

## 석탄회를 이용한 소성체 특성연구

\*이효재, 길대섭, 정헌생, \*임남응

한국지질자원연구원 자원활용연구부, \*중앙대학교 건설대학원 환경공학과

## I. 서론

석탄회는 화력발전소에서 석탄을 연소시켰을 때 발생하는 연소회를 말한다. 국내의 경우 소모된 석탄의 폐기물인 플라이애쉬는 레미콘, 콘크리트용 혼화재료로서 일부 사용되어지고 있는 실정이다. 주요 선진국의 경우 플라이애쉬의 재활용율이 우리에게 비해 월등히 높고 분야 또한 다양하다. 본 연구에서는 고갈되고 있는 자원을 보호하고, 환경문제가 되고 있는 석탄회를 유용한 세라믹재료로 활용할 수 있는지에 대한 가능성을 알아 보기 위하여 비산화 90% 이상을 함유된 소성체를 제조하고 압축강도, 밀도, 흡수율 등의 물리적 특성을 조사하였다<sup>1)</sup>.

## II 실험 재료 및 방법

## 1. 시료

본 연구에 사용한 석탄회는 보령 화력발전소에서 발생한 것을 이용하였으며, 화학적 조성은 Table 1에서와 같이 규소( $\text{SiO}_2$ ), 알루미나( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), 철산화물이 주성분으로 80-90%를 차지한다. Fig. 1에서 XRD (X-선 회절분석) 분석결과 석영(quartz), 몰라이트(mullite $3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2$ ), 방해석(calcite) 같은 결정질 광물로 이루어져 있다. 산화칼슘( $\text{CaO}$ )은 포졸란 반응을 일으키는 주원료로 포졸란 반응에 의한 수화물이 형성되므로 석탄회 입자 간극을 메우는 결합체가 되어 응결고화를 촉진시킨다<sup>2)</sup>. 미연탄소분이 많은 경우 소성시 에너지비용은 적게되나, 발포에 의한 팽창, 균열이 생길 가능성이 높다<sup>3)</sup>. 입자형상은 대체적으로 구형이며, 비중의 경우 1.9 정도의 범위이다.

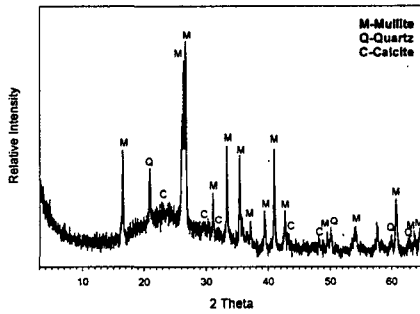


Fig. 1 Flyash X-ray diffraction patterns

Table 1. Chemical composition of fly ash

comp.	$\text{SiO}_2$	$\text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{CaO}$	$\text{Fe}_2\text{O}_3$	$\text{MgO}$	$\text{K}_2\text{O}$	$\text{Na}_2\text{O}$	LOI	비표면적 $\text{cm}^2/\text{g}$
wt%	52.0	30.0	5.5	4.4	1.6	0.6	0.7	4.5	3096

## 2. 실험방법

소성시 석탄회 소성체의 강도를 발현시키기 위해 보론화합물을 주 flux 물질로 사용하였다. 석탄회 92-97%, flux 3-8% 범위에서 분말 상태인 flux를 물 25wt%와 함께 Mortar mixer(Heung-Jin, HJ 1150, 2단방식)에서 충분히 혼련한다. 혼합이 끝난 후 성형에 알맞은 수분량을 유지시킨 혼합물을 금형 (SKD 11 size 90×95mm) 안에 넣고 다짐한 후 전동식 압축 성형기(금충시험기, max 100ton, KPS-201)를 이용 150kg/cm<sup>2</sup>의 압력으로 1축 가압 성형하였다. 성형된 건조체는 850℃에서 4시간 유지 한 후 자연 방치함으로써 냉각시켜 시편을 제조하였다. 가열로는 아전 산업 AJ- SB3-13, max temp. 1600℃로 SiC 발열체를 사용하였다. 전체공정도는 Fig.2에 나타나 있다. 물성 측정에는 성형품 및 소성품에 대한 수분량과 밀도를 측정하고 수축율은 성형품과 소성품의 변화율을 측정하였으며, 흡수율(24hr)과 압축강도는 KS L 4201에 따라 측정하였고, 실험 공정에서 제조된 시편의 특성을 분석하기 위하여 SEM/EDX (Model JSM-6400, JEOL, Japan)을 사용하여 소성된 시편의 입자형태와 국부적인 위치에 따른 화학적 조성의 변화를 관찰하였다. 또한 석탄회 원료 및 시편의 화학적 조성은 ICP/AES (Labtam, USA)로 주성분을 분석하였으며, 원료 및 제조 된 시편의 결정구조와 회절특성곡선 등은 XRD (RTP 300RC, Rigaku, Japan)을 사용하였으며, Target은 CuK $\alpha$ 로 하여 측정하였다. 또한 원료인 석탄회와 소성체의 고온 반응을 측정하기 위하여 TGA/DSC (Model 951, Du pont Instruments, USA)를 활용하였다.

