

コンクリート用混和材としてのもみから灰の利用について

豊田工業高等専門学校 学生会員 ○中尾文博
 豊田工業高等専門学校 正会員 中嶋清実
 豊田工業高等専門学校 正会員 河野伊知郎
 西松建設(株)技術研究所 正会員 松井健一

1. はじめに

近年、もみから灰をコンクリート用混和材として利用しようとする研究が盛んになりつつある。アメリカではもみからを燃料とする火力発電所が各地にあり、そこからもみから灰が多量に排出されている。しかしここで焼成されるもみから灰は均一な温度、時間で焼かれたものではないため、もみから灰中の炭素の含有量、化学成分の不均一さなどで、コンクリートの色彩や諸性質が必ずしも良好とはいえなかった。そこで今回、炭素の含有量を少なくした日本で試験的に焼成したもみから灰とアメリカの火力発電所から排出されたもみから灰を使用し、混和材としてのもみから灰がコンクリートの諸性質にどのような効果があるかを明らかにしようとしたものである。

2. 使用材料および配合

表-1にもみから灰の化学組成、表-2に物理的性質、表-3に配合(目標空気量: $4.5 \pm 0.5\%$ 、目標スランプ: $15 \pm 1\text{cm}$ 、コンクリートへの混和材添加率はそれぞれ結合材の10%とする)をそれぞれ示す。使用材料とし

て、セメントは普通ポルトランドセメント、水は水道水($20 \pm 2^\circ\text{C}$)を使用した。細骨材は、細目が三重県長良川産(比重:2.57、FM:2.18、吸水率1.32%)および粗目が岐阜県揖斐川産(比重:2.60、FM:3.05、吸水率:1.57%)のものをを用い、細目:粗目=0.725:0.275で混合し、FM:2.75の混合砂として使用した。粗骨材は静岡県天竜川産(最大寸法:25mm、比重2.65、FM:7.42、吸水率:0.58%)を使用した。混和材はシリカヒューム(ノルウェー・エルケム社製)、アメリカ製もみから灰(アメリカカリフォルニア州の火力発電所で焼成温度 $500^\circ\text{C} \sim 700^\circ\text{C}$ で比較的長い時間かけて焼成されたもの)、日本製もみから灰(くん炭を製造する装置を利用し 700°C 以下で15~16時間かけて焼成されたもの)を使用した。混和剤は AE剤(S社製)、高性能AE減水剤(T社製)を使用した。

3. 実験項目

ブリーディング試験 : JIS A 1123

凝結硬化速度試験 : ASTM C 403-65

透水試験 : インプット法

圧縮強度試験 : JIS A 1108

に準じてそれぞれ行った。

表-1 もみから灰の化学組成

もみから灰の種類	ig. loss (%)	SiO ₂ (%)	Al ₂ O ₃ (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	CaO (%)	K ₂ O (%)	T-S (%)	Total (%)	Total-C (%)
アメリカ製もみから灰	7.9	85.4	0.5	0.3	1	3.86	0.1	98.86	5.2
日本製もみから灰	9.8	83.2	0.8	0.6	1.2	3	0.3	98.82	4.8

表-2 混和材の物理的性質

種類	比表面積 (m ² /g)	比重
普通ポルトランドセメント	0.3	3.16
シリカヒューム	20	2.2
アメリカ製 もみから灰	25.4	2.3
日本製 もみから灰	65.5	2.1

表-3 コンクリートの配合

コンクリートの種類	混和材置換率 (%)	水結合材比 (%)	細骨材率 (%)	単位量(kg/m ³)						高性能AE減水剤(C×%)	AE剤(C×%)
				水	セメント	混和材	細骨材		粗骨材		
							粗目	細目			
AB-P-0	-	10	42	185	617	-	427	160	871	0.455	0.0019
AB-S-10	-			185	555	62	427	160	871	0.58	0.005
AB-AR-10	-			185	555	62	427	160	871	0.74	0.028
AB-JR-10	-	10	40	185	555	62	427	160	871	1.53	0.01
AN-P-0	-			174	349	-	539	156	1,069	-	0.0074
AN-S-10	-			219	393	44	476	138	944	-	0.0115
AN-AR-10	-	10	40	186	316	56	531	152	1,026	-	0.163
AN-JR-10	-			203	365	41	466	175	984	-	0.012
NN-P-0	-	10	40	175	349	-	539	156	1,065	-	-
NN-S-10	-			226	406	45	467	135	923	-	-
NN-AR-10	-			184	332	37	523	151	1,032	-	-
NN-JR-10	-	-	-	203	365	41	466	175	984	-	-

