

크랙抵抗性和 斷熱性を 向上시킨 EVA칩 첨가 기포콘크리트의 施工法 研究

A Study on Method of Construction for Foamed Concrete adding EVA Chip that improves the Resistance of Cracking and Capability of Insulating

이 종 식*
Lee, Jong-Shik

안 정 찬**
An, Jung-Chan

이 종 학***
Lee, Jong-Hak

Abstract

The construction method for Foamed-Concrete has not been important due to following process of construction work. However, according to the code about enhance of energy saving design policy and impact noise, noised isolation has been used in construction site so that the resistance for cracking and capability for insulating of Foamed-Concrete has been required. Therefore, new alternatives are demanded.

Optimum mixing design, which can get the improvement of insulation and resistance of crack for Foamed-Concrete adding EVA chip, was derived and also the device, applying to construction site, was invented to equalize quality. This device can measure quantity of all input and placement, and show up the sum of placement and mixing design on a touch screen. This valuable construction method is friendly environment and recycling method because of using EVA chip, by-product of an EVA insole scrap burned or embedded, as a light-weight aggregate.

키 워 드 : 기포콘크리트, 단열, 크랙저항성, EVA칩

Keywords : Foamed Concrete, Insulating, Resistance of Cracking, EVA Chip

1. 서 론

최근 인구의 집중화 현상, 좁은 국토의 효율적 이용, 삶의 질 향상에 대한 사회적 요구 증진 등에 의하여 공동주택의 건설 활성화와 단열기준 강화를 통한 에너지 절약형 건물의 보급을 확대하고자 하는 정부의 정책적 의지가 높아짐에 따라 기존 기포콘크리트에 비하여 에너지 효율이 우수하고 시멘트 사용량이 적은 친환경 기포콘크리트 개발 필요성이 높아지고 있다.

기포콘크리트는 시멘트 슬러리(slurry)에 기포제를 이용하여 기포를 혼합, 자연양생 시킨 시멘트 2차 제품으로, 일반 콘크리트보다 단열성, 경량성이 우수하고 다른 단열재에 비하여 경제성, 성형성 등이 우수한 특성 때문에 1980년대 건설경기의 급속한 팽창과 더불어 공동주택의 단열층 구성 재료로서 그 수요가 단기간에 증가한 건축재료이다.

기존 기포콘크리트 현장배합 시공시 후속공정의 조기착수가 가능하도록 초기강도 확보를 위한 시멘트 과투입과 현장배합의 정확성 부족 등으로 인하여 다량의 균열이 발생하고 난방시 균열에 의한 열교현상이 확대됨으로써 단열성능 저하를 초래하고 있다. 최근 공동주택에서 이슈가 되고 있는 층간바닥 충격음 기준을 충족하기 위하여 완충재를 사용하는데, 완충재는 기존 스티로폴 보다 단열성능이 떨어짐으로, 바닥구조의 단열

성능 향상이 필요하다.

따라서, 본 연구에서는 EVA칩¹⁾을 첨가한 기포콘크리트(이하 고성능 기포콘크리트)의 개발과 정량배합장비를 개발하여 적용함으로써 기존 기포콘크리트보다 크랙저항성과 단열성능 향상 및 우수한 시공품질 확보를 위한 시공법에 대해 연구·검토하고자 한다.



그림 1. 개발 개념도

2. 현행 기포콘크리트의 문제점

공동주택 바닥에 KS F 4039의 0.5품 이상의 기포콘크리트를 사용하고 있으나, 표준바닥구조에서 충격음 저감을 위하여 연질 완충재를 사용함으로써 구조적 불안정을 초래하여 균열 및 침하 하자가 증가하고 있는 추세이다.

