https://doi.org/10.14190/MRCR.2019.14.4.026

순환 유동층 보일러 애시를 활용한 원가절감형 ALC 블록의 현장 적용성 평가

Field Application Evaluation of Cost-saving ALC Block Using CFBC Ash

이태규 Tae-Gyu Lee
대림산업 기술개발원
건축연구지원팀
E-mail : ltg777@daelim.co.kr

홍성신 Seong-Shin Hong
대림산업 기술개발원
스마트/에코팀
E-mail : hongss@daelim.co.kr

송영찬 Young-Chan Song
대림산업 기술개발원
건축연구지원팀
E-mail : guidol@daelim.co.kr

김용로 Yong-Ro Kim
대림산업 기술개발원
건축연구지원팀
E-mail : kyr8447@daelim.co.kr

1. 서론

최근 건설현장의 증가로 인하여 전문 작업 인력의 수급에 많은 어려움을 호소하고 있다. 특히 습식공사의 경우 작업자의 고령화뿐만 아니라 숙련 기능공의 감소가 점차 심화되어 가고 있어 현장의 공기에 차질을 빚고 있을 뿐만 아니라 원가에 큰 부담이 되고 있는 실정이다. 특히 조적, 미장 등 습식공사는 그 영향이 매우 크다고 할 수 있다.

일반적으로 공동주택의 조적공사에는 시멘트 벽돌이 주로 사용되며, 비내력 벽체로서 건축물의 칸막이벽 또는 세대간 경계벽 등으로 활용되기도 한다. 시멘트 벽돌을 활용한 조적공사는 75 매/m^2 가 소요되며 작업자 1일 시공량은 약 30 m^2 으로서 작업자의 전문성에 의존하는 노동집약적인 생산 방식이며, 모르타르, 줄눈재, 미장 등 다수의 추가 공종이 있어 공기지연의 원인이 되기도 한다.[1)]이러한 현장의 부담을 개선하기 위하여 경량화 및 대형화 블록의 검토가 진행되었으며, 시멘트 조적대비 시공성이 우수한 ALC블록을 공동주택 내부 비내력 벽체 구간에 적용한다면 관리 공종의 단일화, 습식공사 물량의 최소화 및 작업투입 인원 최소화를 도모할 수 있다.

기존 사례에서는 공동주택 내부 비내력벽체 구간에 ALC블록의 확대 적용을 위하여 기본 물성과 품질시험을 통하여 ALC블록을 현장에 적용하고 있으나 조적 재료에 비하여 원가가 상승하는 것은 불가피한 실정이므로 이를 고려한 원가절감형 ALC 블록의 필요성이 요구되고 있다.

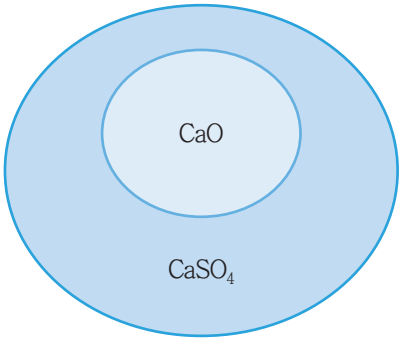
본 기술기사에서는 ALC 블록을 제조하기 위한 원료로서 원가가 저렴한 유동층 보일러 애시를 활용한 2차 제품에 대한 기초 물성 및 현장 적용성을 위한 평가를 수행하였고 이를 소개하고자 한다.

2. 유동층 보일러 애시의 특성

일반적으로 순환 유동층 보일러(CFBC, Circulating Fluidized Bed Combustion) 애시

는 열병합발전소에 배출되는 부산물로서 약 850~900℃ 사이의 연소 조건에서 연료의 연소에 의해 발생되는 황을 제거(탈황)하기 위해 석회석($CaCO_3$)을 혼입한다. 순환 유동층 보일러 애시는 석탄 화력발전소에서의 발생방식과 유사하며 순환되는 연료와 석회석 부유입자가 반응하여 하부로 떨어지는 바텀애시(Bottom ash, BA)와 사이클론을 통해 전기집진기 백필터에 포집되는 플라이애시(Fly ash, FA) 두가지 형태로 배출된다.[2-4)]

일반적으로 연료로 Petro Cokes를 100 % 사용하는 경우 <그림 1>과 같이 순환 유동층 보일러 내에서 발생한 애시의 주요성분이 CaO와 SO_3 인 것을 알 수 있다. 이는 ALC 생산시 사용되는 원부자재의 주요성분과도 일치하므로 ALC와 같은 2차 제품 제조시 품질개선 및 원가절감이 가능할 것으로 판단된다.



