

V-174 ダムコンクリートのプレクーリングに関する実験的考察

近畿農政局東播用水農業水利事業所

米川 公一

日本技研株式会社技術部

鈴木 迫郎

清水建設株式会社土木本部

正会員 ○亀崎 和也

1. まえがき

現在、建設中である大川瀬ダム（兵庫県三田市）において、約11万 m^3 のコンクリート打込みが予定されている。本報告は、実際のバッチャープラントを用いた現場実験により、コンクリート材料のプレクーリング実験を行い、コンクリート温度の低減に及ぼす各種冷却要因の影響について考察したものである。冷却要因としては、練りませ水の冷却、粗骨材への冷水散水および骨材輸送途中での冷風吹付けを取り上げた。また各要因単独および組合せによるプレクーリング効果を重回帰分析等により解析し、マスコンクリートの所要の打込み温度を確保するための手法を考察した。

2. 実験の概要

実験は現場に設置された可傾式バッチャープラントおよび冷水製造装置を用いて行った。実際に使用したコンクリートの配合、実験要因と水準はそれぞれ表-1、表-2に示すとおりである。

粗骨材への散水は骨材ストックビンで行った。また、骨材への冷風吹付けは骨材ストックビンからバッチャープラントへの輸送ベルトコンラインにフードを取付けて行った。材料温度の測定は熱電対の他に冷水を用いた熱容量法によった。この方法は骨材を冷水に浸し、その温度と重量により骨材温度を逆算する方法であり、骨材表面温度ではなく骨材全体としての温度が測定できる特徴をもっている。

3. 実験の結果および考察

実験結果の一部は、図-1に示すとおりである。これらの結果を基に、重回帰分析により求めたコンクリートの練上り温度（ T_p ）と材料温度の関係は式(1)のとおりである。

$$T_p = 0.346T_s + 0.006T_c + 0.01T_{sg} + 0.237T_{mg} + 0.140T_{lg} + 0.089T_w + 4.9 \dots\dots (1)$$

ここに T_p : コンクリート練上り温度

T_{sg} , T_{mg} , T_{lg} : 粗骨材（小、中、大）の温度

T_s : 細骨材の温度 T_c : セメントの温度

T_w : 練りませ水の温度

さらに、今回の実験結果を基にしてACI式を修正した結果が式(2)である。

表-1 実験に用いたコンクリート配合

Gmax (mm)	Slump (cm)	Air (%)	W/C (%)	s/a (%)	単 位 量 (kg/m ³)							
					水	セメント	砂	大骨	中骨	小骨	減水剤 No.8 (%)	助剤 (%)
					W	C	S	LG	MG	SG		
150	4±1	3±1	65	24	115	177	490	523	523	523	0.25	0.0025

*セメントは高炉セメントB種 LG: 150~60mm MG: 60~25mm SG: 25~5mm

表-2 冷却実験に対する要因と水準

実験の種類	要 因	水 準
練りませ水温度の効果	練りませ水温度	5℃、15℃、河川水
散水温度の効果	散 水 温 度	無、5℃、15℃、河川水
冷風による 骨材冷却 の 効 果	送 風 量	0、80、160 m^3/min
	送 風 温 度	常温、15℃
	骨材の湿潤状態	乾燥、湿潤

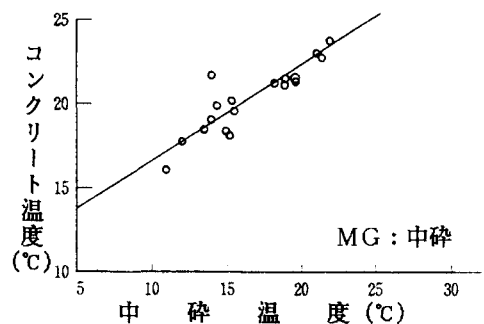


図-1 コンクリート温度と中砕温度との関係

$$T_p = 0.232T_s + 0.060T_c + 0.176T_{sg} + 0.176T_{Mg} + 0.176T_{Lg} + 0.112T_w + 2.65 \dots \dots (2)$$

