

Bottom Ash 굵은골재 혼입에 따른 콘크리트의 강도특성에 관한 실험적 연구

An Experimental Study on Strength Properties of Concrete using Bottom Ash Coarse Aggregate

장 영 일** 박 승 범* 이 준** 이 병 재** 민 정 욱**
Jang Young Il Park Seong Bum Lee Jun Lee Byung Jae Min Jeong Wook

ABSTRACT

This study analyzed the fundamental properties and strength properties of concrete utilizing Bottom Ash as coarse aggregate for concrete. As a result, compared to non-mixture, the slump decreases about 4.5~54.2% as the mixing ratio of Bottom Ash increases. However, influence of the air contents is very little. The bleeding shows similar slump characteristics, and the primary stage of bleeding decreases as the mixing ratio of Bottom Ash increases. As the mixing ratio of Bottom Ash increases, the compressive strength decreases. When Bottom Ash is mixed by 40%, compressive strength decreases about 1.1~5.3%. Even when Bottom Ash is mixed over 60%, compressive strength decreases sharply and is revealed about 85.2~87.7% of non-mixture concrete strength. To utilize Bottom Ash in large quantities, it is thought that the improvement method of strength has to be discussed such as mixing strengthening element.

요 약

본 연구에서는 공공 및 민간의 전력수요가 증가함에 따라 화력발전소에서 다량으로 발생하고 있는 석탄재의 약 10~15%정도를 차지하는 Bottom Ash를 유효재활용하기 위하여 Bottom Ash 굵은골재 혼입에 따른 콘크리트의 기초적 물성 및 강도특성을 분석하였다. 그 결과, Bottom Ash 굵은골재의 혼입률이 증가할수록 슬럼프는 감소하는 경향을 나타내었으며, 혼입하지 않은 경우에 비하여 약 4.5~54.2%정도 감소하였다. 이에 비하여 공기량은 Bottom Ash 굵은골재를 혼입함에 따라 거의 영향이 없고 그 차이는 미소한 것으로 나타났다. 블리딩의 경우는 슬럼프의 경향과 유사하였으며 Bottom Ash 굵은골재의 혼입률이 증가함에 따라 초기의 블리딩이 현저하게 감소하였다. 또한, 압축강도는 Bottom Ash 굵은골재의 혼입률이 증가할수록 감소하였으며 혼입률 40%까지는 혼입하지 않은 경우에 비하여 약 1.1~5.3%정도 감소하였고, 혼입률 60% 이상에서 급격히 감소하여 압축강도는 Plain의 약 85.2~87.7%정도 발현하였다. 따라서, 콘크리트용 굵은골재로서 Bottom Ash 굵은골재를 대량으로 활용하기 위해서는 강도향상의 보강요소를 사용하는 것이 검토되어야 할 것으로 판단된다.

*정회원, 충남대학교 토목공학과 교수
**정회원, 충남대학교 대학원 토목공학과

1. 서론

최근 국내 산업의 급속한 팽창과 도시재개발사업 등으로 인하여 각종 산업폐기물 및 부산물이 매년 증가하고 있는 추세이며, 대부분 매립재 등으로 단순 폐기되고 있어 사회·경제적인 문제로 대두되고 있다. 특히, 산업 및 민간의 전력수요가 증가함에 따라 화력발전소에서 연간 약 600만톤의 석탄재가 발생하고 있으며 계속 증가될 전망이다. 또한, 국가적인 환경사업으로 석탄재 배출업자의 재활용 지침에서 재활용률 목표를 점차 강화하여 2008년부터 70%로 설정하고 있어 대량으로 석탄재의 유효재활용 및 고부가가치의 적용연구가 시급한 실정이다. 석탄재 총 발생량의 약 80%정도를 차지하는 Fly Ash(플라이애시)는 시멘트 원료나 시멘트 혼화재로서 대부분 재활용되고 이에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있으나, 약 10~15%를 차지하고 있는 Bottom Ash(바텀애시)의 유효재활용은 상대적으로 미진한 상태이다. 특히, Bottom Ash 굵은골재는 건자재 부족 및 천연골재자원의 고갈 방지의 해결방안으로서 원자재를 대체할 수 있는 순환형 자원으로 기대되고 있다.

따라서, 본 연구에서는 산업부산물인 Bottom Ash 굵은골재를 대량으로 재활용하기 위한 기초적인 자료로서 Bottom Ash 굵은골재의 혼입률별 콘크리트의 기초적인 물성과 강도특성을 조사·분석하였다.

2. 실험개요 및 실험방법

2.1 사용재료

2.1.1 시멘트

본 연구에 사용된 시멘트는 국내 A사의 밀도 3.14g/cm³, 분말도 3,200cm²/g의 보통포틀랜드시멘트를 사용하였다.

2.1.2 골재

본 연구에 사용된 골재는 최대치수가 20mm인 부순돌과 Bottom Ash를 사용하였으며, 부순돌과 Bottom Ash의 물리적 성질은 표 1과 같다. 또한, 그림 1에 바텀애시 골재의 SEM분석 결과를 나타내었다.

