

제올라이트계 분말을 이용한 기능성 모르터의 실내공기 오염물질 흡착 성능에 관한 연구

The Study on Inner Air Pollutants Absorptional Capability of Functional Mortar using Properties of Zeolite Powder

신 용 재*
Shin, Yong-Jae

허 재 원**
Heo, Jae-Won

김 호 열***
Kim, Hyo-Youl

이 종 일****
Lee, Jong-Il

임 남 기****
Lim, Nam-Gi

Abstract

In a traditional society, building materials were developed fulfilling the requirements of conveniences and functionalities such as safety, construction work, durability and economical efficiency. However, as the concern about environmental or users' health issues has been elevated recently, research and development about eco-friendly material are also vigorously promoted further. In addition, thanks to the steady growth of domestic industry, the amount of discharged industrial by-product is getting increasing. However, its recycling rate remains at low level as most industrial by-products are filled up in the land, which worsen the environmental pollution. Zeolite powder is cement admixture and is expected to have constraining effect of factors causing symptoms of inhabitants in a new house and alleviates the amount of discharged harmful elements emitted from hardened cement.

키워드 : 제올라이트 분말, 모르터, 혼화재, 새집증후군, 기능성 재료

keywords : Zeolite Powder, Mortar, Admixture, Sick House Syndrome, Functional Material

1. 서 론

1.1 연구 배경 및 목적

20세기까지의 건축 재료는 안전성, 시공성, 내구성, 경제성 등의 그 기능성과 편리성만을 주요 충족요건으로 하여 개발되어 왔다. 그러나 최근 들어 환경적인 문제나 주거자들의 건강 문제 등에 관한 관심이 고조되면서 친환경 재료 개발에 관한 연구가 활발히 추진되고 있다. 또한 국내산업의 지속적인 성장으로 인하여, 산업 부산물의 배출량이 날로 증가되고 있지만 대부분의 산업 부산물은 매립 처리되고 있는 실정으로 재활용적인 면에 있어서도 그 활용도가 매우 낮은 수준에 머물러 있어, 환경오염이 심각해지는 상황에 처해있다.

이에 근래에 이르기까지 다양한 기능성을 갖는 건축 재료들의 출현은 건축문화의 혁신적인 변화를 가속하였으나, 실내 마감재로부터 배출되는 심각한 오염물질은 결과적으로 친환경적인 건축 재료의 중요성을 실감하게 하는 계기가 되고 있다.

친환경적인 건축 재료가 갖추어야 할 기본 조건으로는 무독성 물질이어야 하며, 지속 가능성을 가지며, 재활용이 가능한 물질로서 특히 건축물의 환경성능을 향상시킬 수 있어야 할 것 등을 들 수 있다.

제올라이트는 응용광물학적 성질인 양이온 교환특성, 흡착 및 분자체 특성, 촉매특성, 그리고 탈수 및 재흡수 특성 등을 지니고 있는 것으로 알려져 있다.

국내에서는 대체적으로 신생대 3기의 화산회가 열수에 의한 속성작용을 받아 생성된 광물로 물분자가 결정수 형태로 구조 중에 존재하는 알루미늄이나 규산염 광물인 천연제올라이트를 많이 사용하여 왔으나, 화력발전소의 부산물인 석탄재를 가열교반 처리한 인공제올라이트와 알루미늄 실리케이트 겔과 천연의 규산염 광물을 이용하여 수열 합성한 합성제올라이트가 개발되어 다양한 산업에서 활용되고 있다. 인공제올라이트와 합성제올라이트는 천연제올라이트보다 다양성과 균질성 및 우수한 효능을 가진 물질로써 평가되고 있으며, 이를 시멘트용 혼화재로서 활용 시 새집증후군을 유발하는 요인들의 억제효과는 물론 시멘트 경화체 자체에서 방출하는 유해물질의 배출량을 저감할 수 있을 것으로 예상된다. 그러나 이러한 제올라이트계 광물을 실내 공기 오염을 유발하는 유해물질의 저감을 위한 기능성 재료로서 이용하기 위해서는 이를 혼입한 시멘트 모르터 및 콘크리트의 물성에 대한 기초실험이 선행되어야 할 것으로 판단된다.

따라서, 본 연구에서는 제올라이트계 분말의 종류 및 치환율에 따른 시멘트 모르터의 기초 물성을 파악하고, 나아가 이를 사용한 모르터의 실내오염 물질 저감효과를 규명함으로써 제올라이트계 분말을 혼입한 기능성 모르터의 활용성과 실용화를 위한 기초자료를 제시하는데 그 목적이 있다.

* 동명대학교 석사과정

** 동명대학교 박사과정

*** 김해대학 건축계열 전임강사, 공학박사

**** 동명대학교 건축대학 부교수, 공학박사

1.2 연구 범위 및 방법

기능성 모르타용 혼화재로서 제올라이트계 분말의 활용성에 대한 기초자료를 제시하기 위하여 본 연구에서는 제올라이트계 분말의 종류 및 치환율을 변화시킨 모르타를 제작하였다.

