

工學碩士 學位論文

養生方法에 따른 共同住宅 온돌 모르터
龜裂 發生 特性에 관한 研究

指導教授 李 守 用

이 論文을 釜慶大學校 産業大學院 建築工學科 韓聖哲 先生에 提出함



2002年 2月

釜慶大學校 産業大學院

建 築 工 學 科

韓 聖 哲

이 論文을 韓聖哲의 工學碩士
學位論文으로 認准함

2001年 12月

主 審 工學博士 任 英 彬



委 員 工學博士 李 在 龍 (印)



委 員 工學博士 李 守 用



< 목 차 >

Abstract

I. 서	론	.....	1
1.1	연구의 배경 및 목적	.....	1
1.2	연구동향	.....	2
1.3	연구의 범위 및 방법	.....	3
II. 시멘트 모르타의 균열 특성	.....		5
2.1	공동주택 온돌바닥의 특성	.....	5
2.1.1	온수온돌 바닥구조체의 유형	.....	5
2.1.2	온수온돌 바닥재의 요구성능	.....	6
2.1.3	바닥구조체 각 부위별 성능 및 재료	.....	8
2.2	균열발생의 메카니즘	.....	13
2.3	마감 모르타의 균열발생 원인	.....	13
2.3.1	소성 수축 균열	.....	13
2.3.2	건조 수축에 의한 균열	.....	14
2.3.3	열(대기온도, 수화열) 응력에 의한 균열	.....	14
2.3.4	기타	.....	14
2.4	온돌바닥 마감 모르타의 균열발생 양상	.....	14
2.5	마감 모르타의 균열감소 방법	.....	16
2.5.1	보강재	.....	16

2.5.2 유동 화제	17
2.5.3 레미탈	17
2.5.4 셀프레벨링(self levelling)재	17
Ⅲ. 공동주택 온돌바닥 모르타의 양생 방법에 따른 균열 발생 특성 실험	19
3.1 실험개요	19
3.2 실험요인 및 수준	19
3.3 실험재료 및 기기	20
3.3.1 실험 재료	20
3.3.2 실험 방법 및 실험 기기	23
3.4 시공현장 적용실험	25
Ⅳ. 실험결과 및 분석	27
4.1 실험 결과	27
4.2 공시체의 양생 방법에 따른 균열 특성	28
4.2.1 노출양생법에 의한 균열 발생	28
4.2.2 라텍스도포양생법에 의한 균열 발생	30
4.2.3 비닐밀폐양생법에 의한 균열 발생	32
4.2.4 양생방법별 균열발생 특성	34
4.3 공시체의 재료별 균열 특성	35
4.3.1 레미탈 바름의 균열 발생	35
4.3.2 시멘트 모르타의 균열 발생	37
4.3.3 재료별 균열발생 특성	40
4.4 현장 적용 실험 결과	40

4.4.1 균열 최대 발생 시기	40
4.4.2 레미탈 바름 현장	41
4.4.3 모르터 바름 현장	42
4.4.4 현장적용 시공결과 고찰	46
 V. 결 론	 47
 참고 문헌	 49

< 표 목 차 >

표 2.1 파이프 매설식 온수온돌 바닥구조체의 유형	5
표 2.2 단열재의 성능	9
표 2.3 배관재의 물성치	11
표 3.1 실험 샘플의 종류	20
표 3.2 모르타 배합비	21
표 3.3 레미탈 배합비	21
표 3.4 보통 포틀랜드 시멘트의 물리적 특성	21
표 3.5 보통 포틀랜드 시멘트의 화학조성	22
표 3.6 잔골재의 물리적 성상	22
표 3.7 CSA계 팽창재의 화학조성	22
표 3.8 현장별 시험조건	25
표 4.1 S1의 균열특성	27
표 4.2 S2의 균열특성	27
표 4.3 S3의 균열특성	27
표 4.4 S4의 균열특성	27
표 4.5 S5의 균열특성	28
표 4.6 S6의 균열특성	28
표 4.7 노출양생한 시험체의 균열총길이 비교	28
표 4.8 노출양생한 시험체의 최대균열폭 비교	29
표 4.9 라텍스도포양생한 시험체의 균열총길이 비교	30
표 4.10 라텍스도포양생한 시험체의 최대균열폭 비교	31

표 4.11 비닐밀폐양생한 시험체의 균열총길이 비교	32
표 4.12 비닐밀폐양생한 시험체의 최대균열폭 비교	33
표 4.13 레미탈 시험체의 균열총길이 비교	35
표 4.14 레미탈 시험체의 최대균열폭 비교	36
표 4.15 모르터 시험체의 균열총길이 비교	38
표 4.16 모르터 시험체의 최대균열폭 비교	39
표 4.17 균열발생 시기 및 균열길이	40

< 그림목차 >

그림 2.1 바닥 단면 상세그림	15
그림 2.2 공동주택 바닥 마감 균열	16
그림 3.1 실험용 샘플의 상세	23
그림 3.2 밀폐양생방법으로 공시체 제작	23
그림 3.3 라텍스도포양생방법으로 공시체 제작	24
그림 3.4 노출양생방법으로 공시체 제작	24
그림 3.5 바닥 모르터 타설(a)	26
그림 3.5 바닥 모르터 타설(b)	26
그림 4.1 노출양생한 시험체의 균열총길이	29
그림 4.2 노출양생한 시험체의 최대균열폭	30
그림 4.3 라텍스도포양생한 시험체의 균열총길이	31
그림 4.4 라텍스도포양생한 시험체의 최대균열폭	32
그림 4.5 비닐밀폐양생한 시험체의 균열총길이	33
그림 4.6 비닐밀폐양생한 시험체의 최대균열폭	34
그림 4.7 레미탈 시험체의 균열총길이	35
그림 4.8 레미탈 시험체의 최대균열폭	37
그림 4.9 모르터 시험체의 균열총길이	38
그림 4.10 모르터 시험체의 최대균열폭	39
그림 4.11 양생방법별 균열 최다 발생 시기	41
그림 4.12 현장별 균열길이	42
그림 4.13 현장별 단위면적당 균열길이	42

그림 4.14	노출양생 현장 균열발생 현황(a)	43
그림 4.15	노출양생 현장 균열발생 현황(b)	43
그림 4.16	라텍스도포바름 현장 균열발생 현황(a)	44
그림 4.17	라텍스도포바름 현장 균열발생 현황(b)	44
그림 4.18	비닐밀폐양생 현장 균열발생 현황(a)	45
그림 4.19	비닐밀폐양생 현장 균열발생 현황(b)	45

A Study on the Properties of Crack according to the Curing Conditions in the On-Dol Floor of Apartment Building

Sung-Chul Han

**Department of Architectural Engineering
Graduate School of Industry,
Pukyong National University**

Abstract

The purpose of this study was to compare and analyze the crack property of On-Dol floor mortar according to the change curing conditions in apt. Test samples were all six.

The curing conditions were air-exposed, air-exposed being coated by latex, hermetic curing by polyethylene film.

Ready mixed mortar and general mortar was applied to each three samples. Also field-test were executed for certificating the result of six samples.

The results are as follows;

- (1) In the case of using Ready mixed mortar, length and width of crack in floor mortar was a litter shorter and narrower than general mortar.
- (2) In the case of air exposed curing condition, length and width of crack

in floor mortar was much longer and much wider than the other case.

- (3) In the case of hermetic curing condition by polyethylene film, length and width of crack was much shorter and narrower than air exposed curing condition being coated by latex. So the hermetic curing condition by polyethylene film was effective for restraining crack in floor mortar.
- (4) Without the kind of mortar, in the case of hermetic curing condition by polyethylene film, the properties of crack in floor mortar was nearly the same. So using general mortar being hermetic curing condition by polyethylene film is more economic than using ready mixed mortar.
- (5) The properties of crack in field test were longer and wider than that of sample test. But be applied reasonable construction methods, length and width of crack shall be decreased as sample-test in laboratory.
- (6) The follow methods were necessary for applying the results of this study to construction process ;
 - ① For hermetic effect, joiner's glasses work is finished before floor-mortar work.
 - ② When joiner's glasses work is impossible, polyethylene film is useful to take the place of glasses.
 - ③ It is useful to set air-blow hole in floor mortar work for constraint the crack of floor mortar.
 - ④ It is effect to set the expansion joint in a point of intersections between main room and living room. And this lines have to be humid for 2~3 days.

I. 서 론

1.1 연구의 배경 및 목적

현재 국내 공동주택에 적용되고 있는 난방방식인 온수온돌 난방방식은 우리나라 특유의 전통적인 것으로, 벽난로나 가열기 등을 이용해 실내 공기의 온도만을 상승시키는 서양의 난방방식과 달리 실내 바닥을 가열하여 바닥 부근 공기의 대류현상에 의해 방안의 전공간을 골고루 가열하는 매우 독특한 방식이다.

온돌 난방방식은 세계적으로 특이한 방식으로 그 효율이 우수하므로 외국에서도 아파트 공사시 온돌방식을 선택사양으로 채택하는 등 점차 사용이 증가되고 있는 추세이나 아직 온돌공사에 대한 연구나 실적이 미미하기 때문에 한국의 기술을 배워가고 있는 실정이다. 따라서 온돌공사에 대한 연구 및 문제해결을 위한 노력은 우리가 가장 앞서 있을 뿐만 아니라 선도적 역할을 해야 하는 실정이라 할 수 있다.

우리나라의 온돌 난방방식은 재래식 온돌방식에서 구멍탄용 온돌을 거쳐 최근 공동주택에서 보는 바와 같은 파이프 매설식 온수온돌 방식으로 발전하여 왔다. 하지만, 국내 대부분의 온돌 전문시공 업체의 온수온돌 바닥구조체에 대한 연구나 표준화 작업이 미흡하고 현장에서의 바닥구조체 시공이 숙련공에게 거의 일임되어 그 시공방법 및 재료선택이 시공업체마다 다른 실정이며, 또한 바닥 구조체의 견고성과 반영구적 사용이 가능하도록 하는데 필수요건인 바닥 모르터의 균열방지를 위한 새로운 공법이나 재료에 대한 연구는 아직 미흡한 실정이다.

최근 국내에 건설되는 공동주택의 경우 파이프 매설식 온수온돌 난방방식

을 채택하고 있으며, 바닥 콘크리트 슬라브 상부에 마감되는 재료 중 특히 바닥 모르터의 균열로 인한 난방효율의 저하 및 최종 마감재(바닥지 또는 모노륨)의 손상으로 인해 소비자의 불만을 낳게 하는 것이 사실이며, 바닥 모르터의 균열을 최소화할 수 있는 공법 및 재료의 연구는 필수적이라 할 수 있다.

따라서 본 연구에서는 공동주택 공사시 성행하고 있는 균열 방지제를 혼합한 레미탈과 모르터 실험 샘플로 하여 시공 현장에서의 양생조건을 변화시켜 바닥용 모르터에 발생하는 균열의 특성을 살펴보고, 현장의 양호한 양생조건이 모르터의 균열에 미치는 영향을 레미탈과 모르터 샘플을 비교·분석해 보다 효율적인 온수온돌 시스템을 설계·시공하기 위한 기초자료를 제시하고자 한다.

1.2 연구동향

공동주택의 바닥 마감용 모르터의 균열의 전반적인 특성과 균열을 감소시키기 위한 근래의 연구를 개략적으로 정리하면 다음과 같다.

이종열¹⁾은 바닥마감용 모르터의 균열을 발생시키는 모르터의 체적수축을 일으키는 요인들을 거시적 측면에서 분석하고, 팽창재의 사용유무와 사용정도를 실험인자로 보고, 또한 모래/시멘트비와 물/시멘트비에 따른 건조수축특성을 실험을 통하여 검토하였다. 연구결과 팽창재를 사용한 시멘트는 팽창성능이 증진되면 강도가 감소하게 됨으로 적정량의 팽창재를 사용해야만 강도와 건축수축에 의한 균열방지효과를 얻을 수 있으며, 모래/시멘트비의 증가는 건조수축을 감소시킬 수 있지만, 팽창재를 혼합한 시멘트의 경우는 팽창성능을 저하시키게 됨으로 적정의 모래/시멘트비를 사용해야 한다고 하였다.

