

マイクロカプセル混合塗料を用いたコンクリート構造物の断熱

鹿児島工業高等専門学校（学）○小林 紗恵，（正）安井 賢太郎，宮崎大学 塩盛 弘一郎

1. 緒 言

コンクリートは熱伝導率が高く、熱容量も大きい特徴を有している。このため、土木構造物に利用した場合には、寒冷地トンネルの坑口付近において凍害による変状や覆工の劣化¹⁾が生じることが課題である。一方、建築構造物に利用した場合には、冷暖房効率が悪いことが課題であり、家庭用エネルギー消費の中で約30%を占める²⁾冷暖房エネルギーの削減は、地球環境保全の観点から重要である。

これらの課題から、コンクリートの利用においては、断熱材料を組み合わせることが不可欠となる場合が考えられる。断熱材料として、硬質ウレタンフォームやグラスウールなどが利用されているが、施工の省力化を目指した新たな断熱材料について検討を重ねる必要があるものと考ええる。

本研究では、マイクロカプセル(MC)を塗料に混合した断熱塗料の開発を行った。MCは直径が μm オーダーの容器の総称であり、蓄熱などの機能を有するコアと、コアを囲むシェルで構成される。既往の研究では、化学分野において、腐食や体積膨張の性質を持つ物質を封入したMCの作製³⁾や、短時間かつ容易なMCの作製⁴⁾が進められているが、土木・建築分野への応用例は少ない。今回、MC塗料の断熱効果について検討した。

2. 実験方法

2.1 MC塗料及びコンクリート供試体の作製

表-1に本実験で使用したMC塗料の配合を示す。MC塗料は水性塗料、MC、アラビアゴム及びSDSで構成され、SDSはMCを分散させる界面活性剤、アラビアゴムはMCの分散安定剤として添加した。MCの作製は、シェルの原料にポリスチレンを使用し、液中乾燥法によって粒径を約 $170\mu\text{m}$ に調整した。シェル内のコアは空気またはパラフィンとし、それぞれ表-2に示す特性を持つ。パラフィン内包MCを塗料に用いた際には、特定温度域の保持効果が期待できるが、今回はコアを空気としたMC(MC-Air)を塗料に用いた実験結果を報告する。

図-1にコンクリート構造物を模して作製したモルタル供試体の概略図を示す。寸法は $100\text{ mm}\times 100\text{ mm}\times 400\text{ mm}$ の直方体であり、MC塗料による断熱効果を確認するため、供試体の塗布面(暴露面)以外を断熱材で覆い、塗布面及び長手方向に熱電対を設置することで、供試体

表-1 MC塗料の配合 (wt%)

塗料	MC	水	ゴム	SDS
50.3	42.9	5.6	1.1	0.1

表-2 コアの特 性

コ ア	特 性
空 気	熱伝導率が小さい (約 $0.02\text{ W/m}\cdot\text{K}$) ⁵⁾
パラフィン	- 相転移中に蓄熱 - 融点を炭素数により調整可能 - 永続的な化学特性

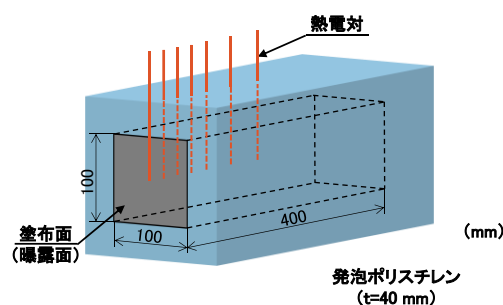


図-1 供試体概略図

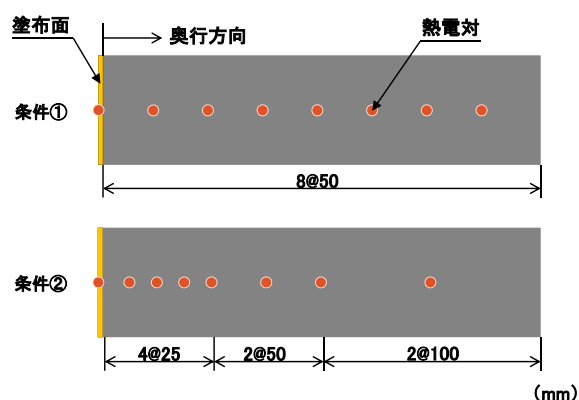


図-2 熱電対の設置方法 (上面図)

