건축구조용 화학소재 현황과 기술개발 방향

| 저자 | **한정우 PD** / KEIT 화학공정 PD실
김영근 본부장 / 한국건설생활환경시험연구원
박동협 책임 / 한국건설생활환경시험연구원
김기수 실장 / 울산TP 정밀화학소재기술연구소

SUMMARY

목적

★ 건축구조용 화학소재 분야의 주요 이슈를 파악하고 글로벌 기술 현황과 향후 추진해야할 건축물 유지관리 및 보수재료기술의 지속가능한 기술개발 방향을 제시하고자 함

주요현황

★ 건설시장의 유지보수 이슈와 맞물려 건설재료분야의 가치상승을 위한 첨단소재 및 고성능 화학소재로의 전환이 확대되고 있어 새로운 성장 동력으로 부상

★ 국가 주력기반 산업의 고성장과 기술개발투자를 유도하는데 큰 효과가 있는 산업분야이지만, Low-Tech 산업이라는 인식으로 인해 선진국 대비 전략적 연구개발 및 상용화 체계 미흡

★ 건축재료분야의 스마트 및 나노 기술에 대한 니즈가 증가되면서 균열 보수, 열화인자 차단을 위해 첨단기술을 융합한 새로운 개념의 화학소재 기술개발이 진행되고 있음

시사점 및 정책제안

★ 건설산업의 패러다임 변화를 통해 기술 고도화를 모색하고 가치창조형 첨단산업으로 도약시키기 위한 핵심소재기술을 적극 활용하여 선진국 수준의 기술경쟁력 확보와 세계시장 선도를 위한 중장기적 대책마련이 시급함

★ 글로벌 시장변화에 대응하기 위한 시장선도형 기술개발로 건설산업의 기술 고도화를 모색하고 시급성과 중요도를 고려하여 원천기술 선점을 위한 단계적인 연구개발이 필요

1. 건축구조용 화학소재의 개요

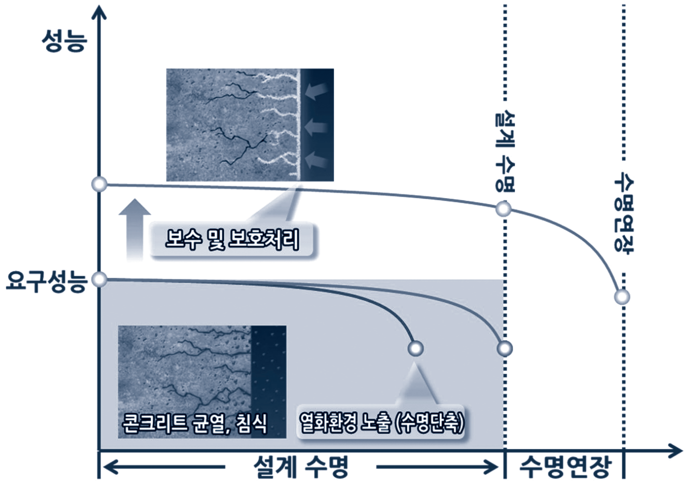
★ 급격히 변화하는 건설재료시장에서 초고층, 대형 복합구조물의 장수명화 및 유지관리 효율성 도모를 위한 미래형 화학소재로의 전환이 본격화 되고 있는 상황임

– 건설산업은 산업구조의 고도화에 따라 첨단소재기술(NT/BT/ET)을 접목하여 건축 구조물의 안전성과 내구수명 확보를 위한 미래형 건설재료들에 대한 수요가 급증하고 있음. 현재 건축구조용 화학소재의 핵심키워드는 『보수(repair)』, 『보호(protection)』, 『보강(reinforcement)』 임

| 그림 1. 건축구조용 화학소재의 주요 분류 |

★ "시설물 안전과 유지관리에 관한 기본계획"에 따라 국민 안전을 확보를 위한 안전한 시설물(Safe), 자연과 함께 지속가능한 시설물(Sustainable), 스마트한 시설물(Smart)의 시설안전 구현을 위해 건축용 화학소재 기술이 중요한 이슈가 되고 있음

– 특히 건축 구조물의 내구연한 동안 초기성능을 유지하여 유지관리 비용 최소화 및 사용자의 편의성을 증대 시키기기 위한 고부가가치 보수/보호/보강 소재의 기술개발 니즈가 상당히 높음

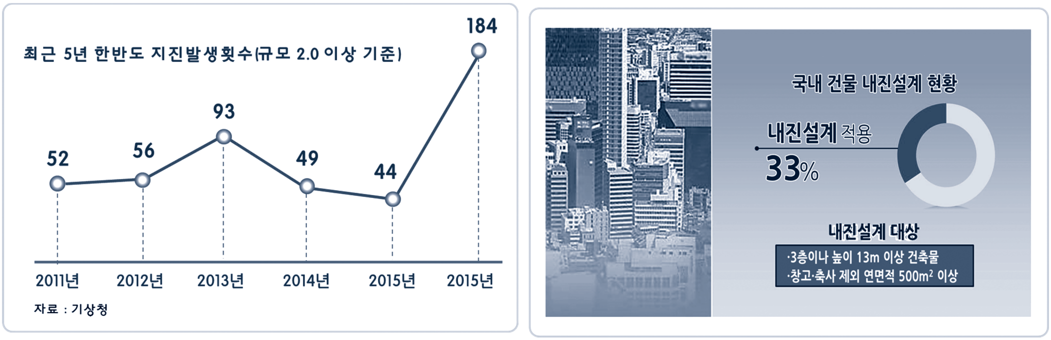


| 그림 2. 유지관리와 건축 구조물 수명과의 관계 |

★ 미국, 유럽, 일본 등의 선진국은 건축구조용 화학소재에 대한 고품질화, 고내구성을 지향하고 있으며, 특정 다국적 기업에 편중되어 있는 균열 보수, 열화차단, 단면 복구재 등의 핵심소재기술 개발을 통해 선진국 수준의 기술경쟁력 확보와 세계시장 선도를 위한 대책 마련이 필요한 실정임

사회적 관심이 집중되고 있는 지진 발생으로 인한 구조물 균열에 대해 구조적 안전성 제고를 위한 기술 분야

★ 최근 발생한 규모 5.1과 5.8의 강진과 연이은 여진으로 인해 건축물 균열 피해가 증가하고 있어 구조물 안전성을 높이기 위한 구조용 화학소재 관련 연구 및 제품화 기술에 관심이 집중되고 있음

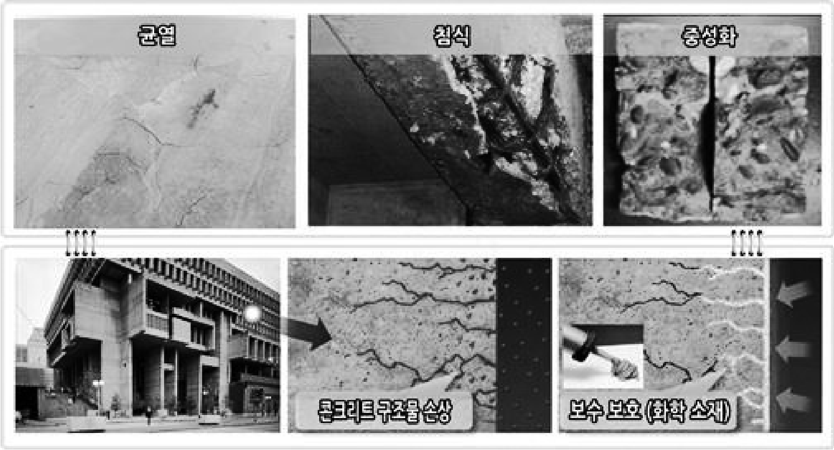


| 그림 3. 국내 지진발생 횟수 및 건축물 내진설계 현황 |

– 현행 건축법 시행령에 따른 3층 이상, 연면적 500㎡ 이상 내진설계 대상 건축물 143만9549동 가운데 불과 33%인 47만5335동만 내진설계가 적용되고 있어 벽체, 슬래브 균열, 누수발생, 구조물 탈락 등 지진피해 복구를 위한 소재 복합화 및 제품화 공정 기술이 중요한 이슈가 되고 있음

– 지진피해 가운데 건축 구조물의 균열 피해가 가장 많이 발생하고 있어 균열 보수 및 구조내력의 보강 등 구조적 안전도를 고려한 제품 개발 및 시장 수요기반의 산업전략 수립이 시급

건축구조용 화학소재는 균열, 중성화, 침식 등으로 부터 콘크리트 구조물의 손상을 저감시키거나 보수 · 보강하여 내구수명의 증대 및 시공/유지관리 비용 최소화를 위한 제품화 기술임



| 그림 4. 콘크리트 구조물 손상 유형 및 유지관리 기술 |

★ 최근 건축구조용 화학소재는 태양광, 장기적 수분환경, CO_2 등 가혹한 열화환경에서 구조물의 노후화 방지, 내구수명 확보, 내구설계 적용을 위한 새로운 성능개념의 첨단소재 및 고성능 화학소재로 전환이 중요한 이슈가 되고 있음

– 균열, 동해, 염해, 중성화, 화학적 침식 등 열화인자를 차단하여 건축 구조물의 지속적인 보수 및 유지관리를 위한 건축구조용 화학소재기술이 건설재료시장의 블루오션으로 수요가 급증

– 건축재료 시장은 고급화, 다기능화 소재의 융합기술로서 국산화 및 세계 시장 선점 가능한 산업 분야임

첨단소재 및 고성능소재의 융합기술로서 건축재료 분야는 세계 시장 선점 가능한 산업 분야임

★ 저탄소 녹색 성장 패러다임 이후 건설기술의 글로벌 경쟁력 강화를 위해 새로운 성능개념의 "Green & Smart" 화학소재에 대한 개발 요구가 증가하고 있으나, 아직까지 Low-Tech 이미지를 탈피하지 못하고 있어 건설산업의 고도화를 유발하고 새로운 화학소재 산업으로 성장해 나가기 위한 중장기적 대책마련이 시급한 산업 분야

– 글로벌 기업을 중심으로 구조물의 장수명화와 관리의 효율성을 모색하기 위하여 시장 환경변화에 선제 대응하는 건축구조용 화학소재를 개발하고 있는 실정임

- "Green & Smart"와 같은 새로운 건설 기조, 사업 환경의 국제화로 인한 경쟁 심화와 리스크 증대, 수익성 압박은 자연스럽게 건설재료시장의 혁신을 유도하고 있음

