

廃 EPS 破砕材を用いたハイブリッド繊維補強超軽量モルタルの諸物性

東海大学工学部 学生員 ○中村貴志
 東海大学大学院 学生員 森爵之
 石川島建材工業 正会員 長谷川聖史
 東海大学工学部 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(以下、廃EPS軽量骨材)、この粉砕材の密度が従来の人工軽量骨材に比べ大幅に小さく、これを骨材として用いることによりモルタルの大幅な軽量化が可能となる¹⁾。また、モルタルとの付着性が良好なビニロン短繊維を補強材として使用することでモルタルの軽量性を確保しつつ、曲げ強度や耐衝撃性を大幅に向上できる²⁾。

そこで本研究では、廃EPS粉砕材のこれらの特性に着目し、建築用外装パネルの超軽量化、高品質化を指向し、廃EPS軽量骨材の使用と、複数種の繊維を補強材として添加した繊維補強超軽量モルタルの基礎物性について実験的検討を行った。

2. 実験概要

廃EPS軽量骨材を用い、単位容積質量が 0.75t/m^3 の繊維補強超軽量モルタルの圧縮強度、曲げ強度、曲げ靱性および耐衝撃性に関して評価検討を行った。使用材料、モルタルの配合および繊維の組合せを表-1~4に示す。高性能AE減水剤および起泡剤の添加率は、繊維補強材添加前のフレッシュモルタルの15打フローが $270 \pm 10\text{mm}$ 、単位容積質量が 0.75t/m^3 となるよう定めた。なお、モルタルの発泡は、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行った。モルタルの練混ぜには、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。廃EPS軽量骨材は、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混ぜた。モルタルのフレッシュ性状は、練上りの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。各種強度試験用供試体として、圧縮試験用($\phi 5 \times 10\text{cm}$)、曲げ試験用($4 \times 4 \times 16\text{cm}$)、シャルピー衝撃試験用($1 \times 1.5 \times 11.6\text{cm}$)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、気中(20℃)養生を材齢28日まで行った。また、シャルピー衝撃試験用試験片については、気中(20℃)養生を材齢57~72日まで行った。各供試体の養生終了後、圧縮試験(JIS A 1107)、曲げ試験(JIS A 1106)、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。曲げ靱性については、曲げ試験時の変位量1.5mmの荷重-変位曲線から評価を行った。

表-1 使用材料

材料	記号	種類	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=4530cm ² /g
細骨材	S	廃EPS熱処理粉砕材	絶乾密度=0.20g/cm ³ 、24hr吸水率=12.5%、粗粒率=3.37、実績率=66.5% (気乾状態の含水率=0.42%)
混和剤	Ad	高性能AE減水剤	ポリカルボン酸エ-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
混和材	VF	ビニロン繊維補強材	密度=1.30g/cm ³ 、繊維径=40μm,104μm,209μm、繊維長=12mm

表-2 モルタルの配合

W/C (%)	s/m (vol.%)	ρ (t/m ³)	単位量 (kg/m ³)				
			W	C	S	Ad	VF
40	40	0.75	197	493	47.2	3.45	13

細骨材容積/モルタル容積

表-3 使用繊維補強材

繊維種類	繊維径 (mm)	繊維長 (mm)	アスペクト比	引張強度 (N/mm ²)	弾性係数 (kN/mm ²)	密度 (g/cm ³)
VF15-12	0.04	12	300	1600	40	1.3
VF100-12	0.10	12	120	1100	25	
VF400-12	0.20	12	60	975	29	

表-4 繊維の組合せ

No.	繊維添加率 (Vol.%)			
	40μm	104μm	209μm	合計
0	0	0	0	0
1	1.0	0	0	1.0
2	0.8	0.2	0	1.0
3	0.6	0.4	0	1.0
4	0.4	0.6	0	1.0
5	0.2	0.8	0	1.0
6	0.0	1.0	0	1.0
7	0.8	0	0.2	1.0
8	0.6	0	0.4	1.0
9	0.4	0	0.6	1.0
10	0.2	0	0.8	1.0
11	0.0	0	1.0	1.0
12	0.8	0	0	0.8
13	0.6	0	0	0.6
14	0.4	0	0	0.4
15	0.2	0	0	0.2
16	0.33	0.33	0.33	1.0

繊維補強超軽量モルタル

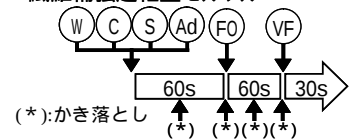


図-1 モルタルの練混ぜ方法

キーワード 廃EPS破砕材、軽量細骨材、超軽量モルタル、繊維補強、耐衝撃性

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

3. 結果および考察

図-2 は、繊維補強超軽量モルタル練上がり直後のフロー値と繊維総表面積との関係を示したものである。図より、各繊維の組合せにおいても繊維総表面積の増加に伴いフロー値は減少し、繊維総表面積とフロー値の間には高い相関性が認められた。このことから、繊維補強モルタルの流動性の低下には繊維の混入が大きく影響していると推察され、その影響の程度を繊維総表面積にて評価することが可能である。

図-3~6 は各種モルタルの繊維総表面積と、圧縮強度、曲げ強度、曲げタフネスおよび衝撃強度の関係を示したものである。

図-3 より、繊維総表面積が増加しても圧縮強度の増加は見られず、各供試体の圧縮強度は $3.5 \sim 5.5 \text{ N/mm}^2$ 程度であり、ほぼ一定の数値を示す結果となった。また、繊維を混入した場合、繊維無添加と比べ強度が $1 \sim 2 \text{ N/mm}^2$ 程度低くなる傾向を示したが、これは繊維混入によりモルタル中に含まれる空気量が増加し強度低下をもたらしたものと推察される。

