

인간과 공존하기 위한 콘크리트의 변화

Change of Concrete for Coexistence with Human



윤기원*
Gi-Won Yoon



박용규**
Yong-Kyu Park

1. 서 언

BC 2700년 고대 이집트의 피라미드 건설 등에 소석고와 나일 강의 이토를 혼합하여 사용한 것을 시초로 하여 조셉 아스프딘 (Aspdin, J)의 포틀랜드 시멘트 제조법에 대한 특허 출원을 기점으로 1825년 영국에서 최초로 포틀랜드 시멘트가 제조되면서 프랑스, 독일, 미국, 일본 등 세계 각국에서 포틀랜드 시멘트가 제조되어 사용되기 시작하였다. 이후 콘크리트는 시대적 배경에 발맞춰 사회기반시설인 도로, 철도, 항만 등에 사용되면서 세계 경제 발전에 큰 공헌을 하였으며, 우리나라 또한 일제 강점기 시절에 도입되어 현재의 사회기반을 구축하는데 큰 공헌을 하였다고 할 수 있다. 이러한 공헌에도 불구하고 현재의 콘크리트는 환경오염 물질, 시멘트의 독성분 등 환경적 측면과 건강적 측면에서 부정적으로 인식되고 있는 현실이 참으로 안타까운 일이다.

이러한 콘크리트에 대한 오해와 부정적 인식을 없애고 미래의 주축이 될 수 있는 재료로 발전하기 위해 많은 연구자들은 우수한 고성능 콘크리트를 개발하고 발전시키고 있으며 다양한 건설 재료 관련 분야와 다른 분야의 기술이 접목된 새로운 형태의 재료 개발을 가속화하고 있다. 여기서 콘크리트가 친환경적이며 미래의 신소재로써 요구되어지는 기술로는 주거 환경의 향상, 기능성의 향상, 안전성의 향상, 작업성의 향상을 들 수 있다. 1990년대를 거쳐 최근까지 많은 연구와 실무적인 경험을 통해 콘크리트의 기능성, 안정성, 작업성면에서는 고강도 콘크리트, 고내구성 콘크리트, 초유동 콘크리트 등 많은 발전을 이뤄왔으며 실제 현장에서도 사용되어지고 있는 실정이다.

한편, 사회의 발전과 국민의 생활 패턴 변화로 환경의 질에 대한 의문이 제기되고 있으며 이는 단순한 콘크리트의 기능적 발전의 문제가 아닌 실내 환경의 문제나 주변 환경의 의장성에 대한

친환경적이면서 국민의 요구가 반영되는 의장성 콘크리트에 대한 연구가 요구되고 있다.

따라서 본 고에서는 지금까지 회색빛의 삭막한 구조부재로만 인식되어 온 콘크리트가 이러한 인식을 넘어 다양한 모습과 기능이 추가된 환경에 부합되는 정감있는 재료로써 구조물의 미학적 가치를 높이는 보다 새로운 콘크리트로 발전할 수 있기를 바라며 이에 대한 연구 동향을 소개하고자 한다.

2. 미래의 콘크리트

인간이 실내에서 생활하는 시간은 하루 중 90%에 해당한다고 한다. 그만큼 사회 패턴 변화에 의해 인간의 실내 생활시간은 늘어가고 있고, 그에 따라 실내 환경에 대한 관심도 높아지고 있다. 또한 사회 발전에 의해 생활의 여유가 생기면서 삭막한 회색 건물이 아닌 콘크리트에도 색채감 등 의장성이 요구되고 있는 실정이다. 이러한 요구를 반영하여 현재 연구가 진행되거나 부분적으로 실무에 채택되어 사용되고 있는 것으로는 유해물질 차단형 콘크리트, 박테리아 콘크리트, 바이오 콘크리트, 공기정화 콘크리트, 에코시멘트, 반 고풍이 콘크리트, 항균 콘크리트, 전자 차폐용 콘크리트 등을 들 수 있으며, 감성친화형 콘크리트로써 사진식각 콘크리트, 빛(온도) 반응 콘크리트, 식생 콘크리트, 문양 콘크리트, 갈라 콘크리트, 방오 콘크리트를 들 수 있고, 특수 기능형 콘크리트로써 축광발광 콘크리트, 저탄소 콘크리트, 스마트 콘크리트, 반투명 콘크리트 등을 예로 들 수 있다.

본 장에서는 콘크리트의 밝은 미래를 대표할 다양한 콘크리트 중 일부분에 대해서 간략하게 소개하고자 한다.

