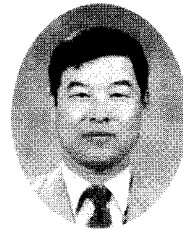


특 집

|| IT 시대의 콘크리트 ||

IT 시대의 새로운 콘크리트 재료

- New Concept of Concrete Materials in the IT Era -



김화중*



김기수**

1. 서 론

콘크리트 재료는 압축강도가 높고 유지관리가 비교적 용이한 건설재료이며, 사회기반구조와 건축 구조물을 만드는데 주요재료로써 사용 된지 이미 백 년 이상 경과되었다.

그 사이 여러 가지 새로운 사회적 요구에 대응하여 종래의 콘크리트에 구비된 강도성능과 시공성은 더욱더 향상되었고, 또한 단점을 극복하는 여러 가지 기술이 개발되어 오늘날에 이르고 있다. 최근 들어 환경 친화적이고 21세기 건설 주재료로써 공신력을 배가시킬 수 있는, 미래 지향적인 콘크리트의 신기술이 최근 등장하여 IT 시대의 콘크리트 재료의 새장을 열어가고 있다.

예를 들면 콘크리트 구조물의 설계는 원래 항시 작용하는 외력이나 환경에 대하여 수동적으로 가만히 견디도록 되어 있으나, 최근 들어 콘크리트 안에 센서를 내장하거나 센서 역할을 할 수 있는 혼화재나 혼합재를 사용하여 현재 구조물의 상태를 진단할 수 있도록 하고, 능동적으로 균열 발생시에는 스스로 치료하고, 외부환경에 대응하여 항균 및 방충의 특성을 가지고, 온도와 습도를 스스로 조절하며, 공기중의 유해물질을 제거하는 새로운 개념의 콘크리트 기술이 발전되어지고 있다. 특히 최근 급속한 경제성장을 바탕으로 차량의 증가, 도시의 산업화, 밀집화로 인한 기반 구조물의 사용성 증가 및 유지관리 필요성 증가와 도시 환

경오염이 악화되고 있는 가운데, 보다 나은 인간 생활을 영위하기 위해 구조물 붕괴의 위험 및 환경오염의 위험에서 벗어나, 안전하고 쾌적한 환경을 조성한다.

안전문제와 지구환경문제를 고려한 재료에 관한 개념으로서, 1993년, 미답재료기술협회 레이메탈연구회가 제시한 '21세기의 재료' 즉, 프론티어성과 환경조화성, 그리고 어메니티성에 부합되고 필요기능이 부여되는 새로운 스마트 콘크리트에 대한 소개와 개발 가능성에 대해 서술하고자 한다.

2. 스마트 재료의 개념

스마트 재료는 단지 강도나 내구성이 있는 물성적 성능이 보이지 않고, 이번이나 요구의 정보를 인식하여 그것에 대응하는 기능을 함께 가지고 있는 것이 특징이다.

외부의 환경이나 내부의 정보를 검토한 '센서기능', 그 정보의 기초를 판단하여 명령을 하달하는 '프로세서 기능', 그리하여 그 명령을 받는 실제의 행동을 실행하는 '실행 기능'이라고 말하는, 일련의 기능이 내장되고 있는 것을 정의하고 있는 인텔리전트 콘크리트에 부속되는 개념이다.

종래의 재료개발에서는 프론티어성과 어메니티성에 중요성을 두고 있었으나 스마트 재료는 여기에 환경조화성 기능을 부가하여, 인접 환경에 유효 적절하게 대응하고 안정성과 필요기능을 가진 고기능 재료이다.

또한, 그러한 3가지를 재료 자체의 내장하지 않는 경우에도

* 정회원, 경북대학교 건축공학과 교수

** 정회원, 호서대학교 벤처전문대학원 첨단산업기술학과 교수

각각의 구조나 재료 혹은 장치를 조합하여 구조물 자체 혹은 시스템 전체로서 스마트성을 가진 인텔리전트 기능이 발휘되는 이른바 '시스템 구조'의 연구도 활발히 행해지고 있다.

이와 같은 스마트 재료나 시스템 구조에 관한 연구는 항공·우주·기계·금속·세라믹·바이오·생체·의료·토목·건축 등 여러 가지 분야에 활발하게 이루어지고 있다.

예를 들어, 최첨단의 기술을 구사하는 스마트 구조의 예로서, 차세대의 고기능형 비행기를 거론할 수 있다. 즉, 반복 작용하는 하중에 의해 생기는 피로에 의한 미소균열의 발생이나, 성장, 부식에 의한 재료 물성의 노화, 혹은 예기치 않은 돌발적 사고에 의한 재료 손상 등에 대비하여, 표면탄성과 발진기와 수신기를 기체 내에 매립하여 일체화함으로써 센서기능을 부여한다. 더욱이, 집중관리 컴퓨터라는 외부의 자동제어회로와 접선함으로써 프로세서기능과 실행기능이 부여되어, 시스템 전체로서 스마트 기능을 발휘하는 것이다.