제올라이트 분말은 천연, 인공, 합성의 3종류를 이용하였으며, 치환율은 시멘트 중량에 대하여 각각 최대 15%의 범위 내에서 3% 범위로 변화시켰다.

모르타의 배합에서 물결합재비는 50%, 배합비는 미장용 모르타의 배합기준인 시멘트 : 모래 비율을 중량비 1 : 3으로 고정하였다.

실험은 제올라이트계 분말의 종류 및 치환율에 따라 제작한 모르타를 대상으로 플로우, 압축강도 및 휨강도를 측정하였으며, 실내공기 오염물질에 대한 흡착성능 시험을 실시하였다.

이상의 실험결과를 비교·분석하여 기능성 혼화재로서 활용 가능한 제올라이트계 분말의 종류 및 적정 치환율을 도출하고, 이를 사용한 모르타의 흡착성능을 검토하여 모르타용 기능성 재료로서 제올라이트계 분말의 활용 가능성을 고찰하는 것까지를 본 연구의 범위로 한다

2. 제올라이트

2.1 천연제올라이트

천연제올라이트는 신생대 3기의 화산회가 열수에 의해 속성 작용을 받아 생성된 광물로 물분자가 결정수 형태로 구조중에 존재하는 알루미늄 규산염 광물로서 스웨덴 광물학자인 클론스테드(1756)에 의해 처음으로 발견되어 "끓는(Zeo) 돌(lite)" 이라 명명되었다.

천연제올라이트는 나트륨, 칼륨의 알칼리 금속과 칼슘 등의 알칼리 토금속을 함유하고 또한 결정수를 함유한 알루미늄의 규산염광물이며, 그 종류는 매우 많으나 보편적으로 분포하는 것은 클리넵톨라이트와 모우더나이트의 2종류이다.

천연제올라이트의 결정수는 일반 구조수와는 달이 물분자로 존재하기 때문에 "비석수"라 하고 가열에 따라 탈수하여도 구조는 파괴되지 않고 물분자가 있던 곳은 그대로 남아 마치 스펀지와 같은 구조가 되고, 다시 그 공간에 수분이나 가스를 흡착하여 원상으로 복귀하는 흡착, 흡착작용과 함께 염기치환 용량을 가지고 있다. 이러한 특성으로 이온교환제, 흡착제 및 탈수제, 건축재료 등 널리 이용되고 있다.

2.2 인공제올라이트

인공제올라이트는 화력발전소의 부산물인 석탄재에 알칼리 액을 넣어 가열교반 처리한 물질이다.

인공제올라이트는 양이온교환능력 C.E.C (Cation Exchange Capacity)이 277cmol/kg이며 잘 발달된 다공성 구조를 띠고 있다. 인공제올라이트는 작은 격자형 입자들이 모여 있고 천연제올라이트에 비해 작은 구멍구조(Micro hole)가 매우 잘 발달되어있어서 악취 및 유독가스 제거 기능이 우수하며, 수중에서도 붕괴되지 않는다.

폐수 중 중금속, 암모니아와 같은 양이온성 오염물질의 제거

기능이 매우 우수하며, 양이온인 중금속, 암모니아는 물론 음이온인 인산까지 동시 제거할 수 있다.

천연제올라이트에 비해 NH_4^+ , Pb^{2+} , Cr^{2+} , Cd^{2+} 의 보다 우수한 흡착으로 인해 폐수 및 침출수 등의 암모니아 및 중금속 제거 등에 효과적으로 활용되고 있다.

2.3 합성제올라이트

합성제올라이트는 일반적으로 200℃이하의 온도 범위에서 수열 합성법으로 이루어진다.

출발 물질의 성격에 따라 제올라이트 합성법은 소위 "Hydrogen Process"라 불리는 알루미늄 실리케이트 겔을 원료로 사용하는 방법과 천연의 규산염 광물을 이용하는 방법으로 구분할 수 있다. 일반적으로 전자의 방법을 많이 사용하는데 이는 제올라이트의 합성과정에서는 특별한 압력 조건을 필요로 하지 않고 낮은 온도에서 반응이 진행되므로 비교적 쉽고 저렴하게 제올라이트를 합성할 수 있기 때문이다.

합성 제올라이트는 천연 제올라이트에 비해서 값이 비싸다는 점을 제외하고는 광종 및 세공 특성에 있어서의 다양성과 제품의 균질성 및 양이온교환능력, 흡착 및 흡장 성능 등의 효능에 있어서도 우수하다.

이러한 우수한 특성으로 인해 여러 산업에서 활용되고 있으나, 특히 흡착 분리 공정, 각종 촉매 공업, 및 합성 세제 공정 등과 같은 화학공업에서 널리 이용되고 있다.

3. 실험

3.1 실험개요

제올라이트계 분말을 사용한 모르타의 유동성과 압축강도 및 휨강도의 기초물성 실험과 더불어 실내공기 오염물질 흡착성능을 측정하여 비교·분석하기 위한 본 실험의 실험요인 및 조건은 표1과 같다.

