

見附駅前広場の無散水融雪施設に使用した高熱伝導コンクリートについて ヒートパイプ方式の融雪施設のコスト縮減効果を実証

高野邦幸* 1 美寺寿人* 2 浅野宏* 3

1. 見附駅東口駅前広場の無散水融雪施設の概要

駅前広場の空間は、「スマートウェルネスみつけ」の玄関口にふさわしい歩行者の憩い・交流のための空間を最大限に確保するために、図-1の見附駅完成予想イメージ図のロータリ内の降車用歩道部を無散水融雪施設、車道部は消雪パイプにより、冬期の利便性を向上する計画としています。

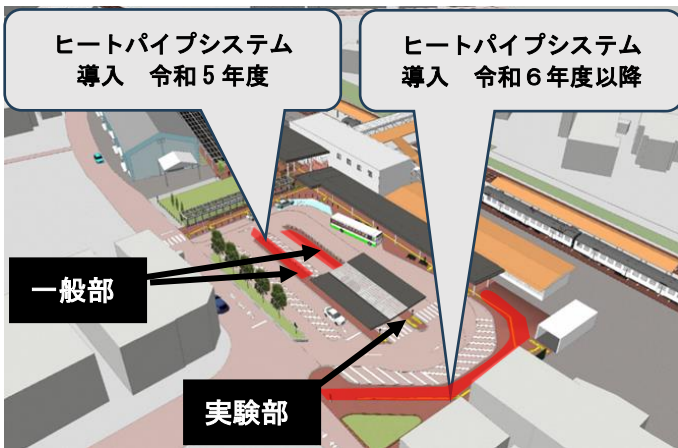


図1 見附駅完成予想イメージ図

無散水融雪施設の導入範囲として、図1に令和5年度に導入した範囲と、令和6年度以降に導入する範囲を示しました。

2. 課題

無散水融雪施設は、図2のように地中熱を利用した融雪システムを導入する計画としました。

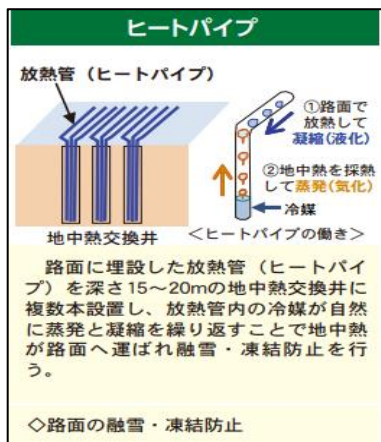


図2 環境省ホームページより

しかし、ランニングコストが不要ですが、全体工事費用が高額(80万円/m²:推定値)のため、令和6年度以降に施工する区間(計画融雪幅員1.8m)の全体工事費を縮減することが課題でした。

3. 高熱伝導コンクリートを用いた対応策

3.1 革新的な設計手法

そこで、高熱伝導コンクリートを用いた対応について、検討を行いました。

高熱伝導コンクリートとは、従来の砂利・砂等の骨材を使用したコンクリートではなく、酸化アルミニウム骨材を使用したコンクリートで、無散水融雪施設の舗装における未利用熱の活用や全体最適な設計や融雪能力の向上が可能となる舗装用コンクリートです。