図-4 より繊維総表面積の増加に伴い曲げ強度は増加し、繊維総表面積と曲げ強度の間には高い相関性が認められたが、繊維径=40 μm 0.8% - 209 μm 0.2%の組合せにおいては、曲げ強度が他の繊維の組合せに比べ高い結果となった。これは、繊維径=40 μm や 104 μm 混入の場合、繊維補強材の破断で供試体が曲げ破壊に至るのに対し、繊維径=209 μm を混入することで繊維破断に抵抗し強度が増加したものと推察される。このような傾向は、図-5 に示す繊維総表面積と曲げタフネスの関係にも認められる。

図-6 より衝撃強度においても繊維総表面積との間に高い相関性が認められるが、繊維径=40 μm 0.8% - 209 μm 0.2%の組合せにおいて強度の増加は認められず、繊維の組合せによる効果は認められなかった。

図-7 は、繊維の組合せを変えた5種類のモルタルによる荷重-変位曲線を示したものである。図より、繊維の組合せにより荷重-変位曲線の形状がそれぞれ異なり、繊維径=40 μm 単独のみのモルタルと2種類の繊維を混入したモルタル(繊維径=40 μm 0.8% - 104 μm 0.2%, 40 μm 0.8% - 209 μm 0.2%)とを比較すると、2種類の繊維を混入したモルタルは、最大曲げ荷重到達後の荷重減少が緩やかである。これはモルタルマトリックスにひび割れが発生した後、繊維が曲げに対しに抵抗しており、曲げ靱性を向上させる上で繊維の組合せが有効であることを示すものである。

4. まとめ

複数種の繊維を組合せることで、主に曲げ強度や靱性といった力学的性質向上が期待でき、超軽量モルタルの高品質化が可能である。特に、繊維径=40 μm と 209 μm の組合せにおいて、高い性能向上が認められた。

参考文献
1) 笠井哲郎ほか: 廃 EPS 粉砕材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

2) 伊達重之ほか: ビニロン繊維補強超軽量モルタルの強度に関する基礎的研究, 日本建築学会学術講梗概集 A-1 材料施工, Vol.2004, pp.1065-1066

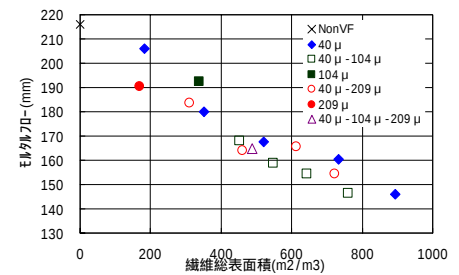


図-2 繊維総表面積とフロー値の関係

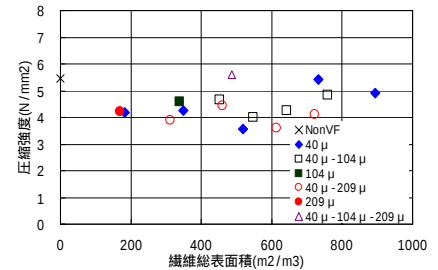


図-3 繊維総表面積と圧縮強度の関係

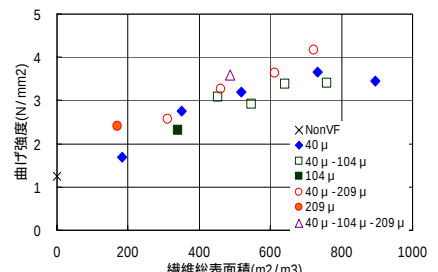


図-4 繊維総表面積と曲げ強度の関係

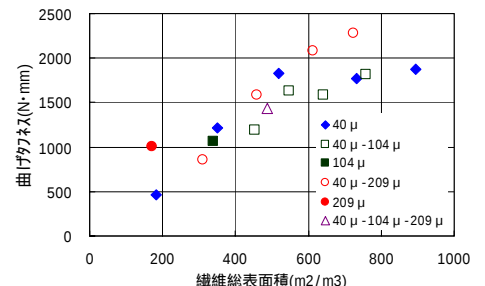


図-5 繊維総表面積と曲げタフネスの関係

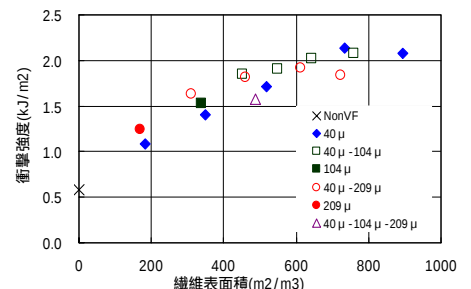


図-6 繊維総表面積と衝撃強度の関係

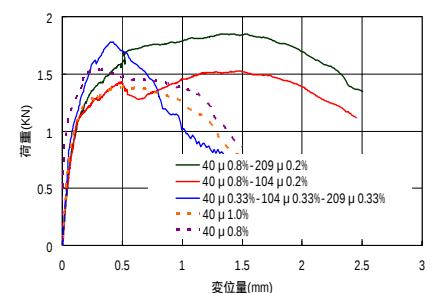


図-7 荷重-変位曲線