なお、式(2)の計算値と実測値の差は、本実験の範囲内では最大±1.0℃程度であり、相関係数は0.994であった。

また、コンクリート練上り温度に及ぼす各冷却要因の影響は、表-3に示すとおりである。本実験では粗骨材への冷風吹付けによる冷却は、送風温度が十分に低くなかったため、練上り温度への低減効果はあまり顕著ではなかった。そのため、極低温液化ガス（液体窒素等）の利用も考慮して、送風温度を-5～-30℃にした場合の骨材冷却の効果は解析により検討した。

4. 粗骨材冷却効果の解析

冷風吹き付けによる粗骨材の冷却効果を、FEMによる数値解析により検討した。解析要因は、粗骨材径（Gφ）および冷風温度（Ta）であり、それぞれの水準は、Gφが25、60、150mm、Taが-5、5、15℃である。なお、骨材の初期温度は30℃とした。

冷却温度と（初期温度-冷却後の骨材温度）／初期温度で定義した冷却度との関係は、図-2に示すとおりである。この結果から、冷却時間が大きくなるに従って、骨材温度はほぼ直線的に下がること、また、骨材径が小さくなる程冷却効果は上がることが認められた。

解析結果および実験結果に基づいて作成した骨材初期温度と冷風との温度差さらに冷却所要時間との関係は、図-3に示すとおりである。

5. まとめ

本実験より得られたおもな成果を列挙すれば、次のとおりである。

- 1) 練りませ水を約20℃冷却する事により、2.5℃程度の打込み温度の低減が可能である。
- 2) 粗骨材へ約20℃冷却した水を散水する事により、3.5℃程度のコンクリート打込み温度低減が可能である。
- 3) 骨材温度より約50℃低い冷風（液体窒素等の利用により）を約20秒間吹付ける事により、1.5℃程度の打込み温度の低減が可能である。
- 4) 骨材の冷風による冷却は液体窒素等の極低温液化ガスの利用により大きな効果が期待できる。

表-3 コンクリート温度低減量一覧表

手 段	コンクリート 温度低減量 ℃	備 考
練りませ水に冷水を使用	2.2 ～ 3.1	5℃程度 の冷水
練りませ水に冷水を使用 + 骨材への冷水散水	5.5 ～ 6.5	5℃程度 の冷水と 散水

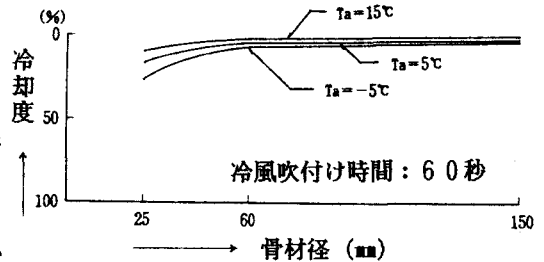


図-2 骨材径と冷却度の関係

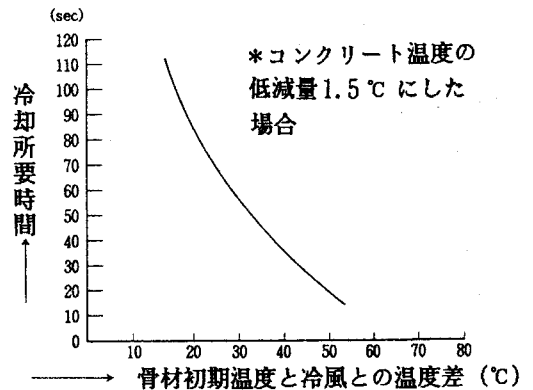


図-3 冷風温度と冷却所要時間の関係

<参考文献> ACI 305「HOT WEATER CONCRETE」