

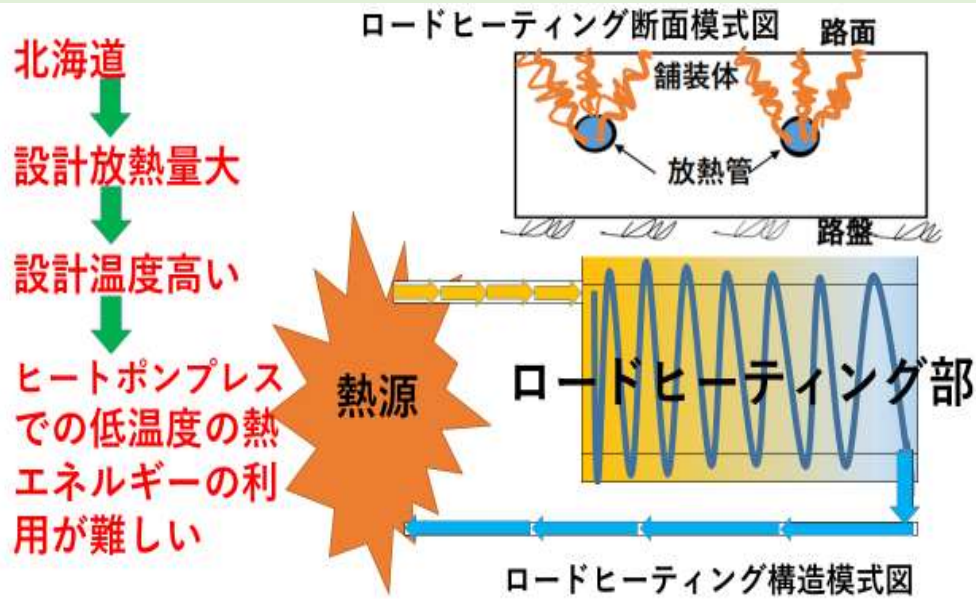
高熱伝導コンクリートNETIS登録番号 HR-230007-A の概要

高熱伝導コンクリート：
「コンクリート骨材に酸化アルミニウムを使用したコンクリート」

通常のコンクリートの熱伝導率を約3倍まで向上することができ、
任意の熱伝導率の値を設定することができます。

ロードヒーティングの舗装体を使用することで、
①低温の未利用熱（再生可能エネルギー）の
活用がしやすくなります。

②これまで「定数」として設計に用いていた熱伝導率を「変数」
として用いることができ、施設設計の自由度が広がり、全体最適な
設計が可能となります。



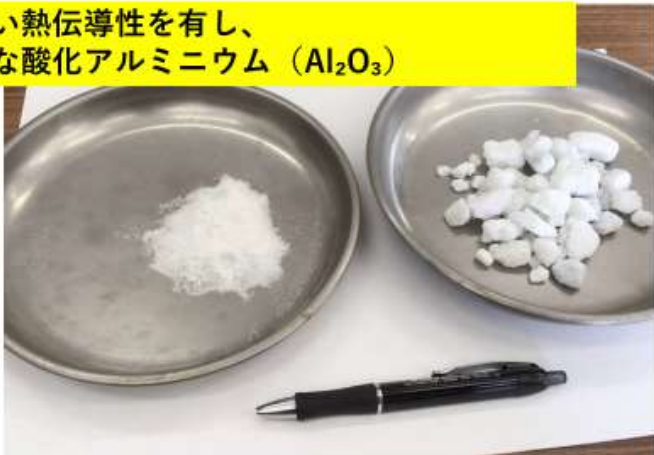
コンクリート骨材の材質に着目し、選んだのがアルミナ

化学的に安定かつ高い熱伝導性を有し、
他の金属よりも安価な酸化アルミニウム (Al₂O₃)

(試験結果より)
新潟県新潟市の
コンクリート
2.0 (W/m・k)

北海道札幌市付近の
コンクリート
1.6 (W/m・k)

