

発泡スチロール廃材を骨材に用いた超軽量モルタルの熱的性質に関する研究

山口大学大学院 学生会員 ○保井 渉
タマホーム(株) 田中友子

山口大学大学院 正会員 松尾栄治
山口大学大学院 正会員 浜田純夫

1. はじめに

近年、産業廃棄物の有効利用に関する研究が幅広く実施されており、発泡スチロールも処分に困窮している産業の一つである。筆者らはこれまでに、密度が極めて小さく吸水性もほとんどない発泡スチロール廃材（以下、EPS 廃材と称す）をコンクリート用骨材に用いた超軽量モルタル（以下、EPS モルタル）を作製し、EPS モルタルの密度と各種強度の関係、圧縮疲労強度特性などを明らかにしてきた。本研究ではEPS モルタルの断熱効果および耐火性に着目し、その熱的性質について検討を行った。

2. 実験方法

セメントは普通ポルトランドセメント（密度： 3.16g/cm^3 ，比表面積： $3290\text{cm}^2/\text{g}$ ）を使用し、細骨材として体積が約 1/20 に減容される遠赤外線減容処理を施した EPS 廃材（密度： 0.53g/cm^3 ，実積率：64.8%，粗粒率：3.95，吸水率はほぼ 0%），海砂（密度： 2.60g/cm^3 ，吸水率：1.19%）を使用し、粗骨材として碎石（密度： 2.70g/cm^3 ，吸水率：0.64%，実積率：59%）を使用した。各配合と圧縮強度を表-1～3 に示す。配合はセメントの強さ試験（JIS R 5201）を基本とし、その基本配合中の細骨材すべてを EPS 廃材、あるいは海砂で体積置換したものをそれぞれ EPS モルタル、普通モルタルとした。配合表の Va はモルタル中に占める細骨材の体積割合を示している。EPS モルタルの配合は、それぞれの W/C についてワーカビリティを保持し得る Va の最大値を用いた。配合 A は密度が比較的大きい配合の代表、配合 B は密度が小さい配合の代表である。

断熱性試験供試体および耐火性試験供試体は $30\times30\times$ 厚さ（cm）とし、厚さは 1, 3, 8（cm）の 3 種類とした。熱伝導率試験供試体は $15\times15\times8$ （cm）とした。断熱性試験方法は各供試体の上下面中央に熱伝対を設置し、30 分間隔で自動測定を行った。同時に供試体設置場所の温度、風速、日射量、雨量などの気象データも測定した。熱伝導率試験は迅速熱伝導率計（非定常細線加熱法）を用いて測定した。耐火性試験方法は供試体とガスバーナーの間隔を 25cm とし、一定温度（噴射口付近にて約 1700°C ）で 1 時間加熱した。同時にサーモトレーサを用いて 5 分間隔で熱源の反対面の熱画像を撮影した。

3. 断熱性試験結果および考察

図-1 に日射量と各供試体温度差の日変動履歴を示す。温度差とは供試体の上面温度から下面温度を差し引いた値であり、この絶対値が大きいほど断熱効果があることを意味する。この日は 9 月中で日射量が多い特徴を有する。図より、EPS モルタル

表-1 EPS モルタル配合

配合名	W/C (%)	Va (%)	単位量 (kg/m^3)			密度 (g/cm^3)	圧縮強度 (N/mm^2)
			OPC	W	EPS		
配合A	30	40	972	292	212	1.48	35.6
配合B	40	50	697	279	265	1.24	24.2

表-2 普通モルタル配合

W/C (%)	Va (%)	単位量 (kg/m^3)			密度 (g/cm^3)	圧縮強度 (N/mm^2)
		OPC	W	S		
30	40	972	292	1040	2.30	75.8

表-3 普通コンクリート配合

W/C (%)	単位量 (kg/m^3)					密度 (g/cm^3)	圧縮強度 (N/mm^2)
	W	OPC	S	G	Ad		
50	153	305	862	1013	3.05	2.34	36.8

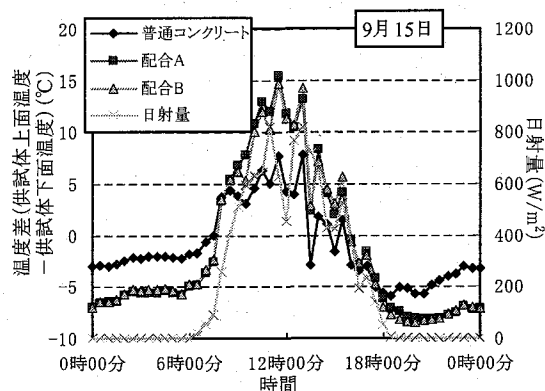


図-1 日射量と各供試体温度の日変動履歴
(供試体厚さ 8cm)

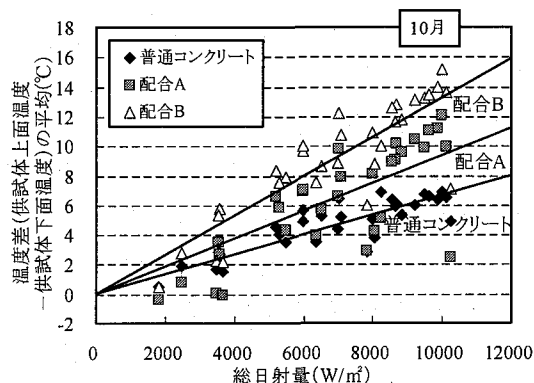


図-2 総日射量と温度差平均の関係
(供試体厚さ 8cm)

