

온돌 바닥용 경량기포콘크리트의 흡수특성

The Absorption Characteristics of Foamed Concrete for On-dol

이도현* 전명훈** 임정수*** 정민철**** 김경덕**** 민승의****
Lee, Do Heun Jun, Myoung Hoon Lim, Jung Soo Jung, Min Chul Kim, Kyung Dyuk Min, Sung Eoi

ABSTRACT

Cast-in-place foamed concrete is a high porous material placed as base the layer of mortar screeds in the panel heating system, so the quality of mortar is affected by it. Therefore, this study is aims to investigate how the absorption characteristics of foamed concrete influences on mortar screeds according to the foamed ratio-62%, 67% and 72%- and the surface treatments of foamed concrete-water and acrylic emulsion primer spray, etc. The result of this study shows that water-spray in the surface of foamed concrete has a good effects to reduce mortar cracking.

1. 서론

과거의 온돌바닥에는 자갈층을 설치하고 그 상부에 모르타르를 타설하였으나, 최근에는 자갈층 대신에 골재부족 문제와 시공성, 경제성 향상 및 하중저감을 위한 경량기포콘크리트로 대체되어 왔다. 그러나 이러한 온돌바닥용 경량기포콘크리트는 총 체적의 60~70% 이상이 공극이므로 흡수율이 매우 높으며, 이로 인하여 경량기포콘크리트의 상부에 타설되는 모르타르의 수분이 타설초기에 급격히 흡수되어 모르타르의 초기 소성수축 및 건조수축 균열 발생에 절대적인 영향을 미칠 우려가 있다. 이와 같은 모르타르 균열을 방지하기 위해서는 모르타르의 바탕층으로 구성되는 경량기포콘크리트의 품질에 따른 흡수특성을 파악하고, 이에 대응하기 위한 대책을 수립하여 적용현장에서 각각의 흡수특성에 따른 적절한 조치를 취해야 할 필요가 있다.

따라서, 본 연구에서는 식물성기포제를 사용한 온돌채움용 경량기포콘크리트를 대상으로 그 흡수특성을 실험분석하고, 바탕층 경량기포콘크리트의 품질특성 및 살수여부에 의한 상부 모르타르의 블리딩 시험 및 현장실험을 통하여, 상부마감재인 온돌모르타르의 균열억제 방안을 모색하기 위하여 제한된 범위에서 기초적인 실험연구를 수행하였다.

2. 경량기포콘크리트의 적용 및 연구 현황

국내에서 경량기포콘크리트가 온돌바닥용으로 사용되기 시작한 것은 80년대부터로 알려져 있으며, 90년대 들어서 많은 현장에서 적용되고 있다. 그러나 경량기포콘크리트의 특성에 대한 연구자료가 부족하여 현장에서 적절하게 시공 및 품질관리를 하기 위한 체계가 확립되지 않은 채로 적용되어 왔으므로, 산업자원부 기술표준원에서는 '99년 8월에 표 1과 같이 KS F 4039("현장 타설용 기포콘크리트")

*정회원, 대한주택공사 주택연구소 책임연구원
**정회원, 대한주택공사 주택연구소 연구원

***정회원, 한일시멘트공업(주) 중앙연구소 레미탈 팀장
****정회원, 한일시멘트공업(주) 중앙연구소 연구원

표 1 현장 타설 기포콘크리트의 품질규정 (KS F 4039)

구 분	굳지 않은 기포콘크리트			양생된 기포콘크리트				
	기포슬러리 비중	플로우 (mm)	침하 깊이 (mm)	겉보기 비중	압축강도 N/mm^2 (kgf/cm ²)		열전도율 W/(mk){kcal/mh °C}	길이변화율 (%)
					7 일	28 일		
0.4품	0.39 이상	180 이상	15 이하	0.3 이상 0.4 미만	0.5(5.10) 이상	0.8(8.15) 이상	0.130(0.112) 이하	0.50 이하
0.5품	0.52 이상	180 이상	10 이하	0.4 이상 0.5 미만	0.9(9.18) 이상	1.4(14.28) 이상	0.160(0.138) 이하	0.40 이하
0.6품	0.72 이상	180 이상	6 이하	0.5 이상 0.7 미만	1.5(15.30) 이상	2.0(20.39) 이상	0.190(0.165) 이하	0.30 이하

의 품질규정을 제정하였다.

