

建設業과 新素材

文 英 鎬*

1. 未來의 建設技術

토목, 건축, 도시분야의 기술은 옛날부터 우리의 생활과 밀접한 관계를 유지해온 기술이며 그러한 특성상 경험공학에 따른 종래기술의 개량 및 개선이 주요한 기술적 흐름이 되어 왔다. 원래 건설업은 革新技術에는 保守的 경향이 강하고 새로운 기술과 기존의 기술을 구별하기 어려운 분야이다. 그러나 최근들어 일렉트로닉스, 生命工學, 新素材 등의 尖端技術이 산업 전반의 여러분야에 응용되기 시작하면서 건설분야에도 이러한 첨단기술을 응용한 새로운 기술과 재료가 개발되기 시작하고 있다. 현재 세계의 건설시장 규모는 1300兆 원 정도로 추정되고 있는 데, 미국, 일본, EC 12개국, 사회주의 국가가 각각 20%씩을 차지하고 나머지는 개발도상국에서 형성하고 있다. 건설의 기술개발은 미국, 일본, 유럽 등의 선진국에서 주도하고 있는데 최근의 尖端技術의 급속한 발달로 2000년대의 건설 기술의 주요한 흐름도 크게 바뀌리라 생각된다. 21세기의 건설기술의 패턴은 ▲ 인공위성을 활용한 종합 防災시스템, ▲ 주거공간의 정비와 환경대책, ▲ D.B 를 이용한 정보화 설계·시공, ▲ 시공기술의 메카트로닉스화 및 로보트화, ▲ 인공지능형 빌딩 및 도시시스템, ▲ 新交通시스템, ▲ 新素材의 확대보급 등의 활용과 응용 기술이 기술의 흐름을 주도하게 될 것이다. 물론 이러한 기술의 발달은 선진국가들의 관점에서 본 흐름일 수도 있지만, 앞으로 이러한 기술발달의 모

체가 될 첨단분야의 발달과 지속적인 건설시장의 확보가 병행되고 官·學·産의 창조적 의지가 동반된다면 국내 건설기술도 최근의 기술개발에 대한 열의와 잠재력을 감안할 때, 충분한 가능성을 가지고 있다고 생각된다.

2. 建設에서의 新素材의 動向

앞으로의 사회가 國際化, 情報化, 價値의 多樣化 등의 潮流를 타고 급변함에 따라 구조물은 高·長·大化, 耐負荷化, 공간의 機能化등으로 발전되고 건설분야의 신소재도 이러한 동향에 따라 高強度化, 경량화, 내구성 향상, 생산성 향상 및 遮音, 斷熱등의 기능성 향상 등으로 나타날 것이다. 그러나 현재로서는 기술적으로는 해결되어도 코스트적인 문제 때문에 실용화되지 못한 많은 신소재가 새로운 해결점을 찾아 크게 실용화되기도 할 것이고, 현재 신소재라 불리는 것들이 10년 후에는 범용적인 건설재료로 자리를 잡을 것이다.

그러므로 여기서는 최근 선진국들을 중심으로 실용화가 진행되고 있거나 건설 신소재로 개발 중인 것들을 개략적으로 살펴봄으로써 앞으로 다가올 2000년대의 건설재료의 한 단면을 볼 수 있을 것이다.

건설분야의 기본적인 소재는 철강, 콘크리트, 목재, 흙 등의 대량으로 공급가능한 염가의 재료들인데, 일반적으로 신소재는 高價의 것이 많고 대량으로 되지 않는 등의 공통적 특징을 갖고 있다(표1 참조).

* 성희원, 産業研究院 産業技術情報센터

표1. 신소재의 공통적인 특징

구분	신소재	재래소재
(상품특성)		
종류	많다	적다
부가가치	높다	적다
사용방법	복합적	단일
(수요특성)		
시장규모	작다	크다
라이프사이클	짧다	길다
용도	고도	범용
(생산특성)		
생산방법	다품종소량	단일종대량
기술집약도	높다	낮다
생산규모	작다	크다

그렇지만 이러한 기본재료가 가지는 결점들, 예를들면 강재에서는 **내부식성** 콘크리트에서는 **균열방지** 등의 내구성, 흙에서는 **강도문제**, 목재의 **難燃性** 등의 문제점을 해결하기 위하여 새로운 소재를 부가하거나 복합화하는 것이 건설 분야 신소재 사용에서의 일반적인 경향이다. 안전성의 향상, 유지관리비의 문제 등을 감안할 때, 건설분야의 신소재는 대략 다음과 같이 생각할 수 있다. 그리고 여기서는 구조적인 사용법을 위주로 설명하고자 한다.

