

バイオ菌発熱体の伝熱機構に関する実験的検討

熊本大学工学部 学生員 田上 剛 熊本大学大学院 フェロー 山尾 敏孝
熊本大学大学院 学生員 古賀 淳 日本環境整備㈱ 元田 馨

1. はじめに

熱容量の小さい鋼床版橋の断面では冬季の早朝での結露凍結が発生し、危険な問題となっている。そこで凍結防止剤の散布、断熱塗料の塗装、蓄熱材の埋設などの対策がとられた¹⁾。しかし、路面凍結時の凍結散布剤による腐食問題、橋梁の錆の促進周辺環境への影響、橋下の外気を遮り凍結を促進、交換の際に舗装をはがす必要があるなどの問題が生じた。そこで橋梁の維持管理や周辺環境に配慮でき、外気の温度が氷点下でも活動できるバイオ菌を利用しようという試みが発案された。従来の蓄熱剤とは全く異なるバイオ菌による発熱効果を導入し、凍結を未然に防ぐことを目的とした。このバイオ菌は環境負荷が小さく、低温状態で発熱する特徴がある。実橋梁の床版にバイオ菌入り腐葉土を設置し、バイオ菌を設置した箇所と設置していない箇所を比較する実験を行ったところ、設置した箇所の方がわずかに温度が高く、0℃以上を保てたことは確認できた²⁾。しかしながら伝熱機構及び必要な発熱量の確認が不十分であったため、本研究では、腐葉土を用いた模型実験を行い断面内のいくつかの点を温度を測定し、それぞれの温度変化の比較を行った。並行して、腐葉土の比熱の測定を行った。

2. 実験モデル及び実験方法

(1) 温度分布の測定

図1に示すような上辺 450mm、下辺 350mm、高さ 200mm、厚さ 6mm の断面が台形型のアルミニウム製の容器を使用した。1000mm×800mm×12mm の鋼製床版を台形模型の上に載せた。温度の測定には温度センサーを用い、測定点は ~ で図のように容器の端から 200mm の位置の断面内とした。断面内の温度分布のデータ知るためにこのような測定点を設定した。観測は熊本県山鹿市菊鹿町で継続して行った。

(2) 比熱の測定

図2のように、水の入ったガラス製の水槽 (180mm×180mm×180mm、厚さ 10mm) の中に腐葉土の入った銅製の箱 (80mm×150mm×100mm、厚さ 2mm) を入れて、それぞれの温度変化を温度センサーで測定した。水と腐葉土と銅の温度変化データを熱力学の方程式に代入して、腐葉土の比熱を求めた。熱力学の方程式は以下の式を用いた。

$$\text{熱量 } Q(\text{J}) = \text{比熱 } (\text{cal/g}) \times \text{質量 } (\text{g}) \times \text{温度変化 } (^\circ\text{C}) \quad (1)$$

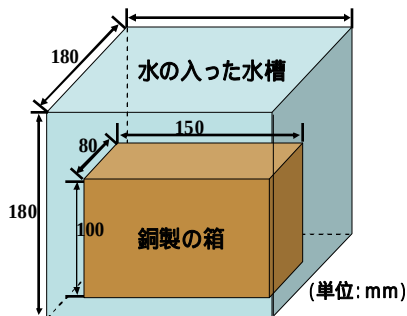


図2 比熱実験の模型

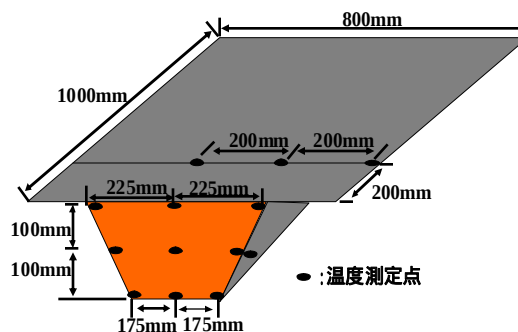


図1 鋼製板付き台形模型と観測点



写真1 温度分布測定の様子

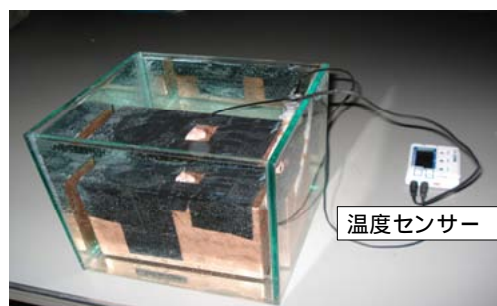


写真2 比熱実験での測定の様子

3. 実験結果及び考察

(1) 温度分布の測定

図3～5は断面内の腐葉土の温度及び気温の測定結果を示した。断面での測定点を比較してみると、断面の上の部分()に比べて下の部分()の方が、温度変化が小さく安定していた。この結果より、断面内の腐葉土の温度は気温よりも、鋼床版の温度変化の影響を大きく受けていることがわかる。昼間は気温により暖められた鋼床版の熱が上の部分の腐葉土を温めて徐々に下の部分の腐葉土に伝わっていったと推測される。逆に夜間は気温によって冷なくなった鋼床版の温度が腐葉土の上の部分に伝わり、それが下の部分に伝わっていったと推測される。また と 、 と 、 と の温度変化がほぼ同じだったことから、断面内の温度変化の対称性も証明できた。

