

ペルチェ素子を利用したモルタルの温度上昇抑制に関する検討

五洋建設株式会社 正会員 ○ 王 涛
同上 正会員 酒井 貴洋
同上 正会員 谷口 修

1. はじめに

温度ひび割れ対策として、冷却水また冷却媒体を使用したパイプクーリングによるコンクリート温度上昇抑制対策が一般的に知られている。これらの方法は、いずれも設備やその運用が比較的大規模かつ煩雑であることに加え、コンクリート各部位の発熱性状に基づく効率的な冷却制御が難しいという課題がある。一方、簡易に吸熱が行え、かつこれを熱および電気エネルギーに変換するペルチェ素子が最近様々な分野で活用されつつある。本検討では、ペルチェ素子を利用したペルチェモジュールの吸熱によるモルタル温度変化から、温度ひび割れ抑制対策としての新しいクーリング手法の可能性を探ることを目的とした。

2. ペルチェモジュールとは

ペルチェ素子を利用したペルチェモジュール(図-1)は、電力を消費して熱を移動させる機能を有し、冷却装置に使用されるデバイスである。ペルチェモジュールは異なる電気特性と熱特性を持つ半導体(素子)の対で構成され、これらを2枚の金属基板で挟み込んだ構造である。ペルチェ素子への通電により、片面が吸熱し反対の面では放熱が行われる。また、逆通電により、任意のタイミングで吸熱面と放熱面を反転させることが可能である。

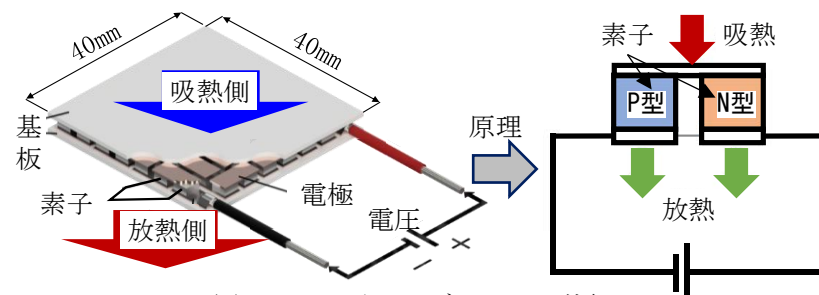


図-1 ペルチェモジュールの仕組み

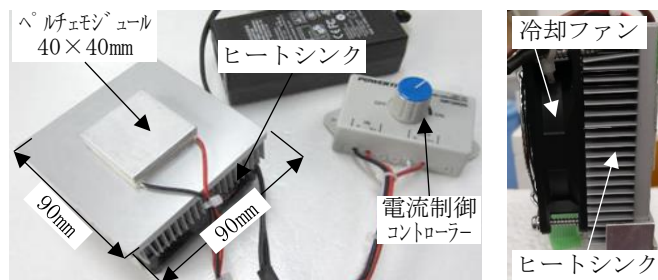


図-2 ペルチェモジュールを搭載する機器の構成

3. 実験概要と結果

3.1 ペルチェモジュールの温度制御実験

適用部位の冷却および温度保持検証のため、モジュールのみの温度制御実験を行った。なお、ペルチェモジュールを搭載する機器構成を図-2に示す。基本構造は、ペルチェモジュール、ヒートシンク、冷却ファンと電流制御装置で構成される(図-2参照)。

電流と温度の相関関係を得るため、目標電流を調整し電流を安定的に維持しながら、温度を計測した。計測温度の履歴を図-3に示す。また、電流のアンペア数と吸熱側の平均温度を整理した結果を図-4に示す。この結果より、電流と平均温度には線形の相関が認められたことから、この結果を利用して冷却温度を制御することが可能と考えられる。

3.2 ペルチェモジュールを用いたモルタルの温度変化

ペルチェモジュールを用いた冷却実験により、モルタル試験体の温度変化を確認した。冷却実験で使用材料を表-1に示す。なお、モルタルは水セメント比 40%、モルタル中に占める砂の割合は 45%一定とした。

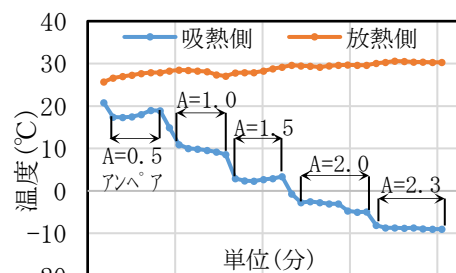


図-3 電流と温度の履歴変化

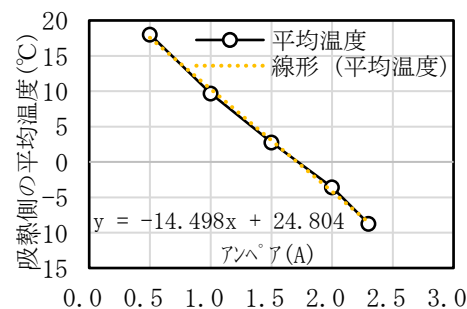


図-4 アンペア数と平均温度の関係

キーワード ペルチェモジュール, 電流, 温度制御, モルタル, 冷却効果

連絡先 〒329-2746 栃木県那須塩原市四区町 1534-1 五洋建設(株) 技術研究所 TEL 0287-39-2105

表-1 使用材料

材料	記号	物理的性質など
セメント	HL	早強ポルトランドセメント 密度：3.14g/cm ³ 比表面積：4650cm ² /g
細骨材	S	川砂の密度：2.53g/cm ³
水道水	W	密度：1.0g/cm ³

