

# EPSB 콘크리트의 공학적 특성에 미치는 골재 종류의 영향에 대한 기초적 연구

## A Fundamental Study on the Influence of Types of Aggregate on the Engineering Properties of EPSB Concrete

김 하 석<sup>\*</sup> 최 선 미<sup>\*</sup> 강 철<sup>\*</sup> 곽 은 구<sup>\*\*</sup> 정 갑 철<sup>\*\*\*</sup> 김 진 만<sup>\*\*\*\*</sup>  
Kim, Ha Seok Choi, Sun Mi Gang, Cheol Kawg, Eun Gu Jeong, Gab Cheol Kim, Jin Man

### ABSTRACT

The use of lightweight concrete products is usually increased at a recently high structures. Among the rest EPSB concrete products which have an excellence on the sound and thermal insolation are used. Also, the gathering of nature aggregate is limited, so that lack of fine aggregate is appearing.

The purpose of this study is to obtain basic data of properties of EPSB concrete in according to types of aggregate. The results of experiment are as follow. The EPSB concrete using bottom ash is appeared the lowest slump in fresh concrete. The EPSB concrete using river sand and bottom ash are showed as a similar compressive strength except it using crushed sand in hardened concrete.

### 1. 서 론

최근 건축물의 고층화에 따른 건물자중에 대한 문제점이 발생하면서 구조물의 중량부담을 경감하기 위해 비구조용 재료에서는 경량콘크리트 제품의 사용이 급격하게 늘어나고 있는 추세이며 최근에는 발포스티로폼(EPSB)을 사용한 2차제품의 사용이 확대되고 있다. 이러한 이유는 EPSB를 사용한 2차제품의 패널은 기존 시멘트 제품 및 석고제품 보다 차음성능이 우수하고 경량화 되었기 때문이다.

한편 콘크리트 제품에 사용되는 잔골재의 경우 천연자원의 점진적인 고갈과 더불어 환경에 대한 규제가 급속히 강화되고 있어 공급부족이 심화되고 있다. 이로 인해 잔골재의 대체재의 개발 및 발굴이 요구되고 있다.

이러한 배경에서 본 연구는 EPSB를 사용한 경량콘크리트에서 잔골재 종류에 따른 EPSB 콘크리트의 공학적 특성에 대하여 검토 하였다.

- \* 정회원, 공주대학교 대학원 건축공학과, 석사과정
- \*\* 정회원, 공주대학교 RRC/NMR 전임연구원
- \*\*\* 정회원, (주) 에이스 판넬, 공학박사
- \*\*\*\* 정회원, 공주대학교 건축공학과 교수, 공학박사

## 2. 실험계획 및 방법

### 2.1 실험계획

본 연구의 실험계획은 EPSB 콘크리트의 공학적 특성을 검토하기 위해 바텀애시, 강모래, 쇄사를 비교대상으로 사용하였고 측정 항목으로는 굳지 않은 성상에서 슬럼프, 경화 성상에서 절건비중, 압축강도, 표면공극률을 측정하였다. 물·시멘트비는 48%, 경화체 비중을 좌우하는 EPSB는 시험체 절건 비중 0.5~0.7의 범위에 만족할 수 있도록 예비실험을 통해 얻은 결과를 토대로 하여 전체용적에 대한 비율로 EPSB를 73% 혼합하여 실험을 실시하였다. 본 실험계획은 표 1과 같고, 배합계획은 표 2와 같다.

표 1. 실험 계획

| 실험 인자  | 실험 수준             | 측정 항목                        |
|--------|-------------------|------------------------------|
| 잔골재 종류 | 바텀애시<br>강모래<br>쇄사 | 슬럼프<br>절건비중<br>압축강도<br>표면공극률 |

표 2. 실험 배합표

| 물시멘트비(%) | 용적배합(%) |     |      |
|----------|---------|-----|------|
|          | 시멘트     | 잔골재 | EPSB |
| 48       | 8       | 7   | 73   |

### 2.2 사용재료

#### 2.2.1 시멘트

본 실험에 사용한 시멘트는 KS L 5201의 규정에 적합한 S사 보통포틀랜드 시멘트를 사용하였으며 시멘트의 물리적 특성은 표 3과 같다.

