

혼화제를 사용한 공동주택 바닥마감 모르타르의 균열저감에 관한 연구

이동운*

¹동서대학교 건축토목공학부

A Study on the Crack Prevention of the Floor Surface Finishing Mortar adding Chemical Admixtures in Apartment Houses

Dong-Un Lee^{1*}

¹Division of Architecture & Civil Engineering, Dongseo University, Pusan, Korea

요약 본 연구에서는 공동주택 바닥마감 모르타르의 균열을 저감하기 위하여 균열 방지제, 고성능 감수제, 수지 등의 재료 혼입에 따른 균열축진실험을 실시하였다. 그 결과 고성능 감수제와 수지를 혼입한 시편이 균열방지제를 사용한 시편보다 균열수와 압축강도에서 더 우수한 결과를 나타내었다. 그리고 가장 높은 압축강도를 나타낸 시편이 상대적으로 매우 적은 균열을 나타냈으며, 가장 낮은 압축강도를 나타낸 시편에서 많은 균열을 관찰할 수 있었다. 그러므로 압축강도가 우수한 시편이 균열 저항성도 우수한 것으로 나타나 압축강도와 균열저항성은 비례하는 것으로 측정되었다. 모의부재 실험을 바탕으로 실제 아파트 현장에 적용된 배합 3의 장기 모니터링 결과, 장기 재령에서 균열발생이 전혀 관찰되지 않았다.

Abstract In this study, strengthening methods of floor surface finishing mortar are investigated to prevent the cracks using crack inhibitor agents, water reducer agent and resin. As a results, The number of crack and compressive strength of the specimen containing water reducer agent or resin had more effective than other specimens containing inhibitor agents at 7 days. And the highest compressive strength specimen showed the relatively no crack, but the lowest compressive strength specimen showed a lot of crack. Therefore the relationship between the crack growth and the compressive strength had proportional connection. A base on the mock-up test, long-term monitoring of the on-site applied to mixing design type3 showed the few cracks.

Key Words : Floor Surface Finishing Mortar, Cracks, Compressive Strength, Crack Inhibitor Agent, Water Reducer Agent, Resin.

1. 서론

우리나라의 난방방식은 재래식 온돌방식에서 1970년 대 연탄용 온돌 난방방식을 거쳐 최근 공동주택에서 보는 바와 같은 파이프 매설식 온수온돌 난방방식으로 발전해왔다. 이같은 공동주택의 온돌 난방방식은 바닥판 하부를 통하여 전달된 열의 전도, 대류, 복사에 의하여 실내온도를 적당하게 유지시키는 방식으로서 공간 이용성 및 경제성, 위생성이 뛰어나다. 그러나, 공동주택의 온돌

난방을 위한 바닥마감재로 많이 사용되는 시멘트계 재료는 수경성 재료로서 대기온도, 습도, 바람 등에 의해 수분 증발이 활발히 일어날 경우 균열이 쉽게 발생하는 단점이 있다.[1]

최근, 정부의 대량 주택공급 정책과 더불어 공동주택이 점차 대형화, 고층화로 바뀌게 되어 과거 저층의 공동주택에서 바닥마감재로 사용한 건비빔 모르타르는 시공상 문제로 인해 펌프를 이용한 기계화 시공으로 바뀌게 되었다. 펌프압송에 의한 기계화 시공은 종래의 손비빔

*Corresponding Author : Dong-Un Lee(Dongseo Univ.)

Tel: +82-10-8365-1712 email: ldu21@gdsu.dongseo.ac.kr

Received August 25, 2014 Revised (1st December 1, 2014, 2nd December 23, 2014) Accepted February 12, 2014

혹은 위치별 기계비빔에 의한 타설보다 시공 효율이 양호하여 공기 단축 및 인건비 절감에는 큰 이점이 있지만, 고층 압송에 따른 유동성을 발휘하기 위하여 몰시멘트비가 큰 바닥마감 모르타르가 사용되므로써 초기 및 장기 재령에 따른 건조수축 균열이 많이 발생하게 된다.[2] 이와 같은 바닥마감 모르타르의 균열은 난방효율을 저하시키고, 바닥지 또는 모노로프 같은 최종 마감재를 손상시켜 거주환경을 악화시키게 된다.[3]

