

신소재와 시멘트·콘크리트의 역할

오 상 근 (서울산업대학교 건축설계학과 교수)

최근 과학기술·산업분야에서 활발히 전개되고 있는 기술 혁신의 물결 속에서 일렉트로닉스, 바이오 테크놀로지 및 신에너지 등 용어가 탄생하고 있고, 이들은 차세대의 신소재인 이름을 가지고 첨단기술의 주역을 맡고 있다.

신소재에 관한 사회적 관심이 높아지고, 일명 신기술의 바람에 따라 소위 붐을 일으키고 있는 등 그 동향은 산업 각 분야 뿐만 아니라 건설산업 분야에도 적지 않은 영향을 미치고 있다. 종래 건설분야에서는 그 풍토, 시대에 대응하여, 적절한 재료의 이용이 시도되었다. 옛날 돌, 흙, 나무 등의 천연재료에서부터, 근대 생산방식에 의한 철, 콘크리트, 유리, 그리고 고도경제 성장기의 신 건자재라고 불리는 범용 플라스틱, 알루미늄재에 이르기까지 각종 재료의 발전으로 건설(특히 건축부문) 용도·부위에 응한 적재적소의 형태로 개발·사용되어 왔다.

이와 같은 관점에서 본 고에서는 그 동안 전통적인 건설재료로서 중요한 부분을 차지해온 시멘트와 콘크리트의 21세기 첨단 건설 기술에 대응한 새로운 발전 방향을 정리해 본다.

1. 건설분야의 신소재 응용 방향

건축 및 토목분야에 있어서의 신소재는 신금속재료, 신고분자재료, 뉴세라믹스, 복합재료 등의 첨단 신소재 외에, 이제까지 다른 분야에서는 이용되었으나 건설분야에서는 이용되지 않은 상태에서 그 이용

기술의 개발을 기다리고 있거나, 금후의 이용이 기대되는 재료에 이르기까지 상당히 넓은 범위의 재료를 생각할 수 있다.(<표-1> 참조) 건설분야에서 시멘트·콘크리트계 신소재로는 현 단계에서 크게 섬유 보강 콘크리트와 고강도 콘크리트를 들 수 있고, 계속적으로 이들 신소재를 이용한 건설 기술 및 구조물 품질 강화가 요구되고 있다. 그러나 이러한 재료들이 건설분야의 신소재로서 적극적인 도입이 어려운 원인으로는 다음의 사항을 들 수 있다.

- ① 고성능·고기능이라고 하기에는 너무 가격이 높기 때문에 건설재료로서 대량 사용은 어렵다.
- ② 건설분야의 실적주의에 따라 성능이 어느 정도 확립·인정되지 않은 상태에서의 신규도입에 대해서 회의적이다.

그러나 사회적 배경의 변화에 따라 건설에 대한 요구성능이 더욱 고도화되면서 결국 경제성을 고려하지 않을 수 없지만, 시멘트·콘크리트계 신소재의 유효한 도입이 적극적으로 요구되어지고 있다. 따라서 신소재의 활용방법으로서는 금후에는 다음의 2가지 방향을 생각할 수 있다.

- ① 이미 존재하는 기본적 소재에 대해서 기능성을 부여, 또는 기능성 개선을 목적으로 하고, 신·구 소재의 조합구성으로서, 전체의 성능향상을 목표로 하는 복합재료 및 부재료로서의 활용법, 예를 들면 콘크리트의 인성 개선, 철근에 대한 내식성 부여, 외단열 구법 등
- ② 고기능성의 센서, 부품이나 기기·설비로서의