정재동²⁾은 마감 모르터의 균열을 방지하기 위하여 필요한 작업성을 유지하면서 단위수량을 최소화하는 최적배합의 선정과 팽창제를 사용하여 수축을 보상하는 방법에 대하여 연구하였으며, 물 시멘트비를 줄이더라도 조립율이 큰 잔골재를 사용하고 고성능 감수제를 적정량만큼 첨가하면 필요한 작업성을 유지할 수 있다고 하였다.

한성수³⁾는 시멘트 모르터의 단위팽창재량 및 양생방법을 변화시킨 조건에서 길이변화율, 질량감소율, 동탄성계수 등 제반특성을 분석하므로써 팽창모르터의 양생방법 요인에 따른 팽창특성을 종합적으로 고찰하였다. 연구결과 수중양생, 표준양생 그리고 기중양생 순으로 마감 모르터의 팽창이 큰 것으로 나타났으며, 기중양생의 경우는 팽창제를 혼입하더라도 팽창제의 수화반응 부진과 연관하여 거의 팽창작용을 발휘하지 못하므로 팽창작용에 있어서 습윤양생조건이 매우 중요함을 제시하였다.

상기에서 간단히 요약한 연구에서 살펴보면, 바닥마감용 모르터의 균열의 전반적인 특성과 균열을 저감하기 위한 팽창제 및 재료의 성분비 등을 통하여 마감 모르터의 균열을 감소시키는 연구가 최근의 연구동향이라 할 수 있으며 모든 연구성향이 재료성분비 배합에 의한 균열저감에 중점을 두어 70~80%이상 균열저감을 할 수 있는 실제 현장 시공시에 현장에 적용할 수 있는 연구가 부족한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 상기의 내용을 기초로 하여 모르터의 현장 양생방법의 변화를 통해 마감용 모르터의 균열 저감 효과를 살펴보고자 한다.

1.3 연구의 범위 및 방법

공동주택의 바닥미장용 마감 모르터의 균열을 저감하기 위한 방법으로 섬유보강재, 메탈 라스(metal lath), 와이어 메쉬(wire mesh) 등을 이용한 보강

재 사용법, 모르터의 시공성으로 인한 추가적인 물의 혼합을 방지하지 위한 유동화제를 사용하는 방법, 균열방지제를 첨가한 레미탈을 이용하는 방법, 무수축 모르터 혼화제를 사용하는 방법 등으로 분류될 수 있다.

본 연구에서는 시공 현장에서의 양생방법에 따라 균열방지제를 첨가한 모르터(레미탈이라 칭함), 미첨가 시멘트 모르터의 균열 특성을 살펴보기 위하여, 상온에서 공기에 노출시킨 경우와 밀폐시킨 각각의 경우에 대한 실험 샘플을 제작하여 레미탈과 모르터의 전반적인 균열 특성을 조사하기로 하며, 주요 비교·분석할 내용을 요약하면 다음과 같다.

- 1) 대기 중에 노출시킨 레미탈과 모르터의 균열길이, 균열폭 측정과 비교
- 2) 외부 공기로부터 밀폐시킨 레미탈과 모르터의 균열길이, 균열폭 측정과 비교
- 3) 라텍스(경화지연제로서 혼탁액) 도포 후 레미탈과 모르터의 균열길이, 균열폭 측정과 비교
- 4) 위 결과를 기초로 하여 시공 현장의 양생방법에 따라 레미탈과 모르터에 대한 균열의 양상을 조사·분석

II. 시멘트 모르터의 균열 특성

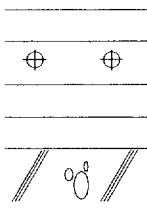
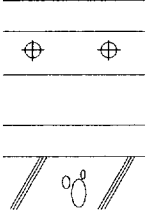
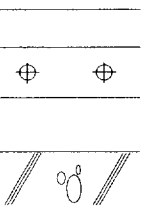
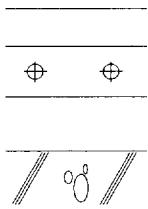
2.1 공동주택 온돌바닥의 특성

2.1.1 온수온돌 바닥구조체의 유형

현재 국내 대부분의 온돌바닥 전문시공업체 및 국·공립 기관에서 시공하고 있는 바닥구조체는 표준화된 형태를 취하지 않고 매우 다양한 형태로 시공되고 있는 실정이다. 더욱이 건축법상의 해석차이로 인하여 바닥구조체의 각 부위별 재료 및 치수는 시공업체별로 큰 차이를 보이고 있다.

국내의 대표적인 시공방식을 축열층과 배관의 관계를 중심으로 볼 때 표 2.1과 같이 4가지로 크게 분류할 수 있다. 이들의 구조는 단열층, 축열층, 배관부와 마감층으로 구성된 구조가 일반적이다.

표 2.1 파이프 매설식 온수온돌 바닥구조체의 유형

슬라브 위 고름모르터 위 단열재 설치		모르터 30 자갈 30 스티로폴 30 모르터 30		모르터 30 왕모래 30 스티로폴 50 고름몰탈 30
	자갈층에 배관후 모르터 마감		왕모래층에 배관후 모르터 마감	
슬라브 위 경량 기포 콘크리트 설치		모르터 40 자갈 30 경량기포 콘크리트		모르터 24 모르터 16 경량기포 70 콘크리트
	자갈층에 배관후 모르터 마감		모르터내 마감	

2.1.2 온수온돌 바닥재의 요구성능

(1) 기계적인면에서의 성능

1) 흡음성

공간의 사용목적, 음원의 성질, 주파수에 따라 적절한 흡음율이 있는 재료의 선정이 요구된다. 또한 흡음율은 공간내의 잔향 시간과 음의 명료도와도 밀접한 관계가 있으므로 음향효과 증대와 거주성 향상을 위하여 이를 이용한 음향설계가 이루어질 수도 있다.

2) 차음성

바닥에 가벼운 물건이나 소리가 부딪혀 발생하는 경충격음과 사용자의 동작과 중량물에 의해 발생하는 중충격음 등을 하부층에 전달되지 않도록 차음성능이 요구된다.

3) 단열성

거주성 향상을 위하여 바닥에서는 적절한 보온성 유지와 외부로부터 열이나 냉기를 차단하는 단열성이 요구된다. 또한 바닥자체의 단열공법, 사용재료의 단열성에 따른 내결로성과 바닥의 냉·온감 상태와 실내온도 분포에 의해 쾌적 표면온도의 범위 설정을 필요로 한다.

(2) 내구적인 면에서의 성능

1) 내변형성

바닥에 주어지는 하중과 압력에 의한 변형으로는 변형회복성과 변형추종성으로 구분되는데 바닥재는 이러한 변형에 대한 내변형성이 있어야 한다.

2) 재하성(裁荷)

바닥 슬라브에 재하되는 공정하중과 이동하중 등이 설계하중을 초과하는 경우 바닥 슬라브의 내력저하로 바닥에 처짐현상이 일어나며, 처짐이 바닥의 변형능력을 상회할 경우 균열이 발생한다.

따라서 바닥재의 재하성은 바닥부위에 적용되는 분포하중에 견딜 수 있어야 한다.

3) 내진동성

진동은 주로 건물의 외적요인으로부터 전달되는 것과 건물 내에서 발생하는 것이 대부분인데 장기간 진동하는 경우가 많다. 최근 바닥재료의 경량화로 인한 제반 진동 방지에 대한 대책이 필요하다.

4) 내충격성

낙하물이나 충격력에 의하여 바닥재료의 파괴, 균열, 패임등이 생기지않는 성능으로 사용자의 이용상황과 사용되는 기물, 물품등에 의한 충격을 방지·흡수하는 성질을 가져야 한다.

5) 내화성

화재의 발생이나 연소의 확대를 방지하기 위하여 화재시 재료에 요구되는 내화성 및 내열시간이 만족되어야 한다.

(3) 시공적인 면에서의 성능

바닥에 있어서 시공의 불량으로 발생하는 하자는 재료의 요구성능과 시공 조건의 유지 및 시공기술의 부족 등에 의하므로 재료의 관리, 재질의 향상, 공법 등을 포함한 기술의 개발과 현장에서의 적절한 대응책을 강구하여야 한다.

(4) 경제적인 면에서의 성능

재료가 지닌 성능의 가치는 요구성능 항목에 적당한 가치판정 방법에 의해 평가되어지나 일반적으로는 요구성능을 만족하는 재료 중에서 최저 가격인 것을 선택하므로 재료의 경제적인 면을 경시할 수 없다. 이러한 경제적인 면에서의 성능은 가격, 유지관비, 보수비 등으로 세분하여 평가되어진다.

2.1.3 바닥구조체 각 부위별 성능 및 재료

(1) 단열층

재래식 온돌에서는 일반적으로 단열층을 두지 않았으나, 최근에는 이의 중요성이 크게 인식됨과 동시에 차음의 효과가 매우 크다는 것이 증명되어, 공동주택의 중간층에도 설치되고 있다. 축열층의 아래에 설치되는 단열재는 그 자체가 구조체로서의 역할도 어느 정도 수행해야 하는 관계로 재료선택에 신중을 기해야 된다. 현재 사용중인 재료를 크게 분류하면 스티로폴을 소재로 한 성형판재류와 경량기포콘크리트 단열판 등이 있다.

1) 스티로폴

스티로폴은 온돌의 단열층으로 가장 많이 사용되는 재료이다. 최근에는 스티로폴 평판에 온수관의 지지를 목적으로 돌기를 형성시켜 일정한 규격으로 성형한 스티로폴 돌기 배관판도 상품화되어 있다.

2) 경량 기포 콘크리트 단열판

시멘트, 스티로폴과 첨가제 또는 시멘트, 규사, 기포제 등을 기계화공정에 혼합, 성형, 생산하는 조립식 경량 콘크리트 단열재로서 온돌배관 단열판재 외에도 벽재, 바닥재, 천장재, 인방재의 용도로도 생산되고 있다.

3) 현장타설 경량 기포 콘크리트

현장에서 직접 타설하는 공법으로 경량 기포 콘크리트가 있다. 시멘트 또는 시멘트와 모래의 혼합물에 크립과 같은 미세한 기포제를 혼합, 호스를 통해 고압 이송하여 지정된 위치에 타설, 자연 양생시키게 된다.

온수온돌 바닥에 사용되는 대표적인 단열재들의 성능을 나타내면 표2.2와 같다.

표 2.2 단열재의 성능

성능 \ 단열재	스티로폼	경량 기포 콘크리트 단열판	경량 기포 콘크리트
열전도율 (kcal/mh℃)	0.036이하	0.081	0.075
압축강도 (kg · f/cm ²)	0.3~0.7	8	12

(2) 배관재

온수온돌 난방 구성에 중요한 부분을 차지하는 배관재는 온돌에 열원을 공급하는 부분으로, 주로 물을 열매로 이용하고 있기 때문에 이로 인하여 여러 가지 문제점들이 주로 발생하게 되는 부위이기도 하다. 배관 재료로는 강관과 동관이 많이 사용되고 있으며, 강관과 동관에서 나타나는 부식이나 스케일 등의 결함 등을 보완한 가교화 폴리에틸렌관(X-L 파이프)이나 폴리프로필렌 공중합체관(PP-C관) 그리고 스테인레스 주름관 등이 개발, 보급되고 있다.

1) 강관

강관은 철이 주성분이며, 강도가 좋아 파손의 우려가 적고, 내열성은 가장 우수한 물리적 성질을 가지고 있어, 용도에 제약 없이 사용할 수 있고, 다른 배관재에 비해 가격이 저렴하여 경제적이지만 물이나 약품에 의한 부식이 가장 큰 문제점이다. 종전에는 가장 많이 사용되었으나 최근에 와서는 사용이 많이 감소하였다.