(1) 구조물의 기본적 기능향상

안전성, 내구성, 강도 등의 구조물의 기본적 기능을 향상시키기 위한 것은 건설분야 신소재의 주류를 이루고 있다고 할 수 있는데 콘크리트 구조물의 내구성 향상을 위한 재료, 지오텍스타일의 이용, **膜材料**의 이용, **免震·制震** 구조법의 적용, 접합부에 **형상기억합금**의 적용, 내구성 외장재 등을 들 수 있다.

① 콘크리트 구조물의 내구성 향상

콘크리트 **鹽害** 등에 의하여 구조적 기능을 상실시키지 않기 위해서는 콘크리트를 치밀화하거나 보강용 철근류가 염해를 받지 않도록 해야 한다. 보강용 철근류는 보통의 강재에 2% 정도의 크롬을 첨가한 강봉이 제작·시험되고 있다. 종래의 철근콘크리트가 균열이 일어나면 탄산화에 의한 내구성의 저하, **韌性**의 감소 등의 문제점이 발

생하는데 이런 문제점의 개선을 위한 시도라 볼 수 있다. 또한 섬유를 이용한 **短纖維補強** 콘크리트나 **長纖維補強** 콘크리트의 적용이 많이 검토되고 있다. 단섬유는 강섬유, 글라스섬유, 고분자계섬유 등에 의한 콘크리트의 복합화가 가장 활발이 검토되고 있는데, 최근 들어 일본 등지에서는 탄소섬유, 아라미드섬유 등의 고성능 섬유를 이용한 섬유보강콘크리트 연구에 열을 올리고 있는 중이다. 장섬유보강콘크리트에는 탄소섬유와 아라미드섬유가 주로 사용되는데 철근의 대체재로 사용하여 철근콘크리트 구조물 이상의 성능을 발휘하는데, 특히 인성이나 피로, 충격에 대해서는 발군의 효과를 나타내는 것으로 보고되고 있는데 코스트 문제로 당분간은 해양구조물이나 열악한 부식환경하의 **導水路** 등에 사용이 고려될 것이며, 타널 교량등의 토목공사에 일부 사용 예가 보고되고 있다. 한편, 콘크리트의 내구성에 크게 영향을 미치는 가혹환경하의 **프리스트레스콘크리트** 구조물에 **緊張材**로 FRP를 이용하는 연구도 진행되고 있다.

30층 이상의 RC造 초고층 건축물에 고강도콘크리트를 사용하는 예가 늘어나고 있는데, 실리카폼과 고성능감수제를 이용하여 콘크리트의 압축강도가 1000kg/cm² 이상의 초고강도콘크리트를 타설하려는 시도도 이루어지고 있다.

이외에도 특수시멘트로 MDF(Macro Defect Free) 시멘트를 이용하면 콘크리트의 압축강도를 무려 2500kg/cm² 이상까지 제조할 수 있다고 하는데 현장 적용을 위한 연구가 이루어지고 있다.

이 외에도 콘크리트 중의 공기량을 감소시키는 **달리칼에텔 誘導體**와 탄산가스, 아황산가스, 염소이온 등을 흡착시키는 **아미노알콜 유도체**의 혼화제를 주성분으로 콘크리트를 만들면 현재의 콘크리트에 비하여 미세한 기포가 0.5-1.0%에 지나지 않아 내구성이 극도로 뛰어난 콘크리트도 나타날 전망이다. 새로운 성능의 고성능감수제, 수중 콘크리트용 혼화제도 앞으로 각광받는 콘크리트용 혼화제가 될 것이다.

