

V-93 液体窒素で冷却した砂を用いたコンクリートの運搬時の温度特性について

清水建設 正会員 ○加藤 和彦
 首都高速道路公団 正会員 手塚 茂樹
 多摩川トンネルJ.V. 松岡 彰

1. はじめに

近年、コンクリート構造物の大型化に伴い、耐久性などの面から、セメントの水和熱に起因するコンクリートの温度ひびわれ制御が重要な課題となっている。現在建設中の高速湾岸線沈埋トンネル函体においても水密性の高いコンクリートが要求されており、ひびわれ制御対策の一つとして、液体窒素（L N₂）で冷却した細骨材（以下、冷却砂）を用いてコンクリートを製造するプレクーリング工法が採用された。本報告は、沈埋トンネル側壁用冷却コンクリートの施工結果に基づいて、練上り温度および打込み温度、コンクリート運搬時・圧送時の温度特性について検討したものである。

2. コンクリートの配合

コンクリートの配合を表-1に示す。冷却コンクリート製造時の冷却砂の使用量は、1バッチ（2.75 m³）当たり 1,300 kgであり、常温砂と冷却砂は、約1：1の割合で用いた。

3. 冷却コンクリート製造システムおよび温度測定システム

図-1に冷却コンクリート製造システムを示す。本システムでは、既設のバッチャプラントに冷却砂製造装置（以下、サンドクーラ）を組込むことにより冷却砂を製造し、その冷却砂を用いて冷却コンクリートを混練した。図-2に材料温度およびコンクリート練上り温度管理のシステムフローを示す。各材料およびコンクリート練上り温度（T_{pb}）は、T型熱電対を用い10秒間隔で測定した。コンクリート温度は、練上り時現場着時および打設時筒先で測定した。これらをプラントにおけるコンクリート練上り温度管理にフィードバックすることにより、コンクリートの練上り温度の変化に対応した。

4. 結果および考察

4.1 コンクリート温度

表-2にコンクリート練上り温度の整理結果を示す。コンクリートの温度管理は、表-2に示す筒先の規格値を満足するように行った結果、規格値を超えたものはなかった。また、現場着および筒先温度の標準偏差が 0.6～1.1 と小さいのは、現場着、筒先での温度をリアルタイムでプラントにフィードバックし、そのデー

表-1 コンクリートの配合

最大寸法 (mm)	スラン (cm)	空気量 (%)	水セメント比 W/C (%)	細骨材率 S/a (%)	単位量 (kg)				
					セメント	水	細骨材	粗骨材	AE減水剤
25	8±2.5	4±1	51.5	45.3	301	155	834	1034	C×0.20

セメント種類：低発熱型高炉セメントB種

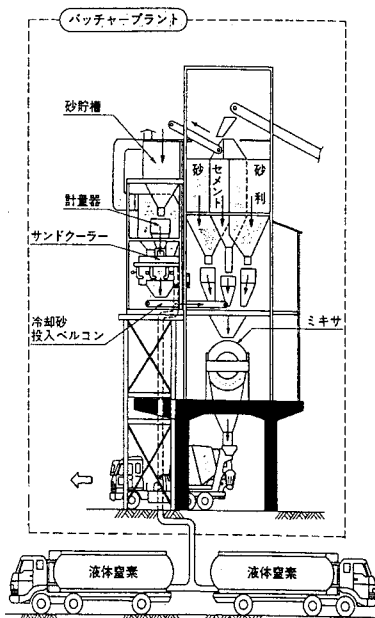


図-1 冷却コンクリート製造設備

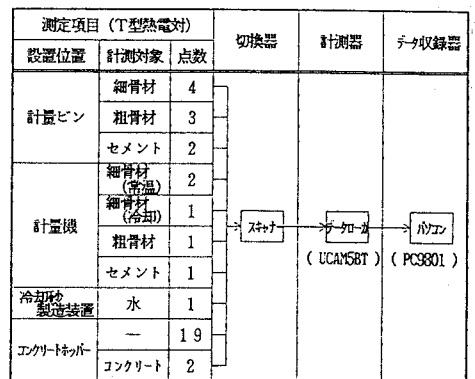


図-2 材料およびコンクリート温度計測システムフロー

タをもとに現場着、筒先での温度が一定になるように練上り温度を設定したことによると考えられる。コンクリートの練上り温度の計算式は文献を参照。

4.2 運搬・圧送時の温度特性

表-3および図-3から図-5に冷却コンクリートの温度上昇量の測定結果を示す。図-3および図-4より、 $(T_a - T_{pb})$ と運搬および圧送時の温度上昇との相関は低く、 $(T_a - T_{pb})$ が温度上昇量に及ぼす影響は比較的小さいものと考えられる。運搬、圧送時の温度上昇量は、全体平均でそれぞれ 1.4°C 、 1.3°C であり、そのばらつきは双方とも 0.6°C となっている。このように外気温の影響が小さい理由として、運搬時はアジテータ車による運搬時間が10分程度と短いこと、 $(T_a - T_{pb})$ が大きい場合には、アジテータ車のドラム表面に水滴が付着し、この水滴が蒸発するときに、気化熱が奪われたことなどが考えられる。また圧送時は、アジテータ車の現場での待ち時間がほとんどなかったこと、圧送距離が30mと短かったことなどが考えられる。