이러한 문제점을 해결하기 위해 균열 방지제를 혼입한 레미탈이나 수축보상의 효과가 있는 팽창재를 사용하여 균열을 억제하거나 와이어메쉬, 메탈라스, 섬유보강재 등을 사용하여 바닥마감 모르타르의 균열을 억제하고 있으나 근원적으로 바닥마감 모르타르의 균열을 방지하지는 못하고 있는 실정이다.[4]

이에 본 연구에서는 공동주택 바닥마감 모르타르 타설시 주로 사용하는 레미탈에 균열저감 효과가 있는 혼화제들을 혼입하여 바닥마감 모르타르에 발생하는 균열의 특성을 살펴보고, 혼입한 재료에 따른 바닥마감 모르타르의 균열에 미치는 영향을 비교·분석 하고자 한다. 그리고 균열저항성이 가장 높은 재료를 사용하여 실제 현장에 적용한 후 바닥마감 모르타르의 균열 저항성에 대한 성능을 평가한다. 이상의 결과로부터 기존에 사용하고 있는 공동주택 바닥마감재 보다 효과적인 균열방지를 위한 기초자료를 제시하고자 한다.

2. 실험계획

2.1 실험인자 및 평가

본 연구에서는 바닥마감 모르타르의 균열을 방지하기 위한 재료적 방안으로써 건조수축으로 인한 균열을 저감하는데 효과가 있는 재료인 균열방지재, 고성능 감수제, 수지 등을 혼입하여 시편을 제작하고 실험을 수행하였다.[5]

본 연구에 사용한 혼화제들의 경우 균열 방지제는 팽창성 혼화제료로서 시멘트와 물과의 수화반응시 발생하는 수축을 보상하기 위하여 사용하였다. 그리고 고성능 감수제의 경우에는 배합수의 양을 감소시켜 수축을 저감시키기 위해 사용하였으며, 수지의 경우에는 낮은 수축성을 활용하여 수축을 저감시키기 위해 사용하였다.

슬럼프 플로우는 실제 건설현장에서의 적용성을 고려

해 현장타설시 기준이 되는 200±20mm를 기준으로 하고 강도는 재령 7일에서 7~9MPa가 되도록 하고 재령 28일에서 12~18MPa가 되도록 계획하여 재령에 따른 균열 특성을 파악하고 균열방지 효과를 고찰하였다.

또한 각 시편의 균열특성은 길이변화, 균열폭, 균열발생시기, 총 균열길이를 통해 정량적으로 비교·검토하고 바닥 모르타르 타설시 슬럼프 플로우를 육안 관찰하였다. 상세한 실험인자 및 평가항목은 Table 1과 같고 배합은 Table 2에 나타내었다.

[Table 1] Experiment Factor and Assessment

Factor		Assessment	
Crack inhibitor	3, 5% by cement weight	Slump Flow(Min)	Initial, 30, 60
Water Reducer	0.05~0.2% by cement weight	Compressive Strength(Day)	3, 7, 14, 28
Resin	0.05~0.2% by cement weight		
Curing Condition	Dry	Crack Width(Week)	1, 2, 4
Slump Flow	200±20mm	Time of Crack(Day)	Time of Initial Crack

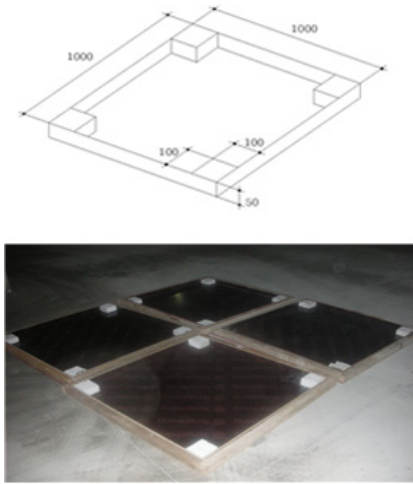
[Table 2] Mixing Design

Type	Specific Weight				
	Cement (kg/m ³)	Sand (kg/m ³)	Crack inhibitor (%)	Water Reducer (%)	Resin (%)
1	250	750	3	-	-
2			5	-	-
3			3	0.05-0.2	-
4			3	-	0.05-0.2

