

廃 EPS 粉砕材を用いた軽量モルタルの力学的性質

東海大学大学院 学生会員 ○森爵之
 石川島建材工業 正会員 長谷川聖史
 東海大学 正会員 笠井哲郎

1. はじめに:再生利用を目的に, 廃棄された発泡スチロール(EPS)を回収・粉砕処理し, 表面に赤外線熱処理加工を施すと, 密度 0.2g/cm^3 程度の球形の廃 EPS 粉砕材が得られる (以下, 廃 EPS 軽量骨材)。既存の建築用外装パネル部材は, 密度が $0.9\sim 1.7\text{g/cm}^3$ の人工軽量細骨材の使用と, 起泡剤により軽量化し, 所要の強度を得るために補強材を用いることが多い。本研究は, 廃 EPS 軽量骨材を人工軽量骨材の代替材料として用い, 補強材にビニロン短繊維補強材(以下, 繊維)を使用した軽量モルタルの各種力学的性質について実験的検討を行った。

2. 実験概要: 廃 EPS 軽量骨材および人工軽量骨材を用い, 単位容積質量が $0.6\sim 1.2\text{t/m}^3$ の超軽量モルタルおよび繊維補強超軽量モルタルについて, 曲げ強度, くぎ引抜き抵抗性および耐衝撃性に関して評価検討を行った。使用材料およびモルタルの配合を表-1, 2に示す。高性能 AE 減水剤および起泡剤の添加率は, 超軽量モルタルの練上りの 15 打フローが $210\pm 20\text{mm}$ および練上りの単位容積質量が $0.6\sim 1.2\text{t/m}^3$ となるように決めた。超軽量モルタルは, 予め起泡剤により発泡させた泡をモルタルに添加するプレフォーム方式で作製した。繊維補強超軽量モルタルは, 超軽量モルタルの容積に対し繊維を 1.0%外割添加し作製した。練混ぜには, ホバート型モルタルミキサを用いた。練混ぜ方法を図-1に示す。人工軽量骨材(KP)の使用に際しては, 骨材の 24 時間吸水率(10.1%)に相当する水量を補正水として, 予め練混ぜ水に加えた。一方, 廃 EPS 軽量骨材については, 絶乾状態に近い気乾状態(含水率=0.42%)で使用しても, その吸水によるモルタルのフローロスがほとんど生じないことから¹⁾, 気乾状態で使用し, 吸水率に相当する補正水を加えず, 練り混ぜた。フレッシュ時の試験は, 単位容積質量および 15 打フローをそれぞれ JIS A 1116 および JIS R 5201 に準拠して行った。供試体は, 曲げ試験用供試体($40\times 40\times 160\text{mm}$)およびシャルピー衝撃試験用供試体($400\times 30\times 116\text{mm}$)を作製した。各供試体の養生条件は, 打込みから 24 時間後に脱型し, 水中(20°C)養生を材齢 7

表-1 使用材料

材料	記号	種類(記号)	物性および主成分
セメント	C	早強ポルトランドセメント	密度= 3.14g/cm^3 , 比表面積= $4530\text{cm}^2/\text{g}$
細骨材	S	廃EPS熱処理粉砕材(WEC)	絶乾密度= 0.20g/cm^3 , 24hr吸水率=12.5%, 粗粒率=3.37, 実積率=66.5% (気乾状態で使用:含水率=0.42%)
		人工軽量骨材(KP)	絶乾密度= 1.17g/cm^3 , 24hr吸水率=10.1%, 粗粒率=3.00, 実積率=42.1% (気乾状態で使用:含水率=0%)
混和剤	SP	高性能AE減水剤	ポリカルボン酸エーテル系化合物
	FO	エアモルタル用起泡剤	硝酸エステル系化合物, 希釈液(10倍希釈)発泡倍率(泡容積/希釈液量)15~20倍程度
	VF	ビニロン繊維補強材	密度= 1.30g/cm^3 , 繊維径= $40\mu\text{m}$, 繊維長= 12mm 引張強度= 1600N/mm^2 , 弾性係数= $4.0\times 10^4\text{N/mm}^2$

