# 大規模地下構造物における温度応力解析の精度向上について

長岡工業高等専門学校 学生会員 〇五十嵐祐貴 京阪電気鉄道株式会社 定藤誠一郎 長岡工業高等専門学校 正会員 岩波 基

## 1. はじめに

-210

コンクリートの水和反応に起因するひび割れ(以下,温度応力ひ び割れという)は、部材断面を貫通していることが多く、構造物の 水密性や耐久性を大きく低下させるものである.そのため、水和熱 の大きいマスコンクリート構造物においては、温度応力ひび割れを 予測するために温度応力解析を実施し、対策を検討することが一般 的になっている.しかし、大規模かつ複雑な地下構造について、施 工完了後に再計算を行い、ひび割れ調査結果と比較検討した事例は 少ない.

そこで本研究では、大規模地下構造物について3次元温度応力解 析を行い、実際のひび割れ調査と比較することで、解析精度を把握 し、精度向上のためのデータを収集することを目的とした.

## 2. 解析対象

京阪中之島線は、2008年10月19日に開業 した大阪市北区の中之島駅から中央区の天 満橋駅を結ぶ鉄道路線である.路線の総延長 は3.0kmで、本研究で対象としたのは、その うちの第3工区渡辺橋駅部である.同駅部は、 全長177.6mで、開削工法により構築したも のである.今回は、駅部の中でも24mと、打 設幅が最長である第3ブロック(以後、3BL と称す)について解析を行うことにした.

#### 3. 解析条件

解析にはマスコンクリートの温度応力解 析専用プログラムである ASTEA MACS を用

いる. 図-1 に示すように, 渡辺橋駅の3BLは3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) から3層部(B3F)まで,全てが7.5m間隔の柱構造となっている.外側寸法は,17m×18m,側壁厚はB1F で800mm,B2Fで900mm,B3Fで1,100mmとなっている.使用したセメントは,柱部分(鋼管柱)では普通 ポルトランド,それ以外のリフトでは低熱ポルトランドであり,設計基準強度は30N/mm<sup>2</sup>,水セメント比は 55%である.各リフトの打設日,コンクリートの配合条件,打設温度を表-1に示す.また,外気温は大阪の 実績より表-2に示すとおりに設定した.その他のコンクリートの熱物性および力学的物性はコンクリート標 準示方書<sup>1)</sup>に準じて表-3のように設定した.地盤は底部のみ考え,直接外気と接する面は空気との熱伝達境界 とした.また,型枠をしている面に関しては,脱型まで合板との熱伝達条件を考慮し,脱型後は外気と接する ものとした.



## 図−1 渡辺橋駅 3BL 断面図

表-1 3BLの打設日,配合,セメント量,打設温度

リフト	打設笛所	打設日	配合	セメント量	打設温度
771	们政固加	11021		$kg/m^3$	S
1	下床	H18.7.11	30-12-20L	307.0	31.0
2	B3F梁・トラフ	H18.7.18			29.0
3	B3F壁	H18.7.28		327.0	32.0
4	B3F鋼管柱	H18.9.7	30-12-20N	307.0	30.0
5	B3F壁・B2F中床	H18.11.12	30-12-20L		24.3
6	B2F鋼管柱	H18.11.22	30-12-20N		21.0
7	B2F壁	H18.12.4	30-12-20L		13.5
8	B2F壁・B1F中床	H18.12.26			14.3
9	B1F壁	H19.1.19			10.5
10	B1F鋼管柱	H19.2.5	30-12-20N		15.0
11	B1F壁·上床	H19.2.23	30-12-20L		12.3



表-2 外気温 月 気温(℃) 6.2 1 2 6.9 10.4 3 4 14 5 19.1 22.3 6 7 25.7 8 27.8 9 24.4 10 19.3 11 13.6 12 9.4

図-2 渡辺橋駅(3BL)の3次元モデル

#### 4. 解析結果

解析対象を3次元モデル化したものを図-2 に示す.節 点数90,822,要素数78,858であり,要素の最大幅は300mm 程度である.このモデルを用いて解析した結果のうち, 各リフトのひび割れ指数の経時変化を図-3 に,トンネル 長手方向の中央断面における最小ひび割れ指数分布図を 図-4 示す.その中でも,下床版(第1リフ ト),B3F 側壁(第3,5リフト),B2F 側壁 (第7,8リフト)において,ひび割れ指数

が低くなる結果となった.しかし,最もひび 割れ指数の低いところ(第3リフト)でも 1.4程度であり,すべてのリフトでひび割れ が発生しないと評価された.

#### 5. 解析精度の確認

ひび割れ調査では,B3F 側壁(第3リフト), B3F 天井(第5リフト),B2F 天井(第8リ フト)において,5000mm ピッチで設置され た誘発目地に温度応力が原因と考えられる 幅0.2mm以上のひび割れが確認されている.

解析結果と比較すると、ひび割れ指数の低下箇所は、ほぼ一致しているが、 ひび割れ指数が最低でも1.4程度であり、ひび割れが発生する確率は30%、 ひび割れの幅は0.1mm以下と考えられる.しかし、実際には幅0.2mm以上 のひび割れが生じており、現実との差異がある.

#### 6. おわりに

今回の解析では、ひび割れ指数が 1.0 より小さくなることはなく、誘発 目地上で実際に発生しているひび割れを十分に再現することができなかっ た.ひび割れの発生の有無は、あらゆる条件による影響を受けるため、温 度応力ひび割れの評価には更なる検討が必要である.

《参考文献》 1) 土木学会 コンクリート標準示方書「設計編」2007 年制定

表-3 熱物性値および力学的特性

セメントの利	重類	普通P	低熱P	
熱伝導率(W/	′m°C)	2.7		
比熱(KJ/k	g°C)	1.15		
密度(kg/m <sup>3</sup> )		2400		
断熱温度上昇量(℃)		$Q=K(1-\exp(-\alpha \times t))$		
	打設温度	と温度 採用値		
级已账劫泪 由 L	10	47.84	37.97	
於向例款加及⊥	20	46.77	38.70	
开里门	30	45.77	40.10	
トロホーの田子	10	0.596	0.2892	
上升述皮に () 9 ス 空 粉 a	20	1.131	0.4394	
るた奴は	30	1.565	0.6383	
材齢t日のコンク	$f_{c}'(t)=\frac{t}{a+bt}f_{c}'(91)$			
リートの圧縮強度	а	4.5	20.0	
(N/mm <sup>2</sup> )	b	0.95	0.72	
	f'(91)	44.7	54.1	
材齢t日のコンク リートの引張強度 (N/mm2)	$f'(t)=0.44 \times \sqrt{f'(t)}$			
材齢t日における	φ(t):温度上昇時におけるクリープ の影響が大きいことによる補正値			
有効ヤング係数	材齢3日まで φ=0.73			
Ee(t)	材齢5日以降 φ=1.0			
	材齢3日~5日は直線補間			



図-3 各リフトのひび割れ指数の経時変化



図-4 最小ひび割れ指数分布

-420-