

### 環境対応型ヒートパイプのパイプクーリングへの適用

鉄建建設株式会社 正会員 ○伊吹 真一  
鉄建建設株式会社 正会員 柳 博文

#### 1. 目的

マスコンクリートにおけるひび割れ抑制対策として、断面内に熱移動量の大きなヒートパイプを設置し、コンクリートの水和熱による温度上昇を抑制する方法<sup>1)</sup>がある。従来より本工法に使用されてきたヒートパイプは、ステンレス製のコルゲートパイプをコンテナとし作動液に代替フロン R134 a としたものである。しかし、代替フロン R134a は、温室効果が二酸化炭素の 1300 倍と高く、京都議定書の削減対象である HFC(ハイドロフルオロカーボン)の一種であることから、取扱時の環境への影響が問題となっていた。そこで、環境への影響の少ないエタノールを作動液としたヒートパイプ(以降、環境対応型ヒートパイプと呼ぶ)を用いることとし、そのマスコンクリートのパイプクーリングへの適用性の確認を行った。

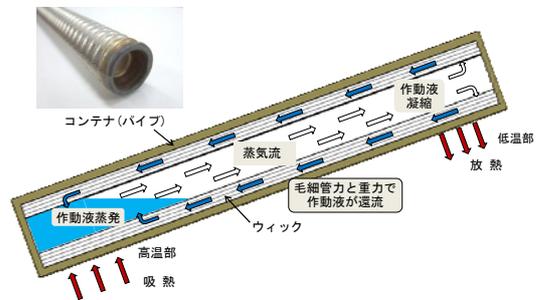


図-1 ヒートパイプの原理

#### 2. 要素試験によるクーリング性能の比較

環境対応型ヒートパイプの性能を把握するため、断熱容器内の温水のクーリング性能を従来型ヒートパイプと比較した。一般にエタノールを作動液としたヒートパイプの使用温度範囲は 0～150℃程度とされている<sup>2)</sup>などが、本工法の使用温度領域は 30℃～60℃と比較的低温の領域であること、作動液の沸点が R134a は -28.18℃に対し、エタノールが 78.4℃と高いなど、従来のヒートパイプよりクーリング性能が低下することが懸念されていた。

試験は、図-2 に示す断熱容器内の温水に長さ 1m のヒートパイプを挿入し、24 時間後の水温低下量の比較を行った。なお、室内で試験を行い外気温は 20℃一定となるように空調を行った。

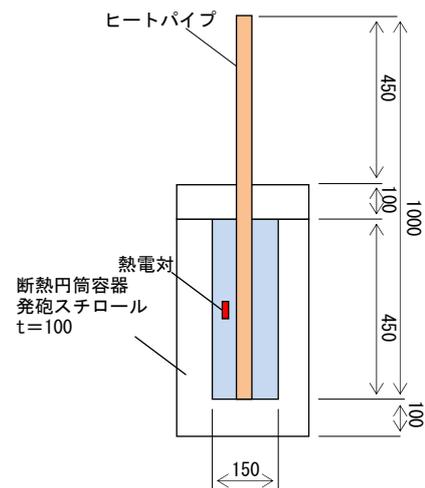


図-2 要素試験概要図

図-4 に試験結果を示す。水温 30℃付近においては、環境型ヒートパイプは従来型より劣るものの、50℃以上の領域において水温低下量は大きかった。

ただし、水温低下量に大きな差は見られず、パイプクーリングで使用する水温 30～70℃の領域において、両者の温水の冷却性能は同等であることが確認できた。

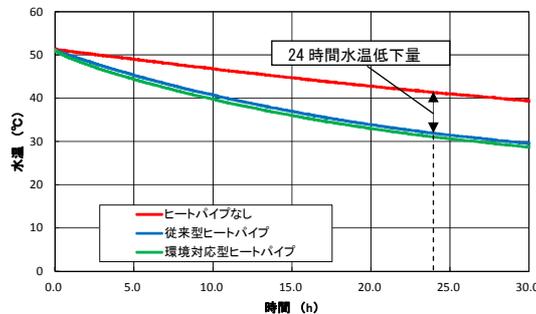


図-3 温度履歴の比較(水温 50℃)

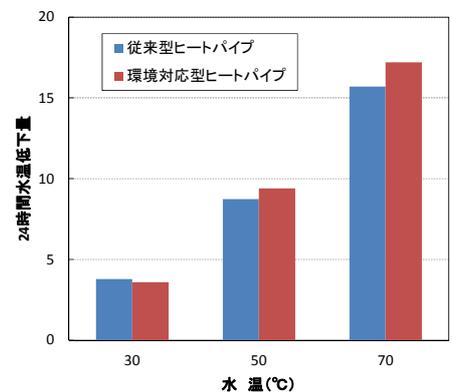


図-4 水温低下量の比較

キーワード マスコンクリート, ヒートパイプ, パイプクーリング

連絡先 〒286-0825 千葉県成田市新泉 9-1 鉄建建設株式会社 TEL 0476-36-2334

### 3. マスコンクリートのクーリング性能の確認

環境対応型ヒートパイプのコンクリートの水和熱による温度上昇抑制(クーリング)への適用性を確認するため、模型試験体を製作し、ヒートパイプの放熱によるコンクリートの温度上昇の低下量を計測した。