항공, 우주분야나 생체, 의료 분야 등, 코스트보다는 기능이 명확하게 중요시되는 분야와 비교하여 토목, 건축의 분야에서는 실용화를 고려하므로 비용을 무시할 수 없다.

그러나 기존 건축재료의 보수·보강비용과 재처리비용 그리고 환경에 미치는 악영향을 고려해볼 때, 고기능성을 가진 효율적 시스템을 가진 스마트 콘크리트는 부가가치적인 면에서도 충분한 실효성을 거두리라 본다.

3. 센서 내장형 스마트 콘크리트

최근 경부고속철도, 영종도 신공항에 각 지자체단체의 월드컵 경기장, 도시 지하철 등 공공 구조물의 시공이 빈번해짐에 따라 이러한 공공구조물 안전성 확보의 중요성은 사회적인 관심사로까지 대두되고 있다. 또한 93년 성수대교 붕괴사고 이후, 붐을 일으켰던 안전진단에 대한 관심이 서서히 수그러들면서 대지구하철 공사 중 붕괴사고, 올림픽 체조경기장 사고 등 감시 소홀과 무관심에 의한 사고고향도 나타나고 있어 사후진단보다는 구조물의 상태변화를 수시로 감시할 수 있는 상시 모니터링에 대한 관심이 더욱 커져가고 있다.

센서 내장형 스마트 구조물의 개념을 사용하여 구조물의 붕괴에 지배적인 영향을 주는 주요부재의 손상여부를 수시로 감시하여 사전에 대비할 수 있다면 경제적인 유지관리뿐 아니라 공공구조물의 안전성확보에도 최상의 방법이 될 수 있다. 이를 구현하려면 스마트 구조 시스템을 구성하기 위한 하드웨어와 소프트웨어의 개발은 필수적인데 이중에서도 구조물의 손상징후를 정확히 감지할 수 있는 센서가 차지하는 비중은 대단히 크다.

센서 내장형 스마트 재료에 사용되는 센서 중에서 최근에 가장 각광을 받고 있는 광섬유 FBG 센서는 최근 널리 활용되고 있는 광섬유 센서의 일종으로 Ge가 첨가된 광섬유 코어에 좌외선 영역의 레이저를 주기적으로 조사함으로써 굴절을 변화를 유도하여

Grating의 주기에 의해 결정되는 특정 파장의 빛을 반사시켜 물리량을 감지하는 센서이다. 광섬유 FBG 센서는 전자기적으로 중성이므로 신호가 안정적이며 내구성이 우수하여 건설구조물의 상시감시에 활용이 가능하다. 또한, 한 가닥의 광섬유 내에 여러 개의 센서를 설치하는 다중화가 가능하고 대량생산이 가능해서 스마트 구조물용으로 활용하는데 경제성도 만족할 수 있다. 그러나 토목, 건축물 내장용으로 활용된 지는 선진국에서조차도 얼마 되지 않아 그 실적이 많지 않기 때문에 스마트 구조물용으로 활용하기 위해서는 센서기술 이외에도 신호처리기술과 센서의 부착, 매설기법 등과 같은 연구가 병행되어야만 본격적인 실용화가 가능해 질 것으로 판단되어지나 머지 않은 미래에 중요한 토목 건축 구조물은 모두 센서 내장형 스마트 구조물이 되어 모니터링이 용이하게 될 것이다.

4. 자기 치유형 스마트 콘크리트

가. 캡슐형 시멘트계 자기치유 콘크리트

균열이 발생하면 콘크리트의 강도는 저하 될 뿐만 아니라 공기 중의 탄산가스와 산성비 혹은 염분 등이 구체 중에 침입하기 쉽게 되기 때문에, 중성화와 염해 등의 열화를 조기에 일으키는 원인이 된다. 그러나, 이와 같은 조기열화가 발생했다고 하더라도 지중 구조물과 위험물 처리시설 등에서는 사용기간 중의 보수는 커녕 검사조차 어려운 경우가 많다. 이와 같은 문제점으로 인하여 균열의 발생을 자동적으로 감지하여 보수해야할 것인가 말 것인가를 판단하고, 필요에 따라 보수를 자동적으로 실시하는 콘크리트의 개발이 시도되고 있다.

이와 같은 기능을 콘크리트에 갖추게 하기 위해서는, 균열의 감지기능 역할을 담당하는 재료와 균열을 복구할 수 있는 보수제의 선택이 열쇠가 된다. 보수제를 봉입한 캡슐이 균열에 대해 민감하게 반응할 경우 균열의 발생과 함께 캡슐이 파괴되고, 어느 균열폭에 달한 때에 캡슐 내의 보수제가 유출되어 균열을 채워 복구가 실행되는 것이 이 기술의 핵심이다.

