

榊前田先端技術研究所 正会員 ○植田 孝行

榊前田先端技術研究所 西山 牧子

マエタ エコ ケア(株) 正会員 久松 光世

1. はじめに

土木・建築・セメント業界においても環境負荷低減に関する取組みが活発に行われている近年、その環境負荷を低減させる方法の一つとして、セメント製造に伴い多量の CO_2 を発生させるセメントの使用量を少なくし、ポゾラン等のセメント代替材料を使用することが考えられる¹⁾。ポゾランの利用は、 CO_2 発生量の削減のみならず、資源の有効利用という観点からも評価できる²⁾。そこで本研究では、ポゾラン活性材のもみ殻灰（RHA）を使用し、セメントの70%以上をもみ殻灰および少量の水酸化カルシウムで置換したモルタルの強度発現性状を明らかにすることを目的としている。

2. 試験概要

2.1 使用材料および配合

使用材料は結合材料として、普通ポルトランドセメント（C、密度： $3.16\text{g}/\text{cm}^3$ ）、もみ殻灰（RHA）、水酸化カルシウム（CH、密度： $2.30\text{g}/\text{cm}^3$ 、 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ：97.0%）を用い、細骨材は岩手県米里産砕砂（S、表乾密度： $2.77\text{g}/\text{cm}^3$ 、吸水率：1.37%、F.M.：2.79）を使用した。RHAの物理的性質および化学組成は表-1に示す。

モルタルの配合は、水結合材比0.90、RHA置換率50～70%、CH置換率0～20%とした。各配合を表-2に示す。表中の配合名は、順にセメント、RHA、CHの割合およびRHAの種別を表す。

2.2 試験方法

モルタル供試体の作製は、結合材および骨材を投入し1分間空練りして、その後練混ぜ水を加え3分間練混ぜたモルタルを寸法 $\phi 5 \times 10\text{cm}$ の型枠に投入し、成形した。養生は1日間湿空養生（ 20°C 、85%R.H.）し、その後所定の材齢まで水中養生（ 20°C ）を行った。

モルタルの圧縮強度試験は、所定の材齢においてJIS A 1108に準じて行った。

3. 試験結果および考察

水結合材比が0.5以下の配合では、RHAを多量に混和した場合、モルタルの粘性が高くなりワーカビリティの低下が問題となるが、今回の試験範囲では、いずれの配合においても良好なワーカビリティを示した。また、配合の種類に関わらず、ブリーディングは認められなかった。

表-1 RHAの物理的性質・化学組成

RHAの種類	RHA-1	RHA-2
物理的性質		
密度 (g/cm^3)	2.14	2.15
平均粒径 (μm)	6.86	5.85
比表面積 (m^2/g)	32.4	112.1
化学組成		
SiO_2 (%)	86.5	94.2
Al_2O_3 (%)	0.2	0.2
CaO (%)	2.2	0.3
MgO (%)	0.6	0.2
K_2O (%)	2.2	1.5
Na_2O (%)	0.0	0.1
Fe_2O_3 (%)	0.1	0.1
SO_3 (%)	0.0	0.0
ig. loss	4.4	1.5

表-2 モルタルの配合（水結合材比：0.90）

配合	RHAの種類	RHA置換率 (%)	CH置換率 (%)	単位量 (kg/m^3)					70- (mm)
				W	C	RHA	CH	S	
1000	-	0	0	384	426	0	0	1279	-
370-1	RHA-1	70	0	367	122	285	0	1223	190
361-1		60	10	367	122	245	41	1225	172
352-1		50	20	368	123	204	82	1226	188
271-1		70	10	365	81	284	41	1217	174
262-1		60	20	366	81	244	81	1219	178
370-2	RHA-2	70	0	367	122	286	0	1223	165
361-2		60	10	367	122	245	41	1225	174
352-2		50	20	368	123	204	82	1226	177
271-2		70	10	365	81	284	41	1217	166
262-2		60	20	366	81	244	81	1219	167

RHA-1, RHA-2 を置換したモルタルの圧縮強度を図-1 および図-2 に示す。両図から、セメントのみを用いたプレーンモルタル(1000)と、RHA をセメントの 70%と置換したモルタル(370-1, 370-2)との比較では、いずれの材齢においてもプレーンモルタルの方が高い圧縮強度を示す。一方、CH を添加したモルタルでは、CH を添加していない(370-1, 370-2)モルタルに比べてすべて高い圧縮強度を示す。また、RHA-1 (図-1) ではプレーンモルタルより高い値を示すものも存在する。RHA は、セメントの水和に伴い生成される水酸化カルシウムとポゾラン反応し、ケイ酸カルシウム水和物を生成するが、RHA をセメントの 70%と置換した場合では、ポゾラン反応に必要な水酸化カルシウムが不足しているものと考えられる。

