

시멘트 · 콘크리트와 생활환경

글 _ 최상훈, 김태현*, 정해문** || 한양대학교, *(주)디오, **한국도로공사 도로교통기술원
sangheulchoi@hanmail.net, *namoo-love@hanmail.net, **haimoon@freeway.co.kr

1. 머리말

시멘트가 발명되고 철근 콘크리트의 출현은 인류사회에 많은 변화를 가져왔다. 고층 구조물은 물론 도로, 교량, 항만 시설 등에서 시멘트·콘크리트는 그 성능을 과시하였으며, 인류 복지를 위한 기반 조성에 많은 공헌을 하였다.

시멘트·콘크리트는 고도성장을 앞당기는데 매우 중요한 역할을 수행했음은 물론, 다기능화를 이룩하여 가장 경제적이면서도 안전한 건설재료로서 타의 추종을 불허하는 위치를 굳건히 다졌다. 아마도 앞으로 이를 대체할 재료가 출현하기 힘들 것이라는 것이 우리 시멘트인들의 공통된 견해라고 본다.

그런데, 이런 발전 뒤에는 문제점도 뒤따르고 있었다. 최근, 가끔 언론 보도 매체에 시멘트·콘크리트에 관련된 문제 제기도 있었다. 예를 들면, (1) 부실시공이나 불량재료 사용에 따른 재해 문제 (2) 시멘트 재료에 공해물질의 혼입 문제 (3) 시멘트·콘크리트 구조물에서의 실내 공기질 등 건강 위협 문제 등을 들 수 있다. 이런 보도를 접하면서, 우리 시멘트인 들로서는 지금까지 고도 성장의 추세 속에서 차질 없는 생산-공급에만, 또 품질 향상과 제품의 특성화에만 노력하고, 유효 활용과 안전 사용에 대한 홍보는 소홀하였다는 자책감이 드는 것은 사실이다.

전자의 경우, 규정대로 공사하고 규정된 재료를 사용하면 막을 수 있는 문제로 ‘빨리 빨리 근성’과 ‘적당주의’를 추방하면 막을 수 있는 것으로 사람의 도덕성 문제이다.

본문에서는 후자 즉, 시멘트·콘크리트와 우리의 생활

환경에서의 문제에 대하여 그 실체를 분석하고, 그 해소책을 생각해 보고자 한다.

2 시멘트 · 콘크리트와 생활환경

2.1 중금속 문제

시멘트 재료에는 Table 1에 보이는 바와 같이 여러 중금속이 함유되어 있다.¹⁾ 이들은 천연원료, 연료, 킬른 내 화벽돌 등에서 들어오는 것도 미량 있겠지만, 폐자원 재활용 또는 킬른에서 산업 폐기물을 처리하는 과정에서 혼입되는 경우가 대부분이다. 따라서 폐자원 사용량 또는 폐기물 처리량이 많으면 그 양도 증가한다.

그러나 이들 중금속은 시멘트가 수화하여 경화할 때 대부분 경화체에 고정된다.^{2,5)} Table 2는 Table 1의 시멘트계 재료에 대한 중금속의 용출량을 보인 예인데,¹⁾ 여기서 보인바와 같이 용출량은 Cr⁶⁺를 제외하고는 지하수/먹는물 수질기준과 수질배출 허용기준값 이하인 것을 알 수 있다. 따라서 문제가 되는 것은 Table 3에 나타난 것과 같이,⁶⁾ 시멘트를 사용할 경우의 블리딩수 및 레미콘 세척수에서의 Cr⁶⁺의 용출이다. 그런데, 블리딩수에 존재하는 Cr⁶⁺의 경우 시멘트가 수화하여 경화하는 과정에서 경화체 내에 고정되어 고화하므로, 블리딩수와 직접 접촉을 피하면 문제되지 않는다. 또, 레미콘 세척수의 경우 배출수로는 허용 기준값 이하이나, 상수원 보호 구역에서는 배출하기 전에 처리하여 배출하는 것이 적절하다고 본다.