시멘트의 일부를 캡슐형으로 제조해 두고, 콘크리트에 균열 등이 발생한 것이 자기진단에 의해 감지되면 액추에이터가 작용하여 캡슐을 터트려 균열을 보수하여 복구하는 방법이다.(**그림 1**)

예를 들면, 중공(中空)이 파괴되기 쉬운 섬유 내에 보수제를 내포한 것을 콘크리트 내에 매설하는 것을 생각할 수 있다. 그러나, 콘크리트의 비빔 및 타설 때에 이런 종류의 섬유를 파괴시키는 일없이 콘크리트 내에 분산시키는 것은 곤란하여, 현재 상품화에는 이르지 못하고 있지만 조만간에 해결될 전망이다.

그밖에도 독립형 캡슐에 보수제를 내포한 연구 사례도 몇 가지 있지만, 기본적으로는 2가지의 문제점을 들 수 있다. 첫 번째는 캡슐이 크기가 어느 정도 이상에 달하면 콘크리트의 강도저하를

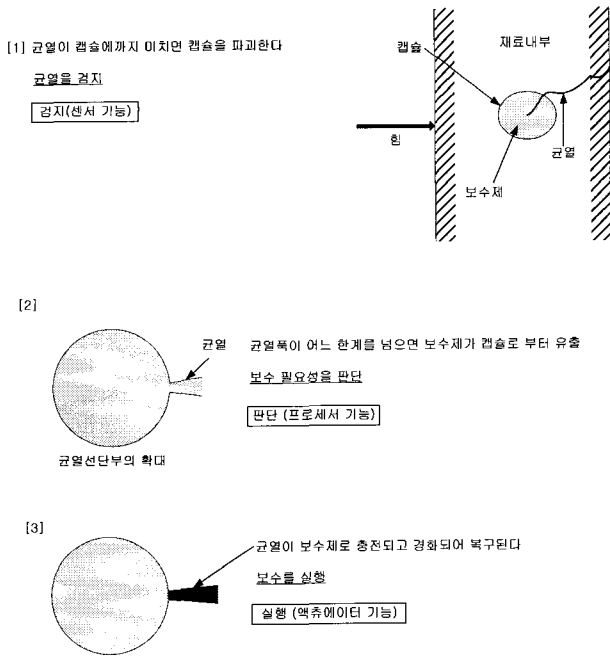


그림 1. 자기치료 스마트 콘크리트의 자기치료 개념도

일으키는 초기결함이 될 위험성이 있다는 점이고 두 번째는 보수제의 양은 일정한 크기의 캡슐에 함유된 양이 상한이어서 균열의 체적을 충전하는데 충분한 양이라고는 반드시 이야기할 수 없다는 점이다. 이것을 해결하는 방법으로서서는 취성재료 극세(極細) 파이프의 네트워크를 이용하는 방법 등이 제시되고 있다.

강도의 복구에는 보수제의 성능도 중요한 점이고 아울러 적용 균열폭에 대해서도 검토가 필요하다. 균열폭이 크게 진전된 후에는 강도의 큰 회복률을 바라는 것은 어렵고, 보수제로 그 균열을 충전하는 것조차 곤란하게 된다. 그 때문에 콘크리트의 균열폭 그 자체가 어느 한계치 이상으로는 커지지 않도록 하는 문제가 대두된다. 그러므로 이에 해결방법으로 고성능 섬유 혼입에 의한 균열의 가교(架橋)메커니즘 등을 반영하는 재료의 설계가 하나의 해결방편으로 제시되고 있다.

또 하나의 문제점으로 보수제가 캡슐 내에 봉입된 상태라 하더라도 장기간에 걸쳐 화학적으로 안정한 상태로 보존되어 있느냐 하는 점도 마이크로 캡슐의 상품화를 위하여 현재 중요한 연구 고려사항이 되고 있다.

나. 보수재 봉입형 자기치료 콘크리트의 예

전술한 바와 같이 보수제를 봉입한 용기(캡슐)가 균열에 대해서 민감히 반응하여 균열의 발생과 함께 파괴되고, 어떤 균열의 폭에 도달했을 때에 용기 속의 보수제가 흘러나와 균열을 채워, 수복이 실행되어 진다.

본 실험에서는 캡슐대신 아주 가는 유리관을 사용함과 함께,

콘크리트의 균열에의 유출분을 보충 가능하도록 유리관의 단부를 보수제 탱크에 연결하는 방법을 채용하고, 치유되는 현상을 볼 수 있는 실험을 했다. X선 투사법에 의해, 균열의 발생과 함께 유리관 내의 액은 균열 내에 유출해서 충전하는 양자가 확인되었다.