骨材の熱伝導率の違い



使用した日本軽金属社製のアルミナ「36 W/m・K (25℃)」

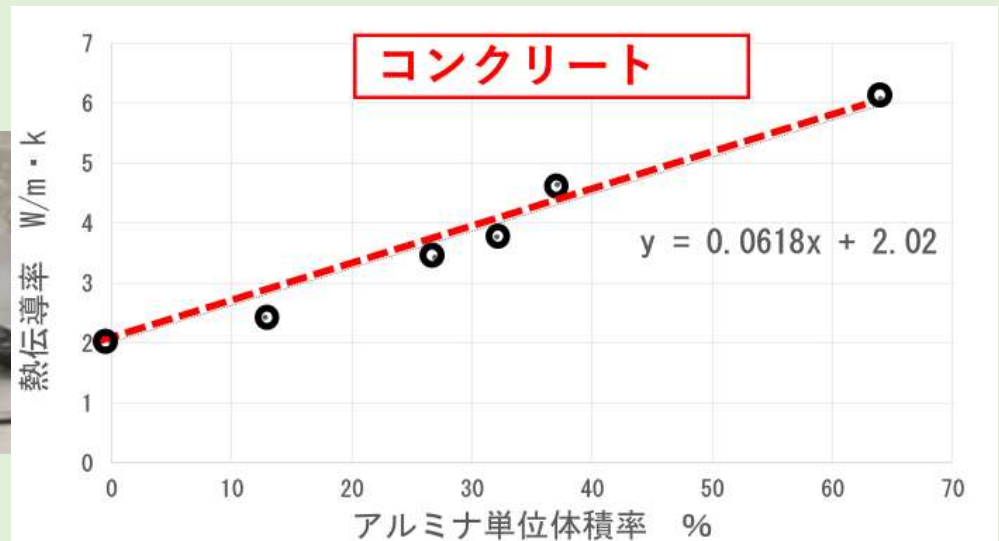


図1 アルミナ体積率と熱伝導率の関係図

通常のコンクリートの熱伝導率を約3倍まで向上することができ、
任意の熱伝導率の値を設定することができます。

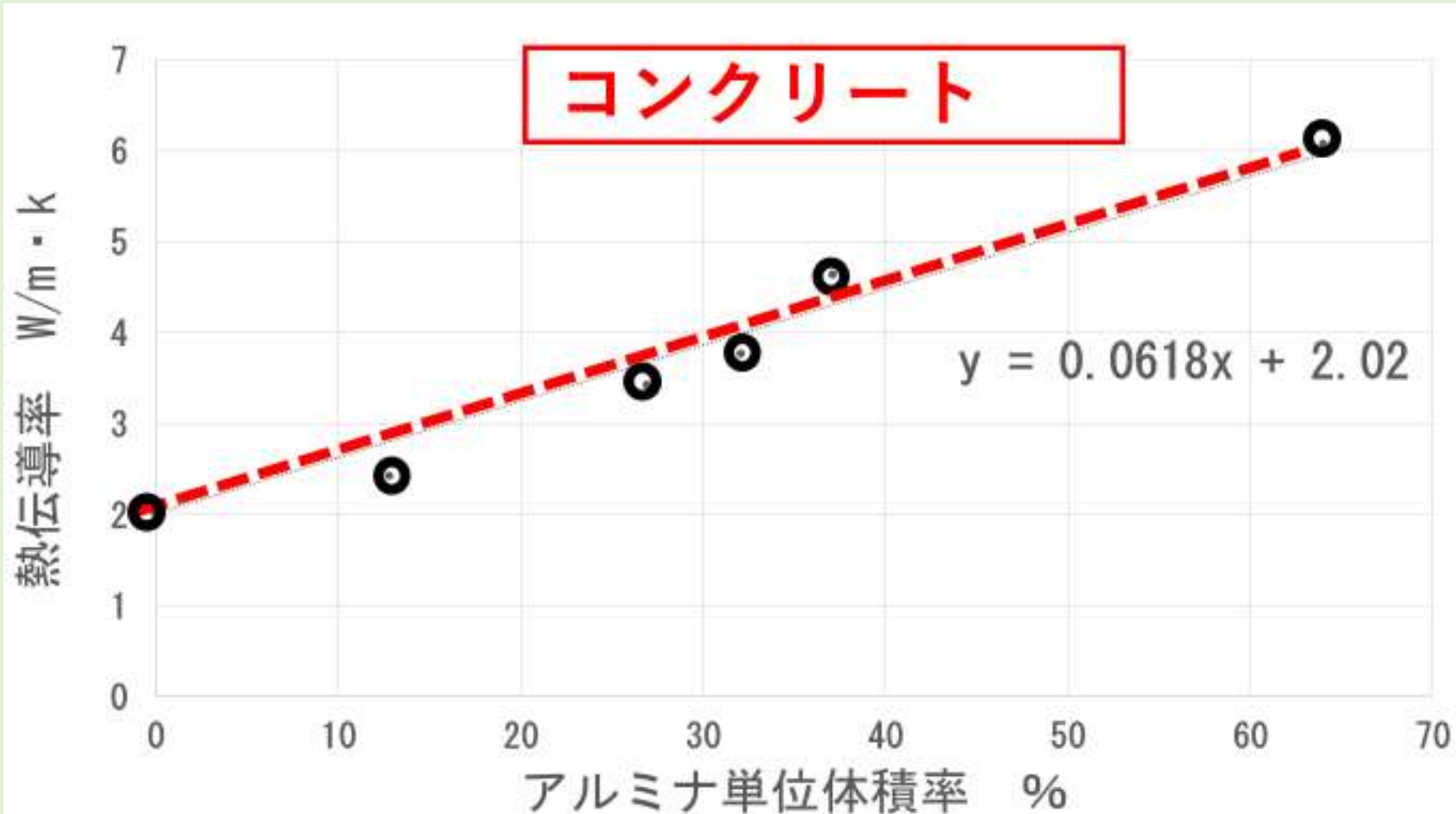


図1 アルミナ体積率と熱伝導率の関係図

設計における舗装体の熱伝導率の位置づけ

