

第V部門 フライアッシュを用いたセメント系混合物の基礎的検討

舞鶴工業高等専門学校専攻科 学生員 ○椿野 裕記
舞鶴工業高等専門学校 フェロー 岡本 寛昭

1. まえがき

平成16年8月より舞鶴石炭火力発電所が稼動し、これに伴い大量に石炭灰(以後フライアッシュ)が排出されることとなった。一般にフライアッシュは80%以上が再利用され、その中でもセメント関連分野での有効利用は70%に達している。しかし近年では、セメント需要の低迷、循環型社会形成に向けての意識の高まりと資源リサイクル法の制定などの状況から、フライアッシュの有効利用技術が急務となっている。

本研究は、フライアッシュを用い、機能性(弾力性、吸水、断熱、吸音など)を付加したセメント系混合物の開発を目的に、微量重金属成分の溶出、製造法、初期水和熱、強度や変形などの硬化特性について検討した。ここでは、アルカリ刺激効果を考え、水酸化ナトリウムを添加剤として使用した。

2. フライアッシュを用いたセメント系混合物の重金属成分の溶出について

現在排出されるフライアッシュの20%は埋め立て処分されているが重金属の溶出が、表-1に普通セメント、フライアッシュおよび土壤環境基準(環境庁告示第46号)の重金属成分溶出濃度を示す。六価クロムや砒素など非常に危険な微量成分が存在しており、土壤環境基準を超える成分がある。そのため埋め立てには環境的に問題があるといえる。表-2にフライアッシュ混和セメントペースト硬化体の成分溶出濃度を示したり。これによるとブリーディングでは多少成分が溶出されるもののセメントで固化すると極めて成分溶出が少ないことが分かる。

微量重金属の溶出では水溶性六価クロムが問題となる。水溶性六価クロムはセメント水和におけるカルシウムアルミネートと反応し、エトリンサイトまたはモノサルフェートの固溶体となって固定化されることが明らかとなっている。従って、フライアッシュをセメント混合物とすれば微量重金属の溶出は防げると考えられる。よってフライアッシュの利用を環境面から考えると埋め立て処分は妥当でなくセメント混合物とし再利用すべきである。

3. フライアッシュを用いたセメント混合物の製造方法

普通ポルトランドセメント、フライアッシュ及び水を練り混ぜたセメントペーストに添加剤として水酸化ナトリウムを混入したセメント混合物を製造する方法を検討した。製造方法は、図-1に示すとおりである。一次練り混ぜとして、セメント、フライアッシュ及び水を混ぜ、別に、水酸化ナトリウムと水を同時に攪拌する。次に二次練り混ぜとして前述した二つを練り混ぜた。練り混ぜ効果を高め、短時間で作業を行うため、練り混ぜには遙動型のオムニミキサを用いた。なお、水酸化ナトリウムは、密度2.13g/cm³、PH14、粒状のもので、水溶液にして用いた。

表-1 重金属成分溶出濃度¹⁾

(単位:mg/L)

成分	普通ポルトランドセメント		フライアッシュ		土壤環境基準
	範囲	平均値	範囲	平均値	
ほう素	<0.020	<0.020	1.4~74	30.1	<1.0
ふっ素	<0.10~0.20	0.13	-	-	<0.8
六価クロム	0.437~1.076	0.649	<0.01~0.41	0.048	<0.05
砒素	<0.002	<0.002	<0.005~0.17	0.024	<0.01
セレン	0.008~0.017	0.01	<0.005~0.16	0.04	<0.01
カドミウム	<0.0001	<0.0001	<0.001~0.01	0.001	<0.01
水銀	<0.00032	<0.00032	<0.001	<0.001	<0.0005
鉛	0.003~0.013	0.008	<0.001~0.28	0.0017	<0.01
クロム	0.448~1.230	0.705	-	-	-
銅	0.045~0.053	0.048	-	-	-
亜鉛	<0.004~0.014	0.009	-	-	-
マンガン	<0.002	<0.002	-	-	-
鉄	0.010~0.017	0.014	-	-	-

表-2 重金属成分溶出濃度¹⁾

(単位:mg/L)

成分	フライアッシュ混和セメントペースト硬化体		土壤環境基準
	範囲	平均値	
ほう素	<0.05~0.1	0.05	<1.0
砒素	<0.005	<0.005	<0.01
セレン	<0.005	<0.005	<0.01
クロム	<0.02~0.05	0.02	-

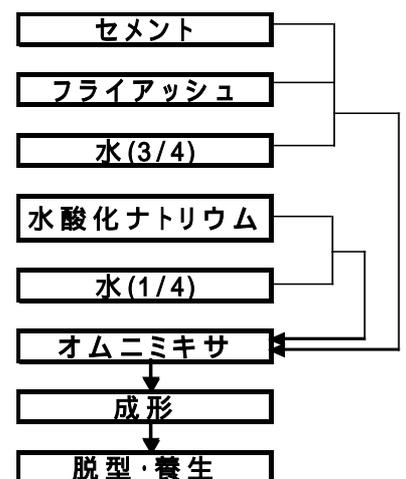


図-1 セメント混合物の製造方法

4. 実験方法

本研究においては、フライアッシュを用いたセメント混合物の基礎的検討を行うため、フロー値、単位容積質量、空隙率、圧縮強度、曲げ強度、曲げ弾性係数、曲げ靱性係数および初期水和特性について実験を行った。