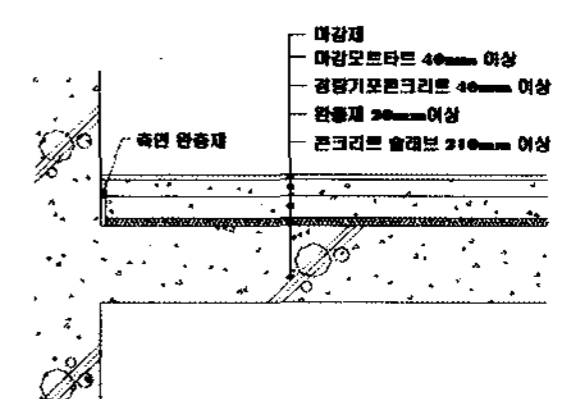


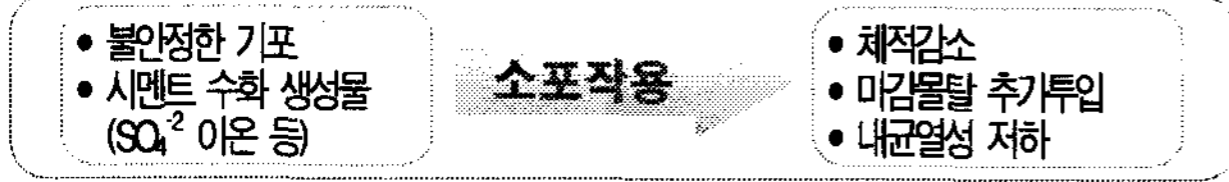
그림 2. 표준바닥구조

* 현대산업개발(주) 건축지원팀장, 정희원
** 현대산업개발(주) 기술연구소 부장, 정희원
*** 현대산업개발(주) 건축지원팀 과장, 정희원

2.1 제조상 문제점

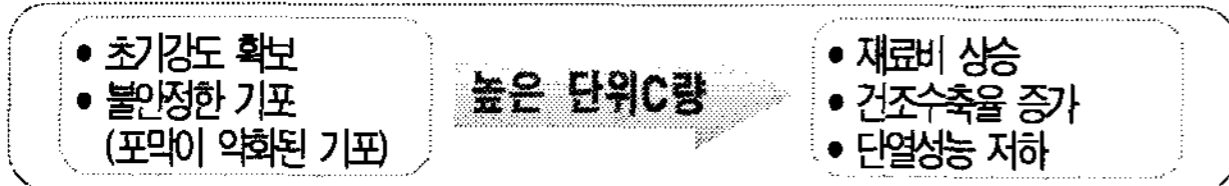
2.1.1 소포에 의한 체적감소

기포콘크리트 체적의 2/3정도를 차지하는 기포의 안정성 부족과 시멘트 수화반응으로 소포(消泡)가 발생하여 침하가 일어난다.



2.1.2 시멘트량 과투입

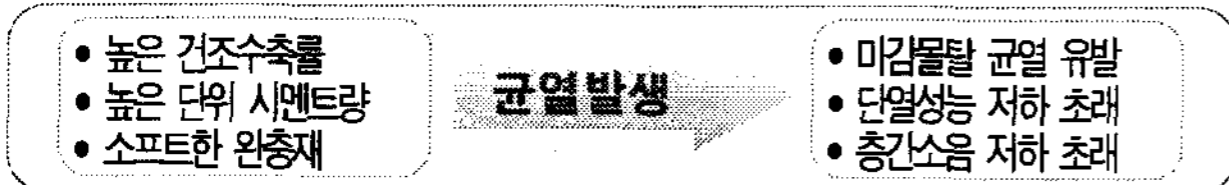
하부 완충재 시공으로 기포콘크리트의 현장배합시 강도 확보를 위하여 시멘트를 과다 투입함으로써 건조수축율이 증가되어 균열발생의 원인이 되며, 자재비가 상승한다.



2.2 성능상 문제점

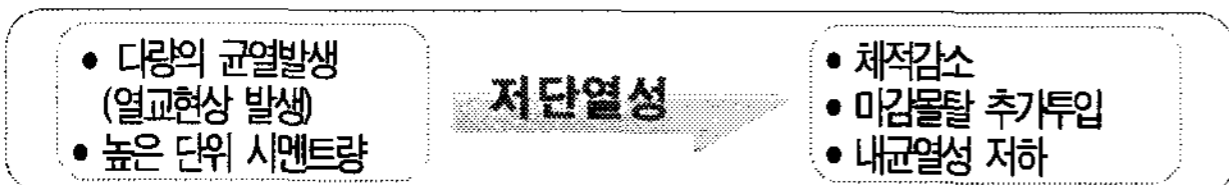
2.2.1 균열발생

일반 기포콘크리트의 건조수축율은 0.3~2%정도로 기포콘크리트 타설 7~14일 이후 2m/m² 이상의 균열이 발생하여 기포콘크리트의 파손 및 단열성능 저하를 초래한다.



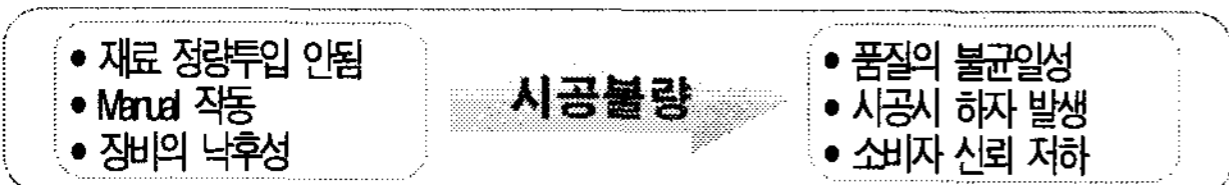
2.2.2 단열성능 저하

기포콘크리트의 열전도율은 0.16W/m·K이나 초기강도 확보를 위하여 시멘트량이 증가로 균열이 발생하며, 기포의 감소로 단열성능이 저하된다.



2.3 시공상 문제점

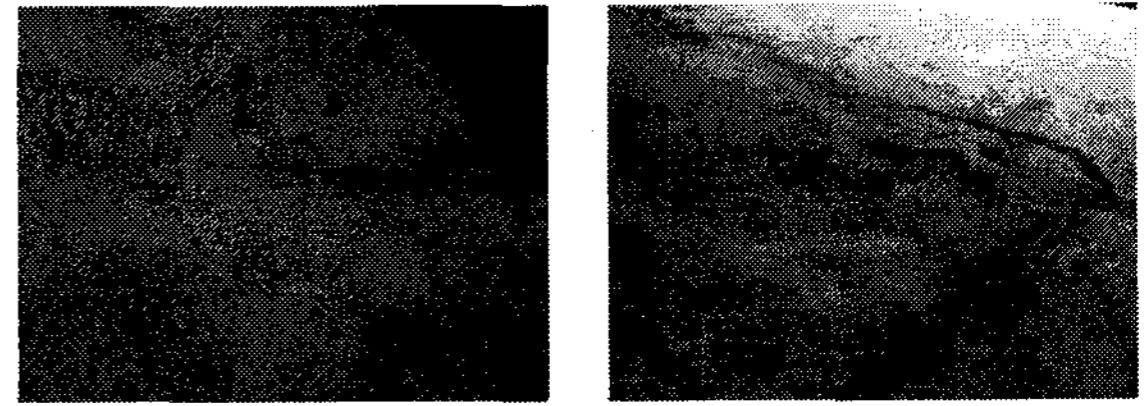
기능공의 경험에 의한 배합으로 배합비가 불균일하고, 현재 사용되고 있는 타설장비로는 정량배합을 할 수 없어 시공품질의 편차가 커져 시공품질의 확보가 어렵다.