また、令和5年10月に国土交通省の新技术情報提供システム(NETIS)に登録された新技术(NETIS登録番号HR-230007-A)でもあります。

図3は、高熱伝導コンクリートの「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。

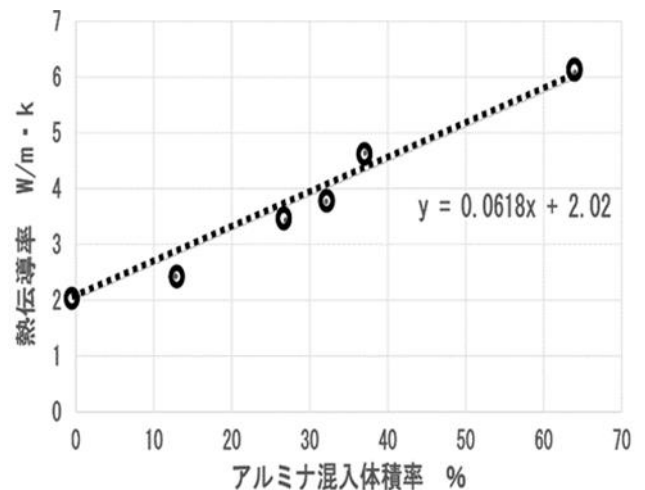


図3 「アルミナ混入体積率」と「熱伝導率」の関係図

骨材をすべてアルミナに置換した配合(アルミナ置換率64%)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1w/mk向上するのに要する高熱伝導コンクリートの材料費用は、約20万円/m³と舗装材そのものはコストが高くなります。

しかし、高熱伝導コンクリートを用いることで、全体のコストを低減することができます。

4. 1. 1 一般部の施工概要

写真1は、一般部の施工と放熱状況です。意匠上、着色顔料を使用してあります。

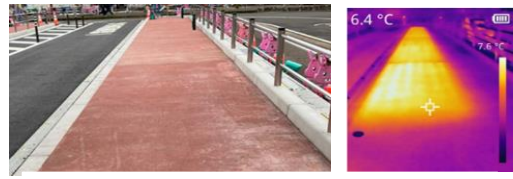


写真1 一般部の施工と放熱状況

また、図5は、一般部の放熱管配置図、写真2、3は、一般部の放熱管の設置と融雪状況です。

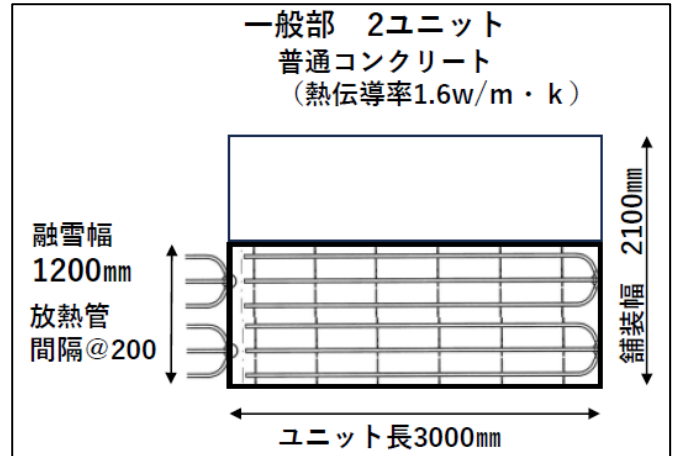


図5 一般部放熱管配置図



写真2 一般部の放熱管設置状況



写真3 ある日の一般部の融雪状況

3. 2 全体工事費縮減策

全体工事費の縮減を図る方法として、設計融雪能力を低下させないことを条件として、舗装コンクリートの熱伝導率を $1.8\text{W/m}\cdot\text{k}$ 大きく ($1.6\text{W/m}\cdot\text{k}\rightarrow 3.4\text{W/m}\cdot\text{k}$) して、図4のように放熱管間隔 200mm を 300mm (1.5倍) に広げることで、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、地中熱交換井 1 ユニット当たりの放熱面積を大きくすることが設計上、可能となり、約 2 割以上のコスト縮減が見込めました。

