



# 콘크리트 공학의 교육과 연구의 발전 방향

Vision for the Education and Research in Concrete Technology

정상화 Sang-Hwa Jung  
한국건설생활환경시험연구원 선행기술팀장

김진근 Jin-Keun Kim  
KAIST 건설 및 환경공학과 교수

## 1. 머리말

모든 것은 계속 변화한다. 그래서 영국의 학자 Disraeli는 “변화는 일상적이다(change is constant).”라고 말하였다. 이러한 변화를 담아 새로운 세기가 시작한 10여 년 전 모든 분야에서 21세기의 비전을 예측하고 제시한 적이 있으며, 우리 학회에서도 ‘21세기 콘크리트 기술의 발전 방향’이라는 책자를 통해 시대적인 변화에 부응하고자 노력하였다. 예측이란 실제와 많은 차이점을 가질 수밖에 없음에도 불구하고 우리는 예측을 하고 비전을 제시하고 있으며, 이는 예측의 정확성을 믿기보다는 우리가 바라는 바를 이루고자 우리의 각오를 새롭게 하는데 의미가 있다고 본다. 이 글도 우리나라 콘크리트 공학에 대한 교육과 연구 분야에서 지난날에 일어난 일들을 짚어보고, 그에 따라 바람직한 앞으로의 방향을 주관적으로 제시하고자 하였다.

## 2. 과거 및 현 상황

먼저 콘크리트 공학관련 교육과 연구 분야에 있어 우리나라의 사정을 간단히 살펴보고자 한다.

### 2.1 교육 분야

우리 학회 3대 회장님이셨던故 박병용 교수님께서서는 퇴임식에서 1950년대와 1960년대에는 대학에서 콘크리트 과목을 강의할 때 교과목도 없었을 뿐만 아니라 체계적으로 강의할 내용의 구성도 갖추어져 있지 않았다고 말씀하셨다. 이를 통해 우리나라의 대학 교육이 그 당시 얼마나 열악한 사정이었는지 알 수 있다. 그러나 1960년대 말 이후부터는 지금과 대동소이한 내용의 교과 구성으로 교육되었으며, 이후 설계 방법의 변화 등에 따른 약간의 교과 내용이 수정된 정도이다. 다시 말해 1970년 이후 현재까지 약 40여 년간은 콘크리트 공학 교과 분야에서 큰 변화 또는 발전이 없었다고 생각된다. 다만 1990년 중반 이후 국가 R&D가 증대되면서 대학 구성원들이 교육뿐만 아니라 연구 분야에도 적극적으로 참여한 점과 SOC 사업이 활성화되면서 실제 현장 또는 평가에 일부 참여한 점이 변화라면 변화라고 볼 수 있다.

## 2.2 연구 분야

1980년 이전까지 우리나라의 연구비 및 연구 시설은 매우 미미한 실정으로써 실질적인 연구 수행이 무척 힘들었다. 1980년 초반 이후 여러 분야에서 연구가 실질적으로 시작되었으나 건설 분야 특히 콘크리트 분야의 연구는 1990년대 초부터 시작하여 중반 이후부터 본격적으로 수행하게 되었다고 볼 수 있다.

최근 건설교통 R&D 예산의 경우 2004년을 기점으로 매년 연평균 28% 증가하여 2011년에는 4,310억 원까지 규모가 확대되었으나 2009년 예산규모 4,000억 원을 달성한 이후 증가율이 점차 둔화되는 추세이다. 이에 따라 1990년 이전에는 건설 분야 R&D가 건설회사 연구소와 대학을 중심으로 현장에서 발생하는 문제를 해결하는 수준으로 이루어졌으나 현재는 국가연구기관을 중심으로 선도적인 연구를 수행하는 경우가 크게 증가하였다. 또한 연구 장비도 교육용으로 대학 실험실에 설치된 기본 시설에서 탈피하여 대형 실험 시설이 다수 설치되었다.