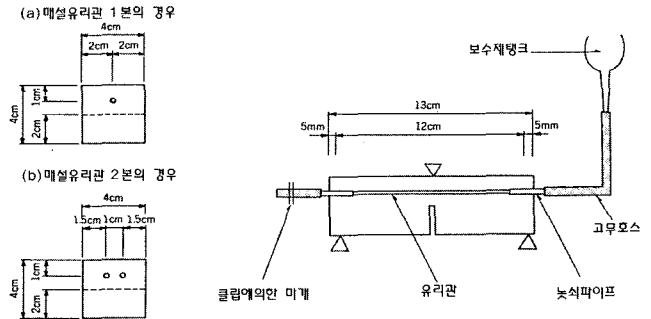


그림 2. 자기수복 콘크리트 시편체의 형상

강도의 수복에는 보수제의 성능도 중요한 점이고, 또 그 적용 균열 폭에 관해서도 검토가 필요하다. 보수제가 캡슐 내에서 묻힌 상태란 것은 장기간 화학적으로 안정된 상태에서 유지되고 있다는 것도 중요한 점이다.

다. 대입경 시멘트계 자기치료 콘크리트

콘크리트 내의 중요한 결합재는 시멘트이지만, 최근의 고강도 콘크리트와 같이 물-시멘트비가 작아 시멘트량이 많으면 모든 시멘트가 완전히 수화하는 것은 아니다. 특히, 재령기간이 작을수록 미수화 시멘트는 다량으로 남아 있기 때문에, 만일 이 기간에 균열이 발생되더라도 수분의 공급이 충분하면 어느 정도까지 자기복구되는 것이 국외의 여러 실험을 통하여 입증된 바 있다.

이와 같은 현상을 역으로 이용하면, 자기복구형 콘크리트를 제조할 수 있을 것으로 판단된다. 종래의 시멘트 성분을 바꾸어 초지연 수화반응성분을 포함한 시멘트를 제조하는 방법과, 보다 더욱 큰 입径의 시멘트로 하는 등의 방법이 제시되고 있다.

5. 마이크로 캡슐형 항균 및 방충 콘크리트

최근 들어 산업의 고도화로 실내에서 생활하는 시간이 늘어나고 건축 구조물이 초 대형화되어 수많은 거주자가 함께 생활하게 됨에 따라 건축 구조물의 기능이 단순한 주거에서 더욱 확대되어 거주자의 안전, 건강과 정서 및 쾌적한 환경 등의 부가적 역할이 강조되어 가고 있다.

거주자의 쾌적한 주거환경을 위해 반드시 요구되고 있는 항균, 방충, 소취(消臭) 및 방향 등의 기능이 장기간에 걸쳐 건축 구조물에서 발휘되도록 하기 위해 이러한 기능을 가진 심물질(core

materials)을 마이크로 캡슐화 하고 이를 콘크리트 및 마감재에 혼입하여 구조재료 및 내, 외장재로 사용할 수 있는 환경정화 모르타르 및 콘크리트를 개발하고자 하는 움직임이 최근에 국내외로 전개되고 있다.

기술의 핵심인 마이크로 캡슐화 기술은 심물질과 캡슐의 막재로 그리고 후가공과 관련한 응용기술로 구성되어 있다. 심물질은 다양한 종류의 기능성 물질을 적용할 수 있으며, 막재로 또한 목적하는 마이크로 캡슐의 용도에 따라서 고분자물질이나 무기재료 등 적합한 재료를 쓸 수 있다. <그림 3>

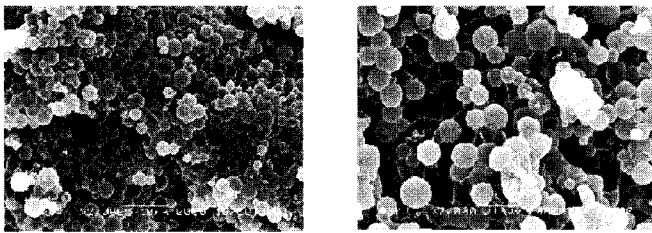


그림 3. 마이크로 캡슐의 확대된 모습

즉, 심물질을 마이크로 캡슐화 함으로써 심물질의 기능을 대폭 강화할 수 있고, 심물질 자체의 단점들(예를 들면 열안정성, 광안정성, 분산성 등)을 대폭개선 할 수 있으며 또한 이 심물질의 응용시 가공방법의 한계 등을 보완할 수 있다. 이러한 특성은 다양한 심물질을 장기간에 걸쳐 발현하게 할 수 있어 콘크리트 및 모르타르에 혼입하여 제조한다면 다양한 기능을 가진 건축 구조물의 시공이 가능하다고 한다. 현재 국내에서 실용화 하고자 하는 개발중인 마이크로 캡슐화 할 수 있는 심물질은 방충, 방서제, 향균 소취제, 방향제 등이 있다. <표 1>

표 3. 마이크로 캡슐화 적용 심물질(core materials)