여기에서 0.4품과 0.5품은 온돌바닥용으로 사용할 수 있다고 되어 있는데, 이것은 온돌층의 구성방법에 따라 적절한 품질의 경량기포콘크리트가 적용되어야 한다. 현재, 경량기포콘크리트는 크게 구분하여 단열용과 채움용으로 사용되고 있으며, 단열용의 경우에는 구체 슬래브 위에 별도의 단열재를 설치하지 않고 경량기포콘크리트가 단열성을 확보하도록 하고 있으나, 채움용의 경우에는 구체 슬래브 위에 단열재를 설치하여 단열완충층 역할을 하게 하고 그 위에 타설되는 경량기포콘크리트는 단순히 채움재로서의 역할만 하게 된다. 그런데 경량기포콘크리트가 경화된 후 그 상부에 타설되는 마감모르타르는 과거에 자갈을 사용할 때보다도 균열이 많이 발생된다는 의견도 있는데, 이것은 그림 1에서와 같이 모르타르 하부층인 경량기포콘크리트가 모르타르의 수분을 급격히 흡수하기 때문으로 추정된다.

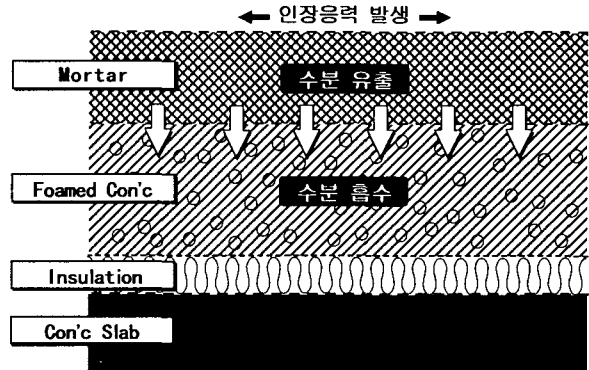


그림 1 모르타르 타설시의 균열발생 모식도

지금까지 국내에서 경량기포콘크리트에 관한 연구가 일부 수행¹⁻²⁾되었으나, 경량기포콘크리트의 흡수로 인한 모르타르의 균열에 미치는 영향에 관한 연구결과는 거의 없으며, 현장에서는 아무런 조치를 취하지 않거나 단순한 경험에 의하여 살수를 하는 등 체계적인 조치방안이 구축되어 있지 않다.

3. 실험계획 및 실험방법

3.1. 실험요인 및 수준

기포콘크리트는 온돌 채움용으로 사용중인 제품을 기준으로 하여 기포율 수준을 설정하고, 모르타르 바탕층(기포콘크리트)의 흡수조건은 현장에서 적용가능한 5가지 방법으로 설정하였다. 현장실험은 간이적으로 3가지 바탕층의 조건에 대해서만 실시하였다. 각 실험의 요인 및 수준은 표 2와 같다.

3.2. 사용재료 및 배합계획

본 실험에서는 식물성 기포제를 사용한 기포콘크리트와 국내 H사 건조모르타르를 사용한 모르타르를 대상으로 하였으며, 각 사용재료의 특성은 표 3, 기포콘크리트 및 모르타르의 배합은 표 4와 같다.