2.2 시편의 제작

시멘트와 각각의 혼입재료를 충분히 혼합하여 Figure 1과 같은 높이 50mm 크기 100×100×50mm의 몰드에 타설하여 시편을 제작하고 네모서리에 100×100mm 크기의 스티로폼을 대어 바닥마감 모르타르의 균열을 유도한다. 그리고 실제 현장에서 사용하는 바닥마감 모르타르의 플로값인 200±20mm가 되도록 물결합제비를 조정하여 KS L 5109 “수경성 시멘트 반죽 및 모르타르의 기계적 혼합 방법”에 따라 모르타르를 혼합하여, 모든 시편은 실제 현장 여건에 적합하도록 기건 양생시키도록 한다. 각 시편은 짧은 기간 내 바닥마감 모르타르의 균열을 유도하기 위하여 옥외 노출시켜 건조수축을 돕도록 한다. 실험이 진행된 시점의 평균온도는 약 11℃, 상대습도는

약 51%로 측정되었다.



[Fig. 1] Test Mold

2.3 실험재료

2.3.1 시멘트

본 연구에서는 국내산 보통 포틀랜드시멘트를 사용하였으며 본 실험에서 사용한 시멘트의 화학적 성분과 물리적 성질은 아래의 Table 3에 자세히 나타내었다.

[Table 3] Chemical and Physical composition of Cement

Type		Type I Portland Cement			
Fineness(cm ² /g)		3.266			
Density(cm ³ /g)		3.15			
Chemical composition (%)	SiO ₂	20.71	Compound composition (%)	C ₃ S	48.20
	Al ₂ O ₃	5.56		C ₂ S	23.00
	Fe ₂ O ₃	3.03		C ₃ A	9.60
	CaO	62.25		C ₄ AF	9.20
	MgO	3.40			
	SO ₃	2.50			
	L.O.I	1.42			

2.3.2 골재

본 연구에 사용된 잔골재는 5mm 이하의 강모래를 사용하였으며, 입도는 표준입도분포곡선 안에 들도록 조정하여 사용하였다. 골재의 물리적 특성은 Table 4에 나타내었다.

[Table 4] Physical composition of aggregate

Type	Fine Aggregate
Maximum size of aggregate (mm)	5
Fineness Modulus	2.85
Specific Gravity (g/cm ³)	2.57
Absorption(%)	2.33
Bulk Density of Aggregate (kg/m ³)	1,750

2.3.3 균열방지제

모르타르와 콘크리트의 균열방지를 위한 콘크리트용 팽창성 혼합재로서 시멘트, 물과 혼합하여 수화하게 되면 콘크리트의 수축을 보상하는 팽창이 발생되어 콘크리트가 균질하고 치밀한 조직을 가지도록 한다. 본 실험에 사용된 균열방지제의 물리적 성질 및 화학적 조성은 Table 5와 같다.

[Table 5] Chemical composition of Crack Inhibitor Agent

Composition (%)	Crack Inhibitor
SiO ₂	1~5
CaO	50~55
Al ₂ O ₃	8~15
Fe ₂ O ₃	0.3~2
MgO	0.5~2
SO ₃	27~31
F-CaO	16
Density(cm ³ /g)	2.80
Fineness(cm ² /g)	2,000

2.3.4 고성능 감수제

본 연구에 사용된 고성능 감수제의 경우 나프탈렌 설폰산 포르말린 축합물을 주성분으로 하는 비중이 1.22이며, 색상은 암갈색인 고성능 감수제를 사용하였다. 실험에 사용된 고성능 감수제의 물리적 성질은 Table 6과 같다.