2.1 바이오 콘크리트

최근에 들어서면서 건강에 대한 관심이 증대되고 있고 이에 맞춰 콘크리트 또한 원적외선을 이용한 인체의 바이오 리듬을 조절

* 정회원, 아주산업(주) 기술연구소 소장
gwyoon@aju.co.kr

** 정회원, 아주산업(주) 기술연구소 주임연구원

하여 건강을 향상시킬 목적으로 바이오 콘크리트에 관한 연구가 진행되고 있다. 바이오 콘크리트에 사용되는 재료로는 원적외선 발생이 크고 원소의 함유량이 많은 점토, 규사, 황토, 맥반석, 옥 등이 활용되고 있으며 현재 바닥 마감재나 구조체에 활용함으로써 최근 5년간 콘크리트 분야 총 출원 건수의 절반 정도의 꾸준한 연구 성과를 내고 있다.

2.2 공기정화 콘크리트

현재 실내공기 오염에 대한 콘크리트 관련 연구는 친환경 건축 자재를 사용하거나 다공질의 활성탄과 기능성 촉매제(광촉매, 공기촉매)를 첨가하여 오염물질을 해롭지 않은 물질로 변환하거나, 직접 제거하는 방법이 사용되어지고 있고, 이러한 실내 공기질과 관련하여 포름알데히드나 T-VOC(full name) 등을 저감하기 위한 방안으로 연구되는 것은 대부분 마감재에 적용되어지고 있으나 여기서는 콘크리트 자체에 공기정화 기능을 부여하는 연구와 특히 출원건이 있어 간략히 소개하고자 한다.

공기정화 콘크리트란 공기 중에 있는 오염물질의 흡착기능과 흡착된 오염물질의 분해기능의 접목을 시도한 것으로 이에 사용되는 재료에 대한 설명을 간단히 요약하면 다음과 같다.

- 1) 활성탄 : 다공질탄소질의 흡착제로써 높은 공극의 비표면적으로 약 $1,000\text{m}^2/\text{g}$ 이상이며, 세공구조의 구멍용적이 $1,000\text{mm}^3/\text{g}$ 정도이다. 이러한 활성탄의 활성표면의 화학적 특성은 표면에 존재하는 탄소원자에 의한 인력작용으로 피흡착질(오염물질)의 분자를 흡착하는 역할을 하며 활성탄의 표면 및 세공 분류는 <그림 1>과 같다.
- 2) 광촉매 및 공기촉매 : 광촉매로써 사용되어지고 있는 대표적인 물질은 산화티탄(TiO_2)이며, 이러한 광촉매는 유해 물질을 태양 에너지 또는 형광 빛으로 물과 탄산가스로 분해하고 재생하는 사이클에 의해 반영구적으로 기능을 발휘하므로 경제적이거나 빛이 없는 경우 암실 등에서 효과가 발휘되지 않은 단점이 있다. 공기촉매의 경우는 인산티타늄

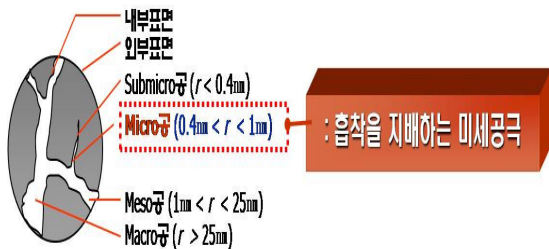


그림 1. 활성탄의 표면 및 세공 분류

화합물로서 공기 중의 산소와 수분을 에너지로 하여 빛이 없어도 유기물 분해 기능을 가지고 있으며 광촉매와 같이 반영구적인 사용이 가능하다.

<그림 2>는 A사에서 실험한 공기촉매를 콘크리트에 첨가하였을 때의 포름알데히드 제거 효과를 나타낸 것으로, 본 연구에서는 광촉매의 경우 빛(자외선)을 매개체로 하기 때문에 콘크리트 내부에서의 역할을 기대하기 어려워 공기촉매를 선정하였다. 실험결과 촉매를 첨가하지 않은 경우의 콘크리트 포름알데히드 제거 효과 보다 약 2배 정도 포름알데히드 제거 효과가 있는 것을 알 수 있었다(건자재시험연구원).

그러나 현재까지는 광촉매, 공기촉매에 관계없이 정량적이고 이론적인 자료 및 장기 성능검토 등이 부족한 상태로 앞으로 꾸준한 연구가 진행된다면 실내 공기질 개선에 크게 기여하는 미래의 콘크리트로서 활용이 가능할 것으로 판단된다.