4. 試験結果

(1) ブリーディング試験結果

図-1からプレーンコンクリート(以後Pと略記)が最も高いブリーディング率を示しており、次いでアメリカ製もみから灰混入コンクリート(以後ARと略記)、日本製もみから灰混入コンクリート(以後JRと略記)、シリカフェーム混入コンクリート(以後Sと略記)となっている。Sの場合は主にマイクロフィラー効果、JRの場合は主に比表面積の大きさがブリーディング率を抑制したものと思われる。

(2) 凝結硬化速度試験結果

図-2からJRだけが早い時間に終結に至っている。これは日本製もみから灰の比表面積が他の混和材よりも大きいことから、反応する面積が広く、ポズラン反応が早い段階から起こっているものと思われる。

(3) 透水試験結果

図-3からJRの水に対する抵抗性は他のコンクリートとより低い値となっている。配合からわかるように単位水量が多くなったこと、日本製もみから灰中の SiO_2 の含有量が少ないことなどからコンクリートが密にならなかったことが原因と考えられる。

(4) 圧縮強度試験結果

図-4、図-5にそれぞれの圧縮強度試験結果を示す。図-4からJRは早い段階でARは遅い段階で強度が増進している。これはもみから灰の比表面積の大きさからポズラン反応が起こる時期がずれたものと思われる。またJRの長期強度が増進しなかったのは、もみから灰中の SiO_2 の含有量が少ないこと、および SiO_2 の非晶質度が低いためと考えられる。図-5において、JRの初期強度が増進しなかったのは、高性能AE減水剤を他に比較し多く添加したための遅延効果の影響と思われる。

5. まとめ

日本製もみから灰混入コンクリートは、AE剤の添加量の低減、コンクリートの色彩については満足いく結果がえられた。しかし、打設時の流動性が悪いこと、強熱減量(ig. loss)が多いことから SiO_2 の含有量が低下したこと、および SiO_2 の結晶率が高いのではないかという問題が生じた。日本製のもみから灰中の強熱減量の多くは炭素以外に、もみからが有機質であることから炭化水素である可能性が高い。

今後はこの強熱減量が含まれることによりコンクリートの諸性質にどのような影響を与えるかを解明するとともに、この強熱減量を取り除く焼成方法を開発するのが課題である。

<参考文献>

中嶋清実, 河野伊知郎, 吉田弥智, 原田耕司: コンクリート用混和材としてのもみから灰の利用について・コンクリート工学年次論文報告集、Vol. 16, No. 1, pp. 419~424, 1994

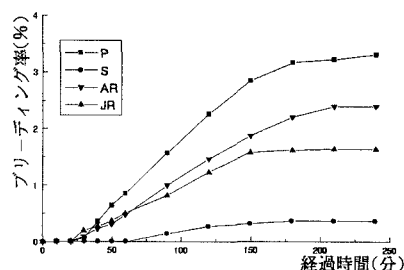


図-1 W/C=50%、混和剤無添加、各種混和材混入コンクリートのブリーディング試験結果

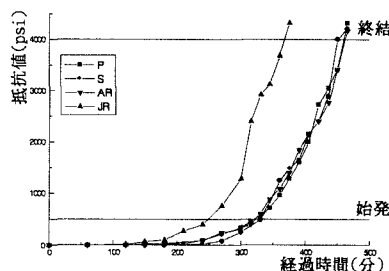


図-2 W/C=50%、AE剤添加、各種混和材混入コンクリートの凝結硬化速度試験結果

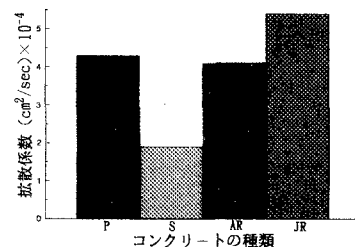


図-3 W/C=50%、混和剤無添加、各種混和材混入コンクリートの透水試験結果

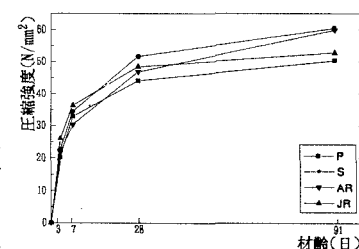


図-4 W/C=50%、混和剤無添加、各種混和材混入コンクリートの圧縮強度試験結果

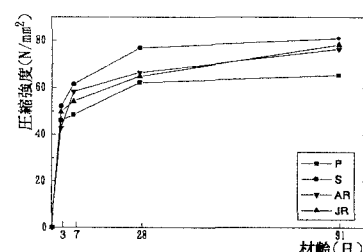


図-5 W/C=30%、両混和剤添加、各種混和材混入コンクリートの圧縮強度試験結果