표 1. 골재의 물리적 성질

구분	밀도 (g/cm ³)	흡수율 (%)	조립률	비고	
잔골재	2.59	1.32	2.75		
굵은골재	부순돌	2.74	0.82	6.52	
	Bottom Ash	2.45	2.65	6.78	

2.1.3 혼화제

시멘트의 분산작용 개선과 미세공기의 연행을 목적으로 밀도 1.07±0.05, pH 6.5±1.0인 국내 E사 제품의 폴리카르본산계 고성능 AE감수제를 사용하였다.

2.2 콘크리트의 배합 및 믹싱

Bottom Ash 굵은골재의 혼입률별 콘크리트의 기초적인 물성 및 강도특성을 분석하기 위하여 목표 슬럼프 12cm, 공기량 5%를 설정하고 사전의 실험을 통하여 얻어진 단위수량 171kg/m³, 단위시멘트량 366kg/m³에 대하여 Bottom Ash 굵은골재의 혼입률별(0, 20, 40, 60, 80, 100%)에 따른 배합을 실시하였다. 또한 혼합은 30ℓ의 옴니 믹서를 사용하였으며, 먼저 시멘트, 골재를 투입하여 1분간 건비빔을 실시한 후 혼합수(물+혼화제)를 투입하고 200rpm으로 2분 동안 혼합하는 분할투입방식을 사용하였다.

2.3 시험방법

2.3.1 슬럼프, 공기량 시험

슬럼프 및 공기량 시험은 옴니믹서를 사용하여 믹싱 후 KS F 2402 『콘크리트의 슬럼프 시험방법』, KS F 2421 『압력법에 의한 굳지 않은 콘크리트의 공기량 시험방법』에 준하여 각각 측정하였다.

2.3.2 블리딩시험

블리딩시험은 콘크리트를 믹싱 후 KS F 2414 『콘크리트의 블리딩 시험방법』에 준하여 최초 60분 동안 10분마다, 그 후 블리딩이 정지할 때까지 30분마다 블리딩에 의한 물의 용적을 측정하였다.

2.3.3 강도시험

압축강도는 $\Phi 10 \times 20 \text{cm}$ 원주형 몰드에 콘크리트를 채우고 2층 25회씩 다진 다음 24시간 후 탈형하여 수증양생 후 KS F 2405 『콘크리트의 압축강도 시험방법』에 준하여 일본M사 제품의 용량 100t의 유압식 만능시험기를 사용하여 압축강도를 측정하였다.

3. 시험결과 및 고찰

3.1 슬럼프 및 공기량

Bottom Ash 굼은골재의 혼입에 따른 콘크리트의 슬럼프 및 공기량의 측정결과는 그림 2와 같다. 이를 고찰하여 보면 Bottom Ash 굼은골재의 혼입률이 증가할수록 슬럼프는 혼입하지 않은 경우에 비하여 약 4.5~54.2%정도 감소하는 것으로 나타났으며, 혼입률 60% 이상에서는 급격하게 감소하였다. 이는 부순돌에 비하여 Bottom Ash 굼은골재의 흡수율이 크기 때문에 단위수량의 일부를 흡수하는 것으로 판단된다. 공기량은 혼입률이 증가함에 따라 뚜렷한 경향은 보이지 않았으며, 그 차이는 1.0% 이내로서 미소한 것으로 나타났다.

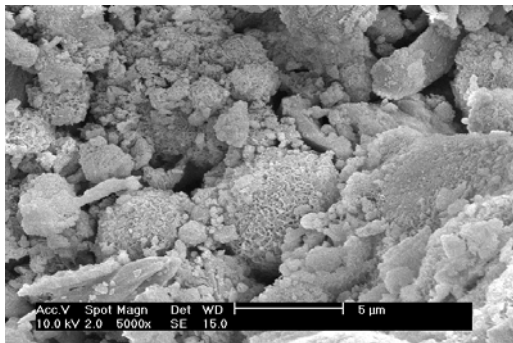


그림 1. SEM 분석결과 (5000X)

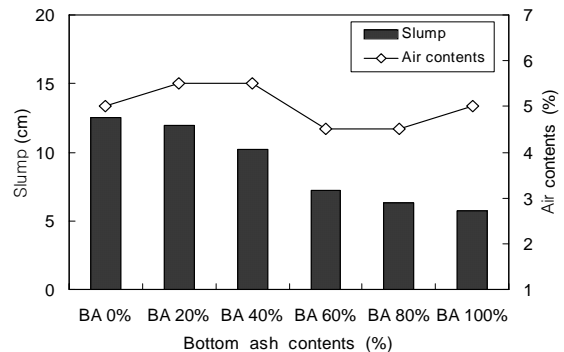


그림 2. 슬럼프 및 공기량

3.2 블리딩

Bottom Ash 굼은골재의 혼입에 따른 콘크리트의 블리딩을 측정결과는 그림 3과 같으며, 혼입률이 증가할수록 블리딩율은 감소하는 것으로 나타났다. 또한, Bottom Ash 굼은골재의 혼입률이 증가할수록 초기의 블리딩율이 감소하였으며, 모든 혼입률에서 60분 이후에 블리딩 증가율이 감소하는 것으로 나타났다. 블리딩율은 혼입률 60% 이상에서 급격히 감소하였으며 이는 슬럼프의 특성과 유사한 경우로서 흡수율이 상대적으로 큰 Bottom Ash를 혼입함에 의해 단위수량을 일부 흡수하기 때문에 블리딩율이 감소하는 것으로 판단된다.

