

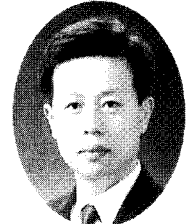
특 집

|| 콘크리트 교육의 장래 전망 ||

재료 측면에서 바라는 콘크리트 교육 - Education of Concrete Expected in the Material View -



김상철*



김영진**

1. 서 언

약 170년 전 혁신적인 재료라 할 수 있는 포틀랜드 시멘트가 처음 선을 보인 이래 콘크리트는 그 기술과 활용성에 있어 꾸준히 발전하여 이제는 명실상부하게 구조물 건설의 주요 재료로서 자리를 차지함은 물론이고 사회 자본의 축적과 시민 생활 향상에 혁혁한 공헌을 하여 온 것이 사실이다. 콘크리트는 건설 재료로서 필요로 하는 구성 요건을 거의 모두 갖춘 재료이며, 특히 그 중에서도 가장 큰 장점이라 할 수 있는 저렴한 재료비가 큰 몫을 차지하고 있다. 그러나, 수경성에 따른 결함, 즉 경화시 발생하는 발열 반응이나 작업성을 위해 첨가된 잉여의 물이 대기 중에 증발되면서 나타나는 수축 현상 때문에 균열이 발생하는 점 등은 아직도 풀어야 할 과제로 남아 있다. 콘크리트는 균질의 다른 건설 재료와는 달리 여러 재료가 복합적으로 결합되어 생성된 복합 재료이기 때문에 이러한 문제점을 완전하게 해결하기는 어렵겠지만 콘크리트가 갖고 있는 특성을 어느 정도 숙지하면 발생하는 문제점을 최소화할 수는 있을 것이다.

이러한 측면에서 콘크리트 공학은 다른 건설 관련 과목에 비해 이론보다는 실험이 차지하는 비율이 높을 수밖에 없다. 대학교수가 아무리 슬럼프, 콘크리트의 압축강도, 철근 콘크리트의 휨이나 전단 등에 대하여 가르쳐도 "백문이 불여일견"이라는 말이 있

듯이, 실험을 통하지 않고는 명확한 설득력을 전달하기 어려운 교과적 특성을 갖고 있다.

본고에서는 건설 분야의 재료 공학으로서 콘크리트가 차지하고 있는 역할을 재조명하고, 현재 콘크리트 재료와 관련하여 실시되고 있는 교육 현황 분석을 통해 향후 콘크리트 교육의 발전 전망을 예측해 보고자 한다.

2. 재료 공학으로서 콘크리트의 역할

콘크리트는 지금까지 강재와 함께 주요 건설 재료라는 확고한 위치를 점거하여 왔다. 과거에는 단순히 천연 자원을 콘크리트의 원재료로 사용하여 왔으나, 점차 산업 발전과 더불어 발생하는 부산물이나 폐자재 등을 콘크리트 원재료로 적극 활용함으로써 자연환경 보존에 일조를 담당하게 되었으며 그 활용에 있어서도 다양한 측면을 나타내고 있다. 따라서 금세기에 들어서는 보다 더 심각해지고 있는 자원이나 에너지의 유한성을 극복할 수 있고, 지구 환경과의 조화 및 환경 부하의 저감 등을 목표로 하는 보다 광범위한 콘크리트의 개발로 확장될 가능성이 매우 높다.

지금까지 콘크리트라 하면 채움재(잔골재, 굵은골재)와 결합재(시멘트, 물, 혼화 재료)로 구성되어 있으며 인장강도가 낮아 이를 보강하기 위해서는 철근이나 철골 등이 필요한 것으로만 인식되어 왔다. 그러나 21세기 구조물에는 경제성, 안전성, 사용성, 내구성 및 경관성과 함께 환경 부하 저감성 등도 매우 중요한 요소로 부각되고 있다. 따라서 이에 부응하기 위해서는 시공성, 유