2) 동관

동관은 열전도율이 가장 우수하며, 표면에 산화피막이 형성되어 부식의 진행을 억제시키므로, 내식성이 우수하다. 중량이 가벼워 취급이 용이하고, 가공성이 우수하여 시공이 용이하므로 많이 사용되고 있으나 절단의 정확성이 요구되며, 용접 작업시 고도의 기술을 요한다.

3) 고밀도 가교화 폴리에틸렌관(X-L 파이프)

고밀도 폴리에틸렌을 특수반응 성형장치에 의하여 제작한 것으로, 내열성, 내약품성, 내구성이 양호하여 부식에 대한 염려는 없으나, 열전도율이 낮고, 강도가 약하므로 자갈층에 매립시 파손의 우려가 있다. 중간이음이 없으므로 누수의 염려는 없으나 부분 파손시 재생이 불가능하며, 동결시 해빙이 어렵다.

4) 폴리프로필렌 공중합체관(PP-C관)

금속재 배관재의 부식과 스케일 생성 등으로 인한 열효율의 저하와 수명 단축을 보완하고, 연결부위에 동일 재료간 열용접으로 연결이 가능하도록 하여 X-L관에서의 접합, 연결 등의 단점을 보완하고, 자유로운 벤딩으로 배관이 가능하도록 한 파이프이다.

폴리프로필렌 공중합체(Polypropylene Co-polymer)로 유연성, 내구성이 양호하며, 타 금속재와 비교하여 총 열관류율은 약간 떨어지나 온도분포가 고르다. 부식과 스케일 발생이 적고 내크리프(Creep)성, 내장도(Stress)성, 내균열(Cracking)성이 우수하다. 기본적인 배관재의 연결방법은 특수기구(welding 기)를 이용한 열용접이며, 나사절삭이나 용접작업 등의 방법이 필요 없어 연결부위의 하자율이 타 배관재에 비해 적다.

5) 스테인레스 강관

스테인레스 강관은 철(Fe)에 상당량의 Cr(12% 이상)과 C, Ni, Mn 등을 혼합하여 녹이 발생하지 않도록 만든 합금강으로서, 내식성, 고강도, 위생성, 얇은 두께 등 많은 장점을 지니고 있어 건설공사에 있어서 난방관 및 옥내외 각종 급수, 급탕, 공조용관으로 많이 사용되고 있다. 유연성 및 내구성이 좋아 아연도 강관의 약 2배, 동관의 약 3배 정도의 강도를 갖고 있는 데다 경량이므로 작업성이 좋고 현장에서의 파손율이 적다.

6) 스테인레스 주름관

주름관의 특성은 스테인레스 강관과 동일하며, 특징은 관재에 주름을 형성 시킴으로써 유연성을 부여하여 다목적으로 사용 가능하도록 개발된 제품이다. 배관의 연결부위가 최소화되고 관재의 주름부분이 신축을 흡수하여 온도 변화에 의한 균열 등을 방지하므로 누수 등의 하자를 줄일 수 있다.

7) PB(Poly Butylene)관

열가소성수지로 유연성이 좋고 신축성도 양호하나 열전도율이 낮다. 내열성, 내크리프(Creep)성, 내균열(Cracking)성이 양호하며, 부식의 우려가 없으므로 수명이 반영구적이다. 관의 이음은 용접이나 나사가 아닌 파이프 끝에 서포트 슬리브를 끼우고 실리콘 윤활유를 사용하여 밀어 넣으면 결합이 이루어지므로, 벤딩기 없이 작업이 가능하고 숙련공이 불필요하다. 중간이음이 없으므로 누수의 우려가 없고, 부분 파손시 보수가 가능하나 X-L 파이프보다 고가이다

온수온돌 바닥에 사용되는 일반적인 배관재들의 물성치를 나타내면 표2.3과 같다.

표 2.3 배관재의 물성치

배관재 물성치	동 관	강 관	X-L관	PP-C관	STS관	PB관
열전도율 (kcal/mh℃)	232	38	0.324	0.325	14	0.33
인장강도 (kg/cm ²)	2400	2800	95~105	225	83	310
상용압력 (kg/cm ²)	14.1		5	5~7	25	
열전달량 (kcal/평·h)	280		98.4	98.4	388.2	
수 명	140년	17년	50년	반영구	240년	반영구

(3) 축열층

온돌의 축열성은 축열체 밀도 및 비중에 관계되며, 축열체의 열용량이 작을 경우, 실내로의 열이 과잉 방열되므로 과열 현상이 발생하게 된다. 따라서 온수 공급시 축열도니 열량이 온수 공급이 차단된 일정 시간동안, 특정 온도 이상으로 실내 온도를 유지시켜야 하는 것이 난방 시스템별 적정 규물의 축열체를 결정하는 주요판건이 된다.

축열층의 재료로는 자갈이 주로 사용되고 있었으나, 자갈은 많은 공극을 포함하고 있으므로, 배관이 자갈층에 위치하는 경우 자갈은 실내로의 공급열을 오히려 차단하는 차단재로 작용하여 역기능을 하는 것으로 평가된 바도 있고, 하자 발생시 부작용이 따르게 되므로 일반적으로 사용치 않고 경량 conc'로 타설 하고 있다.

(4) 마감층

마감층의 재료는 모두가 두께 30mm 내외의 모르터를 사용하고 있으며, 마감층에 배관을 둘 경우 두께를 50mm 정도로 하여 마감층의 아래 부분에 배관을 두고, 그 위에 와이어메쉬를 설치하여 온돌 마감면의 보강과 동시에 열전달을 촉진시키기도 한다.

2.2 균열발생의 메카니즘

시멘트 모르타르는 인장강도가 작기 때문에 외부 응력에 대한 건조수축 응력에 의해서 균열이 발생하게 된다. 따라서 이러한 균열의 발생은 시멘트의 수화빈도가 높고, 구조물의 기능상 문제점을 가지고 있을 뿐만 아니라 미관상으로나 내구성에도 여러 가지의 장애가 되므로 적절한 대책이 요구된다.

모르타르의 시공시 균열을 감소시키기 위해서는 물시멘트비의 감소, 재료의 세심한 선정, 지연제사용 등으로 균열폭을 줄이고 있으나 경제성 면에서 다소 문제가 있어 곳에 범용적으로 사용하기는 곤란한 실정이다. 그러므로 이러한 균열을 방지할 목적으로 팽창재 사용의 필요성이 최근 대두되고 있다.

현재 사용되는 시멘트 모르타 균열방지용 팽창제는 아우인계 광물(calcium sulfo aluminate-약칭 “CSA”)에 의한 팽창재와 CaO-CaSO₄계 팽창제로 구분할 수 있다. CSA계는 가장 일반적으로 알려진 시멘트 팽창제이며 팽창메커니즘이 이미 많은 연구에 의해 밝혀진 재료이다. CaO-CaSO₄계 팽창제는 원유공장의 탈황공정에 부생되는 일종의 바텀애쉬(bottom ash)로 국내에서 유일하게 사용되는 재료로서 CaO의 팽창메커니즘에 기초한다.

2.3 마감 모르타의 균열발생 원인

2.3.1 소성 수축 균열

모르타르 타설 후 초기에 바람이 심하게 불거나 고온, 저습한 기상조건으로 인하여 블리딩 발생속도보다 더 급속한 표면수분 증발로 수축현상이 일어나며, 내부 모르타르의 구속으로 인장응력이 발생하여 모르타르의 인장강도를 초과하면 균열이 발생한다. 소성 수축 균열을 감소시키기 위해 몰탈의 보수성을 향상시키거나, 급격한 건조를 방지하기 위해 방풍처리, 몰탈의 적합한 배합비를 선정하는 등을 방법을 적용할 수 있다.

2.3.2 건조 수축에 의한 균열

시멘트 페이스트는 수산화칼슘의 결정, 미수화 시멘트 입자 및 공극으로 구성되어 있다. 그 공극을 겔공극(평균 직경 15Å 정도)과 모세관 공극(15Å 이상)이라 부르며, 공극의 부순이 증발을 하면서, 공기로 교체된다. 이 과정에서 공극을 좁히려는 모세관 장력이 발생되고 모르터 표면에는 인장응력이 발생하여 모르터의 인장강도를 초과하면 균열이 발생한다. 이 경우 건조수축을 보상하는 균열방지재를 적절히 배합하여 사용하면 균열을 감소시킬 수 있다.

2.3.3 열(대기온도, 수화열) 응력에 의한 균열

대기 온도의 변화로 인하여 모르터 단면 내의 온도 차이는 팽창과 수축의 차이를 일으키며, 이로 인하여 균열이 발생한다. 또한 모르터가 경화할 때 생기는 열로 인하여 팽창을 하며 경화 후 모르터의 온도가 내려갈 때 외부로부터 수축이 구속될 경우 인장응력이 발생하여 균열이 생긴다.

2.3.4 기타

골재에 포함된 이물질, 기포콘크리트의 균열 및 침하, 기포콘크리트 상부 청결상태, 난방에 따른 온도변화, 난방 배관 피복 부족 등의 기타 요인이 있다. 이 중 침하에 의한 균열은 높은 물·시멘트비에 따른 골재침하, 온수배관에 의한 자유로운 침하 방해, 얇은 몰탈층 등의 요인에 기인하며, 몰탈의 단위수량을 감소시키거나 타설두께(40~50 mm)를 준수함으로써 균열을 감소시킬 수 있게 된다.

2.4 온돌바닥 마감 모르터의 균열발생 양상

우리나라의 공동주택 온돌바닥에서 나타나는 균열은 장판지의 훼손 등 많은 문제점을 갖고 있어 대부분의 건설현장에서는 품질관리에 매우 어려움을 느끼는 사항이다. 대체로 공동주택 온돌바닥 모르터 균열은 주로 각실 벽체

모서리 부분, 각실 중앙부분에 나타나며, 특히 평면도상의 잘못된 목부분 거실과 주방사이에 집중적으로 나타나는 경향이 크다. 필자의 경험으로는 대체적으로 아파트 세대별 연면적을 기준으로 볼 때 단위 면적당 발생하는 균열 길이는 평균 30mm/m² 정도로 보고 있다.

아래 그림 2.2는 아파트 세대별 바닥에 주로 많이 발생하는 균열의 형태를 나타낸 것이다.

또한, 그림 2.1은 이러한 균열이 발생하는 공동주택 바닥부의 단면상세를 나타낸 것이며, 바닥부위의 고정하중경감, 단열층 구성 등을 목적으로 모르터바름 하부의 재료가 매우 공극이 많은 경량재료로 구성됨을 알 수 있다.

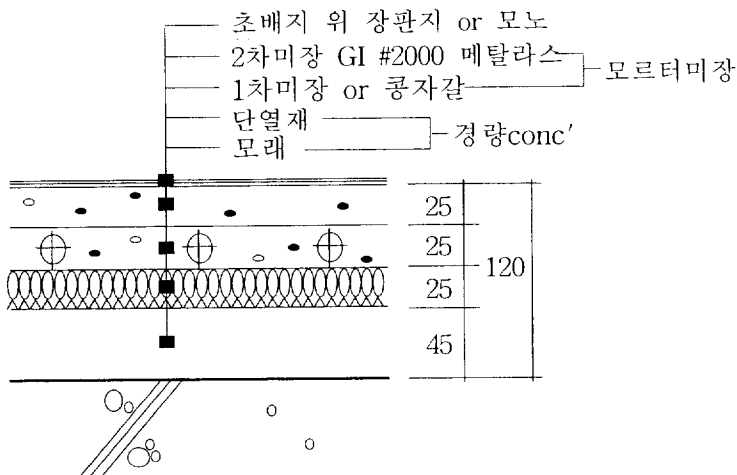


그림 2.1 바닥 단면 상세

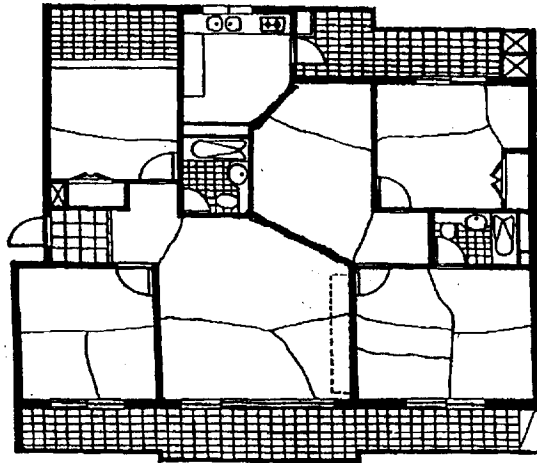


그림 2.2 공동주택 바닥 마감 균열

2.5 마감 모르터의 균열감소 방법

2.5.1 보강재

(가) 섬유보강재

콘크리트 균열 방지제로 사용하던 섬유사(p.e.p.p)를 모르터에 사용하여 모르터 내부에 수백만개의 미세한 결속에너지를 유지시킴으로써 내부의 압축력을 고르게 분배시키고 서로 당겨주는 힘을 유발시켜 모르터 균열을 억제시키는 효과가 있으나 모르터 타설시 정량배합, 슬럼프 저하 등의 문제가 있다.

