

# 高熱伝導コンクリートに関する研究

美寺 寿人<sup>1</sup>・五十嵐 祐司<sup>2</sup>・佐伯 竜彦<sup>3</sup>・上石 勲<sup>4</sup>

<sup>1</sup>防災科学技術研究所 雪氷防災研究センター (〒940-0821 長岡市栖吉町前山187-16)

<sup>2</sup>超高熱伝導舗装研究会 (〒951-8524 新潟市中央区医学町通2番町10番地1 東邦産業(株))

<sup>3</sup>新潟大学 工学部 社会基盤工学プログラム (〒950-2181 新潟市西区五十嵐2の町8050)

<sup>4</sup>防災科学技術研究所 雪氷防災研究センター (〒940-0821 長岡市栖吉町前山187-16)

従来のコンクリートに、新たに金属のような熱伝導性の高い機能を加えた新しいコンクリートの開発を目指した。そのために、コンクリート骨材として、化学的に安定かつ高い熱伝導性を有するアルミナに着目した。そして、アルミナを骨材とした場合のコンクリートの試作を行い、強度と熱伝導率について試験を行った。その結果、強度については、天然骨材を使用したコンクリート（以下「標準配合」と呼ぶ）を上回る値を確認した。一方の熱伝導率については、全骨材をアルミナに置換した場合に、熱伝導率 $6 [w / (m \cdot k)]$ を超える値を計測するとともに、置換量に概ね比例することを確認した。

キーワード コンクリート, 熱伝導性, アルミナ

## 1. はじめに

近年、再生エネルギーを用いたロードヒーティングにおいて、熱伝導性の良いコンクリート舗装材（高熱性能舗装）についての研究<sup>1)</sup>が行われている。

コンクリートの熱伝導率を向上することができれば、放熱能力の向上に伴い、既存のロードヒーティング技術の適用範囲の拡大や省エネルギー化に資するものと考えられる。

一般的にコンクリートの熱伝導率は $1.6 W/m \cdot K$ とされている。

本研究は、融雪技術における熱エネルギーの効率的な利用に資するために、一般的な数値を大幅に上回る高い熱伝導性を有するコンクリートを開発することを目的とした。

そのために、コンクリート骨材の材質に着目して、化学的に安定かつ高い熱伝導性を有するアルミナを用いた場合のコンクリートの強度と熱伝導率について、その効果を確認するための試験を行ったものである。

## 2. アルミナの現状

汎用的なアルミナは、資源的に埋蔵量が豊富なボーキサイトを原料に、抽出精製されており、安価に大量生産

できることから産業分野で広く使用されている。

特性として、高融点で耐食性、絶縁性、耐摩耗性に優れていることから、ファインセラミックスの基本的な素材として絶縁磚子(がいし)、研磨剤などに使われている。

また、セラミックス素材の中では、比較的高い熱伝導性を有していることから、放熱材としても使用されている。<sup>2)</sup>

一方、高い放熱性を生かし、ヒートアイランド対策として路面温度を低減させる研究も行われている。<sup>3)</sup>

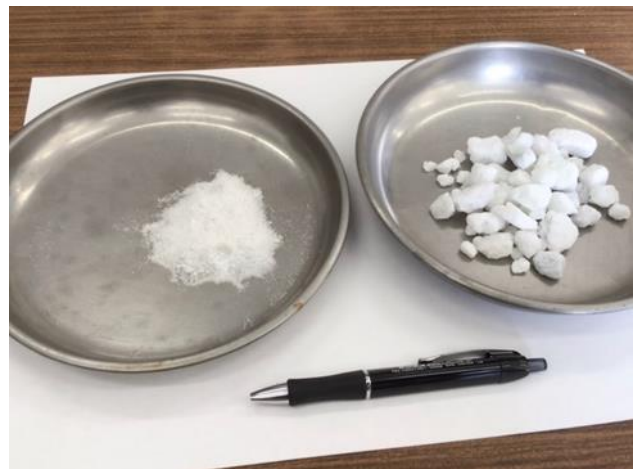


写真-1 使用したアルミナ

表面には、微細な凹凸がある。左は細骨材、右は粗骨材として使用。

### 3. 方法

#### (1) 曲げ強度試験コンクリート試作

##### a) 配合

コンクリートの標準配合は、舗装コンクリートに適合するものとし、曲げ強度4.50N/mm<sup>2</sup>を保証するものとする。

また、使用するセメントの種類は早強ポルトランドセメント（太平洋セメント株式会社製）とした。

標準配合であるケース1の配合を次に示す。

水セメント比W/C : 35.0(%)