Cr⁶⁺는 수화시 수화 생성물에 흡착 또는 고용되어 고정화됨을 지금까지의 많은 연구 결과에서 발표 되었다.^{7,8)}

Table 1. 시멘트계 재료의 각종 중금속 함유량¹⁾ (단위 : mg/kg) (괄호안은 조사평균치임)

중금속	Cr ⁶⁺	Cr	As	Se	Cd	Hg	Pb	Cu	Zn	Mn
보통 시멘트	3.0~14.4 (8.1)	53~114 (70)	3~22(9)	<0.8~1.1 (0.8)	1.6~3.3 (2.3)	0.0006~ 0.0245 (0.0051)	16~66 (42)	41~227 (136)	179~552 (323)	39~1320 (774)
슬래그시멘트	1.0~11.4 (4.4)	52~106 (63)	5~16(9)	<0.8	1.0~2.1 (1.5)	0.0016~ 0.0282 (0.011)	16~86 (32)	34~151 (114)	144~434 (307)	850~1470 (1290)
슬래그미분말	<0.1	<1~90 (19)	<0.1~5.0 (0.1)	<0.1~2.0 (0.8)	<0.1~3.0 (0.1)	<0.001~ 0.01 (<0.01)	<0.1~40 (6)	1.0~18(7)	2.0~10(7)	
플라이애쉬	<0.05~83 (2.21)	28~160 (80.9)	<0.01~91 (13.7)	<0.5~49 (6.72)	<0.3~8.86 (1.44)	<0.005~ 1.46 (0.14)	2.78~210 (517)			
팽창재	0.5~15.0 (7.8)		<1.0~4.0(2.5)	<0.5	1.0~2.0 (1.5)	<0.005	<1.0~11.0 (6.0)			

Table 2 시멘트계 재료의 각종 중금속 용출량¹⁾ (단위 : mg/L) (괄호안은 조사평균치임)

중금속	Cr ⁶⁺	Cr	As	Se	Cd	Hg	Pb	Cu	Zn	Mn
보통 시멘트	0.437~ 1.076 (0.649)	0.448~ 1.23 (0.705)	<0.002	0.008~ 0.017 (0.01)	<0.0001	<0.00032	0.003~ 0.013 (0.008)	0.045~ 0.053 (0.048)	<0.004~ 0.014 (0.009)	<0.002
슬래그시멘트	0.250~ 1.314 (0.569)	0.374~ 1.510 (0.594)	<0.002	0.003~ 0.010 (0.006)	<0.0001	<0.00032	0.001~ 0.01 (0.005)	<0.004	<0.004~ 0.028 (0.007)	<0.002~ 0.006 (<0.002)
슬래그미분말	<0.01	<0.05	<0.002	<0.01	<0.01	<0.0005	<0.01	0.1	<0.05	
플라이애쉬	<0.0~0.41 (0.048)		<0.005~ 0.17 (0.024)	<0.005~ 0.16 (0.04)	<0.001~ 0.01 (0.001)	<0.001	<0.001~ 0.28 (0.017)			
지하수 먹는물 수질기준	0.05		0.05	0.01	0.01/ 0.005	불검출 0.001	0.1/0.05			
수질배출 허용기준	0.5	2	0.5		0.1	0.005	1	3	5	10

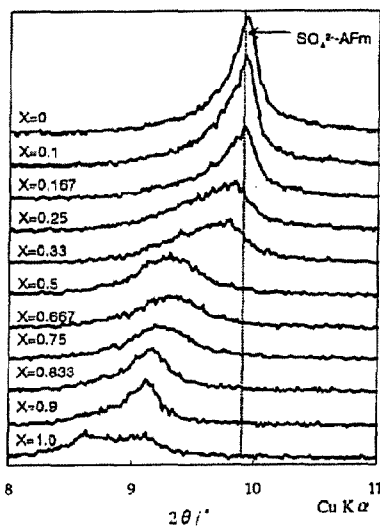


Fig. 1. Cr 첨가량 변화에 따른 C₃A-CaSO₄·2H₂O계 수화물의 결정형태 변화.⁸⁾

Fig. 1은 칼슘알루미노페라이트의 수화시 AFt 상 보다는 AFm 상에 많이 고용 되는데, AFm 상의 층간에 들어가 층간 거리가 커진 것을 보여주고 있다.⁸⁾