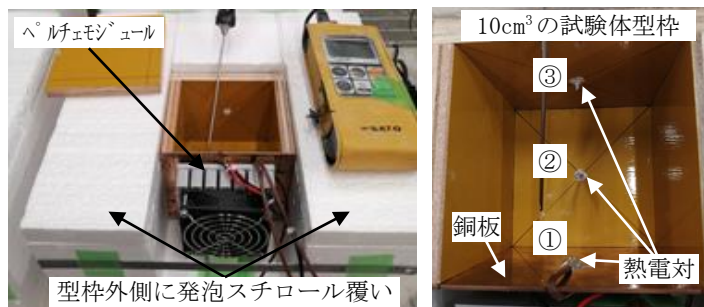


図-5 モルタルの冷却実験

モルタルを打ち込む 10×10×10cm の型枠(図-5)には、ペルチェモジュールが接触する冷却面に 2mm の銅板を、またそれ以外の面にはコンパネを用いた。冷却面以外の型枠外側に厚み 10cm の発泡スチロールを設置し熱が逃げないように配慮した。冷却面である銅板表面にペルチェモジュールを設置し、熱電対によりモルタル温度を計測した。図-5 に示すように、熱電対は型枠中心の高度に銅板から型枠木製面に向けて水平に均等な距離で 3 箇所(①・②・③)を設置した。なお、冷却有無による差異を把握するため、ペルチェモジュールを設置しない試験体も別途用意した。

図-6 に熱電対の温度履歴を示す。P 無(ペルチェ無使用)と P 有(ペルチェ使用)の履歴結果から、ペルチェ無使用の場合にモルタルの最高温度が大きく低減されるとともに、最高温度発生後の温度降下勾配が緩やかとなる傾向が認められた。これよりペルチェモジュールがモルタルの温度上昇抑制に効果はあることが確認された。

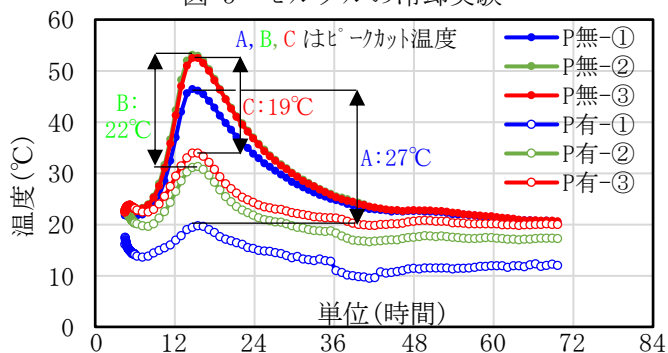


図-6 ペルチェ使用有無による温度履歴

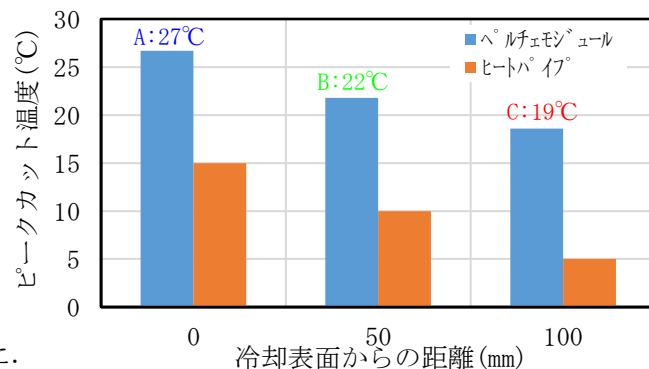


図-7 冷却有無によるピークカット温度

4. 冷却効果の評価

実験で得られたピークカット温度(図-6 に示すような A・B・C の値)から、モルタルの冷却効果を相対的に評価した。比較対象として、①②③(冷却表面から 0mm, 50mm, 100mm)と同位置におけるヒートパイプを利用したパイプクーリングによるコンクリートの温度低下量¹⁾も併記した。両者とも冷却表面から離れるほどピークカット温度(図-7)は小さくなり、冷却効果は減少した。いずれの箇所においても、ペルチェモジュールの場合ではモルタルのピークカット温度が 19℃～27℃程度低減されたのに対して、ヒートパイプの場合では 5℃～15℃程度の低減効果であった。この結果から、ペルチェモジュールの使用により従来技術であるヒートパイプを利用したパイプクーリングと比較して、高い冷却効果を有する可能性が認められた。

5. まとめ

本研究で得られた成果を下記にまとめた。

- 1) 電流制御によりペルチェモジュールの表面温度を制御することが可能である。
- 2) モルタル冷却実験より最高温度の低減効果が大きく、また最高温度発生後に温度降下の勾配が緩やかになり、ヒートパイプとの比較で高い冷却効果を有することが確認された。

今後、これらの知見を活かし、効率的かつ有効なひび割れ発生対策法を検討する予定である。

参考文献

- 1) 伊吹真一ほか：ヒートパイプを利用したパイプクーリング，コンクリート年次論文集，vol. 36，No. 1，2014