

ALC 대체를 위한 선발포 경량기포콘크리트의 최적배합 선정 연구

Study on the Optimal Mix Proportions of Lightweight Foam Concrete for Substitution of ALC

최선미^{1*} · 김범수² · 김진만³

Choi, Sun-Mi^{1*} · Kim, Beom-Soo² · Kim, Jin-Man³

Abstract : This paper presents a study on the selection of optimal mix proportions for producing lightweight pre-foam concrete as a substitute for Autoclaved Lightweight Concrete (ALC) without the accelerated curing. The study was conducted using a rapid hardening binder made from by-products of the steel industry as the primary raw material. The experimental results established the optimal mix proportions, which included retarder content, water/binder ratio, foam content, and fiber inclusion amount, for the production of lightweight foam concrete. The optimal mix proportion was determined to have a retarder content at the minimum amount required to secure the working time, W/B of 35%, a foam content limited to 65% or less, and a fiber inclusion amount of 0.05% or less.

키워드 : 선발포, 경량기포콘크리트, ALC, 촉진양생

Keywords : pre-foam, lightweightconcrete, autoclaved lightweight concrete, accelerated curing

1. 서론

ALC(Autoclaved Lightweight Concrete)는 결합재 및 발포제가 혼합된 페이스트를 고온고압양생(Autoclave curing, 180°C, 10기압)으로 양생하여 발포시켜 제조한 경량기포콘크리트로서, 기존 콘크리트 대비 1/4의 경량성으로 높은 시공성 및 차음성, 단열성을 가지며, 내화성을 가짐에 따라 단열재 및 차음재, 내화용으로 주로 사용된다. 또한 공동주택의 장수명화 및 다양성을 추구하는 생활양식의 변화로 라멘식 구조, 무량판 구조 등의 기둥식 구조로 변화되며 시공성이 높은 가벼운 칸막이재로서 ALC의 수요는 증가하고 있다.

그러나 ALC는 제조시 고가의 발포용 AI 파우더를 사용하며, 촉진양생을 위한 에너지 수요, 해외기술 도입 등으로 인한 로얄티 지불 등 다양한 문제점을 가지며, 대형 사이즈의 촉진양생 장비로 인해 고도의 시설투자비용이 요구됨에 따라, 현재는 쌍용 ALC와 성은 ALC가 국내 시장의 100%를 점유하고 있다.

최근 이러한 ALC를 대체하기 위해 부산물 기반으로 가격경쟁력을 갖는 속경성 결합재를 이용하여 선발포 페이스트에 촉진양생없이 단시간내 제조 가능한 경량기포 콘크리트 제조 기술이 국내 연구진을 통해 개발되고 있으며, 본 논문은 그의 일환으로, 촉진양생없이 3일 이내 기존 ALC의 동등이상 성능을 갖는 제품을 개발하기 위한 최적배합 선정 연구이다.

2. 실험계획 및 방법

ALC 대체 경량기포 콘크리트 제조실험을 위한 결합재는 철강산업부산물을 70% 이상 사용하여 제조된 속경성 에코 시멘트로, 독립기포용 식물성 기포제를 사용하여 선발포 후 에코시멘트 페이스트와 믹싱하여 촉진양생없이 2시간 이내 탈형가능 하고, 3일내 ALC의 동등 이상의 성능을 발휘하는 배합을 선정하고자 하였다. 실험의 변수는 페이스트의 물결합재비, 기포율, 지연제 함량, 탈형시 힘강도 확보를 위한 섬유 혼입량으로, 목표 성능은 'S'사의 ALC 블록 0.5품의 동등이상으로 설정하였다. 이를 위한 측정항목으로 침하량(소포율), 경화 콘크리트의 압축강도, 휨강도, 절건비중, 재료분리를 평가하였다.

3. 실험결과

높이 20cm의 실린더 몰드에 타설한 선발포 경량기포 콘크리트 페이스트의 경화 후 침하량을 평가 한 결과, 지연제 함량이 1%에서 3%까지 증가할수록 초기 작업시간은 30분 이상까지 확보할 수 있었으나, 응결시간이 지연됨에 따라 소포에 의한 침하량이 최대

1) 공주대학교 친환경콘크리트연구소, 연구교수/씨에스엠테크, 대표, 교신저자(smchoi@kongju.ac.kr)

2) 공주대학교 건축공학과, 대학원생/씨에스엠테크, 대리

3) 공주대학교 건축학부, 친환경콘크리트연구소, 정교수

5cm(25%)까지 발생하였다. 그러나 지연제 1%를 사용하여 최소 작업시간만을 확보한 배합으로 타설한 경우 발포율 70%에서는 10%, 65%에서는 5%, 60%에서는 0%로 소포율을 나타내어 초기 응결시간 조절을 위한 지연제 함량이 선발포 기포 콘크리트의 기포 안정성에 미치는 영향을 확인하였다. 또한 소포율 0% 시험체를 상중하로 절단하여 각각의 중량차를 비교한 결과 소포에 의한 재료분리는 발생하지 않은 것으로 나타났다.

