

반건식 온돌바닥시스템에 적용을 위한 고성능 모르타르 개발 및 현장 적용 사례

An Application of High Performance Ready-Mixed Mortar on the Semidry Floor Heating System

정희희*
Yang-Hee Jung이병권*
Byung-Kyun Lee김도근**
Do-Geun Kim한정희**
Jung-Hee Han김옥중***
Ook-Jong Kim

1. 서론

최근 공동주택에 있어서 바닥충격음에 대한 문제는 끊임없이 제기되어 오고 있다. 최근에는 아래 윗집간에 소음관련 분쟁으로 인해 중앙환경분쟁조정위원회를 찾아 해법을 모색하는 경우가 다수 발생하고 있는 실정이다.

2006년 1월 9일 이후부터는 주택성능 등급표시제도가 시행됨에 따라 바닥충격음에 대해 1급부터 4급으로 표시하도록 하고 있어 제도적으로 바닥충격음의 중요성이 부각되고 있다. 특히 공동주택 리모델링 시장이 점차 확대되면서 리모델링되는 공동주택이 신규 공동주택과 동일한 범주내의 환경적 법규를 만족해야 하는 문제점이 발생하고 있다. 이러한 문제 중 바닥충격음 부분에서는 기존 공동주택이 슬래브 두께 120 mm의 벽식 구조이기 때문에 현재 신축되고 있는 210 mm 슬래브 공동주택에 비해 바닥충격음 성능이 크게 못 미친다는 것이다. 이러한 거주자의 요구 및 리모델링 시장에 대응하고자 당사에서는 2007년 8월 31일자로 국내 초고성능의 바닥충격음 완충재 1급 제품개발을 완료하여 한국건설기술연구원으로부터 인정서를 획득하였으며, 국내 최초 1급부터 4급까지 전 성능 등급에 대해서 기술 및 바닥충격음 완충재를 보유한 건설사가 되었다. 바닥충격음 완충재의 경우 제품의 종류 및 특성에 따라 일반 습식, 적층형 습식, 반건식, 완전건식으로 나눌 수 있다. 습식과 반건식의 경우 경량기포 콘크리트의 타설 유무에 따라 타설할 경우 습식, 타설하지 않을 경우 반건식으로 분류한다. 완전건식은 경량기포 콘크리트뿐만 아니라 마감 모르타르층까지 모두 건식화된 공법을 말한다.

기준에 많이 적용되고 있는 일반 습식구조에 비해 적층형 습식의 경우에는 상부 충격에 대해 충분히 충격량을 흡수할 수 있도록 변위량이 크며, 다양한 재료로 적층해 놓은 것이 특징이다. 일반적으로 적층형 습식이 일반 습식에 비해 중량 충격음 성능이 좋아 현재 당사의 현장에서 일반 습식형 대신 적층형 습식의 구조로 바닥 시스템이 변경되고 있는 실정이다.

적층형 습식의 경우 바닥충격음 완충재만 변경되고 기존의 습식형과 동일하게 경량기포 콘크리트 및 마감 모르타르를 적용하므로 완충재 변경에 따른 마감 모르타르의 성능 검토가 불필요하다.

중량충격음 1급 수준의 완충재를 개발하기 위해서는 기존의 20 ~ 30 mm의 완충층으로는 완충력이 부족하게 되는데 이때 개발된 방법이 경량기포 콘크리트 층을 대체하여 50 ~ 80 mm의 완충층을 구성하는 것이다.

경량기포 콘크리트가 없는 만큼의 공간을 사용할 수 있으나 난방배관의 설치, 구조적안정성 및 슬래브의 레벨관리 문제 등의 어려움이 있다. 그러나 지금까지 건설현장에서 온돌바닥 마감용으로 적용되고 있는 일반 건조레미탈 및 레미콘 모르타르 등은 경량기포 콘크리트 층이 존재하지 않는 반건식 온돌바닥 시스템에 적용하기에는 균열 발생 및 표면 품질관리 불량 등의 문제점이 현장 실무자들을 통해서 제기되고 있으나 명확히 규명되지 않고 있다.

이러한 배경에서 대림산업(주)와 한일시멘트(주)는 공동기술 개발을 통하여 기존 바닥마감용 건조레미탈의 문제점을 보완하고 반건식 온돌바닥시스템에 적용할 수 있는 재료기술로써 고급형 모르타르 및 속경형 모르타르용 건조레미탈을 개발하였다.

