



# 구조설계분야에서 바라 본 콘크리트의 비전

Vision for Concrete Design Technology

**유성원** Sung-Won Yoo  
 우석대학교  
 토목환경공학과 교수

**서석구** Suk-Koo Suh  
 (주)서영엔지니어링  
 구조설계실 부사장

**김형태** Hyung-Tae Kim  
 (주)유신  
 구조부 전무이사

**조경식** Kyoung-Sik Cho  
 (주)디엠엔지니어링  
 부사장

## 1. 서론

2013년 계사년 새해를 맞이하며 ‘콘크리트 비전 2030’이라는 주제 하에 본 고에서는 구조설계분야에서 바라본 콘크리트의 비전에 대하여 설계회사에 근무하시는 전문가 3인, 서석구 부사장, 김형태 전무 및 조경식 부사장을 모시고 학회지 편집위원회 간사인 유성원 교수가 제시하는 질문들에 대한 답변을 ‘서면 간담회’ 형식으로 정리하였다. 제시된 의견은 관련 전문가들의 개인 의견일 수 있으므로 구조설계분야의 전문가 의견을 완전히 대표하는 것이 아님을 독자 여러분께 양해바랍니다.

**유성원**

먼저 ‘콘크리트 분야의 향후 목표 및 미래에 대한 설정’에 대한 각 전문가의 개략적인 의견을 말씀하여 주시기 바랍니다.

**서석구**

최근 건설되는 구조물은 기존의 건설공간과 조건을 넘어서 극한 상황에 노출되는 경우가 증가하고 있습니다. 교량의 경우, 1,000m급 사장교와 2,000m급 현수교와 같은 초장대교량 건설을 위한 연구가 진행되고 있는데, 이를 위해서는 400m 정도의 고주탑 건설을 위한 콘크리트 일괄압송기술이 요구됩니다. 건축구조물의 경우, 1,000m급 초고층 빌딩 건설이 요구되고 있으며, 이를 위해서는 콘크리트의 크리프, 건조수축 등의 장기거동을 고려한 변위제어 기술이 필요합니다. 또한 최근 중동지역과 같은 사막 환경에서는 바닷가에 인공섬을 구축하여 수중호텔과 같은 구조물을 건설하는 프로젝트들이 검토되고 있습니다. 한편 건설 환경면에서도 극저온, 극서중과 같이 극한 환경조건에 노출되는 경우가 많아지고 있으므로 극한 환경하의 구조물 안전성과 내구성 확보가 요구되고 있는 실정입니다. 또다른 한편으로 구조물의 내구수명 100년 또는 200년의 목표수명을 확보하기 위한 설계기법도 요구되기 때문에 설계수명을 보장할 수 있는 확률론적인 내구성 설계기법의 확립도 필요합니다. 초고층 빌딩의 경우에는, 화재에 의한 폭발 문제도 구조물의 건전성 확보를 위해 중요하게 다뤄져야 합니다. 미래의 콘크리트 구조물은 위에서 살펴본 바와 같이 극한 조건에 건설될 가능성이 매우 높으며, 이런 극한 환경 하에서도 구조물의 내구성, 사용성 및 안정성을 확보할 수 있는 설계기법의 개발이 중요할 것으로 전망됩니다. 또한 지금까지 고려하지 못했던 환경성도 중요한 고려인자가 될 것으로 전망되므로 친환경적 설계가 요구될 것으로 판단됩니다.

김형태

연구방향을 배합 및 강도특성 등 macroscopic 연구에서 사용재료원들의 조합에 의한 특성인 microscopic topic 연구로 전환이 필요한 시점으로 보며, 적용분야는 일반구조물에서 초장대교량의 주탑, 해상풍력발전의 jacket 구조, 이들의 유지관리를 위한 신재료 개발 등으로 확장되어야 합니다. 또한, 이를 통해 해외 신 건설시장 개척, 초극지 개발 등을 위한 각종 요소기술들을 개발해야 한다고 봅니다.

