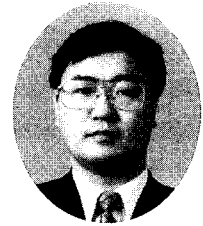


# 특집

|| 철근 콘크리트 구조물의 우수성과 미래 ||

## 친환경 · 고성능 콘크리트

- The Environmentally Friendly and the High-Performance Concrete -



이한승\*

### 1. 서 언

국내에 콘크리트가 도입된 이후 현재까지, 콘크리트의 기능 및 성능은 「압축강도」, 「시공성」, 「내구성」 및 「내화성」 등 기본적인 것에 한정되어 있었다. 그러나, 최근 철근콘크리트 구조물의 성능설계 개념 도입 및 시공자의 다양한 성능 요구 분출, 환경 부하 저감 요구에 따른 고성능, 고기능, 친환경 콘크리트 개발이 국내외에서 활발히 진행되고 있다.<sup>1)</sup> 이것은 기존 반영구적이라고 생각되던 콘크리트의 내구성 저하 문제, 지구자원 고갈 및 공해 문제, 콘크리트 구조물이 놓여지는 주변 환경 변화 등 주로 콘크리트 외적 요인에 기인하고 있다. 따라서, 금후 콘크리트의 개발 방향은 기존 콘크리트 우수성을 향상시킴과 동시에 이러한 문제를 해결하기 위한 신개념 콘크리트로의 개발이 필요하다.<sup>2)</sup>

본 고에서는 이러한 배경 하에 현재 국내외에서 활발하게 진행되고 있는 친환경 · 고성능 콘크리트의 기술개발 동향을 살펴보고 이를 토대로 하여 친환경 · 고성능 콘크리트의 개발방향에 대하여 제고하고자 한다.

### 2. 친환경 콘크리트 (ECO) 기술

친환경 콘크리트 기술에는 재료자체에 친환경 성능을 부여하여

콘크리트를 제조하는 기술과 콘크리트표면에 친환경 처리를 하는 방법이 있다. 본고에서는 콘크리트 재료 자체의 리사이클을 기본으로 하는 완전 리사이클 콘크리트와 에너지 절약 · 환경부하 저감 및 생물 친화형 콘크리트를 기본으로 하는 에코 콘크리트 중 저소음 콘크리트, 전파흡수 콘크리트 및 질소산화물 흡수 콘크리트를 중심으로 살펴본다.

#### 2.1 완전 리사이클 콘크리트<sup>3)</sup>

완전 리사이클 콘크리트란 「시멘트 및 시멘트 원료로 되는 물질만이 콘크리트의 결합재, 혼합재 및 골재로서 사용되어 경화후 다시 전량이 시멘트 원료 및 재생골재로서 사용 가능한 콘크리트」를 말한다. <그림 1>에 나타낸 바와 같이 완전 리사이클 콘크리트의 Material Flow는 폐쇄된 체계로 구성되며, 완전 리사이클 콘크리트에 사용할 수 있는 재료는 <표 1>과 같다. 이들 재료를 적절히 조합하는 것에 의해 <표 2>와 같은 여러 가지 완전 리사이클 콘크리트를 제조하는 것이 가능하며, 가장 단순한 조합으로서는 석회암 쇄석 · 쇄사를 굵은 골재 · 잔 골재로서 사용한 경우이다. 또한, 종래의 콘크리트를 완전 리사이클 콘크리트로 순차 바꾸어 가는 경우, 장래 콘크리트 사정 및 자원환경 문제는 해결되리라고 판단되며, 현재 이러한 콘크리트는 실험단계를 넘어 일부 실용화 단계에 접어들고 있다. 이에 따라, 국내에서의 골재부족 문제를 고려하면 완전 리사이클 개념을 도입한 신개념의 친환경 콘크리트에 관한 연구가 요청된다고 하겠다.

\* 정회원, 한양대 STRESS 연구교수

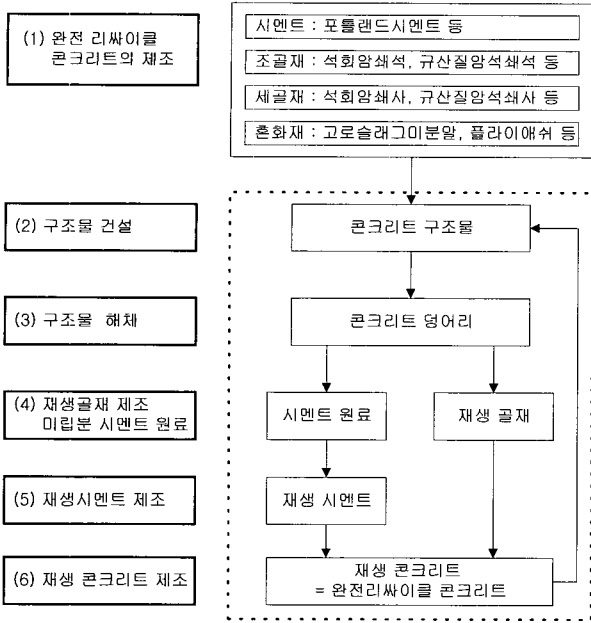


그림 1. 완전 리사이클 콘크리트 Material Flow

표 1. 완전 리사이클 콘크리트에 사용 가능한 재료

분체	시멘트, 고로슬래그 미분말, 플라이애쉬, 실리카질 분말, 실리카 흙, 석회석 미분말
잔 골재	석회석 쇄사, 규산질 암석 쇄사, 규사, 고로슬래그 잔골재, 팽창 혈암계 인공 경량 잔골재, 플라이애쉬 소성 잔골재, 동슬래그 쇄사, 웨로니켈 슬래그 잔골재
굵은 골재	석회석 쇄석, 규산질 암석의 쇄석 또는 자갈, 점판암의 쇄석 또는 자갈, 고로슬래그 굵은골재, 팽창 혈암계 인공 경량 굵은골재, 플라이애쉬 소성 굵은골재

표 2. 완전 리사이클 콘크리트의 배합 예 (단위 kg/m<sup>3</sup>)

	물	시멘트	혼화재	잔 골재	굵은 골재
보통 콘크리트 A	180	320	-	석회암쇄사 785	석회암쇄석 1050
보통 콘크리트 B	180	190	고로슬래그 130	규산질암석 쇄사 755	석회암쇄석 1050
고유동 콘크리트	180	305	플라이애쉬 244	석회암쇄사 770	석회암쇄석 770
경량 콘크리트	180	360	-	석회암쇄사 880	팽창혈암계 인공경량 골재 443

## 2.2 저소음 콘크리트 포장 기술<sup>4)</sup>

콘크리트 포장의 저소음화를 위해 검토되고 있는 공법은 콘크리트를 제조 할 때에 적용하는 공법과 콘크리트 포장 후 적용하는 공법으로 나눌 수 있으며 이러한 개념의 콘크리트 제조 기술은 <표 3>과 같다.

