

Bottom-ash를 적용한 고유동충전재의 최적배합검토

Investigation of the Optimum Mixture of Flowable-Fill Applied Bottom-ash

김 성 수* 원 중 필** 김 동 현*** 김 중 필*** 이 용 수****
Kim, Seong Soo Won, Jong Pil Kim, Dong Hyun Kim, Jong Pil Lee, Yong Su

ABSTRACT

This investigation aims at the optimum mixing of flexible flowable-fill made of Bottom-ash as an industrial waste. Flowable-fill refer to self-compacted, cementitious material used primarily as a backfill in lieu of compacted fill. The two primary advantages of flowable fill over traditional methods are its ease of placement and the elimination of settlement. Therefore, in difficult compaction areas or areas where settlement is a concern, flowable fill should be considered. This study compares Bottom-ash with fine aggregate in physical character. The mixing design indicates a various mixing-rate.

1. 서론

최근, 산업폐기물의 방치나 폐기처분에 의해 유발되는 환경오염에 대한 문제가 심각하게 나타나고 있으며, 실제로 보령군에서는 화력발전소에서 발생하는 폐석탄재의 방치 및 아황산가스 등에 의한 오염 문제로 지역주민들과의 분쟁이 발생되고 있다. 이에 맞춰 국내·외 적으로 폐석탄재의 재활용에 대한 연구가 계속적으로 진행되고 있으며, 국내에서는 주로 플라이애쉬를 정제하여 콘크리트용 혼화재료로 활용하는 것이 대부분을 차지하고 있을 뿐 Bottom-ash는 매립용으로 소량 사용하거나 전량 폐기되고 있는 실정이다. 그러나, 선진외국에서는 Bottom-ash를 모래의 대체재로 사용하며 도로용 콘크리트나 충전재 등을 개발하여 유효하게 활용하기 위한 연구를 계속하고 있다.

본 연구에서는 석탄재 중 전량 폐기되는 Bottom-ash를 사용하여 고유동충전재를 개발하기 위한 기초적 연구로 국내 생산되는 Bottom-ash의 물리적 특성을 비교, 고찰하였고, 고유동충전재의 최적배합을 검토하였다.

2. 실험개요

*정회원, 대전대학교 토목공학과 교수
**정회원, 건국대학교 농공학과 교수
***정회원, 대전대학교 대학원 석사과정
****정회원, 건국대학교 대학원 석사과정

2.1 사용재료

(1) 시멘트 : 비중 3.15 및 비표면적 $3,112\text{cm}^2/\text{g}$ 인 S사의 보통포틀랜드시멘트를 사용하였으며, 시멘트의 조성광물과 모르타의 압축강도를 나타낸 것이 표 1 이다.

표 1 시멘트의 조성광물 및 압축강도

| 항목 | 조성광물(%) | | | | 압축강도(kgf/cm ²) | | |
|-----|------------------|------------------|------------------|-------------------|----------------------------|-----|-----|
| | C ₃ S | C ₂ S | C ₃ A | C ₄ AF | 3일 | 7일 | 28일 |
| OPC | 50 | 21 | 10 | 10 | 225 | 351 | 430 |

(2) 플라이애시 : 비중 2.1 및 비표면적 $3,600\text{cm}^2/\text{g}$ 인 양질의 플라이애시를 사용하였으며, 플라이애시의 화학성분을 나타낸 것이 표 2 이다.

표 2 플라이 애시의 화학성분(%)

| SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe ₂ O ₃ | CaO | MgO | Na ₂ O | K ₂ O | SO ₃ |
|------------------|--------------------------------|--------------------------------|------|------|-------------------|------------------|-----------------|
| 52.0 | 27.01 | 3.93 | 7.85 | 1.92 | 0.58 | 0.73 | 0.13 |

(3) 잔골재 및 Bottom-ash : 잔골재는 비중 2.6, 흡수율 0.93 및 조립율 2.33인 강모래를 사용하였다. Bottom-ash는 비중 1.9이며, 조립률이 비교적 잔골재에 적합한 형태를 지니고 있는 무연탄에서 발생된 폐석탄화이다.