模型試験体はヒートパイプなし(試験体 No. 1)と従来型ヒートパイプ(試験体 No. 2)、環境対応型ヒートパイプ(試験体 No. 3)の3体とし比較検討を行った。ヒートパイプによるクーリングを行った試験体の形状寸法を図-5に示す。試験体寸法は1m×1m×高さ1.5mとし、側面および底面は型枠+断熱材としたマスコンクリートを模擬したものである。橋脚等の一般的なコンクリート構造物を想定し、コンクリート温度が最大70℃程度となるよう表-1の配合とした。

ヒートパイプは鋼製シース管(直径50mm)にコンクリート打込み後に挿入した。計測は、熱電対を用いてコンクリート内部・ヒートパイプ表面・シース表面の温度およびシース内の水温を測定した。なお、室内で試験を行い外気温は20℃一定となるように空調を行った。

試験体に配置された熱電対により計測された温度から求めた断面Bの最高温度分布を図-6に示す。ヒートパイプの有無の試験体の最高温度分布を比較すると、ヒートパイプの周囲の温度の低下が確認できる。環境対応型ヒートパイプと従来型ヒートパイプを比較すると、コンクリート部分の温度は若干高い傾向にあるものの、ヒートパイプ表面やシース表面ではほぼ同じ最高温度であった。また、図-6には従来型ヒートパイプで求めた解析用物性値<sup>1)</sup>による解析結果も示しているが、環境対応型ヒートパイプの実測値と概ね一致していることが確認できる。

ヒートパイプありの試験体の断面Bでコンクリート温度が最大となる中心からの距離が250mmの着目点における温度履歴を図-7に示す。環境対応型ヒートパイプは、ピーク温度後も温度差が拡大従来型ヒートパイプの同様の温度履歴を示し、クーリング実施期間にわたりヒートパイプによるクーリングが持続していることが確認できた。

### 4. まとめ

- (1) 作動液にエタノールを使用した環境対応型のヒートパイプは、マスコンクリートのクーリングの使用温度領域において、従来型ヒートパイプと同等の温水冷却性能を有していることが確認できた。
- (2) 環境対応型ヒートパイプを用いたパイプクーリングは、従来型ヒートパイプを使用した場合と同等のコンクリートの温度上昇抑制効果があることが確認できた。

### 参考文献

- 1) 伊吹真一, 船本恵一, 前田智宏, 飯塚隆博: ヒートパイプを利用したパイプクーリング, コンクリート工学年次論文集, Vol. 36, No. 1, pp. 1500-1505, 2014. 6
- 2) 高岡道雄, 馬渡恒明, 坂谷益司, 望月正孝, 益子幸一, 伊藤雅彦: 長尺ヒートパイプの開発とヒートパイプの応用製品, 藤倉電線技報, 第68号, pp50-63, 1984. 12

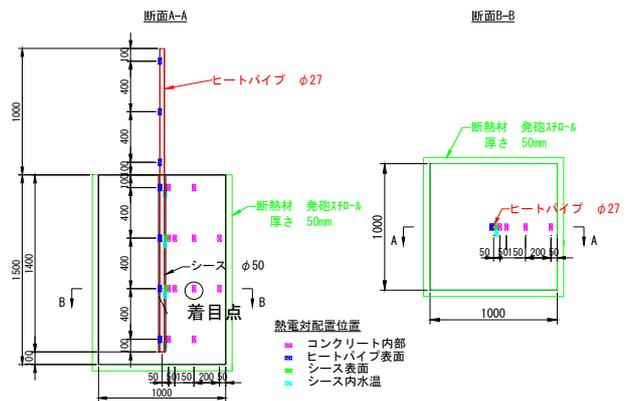


図-5 試験体形状図(試験体 No. 2、3)

表-1 配合表

セメント種類	粗骨材の最大寸法(mm)	水セメント比(%)	細骨材率(%)	単位量(kg/m <sup>3</sup> )				
				水 W	セメント C	細骨材 S	粗骨材 G	AE 減水剤
N	20	44.2	42.4	190	430	689	963	4.3

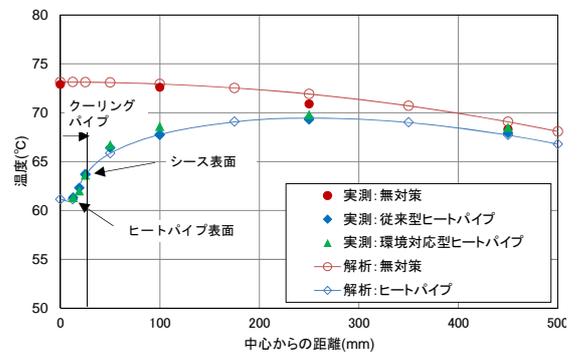


図-6 最高温度時温度分布(断面B)

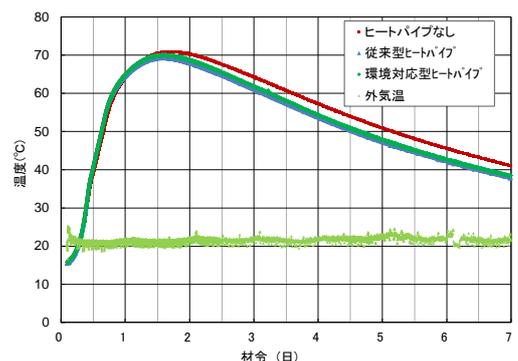


図-7 温度履歴の比較(着目点)