

種々の材料を用いたコンクリートの熱伝導率実験

山口大学大学院
山口大学工学部
(株)エイトコンサルタント
山口大学工学部

学生員○仁尾彰一郎
正会員 吉武 勇
正会員 永井泉治
正会員 浜田純夫

1. はじめに

本研究は、パイプヒーティングによる融雪舗装の性能向上を目的とするものである。自然エネルギーを熱源とするパイプヒーティングでは、大きな熱量供給を行うことが困難であり、舗装体すなわちコンクリートの熱伝導性が極めて重要なファクターとなる。そこで、本報では中国地方で広く産出されるチャートや石灰石といった天然骨材に加え、銅スラグやガラス廃材等の産業廃棄物を用いた種々の配合条件の下、熱伝導率の測定を行い、融雪舗装への適用性について検討を試みた。

2. 熱伝導率試験

2.1 試験方法

既往の研究におけるコンクリートの熱伝導率試験では、間接的ではあるが簡易な平板比較法や極めて小型な試験片まで測定可能なレーザーフラッシュ法など様々な手法によって計測が行われている。本研究では JIS R 2618(耐熱レンガの熱伝導率測定法)に基づいて、熱線法による熱伝導率の測定を行った。同試験法は、定電流発生装置および熱電対による比較的簡易な試験方法であるが、直接的な熱応答性を調べることから、熱伝導率を比較的正確に求めることが可能である。

2.2 試験供試体

本研究では、表-1 に示す計 19 種類を対象に、400×400×60mm の平板型試験体を作製し、これを用いた。表-1 における記号のうち、頭文字 C および M は各々コンクリート、モルタルを示し、続く文字が細・粗骨材種類を表すものである。本研究では、一般的な配合条件として、海砂および安山岩碎石によるコンクリート(C-S-A)の熱伝導率を基準値とし、細・粗骨材種類や骨材代替によるコンクリートとの比較を行った。

3. 実験結果および考察

3.1 コンクリートの熱伝導率実験

コンクリートの熱伝導率試験結果を図-1 に示す。同結果より、ユーライトやアサノライトといった人工軽量骨材より、天然物のほうが高い熱伝導率を有していることが分かる。これは、骨材組織がポーラスであることに起因するものと考えられる。なお、再生骨材も同様に、骨材界面に付着した古モルタル分中に含まれる空隙が、熱伝導率の低下をもたらしているものと考えられる。また、FA(フライアッシュ)、ガラス廃材お

表-1 試験供試体と配合条件

記号	単位量 (kg/m ³)				
	C	W	S	G	
C-S-CH	300	165	海砂 819	チャート A 1020	
C-S-CH	300	165	海砂 819	チャート B 1012	
C-S-L	300	165	海砂 819	石灰石 1032	
C-S-A	300	165	海砂 819	安山岩 1040	
C-S-R	300	165	海砂 819	川砂利 978	
C-S-SI	300	165	海砂 819	粘板岩 1028	
C-S-Re	300	165	海砂 819	再生骨材 947	
C-SCu-Ch	300	165	海砂 409	チャート 1012	銅スラグ 565
C-SCu-A	300	165	海砂 409	安山岩 1039	銅スラグ 565
C-S-UL	300	165	海砂 819	ユーライト 520	
C-SFA-A	258	284	海砂 527	安山岩 892	FA 143
C-S-AI	300	165	海砂 819	アサノライト 501	
C-G-A	300	165		安山岩 1040	ガラス廃材 1040
C-Cu-A	300	165		安山岩 1039	銅スラグ 1131
Cp	1498	524			
M-G	520	286			ガラス廃材 1256
M-S	520	286	海砂 1420		
S					2600
Cu					3150
G					2500

※チャート A：原石，チャート B：一部粘板岩含む

よび銅スラグといった産業廃棄物を混入したコンクリートでは、基準とするコンクリートに対して約 50~60%の熱伝導率しか有さない結果が得られた。

逆に、チャート、粘板岩、石灰石といったような長い年月を経て形成される堆積岩は、その内部構造がより密であることから、熱伝導率特性が優れているものと推察される。特に、チャートを粗骨材としたコンクリートの熱伝導率は $3.11(\text{W/m}\cdot\text{K})$ と本研究において最も高い値を示した。これは、骨材の構成成分において、多量に含まれるシリカ(SiO_2)分が関与しているものと思われる。しかしながら、チャートを骨材として使用する場合、アルカリ骨材反応が懸念される。また、チャートの次に高い熱伝導率を示した石灰石によるコンクリートでは、舗装体として用いる場合、その耐摩耗性が問題となり、現状では安山岩等による一般的なコンクリートを卓越する有効性はみられない。

