

## 設計熱伝導率という新しい考え方

## ロードヒーティングのコスト縮減に寄与する高熱伝導舗装について

東邦産業株式会社

○美寺 寿人

新潟太平洋生コン株式会社

浅野 宏

## 1. はじめに

とかく、新しいことを始めるには、困難なことが多くあります。その中でも、一番の制約（ボトルネック）は、「今までやったことがないから、やめておこう。」とか、「設計要領には、そう書いていない。昔からのやり方でやってきた。」などという考え方です。

一般的に、コンクリートの熱伝導率は $1.6\text{W/m}\cdot\text{k}$ として設計上取り扱われています。「この値を大幅に向上するコンクリートの開発」については、2年前の道路会議で報告しました。

本稿では、「熱伝導率の大小により、同じ温度の熱エネルギーを加えた場合の放熱能力に違いがあることを実証試験により確認したこと。そして、革新的な設計手法として熱伝導率を変数として扱うことで、「施設の全体最適な設計をすることが可能となること」を報告します。

## 2. 高熱伝導コンクリートの実証試験



写真-1 試験開始時

マイナス $1^{\circ}\text{C}$ に設定した恒温槽内に、マイナス $1^{\circ}\text{C}$ に冷やした3種類の熱伝導率の異なるコンクリート供試体（ $10\text{cm}\times 10\text{cm}\times 5\text{cm}$ の直方体）の上に氷を置き、供試体の底面に同流量の水温約 $10^{\circ}\text{C}$ の水を流して熱を供給し、氷の融解する状況を観察しました。写真-1は、試験開始時の状況です。供試体は、向かって左から

供試体1-2：普通コンクリート（熱伝導率 $2.0\text{w/m}\cdot\text{k}$ ）

供試体2-2：高熱伝導コンクリート（熱伝導率 $6.1\text{w/m}\cdot\text{k}$ ）

供試体3-2：高熱伝導コンクリート（熱伝導率 $3.4\text{w/m}\cdot\text{k}$ ）

の順番で配置しました。

試験開始から約6分後に「供試体2-2」に溶け始めの兆候が見られ、約7分後に「供試体3-2」に同様の兆候が見られましたが、「供試体1-2」は、約16分後によりやくわずかですが兆候が見られました。写真-2は、試験終了時の状況です。このことにより、同じ熱エネルギーの下で、熱伝導率を大きくすることにより、放熱量が大きくなることを確認しました。



写真-2 試験終了時（開始から約23分後）

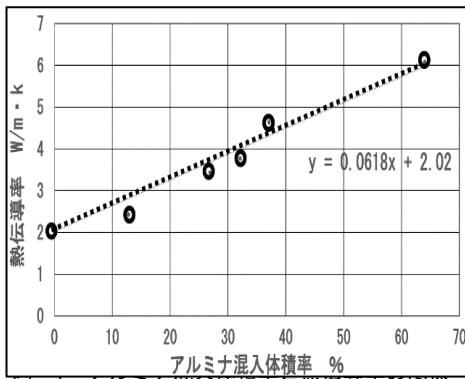
試験動画 QR コード→



## 3. 革新的な設計手法

図-1は、「アルミナ混入体積率」と「熱伝導率」の関係を示したものです。

骨材をすべてアルミナに置換した配合の熱伝導率は、従来の天然骨材ではありえない「 $6.08$ 」という非常に



高い値が得られ、アルミナの量を変えることで、一定の範囲で熱伝導率をコントロールできます。

一方、アルミナの価格が従来の骨材と比べて高価であることから、熱伝導率を  $1\text{w/m}\cdot\text{k}$  向上するのに要するコンクリートの費用は約  $20\text{万円/m}^3$  と高額となり、舗装材そのものはコストが高くなるという課題があります。

