

목탄을 이용한 친환경 건축자재 이용기술(I)^{*1} - 목탄으로 제조된 건축자재의 특성 평가 -

안병준^{*2†} · 조태수^{*3} · 이성숙^{*2} · 백기현^{*4} · 김선익^{*5}

Utilization of Charcoal as an Environmentally Friendly Building Materials (I)^{*1}

- Characterization of Building Materials Prepared with Charcoal -

Byoung-Jun Ahn^{*2†} · Tae-Su Jo^{*3} · Sung-Suk Lee^{*2} ·

Ki-Hyon Paik^{*4} · Sun-Ik Kim^{*5}

요 약

본 연구는 일반 페인트 및 건조시멘트에 목탄을 첨가하여 제조된 건축자재의 제반 물리·화학적 특성 조사를 바탕으로 하여 목탄의 친환경 건축자재 혼합제로서의 활용 가능성을 모색하기 위한 목적으로 수행되었다. 목탄을 포함한 액상물탈의 물리·화학적 물성 시험결과, 목탄 20% 이상을 포함한 액상물탈의 경우, 점도에 대한 저항치인 주도와 불휘발분이 품질기준에 적합하였다. 목탄 첨가량이 증가할수록 건조시간은 지연되었으나, 모든 처리구에서 품질기준인 60분 이내에서 건조가 완료되었다. 기타 제반 물성에서는 모든 처리구에서 품질기준을 충족하였다. 이 결과로 볼 때, 액상 물탈에 대한 적정 목탄 함량은 25%로 판단된다. 건조 시멘트 물탈에 대한 압축강도는 목탄 5% 첨가구에서 가장 우수하였으며, 20% 이상 첨가구에서는 KS 기준치에 비해 낮은 것으로 조사되었다. 또한 목탄 첨가량 증가로 보수성은 지속적으로 증가하며, 암모니아가스 탈취율의 경우 일반 시멘트 물탈이 59.5%, 목탄 10% 첨가 시멘트 물탈은 71.6%의 암모니아를 흡착하였다.

* 1 접수 2009년 7월 31일, 채택 2009년 9월 23일

* 2 국립산림과학원 녹색자원이용부 바이오에너지연구과. Division of Forest Bioenergy, Department of Forest Resources Utilization, Korea Forest Research Institute, Seoul 130-712, Korea

* 3 국립산림과학원 녹색자원이용부 탄소순환재료과. Division of Wood Engineering, Department of Forest Resources Utilization, Korea Forest Research Institute, Seoul 130-712, Korea

* 4 고려대학교 생명과학대학 환경생태공학부. Department of Environmental Sciences and ecological engineering, College of Life Science & Biotechnology, Korea University, Seoul 136-701, Korea

* 5 (주) 금한 팜. GOLDHAN

† 주저자(corresponding author) : 안병준(e-mail: bjahn@forest.go.kr)

ABSTRACT

The objective of this study was to investigate potential usage of environmentally friendly building materials, liquid mortar and dry cement mortar mixed with charcoal, based on the test of their physical and chemical properties. From the test results of physical and chemical properties of the liquid mortar mixed with charcoal, liquid mortar containing over 20% of charcoal, the consistency viscosity and the non-volatile content met a standard requirement. Drying time was delayed with increase in charcoal contents in the liquid mortar, however they were fully cured within 60 minutes in all treated levels. Other properties were acceptable at standard requirement. From the results, it was found that the proper charcoal addition level to the liquid mortar was 25%. In the results on dry cement, it was found that samples containing 5% of charcoal showed the maximum compressive strength, whereas samples containing over 20% of charcoal did not reach the minimum requirement of KS standard. Water retention ability constantly increased as the charcoal ratio increased. The conventional dry cement mortar adsorbed 59.5% of it, in the test of adsorption rate on ammonia gas, whereas cement mortar containing 10% of charcoal showed 71.6% of ammonia gas adsorption.

