

바텀애시를 잔골재로 사용한 콘크리트의 내구성능에 관한 연구

The Durability of the Concrete Using Bottom Ash as Fine Aggregate

박승호^{1*} · 이정배² · 김성수²Seung-Ho Park^{1*} · Jeong-Bae Lee² · Seong-Soo Kim²

(Received August 19, 2016 / Revised November 22, 2016 / Accepted November 25, 2016)

This study is about the reuse of bottom ash, which is released as a necessity in thermal power plant. In general, coal-ash are classified as fly-ash, bottom-ash, cinder-ash. Of these, a large amount of fly ash is being recycled as cement substitutes. While, recycling rates of bottom ash are the lowest due to its porosity and high absorption. In this study, the durability of the concrete using bottom ash as a concrete fine aggregate was evaluated. The using level of the bottom ash ranges to step-by-step from 0% to 30%. According to the result of the durability test, regardless of the presence of the bottom ash, freeze-thaw durability could be secured by air entrainment. In case of the resistance to chloride ions penetration, the length change, and the effects on heavy metals, the replacement of bottom ash as fine aggregate was not critical. Although carbonation penetration was higher as the replacement level of bottom ash increased, the experiment showed that it could be possible to use bottom ash as concrete fine aggregate with proper mix design.

키워드 : 재활용, 바텀애시, 잔골재, 내구성**Keywords** : Recycling, Bottom ash, Fine aggregate, Durability

1. 서론

국내의 발전 설비 중 비율이 가장 높은 발전 시설은 단연 화력발전소이다. 최근 미세먼지 문제가 이슈화 되고 환경피해 등의 우려로 화력발전소 건설이 기피되고 있으나, 화력발전을 대체할만한 신재생에너지의 보급은 아직까지 더딘 상태이다. 국가 정책의 방향을 살펴보기 위해 “제 7차 전력수급계획”을 확인해보면, 2029년까지 화력발전소 설비 신규 건설이 확정 되어 있는 것을 알 수 있으며, 이에 따라 석탄회의 발생량은 꾸준히 증가될 것으로 예상되지만, 회처리장 설계 계획 없이 발전소 건설이 계획되는 경우도 발생하여 석탄회의 재활용 방안 마련이 시급한 것이 현실이다(Ministry of Trade, Industry and Energy, 2015).

석탄회는 처리과정 중 재활용 사업이나 매립지에 매립되는 경우 일지라도 환경단체, 지역주민, 기타 이해관계자가 가지고 있는 환경적으로 안전하지 않다는 인식으로 인해 빈번한 갈등이 지속되

고 있다. 따라서 석탄회의 이용 및 재활용 시 접촉되는 부위(토양, 지하수, 지표, 해수 등)에 따라 각기 다른 지침, 사후관리 규정 제정 및 연구개발이 이루어져야 한다. 특히, 석탄회의 처리 과정에 따른 환경영향 최소화 방안으로 석탄회의 유효이용 및 환경관리방안에 대한 논의 및 연구가 필요하고, 국내 석탄회를 대량으로 재활용할 수 있는 유효이용방안으로 다량의 석탄회를 폭넓게 활용할 수 있는 기술개발이 필요한 실정이다(Meng et al. 2015).

석탄회 중 플라이애시의 경우 전체 발생량의 80%를 차지하고 있고 대부분이 시멘트 대체재로서 활용되고 있는 반면, 바텀애시는 전체 발생량의 10~20% 정도를 차지하지만 재활용에 대한 열악한 조건 때문에 대부분이 매립되거나 폐기되는 실정이다(Kwon et al. 2010).