* 정희원, 한서대학교 토목공학과 교수

** 정희원, (주)대우건설 기술연구소 책임연구원

동성, 응결 및 경화 제어성, 고강도 및 고내구성, 발열 제어성, 저수축성, 바이오와의 결합, 환경 부하 저감 등을 만족시키도록 개발된 재료이어야 만이 현재는 물론이고 미래 구조물 축조에도 사용될 수 있을 것이다.^{1,2)}

복합적인 기술의 결정체라고 할 수 있는 장대 현수교 건설의 경우를 예로 들면, 이 구조물의 시공 중 가장 단순할 것 같으면서도 기술적으로 곤란하고 어려움이 많은 부분이 앵커 구체와 그 하부 및 중앙 경간을 지지하는 하부 구조라 할 수 있다. 특히, 이들이 해수와 접하거나 해중에 시공된다는 점이 큰 문제점으로 대두된다. 물론 구조물 축조에 중요한 비율을 차지하고 있는 구조물의 안전성과 사용성 확보를 위해 내풍설계, 거대 기초의 내진설계 이외에도 여러 주요 시공법 등이 적용되지만, 구조물의 내구 수명 향상과 열악한 환경에 대한 구조물 보호 측면에서 검토하였을 때 재료 및 품질 관리 기술도 매우 중요한 일조를 담당하게 된다.

중앙 경간이 약 2 km에 달하는 일본의 명석해협(明石海峡)대교의 하부공은 거대한 매스 콘크리트 구조이기 때문에 시멘트나 콘크리트와 관련된 재료적인 기술 개발 없이는 성공적인 구조물 축조가 곤란하였던 것으로 알려져 있다.³⁾ 이러한 문제 극복 중의 한 예가 저발열 시멘트의 개발 및 적용이다. 하부공 중에서 특히, 앵커 정착 구체는 거대한 콘크리트 구조물이기 때문에 수화열로 인한 온도 균열의 발생 가능성이 매우 높아 기존의 포틀랜드 시멘트만을 사용하였다면 막대한 수화열에 의한 균열 제어가 어려웠을 것이다.

두 번째로는 수중 불분리 콘크리트의 적용이라 할 수 있다. 기존 수중 공사에는 주로 프리캐스트 콘크리트나 수중 공사 공법에 의존한 일반 콘크리트가 적용되었다. 그러나 수중 공사에서의 콘크리트는 물과의 접촉 가능성이 매우 높아 재료의 분리 가능성이 높고, 발생된 레이턴스 층에 의해 연속 타설면에는 결합이 발생하거나 철근과 콘크리트의 부착력이 저하되는 등 문제점이 많이 발생된다. 그러나 수중이므로 이러한 결합을 확인하기도 어려울 뿐만 아니라 설령 발견된다 하여도 보수도 곤란하다는 점이 난제로 알려져 있었다. 이러한 측면에서 수중 불분리 콘크리트의 개발은 다짐을 하지 않고도 자중에 의해 적절한 유동성 확보가 가능하고 높은 점성으로 분리 저항성이 부여된 콘크리트이기 때문에 고품질 확보는 물론이고 시공 속도도 아울러 향상되게 되었다.

그 외에도 정착부 콘크리트에 석분을 활용한 고유동 콘크리트 배합 기술의 적용은 유동성 확보에 따른 다짐이 우수한 콘크리트 제조가 가능하게 되었으며, 콘크리트 품질 및 시공 관리에 있어 기술적으로 한 단계 진일보할 수 있는 동기가 부여되었다. 이러한 콘크리트 재료의 개발과 적용이야말로 명석해협대교의 성공적 축조에 크게 공헌한 공신이라 할 수 있을 것이다.