〈표-1〉 복합재료의 소재 조합 분류

연속상(매트릭스) 분산상(라이너)	유 기 재 료 (플라스틱·고무·목재 등)	무 기 재 료	금 속 재 료
유기재료 · 섬유 · 고무 · 플라스틱 · 펄프 · 목재 칩 등	· FRTP(열가소성수지-섬유) · FRTS(열경화성수지-섬유) · WPC(목재→플라스틱) · 복합막	· 세라믹스-플라스틱복합체 · 세라믹스-플라스틱적층판 · 폴리머 혼합시멘트 · 석고 · 섬유혼합시멘트	· 금속-플라스틱 적층판
탄소재료 · 카본블랙 · 그라화이트입자 · 탄소섬유 등	· CFRP(플라스틱-탄소섬유) · 전도성 고무(고무-탄소분)	· 세라믹-탄소복합전극 재료 · 탄소섬유강화 탄소 · 탄소섬유혼합시멘트	· 탄소피복 · 금속재료
유리 · 유리섬유 · 유리입자	· CFRP(플라스틱-유리섬유) · 입자충전 플라스틱	· 유리섬유혼합시멘트 · 석고	· 금속, 유리적층판
무기재료 · 미립자 · 세라믹스섬유 · 세라믹스위스커	· 플라스틱-세라믹스 복합체 · 입자충전 플라스틱 · 폴리머 단체 무기축매	· 질화규소 위스커 · 강화세라믹 · 질코니아 섬유강화세라믹	· 세라믹코팅금속 · CFRM(금속-세라믹섬유) · 입자분산강화합금(알루미늄 소결금속, 트리아분산니켈 등)

활용법, 예를 들면 전자기기를 보호하는 전자 파 차폐재, 전파장에 방지를 위한 전파 흡수재, 형상기억금속 배관 연결부의 이용 등을 이용한 콘크리트 시공기술 등.

2. 복합재료로서의 시멘트·콘크리트계 신소재의 개발과 적용

건설재료의 혁신은 종래의 구조물 형태나 구성에 변화를 주고, 보다 고도의 기능성을 갖는 각종의 구조물이나 신 주거공간의 창조를 가능하게 하는 Key Technology로 되었다고 생각할 수 있다. 어느 의미에서는 “신소재가 건설기술의 혁신을 낳고, 반대로 건설기술의 혁신은 신소재를 요구한다.”라고 하는 연쇄과정을 볼 수 있다.

이와 같은 배경을 고려해서, 개발이 완성된 과거에 없었던 우수한 재료 특성을 갖는 신소재를 건설재료로서 건축 및 토목분야에 유효하게 이용할 때, 건설구조물의 고성능화·고기능화 및 초고층, 지하,

해양, 우주의 뉴프론티어에 이르기까지 신주거공간의 창조와 확대를 기대할 수 있다. 현재 건설분야에서 시멘트·콘크리트계 신소재로서 각광을 받을 수 있는 것은 섬유보강콘크리트와 고강도 콘크리트라고 할 수 있다.

콘크리트계 재료는 구조물이 거대화, 고층화 될수록 압축강도 뿐만 아니라, 그동안 약점으로 불리운 인장강도, 휨강도, 취성적 성질을 개선할 필요가 있고, 이를 개선하기 위해서 시멘트·콘크리트용 보강섬유로서 고강도, 고탄성, 고인성 등의 역학적 성질 및 내수성, 내알칼리성, 내후성, 내염수성, 내산성, 내화·내열성등의 성질을 갖도록 해야 한다.

섬유보강콘크리트의 성공은 부속재료로서 각종 섬유(합성섬유, 유리섬유, 강섬유 등) 기술이 뒤따라야 하지만, 이미 나일론, 테프론, 아크릴로니트릴, 아라미드 등의 섬유가 개발 사용되고있다.

이처럼 섬유재료 또는 강선재 등 보강재료의 개발은 시멘트·콘크리트계의 복합재료를 탄생하게 하였

고, 재료의 복합화 기술, 석면 시멘트계 재료 및 철근콘크리트, 프리스트레스트 콘크리트 등과 전통적으로 우수한 구조물의 형성을 이루어오고 있다.

3. 시멘트·콘크리트계 폐기물 재활용 소재의 개발과 적용

최근 산업의 각 분야에서 생산과정에서 발생하는 산업부산물, 폐기물 등의 처리에 대한 문제가 사회적으로 크게 대두되고 있고, 일부 부산물 및 폐기물(특히 핵 폐기물) 등은 공기, 수질, 땅에 대한 지구환경을 크게 훼손시킬 수 있는 문제를 안고 있다.