유럽의 경우 화력발전소에서 배출되는 석탄회는 약 86%가 재활용되고 있고 일본의 경우 약 81% 정도가 재활용되고 있다. 국내의 경우 재활용이 많지 않은 실정이고, 바텀애시의 활용성에 관한 연구로는 바텀애시를 사용한 모르타르의 특성(Song et al. 2003),

* Corresponding author E-mail: btsh@nate.com¹대진대학교 토목환경공학과 (Department of Civil Engineering, Daejin University, Kyonggi-do, 11159, Korea)²대진대학교 건설시스템공학과 (Department of Civil Engineering, Daejin University, Kyonggi-do, 11159, Korea)

바텀애쉬를 경량골재나 경량기포콘크리트에 사용하기 위한 연구(Jo et al. 2004; Kim et al. 2009a; 2009b) 및 콘크리트용 골재로 사용하기 위한 연구(Choi et al. 2003; Lee et al. 2002) 등이 진행되어 왔다.

본 연구에서는 바텀애쉬를 콘크리트용 잔골재로 사용한 콘크리트의 내구성능을 검토하여 향후 바텀애쉬의 재활용을 독려하고 바텀애쉬 잔골재가 콘크리트 구조물에 활용되기 위한 기초적 자료로 활용하고자 한다.

2. 실험계획 및 실험방법

2.1 실험계획 및 배합

본 연구에서는 영흥화력발전소에서 채취한 5mm 이하의 바텀애쉬를 사용하여 잔골재 치환재료로 사용하였고, 바텀애쉬를 치환하지 않은 콘크리트(이하 PL) 및 잔골재의 10%를 치환한 콘크리트(이하 BA10), 20%를 치환한 콘크리트(이하 BA20), 30%를 치환한 콘크리트(이하 BA30)를 제작하였다. 바텀애쉬를 혼입한 콘크리트의 내구성능을 검토하기 위한 콘크리트 시방배합 및 굳지 않은 콘크리트의 물성을 Table 10에 나타내었다. Table 10에 나타난 바와 같이 바텀애쉬 치환율 증가에 따른 유동성 저하를 방지하기 위하여 단위수량을 조절하였고 비빔 후 1시간에서 100±20mm 정도의 슬럼프를 확보하고자 하였다.

2.2 사용재료 및 비빔방법

2.2.1 시멘트

본 연구에서 사용된 시멘트는 밀도 3.15g/cm³의 보통 포틀랜드 시멘트를 사용하였고 별도의 결합제는 사용하지 않았다. Table 2에 사용된 시멘트의 물리적 성질을 나타내었다.

Table 2. Physical properties of cement

| Density (g/cm ³) | Blaine (cm ² /g) | Stability (%) | Setting time(min) | |
|------------------------------|-----------------------------|---------------|-------------------|-------|
| | | | Initial | Final |
| 3.15 | 3,280 | 0.06 | 221 | 361 |

Table 1. Mix proportions

| Factor | W/C(%) | Slump(mm) | | | Air content(%) | | | Water content (kg/m ³) | S/a (%) | Unit weight(kg/m ³) | | | | AD (%×C) | AE (%×AD) |
|--------|--------|-----------|-------|-----|----------------|-------|-----|------------------------------------|---------|---------------------------------|-------|-------|-------|----------|-----------|
| | | 0hr | 0.5hr | 1hr | 0hr | 0.5hr | 1hr | | | C | B/A | S | G | | |
| PL | 40.0 | 150 | 105 | 85 | 6.2 | 4.1 | 3.3 | 163.0 | 44.4 | 407 | 0.0 | 768.5 | 954.5 | 0.7 | 0.3 |
| BA10 | 43.5 | 170 | 105 | 90 | 7.0 | 5.6 | 5.0 | 177.0 | | | 60.5 | 676.5 | 934.0 | 0.7 | 1.5 |
| BA20 | 44.5 | 180 | 110 | 90 | 6.4 | 4.8 | 4.1 | 181.0 | | | 121.0 | 597.5 | 928.5 | 0.7 | 2.2 |
| BA30 | 45.5 | 145 | 105 | 85 | 7.0 | 5.5 | 4.1 | 185.0 | | | 180.0 | 519.5 | 922.5 | 0.7 | 2.9 |

2.2.2 바텀애쉬

본 연구에서는 영흥화력발전소에서 채집한 비중 2.11, 강열감량은 12%인 바텀애쉬를 5mm체로 선별하여 사용하였다. Table 3에 바텀애쉬의 화학적 성질을 나타내었고 Fig. 1에 바텀애쉬의 입도 분포를 나타내었다. Fig. 1에 보이는 바와 같이 표준 입도 범위에 비해 150µm체 통과 미분의 양이 표준 입도 범위를 다소 벗어났으며 1.18mm 체 통과 조분의 양이 적은 입도 특성을 알 수 있다.