〈그림 1〉은 콘크리트의 재료학적 개념도를 나타낸 것으로⁴⁾ 지금까지 재료학적 측면에서 콘크리트 공학이란 토목, 건축뿐만

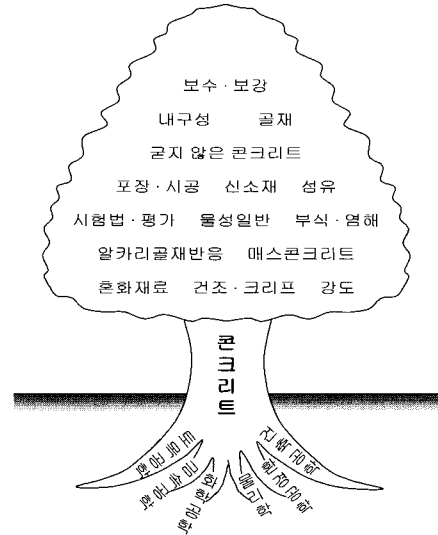


그림 1. 콘크리트의 재료학적 개념도⁵⁾

아니라 화학, 금속 공학 등 각 공학 분야가 복합적으로 유기 관계를 갖고 뿌리를 구성하여 최종적으로 여러 결과가 도출되도록 하는 종합 학문이라 할 수 있다. 따라서 여러 재료들의 조합과 함께 재령이나 환경 변화에 따른 재료 특성, 시공, 2차 제품, 유통의 다양화에 대처하는 콘크리트를 개발하기 위해 많은 연구자들은 광범위한 연구를 수행해 왔다.

실제로 콘크리트는 균질의 재료 특성치를 갖지 않기 때문에 재료 공학 분야에서는 다소 이색적인 재료라 할 수 있겠지만, 이와 반면에 장소나 시간에 관계없이 쉽게 제조할 수 있어 무한히 발전할 가능성이 높은 재료가 되기도 한다. 보다 우수한 콘크리트를 개발하기 위해서는 관련 분야가 균등히 발전되고 연구되어야 지 어느 한 부분이라도 정체하게 되면 기대한 성과를 얻기 힘들어지는 특성도 갖고 있다.

콘크리트와 관련하여 각 공학 분야에서의 활용성이나 중요도를 살펴보면, 먼저 토목이나 건축 분야에서는 건설과 직접적인 관계가 있는 만큼 콘크리트는 필수적이고 주재료로서 중요한 위치를 점거하고 있으며 이와 동시에 많은 개발 성과가 이루어지고 있다. 이에 비해 화학, 금속, 자원 등 기타의 분야에서는 다른 재료의 개발에는 왕성한 성과나 실적이 있지만 콘크리트에 관해서는 저조하거나 거의 없는 편이고 당초 콘크리트의 원재료로 사용될 목적으로 개발하지 않은 재료가 콘크리트에 활용되어 예기치 못한 성과를 거두기도 한다.

콘크리트는 구성 재료가 다양하고 비균질성 재료이기 때문에 종래의 이론적 해석 접근보다는 실험에 주로 의존하는 경험 공학으로 취급되어 왔다. 그러나 최근 현장 인력의 노령화 등에 따른 현장 작업의 효율성 제고, 공사의 시스템화 등이 요구되고 있고, 이를 실현시키기 위해서는 먼저 콘크리트 거동의 정식화, 특성 변화 및 거동의 예측 기술의 확립이 중요한 과제로 부각되고 있다. 지금까지 많은 시험 성과가 축적되어 있고, 최신의 해석 기

술의 진보 등에 힘입어 물리, 화학, 역학, 유동학 등의 기초 과학(science), 콘크리트 공학(engineering) 및 현장 시공 기술(technology)을 유기적으로 결합하여 콘크리트 거동을 해석적으로 취급하려는 시도도 이루어지고 있는 것으로 알려져 있다.⁵⁾

이와 같은 새로운 재료 연구의 방법이 어떻게 콘크리트에 적용될 수 있는가가 금후의 과제가 되고 있으며, <그림 1>과 같이 보다 개선된 콘크리트를 만들기 위해서는 우수한 인재의 확보와 육성이 현재 국내에서 당면하고 있는 교육적 과제라 할 수 있다.