[Table 6] Physical composition of Water Reducer Agent

Color	Dark Brown
Density(cm ³ /g)	1.22
State	Liquid
pH	7±1

2.3.5 수지

본 연구에 사용된 수지 재료는 모르타르와 콘크리트

의 균열방지를 위한 혼화제로서 물리적 성질 및 화학적 조성은 Table 7과 같다.

[Table 7] Physical composition of Resin

Color	White
Absorption(%)*	1.76
Density(cm ³ /g)	0.58
Particle Size(%)**	0.17
50% Solution Viscosity***	650
* Ohaus MB45, 150°C, 15min	
** 50mesh Sieve Residue	
*** Brookfield Viscometer Spin No 3. 12Rpm	

2.4 실험방법

2.4.1 슬럼프 플로우

각 배합별 바다모르타르의 유동성 측정을 위하여 KS L 5111에 따라 슬럼프 플로우 시험을 실시하였다. 배합된 모르타르를 틀에 채우고 진동을 주지 않은 상태에서 모르타르 콘을 들어올렸을 때 퍼진 형상을 대각선으로 측정하여 평균값을 구하였다.

2.4.2 압축강도

경화된 바다마감 모르타르의 역학적 특성을 알아보기 위한 모르타르 압축강도 시험은 KS L ISO 679의 “시멘트의 강도 시험 방법”에 따라 측정하였다. 40×40×160mm의 몰드를 이용하여 시편을 제작해서 28일간 수중양생을 실시한 후, 만능재료 시험기(Universal Testing Machine : U.T.M)를 이용하여 압축강도를 측정하였으며 3개의 시편에 대한 평균값으로 구하였다.

2.4.3 균열폭의 측정

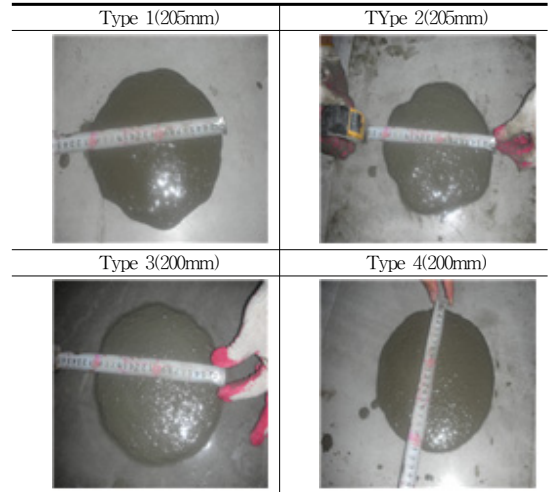
균열폭의 측정은 한 부위면에서 발견된 균열들 중 폭이 가장 큰 것에 대하여 버니어 캘리퍼스를 이용하여 측정하였다. 그리고 균열폭에 대한 기준은 주택건설전시방서 31320 ‘온돌마감’에 따라 0.2mm를 참고적으로 사용하였다.

3. 실험결과

3.1 슬럼프 플로우 및 경시변화

각 시편에 대한 슬럼프 플로우 경시변화를 측정하였

다. 타설 초기의 슬럼프 플로우값을 측정하고 30분경과 60분경과 후의 플로우 경시변화를 측정한 결과 Fig. 2와 같이 나타났다.



[Fig. 2] Initial Slump Flow Test Results

배합 1부터 배합 4까지 모든 시편에서 목표 슬럼프 플로우 값인 200±20mm를 만족하는 것으로 나타났으며, 모든 배합에서 시간이 경과함에 따라 슬럼프 플로우 손실이 발생하였다.

배합 1과 배합 2의 경우에는 초기 슬럼프 플로우가 205mm로 가장 크게 나타났으며 배합 3과 배합 4의 경우에도 초기 슬럼프 플로우가 200mm로 나타나 모든 배합에서의 초기 유동성 확보에는 문제가 없는 것으로 판단된다.

