

V-219

低湿度空気を利用した細骨材気化冷却装置の特性

(株)熊谷組 正会員 佐藤英明

(株)熊谷組 正会員 本名誠二

(株)熊谷組 正会員 江上良二

石川島建機(株)

土居平治

1. まえがき

マシブなコンクリート構造物における温度応力によるひび割れを抑制する目的で、コンクリートの練上がり温度を制御するプレクーリングは、構造物の大型化やダムにおける合理化施工の普及によってますます重要視されており、冷却効率や経済性の向上を目指した種々の新しい工法が開発されてきている。

これに対し筆者らも、水の気化熱を利用した気化冷却法を考案し、粗骨材、細骨材において基礎実験を続けてきた。^{1) 2)} 特に細骨材においては、これまで冷却が比較的困難とされていたことから、細骨材を充填した容器に低湿度空気を送風し表面水を気化させた装置、ミキサの中で低湿度空気と細骨材を攪拌することにより表面水を気化させた装置などにより、実験的に気化冷却の基本的特性の研究を進めてきた。

本報告は、これまでの研究を踏まえ、細骨材に対しより効果的に気化冷却法を適用した装置を開発したので、その特性について述べるものである。

2. 細骨材気化冷却装置の概要

気化冷却法は、水の気化熱（蒸発潜熱 $\approx 580\text{kcal/kg}$ ）が高いことに着目し、表面水を持つ骨材と低湿度空気を接触させることにより、骨材表面の水分を積極的に気化させ、骨材を冷却するものである。この方法によれば、骨材はある状態の空気と接触することにより、原理的にはその空気の湿球温度（図1の湿球温度計の示す値）まで冷却されることになる。

これまでの研究では、この原理を細骨材に適用するためには、単位時間当たりの細骨材と送風空気との接触面積を増加させることが、冷却速度の向上に大きく影響を与えることがわかった。図2に示す実験装置はこの点に着目し、細骨材を上部ホッパーから落下させ、下部より送風する空気と装置内で接触させたものである。さらに装置内部においては、細骨材の分散促進と落下速度の低減を目的として、等辺山形鋼を格子状に配置した緩衝板を取り付けた。また、装置内には、熱電対と湿度センサーを取り付け、装置内の温湿度および落下前後の細骨材温度を測定した。

3. 冷却実験

細骨材の冷却特性は、種々の要因の影響を受けるものと考えられるが、ここでは、そのうち影響が大きいと思われる3つの因子を採り上げ、それぞれ3水準を持つ3元配置の実験を行った。表1に各因子とその水準を示す。

表1 実験の因子と水準

因子	水準
A: 風速 (m/s)	0.5 1.0 1.5
B: 砂空気比 (kcal/kg $^{\circ}\text{C}$)	0.15 0.3 0.6
C: 装置高さ (m)	4 2 1

*) 細骨材の落下前温度は 30°C 程度、表面水率は5%程度に調整し、湿球温度約 8°C （乾燥温度 23°C 、湿度5%）の空気を送風した。

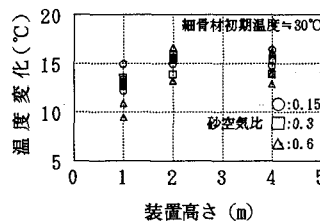


図3 実験結果

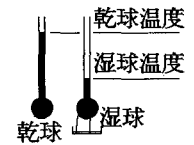


図1 乾湿温度計

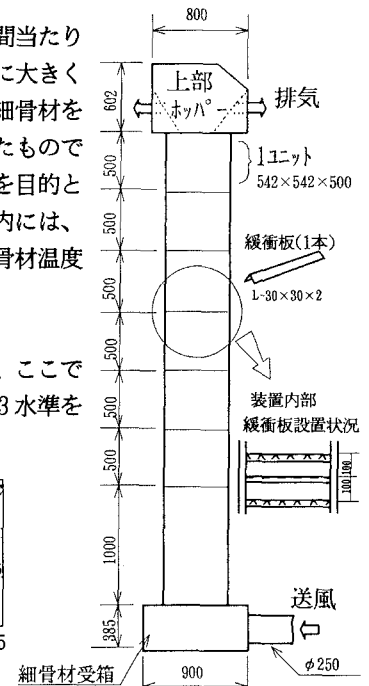


図2 気化冷却装置概要

ここで砂空気比とは、落下細骨材と送風空気の割合を示し、

$$\text{砂空気比} = \frac{\text{細骨材落下量}(\text{kg}/\text{min}) \times \text{細骨材比熱}(\text{kcal}/\text{kg}^{\circ}\text{C})}{\text{送風空気量}(\text{kg}/\text{min})}$$