Table 3. Chemical composition of bottom ash(wt%)

| Al ₂ O ₃ | SiO ₂ | Fe ₂ O ₃ | CaO | MgO | TiO ₂ | K ₂ O | Na ₂ O |
|--------------------------------|------------------|--------------------------------|-----|-----|------------------|------------------|-------------------|
| 24.7 | 49.1 | 9.8 | 9.6 | 1.1 | 0.88 | 0.96 | 0.81 |

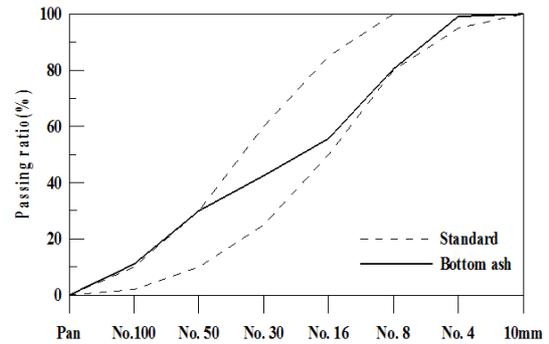


Fig. 1. Grading curve of the bottom ash

2.2.3 골재

본 연구에서 사용된 잔골재는 밀도 2,61g/cm³의 포천산 부순 모래를 사용하였으며, 굵은 골재는 최대 치수 25mm, 밀도 2,59g/cm³인 포천산 화강암질 부순 자갈을 사용하였다.

2.2.4 화학혼화제

본 연구에서는 K사의 폴리카르본산계 고성능 감수제를 사용하였으며 적절한 공기연행을 위하여 양질의 공기연행제를 사용하였다.

2.2.5 비빔 방법

콘크리트의 비빔은 용량 100ℓ의 강제식 팬타입 믹서를 사용하였으며 비빔 순서는 시멘트, 잔골재, 굵은 골재, 바텀애시를 투입하여 30초 동안 건비빔을 실시한 후 물과 고성능 감수제를 투입하여 3분간 비빔한 후 배출하였다.

2.3 실험방법 및 측정항목

2.3.1 콘크리트의 물리적 성능 평가

굵은 콘크리트의 압축강도 측정을 위하여 공시체는 KS F 2403에 준하여 $\varnothing 100 \times 200 \text{mm}$ 의 크기로 제작하고 1일 후 탈형하여 $23 \pm 2^\circ \text{C}$ 의 수중에서 양생하였으며 재령별 압축강도를 측정하였다. 압축강도 실험은 KS F 2405에 준하여 실시하였으며 측정값은 공시체 3개의 평균값이다. 또한 바텀애시 혼입에 따른 콘크리트의 건조수축 특성을 파악하기 위하여 KS F 2424에 준하여 $100 \times 100 \times 400 \text{mm}$ 의 각주형 공시체를 제작하여 기간에 따른 건조수축량을 9개월간 측정하였다.

바텀애시의 물성 이외에 바텀애시 혼입량 증가에 따른 환경 영향을 검토하기 위하여 시험콘크리트를 대상으로 구리, 납, 비소, 수은, 카드뮴 및 6가크롬 등의 전처리 및 함량 실험 방법을 규정한 폐기물공정시험기준(Ministry of Environment 2014)에 의해 중금속함량을 측정하였고, 폐기물관리법 유해물질 기준에 적합한지 검토하였다.