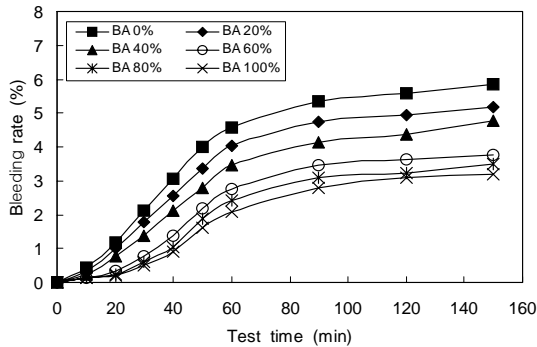


그림 3. 블리딩율 (%)

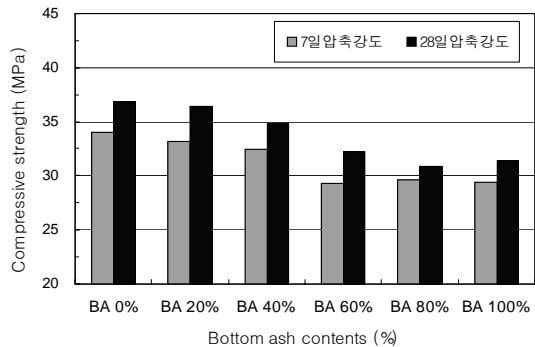


그림 4. 압축강도

3.3 압축강도

Bottom Ash 굵은골재의 혼입에 따른 콘크리트의 압축강도 결과는 그림 4와 같다. 이를 고찰하여 보면, Bottom Ash 굵은골재의 혼입률이 증가함에 따라 감소하는 것으로 나타났으며, 혼입률 40%까지는 혼입하지 않은 경우에 비하여 1.1~5.3%정도 감소하였다. 그러나, 혼입률 60%이상에서 압축강도는 급격히 감소하여 Plain의 약 85.2~87.7%정도 발현하였다. 이는 부순돌보다 Bottom Ash 굵은골재의 마모감량이 크고 골재의 경도가 작기 때문에 대량 혼입할 경우 압축강도가 감소하는 것으로 판단된다. Bottom Ash 굵은골재를 혼입할 경우 공시체의 파괴단면을 관찰한 결과 공시체 파괴시 대부분의 Bottom Ash는 파괴되는 것을 확인할 수 있었다. 따라서, 대량으로 Bottom Ash 굵은골재를 혼입하기 위해서 강도향상 측면에서 골재자체의 강도향상 또는 섬유신소재 및 폴리머 등의 보강이 필요하다고 판단된다.

4. 결론

Bottom Ash 굵은골재의 혼입에 따른 콘크리트의 강도특성을 분석한 결과는 다음과 같다.

- (1) Bottom Ash 굵은골재의 혼입에 따른 콘크리트의 슬럼프는 혼입률이 증가함에 따라 감소하는 경향을 나타내었으며, 혼입률 60%이상에서 급격히 감소하였다. 공기량은 Bottom Ash 굵은골재의 혼입에 크게 영향을 받지 않았으며 그 차이는 미소하였다.
- (2) Bottom Ash 굵은골재의 혼입에 따른 콘크리트의 블리딩율은 슬럼프의 변화와 유사한 경향을 나타내었으며, 혼입률이 증가할수록 초기의 블리딩율이 크게 감소하였다.
- (3) 콘크리트의 압축강도는 Bottom Ash 굵은골재의 혼입률이 증가함에 따라 감소하는 경향을 나타내었으며, 이는 부순돌에 비하여 Bottom Ash의 마모감량이 크고 골재자체의 경도가 작기 때문으로 판단된다. 따라서, Bottom Ash 굵은골재를 대량으로 콘크리트에 이용하기 위하여 보강요소의 검토가 필요하다고 판단된다.

감사의 글

본 연구는 한국과학재단 특정기초연구지원사업(R01-2007-000-10692-0)의 지원에 의하여 수행되었으며, 이에 관계자 여러분께 깊은 감사드립니다.

참고문헌

1. 박승범, “신편 토목재료학”, 문운당, 2004.
2. 한국전력공사, “석탄회 이용가치와 재활용 기술”, 1994.
3. 박승범, 이병재, 이준, 장영일, 조광연, 홍성수, “바텀애시를 이용한 포러스콘크리트의 역학적 특성에 관한 실험적 연구”, 한국콘크리트학회 가을 학술발표회 논문집, 제 19권 2호, 2007.