## 3. 발전 방향

이 장에서는 앞으로 콘크리트 공학 분야에서 교육과 연구에 대한 발전 방향을 살펴보고자 한다. 그러나 앞서 언급한 바와 같이 어디까지나 희망 사항을 담은 주관적인 예측이라는 것을 밝혀둔다.

### 3.1 교육 분야

교육의 내용 측면에서 보면 다른 분야와 마찬가지로 콘크리트 공학 분야에서도 대학 교육은 전문성과 유연성을 갖춘 수 있는 방향으로 나아가야 할 것으로 본다. 이 때까지 대학 교육이 전문성 확보에 치중하여 왔다면 앞으로는 이를 근간으로 하여 타 전공 분야의 학문과 또는 콘크리트 공학 내의 구조, 재료 등의 학문 분야의 융합이 가능할 수 있는 교육으로의 방향 전환이 필요하다. 왜냐하면 이전까지는 다수의 전문가가 필요했지만 통신 수단이 더욱 발전할 미래에는 각 분야에서 극히 뛰어난 소수의 전문가만을 필요로 할 것으로 예측되고, 그 대신 분야는 보다 세분화될 가능성이 높다. 그리고 이러한 세분화는 콘크리트 자체뿐만이 아니라 타 분야와의 융합과 관

련해서 더욱 많이 일어나게 되고, 이에 따라 다양한 분야의 학문을 융합시키거나 응용하는 능력을 지닌 다수의 사람이 필요할 것이다. 따라서 콘크리트 공학 분야도 보다 세분화된 영역의 뛰어난 전문성이 있는 소수의 사람과 타 분야와 융합할 수 있는, 즉 유연성을 갖춘 다수의 사람이 요구된다 하겠다.

교육 수단 측면에서 보면 앞서 설명한 바와 같이 우리나라의 대학 교육에 있어서 그 수단의 변화는 매우 느리게 진행되었다고 볼 수 있다. 1990년까지는 칠판에 분필로 이루어지는 강의와 실험실에서 미미한 수준의 실험에 의해 이루어졌다. 그러나 1980년 중반 이후 컴퓨터가 일반화됨에 따라 여러 가지 변화가 일어났다. 강의는 칠판 대신에 스크린에 오버헤드 프로젝터를 사용하기 시작하여 이제 파워포인트로 이루어지는 것이 일상화 되었다. 실험도 실험시설의 개선과 더불어 비디오테이프 등을 통한 시각적 장비를 통하여 이루어지고 있다. 또한 앞으로 강의는 강의실에서 뿐만 아니라 원격 영상 강의 및 온라인(on-line) 강의를 더욱 늘어날 것으로 예상된다. 그러나 이렇게 이루어지는 교육도 변화에 맞는 내용(contents)을 적절하게 개발하고 응용하느냐에 따라 크게 다를 수 있으므로 이를 고려한 교재 및 실험 보조자료 등의 개발이 시급하다고 본다.

마지막으로 교육 기관 측면에서 보면 콘크리트 공학 분야에서 앞으로는 대학뿐만 아니라 특수 교육 기관(국가단체에 의한 교육, 사회단체에 의한 교육, 회사 내 교육, 사이버 교육 등)에 의한 교육이 활발하게 이루어질 가능성이 있다. 먼저 대학을 살펴보면 앞서 교육의 내용에서 지적한 바와 같은 인재를 양성하기 위해서는 대학의 차별화가 필요하다고 본다. 각 분야의 창의적 연구 수행도 가능하고 전문성을 갖춘 인재 교육을 위한 대학과 여러 분야를 융합할 수 있는 인재 교육을 위한 대학, 그리고 현장에서 책임지고 업무를 수행할 능력을 갖춘 인재 교육을 위한 대학 등의 차별성을 두어야 할 것으로 본다. 그리고 미래는 일생의 어느 특정 시기에 교육을 받고 그 이후는 일만 하는 시대는 아닌 것으로 보이며, 교육과 일이 동시에 또는 간헐적으로 일어날 것으로 보인다. 지금까지는 이러한 교육이 새롭게 나타난 기술이나 응용에 대한 내용이 주로 되었으나 앞으로는 타 분야(특히 IT, BT, NT 등)의 발전에 따른 콘크리트 공학 분야의 융합 가능성에 대한 내용이 추가 될 수 있으므로 이러한 교육

을 수행할 수 있는 특수교육기관의 발전이 필수적일 것이라고 판단된다.

