

## 注水併用エアクーリングの注水形態に関する一考察

(株)熊谷組 正会員○神崎 恵三 正会員 中出 剛  
 正会員 濱 慶子 正会員 水谷 真琴

### 1. はじめに

コンクリート構造物における施工時の水和熱に伴う温度応力によるひび割れ制御対策として、従来のエアクーリング工法に注水を併用した新しいクーリング工法（注水併用エアクーリング工法）を開発し、その適用性について確認した<sup>1)</sup>。本工法は、図-1に示すように送風しているクーリング管中に水を少量滴下し、その気化熱を利用して冷媒となる外気の温度を低下させ、送風による冷却効果を高めたものである。

クーリング管内への注水は簡易バルブで水量調整した水を流し込む形態としているが、水の気化冷却効果は粒径や速度、周囲の温湿度による影響を受けることが知られており、あらかじめ水を霧状に噴出させることで気化冷却効果を得る手法なども一般に多く用いられている。本稿では、注水形態や環境条件によるエアクーリングへの冷却効果について室内試験による比較を試みた結果について報告する。

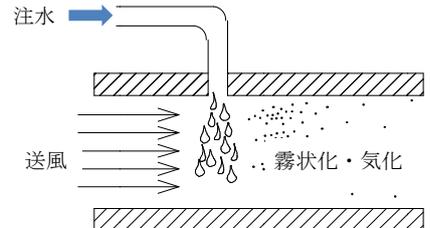


図-1 注水併用エアクーリング概念図

### 2. クーリング管送風試験

#### 1) 試験の概要

注水形態として従来の滴下方式に対し、細粒ミストノズル（粒径 300 μm 以下）、微粒ミストノズル（粒径 100 μm 以下）を本工法に適用した場合について比較した（写真-1）。試験は図-1に示すように、断熱材で覆ったクーリング管（塩ビパイプ：内径 φ65mm）における注水前後の管内送風温度を測定することとし、注水形態に加え注水量（50ml/min, 150ml/min）や風速（10m/s, 20m/s）を変化させた（表-1）。



写真-1 注水形態

表-1 試験ケース

	滴下		細粒ミスト		微粒ミスト	
	50ml/min	150ml/min	50ml/min	150ml/min	50ml/min	150ml/min
風速10m/s	○	—	—	○	—	○
風速20m/s	○	○	○	○	○	○

○：実施

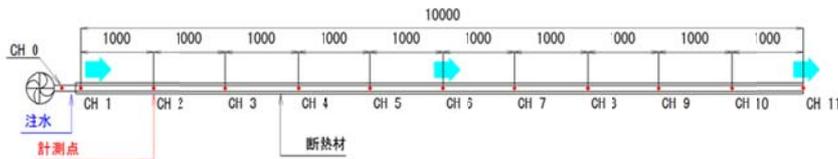


図-1 試験体と計測位置

#### 2) 試験結果

送風直後の空気温度から注水により低下した温度について各測点における計測結果を図-2に示す。風速が 20m/s の場合は、従来の滴下注水に対してミスト注水の方が 1.5~2℃程度低下温度が大きく、微粒ミスト(150ml/min)が最も冷却効果が高い。また、管内温度は注水後 1m からほぼ全長にわたり変化していない。

一方、風速 10m/s の場合は注水直後から送風距離に伴う温度上昇がみられ、特に滴下注水や細粒ミスト注水において顕著である。管末端での低下温度は風速 20m/s の場合（8~10℃）に比べて、風速 10m/s の場合は 3~7℃程度と小さく、風速による注水冷却効果の相違が確認された。