★ 현재 생산성 저하와 기술인력 수급문제 등으로 하락하고 있는 건설 분야의 가치상승을 위해 다양한 분야의 첨단기술을 융합한 시공 및 설계 기술개발을 통해 독점적 또는 우위적 시장 확보가 가능

★ 급속히 발전하고 있는 나노 및 스마트 기술을 활용하는 기술 융합형 신건축자재 개발을 통해 새로운 고부가가치 건설시장을 선도할 수 있음

- 나노, 바이오 등의 첨단소재기술을 활용하여 균열, 표면열화와 같은 콘크리트 구조물의 손상을 보수하는 원천소재 및 요소기술에 대한 중요성이 부각되고 있음
- 건축구조물의 유지관리 비용 감소 및 내구수명의 증대를 위한 첨단소재 융합기술이 세계시장을 주도해 나가고 있음

2. 건축구조용 화학소재 시장현황 및 전망

국내 건설 시장의 현황 및 전망

★ 국내 건설 수주추세는 2016년 123조원으로 점차 감소세에 있으며, 특히 경기 둔화로 인한 민간 수주가 81.2조원으로 국내 건설 수주를 주도하고, 공공 수주는 토목수주 감소 영향으로 35.4조원 시장을 예상하고 있음

- 국내 건설 산업은 성장기에서 성숙기로 진입하여 선진국형 건설 산업으로 전환이 이루어지는 시점으로 고기능화, 고품질화, 특수목적형 건축재료 관련 분야의 급속한 시장 확대가 기대됨

구분	2013			2014			2015			2016
	상반기	하반기	연간	상반기	하반기	연간	상반기	하반기	연간	연간
공공	15.0	21.1	36.2	21.7	19.0	40.7	23.4	20.9	44.3	41.8
민간	24.1	31.0	55.1	28.0	38.8	66.7	50.5	42.8	93.3	81.2
토목	14.1	15.8	29.9	18.0	14.7	32.7	22.0	15.3	37.3	35.4
건축	25.0	36.4	61.4	61.6	43.1	74.7	51.9	48.4	100.3	87.6
주거	10.8	18.5	29.3	16.2	24.9	41.1	30.7	30.8	61.4	48.1
비주거	14.2	17.9	32.1	15.4	18.2	33.7	21.2	17.6	38.8	39.5
계	39.2	52.2	91.3	49.7	57.8	107.5	73.9	63.7	137.6	123.0

※자료 : 대한건설협회 (2015)

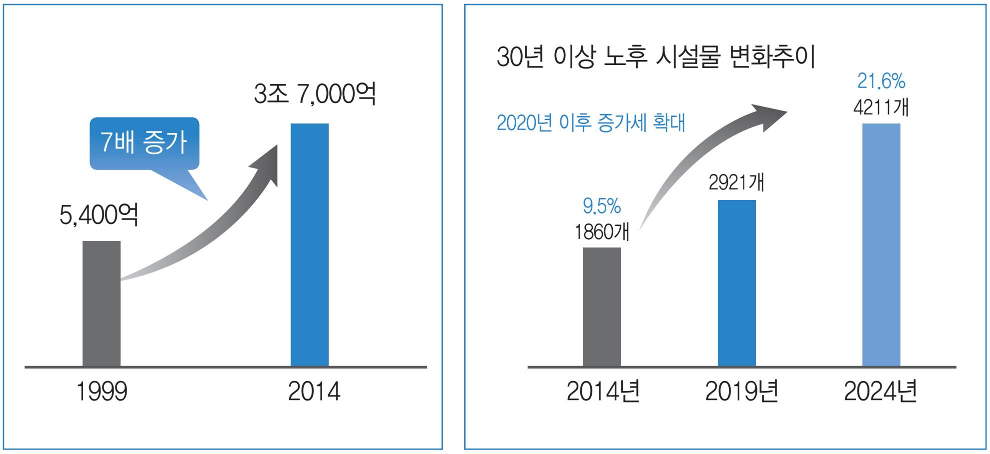
| 표 1. 부문별 국내 건설 수주 전망 |

– 특히 신규 주택건설 수요는 2014년 41.8만호에서 2017년 38.4만호로 꾸준히 감소할 것으로 전망되나, 건설 산업이 성장기에서 성숙기로 진입하는 2020년 이후 본격적인 유지보수 위주의 건설 산업으로 급격한 전환이 이루어질 것으로 예상

★ 국내 건축시장규모는 120조원 내외(세계 10위권 수준), 유지보수 수요의 비중은 건설투자비용에 약 25% 수준으로 꾸준히 증가하고 있어 향후 시장에서 가장 각광받는 부가가치가 매우 높은 분야라고 전문가들은 진단하고 있음

– 2020년 이후 국내 건설시장의 중장기 특성은 신축위주에서 유지보수 위주로 시장전환, 신축 시장의 축소와 질적 변화, 운영 시장의 본격 등장으로 요약할 수 있음

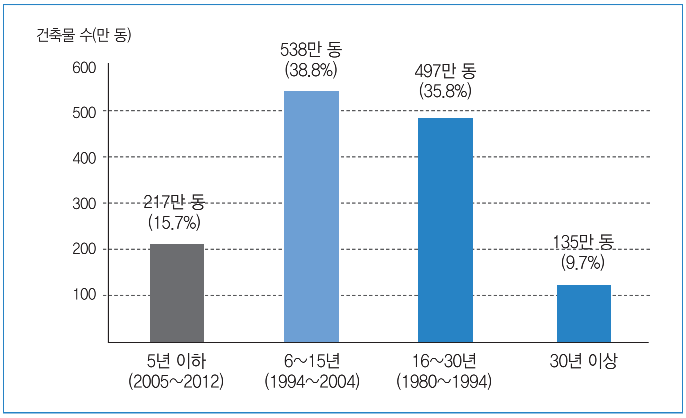
– 국내 시설물 유지관리 산업 시장은 2014년 건설 투자의 8.4%인 3조 7000억원으로 1999년 대비 7배 가까이 규모가 증가하고 있어, 향후 건축 구조물의 보수 및 유지관리 시장규모는 급격히 성장할 것으로 예측됨



| 그림 5. 건설물 유지관리 시장현황 및 노후화 시설물 변화 추이 |

– 또한 유지보수 비용은 건축 구조물의 노후화가 30년을 넘는 2020년부터 급격하게 증가하게 되어 건축구조용 화학소재 니즈에 따른 보수, 보호, 보강 분야의 시장 확대 기대

★ 건설시장에서 건설투자수요에 따른 시설물 유지관리 비중은 2003년 26.0%에서 2007년 기준 27.3%로 유지관리 수요량이 증가하고 있으며, 2020년 이후 30년 이상 중소형 아파트 급증 및 장기적인 구조물의 증가로 유지관리에 필요한 건축구조용 화학소재에 대한 투자수요가 지속적으로 증가할 것으로 예상됨



| 그림 6. 준공 연수별 건축물 노후화 전망 |

★ 특히 리모델링, 도심재생, 재건축, 지진 피해 복구 등과 같은 유지보수시장 위주로 건설시장이 재편되어 구조 안전성 확보, 내구수명의 증대 및 시공/유지관리 비용 최소화를 위한 화학소재 수요가 급증할 것으로 전망됨

– 유지보수 시장의 성장세는 건축 구조물 보수 보강에 필요한 균열 보수재, 표면 보호재, 단면 복구재, 보강용 복합재 등 구조용 화학소재의 사용량 확대를 기대

★ 한국건설경영협회에 따르면 2005년 국내 건설 재료 시장 규모는 건설시장의 약 30%인 36조원 정도로 예상하고 있음

(단위: 억원)

구분	2005년	2010년	2015년	2020년
시멘트 재료	31,694	32,450	35,626	41,890
콘크리트 혼화재료	1,060	1,776	2,629	3,079
금속 재료	42,471	64,205	79,181	98,294
도료 제품	50,000	63,184	81,445	103,946
건축용 복층유리 제품	10,000	12,763	16,289	20,789
석고 보드	4,600	5,105	6,516	8,316
레디믹스트 콘크리트	60,427	65,122	74,429	79,623
아스팔트 콘크리트	11,621	12,832	13,929	14,159

※출처 : 한국양회공업협회, 한국페인트잉크공업협동조합, 한국주택신문, 한국유리공업협동조합, 한국레미콘공업협동조합연합회, 한국아스콘공업협동조합연합회 및 자체 조사자료

※2006년 이후의 시장규모는 향후 관련 시장규모는 년 5%성장으로 가정하여 추산한 자료임

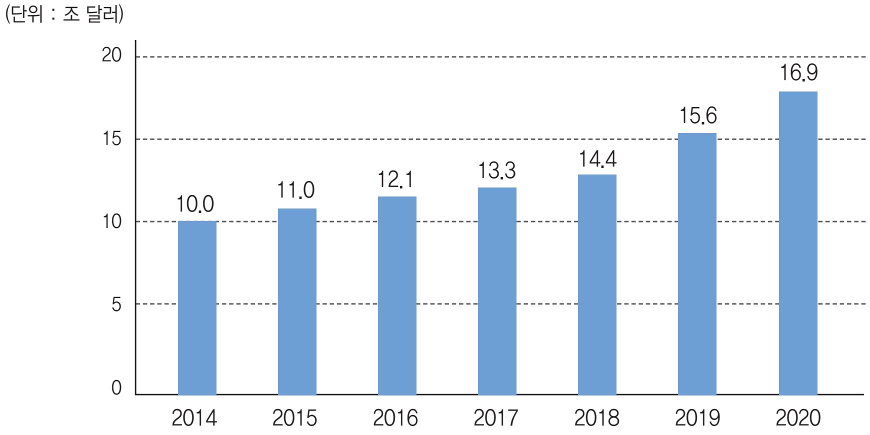
| 표 2. 건설재료 국내 시장 규모 전망 |

– NT, BT, ET와 같은 첨단기술이 접목된 첨단건설재료는 현재 상용화가 미약하지만 미래 성장률은 매우 높을 것으로 전망됨. 2005년 전체 건설재료 중 첨단 건설재료가 차지하는 비중은 1%, 2010년 3%, 2015년 6%, 2020년 10%로 예상됨

– 국가 기반산업인 건축시장을 중심으로 보수/보호/보강 등 구조용 화학소재의 필요성과 다양한 산업영역에서의 적극적인 적용을 요구하고 있어 향후 관련 시장은 꾸준히 성장할 것으로 판단됨

