

잔골재로서의 바텀애시를 사용한 플라이애시 시멘트 압출경화체의 공학적 특성

Engineering Performance of Extruded Fly Ash Cement Panel with Bottom Ash

이명진¹ · 김진만^{1*} · 한동엽¹ · 최덕진² · 이근우³

Myeong-Jin Lee¹ · Jin-Man Kim^{1*} · Dong-Yeop Han¹ · Duck-Jin Choi² · Keun-Woo Lee³

(Received September 19, 2015 / Revised September 24, 2015 / Accepted September 25, 2015)

The aim of this research is providing the fundamental data for treating and recycling the byproducts by using the wet processed bottom ash as a fine aggregate replacement for cement-based extruded panel. Although the cement-based extruded panel was used mainly as a cladding component with its high strength and outstanding durability, it was hardly spread because of low economic feasibility due to the high cost of additives or fibers which were used to achieve 14 MPa of flexural strength as a cladding material. As a solution of this drawback, by the previous research, it was possible to replace cement by fly ash up to 80 % by decreasing quality criteria with restricting the application to indoor purpose. In this research, based on the previous research, by using the bottom ash as a replacement of fly ash, improvement of shape retention performance is tried. As a result of the experiment on evaluating the optimum content and PSD of bottom ash, as the fineness modulus and content of bottom ash was increased, the extruding performance was decreased and penetration resistance was increased. Additionally, the optimum content and the maximum particle size was found as 20 %, and 0.3 mm, respectively.

키워드 : 바텀애시, 잔골재, 골재 대체율, 골재크기

Keywords : Bottom ash, Fine aggregate, Aggregate replacement, Aggregate size

1. 서론

주거용 건축구조물은 가변형 주거에 대한 수요의 증가에 기인하여 기존의 벽식 및 라멘구조에서 무량복합라멘구조로 변화되고 있어 건식벽체 시장은 규모가 확대(KOSIS 2009)될 것으로 예상된다. 이에 선행연구(Lee et al. 2014)에서는 건식벽체로 사용되는 시멘트 압출성형 패널에 비정제 플라이애시를 시멘트계 재료로 대체하여, 최대 80%까지 대체가 가능하였다.

하지만, 압출성형체는 압출 직후 자중에 의해 약간의 침하가 발생을 하게 되는데, 이는 반응성이 느린 플라이애시(Lim et al. 2014)를 대량 사용한 경우에 늦은 경화로 인해 3~4시간의 전치양

생 기간 동안 플라이애시를 사용하지 않은 시험체에 비해 침하가 더 많이 발생을 하였다(Lee et al. 2015).

이를 통해 플라이애시의 포졸란 반응에 연계된 늦은 초기 강도 발현(Lim et al. 2014) 성상이 압출성형체의 침하로 이어진 것으로 판단되었다. 그러므로 이를 보완하기 위해서는 콘크리트에서 골재의 역할(Kim et al. 1991)처럼 매트릭스의 형체를 유지할 수 있는 재료를 사용하는 것이 타당할 것으로 판단된다. 실제로 이러한 잔골재의 활용(Kim et al. 2005)은 경량벽체 생산 업체에 따라 적용하는 업체도 있다고 보고되고 있다.

이에 본 연구에서는 석탄회 중 플라이애시 다음으로 발생량 (Korea East-West Power 2012)이 많았지만 대부분 폐기되었던

* Corresponding author E-mail: jmkim@kongju.ac.kr

¹공주대학교 건축공학과 (Department of Architectural Engineering, Kongju University, Chungnam, 123-456, Korea)

²벽산 R&D팀 (Research and Development team, Byucksan CO., LTD, Korea)

³(주)익성텍 대표이사 (CEO, Iksungtech CO., LTD, Korea)

바텀애시를 시멘트 압출성형(Jeong et al. 2007)에 잔골재 대체재 (보형성 유지)의 용도로 적용을 함으로써 자중에 의한 침하를 감소 시켜 경량벽체 생산성을 개선시키고자 한다. 또한 바텀애시를 활용함으로써 산업부산물의 효과적인 처리 및 부가가치를 높이고 새로운 용도를 창출할 수 있을 것으로 예상된다.

2. 실험계획 및 방법

2.1 실험계획

본 연구에서는 습식 바텀애시(이하 바텀애시)를 압출성형 제품의 잔골재로 활용하는데 있어서 양질의 작업 성능을 얻기 위한 최적의 대체물 및 최대 입자 크기를 평가하는 실험으로서 구성되었다. 실험계획은 Table 1에 나타내는 바와 같다. 본 연구에서 사용되는 바인더는 기존의 연구(Lee et al. 2014)를 통해 확인한 바와 같이 보통 포틀랜드 시멘트를 바인더의 20%로 고정하였으며, 비정제 플라이애시를 80% 치환하는 것을 기본적인 바인더 구성으로 계획하였다. 기존의 배합은 골재상 입자가 없기 때문에 압출 후의 형상을 유지하는 특성인 보형성이 낮다. 그래서 본 연구에서는 바텀애시를 보형성 유지를 위한 목적으로 사용하였다. 다만, 기존의 배합에서는 골재를 사용하지 않았기 때문에 시멘트에 치환된 플라이애시 80%에 대해 플라이애시의 치환율을 80%에서 60%까지 단계적으로 10%씩 저감하면서, 저감된 양은 바텀애시로 보충하는 방법을 사용하였다. 그러므로 바텀애시의 치환율은 결합재 총량에 대하여 0, 10, 20%이다. 또한 각각의 바텀애시에 대해 3 가지 종류의 입자 크기(입자 최대 크기 0.3, 0.6, 1.2mm)를 적용하여 압출경화체의 압출성, 관입저항성 및 양생방법에 따른 강도 특성에 미치는 영향을 관찰하였다. 다만, 배합 시의 물의 양은 압출을 위한 반죽 질기인 5~6kgf(Base 시험체 기준)을 만족하도록 조절하였다.