実験に用いた配合は、水セメント比(W/C)、フライアッシュセメント比(F/C:容積比)と水酸化ナトリウムセメント比(N/C:容積比)の3つの要素によって決定した。水セメント比は40%一定とし、F/C及びN/Cは表-3に示すとおりである。

使用したフライアッシュは密度 2.18g/cm³、粉末度(比表面積)3600cm²/gである。また主な成分として SiO₂ 62.31%、Al₂O₃ 26.3%、Fe₂O₃ 3.1%が含まれている。

初期水和熱実験に用いた装置を図-2に示す。供試体の容器寸法は直径100mm、高さ140mm(円柱形容積1.1ℓ)で、保温状態下の発熱に伴う温度変化を恒温室内(20℃)で測定した。測定時間は練り混ぜ直後から48時間とした。圧縮強度は、円柱供試体(直径約50mm、高さ約100mm)を用いた。曲げ試験は、はり供試体(長さ400mm、幅100mm、高さ約50mm)を用い二等分点載荷試験を採用し、荷重変位関係を測定した。材齢28日で試験を行った。

5. 実験結果および考察

図-3にフロー値を示す。F/Cが増加するとフロー値は減少し流動性が低下していく。またN/Cが増加しても流動性が減少することがわかった。

図-4に水和熱による温度変化の積算温度を示す。積算温度は1440分(24時間)までの温度を時間で積分した値で表される。F/Cが増加すると積算温度は減少傾向にある。また、N/Cが増加すると積算温度は減少している。

図-5に曲げ強度を示す。F/Cが増えると曲げ強度は多少増加しF/C=20%で最大となった。また、N/Cが増えるほど強くなる結果となった。

6. 結論

本研究の範囲内で以下のことがいえる。

- (1) フライアッシュおよび水酸化ナトリウムの混入比が増加すると、フローが低下した。
- (2) F/CおよびN/Cを増やすと空隙率、曲げ強度、曲げ弾性係数、曲げ靱性係数は増加傾向を示し、F/C20%で最大となった。

謝辞：本研究に協力された本校学生梶原治、西村良平の両氏に感謝します。

参考文献 1) 土木学会、コンクリートライブラリー111、コンクリートからの微量成分溶出に関する現状と課題、PP.25-31、2003.5

表-3 実験に用いた配合
W/C=40%(一定)

F/C=0%	N/C=0%
	N/C=1.5%
	N/C=3%
F/C=10%	N/C=0%
	N/C=1.5%
	N/C=3%
F/C=20%	N/C=0%
	N/C=1.5%
	N/C=3%
F/C=30%	N/C=0%
	N/C=1.5%
	N/C=3%

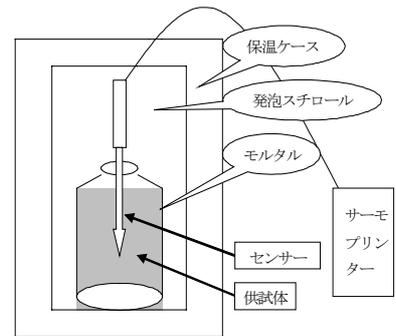


図-2 断熱温度試験装置

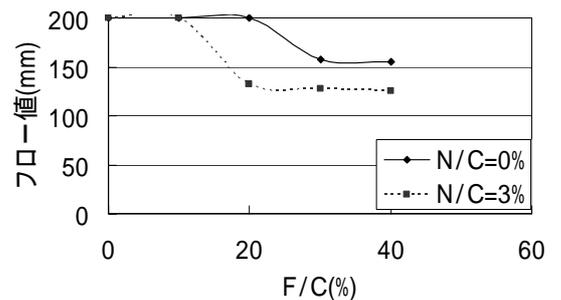


図-3 フロー値

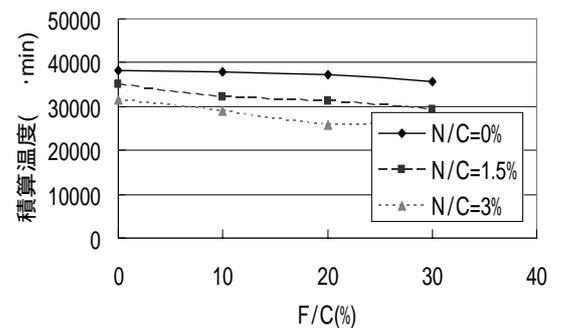


図-4 積算温度

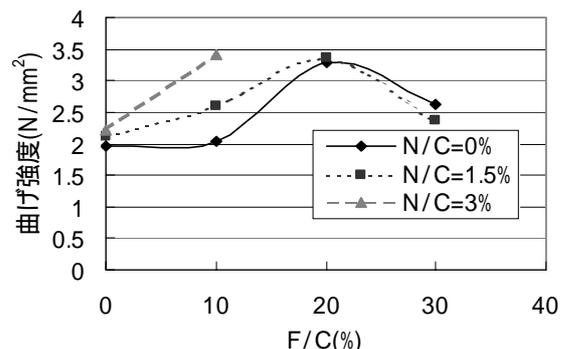


図-5 曲げ強度