세계 건설 시장의 현황 및 전망

★ 2016년 세계 건설시장은 12.1조 달러로 성장할 것으로 예상되며, 2018년까지 연평균 4%씩 성장할 것으로 예상되며, 시장은 14.4조 달러를 넘어설 것으로 전망됨



| 그림 7. 세계 건설 시장 규모 |

– 세계 건설시장은 주택, 인프라, 비주택 분야로 구분할 수 있으며, 2014년 세계 건설시장 규모는 10조 달러로 추정되며, 주택분야가 3.2조 달러로 가장 높은 비중을 차지하고 있음

– 세계 인프라시장 규모는 2015년 2.8조 달러로 전체 건설수요에서 32%를 차지할 것으로 예상되며, 2018년 시장규모는 3.7조 달러를 기록하면서 연평균 4.5%씩 성장할 것으로 전망

★ 2020년 세계 건설시장은 12.7조 달러 규모로서, 신흥 개발국이 55%, 선진국 시장이 45%의 비중을 점유할 것으로 전망되고 있으며, 현재 전 세계적인 유지보수 이슈와 맞물려 첨단소재 및 고성능 화학소재라는 새로운 성장 동력을 얻어 가고 있어 시장을 주도할 것으로 예상

– 미국 건설시장 규모는 2014년 9,460억 달러로 경기회복에 따른 건설 지출과 신규 착공이 늘어나고 있고, 2015년 미국의 건설시장 규모는 전년대비 6% 증가한 1조 달러를 넘어설 전망

– 유럽 건설경기는 정부 정책지원을 바탕으로 2014년 유럽 건설시장 · 인프라 시장 규모는 2조 달러이며, 2015년 2.1조 달러 시장을 형성할 전망

– 중국은 세계 건설수요의 20%를 차지하는 세계 최대 건설시장으로 2014년 기준 1.9조 달러로 추정되며 2018년까지 연 7% 성장세를 기록할 전망

– 중국 주택시장 규모는 2018년 8,500억 달러, 인프라 시장 규모는 중국 정부의 경기부양을 위한 인프라 투자의 지속적인 확대로 2018년 8,000억 달러의 시장으로 성장할 것으로 예상

– 인도 건설시장은 2014년 4,600억 달러 규모로 중국와 일본에 이어 아시아 3위권을 형성했는데, 2015년 전년대비 7% 성장한 4,920억 달러를 기록할 전망이고 2018년까지 약 8%씩 고성장을 지속할 것으로 보임

★ 세계 건설시장에서 시설물 유지관리 투자 비중은 매출액 대비 이탈리아는 57.2%, 영국 38.0%, 독일 26.0%, 일본 21.7% 등의 순임, 건설투자 중 유지관리 투자 비중은 일본의 약 37% 수준임

– 세계 건설재료 시장 규모는 2004년 약 2조 1천억 달러, 2009년 약 2조 7천억 달러 정도로 추정하고 있음

(단위: 억달러)

구분	2005년	2010년
시멘트 재료	1,124	1,332
콘크리트 혼화재료	34	51
기능성 금속재료	1,240	1,254
도료 제품	1,558	2,130
유리 제품	347	454
석고 보드	115	186
레디믹스트 콘크리트	1,932	3,013
아스팔트 콘크리트	354	497

※참고자료 : 한국양회공업협회 자료, 한국페인트잉크공업협동조합, 미국레미콘공업협회 자료 및 자체조사자료

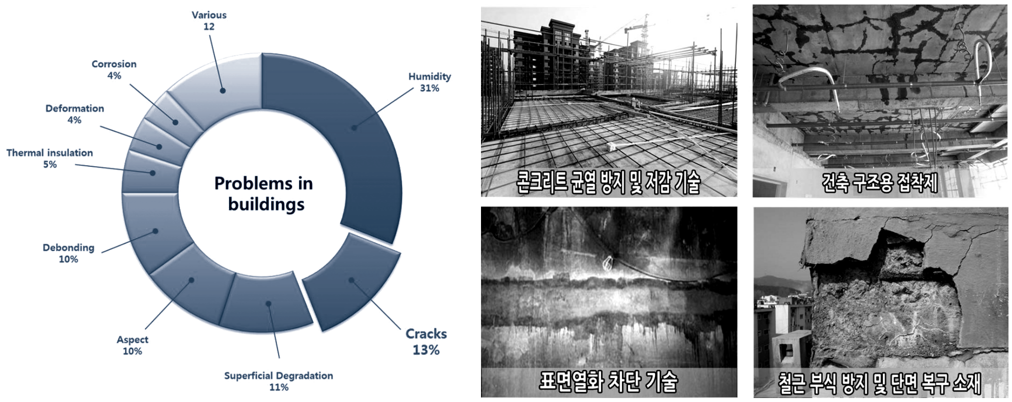
※2006년 이후의 시장규모는 향후 관련 시장규모는 년 5% 성장으로 가정하여 추산한 자료임

| 표 3. 세계 건설재료 시장 규모 |

3. 건축구조용 화학소재 분야 기술동향

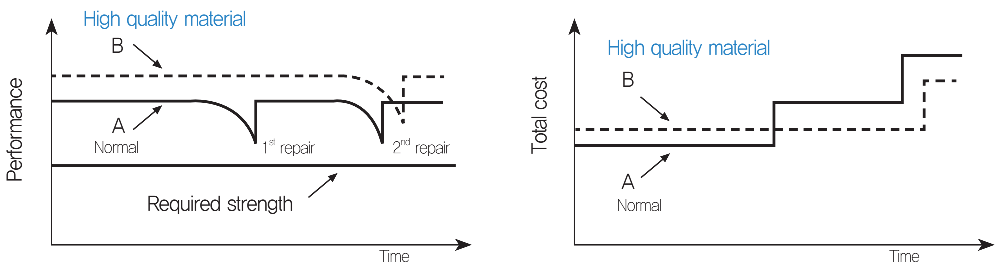
건축구조물 내구수명 증대 관련 기술동향

★ 최근 건설기술은 균열을 저감시키거나 외부 열화인자를 차단하여 구조물의 노후화 방지 및 내구수명 증대를 도모하고, 내구연한 동안 초기성능을 유지하여 유지관리 비용 감소 및 내구수명을 증대시키기 위한 새로운 개념의 구조용 화학소재 기술에 활발한 연구가 진행되고 있음.



| 그림 8. 건축물 하자 발생 유형 및 내구수명 증대 관련 기술 |

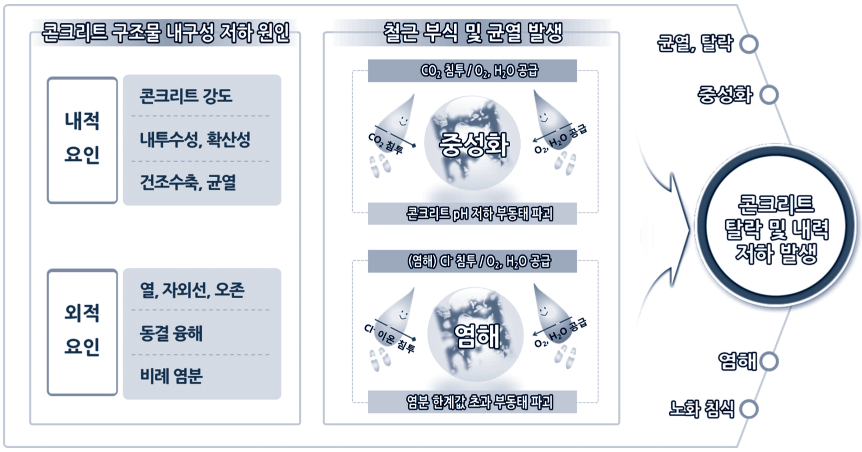
– 콘크리트 구조물의 사용수명 동안 보수 · 보강 횟수가 잦은 구조물보다 초기 비용이 많이 들지만 내구성이 우수한 소재를 사용하는 경우 최종적인 구조물의 생애주기비용은 감소하는 결과를 보이게 되므로 건축구조물의 내구수명 증대 관련 화학소재 개발이 최근 각광받는 기술 추세임



| 그림 9. 사용수명에 따른 LCC(Life Cycle Cost) 개념도 |

★ 건축물 설계 시 사용 수명을 예측할 수 있는 지능형 건설재료에 대한 수요가 증대되고 있음. 건축물의 초고층 및 대형화 추세로 건축물에 손상이 발생할 경우 유지보수가 매우 어렵고 비용이 크게 발생하고 있어 균열 보수, 열화인자 차단 관련 기술개발에 상당한 노력을 기울이고 있음

- 최근의 건축구조물 보수 · 보강 기술은 다양한 기능과 소재 복합화에 대한 니즈가 증대됨에 따라 고부착성, 기체차단성, 염화물차단성, 고내후성 등 기능성 부여 및 다양한 용도 확대로 기술이 집약되어 있음
- 특히 콘크리트 구조물의 균열복구, 균열 자기치유, 열화인자 유입차단, 단면복구를 위한 구조용 화학소재 기술에 대한 실용화, 제품화가 유지관리 시장을 가속화 시킬 것임. 또한 친환경 소재, 유무기 하이브리드 및 나노 소재 기술을 활용하여 콘크리트의 표면 및 내부의 흡수율 감소, 부식 발생 억제를 위한 표면처리 관련 시장의 급속히 팽창이 예상됨



| 그림 10. 건축구조물 유지관리 기술의 주요 고려 인자 |

지진 피해 건축물의 구조 안정성 확보를 위한 보수보강 기술동향

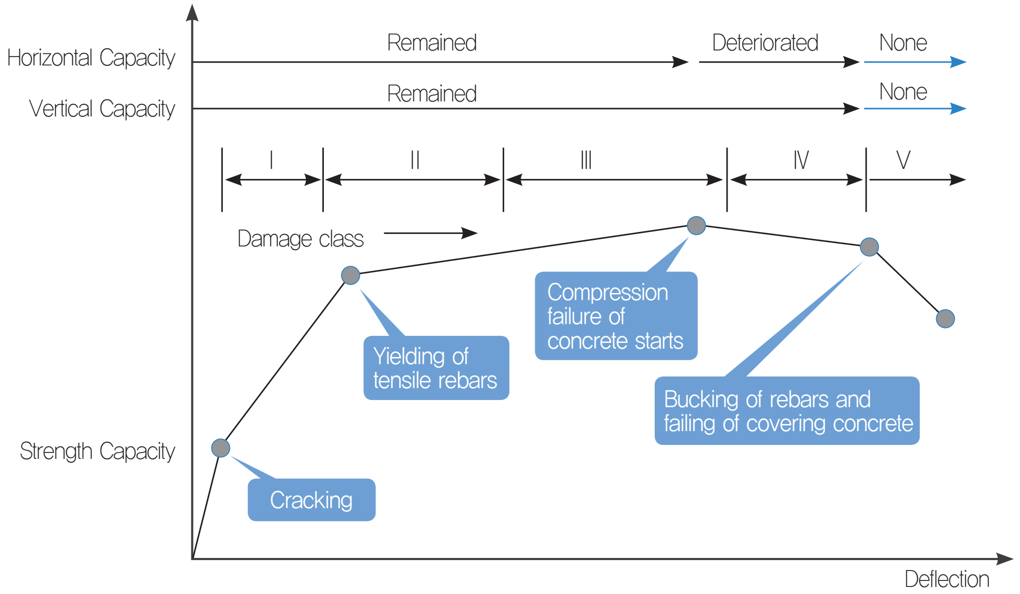
★ 지진과 계속되는 여진 발생으로 인한 건축 구조물의 손상은 지진 재해위험 노출, 사회적 불안감 증가, 내구연한 감소 및 시설물 서비스 수준 저하 등을 유발하고 있어 구조부재 보수, 내진성능 보강, 내구수명연장을 위한 고성능 구조용 화학소재의 적용 연구 및 체계적인 보강공사를 위한 기술개발에 대한 관심이 높아지고 있음