경화된 시험체를 대상으로 강도를 분석한 결과, 기포율 70%에서는 물결합재비 40%, 35% 모두 압축강도 목표 성능을 만족하지 못하였으나, 물결합재비 35%에서는 기포율 65%에서 재령 3일에, 기포율 60%에서는 재령 1일에 ALC 0.5품의 최종 강도를 발현하는 것으로 나타났다. 또한 두 배합 모두 타설 후 2시간 이내 휨강도를 ALC 이상 발현하고, 2MPa 이상의 탈형강도를 발현함에 따라 기존 ALC 대비 높은 생산 사이클을 기대할 수 있다 판단하였다.

특히 섬유 혼입량에 따른 실험에서 전체 용적대비 0.05%와 0.10% 모두 재령 3시간에는 1.3MPa로 최종 목표 휨강도인 0.9MPa를 크게 상회하는 결과를 보여 핸들링을 위한 휨인성 확보가 가능하였다. 사용된 섬유는 PP섬유로서, ALC 제조시에는 고온고압 양생시 PP 섬유가 잔존하지 못하나, 개발 제품인 선발포 경량기포콘크리트는 축진양생을 수행하지 않아 섬유가 온전히 남아 휨강도에 기여한 것이 원인으로 ALC 대비 선발포 기포콘크리트의 차별적인 강점으로 사료된다.

또한 섬유 혼입량을 0.05~0.15 vol.%로 배합에 적용한 결과, 섬유혼입량이 증가할수록 휨강도는 증가하나 압축강도가 다소 감소하는 경향을 보임에 따라 목표 휨인성을 충분히 발현하는 0.05% 만의 섬유 사용량으로도 충분할 것이라 판단된다.

4. 결론

철강산업부산물을 70% 이상 사용하여 제조된 속경성 에코 시멘트로, 축진양생 없이 선발포 경량기포 콘크리트를 제조하기 위한 최적배합 선정 실험결과 아래와 같은 결론을 얻었다.

선발포 경량기포콘크리트의 소포율을 최소화하기 위해서는 지연제 사용량 조절로 최소의 작업시간을 통한 응결시간 단축이 효과적이며, 페이스트의 물결합재비는 강도와 정비례, 기포율은 반비례하는 경향을 보였다.

ALC 0.5품의 목표 강도 발현을 위해서는 페이스트의 물결합재는 35% 이하 및 기포율은 65% 이하로 설정하는 것이 바람직하며, 기포율 60% 이하로 낮아질 경우는 목표 밀도를 만족하지 못함에 따라 실험을 통해 물결합재비 및 기포율의 최적 범위를 선정하였다. 고온고압 양생 과정이 없는 선발포 경량기포 콘크리트의 경우 휨강도 달성을 위한 섬유 사용량은 5% 이내로도 탈형 시 ALC 이상의 우수한 휨인성 확보가 가능하다.

이상의 결과를 통해 AI 발포제 사용없이 선발포만으로 ALC의 성능을 발현하는 경량기포콘크리트 제조가 가능하였으며, 초기 탈형 강도 발현 속도 단축을 통해 축진양생없이 생산 사이클 증대도 가능한 것을 확인하였다. 이로써 ALC의 생산시 축진양생 과정에서 발생하는 탄소배출을 저감하고, 친환경 원료 사용을 통한 환경적 기여도 가능할 것이라 판단된다.

현재 본 논문의 실험결과로서 제조된 선발포 경량기포 콘크리트를 통해 열전도율을 측정 중으로, 내화 및 단열성능이 확보되는 경우 기존 ALC를 대체할 수 있는 신공법의 경량기포콘크리트 제품으로서 활용 가능성이 높다 판단한다.

감사의 글

본 논문은 2022년도 중소벤처기업부의 기술개발사업 지원(RS-2022-00165928, S3210897)을 받아 수행한 연구로 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. 김진만 외 3인, 콘크리트용 기포제 종류 및 농도에 따른 기포의 특성, 한국콘크리트학회 논문집. 2011. 제23권 2호.
2. 양근혁, 고단열-고성능 그린 경량콘크리트(ICLC) 블록 개발. 경기대학교 산학협력단, 중소기업청 연구보고서. 2013.
3. 최선미 외 3인, 축진양생없는 경량기포콘크리트 제조를 위한 정련슬래그의 적용 연구. 한국콘크리트학회 학술대회 논문집. 2021. 제33권 1호.
4. 최선미, 축진양생이 없는 콘크리트 2차 제품을 위한 CA계 슬래그 기반 속경성 결합재의 적용. 한국건설순환자원학회 학술발표대회 논문집. 2016. 제16권 1호.