항목	물질명	목적
향균, 소취제	Ag염, Trichloro Hydroxy, Dipenyl Ether	세균증식억제 및 악취제거
방충제	Permethrin	바퀴벌레, 개미, 모기 등의 서식억제
방서제	Capcisine	설치류 등의 접근방지
방향제	Lemon 등	Aroma-Therapy
산림추출물	테루펜(소나무 추출물)	산림욕효과
항 스트레스 제	-	정신질환 치료 등

위에 소개한 심물질을 마이크로 캡슐화 하여 건축물의 내·외벽 및 바닥재의 재료인 콘크리트 및 모르타르에 응용하게 되면 시공 후 재건축시까지 향균, 방충, 소취 특성을 지속적으로 발휘할 수 있는 기능성 건축물의 시공이 가능하게 되며 이는 병원, 학교, 실버타운 뿐 아니라 일반주거용 건축물 등에도 널리 활용

할 수 있다. 또한 응용범위를 확대하여 산림욕 효과를 얻을 수 있는 천연추출물과 의료용 항스트레스제 등을 심물질로 활용하게 되면 거주자의 건강에도 도움을 줄 수 있는 기능성 건축물을 시공할 수도 있어 그 응용범위는 방대하다고 판단된다.

향후 개발된 제품은 건축물의 외벽과 내벽의 마감재, 바닥용 모르타르로 활용이 가능하다. 시공방법으로는 콘크리트의 경우 분말과 액상제품을 개발하여 분말형태는 혼합재로 콘크리트의 mixing 시 첨가하여 활용하고 액상은 첨가제로 레미콘에서 배합하는 방법을 통해 적용될 수 있다고 한다. 또한 모르타르의 경우 소량을 현장에서 현장믹서로 mixing하므로 분말형태로 모르타르에 혼합하여 적용이 기대되어지고 있다.

6. 습도조절형 스마트 콘크리트

흡방습성(吸防濕性)우수한 천연제올라이트를 이용한 습도조절형 재료를 개발하는 것을 목적으로 하는 연구가 국내에서도 활발히 진행되고 있다.

천연제올라이트의 조습성 재료로서의 특징은 다음과 같다.

- 1) 물을 우선적으로 흡착한다.
- 2) 온도 의존성이 높아서, 온도의 상승, 하강에 대한 조습성의 영향이 크다
- 3) 수증기압이 저하시 실리카겔, 활성 알루미늄보다 흡습 용량이 크다.
- 4) 세계적으로 품질이 우수한 매장량이 확인되고 있다.

이와 같은 특징을 이용하여 습기에 의해 문제가 되는 미술관, 박물관, 병원, 그리고 주택에서의 음식물 부패 등에 대한 피해를 천연의 재료를 이용하여 어느 정도 예방을 기대할 수 있다.

또한, 천연제올라이트의 알칼리 골재반응 억제효과는 고로 슬래그에 비해 크며 플라이 애쉬와 실리카 폼과 거의 동등하다고 보고되고 있으며, 제올라이트 특유의 다공질성으로 인해 조습제와 경량골재에의 연구가 진행되고 있다.

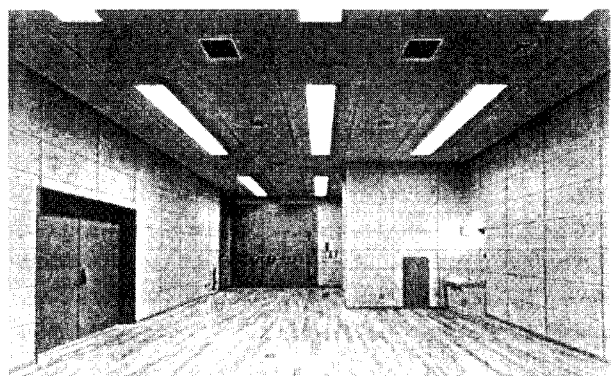


그림 4. 제올라이트 패널을 설치한 실내 상황도

일본에서는 천연 제올라이트 및 인공제올라이트 골재를 이용한 다공질 콘크리트는 질소산화물(NOx) 같은 유해가스를 흡수하는 성질이 있어 이미 이에 대한 연구를 통하여 2차 제품으로 개발하고 있는 중이다.

7. 온도조절형 스마트 매스콘크리트

부재가 크게 되면 매스콘크리트의 규정이 되어, 수화열에 의한 온도균열에의 대책이 필요하게 된다. 지연제를 봉입한 파라핀제의 마이크로 캡슐을 이용하는 것에 의해, 콘크리트의 온도가 상승해 소정의 온도에 달하면 캡슐이 용융해 지연제가 용출하여 자동적으로 시멘트의 수화반응이 정체를 그이상 온도가 상승하지 않는 방법을 고안했다.