★ 건축물 안전에 대한 사회적 이슈와 맞물려 지진으로 인해 손상된 콘크리트 구조물의 내진 보수보강 기술은 기둥, 보, 벽, 슬래브 부위에 따라 부위별 손상정도, 구조강도의 회복, 구조물 기능개선, 방수성능 등을 고려하여 다양한 화학소재 및 새로운 구조용 복합재 기술 개발에 집중되고 있음

- 현재 건축 구조물의 지진피해 등급은 Pacific Earthquake Engineering Research (PEER) 자료를 기초로 하여 균열 폭에 따라 손상정도가 구분되고 있으며, 중요 구조내력 부위인 기둥이나 보 등에서 발생하는 균열 폭과 내진성능 상관관계에 따라 지진 피해 보수보강을 위한 기술적 검토 및 제품 성능 구현에 초점이 맞춰져야함.

Damage states	Column	Beam
S0	No observable damage	No observable damage
S1	Very fine cracks (less than 0.1 mm)	Very fine cracks (less than 0.1 mm)
S2	Visible cracks (0.1 to 0.2 mm)	Visible shear cracks or tension cracks (at bottom) (0.1 to 0.2 mm)
S3	Major portion of outer layer of concrete is spalled but core is intact (0.2 to 0.5 mm)	Major portion of outer layer of concrete is spalled but core is intact except for hairline cracks (0.2 to 0.5 mm)
S4	Diagonal/torsional cracks in concrete core (0.5 to 3 mm), opening of tie bars, bucking of longitudinal bars	Reinforcement and concrete bond is broken, cracks in the core concrete (0.5 to 3 mm), shear tie bar have failed
S5	Crushing of core concrete at joints, relative movement with respect to slab and other columns (cracks 〉3 mm)	Crushing of concrete at supports, excessive deflection (cracks 〉3 mm)

| 표 4. 지진 피해 등급과 구조물 균열 폭의 관계 |



| 그림 11. 구조 부재의 성능과 지진 피해 관계도 |

건축구조물 유지관리 시장의 확대와 더불어 다양한 소재 및 성능을 포함하는 제품 개발에 주력

★ 세계 건축용 화학소재 산업은 미국과 유럽의 글로벌 다국적기업이 시장을 주도하는 가운데, 고도기술을 보유하고 있는 일본기업들이 특화된 제품 출시로 폭넓은 시장을 점유하고 있는 상황임

– 특히 2012년에 3조 5,000 억 원을 이상을 차지하고 있는 국내 건축물 유지관리 시장에서 국내 기업의 차별화 기술력 부족, 중국과의 가격 경쟁 열세로 시장 확대가 어려운 실정으로 고기능화, 활용성의 확장을 위한 혁신기술개발, 가격절감 기술을 통한 고부가가치형 신제품 개발이 필요함

★ 급변하는 건축구조물의 고층화, 대형화, 경량화와 함께 시공방식도 자동화, 고속화, 정보화 추세 속에서 건축구조용 화학소재도 이에 맞춰서 다양한 기능이나 특별한 성능을 가진 제품의 개발이 요구되고 있음. 이러한 중요성으로 인해 보수/보호/보강용 화학소재도 고강도화나 고내구성 기술, 경화속도제어를 통한 구조물 일체화 거동, 콘크리트 내부로 수분이나 이산화탄소 침투는 차단하면서 수증기는 투과하는 표면처리 특성 제어, 강알칼리인 콘크리트에 적합한 보수 · 보호 조성이나 시공방법 등 여러 방면으로 국가주도의 연구개발이 이루어져야 함

– 건축구조용 화학소재 제품에 대한 연구는 사용원료 및 요구 성능에 따른 다양한 열화인자의 차단 메커니즘을 규명하고 내구성 및 고성능을 요구하는 응용제품에 대한 물리 · 화학적 특성을 개선하여 제품화하는데 집중하고 있음

– 현재 콘크리트에 발생하는 균열, 부식, 침식 등을 보수하기 위해 구조용 접착제, 복합소재, 열화인자 차단 보호재 등 핵심소재 기술에 많은 노력을 기울이고 있음

★ 전 세계적으로 유지보수 이슈와 맞물려 건축구조용 화학소재의 첨단화 및 고성능 소재로의 전환이 확대되고 있음. 특히 유럽에서의 산업규제 및 유지보수 시장이 확대되면서 BASF, Mapei, Sika, Henkel 등의 다국적 기업을 중심으로 연구개발에서 상용화까지의 모든 관련 스펙에 대한 면밀한 분석을 통해 다양한 소재 및 성능을 포함하는 제품 개발에 주력하고 있음

– 고부가가치 건축구조용 화학소재 제품 시장에서 외국계 기업의 신기술 개발과 신규시장 확보를 위한 M&A를 진행하고 있으며, 급성장하고 있는 건설 재료시장에서 국내기업의 기술수준은 유럽, 일본 등 선진국의 벽을 넘지 못하고 있는 상황

구조물의 다양한 열화원인에 따른 보수재료 선정, 설계 대책, 시공방법 등에 대해 지속적 성능 평가체계를 포함하는 기술

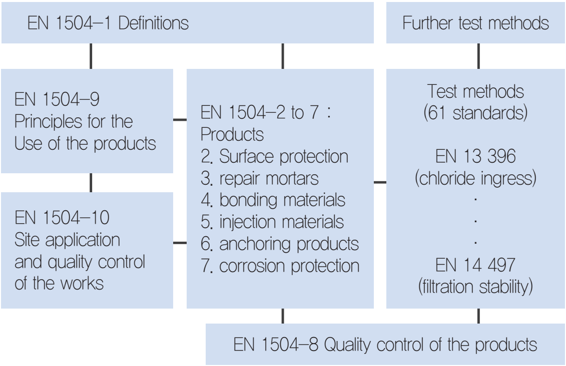
★ 고층화, 대형화 추세에 따라 고유동 콘크리트, 고강도 콘크리트, 고내구성 콘크리트 관련 시장에서 다양한 기능이나 특수한 성능을 가지는 화학소재를 중심으로 균열 보수, 표면 보호 코팅, 단면복구 관련 기술을 중심으로 개발이 추진되어야함

– 국내 건축물 유지관리 시장의 급속한 확대와 더불어 차별화된 성능을 통한 소재를 기본으로 복합화 하여 성능을 향상을 도모하는 연구가 활발히 전개되고 있으나, 다양하고 복합적인 기술개발 및 제품 적용 활성화가 미비한 상황으로 Low-tech 산업이라는 인식으로 인해 정부지원 정책에서 소외되고 있음

– 다양한 제품에 비해 체계적인 연구는 충분히 진행되지 못하고 있는 실정이며, 국내 제조업체들은 제품 구성요소의 일부 또는 전부를 수입하여 배합 · 생산하고 있는 수준

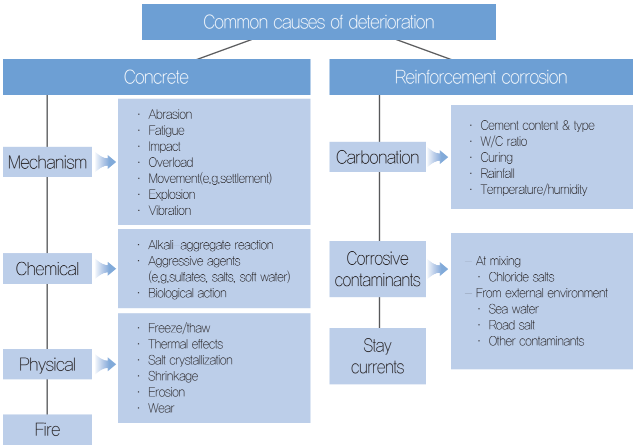
★ 건축구조물 화학소재 및 유지관리 기술 분야는 상당한 기술 축적 없이는 세계 수준의 제품 성능 및 공정 기술로 진입하기에는 산업으로 아직까지 기초 기술 기반이 취약하고 원천소재의 해외 의존도가 높아 국내업체의 체계적인 연구개발이 확립되지 못하고 있는 상황

– 건축구조용 화학소재는 사용목적에 따라 보수(repair), 보호(protection), 보강(reinforcement)으로 분류되고, ISO/TR 16475, ISO TS/NP 16774, EN 1504에서는 물성 및 적용 지침이 세부적으로 관리되고 있어 향후 기술개발 및 제품화를 위해 우선적으로 반영되어야함



| 그림 12. EN 1504 – Diagnosis, Design, Principles and Practice |

– 현재 BS EN 1504-9에서는 구조물의 다양한 열화원인에 따른 보수재료 선정, 설계대책, 시공방법 등에 대해 기술하고 있으며, 시장을 주도하는 글로벌 기업에서는 각각의 사용에 대한 내구성, 구조물의 안전성 및 고기능성에 대한 평가체계를 포함하여 관련 기술개발을 가속화하고 있음



| 그림 13. 열화인자에 유형 및 발생 원인분석 |

Principle	Method	EN 1504 part
Principles and methods related to defects in concrete		
1) Protection against ingress (PI)	1.1 Hydrophobic impregnation	2
	1.2 Impregnation	2
	1.3 Surface coating	2
	1.4 Surface binding of cracks	
	1.5 Filling cracks	5
	1.6 Transforming cracks into joints	
	1.7 Erecting external panels	
	1.8 Application of membranes	
2) Moisture control (MC)	2.1 Hydrophobic impregnation	2
	2.2 Impregnation	2
	2.3 Surface coating	2
	2.4 Erecting external panels	
	2.5 Eletcrochemical treatment	
3) Concrete restoration (CR)	3.1 Applying mortar by hand	3
	3.2 Recasting with concrete or mortar	3
	3.3 Spraying concrete or mortar	3
	3.4 Replacing elements	
4) Structural strengthening (SS)	4.1 Adding or replacing embedded or external reinforcing steel bars	
	4.2 Installing bonded rebars in preformed or drilled holes in the concrete	6
	4.3 Plate bonding	4
	4.4 Adding mortar or concrete	3,4
	4.5 Injecting in cracks, voids or interstices	5
	4.6 Filling cracks, voids or interstices	5
	4.7 Pre–compression (post–tensioning)	