RHA-1, RHA-2 を置換したセメントペーストの細孔特性を図-3 および図-4 に示す。RHA-1 と RHA-2 との比表面積は RHA-2 の方が約 3.5 倍も大きい、既往の研究²⁾から、一般に比表面積が大きい方が活性度に優れ、細孔量が低下して、強度が向上することが考えられるが、本研究では反対の結果になっている。このことは各材齢における細孔特性の変化から、RHA-1 では材齢が進むにつれ、徐々に水酸化カルシウムとポゾラン反応し、ケイ酸カルシウム水和物を生成して内部構造を緻密にしているのに対し、RHA-2 は材齢 7 日位までの初期材齢で比較的安定した組織構造をつくり、その構造形態が保たれているものと考えられる。

4. まとめ

本研究の結果を以下に要約し、まとめとする。

- (1) セメントのみを用いたプレーンモルタル(1000)と、RHA をセメントの 70%と置換したモルタル(370-1, 370-2)との比較では、いずれの材齢においてもプレーンモルタルの方が高い圧縮強度を示した。
- (2) 水酸化カルシウム(CH)を添加したモルタルにおいては、RHA の種類に関わらず、これを添加していないモルタルに比べてすべて高い圧縮強度を示した。
- (3) RHA-1 は徐々にポゾラン反応し、水和物を生成して内部構造を緻密にしているのに対し、RHA-2 は初期材齢で比較的安定した組織構造をつくり、その構造形態が保たれているものと考えられる。

<参考文献>

- 1) Mehta, P. K: Concrete Technology for Sustainable Development, Concrete International, Vol. 21, No. 11, pp. 47-53, 1999
- 2) 和田一郎, 河野俊夫, 川上洵, 前田直己: 高活性もみ燐灰の混和がコンクリートの強度特性に及ぼす影響, コンクリート工学年次論文報告集, Vol. 21, No. 2, pp. 175-180, 1999

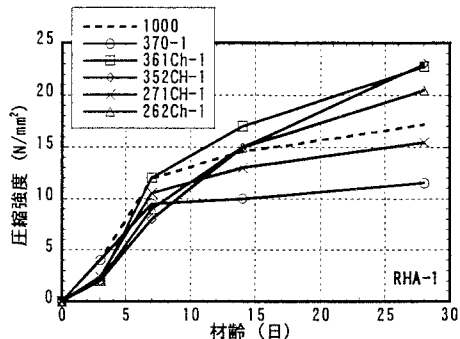


図-1 圧縮強度特性(RHA-1)

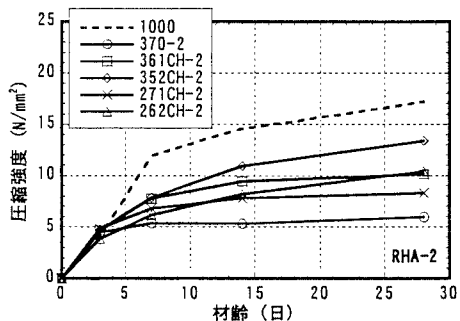


図-2 圧縮強度特性(RHA-2)

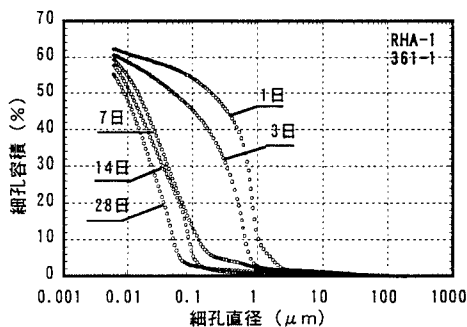


図-3 細孔特性(RHA-1)

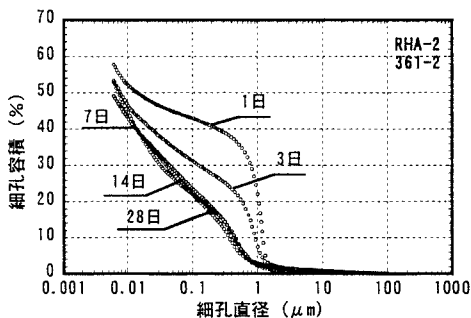


図-4 細孔特性(RHA-2)