표 3. 저소음 콘크리트 포장 공법의 종류

포라스 콘크리트	콘크리트포장을 포라스(Porous)로 하는 것으로 타이어나 노면간에 발생하는 에어 펌핑음을 저감함과 동시에 발생한 음을 흡음하는 것을 목적으로 함.
중방향 마감	종래 콘크리트 포장의 표면마감은 횡방향으로 하는 것이 많았으나 이것에 대하여 저소음화를 위해 중방향 마감을 실시 함.
소형 골재 노출공법	10~5mm 정도의 골재를 사용하여 노면에 작은 요철을 랜덤하게 만들어 이 요철로부터 타이어나 노면과의 사이에 갇혀있는 압축공기를 빼내어 에어 펌핑음을 저감시키고 또한 노면의 작은 요철로 타이어 진동음 저감시킴.
그라인딩 공법	다이아몬드컷터로 노면에 깊이 2~4mm, 폭 3.2mm의 골을 중방향으로 만들어 작은 요철을 형성함으로써 에어 펌핑음과 타이어 진동음을 저감시킴.
표면 개질공법	기존 노면에 에폭시수지나 시멘트모르타르를 살포하고 그 위에 4~3mm의 쇄석을 압입하여 콘크리트 표면을 적정화 하는 공법.



그림 2 저소음을 위한 소형 골재 노출 콘크리트 포장

현재, 저소음 콘크리트 포장기술은 초보단계에 있으며, 금후, 재료개발, 구조설계, 시공기술을 총체적으로 추진 할 필요가 있다. 구체적으로는 연속철근콘크리트 포장이나 전압콘크리트 포장, 폴리머나 고무를 사용한 복합콘크리트 재료연구, 기존 콘크리트 포장에 대한 저소음화 처리기술 개발 등 이 필요하다고 하겠다.

## 2.3 전파흡수 콘크리트 제조 기술<sup>4)</sup>

텔레비전 전파를 흡수하는 페라이트의 성질을 이용하여 콘크리트 자체에 전파흡수 성능을 부여한 것으로, 금속섬유, 탄소섬유, 페라이트입자 등을 혼합하여 제조되며 기본배합은 <표 4>와 같다.

표 4. 전파흡수용 페라이트 콘크리트의 기본배합 (중량비)

종류	시멘트	탄소섬유	Mn-Zn	Mg-Zn	물	혼화제
Mn-Zn계	100	-	700	-	41	6.5
Mg-Zn계	100	0.5	-	700	42	6.5

또한, <그림 3>은 전자파 흡수 콘크리트 구조 시스템을 나타낸 것으로 콘크리트 표면에 전자파 흡수 콘크리트를 덧붙이거나 패널로 사용하는 것이 일반적이다. 한편, 건축물의 위치, 방향, 형상 등에 따라 다르지만 100MHz 및 200MHz의 주파수에서 전파 흡수량(반사 감쇄량 dB)은 13, 14dB 이상의 흡수성능이 요구되며, <그림 4>와 같이 실제 크기의 PC 커튼월 전파흡수 콘크리트 실험에서 본 콘크리트의 우수한 전파흡수 성능을 확인 할 수 있다.

