

首都高速道路公団 第三建設部 正会員 西 洋司
 首都高速道路公団 第三建設部 正会員 田嶋仁志
 三井・五洋・白石共同企業体 正会員○澤村秀治

1. はじめに

大規模橋梁下部工およびダムなどに代表されるマスコンクリート構造物では、水和熱に起因する温度ひびわれの発生を抑制するため多くは1.5m以下の小さいリフト高さで施工されており、一般に非常に長い工期を要している。近年、大規模プロジェクトによるコンクリート構造物の大型化に伴い、マスコンクリート構造物の施工に対する工期短縮化のニーズがあり、大量急速施工に対応した温度ひびわれ制御手法の確立が急務となっている。現在施工中の首都高速12号線吊橋アンカレイジでは、工期の制約から、これまでに例の無い3.5mの大リフト高さによる急速施工を計画した。ここでは、本工事における温度ひびわれ制御計画の概要について報告する。

2. 構造物の概要

本構造物は、縦70m×横45mのニューマチックケーソン上に厚さ5.5mの頂版を打設し、その上にアンカレイジ本体が施工される構造形式となっている。図-1の構造図に示すように、頂版上のアンカレイジ本体で基本リフト高さを3.5mとした。頂版およびアンカレイジの下部リフトが打設される時期は、工程上7~8月の盛夏季に相当し、マスコンクリート工事としては最も過酷な条件となる。

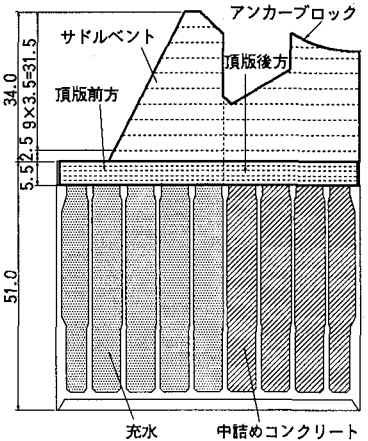


図-1 アンカレイジ構造図

3. 超低発熱性セメントの採用

一回の打設のリフト高さが大きくなると、温度上昇は断熱温度上昇量にほぼ匹敵すると考えてよく、コンクリートの断熱温度上昇量が温度ひびわれの発生に直接的に関与する。事前検討の結果から、高炉セメントB種クラスの断熱温度上昇特性では温度ひびわれを制御できないと判断し、水和熱を極度に抑えた超低発熱性セメントを全面的に採用することにした。そこで、表-1に示す4種類の超低発熱性セメントを用いた性能試験を実施し、断熱温度上昇特性、強度特性等の確認を行った。断熱温度上昇試験(単位セメント量270kg/m³)の結果によると、図-2に示すようにQ₀の値は20~24℃の範囲にあり、高炉セメントB種に比べ15℃以上の温度低下の効果が期待できる。強度の発現については、従来のセメントよりやや遅い傾向のあることが確認された。

表-1 セメントの構成成分

セメント	構成	素材配分比率
A	3成分系	中庸熟ポルトランドセメント : 23%
		高炉スラグ : 50%
		フライアッシュ : 27%
B	3成分系	普通ポルトランドセメント : 20%
		高炉スラグ : 65%
		フライアッシュ : 15%
C	3成分系	中庸熟ポルトランドセメント : 40%
		高炉スラグ : 40%
		フライアッシュ : 20%
D	2成分系	普通ポルトランドセメント : 15%
		高炉スラグ : 85%

また、凝結については非常に遅くなる傾向が認められ、始発で4~9hr、最終で12~17hrであった。リフト高さが大きい場合、型枠の側圧についての配慮が必要である。

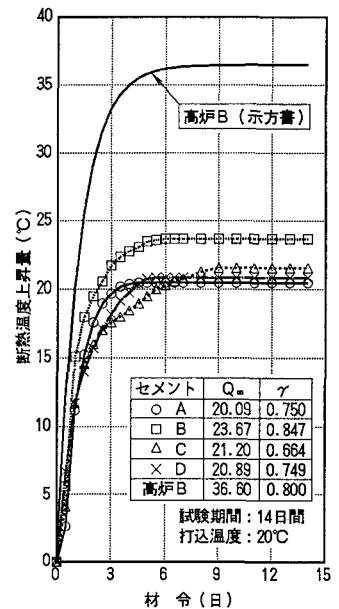


図-2 断熱温度上昇試験結果

4. プレクーリングの適用

超低発熱性セメントを使用した場合でも、夏季に施工されるブロックの温度ひびわれを十分に制御できないことが予想された。そこで、プレクーリングの導入を決定し、温度ひびわれを制御するために必要な打込温度を解析的に求めた。解析は有限要素法によっており、コンクリートの発熱特性については、超低発熱性セメントの試験結果を取り入れた。ひびわれ制御の目標値は、本構造物の持つ重要性を考慮して温度ひびわれ指数1.5以上とすることを基準とした。ひびわれ指数1.5を満足する打込温度および打込温度目標値を表-2に示す。打込温度目標値は