### 3.2 연구 분야

내용적인 측면에서는 국토해양부의 제4차 '건설기술 진흥기본계획(2009)'을 통해 건설 분야가 녹색 성장과 배치된다는 인식을 불식시키고 새로운 시장 창출을 위해 녹색 성장의 주체가 되기 위한 비전과 목표를 제시한 바가 있다. 또한, 향후 녹색 성장/삶의 질/국가 발전이라는 3가지 키워드를 기반으로 '인간중심의 미래가치를 창조하는 건설교통 Smart Leader'라는 비전을 제시하여 2017년까지의 건설교통 R&D 중장기 계획을 수립하였으며, 아래와 같은 5가지 기본 방향을 제시하고 있다.

- ① 친환경 에너지·자원의 확보 및 효율적 이용
- ② 인간중심 사회 및 도시 구현
- ③ 미래 경제가치 창출
- ④ 융복합 첨단기술 확보
- ⑤ 위협으로부터 안전하고 편안한 사회 실현

한편, 콘크리트 분야에 국한해서 중장기 계획을 살펴보면 SOC 및 도시·건축 연구에 각각 속해있는 '첨단건설재료'와 '녹색건축재료 및 설계' 중점 추진 분야가 대표적인 수행 분야에 해당하는 것으로 판단되며, 각각은 '강재, 콘크리트, 복합소재 등의 첨단화를 통한 내구성 및 강도, 탄소 배출 등 기술 한계 극복'과 '건축물의 환경 영향을 최소화한 재료 개발, 생산 효율성 개선을 위한 설계 기술 획득'을 목표로 하고 있으므로 각 연구자들은 이를 참조하여 연구 현황 분석 및 계획을 수립하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

해외의 사례를 살펴보면, 2030년 콘크리트 기술의 발전 및 전망과 관련해서는 2000년대 초·중반에 미국 및 유럽에서 각각 제시한 'Vision 2030'을 참조하는 것이 가능하다. 물론 유럽의 경우 콘크리트에 국한된 비전을 제시하지는 않았지만 건설재료 분야에 대해 제시된 성과지표 및 연구개발 분야를 참조하여 간접적으로 전망하는 것이 가능할 것이다.

먼저, 2001년 미국콘크리트학회(American Concrete Institute; 이하 ACI)에서는 'Vision 2030 : A Vision

for the U. S. Concrete Industry'를 통해 2030년도 미국 콘크리트 산업의 비전과 이를 실현하기 위한 8가지 목표를 제시하였다. 아래에는 이들 목표가 간략하게 서술되어있다.

- ① Process Improvement : 콘크리트를 더욱더 경제적인 건설재료로 만들기 위한 전생애주기 전반에 걸친 생산/관리시스템 개선
- ② Product Performance : 콘크리트를 성능과 LCC 측면에서 명실상부하게 가장 중요한 건설재료의 반열에 올리기 위한 강도, 내구성 및 기타 품질과 관련된 부분의 개량
- ③ Energy Efficiency : 현 시점 기준 에너지 소비량을 50% 이하로 감축하기 위한 전 생산과정의 에너지 효율 향상기술 개발
- ④ Environmental Performanc : 2030년 'zero net waste'를 실현하기 위한 콘크리트 생산 과정에서 순환자원 및 부산물의 적극적인 활용
- ⑤ Technology Transfer : 통상적으로 15년 이상 요구되는 새로운 콘크리트 제조 기술의 시장 진입 시간을 2년 이내로 단축
- ⑥ Institutional Improvements : 통합적이고 일관된 정책의 유지
- ⑦ Education and Employment : 콘크리트 산업에 종사하는 것이 안전하고, 보수가 높으며 경력에 유리하다는 인식의 확산
- ⑧ Industry Image : 콘크리트가 미적으로 뛰어나고 내구적이며, 환경 친화적인 재료라는 인식의 확산