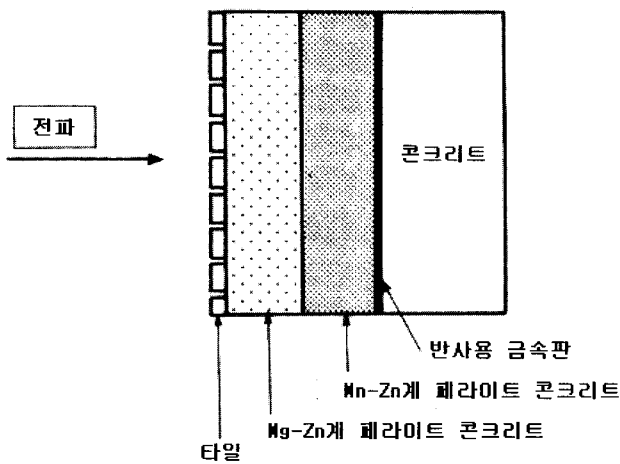


그림 3. 전자파 흡수 콘크리트 구조 시스템 예

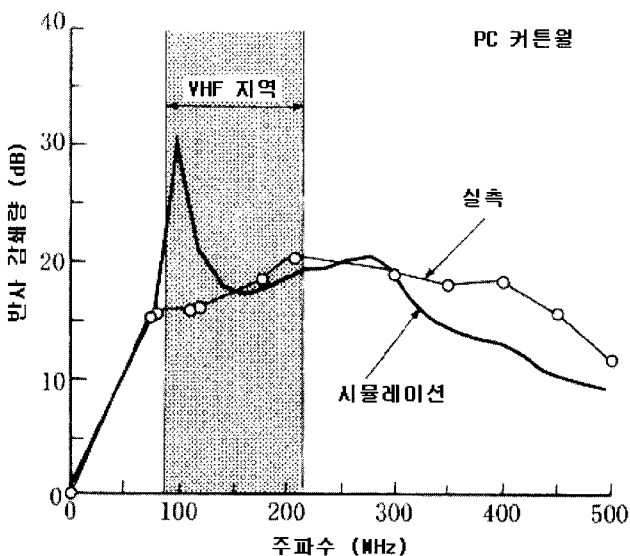


그림 4. PC 커튼월 전파 흡수 콘크리트의 전파흡수 성능

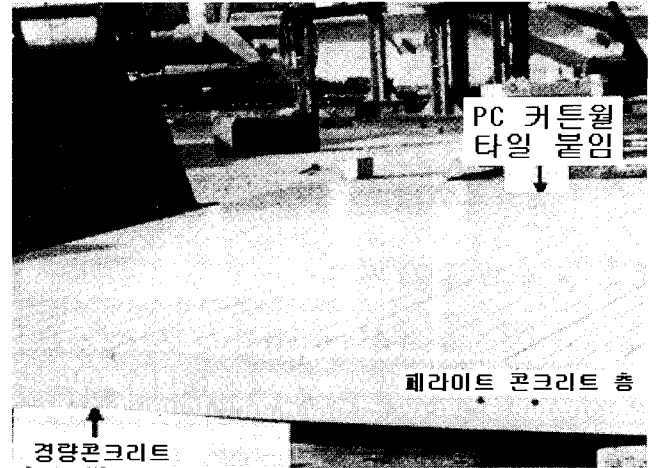


그림 5. 전자파 흡수 콘크리트 PC 커튼월

#### 2.4 질소 산화물(NOx) 흡수 콘크리트 제조 기술<sup>4)</sup>

도시내부의 주요 도로나 고속도로 주변부는 주행하는 자동차에서 발생하는 폐가스와 소음이 큰 사회적 문제로 되고 있다. 이와 같은 상황의 대처방법으로는 차량의 개량에 의해 발생원을 제어하는 방법이나 차음·흡음판의 설치 및 도로 포장면을 아스팔트의 배수성 포장으로 하여 소음의 일부 주파수대를 흡수하여 소음·진동을 저감시키는 방법이 있으며, 더욱이 차량에서 발생하는 소음·진동 및 배기가스중의 유해물을 흡수하는 재료의 개발이 이루어지고 있다. 이러한 콘크리트 개발 중 플라이애쉬와 인공 제오라이트를 혼합하여 제조한 골재를 사용하여 다공질의 콘크리트 흡음 및 강도특성을 나타내고 제오라이트 및 제오라이트·시멘트 혼합물의 NOx 흡착성능과 산화티탄(TiO<sub>2</sub>)의 강한 광촉매 작용에 의한 산화력을 이용하여 NOx를 제거하는 방법이 있다.

<그림 6>에 광촉매와 제오라이트를 이용한 콘크리트의 NOx 흡착 메커니즘을 나타낸다. 자동차 배기가스에 존재하는 NO는 TiO<sub>2</sub>가 CZ(시멘트-제오라이트 혼합물)의 광촉매 효과에 의해 산화되어 NO<sub>2</sub>가 되고 동시에 CZ의 우수한 NO<sub>2</sub> 흡착성능에 의하여 고정화되는 것이다. <그림 7> 및 <그림 8>은 제오라이트(Z) 및 CZ의 층내에 소정의 농도로 조절한 NO 및 NO<sub>2</sub>를 도입한 경우 이들의 흡착 제거율을 시간 경과에 따라 나타낸 것이다. 여기서, NM은 천연 제오라이트를 HCl로 처리한 것이며, Cu-Z와 Fe-Z는 Z를 Cu와 Fe으로 이온교환한 것이며, 제오라이트 및 CZ에 TiO<sub>2</sub>를 첨가한 것이 TiO<sub>2</sub>-CZ(20)이다. 모든 재료조합에서 NOx의 흡착효과가 나타나고 있으나 특히, TiO<sub>2</sub>-CZ(20)에서는 NO<sub>2</sub>의 제거율이 80%를 넘는 높은 흡착 제거율을 나타내고 있는 것을 알 수 있다. 이상의 결과에서 NO의 흡착 제거율은 7~10%, NO<sub>2</sub>의 흡착 제거율은 70~85%로 나타났으며, NO보다 NO<sub>2</sub>의 흡착이 큰 것을 알 수 있다. 따라서, NO에서 NO<sub>2</sub>로 교환하여 흡착시키는 방법이 합리적인 것을 알 수 있으며, 제오라이트를 함유한 질소산화물 흡수 콘크리트 패널을 <그림 9>에 제 나타낸다.