2.3.2 콘크리트의 내구성 평가

콘크리트의 내구성능 평가항목으로는 동결융해 저항성, 탄산화 저항성 및 염해저항성을 검토하였다. 동결융해저항성의 경우 ASTM C 666(A TYPE)에 준하여 동결융해 촉진시험을 실시하였고 탄산화저항성의 경우 KS F 2584에 준하여 $\varnothing 100 \times 200 \text{mm}$ 의 원주형 공시체를 제작하여 이산화탄소 농도 $5 \pm 0.2\%$, 온도 $20 \pm 2^\circ \text{C}$, 상대습도 $60 \pm 5\%$ 시험조건에 촉진한 후 규정된 촉진시기에 침투 깊이를 측정하였다.

마지막으로 염해저항성 검토를 위해서 촉진 염화물 침투 확산 시험 방법인 NT Build 492의 시험방법으로 재령 28일과 91일 시험체에 대하여 염소이온확산계수를 도출하여 비교하였다. 또한, 28일간 표준양생한 후 측정면을 제외한 부분을 페인팅하여 염화물 이온의 침투를 제어하고 3% 염화나트륨 용액에 연속 침지하는 방법으로 장기침지에 의한 염화물 침투 확산시험을 실시하였다. 침지된 시편은 1년 후 용액에서 꺼내 시험체를 건조시키고 표면의 염화물을 제거한 후 직경 100mm의 코어를 채취하여 표면으로부터 거

리 0.0-40mm부분에서 2.0mm씩 깊이별 시료를 대상으로 적정시험을 통해 염화물이온 농도를 측정하였으며, AASHTO T259-02에 준하여 실험을 진행하였다.

3. 실험 결과 및 고찰

3.1 압축강도

바텀애시 혼입에 따른 콘크리트의 압축강도 측정값을 Fig. 2에 나타내었다. 압축강도 측정결과와 기준콘크리트 대비 강도 발현율을 살펴보면, 초기 3, 7일의 압축강도는 바텀애시 사용량 증가에 따라 다소 감소하는 결과를 보였다. 이러한 이유는 거친 입형에 의한 다공성과 밀도가 낮은 바텀애시의 사용에 의한 것으로 판단된다(Topçu et al, 2010). 또한, 바텀애시를 특별한 가공 없이 사용하였기 때문에 바텀애시의 응집력이 약했기 때문으로 판단된다(Yukselet et al, 2007; Singh et al, 2015). 반면, 91일 강도의 경우 재령이 증가하면서 바텀애시 치환량이 증가함에 따라 강도가 회복되는 경향을 보였다. 이러한 결과를 보인 이유는 28일 이후 바텀애시의 포졸란반응으로 인해 강도가 회복되었기 때문으로 사료되며 장기적 관찰을 통하여 바텀애시의 포졸란 반응에 대한 추가 연구가 필요할 것으로 사료된다(Singh et al, 2015).

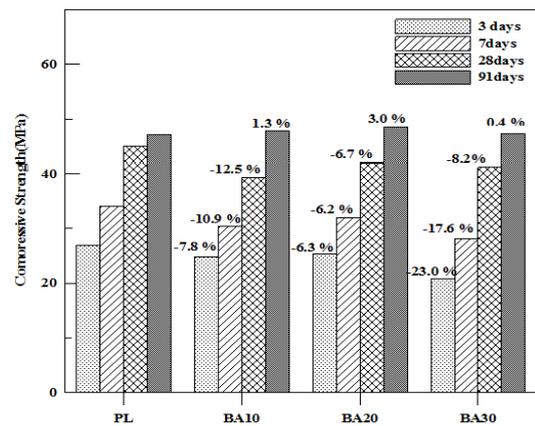


Fig. 2. Compressive strength

3.2 건조수축

Fig. 3은 바텀애시의 혼입에 따른 콘크리트 건조수축의 영향을 검토하기 위한 길이변화 실험결과를 나타낸 것으로, 모든 배합의 콘크리트에서 경과시간 9개월 건조수축율이 $-0.026 \sim -0.028$ 범위에서 유사한 값을 나타내고 있는 것을 확인할 수 있었다. 일반적