Cr⁶⁺를 접촉하였을 때 인체에 미치는 영향으로는 알레르기성 피부염, 비강·호흡기 질환, 결막염 등 눈 장애, 구강 장애 등이 일어날 수 있으므로, 작업자 자신이 접촉을 피하도록 주의하여야 하며, 작업 환경을 개선함은 물론, 시멘트 제조시 Cr 함유 감소를 위한 대응과 데이터 축적으로 기준의 설정 및 보완책 마련 등 적극 대처하여야 할 것이다.

2.2 실내 공기질

최근 고층 건물 주거 공간의 증가와 함께, 실내 공간의 고 기밀화와, 화학 물질을 방산하는 내장재 사용의 증가,

Table 3 블리딩수, 세척수 및 경화체 등의 각종 중금속 농도에⁶⁾ (단위 : mg/L)

중금속	Cr ⁶⁺	Cr	As	Se	Cd	Hg	Pb	Cu	Zn	Mn
블리딩수	2.8~8.8	3.34~10.76	<0.006	0.049~0.19	<0.0001	<0.0003	0.005~0.011	<0.022	<0.022	<0.01
세척수	0.07~0.39	0.09~0.49	<0.006	<0.002	<0.0002	<0.0003	<0.001	0.014	0.008~0.015	
경화체	0.02~0.04									
해체물	0.006~0.024	0.02~0.03	<0.006	<0.001~0.01	<0.0002	<0.0003	<0.003~0.007	<0.005	<0.005	<0.002
지하수/ 먹는물 수질기준	0.05		0.05	0.01	0.01/0.005	불검출/0.001	0.1/0.05			
수질배출 허용기준	0.5	2	0.5		0.1	0.005	1	3	5	10

및 환기량 부족 등으로 실내 공기질의 문제가 자주 화두에 오르고 있다.

실내 공기를 오염시키는 인자로는, 화학적인 것으로 암모니아의 발생, CO, SOx, NOx 등 무기질과 포름알데히드, 휘발성 유기화합물 등 유기질, 그리고 생물학적인 것으로 곰팡이 등을 들 수 있다.

이들 중 시멘트·콘크리트와 직접 관련이 있는 것은 곰팡이를 들 수 있는데, 곰팡이는 시멘트 먼지 등이 콘크리트에 생기는 결로수를 흡수, 영양원이 되어 발생한다.

다음은 암모니아의 발생이다. 콘크리트에서 발생하는 암모니아의 농도는 100~200 ppb 정도로, 사람이 인지하는 농도(1 ppm) 보다 훨씬 적어 보통 사람은 느끼지 못하는데, 박물관의 문화재나 미술관 그림 등의 보관, 또는 반도체와 같은 첨단재료를 취급하는 곳에서는 문제가 발생한다.