3. 콘크리트 관련 국내 교육 현황

현재 국내 각 대학에서 수행하고 있는 콘크리트 관련 강좌 및 실험에는 ① 콘크리트 재료 관련 과목, ② 철근 콘크리트(이하 RC) 관련 과목, ③ 프리스트레스트 콘크리트(이하 PSC) 관련 과목, ④ 콘크리트에 관한 실험 등으로 크게 구분된다. 이와 관련하여 대한토목학회 교육제도개선위원회에서 국내 58개 대학의 자료를 토대로 분석한 교과목 및 학점 수 현황을 나타낸 것이 <표 1, 2>이다.⁶⁾

<표 1>의 콘크리트 관련 과목 중에서 콘크리트 재료만 관련된 강좌만을 선정하여 그 내용을 살펴보면 다음과 같다.

① 재료 관련 과목 내용

- 시멘트
- 혼화 재료
- 골재
- 물
- 배합 설계
- 콘크리트의 시공
- 특수 콘크리트
- 콘크리트 제품
- 콘크리트의 역학적 특성
- 콘크리트의 내구성
- 제조, 품질 관리, 검사
- 콘크리트의 유지 관리 및 보수

이외에도 금속재료, 역청재료, 고분자재료, 목재, 석재, 점토 제품, 도료 및 화학류 등이 다루어지고 있다.

② 실험 관련 내용

재료 실험은 거의 모든 대학에서 필수적으로 수행하고 있으며 실험에 관한 한 그 중요성을 비교적 깊이 인식하고 있다. 대부분의 대학에서 필수적으로 수행하고 있는 실험 내용을 살펴보면 다음과 같다.

- 시멘트의 물리적 성질(비중, 응결 시간 등)

- 골재 시험(비중, 흡수율 등)
- 모르타르의 강도 시험
- 배합 설계와 굳지않은 콘크리트 관련 시험
- 강도 시험(압축, 휨, 인장강도 등)
- 강재의 인장 시험

표 1. 콘크리트 관련 과목 현황

과목명	과목 현황
철근 콘크리트 (이하 RC)	철근 콘크리트(공학) 철근 콘크리트(공학) 및 실험 철근 콘크리트 (및) (연습) 철근 콘크리트 및 설계 철근 구조 철근 콘크리트 구조(해석) 콘크리트(공학) 콘크리트(공학) 실험 무근 콘크리트 및 실험
PS 콘크리트 (이하 PSC)	PS 콘크리트 PS 콘크리트(공학) PS 콘크리트 이론 PS 콘크리트 공학 및 연습 PC 구조
토목재료학 및 실험 (이하 토목재료학)	토목재료(학) 토목재료(학) 및 실험 토목재료학 및 실습 토목재료 및 연습 토목재료실험 건설 재료(학) 건설 재료(학) 및 실험 공업재료 및 실험

표 2. 교과목별 학점 수 현황

교과목	학점 합계	학점 평균	전체 학점에 대한 백분율(%)	개설 학교 수 (개교)
RC	356	6.1	5.9	58
PSC	173	3.0	2.9	57
건설 재료학	190	3.3	3.1	52

주 : 학점 합계 = 과목 개설 학교 수 × 학점
 학점 평균 = 학점 합계 / 58(조사 대상 학교 수)
 백 분 율 = (학점 평균 / 104.2) × 100(%)
 104.2 : 전체 교과목의 학점 평균의 합

<표 2>에서 알 수 있는 바와 같이, 콘크리트 관련 과목 중 RC나 PSC는 조사 대상 학교 58개교 중 모든 학교가 개설하고 있었고, 건설 재료학은 52개교로서 약 90%의 학교만이 개설하고 있었다. 비교를 위해 다른 과목의 학점 평균을 보면, 구조역학 관련 과목(11.4), 수리학(10.7), 측량학(9.3), 토질역학(7.0) 그 다음 순으로 RC가 높은 학점이 배정되어 있었다. 그러나 정작 실제적인 재료 관련 이론 및 실험이 주로 이루어지는 유일한 과목인 건설 재료학의 경우는 이수학점이 3.1로 전체 과목에 대한 평균 이수학점이 2.5인 점을 감안하여 볼 때 다른 학과목에 비해 심도 있게 취급되고 있지는 않는 것을 알 수 있다. 그러나

RC와 함께 건설 재료학은 콘크리트 관련 과목으로 거의 대부분의 대학의 건설 관련 학과에서 강좌를 개설하고 있다는 점에 비추어 중요한 교과목으로 생각하고 있다는 사실은 확인할 수 있다.