の温度変化を測定した。ここで、供試体の材料は、粗骨材を含むことで熱電対の設置が困難になること、熱伝導に偏りが生じることを考慮してモルタルとした。なお、熱電対の設置方法は、図-2に示す条件①、及び条件②の2通りについて検討した。

2.2 断熱効果確認実験

以下の手順でMC塗料の断熱効果を確認した。

- 1) 塗装や熱電対の配置などの条件を同一にした供試体3体を恒温恒湿庫に入れ、供試体に設置した熱電対をデータロガーに接続する。
- 2) 庫内温度を 15°C から 25°C まで1時間かけて升温し、5時間保持後に 15°C まで1時間かけて降温した。こ

の時の庫内温度、塗布面及びコンクリート内部温度を同時に測定した。なお、湿度は 60% 保持とした。

- 3) 供試体 3 体の測定結果を平均した。ここで、MC-Air の断熱効果を確認するために、未塗装 (BL) 供試体、及び水性塗料のみを塗布した供試体と比較した。

3. 結果及び考察

図-3 に熱電対設置条件①における温度変化の測定例を、図-4 に熱電対設置条件②における温度変化の測定例をそれぞれ示す。条件①と比較して、条件②では塗布面から奥行 100 mm までの詳細な温度変化を確認することができた。ここで、熱電対間隔を縮小したことによる供試体内部の熱伝導への影響は見られなかった。

図-5 に BL、及び MC を含まない水性塗料を厚さ 2 mm で塗布した供試体の温度変化をそれぞれ示す。塗布面及び供試体内部の温度変化が概ね一致しており、水性塗料の塗布による断熱効果は認められなかった。

図-6 に BL、及び MC-Air を混合した MC-Air 塗料を塗布した供試体の温度変化をそれぞれ示す。実験開始 6 時間経過後における供試体の奥行 25 mm の温度に着目すると、BL と比較して MC-Air 塗料を塗布した供試体の温度が約 0.6℃ 低く、断熱効果が認められた。また、供試体奥行 50 mm 及び 75 mm においても、同程度の温度差が認められた。

4. 結 論

MC 塗料をモルタル供試体に塗布し、塗布面及び内部の温度変化を確認することで、実験方法並びに MC 塗料の断熱効果を検討した。得られた知見を以下に示す。

- 1) 塗布面付近の熱電対設置間隔を 50 mm から 25 mm まで縮小することで、詳細な温度変化が確認できた。
- 2) MC を含まない水性塗料の塗布による断熱効果は認められなかった。
- 3) MC-Air 塗料の塗布による断熱効果が認められた。

今後、MC の混合率や MC に封入する蓄熱物質、塗布厚さの検討などを行い、断熱性能の向上を目指したい。

参考文献：

- 1) 岡田勝也，高木憲治，朝倉俊弘，藤林征男，長大トンネルにおける断熱二重巻覆工の断熱材厚さ選定に関する設計法，土木学会論文集，No.505/III-29，pp.211-218，1994
- 2) 資源エネルギー庁，令和 2 年度エネルギーに関する年次報告（エネルギー白書 2021），pp.95，2021
- 3) 半崎大揮，能村貴宏，盛楠，秋山友宏，高温用 Al 合金系潜熱蓄熱マイクロカプセルの開発，粉体工学会誌，Vol.54，No.1，pp.37-40，2017
- 4) 角屋幸太郎，泉寛之，宮武正人，幕田寿典，超音波振動を利用した蓄熱マイクロカプセルの開発，日本機械学会東北支部第 50 期秋季講演会講演論文集，pp.39-40，2014
- 5) 石井宏，プラスチックフォーム断熱材，熱物性，Vol.6，No.2，pp.128-137，1992