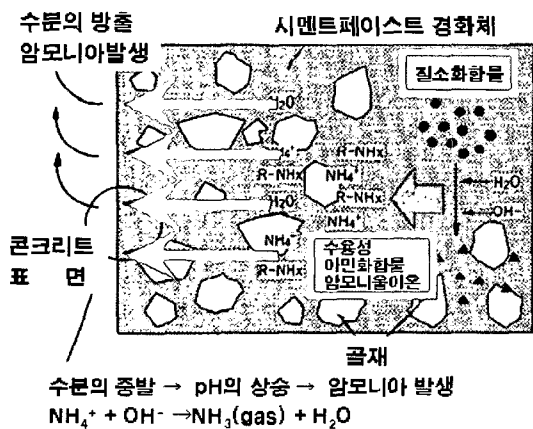


Fig. 2. 콘크리트로부터 암모니아 발생 메카니즘 모식도⁹⁾

Fig. 2에 콘크리트로부터 암모니아 발생 메카니즘을 모식도로 나타내었다. 암모니아는 질소화합물이 수화시 발생하는 알칼리에 의하여 가수분해 되어 수용성 아민화합물이나 암모늄 이온이 발생하고, 이것이 표면으로 이동, 표면에서 수분은 증발하고 pH가 높아지고, 아민 화합물이 분해되어 암모니아로 변화하여 대기중으로 방출된다고 알려져 있다.⁹⁾ 함수량이 많으면 발생량도 증가한다. 원인물질로는 시멘트 구성재료(산업 폐부산물 등) 및 골재표면의 부착물, 첨가물 등이다.

대책으로는 암모니아 유발성분을 갖는 물질의 혼입을 적게 하고, 골재를 전처리하는 것 등을 들 수 있다. 또, 암모니아가 포함되지 않은 무 암모니아 시멘트의 개발도 요망된다. 콘크리트에서는 활성실리카, 알루미늄 성분을 첨가하여 알칼리 성분을 낮추는 방법 등이 있다.

한편 새집 증후군 현상에도 관심이 높아지고 있다. 흔히 sick house 문제라고도 하는 이것은 집을 새로 짓거나 개·보수 하였을 때, 눈이 따갑고, 목이 아프며, 두통, 아토피성 피부염, 천식 등이 나타나는 현상이다. Fig. 3에 새

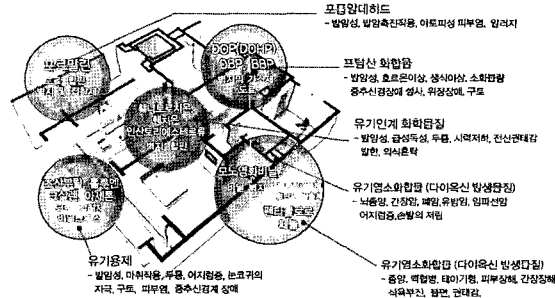


Fig. 3. 새집 증후군을 유발하는 유발 물질 및 증상.

Table 4. 도시생활에서 오는 스트레스와 그 대책

스트레스	원인	특징	대책
케미칼	화학물질 노출	새집증후군 화학물질과민증	· 천연소재사용 · 탈취 촉매 응용기술
전자파	각종 전자제품	열작용(저세포파괴) 비열작용(발암작용) 자극작용	· 전자파 차단제품 사용 (의류, 매트, 전자제품)
시멘트·콘크리트	냉복사 중금속(크롬)	장기간 지속 중독증(수명단축)	· 냉복사 저감 건재의 활용 · 목조내장 주택으로의 전환

집 증후군을 일으키는 원인물질 및 나타나는 증상들을 보여주고 있다. 이에 대한 대책으로는 폼알데하이드나 기타 휘발성 유기화합물의 저감을 목표로 한 전자재(내장재)의 개발이 중요하다고 할 수 있다. 따라서 앞으로 개발되는 새로운 개념의 전자재(내장재)는 친환경적 기능을 갖는 것이어야 한다.

2.3 시멘트 · 콘크리트와 스트레스

현대인의 도시 생활 중의 스트레스로 Table 4에 나와 있는 것처럼, (1) 화학물질의 노출에 따른 화학적인 것, (2) 각종 전자제품에 의한 전자적인 것, (3) 시멘트 · 콘크리트에서 오는 것으로 대별하기도 한다.