$CaCO_3(Limestone) \rightarrow CaO + CO_2$

$CaO + SO_2 + 1/2O_2 \rightarrow CaSO_4$

그림 1. 순환유동층보일러(CFBC) 애시 입자 성분

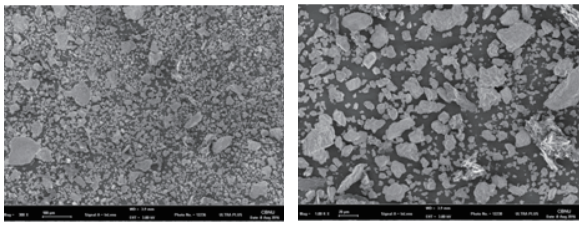


그림 2. 순환유동층보일러(CFBC) 애시 SEM 사진

3. 기초 물성 및 현장적용성 검토

3.1 기초물성 평가

ALC(autoclaved lightweight concrete)는 AAC (autoclaved aerated concrete)라고도 하며, 생석회, 석고, 시멘트, 물, 알루미늄 분말등을 혼합 발포하여 오토클레이브를 활용한 고온, 고압상태에서 증기양생한 다공성의 경량기포 콘크리트이다. ALC는 비중차이에 따라 0.5품(0.45~0.55)과 0.6(0.55~0.65)품 0.7품(0.65~0.75)으로 분류되며 형틀에 넣어 성형할 수 있기 때문에 그 활용도가 매우 뛰어나다.[5)]

<그림 3>과 은 ALC 블록의 제조 공정을 나타낸 것이다.[6)] 본 검토의 범위에서는 시멘트의 일부를 순환 유동층 보일러 애시로 치환함으로써 원가절감을 도모하였으며, 제조된 ALC 블공의 기초물성 품질시험 및 현장 적용성을 검토하였다. ALC 블록은「KS F 2701 경량 기포 콘크리트블록(ALC 블록)」에 의거하여 품질관리가 이루어지며, 그 세부 품질기준은 [표 1]과 같다.[7)]

기존 ALC 블록의 생산단계에서 원가절감을 고려하기 위하여 시멘트벽돌과 유사한 강도범위인 0.6품 ALC 배합을 대상으로 최적의 배합설계를 수행하였으며, 개선 방법으로는 전원료량의 조절, 순환 유동층 보일러 애시의 적용 하여 및 발수제 대비 동등품질이상 발현 및 원가 개선이 가능한 총 2종류(A, B)의 신규 발수제를 검토하여 목표 품질의 만족 여부를 검토하고자 하였다.

[표 2]에 기초물성의 평가 결과를 나타냈다. 압축강도의 경우, 기존 배합 대비, B 배합이 약간 증가, 절건 비중의 경우는 동등수준의 값을 나타내었으나 전반적으로 목표로 하는 압축강도를 만족하였다. 흡수율의 경우, 기존 배합 대비, A, B 배합 모두 동등수준의 발수성을 나타내었다.

현장 적용을 위한 ALC 블록의 배합은 기존 배합 대비 동등성능 이상의 품질을 안정적으로 발휘하고 경제성을 확보한 A 배합을 선정하였다. B 배합의 경우 흡수율에 대한 성능은 우수하나 ALC 내부 불량 기포가 발생하여 표면상태가 양호하지 않아 마감성을 고려할 경우 불리할 것으로 판단되었다.