4. 콘크리트 재료 교육의 방향

WTO의 출범으로 건설시장도 개방되고 국내 건설산업의 세계화가 절실히 요구되고 있는 시점에서, 외국과의 기술 경쟁력 확보를 위해서는 무엇보다 교육 여건과 그 질적 개선이 필요하다고 하겠다. 이에 대한 구체적인 해결 방안으로는 선택할 수 있는 교과목 확대, 교과 과정의 개선이나 개발, 이수 학점의 상향 조정 등을 고려할 수 있을 것이다. 또한, 동일한 140학점을 이수 학점으로 보았을 때 거의 대부분의 교육 기관이 유사한 교과 과정을 획일적으로 교육시키고 있다는 점에 비추어 각 교육 기관별로 적합한 특성화 전략이 시급한 것으로 드러나고 있다.⁷⁾

현대 사회 기반을 구축하고 있는 콘크리트 공학 분야에 미래에도 많은 우수한 기술자들이 모이고 사회적 수요에 부응하는 매력 있는 분야로 더욱 발전하기 위해서는 새롭고 유능한 인재를 보다 적극적으로 교육시키는 것이 중요하고, 교육 방법의 검토 및 개선도 필요하다고 생각된다.

현대적 시멘트가 개발된 지 170년이라는 짧은 기간 동안 많은 시행 착오와 시공 경험을 통해 콘크리트 공학은 보다 체계적인 지식 체계가 구축되었고 이와 관련된 정보가 정리되면서 관련 교육 내용도 한층 체계화되었다고 할 수 있다. 그러나 한편으로는 급속한 기술 개발, 사회 상황의 변화, 각종 정보 기기의 발전 등에 비해 콘크리트 공학을 보다 효율적으로 이해시킬 수 있는 교육 수단이나 노하우의 준비는 미비한 것이 현실이다. 아직도 강의실내에서 구두(口頭)와 판서(判書)에 의존하여 재료적 현상을 설명하며, 낙후된 장비로 과거에 수행하였던 실험들을 그대로 답습하는 상황에서는 선진 외국과의 경쟁력 구축이 어려워지는 것은 물론이고 보다 미래 지향적인 콘크리트 개발이 묘연해지는 것은 당연한 일일 것이다.

특히, 건설 현장에서 발생하는 대부분의 문제가 콘크리트와 관련되어 있다고 해도 과언이 아닌 만큼 현장에서 콘크리트를 접하는 기술자들이 사전에 공학적 감각을 습득하고 있는 것이 매우 중요하며, 이를 위해서는 취업 이전에 대학 교육 과정에서부터 현실에 부응하는 교육 내용이나 방법으로서의 전환은 불가피한 것으로 판단된다.

또한, 교수법에 있어서도 단순 주입식의 일방향 수업에 의존한 강의보다는 수강자도 적극 참여하는 형태의 양방향 수업으로의 전환이 필요하며, 짧은 시간 내에 그 효율을 극대화하기 위해서는 교보재(敎輔材)가 적절히 활용되어야 할 것이다. 시청각 자료인 OHP 및 비디오의 활용, 개인용 컴퓨터와 빔 프로젝터를 이용한 프리젠테이션, 모형 및 실물을 대상으로 한 직감적이고도

체험적인 기회 부여, 표본 제품의 전시 등이 그 예라 하겠다. 이와 같이 변화 있는 재료 분야 교육으로의 전환을 위해 국내의 관련 문헌 내용을 참고로 하여 다음과 같은 개선 방향을 제안해 보도록 한다.^{8,9)}

1) 비디오 및 슬라이드 정보집의 활용

토목 및 건축 분야, 재료 및 시공 분야에서 콘크리트 공학의 시청각 교재로서 이용 가능한 각 주제별 비디오, 슬라이드를 개발하여 활용한다. 비디오의 경우, 시중에 판매되고 있는 것, 현장에서 촬영한 것, 각 기업이 보관하고 있는 것 등을 활용할 수 있겠고, 슬라이드의 경우도 전문 잡지에서 촬영한 것, 기성품의 활용 등을 통해 제작할 수 있을 것이다.

