

首都高速道路公団 正会員 田嶋 仁志  
 首都高速道路公団 正会員 高橋 三雅  
 サンドプレクール工法協会 正会員 ○加藤 和彦

1. はじめに

首都高速道路公団が建設を進めている東京港連絡橋(仮称)吊橋アンカレッジの施工においては、耐久性の高いコンクリートが要求されている。しかし、本構造物はマッシュなコンクリート構造物であり、また、夏期における急速施工の要求からセメント水和熱による温度ひびわれの発生が予測された。このために、本工事では温度ひびわれ制御対策として、超低発熱性セメントの使用[1] など配合面からの対策に加え、液体窒素(以下、 $LN_2$ )を用いて冷却した骨材によるコンクリートのプレクーリング対策を採用した。本報告は、冷却した骨材の運搬および貯蔵時の温度上昇特性について述べたものである。

2. 冷却コンクリート製造方法

$LN_2$ を用いて冷却した骨材によるコンクリートのプレクーリング方法として施工実績があるのは、コンクリート練りませ直前に細骨材を冷却する方法[2]である。本工事では、コンクリートの大量打設に対応するために、冷却した骨材を骨材サイロに数日間貯蔵し、後日貯蔵した冷却骨材を用いて冷却コンクリートを製造する方法[3]を採用した。冷却骨材の製造は既設の生コンプラント敷地内で行い、コンクリート1回の打設(平均約 $1600m^3$ )に必要な細、粗骨材を全量冷却した。冷却した骨材は既設の生コンプラントの骨材サイロに1~6日間貯蔵した。冷却コンクリートは、芝浦側および台場側の2箇所のプラントで、貯蔵した冷却骨材を用いて通常のコンクリートと同様のサイクルタイム(平均出荷量約 $150m^3/h$ )で製造した。

3. 冷却骨材温度の設定

本工事では、骨材を所定の温度に冷却し、冷却コンクリートを所定の温度で打設するために、冷却骨材の運搬、貯蔵時の温度上昇量、コンクリート練りませ時の水、セメント温度、およびコンクリート運搬、圧送時の温度上昇量を推定する必要がある。図-1に冷却骨材温度設定フローを示す。本工事では各温度上昇量を推定するために、各打設毎の施工データを蓄積し、次回打設にフィードバックする方法を用いた。

4. 実施結果および考察

4.1 冷却骨材温度

本工事での冷却コンクリート練りませ温度の設定値は打設ブロック毎に異なり、 $9\sim 20^{\circ}C$ であった。そのため、冷却骨材温度の設定値は、細骨材が $2\sim 6^{\circ}C$ 、粗骨材が $-2.8^{\circ}C\sim 1.7^{\circ}C$ であった。表-1に冷却骨材の製造結果を示す。表-1より、骨材冷却直後の設定値と実測値との差の平均は、細骨材が $0.4^{\circ}C$ 、粗骨材が $0.8^{\circ}C$ であり、ほぼ設定値どおりに骨材は冷却できている。練りませ直前の設定値と実測値との差の平均は、細骨材が $0.8^{\circ}C$ 、粗骨材が

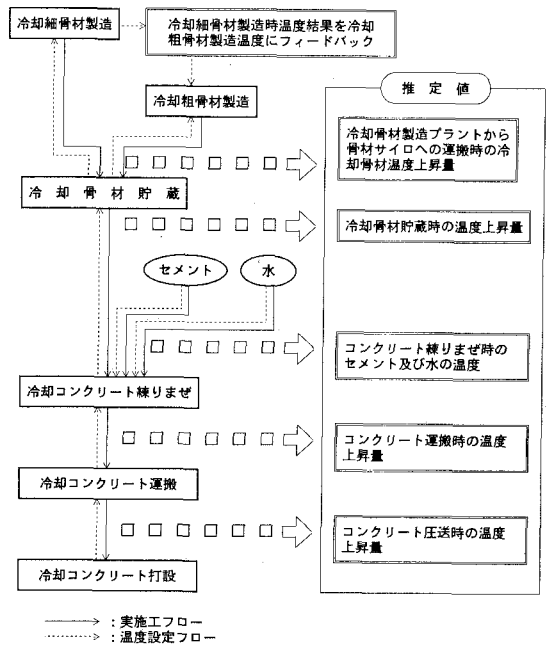


図-1 冷却骨材温度設定フロー

1.3℃であり、その標準偏差は細骨材が0.7℃、粗骨材が1.2℃である。骨材温度のバラツキの範囲を2σと考えた場合、細骨材は2σ=1.4℃、粗骨材は2σ=2.4℃であり、骨材温度のバラツキがコンクリート温度に与える影響は1℃程度である。