ロードヒーティングの設計図書である「路面消・融雪施設等設計要領H20.5」を参照

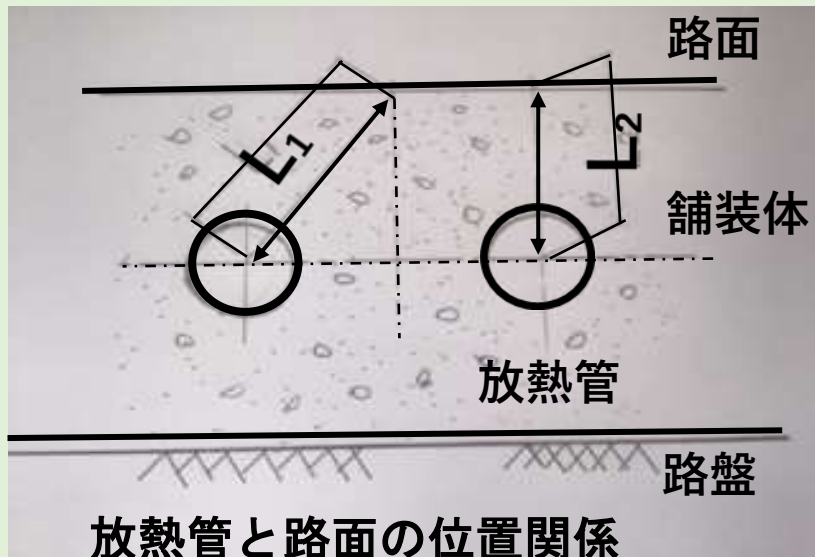
路面で設計必要熱量を放熱するのに適切な放熱管入口温度は次式により算定するものとする。

$$T_1 = \bar{T} + 1/2 \cdot \Delta T_1$$

T_1 : 放熱管入口温度 (°C)、 \bar{T} : 放熱管平均通水温度 (°C)、 ΔT_1 : 放熱による温度低下 (°C)