Keywords: charcoal, mortar, building material, compression strength, water retention ability

1. 서 론

최근 전 세계적으로 유가 급등으로 인한 원자재 가격 상승 및 천연자원의 지속적인 감소로 산업 전반에 걸쳐 대체원료 개발에 관심이 증가하고 있다. 특히 환경오염의 심각성이 웰빙산업과 연계되면서 현대인들이 장시간 체류해야 하는 주거지나 사무실 공간 등에 사용하는 건축자재의 친환경 문제가 심각한 문제로 부각되고 있다. 이러한 국내·외적인 여건변화와 소비자의 요구에 따라 건축업체 및 건축자재업체들은 환경친화적인 소재의 개발과 사용을 통한 「자연경영」으로 활로를 모색하고 있다. 또한 건축물 내부에서 발생하는 공기 오염물질을 제거하기 위한 연구도 다각적으로 진행되고 있다. 특히 전통적으로 온돌 문화가 주를 이루는 우리나라의 경우는 벽체뿐만 아니라 바닥자재 원료도 중요하게 다루어지고 있다. 건축자재 원료로 가장 널리 활용되는 시멘트 몰탈 혼합재의 대체원료 개발에 대한 연구는 농업폐기물인 팜오일 껍질(Mannan *et al.*, 2004), 재생 타이어(Turatsinze *et al.*, 2005), 소각장에서 배출되는 소

각재(Amer Ali Al-Rawas *et al.*, 2005), 화강암 분말과 홍토 혼합제(Osunade J. A., 2002) 사용에 이르기까지 다양하게 시도되고 있다. 또한 점토 벽돌 생산에 크라프트 펄프 잔사를 이용하여 물리적인 특성을 개선한 사례(Ismail Demir *et al.*, 2005)도 보고되었으며, 원자재 구입이 용이하지 않은 아프리카 지역에서는 주변에서 흔히 발견되는 흰개미집을 시멘트 가소제로 혼용하여(Osunade *et al.*, 2006) 기존 원료의 대체 가능성을 조사하였다.

한편, 목재의 탄화 산물인 목탄은 한국, 중국, 일본 등 아시아지역을 중심으로 대부분 생산되고 있으며, 친환경적인 소재로서의 인식이 높아 다양한 분야의 자재로 이용되고 있다. 목탄은 생산하는 방식에 따라 가장 원시적인 방법인 무개제탄법(無蓋製炭法), 갱내제탄법(坑內製炭法), 퇴적제탄법(堆積製炭法), 한국, 일본, 중국 등지에서 예로부터 사용해 오던 방법인 축요제탄법(築窯製炭法), 평요제탄법(平窯製炭法), 이동식탄화법, 건류탄화법(乾溜炭化法) 등으로 구분할 수 있다. 특히 축요제탄법은 일반인들에게 알려져 있는 흑탄, 백탄을 구분하는 제탄방식이다. 진

Table 1. Materials and mixture ratio of liquid charcoal mortar

Materials	Weight ratio (%)	Remarks
Natural binder	55	Vegetable polymer
Charcoal + Sericite	40	Average particle size 25 μm , 21 μm
Dispersing agent	2	Organic Polymer
Defoaming agent	1	Modified polysiloxane emulsion
Titanium dioxide	2	Rutile type
Total	100	-

Table 2. Price comparison of liquid charcoal mortar and conventional products

Products	Weight (kg)	Price (Thousand Won)	Remarks
Liquid charcoal mortar	20	240	
Natural paint	20	220	
Charcoal + paint	20	400	Aqueous paint

흙, 돌, 내화벽돌, 단열시멘트, 콘크리트, 철판 등으로 제탄요를 축조하여 탄화시키며 질이 좋은 목탄을 만들 수 있다. 이러한 목탄의 성질은 제탄방식 등에 따라 다양하지만, 일반적으로 흑색의 불순물이 적고, 탄소가 약 80~90%이며, 그 외 산소, 수소 및 회분(무기성분)을 함유하는 복잡한 탄소질 무기고분자 물질이며, 내부의 공간이 많아 1 g당 비표면적은 백탄이 200~300 m^2 , 흑탄은 350~450 m^2 를 나타낸다. 또한 다공성(多孔性)을 나타내어 물리적인 흡착력(吸着力)이 큰 것으로 보고되었으나, 최근 들어 물리적인 흡착뿐만 아니라, 탄소물질 표면의 화학적 관능기에 의한 화학적 흡착이론(Tanada *et al.*, 1999; 이등, 2007)에 대한 연구도 활발히 진행되고 있다.

