

関西国際空港アンダーパス工事におけるマスコンクリートひび割れ抑制対策—温度応力解析—

関西国際空港株式会社 ○正会員 濱 田 延 卓
 関西国際空港株式会社 フェロー会員 島 田 敬
 株式会社 大林組 正会員 山 本 貴 弘
 株式会社 大林組 正会員 上 月 健 司

1. はじめに

本報告は、関西国際空港 1 期空港島と 2 期空港島を結ぶ連絡誘導路と、1 期空港島既設幹線道路とを立体交差させる目的で計画された 1 期アンダーパス躯体構造物を対象（以下：本構造物）とし、事前に実施したマスコンクリートとなる大規模地下構造物に対する温度応力解析（温度：FEM、応力 CP 法）結果を報告するものである。

特に底版部においては、厚さが最大で 2.5m と部材断面が非常に大きいことから、水和発熱による温度ひび割れの発生が懸念されたため、これを緩和する対策として低熱ポルトランドセメント（以下：低熱セメント）を使用したコンクリートについて温度応力解析を行った。比較として高炉セメント B 種を使用したコンクリート、ならびに温度低減対策としてアイスフレークを添加した配合についても解析を実施した。また、側壁部においては底版からの下部拘束、ならびに乾燥収縮に伴うひび割れ抑制を目的とした検討を行った。



写真 - 1 1 期アンダーパスと南側連絡誘導路

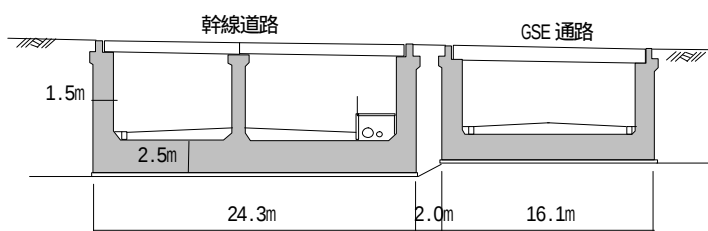


図 - 1 アンダーパス断面図（誘導路部）

2. ひび割れ抑制効果に対する目標値

本構造物は、道路と航空機誘導路の立体交差をさせ、護岸に近接した海洋構造物であるため、絶えず塩化物イオンを多く含んだ空気などに暴露される。

これら環境のなかで要求される品質を充足するため、ひび割れ指数による目標値を、コンクリート標準示方書で「ひび割れを許容する過大とならない」とされる 1.0 以上で、さらにひび割れ発生確率を低減させ安全側となるように底版、側壁とも「1.2 以上（ひび割れ発生確率 60%以下）」と設定した。

3. 比較検討案

比較検討案については、コンクリート配合面からの対策、ならびに物理的な対策の 2 面から抽出した。

■配合面からの対策

セメント種別として高炉 B 種、低熱セメントの 2 種類とした。また側壁部については膨張材を添加した配合を選定した。（表 - 1 参照）

表 - 1 基本配合表

セメントの種類	W/C (%)	単 位 量 (kg/m ³)					
		W	L	BB	Ex	S	G
高炉 B 種	55.0	175	—	318(298)	(20)	760	990
低熱セメント			318(298)	—		776	

BB：高炉 B 種以外、L：低熱セメント、EX：膨張材

（ ）内数値は、膨張材を配合に添加した場合の数値

■物理的な対策

コンクリートに発生する温度ひび割れは、コンクリートの打設温度ならびに硬化時に部材中央部に発生する温度を低減することが効果的な対策となる。

底版部ではコンクリート温度を抑制することから「アイスフレーク」、側壁部は発生するひび割れ位置を制御する方法で近年多く採用されている「ひび割れ誘発目地」を対策案として選定した。

キーワード マスコンクリート、ひび割れ対策、ひび割れ指数、低熱ポルトランドセメント

連絡先 〒549-8501 大阪府泉佐野市泉州空港北 1 番地 関西国際空港株式会社 建設事務所 TEL072-455-4006

4 . 温度応力解析モデル

温度応力解析は以下の手法を用いる

- 温度：FEM、応力 CP 法力解析プログラム
- 解析断面：軸方向長さ 31.8m、底版厚 2.5m、側壁厚 1.5m の誘導路断面(図 - 1 参照)
- 解析ソルバー：ASTEAMACS ver.4 / 三次元温度応力解析プログラム

5 . 解析結果

5 - 1 底版部解析結果

底版部については、高炉 B 種セメント(BC)、低熱セメント(LC)およびこれらにアイスフレークを使用した(BC+ICE、LC+ICE)計 4 種類の配合について検討を行った。

図 - 2 に最高温度を記録した底版中心部における温度履歴、図 - 3 にひび割れ指数の分布状況を示す。

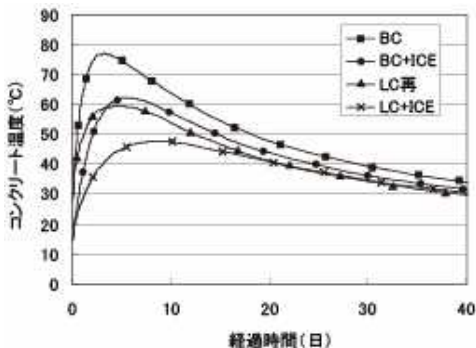


図 - 2 底版部温度分布 (最高温度)