また、 $\bar{T} = \boxed{qu \cdot \frac{L_1 + L_2}{2\lambda}} + q \cdot \frac{a'}{2\pi \cdot \lambda_p \cdot L} \cdot \ln \frac{d_0}{d_1} + T_m$ -----式 (2.12)

$$\boxed{qu \cdot \frac{L_1 + L_2}{2\lambda}}$$



舗装体の熱伝導率に関する第1項の変数

qu : 上部放熱量 : W/m^2)

L_1 : 放熱管中心から路面までの最長距離 (m)

L_2 : 放熱管中心から路面までの最短距離 (m)

λ : 舗装体の熱伝導率 ($W/m/k$)

① 厳寒地区や多積雪地区で、未利用となっている
低温度熱エネルギー(下水熱や地中熱等)の活用が可能となります。

計算事例：北海道（道央地区） 設計放熱量 250W/m²

| 熱伝導率 λ (W/m°C) | 放熱管行き温度 Ta (°C) | 放熱管還り温度 Tb (°C) | 採熱管延長 L(m) |
|-------------------|--------------------|--------------------|---------------|
| 1.6 | 16.84 | 11.92 | - |
| 2.4 | 12.1 | 7.18 | - |
| 2.5 | 11.72 | 6.81 | 257.9 |
| 2.75 | 10.9 | 5.98 | 149.8 |
| 3 | 10.21 | 5.29 | 116.5 |
| 4 | 8.32 | 3.4 | 74.8 |
| 5 | 7.18 | 2.26 | 62 |
| 6 | 6.42 | 1.5 | 55.7 |