2.3 사진식각 콘크리트(photo-etched concrete)

포토에칭이란 사진의 현상 처리를 응용한 금속 표면의 정밀 가공 기술로 공장물의 표면에 감광성 피막을 발라서 필요 부분을 감광시키고, 미감광 부분을 부식하여 요구되는 형상으로 하는 기술이다. 이런 기술을 콘크리트에 적용시켜 개발된 것이 사진식각 콘크리트이다. 아직까지 한국에서 연구나 시공된 사례는 없는 것으로 보고되고 있으나, 오스트레일리아, 독일, 프랑스, 미국 등

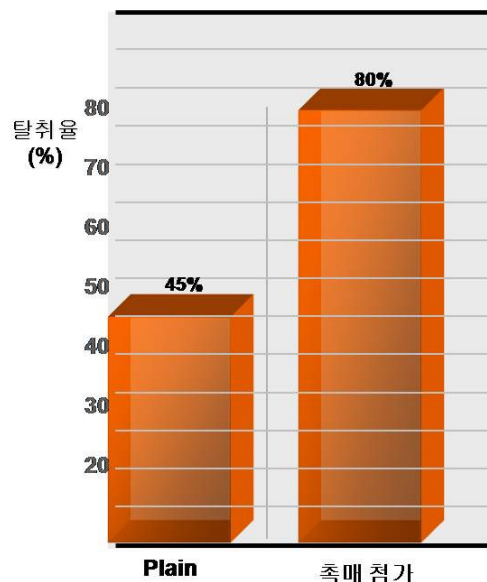


그림 2. 포름알데히드 농도 실험결과

에서는 일부 현재 사용되어 실 건물에 적용이 되었다. 건축물과 예술의 만남이 이뤄졌다고 할 수 있을 것이다<사진 2>.

2.4 에코 시멘트

에코 시멘트란 에코로지와 시멘트의 합성어로서 도심부의 쓰레기 소각재나 하수오지 등의 폐기물을 주재료로 제조된 새로운 시멘트라 할 수 있으며 <그림 3>은 에코 시멘트를 생산하기 위한 폐기물 자원화 공정을 나타낸 것이다. 에코 시멘트는 일본에서 1994년부터 연구되기 시작하여 2003년 ‘순환형 사회 형성 추진 계획’을 통해 정책적으로 에코 시멘트의 생산을 지원하고 있으며, 2004년 실용화 단계까지 이뤄진 상태이다. 유럽은 이보다 앞선

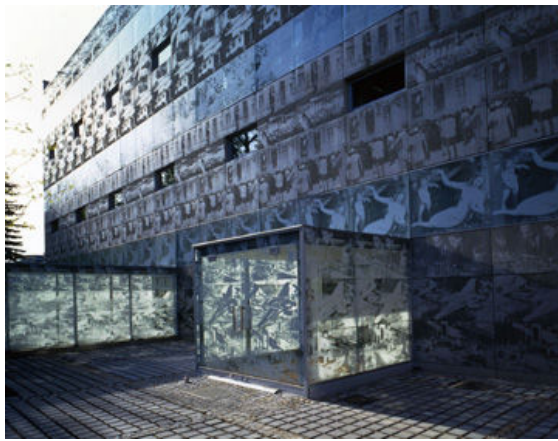


사진 2. 사진식각 콘크리트 사례(Eberswalde Library, 독일)

1990년대 초반부터 지구 온난화 및 자원고갈 방지 차원에서 폐기물을 시멘트 생산에 활용 연간 400만톤 이상의 이산화탄소 배출 절감 효과를 얻고 있으며, 독일은 시멘트 업계의 유연탄 사용량 중 50% 이상을 폐기물로 대체하고 있다고 보고되고 있다. 우리나라에서는 외국 사례처럼 아직 적극적으로 사용하고 있지 못하는 실정이지만, 페타이어 등의 재료 사용에 대한 환경오염, 중금속 유출 등의 논란을 극복하기 위해 민간합동 조사를 실시하여 시멘트의 중금속 유출이 기준치 이하로 나타나는 것을 증명하는 등의 조급씩 제도적 기준 및 환경오염 방지와 품질 개선 노력을 위해 지속적으로 노력하고 있다.

이러한 에코 시멘트는 현재 도로지반, 지반개량, 방파제, 빌딩, 주택 등에 사용되어 미래의 자원순환형 사회를 만들어 가는데 일조할 것으로 판단된다.

최근에 들어서는 CO₂ 배출량을 줄인 시멘트 제로 콘크리트가 개발되고 있어 자연친화적 콘크리트에 한 발자국 더 다가설 수 있는 계기를 만들고 있다.