본 고에서는 일반 공동주택 신축현장에서 일부 세대에 시험적으로 반건식 온돌바닥시스템을 적용하여 일반, 고성능 및 속경형 모르타르용 건조레미탈을 사용한 바닥면의 품질상태를 비교·검토한 현장적용 사례를 소개하고자 한다.

* 정희희, 대림산업(주) 기술연구소 주임연구원
heeyaa55@naver.com

** 정희희, 한일시멘트(주) 테크니컬센터 주임연구원

*** 정희희, 대림산업(주) 기술연구소 책임연구원

2. 반건식 온돌바닥시스템의 개요

2.1 반건식 온돌바닥시스템의 구조

공동주택의 바닥충격음 완화를 위한 온돌바닥 시스템의 개발 방향은 <그림 1>에 나타난 바와 같이 현재의 습식형 표준바닥 구조에서 향후 완전건식 바닥시스템으로 진행될 예정이다. 현재 당사가 보유한 기술은 적층형 습식 및 반건식 시스템이며, 각 시스템별로 적용되는 완충재에 따른 당사의 보유기술 수준은 <표 1>에서 확인할 수 있다.

<표 1>의 당사보유기술 3, 5번을 적용할 경우 적층형 습식 시스템으로써 기존의 습식구조와 유사하여 <그림 2>와 같이 완충재 위에 경량기포 콘크리트 타설 후 온돌바닥 모르타르용 건식 레미탈 또는 레미콘 모르타르로 마감할 수 있다.

그러나 당사보유기술 1, 2번을 적용할 경우에는 완충재의 두께가 60mm이므로 온수파이프의 피복두께를 감안하여 경량기포 콘크리트 타설을 삭제해야 모르타르 시공 가능하므로 <그림 3>과 같이 완충재 설치 후 바로 온돌바닥용 모르타르를 타설해야 한다. 이때 공동주택 현장에서 일반적으로 사용하는 건조 레미탈 또는 레미콘 모르타르는 블리딩 과다에 따른 경화 지연, 표면 레이턴스 발생 및 건조수축 균열 발생 등의 문제점으로 인하여 셀프레벨링 고성능 레미탈 사용을 권고하고 있는 실정이다.

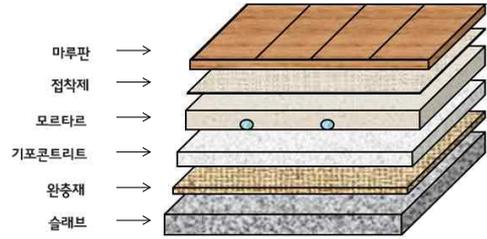


그림 2. 적층형 습식 시스템

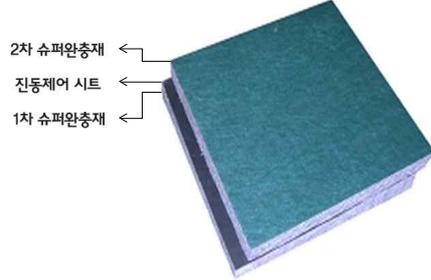


그림 3. 반건식구조 시스템

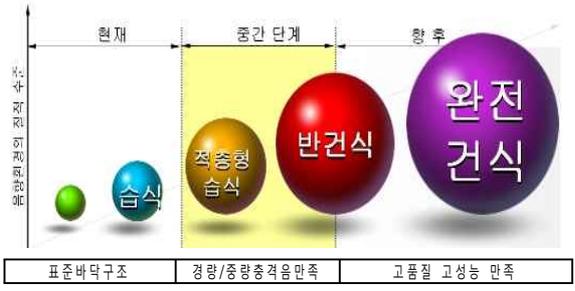


그림 1. 온돌바닥시스템의 분류

표 1. 한국건설기술연구원 시험동 인성서 결과

당사 보유 기술	슬래브 두께 (mm)	중량등급	경량등급	바닥두께 (mm)	제품두께 (mm)
1	180	1급(36 dB)	1급(36 dB)	110	60
2	180	1급(38 dB)	1급(38 dB)	110	60
3	180	2급(42 dB)	1급(37 dB)	110	30
4	150	3급(47 dB)	1급(41 dB)	110	40
5	150	4급(49 dB)	2급(44 dB)	110	30

2.2 온돌바닥 마감용 모르타르의 분류

공동주택이 고층화·대단지화 됨에 따라 온돌바닥 마감용 모르타르 또한 대량 타설의 공기 단축을 통하여 최근까지 건조 레미탈을 사용한 현장 혼합후 타설하는 시공방법을 적용하고 있는 실정이다.