2.4 하자사례

2.4.1 침하에 의한 하자

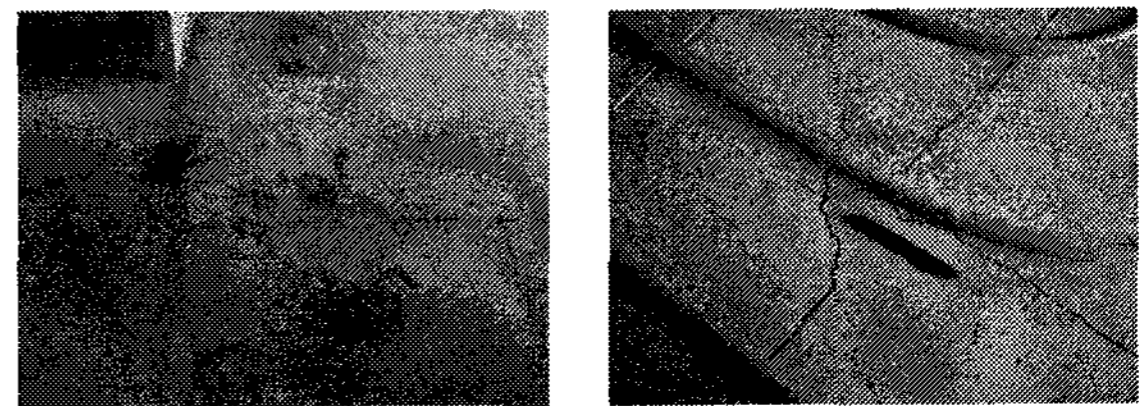
소포작용으로 인한 침하는 단열성능이 급격히 저하되므로 반드시 재시공을 하여야 하며, 하자범위가 크므로 공기지연 및 공사비 증대의 원인이 된다.



침하에 의한 하자

2.4.2 균열발생에 의한 하자

후속공종의 작업하중에 의해 균열발생 주변의 기포가 파손되기 쉬우며, 단열성능 저하를 초래한다.



균열에 의한 하자

3. 고성능 기포콘크리트 개발

본 연구의 고성능 기포콘크리트는 기존의 기포콘크리트에 EVA칩¹⁾을 혼합하고 공기량을 증가시켜 고단열성, 고인성(高韌性)²⁾을 갖는 기포콘크리트이다.

3.1 배합비

고성능 기포콘크리트의 배합비는 단위 시멘트량, 기포율, W/C비, EVA칩의 함량을 조절하여 각각의 배합비에 대한 시험실배합으로 검증한 후 현장배합 시험을 통하여 최적의 배합비를 아래표와 같이 도출하였다.

표 1. 고성능 기포콘크리트 배합비

구 분	시멘트 (kg/m ³)	물 (kg/m ³)	EVA칩 (kg/m ³)	기포액 (kg)
기존 기포콘크리트	440	264	0	28.6
고성능 기포콘크리트	320	208	12	31.8

본 실험에 사용된 시멘트는 KS L 5201에 규정된 일반 포틀랜드 시멘트이며, 기포제 및 EVA칩의 물리적 성질은 아래 표와 같다.

표 2. 기포제의 물리적 성질

구 분	색상	pH	유동점	비중
특성값	무색투명	7.2	-5~10	0.98

1) 신발소재에 사용되는 것으로 단위용적 질량 17kg/m³, 열전도율 0.047W/m·K 정도이며, 가볍고 충격흡수 성능과 탄성회복력이 우수하며 표면에 섬유가 부착된 특성을 가지고 있음.

2) 인장강도, 충격강도, 파열강도의 성능을 높임

표 3. EVA칩의 물리적 성질

구 분	겉보기밀도 (kg/cm ³)	최대입경 ³⁾ (mm)	열전도율 (W/m·K)	인장성능	
				강도 (N/mm ²)	신장율 (%)
특성값	0.18	10	0.048	4.8	285

3.2 품질성능

KS F 4039의 기존 기포콘크리트와 성능비교 시험결과 기존 기포콘크리트에 비해 침하, 압축강도, 열전도율, 길이변화율 등 모든 항목에서 우수한 것으로 나타났다.

표 4. 품질성능 비교표

구 분		기존 기포콘크리트	고성능 기포콘크리트	
굳지 않은 기포 콘크리트	슬러리비중(kg)	520이상	560	
	플로우(mm)	180이상	255	
	침하깊이(mm)	100이하	8.5	
	기포율(%)	-	68	
굳은 기포 콘크리트	겉보기비중	0.4~0.5	0.42	
	압축강도 (MPa)	7일	0.9이상	0.92
		28일	1.4이상	1.59
	열전도율(W/m·K)	0.16이하	0.104	
길이변화율(%)	0.4	0.27		

3.3 Mock-up Test

3.3.1 크랙저항성

균열저항성능 검토를 위하여 KS F 2595를 응용하여 아래 그림과 같은 몰드를 이용하여 실험을 진행하였다.