(나) 메탈 라스(metal lath)

0.6mm 박강판에 마름모꼴의 구멍을 연속적으로 뚫어 그물처럼 만든 것으로

난방 배관 위에 설치한 후 모르터 시공을 한다. 이 재료는 설치 후 작업자의 관리 불량으로 수평을 유지하기가 힘들며, 균열감소엔 약간의 효과가 있다.

(다) 와이어 메쉬(wire mesh)

연강철선을 전기용접하여 정방향 또는 장방향으로 만든 것으로 메탈 라스(metal lath)와 마찬가지로 난방 배관 위에 설치한다. 이 재료는 메탈 라스(metal lath) 보다 훨씬 효과적이나 고가이며, 메탈 라스(metal lath)처럼 수평을 유지 못할 경우 효과가 저감되는 특징이 있다.

2.5.2 유동화제

모르터 배합시 시공성 때문에 시멘트와 물의 과다한 투입으로 수축균열이 발생하므로 유동화제를 사용하여 동일한 반죽질기에 비해 시멘트와 물 사용량을 줄임으로써 수축균열을 감소시킬 수는 있다. 그러나 유동화제를 사용하여 시멘트와 물의 감량에는 한계가 있으므로 모르터 균열 감소에도 한계가 있다.

2.5.3 레미탈

시멘트와 모래를 각각 운반하여 물을 섞어쓰던 현장 비빔모르터의 단점을 보완한 제품으로 시멘트, 모래 및 각종 특성 개선제를 적당한 비율로 배합하여 현장에서는 물만 부어 사용할 수 있는 제품으로 작업성은 개선되었으나 과다한 물 투입으로 균열이 발생하는 경우 많다.

2.5.4 셀프레벨링(self levelling)제

시멘트, 모래(규사), 골재 및 특수첨가제가 최적으로 배합된 프리믹스트 타

입(premixed type) 모르터를 지칭하며 현장 배합의 번거로운 작업이 필요치 않으며, 쇠흙손 마감 작업 공정을 손쉽게 해서 공기를 단축 할 수 있다. 모르터 균열과는 별개로, 공동주택 온돌바닥시 대부분이 이공법을 채택하고 있으며, 현장에서 B/P(batch plant)를 운영하고 있는 실정이다.

Ⅲ. 공동주택 온돌바닥 모르터의 양생 방법에 따른 균열 발생 특성 실험

3.1 실험개요

본 연구는 시공 현장에서의 양생방법에 따라 균열 방지제를 첨가한 레미탈과 모르터의 균열 특성을 비교·분석하는데 있다. 따라서 가로×세로×두께가 1000×1000×50 mm 인 실험용 샘플을 제작하여, 모르터를 노출양생 시킨 것과 라텍스 도포 후 노출양생 시킨 것, 비닐로 밀폐 양생시킨 샘플을 만들고, 레미탈(일반 모르트와 비교하기 위한 균열 방지제를 투입한 모르터의 가칭)의 경우 역시 동일한 세 가지 양생조건의 샘플을 제작하기로 한다.

총 6개의 온돌바닥용 마감 모르터 샘플에서 균열길이, 균열폭을 조사·측정한 후 비교·분석하여 샘플실험에 의한 온돌바닥 마감 모르터의 균열 특성을 고찰한다.

그리고 샘플에 의한 자료를 기초로 하여 직접 공동주택 시공현장에 적용하여 현장여건 및 기타 특성에 따라 변화하는 마감 모르터의 균열 양상 특성을 고찰하기로 하였다.

3.2 실험요인 및 수준

본 실험에서는 균열 방지제를 혼합한 레미탈과 모르터 샘플을 제작하여 기중노출양생, 라텍스도포양생, 비닐밀폐양생 조건하에서 마감모르터에 발생하는 균열의 특성을 고찰함에 있다. 즉, 마감 모르터의 종류를 두 가지로 구분하고, 각 마감 모르터에서 양생조건을 변화시켜 균열의 양상을 살펴보고자

한다. 그런 후, 실용적인 측면을 고려하기 위해 시공 현장에 직접 적용·고찰하고자 한다. 본 실험을 위해 제작된 실험용 샘플의 종류 및 특징을 정리하면 다음 표와 같다.

표 3.1 실험 샘플의 종류

샘플 부호	모르터의 종류	양생 조건(실내 18~25 °C)
S1	레미탈	노출 양생
S2	레미탈	라텍스 도포 노출양생
S3	레미탈	밀폐 양생(PE필름포장)
S4	모르터	노출 양생
S5	모르터	라텍스 도포 노출양생
S6	모르터	밀폐 양생(PE필름포장)

실험은 결과 분석 자료로서, 균열의 길이, 균열의 폭을 측정하여 각 샘플에 대해 비교·분석하여 그 특성을 고찰하기로 한다.

3.3 실험재료 및 기기

3.3.1 실험 재료

가) 배합비

본 실험에서 사용된 샘플실험과 현장 적용시험에 사용된 재료의 특성을 나타내면 다음과 같다.

표 3.2 모르터 배합비 (1 : 4)

단위시멘트량 (kg/m ³)	지연제혼입량 (kg/m ³)	단위수량 (kg/m ³)	모래 (kg/m ³)
369	41	240	1640

레미탈은 시멘트와 건조 선별된 모래 및 각종 특성 개선제를 과학적인 공정을 거쳐 이상적인 배합비율에 따라 배합해 놓아 공사현장에서 물만 부어 사용하는 드라이 몰탈을 말한다. 국내의 경우 KSL 5220(건조시멘트 모르타르) 기준에 그 종류 및 특성이 정의되어 있다. 본 실험에서 균열방지제를 혼입한 모르터를 레미탈이라고 가칭한다.

표 3.3 레미탈 배합비(1 : 4)

단위시멘트량(kg/m ³)	지연제혼입량 (kg/m ³)	단위수량 (kg/m ³)	모래 (kg/m ³)	균열방지제 (kg/m ³)
369	41	240	1640	102

균열방지제의 물성(진회색의 미분말체 pH 12.5)

나) 시멘트

본 실험에서 사용된 시멘트는 국내에서 제조된 보통 포틀랜드 시멘트로 그 물리적 특성은 다음과 같다.

표 3.4 보통 포틀랜드 시멘트의 물리적 특성

비중	블레인값 (cm/g)	응결도(min.)		안정도 (%)	압축강도(kg/cm ²)		
		초결	중결		3일	7일	28일
3.14	3230	245	355	0.10	204	268	368

표 3.5 보통 포틀랜드 시멘트의 화학조성(%)

SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	IgLoss	Total
23.25	5.43	3.35	61.30	2.77	2.15	1.75	0.64	100.64

다) 잔골재

본 실험에서 사용된 잔골재인 모래의 경우 국내에서 채취된 것이고, 입도는 표준입도 곡선 범위에 만족하는 것을 사용했으며 그 물리적 특성은 다음과 같다.

표 3.6 잔골재의 물리적 성상

최대골재치수 (mm)	비중	흡수율 (%)	조립율
5	2.60	1.9	2.87

라) 균열방지제

현재 건설 현장에서 주로 사용되는 시멘트 모르타 균열 방지용 팽창제는 아우인계 광물(Calcium Sulfo Aluminate-약칭 “CSA”)에 의한 팽창제와 CaO-CaSO₄ 계 팽창제로 구분될 수 있다. CSA계는 가장 일반적으로 알려진 시멘트 팽창제이며 팽창 메카니즘이 이미 많은 연구자에 의해 밝혀진 재료로써 본 실험에서는 CSA계 팽창제를 사용하기로 하며, 그 화학적 조성은 다음 표3.7과 같다.

표 3.7 CSA계 팽창제의 화학조성(%)

SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	SO ₃	Na ₂ O	IgLoss	Total
1.81	15.04	0.51	52.79	0.86	0.07	28.15	0.13	0.64	100

3.3.2 실험 방법 및 실험 기기

(가) 실험 방법

상기 6가지 샘플을 대상으로 마감 모르터의 균열 특성을 표시하는 균열길이, 균열폭을 20일 간격으로 관찰하여 각 치수를 측정·정리하여 그 특성을 고찰하였다.

실험요인 및 수준에 기초하여 동일한 조건하의 실험을 위해 제작된 실험용 샘플의 공통적인 형태는 그림3.1과 같이 표현될 수 있다.

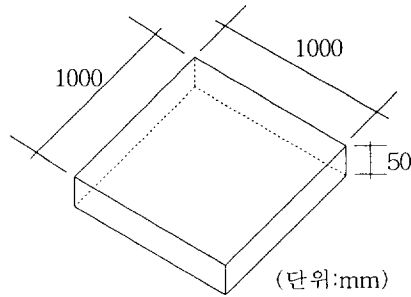


그림 3.1 실험용 샘플의 상세

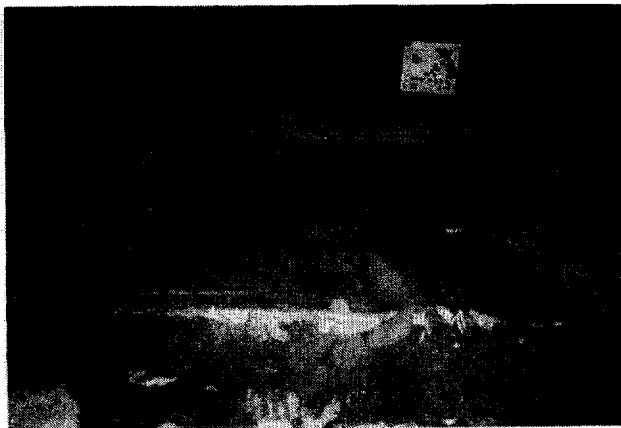


그림 3.2 밀폐양생방법으로 공시체 제작

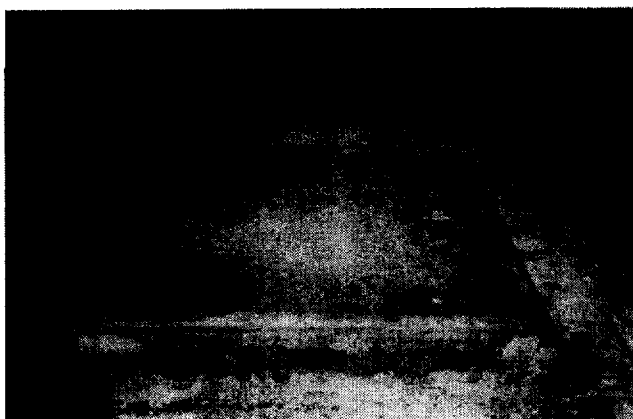


그림 3.3 라텍스도포양생방법으로 공시체 제작

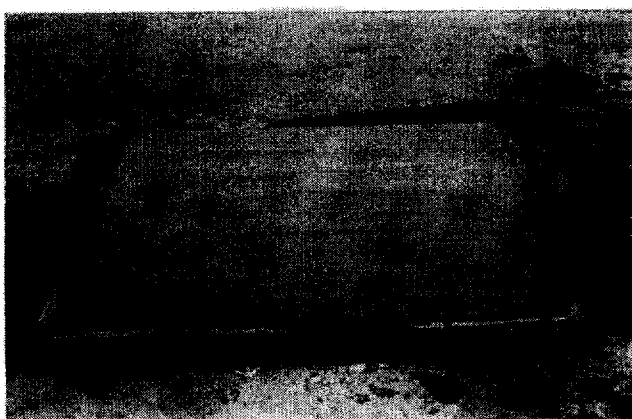


그림 3.4 노출양생방법으로 공시체 제작

(나) 측정방법

1) 균열길이

본 실험의 분석자료인 마감 모르터 표면에 발생된 균열의 길이는 줄자를 이용하여 각 곡선 부위를 직선화하여 측정하기로 한다.