특히 배합 3의 경우 30분이 경과한 후에도 초기와 동일한 슬럼프 플로우를 나타내었으며, 60분이 지나도 다른 배합들과는 다르게 슬럼프 플로우가 5mm밖에 저하되지 않아 4개의 배합 중에서 시간이 경과하여도 작업성이 가장 우수할 것으로 사료된다. 이는 배합 3에 사용된 고성능감수제가 배합시 사용되는 물의 양을 줄일 뿐만 아니라 일정 수준의 점성을 유지하고 더불어 플로우를 지속적으로 유지시키는 역할[8]을 한 것으로 판단된다.

3.2 균열폭 및 균열발생시기와 총 균열길이

각 시편에 대한 균열폭과 균열발생시기의 실험결과를 Table 8에 나타내었고, Fig. 3~Fig. 7에 재령에 따른 최대 균열폭을 나타내었다. 균열폭은 재령 6주간 최대 균열폭

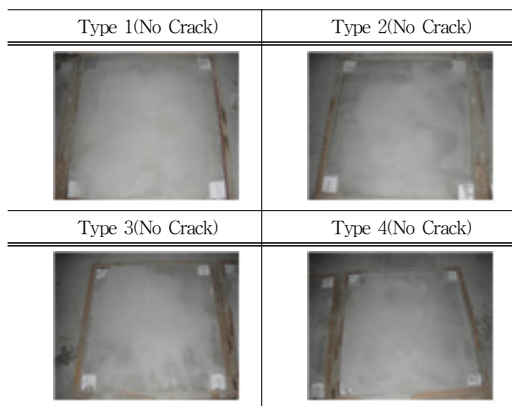
을, 균열발생시기는 최초 균열발생시기로 하였다. 총 균열길이는 각 시편에서 발생한 균열길이의 총합으로 나타내었다.

타설 초기시점인 재령 3일에는 전 시편에서 미세균열이 관찰되지 않았으며 재령 7일에서 팽창제를 사용한 배합 1과 배합 2에서 미세균열이 육안으로 관찰되었다. 하지만 고성능 감수제를 사용한 배합 3과 수지를 혼입한 배합 4의 경우에는 재령 42일까지도 미세균열은 육안으로 관찰되지 않았다.

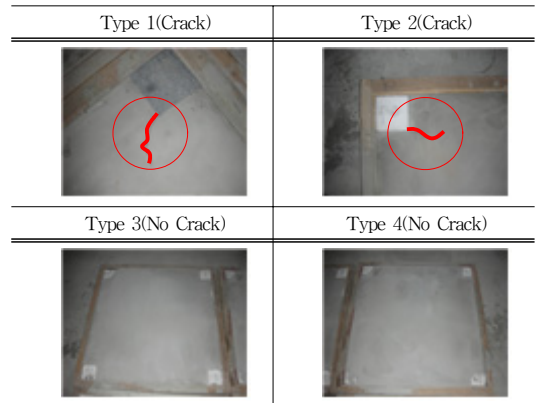
배합 1과 배합 2에서는 재령 7일에 미세균열이 0.1mm의 폭으로 발생되어 재령 42일에서는 균열의 폭이 재령 7일의 세 배인 0.3mm까지 확장되었으며, 최초균열발생시점부터 재령 42일까지 발생한 균열의 총 길이는 배합 1의 경우 370mm, 배합 2의 경우 380mm로 나타나 두 배합 모두 균열의 발생량이 유사한 것으로 판단된다.

[Table 8] Test Results of Crack Width and Time of Initial Crack

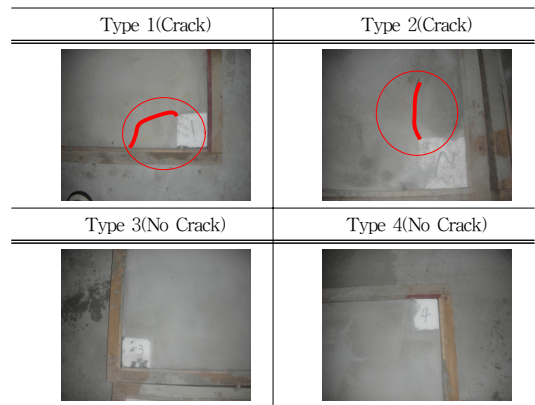
Type	Time of Initial Crack (Day)	Maximum Crack Width(mm)					Total Crack Length (mm)
		3	7	14	28	42	
1	7	-	0.1	0.2	0.2	0.3	370
2	7	-	0.1	0.2	0.2	0.3	380
3	-	-	-	-	-	-	-
4	-	-	-	-	-	-	-