3.2 モルタル・セメントペースト・細骨材(代替)の熱伝導率

ガラスや銅は、理科年表によると極めて高い熱伝導率を有する材料である。しかしながら、先の計測結果よりガラス廃材や銅スラグによるコンクリートの熱伝導率は、極めて低いことが明らかとなった。そこで、ガラス廃材および銅スラグ単身の熱伝導率の測定を行うとともに、ガラス廃材についてはモルタルにおいても熱伝導率の測定を試みた。なお、比較用として、海砂、モルタル(海砂)およびセメントペーストの熱伝導率の測定も併せて行った。

図-2 に示される骨材単身の計測結果では、他の骨材タイプに比べガラスが最も高い熱伝導率を有する結果となった。しかしながら、ガラス廃材モルタルに使用した場合、海砂によるモルタルに比べ極めて低い熱伝導率となった。これは、ガラス廃材の場合、表面が比較的平滑でありセメントペーストとの付着が良好でないことから、材料分離が生じやすく内部空隙が多くなり、結果的に低熱伝導となったものと考えられる。

また銅(5%)、鉄(40%)などから構成される銅スラグ単身の熱伝導率は、図-2 の結果に示されるように、三成分中最も低い熱伝導率であった。これは、銅スラグはその生成過程において高温燃焼されることから、内部に多分の空隙が含まれやすいことに起因するものと考えられる。またガラス廃材同様に、材料分離が極めて大きな傾向が認められたことから、コンクリート内部にも空隙が生じやすく、これらの材料を使用する際には、セメントペーストの粘性を高くすることが望ましいものと思われる。

4. まとめ

本研究で求められたコンクリートの熱伝導率結果では、アルカリ骨材反応が懸念されるものの、チャートによるコンクリートが最も高いものであった。しかしながら、実構造物(パイプヒーティング舗装)への適用を考慮すると、一般的配合のコンクリートに勝るものを求めることが出来なかった。引き続き、他の天然骨材ならびに代替骨材によるコンクリートの熱伝導率を調べ、高熱伝導率コンクリートの開発を行っていかうと考えている。

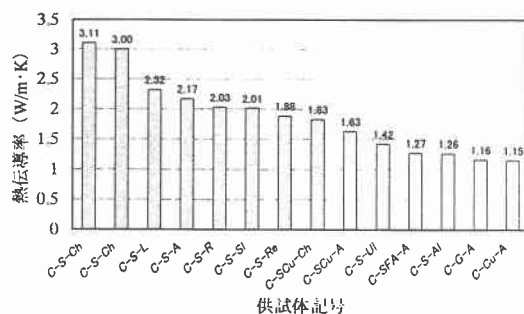


図-1 コンクリートの熱伝導率

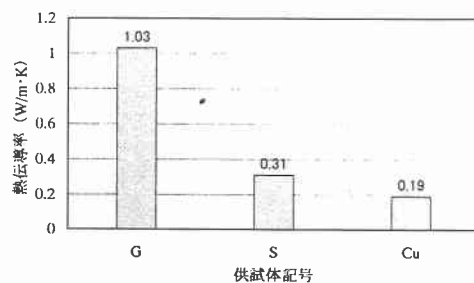


図-2 骨材単身の熱伝導率

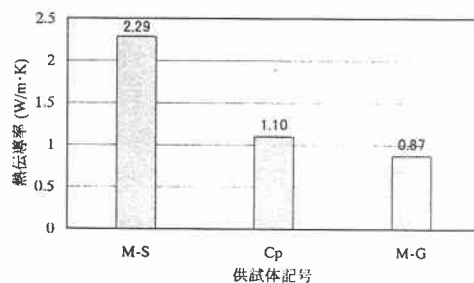


図-3 モルタルおよびセメントペーストの熱伝導率