표 2 실험요인 및 수준

구 분	시험항목	요 인	수 준
실내실험	· 기포콘크리트 흡수율 · 모르타르의 불리딩량 · 모르타르의 길이변화율	기포율	62%, 67%, 72%
		바탕면 처리방법	①전일 살수 ②전일 살수 + 당일 살수 ③당일 살수 ④살수안함 ⑤프라이머 도포
현장실험	· 모르타르의 마감 종료시간 · 모르타르의 소성균열 발생시기	바탕면 처리방법	②전일 살수 + 당일 살수 ④살수안함 ⑤프라이머 도포

표 3 사용재료의 특성

사용재료	비중	분말도 (cm ² /g)	사용재료	특 성
시멘트	3.15	3,273	기포콘크리트용 모래	비중 2.62, 조립율 1.77
플라이애시	2.24	3,411	모르타르용 모래	비중 2.62, 조립율 2.97
슬래그	2.87	4,095	기포제	식물성, 비중 1.08, pH 6.8
팽창제	2.76	2.12	프라이머	아크릴계 에멀전계

표 4 기포콘크리트 및 모르타르의 배합

구 분	기포율(%)	단위용적중량(kgf/m ³)					기포제
		Cement	Sand	혼화제	팽창제	W	
기포콘크리트	62	357	38	51	-	229	0.71
	67	313	34	45	-	197	0.68
	72	270	29	39	-	165	0.63
모르타르 (flow 165mm)		356	1,273	96	81	316	-

3.3. 실험방법

3.3.1. 기포콘크리트 흡수율 실험

기포콘크리트의 흡수율은 사진 1과 같이 가로세로 20cm의 플라스틱용기에 높이 6cm로 기포콘크리트를 타설하고, 여기에 약 10mm 높이로 물을 넣어 시간의 경과에 따른 흡수율을 산출하였다.

3.3.2. 모르타르의 불리딩 및 길이변화율 실험

그림 2 및 사진 2와 같이 1,100×1,100×110mm의 판상시험체에 3종류의 기포콘크리트를 60mm 두께로 타설하였다. 그 후 실온에서 재령 7일간 양생하여 표면을 샌딩하고 살수 등 바탕면 처리를 하여 상부에 두께 40mm로 모르타르를 타설하였다. 모르타르의 불리딩량은 타설직후부터 측정하였으며, 모르타르 타설 후 재령 3일째부터 컨택트게이지를 사용하여 판상시험체의 4개 부위의 재령별 길이변화를 측정하여 평균값을 구하였다.

3.3.3. 현장적용 실험

바탕면 처리방법에 의한 모르타르의 실내실험 결과와 비교검토하기 위하여, 동일한 기포콘크리트를 타설하고 바탕면 조건을 3가지로 하여 모르타르의 마감작업시간 및 소성균열 발생유무를 측정하였다.

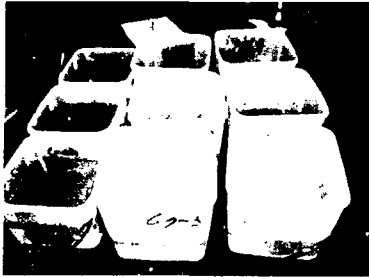


사진 1 흡수율 측정용 시험체

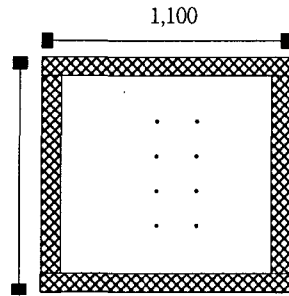


그림 2 판상시험체의 치수

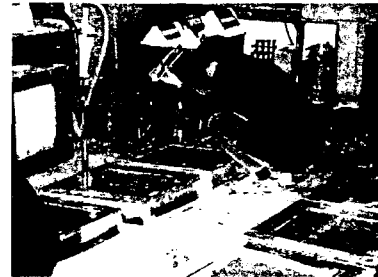


사진 2 모르타르 블리딩 실험

4. 실험결과 및 고찰

4.1. 기포콘크리트의 흡수특성

사진 3은 국내 현장에서 사용되는 수준인 기포율 62%, 67%, 72%의 기포콘크리트의 내부 공극구조이므로써, 기포율이 클수록 공극의 크기가 매우 크므로 흡수속도 및 흡수율도 높을 것임을 암시한다. 그림 3은 기포율이 다른 기포콘크리트의 시간경과에 따른 흡수율(기건상태의 기포콘크리트의 중량에 대한 흡수량의 백분율)을 나타내는 것으로써, 초기의 흡수속도가 매우 커서 2일까지의 흡수량의 50% 이상