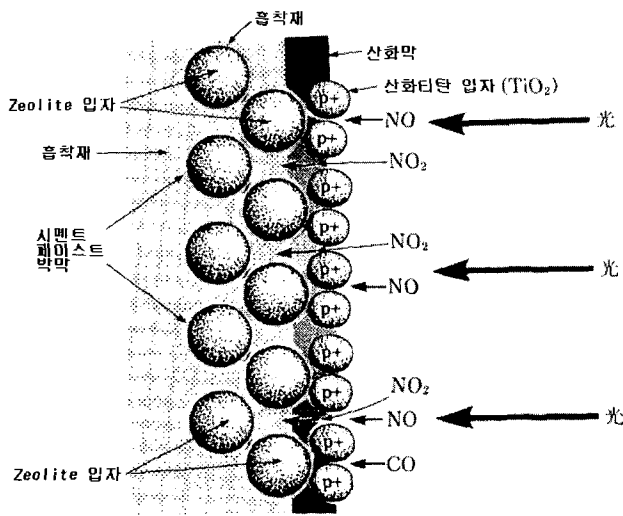


그림 6. 광촉매 TiO<sub>2</sub>와 제오라이트를 사용한 다공질 콘크리트의 NOx 흡착 메카니즘

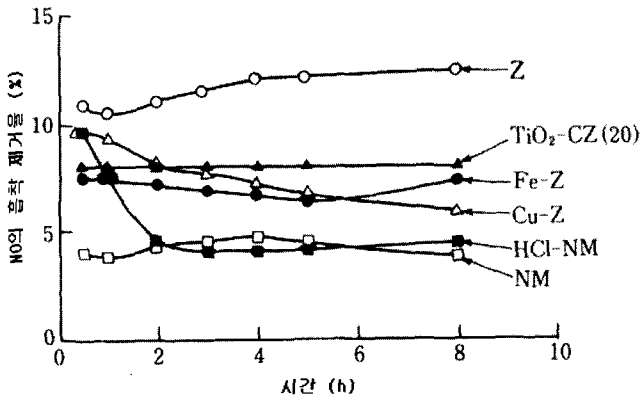


그림 7. 제오라이트의 NO 흡착제거 성능

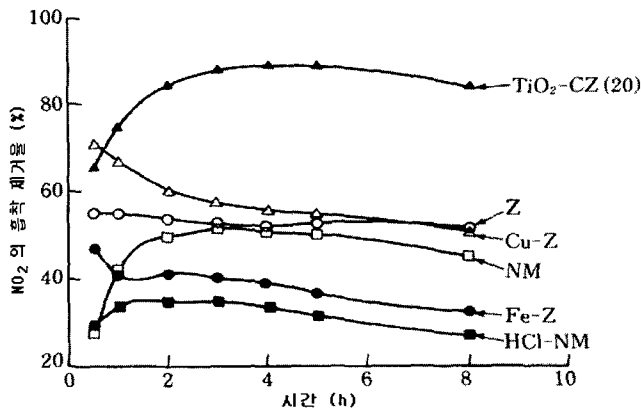


그림 8. 제오라이트의 NO<sub>2</sub> 흡착제거 성능

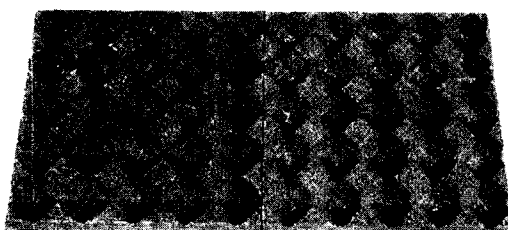


그림 9. 제오라이트 함유 질소산화물 흡수 콘크리트 패널

## 2.5 기타 친환경 콘크리트 (ECO 콘크리트) 기술<sup>2), 4)</sup>

일반적으로 ECO 콘크리트(Environmentally Friendly Concrete)란 기존재료 물성과 함께 지구환경, 생태계와의 조화를 도모하고 생활공간에 쾌적성을 제공하는 것을 목적으로 제조되는 콘크리트로서 상기 항목 이외에 기타 ECO 콘크리트 제조 및 기술을 <표 5>에 나타낸다.

표 5. 기타 친환경 콘크리트 기술 예

명칭	메카니즘	용도
식생 콘크리트	다공성 콘크리트 부분과 그 부분에 토양기능을 부여하여 콘크리트에 식물이 뿌리내릴 수 있도록 함	도로, 댐, 터널부근의 경사지면, 하천 및 해안 제방부분, 해중 해초양식 및 해수정화 블록
방균 콘크리트	니켈 및 텅스텐계 방균제 혼입 콘크리트로 콘크리트의 화학적 침식요인인 유산화세균 생육을 억제 함	하수도관 및 맨홀, 온천 및 화학공장 등의 콘크리트 구조물
습도 조절 콘크리트	제오라이트 혼입 콘크리트의 제오라이트 수분 흡착성에 의해 습도 조절	미술관, 박물관, 저장고 등의 습도 조절
콘크리트 표면 오염 제거 기술	지의류에서 추출한 유기산 성분 및 제조제성분을 콘크리트 표면에 도포	노출콘크리트면, 댐, 교각, 옹벽 등의 표면오염 부분
재생골재 콘크리트	콘크리트로부터 채취한 재생골재를 이용 콘크리트 제조	도로 노반재, 중력식옹벽, 사력담 옹벽, 포장콘크리트 등

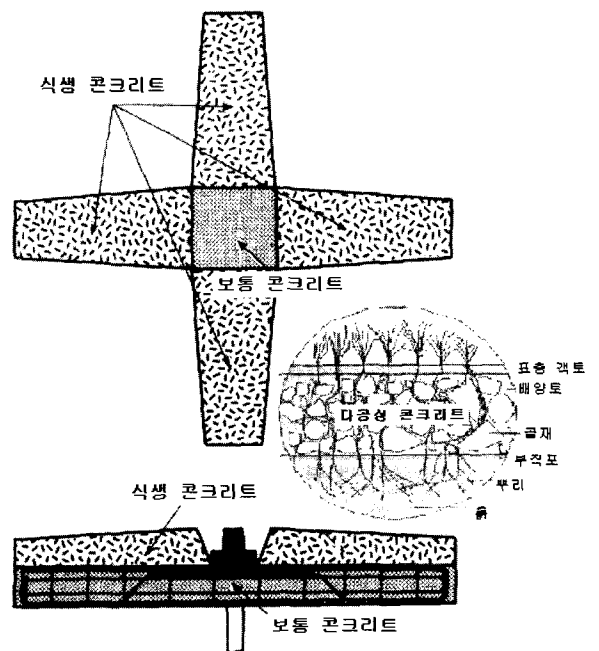


그림 10. 식생 콘크리트

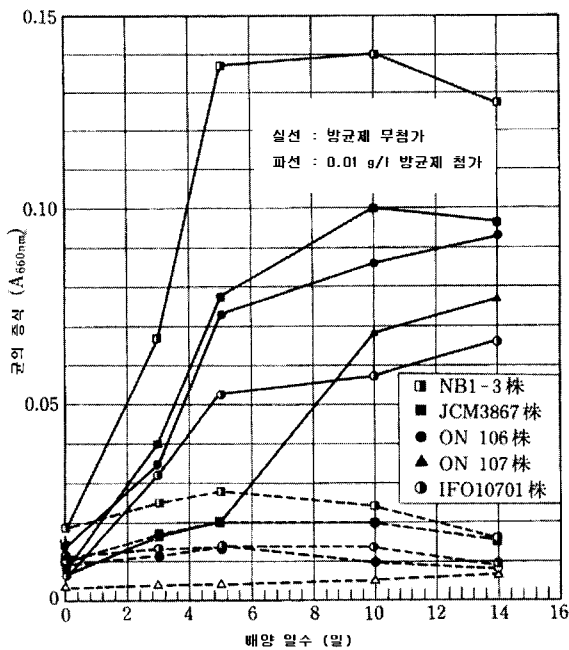


그림 11. 방균 콘크리트의 효과 (pH 2.5)