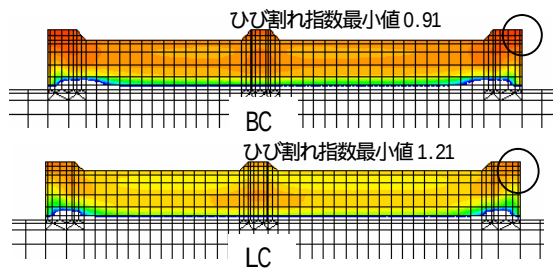


図 - 3 ひび割れ指数分布状況

図 - 3 に示すとおり、ひび割れ指数は、外部、内部拘束の最も少ない底版ハンチ部上端にて最小値を示した(図の○印部が最小値発生位置)。また、これらの解析結果を基に発生ひび割れ幅の算定結果を行った。算定結果、ならびに判定表を表 - 2 に記す。

結果に示すとおり、「低熱セメントの使用」が必要と判断される。

表 - 2 底版部解析結果総括表

配合	最小ひび割れ指数	発生ひび割れ幅 (mm)	0.2mm 以下	0.004c ^(*) 以下	判定
BC	0.91	0.29	×	○	×
BC+ICE	1.17	0.20	○	○	×
LC	1.21	0.18	○	○	○
LC+ICE	1.65	0.05 以下	○	○	○

底版鉄筋比 0.40、許容ひび割れ幅 0.004c=0.56mm

5 - 2 側壁部解析結果

図 - 4 に低熱セメント使用の場合のひび割れ指数分布を示す。また、表 - 3 に各検討ケース毎のひび割れ指数最小値、ならびに発生ひび割れ幅の算定結果を示す。

これら結果に示すとおり、ひび割れ指数は底版からの立上り時(2 リフト)において最小値を示し、目標値 1.20 をクリアする上では、「低熱セメントの使用の上、膨張材の添加、もしくはひび割れ誘発目地の採用」が必要であると判断される。

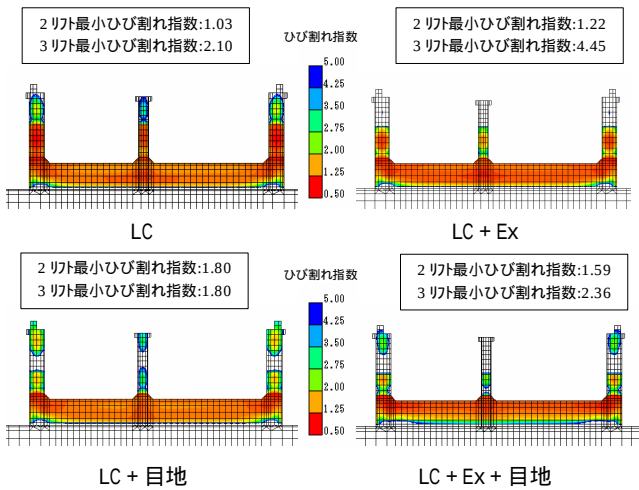


図 - 4 ひび割れ指数分布状況

6 . おわりに

本報告において、構造物に発生する温度、乾燥収縮によるひび割れに対する事前検討を行った。

表 - 3 に示すとおり、構造物の要求性能に鑑み、設定したひび割れ制御目標値をクリアするためには、セメント種別を「低熱セメント」とした上で、さらに側壁部においては「ひび割れ誘発目地」もしくは「膨張材の添加」が必要な結果となった。

実施工においては、コンクリートの製造設備、全体工程、コスト面等を総合的に勘案し、「ひび割れ誘発目地工法」を対策工として採用したが、これらに対する報告は別報にて記すこととする。

表 - 3 底版部解析結果総括表

検討ケース	リフト	最小ひび割れ指数	発生ひび割れ幅 (mm)	0.2mm 以下	0.004c ^(*) 以下	判定
BC	2	0.65	0.32	×	○	×
	3	1.31	0.13	○	○	○
BC+EX	2	0.64	0.32	×	○	×
	3	1.81	0.05 以下	○	○	○
BC+ICE	2	0.64	0.32	×	○	×
	3	1.31	0.13	○	○	○
BC(目地)	2	1.04	0.21	×	○	×
	3	1.35	0.12	○	○	○
LC	2	1.03	0.21	×	○	×
	3	2.10	0.05 以下	○	○	○
LC+EX	2	1.22	0.16	○	○	○
	3	4.45	0.05 以下	○	○	○
LC(目地)	2	1.80	0.05 以下	○	○	○
	3	1.80	0.05 以下	○	○	○
LC+EX (目地)	2	1.59	0.053	○	○	○
	3	2.36	0.05 以下	○	○	○