표 4. 수화열 억제실험 시리즈와 배합

시리즈	W/C	증점제	S.P.	지연제
p-p	25%	×	3[wt.%]	—
p-c	25%	×	3[wt.%]	0.5[wt.%]
pa-p	35%	○	3[wt.%]	—
pa-c	35%	○	3[wt.%]	0.5[wt.%]

수화열 억제 실험시리즈와 조합은 <표 4>에 나타내었다. 이 방법에 의해 수화반응을 필요 이상으로 지연시키지 않을 것, 파라핀 재질의 적절한 선정에 의한 최고도달온도를 사전에 설정하는 것이 가능하다.

그 결과로 콘크리트의 급격한 온도상승과 최고온도를 억제하는 일이 가능하다는 것이 확인되어 있다. 또, 한편으로 장기재령에 있어서 압축강도는 캡슐을 혼입하지 않은 플레인 콘크리트와 비교해 보다 우수한 경향을 나타내는 것도 확인되어 있다. 이와 같이, 콘크리트의 수화열을 억제할 필요가 있을 때에는 필요한 성분만큼 작용하는 캡슐이 적용된다면 실로 스마트 콘크리트라 말할 수 있을 것이다.

8. 환경정화 및 부하저감형 스마트 콘크리트

가. 광촉매 콘크리트

대기오염의 주원인이 되는 NOx에 의한 대기오염을 정화할 수 있는 방법으로는 광촉매작용을 이용한 NOx의 고정화 및 무해화를 들 수 있으며, 광촉매가 태양에너지와 반응하여 질소산화물(NOx), 유기염소 화합물 등에 의한 대기나 실내의 오염물질을 산화하여 제거하는 원리를 이용한 것이다. 이러한 원리를 콘크리트에 도입한다면 자동차에서 배출되는 유해가스를 바로 흡수·제

거함으로써 도시의 대기오염방지에 상당히 효과적일 것이라고 판단된다. 현재 일부 선진국에서는 도로포장재, 도로측벽, 차음벽 등에 광촉매를 포함하는 재료를 사용함으로써 대기정화 및 오염방지에 상당한 효과를 거두고 있으며, 이에 관한 연구도 활발히 진행되고 있다.

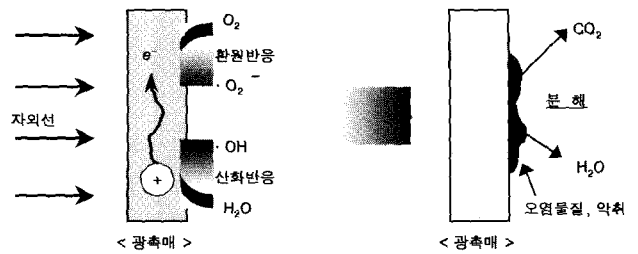


그림 5. 광촉매반응의 원리

나. 에코 콘크리트(Eco-concrete)

에코 콘크리트란, 지구환경의 부하저감에 기여함과 함께, 생태계와 조화 또는 공생을 꾀하는 것이 가능하고, 쾌적한 환경을 창조하는데 유용한 콘크리트를 말한다.

콘크리트의 강고하다는 특성은 물질순환이라는 면에서는 장기간 사용할 수 있다는 것으로 환경의 부하가 크게 되지 않는다는 장점이 있지만, 자연의 순환 예로 물, 공기나 그 외의 물질의 순환, 생물의 서식처의 확보라는 면에서는 종래의 일반적인 사용법에서는 단점으로 된다.

콘크리트가 이후에도 유용한 건설재료로서 사용되기 위해서는 앞의 에코 재료로서의 요건을 만족하고, 이 자연의 순환이나 생물체에 배려, 경관에 배려하는 것을 콘크리트의 재료면에서의 특성으로서 부가하고, 콘크리트의 사용방법이나 구조형식의 선정에 배려하는 것이 불가피하게 된다. 자연순환, 생물체에 배려 등이 현상의 재료나 구조형식에서는 실현할 수 없을 때는 환경에의 부하를 보상하는 대책을 하는 것이 중요하다.

9. 중성화방지 콘크리트

콘크리트 구조물의 성능저하요인으로는 동결융해작용, 염해의

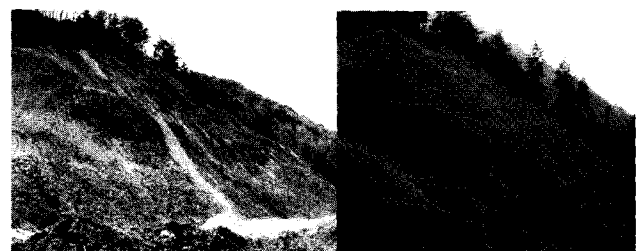


그림 6. 원지반식생정착공법의 실례

영향, 알칼리 골재반응 등을 들 수 있으나 이것들은 각각 지역적인 특수 요인에 기인하고 있다. 그러나 콘크리트의 중성화는 일반 도시환경에 있어서도 충분히 진행하며 철근부식과 밀접한 관계를 가지므로 매우 중요한 문제라 할 수 있다.