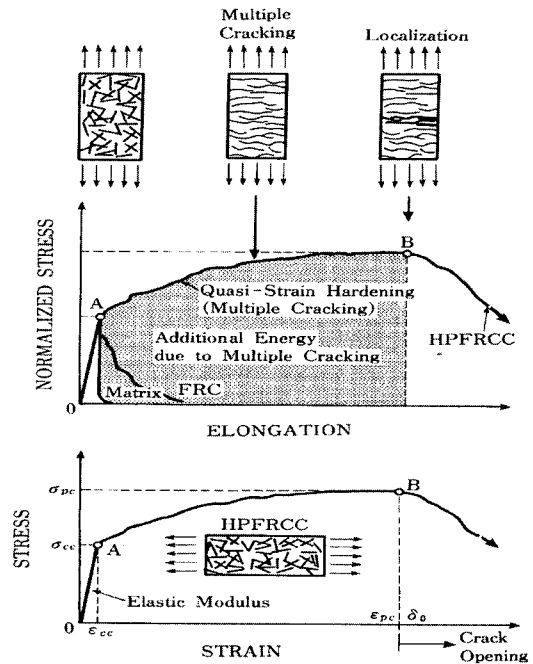


그림 12. HPFRCC의 인장특성 개념도

### 3. 고성능 콘크리트 기술

#### 3.1 고인성 콘크리트 기술<sup>4), 5), 6)</sup>

좋은 재료란 『가볍고 강하며 질기다』라고 단순히 정의할 수 있다. 이러한 관점에서 콘크리트를 가볍고 강하게 만드는 기술은 연구진행 정도에 따라 쉽게 접근이 가능하지만 질기(인성)다라는 물성을 확보하는 것은 매우 어렵다. 이러한 인성을 부여하기 위한 방법으로는 구조적으로 철근을 보강하거나 구속효과를 이용하는 방법과 재료적으로 섬유보강을 한다든가 폴리머를 혼입 또는 합침 하는 방법이 있다. 그러나, 최근 초고강도 콘크리트 실용화에 따른 압축강도의 증가에 따라 콘크리트 취성화가 큰 문제로 되어있으며, 철근콘크리트 기둥에 철골보를 접합하는 새로운 구조시스템의 개발과 함께 이들 접합부의 인성을 향상시키려는 노력이 요구되고 있다. 이러한 연구의 일환으로 최근에는 높은 인성과 미소 균열의 분산에 의한 자기손상 저감성을 갖는 고인성 섬유보강시멘트 복합체(HPFRCC : High Performance Fiber Reinforced Cement Composite)가 개발되고 있다.

HPFRCC은 종래의 단섬유 보강시멘트 복합재료의 하나이지만 (그림 12)에 나타난 것처럼 균열이후의 변형을 경화특성과 수많은 미소균열이 고르게 분포하는 균열성상(multi-cracking) 등의 특징을 가지고 있으며, 이러한 재료 특성을 구조시스템 요소에 적극적으로 활용한다면 높은 수준의 구조성능이나 내구성능을 가지는 새로운 구조시스템의 실현을 기대할 수 있다. HPFRCC의 예로는 Li 등이 파괴역학을 사용한 재료설계법을 기초로 개발한 ECC(Engineered Cementitious Composite)가 있는데, 이것은 약 40 $\mu$ m정도의 직경을 갖는 폴리에틸렌섬유나 폴리비닐알

콜(PVA:비닐론)섬유를 섬유체적혼입을 1.5~2.0%정도로 모르타르나 시멘트페이스트에 혼입하여 제조하는 것으로 평판에 의한 인장시험결과에서는 (그림 13)에 나타난 바와 같이 약 4~7%정도의 인장변형 능력과 multi-cracking 성상을 확인 할 수 있다. 이 외에도 SIFCON (slurry Infiltrated Fiber Concrete) 및 SIMCON (slurry Infiltrated Mat Concrete)과 같은 비교적 대량의 강섬유에 시멘트 슬러리를 혼입한 시멘트계 복합재료나 150~200N/mm정도의 초고강도 시멘트모르타르에 수백 $\mu$ m 직경의 강섬유나 PVA섬유를 혼입 하여 강도와 인성을 확보하려는 연구가 활발히 진행되고 있다.

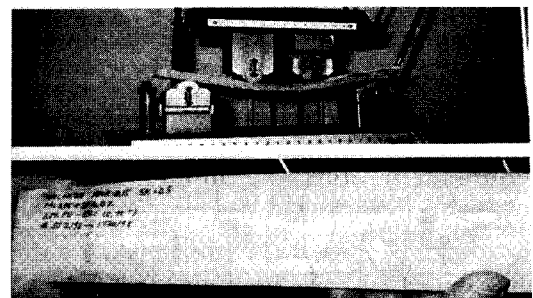
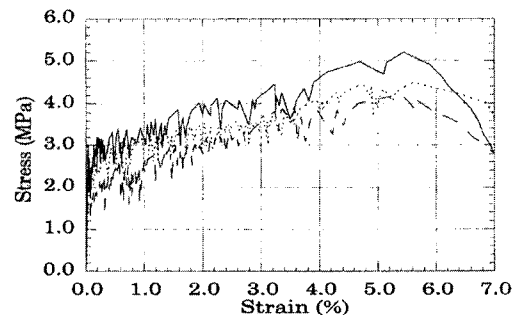