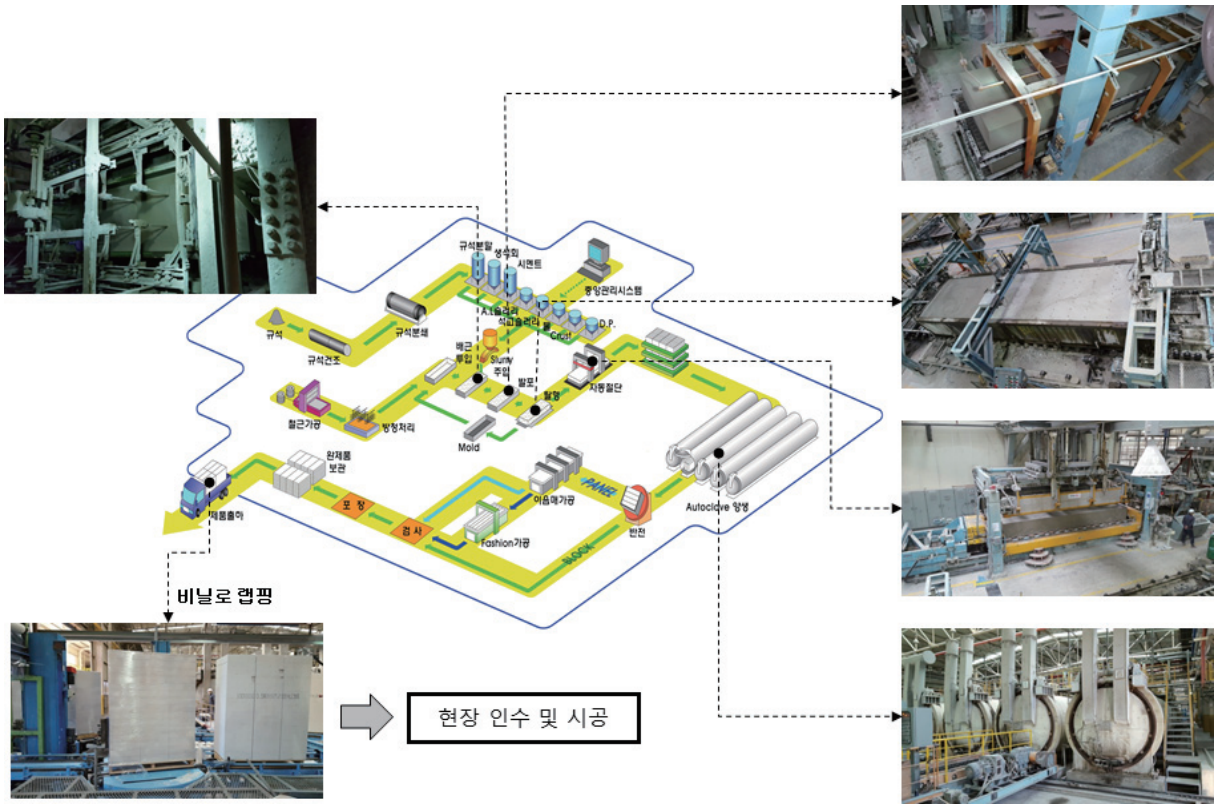


그림 3. ALC의 제조 공정

[표 1] ALC 블록의 품질기준

구 분	KS 기준		
	절건 비중	압축강도(MPa)	열저항값
0.5품	0.45 이상 0.55 미만	2.9 이상	0.005 3 *d* 이상
0.6품	0.55 이상 0.65 미만	4.9 이상	0.004 2 *d* 이상
0.7품	0.65 이상 0.75 미만	6.9 이상	0.003 6 *d* 이상

여기에서, *d* : 패널의 제작 치수 두께 (mm)

[표 2] ALC 품질 평가결과(전원료량 조절 + 순환유동층 보일러 애시 적용)

구 분	기존 배합	A	B
압축강도(MPa)	5.41	5.42	6.11
절건 비중	0.52	0.53	0.53
흡수율(vol %)	16.5	15.3	16.8

3.2 현장 적용성 평가

현장 적용성의 검토는 ALC 블록의 마감성능 평가를 위함이며, ALC 블록은 표면품질이 우수한 A 배합으로 제조된 제품을 사용하였다. ALC 블록의 마감성능의 평가는 거실 및 화장실 등에 활용되는 건식벽체를 대상으로 타일부착 성능 및 미장에 따른 균열성능을 평가하였다.