利用する下水温度が
12°Cの場合



加熱なしで12°C以上
に温めることは不可能

設計上必要な不凍
液の放熱管入口温
度を低くすること
ができ、
低温度の未利用熱
をヒートポンプレ
スで活用すること
が可能となります。

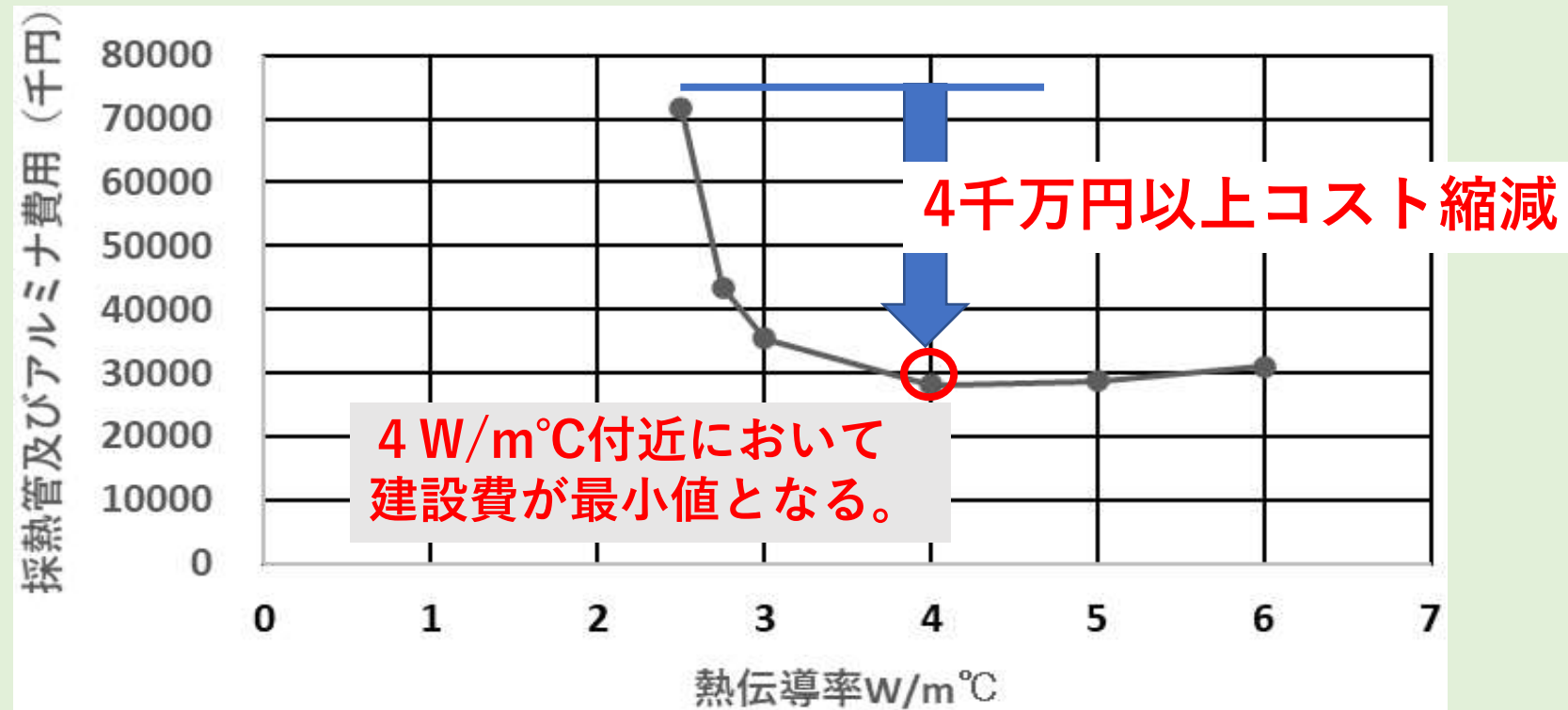
10°C低下

②熱伝導率を変数として施設設計を行うことで、
「施設の全体最適な設計（建設コスト縮減等）が可能となります。」

計算事例：北海道（道央地区）設計放熱量 $250\text{W}/\text{m}^2$

熱伝導率をパラメータとして部分最適でなく全体最適な設計を行う。

| 熱伝導率 λ ($\text{W}/\text{m}^\circ\text{C}$) | 採熱管延長 $L(\text{m})$ |
|---|------------------------|
| 1.6 | - |
| 2.4 | - |
| 2.5 | 257.9 |
| 2.75 | 149.8 |
| 3 | 116.5 |
| 4 | 74.8 |
| 5 | 62 |
| 6 | 55.7 |



熱伝導率と採熱管費用+アルミナ費用

高熱伝導コンクリートの実証試験

「熱伝導率の大小による放熱能力の違い」

「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ました。

- マイナス1°Cに設定した恒温槽において、マイナス1°Cに冷やした3種類の熱伝導率の異なるサンプル（10cm×10cm×5cmの直方体）の上に、氷を置き、サンプルの底面に同流量の水温約10°Cの水を流して、氷の融解する状況を観察する。