2) 영상 데이터에 의한 자료 소개

콘크리트 재료에 관한 강의식 교육과 더불어 선명한 천연색상의 화상 교육은 수업 효과를 더욱 향상시킬 수 있음은 자명한 일이다. 그러나 교재로서 잘 정리된 화상 자료는 의외로 적은 편이고 일반적으로 고가일 뿐만 아니라 입수도 용이하지 않은 편이다. 이러한 문제를 다소나마 해결할 수 있는 방안으로는 시멘트 콘크리트 관련 각종 시험 방법, 신재료 등 재료 관련 화상 자료를 OHP, 컴퓨터 프리젠테이션 자료 세트의 개발 등을 들 수 있겠다. 또한 이런 자료는 CD-ROM에 담아 영상자료집으로 제작하여 보급할 수도 있다.

3) 전시 시설, 전시물 소개

각 기업 등에서 제작하여 사용하고 있는 각 모형 중 콘크리트 공학에서 활용할 수 있는 전시물 또는 전시 시설물의 개요, 소재지, 견학 여부 등을 정리하여 학생들에게 소개한다.

4) 콘크리트 재료 관련 언론 보도의 활용

신문 등의 건설 관련 또는 콘크리트 관련 언론 보도 내용을 강의 중에 화제로 활용하면 수강자의 흥미를 높일 수 있을 것으로 기대된다. 이 경우 간단한 감상문을 작성하게 하거나 별도로 과제물을 주어 심도 있게 조사하게 하면 흥미를 학습 효과로 연결시킬 수도 있을 것이다.

5) 모형 제작 및 샘플에 관한 자료집

모형이나 샘플을 실제 제작할 경우, 편리성을 고려하여 각종 재료의 입수 방법이나 구입처 등을 표시할 수 있다.

6) 콘크리트 콘테스트의 활성화 및 다양화

콘크리트는 건설 재료 중에서 모양을 자유로이 만들 수 있는 재료이다. 콘크리트로 "무엇을 만든다"라는 즐거움을 얻기 위한 시도로 현재 본 학회 주체로 '콘크리트 기술 콘테스트'가 매년

시행되고 있다. 이와 같은 시도는 학생들에게 호기심을 심어주는 기회도 되고 지금까지 강의만으로 배웠던 학생이 실제 강도를 얻기 위해 배합 설계를 하고 제조하다 보면 충분한 경험을 얻을 수 있게 된다.

7) 콘크리트 관련 현장 견학 실시

교과서를 통한 강의보다는 실제 현장에서 듣고 보는 것이 콘크리트의 특성을 보다 쉽게 이해시키는 좋은 방법 중의 하나일 것이다. 현장에서 발생될 수 있는 문제점을 직접 현장에서 듣고 체험함으로써 한층 현실감이 있는 산 교육이 될 것이며, 교재를 통한 지식보다도 기억에 남는 체류 시간은 길게 될 것이다.

8) 실험 교육의 강화

콘크리트 재료 관련 교과목은 건설 재료를 직접 만들고 체험할 수 있는 유일한 과목이다. 굳지않은 콘크리트의 위커빌리티는 실험으로 밖에 확인할 수 없는데, 이는 굳지않은 콘크리트가 점탄성체이고 입상체이어서 이론적 체계의 정립이 곤란하기 때문이다. 콘크리트의 장점은 현장에서 실제 사용되고 있는 원재료를 그대로 사용하여 실험할 수 있으므로 현장 조건에 적합한 재료를 만들 수 있으며, 또한 역으로 실내에서 여러 시험을 통해 새로운 재료를 개발하여 그 재료 특성에 적합한 현장에 적용할 수 있다. 현재 개발되어 사용되고 있는 고유동 콘크리트, 자기 충전 콘크리트 등과 같이 다양한 종류의 콘크리트가 출현하게 되면 시공성을 어느 정도 이론화하여 배합 설계 등과 관계를 짓고 이를 실험적으로 확인할 필요가 있다.