이중 시멘트 · 콘크리트에서 오는 스트레스에 대한 동물 실험 결과를 보자.¹⁰⁾ Fig. 4는 일본 시즈오카 대학에서 행한 콘크리트 환경하에서의 스트레스를 실험용 쥐로 실험한 한 예이다. 실험에는 콘크리트로 만든 상자, 금속으로 만든 상자, 나무로 만든 상자의 세 종류의 상자를 준비하고, 그 속에 각각 실험용 쥐를 넣고, 같은 환경(온

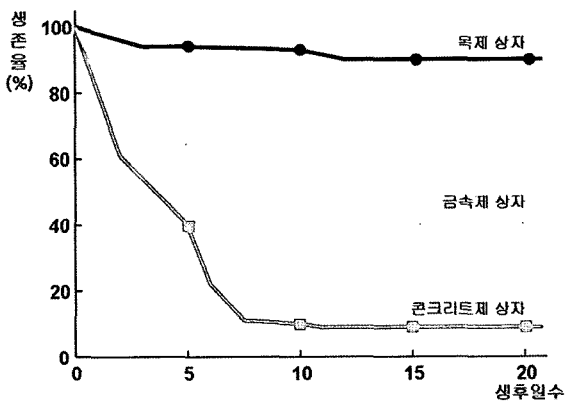


Fig. 4. 환경에 따른 쥐의 생존율 비교¹⁰⁾
(기간: 4월~7월, 평균온도 25°C)

도, 습도 등)하에서 쥐의 생애를 관찰한 것으로, 쥐의 생존율은 콘크리트 상자의 것은 7%, 금속 상자의 것은 41%, 나무 상자의 것은 85% 였다. 이와 같은 결과는 콘크리트에서 발생한 냉복사에 의하여 사망률이 높은 것으로 여겨지고 있다.

사람의 경우도 콘크리트 마감 주거의 경우가 목재로 내장 마감한 주거의 경우 보다 건강 면에서 열악하다는 보고도 있다.

이와 같은 콘크리트 스트레스에 대한 대책으로는 주거 환경을 목재로 내장 하든가, 새로운 친환경 건재(내장재)를 개발하여 내장하는 것이 바람직할 것으로 생각된다.

3. 친환경 전자재의 개발 동향

3.1 친환경 시멘트

3.1.1 광촉매 시멘트

광촉매란 일정한 파장의 빛에너지를 받게 되면 활성화되어 자신은 반응에 참여하지 않으면서 광반응을 촉진시켜주는 역할을 하는 물질을 말하며, 대기정화, 수질정화, 실내 공기질 개선, 항균, 방오 특성이 우수하여 광범위하게 응용되는 나노소재이다. 이러한 광촉매물질을 시멘트에 적용한 것이 광촉매 시멘트이다. 광촉매 시멘트¹¹⁾는 시멘트계의 광촉매 도장재로서 NOx 등의 배기가스 분해를 필요로 하는 용도로 사용된다. 광촉매 시멘트는 광활성도를 높인 나노 크기의 광촉매 이산화티탄(아나타제형)분말과 이 활성을 저해하지 않고 반 영구적으로 유지할 수 있도록 한 특수 시멘트 및 작업성을 고려한 특수 혼화제로 구성 되어 있다. 이 시멘트를 사용하여 Photo-Road 공법으로 시공하여 자동차 배기가스로 발생한 질소 산화물을 처리한 결과가 일본에서 보고되었으며,¹²⁾ 이와같은 연구는 유럽에서도 행하여지고 있다.

3.1.2 무(無) 암모니아 시멘트

앞서 2장에서 기술 한 바와 같이 시멘트 · 콘크리트 구조물에서의 암모니아 가스의 발생과 관련하여, 암모니아의 발생을 적게 하거나 무 암모니아 시멘트도 관심사이다.⁹⁾ 무 암모니아 시멘트는 기본적으로는 질소 화합물을

함유하지 않는 원료를 사용하고, 또 클링커 생성 과정에서 공기중의 질소와 시멘트 원료와의 반응에 의한 질화물의 생성을 억제하기 위하여 소성 온도를 낮추는 것이 요망된다. 이런 조건을 만족 하는 것으로 가능성이 있는 것으로는 빌라이트, 칼슘설포알루미늄에이트, 석고로 이루어진 시멘트를 들 수 있다.