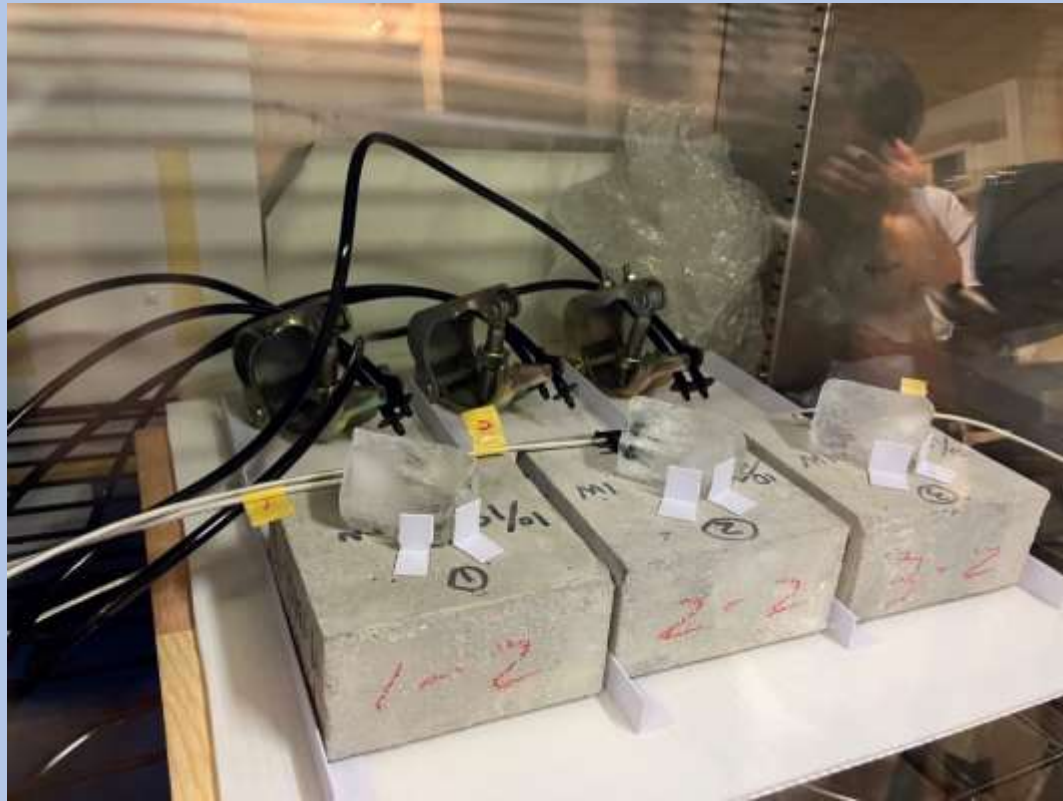
恒温槽 マイナス1°C設定
協力：株式会社スノーテック新潟



熱伝導率の違いによる融解状況の観察実験

実験開始時

実験終了時 開始から24分後



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

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

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

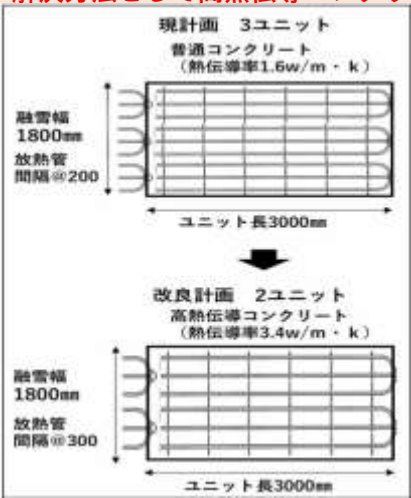
協力 : 株式会社スノーテック新潟

見附市において、実証実験を経て、令和6年度に本格施工を行いました。

令和6年度施工予定のロータリー外周部の歩道の全体コストの低減を図るために、ヒートパイプの配置計画を高熱伝導コンクリートの使用により現計画の3ユニット（放熱管間隔20cm）から2ユニット（放熱管間隔30cm）への変更の可能性を令和5年度に実証実験を行いました。

ロータリー内歩道部の黄色枠の箇所は普通コンクリート（ $1.6\text{w/m}\cdot\text{k}$ ）を使用して、放熱管間隔を20cm、融雪幅120cmの2ユニットの計画である。
赤枠の箇所は熱伝導率を $1.8\text{w/m}\cdot\text{k}$ 向上した高熱伝導コンクリート（ $3.4\text{w/m}\cdot\text{k}$ ）を使用して、放熱管間隔を30cm、融雪幅180cmの2ユニットの計画（設計放熱量は同じ）とし、両方の融雪状況を観察して、その効果を確認しました。

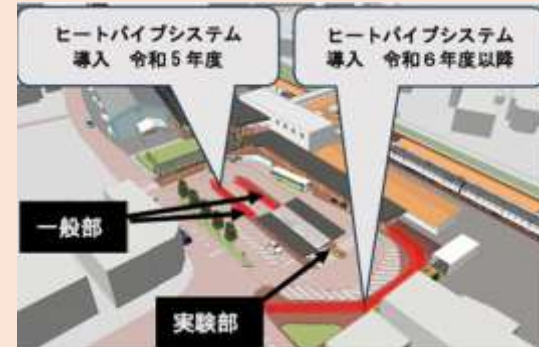
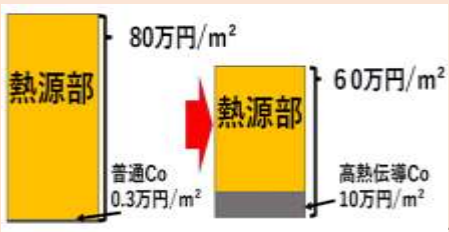
解決方法として高熱伝導コンクリートを用いて、地中熱ユニットの縮減。