표 1. 실험인자 및 수준

실험인자	수준	수준수
제올라이트계 분말	천연, 인공, 합성	3
배합비	1 : 3	1
물시멘트비(%)	50	1
치환율(%)	0, 3, 6, 9, 12, 15	6
실험항목	플로우, 압축강도, 휨강도, 실내공기 오염물질 흡착성능	4

3.2 모르타의 배합

본 실험을 위한 배합에서의 시멘트 잔골재의 배합비는 1:3으로 하였고, 물결합재비(W/B)는 50%로 하였으며, 제올라이트계 분말의 치환율은 시멘트 중량대비 0, 3, 6, 9, 12, 15%로 구분하였고 표 2와 같이 배합하였다.

표 2. 모르터의 배합

종류	배합비	W/B (%)	치환율 (%)	배합량(kg/m ³)				W
				C	Z	S	W	
천연	1:3	50	-	479.96	-	1,449.90	239.98	
			3	465.56	14.40	1,418.93		
			6	451.16	28.80	1,415.84		
			9	436.76	43.20	1,412.75		
			12	422.36	57.59	1,409.66		
			15	407.96	71.99	1,406.57		
인공	1:3	50	-	479.96	-	1,449.90	239.98	
			3	465.56	14.40	1,418.12		
			6	451.16	28.80	1,414.22		
			9	436.76	43.20	1,410.31		
			12	422.36	57.59	1,406.41		
			15	407.96	71.99	1,402.51		
합성	1:3	50	-	479.96	-	1,449.90	239.98	
			3	465.56	14.40	1,420.52		
			6	451.16	28.80	1,419.01		
			9	436.76	43.20	1,417.51		
			12	422.36	57.59	1,416.00		
			15	407.96	71.99	1,414.50		

3.3 사용재료

3.3.1 시멘트

시멘트는 S사의 보통포틀랜드 시멘트를 사용하였으며, 화학 조성 및 물리적 성질은 표 3과 같다.

표 3. 시멘트의 화학조성 및 물리적 성질

화학 조성	화학생분 함량(%)	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	lg.loss
		21.95	6.59	2.81	60.12	3.32	2.11	2.58
물리적 성질	비표면적 (cm ² /g)	비중	응결시간		압축강도(MPa)			
			초결	종결	3일	7일	28일	
	3.112	3.14	4시간	6시간	19.8	27.2	38.9	

3.3.2 잔골재

잔골재는 하등산 강모래를 사용하였으며, 그 물리적 성질은 표 4와 같다.

표 4. 잔골재의 물리적 성질

항목	비중	흡수율 (%)	조립률 (FM)	단위용적중량 (kg/m ³)	실적율
잔골재	2.56	2.29	2.36	1,575	61.0

3.3.3 제올라이트

제올라이트는 천연, 인공 및 합성제올라이트를 사용하였으며, 물리·화학 성질은 표 5와 같다.

표 5. 제올라이트의 물리·화학 성질

종류	비중	분말도 (cm ² /g)	화학조성(%)				
			SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	CaO
천연	2.36	4,799	63.7	16.2	3.53	1.69	4.18
인공	2.49	8,313	47.2	8.85	2.03	1.42	25.9
합성	2.79	13,245	59.2	0.54	1.27	26.9	3.12

3.3.4 배합수

배합수는 부산광역시 상수도 물을 사용하였다.

3.4 시험체 제작 및 시험방법

시험체는 KS L 5105 "시멘트 모르터의 압축강도시험 방법"에 준하여 제작하였다. 제올라이트계 분말의 종류 및 치환율에 따른 모르터의 물성을 검토하기 위한 실험항목 및 적용규준은 표 6과 같다.

표 6. 실험항목 및 적용 규준

실험항목	적용 규준
슬럼프 시험	KS F 2402
압축강도 시험	KS F 2405
휨강도 시험	KS F 2408

건축자재로부터 방출되는 실내공기오염물질은 낮은 농도로 서서히 방출되기 때문에 측정 방법에 따라 큰 오차를 나타낼 수 있다. 건축자재로부터 방출되는 화학물질을 측정하는 방법에는 소재측정법, 데시케이터법, 방출시험 챔버법 이 있다. 이 중 미국 ASTM과 유럽연합(ECA)에서는 챔버방식에 의한 규격을 규정하고 있다. 챔버는 용량이 1m³ 이하인 소형과 1m³ 이상인 대형으로 구분하며, 대형 챔버는 가구류 등을 내부에 설치하여 측정이 가능 하도록 구성되어 있는 것이 일반적이다.

제올라이트계 분말을 사용한 모르터의 실내 공기 오염물질 흡착 성능 실험을 실시하기 위해 두께 100mm 스티로폼에 제올라이트 모르터를 각각 15mm 미장하여 실내 용적이 1m³가 되도록 입방형 시험체 챔버를 제작하였다. 그 후 각 입방시험체 내에 50g의 클로로프렌 고무 접착제를 투입하여 1일 간격으로 최대 10일간 TVOCs 및 포름알데히드 등의 유해물질의 농도를 장비로 측정하였다. 이에 각 모서리는 공기가 통하지 않도록 실리콘으로 밀폐 마감 처리하였다. 흡착성능 측정은 24시간 동안 시험체의 조건을 동일하게 유지시키고, 측정 센서를 시험체 내부 공간에 고정시킨 다음 시험체를 밀폐시킨 후 시간이 경과함에 따라 시험체 내부의 유해물질 농도의 감소를 측정하였다.