2) 균열폭

균열폭의 측정은 균열폭이 200μ 이상인 것을 대상으로 측정하며, 시험체 샘플 제작 후 20일 단위로 실시하는 것으로 한다.

3.4 시공현장 적용실험

실험실에서 시험체에 의한 실험결과를 실제 공동주택 시공현장에서 적용·고찰하도록 한다. 다음의 표는 적용 현장별 시험조건을 나타내고 있다.

각 현장별 적용세대수는 같은 층에 위치한 같은 평형 규모의 두 세대씩에 대한 전체바닥을 대상으로 측정하였고, 타설방법은 최근에 많이 사용되는 셀프 레벨링(self leveling)으로 석흙손 마감으로 하였다.

표 3.8 현장별 시험조건

현장명 항 목	레 미 탈			모르터		
	노출양생	라텍스 도포후 노출양생	밀폐양생	노출양생	라텍스 도포후 노출양생	밀폐양생
	현장(1) 시흥3차	현장(2) 고척동	현장(3) 여천	현장(4) 시흥3차	현장(5) 고척동	현장(6) 여천
타설시기	'01.04	'00.07	'01.03	'01.04	'00.07	'01.03
세 대 수 (적용세대)	200 (2)	510 (2)	120 (2)	130 (2)	450 (2)	230 (2)
평 형	32	32	32	32	32	32
평균온도 (°C)	13.4	29.6	12.6	13.4	29.6	12.6
평균습도 (%)	48.2	70.2	45.2	48.2	70.2	45.2
모 래 종 류	해사	해사	해사	해사	해사	해사
모 래 조 립 율	2.7~2.9	2.8~3.0	2.8~2.9	2.7~2.9	2.8~3.0	2.8~2.9



그림 3.5 바닥 모르터 타설(a)

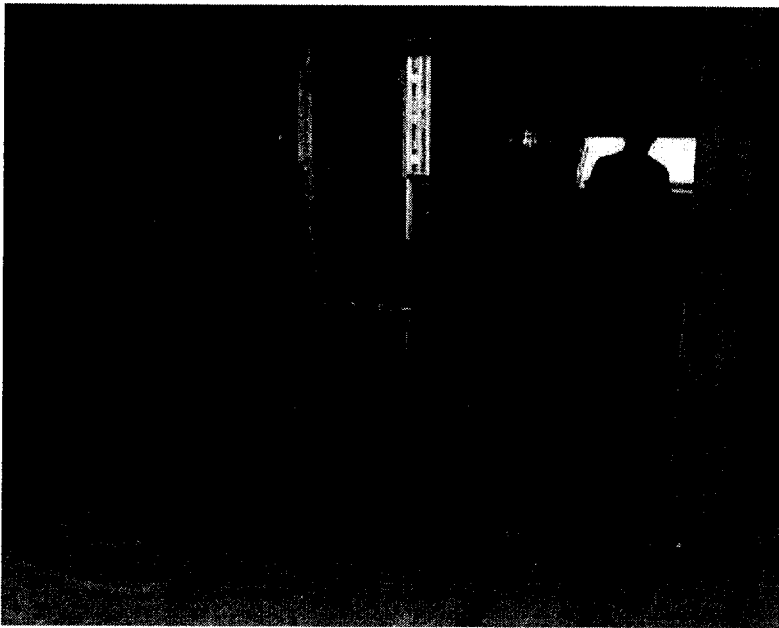


그림 3.5 바닥 모르터 타설(b)

IV. 실험결과 및 분석

4.1 실험 결과

일반 공동주택 바닥 마감 모르터의 양생조건별 균열 특성을 고찰하기 위해 제작된 6가지 실험용 샘플의 균열 길이, 균열 폭을 정리하면 다음 표.4.1~표.4.6과 같다.

표 4.1 S1의 균열특성

재령(일)	균열총길이 (cm)	최대균열폭 (mm)
10	0.0	0.00
30	32.5	0.04
50	77.5	0.52
70	85.4	0.75
90	99.6	0.80

S1 : 노출양생한 레미탈

표 4.2 S2의 균열특성

재령(일)	균열총길이 (cm)	최대균열폭 (mm)
10	0.0	0.00
30	15.1	0.12
50	25.3	0.22
70	25.4	0.36
90	27.0	0.42

S2 : 라텍스도포양생한 레미탈

표 4.3 S3의 균열특성

재령(일)	균열총길이 (cm)	최대균열폭 (mm)
10	0.0	0.00
30	0.1	0.01
50	0.5	0.02
70	1.2	0.02
90	1.3	0.02

S3 : 비닐밀폐양생한 레미탈

표 4.4 S4의 균열특성

재령(일)	균열총길이 (cm)	최대균열폭 (mm)
10	0.0	0.00
30	82.4	0.35
50	105.6	0.77
70	112.7	0.99
90	136.9	1.02

S4 : 노출양생한 모르터

표 4.5 S5의 균열특성

재령(일)	균열총길이 (cm)	최대균열폭 (mm)
10	0.0	0.00
30	27.4	0.20
50	52.1	0.55
70	54.4	0.89
90	54.6	0.90

S5 : 라텍스도포양생한 모르터

표 4.6 S6의 균열특성

재령(일)	균열총길이 (cm)	최대균열폭 (mm)
10	0.0	0.00
30	0.12	0.01
50	0.51	0.02
70	1.19	0.02
90	1.36	0.02

S6 : 비닐밀폐양생한 모르터

4.2 공시체의 양생 방법에 따른 균열 특성

4.2.1 노출양생방법에 따른 균열 특성

가) 균열길이

노출양생 한 레미탈과 모르터의 균열발생 길이를 비교하면 표 4.7과 그림 4.1과 같다.

레미탈을 노출양생한 것이 모르터를 노출양생 한 것보다 균열길이가 비교적 크게 나타나고 있으나, 레미탈 부분은 작은 미세 균열이 많이 발생하였고, 모르터 부분은 큰 균열이 많이 발생하였다.

표 4.7 노출양생한 시험체의 균열총길이 비교 (단위 : cm)

재령(일)	S1	S4
10	0.0	0.0
30	32.5	82.4
50	77.5	105.6
70	85.4	112.7
90	99.6	136.9

S1 : 레미탈을 이용한 마감, S4 : 모르터를 이용한 마감

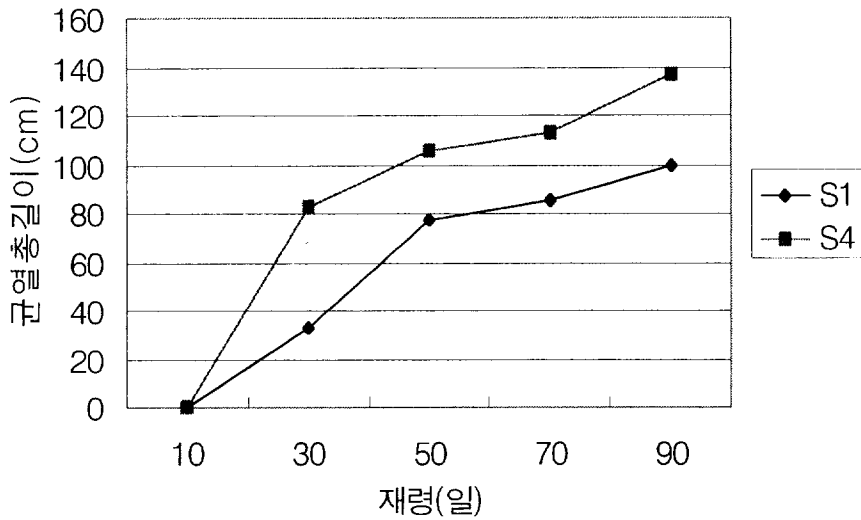


그림 4.1 노출양생한 시험체의 균열총길이

나) 균열폭

실험 샘플 중 레미탈과 모르터를 노출양생한 균열폭을 비교하면 표 4.10과 그림 4.2와 같다.

레미탈이 모르터보다 균열폭은 크게 나타났다.

표 4.8 노출양생한 시험체의 최대균열폭 비교 (단위 : cm)

재령(일)	S1	S4
10	0.00	0.00
30	0.04	0.35
50	0.52	0.77
70	0.75	0.99
90	0.80	1.02

S1 : 레미탈을 이용한 마감, S4 : 모르터를 이용한 마감

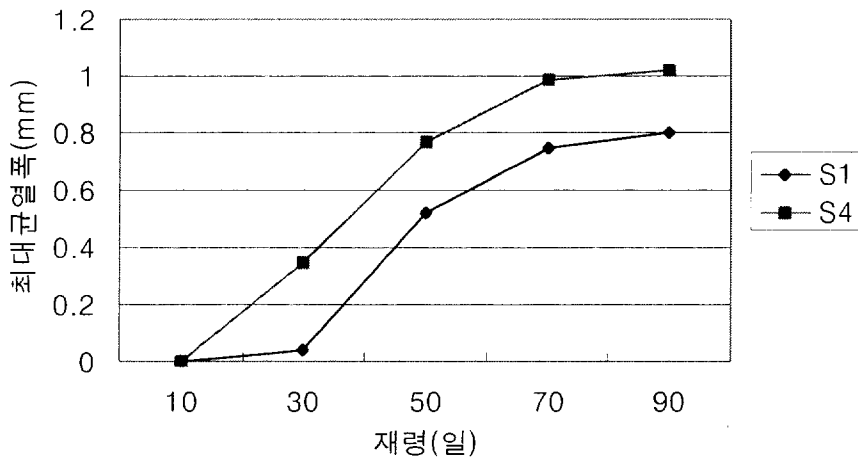


그림 4.2 노출양생한 시험체의 최대균열폭

4.2.2 라텍스도포양생방법에 따른 균열 특성

가) 균열길이

라텍스도포양생 한 레미탈과 모르터의 균열길이를 비교하면 표 4.9와 그림 4.3과 같다.

전체균열길이는 레미탈이 많이 나타났으나, 노출양생할 때와 마찬가지로 잔균열이 레미탈이 많이 발생하였다.

표 4.9 라텍스도포양생한 시험체의 균열총길이 비교 (단위 : cm)

재령(일)	S2	S5
10	0.0	0.0
30	15.1	27.4
50	25.3	52.1
70	25.4	54.4
90	27.0	54.6

S1 : 레미탈을 이용한 마감, S4 : 모르터를 이용한 마감

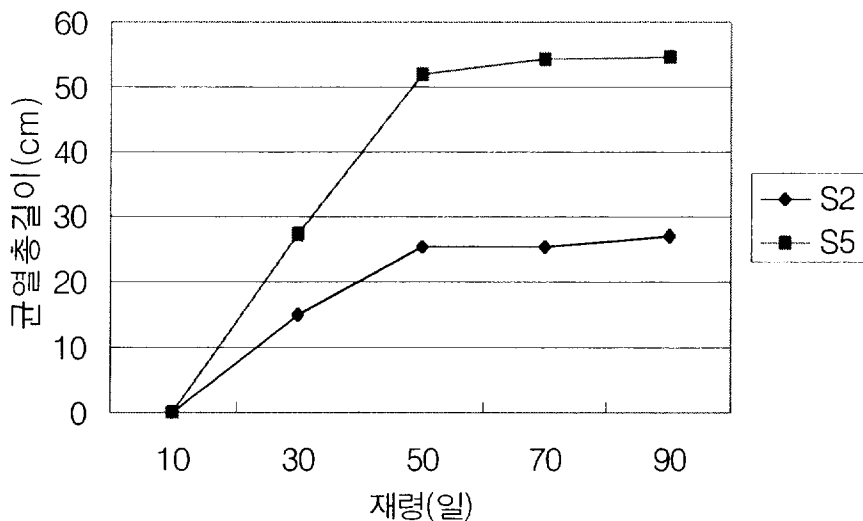


그림 4.3 라텍스도포양생한 시험체의 균열총길이

나) 균열폭

실험 샘플 중 레미탈과 모르터를 라텍스도포양생한 균열폭을 비교하면 표 4.10과 그림 4.4와 같다.

