

マス構造な海上橋脚における温度ひび割れ抑制に向けた取組み

鹿島建設(株) 正会員 ○小林 裕 合樂将三 高柳達徳
太平洋セメント(株) 間嶋 豊

1. はじめに

東日本大震災からの復興のシンボルとして計画・推進する三陸沿岸道路のうち、気仙沼湾を横断する「国道45号気仙沼湾横断橋小々汐地区下部工工事」では海上部に位置する橋脚を構築している。本橋脚は海上に位置し、設計耐用年数100年の長期耐久性が求められている。また、コンクリートはコンクリートプラント船(以下、CP船)を使って製造している。本工事で躯体の高耐久化に向けた取組みとして実施した主な対策の概要を図-1に示す。このうち本報文では、マス構造な海上橋脚の温度ひび割れ抑制に向けた取組みと施工実績について報告する。

2. 橋脚躯体コンクリートの仕様条件

橋脚躯体コンクリートの仕様については、設計段階の気仙沼地区橋梁技術検討委員会からの申し送り事項や発注者、ならびに有識者と協議を重ね、仕様条件を決定してきた。躯体コンクリートの条件を表-1に示す。特に、橋脚部コンクリートの最小ひび割れ指数は、設計当初において1.0以上であったが、海上構造物であり完成後の補修作業が困難なため、メンテナンスフリーを見据えて1.4以上を満足することをJVとして提案し、合意に至った。

3. 温度応力解析結果

温度応力解析条件と橋脚7リフトまでの最小ひび割れ指数を表-2に、解析上の最高温度の分布を図-2に示す。打設リフトは主筋継手位置やCP船の可能打設量、感潮部に配慮して決定した。解析条件は、表-1の条件に加え、型枠の材質と養生条件を考慮し、使用材料および配合を決定した。

セメントは、橋脚4リフトまでは温度ひび割れ対策として低熱セメントを、感潮部に位置する5リフト以上では温度ひび割れと塩害対策に有効な低発熱・収縮抑制型高炉セメント(MKC)を選定して耐久性向上を図った。また、膨張材(HEX)は解析結果に準じて使用し、全リフトに石灰石を使用する計画とした。ただし、施工条件として上面の湿潤養生は次リフトの打込みまでとし、7リフトのコンクリート温度は解析に用いた平均外気温相当で管理することとした。

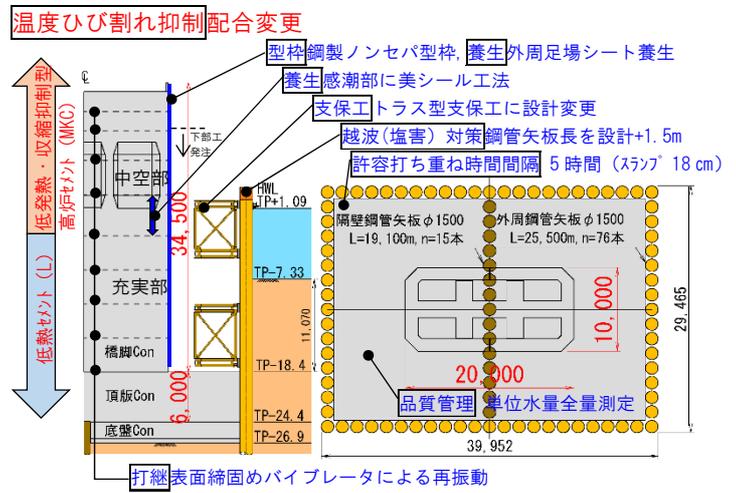


図-1 橋脚構造図と主な高耐久化対策の概要

表-1 躯体コンクリートの仕様条件

条件	項目	設定値	設定根拠
温度解析	最小ひび割れ指数	頂版: 1.0以上 橋脚: 1.4以上	有識者との協議の結果
	配合	強度	30N/mm ²
配合	スランブ	18.0cm	施工性能評価および施工可能な許容打重ね時間間隔から練上りの目標スランブを設定
	空気量	5.5%	凍結融解対策として5.0%に設定し、圧送試験結果より圧送ロス0.5%考慮
	水セメント比	45%以下	海洋コンクリート構造物の耐久性から定まる最大W/C
	単位セメント量	330kg/m ³ 以上	海洋コンクリート構造物の耐久性から定まる最小単位セメント量以上