이상이 초기 15분내에 흡수되며, 이후에는 흡수속도가 급격히 완만해져 현장에서 일반적인 마감소요시간인 4~5시간 경과 후의 흡수율과 큰 차이가 없음을 알 수 있다. 즉, 모르타르의 타설전에 기포콘크리트의 표면에 15분 이상 살수를 함으로써 기포콘크리트의 흡수로 인한 모르타르의 수축균열 방지에 기여할 수 있을 것으로 판단된다. 단, 동물성기포제를 사용할 경우 및 기포제의 농도에 따라서는 기포율이 동일하더라도 흡수특성이 달라질 수 있으므로, 향후 이에 대한 지속적인 검토가 요망된다.

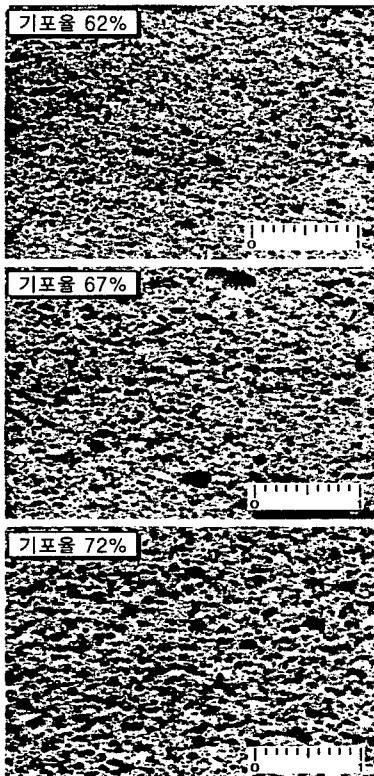


사진 3 기포콘크리트의 공극조직

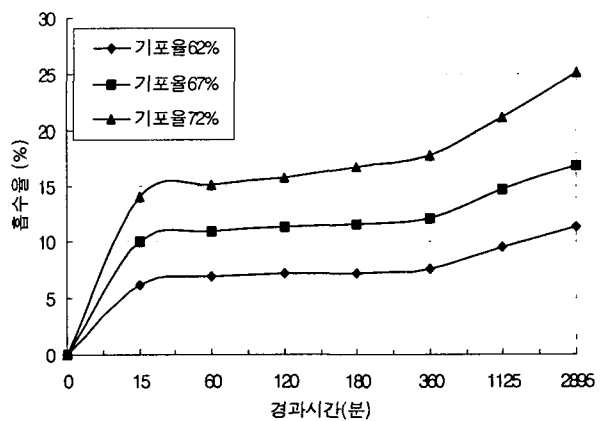


그림 3 시간경과에 따른 기포콘크리트의 흡수율 변화

4.2. 바탕층 조건별 모르타르의 블리딩 특성

바탕층의 기포콘크리트가 모르타르 타설시의 배합수를 흡수한다면 그 결과는 직접적으로 블리딩량 및 블리딩 종결시간으로 나타날 것이므로, 그 특성을 파악하는 것은 의미가 있다고 생각된다. 그림 4와 그림 5는 각각 이와 같은 바탕층의 품질(기포콘크리트의 기포율) 및 살수조건에 따른 모르타르의 블리딩량 및 블리딩 종결시간을 나타낸 것으로서, 블리딩량은 전일+당일살수 > 전일살수 > 프라이머 도포 > 당일살수 > 살수안함의 순으로, 블리딩 종결시간은 전일살수 > 전일+당일살수 > 당일살수 > 프라이머 도포 > 살수안함의 순으로 나타났다.