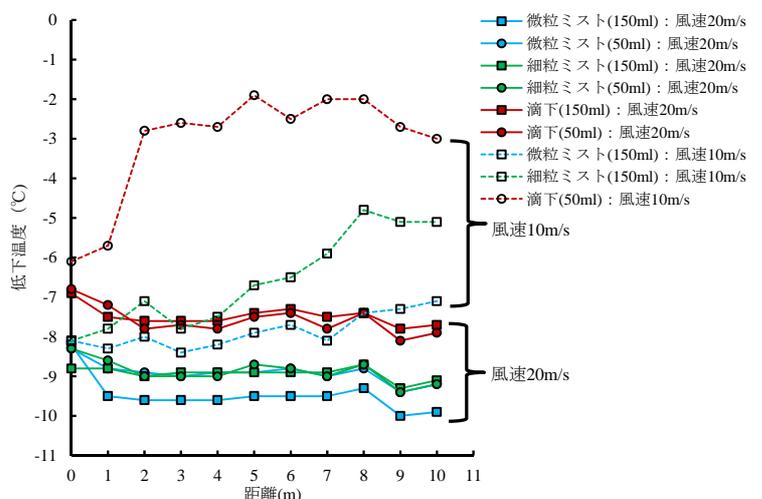


図-2 注水による低下温度

また、風速が小さい場合は注水形態による相違が顕著であり、注水粒径が小さいほどより冷却効果が高い。

キーワード エアクーリング,注水,温度ひび割れ

連絡先 〒162-8557 東京都新宿区津久戸町 2-1 (株)熊谷組土木事業本部土木設計部 TEL 03-3235-8622

### 3. コンクリート試験体送風試験

#### 1) 試験の概要

ミスト注水による送風空気の冷却効果が確認できたことから、コンクリート試験体を用いたクーリング効果の確認試験を行った。試験体は幅 0.5m×高さ 0.5m×延長 1.0m であり、コンクリート打設後は周囲を発砲スチロールで覆い断熱状態とした。クーリング管としては鋼管(内径φ

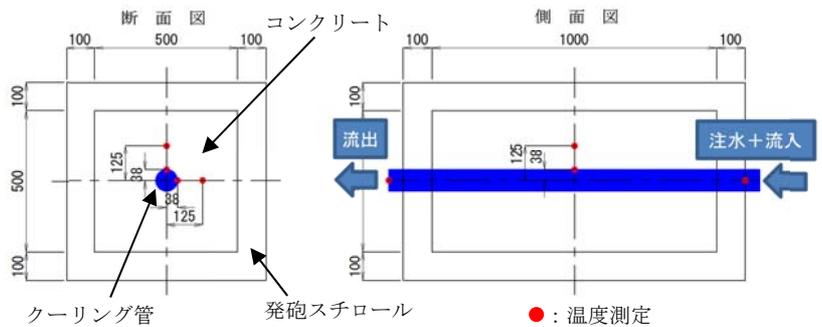


図-3 試験体構造と計測位置(CASE3~5)

65mm, 管厚 4.7mm)を用いた。注水形態としては微粒ミスト(CASE3, 4)と細粒ミスト(CASE5)とし、比較ケースとしてクーリングを行わない場合(CASE1)と注水を併用しない従来のエアクーリングの場合(CASE2)を加えた(表-2)。図-3に注水併用エアクーリングの場合の試験体の構造と計測位置を示す。コンクリート温度はクーリング管表面近傍と125mm離れた位置において熱電対により測定し、併せて外気温、流入・流出空気

表-2 試験ケース

ケース	送風	注水形態	注水量
CASE1	—	—	—
CASE2	○	—	—
CASE3	○	微粒ミスト	150ml/min
CASE4	○	微粒ミスト	50ml/min
CASE5	○	細粒ミスト	150ml/min

温度、相対湿度および風速を測定している。クーリングはコンクリート打設後3日間行い、風速は20m/sとした。

#### 2) 試験結果

供試体中心のクーリング管の横側表面近傍および125mm離れた位置における各ケースのコンクリート温度経時変化を図-4, 5に示す。いずれの位置においても空気のみエアクーリング(CASE2)に対して、注水を併用したエアクーリング(CASE3~5)の場合はコンクリートのピーク温度が10℃程度小さく、温度抑制効果が発揮されることが確認された。