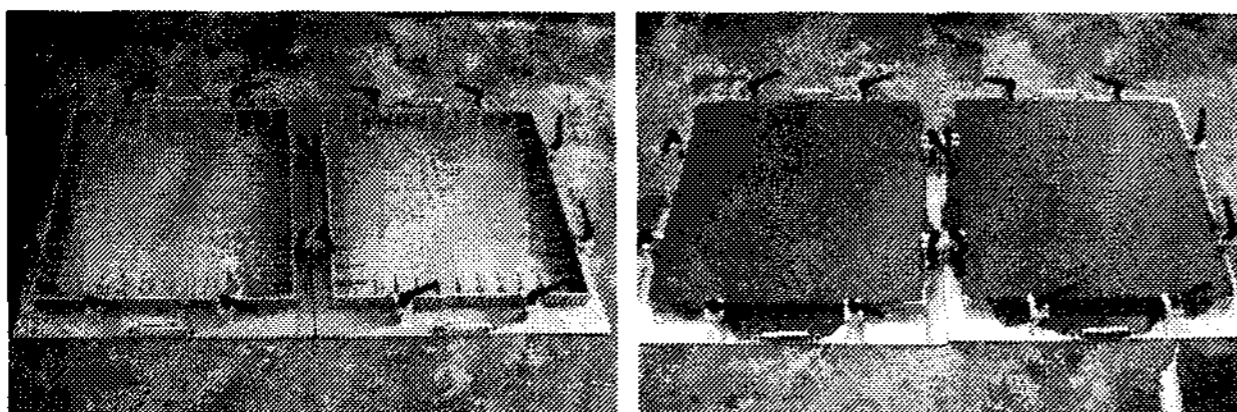
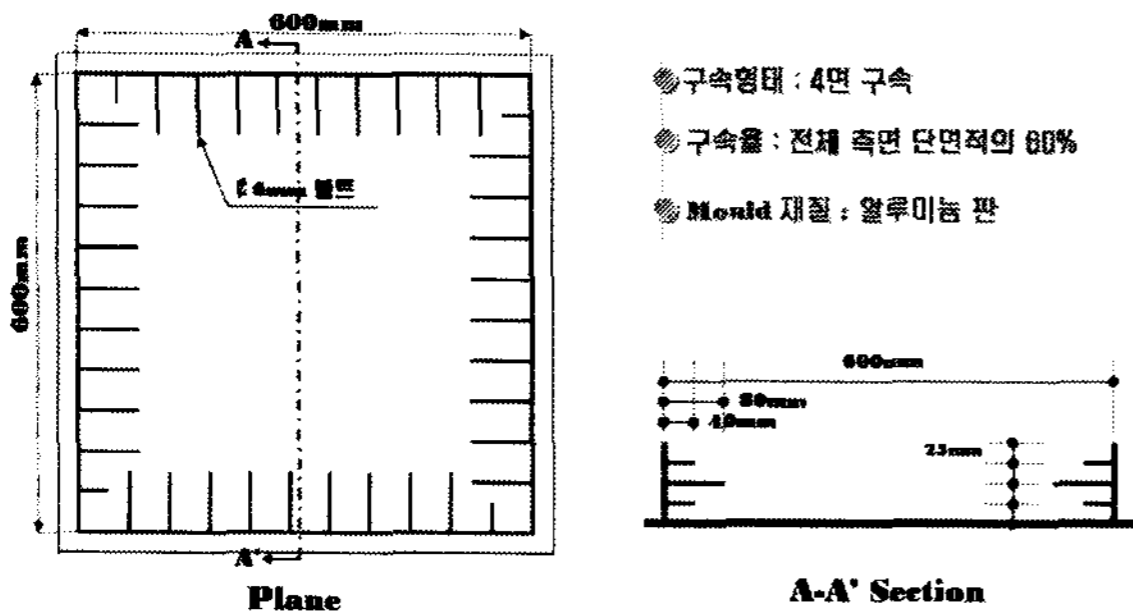


그림 3. 균열추적 시험용 몰드(600×600)

재령 3개월까지의 균열발생 특성을 검토한 결과 균열저항성이 6배 향상된 것으로 나타났다. 이는 고성능 기포콘크리트에 혼입된 EVA 칩의 내부 응력 감쇄작용 현상과 단위 시멘트량의 차이에 의한 건조수축 저감 특성 때문인 것으로 판단된다.

3) '최대입경 10' 이란 10mm체 통과율이 질량비로 95% 이상이고, No.4체 통과율이 5% 미만인 것을 의미함.