또한 2002년 ACI와 에너지부(U. S. Department of Energy, DOE)는 이러한 비전을 실현하기 위해 'Roadmap 2030 : The U. S. Concrete Industry Technology Roadmap'을 제시하였으며, 여기에는 적어도 진보를 위한 기회 제공이 가능한 사항들을 4개의 카테고리 묶어 설명하고 있다. 이들 카테고리의 개요는 다음과 같다.

- ① Design and Structural Systems : 재료 거동, 구조 특성 및 시공 과정에 대한 높은 수준의 이해를 통한 시스템 관련 요소들의 성능 향상

- ② Constituent Materials : 에너지 효율, 생산성 및 성능 향상을 위한 콘크리트 구성 재료에 대한 연구
  - ③ Concrete Production, Delivery, and Placement : 콘크리트 성능 및 에너지 효율과 생산성 향상을 위한 시공 과정에 대한 높은 이해도
  - ④ Repair and Rehabilitation : 에너지 효율, 환경성능 및 안전과 생산성을 향상시키기 위해 목표된 사용수명 내에 필수적으로 보수 및 보강을 포함하도록 하는 설계기법
- 유럽의 경우 2005년 건설연구네트워크인 European

Construction Technology Platform(ECTP)을 통해 유럽 건설 분야의 지속가능한 발전과 경쟁력 강화를 위한 ‘Vision 2030’과 전략적 연구개발 의제(Strategic Research Agenda, SRA)를 제시하였다. 여기서 제시된 6가지 비전의 내용 중에서 건설 재료 분야로 선정된 7개의 전략적 연구개발 의제는 <표 1>과 같다.

위에서 살펴본 바와 같이 선진국을 중심으로 앞으로 20 ~ 30년 동안 콘크리트 관련 연구에 대한 비전이 제시되고 있다. 그러나 현재는 전반적으로 선진 외국이 우리나라에 비해 R&D 규모가 축소되어 우리나라만큼 활발한