이러한 목탄의 물리적·화학적 특성을 건축분야에 효과적으로 적용한다면 실내공기 오염물질 제거와 함께 난방 에너지 절약도 가능하다고 판단된다. 따라서 본 연구에서는 목탄 첨가량에 따른 액상 몰탈 및 건조시멘트 몰탈의 물성을 조사함으로써 목탄의 친환경 건축자재로의 활용 가능성을 조사하였다.

2. 재료 및 방법

2.1. 공시재료

공시 목탄은 참나무를 원료로 전통식 숯가마에서

제조하였으며, 1,000°C 이상에서 탄화 후, 정련하는 백탄을 사용하였다. 액상 몰탈과 건조 몰탈에 혼합한 목탄은 각각 500~1000 mesh, 100~450 mesh 입자 크기의 분말을 사용하였다. 또한 평균 함수율은 7.1%, 비중은 1.7을 나타내었다.

2.2. 목탄 액상 몰탈의 제조방법

목탄 액상 몰탈을 제조하기 위한 공정은 다음의 네 단계의 공정을 통하여 제조하였다. 제1공정으로 천연 바인더 제조 시 통상적으로 사용하는 방법으로, 식물에서 추출한 지방산 알코올과 올리브, 오렌지, 야자계 등과 같은 식물에서 추출한 식물계지방산 알코올에 에탄올을 첨가하여 $\text{C}_8 \sim \text{C}_{16}$ 의 지방산 알코올을 생산하였다. 제2공정은 제1공정에서 생산된 식물성 중합체에 다당류인 글루코오스녹말(비중 약 1.65)을 반응시키고 포도당과 송진을 혼합하여 60~80°C로 20~180분 가열하면서 저속으로 교반하여 합성한 후, 중합단위체에 에스테르화 반응으로 생산(식물성 중합체/글루코오스녹말/포도당/송진=55 : 30 : 10 : 5) 하였다. 제3공정은 전통식 숯가마에서 생산하여 분쇄한 참나무 백탄(500~1000 mesh)과, sericite (600 mesh 이상)를 혼합하였다. 제4공정은 제2공정의 무공해 바인더와 제3공정에서 생산된 것을 고속 교반기에서 고르게 혼합하면서 일반적으로 사용되는

Table 3. Price comparison of dry charcoal mortar and conventional products

	Dry charcoal mortar	General cement mortar	Bio-mortar	Yellow earth mortar
Price (Won/40 kg)	10,000	4,500	26,000	17,000

Table 4. Analysis items and test method of liquid mortar

Test criterion	Test items	Test method
Synthetic resin emulsion paints (interior) level two, class one	Consistency viscosity	KS M5000-2122
	Non-volatile content	KS M ISO 3251
	Drying time	KS M5000-2511
	Gloss (85°)	KS M ISO 2813
	Contrast ratio	KS M ISO 2814
	Washability	KS M 5000-3351
	Freeze thaw stability	Housing corporation specifications
	Condition in container	KS M 5000-2011
	Alkali resistance	Housing corporation specifications
	Storage stability	KS M 5000-2021

분산제, 소포제 및 이산화티탄 등을 첨가하여 목탄 액상몰탈 제조하였으며 혼합비는 Table 1과 같다.

한편, 목탄 액상 몰탈과 시판되고 있는 페인트류와의 제품가격을 Table 2에서 비교하였다.

2.3. 목탄 건조 몰탈의 제조방법

목탄 건조 몰탈 제조는 목탄을 미분말로 파쇄 건조하는 공정, 시멘트에 건조된 모래를 혼합하는 공정 및 상기 혼합된 몰탈에 건조된 목탄을 혼합하는 공정을 통하여 제조하였다.

시멘트에 700~1300°C에서 소성 건조된 입경 170 mesh 정도의 모래와 700~1300°C에서 소성 건조된 입경 100~450 mesh 정도의 목탄을 벌크 통에서 혼합하여 스크류 믹서를 통해 완전히 혼합한 후 포장하였다. 이 경우 목탄은 햄머크레샤를 이용하여 3차에 걸쳐 파쇄하고 진동분쇄기로 분쇄한 후, 소성, 건조 및 냉각공정을 거쳐 저장하였다.

한편, 목탄 건조 몰탈과 기존 시멘트 몰탈 및 기타 국내에서 유통되고 있는 제품의 가격비교를 Table 3에 나타내었다.