(4) 화학혼화제 : 혼화제로는 주성분이 리그닌술폰산 칼슘인 감수제와 주성분이 나프탈렌 축합물인 고성능감수제를 사용하였다. 두 화학혼화제의 물리적 성질을 나타낸 것이 표 3 이다.

표 3 화학혼화제의 물리적 성질

| 주성분 | 형태 | 비중 | 표준사용량(%) | 고형분 |
|-----------|--------|-------------|----------|--------|
| 리그닌술폰산 칼슘 | 갈색분말 | 0.8(겉보기 비중) | 0.15~0.3 | 93% 이상 |
| 나프탈렌 축합물 | 암갈색 액체 | 1.220(20℃) | 0.4~3.0 | 42±2% |

2.2 실험방법

(1) 강열감량 : Bottom-ash의 강열감량을 알기 위해 1200℃까지 가열이 가능한 전기로에서 700℃, 800℃, 900℃ 및 1000℃로 각각 60분씩 강열하여 감소되는 무게를 측정하여 가열하기 전의 무게에 대한 비로 강열감량을 나타내었다.

(2) 충전재 흐름시험 : ACI committee 229에서 규정하고 있는 방법으로 원통형의 몰드에 충전재를 채워 마찰이 적은 유리판위에서 몰드를 직각으로 들어올린 다음 30초 후 퍼진 지름을 측정하여 평균을 흐름값으로 사용하였다.

(3) 압축강도시험 : 압축강도는

KS L 5105에 의해 각각의 배합별로 공시체를 제작하여 7일 및 28일의 강도를 측정하였다.

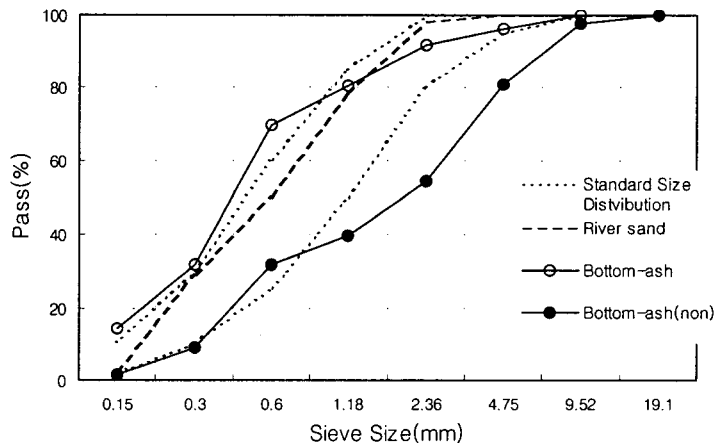


그림 1 입도곡선

3. 시험결과 및 고찰

3.1 Bottom-ash의 입도분포

골재의 입도는 작은 입자와 굵은 입자가 적당히 혼합되어 있는 양호한 입도분포 일 때 입자의 크기가 균일한 경우에 비해 워커빌리티, 강도, 내구성 및 수밀성 등에 좋은 콘크리트를 만들 수 있다. 그림 1은 강모래와 Bottom-ash의 입도곡선을 나타낸 것으로서 무연탄과 유연탄 Bottom-ash의 입도곡선이 잔골재 표준입도와 큰 차이를 보이지 않는다는 것을 알 수 있다. 이는 충전재를 제조하는데 있어 Bottom-ash를 강모래의 대체재로 활용할 수 있음을 보여주는 것이라 사료된다.