수분흡수를 차단하기 위하여 프라이머를 도포한 경우에는 전일살수 및 전일+당일살수한 경우보다 블리딩량이 다소 적고 블리딩 종결시간도 짧았는데, 이것은 기포콘크리트가 매우 다공질이므로 수분침투를 차단하기 위한 프라이머의 막이 충분히 형성되기 어려웠기 때문으로 생각된다. 한편 살수를 하지 않는 경우에는 블리딩량이 극히 적고 블리딩이 40분 이내에 종결되므로 소성균열이 발생할 가능성이 많고, 현장에서의 작업속도에 유의해야 할 것이다. 실내에서 작은 크기의 모의시험체를 대상으로 한 본 실험은 현장조건과는 다소간의 차이가 있으며 실험오차도 포함되어 있다. 그러나, 기포콘크리트의 흡수상태에 따라서 블리딩 및 블리딩 종결시간의 차이가 있으므로, 모르타르를 타설하기 하루전이나 타설 당일에 기포콘크리트에 살수를 하는 것이 소성수축균열의 방지 등에 유리할 것으로 사료된다.

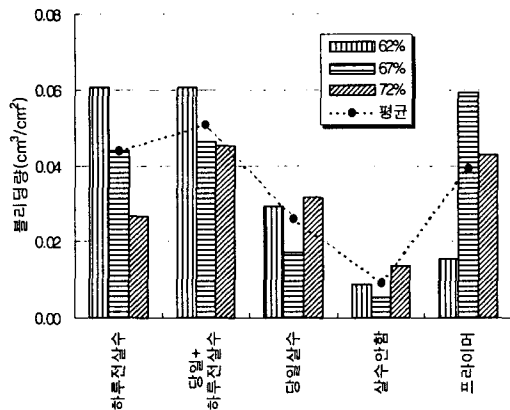


그림 4 바탕층 조건별 모르타르의 블리딩량

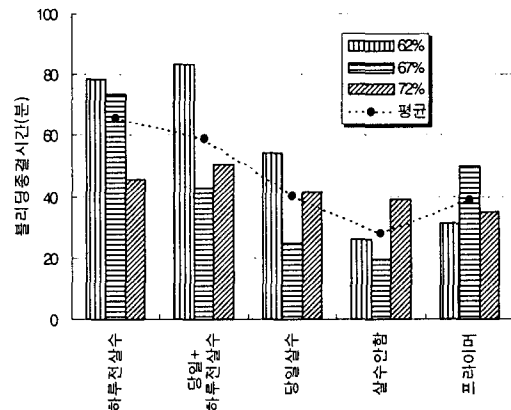


그림 5 바탕층 조건별 모르타르의 블리딩 종결시간

4.3. 기포율 및 바탕면 조건별 길이변화 특성

그림 6은 기포콘크리트의 기포율 및 바탕층의 살수정도에 따른 재령 90일까지의 모르타르의 길이변화율을 나타낸 것이다. 전반적으로 모르타르는 팽창재의 효과로 초기에는 팽창하여 재령 7~10일경에 최대를 나타내었다. 그 후 재령 60일경까지 거의 선형적으로 수축을 하다가 60일 이후에는 다소 완만해진다. 비교적 바탕층의 기포율이 높은 경우가 초기의 팽창율이 높고 팽창기간도 길게 나타났으나, 장기 건조수축율도 최대 -0.07%정도로서 상대적으로 크게 나타났다.

한편, 프라이머를 도포한 경우는 기포율 67%의 경우를 제외하고는 전술한 바와 같이 기포콘크리트의 다공성으로 인하여 표면셀링이 잘 이루어지지 않았서 수축율이 높아졌다고 생각되며, 살수를 하지 않은 경우에는 모든 경우에서 수축율이 가장 높게 나타났다. 반면에 모르타르 타설 하루전 또는 당일에 바탕면에 살수를 한 경우에는 상대적으로 수축율이 높지 않았으므로, 바탕면에 살수를 하는 것이 바탕층에서의 수분공급이 이루어져 장기 건조수축에도 효과가 있는 것으로 나타났다.