초기에는 두 공시체의 균열폭이 거의 유사하게 나타났지만, 시간이 지날수록 레미탈의 균열발생이 증가하였다.

표 4.10 라텍스도포양생한 시험체의 최대균열폭 비교 (단위 : cm)

재령(일)	S2	S5
10	0.00	0.00
30	0.12	0.20
50	0.22	0.55
70	0.36	0.89
90	0.42	0.90

S1 : 레미탈을 이용한 마감, S4 : 모르터를 이용한 마감

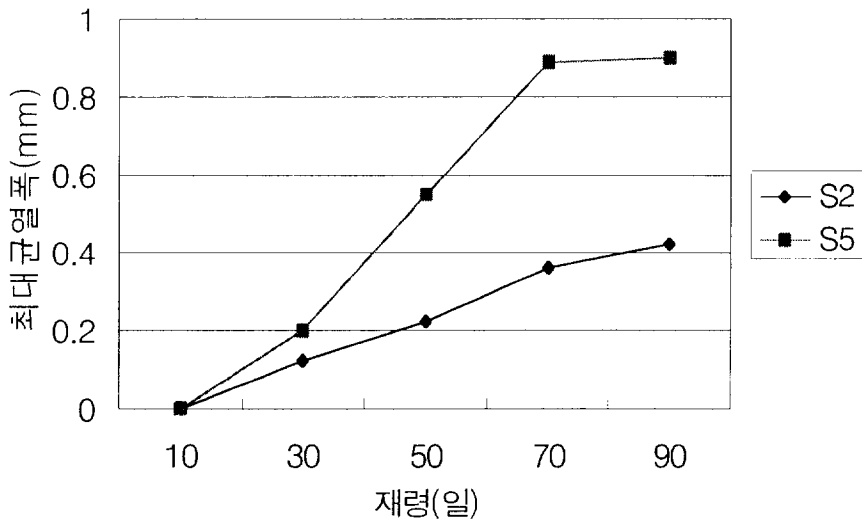


그림 4.4 라텍스도포양생한 시험체의 최대균열폭

4.2.3 비닐밀폐양생방법에 따른 균열 특성

가) 균열길이

비닐밀폐양생 한 레미탈과 모르터의 균열길이를 비교하면 표 4.11과 그림 4.5와 같다.

비닐밀폐양생 한 두 공시체 모두가 균열이 거의 발생하지 않았다.

표 4.11 비닐밀폐양생한 시험체의 균열총길이 비교 (단위 : cm)

재령(일)	S3	S6
10	0.0	0.0
30	0.1	0.12
50	0.5	0.51
70	1.2	1.19
90	1.3	1.36

S1 : 레미탈을 이용한 마감, S4 : 모르터를 이용한 마감

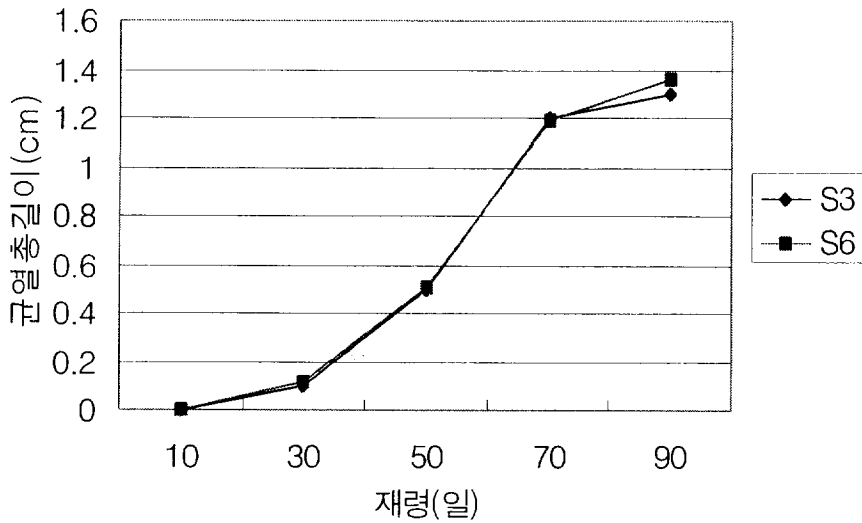


그림 4.5 비닐밀폐양생한 시험체의 균열총길이

나) 균열폭

비닐밀폐양생 한 레미탈과 모르터의 균열폭을 비교하면 표 4.12와 그림4.6과 같다.

두 공시체의 균열폭은 거의 동일하게 나타났다.

표 4.12 비닐밀폐양생한 시험체의 최대균열폭 비교 (단위 : cm)

재령(일)	S3	S6
10	0.00	0.00
30	0.01	0.01
50	0.02	0.02
70	0.02	0.02
90	0.02	0.02

S1 : 레미탈을 이용한 마감, S4 : 모르터를 이용한 마감

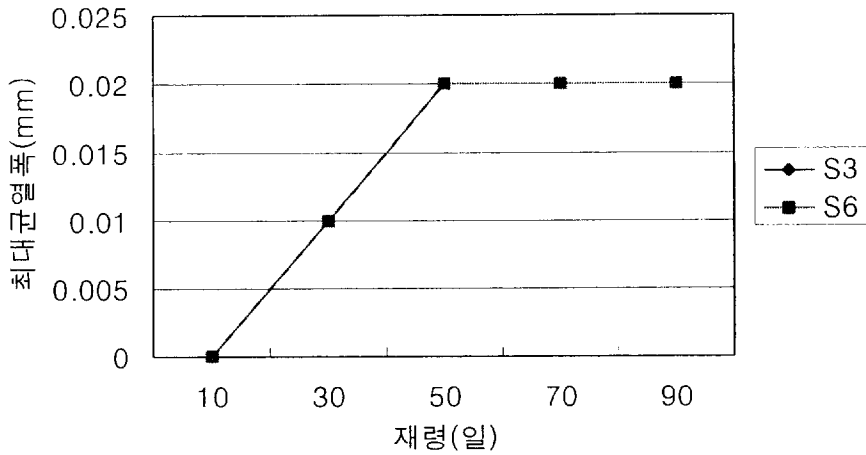


그림 4.6 비닐밀폐양생한 시험체의 최대균열폭

상기 레미탈과 모르터의 양생방법에 따른 균열특성의 비교에서 레미탈 부분이 다소 크게 균열이 발생한 것은 대기중 실험으로 공시체의 시험 위치가 서로 다른 것이 작용하였고, 균열방지제가 골고루 섞이지 않았기 때문으로 판단된다.

4.2.4 양생방법에 따른 균열발생 분석

상기 레미탈과 모르터의 양생방법에 따른 균열특성 비교에서 균열방지제를 혼입한 레미탈의 모르터보다 균열이 다소 크게 발생되어 균열방지제의 운수 역할이 발휘되지 못한 것은 대기 중 노출실험으로 균열방지제를 혼입한 공시체의 위치가 모르터 공세의 위치보다 통풍이 잘되는 곳에 위치하여 양생조건(바람에 의한 수분증발)에 따른 차이가 일부 작용하였고, 균열방지제 투입이 수작업으로 이루어진 관계로 일정하게 골고루 섞이지 않은 것으로 판단된다.

4.3 공시체의 재료별 균열 특성

4.3.1 레미탈의 균열 특성

가) 균열길이

실험 샘플 중 레미탈을 이용한 마감 모르터의 균열길이를 비교하면 표 4.13과 그림 4.7과 같이 표현될 수 있다.

표 4.13 레미탈 시험체의 균열총길이 비교 (단위 : cm)

재령(일)	S1	S2	S3
10	0.0	0.0	0.0
30	32.5	15.1	0.1
50	77.5	25.3	0.5
70	85.4	25.4	1.2
90	99.6	27.0	1.3

S1 : 노출양생, S2 : 라텍스도포양생, S3 : 비닐밀폐양생

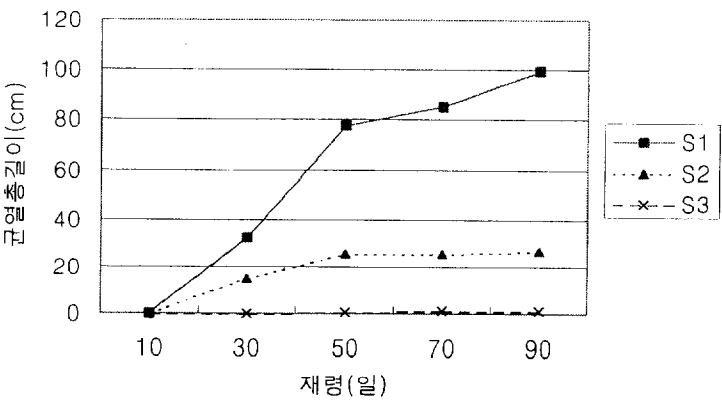


그림 4.7 레미탈 시험체의 균열총길이

레미탈을 이용한 마감 모르터의 균열길이를 나타낸 그림4.1에서 보면 양생 방법에 따른 큰 차이가 있음을 알 수 있다. 제작 후 24시간이 지나서 특별한

조치 없이 공기 중에서 노출 양생(S1)한 경우가 균열 발생이 가장 많다(99.6 cm/m²). 다음으로는 제작 24시간 후 라텍스로 도포한 경우(S2)가 균열 발생이 많다(27cm/m²). PE필름으로 밀폐양생시킨 경우(S3)는 균열 길이가 매우 적게 나타났다(1.3cm/m²). 또한 기중 양생한 경우와 라텍스 도포 또는 밀폐양생한 경우의 균열 발생 차이는 크나 라텍스 도포와 밀폐양생한 경우의 균열 발생 차이는 크지 않았다.

나) 레미탈의 균열폭

실험 샘플 중 레미탈을 이용한 마감 모르터의 최대균열폭을 비교하면 그림 4.14와 그림 4.8과 같이 표현될 수 있다.

표 4.14 레미탈 시험체의 최대균열폭 비교 (단위 : cm)

재령(일)	S1	S2	S3
10	0.00	0.0	0.0
30	0.04	0.12	0.01
50	0.52	0.22	0.02
70	0.75	0.36	0.02
90	0.80	0.42	0.02

S1 : 노출양생, S2 : 라텍스도포양생, S3 : 비닐밀폐양생

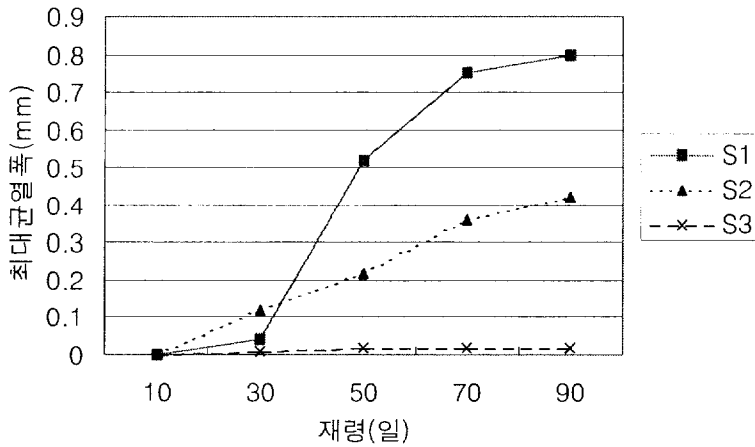


그림 4.8 레미탈 시험체의 최대균열폭

레미탈 바름 시험체의 최대 균열폭을 나타낸 상기 그림4.3에서 보면, 공기 노출 양생인 경우가 라텍스로 도포한 경우 또는 PE필름으로 밀폐하여 양생시킨 경우보다 매우 크게 나타났다(0.8mm). 반면에 PE필름으로 밀폐 양생한 경우는 다른 2가지 경우에 비해 균열 폭이 매우 작게 나타났다 (0.02mm).