으로 콘크리트의 단위수량 증가는 건조수축량을 증가시키는 중요한 요인으로 작용하는데, 본 연구결과와 같이 단위수량이 증가하였음에도 불구하고 건조수축량이 증가하지 않았던 이유는 콘크리트 믹싱 시 바텀애시가 흡수하였던 수분이 시간이 경과함에 따라 서서히 배출됨으로써 콘크리트의 소성수축을 감소시키는데 도움이 되어 수축량을 감소 시켰던 것으로 판단된다(Ghafoori and Bucholc 1996). 또한, 바텀애시 30% 정도의 치환은 수축에 큰 영향을 끼치지 않는 것으로 판단되며, 경과 시간 4주 이후부터 점차 수축량이 저감되는 것을 확인할 수 있었다(Topçu et al. 2010).

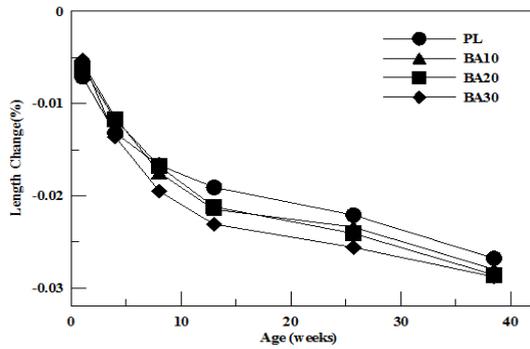


Fig. 3. Length change ratio of bottom ash concrete

3.3 중금속 함량

바텀애시의 혼입에 따른 콘크리트의 중금속에 대한 영향을 검토하기 위하여 중금속 함량 실험을 실시하였고 Table 4에 결과를 나타내었다. 실험결과 구리를 제외한 중금속 용출은 없었고, 구리가 소량 용출되는 것으로 나타났으나 용출 기준인 3mg/l 이하였으며, 바텀애시 사용량 증가에 따라 오히려 감소하는 결과를 보였다. 이러한 이유는 콘크리트가 경화하면서 중금속 용출이 어려워지고 구리의 경우 바텀애시 함량에 따라 용출량이 줄어드는 것을 확인할 수 있어 잔골재에서 소량 용출된 성분으로 추측된다. 따라서 바텀애시를 콘크리트 재료로 활용하는 것에 대한 중금속 영향은 없는 것으로 판단된다.

Table 4. Content of elution heavy metal

| Factor | Content(mg/l) | | | | | |
|--------|---------------|-------|------------------|-----|-----|-------|
| | Cd | Cu | Cr ⁶⁺ | Pb | Hg | As |
| B/A-0 | N/D | 0.029 | N/D | N/D | N/D | N/D |
| B/A-10 | N/D | 0.020 | N/D | N/D | N/D | 0.010 |
| B/A-20 | N/D | 0.014 | N/D | N/D | N/D | N/D |
| B/A-30 | N/D | 0.010 | N/D | N/D | N/D | N/D |

N/D : Non-detection

3.4 동결융해저항성

바텀애시의 혼입에 따른 콘크리트의 축진동결융해 시험 후 상대동탄성계수비 측정결과를 Fig. 4에 나타내었다. 나타난 바와 같이 기준콘크리트와 모든 바텀애시 콘크리트는 80% 이상의 상대동탄성계수비를 나타내고 있어 바텀애시 사용에 따른 동결융해저항성에 대한 영향은 미미한 것으로 판단된다. 따라서 적절한 배합설계를 통하여 공기량을 확보한다면 우수한 동결융해저항성을 갖는 바텀애시 콘크리트의 제조가 가능할 것으로 판단된다.