4.2 冷却骨材温度上昇量

図-2~図-4に冷却骨材温度上昇量の測定結果を示す。骨材温度上昇量とT<sub>a</sub>(外気温)とT<sub>g</sub>(冷却直後の骨材温度)の差との相関係数は、細骨材は芝浦側で0.81、台場側で0.45と比較的相関があり、粗骨材は芝浦側で0.97、台場側で0.99と強い相関がある。骨材温度上昇量を推定する際に、粗骨材は各打設毎の冷却幅に差があるために、前回打設のデータから回帰式を求め、その回帰式から粗骨材温度の上昇量を推定した。骨材温度上昇量の内訳を、図-4に示す。細骨材、粗骨材ともに骨材サイロ投入時および引出し時に温度上昇率が大きい。また、芝浦側よりも台場側が骨材サイロ投入時の温度上昇率が大きくなっている。これは、冷却骨材の運搬方法の違いにより台場側の方が骨材が外気に触れる機会が多かったためと考えられる。貯蔵中は運搬時に比べ温度上昇率が小さく、細骨材よりも粗骨材の方が上昇率が小さい。貯蔵日数が短い場合、温度上昇率は小さい傾向にある。

4.3 冷却コンクリート温度およびLN<sub>2</sub>使用量

冷却骨材をほぼ計画通りに製造した結果、打設時の冷却コンクリート温度は、全て設定値を満足していた。また、コンクリート1m<sup>3</sup>を1℃冷却するのに必要なLN<sub>2</sub>量は、11.4kg/m<sup>3</sup>であった。

5. まとめ

本研究で得られた主な成果は以下の通りである。  
 (1)冷却粗骨材の温度上昇量は、外気温と冷却直後の骨材温度との差に強い相関がある。  
 (2)冷却骨材貯蔵時の温度上昇率は小さい。  
 (3)冷却骨材および冷却コンクリート温度は、ほぼ設定値通りであった。  
 (4)LN<sub>2</sub>使用量は、11.4kg/m<sup>3</sup>であった。

参考文献

- [1] 中込秀樹他: 吊橋アンカレイジのマスコンクリート対策、コンクリート工学投稿中
- [2] 小野定他: 液体窒素で冷却した骨材を用いたプレケーリング工法の開発、セメント技術年報42昭和63
- [3] 加藤和彦他: 冷却骨材ストック方式による吊橋アンカレイジコンクリートのプレケーリング、第13回コンクリート工学年次講演会投稿中

表-1 冷却骨材製造結果

		芝浦	台場	全体	
骨材冷却直後	砂	̄X	0.4	0.5	0.4
		V	0.3	0.4	0.3
	利	̄X	0.5	1.2	0.8
		V	0.6	1.1	0.9
練りませ直前	砂	̄X	0.8	0.7	0.8
		V	0.6	0.8	0.7
	利	̄X	1.3	1.3	1.3
		V	1.4	0.9	1.2

̄X: 設定値と実測値の差の平均  
 V: 標準偏差

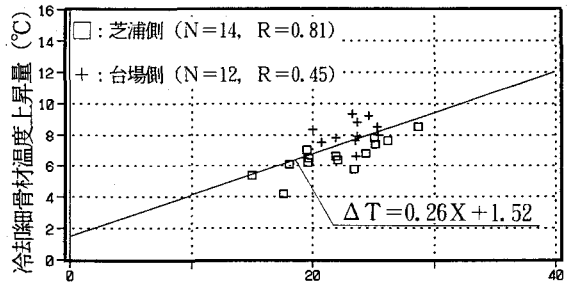


図-2 (T<sub>a</sub>-T<sub>g</sub>)と冷却細骨材温度上昇量との関係

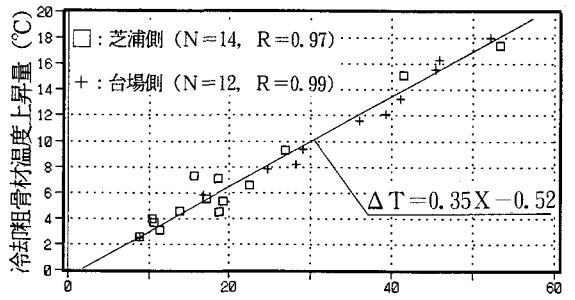


図-3 (T<sub>a</sub>-T<sub>c</sub>)と冷却粗骨材温度上昇量との関係

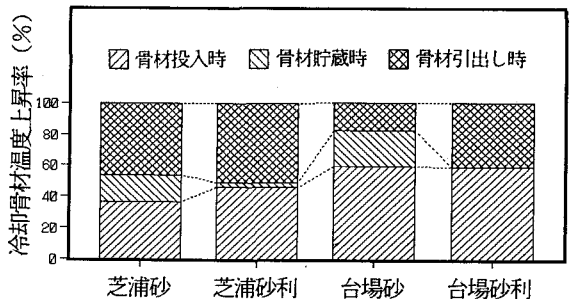


図-4 運搬および貯蔵時の冷却骨材温度上昇率