表-2 温度応力解析条件と最小ひび割れ指数

部位とリフト	解析条件						ひび割れ指数			
	打設日	セメント	打設温度	養生条件*1			目標	最小		
				外側	内側	上面				
橋脚	7	3/28	MKC (HEX)	外気 +5°C	鋼製	※2 EPS 合板	湿潤 次のリフトまで	1.4以上	1.56	
	6	2/28						1.86		
	5	1/25						1.42		
	4	12/12						L(HEX)	-	1.44
	3	11/25								1.69
	2	10/25								1.44 ^{※3}
	1	9/5						L(HEX)	1.55	
頂版	3	7/7	L	外気 +5°C	鋼製	-	湿潤	1.0以上	1.08	
	2	6/19						1.33		
	1	6/12						1.35		

※1: 上面とEPS以外は1週間とした。

※2: 発砲スチロール。工程短縮を目的に内型枠として埋設することとした。

※3: 打設後3ヶ月経過以降でコンクリート温度が外気温と平衡になった時点の値。

キーワード マスコン, 温度ひび割れ, ひび割れ抑制, 長期耐久性, 高耐久化, 品質向上, 塩害

連絡先 〒988-0815 宮城県気仙沼市小々汐9-1 気仙沼湾横断橋小々汐JV工事事務所 TEL0226-24-3341

4. コンクリート配合

温度応力解析を基に決定した使用材料および配合を表-3, 表-4 に示す。使用材料のうち, 細骨材は塩害環境下を考慮したアルカリシリカ反応試験(SSW*)とフレッシュ性状の経時変化を確認して選定し, 膨張材使用量は膨張率試験(JIS A 6202)にて決定した。また, これまで主に関東で実績のあるMKCは, 製造されている神奈川県川崎市から陸送しCP船のサイロに貯蔵することとした。

5. 打込み温度の管理

コンクリートの打込みに際し, 打込み温度, 外気温および養生温度と, 解析のフィードバック用に躯体内部の温度を計測した。

躯体内部の最高温度の実測値を図-2 に示す。打込み温度と躯体内部の最高温度の差から求まる温度上昇量の実測値は解析値と比較して頂版で8.1℃, 橋脚1リフトで7.3℃低いことを確認した。この差は, 頂版施工時には宮城県気仙沼市では朝晩で寒暖差が大きい6月~7月上旬の時期であったことや, 橋脚2リフト以降の打込み温度の許容差として考え, 解析の入力値は変更せずに品質管理を行った。

打込み温度の許容差は頂版および橋脚1リフトにおける温度上昇量の実測と, 以降の打込みリフトの解析値の差を考慮して, 頂版2リフトから橋脚リフトまでは3.4℃, 橋脚2リフト以降は6.4℃と設定した。低熱配合における打込み温度の実績を表-5 に示す。施工前にあらかじめ温度対策を施しておき, 品質管理の際は, 打込み温度の実測が解析値に許容差を加えて設定した管理上限値を超えないことを確認しながら施工した。温度対策として, 夏期は打込みを避け, 高温時はCP船に粗骨材を積み込む前に散水によるプレクーリングをした。さらに, 最小ひび割れ指数を示している箇所付近は夜間にコンクリートを打ち込み, 打込み温度の上昇を抑制した。また, 冬期は各材料温度を測定して打込み温度を予測し, CP船内の骨材サイロを給熱養生したり, 温水を用いて製造した。

6. おわりに

現在6リフトまで脱型してひび割れを確認しているが, 有害なひび割れは発生していない。このことから, 今回の対策の効果があつた。MKCの配合についても同様の管理を継続中である。