2.4. 목탄 액상 몰탈의 물성 분석

목탄이 혼합된 액상 몰탈의 목탄 첨가량에 따른 물성을 조사하기 위하여 합성수지 에멀전 페인트(내부용) 2종 1급(KS M 6010) 방법에 준하여 Table 4와 같이 분석을 실시하였다. 목탄 첨가량은 미첨가구를 대조구로 사용하였으며, 목탄 함량을 15, 20, 25, 30%로 조절하였다.

2.5. 목탄 건조 몰탈의 물성 분석

건조 시멘트 몰탈의 목탄 첨가량에 따른 물성은 Table 5와 같이 한국산업규격 및 한국건설자재시험연구원의 시험방법에 의거하여 분석하였다. 목탄 첨가량은 미첨가구를 대조구로 사용하였으며, 목탄 함량을 5, 10, 15, 20%로 조절하였다. 한편, 건조 시멘트 몰탈의 항균시험(대장균) 및 암모니아 가스 탈취시험은 실험동의 자재로 사용된 목탄 함량 10%를 일반 건조 시멘트 몰탈과 비교·조사하였다.

Table 5. Analysis items and test method of dry cement mortar

Test criterion	Test items	Test method
Dry cement mortar	Compression strength (7 days, 28 days)	KS L 5220-03
	Water retention ability	
	Adsorption rate of ammonia gas	KICM-FIR-1085

Table 6. Consistency viscosity of liquid mortar according to charcoal content

Charcoal content (%)	15	20	25	30
Consistency viscosity	71	100	103	82
Standard (ku)	82~110			

Table 7. Non-volatile content of liquid mortar according to charcoal content

Charcoal content (%)	15	20	25	30
Non-volatile content (%)	42	56	57	51
Standard	Over 50%			

3. 결과 및 고찰

3.1. 목탄 첨가량에 따른 액상 몰탈의 물성 변화

3.1.1. 주도

액체를 변형할 때 발생하는 저항을 나타낸 것으로, 유체의 유동에는 정성유동, 소성유동, 칩스트로픽, 다이라탄시 등이 있어 저항의 상태에 차이가 발생하며, 정량적으로는 응력 미끄럼 속도 특성을 사용해서 점도변화, 항복치 등으로 나타낼 수 있다. 목탄 첨가량에 따른 액상 몰탈의 주도는 Table 6과 같다. 목탄을 15%와 30% 첨가하였을 경우 주도는 각각 71, 82를 나타내어 품질기준인 82~110에 부적합하였다. 그러나 목탄 20%, 25% 첨가구에서는 적합한 기준치를 나타냈다.

3.1.2. 불휘발분

도료를 일정한 조건에서 가열했을 때 도료 성분의 일부가 휘발 또는 증발한 후 남은 무게의 본래 무게

에 대한 백분율로 나타낸다. Table 7은 목탄 첨가량에 따른 액상 몰탈의 불휘발분 조사결과로서, 목탄 20% 이상 첨가구에서 기준치에 적합하였으며, 15% 첨가구는 기준치에 미달하였다.

3.1.3. 건조시간(고화)

도료가 건조되는데 소요되는 시간으로서, 가열 건조에서는 가열장치에 넣은 후부터 건조상태로 될 때까지의 시간을 의미한다. 목탄 첨가량에 따른 액상 몰탈의 건조시간은 Table 8과 같다. 액상 몰탈에 목탄 첨가량을 증가시킬수록 건조시간은 지연되었으나, 모든 처리구에서 품질기준인 60분 이내에서 건조가 완료되었다.

3.1.4. 광택(85°)

물체의 표면에서는 받는 정반사광 성분의 차이에 따라서 일어나는 감각의 속성을 의미하며, 일반적으로 정반사광 성분이 있을 때에 광택이 많다. 도막에서는 광택을 사용하여 입사각, 반사각을 45° : 45°, 60° : 60° 등으로 하여 거울면 광택도를 측정하여 광

Table 8. Drying time of liquid mortar according to charcoal content

Charcoal content (%)	15	20	25	30
Drying time (min.)	15	20	20	23
Standard	Within 60 min.			