4.3 コンクリートの冷却効率

コンクリート 1 m^3 を 1°C 冷却するのに必要な LN_2 量は平均 8.4 kg 、配管やサンドクーラの予冷に使用した LN_2 などを含めると平均 9.5 kg であった。

5. まとめ

本検討で得られた主な成果を列挙すれば次のとおりである。(1)現場着、筒先温度をバッチャプラントにフィードバックして温度管理を行うことにより、筒先温度は規格値を満足させることができる。(2)冷却コンクリートの運搬時および圧送時の温度上昇量に及ぼす外気温の影響は比較的小さい。(3)コンクリート 1 m^3 を 1°C 冷却するのに必要な LN_2 量は平均 8.4 kg であり、配管やサンドクーラの予冷などに用いた LN_2 を含めると平均 9.5 kg であった。

参考文献

- 1) 小野定、木村克彦、後藤貞雄、峯岸孝二：液体窒素で冷却した骨材を用いたブレーキング工法の開発、セメント技術年報42 昭63
- 2) 加藤和彦、松森秀美、清水徹、松岡彰：液化窒素を用いた沈埋面側壁コンクリートブレーキングの施工、コンクリート工学第11回年次講演会投稿中

表-2 コンクリート温度測定結果一覧表

		目標値	規格値	実測値		
				n	$\bar{X}$	$\sqrt{V}$
プラント	7月	16		701	15.6	1.1
	8月	16		420	16.8	0.9
	9月	13		630	13.9	0.8
現場	7月	18		346	17.0	1.1
	8月	18		210	17.5	0.9
	9月	15		315	15.6	0.7
筒先	7月	20	21	346	18.4	1.0
	8月	20	21	210	19.2	0.7
	9月	17	18	315	16.6	0.6

注) n: 標本数 $\bar{X}$: 平均値 $\sqrt{V}$: 標準偏差

表-3 運搬および圧送による温度上昇量

		n	$\bar{X}$	$\sqrt{V}$
7月	運搬時	346	1.4	0.8
	圧送時	346	1.4	0.9
	運搬時～圧送時	346	2.8	1.0
8月	運搬時	210	0.7	0.8
	圧送時	210	1.7	0.8
	運搬時～圧送時	210	2.4	0.8
9月	運搬時	315	1.7	0.7
	圧送時	315	1.1	0.6
	運搬時～圧送時	315	2.8	0.7
全体	運搬時	871	1.4	0.6
	圧送時	871	1.3	0.6
	運搬時～圧送時	871	2.7	0.7

注) 運搬時: プラント～現場着
圧送時: 現場着～筒先

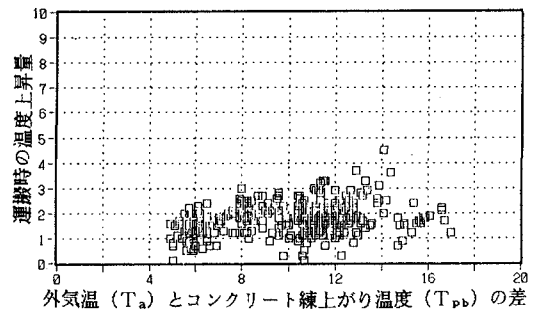


図-3 $(T_a - T_{pb})$ と運搬時の温度上昇量の関係

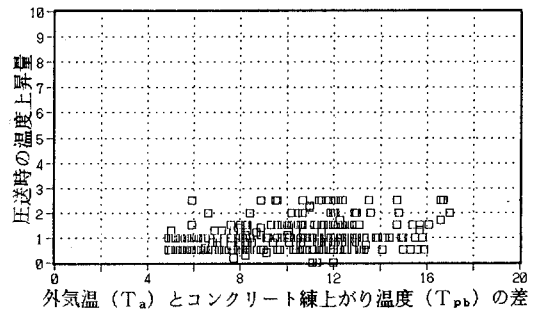


図-4 $(T_a - T_{pb})$ と圧送時の温度上昇量の関係

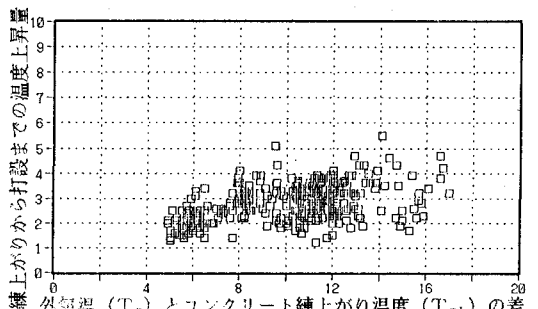


図-5 $(T_a - T_{pb})$ と練上りから打設時までの温度上昇の関係