표 1. ‘Vision 2030’ 관련 ECTP가 제시한 건설재료분야 연구개발 주제

주제	핵심성과지표	연구개발 분야	
		중기	장기
건설재료 생산 및 해체에 따른 환경 부하 저감	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 천연 원료 사용량 30% 저감</li> <li>• 건설 및 해체 폐기물 100% 재활용</li> <li>• 건설재료 생산시 CO<sub>2</sub> 배출량 30% 저감</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 건설재료 생산시 발생하는 폐기물의 대량 활용 기술 개발</li> <li>• 천연섬유 등 새로운 재생 가능한 원료 활용 기술 등</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 해체시 발생하는 폐기물을 대량 활용하기 위한 새로운 개념의 물류 및 제조 기술</li> <li>• Zero Waste 건설 기술 등</li> </ul>
건설재료 생산 공정의 예측 및 효율성 향상	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 혁신적이고 효율적인 제조공정을 통한 건설 공사 기간 및 비용 50% 절감</li> <li>• 건설재료의 품질 100% 향상</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 온라인 피드백 시스템 등을 통한 원료의 측정 및 특성화 기술 개발</li> <li>• 생산 자동화 시스템 도입에 따른 생산 시간 및 비용 절감 예측 기술 등</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 다기능성 재료에 대한 비용 절감형 제조 공정</li> <li>• 제조 공정상 제어 기능을 향상시키기 위한 새로운 디지털 기술 등</li> </ul>
성능 개량형 재료의 사용을 통한 자원 활용도 개선	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 단열, 흡음 및 열적 성능 20% 향상</li> <li>• 에너지 자립형 신규 건축물용 비용 절감형 재료 개발</li> <li>• 최적 포장 재료를 활용한 운송에 에너지 소비량 30% 절감</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 초고성능 단열 재료</li> <li>• 운송 과정에서 소비되는 에너지 절감을 위한 최적 포장 재료의 성능향상 및 이용 기술</li> <li>• 환경 부하 저감을 위한 새로운 보수 재료 및 기술</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 내·외부 환경 변화에 따라 특성을 조절할 수 있는 스마트 재료</li> <li>• 건물의 에너지 효율을 향상시킬 수 있는 능동적, 다기능성 재료(나노, 센서 및 IT 기술 활용)</li> </ul>
건설재료의 생애비용 절감	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 건축물의 전생애비용 30% 절감</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 사용과 설치가 쉬운 건설재료 개발</li> <li>• 내구성 예측을 위한 촉진 평가 기술</li> <li>• 비접촉식 구조물 건전성 평가 방법</li> <li>• 내구성 향상 기술 및 고내구성 건설재료 개발 등</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 건축재료 내부의 수분 측정 등을 위한 무선 센서 개발</li> <li>• 자가 평가, 자가 치유 등 스마트 재료 개발</li> <li>• 콘크리트 구조물에 사용 가능한 비접촉식 구조물 성능 모니터링용 광섬유 센서 개발</li> <li>• 나노 코팅 및 기타 재료에 대한 분석 기술 등</li> </ul>
주거 쾌적성 향상	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 실내 환경 조건의 변화에 100% 대응 가능한 건축재료</li> <li>• 편리한 사용 환경 조성을 통한 삶의 질 향상</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 사용자의 위해성을 최소화하기 위한 Zero Emission, Zero Leaching 재료 및 제품 개발</li> <li>• 새로운 코팅 재료, 마감 재료를 통한 내구성 향상</li> <li>• 화재 대응형 시스템 개발 등</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Visual 3D 시뮬레이션 기술</li> <li>• 능동적, 다기능성 재료를 통한 실내 환경 개선(나노, 센서 및 IT 기술 적용) 등</li> </ul>
생산 및 작업 환경 개선	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 질병/상해 발생 50% 저감</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 현장에서의 시공 절차 간소화 기술</li> <li>• 생산 근로자의 화학적/생물학적 물질에 대한 노출 최소화</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 현장 사고 방지용 내장형 마이크로/나노 센서 기술 개발</li> <li>• 미생물 기술 적용 건설 재료</li> </ul>
소비자 요구에 대응하기 위한 새로운 다기능성 재료 및 건설 시스템 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 새롭고 혁신적인 건설재료와 생산 기술들이 건축물에 적용된 IST 기술들과 융합될 수 있도록 한다.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 건설재료의 성능향상(기계적 성능, 내부식성, 수분 거동 제어, 내산성 등)</li> <li>• 투자 비용대비 성능개선 효과가 우수한 건설재료 및 제조 기술 개발 등</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 지능형 건설 재료 개발</li> <li>• 신규 건축물용 통합형 설계 및 사용자 맞춤형 제조 기술(진공 벽, 다기능성 외벽 등) 등</li> </ul>

연구가 이루어지지 못하는 것이 현실이다. 따라서 지금 부터는 우리의 연구 방향을 추격형 연구(catching-up research)에서 선도형 연구(leading research)로 바꿀 필요가 있다고 생각된다.