표 3. 시멘트의 물리적 특성

| 시멘트종류 | 비 중  | 분말도(cm/g) | 압축강도MPa |      |      |
|-------|------|-----------|---------|------|------|
|       |      |           | 3일      | 7일   | 28일  |
| 보통    | 3.15 | 3,400     | 22.5    | 35.1 | 43.0 |

표 4. 잔골재의 물리적 특성

| 구분   | 비 중  | 흡수율(%) | 조립율  |
|------|------|--------|------|
| 바텀애시 | 1.97 | 5.80   | 2.80 |
| 강모래  | 2.64 | 1.36   | 2.80 |
| 쇄사   | 2.64 | 2.70   | 2.80 |

#### 2.2.2 잔골재

시험체 제조를 위해 사용한 바텀애시는 국내 무연탄화력발전소인 중부발전에서 발생한 것이고, 강모래는 공주, 부순 모래는 아산에서 생산한 것을 사용하였다. 표 4와 그림 1은 잔골재의 물리적인 특성과 입도를 나타낸 것으로서 입도는 콘크리트 표준시방서의 평균표준입도분포곡선에 적합하도록 입도를 조정하여 실험을 하였다. 그림 2는 사용된 잔골재를 저배율 광학 현미경을 이용하여 골재의 입형을 관찰한 것이다. 바텀애시와 강모래는 비교적 둥근 입형을 보이고 쇄사는 편평한 경향을 보인다.

표 5. EPSB의 물리적 특성

| 비 중  | 흡수율(%) | 평균입경 (mm) | 색  |
|------|--------|-----------|----|
| 0.02 | 0      | 2.9       | 흰색 |

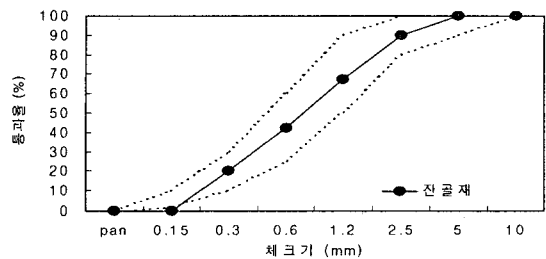


그림 1. 잔골재 입도곡선

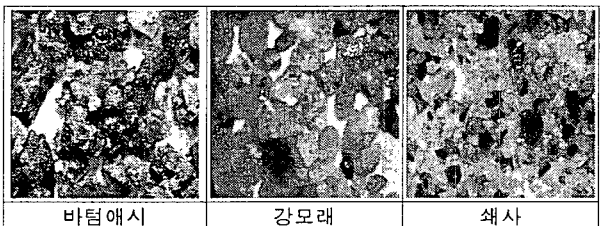


그림 2. 잔골재 표면 형상 (× 100)

#### 2.2.3 혼화재료

EPSB와 슬러리의 재료 분리를 방지하기 위하여 S사의 증점제인 Hydroxypropyl Methyl Cellulose계를 사용하였고 고성능 감수제는 K사의 폴리카르본산계를 사용하였다.

#### 2.2.4 EPSB 경량골재

본 실험에 사용한 EPSB는 국내산 비코팅 EPSB를 사용하였고 그 특성은 표 5와 같다.

## 2.3 실험방법

### 2.3.1 혼합방법

본 실험에서는 리본형 믹서를 사용하였으며 혼합순서는 물 투입 후 시멘트, 잔골재 순으로 투입하여 1분간 교반 한 후에 EPSB를 혼합하여 비빔을 실시하였다.