しかし、設計手法を変えることで全体のコストを低減できます。

これまでロードヒーティングの施設設計において、舗装体の熱伝導率を【定数】として取扱って放熱部の設計を行い、次に熱源部の設計を行ってきました。

しかし、熱伝導率をコントロールできる【変数】として取り扱うことで、放熱部と熱源部の設計において、相互に関係させながら全体最適な施設設計をすることが可能になるのです。

例えば、無散水融雪施設の中で、図一2のような地中熱活用のヒートパイプは、ランニングコストが不要ですが、設置費用が高額 ( $80\text{万円/m}^2\sim 50\text{万円/m}^2$  : 推定値) という課題があります。

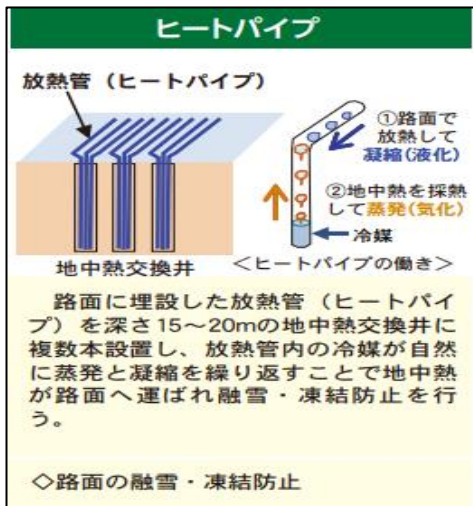
そこで、設置費用を安価にする方法として、放熱部の熱伝導率を大きくすることで、地中熱交換井1本あたりの放熱面積を大きくすることが設計上、可能となります。

そのために、図一3のように放熱管の間隔を広げることが必要です。

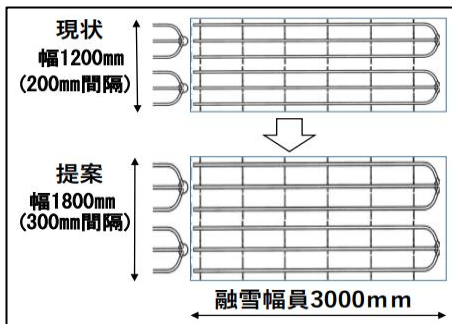
もし、その間隔を1.5倍に広げることができれば、設置費用は、高熱伝導舗装による費用の増加を加味しても、約2割以上のコスト削減が見込めます。

しかし、路面消・融雪施設等設計要領では、「放熱管の間隔は、……。一般的には  $150\text{mm}\sim 200\text{mm}$  の間隔となっており、この範囲であれば実用上支障のない程度に均一な融雪が可能とされている」となっているため、 $200\text{mm}$  以上の間隔での設置への制約となっています。

高熱伝導コンクリートという新しい材料によって、前提条件が変わり、その当時に設定したことが変わっても良いのではないかと思います。既成概念が……。まずは、試してみる必要があると思います。



図一2 ヒートパイプ (環境省 HP 地中熱利用にあたってのガイドラインより)



図一3 放熱管拡幅イメージ図

#### 4. 最後に

北海道や多積雪地におけるロードヒーティングでは、必要な放熱量 (設計放熱量) が大きいために、下水熱や地中熱等の低温度の熱エネルギーをヒートポンプで利用することが難しいと言われてきました。

しかし、この課題に対しても、舗装材であるコンクリートの熱伝導率を向上すれば、放熱能力の向上に伴い、ヒートポンプでの利用拡大や省エネルギー化、そして未利用熱エネルギーの普及拡大に繋がり、GX (グリーン・トランスフォーメーション) の実現に寄与し、そして質の高い道路空間の形成にも資すると考えます。

道路管理者の皆様の現場実装・チャレンジを期待しています。

(参考文献: 月刊セメント・コンクリート 8月号 2023 美寺寿人・佐伯竜彦・岡田明也・野本孝史・浅野 宏「設計熱伝導率という新しい概念を! 未利用熱エネルギーの活用に資する高熱伝導コンクリート」)