表-2 モルタルの配合

配合名	記号	使用細骨材	W/C (%)	s/m* (Vol%)	s/c (Vol%)	単位量(kg/m^3)		
						W	C	S
超軽量廃EPS骨材モルタル	EA	WEC	40	40	1.50	338	835	80
繊維補強超軽量廃EPS骨材モルタル	EF		EAに繊維を1.0vol%混入したもの					
超軽量人工軽量骨材モルタル	KA	KP	40	40	1.50	338	835	515
繊維補強超軽量人工軽量骨材モルタル	KF		KAに繊維を1.0vol%混入したもの					

*) 細骨材の容積 / モルタルの容積

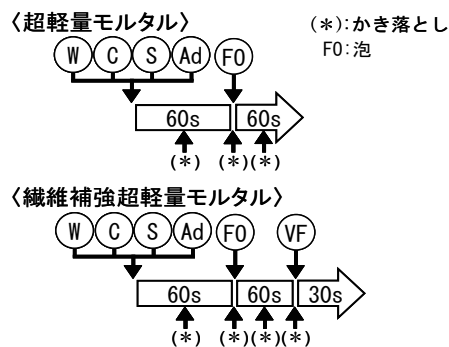


図-1 モルタルの練混ぜ方法

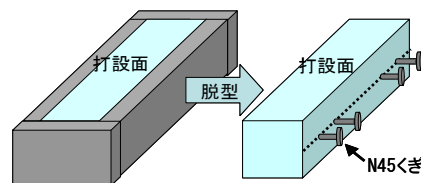


図-2 くぎ打込み位置

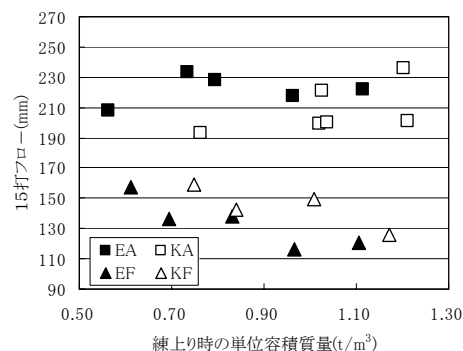


図-3 単位容積質量とフローの関係

キーワード: 廃 EPS 粉砕材, 超軽量モルタル, 再生利用, くぎ引抜き抵抗性, 耐衝撃性

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

日まで行った後、気中(20℃)養生を材齢 14 日(シャルピー衝撃試験用供試体は材齢 28 日)まで行った。なお、試験材齢は 14 日(シャルピー衝撃試験用供試体は材齢 28 日)とし、曲げ試験(JIS A 1106)、くぎ引抜き抵抗試験(JIS Z 2101)およびシャルピー衝撃試験(JIS K 7111)をそれぞれ JIS に準拠して行った。くぎ引抜き抵抗試験については、曲げ試験供試体の強度試験後、その供試体を用いて行った。くぎの打込み位置は、型枠側面側の中央部に 2 箇所ずつ(各配合それぞれ合計 6 本)とした(図-2 参照)。なお、1 本のくぎの打込みにおいて、2 回くぎが曲がったものを打込み失敗とし、1 配合中に、くぎの打込みが 2 箇所以上失敗したものは、評価対象から除外した。シャルピー衝撃試験については、ダイヤモンドカッタを用いて、シャルピー衝撃試験用試験片(10×15×116mm)を切り出した。試験片の個数は 12 本とした。

3. 結果および考察：図-3 は、モルタルの練上り後の単位容積質量とフロー値の関係を示したものである。図より、超軽量モルタルの場合、フローの目標値の範囲で単位容積質量が $0.6 \sim 1.2 \text{ t/m}^3$ となった。一方、繊維補強超軽量モルタルの場合、単位容積質量が大きいほどフロー値が小さくなる傾向を示し、単位容積質量 $0.6 \sim 1.2 \text{ t/m}^3$ の範囲において 110~160mm のフロー値となった。また細骨材の種類による相違は見られなかった。