이에 대한 처리문제는 우리 건설분야에서도 생각하지 않을 수 없는 현안이 되고 있다.

그러나 여기서 한가지 긍정적으로 생각할 수 있는 것은 각종 폐기물 및 산업부산물의 처리기술로서 시멘트·콘크리트 기술이 활용되고 있고, 앞으로도 이를 적극적으로 개발 적용할 필요가 있다는 것이다.

물론 우리 나라에서는 경제성의 이유가 우선 앞서는 상황이므로 적극적인 추진이 어려운 아쉬운 상황에 있으나, 지구환경의 보전을 위한 정책적 지원과 개발이 필요하다.

이에 많은 연구자들이 시멘트·콘크리트를 이용한 핵폐기물의 처리 기술, 폐기콘크리트의 재활용 제품 생산, 산업부산물(플라이애쉬, 고로슬래그, 상수 및 오·폐수 또는 하수 슬러지, 폐고무, 폐목재 및 플라스틱류 등)의 재처리, 재활용을 위한 연구가 발표되고 있고, 이미 적지 않게 상품으로서 사용되는 사례가 보고되고 있다.

이와 같은 기술은 결국 시멘트·콘크리트의 활용 기술이 미래의 환경을 보전하는 기능과 역할에 충분히 기여할 수 있는, 새로운 산업분야로서의 발전 가능성을 가지고 있는 것이다.

4. 시멘트·콘크리트계의 친환경·주거용 신소재의 개발 방향

지구환경 문제의 현상을 고려할 때 신소재라 하더라도, 자체의 고성능·고기능만이 아닌 지구환경에

해를 끼치지 않는 재료가 요구되고 있다. 또한 대량의 시멘트와 콘크리트가 사용되는 건설분야에 있어서도 리사이클 기술의 확립이나, 자원 및 에너지 재료로의 전환을 부르짖고 있는 추세이다. 그리고 여유 있는 도시 및 전원 생활 환경이 중요시 되어지고 있는 흐름 속에서 인간의 감성에 적합한 신소재로서의 시멘트·콘크리트의 필요성도 높아지고 있는 경향이며, 건설기술 속에 신소재로서의 시멘트·콘크리트가 활용될 수 있는 새로운 관점이 모색되어야 한다.

가. 바이오(Bio) 콘크리트

최근 원적외선을 이용한 인체의 바이오 리듬을 조절하여 건강을 향상시킬 목적으로 그 개발에 착수하고 있는 콘크리트가 바이오 콘크리트이다. 이는 지구 광물 중 원적외선 발생이 큰 원소의 함유량이 많은 광물질(점토, 황토, 규사, 탄소 등)을 콘크리트와 혼합하여 구조체 혹은 마감재로 활용하므로써 그동안 의견이 제기되었던 냄새, 곰팡이, 부식 등의 문제를 해결하는 바이오 콘크리트 제조를 연구하고 있다.

나. 생태(Eco) 콘크리트

콘크리트가 갖는 건조수축 및 온도수축·팽창 등의 영향을 최소화하고, 도시의 사막화 현상을 줄이기 위해 콘크리트 위에 직접 식물 재배를 할 수 있도록, 도심지의 열대야 현상을 방지하고, 집중 강우시 홍수조절 역할을 하도록 건축물의 옥상 공간을 녹화하기 위한 기술이 적용되고 있는 시점에서 콘크리트에 직접 식생을 목표로한 생태 콘크리트의 개발이 시작되고 있다.

