

地下鉄駅舎の底版におけるマスコンクリート対策

日本鉄道建設公団 清治 均 武田 一彦
大成建設(株)東京支店 正会員 栗原 誠二 正会員 小笠原 邦洋
電気化学工業(株) 木村 潤市

1. はじめに

近年、地下鉄の建設は大深度化する傾向にあり、構造上、駅舎の大半が大規模なマスコンクリートとなるケースが発生している。また、防災面や費用、工期の短縮などにより、1回に施工するコンクリートの規模は大きくなる方向に向かっており、温度応力によるひび割れ発生の可能性が高くなることから、漏水防止に対して不利な状況となっている。本報告では、地下鉄駅舎建設において、底版マスコンクリートの温度応力ひび割れ・漏水対策として材料面の検討を行い、実際の構造物に適用した結果について報告する。

2. 構造物概要

対象となる構造物は、幅が約19m、厚さが1.8m、1回の施工スパンが約30m～44mの底版コンクリートである。この底版は地下約34mに施工されるが、地下水位が約GL-5mであり、非常に高い水圧を受ける部位となる。そのため、この部位は高い防水性能に加え、ひび割れの抑制対策を十分に検討する必要がある。また、ひび割れが発生した場合も考慮し、ひび割れからの漏水を防止する処置が必要となる。

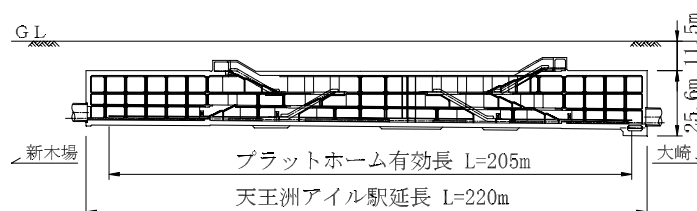


図-1 駅舎縦断面図

3. 事前検討

この構造物に発生するひび割れは、主に温度ひび割れであると推測される。そのため、今回は温度応力解析による検討を実施した。温度応力解析の主な入力条件を表-1に示す。なお、温度応力解析に用いるコンクリートの温度上昇特性、及び力学特性についてはコンクリート試験により確認を行った。試験配合は表-2に示す通りで、温度ひび割れ対策としてカルシウムサルフォアルミネート系水和熱抑制型膨張材、ひび割れが発生した場合の漏水対策として躯体防水材をそれぞれ用い、セメントは高炉B種セメントを使用、試験時の環境温度は20とした。

表-1 温度応力解析条件

項目		単位	入力値	
			地盤	底版
材料条件	比熱	J/kg	0.80	1.05
	熱伝導率	W/m	3.45	2.60
	密度	Kg/m³	2650	2300
温度条件	初期温度		16.0	20.0
	外気温		20.0	
境界条件	熱伝達率	W/m²	散水養生	: 14.0
			開放面	: 13.0
断熱温度上昇		-	-	図 - 2 による
解析方法		-	CP 法	
線膨張係数		× 10 ⁶ /	10	
膨張材による応力の緩和量		N/mm ²	-	図 - 4 から推定
強度条件	圧縮強度	N/mm ²	-	表 - 3 による（積算温度）
	引張強度	N/mm ²	-	表 - 2 による
	弾性係数	N/mm ²	-	表 - 3 による（積算温度）

4. 検討結果

硬化コンクリートの性状を表-3に、また断熱温度上昇試験の結果を図-2に示す。今回の試験においては、漏水対策配合の終局温度上昇量が無対策配合の温度上昇より

表-2 コンクリート配合

種類	スランプ (cm)	空気量 (%)	水結合 材比 (%)	細骨 材率 (%)	単位量 (kg/m ³)						
					W	C	S	G	水和熱抑制 型膨張材	躯体 防水材	減水剤
無対策	8	4.5	48.2	46.2	150	311	826	1037	0	0	2.81
漏水対策配合	±2.5	±1.5	48.2	46.2	150	281	806	1037	30	20	2.81

キーワード：地下鉄、マスコンクリート、漏水対策、カルシウムサルフォアルミネート系膨張材、躯体防水材

連絡先：〒163-0606 東京都新宿区西新宿 1-25-1 9F TEL 03-5381-5447 FAX03-5381-5593 大成建設(株)東京支店 土木部

も 2.2 高くなる結果となった。今回使用した水和熱抑制型膨張材は、コンクリートの初期温度が高い程水和抑制効

果が顕著に現れるため、今回の場合、試験温度が材料設計温度より低いため水和抑制の働きが弱く、一般の膨張コンクリートの温度上昇特性に近づいているものと考えられる。しかし、一般の膨張材を使用した場合、温度上昇量は更になくなるため使用することは難しい。

この試験結果を用いて温度解析を実施し、得られた中心温度を図-3 に示す。温度解析の結果では、漏水対策配合の温度上昇は、無対策配合に比べ 0.8 の上昇に止まった。これは、底版から外部に放熱するため断熱状態の温度差よりも差が小さくなったものと推察される。