적층형 습식 시스템의 경우 일반 습식구조와 같이 완충재 시공 후 경량기포 콘크리트와 모르타르를 타설하는 방법이 동일하므로 기존의 시공방법을 그대로 적용 가능하다. 그러나 반건식 시스템의 경우 앞에서 언급한 바와 같이 경량기포 콘크리트가 시공되지 않으므로 기존 방식대로 모르타르를 타설하는 경우 많은 하자를 발생시킬 수 있어 셀프레벨링 모르타르를 사용할 것을 추천하고 있다.

한편 셀프레벨링 레미탈의 경우 경화 속도가 매우 빠르고 바닥 평활도 작업을 별도로 하지 않아도 되는 등 시공적인 장점은 많으나 비용이 매우 높아 공동주택 현장에서 대량 적용되기에는

무리가 많이 따른다. 그러나 최근까지 일반 건조 레미탈과 셀프 레벨링용 레미탈 품질의 중간 단계에 해당하는 고성능 제품이 존재하지 않아 현장에서 반건식 시스템을 적용할 경우 모르타르용 제품 선택에 대안이 없는 실정이었다.

따라서 당사는 한일시멘트(주) 테크니컬센터와 공동 연구를 통해 셀프레벨링 레미탈보다 경제성이 있으면서 반건식 시스템에 적용 가능한 고성능 건조 레미탈을 단계별로 개발하였으며, 그 성능에 따라 <표 2>과 같이 고급형, 속경형으로 분류할 수 있다.

공동주택에서 일반적으로 사용하는 건조 레미탈과 비교해서 고급형 및 속경형의 경우 분말형 감수제 등을 적용하여 기존 대비 물-모르타르비가 감소하여도 작업성은 더 향상되는 경향을 보이며, 또한 경화시간도 최종 마감 시간이 기존 기술 대비 각각 2시간, 4시간 이상 단축되었다. 또한 시공방법은 기존과 본 재료 적용에 따른 추가 공정이나 공법 관리가 필요 없어 현장적용이 간편한 특징이 있다.

속경형 레미탈의 경우 바닥 평활도 작업을 기존 방법보다 감소시킬 수 있는 특징을 가지고 있다.

3. 현장 적용 결과

3.1 현장 개요

당사에서 개발한 바닥충격음 완충재 60mm 적용성 검토투와 일반 건조 레미탈, 고성능 레미탈 및 속경형 레미탈 적용에 따른 바닥 모르타르 품질 확인을 위해 경남A 공동주택 신축 현장에 시험적용 하였으며, 현장 개요는 <표 3> 및 <그림 4>와 같다.

표 2. 건조 레미탈의 분류 및 특성

구분	일반		고급형		속경형		
	실내	현장 생산	실내	현장 생산	실내	현장 생산	
결합(binder) 조성	시멘트, 실리카 폼, 플라이 애쉬, 무수석고, 수축저감제		시멘트, 실리카 폼, 플라이 애쉬, 무수석고, 수축저감제, 분말형감수제, 분말형유동화제		시멘트, 실리카 폼, 플라이 애쉬, 속경형 결합제, 무수석고, 수축저감제, 분말형감수제, 분말형유동화제, 지연제		
물-모르타르비(W/M)	19.0 ~ 21.0		17.0 ~ 19.0		16.0 ~ 18.0		
플로우(mm)	200 ± 20		210 ± 20		230 ± 20		
단위질량(kg/m ³)	2,100 ± 30		2,150 ± 30		2,150 ± 30		
압축강도(MPa)	3일	6	5.4	10.9	8.2	10.1	9.0
	7일	6.7	6.1	14.2	9.3	14.8	16.5
	28일	15.1	12.6	26.8	19.3	28.5	24.1

표 3. 공사 현장 개요

구분	주요 내용
현장명	경남A 공동주택 신축현장
현장규모	지하 2층, 지상 18층 ~ 25층, 10개동, 총 651세대
공사기간	2005년 11월 ~ 2009년 11월
구조형식	RC 벽식구조
시공사	대림산업(주)



그림 4. 완공 후 현장 조감도

바닥충격음 완충재 60mm를 적용한 세대는 총 6세대이며, 각 건조 레미탈 별로 2세대씩 적용하여 그 성능을 비교·검토투하였다. 또한 일반 건조 레미탈을 사용할 때와 어느 정도의 품질 차이가 발생하는지를 비교하기 위해 적층식 습식시스템으로 2세대를 추가 시공하였다.

3.2 현장 적용 결과

적층식 습식 시스템 2세대 및 반건식 시스템 6세대에 대하여 일반, 고급형 및 속경형 건조 레미탈을 <사진 1>과 같은 현장 배합으로 타설을 완료하였다.