부착성능 평가를 위한 바탕면은 방수조건을 고려하여 [표 3] 및 <그림 4>와 같이 ALC Block, ALC Block + 액체방수로 설정하였으며, 타일은 도기질 타일(화장실 부위), 자기질 타일(거실 아트월)을 선정하여 각각 떠붙임, 개량압착, 에폭시 떠붙임 공법을 활용하여 시공하였으며, 1주 및 4주에서 부착강도 평가를 실시하였다.

[표 3] 마감성능 평가 계획

구 분	바탕면	마감재	시공방법	평가항목
부착성능	ALC block ALC block +액체방수	도기질타일	떠붙임	타일 부착강도 평가 (1주, 4주)
			개량압착	
		폴리싱 타일	에폭시 떠붙임	
균열저항성능	ALC block	수지미장	도장	균열 육안관찰 (1주, 4주)

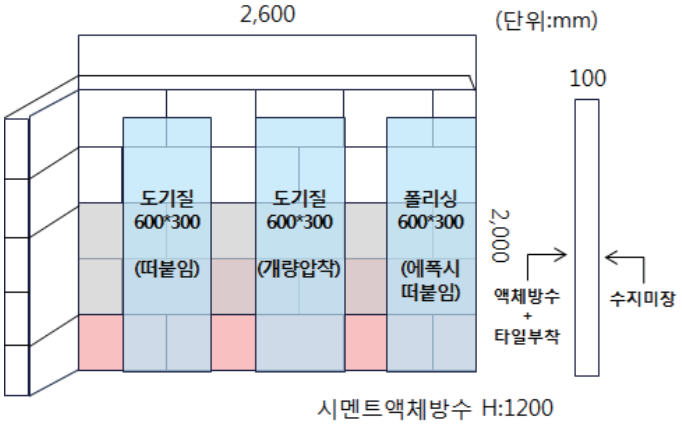


그림 4. 마감성능평가 실험 계획

a) ALC 블록 쌓기 b) 액체방수 c) 타일 붙임 및 수지미장 d) 부착강도 및 균열평가

그림 5. 마감성능평가 실험 절차

또한 통상적으로 ALC 블록은 도장을 실시하지는 않지만 발코니 또는 실외기실의 경우에는 도장마감이 실시되므로 이를 고려하여 수지미장을 실시하였으며, 균열발생 유무를 1주 및 4주에 육안관찰을 통하여 균열유무를 평가하였다. ALC블록의 성능검토는 <그림 5>에 나타낸 바와 같이 ALC 블록 쌓기, 액체방수 시공, 타일 붙임(도기질, 폴리싱) 및 수지미장 시공, 1주 및 4주 양생 후 부착강도 및 균열평가의 절차로 실험을 진행하였다.

ALC 블록 벽체의 부착강도 평가 결과를 [표 4] 및 [표 5]에 나타냈다. 도기질 타일의 경우 ALC 블록 바탕 조건에서 측정된 1주 및 4주에서 타일부착강도 0.54~0.72, 액체방수 바탕면에서는 0.78~0.86 MPa으로 확인되어 기준값인 0.39 MPa 이상이 나타는 것으로 확인되었다.

한편 도기질 타일 개량압착의 경우 ALC 바탕면에서는 0.13~0.35 MPa으로 기준값을 만족 못하는 것으로 나타났지만 액체바탕 방수면에서는 0.16~0.50의 값으로 4주 재령에서는 기준값을 만족하는 것으로 확인되었다. 개량압착 시공법의 경우 붙임재료는 아크릴 수지계 접착재료로서 물의 함유량이 낮은 제품특성이 있어 흡수율이 높은 ALC와 표면접착이 용이하지 않아 부착성능이 저하되는 것으로 판단된다. 시험결과와 같이 액체방수의 경우 시멘트계 재료이지만 내부에 방수재료를 혼합하여 시공되기 때문에 접착제와의 접촉시 수분의 급격한 손실이 없어 계면의 접착력이 유지되어 부착강도가 확보되는 것으로 확인되었다.