Principle	Method	EN 1504 part
Principles related to reinforcement corrosion		
7) Preserving or restoring passivity (RP)	7.1 Increasing cover to reinforcement with additional concrete or mortar	3
	7.2 Replacing contaminated or carbonatated concrete	3
	7.3 Electrochemical realkalisation of carbonatated concrete	
	7.4 Electrochemical realkalisation of carbonatated concrete by diffusion	
	7.5 Electrochemical chloride extraction	
8) Increasing resistivity (IR)	8.1 Hydrophobic impregnation	2
	8.2 Impregnation	2
	8.3 Overlays or coatings	2
9) Cathodic control (CC)	9.1 Limiting oxygen content by saturation or surface coating	
10) Cathodic protection (CP)	10.1 Applying electrical potential	
11) Control of the anodic areas (CA)	11.1 Active coating of steel reinforcement	7
	11.2 Painting reinforcement with barrier coatings	7
	11.3 Applying corrosion inhibitors on concrete	

| 표 5. EN 1504-9 principles for the repair and protection of reinforced concrete |

균열 보수재 관련 기술개발 동향

★ 일반적으로 균열 보수재는 콘크리트에 발생한 균열 부위에 주입 또는 충전하여 균열을 저감시키거나 손상 부위를 보수하여 염분, 수분, 산소 등을 차단하고 지속적인 내구성 및 유지관리를 위한 구조용 화학소재로 주요 시장니즈에 대한 첨단소재 기술의 활용이 중요한 이슈가 되고 있음

- 특히 균열의 원인, 보수의 범위 및 규모, 환경조건, 공사기간, 경제성 등을 고려하여 구조용 화학소재의 고기능화를 통한 국가 주력기반 산업의 고성장과 기술개발투자를 유도하는데 큰 효과가 있는 산업분야로 나노, 마이크로캡슐화, 자기치유 등 다양한 소재기술이 융합되는 방향으로 급속하게 변화하고 있음

Property	Test method	Requirements
Adhesion by tensile bond (H, P)	EN 12618-2	- > 2 N/㎟ (H) - > 0,6 N/㎟ (for injection products for filling voids and interstices only) - Cohesive failure in the substrate (P)
Chloride content (H)	EN 196-21	< 0,2%
Injectability into dry medium (H, P)*	EN 1771 EN 12618-2	Injectability class: - high: < 4 minutes for 0.1 mm cracks - minimum: < 8 minutes for 0.2 and 0.3 mm cracks Degree of crack filling > 90% Indirect tension : > 7 N/㎟ (P) -> 3 N/㎟ (H)
Compatibility with concrete (H, P)	EN 12618-2	- Reduction of tensile strength less than 30% of initial values (H) - Cohesive failure in the substrate (P)

(H) Hydraulic binders, (P) Reactive polymeric binders

| 표 6. 콘크리트 균열 보수재의 주요 스펙 |

★ 균열 보수재 기술 동향은 스마트 및 나노 기술에 대한 니즈가 증가되면서 콘크리트 균열 저감, 급속 균열 보수, 균열 자기치유, 균열 감응 동작 등 새로운 개념의 보수재 및 특수 기능강화로 다양한 기술개발이 요구되고 있는 추세임

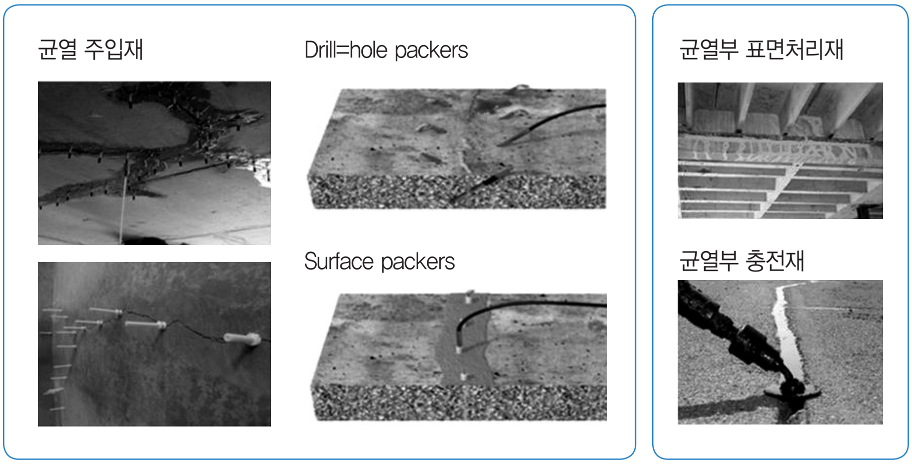
– 특히 최근에는 고부착성능, 균열 추종성, 콘크리트와의 열팽창계수 및 탄성계수를 고려한 마이크로캡슐화, 잠재성 경화, 박테리아 활용 기술 등 효과적인 균열 보수를 위한 활발한 연구가 진행되고 있음

★ 균열 보수용 접착제

– 콘크리트와 접착성이 우수하고 일체화 거동 특성을 가지는 에폭시계, 아크릴계 접착제 및 폴리머 시멘트 슬러리 등 보수용 접착제 적용을 통한 균열 보수가 가장 보편화된 상용화 기술

– 균열의 진행, 균열 폭, 구조물의 종류 및 단면크기 등에 따라 사용할 재료의 적합성을 검토하는 것이 중요하고 접착강도의 재현성, 경화시간의 최적화, 지속적인 접착거동 등 균열 보수에 대한 근본적인 해결 기술이 필요

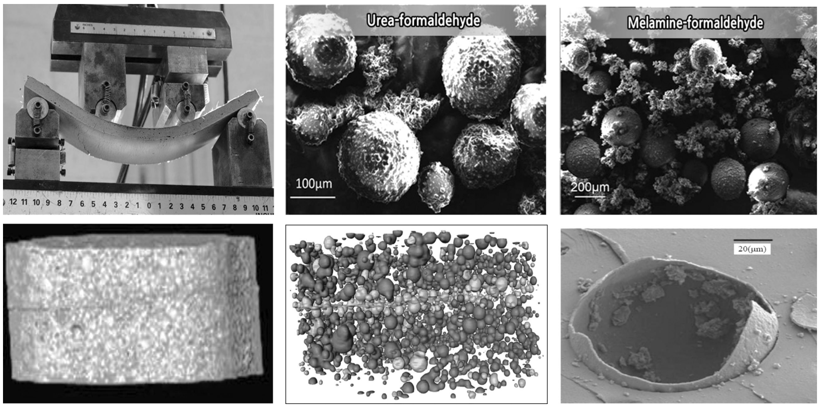
– 현재 많은 종류의 균열 보수용 접착제 제품이 상용화되고 있으나, 국내시장은 BASF, Mapei, Henkel, Sika 등 글로벌 기업의 독점화가 심화되고 있으며, 범용 분야를 제외하고 극히 일부 품목만 국산화가 되고 있어 기술의 해외 의존도가 높은 상황임



| 그림 14. 균열 보수용 접착제 적용 사례 |

★ 마이크로캡슐화 균열 보수

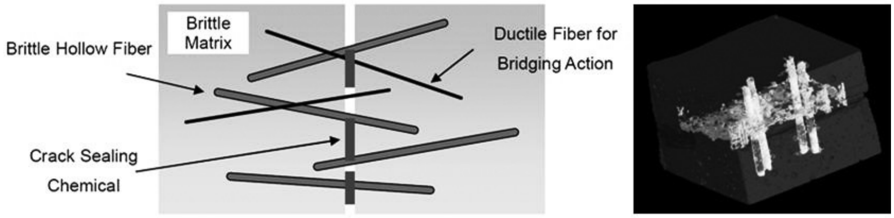
- 대표적인 예로 코어(core) 물질로 기계적 물성 및 콘크리트와 상용성이 우수한 구조용 접착제를 마이크로캡슐화 하여 콘크리트 내부에 분산시키고, 추가적이 균열이 발생하는 경우 캡슐이 파괴되어 균열을 보수하는 연구가 진행되고 있음. 현재 가시화된 기술로 에폭시계 접착제를 urea formaldehyde 또는 melamine formaldehyde로 마이크로캡슐을 제조하고 캡슐 파괴에 의해 2액형 보수재가 방출된 후에 반응하여 균열부를 보수하는 기술이 개발되고 있음
- 아직까지는 콘크리트 계면에서 경화반응이 불안정하고 균열부위로 낮은 침투성, 경화반응시간 지연 등에 대한 기술적 개선이 요구되고 있음. 이를 위해 균열부위 침투를 위한 경화속도제어, 경화수축변형, 콘크리트 강도 저하 없는 일체화 거동 등 다양한 방면으로 균열 보수재 조성물에 대한 연구개발이 필요함



| 그림 15. 균열 보수재의 마이크로캡슐화 기술 |

★ 유리 캡슐 튜브 균열 보수

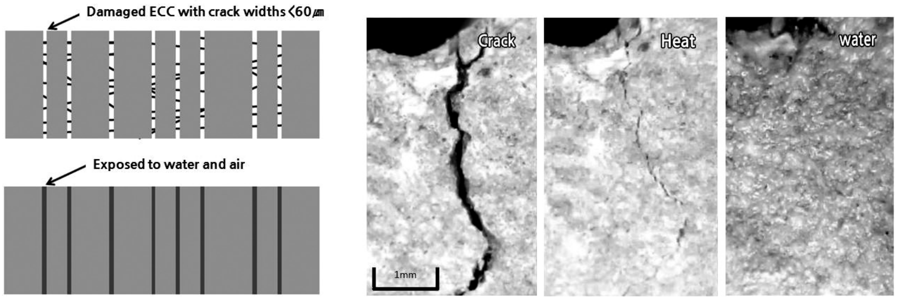
– 기존 균열 보수재가 균열부위로의 침투성과 경화반응이 늦다는 점을 보완하기 위해 유리튜브(glass tube)에 EC(ethyl cyanoacrylate)을 충전하여 사용하는 기술이 개발됨. 경화반응이 빠르기 때문에 균열이 발생과 동시에 보수할 수 있다는 장점이 있으나 수분이나 공기 등에 의해 미리 경화되어 콘크리트와의 접착력이 저하되는 단점이 있음. 온도 및 반복 하중 등에 의한 균열 폭이 변화하는 경우 보수재의 박리가 발생하기 때문에 속경화가 가능하며 다양한 균열부위에 적용이 가능한 새로운 반응형 균열 보수재에 대한 연구개발이 필요



| 그림 16. EC(ethyl cyanoacrylate)를 포함하는 유리 캡슐 튜브 활용 사례 |

★ 균열 동작형 균열 보수재

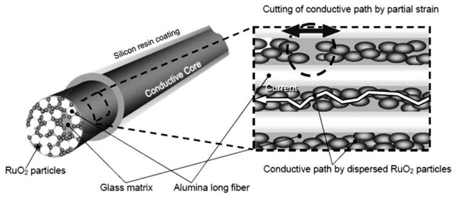
– 자체 수축력이 우수한 Shape Memory Polymers(SMP)를 콘크리트 및 균열 보수재 내부에 균질하게 분산시켜 시공하는 방식으로 균열회복능력이 우수한 Restrained polymer Tendons(RPT)를 포함하고 있어 콘크리트 균열이 발생하게 되면 열이나 수분 등 외부 자극에 의해 균열을 보수하는 기술이 개발 중에 있음