### 2.3.2 양생 및 측정방법

양생은 타설 후 24시간경과 후 탈형하여 20℃ 수중에서 양생을 하였고 굳지 않은 상태에 대한 시험으로서 KS F 2402에 따라 슬럼프 시험을 실시하였으며, 경화 상태에 대해서는 KS F 2459에 따라 겉보기 비중 및 압축강도, 표면 공극률시험을 실시하였다. 압축강도는 KS F 2405에 따라 재령 3, 7, 14일에 측정 하였으며, 벽체용 2차제품으로 중요시 되는 표면공극 특성을 알아보기 위하여 디지털 영상을 이미지 분석프로그램으로 분석 하였다.

## 3. 실험 결과 및 고찰

### 3.1 슬럼프값의 변화

그림 3은 잔골재 종류에 따른 슬럼프값의 변화를 나타낸 것으로 강모래와 쇄사의 경우 비슷한 슬럼프가 보이고 있고 바텀애시의 경우 슬럼프가 현저하게 떨어지는 것으로 나타났다. 이러한 이유는 바텀애시가 다공질 재료로서 높은 흡수율의 특성을 갖기 때문에 혼합 시 다량의 배합수를 흡수하여 슬러리의 유동성을 떨어뜨렸던 것이다.

### 3.2 비중

그림 4는 재령에 따른 잔골재 종류별 비중의 변화를 나타낸 것이다. 각 재령별 비중 변화를 보면 재령 3일에서는 0.52~0.54, 재령 7일에서는 0.56~0.58, 재령 14일에서는 0.61~0.65의 작은 범위로 서로 유사하게 나타났으며, 골재 종류와 상관없이 재령에 따라 비중이 증가 되는 것으로 나타났다.

### 3.3 압축강도

그림 5는 재령별 압축강도의 변화를 나타낸 것으로 3, 7, 14일에 대한 압축강도를 나타내고 있다. 골재의 종류와 상관없이 재령 3일에서 7일까지 강도가 증가하는 것으로 나타났으며, 재령 7일 이후에는 강도변화가 미세한 것으로 나타났다. 이는 배합에서 단위 시멘트량이 적음으로서 시멘트의 수화반응에 의해 생성되는 수화물의 형성에 제약을 받기 때문인 것으로 사료된다.

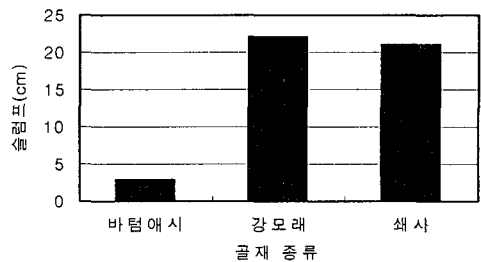


그림 3. 잔골재종류에 따른 슬럼프의 변화

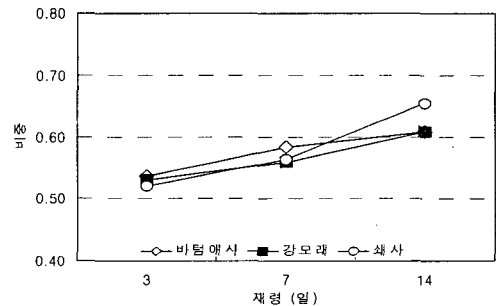


그림 4. 잔골재종류에 따른 절건비중

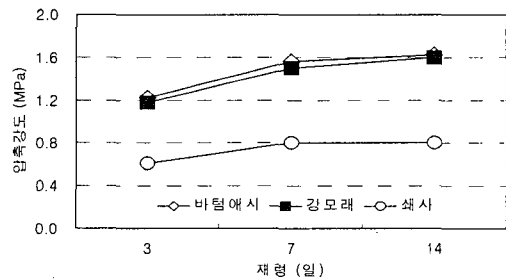
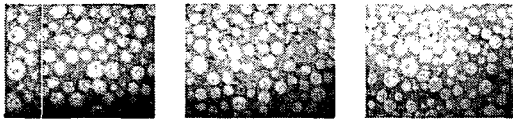