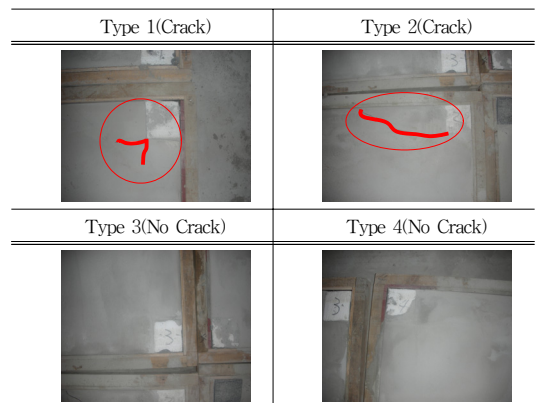
[Fig. 3] Crack Location at 3Day



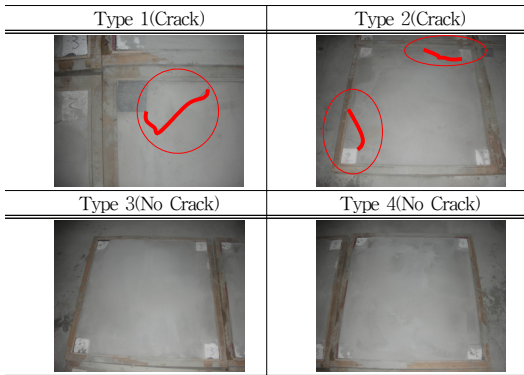
[Fig. 4] Crack Location at 7Day



[Fig. 5] Crack Location at 14Day



[Fig. 6] Crack Location at 28Day



[Fig. 7] Crack Location at 42Day

각 배합에서 발생된 균열의 수를 조사한 결과 배합 1에서는 3군데, 배합 2에서는 4군데에서 발생되었으며 총 균열의 길이를 합친 결과, 배합 1은 총 370mm, 배합 2는 총 380mm로 나타나 사용된 팽창제의 혼입률에 상관없이 거의 유사한 균열 특성을 나타내는 것으로 조사되었다.

고성능 감수제를 사용한 배합 3과 수지를 혼입한 배합 4의 경우에는 재령 42일까지 균열이 발생되지 않아 작업성 및 내구성 측면에서 배합 1과 배합 2보다 유리함을 확인하였다

3.3 압축강도

압축강도 측정결과 균열이 발생한 배합 1과 배합 2에서 재령 3일의 강도는 약 8.0MPa로 유사한 수준으로 측정되었지만, 재령 28일에서 배합 1의 경우는 압축강도가 17.6MPa로 배합 2의 14.6MPa를 상회하는 결과가 나타났다.

배합 3의 경우는 초기 강도뿐만 아니라 28일 강도에서도 22.2MPa로 나타나 4개의 배합 중에서 가장 우수하게 나타난 것을 알 수 있었다. 이는 고성능 감수제를 사용함으로써 배합시 물결합계비가 적어짐에 따라 이러한 결과[6]가 발생한 것으로 판단된다. 이전의 실험결과[7]의 경우 압축강도가 우수하여도 균열 저항성이 우수하지 않은 것으로 나타났으나, 본 실험에서 사용한 균열 방지제, 고성능 감수제, 수지의 경우에는 배합에 따른 균열 발생 개수와 총 균열길이와 상관성을 나타내고 있으며 이는 압축강도가 우수한 시편이 균열 저항성도 우수한 것으로 판단된다.

[Table 9] Test Results of Compressive Strength.