② 지오텍스타일의 이용

지오텍스타일은 토목공사에 사용하는 투수성 인공섬유의 총칭으로 土中の 剩餘水分을 항상 밖

으로 배출하는 기능을 가지게 되어 침식작용, 토사붕괴, 사인재해 등으로 부터 구조물의 안전성을 확보하게 된다. 종류로는 不織布, 플라스틱넛트, 지오그리드, 지오멤브레인 등이 있다. 이 지오텍스타일의 기능은 분리작용, 여과작용, 보강작용이 있는데 현재도 많이 사용되고 있지만 새로운 재질과 보다 우수한 기능향상 재료가 계속 개발될 것이고 그 사용도 크게 늘어날 것이다.

③ 막재료의 이용

막재료는 글라스纖維布에 테프론을 코팅하여 내구성과 불연성을 부여한 재료가 많이 이용되는데, 글라스섬유 외에 케브라섬유, 금속섬유, 탄소섬유 등을 이용하는 방법도 검토되고 있다. 코팅재료는 불소지 외에 실리콘수지, 술폰화 폴리에칠렌, 염화비닐수지 등도 사용되고 있다. 현재의 막재료는 크리프나 彈性移緩 특성이 나쁘고 내화성에 문제가 있어 용도에 크게 제한을 받고 있지만 이러한 결점을 해결하기 위한 연구가 계속되고 있다.

막구조는 기본적으로 3종류가 있는데, 공기막구조는 기둥이 없는 초대형 공간을 얻기 위한 목적으로 대규모의 야구장이나 다목적 스타디움에 적합하고, 서스펜션식 막구조는 전시장, 쇼핑몰등의 중소규모의 공간 시설물에 적합한 것으로 연속기둥이나 독립아치 형태로 지지된다. 또 굴조 막구조는 아치식, 입체트러스식의 튼튼한 굴구조물에 막재를 설치하는 것인데 자유로운 공간확보가 가능하다. 이 외에도 막재를 이용한 구조법은 계속 개발되고 있는데 고무儼, 膜人工礁 등이 연구되고 있다. 전자는 적은 유지관리비로 하천의 수위상승을 적절히 제어할 수 있고, 후자는 해안이나 항만의 방파제로 응용하여 적절한 파랑제어 효과를 기대하고 있다.

④ 免震·制震 구조법의 적용

컴퓨터빌딩, 인텔리전트빌딩, 반도체시설, 바이오테크놀로지시설, 의료시설, 원자로시설 등의 진동에 극히 제한을 받는 구조물 등이 점차 늘어날 것인데, 이러한 시설에는 지진이나 기타의 진동으로부터 구조물을 효율적으로 제어하기 위하여 건물

과 지반 사이에 면진장치가 설치된다. 이 장치는 지진등의 외부의 동하중을 구조물로 전달되는 것을 막고 자체로 에너지를 흡수하여 감쇄기능을 가지게 된다. 지금까지 나와 있는 것 중에서 가장 간단한 구조는 鉛과 고무층의 일체형의 구조가 있는데, 이 장치를 설치함으로써 건물의 응답가속도를 1/4~1/6로 억제할 수 있는 것으로 실증되고 있다.

한편 초고층빌딩등에 적용되는 制震구조법은 주로 制震壁을 사용하는데 지진의 에너지를 高粘性流體(폴리부탄계 폴리머)를 내장한 벽에 흡수시키는 방법등이 고안되고 있는데 무엇보다도 지진이나 풍하중의 응답제어 설계법의 개발이 시급히 요청되고 있다.

⑥ 내구성 외상제

건물의 외벽은 미관상 내구성이 최고로 요구되는데 현재로는 세라믹계 재료, 결정성의 글라스 재료, 칼라콘크리트 판, ALC 등이 가장 많이 활용되고 있는데 이 외에도 탄소섬유를 이용한 CFRC 커튼 월도 주목을 받고 있는 제품이다.

⑦ 형상기억합금을 접합부에 적용

이 합금은 토목건설용의 철근과 강재의 접합부에 工期短縮을 목적으로 검토되고 있으며, 또 프리스트레스트콘크리트의 피아노 강선 대신에 적용하여 온도제어로 응력을 도입하는 방법등이 모색되고 있다. 앞으로 코스트문제의 해결과 재료의 안정성, 피로에 대한 신뢰성 문제등이 남아 있다.