레미탈 종류별 1세대 타설 시간과 바닥 평활도 고름용 미장 작업의 투입시간은 <표 4>와 같으며, 일반에 비해서 고급형 및 속경형 레미탈을 적용한 경우 마감시간이 단축됨을 확인할 수 있었다. 한편 반건식 시스템에 일반 건조 레미탈을 적용한 경우 다량의 블리딩이 발생하여 표면 경화 시간이 지연되어 미장을 기존대비 1회 추가했으며, 최종 마감시간도 적층형 습식시스템에 비해 약 2시간 정도 지연되었다.

고급형 및 속경형 레미탈을 적용한 반건식 바닥시스템의 경우 경화 시간이 일반 레미탈을 적용한 경우보다 빨랐으며, 특히 속경형 레미탈의 경우 1차 미장을 타설 5분 후 즉시 시작하여 타



사진 1. 현장 적용 장면

표 4. 레미탈 종류별 타설 시간 및 미장작업 투입 시간

구분	일반				고급형		속경형		
	경량기포 콘크리트		완충재 60 mm		101C	101D	102	103	
적용세대	101A	101B	108	110	101C	101D	102	103	
타설 경과시간 (min)	15	17	17	15	15	17	15	15	
미장 시간 (hr)	1차	1:30	2:00	3:00	3:00	1:45	2:00	0:05	0:05
	2차	2:30	2:20	4:30	4:30	3:00	3:10	1:25	1:40
	3차	5:40	6:10	7:00	6:30	4:40	4:10	2:45	3:00
	4차			8:00	7:30				

설 후 3시간 내에 최종 마감 작업을 완료하였다. 1차 미장의 경우 다른 구간과 동일한 시간으로 작업을 수행하였으나 2~3차 미장 작업에서는 10분 내외로 손보기 작업수행으로 마감하여 미장 작업 자체도 간소화 할 수 있을 것으로 판단되었다.

현장 모르타르 타설 시 레미탈 종류별 굳지 않은 상태 및 경화 후의 품질관리 시험 결과는 <표 5>과 같으며, 작업성 및 강도 측면에서 고급형 및 속경형이 일반 건조 레미탈보다 성능이 향상되었음을 확인할 수 있었다.

3.3 함수율 및 균열 측정 결과

최근 공동주택의 세대 내부 바닥 마감재로 온돌마루합판 적용

표 5. 레미탈 종류별 현장 품질시험 결과

구분	일반	고급형	속경형	
물-모르타르비(W/M)	21.0	18.0	17.0	
플로우(mm)	190 ± 20	210 ± 20	220 ± 20	
공기량(%)	2.3	4.1	4.0	
압축강도 (MPa)	3일	4.1	6.0	9.8
	7일	8.5	15.2	17.5
	28일	16.2	28.4	29.0

이 확대됨에 따라 바탕면인 모르타르의 표면 품질상태가 마감재의 품질 상태에 많은 영향을 미치게 되었으며, 대표적 인자로 표면의 함수율, 균열 및 표면부착강도를 꼽을 수 있다.

온돌마루합판을 시공하기 위해서는 표면 함수율이 5% 이하가 되어야 한다는 조건을 만족해야 하며, 이를 위해서는 타설 후 일정기간 동안 건조시간을 확보해야 하므로 공동주택 마감공사의 공기단축에 중요한 요소가 되었다. 함수율이 높을 경우 온돌마루합판의 변색 및 접착력 저하에 따른 들뜸 등이 발생할 수 있다.

또한 온돌바닥 모르타르 표면에 발생하는 균열은 마감재 품질 관리에 중요한 영향을 미쳐 지금까지 모르타르의 균열제어를 위한 여러 가지 연구가 수행되어져 왔으나 반건식 시스템으로 변경될 경우 균열 발생 메커니즘 또한 바뀌기 때문에 이에 대한 균열 저감 방안을 별도로 검토해야 할 필요가 있다.

표면부착강도의 경우 접착식으로 시공되는 온돌마루합판 특성상 바탕면의 품질상태가 양호하지 못한 경우 마감재의 들뜸 및 부풀어오름 등이 발생할 수 있으므로 현재 표면부착강도가 0.8 MPa/m² 이상이 되도록 현장에서 품질관리를 하고 있다.

따라서 현장 적용 후 모르타르 표면 함수율과 균열, 표면부착강도를 측정하는 것은 반건식 바닥시스템의 경우 발생할 수 있는 후속공정의 하자 예방을 위한 것이다.