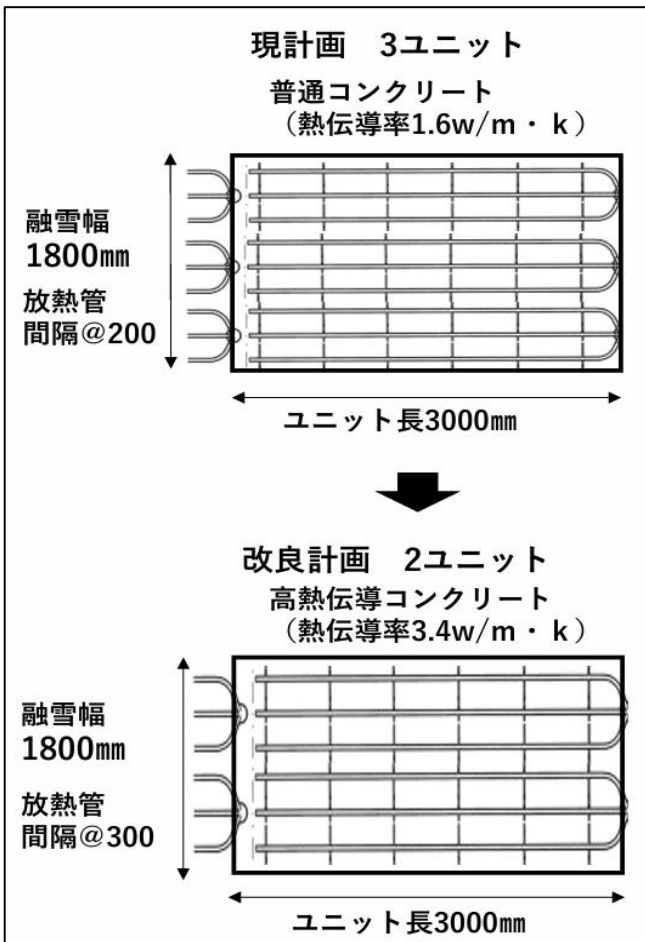


図4 現計画と改良計画の放熱管配置図

4. 実証実験

4. 1 施工状況

具体的には、新たに図1に示す箇所に、実験部（改良計画）を設けて、表1のように融雪能力（必要熱量 167.6W/m^2 の 90%以上確保）が同等となるように各種諸元を設定し、一般部（現計画）との融雪状況を比較検証する実証実験を行うために、令和5年11月に施工を行いました。

表1 諸元表

	舗装の設計熱伝導率	融雪幅員	放熱管間隔	地中熱交換井の本数
一般部	$1.6\text{W/m}\cdot\text{K}$	1.2m	200mm	2
実験部	$3.4\text{W/m}\cdot\text{K}$	1.8m	300mm	2

4. 1. 2 実験部の施工概要

写真4は、実験部の施工と放熱状況です。

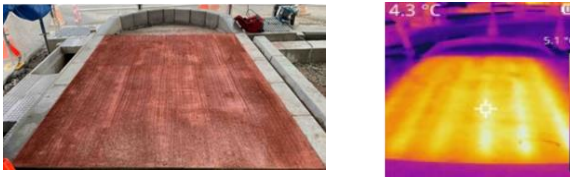


写真4 実験部の施工状況と放熱状況

また、図6は、実験部の放熱管配置図、写真5、6は、実験部の放熱管と打設状況、そして融雪状況です。

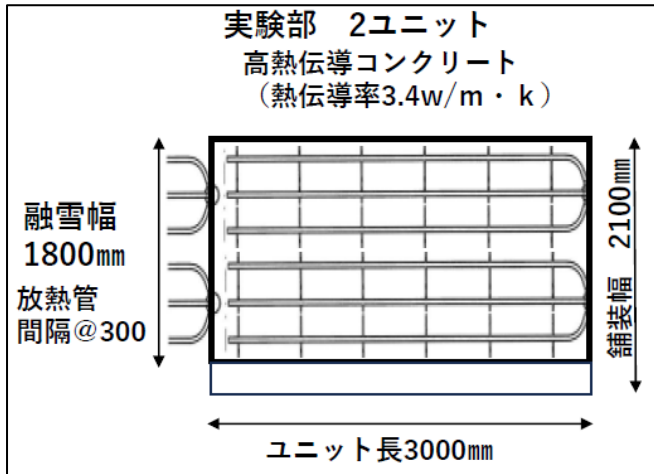


図6 実験部放熱管配置図



写真5 実験部の放熱管と打設状況



写真6 ある日の実験部の融雪状況

4. 2 観測概要

以下は、昨冬の最大降雪(最大積雪深 30 cm、最大時間降雪深 4 cm)を観測した 2023 年 12 月 21 日 18 時~22 日 7 時の間の一般部と実験部の観測写真です。

写真 No 以下の表示は観測時刻と、その時の【舗装面の積雪深 (cm)・周囲の積雪深 (cm)】の値を示しています。

4. 2. 1 一般部 (普通コンクリート)