그림 13. ECC의 인장변형 특성 및 휨시험 후 파괴양상

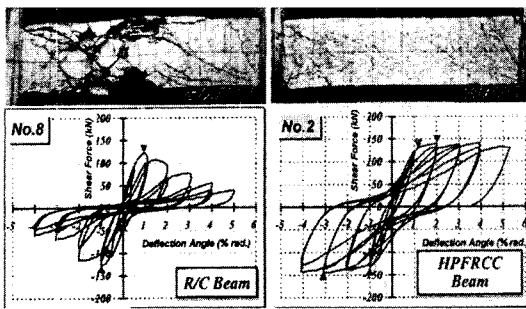


그림 14. 동일 배근에서 RC보와 HPFRCC보의 성능 비교

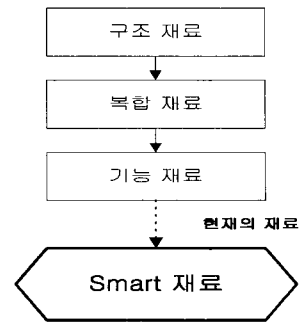


그림 16. 재료과학의 발전 단계

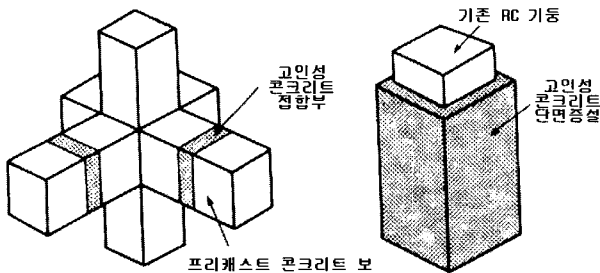


그림 15. 고인성 재료의 적용 예

이러한, 고인성 시멘트복합재료는 구조요소로서 주로 보·기둥 접합부, 에너지흡수요소, 철골콘크리트기둥 등에 실험적 연구(그림 15)가 적용되어 그 우수성을 입증하고 있으며, 그 이외에도 사면 절개지 복구, 터널의 라이닝 등에 널리 적용될 것으로 보인다.

### 3.2 고지능 재료와 고지능 콘크리트 기술개발 동향<sup>4), 7)</sup>

고지능재료란 『환경변화에 지적으로 응답하고 기능을 발현하는 능력을 갖는 신물질·재료』로서 (그림 16)과 같이 재료과학의 발전단계 중 가까운 미래에 개발 될 재료이다. 즉, 지금까지 재료에 요구되는 주 성능은 그 재료의 기계적 강도를 이용한 것(천연재료)과 기계적 강도를 보다 효율 좋게 발휘할 수 있는 복합재료(합금 및 RC조 등)였으나 현재는 주로 여기에 기능적 성질을 부가한 기능재료의 시대에 살고 있다. 그러나, 고지능 재료 혹은 고지능 콘크리트는 재료자신 중에 지적기능의 일부를 가지고 있어 재료자신이 성능저하를 진단하거나 억제 혹은 수복하는 등의 기능을 가지고 있다. 고지능재료를 실현하기 위해서는 외부 환경이나 내부의 정보를 검지하는 『Sensor 기능』, 그 정보에 기초하여 다음의 행동 진행을 판단하는 『Processor 기능』, 그리고 그 명령을 받아 실제로 행동을 실시하는 『Actuator 기능』이라는 일련의 기능이 재료자체에 내장되어 있을 필요가 있다. 이러한 3개의 기능을 모두 재료자체에 내장한 경우를 『Smart 재료』라고 하며, 이러한 재료를 기존 구조나 혹은 장치와 조합하여 구조 시스템 전체로서 고지능을 발현하는 이른바 『Smart 구조』에 관한 연구도 활발히 진행되고 있다. 건축·토목분야에서 이러한 고지능 재료 또는 Smart 구조를 사용한 요소기술 및 기대할 수 있는 용도를 <표 6> 및 <표 7>에 나타낸다.

표 6. 고지능재료 및 구조 시스템 요소기술

재 료 (Material)	- 모재 - 매설 기술
센 서 (Sensor)	- 광화이버 센서 - 형상기억합금 센서 - 압전재료 센서 - 전압변형을 센서 - AE 센서
액츄에이터 (Actuator)	- 압전재료 - 형상기억 합금 - 전기점성 유체
프로세서 (Processor)	- 소형 프로세서 - 고속 프로세서
자기수복	- 자기수복형 복합재료

표 7. 고지능 재료 및 시스템의 사용 용도

건 전 모니터링 기 능	① 고속도로, 철도, 상하수도, 전력·가스 등 S.O.C 구조물 파괴예측에 의한 안전성 향상 ② 지중·해중구조물(예:터널, 해중터널, 파일 등)로 직접 목시에 의한 안전성 확인이 불가능한 구조물의 안전성 향상 ③ 원자력구조물 등 인간이 직접 접근할 수 없는 구조물의 파괴예측과 자기수복 ④ 낙석, 산사태, 토사붕괴, 눈사태 등의 예측 등
경제적 효과	① 장수명에 의한 L.C.C의 저감 ② 모니터링시스템의 완비에 의한 설계 안전을 저감 ③ 지구환경에 부담 저감 (리싸이클 재료)
다기능 재료	① 전자파 흡수성, 열선흡수, 흡음효과 등 다기능을 부가 ② 거주공간 온도, 습도, 공기청정, 향기 등 환경을 조정하는 기능을 부가
거주성 향상	① 태풍이나 바람에 의한 구조물 진동의 제어 ② 고가철도등의 구체진동의 제어 ③ 소음차단 등

1) 전기점성유체(ERF)·자성점성유체(MRF)  
전계강도 또는 자장강도를 변화시키는 것에 의해 겔보기 점성이 변화하는 유체를 전기점성유체(ERF : Electric Rheological Fluid) 또는 자성점성유체(MRF : Magnetic Rheological Fluid)라 한다. 댐퍼(Damper)로서 구조물 부재에 사용하는 것이 가능하다.