図-4~7 は、各種モルタルの単位容積質量と曲げ強度、くぎ引抜き抵抗性および衝撃強度の関係を示したものである。図-4 より、各種モルタルの曲げ強度は、単位容積質量の減少に伴い減少し、一次比例の相関関係を示し、超軽量モルタルおよび繊維補強軽量モルタルの両者とも、廃 EPS 軽量骨材を用いたモルタルの方が人工軽量骨材を用いたものより同一単位容積質量における曲げ強度は大きくなった。図-5 より、単位容積質量 1.2 t/m^3 の KF を除いて、同一単位容積質量におけるくぎ引抜き抵抗値は、EF, EA, KF, KA の順に大きく、EA に関しては、繊維を添加した KF より、くぎ引抜き抵抗値が大きく、同一の単位容積質量とした場合、廃 EPS 軽量骨材を用いた方が、より高いくぎ引抜き抵抗性を得られた。図-6 より、くぎを引き抜くまでに必要としたエネルギーは、単位容積質量が小さくなるほど廃 EPS 軽量骨材を用いたモルタルのほうが人工軽量骨材を用いたものより高くなる傾向になった。図-7 より、EF および KF を比較すると、EF の単位容積質量 1.2 t/m^3 の場合、衝撃強度は KF より小さかったものの、単位容積質量が小さい(0.9 t/m^3 以下)の場合、EF の方が衝撃強度大きい。また、EA および KA を比較すると、EA の方が KA より同一単位容積質量における衝撃強度は同程度か僅かに大きかった。

4. まとめ：廃 EPS 軽量骨材を用いたモルタルは、人工軽量骨材を使用した場合より、単位容積質量を同一とした条件で、曲げ強度および引き抜き抵抗性において優れた力学的性質を示した。くぎ引抜きエネルギーおよび耐衝撃性は、単位容積質量が小さいほど有利になった。

参考文献：1) 笠井哲郎ほか:廃 EPS 粉砕材を用いた軽量モルタルの諸物性, コンクリート工学年次論文集, Vol.28, No.1, pp.1583-1494, 2006

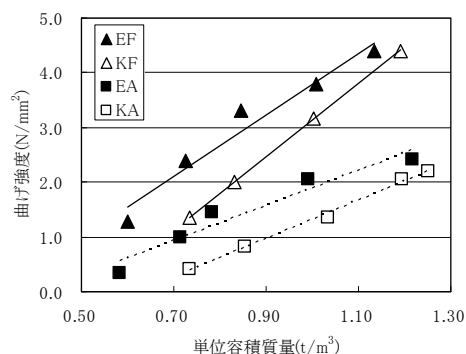


図-4 単位容積質量と曲げ強度の関係

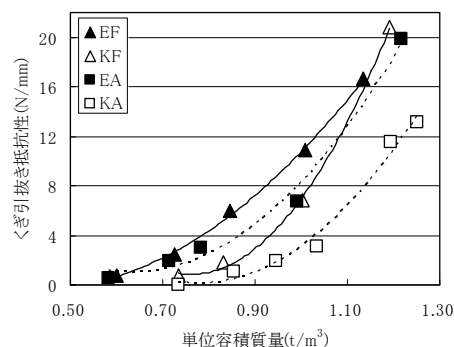


図-5 単位容積質量とくぎ引抜き抵抗性の関係

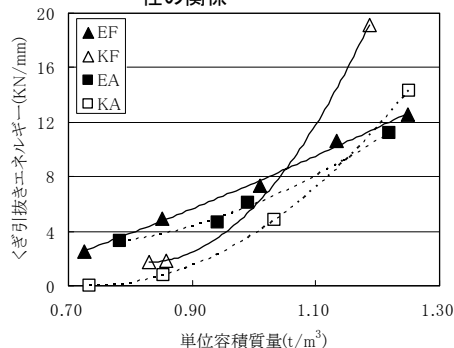


図-6 単位容積質量とくぎ引抜きエネルギーの関係

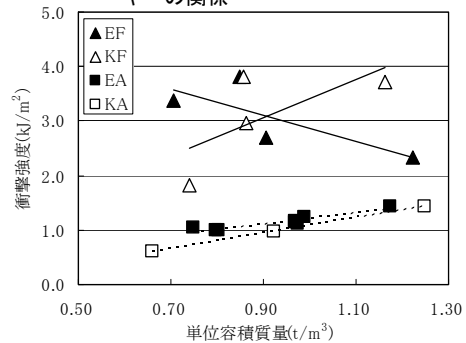


図-7 単位容積質量と衝撃強度の関係