조경식

개발시대의 정점을 지나 복지시대에 접어든 지금, 누군가 건설을 말하면 질타를 받는 시대가 되어 버렸습니다. 그에 대한 반증으로 국내 SOC 부분의 예산은 줄어들고 있으며, 건설부분의 신규 발주가 거의 없는 실정입니다. 이와 같은 추세는 단지 1~2년만 지나면 해결될 문제는 아니며 흐름상 장기간 이어질 가능성이 크다고 생각됩니다. 이런 관점에서 볼 때, 해외로 눈을 돌리는 것은 당연한 일이며, 어쩔 수 없는 선택이라 생각됩니다. 따라서 해외건설시장에서의 생존 전략을 세우는 것이 중요하며, 이는 국내 건설시장이 다시 살아난다고 해도 계속 유지시켜야만 할 생존의 또 다른 축이 되어야 할 것으로 생각됩니다.

현재 국내 콘크리트 구조분야에서 가장 활성화되어 있는 미래지향적 기술은 아마도 고기능 콘크리트 재료 개발 분야일 것입니다. 고기능 재료의 개발은 국내에서 오랫동안 비용과 시간을 들인 것으로 향후 계속 개발되어야 하는 핵심전략분야이지만 지금까지 급변해 버린 건설시장에 대응하는 처방이라고는 볼 수 없습니다. 이유는 고기능 재료는 연구개발의 성과지표로 좋은 평가 대상이 되지만 적용 범위가 제한되기 때문에 급변한 건설시장의 환경에 대응할 수 있는 긴급처방이 필요하다 판단됩니다.

앞에서 언급된 바와 같이 말라버린 국내시장에서 해외시장으로 눈을 돌려야 하는 것은 당연한 결론이지만, 해외시장개발이라는 것이 단기간 내에 점유율을 높일 수 있는 것은 아니며 많은 준비와 시행착오가 요구되므로 이에 대한 준비가 필요합니다. 해외시장개발을 위해 가장 필요한 것은 재빠른 현지 정보망의 구축, 해외 영업조직, 능숙한 언어 등 많은 전제 조건들이 필요하겠지만, 이는 논외로 하고 설계엔지니어의 입장에서 볼 때 경제적인 설계를 수행할 수 있는 기술이 아닌가 합니다. 특히 경제적인 설계를 위해서는 재료 또한 경제적인 콘크리트가 되어야 하므로 결론적으로 콘크리트 구조물의 경제적인 설계법 배양이 핵심이 되어야 할 것으로 생각됩니다.

## 2. 구조설계 분야에서의 콘크리트 특성

### 2.1 국내 설계분야에서의 콘크리트 구조물 점유율 현황 및 적용되는 설계기법

유성원

구조설계 분야에서 콘크리트 분야의 특성 중 “국내 설계분야에서의 콘크리트 구조물 점유율 현황 및 적용되는 설계기법”에 대한 각 전문가의 개략적인 의견을 말씀하여 주시기 바랍니다.

서석구

국내에 건설된 구조물중에서 콘크리트 구조물의 점유율을 교량 및 건축구조물로 구분하여 살펴보면, 교량의 경우 전체 교량 수 25,000여개 중 90%, 건축구조물은 60% 정도가 콘크리트를 사용하고 있어 건설재료로 콘크리트의 사용은 매우 비중이 높은 것으로 판단됩니다. 설계기법도 허용응력설계법에서 강도설계법을 거쳐 최근 한계상태설계법, 성능기반형 설계법으로 발전해가고 있는 실정입니다.

조경식

국내 설계분야, 특히 교량분야에서 콘크리트 교량이 차지하는 비율은 아마 70% 이상이 될 것으로 보입니다. 최근 건설되는 주경간장 50m 이상의 장대 교량을 제외하고는 거의 모두 콘크리트를 기반으로 하는 구조물이며 이전 강교의 전유물이었던 사장교도 대부분 콘크리트 사장교로 대체되고 있는 상황입니다. 콘크리트로는 건설하기 어려운 아치교, 트리스교, 현수교를 제외하고는 거의 콘크리트교가 자리를 잡아가고 있다고 해도 과언은 아닙니다.

