

防波堤上部コンクリートの温度測定事例

運輸省第五港湾建設局 正会員・中場和嘉

運輸省第五港湾建設局 正会員 荏司喜博

1. はじめに、防波堤の上部工は場所打ちコンクリート（無筋）で施工されるのが一般であり、1ブロックに一度に打込まれるコンクリートの量は約50 m^3 以上と多く、また厚さは1m以上に施工されることが多く、ひびわれの発生がしばしば問題となる。四日市港工事事務所では霧ヶ浦防波堤においてひびわれ低減対策調査を行っているが、その中の内部温度測定結果の一部を取りまとめて報告をする。

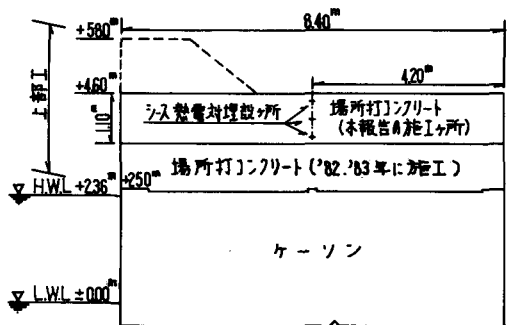


図-1. 四日市港霧ヶ浦防波堤標準断面図

2. コンクリートの施工内容、上部工の施工断面は図-1に示すとおりであり、コンクリートの製造はミキサー船で行いベルトコンベヤーを通じて直接に型枠内へ打込む方法で施工をした。コンクリートはセメントの種類、配合を変えた6種あり、その品質等は表-1、表-2に示すとおりである。また養生マットでコンクリートの表面を覆い26~27℃程の海水を散水し湿潤状態で7日間養生を行った。

表-1 コンクリート使用材料

材料名	規格	比重
セメント(C)	普通ポルトランド	3.16
	高炉B種	3.06
水(W)	上水道水	1.0
細骨材(S)	川砂	2.59
粗骨材(G)	川砂利	2.67
混和剤	AE減水剤(ネガトロンSA4)	1.065

表-2. コンクリートの配合設計、示方配合及び品質

名 称	配合設計		示 方 配 合								品 質							
	配合 強度 (N/cm^2)	セメント 種類	スラング 範 囲 (cm)	水セメ ント比 (%)	S/A (%)	単 位 量 (kg/m^3)					コンクリ 打込日 (年.月.日)	外気温 ($^{\circ}\text{C}$)	コンクリート温度			圧縮強度		
						W (kg)	C (kg)	S (kg)	G (kg)	混和剤 (kg)			t _o ($^{\circ}\text{C}$)	t _{max} ($^{\circ}\text{C}$)	t _{max} -t _o ($^{\circ}\text{C}$)	σ_7 (N/cm^2)	σ_{28} (N/cm^2)	
N-1	178	N	7	73	41.8	151	207	805	1156	2.20	84.6.27	24	27.0	43.0	16.0	108	177	
B-1	178	BB	7	73	41.6	151	207	800	1156	2.20	84.6.28	21	24.0	42.9	18.9	114	223	
N-2	212	N	8	66	41.5	151	229	793	1150	2.43	84.6.27	26	27.0	45.4	18.4	134	207	
B-2	212	BB	8	66	41.3	151	229	787	1150	2.43	84.7.26	27	29.5	51.2	21.7	102	200	
N-3	231	N	9	63	41.2	153	244	780	1145	2.59	84.6.27	27	30.0	51.9	21.9	144	221	
B-3	231	BB	9	63	41.0	153	244	774	1145	2.59	84.7.26	28	29.0	55.1	26.1	109	215	

注1). 配合設計条件の共通事項：変動係数12%、割増係数1.328である。

注5). t_{max} ：内部の最高温度上平均値(中層)の値。

注2). 示方配合条件の共通事項：粗骨材の最大寸法40mm、空気量4%である。

注3). セメントの種類でN：普通ポルトランド、BB：高炉B種である。

注4). t_o ：養生上りの温度であるが打込時の温度とみなす。

3. 温度測定方法、内部温度を感知する検出器部はシース熱電対でその規格はシース外径32mm、シース長さ150mm、心線抵抗大約55 Ω 、熱接点は接地型を使用し、その埋設位置はコンクリートの1ブロック（長さ84m、幅55m、高さ11m）の中央部に3層（上下端から15cm、及び中間）、水平に取付けた。またコンクリートの表面温度については静止表面用検出端（U形）を使用した、それらに接続して指示する計測器は液晶表示方式デジタル表面温度計を使用した。測定は打込後10日間までは午前と午後の2回行い、それ以後は1日1回（午後）にした。