이상의 결과를 볼 때 레미탈 바름의 균열 발생을 억제하기 위한 양생방법으로는 균열 길이와 균열 폭 모두에서 PE필름으로 밀폐 양생하는 것이 매우 효과적이었다.

4.3.2 모르터의 균열 특성

가) 모르터의 균열길이

실험 샘플 중 모르터를 이용한 마감 모르터의 균열길이를 비교하면 다음 표 4.15와 그림4.9와 같이 표현될 수 있다.

표 4.15 모르터 시험체의 균열총길이 비교

(단위 : cm)

재령(일)	S4	S5	S6
10	0.0	0.0	0.0
30	32.5	15.1	0.1
50	77.5	25.3	0.5
70	85.4	25.4	1.2
90	99.6	27.0	1.3

S4 : 노출양생, S5 : 라텍스도포양생, S6 : 비닐밀폐양생

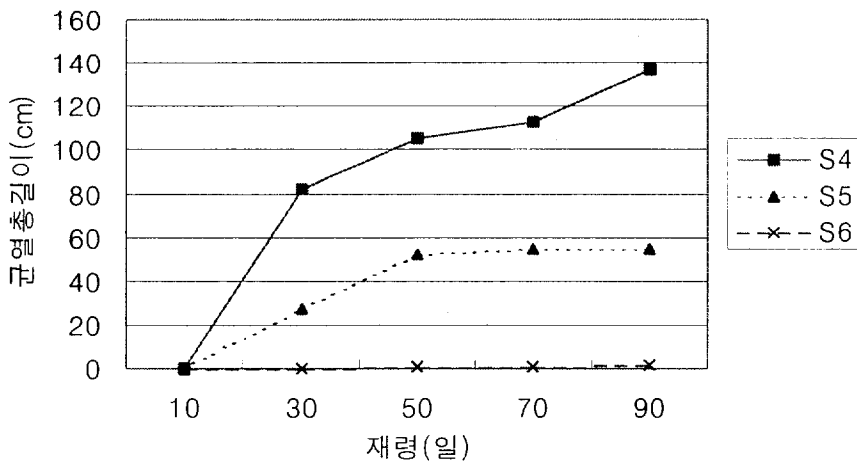


그림 4.9 모르터 시험체의 균열총길이

시멘트 모르터를 이용한 시험체의 균열길이에 대한 결과를 그림 4.3에서 보면, 순수한 대기 노출양생인 경우(S4:136.9cm/m²)가 라텍스로 도포한 경우(S5:54.6cm/m²)와 PE필름으로 밀폐양생 시킨 경우(S6:1.36cm/m²)보다 매우 크게 나타났다. 즉, PE필름으로 밀폐양생 시킨 경우가 다른 두 가지 경우 보다 균열길이가 가장 작게 나타난 결과이다.

나) 모르터의 균열폭

실험 샘플 중 모르터를 이용한 마감 모르터의 최대균열폭을 비교하면 표 4.16과 그림4.10과 같이 표현될 수 있다.

표 4.16 모르터 시험체의 최대균열폭 비교

(단위 : cm)

재령(일)	S4	S5	S6
10	0.00	0.00	0.00
30	0.35	0.20	0.01
50	0.77	0.55	0.02
70	0.99	0.89	0.02
90	1.02	0.90	0.02

S4 : 노출양생, S5 : 라텍스도포양생, S6 : 비닐밀폐양생

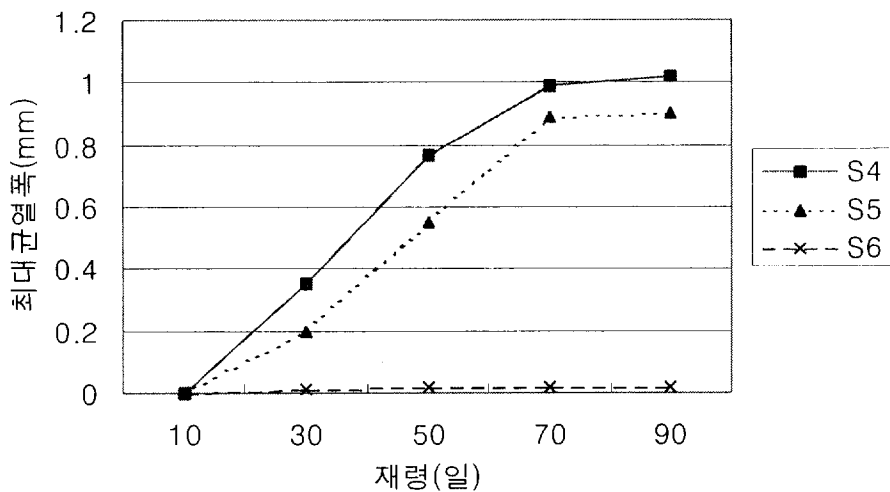


그림 4.10 모르터 시험체의 최대균열폭

양생방법을 달리한 시멘트 모르터 바름 시험체의 최대 균열폭은 그림 4.4에서 보면, 대기 중 노출 양생인 경우가 가장 크고(1.02mm), 다음으로 라텍스로 도포한 경우(0.9mm)와 PE필름으로 밀폐양생 시킨 경우(0.02mm)는 매우 작게 나타났다. 그러므로 시멘트 모르터 바름 시험체에 있어서도 레미탈 바름 시험체와 마찬가지로 균열 발생 억제에 위해서는 PE필름으로 밀폐 양생하는 것이 가장 유리한 방법인 것으로 볼 수 있다.

4.3.3 재료별 균열발생 분석

레미탈 공시체와 모르터 공시체의 재료별 균열특성은 두 공시체 모두가 비슷한 양상을 보였다.

이것은 각 공시체가 동일한 모르터 배합비로 생산·타설된 것으로 모르터 품질이 일정할 때, 균열방지제 혼입에 따른 균열억제 효과가 양생조건을 달리 할 때보다 큰 영향을 주지 못하는 것으로 판단된다.

4.4 현장 적용 실험 결과

4.4.1 균열 최대 발생 시기

현장 적용 실험의 경우, 균열발생이 가장 많이 나타난 시기를 측정하여 그 특성을 정리하면 다음과 같다.

표 4.17 균열발생 시기 및 균열길이

현 장	항 목	균열발생시기 (일)	균열길이 (90일 경과) (m)	균열길이/ 단위면적 (cm/m ²)	기 타
현장(1)		37	11~13	101.5	self levelling
현장(2)		69	4~6	13.46	self levelling
현장(3)		84	5~7	2.50	self levelling
현장(4)		35	14~16	152.40	self levelling
현장(5)		62	4~7	15.60	self levelling
현장(6)		73	5~9	2.87	self levelling

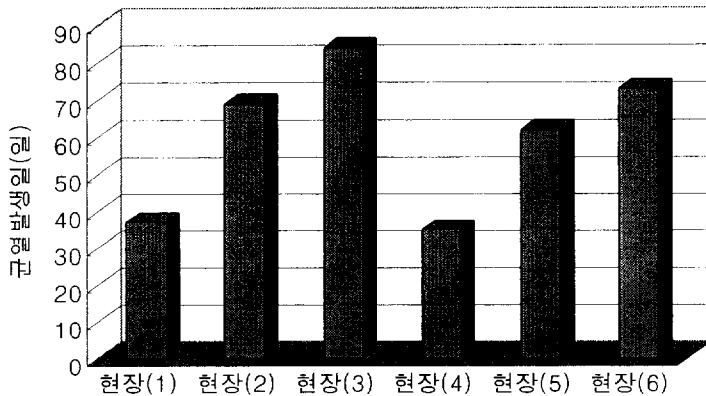


그림 4.11 양생방법별 균열 최대 발생 시기

상기 표4.7에서 보면 균열이 가장 많이 나타난 시기는 라텍스 도포양생의 경우가 비교적 이르며, 밀폐 양생인 경우는 가장 늦게 나타났고, 노출양생인 경우는 발생시기가 빠르면서 또한, 기간이 지날수록 계속해서 발생하는 경향이 있었다.

밀폐양생한 현장의 경우 레미탈 바름 시공이나 시멘트 모르타 바름 시공이나 모두 균열 발생시기가 73~84일 후로 매우 늦은 특성을 보였다. 이에 비하여 노출 양생의 경우는 35~37일 후에 가장 많은 균열이 발생하는 차이를 보였다. 라텍스 도포 양생의 경우는 중간 정도 시기인 62~69일 경에 균열 발생이 많이 나타났다.

4.4.2 레미탈 바름 현장

그림4.6, 4.7에 나타난 것처럼 레미탈 바름 적용 현장(1~3현장)의 단위 면적당 균열 발생은 완전 밀폐한 현장(3현장)이 2.5cm/m²로 가장 적게 나타났고, 다음으로 라텍스 도포 현장(2현장)은 13.46cm/m²로 밀폐 현장 보다 약간

크게 나타났고, 마지막으로 노출 현장은 101cm/m^2 로 가장 크게 발생하였다.

4.4.3 모르터 바름 현장

모르터 바름(4~6현장)의 단위면적당 균열 발생은 레미탈 바름 현장과 유사하게 밀폐현장(6현장) 2.87cm/m^2 , 라텍스 바름 현장(5현장) 15.6cm/m^2 , 대기 노출 현장(4현장) 152.4cm/m^2 순으로 나타났다.

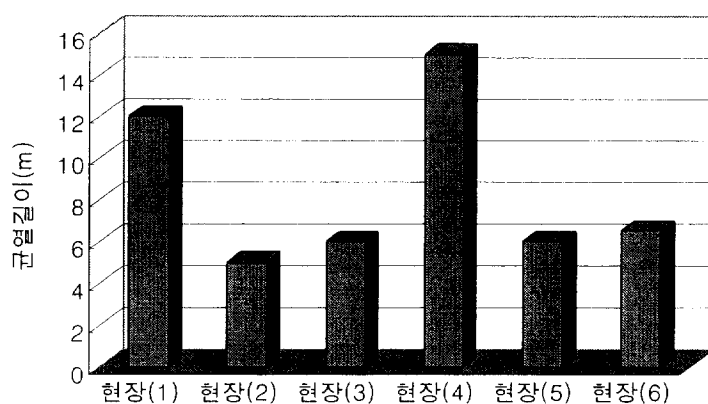


그림 4.12 현장별 균열길이

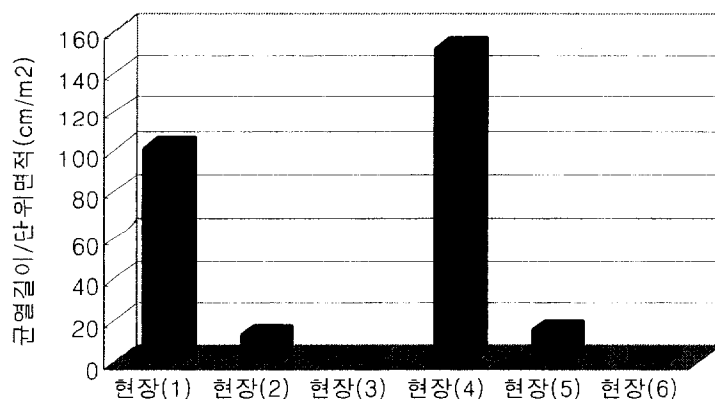


그림 4.13 현장별 단위면적당 균열길이

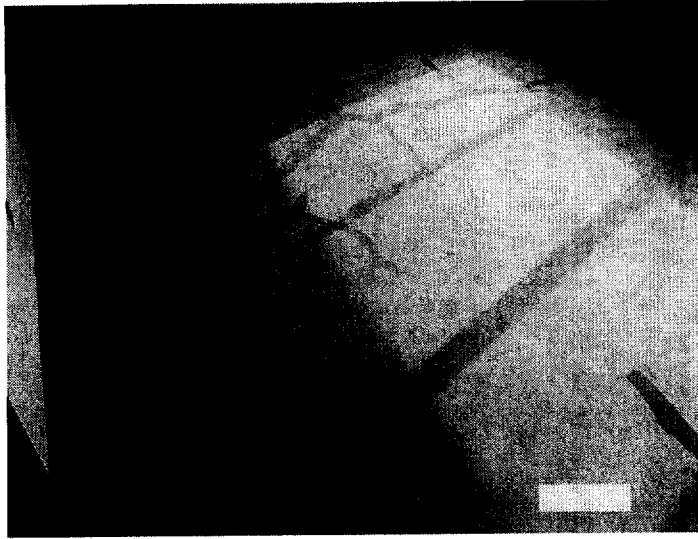


그림 4.14 노출양생 현장 균열발생 현황(a)