この温度解析結果と同様の温度履歴を与えて測定したコンクリートの温度応力を図-4 に示す。温度応力試験では、漏水対策配合は無対策配合に比べ最大

1.1N/mm^2 の引張応力が緩和され、材料自身の温度ひびわれ低減効果が高いことがわかった。温度応力試験結果及び温度解析結果を元に温度応力解析を行った結果、図-5 に示される温度ひびわれ指数が得られた。当初は、温度ひびわれ指数は、温度上昇時に最も小さくなると予想されていたが、温度応力解析の結果、コンクリートの温度降下時に発生する外部拘束ひびわれの方が優位であることが判明した。これは、構造物のスパンが長いためと考えられる。最小となる温度ひびわれ指数は、無対策配合の場合で 1.09、漏水対策配合では 1.22 であり、漏水対策配合では温度ひびわれがほぼ抑制出来ることがわかった。

5 . 実構造物への適用

この漏水対策配合を用いて、実際の構造物を施工した結果、ひび割れの発生状況は表-3 に示す通りとなった。実構造物では、合計 6 スパン施工を行ったが、そのうち 1 スパンで材齢 7 日前後に幅が 0.3mm、長さ 7m 程度のひびわれが 1 箇所発生しただけに止まり、良好な結果となった。またこの部位からは若干の漏水があったが、数日後に漏水は止まっている。これは躯体防水材の効果と考えられる。

6 . まとめ

実際の構造物を施工する場合、材料面で可能な限りひびわれを抑制する対策が必要であり、本試験の結果、水和熱抑制型膨張材は温度ひびわれ低減に有効であることがわかった。また、温度ひびわれ対策を検討した場合においても、ひびわれを完全に防止することは非常に難しい問題であり、そのため、ひびわれ発生時における漏水対策を材料面で講じることで、更に良好な効果が得られることがわかった。

表 - 3 硬化コンクリート性状

種類	圧縮強度 (N/mm^2)				弾性係数 ($\times 10^4 \text{N/mm}^2$)				温度応力試験での引張強度 (N/mm^2)			
	1 日	3 日	7 日	28 日	1 日	3 日	7 日	28 日	1 日	3 日	7 日	14 日
無対策	4.90	14.2	21.2	28.8	-	2.43	2.86	3.22	1.6	2.5	3.1	3.6
漏水対策配合	2.74	14.0	23.1	29.2	-	2.51	2.91	3.42	1.3	2.7	3.1	3.7

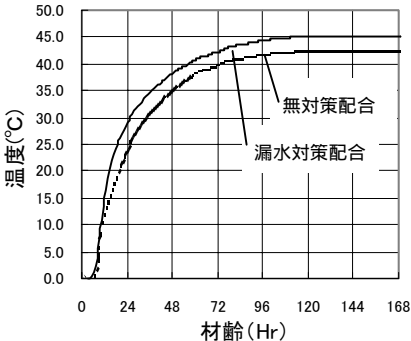


図-2 断熱温度上昇試験結果

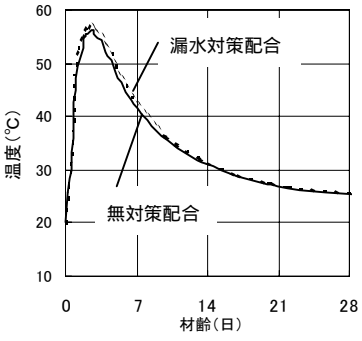


図-3 温度解析結果

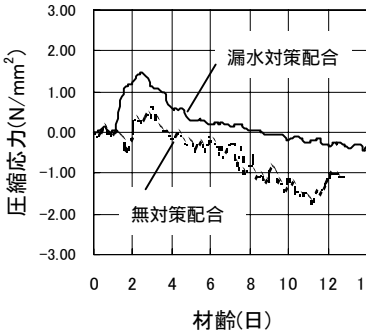


図-4 温度応力試験結果

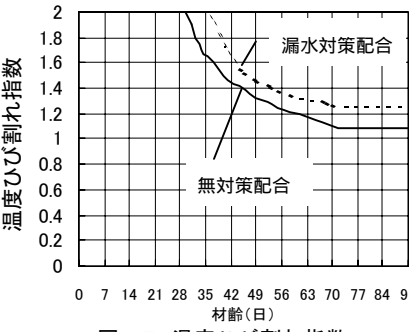


図-5 温度ひび割れ指数

表 - 3 ひび割れ調査結果

ブロック No.	縦断方 向長さ (m)	横断方 向長さ (m)	ひび割れ発生状況		
			本 数	ひび割れ幅 (mm)	ひび割れ長さ (m)
1	29.5	19.0	0	—	—
2	40.0	19.0	0	—	—
3	36.0	19.0	0	—	—
4	40.0	19.0	0	—	—
5	44.0	19.0	1	0.3	7.1
6	30.5	19.0	0	—	—
合計	220	—	—	0.3	7.1