#### 4. 맺음말

앞에서 살펴본 바와 같이 우리나라는 지난 50 ~ 60년 동안 교육과 연구 분야에서 괄목할 만한 변화와 개선이 이루어졌다. 또한 이러한 변화가 앞으로 보다 빠른 속도로 일어날 것이 주지의 사실이다. 교육의 본질은 시대를 초월할 수 있으나 내용, 수단과 방법은 수시로 변화할 수 있다. 따라서 이를 반영할 수 있도록 교육자의 사고방식이 유연해질 필요성이 어느 때보다도 요구된다고 볼 수 있다. 그리고 인간 개인에게 2030년은 먼 미래로 느껴지지만 연구를 통한 기술의 발전이라는 측면에서 20년은 현재 해결하지 못한 문제들을 해결하기에도 쉽지 않은 시간이라고 볼 수 있다. 또한, 유럽을 비롯한 선진국에서 2000년 초부터 떠오른 지속가능한 발전이라는 화두는 벌써부터 우리 연구자들이 식상하게 여기는 단어이자 정책적으로는 녹색성장이라는 변종을 거쳐 새로운 정권이 들어섰을 때 어떤 식으로 새롭게 표현할지 매우 기대되는 단어이지만 실제로 건설 분야, 그 중에서도 콘크리트와 관련된 연구개발과 관련해서는 앞으로도 끊임없이 해결해 나아가야 할 문제라고 생각된다. 앞에서 살펴본 것처럼 국내의 건설 중장기 계획의 경우에도 표현은 달라도 결과적으로는 ‘Sustainable Development’를 실현하기 위한 여러 연구개발 분야를 선정하고 과제를 도출하도록 계획되어 있으며, 유럽 및 미국의 경우에도 건설 분야에서의 지속가능한 발전을 2030년까지는 이루어야 한다는 각오로 ‘Vision 2030’을 제시했다고 판단된다. 비록 일부 주제들이 우리 입장에서 다소 진부해 보이고 당장의 경제 성장을 위해 또는 경제성 측면에서 적절하지 않은 부분이 존재하기는 하지만 전체적으로는 연구의 비전 및 목표가 합리적으로 도출되어 있다고 생각되며, 우리의 경우 우리나라 실정에서 필수적으로 요구되는 부분을 찾아 집중적으로 연구한다면 향후 후진들에게 자랑할 수 있는 훌륭한 성과들을 얻을 수 있을 것으로 판단된다. □

담당 편집위원 : 이광명(성균관대학교) leekm79@skku.edu

#### 참고문헌

1. 한국콘크리트학회, ‘21세기 콘크리트 기술의 발전 방향’, 한국콘크리트학회 가을학술대회 21세기 콘크리트 위원회 발표집, 2000. 11, 216 pp.
2. H. Rosovsky(이형행 역), ‘대학, 갈등과 선택’, 삼성경제연구소, 1996.
3. 강신형 등, ‘공학기술로 나라 살리자’, 한국공학원, 1997.
4. A. Neville, ‘Concrete : Neville’s insights and issue’, Thomas Telford, 2006, 314 pp.
5. American Concrete Institute, ‘Vision 2030 : A Vision for the U. S. Concrete Industry’, 2001.
6. American Concrete Institute & U. S. Department of Energy, ‘Roadmap 2030 : The U. S. Concrete Industry Technology Roadmap’, 2002.
7. European Construction Technology Platform, ‘Vision 2030 & Strategic Research Agenda : Focus Area Materials’, 2005.



**정상화 박사**는 서울대학교 토목공학과에서 콘크리트의 탄산화 측정장치 개발 및 적용에 관한 연구로 2003년 박사학위를 취득하였으며, 2006년 이후 한국건설생활환경시험연구원 재직 중이다. 주로 콘크리트의 내구성 및 부산물 활용기술과 관련된 연구를 수행하였으며, 최근에는 결합재로서 플라이 애시 및 슬래그를 대량 혼입하기 위한 연구를 수행하고 있다. 현재 우리 학회의 이사를 역임 중이다.  
jsh2593@kict.re.kr



**김진근 교수**는 미국 노스웨스턴대학교에서 콘크리트의 비탄성 거동에 관한 연구로 박사학위를 1985년 취득하였으며, 1985년 이후 KAIST 건설 및 환경공학과 교수로 재직 중이다. 주로 콘크리트 재료 역학 분야 연구를 수행하고 있다. 우리 학회의 이사, 감사, 부회장 그리고 11대 회장을 역임하였다.  
kimjinkeun@kaist.ac.kr