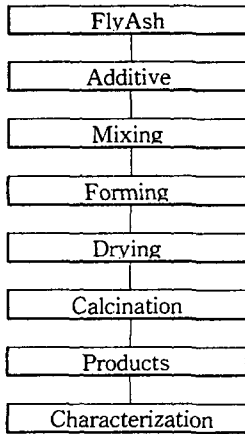


Fig. 2 실험 공정도

## III 결과 및 고찰

혼합 조제된 시험편의 원료 배합표를 Table 2에 나타내었다. 기본적으로 석탄회의 활용을 극대화할 목적으로 석탄회의 함량을 90%이상으로 하였다. 소성에 의한 선형 수축률은 2% 정도로 소성에 의한 시편의 수축은 미미하였다. 소성체의 압축강도, 수분 흡수율 및 밀도의 측정결과를 Fig. 3, 4, 5에 나타내었다. 압축강도는 flux 첨가 3%에서 34kg/cm<sup>2</sup>였고 8%에서 166kg/cm<sup>2</sup>를 보여 주고 있으며, flux 첨가에 비례해서 강도가 증가되고 있었다. 소성체의 흡수율은 flux 첨가 3%에서 32%, flux 첨가 7%에서 27%를 나타내고 있음을 볼 수 있다. 흡수율은 대체로 flux 첨가에 따라 첨가량 7%까지 선형적으로 감소하고 있음을 알 수 있었으며, 첨가량 7% 이후에서는 그리 큰 변화를 보이지 않고 있었다. 소성체의 겉보기 밀도는 flux첨가에 크게 영향을 받지 않고 1.2 ~ 1.3g/cm<sup>3</sup>을 보여주고 있어 경량소 결체가 만들어지고 있음을 알 수 있다.

Table 2. 조제된 시험편의 배합표

시편 번호	Fly Ash (wt %)	Flux (wt %)
1	97	3
2	96	4
3	95	5
4	94	6
5	93	7
6	92	8

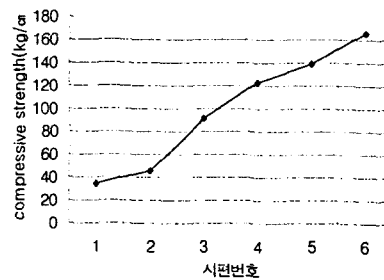


Fig.3 Compressive strength(kg/cm<sup>2</sup>)