(2) 다양화에 따른 새로운 필요

건설분야의 다양화에 따른 새로운 필요에 의하거나 종래 기능의 고도화를 목적으로 개발되는 재료들은 대개가 기능성 소재들인데, 전자파실드, 潛熱材 및 蓄熱材, 수소저장합금의 히트펌프, 인공대리석, 인조목재, 照光글라스, 경량방음재, 흡수성폴리머의 止水材 등이 있다.

① 전자파실드

정보사회의 실현으로 선진국들에서는 고층건물 주변의 전파방해는 심각한 사회문제로 대두되고 있다. 이것을 방지하기 위하여 전파흡수재(페라이

트)를 내장한 PC 커튼월이 실용화되고 있다. 또 각종 정보기기에서 발생하는 전자파를 계측하는 電波暗室이나 건물내의 무선통신에 필요한 전파 차단시스템이 급속히 요구되고 있다. 건물내의 LAN 구축시에 지금까지 유선에서 무선화할 수 있기 때문에 배선코스트가 대폭 절약될 것이다. 전자파 실드재료는 페라이트 외에 전해철막, 알루미늄막, 아몰퍼스금속, 탄소섬유 등도 검토되고 있다.

② 潛熱 및 蓄熱材

야간 전력을 이용한 축열식 空調시스템은 일부 실용화가 되고 있고, 공장의 폐열회수나 가스엔진으로 부터의 熱回收는 고온도의 영역에서 사용하는 축열시스템이 유망시되고 있는데, 이러한 시스템의 한 예로는 고밀도 폴리에틸렌의 相變化를 이용하는 시도가 연구되고 있다.

③ 수소저장합금의 히트펌프

공장, 온천 등에서 발생하는 溫排水를 이용한 케미컬 히트펌프는 시험 중에 있는데 칼슘, 니켈계 수소저장합금을 내장한 열교환기에서 수소를 이동시켜 吸熱·發熱反應을 이용한 난방 및 냉방 시스템이 가능하게 된다. 운전 코스트도 종래의 콤퓨레셔를 이용하는 것보다 상당히 낮을 것으로 기대된다.

(3) 기타의 신소재

이제까지 새로운 재료의 가능성에 대하여 단편적으로 발췌하여 소개하였으나 수많은 신소재의 병산의 일각에 불과할 것이다. 이 외에도 천연석

에 가까운 미관과 질감을 가지면서 유지관리가 아주 용이한 인공대리석이 있고, 목재의 장점을 살리면서 내화성을 부여한 인공목재, 커튼의 기능을 보다 효율적으로 수행할 수 있는, 빛의 양과 방향을 간단히 조작할 수 있는 調光글라스가 있다.

또, 콘크리트용 소재 중에는 고강도강재, 내식강재, 내염성철근, 비중이 0.5이하의 초경량골재, 각종 콘크리트용의 폴리머 등과 콘크리트의 이론수량에 근접하는 수분만을 사용하여 초고강도 콘크리트를 제조할 수 있는 吸水性 폴리머 등도 새로운 요구를 만족시킬 신소재로 생각할 수 있다.

최근 중국에서는 FRP를 교량의 구조재로 사용한 사례가 보고되었는데 이러한 경우는 새로운 용도 개발의 사례라 할 수 있다. 금속분야, 요업분야 등의 새로운 재료 개발로 건설에서의 신소재 활용 기회는 점점 많아지고 있는데, 각종 세라믹재료, 뉴세라믹재료, TMCP 강, 아몰퍼스합금, 칼바륨강판, 치탄박판, 내화강재, 자기부상 열차 건설용의 비자성금속 등을 들 수 있다.

3. 가능성의 도전

새로운 기술의 개발은 합리성의 추구하고 그 분야를 구성하는 전문성의 다양화와 조화 중에서 이루어질 것이다. 건설분야의 신소재를 적절하게 이용함으로써 구조물의 고강도화, 경량화, 내구성의 향상, 유지관리비의 절감 등 건설기술의 비약적인 향상을 이루기 위해서는 신소재·신재료 특성에 대한 이용방법 및 설계법의 연구, 구조물의 안정성, 내구성의 평가, 코스트의 검토 등의 종합적인 기술지침이 연구되어야 할 것이다.