上部に屋根の無い一般部 (普通コンクリート箇所) での降雪深強度の最大は約 4 cm/時間 (18 時~19 時) でした。



写真7
21日18時 【0・1】

写真8
19時【0~2.5・5】
最大降雪時【4 cm/時間】



写真9
21時 【0~5・10】

写真10
23時【0~10・16】



写真11
22日4時【0~10・30】

写真12
7時【0・20】
融雪幅100cm

表2に、一般部の積雪・降雪・降雪強度をまとめました。

観測時刻	21日18時	19時	21時	23時	22日4時	7時
積雪 (cm)	1	5	10	16	30	20
降雪深 (cm)		4	5	6	14	0
降雪強度 (cm/時間)		4	2.5	3	2.8	0

4. 2. 2 実験部（高熱伝導コンクリート）

実験部（高熱伝導コンクリート箇所）の上部の屋根の影響により、風が無い場合降雪は無い状態からスタート。21時以降に風の影響を受け、降雪となり、降雪深強度の最大は3.5 cm/時間（21時～23時）でした。



写真13
21日19時【0・0】



写真14
21時【0・3】
雪幅210cm



写真15
23時【0~3・10】
融雪幅180cm
最大降雪時【3.5 cm/時間】



写真16
22日4時【0・16】
融雪幅190cm



写真17
7時【0・13】
融雪幅193cm

表3に、実験部の積雪・降雪・降雪強度をまとめました。

時刻	21日18時	19時	21時	23時	22日4時	7時
積雪 (cm)	0	0	3	10	16	13
降雪深 (cm)		0	3	7	6	0
降雪強度 (cm/時間)		0	1.5	3.5	1.2	0

4. 3 比較検証

一般部（普通コンクリート箇所）同様に、実験部（高熱伝導コンクリート箇所）においても、設計時間降雪深2.3 cm/時間に対する融雪能力を満足していました。

一般部と実験部は近接していますが、実験部の上部には屋根があり、吹込みの有無で条件が異なり、降雪強度も異なることから、一概に比べることはできませんが、実験部は、一般部と同等の効果を有すると確認できました。

また、全体工事費の縮減については、イメージ図として表すと図7のようになります。

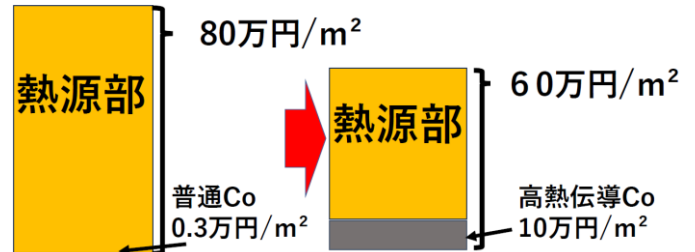


図7 全体工事費縮減イメージ図

このように、舗装コンクリートだけを比較すると、高熱伝導コンクリートは、高価となり部分最適とは言えませんが、全体工事費でみると全体最適となることが分かります。

以上のことから、令和6年度の施工は、実験部と同様の高熱伝導コンクリートを用いて、約52m²のヒートパイプシステムの無散水融雪施設の整備を行う予定です。

5. 最後に

今回の実験的な挑戦を通じて、降雪時または経年的な変化等による効果検証を経て、地中熱を利用した融雪整備（ヒートパイプ）の理解と、導入促進に寄与することを期待しています。

また、本事業の実施及び資料の作成に当たり、ご協力及びご助言をいただきました、工事関係者の皆様に、感謝申し上げます。

《参考文献》

- 1: 美寺寿人・佐伯竜彦・浅野宏：設計熱伝導率という新しい考え方！未利用熱エネルギーの活用にあ資する高熱伝導コンクリート, 月刊コンクリートテクノ2024Jun, pp. 41-47
- 2: 美寺寿人・佐伯竜彦・岡田明也・野本孝史・浅野宏：北海道の未利用熱活用にあ資する高熱伝導舗装を用いた無散水融雪, 第38回寒地技術シンポジウム報告論文, 令和4年11月
- 3: 美寺寿人・浅野宏：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あ資する高熱伝導舗装について, 令和5年度 第35回 日本道路会議, 令和5年11月