다. 시멘트·콘크리트의 기능성 향상 기술

점차 기술이 첨단화되고, 인간의 생활이 윤택해지

〈표-2〉 신소재로서의 시멘트·콘크리트에 요구되는 기술

주거환경의 향상	기능성의 향상
<ul style="list-style-type: none"> · 의장성 · 차음·흡음성 · 전파차단 · 실내공기 오염 방지 · 대기오염 방지 · 해양오염 방지 · 하천오염 방지 · 도로 및 철도 소음 방지 · 에너지 절약 기능 	<ul style="list-style-type: none"> · 내력의 향상 · 내충격성의 향상 · 내피로성능의 향상 · 내마모성 · 센서기능 향상 · 기타 특수 성능
안전성의 향상	작업성의 향상
<ul style="list-style-type: none"> · 내화성 · 내열성 · 내구성 · 내염성 · 내수성 · 내약품성 	<ul style="list-style-type: none"> · 경사면 작업성 · 뿔칠 작업성 · 터널 복공 작업성 · 매스 콘크리트 작업성 · 수밀 작업성

면서, 삶의 요구조건도 다양해지고 있다. 이에 대한 요구조건의 충족을 위하여 향후 미래 세대에서의 시멘트·콘크리트에의 요구 기능을 정리해 보면 〈표-2〉와 같다.

5. 미래의 건설환경과 시멘트·콘크리트의 역할

가. 초고층 건축과 시멘트·콘크리트

현재 세계적으로 초고층 빌딩의 건설에 많은 신경을 쓰고 있다. 그것은 그 나라의 상징이자 건설기술의 힘을 보여주기 위한 시도이기도 하다. 이에 미국의 엠파이어스테이트빌딩은 과거의 영광일 뿐이다. 말레이시아의 KLCC 빌딩도 도전을 받고 있다. 우리나라에서도 서울에서 S건설이 초고층 빌딩을 계획한 바 있고, 부산에서는 이미 세계 최고의 빌딩을 짓겠다고 발표한 바 있다.

가까운 일본의 5대 건설사에서는 이미 오래 전부터 에폴리스 2001(2001m), TRY-2004(2004m), X-SEED 4000(4000m) 등의 초고층 빌딩을 계획해

왔다.

이를 위한 신기술로 갖추어져야 하는 것이 시멘트·콘크리트의 기술이다. 과거의 고강도·고유동성·고내구성 개념을 뛰어넘은 새로운 기술의 개혁이 기대되는 프로젝트들이다.

이 목표를 달성하기 위한 건설 재료 기술로서는 철근콘크리트 건축물의 초경량, 초고층화 시공 기술의 개발이 요구됨으로서 시멘트·콘크리트계 신소재·신재료의 개발, 이용, 평가 및 설계 기법의 연구 개발이 수행되어야 한다.

나. 대심도 지하공간 구조물

1960년대부터 근대적 건설 개발이 시작되어온 우리 나라의 미래의 국토개발 가용 면적을 생각하면 현재의 인구와 앞으로의 경제 발전을 고려할 때 부족하다고 생각할 수 있다. 따라서 향후의 국토개발 시 고려사항은 대심도 지하공간의 개발이다.

따라서 금후의 지하시설을 건설하기 위해서는 더욱 깊은 구조와 그곳에서의 쾌적한 거주 생활을 계획하여야 한다. 예를 들면 현재까지 지하 50m 이상은 거의 이용하지 않은 공간으로 볼 수 있고, 이들 공간은 대심도 지하공간(지오프론트라 부름)으로 불리우고, 지하 운송시설, 지하공장, 지하 건축물 등을 건설할 수 있다.

그러나 지하공간의 건설은 생각만큼 쉬운 일은 아니다. 지진, 화재시의 피난 등 각종 방재 대책과 함께 구조적 안전성 등을 고려해야 한다.

특히 대심도 지하건축공간은 지상 초고층 건축과 연동하는 경우가 많다. 따라서 거주공간으로서 물류, 방수·습성, 온·습도 환경의 예측·제어·환기·배연·채광 등의 거주성과 내구성의 문제가 새롭게 나타나게 된다.

대심도 지하공간을 건설하기 위한 구조부재는 기본적으로는 종래 재료의 철근철골콘크리트가 좋지만, 철근, 철골, 골재, 돌, 시멘트 등의 재료는 무겁고, 딱딱하고, 만들고 부수는데 막대한 비용이 소요

되므로 전혀 다른 발상에서 시작하는 새로운 신소재의 개발과 적용이 기대되고있다.