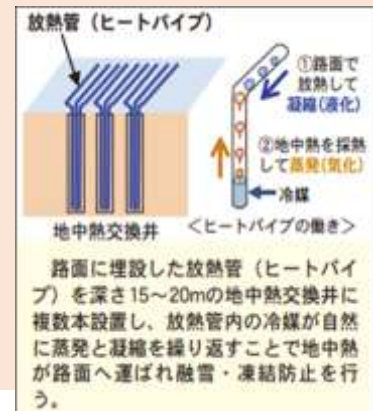
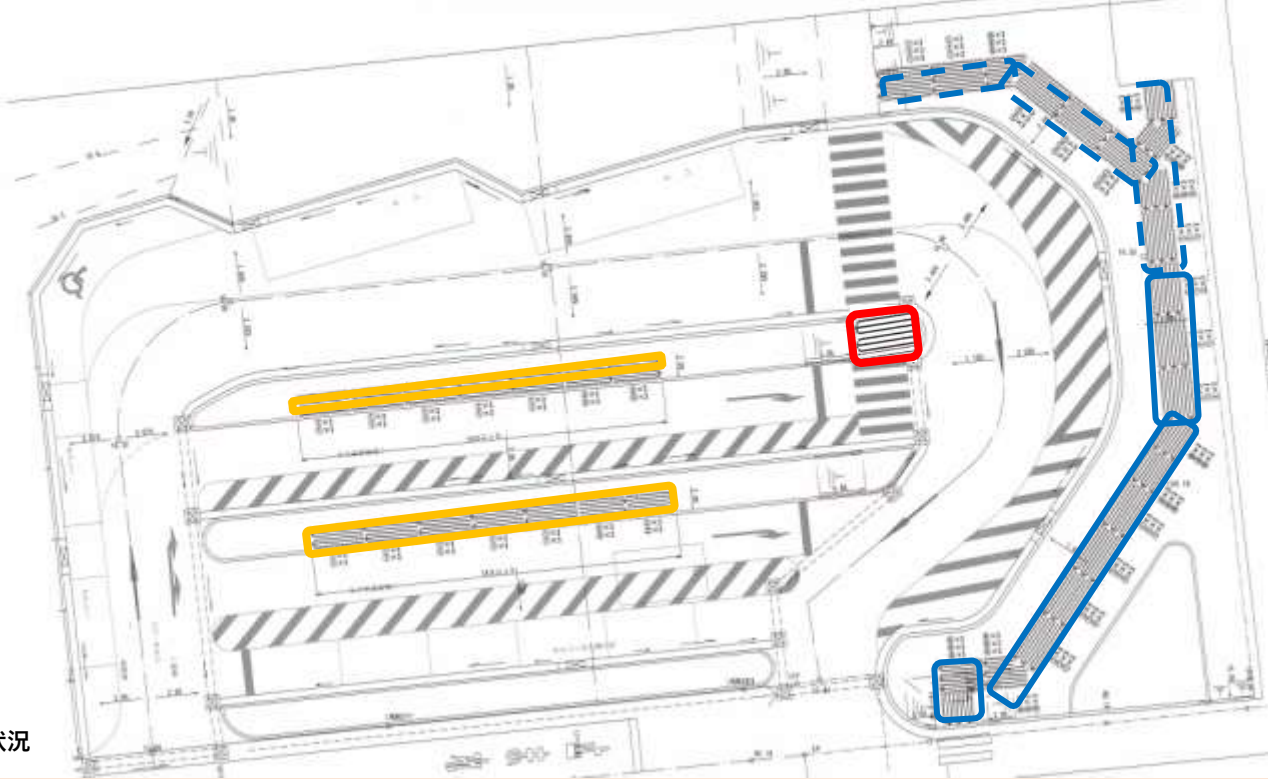
普通コンクリート：降雪深強度最大4cm/時間の状況