2.5 빛(온도)반응 색변화 콘크리트

콘크리트 자체는 무채색으로 보다 따뜻하고 감성적인 느낌의 콘크리트를 만들 수는 없는 것일까라는 사회적 요구가 증가되고 있다. 이러한 요구를 충족시키기 위해 현재는 갈라 콘크리트의 많은 연구가 진행되고 있으며, 이는 기존 콘크리트와 완전히 다른 모습으로 변화하며 보는 이로 하여금 안정적이고 부드러운 느낌을 줄 수 있는 장점을 가지고 있다. 하지만 이러한 색변화 콘크리트도 시공 당시의 색상으로 제한되는 단점을 가지고 있다.

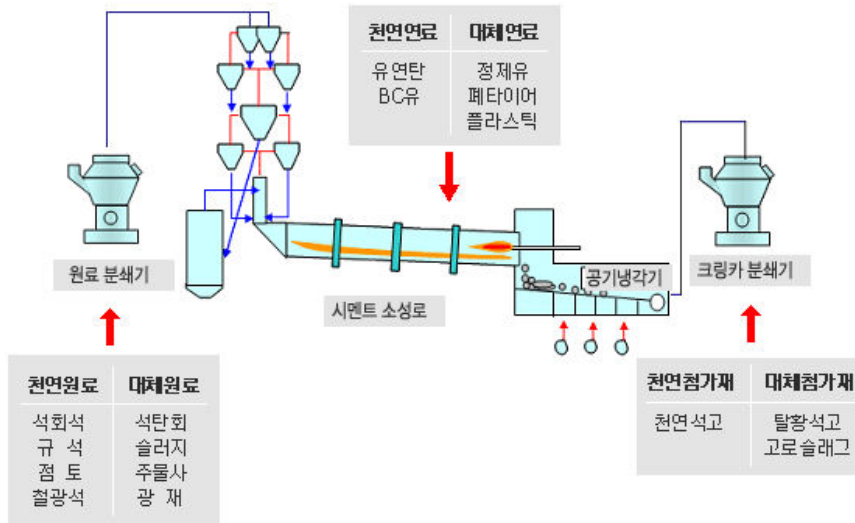


그림 3. 폐기물 자원화 공정¹⁾

따라서 계절별, 일별 온도의 변화에 따라 다양한 색상을 표현할 수 있는 콘크리트 개발이 요구되었으며, 빛(온도)에 의한 콘크리트의 색상변화를 위해 마이크로 캡슐이라는 새로운 기술과 접목되어 개발이 진행되고 있다.

빛 반응 콘크리트의 색상변화원리는 콘크리트에 감광 마이크로 캡슐을 일정 비율 첨가하면 콘크리트가 빛을 흡수하여 감광색소에 따라 발색을 하고, 빛이 차단되면 다시 원상태로 돌아오는 원리를 가지고 있으며, 온도 변화 콘크리트 또한 같은 원리로 작용하게 된다. <사진 3>은 빛 반응 색변화 콘크리트의 시험체의 사

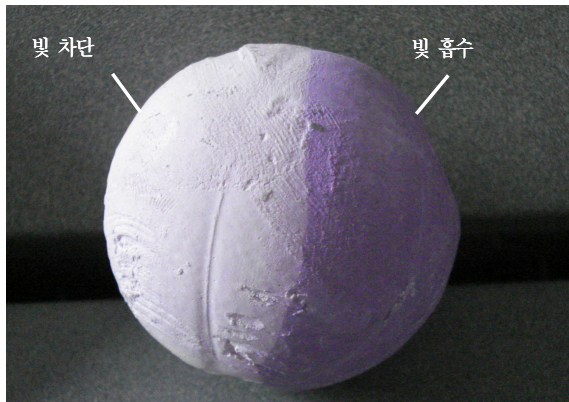


사진 3. 빛 변화 콘크리트

진이며, <사진 4>는 온도반응 색변화 콘크리트를 나타낸 것이다. 이러한 빛(온도)반응 색변화 콘크리트는 콘크리트의 단조로움을 벗어나게 하고 구조체에 다양한 색상의 표현이 가능하도록하여 시각적 효과 및 값싼 콘크리트의 인식에서 고부가 가치의 제품으로 새롭게 탄생할 수 있는 기회를 가질 수 있을 것이다. 향후에는 겨울에는 따뜻한 색 여름에는 차가운 색 계통의 콘크리트를 만나게 될지도 모른다.

다만 아직 초보적인 실험단계로써, 콘크리트 이외의 마이크로 캡슐의 내구성 문제 및 혼합 비율 등의 다양한 연구가 추후 계속적으로 진행되어야 할 것으로 판단된다.