1회 측정 시 30분 환기 시킨 후 5시간 대기한 다음 측정하였으며, 다음 측정은 24시간 후에 동일한 조건으로 측정하였다. 포름알데히드 측정 시간은 15분간으로 하였으며, TVOC는 30분간 측정하였다.

4. 실험결과 및 고찰

4.1 제올라이트 모르타의 물성 실험

제올라이트계 분말의 종류 및 치환율에 따른 모르타의 플로우, 압축강도 및 휨강도의 기초물성 실험을 실시한 결과는 표 7과 같다.

표 7. 시험결과

구분	치환율 (%)	플로우 (%)	압축강도(MPa)			휨강도 (MPa)
			3일	7일	28일	
Plain	-	144.5	22.41	30.68	37.47	4.45
천연	3	138.6	22.61	30.23	41.24	4.65
	6	135.0	22.87	31.60	38.60	4.60
	9	133.7	22.27	29.35	37.32	4.26
	12	132.2	21.50	29.95	35.60	4.21
	15	131.1	20.72	31.16	33.33	4.19
인공	3	135.5	24.90	32.58	36.48	4.70
	6	131.1	23.56	32.47	42.40	4.61
	9	129.6	23.62	31.21	38.53	4.50
	12	127.5	22.57	30.45	36.65	4.47
	15	125.3	20.50	29.71	32.95	4.18
합성	3	131.4	25.68	35.08	42.44	4.31
	6	125.1	25.43	30.62	40.86	4.23
	9	123.7	18.72	23.91	37.04	4.20
	12	121.4	3.26	23.46	32.31	3.51
	15	119.3	0.28	19.89	23.79	3.29

4.1.1 플로우

제올라이트계 분말의 종류 및 치환율에 따른 모르타의 플로우 실험결과는 그림 1과 같다.

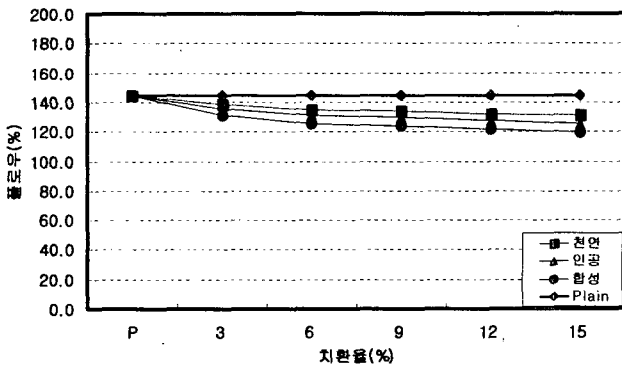


그림 1. 플로우

Plain 모르타의 플로우는 144.5%로 나타났으며, 제올라이트계 분말의 치환율이 증가함에 따라 모르타의 플로우는 감소하는 것으로 측정되었다.

제올라이트계 분말을 사용함에 따른 모르타의 플로우 감소 현상은 종류에 따른 비교적 분말도가 큰 제올라이트 분말을 사용함으로써 모르타의 점성이 증가하여 나타나는 현상으로 판단 된다.

4.1.2 압축강도

제올라이트계 분말의 종류 및 치환율에 따른 모르타의 재령별 압축강도 시험결과는 그림 2 및 그림 3, 그림 4와 같다.

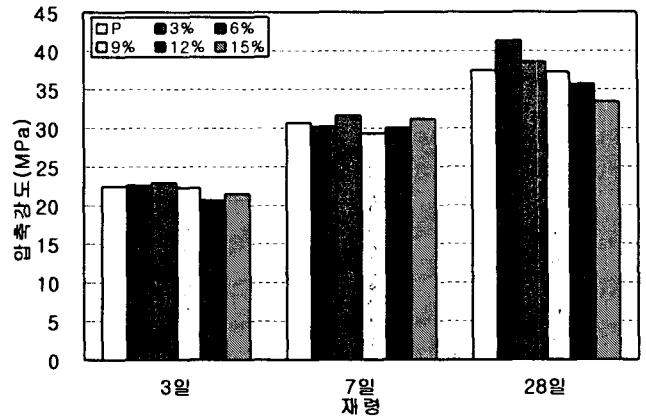


그림 2. 천연제올라이트 재령별 압축강도

천연제올라이트 분말을 사용한 모르타의 압축강도는 재령 3일과 재령 7일에서는 플레인 모르타에 비하여 전 치환율에서 유사한 것으로 나타났다. 그러나 재령 28일에서 천연제올라이트 분말의 치환율 3%인 경우는 플레인 모르타에 비하여 약 10% 정도 압축강도가 증가하는 것으로 측정되었다. 또한 치환율 9% 이내의 조건에서는 플레인 모르타의 압축강도와 유사한 것으로 나타났다. 따라서 시멘트 모르타용 혼화재로서 천연제올라이트 분말의 최대 치환율은 9%인 것으로 판단되며, 이는 그 분말도가 시멘트에 비해 분말도가 4,799(cmf/g)로 높아 시멘트 경화체의 밀도를 증가시킴으로서 발생하는 현상으로 판단 된다.

