

廃 EPS インゴット破砕材の軽量骨材への有効利用に関する研究

東海大学工学部 学生員 ○上宮 晃一
東海大学工学部 正会員 笠井 哲郎
東海大学大学院 学生員 福島 誠司
東海大学工学部 学生員 大野 浩継

1. まえがき

我が国における発泡スチロール（Expanded-Polystyrene，以下 EPS と称す）の国内流通量は，2002 年実績で 17.6 万トン（生産量は 19.7 万トン）であり，その内約 6.9 万トン（39.1%）が回収され再資源化（マテリアルリサイクル）されている¹⁾。著者らは既に，この廃 EPS の中間処理材であるインゴット破砕材を軽量骨材として用いると，単位容積質量が 1.76～1.83t/m³で，圧縮強度が 15～33N/mm²程度の軽量骨材コンクリートが製造できることを報告している。本研究では，このコンクリートの強度以外の性質として，凍結融解抵抗性，熱伝導性およびリサイクル性等についての検討を行った。なお，紙面の関係上，熱的性質のみを記載する。

2. 実験概要

2.1 インゴット破砕材:廃 EPS を熱処理

により溶融・脱泡し減容化されるインゴットは，一般に処理時の処理装置の型式や時間当たりの処理量および加熱温度（120～330 程度）や加熱時間等により脱泡の程度が異なる。このため，インゴットをせん断式クラッシャ等で破砕したインゴット破砕材の密

度は 0.68～1.06g/cm³程度，吸水率は 1.91～9.00%程度の物理的性質を示す。

2.2 使用材料および配合条件:使用材料および配合条件を表 - 1，2 に示す。

コンクリートの配合は，

W/C=50%一定とし，粗骨材の種類の影響を検討する配合では，s/a と単位水量を一定とし粗骨材容積が同一となるようにした。インゴット骨材コンクリートについては，s/a を 40%と 50%としインゴット粗骨材容積を変化させ，更に細骨材にインゴット細骨材を用いた配合についても検討した。モルタルの配合は，細骨材に CS と IS を用いたコンクリート中のモルタル部分と同一の配合になるようにした。

2.4 実験方法:コンクリートの練混ぜは，容量 100l のパン型強制練りミキサーを使用し全材料を投入後，3 分間練混ぜて行った。その後，強度試験用供試体（φ100x200mm），供試体中心部に熱電対を埋込んだもの（150x150x50mm）および熱伝導率試験用供試体（150x150x150mm）を作成した。強度試験用供試体の養生条件は，打込みから 24 時間後に脱型し，27 日間水中（20 ）養生とした（標準養生）。熱伝導率試験の養生条件は標準養生後，更に 28 日間空气中（20 ）養生し製造した。熱伝導率試験は，K 社製迅速熱伝導率計（非定常熱線法²⁾）を使用し，試験温度を 20 として同一供試体に対し 4 回測定し，その平均値を各供試体の熱伝導率とした。また，中心部に熱電対を埋込んだ供試体を用い，高温高湿槽で温度を 20～80 に変化させ，この時の供試体中心部の温度変化の測定を行った。

表 - 1 使用材料

使用材料	種 類	記号	物 性
セメント	普通ポルトランドセメント	OC	密度 = 3.16g/cm ³ ，比表面積 = 3280cm ² /g
細骨材	大井川砕砂	CS	密度 = 2.58g/cm ³ ，吸水率 = 2.28%，粗粒率 = 2.85
	インゴット細骨材	IS	密度 = 0.99g/cm ³ ，吸水率 = 1.90%，粗粒率 = 3.35
粗骨材	富士川産砕石	CG	密度 = 2.66g/cm ³ ，吸水率 = 1.53%，G _{max} = 15mm
	人工軽量粗骨材	AG	密度 = 1.58g/cm ³ ，吸水率 = 27.0%，G _{max} = 15mm
	インゴット粗骨材	IG	密度 = 0.99g/cm ³ ，吸水率 = 1.90%，G _{max} = 15mm
混和剤	A E 減水剤	AER	リグニンスルホン酸化合物とポリオールの複合体
	A E 剤	AE	アルキルアリルスルホン酸化合物

表 - 2 配合条件

コンクリートおよびモルタルの種類	記号	使用骨材		W/C (%)	空気量 (%)	s/a (%)	単位量(kg/m ³)					
		粗骨材	細骨材				W	C	S	G*	AER	AE
普通骨材コンクリート	CG-CS	CG	CS	50	5	50	177	354	853	879	1.106	0.028
インゴット骨材コンクリート	IG-CS50	IG	CS			50	177	354	853	327	1.106	0.028
	IG-CS40	IG	CS			40	177	354	682	393	1.106	0.028
	IG-IS	IG	IS			50	185	370	321	321	1.156	0.030
人工軽量骨材コンクリート	AG-CS	AG	CS			50	177	354	853	522	1.106	0.028
普通骨材モルタル	M-CS	-	CS			-	271	542	1307	-	1.695	0.043
インゴット骨材モルタル	M-IS	-	IS			-	271	542	502	-	1.695	0.043

*5～10mm:10～15mm = 1:1の合計

キーワード：廃発泡スチロール，インゴット，軽量骨材，軽量骨材コンクリート，熱伝導率

連絡先：〒259-1292 神奈川県平塚市北金目 1117・TEL: 0463-58-1211・FAX: 0463-50-2045

3. 実験結果および考察

図 - 1 は、各種モルタル・コンクリートの単位容積質量と圧縮強度の関係を示したものである。図より、インゴット骨材モルタル・コンクリートの圧縮強度は、他の骨材を用いたものに比べ大幅に小さい値となった。しかし、単位容積質量と圧縮強度の関係は、骨材の種類に無関係にほぼ一次比例の相関を示し、単位容積質量が小さいほど圧縮強度が小さくなっている。