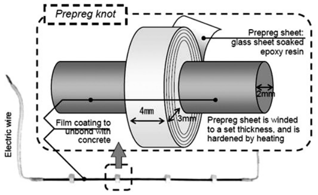
| 그림 17. Shape Memory Polymers (SMP)의 균열 보수 적용 사례 |

★ 능동형 반복 균열 보수재

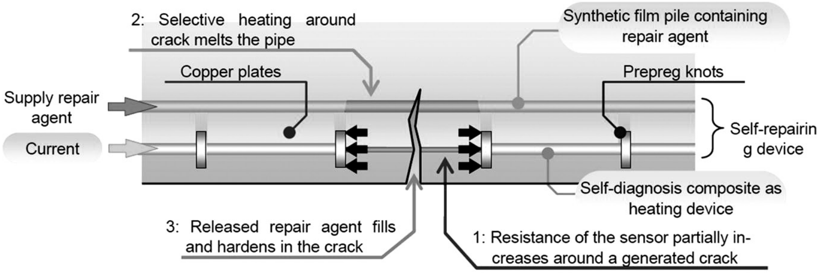
– RuO_2나 carbon black 등 전기전도성 입자와 복합체로 구성된 균열진단센서가 콘크리트 구조물의 균열에 의해 단락되면 저항이 증가하여 균열부위에서 열이 발생하게 되고 에폭시 수지가가 충진된 튜브가 녹아 균열부위로 침투하여 균열을 보수하는 기술에 대한 연구가 본격화 되고 있음



<self-diagnosis composite(Nishiwaki et al. 2007)>



<Prepreg knot and the self-diagnosis composite(Nishiwaki et al. 2007)>



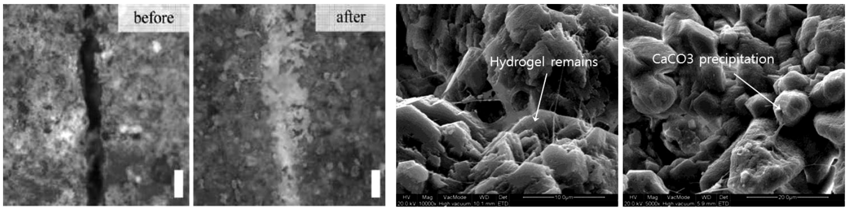
<Activated reparing system(Nishiwaki et al. 2010)>

| 그림 18. 능동형 반복 균열 보수재 적용 사례 |

★ 고흡수성 수지를 활용한 균열 차단 기술

– 콘크리트에 발생한 균열을 차단하는 방법으로 SAP(super absorbent polymer), MgO–CaO, lignosulphonate, 마이크로섬유(microfiber) 등을 복합적으로 이용하여 자기수축 및 건조 수축을 감소시켜 균열 발생을 억제하는 연구가 진행되고 있음. 수화반응에서 발생하는 자기수축 또는 내부 구속응력을 감속시켜 균열 발생을 방지하고 동경융해로 인한 콘크리트 파손을 억제할 수 있어 최근 이슈화되고 있음

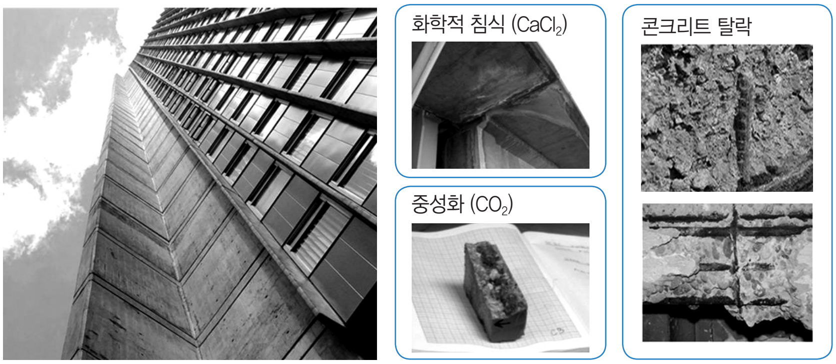
– 콘크리트 균열 발생 후 수화되지 않은 시멘트 입자가 균열 사이로 들어온 물과 반응해 C–S–H의 생성 및 $CaCO_3$의 침전이 발생하게 되며 이러한 생성물들이 균열을 차단하게 됨. SAP를 통해 축적된 물이 내부양생(internal curing)효과를 나타내고 시멘트 입자의 추가적인 수화반응 및 균열 복구를 유도하지만, 콘크리트 내부에 공극 생성으로 압축강도 및 인장강도가 감소에 대한 근본적 해결 기술이 필요



| 그림 19. SAP를 적용한 균열 보수 적용 사례 |

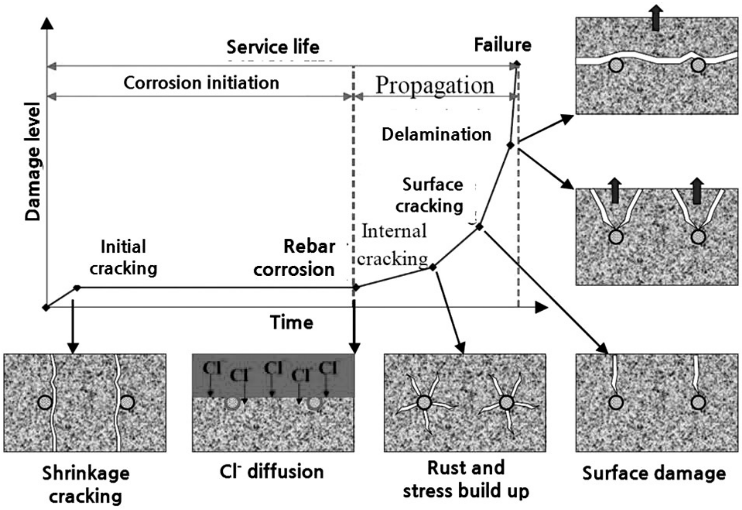
표면 보호재 관련 기술동향

★ 콘크리트 표면 보호재는 중성화, 염해, 수분침투에 의한 동결융해, 화학적 침식 등 열화인자가 콘크리트 내부로 유입되는 것을 차단하여 구조물의 내구성과 안전성을 확보하기 위한 고기능성 표면처리 기술



| 그림 20. 콘크리트 열화현상 및 표면 보호재의 주요기능 |

– 특히 염화물이온과 CO_2에 의한 콘크리트 중 철근 부식은 구조물의 안전성과 내구수명저하에 직접적인 영향을 미치게 되므로 콘크리트 열화인자 차단과 방수성능, 내후성, 콘크리트와의 부착성, 균열 추종성 구현에 대한 기술개발이 중요한 이슈가 되고 있음



| 그림 21. 콘크리트 철근 부식과 균열 발생 상관관계 |

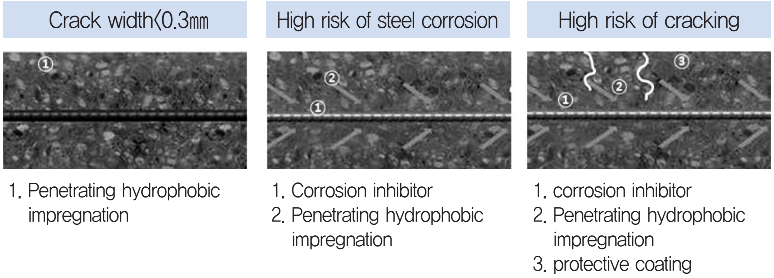
★ 일반적으로 콘크리트 표면에 에폭시, 폴리우레탄, 아크릴 수지 등 도막을 형성하는 코팅식과 실란, 실리콘 계열의 재료를 콘크리트 공극에 침투시켜 소수성을 확보하는 침투식으로 분류되며, 표면 보호성능과 제조단가의 경제성이 확보되는 아크릴이나 실란계 기반의 콘크리트 표면 보호재가 건축재료 시장의 주를 이루고 있음

materials	surface protection	properties
oligomer silane	hydrophobic impregnation	– permeability to CO_2 – water absorption – pull–off strength – chloride diffusion – properties after freeze–thaw action – crack bridging ability – exposure to UV radiation
silicone resin	hydrophobic impregnation	
acrylic resin paint	paint	
acrylic modified cement paint	paint	
synthetic rubber paint	paint	
silicate paint	paint	
epoxy coat	paint/membrane	
polyurethane coat	coat/membrane	
acrylic coat	coat/membrane	

| 표 7. 콘크리트 표면 보호재 범위 및 특성 |

– 일본의 경우 내알칼리성 및 내구성이 우수한 실리콘 수지계 마감재가 개발되어 현재 실용화 단계에 있으며, 관련 성능 규정을 제정하여 사용하고 있음

– 최근 고성능 복합화 제품 개발이 요구되고 있으며, 구조 및 재료의 안정성과 함께 경제성이 확보된 보수재료 개발 및 공법의 연구가 활발하게 진행되고 있는 추세



| 그림 22. 콘크리트 표면보호재(발수제–코팅재) 복합화 적용 사례 |

– 콘크리트 표면에 일정한 피막층을 형성하는 코팅식 제품은 외부 열화 인자를 차단하는데 매우 효과적이지만 과도한 습윤면에 적용할 경우 부착강도 저하로 인한 탈락 및 내구성 발현이 저하되고, 반면 침투식은 장기적 침식조건이나 균열발생에 대한 성능확보가 어려움이 있어 근본적인 기술적 개선이 필요한 상황