그림 4.15 노출양생 현장 균열발생 현황(b)

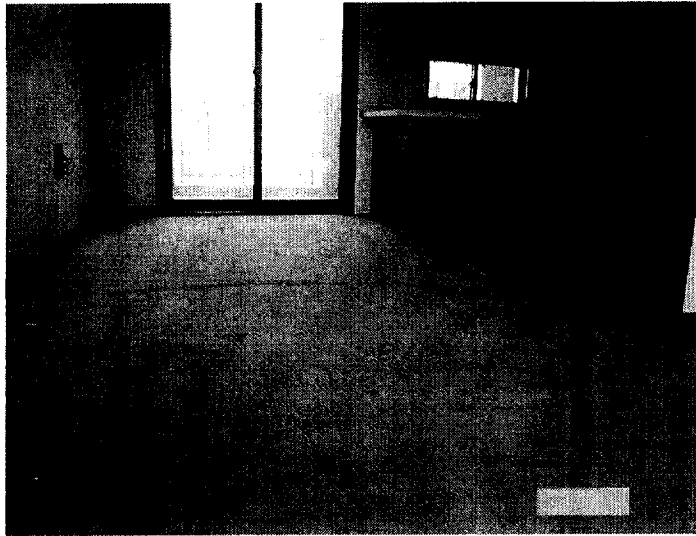


그림 4.16 라텍스도포바름 현장 균열발생 현황(a)

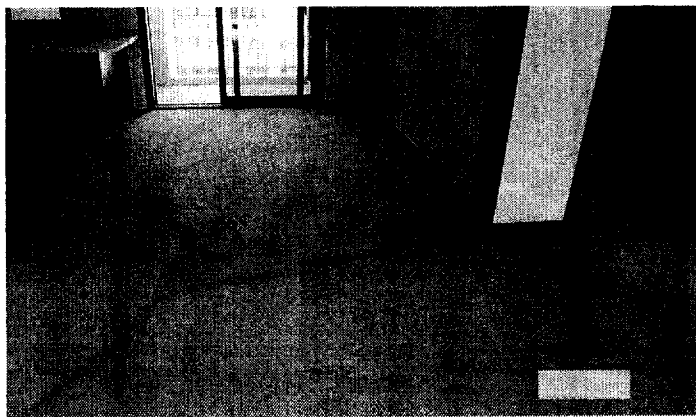


그림 4.17 라텍스도포바름 현장 균열발생 현황(b)

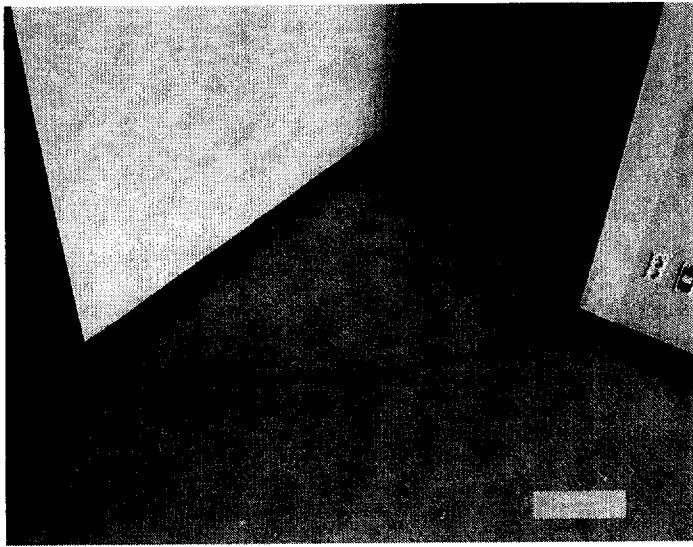


그림 4.18 비닐밀폐양생 현장 균열발생 현황(a)



그림 4.19 비닐밀폐양생 현장 균열발생 현황(b)

4.4.4 현장적용 시공결과 고찰

앞의 현장적용시공사례에서 나타난 결과를 종합해 보면, 양생조건(기후, 온도, 타설날짜)을 동일하게 적용 시공한 결과, 균열 발생의 정도는 레미탈이나 모르타의 사용재료에는 별 영향을 받지 않았고, 양생조건에 따라서는 균열발생이 큰 영향을 미치는 것으로 나타났다.

또한 초기에 밀폐양생하여 균열을 억제한 후, 경화지연제를 살포할 경우에는 균열발생 억제에 큰 효과를 가져온다고 판단된다.

V. 결 론

본 연구는 공동주택 온돌조성 공사시 일반적으로 사용되는 균열 방지제를 혼합한 레미탈과 시멘트 모르터를 이용한 경우에 대하여 균열발생 특성을 비교 검토하여 효율적인 방법을 제시하였다. 실험실에서 세 가지 방법(노출양생, 라텍스도포양생, 비닐밀폐양생)으로 공시체를 만들어 실험한 결과와 실제 공사현장에서 적용한 결과를 토대로 균열발생 억제에 보다 유효한 양생 방법을 분석 고찰하였다.

실험연구 결과를 정리하면 다음과 같다.

- 1) 마감 모르터가 레미탈인 경우 일반 모르터의 경우에 비교해, 양생 조건이 같은 경우 균열 길이와 균열 폭이 약간 작은 것으로 나타났으나, 그 정도가 크지 않으므로 균열 방지제의 효과는 크게 기대 할 수 없었다.
- 2) 마감 모르터의 종류에 관계없이 공기 중 자연 노출 양생인 경우는 균열 길이와 균열 폭이 라텍스 도포나 비닐 밀폐된 양생 조건의 경우 보다 훨씬 큰 것으로 나타났다.
- 3) 마감 모르터가 일반 시멘트 모르터인 경우라도 비닐 밀폐 양생시킬 경우 균열 억제에 큰 효과가 있는 것으로 나타났다.
- 4) 마감 모르터의 종류에 관계없이 비닐 밀폐 양생한 경우의 균열 길이와 균열 폭의 차이는 크지 않은 것으로 나타나, 상대적으로 비용이 저렴한 일반 모르터를 바닥 마감용으로 사용하더라도 비닐 밀폐 양생시키는 경우 균열을 방지함에 있어 효과적임을 알 수 있다.
- 5) 시험체의 실험결과와 현장 적용 실험결과를 비교하면, 현장 시공에서의 균열 길이와 균열 폭이 다소 크게 나타나지만, 적합한 현장 시공법(각출입구 및 창문 차단 등)이 적용되는 경우 그 차이는 감소할 것으로 보며, 시공시 균열 방지제나 경화지연제 사용보다는 밀폐 양생조건을 확

보하는 것이 온돌바닥마감 균열발생방지에는 효과적인 것으로 판단된다.

6) 위의 실험연구결과를 실제시공과정에서 적용하여 효과를 기대하기 위해서는 다음과 같은 조치가 필요할 것으로 본다.

- ① 공정계획 및 관리측면에서 창호 설치 후 유기 끼우기 공사를 방바닥 마감 모르터 미장 공정 이전에 완료하여 실내 밀폐 효과를 강구해야 한다.
- ② 유리 끼우기가 불가능 할 경우는 창호부분을 비닐로 바람을 막는 등의 임시조치도 효과적일 것이다.
- ③ 바닥 마감 모르터 시공시 벽면 바닥에 공기 배출용 틈을 설치하여 양생시 모르터 바름층에 갇힌 공기 배출을 원활히 하면 균열 억제에 도움이 되는 방법이다.
- ④ 거실과 안방의 교차점에는 균열이 가장 많이 발생하므로 유도줄눈을 설치하여 2~3일간 습윤 상태를 유지하는 것이 균열 억제에 효과적이다.

이상의 실험실 연구와 현장 적용시공을 통한 공동주택 온돌바닥 균열발생 억제에 관한 연구성과는 실제 건축공사 현장에서 적용 가능할 것으로 사료되며, 본 연구에서 다루지 못한 공동주택 입주 후 난방가동시 발생하는 균열특성 부분은 추후 계속 연구가 필요할 것으로 본다.

참고 문헌

1. 이종열 외, “균열저감형 바닥마감전용 모르터의 건조수축특성 연구”, 한국콘크리트학회 학술발표 논문집, 1999.봄, pp.175~180
2. 정재동 외, “바닥용 모르타르의 균열방지를 위한 실험적 연구”, 한국콘크리트학회 논문집, 1999.6, pp.167~175
3. 한성수 외, “팽창재량 및 양생방법에 따른 시멘트 모르터의 특성에 관한 연구”, 한국콘크리트학회 학술발표 논문집, 1999.봄, pp.181~186
4. 전우성 외, “양생조건이 폴리머 시멘트 모르터의 접착강도에 미치는 영향”, 한국콘크리트학회 학술발표 논문집, 1997.봄, pp.349~356
5. 표대수 외, “팽창재를 사용하는 바닥 모르타르의 특성에 미치는 시공요인의 영향”, 한국콘크리트학회 학술발표 논문집, 2000.가을, pp.925~928
6. 고성식 외, “온수온돌 바닥構造體의 마감모르터 龜裂防止에 관한 實驗的 研究”, 대한건축학회 논문집, 1998.4, pp.369~377
7. “온수온돌 시공기준”, 건설교통부 제396호
8. 장주환 외, “공동주택 바닥난방 구조의 균열방지에 관한 실험적 연구(I)”, 대한건축학회 학술발표 논문집, 1994.10, pp.721~726
9. “ユソタクトのひびあぁ”, 日本建築學會, 1982
10. 장기인 “건축시공학”, 보성출판사 1998
11. 신현석외 “건축시공학”, 문운당 1994
12. 홍봉의 “건축재료학”, 문운당 1974

감사의 글

많은 논문이 너무 학문적으로 치우쳐 정작 실세현장에 적용하기까지는 다양한 시행착오와 시간이 요구되는바 실시공현장에서 현장기술자들이 손쉽게 접근하고, 적용이 가능한 살아있는 논문이 될 수 있도록 노력했으나, 시간이 촉박하고 보면 볼수록 부끄럽고 부족함만 더한 것 같아 이것은 본인의 성의부족 탓으로 돌립니다. 앞으로 더더욱 노력하도록 하겠습니다.

본 논문을 위해 매번 새벽까지 지도와 편달을 아끼지 않으셨던 이수용 교수님, 이재용 교수님 등 학문을 연구하시는 모든 교수님들께 진심으로 존경을 표하고 감사를 드립니다.

또한 각종 지원을 아끼지 않았던 일도, 형철, 연경 등 많은 후학도님께 정말 고맙게 생각합니다.

그리고 뒤늦게 공부한다고 할 때 묵묵히 옆에서 지켜본 논영주 여사, 한농, 한유에게 이 논문을 바칩니다.

이 논문이 준공·입주시 실무자가 가장 먼저 접하는 APT 온돌균열(하자)의 줄임을 모색하기 위한 것으로, 부족함이 있는 부분은 좀 더 깊이 있게 연구가 되어 온돌이 우수한 난방시설임이 학술적으로 정립될 수 있게 일익을 담당했으면 하는 바램입니다.

앞으로 제반문제를 더더욱 연구증진하도록 노력할 것이며, 지도 교수님의 계속적인 지도, 편달을 기대하겠습니다.

2001. 12

한 성 철