Table 9. Gloss (85°) of liquid mortar according to charcoal content

Charcoal content (%)	15	20	25	30
Gloss	1	1	1	1
Standard	Below 10			

Table 10. Contrast ratio of liquid mortar according to charcoal content

Charcoal content (%)	15	20	25	30
Contrast ratio	0.96	0.94	0.99	0.99
Standard	Over 0.92			

Table 11. Various properties of liquid mortar according to charcoal content

Charcoal content (%)	15	20	25	30
Washability	Pass	Pass	Pass	Pass
Freeze thaw stability	Pass	Pass	Pass	Pass
Condition in container	Pass	Pass	Pass	Pass
Alkali resistance	Pass	Pass	Pass	Pass
Storage stability	Pass	Pass	Pass	Pass
Standard	Pass			

택의 정도를 구분한다. 목탄 첨가량 변화에 따른 액상물탈의 광택 시험결과는 Table 9와 같다. 목탄 첨가량에 상관없이 모든 첨가구에서 품질기준인 10 이하의 수치를 나타내어 적합한 것으로 조사되었다.

3.1.5. 은폐율

도막이 바탕색의 차이를 덮어 숨기는 정도로, 흑색과 백색으로 칠한 바탕 위에 동일한 두께로 칠했을 경우 도막에 대하여 색 분별이 어려운 정도를 견본품과 비교하여 판단한다. 목탄 첨가량에 따른 액상물탈의 은폐율 측정결과는 Table 10과 같다. 합성수지 에멀전 페인트 (내부용) 2종 1급의 은폐율 품질기준은 0.92 이상으로 규정되어 있으며, 목탄 첨가량에

관개없이 은폐율 0.96을 나타내어 적합한 것으로 조사되었다.

3.1.6. 기타 제반 특성

내세척성은 오염을 제거하기 위하여 세척했을 경우 도막이 쉽게 마모되거나 손상되지 않는 성질로서, 에멀전 페인트, 수성도료 등에 대하여 시험을 한다. 냉동안정성은 산의 작용에 저항하여 쉽게 변화하지 않는 도막의 성질을 의미하며, 용기 내에서의 상태는 도료를 용기에 넣어 저장한 후의 상태로서, 안료를 함유한 도료에서는 교반하였을 경우 균일한 상태로 유지되어야 한다. 또한 내알칼리성은 알칼리성의 작용에 대하여 쉽게 변화되지 않는 도막의 성질을 측정

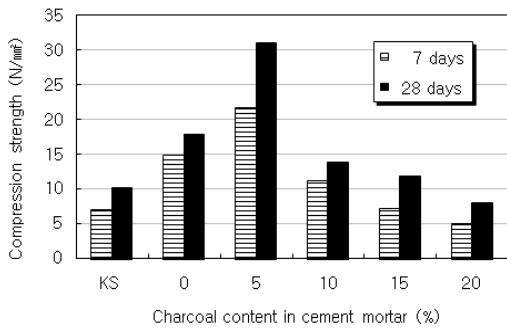


Fig. 1. Compression strength of dry cement mortar according to charcoal addition.

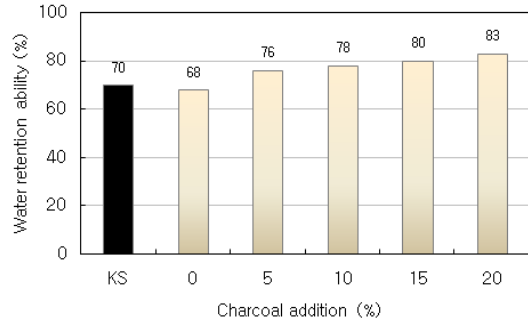


Fig. 2. Water retention ability of dry cement mortar according to charcoal addition.

하며, 저장안정성은 저장하는 동안 쉽게 변질되지 않는 성질로서, 도료를 일정한 조건으로 저장한 후 칠했을 경우, 칠하는 작업이나 형성된 도막에 지장 유무를 조사하여 판정한다. Table 11은 목탄 첨가량에 따른 액상 몰탈의 제반 특성을 조사한 결과로, 목탄 15~30% 첨가구에서 국내 합성수지 에멀전 페인트(내부용) 2종 1급(KS M 6010) 기준에 적합하였다. 천연광물질인 제올라이트, 이산화티탄 등을 활용한 벽 마름재 특성 연구(김 등, 2007)에서는 내세척성, 내알칼리성 등 건축용 얇은 벽 마름재 기준에 만족하였으며, 특히 제올라이트와 이산화티탄 첨가 비율이 2:1일 경우 가장 우수하였다고 보고하였다.