図 - 2 は、各種モルタル・コンクリートの熱伝導率の値を示したものである。図には、理科年表から引用したポリスチレン樹脂の熱伝導率の値も示した。熱伝導率の測定値は、測定方法（測定器の型式）や温度条件等により異なり、またコンクリートの測定では、コンクリートの表面粗さも測定値に影響すると考えられる。一般に普通骨材コンクリートの熱伝導率は、骨材の種類や配合によっても異なるが、 $1.5 \sim 3.5 \text{ W/m} \cdot \text{K}$ 程度である³⁾。図における普通コンクリート（図中の CG-CS に相当）の熱伝導率の値は $1.82 \text{ W/m} \cdot \text{K}$ で、この範囲内にあり、本実験で行った方法によりコンクリートの熱伝導率を評価できるものと考えられる。図より、インゴット骨材を用いたモルタル・コンクリートは、普通骨材および人工軽量骨材の場合に比べ熱伝導率が大幅に小さくなるのがわかる。

図 - 3 は、各種モルタル・コンクリートに占めるインゴット骨材の体積分率と熱伝導率の関係を示したものである。インゴット骨材を用いたモルタル・コンクリートでは、インゴット骨材の体積分率が大きくなるほど、熱伝導率が小さくなっている。これは、セメントペーストまたはモルタル部分よりインゴット骨材の方が熱伝導率が小さいためである。

図 - 4 は、各種モルタル・コンクリートの単位容積質量と熱伝導率の関係を示したものである。骨材の種類に無関係に、単位容積質量が小さくなるほど熱伝導率は小さくなっているが、インゴット骨材を使用した場合とそれを使用しない場合それぞれについて、単位容積質量と熱伝導率の関係は直線関係が得られ、その直線の傾きは、インゴット骨材を使用した場合の方が大きく、熱伝導率の低減または断熱性に優れていることを示している。

図 - 5 は、各種モルタル・コンクリートの内部温度と外気温の関係を示したものである。経過時間ごとの各種モルタル・コンクリートの内部温度の変化は、インゴット骨材の体積分率が大きくなるほど小さくなっている。

5. まとめ

インゴット骨材を用いたコンクリートは、普通骨材および人工軽量骨材の場合に比べ熱伝導率が大幅に小さくなり、またインゴット骨材の体積分率を大きくするほど更に熱伝導率は小さくなる。インゴット骨材の熱伝導率の低減効果は大きく、軽量骨材コンクリートにおいて軽量化と熱伝導率の低減または断熱性の向上を目的とした場合、骨材にインゴット骨材を使用することは有効である。

参考文献

- 1) 発泡スチロール再資源化協会：JEPSRA INFORMATION 2002, pp.7-8, 2002
- 2) 荒川ほか：第 10 回熱測定討論会講演要旨集，3104A，1974
- 3) 岡田 清ほか：コンクリート工学ハンドブック，朝倉書店，pp.557-562, 1991

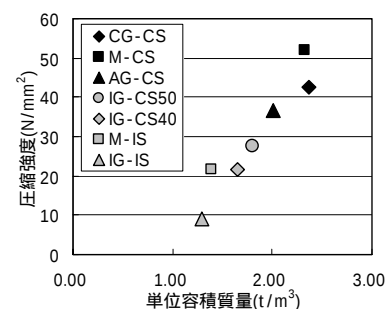
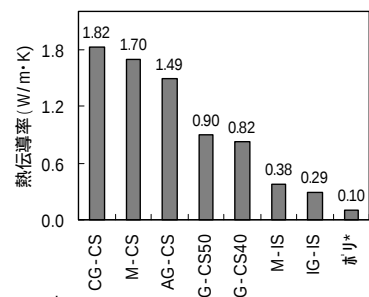


図 - 1 単位容積質量と圧縮強度の関係



* ポリスチレンの熱伝導率(理科年表より引用)

図 - 2 コンクリートの熱伝導率

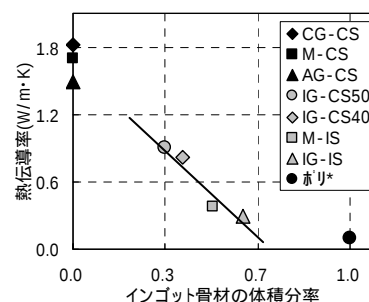


図 - 3 体積分率と熱伝導率の関係

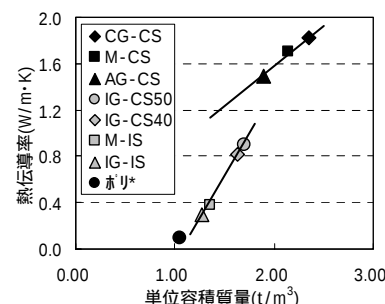


図 - 4 単位容積質量と熱伝導率の関係

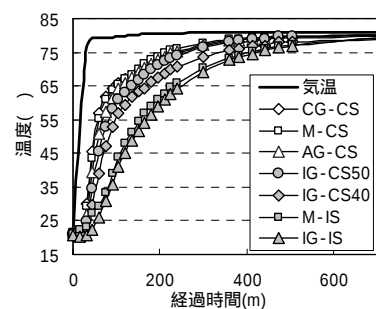


図 - 5 内部温度と外気温の関係