は普通コンクリートと比較して温度差の絶対値が大きくなっており、断熱効果が高いことが確認された。

図-2 に総日射量と温度差平均の関係を示す。総日射量とは 1 日の日射量の和である。また、温度差平均とは、1 日の中で供試体の温度差が大きい方から上位 10 測点の平均値である。EPS モルタルの近似曲線は、普通コンクリートと比較して傾きが大きく、EPS モルタルの断熱効果は日射量の増加に伴い、より顕著に現れることが確認された。また、配合 A と B を比較すると、より軽量である配合 B の方が近似曲線の傾きが大きく、断熱効果が高いことが確認された。

図-3～4 に総日射量と温度勾配の関係を示す。温度勾配とは、図-2 の温度差平均を各供試体厚さで除した値であり、本研究では温度勾配をパラメーターとして断熱効果が顕著に現れる最適供試体厚さの検討を行った。図より、配合 A、配合 B ともに、供試体厚さの増大に伴い、温度勾配は小さくなる傾向を示した。すなわち、断熱効果に対して最適厚さが存在すると考えられる。

4. 熱伝導率試験結果および考察

表-4 に熱伝導率試験結果および式 (1)、(2) より算出した比熱と熱拡散率を示す。EPS モルタルの熱伝導率は普通コンクリートの 1/5 程度であり、密度の減少率以上に断熱効果が確認された。

$$C = 3.03 \times 10^3 / \rho \quad (1)$$

$$D = \lambda / (C \times \rho) \quad (2)$$

C : 比熱 [kJ/(kg·K)], ρ : 密度 [kg/m³]

D : 熱拡散率 [m²/h], λ : 熱伝導率 [W/(m·K)]

5. 耐火性試験結果および考察

図-5 に温度差の経時変化を示す。温度差とは、各供試体面内における約 35000 測点の温度の中から最も高い温度に着目し、加熱開始時からの温度変化量をとったものである。EPS モルタルは普通コンクリート、普通モルタルと比較して温度変化の勾配が小さいことから、耐火性能が高いことが確認できる。今後の課題として、加熱時間と強度低下の関係、爆裂現象への影響などを明確にする必要がある。

6. 結論

- (1) EPS モルタルの断熱効果は普通コンクリート、普通モルタルと比較して高く、その効果は EPS 混入率が高いほど、また、供試体厚さが薄いほど大きい。
- (2) EPS モルタルの熱伝導率は普通コンクリートの 1/5 程度であり、密度の減少率以上に断熱効果が確認できる。
- (3) EPS モルタルの断熱効果は火災時にも有効となる可能性がある。

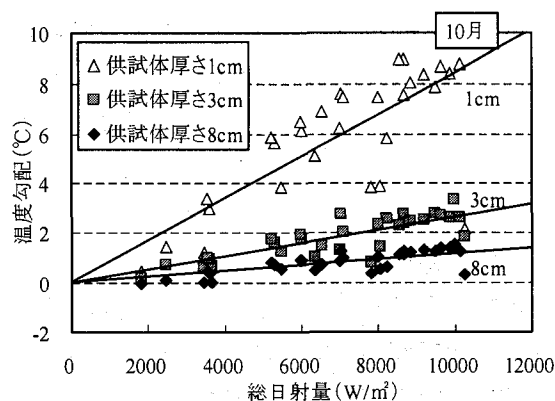


図-3 総日射量と温度勾配の関係 (配合 A)

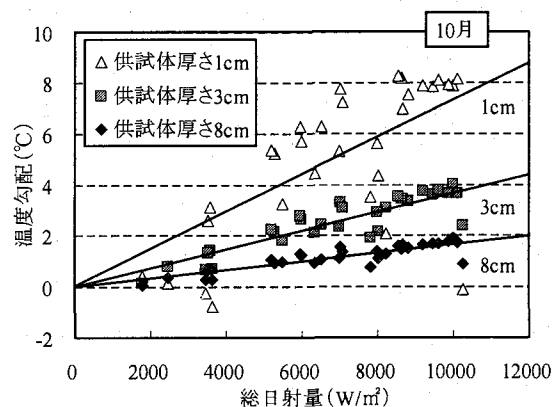


図-4 総日射量と温度勾配の関係 (配合 B)

表-4 熱伝導率試験結果

供試体名	熱伝導率 [W/(m·K)]	密度 [kg/m ³]	比熱 [kJ/(kg·K)]	熱拡散率 [m ² /h]
EPS モルタル				
配合A	0.6263	1480	2.05	7.4×10^{-4}
配合B	0.4765	1240	2.44	5.7×10^{-4}
普通モルタル	2.0868	2300	1.32	2.5×10^{-3}
普通コンクリート	2.6217	2340	1.29	3.1×10^{-3}

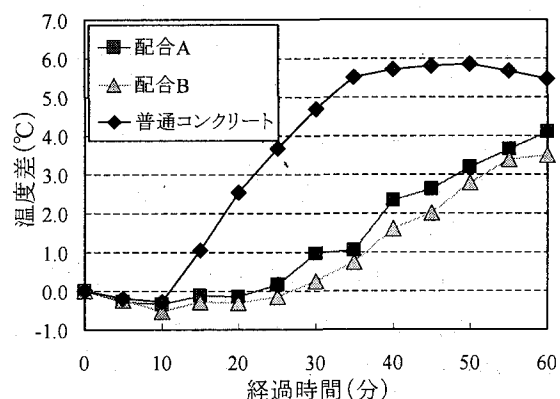


図-5 供試体温度差と経時変化
(供試体厚さ 8cm)