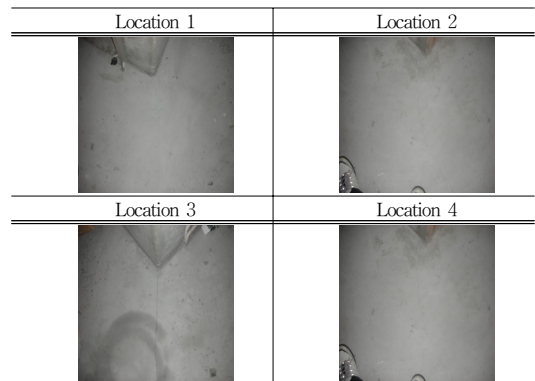
Type	Compressive Strength(MPa)			
	Curing(Day)			
	3	7	14	28
1	8.4	11.7	14.6	17.6
2	7.9	9.1	12.1	14.6
3	11.5	13.7	18.5	22.2
4	9.7	13.4	17.8	19.6

3.4 현장적용성 평가

상기 실험결과를 바탕으로 바닥미장 모르타르 균열발생 저감효과, 유동성 및 압축강도에서 가장 우수한 결과를 나타난 고성능 감수제 혼입 모르타르인 배합 3을 남양산에 위치하고 있는 D사가 시공한 공동주택 현장 5세대에 직접 타설하고 이에 따른 장기 모니터링을 실시하였다.

Fig. 8은 재령 42일에 관찰된 균열로서 조사결과 바닥미장 모르타르 타설 후 가장 흔하게 발생하는 건조수축 균열로 판단되었다. 일반적인 바닥미장 모르타르 타설 후 발생하는 소성수축 균열 및 피복두께 부족으로 인한 X-L 배관 돌출 및 박리 현상은 전혀 관찰되지 않았다. 또한 현장 타설에서 발생된 건조수축균열도 균열폭 및 균열깊이를 측정한 결과 매우 경미한 균열로 나타났으며 단순한 표면 작업만으로 쉽게 보수가 가능한 수준임을 확인하였다.

따라서 모의부재 실험결과를 바탕으로 실제 현장에 적용된 고성능 감수제 혼입 바닥미장 모르타르의 장기 모니터링 결과, 일반적인 바닥미장 모르타르 타설 시 발생하는 초기균열 발생 현상은 전혀 관찰되지 않았으며 장기 재령에서도 균열저감 효과를 충분히 나타낸 것으로 판단된다.[8] 이를 통해 고성능 감수제의 혼입이 바닥미장 모르타르의 균열 발생을 저감시키고 강도 증진 효과가 있음을 실제 현장 적용을 통하여 그 결과를 충분히 검증하였다.



[Fig. 8] Monitoring of Crack Location at 42Day

4. 결론

본 연구에서는 공동주택 바닥마감 모르타르의 균열을 저감하기 위하여 팽창제, 고성능 감수제, 수지 등의 재료 혼입에 따른 균열축진실험을 실시하였다. 재령 별 각 시편의 균열발생 정도와 균열발생 시기, 균열폭을 분석하였고, 재료에 따른 압축강도와 균열발생과의 상관성 또한 검토하였으며 본 연구의 주요 결론은 다음과 같다.

1. 모든 배합에서 목표 슬럼프 플로우인 200±20mm를 만족하는 것으로 나타났다. 배합 3을 제외한 모든 배합에서 초기 슬럼프와 비교하였을 때 60분 후 10mm로 슬럼프 플로우가 저하되었다. 그러나 배합 3의 경우 60분 후의 슬럼프가 초기와 비교하여 5mm 이내에서 저하된 것으로 나타나 유동성 측면에서 가장 우수한 결과를 나타내었다.
2. 타설 초기시점인 재령 3일에는 전 시편에서 미세균열이 관찰되지 않았으며 재령 7일에서 팽창제를 사용한 배합 1과 배합 2에서 미세균열이 육안으로 관찰되었다. 하지만 고성능 감수제를 사용한 배합 3과 수지를 혼입한 배합 4의 경우에는 재령 28일까지도 미세균열은 육안으로 관찰되지 않았다.
3. 압축강도 측정결과 균열이 발생한 배합 1과 배합 2에서 재령 3일의 강도는 유사한 수준으로 측정되었으며, 배합 3의 경우는 초기 강도뿐만 아니라 28일 강도에서도 4개의 배합 중에서 가장 우수하게 나타났다.
4. 균열발생 개수 및 총균열 길이와 압축강도와의 상관성을 살펴본 결과, 압축강도가 우수한 시편이 균열 저항성도 우수한 것으로 나타나 압축강도와 균열저항성은 비례하는 것으로 본 실험에서는 조사되었다.
5. 모의부재 실험을 바탕으로 실제 아파트 현장에 적용된 배합 3의 장기 모니터링 결과, 초기 재령에서 균열발생이 전혀 관찰되지 않았으며 장기재령에서도 일반적인 바닥마감 모르타르 타설 후 발생하는 균열과 비교하여 극히 미세한 수준임을 확인하였다.