3.2 Bottom-ash와 강모래의 가열온도에 따른 강열감량

Bottom-ash는 무연탄을 연소시킨 후 남은 폐석탄재이므로 미연탄소량이 다량 함유되어 있기 때문에 공기연행과 충전재의 유동성을 저하시키는 문제점이 발생 될 수 있다. 그림 2는 Bottom-ash 및 강모래를 1000℃ 까지 60분동안 강열시킨 후 측정된 강열감량을 나타낸 것으로서 온도가 증가할수록 Bottom-ash의 강열감량이 증가하고 있으며, 1000℃에서 19.97% 정도의 큰 값을 나타내었다.

반면, 강모래의 경우 1000℃에서 0.42%를 나타내어 큰 차이를 보이고 있으며 이는 Bottom-ash의 미연탄소량이 상당히 많이 함유되어 있음을 알 수 있다. 이러한 결과로 최고 19%가 넘는 미연탄소량과 불순물은 흡수율증가와 공기연행의 저하로 고유동 충전재를 만드는데 다량의 수량과 분체량의 증가가 필요하다는 것을 알 수 있다.

3.3 충전재의 유동성

Bottom-ash를 사용한 충전재의 유동 특성을 알아보기 위하여 물-결합재비를 80% 및 결합재량을 320kg/m³하고 Bottom-ash의 대체율 및 화학 혼화제의 첨가량에 따른 충전재의 흐름값을 나타낸 것이 그림 3이다. 이 그림에서 알 수 있듯이 Bottom-ash의 대체율이 증가할수록 흐름값이 크게 감소하고

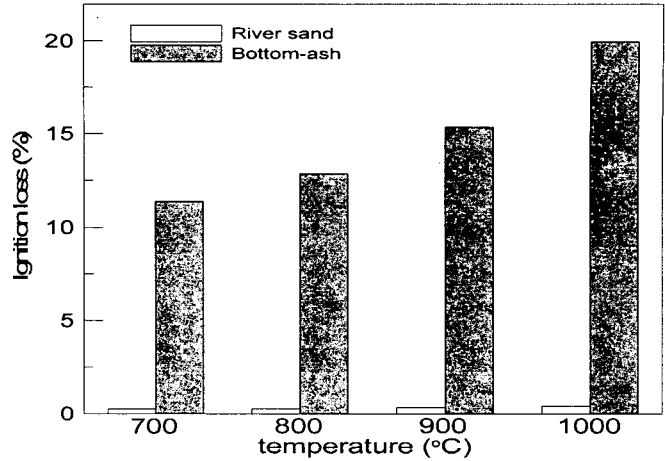


그림 2 Bottom-ash의 강열감량

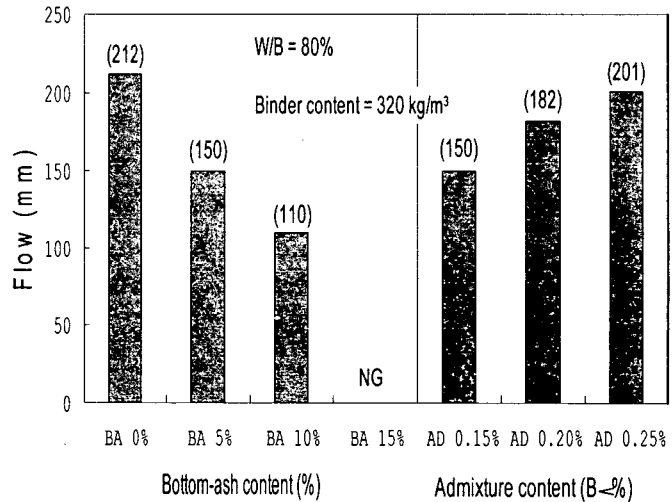


그림 3 충전재의 흐름특성

있으며 Bottom-ash의 대체율이 15%일 경우 거의 유동성이 나타나지 않았다. 한편 화학혼화제인 감수제는 결합재량에 대해 0.15, 0.20 및 0.25% 첨가할 경우 첨가량이 증가할수록 흐름값이 증가됨을 알 수 있었다.

