

副都心線新宿 3 丁目駅の温度応力解析結果に関する評価について

長岡工業高等専門学校 学生会員 ○平井 祐貴
長岡工業高等専門学校 正会員 岩波 基

1. はじめに

東京メトロ副都心線は 2008 年 6 月 14 日に開業した、和光市と渋谷を結ぶ運行区間全長約 20.2km の路線である。建設区間は池袋から渋谷間の約 8.9km で、その区間内にある新宿 3 丁目駅は開削工法で構築されたトンネルである。

東京メトロでは、約 160km の地下区間のうち約 6 割の約 100km が開削トンネルであり、同トンネルに対する適切な維持管理手法の確立が重要な課題となってくる。コンクリートの材料・施工・環境に起因する変状は硬化時の水和熱、乾燥収縮といった初期材齢時の材料特性に基づくひび割れに支配される。

そこで、初期材齢時の変状の実態や特徴を把握するために、副都心線に複数ある開削トンネル工区から一箇所を選定し、材料ひび割れ調査を実施した。本研究では、この調査結果と、実測の温度データを用いた温度応力解析結果との比較を行った。

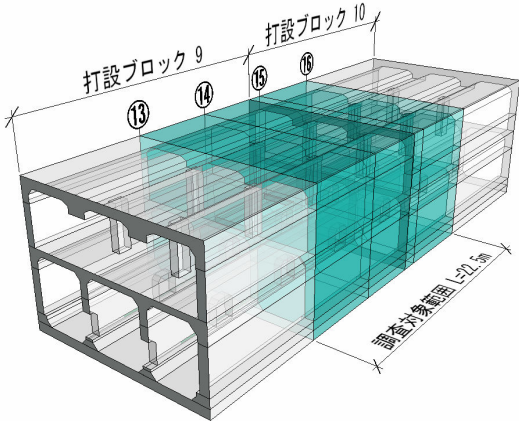


図-1 対象躯体の概要

2. 解析条件

図-1 に示すように、解析に使用した新宿 3 丁目駅内の打設ブロック 9 から打設ブロック 10 にまたがる柱⑬～⑯は 2 層 3 径間のボックスラーメン構造を有しており、1 層部 (B1F) は柱構造、2 層部 (B2F) は中壁構造となっている。外側寸法は約 17m×14m、側壁厚は 800mm となっている。各リフトの打設日、コンクリート配合条件、打設温度を表-1 に示す。また、外気温は東京の実績より表-2 に示すとおりに設定した。コンクリートの熱物性値および力学的物性はコンクリート標準示方書¹⁾に準じて設定した。解析に用いた 3 次元モデルを図-2 に示す。なお、各打設リフトは色分けし、表現してある。熱伝達境界条件として、コンクリート側面だけでなく、打設ブロックの境も型枠を使用したものとして、解析を行った。また、乾燥収縮を考慮していない場合と、乾燥収縮を考慮した場合の、2 ケースの解析を行った。

表-1 打設日、配合および打設温度

BL	打設日	打設箇所	配合	セメント量 kg/m ³	打設温度 ℃
9	H17.6.28	下床版	24-15BB	290.0	31.7
	H17.7.7	B2側壁ハンチ・B2 中壁ハンチ		308.0	28.0
	H17.9.3	B2中壁	24-15N	291.0	30.0
	H17.9.17	B2側壁(B線)		290.0	27.0
	H17.9.22	B2側壁(A線)		291.0	27.0
	H17.10.20	中床版		290.0	21.8
	H17.12.8	B1側壁・B1中柱		291.0	10.7
	H18.1.17	上床版・B1側壁			12.3
10	H17.4.15	下床版	24-15BB	290.0	20.7
	H17.4.23	B2側壁ハンチ・B2 中壁ハンチ		308.0	19.0
	H17.6.14	B2中壁	24-15N	290.0	26.0
	H17.6.23	B2側壁		291.0	24.0
	H17.7.29	中床版			30.7
	H17.9.30	B1側壁・B1中柱			24.0
	H17.12.1	上床版・B1側壁			14.0
					14.5

3. 解析結果

表-3 に各リフトの最小ひび割れ指数を示す。目視調査で材料ひび割れ調査を行った各打設ブロックの B1 側壁、上床板のみの最小ひび割れ指数を示している。この表を見ると、乾燥収縮を考慮していない場合の解析結果では、表に示す全ての箇所でも最小ひび割れ指数が 1.2 以上となっており、ひび割れが発生する可能性は小さいという結果となった。それに対し、乾燥収縮を考慮した場合の解析結果では、打設ブロック 9 の上床板を除き、ひび割れ指数が 1.2 以下となっていることがわかる。

キーワード 大規模開削トンネル、温度応力解析、ひび割れ、
連絡先 〒940-8532 新潟県長岡市西片貝町 888 番地 長岡工業高等専門学校 TEL 0258-32-6435

また、図-3に打設ブロック10のB1側壁、上床版のひび割れ指数の経時変化、図-4に打設ブロック9のB1側壁、上床版のひび割れ指数の経時変化を示す。この2つのグラフを見ると、どの打設箇所も打設直後にひび割れ指数が急激に低下していることがわかる。また、B1側壁では両打設ブロックとも、乾燥収縮の有無にかかわらず上床版を打設した際に最小ひび割れ指数を示していることがわかる。乾燥収縮を考慮していない場合は一時的にひび割れ指数が低下する傾向が見られるが、乾燥収縮を考慮した場合、打設後、定常的にひび割れ指数が低くなる傾向が見られる。