본 연구에서는 모의부재를 통한 실험 결과를 바탕으로 바닥마감 모르타르의 균열 저감에 효과적인 재료인 고성능 감수제를 적용하여 실제 현장에 직접 타설 후 모의부재 실험결과를 검증하였다. 이러한 과정을 통해서 고성능 감수제가 바닥마감 모르타르의 균열방지 및 강도 증진에 효과적인 재료임을 확인하였다.

References

- [1] Sung-Chul Han, A Study on the Properties of Crack According to the Curing Conditions in the On-Dol Floor of Apartment Building, Dept. of Architectural Engineering, Graduate School, Pukyong National University, 2001.
- [2] Kim KD, Jung SC, Song MS, An Experimental Study on the Development and on its Applications on Non-Shrinkage Admixture for Crack-Prevention of Cement Mortars in Apartment housing, Journal of the Architectural Institute of Korea. 1996 Aug;12(8):231-10.
- [3] Han CK, Ban HY, Jeon BC, Hong SH, A Study on the Properties of Cement Mortar with the Kinds and Addition Rate of Expansive Additives, Journal of the Architectural Institute of Korea. 1998 Nov;14(1):377-5.
- [4] Kim SJ, Park HW, Yoo BH, A Study on the Establishment for the Inspectoral Criterion of Crack in the Apartment House, Journal of the Architectural Institute of Korea. 1997 Jan;13(1):223-10.
- [5] Yin JF, Hwang YS, Cheong SC, Yoon GW, Han CK, A Fundamental Properties of Cement Mortar for Apartment Housing Floor under Various Contents of Copper Fiber and Expansive Admixture, Proceeding of 2001 Symposium on Architectural Institute of Korea; 2001 Apr: Architectural Institute of Korea; 2001. pp. 369-372.
- [6] Lee JR, Lee WJ, Chae JH, Park KS, Kim KS, A Study on the Dry-Shrinkage Properties For Floor Mortar With Crack-Reducing, Proceeding of 1999 Symposium on Korea Concrete Institute; 1999 May: Korea Concrete Institute; 1999. pp. 175-180.
- [7] Park JW, An Experimental Study on Crack Prevention of Floor Surface Finishing Mortar of Apartment Housing Floor, Dept. of Architectural Engineering, Graduate School, Pusan National University, 2006.
- [8] Kim DS, Park SJ, Won C, Lee SS, A Study on the Mix Design of the Self-Compaction Concrete in order to Compensate for Shrinkage, Proceeding of 2001 Symposium on Architectural Institute of Korea; 2001 Apr:

Architectural Institute of Korea;2001. pp. 256-261.

- [9] Han CK, Jung SC, Pyo DS, Influences of Material and Construction Conditions on the Properties of Cement Mortars for Apartment Housing Floors, Journal of the Architectural Institute of Korea. 2002 Feb;18(2):93-10.
-

이 동 운(Dong-Un Lee)

[정회원]



- 1996년 2월 : 부산대학교 일반대학원 건축공학과 (공학석사)
- 2002년 2월 : 부산대학교 일반대학원 건축공학과 (공학박사)
- 2001년 1월 ~ 2005년 1월 : (주) 본구조 엔지니어링 이사
- 2006년 3월 ~ 현재 : 동서대학교 건축공학과 교수

<관심분야>

건축재료, 건축시공