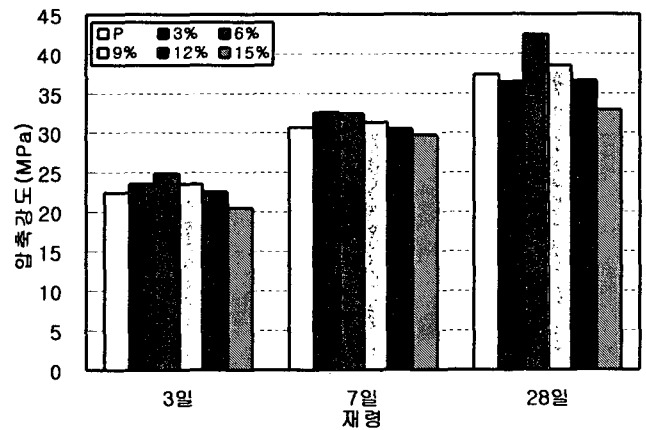


그림 3. 인공제올라이트 재령별 압축강도

인공제올라이트 분말을 사용한 모르타의 압축강도는 재령 7일 이내의 초기재령에서 플레인 모르타와 큰 차이를 나타내지 않았으며, 특히 치환율 6% 이내의 범위에서는 압축강도가 다소 높은 것으로 측정되었다. 재령 28일에서 치환율 9% 이내의 범위에서는 플레인 모르타의 압축강도와 유사하거나 다소 높은 것으로 측정되었다. 특히 인공제올라이트 분말의 치환율 6%의 경우는 플레인 모르타에 비하여 약 13% 정도 압축강도가 높은 것으로 측정되었다.

따라서 인공제올라이트 분말의 최대 치환율 범위는 9% 이내인 것으로 나타났다.

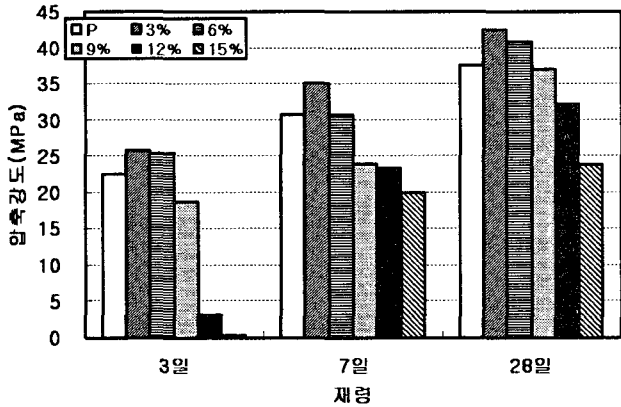


그림 4. 합성제올라이트 재량별 압축강도

합성제올라이트 분말을 사용한 모르터의 압축강도는 재령 7일 이내에서는 치환율 6%이내의 범위에서는 플레인 모르터와 유사하거나 다소 높았으나, 그 이상의 치환율에서는 압축강도가 낮은 것으로 측정되었다.

특히 재령 3일에서 합성제올라이트 분말의 치환율 12%와 15%의 경우는 이상응결을 나타내어 압축강도가 매우 낮은 것으로 측정되었으나, 재령 7일에서는 압축강도가 큰 폭으로 증가하는 것으로 나타났다. 재령 28일에서 합성제올라이트 분말의 치환율 3%와 6%는 플레인 모르터의 압축강도에 비하여 각각 약 13%, 9% 정도 높게 측정되었으며, 치환율 9%는 플레인 모르터의 압축강도와 유사한 것으로 나타났다.

따라서 압축강도 시험결과를 바탕으로 검토하여 볼 때 모르터용 혼화제로서 합성제올라이트 분말의 최대 치환율은 9%인 것으로 나타났다.

이상의 결과에서 재령 7일 이내의 모르터의 압축강도는 천연제올라이트와 인공제올라이트는 9%이내, 합성제올라이트는 6%이내의 범위에서 플레인 모르터의 압축강도와 유사한 것으로 나타나 이상의 범위 내에서 시멘트 대체제로서 제올라이트계 분말의 활용 시 초기강도 확보에는 큰 문제점을 나타내지 않는 것으로 나타났다.

또한 재령 28일에서는 천연, 인공, 합성제올라이트 분말의 치환율 9%이내의 범위에서 플레인 모르터의 압축강도에 비하여 다소 높거나 유사한 양상을 나타내어 제올라이트계 분말의 적정 최대 치환율 범위는 9%인 것으로 나타났다.