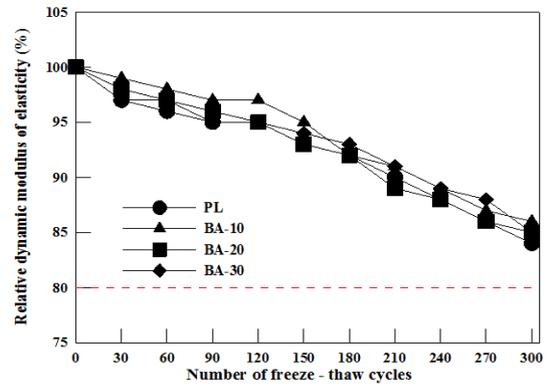


Fig. 4. Relative dynamic modulus of elasticity

3.5 탄산화저항성

바텀애시의 혼입에 따른 콘크리트의 탄산화 침투깊이 측정결과를 Fig. 5에 나타내었다. Fig. 5에 나타난 바와 같이 바텀애시 치환율이 증가함에 따라 탄산화 침투 깊이가 다소 증가하였고, 축진 180일에서 BA10의 경우 기준 콘크리트대비 12.1%, BA20의 경우 22.7%, BA30의 경우 26.8% 침투깊이가 증가하였다. 포졸란 반응은 수화생성물인 수산화칼슘과 반응하고 불용성 CSH 겔을 형성하여 장기강도 개선 및 밀실도를 증가시켜 탄산화가 발생하기 어려운 환경을 조성하는 측면도 있다(Nasser et al. 1990). 하지만 이러한 수산화칼슘의 소모는 콘크리트의 알칼리도를 낮추기 때문에 콘크리트의 탄산화에 다소 취약하게 된다(Cho et al. 2001). 본 연구에서는 이러한 두 가지 측면에서 그 영향을 세심히 고려할 필요가 있으며, 바텀애시 혼입량 증가에 따라 탄산화저항성이 다소 낮아진 것은 이러한 두 가지 원인이 복합적으로 작용하였기 때문으로 판단된다.

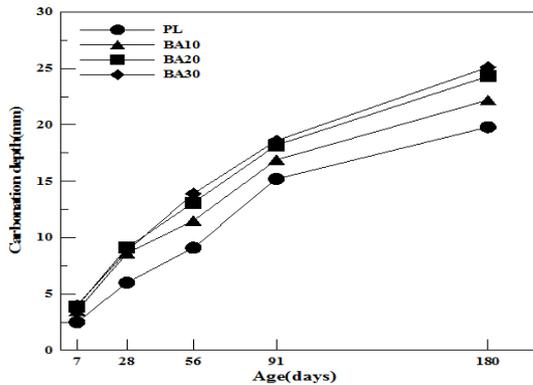


Fig. 5. Carbonation depth of bottom ash concrete

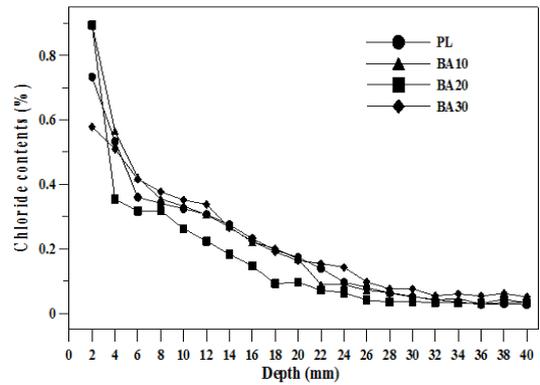


Fig. 7. Chloride contents of bottom ash concrete (exposure period 1 years)

3.6 염해저항성

바텀애시의 혼입에 따른 콘크리트의 염소이온확산계수 측정결과를 Fig. 6에 나타내었다. 또한, Fig. 7에 장기침지 콘크리트 시편의 깊이별 염소이온함량 측정 결과를 나타내었다. Fig. 6에 나타난 바와 같이 바텀애시 혼입에 따른 염소이온 확산계수는 큰 차이를 보이지 않았다. 하지만 재령 28일에 비해 재령 91일에서 강도가 회복되고 수밀해짐에 따라 낮은 염소이온확산계수 값을 보이고 있는 것을 알 수 있다. 이러한 결과는 28일 이후 포졸란반응과 CSH 겔의 충전으로 인한 기공의 연속성 방해 때문으로 판단된다(Singh et al. 2015). 장기침지 시험결과를 나타낸 Fig. 7과 같이 침지 1년 경과 후 모든 시료는 표면으로부터 6mm 깊이까지 비교적 높은 농도로 염소이온이 침투하고 이후 염소이온 농도는 점차 낮아지고 있는 것을 확인할 수 있었다. 최종적으로 약 26mm까지 염소이온이 침투된 것으로 보이며, 염소이온확산계수 시험결과와 같이 장기시험에서 바텀애시 혼입에 따른 차이는 크지 않았다.

