駅間約 1.4 km の延伸事業を進めており（図-1）、平成 32 年度の開業を予定している。大成・佐藤・森本・三軌・西光建設工事共同企業体は、この延伸事業の内、博多駅（仮称）工区を施工している。

博多駅（仮称）工区は大きく 2 つの工種に分かれ、アンダーピニング工法を主体とする開削区間と、立坑・連絡坑と駅舎の一部となる本坑を山岳トンネル工法で施工する NATM 区間（以下、「NATM 部」）（図-2）からなる。工事延長は開削部が 83.7 m、NATM 部が 195.6 m の合計 279.3 m である。

2. NATM 部工事概要

NATM 部は、明治公園内に直径 14m 深さ 28m の立坑と、その立坑から発進し、オフィスや銀行、飲食店が入居するビル群間の道路直下を博多駅前通りまで延長約 110m 進む連絡坑（断面積 31m²）、および博多駅前通りの地下約 20m に、標準トンネル I 型（断面積 79m²）、II 型（断面積 90m²）、大断面トンネル（断面積 163m²）、3 連トンネル（断面積 157m²：中央坑 91m²、左右坑 33m²×2）の 4 つの形状のトンネル群からなる本坑トンネル（全長約 196m）によって構成されている。

主たる掘削対象地山は古第三紀の頁岩であるが、一部風化が進行しているものや、炭化が進んでいるもの、破碎作用をうけているものがある。地下水は、トンネル天端直上付近に分布する透水性の低い強風化頁岩層によって、沖積・洪積層を流れるものと、掘削対象とする岩盤内を流れるものとに分断されている。



図-1 福岡市地下鉄七隈線七隈線延伸工事概要

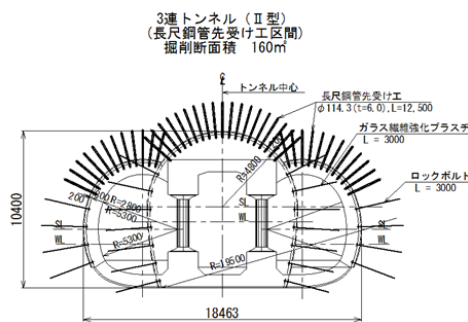


図-3 トンネル断面（3連トンネルII型）

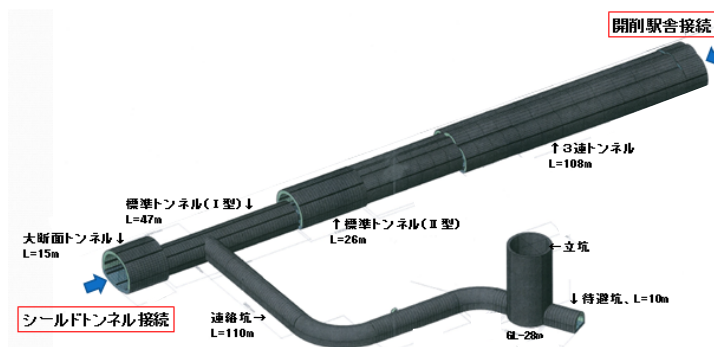


図-2 博多駅（仮称工区）NATM 部概要

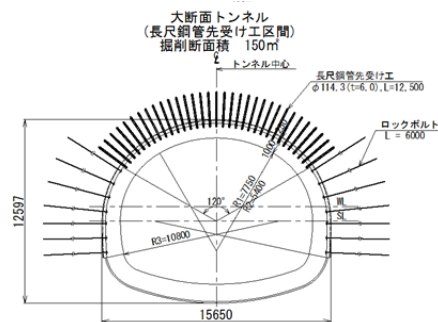


図-4 トンネル断面（大断面）

キーワード 都市 NATM, 計測, 情報化設計施工

連絡先 〒812-0011 福岡市博多区博多駅前 3-22-6 大成建設(株)博多駅工区(仮称)建設工事作業所 TEL 092-409-7637

3. 都市 NATM における情報化施工

通常の山岳トンネル工事では、日常管理計測（A 計測）や地山条件に応じて実施する計測（B 計測）によって地山や支保工の安定性を評価しながら工事を進めるが、都市 NATM では、これらに加えて近接構造物や地表面、地下埋設物など立地条件に応じた計測が必要となる。これらの計測における管理値には、過去の事例で用いた値や一般的な値、またガスや上下水道などのように各々の事業者が独自に定める値を用いた。表-1 に当工事における立地条件に応じた計測項目、管理基準設定根拠および計測方法を示す。