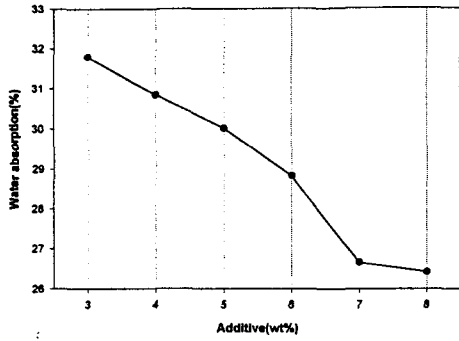


Fig. 4. 수분흡수율 측정 결과

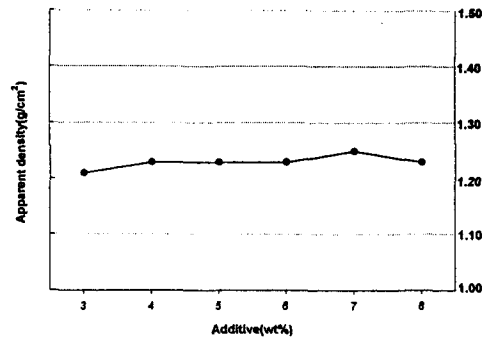


Fig. 5. 겉보기밀도 측정 결과

소성체의 XRD 분석결과 Fig. 6에서와 같이 Quartz와 Mullite가 주요 결정상으로 나타나고 있다. 이것은 석탄회의 결정상과 크게 다르지 않으나, 특이한 것은 석탄회에 함유된 철성분에 의해서 철산화물인 Hematite가 새롭게 형성되어 있다. Fig. 7과 Fig. 8은 석탄회와 소성체에 대한 TG 및 DTA를 분석한 것이다. 석탄회에 함유된 3-4%의 미연탄소분이 600°C 근방에서 연소함으로써 발열반응을 하였다. 소성체의 경우 200°C 및 500°C 근방에서 사용된 flux 물질의 결정수에 의해 흡열반응이 일어나고 있는 것으로 보이며, 600°C 근방에서 석탄회에서 보인 미연탄소분 연소에 의한 중량감소가 나타나고 있다. 특이한 것은 석탄회 단독 연소시와 다르게 flux와 혼합된 시료에서는 대단히 완만한 중량감소가 이루어지고 있는데, 이는 flux 물질이 석탄회 입자를 감싸므로써 반응이 지연되고 있는 것으로 사료된다.

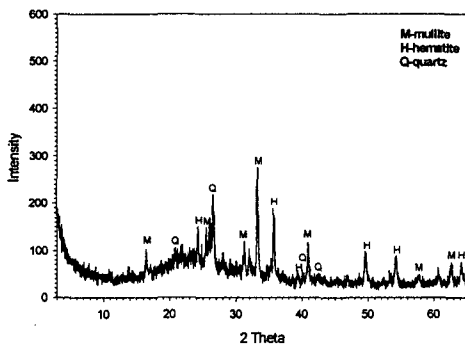


Fig. 6. 제조시편의 XRD Peak.

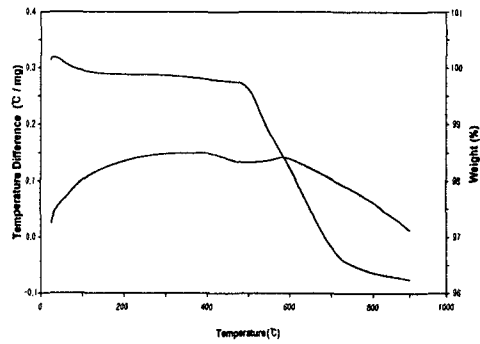


Fig. 7. 석탄회의 TG/DTA 곡선

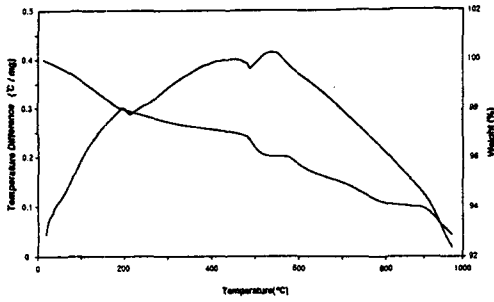


Fig. 8 혼합성형체의 TG/DTA 곡선

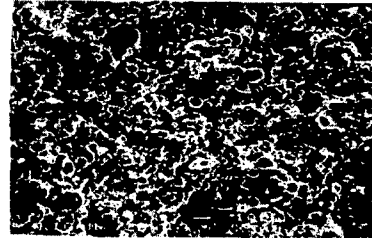


Fig. 9 소성체의 SEM 사진(Flux 5%)

Fig. 9은 소성체 파단면의 SEM 사진측정 결과이다. 석탄회 원래의 형상을 그대로 유지한 채, flux와 석탄회 성분간의 반응에 의해 만들어진 유리질로 소성체의 matrix를 구성하고 있는 구조를 하고 있다.

#### IV 결론

석탄회를 90% 이상 함유한 소결체를 제조하여 여러 가지 물리적 특성을 조사한 결과, 적절한 양의 용제에 의해 강도를 유지할 수 있었다.

#### 참고 문헌

- 1) 양현수 외 2인, "용제 첨가 비산회의 용융성", J. of Korean Ind. & Eng. Chemistry, Vol. 3, No.6, p. 985, (1997)
- 2) 모승준, "고 칼슘 플라이애쉬 활용화에 관한 연구", 동국대학교 석사학위 논문 p. 12 (1998)
- 3) 박대영, "용제를 첨가한 석탄회의 용융온도 변화와 소성특성", 충남대학교, 석사학위논문, p.15 (1999)