実際の打込温度のばらつきを考慮し、図-3のように設定した。冬季に外気温の低下の影響を強く受ける頂版前方が最も低い打込温度となった。アンカレイジ本体については、3.5mリフトとしているにもかかわらず、頂版に比べると高めの打込温度となったが、これは超低発熱性セメントの効果によるものである。

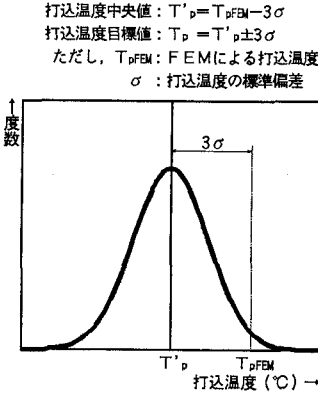


図-3 打込温度目標値の設定

表-2 解析結果と打込温度目標値

対象ブロック	台場側	
	打込温度解析値	打込温度目標値
① 断面 頂版前方	5リフト	<15°C
	4リフト	<15°C
	3リフト	15°C
	2リフト	17°C
② 断面 頂版後方	5リフト	20°C
	4リフト	
	3リフト	
	2リフト	
③ 断面 アンカレイジ本体	4リフト	24°C
	3リフト	26°C
	2リフト	24°C
	1リフト	23°C

5. 施工結果

実際の施工では、コンクリート温度の下げ幅が大きく、また一回当たりの打設数量が1,500m³以上と多量であることから、液体窒素により冷却した骨材をサイロに貯蔵し、打設当日に貯蔵した冷却骨材を用いてコンクリートを製造する、冷却骨材却骨材ストック方式のプレクーリング工法[1]を採用した。表-3に頂版後方ブロックにおけるプレクーリングの実績を示す。プレクーリングの結果、全ての打設ブロックで打込温度目標値を達成することができた。図-4にアンカレイジ本体における温度の計測結果を示す。温度履歴は解析値と良好な一致を示しており、3.5mリフトのブロックにおいても、ほぼ当初計画通りの温度管理を行うことができた。

表-3 温度計測結果(頂版後方)

ブロック	外気温 °C	打込温度 °C	最高温度 °C	上昇温度 °C	打設日
2L	解析値	22.7	20.0	33.7	13.7
	実測値	22.0	14.3	30.9	16.6
3L	解析値	23.7	20.0	34.7	14.7
	実測値	20.4	15.9	33.4	17.5
4L	解析値	25.0	20.0	35.4	15.4
	実測値	27.6	17.4	37.5	20.1
5L	解析値	27.1	20.0	35.9	15.9
	実測値	29.0	16.0	39.2	23.2

6. まとめ

本工事で得られた主な成果をまとめると以下のようになる。1)超低発熱性セメントの使用による、温度ひびわれ制御の効果は大きい。ただし、強度の発現特性、凝結時間について特別に配慮する必要がある。2)超低発熱性セメントの断熱温度上昇試験結果を解析に反映させることにより、精度よく温度履歴を推定することができた。3)プレクーリングを併用することにより、夏季においても大リフト高さによる施工が可能となり、温度ひびわれも十分に制御できることが確認できた。

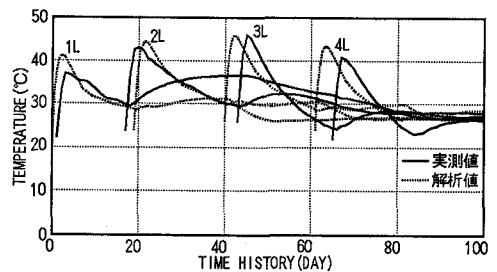


図-4 温度計測結果(アンカーブロック)

【参考文献】

[1]中込秀樹, 西洋司, 田嶋仁志, 高橋三雅: 吊橋アンカレイジのマスコンクリート対策, コンクリート工学, 1991.4
 [2]田嶋仁志, 西洋司, 桑原善隆, 澤村秀治: 吊橋下部工マスコンクリートの急速施工とひびわれ制御計画, 第13回コンクリート工学年次講演会論文集