Table 1. Experimental plan

Mixture conditions		Curing methods	Tests conducted
FA replacement ratio of powder (%)	80,70,60	Air dry Steam Autoclave	Fresh state Extruding performance Penetrate resistance Hardened state (3,7,28 days) Compressive strength Flexural strength Length & Weight change
BA replacement ratio as aggregate (%)	0,10,20		
Size of BA (mm)	0.3, 0.6, 1.2		

측정 시험은 모든 압출실험에서 압출되는 시간과 압출직후의 시험체가 자중에 대한 침하에 어느 정도 보형성을 유지할 수 있을지에 대한 관입저항성을 측정하였다. 경화된 압출경화체의 성질에 대해서는 3가지 양생조건에 따른 경화상태에서의 압축강도 및 휨강도를 재령 3, 7, 28일에 측정하였다.

2.2 사용재료

사용된 시멘트는 보통포틀랜드 시멘트를 사용하였으며, 플라이애시와 바텀애시는 국내 "D"사에서 배출되는 것을 사용하였다. 배합수로는 수도물을 사용하였다. 그 밖의 재료로는 국내 "I"사에서 사용하는 pp섬유, 펄프, 증점제, 규회석을 사용하였다. 이들 재료는 기존의 경량벽식 압출경화체 생산 업체에서 실제로 사용하는 재료들이었다.

본 실험에 이용된 바텀애시는 다공질의 특성을 가지고 있으며 밀도는 2.73g/cm³이다. 습식공정을 거쳐 얻어진 바텀애시에 대하여 실험실 조건에서 건조기를 이용하여 105℃ 온도에서 건조를 한 후 분급장치를 사용하여 분류한 최대 입자 크기별 바텀애시를 Photo 1에 나타내었다.

또한 각 최대 입자 크기별 차지하는 비율은 5mm 이상의 입자

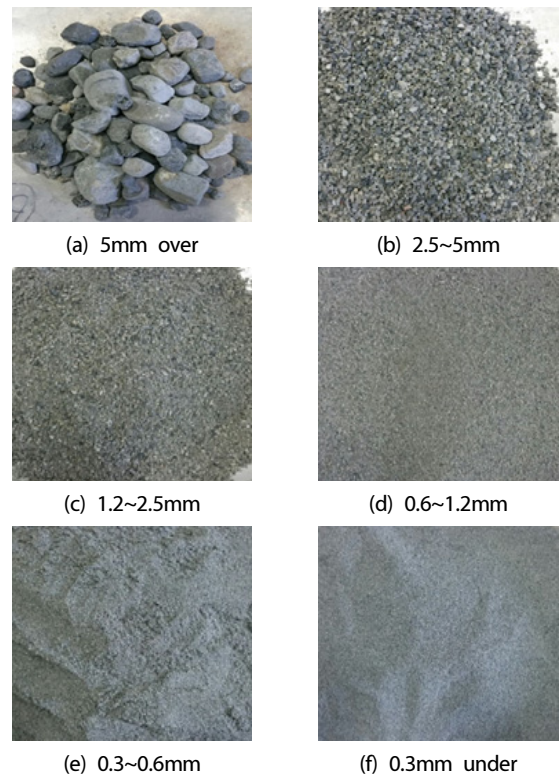


Photo 1. Shape of bottom ash by size

Table 2. Physical properties of materials

Category	Density in OD (g/cm ³)	Fineness (cm ² /g)
OPC	3.15	3,400
Fly ash	2.1	3,722
Bottom ash	2.73	-

OD: oven dry

Table 3. Chemical properties of materials

Category	CaO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	Others
OPC	66.5	18.3	3.5	2.0	-	9.7
Fly ash	4.75	57.9	22.4	7.16	1.36	6.43
Bottom ash	5.44	44.1	15.4	27.1	2.45	4.91