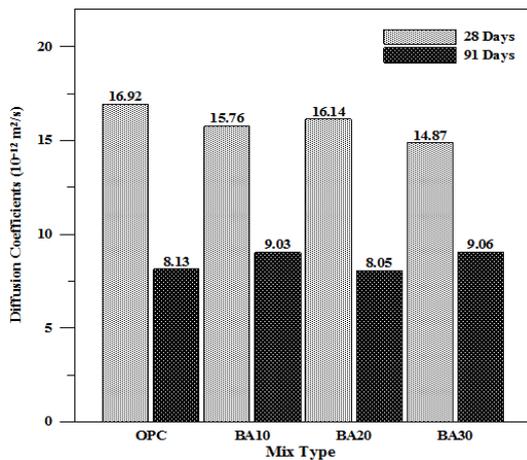


Fig. 6. Chloride diffusion coefficients (28, 91 days)

4. 결론

본 연구에서는 바텀애시를 콘크리트 재료 중 잔골재로 사용한 콘크리트의 압축강도 및 중금속함량을 측정하고 동결융해 저항성, 탄산화 저항성 및 염소이온침투 특성을 검토하였으며 이를 통해 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 본 연구에서 사용된 바텀애시는 미분량이 많은 특성으로 사용량 증가에 따라 유동성 확보를 위한 단위수량 증가가 필요하였고 바텀애시 사용을 위해서는 단위수량을 조절하거나 감수제를 사용하는 등 유동성 확보 대책이 필요한 것을 알 수 있었다.
2. 압축강도 측정결과 바텀애시 혼입량이 증가함에 따라 초기재령 3, 7일에서 강도가 다소 낮아지는 경향을 보였으나 재령 28일 이후 91일에서 강도가 회복된 것으로 나타났으며, 이러한 이유는 바텀애시의 포졸란반응에 의한 것으로 판단되어 이에 대한 장기적 관찰이 필요하다.
3. 동결융해저항성 검토 결과 바텀애시 사용량 증가에 따른 특징은 확인할 수 없어 콘크리트 배합 시 적절히 연행공기를 확보한다면 동결융해저항성을 확보할 수 있을 것으로 사료되며, 바텀애시 사용량 증가에 따른 중금속 용출 및 수축에 대한 영향은 미미한 것으로 판단된다.
4. 내구성 검토항목 중 탄산화의 경우 바텀애시 혼입량 증가에 따라 침투깊이가 다소 증가하였으나, 염해저항성 검토 결과 바텀애시 혼입에 따른 내구성 저하는 크지 않은 것으로 나타나 적절한 배합설계를 통해 바텀애시를 콘크리트용 잔골재로 사용할 수 있을 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 한국에너지기술평가원의 지원으로 수행된 “분급 석탄회를 활용한 해양구조물의 내구성 향상 기술개발(과제번호 : 20131020102300)”에 의해 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