함수율, 균열 발생 길이 및 표면 부착강도 측정방법은 <사진 2>와 같으며, 각 재령 별 측정 결과는 <표 6>에서 확인할 수 있다.

표면 함수율 측정 결과 반건식 시스템에서 일반 건조 레미탈을 적용한 경우 재령 28일에서 평균 8.6%로 가장 높았으며, 속경형 건조 레미탈을 적용한 경우 재령 28일에서 평균 5.9%로 가장 낮음을 확인할 수 있었다.

또한 표면 부착강도의 경우 일반 건조 레미탈을 적용하였을 때 적층식 습식 및 반건식 시스템에서도 품질관리기준인 0.8MPa/m² 보다 더 낮은 값을 보였으나 고급형 및 속경형 레미탈을 적용한 경우에는 모두 기준을 상회하는 것으로 나타내었다.

균열 발생 측면에서 초기 양생관리를 통해 시험세대 모두 초기 소성수축균열은 발생하지 않았으나 재령 28일에서는 일반 건

조 레미탈을 적용한 세대에서 매우 심각하게 발생하였다. 특히 반건식 바닥시스템의 경우에는 <사진 3>과 같이 균열 길이, 폭 뿐만 아니라 단차까지 발생할 정도로 심각하였다.

따라서 당 현장 적용 시험을 통해 반건식 바닥시스템에서는 일반 건조 레미탈 적용이 후속공정의 품질관리에 부정적 영향을

미칠 요소가 매우 높음을 확인할 수 있었으며, 고급형 및 속경형 건조 레미탈을 적용할 필요가 있을 것으로 판단된다.

4. 결론

본 고에서는 공동주택의 바닥충격음 규제 강화에 따라 현장의 세대 내부에 온돌바닥이 반건식 시스템으로 변경될 경우 시공 가능한 바닥 모르타르용 건조 레미탈을 시공 중인 현장에 시험 적용한 사례를 정리하여 보고하였다.

반건식 시스템의 현장 시험 적용 결과, 일반 건조 레미탈을 적용한 경우 기존의 적층식 습식시스템의 모르타르 표면보다 흡수율, 균열 길이 및 표면부착강도 측면에서 더 열악한 결과가 도출되었으며, 고급형 및 속경형 건조 레미탈의 경우 더 우수한 표면 품질을 보여 반건식 바닥시스템에 적용 가능한 모르타르로써 개발된 성능을 확인할 수 있었다.

이상과 같이 온돌바닥의 반건식 시스템에 적용 가능한 고성능 모르타르 종류인 고급형 및 속경형 건조 레미탈을 적용하여 그 품질을 확인하였을 뿐만 아니라 고품질화 요소기술을 확보하게 되었다.

따라서 국내최고 성능의 바닥충격음 시스템을 각 급수별로 보유한 기술력을 실용화하기 위해 완충재 성능 개발뿐만 아니라 반건식 바닥 시스템에 적용 가능한 고성능 모르타르를 개발 완료함으로써 당사의 기술역량을 한 단계 더 향상시킬 것이며, 더 나아가 앞으로 지속적인 현장 시험 시공을 통한 성능 검증과 경제성 확보 및 진보 기술 활성화를 위하여 노력 할 것이다. □



(a) 표면 흡수율 측정 (b) 표면 부착강도 시험

사진 2. 모르타르 표면 품질관리

표 6. 흡수율 및 균열 측정 결과

구분	일반 건조 레미탈				고급형 건조 레미탈		속경형 건조 레미탈	
	경량기포 콘크리트	완충재 60 mm		101C	101D	102	103	
적용세대	101A	101B	108	110	101C	101D	102	103
재령 14일	흡수율(%)	-	-	-	6.8	6.7	6.8	7.0
	균열(m)	-	-	-	-	-	-	-
재령 28일	흡수율(%)	7.50	7.80	8.50	8.80	7.00	6.10	6.00
	균열(m)	12.40	29.50	41.50	69.90	9.90	9.80	2.20
표면부착강도 (MPa/m ²)	0.62	0.71	0.55	0.48	1.23	1.41	1.22	1.33



(a) 60 mm 완충재 + 일반 건조 레미탈(108동) (b) 60 mm 완충재 + 일반 건조 레미탈(108동) (c) 60 mm 완충재 + 일반 건조 레미탈(110동)

사진 3. 균열 발생 현황

담당 편집위원 : 이상수(한밭대학교) sslee111@hanbat.ac.kr

<http://www.kci.or.kr>

KOREA CONCRETE INSTITUTE