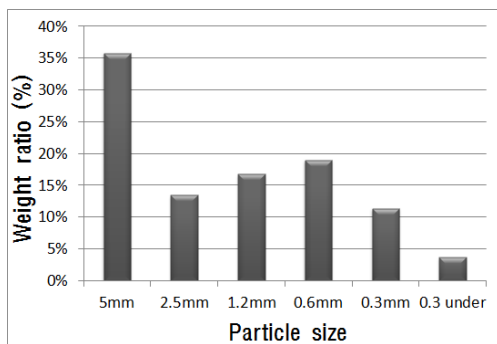


Fig. 1. Particle size distribution of bottom ash

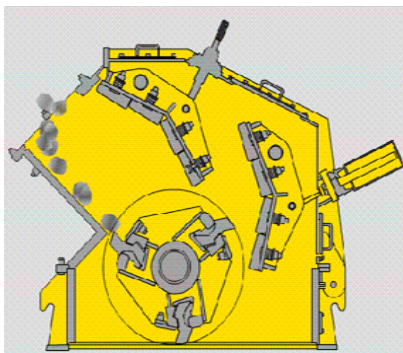


Fig. 2. Impact crusher

크기가 가장 많은 35%를 차지하였으며, 14%(2.5~5mm), 17%(1.2~2.5mm), 19%(0.6~1.2%), 11%(0.3~0.6mm), 4%(0.3mm under)로 나타났으며, 이러한 바텀애시의 최대 입자 크기분포를 Fig. 1에 나타내었다. 주 사용재료인 보통포틀랜드 시멘트, 플라이애시, 바텀애시의 물리·화학적 특성을 Table 2 및 3에 나타내었다.

실험에 사용된 바텀애시의 최대 크기는 40 x 40 mm 사이즈의 압출구를 갖는 압출성형기에 마모를 가하지 않을 정도의 크기인 1.2mm를 최대 입자 크기로 하였으며, Fig. 2에서 보는 바와 같은

Table 4. Mixing design

	w/b (%)	Weight (kg/m ³)			
		w	OPC	FA	BA
OPC20 FA80	0.28	357.7	348.4	929.2	0.0
OPC20 FA70 BA10	0.28	337.2	361.3	843.1	156.5
OPC20 FA60 BA20	0.28	315.2	375.3	750.5	325.1

임팩트 크러셔를 이용하여 큰 사이즈의 바텀애시는 파쇄하여 사용하였다.

일반적으로 압출성형을 위한 반죽은 보통 포틀랜드 시멘트와 규사미분을 사용한다. 본 연구에서는 기존의 배합에서 규사미분은 전량 플라이애시로 대체할 뿐만 아니라 시멘트의 대부분을 플라이애시로 대체하도록 계획하였다. 실험에 사용한 배합은 Table 4에 나타난 바와 같이 시멘트의 80%를 플라이애시로 대체하고 단지 20%만 시멘트를 사용하도록 하고 이를 기준배합으로 하였다. 바텀애시는 보형성 유지를 위해서 사용하였으며, 플라이애시의 일부를 바텀애시로 치환하는 방법을 사용하였다. 바텀애시의 치환율은 결합재(시멘트+플라이애시) 총중량에 대하여 0, 10, 20%로 하였다.

2.3 시험방법

시험체의 제작은 배합원료를 비빔하여 반죽을 제조 후 Photo 2의 압출성형기에 투입하여 밀실하게 압출하였다. 이후 압출성을 알아보기 위해 동일한 길이(80cm)의 시험체가 압출되는 시간을 측정하였으며, 관입저항성 시험은 압출직후 시험체의 상부와 측면을 각각 3회씩 Photo 3의 Push-pull gauge를 이용하여 측정하였다.



Photo 2. Extruder



Photo 3. Push-pull gauge

이후 압출경화체는 JIS몰드 크기(40 x 40 x 160mm)로 컷팅하고 세 가지 양생조건을 달리하여 시험을 측정하였다. 먼저 기건 양생의 경우는 압출 후 항온 항습실(온도: ± 20℃, 습도: RH 60%)에서 28일간 양생을 실시하였다. 증기 양생의 경우는 압출 직후 3시간의 기건 양생 이후 스팀 챔버에서 4시간 동안 80℃까지 상승시킨 후 5시간을 유지 하였으며, 급속냉각으로 인한 크랙을 방지하기 위해 3시간동안 서서히 냉각 시킨 후 항온 항습실에서 28일간 양생을 실시하였다. 오토클레이브 양생의 경우 앞서 기술한 증기 양생 이후 오토클레이브 장비를 셋팅하기 위한 준비 시간(1시간)과 장비에서 4시간동안 180℃, 10기압까지 상승시킨 후 5시간 동안 유지하고 급속냉각으로 인한 크랙을 방지하기 위해 서서히 냉각 시켰으며(3시간), 그 그래프를 Fig. 3에 나타내었다.

경화체의 압출은 모든 배합에 있어서 동일한 압출조건으로 진행되었다. 압출된 시험체에 대하여 28일 재령까지의 질량변화 및 길이변화를 측정하였으며, 경화 특성으로는 압축강도와 휨강도 측정하였다. 압출경화체의 경화 특성으로는 압축강도와 휨강도를 측정하였는데, 3, 7, 28일간 재령에서 각각 측정하였다. 각 시험은 KS규격(KS L ISO 679)에 의거하여 실시되었다.