References

- Cho, M.S., Song, Y.C., Ryu, G.S., Koh, K.T., Kim, S.W. (2001). “Study on the durability of cement mortar using fly ash,” Proceeding of Korean Society of Civil Engineers, Korea, 1–4 [in Korean].
- Choi, S.J., Jeong, Y., Oh, B.J., Kim, M.H. (2003). An experimental study on the engineering properties of concrete according to w/c and replacement ratio of bottom ash, Journal of Korea Concrete Institute, **15(6)**, 840–847 [in Korean].
- Ghafoori, N., Bucholc, J. (1996). Investigation of lignite-based bottom ash for structural concrete, Journal of Materials in Civil Engineering, **(8)3**, 128–137.
- Jo, B.W., Park, S.K., Kwon, B.Y. (2004). Alkali-activated coal ash(fly ash, bottom ash) artificial lightweight aggregate and its application of concrete, Journal of Korea Concrete Institute, **16(6)**, 751–757 [in Korean].
- Kim, J.M., Kwak, E.G., Cho, S.H., Kang, C. (2009a). Decision of optimized mix design for lightweight foamed concrete using bottom ash by statistical procedure, Journal of Korea Concrete Institute, **21(1)**, 3–11 [in Korean].
- Kim, S.C., Ahn, S.K. (2009b). Mix design and characteristics of compressive strengths for foam concrete associated with the application of bottom ash, Journal of Korea Concrete Institute, **21(3)**, 283–290 [in Korean].
- Kwon, K.J. (2010). Utilization of fly & bottom ash as concrete materials, Architectural Institute of Korea, **54(2)**, 46–49 [in Korean].
- Lee, J.H., Kim, J.H., Kim, Y.R., Kang, S.P., Choi, S.J., Kim, M.H. (2002). An experimental study on the properties of concrete using bottom ash according to water–cement ratio, Journal of The Korea Institute of Building Construction, **2(1)**, 57–60 [in Korean].
- Meng, J.H., Kim, T.Y., Cho, H.N., Kim, E.Y. (2015). Minimizing Environmental Impact of Ash Treatment in Thermal Power Plants(II), Korea Environment Institute [in Korean].
- Ministry of Environment. (2014). Standard Method of Waste Processing.
- Ministry of Trade, Industry and Energy. (2015). Seventh Electricity Supply Plan.
- Nasser, K.W., Lai, P.S.H. (1990). Effect of Fly Ash on the Microstructure and Durability of Concrete, In Serviceability and Durability of Construction Materials, 688–697, ASCE.
- Singh, M., Siddique, R. (2015). Effect of low-calcium coal bottom ash as fine aggregate on microstructure and properties of concrete, ACI Materials Journal, **112(5)**.
- Song, M.S., Kim, Y.D., Na, C.S., Choi, K.R., Kim, J.H., Kim, M.H. (2003). “An experimental study on properties of mortar using bottom ash,” In Proceeding Autumn Conference of the Korea Institute of Building Construction, **3(1)**, 61–65.
- Topçu, I.B., Bilir, T. (2010). Effect of bottom ash as fine aggregate on shrinkage cracking of mortars, ACI Materials Journal, **107(1)**.
- Yuksel, I., Genç, A. (2007). Properties of concrete containing nonground ash and slag as fine aggregate, ACI Materials Journal, **104(4)**, 397.

바텀애시를 잔골재로 사용한 콘크리트의 내구성능에 관한 연구

본 연구는 화력발전소에서 배출되는 석탄회 중 바텀애시의 재활용에 대한 실험적 연구이다. 석탄회는 일반적으로 플라이애시, 바텀애시, 신더애시 등으로 구분된다. 이 중 플라이애시의 경우 콘크리트 재료 중 시멘트 대체재로 많은 양이 재활용되고 있다. 반면, 바텀애시의 경우 다공성 및 높은 흡수율 등의 특징에 의해 석탄회 중 재활용률이 가장 낮은 실정이다. 이에 본 연구에서는 바텀애시를 콘크리트의 잔골재로 0~30%까지 단계별로 치환하여 제조한 콘크리트에 대한 내구성능을 평가하였다. 바텀애시 잔골재를 사용한 콘크리트의 내구성능 평가 결과, 동결융해의 경우 바텀애시 혼입 유무와 관계없이 적절한 연행공기를 통해 저항성을 확보할 수 있었고 염소이온침투 저항성, 건조수축 및 중금속에 대한 영향을 검토한 결과 바텀애시 혼입량 증가에 따른 영향은 크지 않은 것으로 나타났다. 반면, 탄산화 촉진 실험결과 바텀애시 사용이 증가함에 따라 탄산화 침투가 다소 컸으나 적절한 배합설계를 통해서 바텀애시를 콘크리트 잔골재로 활용하는 것이 가능할 것으로 판단된다.