콘크리트 구조물의 설계기법은 기본적으로 극한강도설계법이 근간을 이루고 있으며, 최근에는 신뢰성에 기

반한 한계상태설계법으로 진보하고 있는 단계에 있다고 판단됩니다. 이론적인 측면에서 설계기법을 이끄는 유럽의 경우, 이미 BS Code에 의해 신뢰성에 기초한 한계상태설계법의 기초를 형성했으며, EURO Code로 통합되면서 자리를 잡았습니다. 미국의 경우도 도로교 콘크리트교량은 하중저항계수법이 기존의 극한강도 설계법을 대체한 것으로 보입니다. 그러나 현재 제정된 한계상태설계법에서 콘크리트부분은 EURO Code를, 강교부분은 AASHTO의 LRFD Code를 근거로 하고 있어 서로의 신뢰도가 균형을 이루지 못하고 있으며, Code의 기본적인 원칙이 달라 일관성이 부족한 것으로 판단됩니다. 이 부분은 향후 우리 Code의 근본적인 문제점이 될 것이므로, 최대한 빨리 일관성 있게 수정되어야 할 것으로 생각됩니다.

## 2.2 선진국의 기술 및 동향

**유성원**

구조설계분야에서 콘크리트 분야의 특성 중 '선진국의 기술 및 동향'에 대해서도 각 전문가의 개략적인 의견을 말씀하여 주시기 바랍니다.

**서석구**

선진국은 최근 콘크리트 구조물의 수명을 목표로 설정하고, 그 수명을 만족시키기 위한 내구성 기반의 설계가 이루어지고 있는 추세입니다. 특히 최근에는 지구온난화 방지를 위한 온실가스의 배출을 최소화하기 위하여 환경성을 고려한 설계에도 많은 배려가 이루어지고 있습니다.

콘크리트의 미세구조 변화와 구조물 설계를 연결한 설계 및 해석기법이 개발되고, 실제 구조물에 적용되면 재령에 따른 구조물의 열화를 고려한 구조물 응답을 구할 수 있을 것으로 판단됩니다.

**김형태**

설계법 측면에서 보면 확률과 신뢰도를 근거한 설계법 적용이 주를 이루고, 시공측면에서는 초고층 건물, 초장대 교량, 극한지역에 적용 가능한 콘크리트 기술 개발 및 적용이 최신 동향이며, 재료적 측면에서는 각종 고기능 및 친환경요소를 주요인자로 고기능을 위한 시멘트 재료에 대해 시멘트제조사에 special order가 일반화 되어있습니다. 혼화재료는 광범위하게 재료원에 대해 microscopic study가 진행되어 한중, 서중, 일반 콘크리트에 충분히 적용이 가능토록 연구결과가 실무에 적용되고 있습니다. 또한 ACI 363 경우, 고강도 경량골재의 개발이 이루어져 북극지역 석유탐사선 개발 등의 실용화가 진행되고 있습니다.

## 2.3 관련 정책 및 설계기준의 변화

**유성원**

구조설계분야에서의 콘크리트 분야의 특성 중 '관련 정책, 설계기준 및 기술수요의 변화'에 대해서도 각 전문가의 개략적인 의견을 말씀하여 주시기 바랍니다.

**서석구**

최근 정부는 성능기반형 구조물 설계기준을 개발하기 위한 국책과제를 수행 중에 있으며, 이를 통해 향후에는 성능기반형 구조물 설계기준이 세부적인 시공법이나 설계방법을 규정하기보다는 최종적인 성능만을 확보하도록 규정하게 될 것입니다.

과거 단순 구조물 설계 위주로 크게 어렵지 않은 실정이었으나 현재는 구조물에 대한 요구조건이 점차 까다롭게 변하고 있으며, 이에 따른 설계기준을 정립해야 하는 필요성이 급증하고 있습니다. 한편 미래에는 초저온 및 극서중 등의 극한 환경조건하에서의 건설이 더욱 증가하고, 구조물의 설계기법이 성능기반형으로 변화되면서 구조물의 내구성과 수명을 보장하기 위한 내구성 설계기법이 더욱 중요하게 요구될 것으로 판단됩니다.

**김형태**

글로벌 시장진출을 위해 해외 첨단 설계기준을 국내에도 적용을 시작하고 있는 상태입니다. 다만 국내 시공능력 등 현실을 감안하여 해외 설계기법 도입 시 유예기간을 3년 정도 설정한 상태입니다. 다시 말해, 2012년 3월부터 도로교설계기준에 한계상태설계법을 적용하기 시작했으며, 2015년부터는 국내 적용 시 예외 없이 적용되는 것으로 결정되었습니다.