細骨材率s/a : 42.0(%)

単位セメント量C : 471kg

単位水（上水道水）W : 165kg

単位細骨材（砂）S : 694kg

単位粗骨材（碎石）G : 1009kg

単位混和剤量（高性能AE減水剤）Ad : 4.71kg

骨材は、新潟太平洋生コン（以下、工場）で通常使用しているコンクリート用骨材を使用した。

また、アルミナについては、日本軽金属株式会社製のアルミナ「36 W/m・K (25°C)」を使用した。

なお、アルミナの粒度については、標準配合で使用した骨材と同等になるよう調整したものをを使用した。

##### b) 各配合ケース

アルミナ骨材の効果を最大限見極めるために図-1で示した置換率（混合率）に応じた6ケースとした。

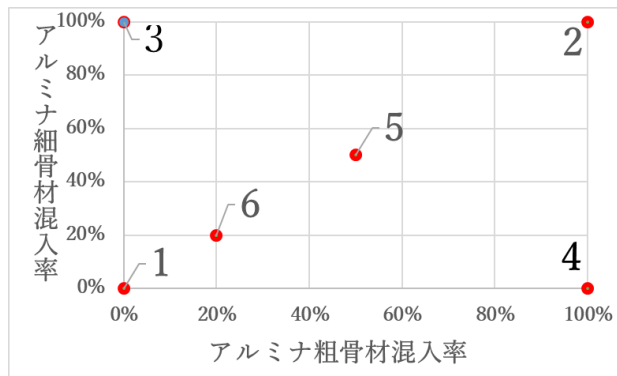


図-1 試験練りの各ケース

図-1のように細骨材と粗骨材の置換率(%)を設定した。

No1 : 0 : 0 標準配合 置換なし

No2 : 100 : 100 全量置換

No3 : 100 : 0 細骨材全量置換

No4 : 0 : 100 粗骨材全量置換

No5 : 50 : 50 両骨材50%置換

No6 : 20 : 20 両骨材20%置換

#### (2) 試し練り方法

試し練りを行う 6 バッチについて以下の方法で実施した。

##### a) 試験練りミキサー及びバッチ量

工場所有の試験練りミキサーを用い、バッチ量は各々40 リットルとした。

##### b) 表面水率補正

細骨材（砂）は試験当日、計測した表面水率で計量値の補正を行った。

粗骨材（碎石 2005）及びアルミナ骨材は表面乾燥状態で行った。

##### c) 材料投入方法及び練り混ぜ時間

工場で行っている図-2のように行った。

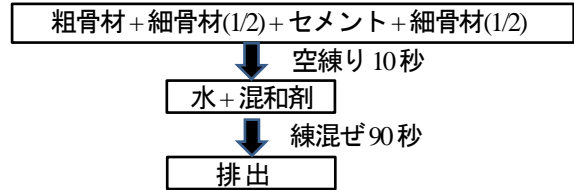


図-2 材料投入方法及び練り混ぜ時間

##### d) 曲げ供試体の採取

供試体採取は、JIS A 1138 に準拠した。

##### e) 硬化コンクリート（材齢 7 日標準養生）

曲げ強度試験は、JIS A 1106 に準拠した。

##### f) 熱伝導率試験サンプルの作成



写真-2 使用した熱伝導率測定用のサンプル

曲げ強度試験後の、残った試験供試体から、直径5cmの八角形 厚さ3cmの各サンプルを作成した。左からケース1, 2、・・・右端はケース6。

##### g) 熱伝導率試験

熱伝導率試験は、ASTM E1530（円板熱流計法）に準拠した。

## 4. 結果

#### (1) 曲げ強度試験

各ケースの曲げ強度を表-1に示す。

表-1 各ケースの曲げ強度表

ケース	N/mm <sup>2</sup>	(細：粗置換率%)
1	7.17	0:0 標準配合
2	9.12	100:100
3	9.30	100:0
4	8.94	0:100
5	8.57	50:50
6	8.58	20:20