表-1 立地条件に応じた計測項目一覧

計測対象	管理項目	管理値	管理基準設定根拠	計測頻度（間隔）	計測機器
地表面	沈下量	30mm	舗装維持管理の難易度	切羽に対して ① 手前 2D-5D ：1 時間 ② 手前 2D-通過後 5D ：10 分 ③ 通過後 5D-30 日 ：1 時間 ④ 以後：4 時間 D:トンネル直径	光波測距器 （自動計測）
	傾斜角	1.5/1000rad	地表面構造物への影響		光波測距器 （自動計測）
下水管	管上下端の相対沈下量	8.5mm	道路下水道局との協議		層別沈下計
地下水	地下水位	断面毎に予測 値算出	FEM で設定 地表面沈下量から設定		水位計（自動計測）
地盤	鉛直変位			切羽先行変位計測	
	水平変位		切羽押出し変位計測		
ガス管	沈下量	20mm～	ガス会社との協議 管種毎に設定	毎日	沈下棒 （手動・自動計測）
地下車路	鉛直変位 (相対沈下)	5mm	車路管理会社との協議	1 時間	鉛直変位計 （自動計測）
	目地変位	XY±16mm Z ±5.5mm		1 時間	目開き計 （自動計測）

表-1 で示すように、切羽周辺地盤や近接構造物に対する計測頻度が 10 分間隔であるため、それらは全て自動計測機器により計測を実施した。計測データはリアルタイムに事務所に転送し、常に計測値と管理基準値・予測値を比較することで、トンネル掘削による周辺地盤や近接構造物への影響を把握しながら工事を進めた。

従来の坑内変位計測では、切羽後方の変位しか計測できないため、トンネル掘削に伴う地盤変位の約半分程度しか計測されないとされている。そこで都市 NATM の施工にあたり、切羽周辺地盤の変形やそれによる近接構造物などへの影響を把握すべく、地盤全変位の把握が必要であると考えた。本工事では、別稿で紹介する切羽前方地山の挙動計測を実施し、FEM 解析で求めた予測値と比較することで、近接構造物などへの影響を評価しながら工事を進めた。

作業所では、計測データを管理値や予測値と比較することで地山や支保工の健全性および近接構造物への影響を判定しながら工事を進めたが、加えて計測データや地山観察結果などを本社技術部門とデータサーバーで共有し、より高度かつ総合的な評価を実施した。これらの評価結果や日々変化する地山の状況を踏まえ、天端の補強が必要と判定した地山には、長尺フォアパイリング（L=9.5m）を追加実施し、鏡面の補強が必要と判定した地山には、鏡吹付けコンクリート（t=5～10cm）や鏡ボルト（L=3～12.5m）を追加実施した。

現在 NATM 部では、立坑および連絡坑の掘削支保工が完了し、本坑トンネルを掘削中である。

4. まとめ

都市 NATM では、地山や支保工の安定性に加え、トンネル掘削に伴う周辺構造物への影響を確認しながら工事を進めることが重要である。そこで本稿では、トンネル掘削に伴う周辺構造物毎の管理項目や管理値設定方法を紹介するとともに、計測方法や評価結果に基づき採用した補助工法について概要を紹介した。本稿では紹介できなかった、予測値や管理値の算出方法、計測結果、計測評価については、別稿で紹介する予定である。

参考文献

- ・澤田幸平ほか：福岡市地下鉄七隈線延伸事業における都市 NATM の情報化施工（その 2：予測解析と管理基準値の設定）、第 71 回年次学術講演会，2016 年。
- ・北野悠介ほか：福岡市地下鉄七隈線延伸事業における都市 NATM の情報化施工（その 3：切羽先行変位計測による周辺地山の挙動監視）、第 71 回年次学術講演会，2016 年。