따라서 초기재령의 확보가 중요한 콘크리트의 경우 제올라이트계 분말을 혼화제로서 사용한다면 6%이내의 범위에서 활용하는 것이 바람직할 것으로 판단되며, 본 연구의 목적인 기능성 모르터용 혼화제로서 이를 사용한다면 최대 9%까지는 활용이 가능할 것으로 보인다.

4.1.3 휨강도

제올라이트계 분말의 종류 및 치환율에 따른 모르터의 휨강도 시험결과는 그림 5와 같다.

천연제올라이트 분말과 인공제올라이트 분말을 사용한 모르터의 휨강도는 치환율 12% 이내의 범위에서는 플레인 모르터의 휨강도와 유사한 것으로 측정되었다.

그러나 합성제올라이트 분말을 사용한 모르터의 휨강도는

치환율 9% 이내에서는 플레인 모르터와 유사하였으나 그 이상의 범위에서는 플레인 모르터에 비하여 큰 차이를 나타내는 것으로 측정되었다.

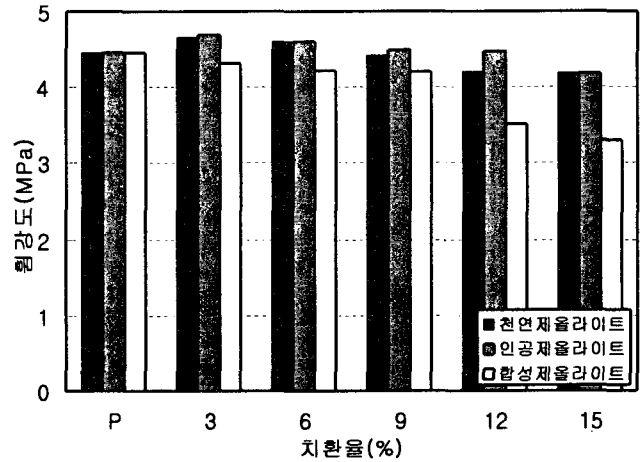


그림 5. 휨강도

제올라이트계 분말을 사용한 모르터의 휨강도를 압축강도와 비교하여 볼 때, 휨강도는 압축강도의 약 1/10 정도의 범위를 나타내는 것으로 측정되어 보통 시멘트 경화체의 휨강도 발현 특성과 유사한 것으로 나타났다.

따라서 휨강도 시험결과를 바탕으로 제올라이트계 분말의 최대 사용량을 도출한다면 9% 이내의 범위가 적정할 것으로 판단 된다.

제올라이트계 분말을 사용한 모르터의 플로우, 압축강도 및 휨강도 시험결과를 종합하여 분석하여 볼 때, 제올라이트계 분말을 사용함에 따라 모르터의 유동성 및 강도특성에 영향을 미치지 않는 제올라이트계 분말의 최대 치환율은 9%인 것으로 나타났다.

4.2 제올라이트계 분말 모르터의 기능성 평가

제올라이트계 분말의 종류에 따른 모르터의 기능성을 평가하기 위하여, 실내공기 오염물질 저감성능 실험을 실시한 장비는 사진 1 및 사진 2와 같으며, 결과는 표. 8 및 표. 9와 같다.

제올라이트계 분말의 치환율은 선행시험을 통해 도출한 적정 치환율인 9%로 고정하여 실시하였다.



사진 1. 포름알데히드 측정 장비

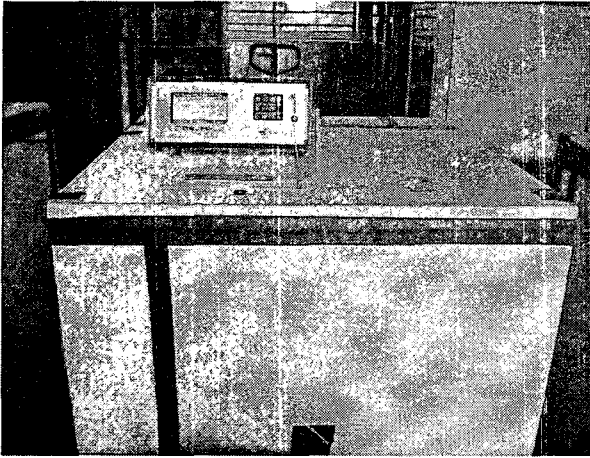


사진 2. TVOC 측정 장비

표 8. 포름알데히드 실험결과 (단위 ppm)

측정일	Plain	천연	인공	합성
1	0.03	0.02	0.02	0.01
2	0.03	0.01	0.01	0.01
3	0.04	0.01	0.01	0.01
4	0.05	0.01	0.01	0.01
5	0.06	0.01	0.01	0.01
6	0.06	0.01	0.01	0.01
7	0.06	0.01	0.01	0.01
8	0.06	0.03	0.03	0.01
9	0.07	0.01	0.01	0.01
10	0.05	0.01	0.01	0.01

표 9. TVOC 실험결과 (단위 $\mu\text{m}/\text{m}^3$)

측정일	Plain	천연	인공	합성
1	6,457.06	6,239.40	6,166.85	6,094.30
2	6,457.06	6,275.68	6,094.30	6,021.75
3	6,638.43	6,311.95	6,021.75	5,622.72
4	6,384.50	5,985.47	5,695.27	5,586.44
5	6,021.75	5,876.65	5,767.82	5,151.13
6	5,912.92	5,586.44	5,695.27	5,187.41
7	6,021.75	5,550.17	5,695.27	5,078.58
8	5,767.82	5,658.99	5,368.79	2,684.39
9	5,876.65	870.61	217.65	108.83
10	6,021.75	761.79	145.10	72.55

4.2.1 제올라이트 모르터의 흡착성능

제올라이트계 분말을 사용한 모르터의 포름알데히드 및 TVOC 저감효과 실험 결과는 그림 6, 그림 7과 같다.