폴리싱 타일 에폭시 떠붙임의 경우 ALC 바탕면의 경우 0.68~0.70의 값으로 기준값을 상회하는 것으로 확인되었으나 액체방수 바탕면의 경우 0.30~0.31으로서 기준값 이하로 확인되었다. [표 5]에서 확인된 바와 같이 폴리싱 떠붙임의

[표 4] 타일 부착성능 평가 결과 (단위 : MPa)

구 분	도기질 타일 (떠붙임)		도기질 타일 (개량압착)		폴리싱 타일 (에폭시 떠붙임)	
	1주	4주	1주	4주	1주	4주
ALC 바탕	0.54	0.72	0.13	0.35	0.70	0.68
액체방수 바탕	0.78	0.86	0.16	0.50	0.31	0.30

[표 5] 타일 부착시험 후 성상

구 분	도기질 타일 (떠붙임)	도기질 타일 (개량압착)	폴리싱 타일 (에폭시 떠붙임)
ALC 바탕			
액체방수 바탕			

그림 6. 수지미장면 균열성상

파괴성상에서 액체방수가 파단되는 것으로 확인되어 에폭시의 부착강도는 이상이 없는 것으로 판단된다. 도기질 떠붙임 및 개량압착 시공 사례에서와 같이 액체방수면도 충분한 부착강도가 확인되는 것으로 확인되고 있어 폴리싱 압착 부위의 액체방수가 경화 불량으로 추정되며, 향후 액체방수의 품질관리를 통하여 액체방수면에 폴리싱 타일을 시공하더라도 부착강도의 확보가 가능할 것으로 판단된다.

<그림 6>은 ALC 블록면에 수지미장을 실시하여 1주 및 4주차에 걸쳐 미장면의 균열성상을 육안관찰한 것으로 기존 수지미장과 같이 시공이 용이한 것으로 확인되었으며, 부착강도가 충분히 확보되며 균열발생이 거의 없는 것으로 확인되었다.

4. 결언

순환 유동층 보일러 애시를 활용하여 전원료량 조정, 신규 발수제의 적용 등을 통하여 자세한 수치는 밝힐 수 없지만 기존 ALC 배합 대비 우수한 원가절감 효과를 확인할 수 있었다. 본 기사에서 검토된 원가절감 비율은 개발제품 생산시 기존 대비 동등품질 이상의 성능을 목표로 순수한 원부자재 측면에서 검토한 결과이기 때문에 노무비, 양생비 및 기타시설 사용료가 추가가 예상되므로, 향후 제조원가 및 판매단가에 대한 세심한 검토가 필요하다.

본 검토를 통하여 순환 유동층 보일러 애시를 2차 제품인 ALC 블록에 적용하여 기초 물성 및 실제 현장에서의 적용성에 대한 검토 결과 큰 문제가 없는 것으로 확인되었다. 순환 유동층 보일러 애시의 품질수준이 좀 더 향상될 수 있다면 ALC 블록뿐만 아니라 다양한 분야에서 우수한 순환자원으로서의 역할을 충분히 할 할 것으로 기대해 본다.

참고문헌

1. 한종관, 진상윤, 김예상, 시공자 중심의 주요 공종별 공기지연 원인분석에 관한 연구, 대한건축학회논문집 구조계, 19(3), 2003, 163–171
2. 박종탁, 오홍섭, 순환유동층 플라이 애시를 사용한 혼합시멘트의 포졸란 반응성과 역학적 성질에 관한 연구, 한국건설순환자원학회 논문집, 6(3), 2018, 207–213
3. 이승헌, 순환유동층 플라이 애시의 콘크리트 분야 적용에 대한 KS L 5404 “플라이 애시” 개정 내용과 향후 방향. 한국건설순환자원학회지, 12(2), 2017, 20–25
4. 이승헌, 이강혁, 유동우, 하주형, 조윤구, 순환유동층 애시를 자극제로 사용한 고로슬래그 미분말 기반 비소성 시멘트의 수화 및 단열 특성, 한국콘크리트학회논문집, 27(3), 2015, 245–252
5. 민병호; 양관섭; 임석호; 이세현; 이윤규(한국건설기술연구원);한국ALC협회, ALC 성능평가 및 활용연구, 한국건설기술연구원, 1993, 1–135
6. 성은 ALC, http://www.sealc.com/product_01_02dp에서 검색
7. KS F 2701, 경량 기포 콘크리트 블록(ALC 블록), 2017

담당 편집위원 : 최형길(경북대학교)