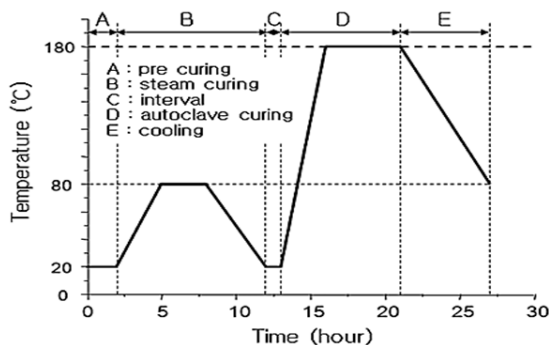


Fig. 3. Temperature gradient of autoclave curing

3. 실험결과 및 분석

3.1 바텀애시 사용량 및 최대 입자 크기에 따른 압출성

Fig. 4는 바텀애시의 대체율 및 최대 입자 크기에 따라 반죽되어 압출성형기를 통해 최초로 압출되는 시험체의 길이가 80cm가 될 때까지의 압출시간 측정결과를 나타낸다. 다만, 압출을 위한 반죽 질기인 5~6kgf를 만족하기 위해 물의 양을 다르게 사용하였는데, Base인 OPC와 Si-powder만을 포함한 경우에는 원래의 배합설계의 단위수량 357kg/m³에 대해 물의 추가는 없었으며, 플라이애시 80%를 대체한 경우 100g, 바텀애시를 10, 20% 대체한 경우 150g, 200g의 물이 추가되었다. 즉, 바텀애시를 잔골재로 사용할 경우 최대 입자 크기에 관계 없이 대체율이 증가함에 따라 반죽질기의 저하가 발생한 것으로 나타났다. 또한 바텀애시의 대체율 10%의 시험체에서는 최대 입자 크기가 증가함에 따라 압출속도는 저하되었을 뿐만 아니라 최대 입자 크기에 관계없이 대체율이 증가할수록 압출속도가 저하되었다. 이는 바텀애시를 잔골재로 대체함으로써 반죽자체의 질량 증가와 물반인더비 감소로 인한 유동성 저하에 의해 압출시에 요구되는 압력이 증가하기 때문으로 판단된다. 하지만 바텀애시 대체율 20%의 최대 입자 크기 0.6mm에서는 오히려 압출속도가 빠른 것을 볼 수 있는데, 이는 압출 시 재료를 투입한 후 인력으로 재료가 압출성형기의 스크류에 들어 갈 수 있도록 압력을 가할 때, 누르는 압력이 일정하지 않았기 때문인 것으로 판단된다.

3.2 바텀애시 사용량 및 최대 입자 크기에 따른 관입저항성

Fig. 5는 바텀애시의 대체율 및 최대 입자 크기에 따라 반죽되어

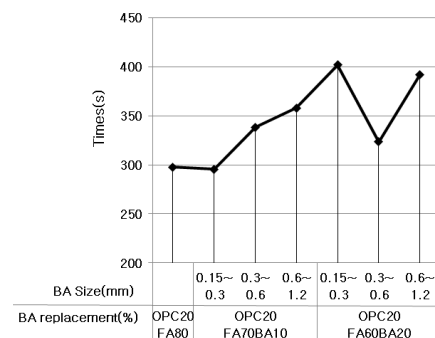


Fig. 4. Extrusion rate according to bottom ash replacement and size

압출성형기를 통해 최초로 압출되는 시험체의 상부와 측면을 각각 3회씩 Photo 3의 Push-pull gauge로 관입저항성을 측정된 결과를 나타낸다. 바텀애시를 잔골재로 10% 대체한 시험체에서는 바텀애시의 최대 입자 크기가 증가함에 따라 관입저항성이 증가하는 경향을 나타내었으며, 20% 대체한 시험체에서는 바텀애시의 최대 입자 크기에 관계없이 Push-pull gauge의 최대치인 10.9kgf를 나타내었다. 이는 바텀애시를 잔골재로 대체한 경우 자중에 의한 침하에 어느 정도 저항을 하는 것에 기인한 현상으로 판단되며, 보형성 유지성능은 바텀애시의 대체율 20% 이상인 경우 최대 입자 크기와 상관없이 양호한 성능을 유지하고, 대체율이 10%인 경우 바텀애시 최대 입자 크기가 높아질수록 보형성 유지성능이 향상된 것으로 판단된다.

3.3 바텀애시 사용량 및 최대 입자 크기에 따른 물리적 특성

3.3.1 길이변화

Fig. 6은 바텀애시의 대체율 과 최대 입자 크기 및 양생방법에 따른 압출성형 시험체의 길이 변화 측정결과를 나타낸다. 기건양생 조건의 시험체에서는 바텀애시 대체율이 증가할수록 길이 변화량이 커지는 경향을 나타낸다. 증기양생 조건에서는 바텀애시의 최대 입자 크기 0.3mm, 대체율 20%의 시험체에서는 팽창을 한 후에 수축을 보였으며, 이를 제외한 모든 시험체에서는 기건 양생과 유사한 길이 변화 경향이 나타났다.

오토클레이브 양생 조건의 시험체에서는 바텀애시 대체율 10%의 최대 입자 크기 0.3mm의 시험체에서 길이변화가 거의 없었으나, 바텀애시 대체율 20%, 최대 입자 크기 1.2mm의 시험체에서는 길이 변화가 상당히 큰 것으로 나타났다. 이는 잔골재로 사용되는 바텀애시의 최대 입자 크기 증가와 대체율의 증가에 따른 바인더와의 부착력 감소로 판단되며, 차후 바텀애시의 사용량을 좀 더 늘리면서 그에 따른 영향을 확인하는 실험이 필요할 것으로 판단된다. 또한 증기양생과 오토클레이브 양생 조건에서의 바텀애시 대체율 증가에 따른 팽창성에 대한 세밀한 연구가 필요할 것으로 판단된다.