포름알데히드의 시간에 따른 농도변화를 측정된 결과 Plain 모르터의 경우는 측정재령 9일까지 지속적으로 포름알데히드의 양이 증가하는 것으로 나타났다. 그러나 제올라이트계 분말을 사용한 모르터의 경우는 모든 조건에서 재령 2일 이후에 포름알데히드가 검출되지 않는 것으로 측정되었다.

따라서 제올라이트계 분말은 포름알데히드를 저감하는 효과를 발휘하는 것으로 나타났으며, 제올라이트계 분말의 종류별 포름알데히드 저감효과는 유사한 것으로 측정되었다.

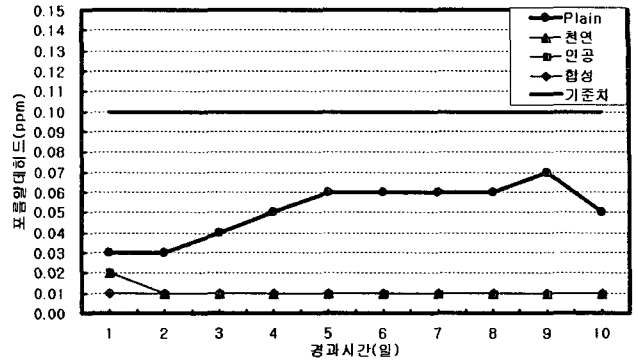
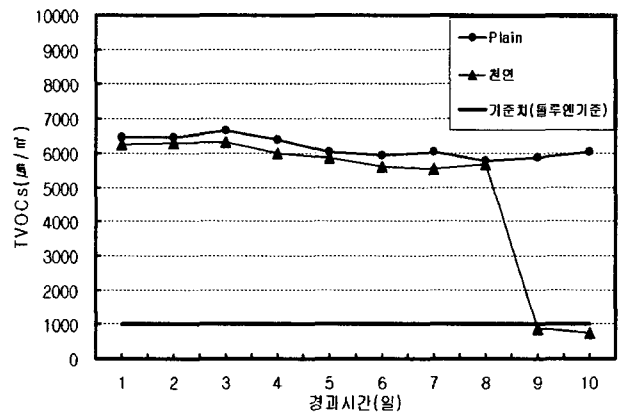
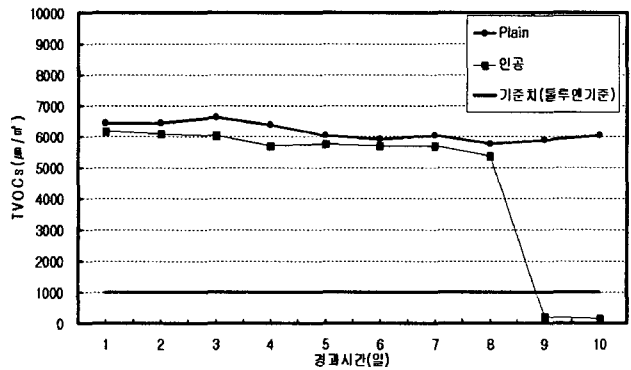


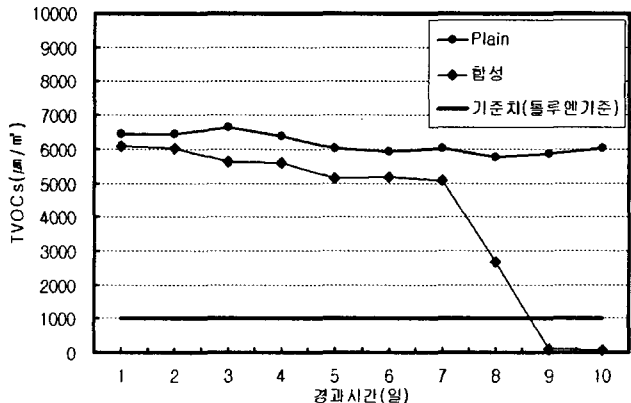
그림 6. 포름알데히드 농도 변화



가. 천연제올라이트



나. 인공제올라이트



다. 합성제올라이트
그림 7. TVOC 농도 변화

TVOC 저감효과 실험 결과에서, 플레인 모르터를 사용한 경우는 시험체 내부 공기 중의 TVOC량이 시간이 증가함에 따라 다소 감소하는 것으로 나타났으나 큰 차이를 나타내지 않는 것으로 측정되었다. 그러나 제올라이트계 분말을 사용한 모르터의 경우는 플레인 모르터에 비하여 실내공기 중의 TVOC량이 낮은 것으로 측정되었으며, 특히 합성제올라이트를 사용한 경우는 존치기간 7일 이후에서, 천연제올라이트와 인공제올라이트의 경우는 8일 이후에서 실내공기 중의 TVOC량이 매우 큰 폭으로 저감할 수 있는 것으로 측정되었다. 따라서 제올라이트는 모르터에 혼입하여 사용할 경우 실내공기 오염물질인 TVOC를 저감하는 효과를 발휘하는 것으로 나타났다.