3.2. 목탄 첨가량에 따른 건조 시멘트 몰탈의 물성 변화

3.2.1. 압축강도

건조 시멘트 몰탈의 목탄 첨가량에 따른 압축강도 변화는 Fig. 1과 같다. 건조 시멘트 몰탈의 압축강도는 7일과 28일을 기준으로 측정하며, KS 일반미장용 몰탈의 압축강도는 7일과 28일을 기준으로 각각 7.1 N/mm² 이상, 10.2 N/mm² 이상으로 규정하고 있다. 목탄을 첨가하지 않은 미첨가구의 경우 7일째 압축강도가 14.9 N/mm², 28일 경과 후에는 17.9 N/mm²를 나타냈으며, 목탄을 5% 첨가함에 따라 7일째 21.7 N/mm², 28일에는 31.1 N/mm²로 각각 45.6%, 73.7%의 압축강도 증가가 나타났으며, KS 기준치와

비교하여 상당히 우수한 압축강도를 보였다. 목탄을 10% 첨가함에 따라 7일 경과 후 11.2 N/mm², 28일 경과 후에는 13.9 N/mm²를 나타냈으며, 15% 목탄 첨가까지도 KS 일반 미장용 몰탈 기준을 상회하였다. 그러나 목탄을 20% 이상 첨가하였을 경우에는 기준치 미만의 수치를 나타내어, 건조 몰탈의 목탄 첨가량은 15% 이하가 적절한 수준인 것으로 판단된다. 또한 목탄 첨가량이 증가할수록 압축강도의 하락이 발생하였다. Amer Ali Al-Rawas *et al.* (2005)은 시멘트 몰탈의 시멘트와 모래의 일부를 소각재로 대체하기 위한 연구를 수행하였으며, 시멘트를 대체할 경우 압축강도의 변화가 없으나 모래 20% 대체 시, 7일째 18.1%, 28일째 19.3% 압축강도가 증가한다고 보고하였다. 또한 Mannan *et al.* (2003)은 팜오일 껍질을 혼합한 콘크리트의 28일째 압축강도가 20~24 N/mm² 수준으로 경량구조 콘크리트 강도 기준을 충족하였으며, 고 압축강도를 요구하지 않는 건축물 자재로 농업폐기물 혼용 가능성을 제시하였다.

3.2.2. 보수성

보수성이란 물과 몰탈과의 분리를 방지하는 정도를 측정하는 것으로 수치가 높을수록 유리하다. 목탄 첨가량 변화에 따른 건조 시멘트 몰탈의 보수성 변화는 Fig. 2와 같다. 국내 KS 규격은 70%로 규정하고 있으며, 목탄을 첨가하지 않은 미첨가구의 경우 68%의 보수성을 나타낸 반면, 목탄 첨가량이 5%씩 증가함에 따라 약 2~3%의 보수성이 지속적으로 증가하

었다. 이러한 결과는 탄화온도 증가에 따른 비표면적과 총 세공용적이 증가(조 등, 2007)하고 비표면적과 세공용적 증가로 수분 흡수력이 비례한다(森 등, 2000)는 연구결과에 기인하는 것으로 판단된다. 지역적으로 습도가 높은 일본에서는 목탄을 이용한 조습효과 검증 연구가 다양하게 시도(瀧本 등, 2000; 森 등, 2000; 外崎 등, 2001)되고 있으며, 특히 목조주택 마루판 하부에 목탄을 사용함으로써 주거환경 개선을 위해 노력하고 있다. 한편, Demir *et al.* (2005)은 점토 벽돌 제조에 크라프트 펄프 잔사를 2.5~10% 첨가할 경우 수분 흡착율을 최대 23% 이상 증가하였다고 보고하였다.