Property	Test method	Requirements
Loss of mass after freeze–thaw–salt stress	EN 13581	The loss of mass in an impregnated specimen must occur at least 20 cycles after the loss of mass is observed in the not impregnated specimen
Depth of penetration of the hydrophobic impregnation	prEN 14630	Class I: 〈 10 mm Class II: ≥10 mm
Water absorption and resistance to alkali	EN 13580	Absorption ratio 〈 7.5% compared with the untreated specimen Absorption ration after immersion into alkali solution 〈 10%
Drying rate coefficient	EN 13579	Class I: 〉 30% Class II: 〉 10%
Diffusion of chloride ions	Subject to national standards	No requirements specified in EN 1504–2 but when the capillary absorption of water is lower than 0.01 kg/(㎡h0.5) the diffusion of chloride ions is not expected

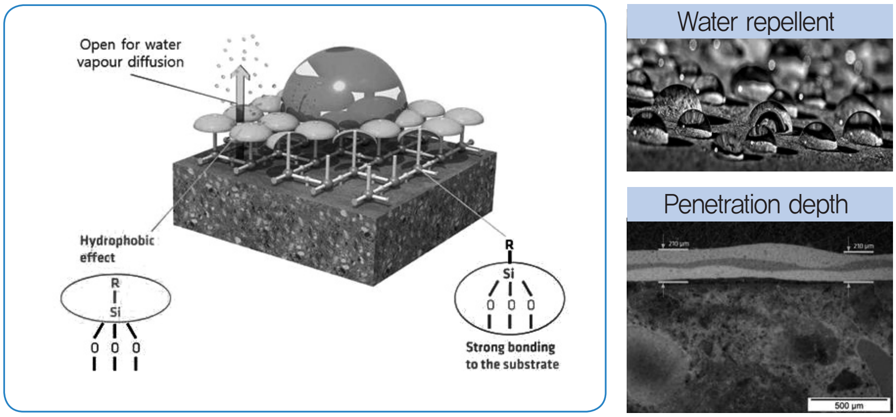
| 표 8. 콘크리트 표면보호용 발수제 주요 스펙 |

Property	Test method	Requirements	
		Impregnation	Coatings
Permeability to water vapor	EN ISO 7783–1 EN ISO 7783–2	– Class I: Sd 〈 5 m – Class II: 5 m ≤ Sd ≤ 50 m – Class III: Sd 〉 50 m	
Capillary absorption of water	EN 1062–3	w 〈 0.1 [kg/(㎡h0.5)]	
Adhesion (pulloff)	EN 1542	– vertical: ≥ 0.8 N/㎟ – horizontal with no mechanical load: ≥1.0N/㎟ – horizontal with mechanical load :≥1.5N/㎟	Rigid or Flexible systems – No traffic ≥ 0.8 N/㎟ ≥ 1.0 N/㎟ – Traffic ≥ 1.5 N/㎟ ≥ 2.1 N/㎟
Adhesion to wet concrete	EN 13578	–	No blistering, cracking
Permeability to CO_2	EN 1062–6	–	Sd 〉 50 m
Crack–bridging	EN 1062–7	–	Class A5 : 〉 2.5 mm
Diffusion of chloride ions	National standards and regulations	Subject to national standards and regulations	

| 표 9. 콘크리트 표면보호용 침투제 및 코팅재 주요 스펙 |

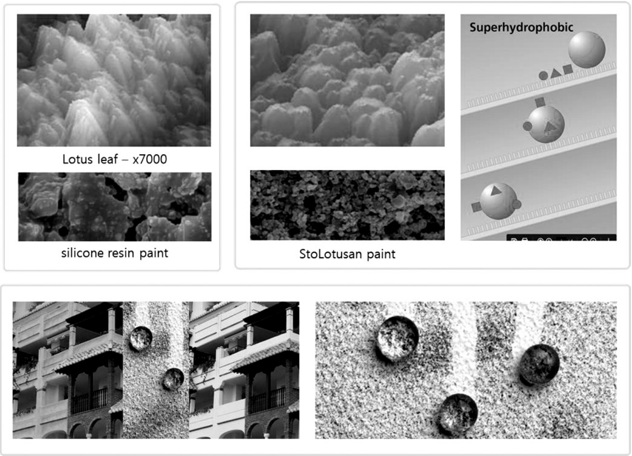
★ 침투성 발수제

– 현재 Dow corning, Shinetsu, Wacker, Evonik 등 다국적 기업에서 생산된 제품이 대부분을 차지하고 있음. 용제형 제품에서 수성형 등의 친환경이 제품이 다양하게 출시되어 있으며, 콘크리트 내부에 침투 경화되어 가교피막 형성하여 수분 침투에 의한 표면 백화현상이나 콘크리트 동결융해, 철근 부식 방지를 위해 가장 보편적으로 사용되는 표면 보호재 기술



| 그림 23. 침투성 발수제 적용 사례 |

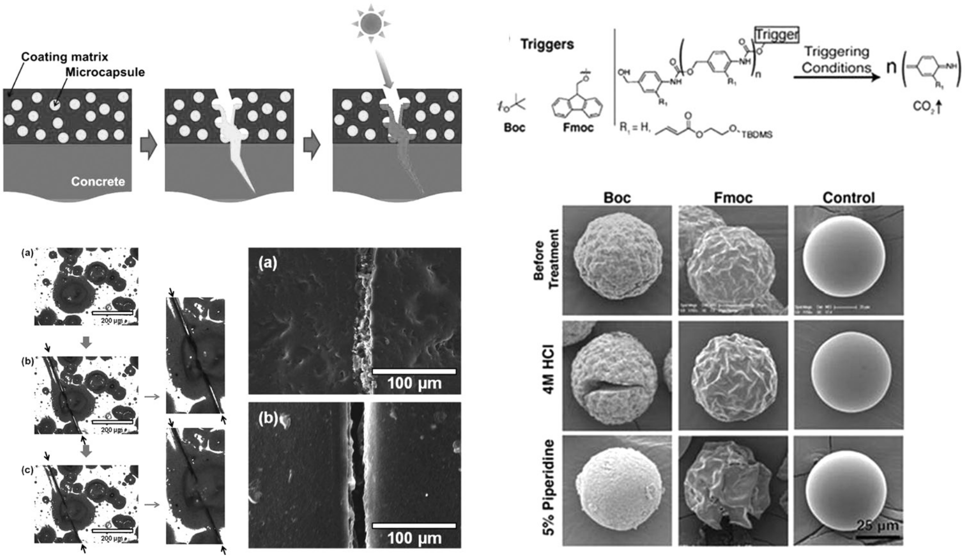
– 독일 Sto사에서 오염 방지 및 자기 세정 기능을 갖는 Lotusan 페인트를 개발하여 판매하고 있으며, EWABO 사에는 Nanotol이라는 액상 코팅제를 개발하여 판매하는 등 많은 연구가 진행되고 있음



| 그림 24. 자기세정 표면보호재 적용 사례(Sto Lotusan) |

★ 마이크로캡슐형 표면보호재

– 대표적인 마이크로캡슐 기술로 연세대학교와 한국건설생활환경시험연구원(KCL)가 공동으로 새로운 개념의 콘크리트 표면 보호재 코팅기술을 개발하였음. 실록산-메타크릴레이트 프리폴리머를 캡슐화 하여 실록산계 매트릭스 소재에 분산시켜 콘크리트 보호코팅재로 적용하고, 태양광을 이용한 균열 보수를 통한 염소이온투과 및 투수도 시험을 실시하여 열화 인자 차단 성능에 대한 연구를 진행함



| 그림 25. 마이크로 캡슐을 활용한 자기치유 표면 보호재 기술 |

– 또한 마이크로캡슐과 촉매를 매트릭스에 분산시키는 기술의 문제점을 해결하여 콘크리트 표면에 도포한 후 균열 발생하게 되면 캡슐이 파괴되어 내부의 코팅 물질이 균열부로 이동하여 특별한 촉매제 없이 수분, 산소, 태양광 (UV)에 의한 경화반응이 일으키는 기술을 개발함

– 마이크로캡슐로부터 코팅 물질이 나오게 하는 원인 작용을 기계적인 파괴뿐만이 아니라 물리적 및 화학적인 작용으로 확대를 위한 기술개발 진행이 필요

★ 나노 복합 표면처리제

– 수분 및 외부 유해물질 등의 침투를 방지하기 위해 나노 합성 무기질 활성탄소계 표면처리재료를 콘크리트 표면에 도포하면 콘크리트 조직에 침투하여 미세기공을 가지게 되는데 미세기공은 직경이 3~100Å으로 열화인자를 차단할 수 있는 기술. 콘크리트 표면에 합성수지계 도막은 시간이 경과됨에 따라 내부 수분의 팽압 작용으로 인한 부풀음 및 탈락 등이 발생하지만 나노복합 활성탄 표면처리제의 경우에는 내부의 모세관 공극에 균질하게 침투하여 통기성을 나타내어 장기적으로 박리, 탈락, 변형 등의 문제점을 해결한 기술이 개발됨

콘크리트 단면 복구용 보수재 관련 기술현황

★ 단면 복구재는 콘크리트 구조물에 있어서 손상에 의해 탈락한 콘크리트 부분이나 보수시공을 실시하기 위해 절취한 콘크리트의 결손부분을 원래의 상태로 복구하는 재 보수재로서 콘크리트와 동등이상의 강도를 발현하여야 하며, 바탕체인 콘크리트와 유사한 열팽창계수, 작은 경화 수축률, 콘크리트 및 피복 재료와의 부착성이 우수한 구조용 화학소재 기술임