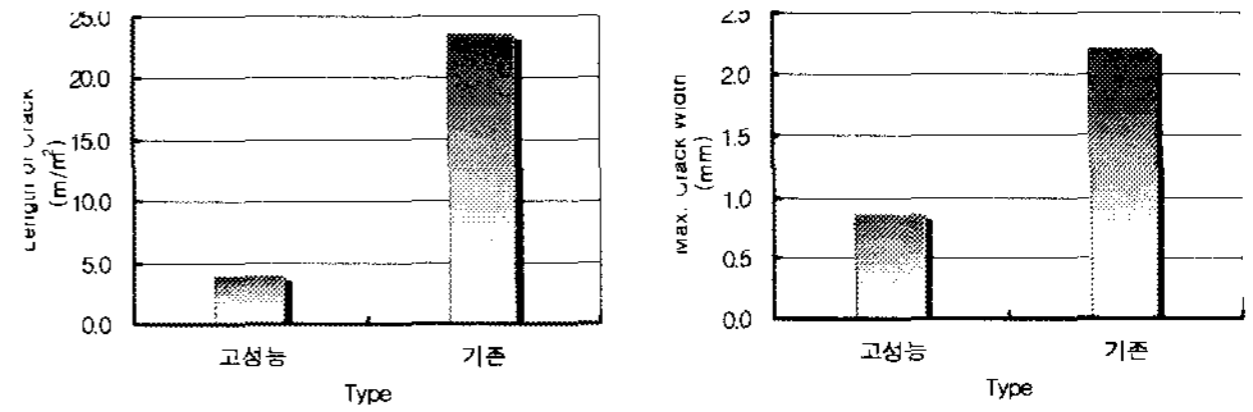


그림 4. 균열 발생량과 최대균열 폭

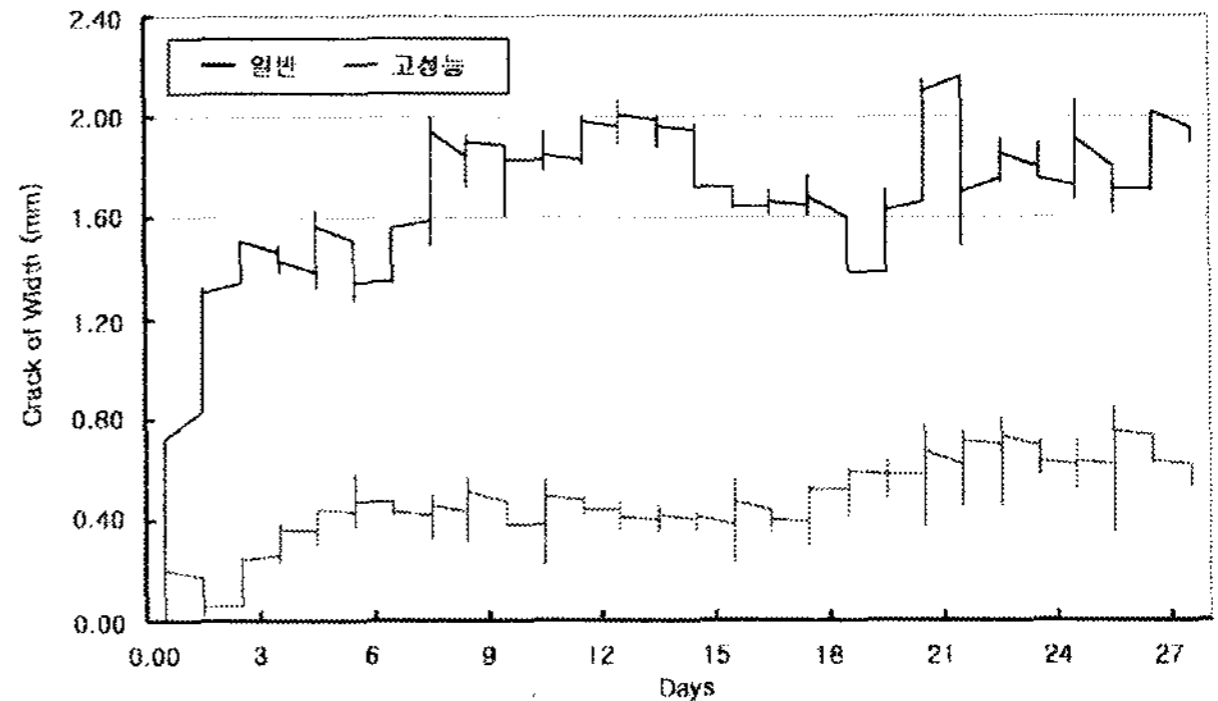


그림 5. 기포콘크리트 균열특성

3.3.2 단열성능

KS L 9016 '평판열류계법에 의한 열전도율 시험'에 따라 열전도율 시험결과 0.104W/m·K로 기존 기포콘크리트(0.16W/m·K)에 비해 53% 향상된 것으로 나타났다.

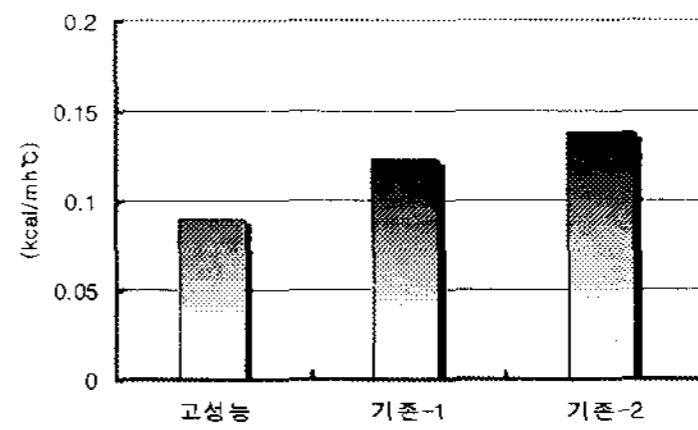


그림 6. 열전도율 비교

이와 같은 특성은 기포콘크리트에 혼입된 EVA칩 자체의 낮은 열전도율과 단위체적당 기포량의 증가에 의한 단열효과의 증대로 판단된다.