表-2 外気温

月	気温(°C)
1	5.8
2	6.1
3	8.9
4	14.4
5	18.7
6	21.8
7	25.4
8	27.1
9	23.5
10	18.2
11	13.0
12	8.4

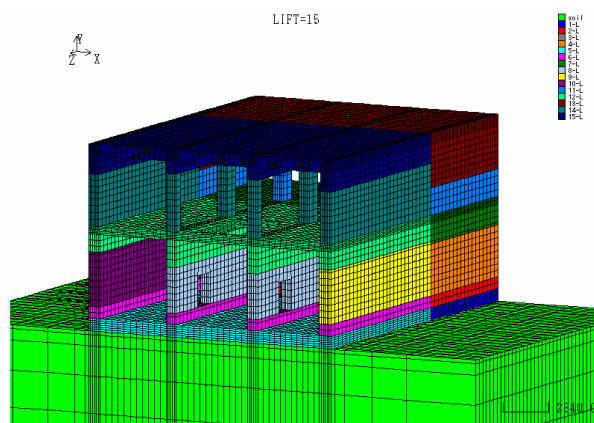


図-2 解析モデル

表-3 最小ひび割れ指数

打設箇所		ひび割れ指数	
		乾燥収縮を考慮していない場合	乾燥収縮を考慮した場合
9BL	B1側壁	1.45	0.83
	上床版	1.76	1.25
10BL	B1側壁	1.23	0.68
	上床版	2.10	0.74

4. 目視調査結果と解析結果の照合

目視調査によるコンクリート打設12ヶ月程度経過した時点のひび割れ変状展開図の一部を図-5²⁾に示す。

目視調査では、打設ブロック10にはそれほど材料ひび割れは生じていないことが確認された。しかし、乾燥収縮を考慮した場合の解析結果では打設ブロック10の最小ひび割れ指数がB1側壁、上床版ともに低い値となった。

5. まとめ

乾燥収縮を考慮しない場合はひび割れが発生しない解析結果となった。しかし、乾燥収縮を考慮した場合は実際のひび割れ状況より多くのひび割れが発生する可能性を示す解析結果となった。

このように、現段階では実際の結果と解析の結果の間に大きな差があるのが事実である。今後、この差を小さくする検討を行う予定である。

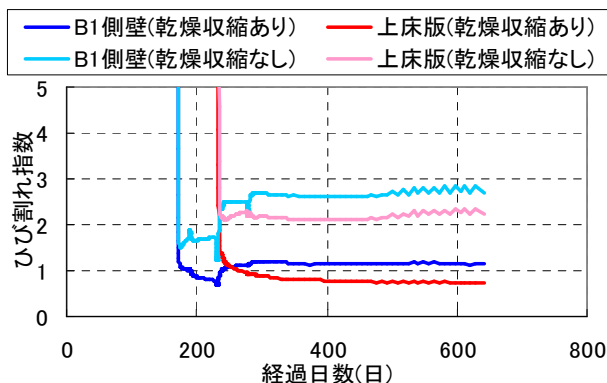


図-3 打設ブロック10 ひび割れ指数の経時変化

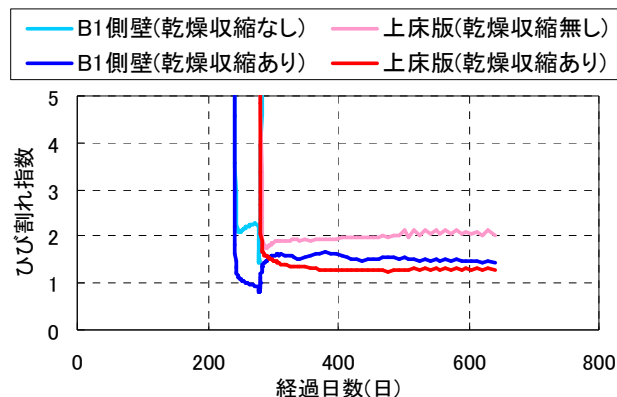
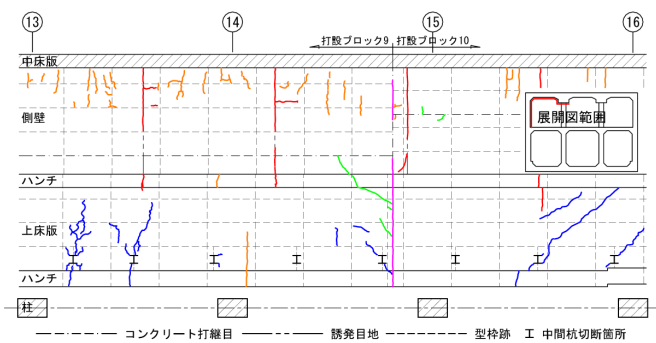


図-4 打設ブロック9 ひび割れ指数の経時変化

図-5 ひび割れ変状展開図(打設後12ヶ月程度経過時点)²⁾

謝辞：計測データを快く提供してくださった東京地下鉄(株)の皆様には心より感謝申し上げるものである。

参考文献

- 1) 土木学会 コンクリート標準示方書[施工編] 2002年制定
- 2) 諸橋ら 開削トンネルの材料ひび割れに関する一考察 土木学会 第17回トンネル工学研究発表会報文集 2007.11.28,29