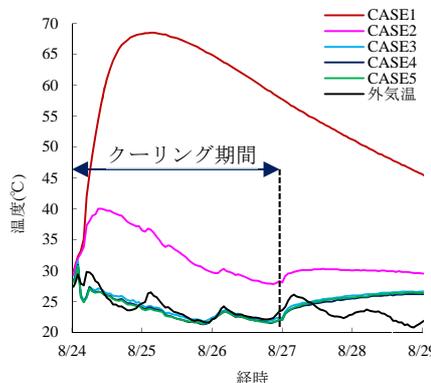


図-4 温度経時変化図 (クーリング管表面近傍)

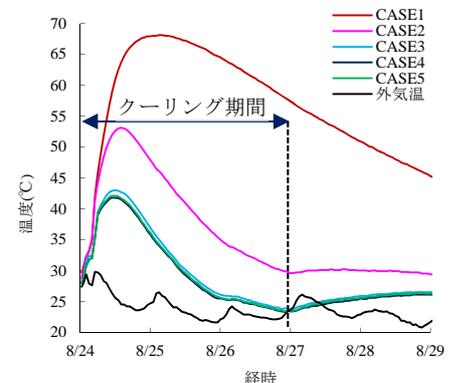


図-5 温度経時変化図 (クーリング管表面から125mm)

また、前述のクーリング管送風試験と同様に、風速が20m/sと大きい場合には、注水形態や注水量により温度抑制効果の顕著な相違はみられない。

図-6はCASE2とCASE3における外気温とクーリング管内への流入箇所における空気温度との差分を示す。CASE2の場合は送風機の熱により3℃程度空気温度が上昇するが、CASE3の場合は注水により最大5℃程度冷却されていることがわかる。また、注水による空気冷却効果は相対湿度と明確な相関があることが確認できた(図-7)。

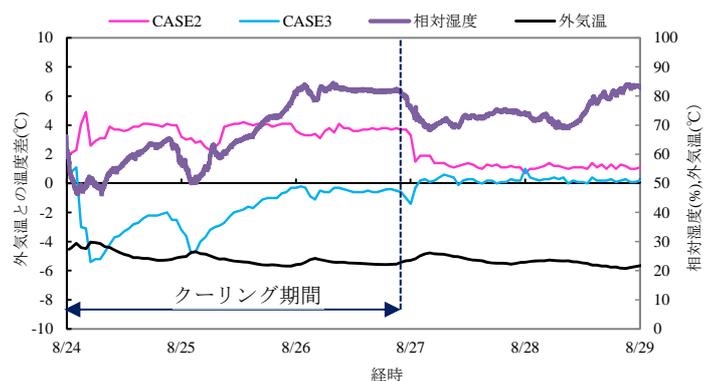


図-6 送風温度の経時変化

#### 4. まとめ

注水併用エアクーリング工法における注水形態について比較を行い、空気冷却効果の高いミスト注水について、本工法への適用性を確認した。今回得られた知見を反映させ、より合理的な工法の適用を図っていきたいと考える。

#### 参考文献

- 1) 神崎恵三, 中出剛, 工藤守, 濱慶子: 函渠構造物側壁部への水平エアクーリング工法の適用, 土木学会第70回年次学術講演会概要集, 2015.9

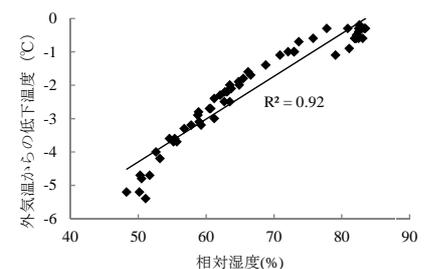


図-7 送風温度の低下量と相対湿度の関係(CASE3)