3.4 충전재의 최적배합에 대한 검토

Bottom-ash를 사용한 고유동 충전재의 최적배합을 결정하기 위하여 충전재 강도 15~20kgf/cm²을 만족하고, 흐름값이 210±10mm가 되도록 단위수량과 결합재를 변화시킨 결과를 정리한 것이 그림 4이다. 이 그림에서 알 수 있듯이 Bottom-ash의 대체율이 많아짐에 따라 단위수량과 결합재량이 증가함을 알 수 있으며 Bottom-ash의 대체율이 50%인 경우, 단위수량은 410kg/m³, 결합재량은 382kg/m³ 정도이면 고유동충전재의 최적배합을 산정 할 수 있을 것으로 사료된다.

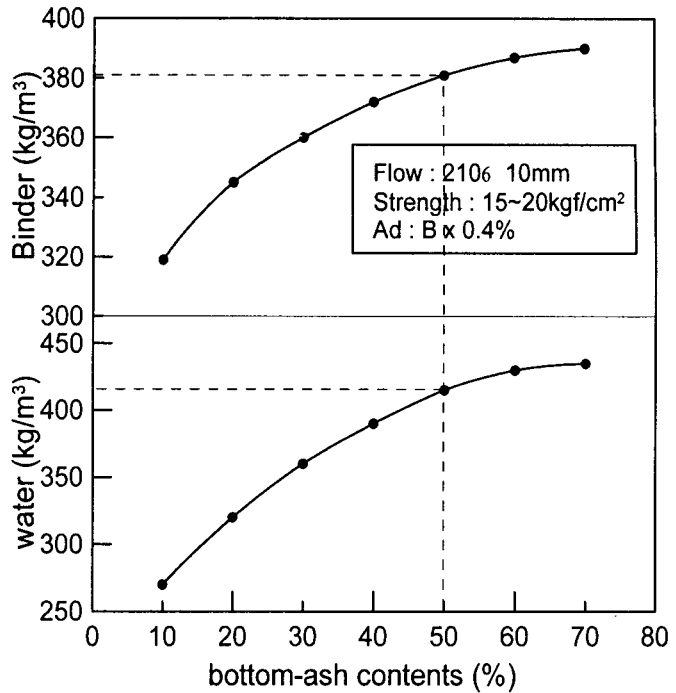


그림 4 Bottom-ash의 대체량에 따른 단위수량 및 결합재량

5. 결론

- (1) Bottom-ash의 입도분석 결과 잔골재의 표준입도와 거이 같이 나타나 충전재를 제조하는데 있어 Bottom-ash를 강모래의 대체재료로 활용할 수 있음을 알 수 있었다.
- (2) Bottom-ash의 강열감량을 측정한 결과 가열온도가 증가할수록 강열감량이 증가하고 있으며, 100 0℃에서 19.97% 정도의 큰 값을 나타내어 미연탄소량이 상당히 많이 함유되어 있음을 알 수 있었다.
- (3) Bottom-ash의 미연탄소량은 흡수율증가와 공기연행의 저하로 고유동 충전재를 만드는데 다량의 수량과 분체량의 증가가 필요하다는 것을 알 수 있었다.
- (4) Bottom-ash의 대체율이 50%인 고유동 충전재의 최적배합을 산정하기 위해서는 단위수량이 410kg/m³, 결합재량은 382kg/m³ 정도로 강도와 흐름에 적당한 배합을 만들 수 있었다.

참 고 문 헌

1. 문한영, 서정우(1997), 콘크리트 혼화재료, 한국콘크리트학회 편, pp. 186~216.
2. Report by ACI Committee 229, "Controlled low strength materials, Concrete International", July 1994. pp.55~64.
3. Nader Ghafoori, Yuzheng Cai, "Laboratory-Made Roller Compacted Concretes Containing Dry Bottom Ash" ACI Materials Journal, May 1998. pp.224~251.