高熱伝導コンクリート：降雪深強度最大3.5cm/時間の状況



駅前広場 ヒートパイプ設置計画平面図



実証実験における観測 (2023年12月21日～22日)

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 一般部（普通コンクリート）の積雪・降雪・降雪強度表

| 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 |

実証実験における観測 (2023年12月21日～22日)

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 実験部 (高熱伝導コンクリート) の積雪・降雪・降雪強度表

| 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 |

令和6年度：高熱伝導コンクリート製造及び施工状況

従来のミキサー（ポットミキサーHC8 12000:120 リットル練り）を用いた製造方法と比べて、大幅に効率化した製造方法を開発しました。

新開発のアジテータ車を使用する製造方法（特許出願済み）



放熱管（ヒートパイプ）設置状況



高熱伝導コンクリート打設状況
（意匠上、着色しています）



2024.12.12の現地



高熱伝導コンクリート放熱状況
2024.12.12

令和6年度：融雪状況の対比



1月4日0時10分（降り始め）

高熱伝導コンクリート $\lambda = 3.4\text{W/mk}$

普通コンクリート $\lambda = 1.6\text{W/mk}$



1月4日1時30分（降雪強度最大）

高熱伝導コンクリート $\lambda = 3.4\text{W/mk}$

普通コンクリート $\lambda = 1.6\text{W/mk}$

・降雪で表面が覆われている



1月4日1時10分

高熱伝導コンクリート $\lambda = 3.4\text{W/mk}$

普通コンクリート $\lambda = 1.6\text{W/mk}$

・融雪ムラが見られる



1月4日2時10分

高熱伝導コンクリート $\lambda = 3.4\text{W/mk}$

普通コンクリート $\lambda = 1.6\text{W/mk}$



令和6年度：融雪状況の対比（速報）

普通コンクリート部



1月9日14時30分



10日1時



10日8時

高熱伝導コンクリート部（道路側）



1月9日14時30分



9日16時



9日17時



9日18時



9日19時



9日20時



9日21時



9日22時



9日23時



9日24時



10日1時



10日2時



10日3時



10日4時



10日5時



10日6時



10日7時



10日8時

製造方法について

令和5年度：高熱伝導コンクリート現場練り製造・打設状況

ミキサー（ポットミキサーHC8 12000:120 リットル練り）を用い、バッチ量は88 リットル



① 碎石計測投入 + アルミナ投入



② セメントミルク計測投入



③ 着色顔料（130ED）投入



④ 練り混ぜ



⑤ シュート打設



打設完了 10バッチ
880リットル
(0.88m³)



空気量5.0%

令和6年度 高熱伝導コンクリート製造方法 10t ミキサー車 2m³製造可能

新開発のアジテータ車を使用する製造方法 (特許出願済み)

1) 工場の実機ミキサーで1 m³相当の配合からアルミナ抜きで計量し、練り混ぜる。

↓ 現場へアジテータ車で運搬

2) アルミナをアジテータ車に積み込み高速攪拌を行い練り混ぜる。

- ↓
- ①空気量調整剤を投入後、アルミナ 1/2 相当を高速攪拌しながらアジテータ車に投入し、投入完了後3分間高速攪拌を行う。
 - ②残りのアルミナ 1/2 を投入し高速攪拌を3分間行う。
 - ③その後、3分間ドラムを低速攪拌する。

3) 所定の空気量が確認を行う。OK→製造完了

従来のミキサー（ポットミキサーHC8 12000:120 リットル練り）を用いた製造方法と比べて、大幅に効率化した製造方法を開発しました。



写真8 使用したアルミナ



写真9 アルミナ投入状況1



写真10 アルミナ投入状況2