3.2.3. 암모니아 가스 탈취력

목탄을 첨가한 시멘트 몰탈의 탈취력을 조사한 결과는 Fig. 3과 같다. 본 실험의 현장에 사용된 건물(실험동)의 시멘트 몰탈 자재는 일반 시멘트(대조구)와 목탄 첨가 시멘트 몰탈의 2종류였으며, 목탄 첨가량은 10%로 고정하였다. 탈취시험은 암모니아(NH₃)가스의 시간경과(30, 60, 90, 120분)에 따른 시료농도 차이에 의해 계산하였다. 일반 시멘트 몰탈의 경우 30분경과 후 53.6%의 탈취율을 나타낸 반면, 목탄 첨가 시멘트 몰탈의 경우 61.3%로 탈취율이 7.7% 이상 증가하였다. 또한 일반 시멘트 몰탈은 120분 경과 후 59.5%, 목탄 첨가 시멘트 몰탈은 71.6%로 약 12.1%의 탈취율 차이를 나타내었다. 따라서 시멘트 몰탈에 대한 암모니아 가스의 탈취율은 목탄 첨가량이 증가함에 따라 상승함을 알 수 있다. 유해가스의 흡착성을 좌우하는 탄소물질의 물리·화학적 성질은 목탄 제조온도(권 & 김, 2006; 김 등, 2006; 이 등, 2006; 조 등, 2005, 2006) 및 화학적 처리(Figueiredo *et al.*, 1999; Pulido-Novicio *et al.*, 2001; Youssef *et al.*, 2004) 등에 따라 달라질 수 있다. 이 등(2007)은 다공질로서 흡착성이 우수한 목탄을 시멘트 및 수성 페인트에 5~25% 혼합한 건축자재로 사용하였을 경우, 3~4배의 단위 중량 당 포름알데하이드 흡착량이 증가한다고 보고하였다. 한편 목탄에 의한 유해물질의 흡착은 물리적 형태뿐만 아니라, 화학적 형태에 의해서도 흡착(Boehm, 2002;

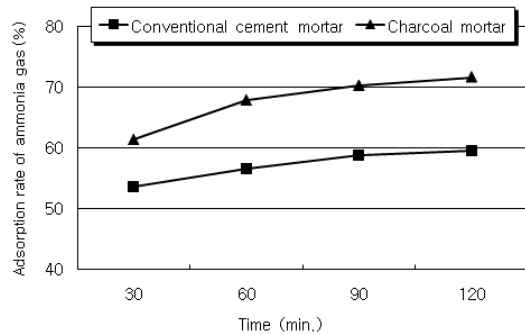


Fig. 3. Adsorption rate of ammonia gas of dry cement mortar according to charcoal addition.

이 등, 2007)되며, 외부 환경변화에 따라 흡착된 형태의 일부, 특히 물리적으로 흡착된 물질들이 우선적으로 배출될 것으로 사료된다. 목탄에 유해가스 흡착 이론은 많은 연구자들에 의해 다각적으로 시도되고 있으나, 최근까지도 명확한 이론이 정립되고 있지 못한 실정이다. 따라서 이러한 관능기와의 화학적 결합에 의한 유해물질의 분해 형태나 외부 인자변화에 따른 배출 물질의 분석 등에 대한 연구가 지속적으로 수행되어야 할 것으로 판단된다.

4. 결론

본 연구는 목탄을 첨가한 건축자재의 물리·화학적 특성을 조사함으로써 친환경 고부가가치의 제품생산 가능성을 모색하고자 수행되었다. 액상 몰탈에 목탄 15%와 30%를 첨가하였을 경우 점도에 대한 저항치인 주도는 각각 71, 82를 나타내어 품질기준(82~110)에 부적합하였으나, 목탄 20%, 25% 첨가구에서는 적합하였다. 불휘발분에 있어서는 목탄 20% 이상 첨가구에서 기준치에 적합하였으며, 목탄 첨가량이 증가할수록 건조시간은 지연되었으나, 모든 처리구에서 품질기준인 60분 이내에서 건조가 완료되었다. 또한 광택과 은폐율도 모든 처리구에서 품질기준을 충족하였다. 내세척성, 냉동안정성, 용기내에서의 상태, 내알칼리성 및 저장안정성에서도 이상이 없는 것으로 나타났다. 따라서 액상 몰탈에 목