3.3.3 내구성능

온돌구조의 특성상 온냉반복 작용을 받는 환경에 위치하므로 그에 따른 품질 특성 변화 정도를 검토하고자 아래와 같은 Cycle 조건하에서 재령 14일된 기포콘크리트에 대하여 120cycle 동안 온냉 반복 작용후 길이변화와 열전도율 변화에

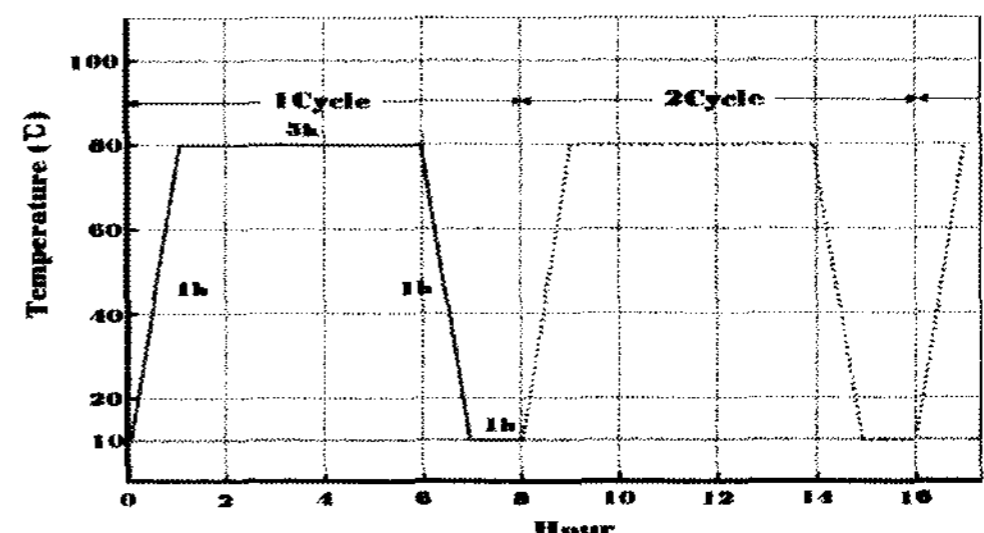


그림 7. Cycle 조건

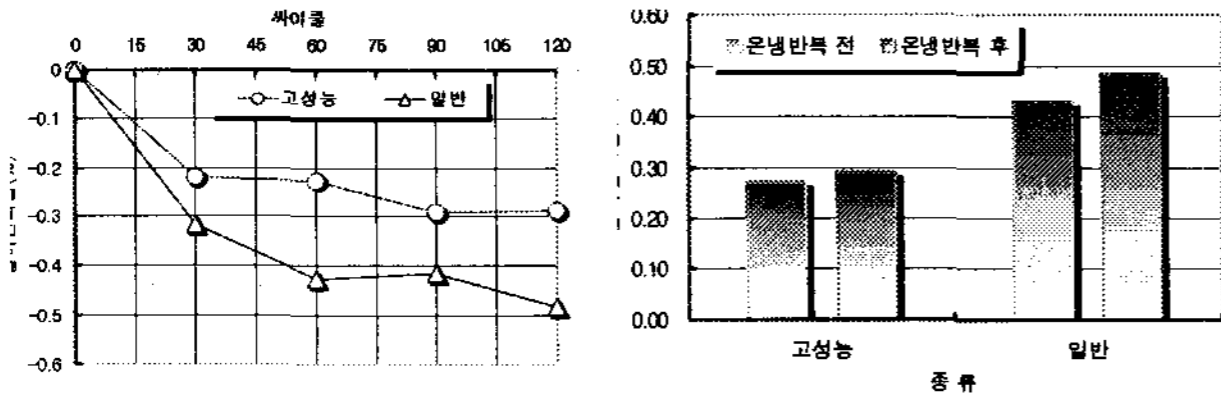


그림 8. 온냉반복 120Cycle후 기포콘크리트 길이변화율

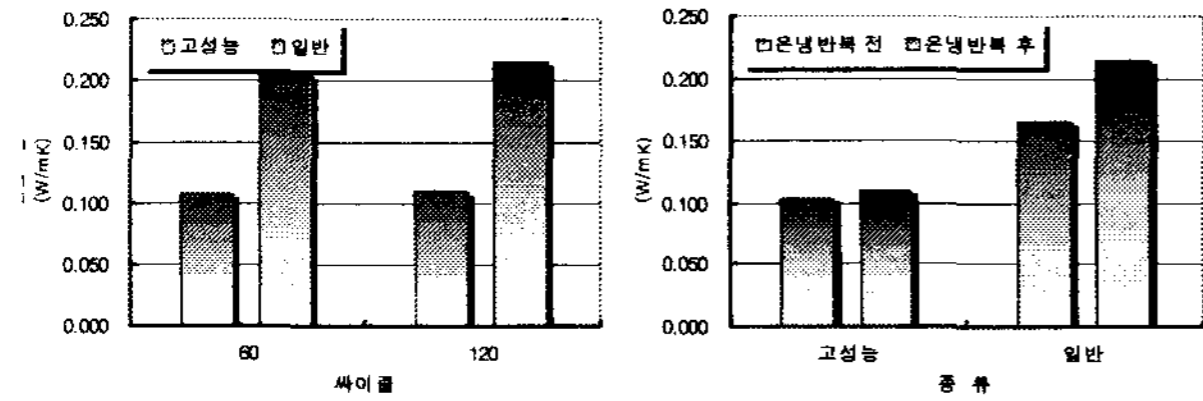


그림 9. 온냉반복 120Cycle후 기포콘크리트의 열전도율

대하여 시험한 결과 일반 기포콘크리트에 비해 길이변화율은 68%, 열전도율 값의 변화율은 25% 수준으로 내구성능이 우수한 것으로 측정되었다.