다. 해양공간 구조물

해양공간 개발은 200해리 경제수역의 국제적 합의가 진보되는 속에 초고층·대심도 지하공간·우주공간 개발과 함께 뉴프론티어 개발로 발전·비교되고 있다.

아직 우리나라에서는 이에 대한 뜨거운 관심은 없는 실정이나 이미 선진외국은 해양건축물이라는 관점에서 신거주 공간의 창조·확대를 목적으로 활발한 연구가 진행되고 있다.

과거에는 해양 구조물의 관점에서 석유·가스의 채취 및 저장용 플랫폼, 해중·해저 광물자원 채취용 기지, 파랑·조류·온도 차 발전 플랜트, 어류 양식 시설 등이 대부분이었으나, 오늘날은 해상도시, 해상호텔·레스토랑·전망탑, 해양레저 기지·낚시공원, 해양기상관측 및 감시시설, 해상 교통중계기지 및 해상공항 시설 등이 계획 또는 건설 중에 있다.

해양건축은 고정식과 부유식으로 구분되고, 사용재료, 고정방식, 해상·해중·해저 등의 건설(설치) 위치에 따라 여러 가지로 분류된다.(<표-3> 참조)

해양 건축물의 하부구조는 고정식, 부유식의 어느 경우에도 콘크리트구조 또는 강구조가 예상되고 있지만, 해수의 화학작용이나 심한 기상작용(태풍), 파랑이나 표류물에 의한 충격 및 마모작용 등의 상승작용에 따른 가혹한 해양환경 하에서의 각종 열화

(성능저하) 대책을 배려한 설계가 필요하고, 경우에 따라서는 콘크리트 보강재를 고강도, 고내식성의 장섬유 강화 FRC로 대체하는 것도 생각할 수 있다. 기본적으로는 콘크리트 및 강재 등 종래 재료의 내구성 개선 방법을 고려하는 것만으로도 충분하다고 생각하지만, 거주성을 목적으로 하는 상부구조에서는 해염입자 및 자외선, 기상작용 등의 상승작용에 따른 격한 열화 환경에 대응한 고내염식성을 가지면서 거주성 향상에 관련한 고강도·경량성·고단열성 등의 고기능성의 신소재를 적극적으로 활용할 시멘트·콘크리트계의 신건설재료를 개발할 필요가 있다.

6. 결 언

본 고를 접으면서 향후 미래 시대의 시멘트·콘크리트 기술은 지구환경을 고려한 연구·개발에 착수할 필요가 있다. 즉 지구자원 고갈에 따른 자원(재료)의 확보, 요구되는 각종 고기능·고성능에 대응한 사용성, 필요시 폐기되는 자원·자재에 대한 재사용 및 처리에 복합적으로 대응하는 시멘트·콘크리트 기술이 필요하다.

끝으로 미래를 생각하는 시멘트·콘크리트 기술을 다음과 같이 정리해 본다.

- (가) 지구환경의 악화에 대비한 신소재 기술
 - (1) 대기중 이산화탄소 농도 증가에 대비한 재료 성능 개선
 - (2) 산성비의 증가에 대비한 재료 성능 개선
 - (3) 유해자외선의 증가에 대비한 재료 성능 개선
 - (4) 폐기물처리와 리사이클 기술
- (나) 자원·에너지 문제에 대처하는 신소재 기술
 - (1) 자원고갈에 대비한 소재 기술
 - (2) 자원 및 에너지 절약 차원에서의 소재 기술
- (다) 친환경 소재의 개발
 - (1) 친환경조화형 소재 개발
 - (2) 지구오염 최소화 소재 개발 ▲

<표-3> 해양 건축물의 분류

설치방식	구조형식	해양 이용 양식	재 료
고정식	말뚝식	해상	콘크리트 및 강콘크리트,
	중력식	해상·해중	강·콘크리트 고분자복합재
	승강식	해상	강
	매설식	해저	강·콘크리트고분자복합재
부유식	부상식	해상	강·콘크리트 고분자복합재
	반잠수식	해상·해중	강·콘크리트 고분자복합재
	잠수식	해상	강·콘크리트 고분자복합재