3.3.2 질량변화

Fig. 7은 바텀애시의 대체율과 최대 입자 크기 및 양생방법에 따른 압출성형 시험체의 질량 변화 측정결과를 나타낸다. 기건 양생 조건에서는 바텀애시를 사용한 모든 시험체에서는 플라이애시 대체율 80% 시험체와 비교하였을 때 초기 질량 감소는 크게 나타

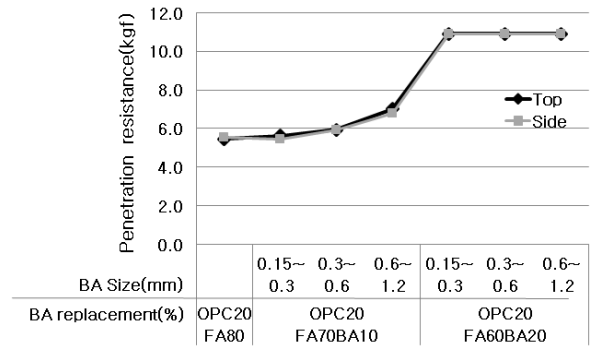
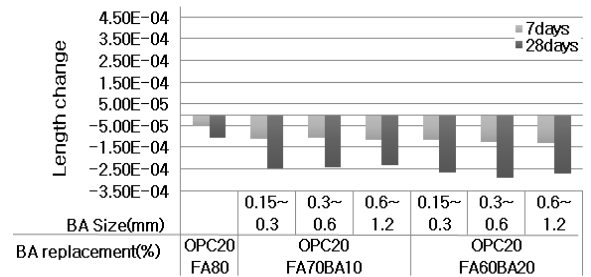
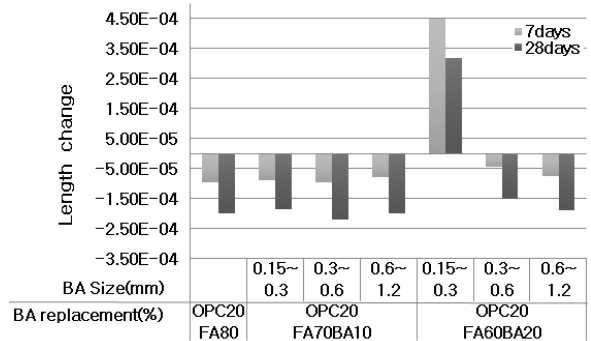


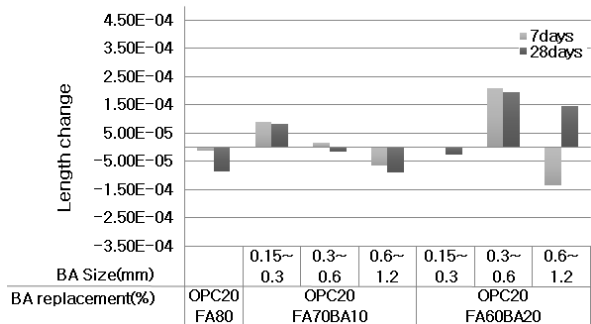
Fig. 5. Penetration resistance according to bottom ash replacement and size



(a) Air curing



(b) Stream curing



(c) Autoclave curing

Fig. 6. Length change according to bottom ash and size at three curing methods

났지만 양생 기간 증가에 따른 질량변화는 크지 않았다. 증기양생 조건에서는 바텀애시를 10% 대체한 모든 시험체에서 초기 질량 감소와 양생 기간 증가에 따른 질량 변화는 플라이애시 대체율 80% 시험체와 유사하였지만, 바텀애시를 20% 대체한 모든 시험체에서 초기 질량 감소는 적게 나타났다. 오토클레이브 양생 조건 의 시험체에서는 바텀애시를 잔골재로 대체한 모든 시험체에서 플 라이애시만을 80% 대체한 시험체에 비해 초기 질량 감소가 상당히 적었다. 이는 시험체의 물바인더비 감소로 인해 내부 공극수의 변화량의 차이가 작아지기 때문으로 판단된다. 다만, 현재 연구 단계에서는 이러한 질량변화 원인에 대한 연구가 진행되지 않아

증기 및 오토클레이브 양생조건에서 바텀애시 대체율에 따른 질량 변화가 큰 원인에 대해 규명하는 연구가 필요할 것으로 판단된다.