3.2 친환경 내장재

3.2.1 세라믹 페인트

건축용 페인트는 크게 내부용과 외벽용으로 구분되는데, 실내 공기질 관리법이 시행되면서 최근 우리나라에서도 내부용 페인트로 친환경 페인트를 사용하고 있다. 페인트에서 친환경성을 좌우하는 것이 페인트를 구성하는 주성분인 바인더 성분이고, 바인더에 포함된 휘발성 유기화합물(VOCs)과 포름알데히드(HCHO)함량이 친환경 페인트에서 매우 중요하다.

저취용 페인트는 페인트의 바인더 성분이 합성수지에 멀전 중의 미반응 모노머를 최소화 한 페인트인데 반하여, 세라믹 페인트는 바인더가 세라믹 바인더이므로 Zero VOC에 가까운 페인트이다. 입도 조정된 칼슘실리케이트의 수경성 성분을 바인더로 사용함으로써 통기성을 부여하고, 습도조절의 능력이 있으며, 세라믹의 난연성, 풍부한 미네랄 광물들에 의한 원적외선 방출효과, 또한 세라믹 특유의 질감과 파스텔톤의 고급스러운 색상을 조합한 미려한 외관은 혼합수량의 조절을 통해 뿔칠, 롤러, 미장등의 다양한 패턴 연출이 가능한 장점을 가지고 있다(Fig. 5).

3.2.2 세라믹계 결로 보완형 페인트

결로란 건축내부의 온도가 이슬점 이하로 떨어져 물체 표면에 공기 중의 수증기가 물방울로 맺히는 현상을 말

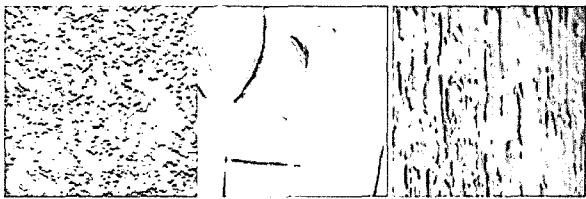


Fig. 5. 세라믹 페인트의 다양한 입체무늬 패턴.

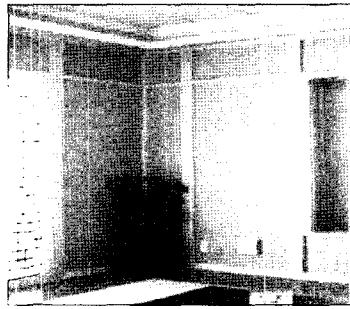


Fig. 6. 방로(防露) 페인트의 실내 적용 사례(일본 M사 자료).

하는데, 공동주택의 경우 외벽과 접하는 발코니, 베란다, 계단실 등에 많이 발생한다. 결로가 발생하면 페인트의 도막이 떨어지고 습기가 높아져, 곰팡이, 세균의 서식이 활발해지

므로, 생활환경을 유해하게 하는 원인이 된다.

이를 해결하기 위한 방법의 하나로서, 다공성 세라믹 원료를 통한 미세기공에 의해 도막의 열전도율을 감소시키고, 통기성을 부여하여 만든 기능성 페인트가 결로 보완형 페인트이다. 특히 수경성의 소재를 바인더로 결로 보완형 페인트를 만들면, 일반 합성수지계의 결로 보완형 페인트보다 방로(防露)특성, 부착성, 통기성 뿐 아니라 항곰팡이 성능이 우수한 장점을 보인다. 일본에서는 기경성 결합재에 규조토, 화산재등과 같은 다공성 물질과 가시광 광촉매 분말을 혼합한 탈취형 세라믹 방로 마감재가 사용되고 있다(Fig. 6).