### 3. 구조분야에서 원하는 콘크리트 분야의 발전방향

#### 3.1 비전설정에 대한 해외 사례

유성원

구조설계분야에서의 원하는 콘크리트 분야의 발전방향 중 '해외사례 및 당면과제 등'에 대해 각 전문가의 개략적인 의견을 말씀하여 주시기 바랍니다.

김형태

해외사례로는 강재 대체재로써 초고강도 고기능 콘크리트, 고강도 경량콘크리트, 일본 도쿄대학에서 개발된 내구성 개선목적의 균열자기치유 콘크리트, 미국 캘리포니아 주 교통부에서 연구된 부식방지 미네랄 첨가콘크리트 등이 개발되고, Arctic 지역, 달나라 등에 적용 가능한 극지 콘크리트도 개발 중으로 압니다. 당면과제 및 문제점으로는 해외특정지역 적용가능 시 설계기준, 배합 및 제조, 운반, 양생, 재료선정 및 시험법 등 가이드라인 준비가 필요하며, 글로벌 시장 개척 시 다음 사항들이 필요하다고 봅니다.

- ① 토목 및 건축분야 설계기준에 차이가 있으므로 이들의 융합이 필요함.
- ② 건설지역의 각종 재료원에 대한 사전정보 데이터베이스 준비
- ③ 국내 설계기준의 해외 적용 시도(KOICA 자금을 사용하여 건설지원하는 경우는 가능 예상)

조경식

앞서 언급한 것과는 다른 내용도 있으나 정리하면 다음과 같습니다.

- ① 현 시점에서 당장 필요한 것은 해외건설시장 확보를 위한 기술력 확보
- ② 해외기준에 대한 체험적 이해가 필요하며, 현재 시행이 시작된 신뢰도기반의 한계상태설계법 내용에 대한 설계자들의 보다 정확한 이해 및 현재 부족한 규정들의 개선/보완이 필요
- ③ 해외시장에서 경쟁력을 높이기 위한 도면작성법, 해외 입찰설계법, 성과물 작성법, 계약관계나 공문처리 등과 같은 직접적 지식이 필요
- ④ 현재와 같은 위기는 사회적인 구조조정과 같은 부득이한 환경이므로 국가차원에서 생존방법을 강구해야 하며, 직접적인 지식 교육에 대한 국가적인 지원이 필요

#### 3.2 콘크리트 설계기술(기준)의 중장기 발전전망

유성원

구조설계분야에서 원하는 콘크리트 분야의 발전방향 중 마지막으로 '콘크리트 설계기술의 발전 전망 및 방향'에 대해 의견을 말씀하여 주시기 바랍니다.

서석구

콘크리트 설계기준은 현재의 강도설계법을 기반으로 한 기준에서 향후 성능기반형으로 변경되어야 할 것으로 판단되며, 성능기반형으로 변경하기 위한 재료, 시공 및 구조 각 분야의 연구가 더욱 심도있게 진행되어야 할 것입니다. 또한 현재 콘크리트 구조설계기준은 ACI와 Euro-code를 기반으로 하고 있고, 콘크리트 표준시방서는 ACI와 일본시방서의 규정이 혼재되어 있어 같은 시방서 내 상이한 설계철학이 공존하고 있는 실정이므로 일관되게 조정할 필요가 있다고 판단됩니다. 또한 국제화를 위해서 국내 설계기준의 국제인증을 지속적으로 추진할 필요가 있으며, 국내 설계기준의 국제화를 통해 국제입찰에 국내 설계기준이 인정받을 수 있도록 하여 국내 연구결과의 국제화를 간접적으로 이뤄낼 수 있을 것으로 기대합니다. 아울러 최근 국내에서 대형 국책과제로 수행된 각종 콘크리트 관련 연구 성과를 설계기준에 반영시키는 작업도 필요할 것으로 판단됩니다.

조경식

콘크리트 설계기술에 국한하여 정리하자면 다음과 같습니다.

- ① 현재 제정된 신뢰도기반 한계상태설계법의 이해에 필요한 자료 개발
- ② 현재 부족한 내용에 대한 보완 및 개정
- ③ 콘크리트 파괴 메커니즘, 소성거동, 크리프, 건조수축, 시간 변화에 대한 교육
- ④ 지속적인 지원, 제도의 개선 및 교육 필요

## 4. 결론

**유성원**

이제까지 개선하신 ‘콘크리트 Vision 2030’에 대한 의견에 대하여 간단하게 결론을 내려주시기를 부탁드립니다.