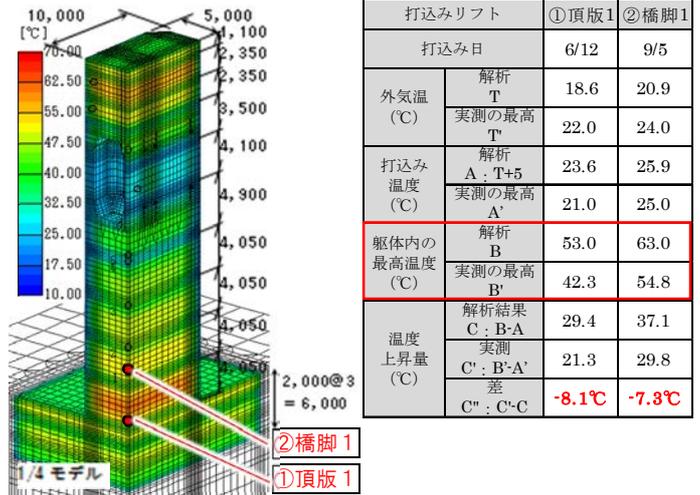


図-2 最高温度分布と温度計測結果

表-3 コンクリートの使用材料

材料	記号	概要
水	W	上水道水
セメント	L	太平洋セメント 低熱ポルトランドセメント 密度3.22g/cm ³
	MKC	太平洋セメント 低発熱・収縮抑制型高炉セメント 密度2.98g/cm ³
細骨材*	S	砂(粗目砂) 北海道苫小牧市勇払産 表乾密度2.70g/cm ³ , 吸水率1.58%, FM2.73
粗骨材	LG	石灰砕石 青森県東通村産 最大骨材寸法20mm 表乾密度2.70g/cm ³ , FM6.67
混和剤	Ad	フローリック AE減水剤標準I型 フローリックS リグニンスルホン酸塩 オキシカルボン酸塩

*: 「東北地方におけるコンクリート構造物の設計・施工ガイドライン(案)」より, コンクリートパンプ法の養生方法として供試体に巻く保水紙の浸透液が真水であることに對し, SSWは20%NaCl溶液に置き換える。

表-4 コンクリートの配合

打設リフト	配合名	W/C (%)	スランプ (cm)	空気量 (%)	単位量 (kg/m ³)					
					W	C	HEX	S	LS	Ad
頂版1~3 橋脚2	30 18 20L	45.0	18	5.5	160	L 356	-	783	1,038	5.34
橋脚1,3,4	30 18 20L (HEX)	45.0	18	5.5	160	L 341	15	783	1,038	5.34
橋脚9	30 18 20MKC	45.0	18	5.5	160	MKC 356	-	809	988	5.34
橋脚5~8,10	30 18 20MKC (HEX)	45.0	18	5.5	160	MKC 346	10	809	988	5.34

表-5 低熱配合における打込み温度の実績

打込み日	打込み温度 (°C)		躯体内の最高温度 (°C)		温度上昇量 (°C)			許容差 (°C)	打込み温度の管理上限値 (°C)	養生対策
	解析 A	実測の最高 A'	解析結果 B	実測 B'	解析結果 C: B-A	実測 C': B'-A'	差 C'': C'-C			
12/12	8.1	14.0	31.3	-	23.2	-	-	6.4	14.5	温水練り給熱養生
11/25	11.1	15.0	43.1	-	32.0	-	-		17.5	シート養生
10/25	14.2	19.0	52.2	-	MAX 38.0	0.9℃	-		20.6	シート養生
9/5	25.9	25.0	63.0	計測 54.8	37.1	29.8	-7.3	3.4	29.3	夜間打設粗骨材クーリング
7/6	25.9	25.0	60.0	-	MAX 34.1	4.7℃	-	3.4	29.3	夜間打設粗骨材クーリング
6/19	24.4	22.0	57.0	-	32.6	-	-	4.0	27.8	夜間打設
6/12	23.6	21.0	53.0	計測 42.3	29.4	21.3	-8.1		解析より	27.6

A' < A+S