3.3.3 압축강도

Fig. 8은 바텀애시의 대체율과 최대 입자 크기 및 양생방법에 따른 압축성형 시험체의 압축강도 측정결과를 나타낸다. 양생 조건에 관계없이 바텀애시의 대체율과 최대 입자 크기가 증가 함에 따라 압축강도는 증가하는 경향을 나타내었다. 양생 조건에 따른 압축강도 변화에 있어서는 증기 양생 조건의 모든 시험체에서는 오히려 기건 양생 조건의 시험체에 비해 압축강도가 낮게 나타났

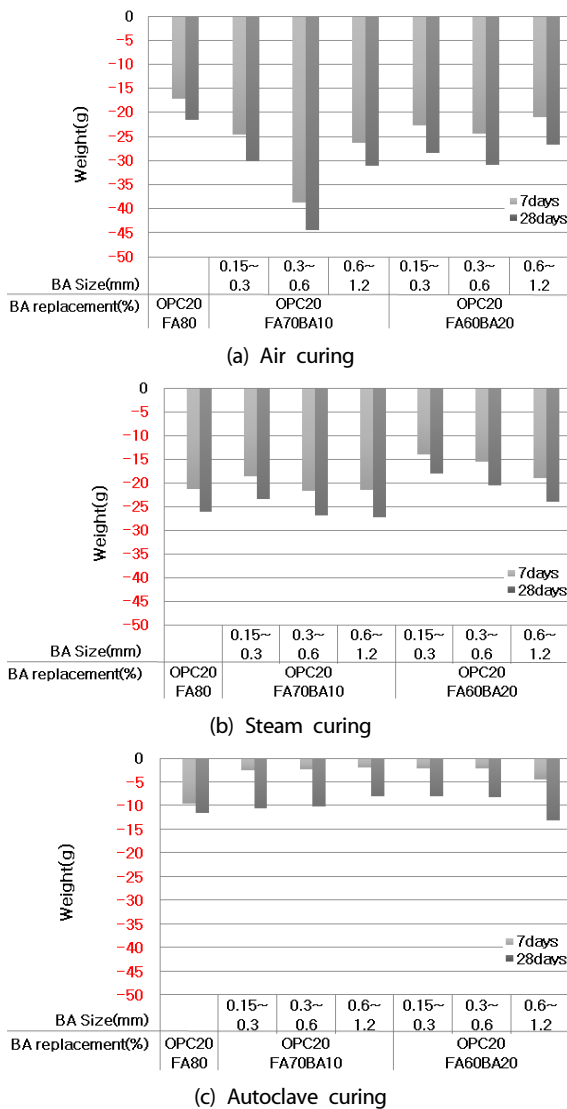


Fig. 7. Weight change according to bottom ash replacement and size at three curing methods

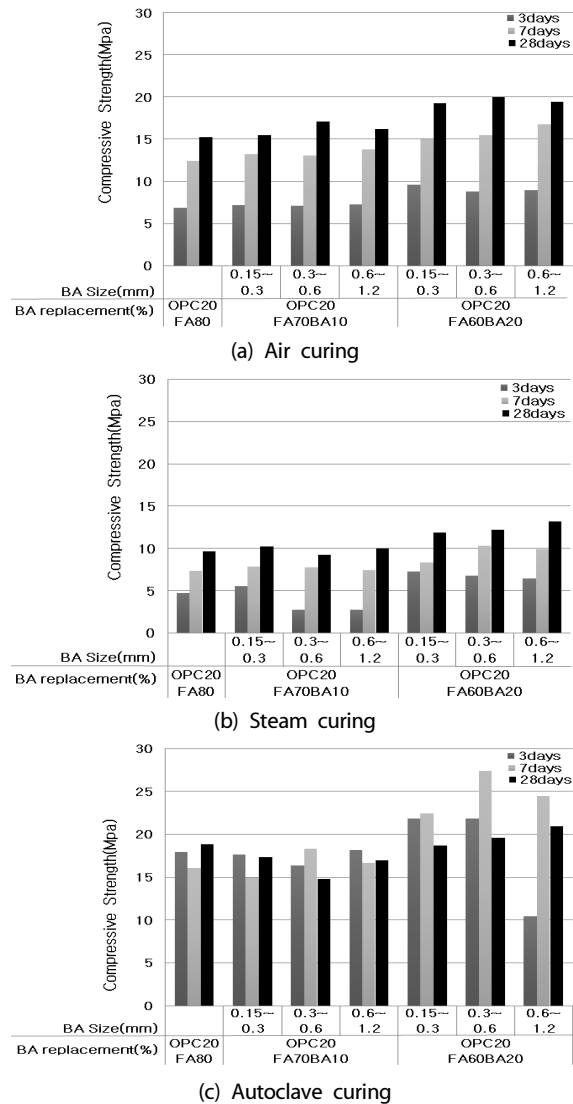


Fig. 8. Compressive strength according to bottom ash replacement and size at three curing methods



Photo 4. Micro cracks after steam curing (OPC20FA80)

다. 이는 높은 플라야에서 사용으로 인한 느린 반응성으로 기건 양생에서는 경화를 위한 충분한 시간과 적절한 온습도 조건(온도: $\pm 20^{\circ}\text{C}$, 습도: RH 60%)으로 강도를 적절하게 발현을 하였지만, 증기양생에서는 경화를 위한 충분한 시간 없이 스팀챔버에서 80°C 까지 상승하는 온도에 견디지 못해 생성되는 미세균열로 인한 강도 저하로 판단된다(Photo 4). 오토클레이브 양생 시 바텀애시 최대 입자 크기 0.6mm, 대체율 20%의 시험체에서는 7일 강도에서 28MPa정도의 우수한 압축강도를 나타내었지만, 이후 28일 압축강도는 저하되었다. 그러므로 증기 양생 간에 발생하는 문제점에 대하여 증기양생 전 전치양생 시간의 조절과 증기양생의 온도 조건을 조절함으로써 미세균열을 방지 할 수 있을 것으로 판단되며, 이에 대한 추가적인 연구가 필요할 것으로 사료된다.