콘크리트는 pH 12 ~ 13 정도의 강알칼리성을 나타내고, 일반적으로 pH 11 이상에서는 철근표면에 부동태를 형성하므로 산소가 존재하더라도 부식이 되지 않지만 중성화에 의하여 pH가 11 이하가 되면 철근이 부식하여 녹이 발생하고 체적이 팽창한다.

이러한 철근의 팽창현상에 기인하여 콘크리트 내부의 균열을 발생, 철근의 부착강도 저하, 피복 콘크리트의 박리·탈락 등의 물리적 열화의 진행에 따라 구조물의 안전성에 심각한 영향을 준다.

이러한 열화현상을 해결하기 위한 방안으로는 근본적인 원인인 중성화를 방지함으로써 가능하다고 할 수 있다.

중성화방지를 위하여 콘크리트의 pH의 변화에 따라 반응하는 알칼리성 물질을 함유한 캡슐을 혼합하여 콘크리트 타설시에 사용하면 pH 11을 기준으로 한 시점에서 캡슐의 피복이 분해되어 알칼리성 물질이 콘크리트 내부로 유출됨으로 중성화를 지연시키거나 알칼리성으로 환원시키는 것이 가능할 것이다.

이러한 반응성을 이용하여 pH의 감소를 막는다면 중성화방지에 상당히 효과적일 것이라고 판단된다. 현재 실용화 단계는 아니지만 일부 선진국에서 이에 관한 연구도 활발히 진행되고 있다.

10. 스마트 콘크리트 설계의 고려방법

콘크리트의 스마트화에 관해서는 그 재료를 설계할 때에 고려해 볼만한 점이 다수 존재한다. 이하에 그 요점에 관해서 서술한다.

(1) 대상에 따른 개발

콘크리트의 스마트화라고 말해도, 그 대상으로 한 노화나 파괴

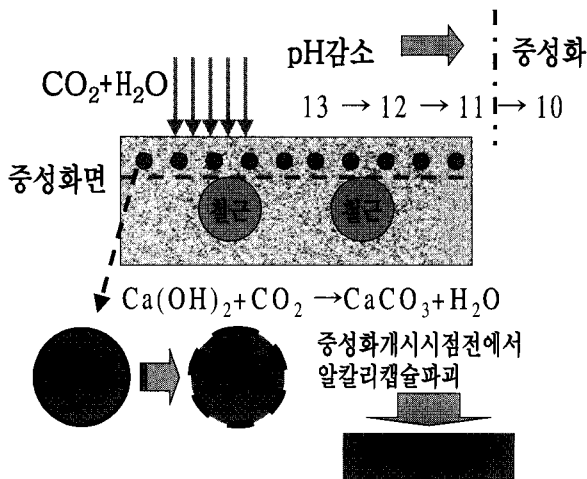


그림 7. 중성화방지 콘크리트의 원리

등의 현상과 그것에 대한 스마트화의 수법은 여러 가지일 수 있다. 이 현상 전부에 대해서, 어떤 것에도 대응할 수 있는 수법의 개발은 특히 곤란하다고 생각된다. 따라서, 대상에 따라 필요한 스마트 기능을 부여하여, 그것에 대해 최적이라고 생각되는 수법을 사용한 개발이 바람직하다.

(2) 간편한 수법

콘크리트의 타설은 현장시공이 되는 경우가 많다. 따라서, 스마트화를 행하는 방법은 각별히 고도의 기술을 요하는 것이 아니라 가능하면 종래의 콘크리트 시공기술에 준하는 정도의 간편한 방법이 바람직하다.

(3) 저(低)비용

콘크리트가 이 만큼 대량으로 사용되고 있는 요인의 하나는 비교적 낮은 비용에 있다. 따라서, 스마트화를 떠맡는 기능성재료도 또한, 저가격으로 대량생산이 가능한 것이 바람직하다.

(4) 재료의 안정성

스마트화라 하여도, 예를 들어 자극성이 있는 기능성 재료를 이용하거나, 취급방법에 민감한 재료 등을 이용한 경우 그 구조물의 시공시에 사고가 일어날 가능성도 생각할 수 있다. 따라서, 자극성 재료 등의 이용은 피하고, 재료자체는 여러 가지 측면에서 안전한 것을 사용할 수 있게 충분히 배려해야만 한다.

(5) 장·단점의 종합판단


스마트화에 의한 재료의 내구성 향상이 역으로 해체시의 사고를 초래하는 위험성으로 이어지지 않을까? 혹은 어떤 기능성 재료의 사용에 의해 대상화 한 열화현상은 억제 가능하다 하여도 그 결과 강도 등 그 밖의 성능이 손상되지 않을까? 등 스마트화의 장점뿐만 아니라 단점도 빠짐없이 정확히 배려한 재료설계가 필요하다.