標準配合に比べて約1.2倍以上の曲げ強度を確認できたため、強度面においては問題なしと推測する。

(2) 熱伝導率試験

各ケースの熱伝導率を表-2に示す。

表-2 各ケースの熱伝導率表

ケース	W/m・K	(細：粗置換率%)
1	2.02	0:0 標準配合
2	6.08	100:100
3	3.43	100:0
4	4.64	0:100
5	3.77	50:50
6	2.43	20:20

両骨材 100%置換においては、従来の天然骨材ではありえない「6.08」という非常に高い熱伝導率が得られた。

5. 考察及びまとめ

(1) 曲げ強度の増加について

標準配合と比べて、すべてが強度増加（20%以上）している。これについて、まず、次の3枚の写真を示す。



写真-3 No1 (標準配合) : 砕石粗骨材が割れることなく、そのまま残っている。



写真-4 No2: アルミナ粗骨材が、一つ一つ割れている。



写真-5 No3: 砕石粗骨材が割れているものもある。

これは、アルミナ骨材の表面の形状により、モルタル部分とアルミナ粗骨材との界面に於ける付着破壊が生じにくくなったことが原因であると推測される。

(2) 熱伝導率の増加について

各ケースの場合のアルミナ混入重量と熱伝導率の関係を図-3に整理した。

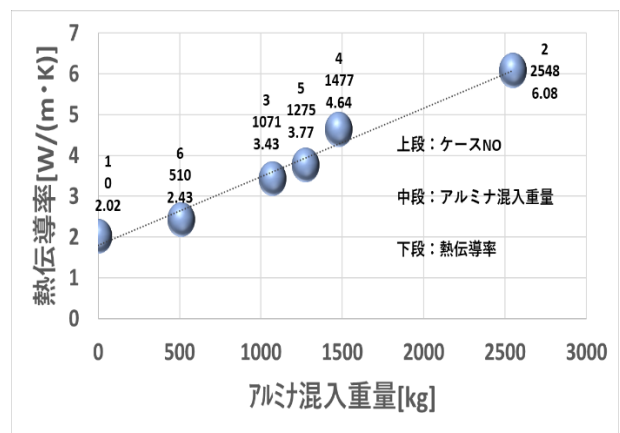


図-3 アルミナ混入重量と熱伝導率の関係図

熱伝導率について、天然骨材と置換したアルミナの

重量におおよその比例関係があることを確認した。

これは、アルミナの混入率を変えることで、ある一定の範囲（熱伝導率2～6）でコンクリートの熱伝導率をコントロールできることを意味している。

このことは、路面融雪技術の高熱性能舗装材として、より厳密に設計することができることにつながり、適用範囲の拡大や省エネ化に繋がるものと思う。

## 6. あとがき

これまで、多雪地域や北海道などの厳寒地域において必要とされる設計発熱量に対応するには、化石エネルギーを用いたロードヒーティングに限られていた。

しかし、従来のコンクリートの3倍の熱伝導率を有するコンクリートの開発により、今まで、設計発熱量の限界から再生エネルギーの不適地であった地域においても、適用の可能性が考えられると思う。

一方、アルミナの価格が従来の骨材と比べて、かなり高価であるため、コンクリート舗装材そのものはコストが高くなるという課題がある。

今後はコストの低減方策について研究していきたい。

また、従来のシステムと比べてライフサイクルコストでは優位となるような全体最適を目指した設計手法の検討が広がっていくことを希望するものである。

## 謝辞

本研究を進めるにあたって、東邦産業㈱、日本軽金属㈱、日軽産業㈱、新潟太平洋生コン㈱、太平洋セメント㈱に多大なご協力を賜りました。ここに記して御礼申し上げます。

## 参考文献

- 1) ㈱興和：ヒートポンプ式下水熱融雪施設における下水熱の有効利用に関する研究 第30回ゆきみらい研究発表会（2018in富山）
- 2) 日本軽金属㈱：資料
- 3) 日本軽金属㈱・日軽産業㈱：2018.9.26 プレス発表「静岡市と共同でヒートアイランド対策舗装の実証実験を実施」