3.3 광촉매 응용 제품

광촉매는 분말 또는 졸의 형태로 실내공기질의 공기정화를 요구하는 건자재나 생활용품, 공업용 제품 등에 응용되기도 하고, 수질정화, 대기정화용 소재로 활용되기도 하며, 항균, 항곰팡이성 소재로 활용되기도 한다. 특히 곰팡이는 실내에서는 외기와 접하는 결로현상이 빈번한 곳에서 결로수에 의해 상대습도가 높아지게 되면 발생이 쉬워지는데, 포자에 의해 이동하면서 아토피, 천식의 직접적인 원인이 되고, 외벽에서는 곰팡이가 도막과 구체의 열화원인이 된다. 곰팡이가 발생된 면에서 광촉매는 곰팡이의 번식을 강력히 억제하는 역할을 하므로 내부뿐만 아니라 외벽의 청결에 까지 활용이 기대된다(Fig. 7).

광촉매의 응용분야중의 하나가 초친수성이다. 통상 외벽표면은 발수성 때문에 빗물은 오염의 원인이 된다. 외벽의 오염을 저감시키기 위해 광촉매가 포함된 도료가 개발되었다. 도료면위에 빗물이 닿으면 도료면과의 접촉

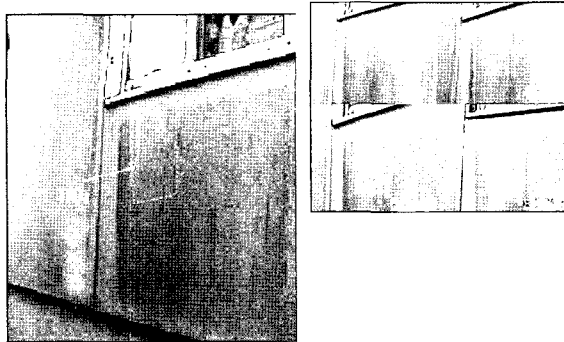
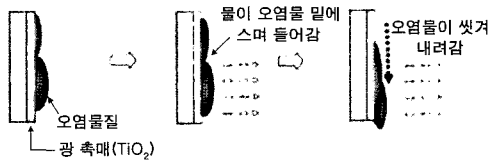
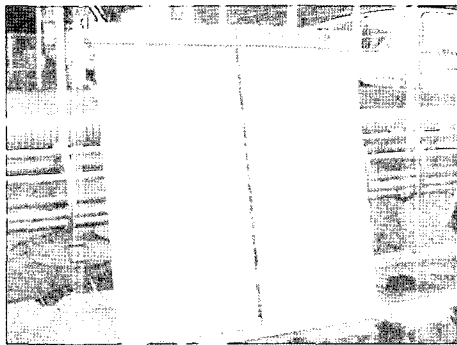


Fig. 7. 광촉매 도포에 따른 건물 외벽의 곰팡이 분해 시험.



(a) 광촉매 초친수 기구



(b) 적용사례

Fig. 8. 광촉매의 초친수 기구 및 적용사례.

각이 매우 낮아져 자정(Self-cleaning)기능을 발휘하게 된다. 이러한 초 친수 효과는 외벽용 도료 뿐아니라 외장 타일, 유리, 도료표지판, 방음벽 등에도 널리 이용되고 있다(Fig. 8).¹³⁾

4. 맺음말

우리는 삶의 질을 높이기 위하여 쾌적한 생활환경을 추구하고 있다. 최근, 각종 공해에 대한 관심이 높아지면서 서 화학 물질 과민증, 새집 증후증 등 새로운 공해 요소

도 등장하여 인류의 건강을 위협하고 있으며, 이런 위험을 유발하는 원인 중에는 시멘트 · 콘크리트에서의 중금속 문제나 암모니아 방출 등이 거론되기도 하고, 건축 내장재가 지적되기도 한다.

우리는 이들 실상을 검토하고, 대책을 강구하고, 자재와 성능 시험을 표준화 하고, 홍보하고, 한편 자연 친화적 시멘트계 전자재를 개발, 보급 하여야 한다.