2.6 축광발광 콘크리트

축광발광석은 자연광, 인공빛(형광등, 백열전등)에서 빛 에너지를 흡수하여 어두운 곳에서 빛으로 방출하는 특성을 가진 재료라 할 수 있다. 이러한 축광발광석은 산화 알루미늄을 모체로 하고 다른 산화물이나 희토류 원소가 결합된 화합물로 이전의 축광발광석은 방사성 원소를 포함하는 화합물이었으나, 현재는 안정화 된 세라믹 무기물 물질이 사용되어 인체에 무해한 것으로 알려져 있다.

축광발광석은 이미 낚시 용품이나 주로 비상 통로 유도용 축광 표시구 등에 사용되어져 왔으며, 최근에 개인 주택이나 아파트



사진 4. 온도 반응 색변화 콘크리트



사진 5. 축광발광석 시공 사례(일본 오사카 우메다 스카이 빌딩)

및 빌딩의 바닥 장식, 계단 단차, 보행로, 정원의 조경용 등으로 일본 등에서 사용이 시도되고 있다. 우리나라에서는 아직까지 그 활용이 미비한 상태이고 축광발광석에 대한 연구 또한 미비한 상태로 대부분 수입에 의존하고 있는 실정이다<사진 5>.

차후 이러한 축광발광의 성질을 활용하여 도로포장을 할 경우 도로의 야간식별이 용이하게 하고, 전등을 대체 할 수도 있는 효과를 기대할 수 있어 분말형 축광발광물질을 콘크리트에 도입하고자 시도한 바는 있으나 시멘트와의 반응 문제 등으로 현재로는 불가능하다고 판단되지만 여러 문제점을 해결하면 다양한 기대효과를 얻을 수 있는 콘크리트가 개발될 수도 있을 것으로 판단된다.

3. 맺음말 및 향후 과제

본 고에서는 인간 친화적 콘크리트 및 의장성 콘크리트에 대해서 관련 연구사례를 주요 내용으로 서술하였다. 전 세계적으로 콘크리트와 신소재에 관한 사회적 관심이 높아지고 있으며 이에 반응하여 콘크리트 자체 성능의 향상이나 새로운 기술과의 접목을 통해 꾸준히 발전하는 모습을 나타내고 있다.

“철강제의 경쟁자로 콘크리트를 주시하고 있다”라는 말을 포스코의 이구택 회장이 했듯이 초고강도 콘크리트, 초유동 콘크리트, 고내구성 콘크리트 등의 발전으로 <사진 6>과 같이 콘크리트로 만든 배나, 자동차, 비행기 등이 철관을 대체할 수 있는 그날이 올지도 모른다. 또한 새로운 기술과의 접목으로 나노기술분야, 마이크로 캡슐분야, 전자통신분야 및 화학분야와의 연계된 발전을 통해 스마트 콘크리트, 바이오 콘크리트, 빛(온도)반응 콘크리트 등의 특수 콘크리트에 대한 복합된 기술발전은 더욱 가속화 될 것으로 판단된다.

하지만 이러한 연구의 현재 수준은 연구의 초기 단계로써 앞으로 검증 단계와 실용화 단계까지 경제성 등의 많은 문제점과 제한된 수준이 있어 짧은 시일내에 어려울 수도 있지만 현재 많은 분야에서 연구자들이 심도 깊게 연구하고 있고 연구자들의 인식 또한 변하고 있기 때문에 실제 우리의 생활공간에 이러한 특수



사진 6. 콘크리트로 만든 배

콘크리트가 보여질 날은 멀지 않았다고 할 수 있을 것이다. 콘크리트의 미래는 무궁무진한 발전을 앞에 두고 있으며, 우리의 조금만 상상력으로 인해 생각지도 못한 새로운 콘크리트가 나올 수도 있을 것이다.☞

참고문헌

1. 폐기물 시멘트의 자원화, 한국양회공업협회
2. NT&BT를 이용한 시멘트 콘크리트 재료의 고성능화, 대한건축학회지, 2008. 12
3. 콘크리트 미학, 한국 콘크리트 학회, 2005. 8
4. 활성탄 및 기능성 촉매제를 이용한 콘크리트의 포름알데히드 제거에 관한 실험적 연구, 한국콘크리트학회, Vol. 20 No. 1, 2008. 4
5. 환경 나노 콘크리트의 기술현황 및 방향, 대한건축학회지, 2008. 12
6. 특수 기능성 콘크리트 현황과 미래 콘크리트 기술, 건설기술정보, 2008. 2

담당 편집위원 : 권기주(한국전력공사 전력연구원) kyeunkjoo@kepco.co.kr

<http://www.kci.or.kr>

KOREA CONCRETE INSTITUTE