4. 계량 자동화 타설장비 개발

현재 대부분의 현장타설 기포콘크리트는 시공자의 숙련도 및 경험치에 의한 배합이 이루어지고 있는 실정이다, 따라서 기포콘크리트의 품질 균일화가 어렵고, 재시공 등으로 원가상승 및 공기증가를 초래하고 있다.

그러므로, 고성능 기포콘크리트의 품질균일화 및 성능확보를 위하여 정량배합이 가능한 전용 타설 장비를 개발하였다.

4.1 개선사항

- 1) 기존 컨베이어 방식을 스크류 방식으로 개선 적용하여 스크류의 회전수(rpm)로 시멘트, EVA칩, 기포액, 기포액 혼합수의 투입량을 정확히 계량한다.
- 2) 계량장치로 분당 회전수를 감지하여 정량배합이 가능하도록 개발하였다.
- 3) 개발장비는 분당 투입량과 누계 타설량 등을 실시간으로 출력이 가능하여 배합비 검토와 실투입대비를 쉽게 할 수 있다.

4.2 계량 자동화 타설장비

계량 자동화 타설장비는 기존 대부분의 장비와는 달리 유압식 펌핑이 아닌 모노펌프방식으로 토출압을 일정하게 유지할 수 있어, 타설시 기시공된 주위 마감에 오염되는 것을 방지할 수 있으며, 믹서통을 1차, 2차로 구성하여 기포슬러리가 균질하게 배합되도록 하였다. 이를 통해 기포콘크리트 하자인 부분 침하나 믹싱부족에 의한 기포군의 몰림으로 소포현상이 발생하는 것을 방지할 수 있다.

또한, 터치스크린 표시부를 통해 실시간으로 타설량과 투입량을 확인하고 출력이 가능하여 누계 배합비 확인 및 시간당 작업량 분석 등이 가능하여 현장 품질관리와 공정관리가 용이하다.

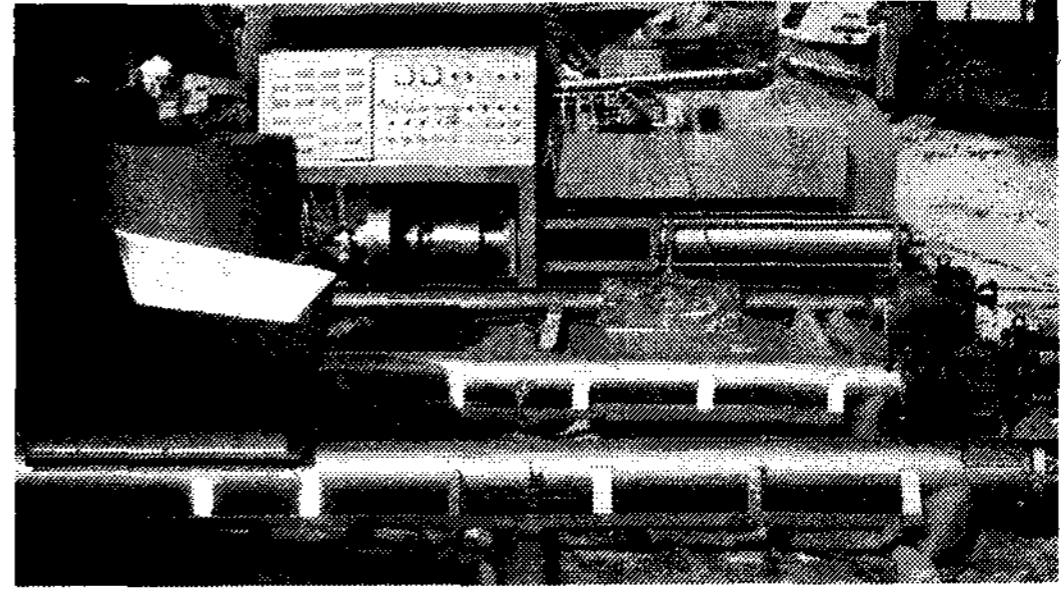


사진 1. 계량 자동화 타설장비

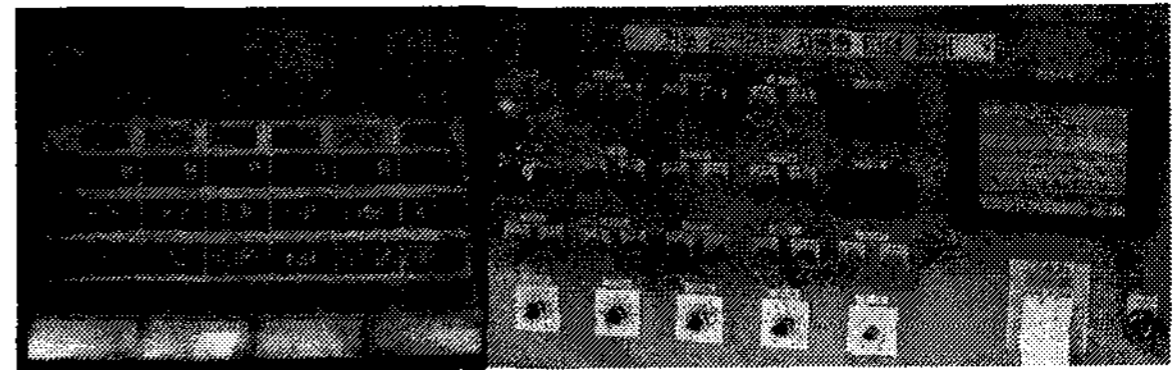


사진 2. 컨트롤패널 및 터치스크린 표시부

타설량	110.6 m ³
시멘트	35.53 ton
물	22.26 ton
경량골재	1.334 ton
기포액	52.3 liter
기포액 희석수	2.786 ton