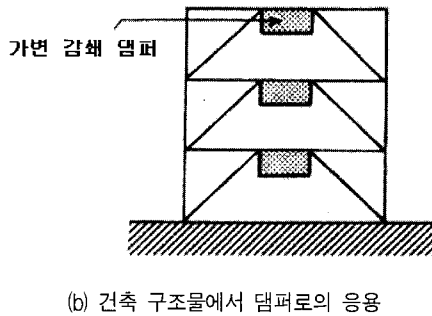
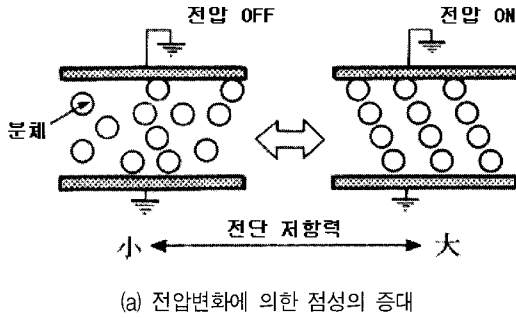


그림 17. 전기점성유체(ERF)·자성점성유체(MRF)

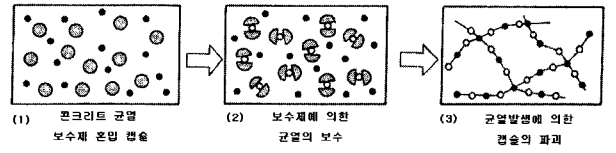


그림 19. 콘크리트 균열 자기 수복형 고기능 콘크리트 개념

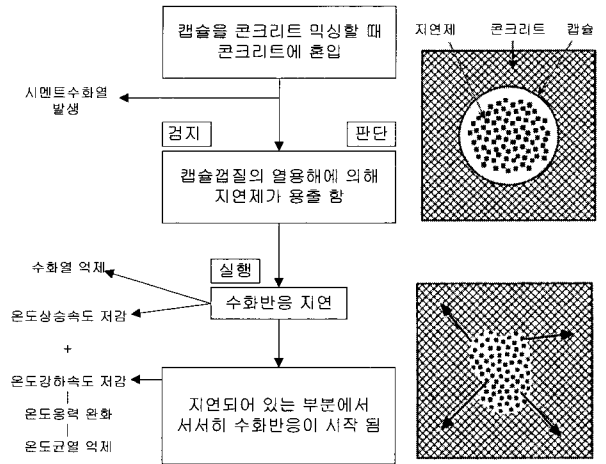


그림 20. 시멘트 수화열 자기 제어 기능의 발현 개념도

2) 형상기억합금

형상기억합금은 형상기억성과 초탄성의 2가지 성질을 가지고 있고, 이것은 형상기억성을 이용한 센서나 초탄성을 이용한 에너지 흡수성능발현에 유효하다. 특히, 응력·변형이력에 의한 에너지 흡수성을 이용한 댐퍼로서 부재에 사용하는 것이 가능하다.

3) 콘크리트 균열 자기 수복형 고기능 콘크리트

결합을 자기수복 혹은 제어하는 재료로서, 균열이 발생하면 콘크리트 중에 매설된 캡슐이 깨져 그 속의 보수제가 용출하는 것에 의해 콘크리트 균열의 보수 및 진전을 억제한다.

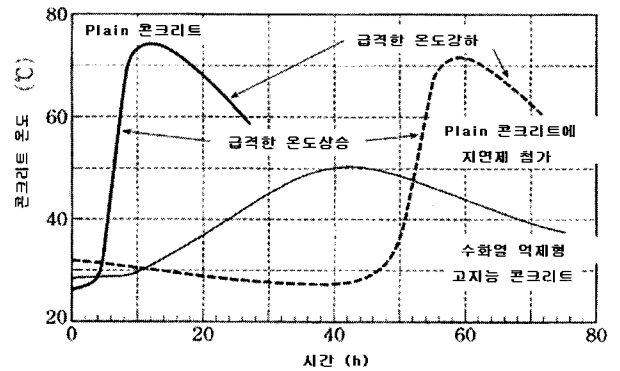
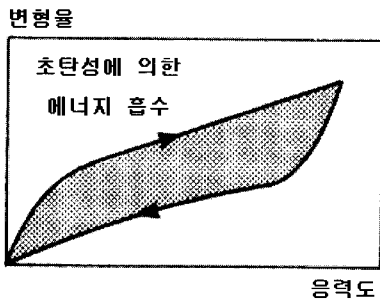
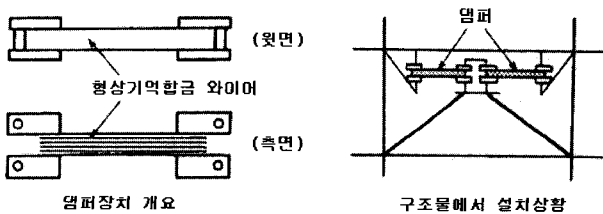


그림 21. 고기능 콘크리트의 수화열 억제 기능



(a) 형상기억합금의 응력도-변형률 관계



(b) 와이어 형상기억합금을 이용한 댐퍼와 구조물 설치상황

그림 18. 형상기억합금

4) 콘크리트 수화열 제어 고기능 콘크리트

부재가 커지면 매스콘크리트 수화열에 의한 온도균열의 대책이 필요하다. 이를 위해, 매스콘크리트 온도가 상승하여 소정의 온도에 도달하면 지연제가 들어 있는 파라핀계 마이크로캡슐이 용해하여 지연제가 용출하고 자동적으로 시멘트의 수화반응이 정제하며 그 이상으로 수화에 의한 온도가 상승하지 않는 방법이 고안되어 있으며, 이 방법에 의해 매스콘크리트의 급격한 온도상승이나 온도강하 및 최고온도를 제어하는 것이 확인되어 있다.

3.3 초경량 콘크리트<sup>8)</sup>

일반적으로 콘크리트의 경량화 방법으로는 기포를 도입하는 방법과 콘크리트중의 대부분을 점유하는 골재를 가볍게 하는 방법이 있으며, 고강도를 요구하는 범위에서는 후자가 효율적이다. 따라서, 고강도이면서 초경량으로 되는 콘크리트를 제조하기 위

해서는 골재가 그 것에 맞는 성능을 가지고 있을 필요가 있다.