(2) 比熱の測定

図6はバイオ菌入り腐葉土と水の温度変化の測定結果を示したものである。図7は図6より得られた腐葉土の比熱の求め方の手順を示したものである。

	温度変化				質量	比熱
水	15.5	→ 19.1	3.6	上昇	4632g	1.0
腐葉土	58.5	→ 19.1	39.4	低下	823.2g	C ₁
銅	58.5	→ 19.1	39.4	低下	728.7g	0.092

計算過程

水の熱容量

$$4632\text{g} \times 1 \times (19.1 - 15.5)$$

腐葉土の熱容量

銅の熱容量

$$= 823.2\text{g} \times C_1 \times (58.5 - 19.1) + 728.7\text{g} \times 0.1 \times (58.5 - 19.1)$$
$$C_1 = 0.42$$

図7. 比熱の計算方法の手順

熱力学の方程式に代入して求めたところ比熱の値が0.42であった。文献²⁾より、土の比熱が0.20～0.25、木の比熱が0.40及び、水の比熱が1.0である。今回の実験で使用した腐葉土には細かい木くずのようなものや、かなりの水分が含まれていたため、今回の比熱測定実験で得られた数値0.42はほぼ妥当な値と思われる。

今後、バイオ菌入りの腐葉土の比熱測定を続けて行う予定である。また、得られた比熱を使って発熱量を算出し、熱伝導解析により伝熱メカニズムを明らかにする予定である。

参考文献

- 1) 北山直方：伝熱工学の学び方，オーム社，pp13～51，1982.1
- 2) 古賀 淳：実鋼桁橋の凍結防止におけるバイオ菌の発熱効果の検討 鋼構造年次論文報告集第15巻 pp579～584 2007. 11

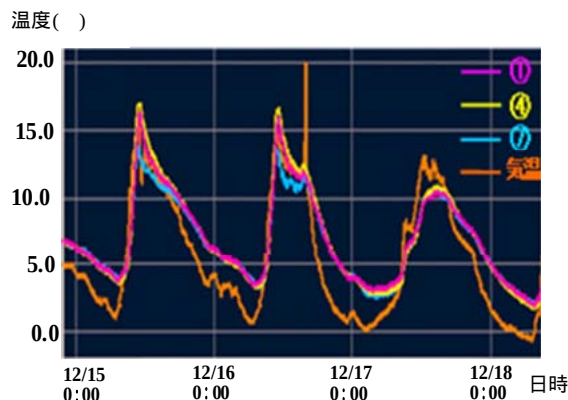


図3 断面の上部分()の温度変化

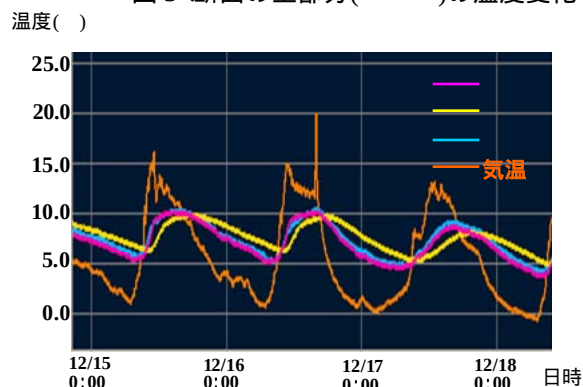


図4. 断面の中央部分()の温度変化

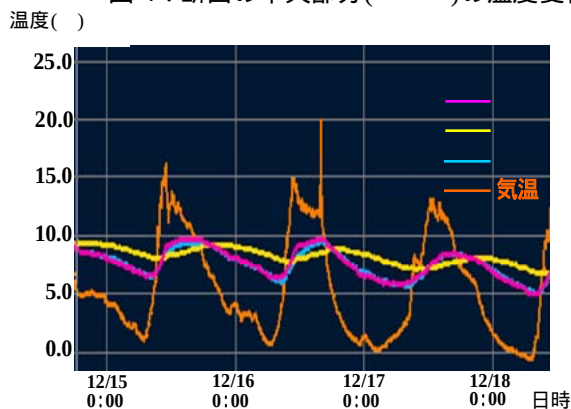


図5. 断面下部分()の温度変化

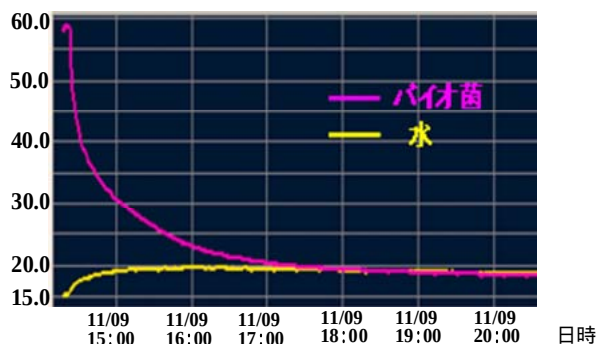


図6. 水とバイオ菌の温度変化