3.3.4 힘강도

Fig. 9는 바텀애시의 대체율과 최대 입자 크기 및 양생방법에 따른 압축성형 시험체의 힘강도 측정결과를 나타낸다. 기건 양생과 증기양생 조건에서는 바텀애시 대체율과 최대 입자 크기가 증가함에 따라 힘강도가 증가하는 경향을 나타내었다. 그러나 오토클레이브 양생의 경우 대체율에 따라 힘강도는 증가하는 경향을 나타내었으나 최대 입자 크기 증가에 따라서는 힘강도가 저하하는 경향을 나타내었다. 또한 오토클레이브 조건에서 모든 시험체가 목표 힘강도인 6MPa를 만족하고 있으며, 특히 바텀애시 최대 입자 크기 0.3mm, 대체율 10% 시험체와 바텀애시 최대 입자 크기 0.6mm, 대체율 20%의 시험체에서는 힘강도가 10MPa 정도로 우수한 결과를 나타내었다. 하지만, 증기 양생 조건의 모든 시험체에서는 오히려 기건 양생 조건의 시험체에 비해 힘강도가 낮게 나타났다. 이러한 특징은 압축강도 측정 결과와 유사한 결과로서 증기 양생 시에 발생하는 미세균열이 원인인 것으로 판단된다.

3.4 최적의 성능을 위한 대체율 검토

바텀애시의 잔골재대체제로서의 사용 시 최적 입자 크기는 제

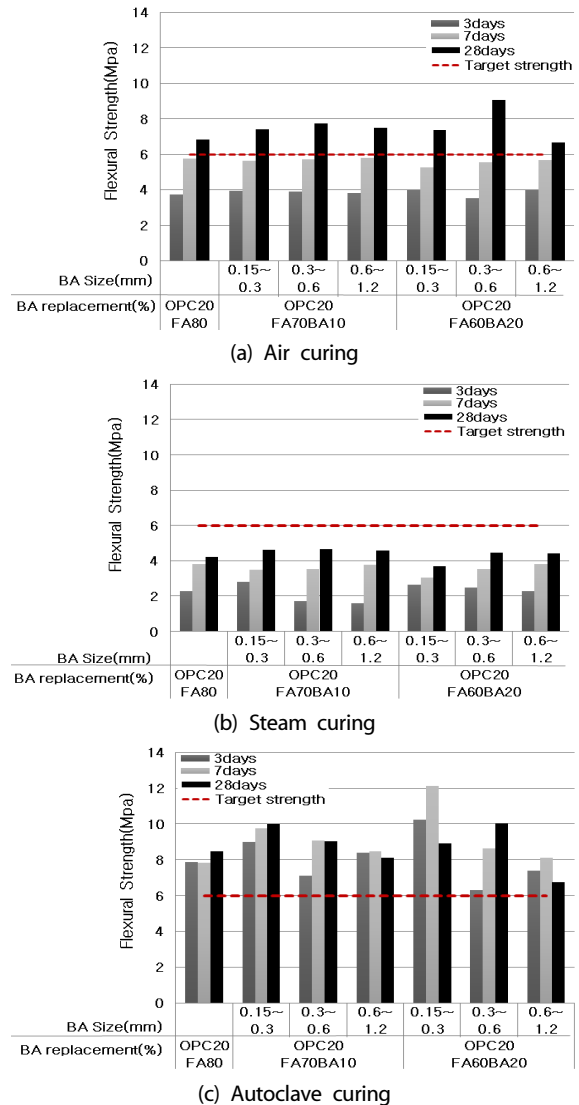


Fig. 9. Flexural strength according to bottom ash replacement and size at three curing methods

반 시험 결과를 통해 0.6mm(6호사규격), 대체율은 20%, 오토클레이브 양생이 최적의 배합 및 양생방법이라고 판단되었다. 여전히 양생조건에 따른 미세균열 발생에 따른 기계적 성능의 저하가 해결해야 할 문제로 남아있지만, 이는 배합의 문제라기보다는 양생 과정의 문제로서 양생과정의 보원을 통해 해결해야 할 것으로 판단된다. Table 5에는 본 연구 범위에서 밝혀진 최적의 바텀애시의 배합비 및 최대 입자 크기, 오토클레이브 양생 방법에 따라 얻어진 압축경화체의 제반 성능을 요약하여 나타내고 있다.

Table 5. Performance of extruded panel using optimum bottom ash replacement and size at autoclave

Mixture	Extrusion rate(s)	Penetration resistance (kgf)	Mechanical properties (MPa) in autoclave at 28days	
			Compressive strength	Flexural strength
OPC20 FA60 BA20	323	10.9	19.6	10.0

4. 결론

본 연구에서는 석탄재중 바텀애시를 시멘트 압출성형 패널에 잔골재 대체제(보형성 유지)의 용도로 적용을 함으로써 산업 부산물을 처리함과 동시에 새로운 용도를 창출하기 위한 기초자료를 제시하는 것을 목적으로 일련의 실험을 실시하였다. 최적의 바텀애시 대체율은 20%로 판단되었으며 그 때의 최대 입자 크기는 0.6mm로 판단되었다. 본 연구의 범위에서 실시된 바텀애시의 대체율 및 최대 입자 크기 변화에 따른 압출경화체의 특성에 대한 결론은 다음과 같이 정리할 수 있다.