4. 温度測定結果及び考察、①、内部の温度の経時変化について一部を図-2に示す。これから、打込温度、打込時期が同一でないで絶対値の比較は出来ないが、高炉B種使用のコンクリートの方が発熱が遅い傾向が分かる。

②、最高温度上昇は中層が最高であり表-2の t_{max} に示す範囲であった。また最低は上層でありその値はN-1から表-2の順に373、386、388、407、430、437℃であった。③、中層と上層の温度差の最大値はN-3で143℃、最小値はB-1で86℃であった。また中層と上層の温度差が2

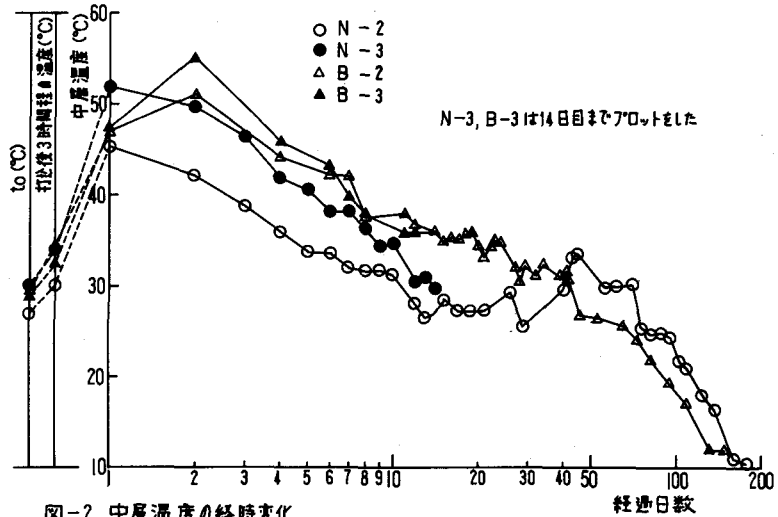


図-2. 中層温度の経時変化

℃以下になる打込後の経過日数はN-1の順から5、7、4、17、9、14日目であった。④、内部の最高温度上昇を表わす係数 k は図-3のとおりであり、ここに $k = (t_{max} - t_0) / C$ である。ただし、 C ；単位セメント量(kg/m^3)、 t_{max} ；内部の最高温度上昇値($^{\circ}\text{C}$)、 t_0 ；練上り温度($^{\circ}\text{C}$)である。通常 $k = 0.1$ 程度と言われているが、おおむねこれと一致している。高炉B種の場合は普通ポルトランドより大きい値を示しているがこれは温度上昇が大きいことを示している。⑤、 $C = 229 \text{ kg/m}^3$ の場合のときの打込温度(t_0)と上昇温度($t_{max} - t_0$)の関係を整理したものが図-4である。ただしN-1、N-3、B-1、B-3については k を用いて推定した、 $C = 229 \text{ kg/m}^3$ の配合時の t_{max} を用いた。これによると高炉B種の場合には一部にバラツキがあるが総じて言えば打込温度が高い程温度上昇が高くなる一般的傾向が見られる。なお普通ポルトランドより高炉B種の方が発熱量が大きい場合もあると言うことが同図からも見うけられる。

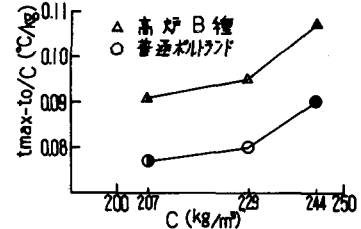


図-3 係数 k 値

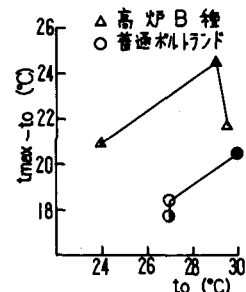


図-4. 打込温度(t_0)と上昇温度($t_{max} - t_0$)の関係図

5. まとめ、今回の調査の結果から次のようなことが分かった。①、測定例の少ない今回のような施工条件下における内部温度変化の特性に関する情報が得られ、また温度ひびわれの推定に対する基礎資料が得られた。②、温度上昇が小さいと予測していた高炉B種の方が温度

上昇が大きい場合もあるので発熱特性を考慮してから使用しなければならないということが分かった。

今後さらに表面温度、気温及びひびわれ発生状況に関する資料を加え、ひびわれ低減対策について検討をして行きたい。最後に今回の調査を指導していただきました名古屋工業大学の吉田弥智教授に謝意を表します。

参考文献、1)、(社)日本コンクリート工学協会：コンクリート技術の要点'83、PI24