5. 결 언

기원 전 이집트 피라미드에 시멘트의 기원이라 할 수 있는 석회와 소석고가 사용되었다는 기록은 접어두고라도 현대적 포틀랜드 시멘트의 발명과 함께 콘크리트라는 재료가 실용화된지도 어언 170년 이상이 경과되었지만 아직도 발전 단계에 있다고 할 수 있다. 이는 역설적으로 표현하면, 그 정도의 긴 기간을 연구하고 개발하였기 때문에 콘크리트라는 복잡한 재료의 특성이 이 정도 파악되고 이론 체계가 구축되었다고도 말할 수 있을 것이다.

과거 콘크리트가 단순히 구조물의 기능 충족과 안전성 확보만

을 위해 사용되었다고 하면 현대에 이르러서는 환경 친화적이고 조건과 용도별로 차별성을 갖춘 콘크리트의 개발을 필요로 한다고 할 수 있다. 그 외에도 기존에 축조된 구조물의 잔존 수명을 예측하고 향상시키는 기술, 혹은 콘크리트의 내구 성능 향상을 위한 방법 등이 큰 관심사로 부각되고 있으며, 또한 보다 합리적인 콘크리트의 평가나 검사 기술 개발이 절실히 요구되는 시점이라 하겠다.

콘크리트 공학은 건설과 직접 관련되고 있는 토목이나 건축공학에서는 물론이고 재료 과학, 환경 공학, 화학 공학 등의 다른 분야에서 개발된 연구 기법을 활용하는 경우도 많으며 과거와는 달리 이들이 축적하고 있는 공학적 기술과 정보가 유기적으로 결합되어야 목적에 부합되는 성공적인 콘크리트 개발이 이루어지게 된다.

이러한 변화에 대한 공학적 판단의 책임은 전적으로 기술자의 몫인 것이다. 이는 적절한 인재의 육성이라고 하는 의미에 있어서 교육 문제와도 직결된다고 할 수 있으며, 사회적 중책을 담당할 인재를 배출할 기관인 대학의 중요한 기능인 것이다. 콘크리트 재료의 새로운 국면을 맞기 위해서는 재료 측면에서의 깊이 있는 교육과 인재 육성이 필요하다는 재인식이 절실히 요구된다. □

참고문헌

1. 坂井悦郎, 大門正機, "材料-セメント", 콘크리트工学, Vol.39, No.1, 2001. 1, pp.50 ~ 53.
2. 紫桃孝 郎 外 2人, "콘크리트의未來", 콘크리트工学, Vol.39, No.10, 2001. 10, pp.73 ~ 76.
3. Kashima, Satoshi, and Nitta, Atsushi, "世界最長スパンを可能にした橋梁技術", JSCE, Vol.86, 2001. 2, pp.20 ~ 26.
4. 田代忠 一, "よりよい콘크리트を目指して", 콘크리트工学, Vol.29, No.3, 1991. 3, pp.4 ~ 5.
5. 村田 二郎 外 2人, "콘크리트의科學と技術", 山海堂, 1996. 1.
6. 김홍택, "국내 대학의 교과 과정 현황 및 분석", 토목, 제43권 제2호, 1995. 2, pp.115 ~ 130.
7. 오금 토론 광장, "토목 교육 이대로 좋은가?", 토목, 제43권 제2호, 1995. 2, pp.13 ~ 23.
8. 中塚 佑 外 3人, "콘크리트工学의教育ツル研究委員會報告", 콘크리트工学, Vol.39, No.6, 2001. 6, pp.58 ~ 61.
9. 睦好宏史, "教育と實驗の關わり-土木分野", 콘크리트工学, Vol.39, No.9, 2001. 9, pp.42 ~ 45.