사진 3. 기포타설량 출력지 및 투입량 확인

4.3 현장 적용

계량 자동화 타설장비를 최근 3년간 15개 현장, 20,000세대 정도 현장타설 하면서 발생된 문제점인 장비고장, 계량불량, 데이터 에러 등을 수정·보완하여, 현장별 조건에 관계없이 균일한 품질의 기포콘크리트를 시공할 수 있었으며, 보다 안정된 성능 구현을 위하여 진행현장별 모니터링이 진행 중이다.

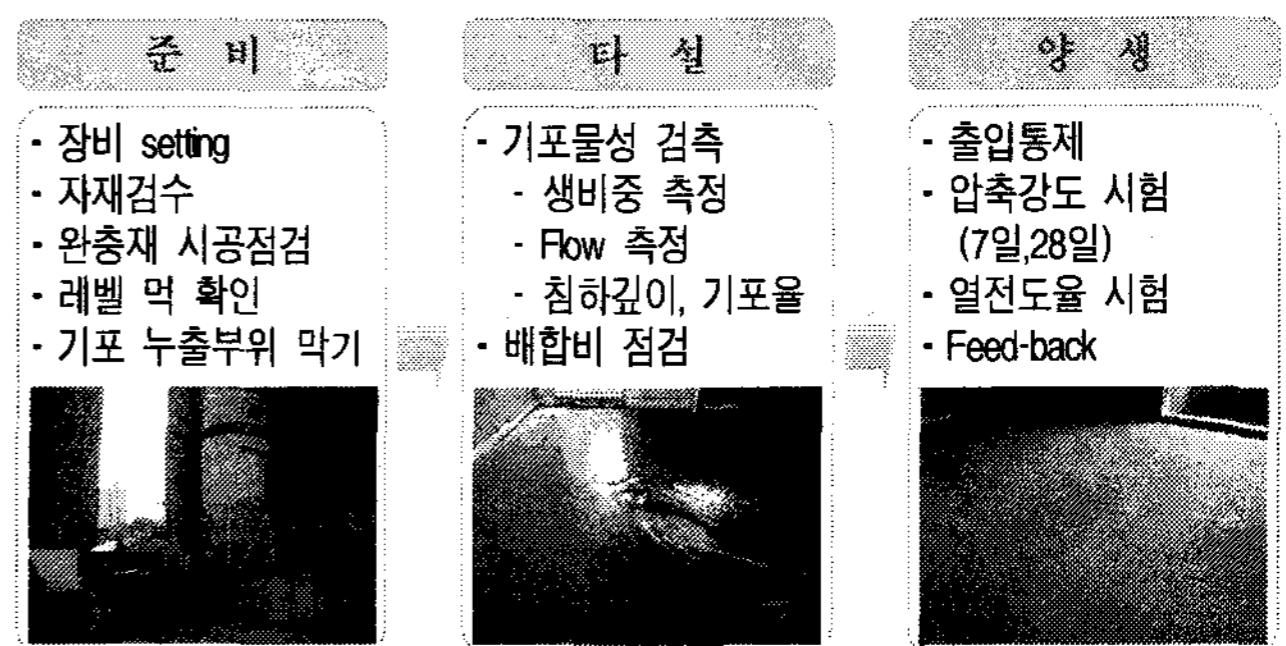


그림 10. 기포콘크리트 현장시공 Flow

5. 결 론

- 1) 기존 기포콘크리트에 비해 시멘트량 38%, 물량 27%를 감소하고, 기포율은 16% 증가시켜 고성능 기포콘크리트의 최적 배합비를 도출하였으며. 이때 품질성능은 균열 발생율을 약 6배 저감하고, 압축강도와 단열성능을 각각 14%, 53% 증가시키며, 내구성능이 향상된다.
- 2) 계량 자동화 타설장비의 현장적용 결과 균일한 시공 품질 확보 및 7%의 공사비 절감이 가능하였다. 또한 기능 인력 난 해소 및 폐자재 활용으로 친환경 건축에 이바지할 것으로 기대된다.
- 3) 향후 균질한 품질성능 확보를 위한 지속적인 관리와, 본 연구에서 적용한 EVA칩보다 우수한 자재 발굴 및 신공법 개발이 필요하다.

참 고 문 헌

1. 건설신기술 제 284호(신순옥), 폐발포폴리우레탄을 이용한 경량단열 콘크리트 제조 및 시공법, 2001
2. 김진태, EVA Foam용 컴파운드의 개발 및 폐 EVA Foam의 재활용, 부산대학교, 2001.
3. 에너지관리공단, 에너지절약설계기준 해설서, 2005.
4. 정동한, 경량단열기포콘크리트의 단열성 향상을 위한 연구, 한양대학교, 2006
5. 주택공사, 공동주택 바닥난방시스템 개발 및 실용화 연구, 1998.
6. 주택도시연구원, 완충층을 포함한 온돌구성층의 구조해석 기법 개발, 2005.
7. Andrw short, Light weight Concrete, Applied Science Publishees, KDT 1978