그림 5. 잔골재 종류에 따른 압축강도

### 3.4 표면공극률

그림 6과 7은 실물 사진기로 공시체 절단면과 공시체별 표면을 촬영한 것이다. 그림 8과 표 6은 실물 카메라로 표면 상태를 촬영 한 후 영상을 이미지 분석 프로그램 i-Solution을 이용해 잔골재에 따른 표면 공극률을 나타낸 것이다. 공극률을 보면 바텀애쉬가 12.68%, 강모래는 6.27%, 쇄사는 22.94%로 나타났으며 전체적으로 Entrapped Air가 많이 발생하였다. 바텀애시를 사용한 경우 강모래보다는 높은 표면 공극률이 나타나지만, 일반적으로 사용되고 있는 쇄사에 비하여 약 두배 이하의 값을 나타낸다. 즉 바텀애시를 사용한 EPSB 콘크리트의 표면 마감 특성은 쇄사를 사용한 경우보다 마감재로서 더 양호 한 것으로 사료된다.



바텀애시 강모래 쇄사

그림 6. 잔골재별 절단면 사진



바텀애시 강모래 쇄사

그림 7. 잔골재별 표면 공극률 사진

표 6. 공시체 표면 공극률

|                       | 바텀애시 | 강모래  | 쇄사   |
|-----------------------|------|------|------|
| 총면적( $\text{cm}^2$ )  | 74.0 | 76.2 | 77.0 |
| 공극면적( $\text{cm}^2$ ) | 9.4  | 4.8  | 15.4 |
| 공극률(%)                | 12.7 | 6.3  | 22.9 |

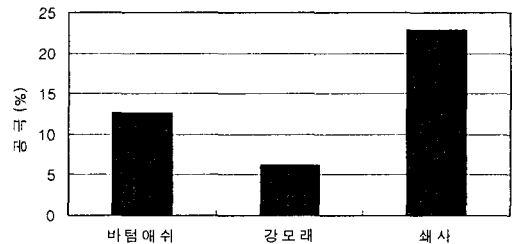


그림 8. 잔골재 종류에 따른 표면 공극률

## 4. 결론

잔골재를 혼입한 EPSB 콘크리트의 공학적 특성을 연구는 다음과 같은 결론을 얻었다.

1) 강모래와 쇄사를 사용한 EPSB 콘크리트의 슬럼프값은 23cm, 22cm로 비슷한 경향을 보였으나 바텀애시는 다공질의 특성을 가지고 있어 높은 흡수율로 인해 3cm의 낮은 슬럼프값이 나타나 유동성 확보를 위한 배합 검토가 요구 된다.

2) 잔골재 사용한 EPSB 콘크리트의 압축강도는 바텀애쉬와 강모래를 사용한 경우에는 1.4MPa, 1.5MPa로 비슷한 값이 나타났지만 쇄사를 사용한 경우에는 0.7MPa로 배이상의 낮은 값이 측정 되어졌다.

3) 표면공극률은 강모래, 바텀애시, 쇄사 순으로 6.3%, 12.7%, 22.9%로 높게 나타났지만 적당한 다짐 및 Entrapped Air의 제거에 대한 추가적인 검토가 필요하다.

### 참고문헌

- 바텀 애쉬를 사용한 기포콘크리트의 물리적 특성에 관한 실험적 연구  
한국콘크리트 학회 논문집 2004. 제 16권 2호, pp.525~528
- 국내 발전소별 바텀애시를 잔골재 대체재로서 사용한 모르타의 특성에 대한 실험적 연구  
대한건축학회 학술발표논문집 2003. 제 23권 1호, pp203~205
- 플라이애쉬를 혼입한 현장타설 경량기포콘크리트의 물리적 특성 및 품질관리  
한국콘크리트 학회 논문집 2004. 제 20권 8호, pp.84