**서석구**

콘크리트 구조물은 그 적용범위가 초고층, 초장대 및 대심도로 확대되고 있고, 사용조건도 극한 환경범위에 노출되는 경우가 점차 증가할 것으로 예상됩니다. 설계법도 기존의 강도설계법에서 성능기반형으로의 변화가 예상되어 이를 확보하기 위한 기술적 대응능력과 강도위주의 설계에서 수명을 목표로 하는 내구성 개념이 더욱 강화될 것으로 전망되어 이를 고려한 설계기법이 더욱 섬세하게 정비될 필요가 있을 것으로 전망됩니다. 환경성 역시 앞으로는 자원의 완전 재활용을 고려한 친환경적인 설계가 매우 강도 높게 요구될 것으로 전망되므로 이러한 상황에 적극 대응할 수 있는 체계적인 설계기준의 정비 및 설계기법의 개발이 필요할 것으로 판단됩니다.

**김형태**

차세대 건설기술을 선도해 나가기 위해서는 요소기술인 콘크리트에 대한 모든 전문기술 등이 집약적으로 발전되어야 합니다.

**조경식**

향후 콘크리트 산업의 발전을 위해 해외 건설에서의 경쟁력 확보가 절실하고, 이를 위해 해외입찰 설계를 위한 도면작성법, 설계법, 보고서 작성법, 계약관계나 공문처리 등과 같은 직접적인 지식 전달이 필요할 것으로 예상되며, 국가적으로 지원이 필요하다고 봅니다. 또한, 콘크리트 설계기술 발전을 위해 신뢰도기반의 한계상태설계법의 조기 정착을 위한 교육, 현재 부족한 내용에 대한 보완 및 개정, 그리고 콘크리트에 대한 이해부족 부분을 교육하는 활동이 절실하다고 생각합니다. 

담당 편집위원 : 유성원(우석대학교) imysw@woosuk.ac.kr



**유성원** 교수는 서울대학교 토목공학과에서 '외부 PSC 교량의 극한 휨거동 해석'에 관한 연구로 박사학위를 취득하였고, 2000년부터 우석대학교 토목환경공학과에서 교수로 재직 중이다. 프리스트레스트 콘크리트 구조 해석 및 구조 거동 실험에 관한 연구 분야에 지속적인 관심을 가지고 있다.

imysw@woosuk.ac.kr



**서석구** 부사장은 한양대학교 토목공학과 박사과정을 수료하였으며, (주)삼우기술단을 거쳐 현재 (주)서영엔지니어링의 부사장으로 근무하고 있다. 광안대교의 기본 및 실시설계와 인천대교의 실시설계 책임기술자를 역임하였으며, 현재 진행중인 국가초장대교량 R&D사업과 해외 장대해상교량의 입찰설계 등에 지속적으로 참여하고 있다.

sksu@seoyeong.co.kr



**김형태** 전무는 서울대학교 토목공학과 박사과정을 수료하였으며, 현재는 (주)유신에서 현수교(이순신대교, 남해대교) 사장교(인천대교, 베트남 카오란 사장교) 등에 대한 교량유지관리시스템 개발 및 적용, 해상풍력발전 설계, 라오스DAM구조설계 등 특수구조물 설계에 전념하고 있으며, 현재 울산대교, 제2남해대교, 새천년대교 등 국내 현수교 건설현장의 기술지원 감리업무도 수행하고 있다.

hi-bridge@hanmail.net



**조경식** 부사장은 서울대학교 토목공학과에서 '곡선 BEAM-TENDON 요소를 이용한 세그멘탈교량의 정적 및 동적해석'에 관한 연구로 박사학위를 취득하였고, 삼우기술단, 유신을 거쳐 현재 디엠엔지니어링의 부사장으로 근무하고 있다. 서해대교 설계과정을 통해 사장교설계의 틀을 구축하였으며, 삼천포대교, 거금대교, 광양대교 등 각종 특수교량의 국내외 건설프로젝트 설계 총괄업무를 담당하였다.

drchoks@dm-eng.com