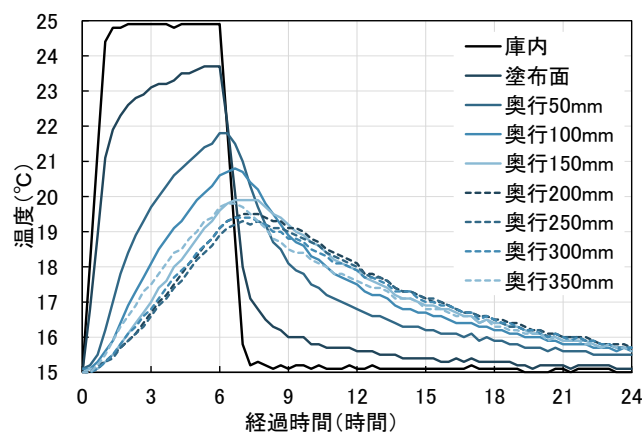


図-3 熱電対設置条件①の測定例

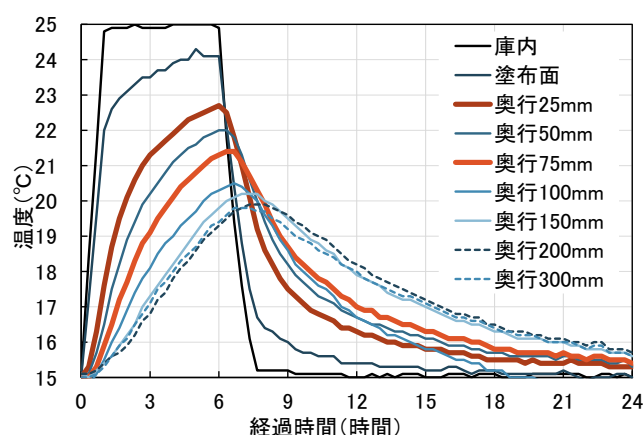


図-4 熱電対設置条件②の測定例

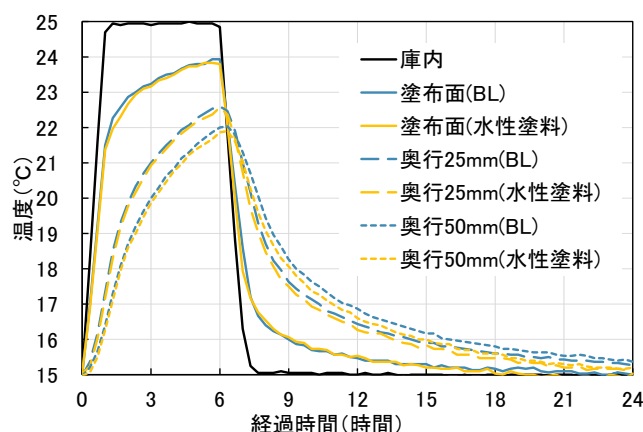


図-5 水性塗料の断熱効果

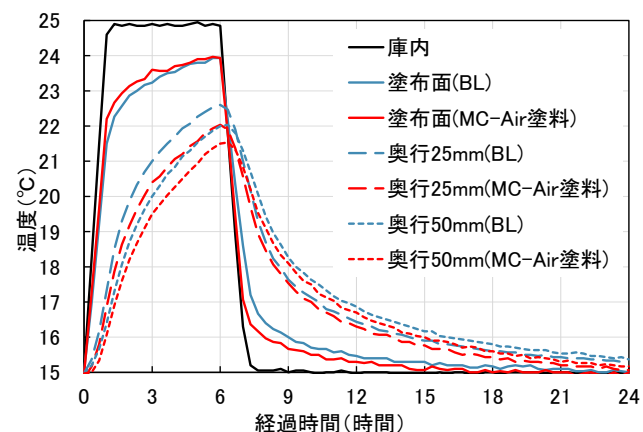


図-6 MC-Air 塗料の断熱効果