현재, 국외에서 새롭게 개발되고 있는 초경량골재는 표 8과 같이 종래의 경량골재와 비교하여 비중 및 흡수율 면에서 매우 우수한 물성을 나타내고 있다. 또한, <표 9>에 초경량콘크리트와 종래의 콘크리트와의 각종 강도 비교를 나타낸다. 초경량 골재는 제조단계에서 폐유리, 플라이애쉬 등의 산업폐기물을 이용하고 설계단계에서는 종래의 콘크리트와 비교하여 단위중량이 50%, 압축강도가 120%로 되도록 하는 초경량콘크리트로 이용하여 보다 날렵한 구조물의 구축을 가능하게 하며 더욱이 시공단계에 있어서도 자재등의 운반용 중기 이용율을 경감시킬 수 있는 등의 잇점이 있다. 이러한 구조물이 현재 구조물의 10%정도를 대체한다면 시멘트 소비량의 감소에 의해 그 소성시의 에너지 소비량(원유환산 약 33만 kℓ), CO<sub>2</sub> 발생량(탄소환산 약 91만 t) 및 산업폐기물(콘크리트 폐자재 약 3500만 t)의 대폭적인 삭감이 기대된다. 또한, 자중이 작다는 것은 구조물의 고층화, 장스팬화, 연약지반에의 시공이 가능하게 되며, 이러한 경량의 콘크리트의 개발 및 적극적인 실용화는 이제까지 불가능한 철근콘크리트 구조를 가능하게 할 것으로 판단된다. 현재, 국내에서는 경량콘크리트에 관한 재료적 연구는 어느 정도 진전되어 있지만 실용화연구 부족과 경량콘크리트를 적용한 구조물 설계가 거의 없는 실정에서 경량골재 시장 및 공장의 도산이라는 악순환을 낳고 있다. 그러나, 콘크리트 경량화는 신개념 콘크리트 개발방향의 주된 개념이며 이의 개발 없이는 미래의 고성능 콘크리트도 존재하지 않으며, 특히, 최근 레미콘 공장에서 어려움을 겪고 있는 골재부족 현상의 개선을 위해서는 경량콘크리트에 관한 연구개발이 절실히 필요한 실정이다.

표 8. 초경량 굵은 골재의 기본 물성

질 건 비중	0.8
흡 수 율(wt%)	약 4.0 이하
실 적 율 (%)	63 이상
조 립 율	약 6.50

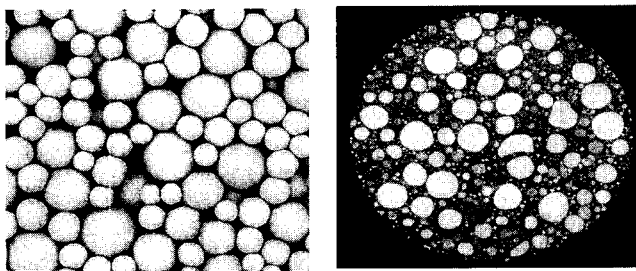


그림 22. 초경량 골재의 형상 및 초경량 콘크리트의 절단면

표 9. 초경량 콘크리트와 종래 콘크리트의 각종 강도 비교

콘크리트 종류	초경량콘크리트	경량콘크리트	보통콘크리트
비중	1.2	1.7	2.3
압축강도 (N/mm <sup>2</sup> )	35 (1)	(1)	(1)
인장강도 (N/mm <sup>2</sup> )	2.0(1/18)	(1/10~1/15)	(1/10~1/13)
휨강도 (N/mm <sup>2</sup> )	4.0(1/9)	(1/6~1/10)	(1/5~1/8)
전단강도 (N/mm <sup>2</sup> )	3.3(1/11)	(1/6~1/8)	(1/4~1/6)
탄성계수 (kN/mm <sup>2</sup> )	13	19*	30*

( ) : 압축강도에 대한 비율

\* : 압축강도가 초경량 콘크리트와 같은 정도 (35 N/mm<sup>2</sup>)의 경우

#### 4. 결 론

본 고에서는 콘크리트의 우수성이라는 주제 하에 현재 국내의 에서 활발하게 진행되고 있는 친환경·고성능 콘크리트의 기술개발 동향을 살펴보았다. 현재, 국외의 건축·토목분야에서는 주요 구조재료인 콘크리트의 장점을 더욱 향상시키고 단점을 보완하는 방향으로 콘크리트의 기능성 첨가뿐만 아니라 지능재료로의 발전을 도모하고 있다. 또한, 인간 및 환경에 공존할 수 있는 친환경 콘크리트 개발에 박차를 가하고 있다. 그러나, 국내에서는 고성능콘크리트 중 고강도 콘크리트( $f_c=500 \text{ kgf/cm}^2$  급) 및 고유동 콘크리트의 현장 실용화가 제한적으로 추진되고 있는 실정이며 친환경개념의 콘크리트는 연구단계에 머물러 있다. 따라서, 철근 콘크리트 구조물에 사용되는 콘크리트도 다른 구조재료에 뒤쳐지지 않기 위해서는 끊임없는 친환경·고성능의 연구개발과 이의 현장 실용화가 필요하며, 현재 IT 및 BT시대에 발맞추어 콘크리트의 과학화에 눈을 돌려야 하는 시점이 되었다고 판단된다.

#### 참고문헌

- 21세기 콘크리트 기술, 한국콘크리트 학회, 2001. 5.
- “신기능 콘크리트”, 콘크리트학회지, Vol. 10, No. 6, 1998. 12.
- 友澤史紀, 野口貴文, “完全リサイクルコンクリート,” 콘크리트工學, Vol. 35, No. 7, pp. 57~60, 1997. 7.
- “新機能·高性能に挑戦するコンクリート,” 콘크리트工學, Vol. 36, No. 1, 1998. 1.
- 原田 暁외, “高じん性콘크리트,” 콘크리트工學, Vol. 36, No. 1, pp. 59~61, 1998. 1.
- 福山 洋외, “スマート콘크리트(高じん性콘크리트),” 콘크리트工學, Vol. 39, No. 1, pp. 104~109, 2001.1
- 平石久廣, “Smart Structure System,” 콘크리트工學, Vol. 36, No. 1, pp. 11~12, 1998. 1.
- 岡本亨久외, “超輕量콘크리트,” 콘크리트工學, Vol. 36, No. 1 pp. 48~52, 1998. 1