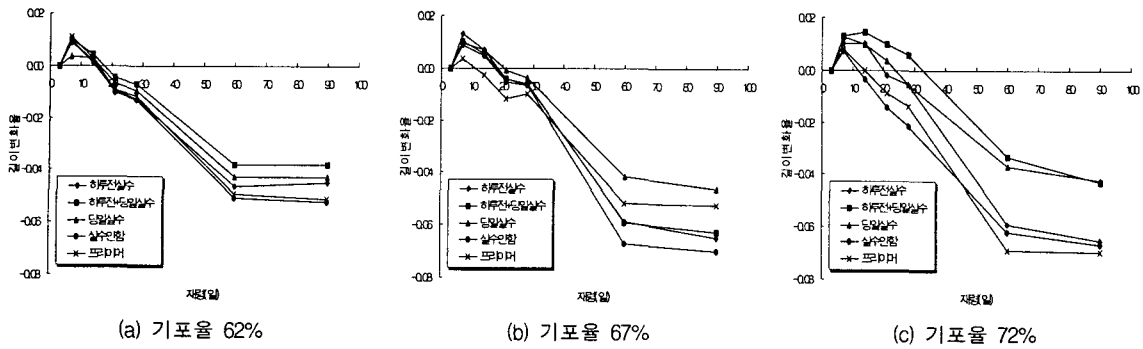


그림 6 바탕층 조건별 모르타르의 길이변화율

4.4. 현장에서의 바탕면 처리방법에 따른 모르타르의 균열발생 및 미장 소요시간

이상의 실내실험 결과의 검증을 위한 일환으로 제한된 조건에서 현장실험을 실시하였다. 그 결과, 현장실험의 오차로 인하여 정량적인 비교는 불가능하지만 바탕면에 살수를 하지 않은 세대에서 많은 소성수축 균열이 전반적으로 발생된 반면에, 전일과 당일에 살수한 6개 세대에서는 소성균열이 발생하지 않았다. 따라서, 바탕면 살수가 소성균열 발생의 억제효과가 있음이 확인되었다. 미장시간에 대해서는 감각적인 판단에 의한 측정값이므로 편차가 크지만, 살수하지 않은 세대가 2차 미장시간이 빠름에도 최종 미장시간이 살수한 경우와 유사한 것은 현장 미장공의 세대별 작업순서에 의한 점도 있다. 이와 같은 미장시간은 시공 당일의 기상조건 등을 고려하여 적절히 결정해야 할 것이다.

표 5 바탕면 처리방법에 따른 균열발생 및 미장 소요시간

바탕면 처리방법	소성균열발생 유무(발생시간)	미장시간(시:분)		
		1차	2차	최종
전일+당일살수	미발생	0:54	3:45	5:42
프라이머 도포	발생(1:13)	1:13	3:42	4:36
살수없음	발생(1:09)	0:50	2:18	5:24

5. 결론

본 연구에서는 온돌바닥용 현장타설 기포콘크리트의 품질별 흡수특성을 파악하고 바탕면 처리방법이 온돌모르타르의 성상에 미치는 영향을 검토하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

- (1) 경량기포콘크리트는 품질에 따라 흡수율의 차이가 크고, 초기 15분 이내에 2일까지의 흡수량의 50% 이상이 흡수되며 그 이후는 흡수속도가 급격히 완만해진다.
- (2) 바탕층 기포콘크리트 함수상태에 따라서 모르타르의 블리딩량 및 블리딩 종결시간의 차이가 크며, 살수하지 않는 경우에는 소성수축에 의한 균열발생 가능성이 높다.
- (3) 기포콘크리트 함수상태에 따라서 모르타르의 건조수축에 의한 길이변화율의 차이가 발생하며, 현장에서 바탕층에 살수를 하는 것이 모르타르의 건조수축에 의한 균열저감에 유리하다.

참고문헌

1. 정성철, 김범수, "온돌단열용 경량기포콘크리트의 배합설계에 관한 연구", 대한건축학회논문집, 14권 12호, 1998, pp.83~92
2. 이도현, 전명훈, 고진수, "플라이애쉬를 혼입한 현장타설 경량기포콘크리트의 물리적 특성 및 품질 관리", 한국콘크리트학회논문집, 제13권 1호, 2001, pp.69-76