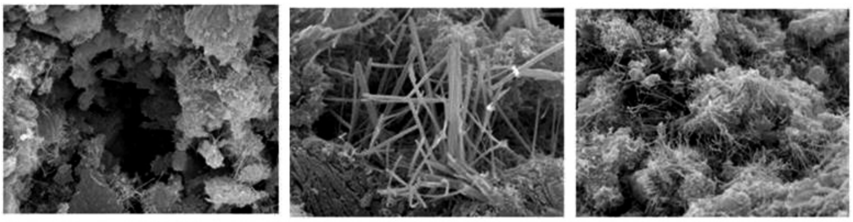
- 일반적으로 단면복구용 보수재료는 일반 시멘트, 에폭시계, 아크릴계 및 SBR 모르타르를 활용한 보수재료 등이 이용되고 있지만 그중에서도 에폭시계 모르타르 보수재료가 주를 이루고 있음. 에폭시 수지계 보수재료 및 시공방법은 부착성능 및 구조적 강도가 우수한 장점이 있지만 신구 콘크리트 사이에 조인트가 발생하여 국부전지에 따른 철근부식 현상을 유도할 수 있는 문제점이 있음
- 에폭시 수지계 보수재료는 콘크리트와의 열팽창계수 및 탄성계수의 차이와 접착면 피막형성 등으로 인한 탈락현상이 유발됨. 또한 내부의 수분을 외부로 배출하지 못하여 철근 부식뿐만 아니라 결로 현상을 발생시키며, 주요 내구성 저하의 원인을 근본적으로 보수가 이루어지지 못하기 때문에 내구성 향상을 기대하기 어려움

★ 단면 복구재 내부에 나노 입자 및 파이버를 첨가 하여 소성 수축 균열 방지, 인장강도, 압축강도 등의 성능을 개선하기 위한 기술 개발이 진행되고 있음

- BASF사에서는 모르타르에 나노 파이버 첨가한 Emaco® Nanocrete repair mortar 제품 개발 하여 실증시험을 진행 중에 있음

| 그림 26. BASF사 Emaco® Nanocrete repair mortar 적용 사례 |

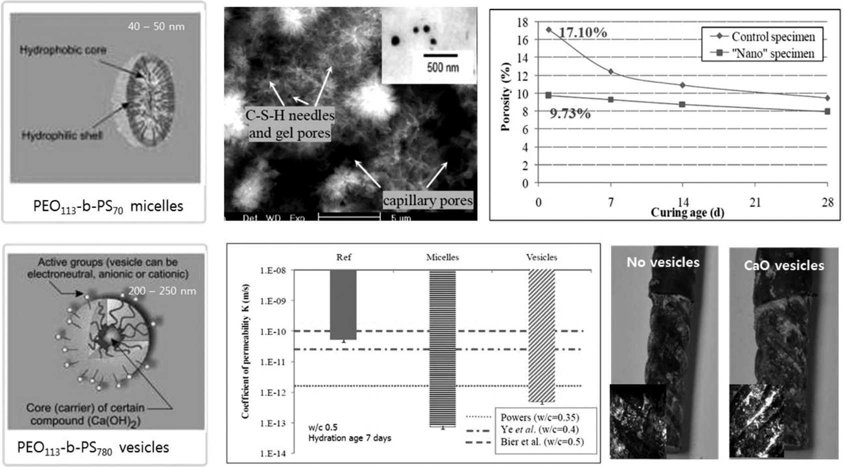
- Sika사는 나노 입자를 첨가한 Watertight Concrete 제품을 출시하였음. 콘크리트 공극에 물이 침투하게 되면 추가적인 수화반응에 의해 결정이 생성되어 스스로 공극을 채워 누수를 차단하는 기술을 적용하고 있음



Clearly visible void　Crystalline growth　Sealed void

| 그림 27. Sika사 Watertight Concrete(WT-200) 적용 사례 |

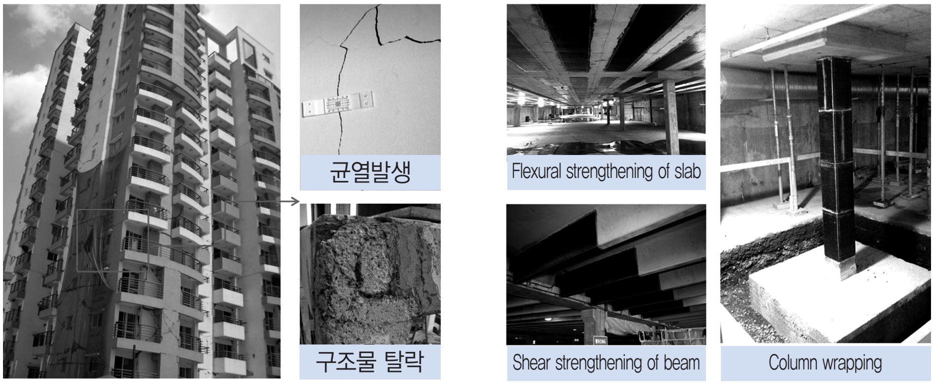
– 네덜란드 델프트 공대의 Koleva, et al 연구팀은 2012년 8월 싱가포르에서 개최한 “37th Conference on Our World in Concrete & Structures”에서 나노물질로 PEO113–b–PS70 micelles과 PEO113–b–PS780 vesicles을 첨가한 단면 복수재를 발표함. 이는 나노 입자가 모르타르 공극에 채워지면서 중성화를 차단하고 pH 변화에 따라 반응하여 철근 계면에서의 부식을 차단하는 핵심기술임



| 그림 28. 나노 물질 적용한 철근 콘크리트 부식 방지 적용 사례 |

지진 피해 저감용 보수 보강 관련 기술현황

★ 지진에 의한 피해 발생을 방지하기 위해 지진으로 인해 전달되는 진동을 저감시키거나 건축구조물 벽체, 슬래브, 보 등 구조 내력 부위에 구조물의 강성, 감쇠 등을 제어하기 위한 보수 보강 기술에 대한 연구가 활발히 진행되고 있음



| 그림 29. 지진 피해 건축구조물 보수보강 기술 현황 |

★ 최근 지진 피해 저감 화학소재 기술로 MAPEI사에서는 Bayer Material Science AG, Karlsruhe Institute of Technology(KIT), KAST와 공동으로 지진 발생시 구조물 벽체의 균열, 탈락을 방지할 수 있는 “MapWrap EQ system” 벽체 시스템을 개발하여 제품화하였음

- Bayer Material Science의 폴리우레탄 접착제인 Dispercoll U를 사용하여 콘크리트 벽체와 보강섬유의 일체화 구조를 형성하여 구조물 벽체의 내하력, 연성동 및 전단강도를 향상시켜 지진에 의해 발생되는 전단력에 대하여 급격한 전단파괴가 발생하지 않도록 벽의 인성(Toughness)을 증진시키는 화학소재 복합화 기술을 개발

| 그림 30. 지진 피해 방지용 벽체 시스템 적용 사례 |

4. 건축구조용 화학소재 개발 방향

★ 건설기술의 글로벌 경쟁력 강화를 위해 새로운 성능개념의 “Green & Smart” 화학소재에 대한 개발 요구가 증가, Low-Tech 산업이라는 인식으로 인해 선진국 대비 전략적 연구개발 및 상용화 체계 미흡

- 건설산업의 패러다임 변화를 통해 기술 고도화를 모색하고 가치창조형 첨단산업으로 도약시키기 위한 핵심소재기술을 적극 활용하여 선진국 수준의 기술경쟁력 확보와 세계시장 선도를 위한 중장기적 대책마련이 시급함

- 미래시장 선점 및 세계 선도를 위해 구조용 화학소재의 고기능화는 국가 주력기반 산업의 고성장과 기술개발투자를 유도하는데 큰 효과가 있는 산업분야로 첨단소재기술이 융합되는 방향으로 산업적 전략 수립 필요

★ 최근 지진 발생으로 인한 건축 구조물의 손상에 대해 구조부재 보수, 내진성능 보강, 내구수명연장을 위한 고성능 구조용 화학소재의 연구 및 체계적인 보강공사를 위한 기술개발에 대한 관심이 높아지고 있음

★ 사회적인 이슈와 맞물려 건축 구조물의 유지관리 및 내구수명을 증대시키기 위한 첨단화 및 고성능 소재로의 전환이 확대됨에 따라 새로운 개념의 화학소재 관련 연구개발이 주를 이루고 있음

- 건축물 유지관리 시장의 급속한 확대와 더불어 고급화, 다기능화 소재의 융합기술 개발을 통해 사회적 요구를 충족시키고 전방 산업의 국제 경쟁력 향상에 기여하게 될 것임
- 건축기술 분야의 스마트 및 나노 기술에 대한 니즈가 증가되면서 첨단 소재기술을 활용한 새로운 개념의 차별화된 성능 및 고부가가치화를 유도하는 화학소재 개발이 요구됨

★ 건축구조용 화학소재의 기술방향은 기존 유지관리 기술을 포함하여 소재 개발 사업을 체계화하고, 소재와 시공기술간 시너지 창출을 위한 유기적 협력체계, 첨단소재 기술의 실용화, 차별화된 산업기술을 지속시키고 융합 선진 기술 확보를 통한 실제 건설현장에서 적용하여 미래 건설시장 우위를 선점할 수 있는 혁신적인 산업 구조 고도화 구현에 있음

- 국내 건설재료관련 시장은 중소기업이 대부분으로 개발기술의 국내 파급 및 국내 기업의 해외 진출, 창조형 해외 신시장 창출에 기여할 수 있음

★ 글로벌 시장변화에 대응하기 위한 시장선도형 고부가 기술개발로 건설 산업의 기술 고도화를 모색하고 시급성과 중요도를 고려하여 핵심소재기술 선점을 위한 단계적인 연구개발이 필요함

- 더불어 고부가가치 표면처리 기술 창출, 균열 보수 신규 시스템, 반복적 균열에 대응하는 능동형 기술, 콘크리트 균열 자기치유 기술이나 균열 저감 및 균열 추종성 확보를 위한 첨단 기술의 융합화로 새로운 수요의 창출과 건설 산업의 제고를 통한 국가 경제발전 선도할 수 있음

[참고문헌]

1. 콘크리트구조물 보수 및 보호재료의 내구성능 평가방법의 개발 최종보고서, 한국건자재시험연구원, 2008
2. 2030 건설시장-新築 쇠퇴, 유지보수 위주로 전환, 이홍일, 2015. 4.
3. 2016 건설시장 전망과 시사점, 한국건설산업연구원, 2015.11.
4. 중소기업 전략기술로드맵 2016-2018, 중소기업기술정보진흥원, 2015
5. 콘크리트 구조물의 균열보수를 위한 재료 및 시공법의 계획, 롯데건설(주), 2009. 2.
6. Basics of Concrete Repair and Structural Strengthening, Paul Russell, 2015
7. 콘크리트 구조물 보수용 단면복구재 및 표면보호재의 중성화 저항성 평가, 박상순, 2008
8. 콘크리트 내구성 향상을 위한 자기 치유 보호용 코팅재 특성에 관한 연구, 한국콘크리트학회, 2013.
9. The repair & protection of reinforced concrete. Sika, 2015.
10. 첨단기술과의 융복합- 구조물 계측 및 시공기술, 한국건설기술연구원, 2014