で表した量である。すなわち、同一風速下では、砂空気比が大きいほど単位時間当たりの落下細骨材量が多いことを意味する。なお、いずれの実験ケースも細骨材の落下時間は2分程度とした。

図3に、実験結果による落下前後の細骨材温度変化量を示すが（風速の影響は省略）、細骨材は15℃程度と大きく冷却されることがわかる。ここで、冷却の効率を（落下前細骨材温度－落下後細骨材温度）／（落下前細骨材温度－湿球温度）とし、これを特性値として分散分析した結果を表2に示す。表2から、風速は冷却効率にそれほど影響を与えないことがわかる。図4に、風速を除いた要因にて冷却効率を推定（母平均の推定）したものを、実験結果と併せて示す。

また、装置内の送風空気の状態として、高さ4m、風速1.0 m/sにて、砂空気比が0.15と0.6の実験結果を図5、図6に示す。図5には、落下前と落下中（定常状態となった時点）との送風空気の温度変化量（変化がない場合はゼロ）を、図6には落下前と落下中における湿度分布を示す。これらの図に見られる傾向は、他の実験ケースにおいても同様であった。

4. まとめ

実験結果より以下のことが明らかとなった。

- 本冷却装置により細骨材を短時間に冷却できるが、その冷却割合は、砂空気比、装置高さに影響を受け、風速による影響は少ない。
 - 砂空気比の増加は冷却効率を低下させ、低下割合は、砂空気比が小さいほど大きい。
 - 装置高さを増すと冷却効率は増加するが、増加割合は1～2m間で大きく変化し、それ以上の高さでは増加割合の変化は少ない。
 - 送風空気の温度変化は小さいことから、気化による蒸発潜熱は、細骨材の冷却に有効に使用されると考えられる。
 - 装置内の湿度変化は、砂空気比によって大きく異なる。飽和状態となった空気では気化冷却が期待できないため、出口にて飽和状態になることが装置として最適な条件となる。
- 以上、本装置は極めてシンプルな構造であるにもかかわらず、細骨材冷却装置として十分な性能を有するものと考えられる。なお、今後は理論的な研究を進めて行く予定である。

参 考 文 献

- 1) 佐藤他: ガムコンクリートの骨材冷却に関する基礎的研究(その1)、第17回土木学会関東支部技術研究発表会、1990
- 2) 佐藤他: ガムコンクリートの骨材冷却に関する基礎的研究(その2)、第17回土木学会関東支部技術研究発表会、1990

表2 分散分析表

要因	平方和	自由度	不偏分散	F ₀
A	171.97	2	85.98	4.92*
B	987.92	2	493.96	28.29**
C	316.28	2	158.14	9.06**
AC	187.99	4	47.00	2.69
誤差	279.36	16	17.46	

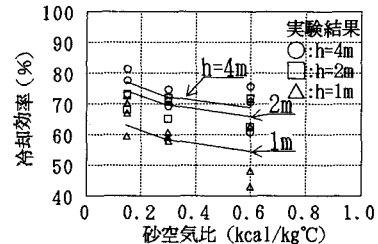


図4 実験結果と母平均の推定

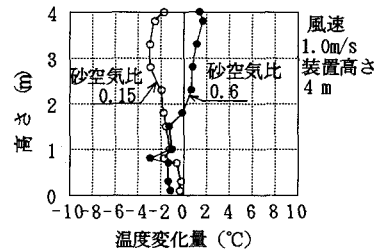


図5 送風空気温度変化量分布

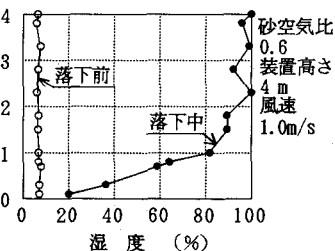
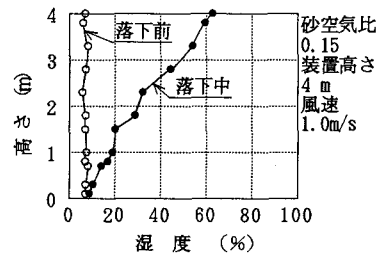


図6 送風空気湿度分布