탄을 첨가하여 제품을 생산할 경우 목탄 함량 최대 25%까지 가능할 것으로 판단된다. 건조 시멘트 몰탈에 대한 7일째와 28일 째의 압축강도는 목탄 5% 첨가구에서 각각 21.7 N/mm², 31.1 N/mm²로 가장 우수하였으며, 목탄 15% 첨가까지는 품질기준치를 충족하였으나, 20% 이상 첨가구에서는 기준치에 미달되었다. 목탄을 첨가하지 않은 대조구의 보수성은 68%를 나타낸 반면, 목탄 5% 첨가로 76%로 상승하였으며, 목탄 첨가량 증가로 보수성은 지속적으로 증가하였다. 암모니아가스 탈취율의 경우 120분 경과 후, 일반 시멘트 몰탈이 59.5%, 목탄 10% 첨가로 71.6%를 나타내어 약 12.1% 탈취율이 증가하였다. 본 연구로부터 목탄의 건축자재 혼합제로서의 활용 가능성을 확인하였고, 금후 건축물에 직접 적용하여 유류소비량, 축열효과, 결로현상 등을 검토한 현장 연구결과를 보고할 계획이다.

참 고 문 헌

- 권성민, 김남훈. 2006. 목재의 탄화기구 해석(I). 목재공학 34(3): 8~14.
- 김순호, 배원태, 윤정배. 2007. 천연광물질을 활용한 건축용 벽 바름제의 특성에 관한 연구. 대한건축학회 논문집 구조계 23(8): 183~190.
- 김남훈, 황원중, 권성민, 권구중, 이성재. 2006. 제조온도에 따른 목탄의 해부학적 특성. 목재공학 34(4): 1~8.
- 이오규, 조태수. 2006. 소나무 및 참나무 백탄의 물성과 구리(II) 이온 흡착효과. 임산에너지 25(2): 55~63.
- 이오규, 최준원, 조태수, 백기현. 2007. 목탄계 건축자재에 의한 포름알데히드 흡착. 목재공학 35(3): 61~69.
- 조태수, 안병준, 최돈하. 2005. 탄화온도 차이에 의한 목질탄화물의 흡착성 변화. 목재공학 33(3): 45~52.
- 조태수, 이오규, 안병준, 최준원. 2006. 국산 수종으로 탄화한 목탄의 물성 및 흡착성. 임산에너지 25(1): 9~17.
- 조태수, 최준원, 이오규. 2007. 탄화온도가 목탄의 물리·화학적 특성에 미치는 영향. 목재공학 35(3): 53~60.
- Amer Ali Al-Rawas, Abdel Wahid Hago, Ramzi Taha, and Khalid Al-Kharousi. 2005. Use of incinerator ash as a replacement for cement and sand in cement mortars. Building and Environment 40(9): 1261~1266.
- Boehm, H. P. 2002. Surface oxides on carbon and their analysis: a critical assessment. Carbon 40: 145~149.
- Ismail Demir, M. Serhat Baspinar, and Mehmet Orhan. 2005. Utilization of kraft pulp production residues in clay brick production. Building and Environment 40(11): 1533~1537.
- Mannan, M. A. and C. Ganapathy. 2004. Concrete from an agricultural waste-oil palm shell (OPS). Building and Environment 39(4): 441~448.
- Olusola, K. O., E. A. Olanipekun, O. Ata, and O. T. Olateju. 2006. Studies on termite hill and lime as partial replacement for cement in plastering. Building and Environment 41(3): 302~306.
- Osunade, J. A. 2002. Effect of replacement of lateritic soils with granite fines on the compressive and tensile strengths of laterized concrete. Building and Environment 37(5): 491~496.
- Tanada, S., N. Kawasaki, T. Nakamura, M. Araki, and M. Isomura. 1999. Removal of formaldehyde by activated carbons containing amino groups. Journal of Colloid and Interface Science 214: 106~108.
- Turatsinze, A., S. Bonnet, and J.-L. Granju. 2005. Mechanical characterization of cement-based mortar incorporating rubber aggregates from recycled worn tyres. Building and Environment 40(2): 221~226.
- 瀧本裕美, 中野達夫, 武田孝志, 徳本守彦. 2000. 木炭による木造住宅床下の湿度及び部材の含水状態の改善. 木材工業. 55(1): 14~17.
- 森美知子, 齊藤幸恵, 信田 聰, 有馬孝禮. 2000. 木質係材料から調製された炭化物質の吸着特性. 木材學會誌. 46(4): 355~362.
- 外崎眞理雄, 鈴木養樹, 松岡眞悟. 2001. 床下調湿用廢材木炭の吸放湿特性. 木材工業. 56(10): 464~467.