1. 바텀애시의 대체율이 증가함에 따라 압출경화체의 압출성은 저하 되었지만 관입저항성은 증가하였다. 그러므로 기존의 자중에 의한 패널의 침하현상은 잔골재 대체재를 사용함으로써 보완이 가능하였다.
2. 바텀애시를 잔골재로 대체한 모든 시험체에서 플라이애시 80%만 사용한 시험체보다 질량변화가 크지 않았으며, 대체율 20%, 최대 입자 크기 0.3~0.6mm에서 적절한 강도특성을 발현하고 있어, 최적의 최대 입자 크기는 0.6mm인 것으로 판단된다.
3. 기건 양생조건에서 우수한 강도발현을 보임에 따라 증기 양생 혹은 오토클레이브 양생의 과정을 생략해도 무방한 결과를 보였다. 다만, 2차 제품이라는 특성상 빠르게 생산해서 빠르게 출하하기 위해 증기양생 및 오토클레이브 양생이 요구된다. 하지만, 증기양생 과정에서 압출경화체에 미세균열이 발생하는 것을 확인하였고, 이에 대한 추가적인 연구가 필요하다고 판단된다.

감사의 글

본 논문은 차세대 에코이노베이션 기술개발 사업(과제번호: 2013000150009)과 동서발전(과제번호: 2014-0497)의 연구비 지원에 의해 수행되었으며 이에 감사드립니다.

References

EWP. (2012). Coal Ash Recycling Present and Future, Korea East-West Power [in Korean].

Jeong, E.H. (2007). The Study on the Quality Improvement of Cement Extrusion Molding Panel, M,S Thesis, Kongju National University [in Korean].

Kim, H.M. (2005). Study on the Characteristics of Compressive Strength Development in Concrete Containing Bottom Ash as a Part of Fine Aggregate, Journal of the Architectural Association Society, 495-500 [in Korean].

Kim, S.B. (1991). The Role and the Basic Mechanism of Aggregate in Concrete, Journal of the Korea Concrete Institute, 3(2), 5-10 [in Korean].

KOSIS. (2009). Korean Statistical Information Service(<http://kosis.kr>) [in Korean].

KSA. (2006). Cement Strength Test Method, KS L ISO 679, Korean Standards Association [in Korean].

Lee, M.J., Choi, H.B., Lee, H.N., Li, K.M., Lee, D.H. (2015). Engineering Properties of the Extruded Solid with Fly Ash and Bottom Ash, Korean Recycled Construction Resource Institute Conference in 2015 Spring, 15(1), 65-67 [in Korean].

Lee, M.J., You, J.S., Choi, H.B., Sun, J.S., Choi, D.J., Kim, J.M. (2014). Strength and Thermal Properties of Cement Extruding Solid with High Volume Un-refining Fly Ash, Korea Concrete Institute Conference in 2014 Fall, 26(2), 655-656 [in Korean].

Lim, S.S. (2014). Mechanical Properties of Non-cement Matrix According to Replacement Ratio of Fly Ash in the Thermoelectric Power Plant with Combined Heat and Power Plant, M,S Thesis, Hanbat National University [in Korean].

잔골재로서의 바텀애시를 사용한 플라이애시 시멘트 압출경화체의 공학적 특성

본 연구의 목적은 석탄회 중 바텀애시를 이용하여 시멘트압출성형 패널에 잔골재대체재(보형성 유지)의 용도로 적용을 함으로써 산업 부산물을 처리함과 동시에 새로운 용도를 창출하기 위한 기초자료를 제시하는 것이다. 선행연구에서는 건식벽체로 사용되는 시멘트 압출성형 패널에 비정제 플라이애시를 시멘트계 재료로 대체하여, 최대 80%까지 대체가 가능하였다. 하지만, 압출성형체는 압출 직후 자중에 의해 약간의 침하가 발생을 하게 되는데, 이는 반응성이 느린 플라이애시를 대량 사용한 경우에 낮은 경화로 인한 것이다. 본 연구에서는 자중에 의한 침하에 저항하기 위한 용도로 바텀애시를 잔골재대체재로의 사용가능성과 최적사용량을 검토하였다. 그 결과 바텀애시의 대체율이 증가함에 따라 압출경화체의 압출성은 저하 되었지만 관입저항성은 증가하였다. 그러므로 기존의 자중에 의한 패널의 침하현상은 잔골재 대체재를 사용함으로써 보완이 가능하였다. 또한 바텀애시 대체율 20%, 최대 입자 크기 0.6mm, 오토클레이브 양생에서 적절한 강도특성을 발현하고 있다. 본 연구의 결과를 통해 차후 바텀애시의 활용방법이 확대되고, 바텀애시를 잔골재로 활용함으로써 부가가치 상승에 기여할 것으로 예상된다.