11. 결 론

철근 콘크리트의 시공은 누구나 할 수 있는 쉬운 공사라는 생각에서 특별한 기술을 가지지 않은 노무 종사자가 시공에 종사하는 수가 많으므로 결함이 있는 구조물을 만들 수 있으며, 이에 따라 재료의 신뢰성을 과소평가 하는 경향이 있다. 또 완성된 후에는 내부결함을 발견하기 어렵다는 약점 때문에 시공이 조잡해지기 쉬운 문제점이 있다. 이를 보완하기 위해서 구조재료인 본 기능에 덧붙여 스마트 기능에 대하여 더욱 연구개발에 매진하여야 한다.

현재까지는 스마트 콘크리트에 대하여 아직 개발과 연구가 미비한 실정이나 현재까지 개발된 스마트 개념을 가진 몇 가지 시

제품들은 그 요구사항에 부합되는 필요기능을 충분히 발휘하고 있으며, 그 적용 대상을 다방면으로 넓히고 있다.

스마트 콘크리트는 아직 그 연구방법을 실현하는 여러 가지 시도가 행해지고 있는 단계이다. 여러가지 스마트화 콘크리트가 실용화되기까지는 아직 극복해야만 하는 과제는 산적해 있다. 그러나, 금후 이 기술의 개발과정에 있어서, 콘크리트 재료 전체를 고강도화, 고내구성화 하는 것만이 아니라 필요한 부분에 적절한 장치를 가하는 것에 의해 보다 고성능의 콘크리트 구조물의 실현이 가능하게 되는 갖가지의 아이디어가 생겨날 것으로 기대된다. 

참고문헌

1. 김화중, "천연제올라이트를 이용한 조습 콘크리트의 특성", 한국콘크리트학회지 특집기사, 제 10권 6호, 1998. 12, pp.27~33.
2. 김화중 외 4인, "질소산화물(NOx)을 흡착·제거하는 건축재료의 개발에 관한 실험 연구", 대한건축학회 춘계발표논문집, 2001.
3. (社)일본콘크리트공학협회 에코 콘크리트 연구위원회보고, "연환경과의 조화를 고려한 에코콘크리트의 현상과 장래전망", 1995,

pp.1~78.

4. 玉井元治, "콘크리트의 고성능·고기능화-투수성 콘크리트", 콘크리트공학, Vol. 32, No.7, 1994, pp.134~138.
5. 寒河江昭夫 外, "調濕性コンクリート", 콘크리트工學 Vol.36. No1, 1998.
6. M. Tamai, M. Tanaka, "Sound Absorbing Properties of Porous Concrete Using Shirasu Pumice", Transaction of JCI, Vol, 16, 1994, pp.81~88.
7. 玉正 元治, "窒素氧化物(NOx)を吸収するコンクリート", 콘크리트工學, Vol.36, NO.1 ISSN 0387-1061, 1998. 1, pp.33~36.
8. B. Chen, E. G. Nawy, "Structural Behavior Evaluation of High-Strength Concrete Beam Reinforced with Prestressed Prisms Using Fiber Optic Sensors", ACI Structural Journal, Nov.~Dec. 1994, pp.708~715.
9. Kim, K. S., L. Kollar and G. S. Springer, "A Model of Embedded Fiber Optic Fabry-Perot Temperature and Strain Sensors", J. of Composite Materials Vol.27, 1993. pp. 1618~1662.
10. Kim, K. S., "Smart Concrete Structures with Optical Fiber Sensors", KCI Concrete Journal, Vol.11, 1999. pp.109~114.

지가지수 추이

(1997. 1. 1 = 100)

구 분	1997년말	1998년말	1999년말	2000년말	2001년말	2002년. 1/4
전 국	100.31	86.66	88.41	89.81	91.00	92.60
수도권	100.41	85.45	87.58	89.41	91.07	93.39
서울	100.29	84.00	85.63	86.27	87.90	90.54
인천	100.28	86.45	88.69	90.44	92.04	94.24
경기	100.65	85.91	88.42	91.52	93.27	95.40
주거지역	100.15	85.45	86.70	87.24	88.35	90.12
상업지역	99.93	82.86	83.78	83.94	84.43	85.75
공업지역	99.83	85.82	87.23	88.37	89.07	90.13
녹지지역	100.83	90.76	94.42	98.42	100.93	103.24
준도시지역	101.02	90.47	92.79	96.82	98.58	99.72
농림지역	101.03	95.07	97.98	102.44	103.12	103.61
준농림지역	101.02	91.44	95.03	98.67	100.62	101.98
자연환경보전지역	101.02	93.24	94.99	98.36	99.49	99.80

[자료출처 : 건설교통부 토지국]