

환경일반-2 건축 재료로서 하수 슬러지 소각재의 활용

이기환, 이태호*, 전기석, 한기석¹, 이승구
공주대학교 화학과, ¹한국지질자원연구원

1. 서론

1999년 한 해 동안 국내에서 발생한 하수 슬러지는 약 1,500천톤 정도 되며, 그 중 약 90 % 이상이 해양투기나 매립으로 처분되었다. 그러나 하수 슬러지의 매립과 해양투기가 점차 법적 규제에 의하여 억제될 것으로 예상되며, 그에 따른 하수 슬러지 처분의 대안 개발이 절실히 요구되고 있다. 외국의 경우 하수 슬러지를 이용한 재활용 방안이 다수 개발되어 실용화가 되었으나 국내의 경우 극히 미진하다고 할 수 있다. 하수 슬러지의 처분 방안 중 소각은 좁은 부지면적에서 단 시간 내에 처분이 가능한 장점이 있지만, 대기오염원의 철저한 방지 대책을 필요로 하며, 연소재 (ash)의 발생으로 인한 경제적인 부담이 늘어나는 단점을 가지고 있다. 이에 하수 슬러지를 소각하는 외국의 경우, 연소재를 이용한 2차 재활용 제품을 생산하여 처리비용의 저감과 매립을 통해 발생될 수 있는 2차 오염의 차단 등의 효과를 거두고 있다.(Takahashi 등, 1997) 그러나 국내에서는 하수 슬러지를 이용한 소각로에서의 연소 특성(원양수 등, 1997)과 경량골재 제조에 관한 연구보고(장복기 등, 1995, 한솔기술원 환경팀, 1996)도 있었으나 외국의 연구 실적에 비하면 아주 미진하다고 할 수 있다. 이에 본 연구자들은 하수 슬러지 소각재를 이용하여 연소재 벽돌 등과 같은 건축 자재로 재활용하고자, 소각재를 이용한 시편의 물리적·화학적 특성을 관찰하였다.

2. 재료 및 실험 방법

하수슬러지 소각재는 충북 청주시에 소재한 환경사업소를 직접 방문하여 소각로로부터 배출되는 것을 채취하였다. 소각재는 120 °C 건조기에 2 일 동안 건조하여 사용하였다. 소각재만을 사용한 경우 소각재에 ALC (autoclaved light weight concrete) 폐자재와 배연탈황 석고 ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)를 보조 재료로 첨가하여 950 °C에서 4 시간 동안 소성하여 시편을 제작하였으며, 소각재에 국내 S사의 보통 포틀랜드 시멘트 (OPC)를 첨가한 시편은 0.6 mm 미만의 입도를 가지는 금강모래를 보조 재료로 사용하여 80 °C에서 습윤양생법으로 시편을 제작하여 압축 강도를 비교하였다. 시편제작은 5×5×5 cm 규격의 몰드에 125 psi의 압력을 인가하는 진동 가압 성형기를 사용했다. 각각의 배합비는 통계적 실험 방법의 $L_9(3^4)$ 직교 배열 방법을 사용하여 적정 배합비를 도출하고자 했다.

소각재의 중금속 분석은 폐기물공정시험법에 명시된 방법으로 중금속 용출시험을 수행하여 ICP-AES (Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectroscopy, JY-38Plus, Jobin Yvon, France)를 사용하여 분석하였다. 또한, 광물 조성은 X-ray Diffraction; XRD (PW1710, PHILIPS, NETHERLANDS)로 분석하였고, 화학성분 분석은

X-ray Fluorescence; XRF (PW1400, PHILIPS, NETHERLANDS)로 분석하였다.

3. 결과 및 고찰

그 결과, 하수 슬러지는 α -quartz (SiO_2), muscovite ($\text{K}_2\text{O} \cdot 3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), albite ($\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$)가 주요 광물로 확인되었고, 소각재에서는 hematite가 새롭게 관찰되었다. 소성한 시편의 경우 내화물에서 주로 관찰되는 mullite가 형성되었다. 이는 강도의 변화에 현저한 영향을 주는 것으로 사료되며, ALC를 첨가했을 때는 강도의 변화가 완만하게 나타났으나 소성시편의 변형은 감소하였다. 또한 습윤 양생된 시편과 비교하였을 때 소성된 시편의 압축강도는 높게 나타나지만 변형율은 증가하였다. 고강도의 재료를 만들기 위해서는 변형을 줄일 수 있는 방안을 강구하여야 할 것이다. 습윤 양생된 시편은 전반적으로 변형이 없으며, 소성 시편에 비해 생산비용이 저렴한 장점이 있으므로 압축강도가 $100\text{kg} \cdot \text{f}/\text{cm}^2$ 이상의 고강도를 요하지 않는 벽돌과 같은 건축재료로서 응용 가능성이 있을 것으로 사료된다.

4. 요약

본 연구는 하수슬러지 소각재를 이용하여 건축재료로서의 응용 가능성을 조사하였다. 소각재를 주성분으로 하여 950°C 에서 소성한 시편과 보통 포틀랜드 시멘트 (OPC)를 첨가하여 습윤양생을 한 시편을 제작하여 압축 강도를 비교하였다. 소성 시편에서는 전반적으로 압축강도가 $150\text{kg} \cdot \text{f}/\text{cm}^2$ 이상의 높은 강도를 얻을 수 있었으나 변형율이 증가하는 것이 단점으로 나타났다. 또한, 습윤양생한 시편의 경우 소량의 OPC 첨가 만으로도 일정한 압축강도를 유지할수 있었으며, 시편의 변형 또한 줄일 수 있었다.

감사의 글

본 연구는 공주대학교 자원재활용 신소재 연구센터 (RRC/NMR)의 지원 연구비로 수행되었으며, 이에 깊은 감사를 드립니다.

참 고 문 헌

- H. Takahashi, S. Asada, S. Takahashi, S. Ishida, N. Takeuchi, M. Wakamatu, 1997, Formation Mechanism of Black Core in Sintered Red Brick Using Incinerated Ash of Sewage Sludge, J. Soc. Mat. Sci. Japan, 46(7), 834~838.
- 원양수, 이철희, 최성필, 1997, 하수 슬러지 성분 및 소각 특성에 관한 연구, 한국폐기물학회지, 14(1), 43~53.
- 장복기, 오준성, 1995, 하수 슬러지의 연소재로부터 경량 골재 제조, 한국폐기물학회지, 12(1), 1~8.
- 한솔기술원 환경팀, 1996, 제지 슬러지 소각재를 재활용한 인공 경량 골재 제조 기술 개발, 환경산업, 800~810.