이상의 결과에서 제올라이트계 분말을 실내공기 오염물질인 포름알데히드와 TVOC의 저감효과를 발휘하는 것으로 나타나 의벽의 최종 마감작업 시 이를 이용한 모르터를 사용한다면 실내 공기질을 큰 폭으로 개선할 수 있을 것으로 기대된다.

5. 결 론

제올라이트계 분말의 모르터용 혼화재 및 실내공기 오염물질을 저감하는 기능성 재료로서의 활용성을 검토하기 위하여, 제올라이트계 분말의 종류 및 치환율을 달리하여 제작한 모르터의 물성시험을 실시한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 제올라이트계 분말을 사용한 모르터의 플로우는 플레인 모르터에 비하여 다소 감소하는 것으로 나타났다. 이는 분말도가 높은 제올라이트계 분말을 사용함에 따라 모르터의 점성이 증가하여 나타나는 현상인 것으로 판단 된다.
- 2) 제올라이트계 모르터의 압축강도 시험결과에서 제올라이트계 분말의 최대 치환율은 재령 7일 이내의 초기재령 확보를 위해서는 6%이내, 강도관리 재령 28일의 경우에는 9%인 것으로 나타났다.
- 3) 제올라이트계 분말을 사용한 모르터의 휨강도는 압축강도의 약 1/10 정도의 범위를 나타내어 보통 시멘트 경화체의 휨강도 발현특성과 유사한 것으로 나타났다.
- 4) 제올라이트계 분말을 사용한 모르터의 실내공기 오염물질 저감효과 시험에서 제올라이트계 분말은 포름알데히드와 TVOC를 저감하는 효과를 발휘하는 것으로 나타났다.

이상의 결과에서 제올라이트계 분말은 모르터용 기능성 혼화재로서 활용성이 매우 우수한 것으로 나타났으며, 추후 다양한 실험조건에서 지속적인 연구가 이루어진다면 모르터용 기능성 혼화재로서 제올라이트계 분말이 사용 가능할 것으로 예상된다.

참 고 문 헌

1. 김면섭, 규산염 광물로부터의 Zeolite의 제조, 1979
2. 김희중 외 3, 고로슬래그 및 제올라이트를 이용한 전자재의 활용성에 관한 기초적 연구, 1998년 12월 대한건축학회 논문집
3. 노진환, 제올라이트광물, 한국광물학회, 1990
4. 박윤희 외 1, 한국산 천연 제올라이트로부터 제올라이트 NaX로의 전환, 한국공업화학회, 1994
5. 백세원 외 3명, 저농도 VOC 제거를 위한 금속담지 소수성 Y제올라이트상의 흡착 및 촉매산화반응에 관한 연구, 대한환경공학회 추계학술연구발표회 논문집, 2003
7. 신영욱, Zeolite 화학 공업, 1985
8. 이계근, 소각재 용융슬래그를 이용한 제올라이트 제조법 개발 및 상용화 연구, 2002
9. 이창용 외 2, 천연제올라이트를 사용한 콘크리트의 특성에 관한 연구, 대한토목학회논문집, 1997
10. 이현석 외 1, 천연 제올라이트를 이용한 합성 페수로부터의 암모늄 이온 제거, 대한환경공학회 추계학술연구발표회 논문집, 2003
11. 임병호, 류취정 외, 제올라이트와 석분 및 슬러지를 이용한 천장재의 개발에 관한 기초적 연구, 한국콘크리트학회 추계 학술발표대회 논문집, 1997
12. 안봉규 외 2명, 제올라이트 충전 칼럼을 활용한 산업폐수내 고농도의 칼슘이온 제거, 대한환경공학회 추계학술연구발표회 논문집, 2003
13. 유지호 외 3명, 석탄 비산재로부터 제올라이트 Na-P1 하성 및 Ca, Mg흡착 특성 연구, 대한환경공학회 추계학술연구발표회 논문집, 2003
14. 장동남 외 5, 용융슬래그를 이용한 제올라이트의 합성, 한국폐기물학회 추계학술연구회 발표논문집, 2002
15. 전동환 외 3, Y형 베올라이트의 탈알루미늄화에 따른 Si/Al 변화와 수분흡착, 대한환경공학회 논문집, 2004
16. 최재진 외 3, 천연제올라이트를 혼화재료를 사용한 모르터의 특성 연구, 대한토목학회논문집, 1995