시멘트 · 콘크리트는 살아있는 건재이다. 호흡하며, 물을 마시고 수화 경화 하고 있다. 건강하게 길러서(양생), 튼튼하게 키우고(경화), 쓸모 있게(적재적소) 활용하면 시멘트 · 콘크리트보다 더 좋은 건재는 아직 없다.

참고문헌

1. 日本土木學會 콘크리트위원회 微量成分溶出に関する調査研究小委員会, “콘크리트 라이브러리-111 - 콘크리트からの微量成分溶出に関する現況と課題”, pp.25-35 (2003).
2. 황한식, 권이열, 최상훈, “슬래그 시멘트에 의한 Pb³⁺ 및 Cr⁶⁺의 고정” 한양대 산업과학연구소 논문집, No. 25, 195, (1987).
3. P.C.Hewlett, “Lea’s Chemistry of Cement and Concrete” pp.216-218, John Wiley and Sons (1998).
4. A.K.Prodjosantoso and B.J.Kennedy, “Heavy Metals in Cement Phase : on the Solubility of Mg, Cd, Pb and Ba in Ca₃Al₂O₆” Cement and Concrete Research, 33, pp.1077-1084 (2003).
5. Q.Yu et al, “The Leachability of Heavy Metals in Hardened Fly Ash Cement and Cement-Solidified fly Ash” Cement and Concrete Research, 35, pp.1056-1063 (2005).
6. 日本土木學會 콘크리트위원회 微量成分溶出に関する調査研究小委員会, “콘크리트 라이브러리-111 - 콘크리트からの微量成分溶出に関する現況と課題”, pp.41-63 (2003).
7. 高橋 茂, “セメントに含まれる微量成分の環境への影響” セメント · 콘크리트, No. 640, pp.20-29 (2000).
8. E.Sakai et al, “Hydrated Products in Ca₃Al₂O₆-CaSO₄ · 2H₂O-CaCrO₄ System” Journal of the Society of Inorganic Materials, Japan, 12, pp.179-183 (2005).
9. I. Tanaka, et.al. “Influence and Suppression of Ammonia Gas Emissions from Concrete”, Cement & Concrete, Japan, No. 640. Jan. pp.8-15 (2000).
10. 船瀬俊介 著, “콘크리트住宅は9年早死にする”, 株式会社リヨン社 (2002).

11. M. Isimori, "Photocatalyst cement" J. Soc. Inorg. Mater. Japan. 11. 460 (2004).
 12. M. Isimori, "Photo-Road with the Function to Remove Car Exhaustion Gas by Optical Catalyst" Cement &

- Concrete, Japan, No.639, May,18, (2000).
 13. H. Nagaishi, "Interior and Exterior Construction Materials using Photocatalyst" Ceramics, Japan, 40, [7], 542 (2005).

●● 최상흠



- 1960년 한양대학교 화학공학과(학사)
- 1962년 한양대학교 대학원 화학공학과(석사)
- 1970년 일본 동경공업대(박사)
- 1965년-1998년 한양대학교 공과대학 무기재료공학과 교수
- 1994년-1995년 한국요업학회 회장
- 1998년-현재 한양대학교 명예교수

●● 김태현



- 1993. 2 한양대학교 대학원 무기재료공학과 (박사)
- 1993-1999. 쌍용중앙연구소 선임연구원(팀장)
- 현재 (주)디오 대표이사

●● 정해문



- 1994. 2. 한양대학교 대학원 무기재료공학과 (박사)
- 1994. 3.-12. 한양대학교 세라믹소재연구소 박사후 연구원
- 1995. 1.-1998. 12. 쌍용중앙연구소 주임연구원
- 1997. 11.-2001. 1. 일본 건설성 토목연구소 연구원
- 2001. 2.-현재 한국도로공사 도로교통기술원 책임연구원