

콘크리트라는 건설재료의 공학적 특성과 그 매력

The Engineering Properties in Concrete and attractiveness, as a construction material



김지상 Jee-Sang Kim
서경대학교 토목공학과 교수

1. 머리말

물, 시멘트, 혼화재료 등 무기계 재료를 혼합하여 경화시킨 콘크리트는 건설재료로 오랫동안 사용되어 왔다. 구조재료로 사용되기에는 익히 알려진 몇 가지 단점이 있으며, 이를 극복하기 위한 많은 연구들이 1950년대 이후 꾸준히 수행되어 오고 있다. 압축강도보다 매우 낮은 인장강도, 부배합시 크게 발생하는 자기수축, 빈배합시 발생하는 건조수축, 큰 부재에서 발생하는 수화열에 의한 균열, 넓은 부재에서 발생하는 초기 소성 균열, 온도차에 의한 온도 균열, 양생할 때에 발생하는 시공 초기 단계의 균열 등 단점을 열거하자면 지면이 부족할 것이다. 재료적인 문제 이외에도 줄눈부, 콜드조인트 등 시공시에 발생하는 문제점들은 재료적인 단점 이상으로 구조체에 악영향을 미칠 수 있다.

그럼에도 불구하고 콘크리트는 경제성이라는 큰 매력과 사람이 주거할 경우 목재 이상으로 친화력을 가지는 유일한 건설재료는 콘크리트 밖에 없다는 점 때문에 널리 그리고 오랫동안 사용되고 있다. 더불어 재료 측면의 여러 가지 단점을 하나 둘씩 개선해가는 콘크리트 종사자들의 연구 개발 노력과 그에 따른 발전 또한 콘크리트 사용을 지속시키는 중요한 이유가 될 것이다.

2. 여러 재료를 혼합할 수는 적합성

콘크리트는 어원대로 ‘grow together’, 즉 함께 성장하는 공학재료이다. 이미 산업자원부 산물인 플라이애시, 고로슬래그 등 많은 혼화재료들이 콘크리트 내에서 반응하여 하나의 건설재료로 사용되고 있다. 최근 들어 환경성에 대한 문제로 인해 무시멘트 콘크리트, 다량치환 콘크리트(High Volume FA Concrete, High Volume Slag Concrete), 지오폴리머와 같이 시멘트 사용량을 줄이려는 시도가 꾸준히 진행되고 있다. 이미 150년간 건설재료의 큰 축을 담당해온 콘크리트를 바꿀 수는 없지만 일부 분야를 발전시켜 2차 제품 위주의 생산에서 구조부재 실용화에 대한 연구수준으로 진입하고 있다. 이러한 연구들은 시멘트 산업에 영향을 미치고 있으며, 폐기물 처리 등과 맞물려 사회적인 이슈를 부각시키고, 친환경 시멘트, 미국의 LEED 자격증과 같이 시대적인 흐름을 같이 한다. 국내에서도 친환경 콘크리트의 개발 및 실용화를 위한 제도의 하나로 우리 학회와 한국건설생활환경시험연구원을 중심으로 HVFA(High Volume Fly Ash Concrete)의 표준 규격 및 인증제도의 제정이 모색되고 있다.

강재와 비슷한 강도를 가지기 위해 UHPCC(Ultra High Performance Cementitious Composites)와 같은 초고강도 콘크리트의 개발, 연성을 극대화하기 위해 공학 섬유재를 혼합한 ECC(Engineered Cementitious Composites) 등 강재가 가질 수 없는 다른 재료와의 적합성은 콘크리트의 단점을 극복하면서 공학적인 흐름을 이끄는 좋은 예라고 할 수 있다. 국

내에서는 이에 대한 연구가 우리 학회와 한국건설기술연구원이 중심이 되어 활발하게 진행되고 있다.

3. 콘크리트 자체의 자기 회복성

콘크리트 내의 산화칼슘과 이로부터 야기된 수산화칼슘은 지속적으로 반응하며 콘크리트 내의 강알칼리성을 지배한다. 이러한 수화작용은 초기 양생조건에서 빠르게 발생하고 이후 반응성은 감소하지만 지속적으로 진행된다. 1980년대 일본의 해안구조물들에서 발생된 균열이 스스로 치유되는 현상에서 자기치유(auto-healing)가 보고 되었으며 이는 1990년대 무기 침투제를 통하여 구체를 치밀하게 하고 균열을 저감시키는 연구로 이어졌다. 최근에 개발된 자기치유형 페인트 같은 첨단재료의 특성을 콘크리트는 잠재적으로 가지고 있었던 것이다. 최근 들어 박테리아 활용 자기치유 기법이나 유·무기 침투제를 이용하여 눈에 보이지 않는 내부의 균열수복, 유지관리가 불가능한 환경에서 균열수복 등으로 연계하여 꾸준히 진행되고 있다. 국내에서는 국토교통부의 지원을 받아 성균관대학교에 자기치유 친환경 콘크리트 연구센터가 설치되어 이를 중심으로 활발한 연구를 진행하고 있다.

얼마나 길게 그리고 얼마나 효과적으로 제어하여 유지관리에 적용시킬 수 있는지가 콘크리트 기술자들의 역할이 될 뿐 이미 그 잠재력과 가능성은 콘크리트가 충분히 가지고 있다. 다양한 혼화제를 넣어서 수화를 촉진시키고 지연시키며, 팽창과 수축을 제작단계에서 조절할 수 있는 건설재료가 콘크리트를 제외하면 어떤 것이 있을까?

4. 다른 공학과의 적합성

콘크리트 내의 수분 이동과 비규칙적으로 발생하는 공극 구조의 평가를 위해 비파괴 기술 및 평가에 대한 이론들이 많이 정립되었다. 이미 전자기적 특성(electromagnetic properties)을 이용하여 콘크리트의 수화도 및 강도에 대한 연구들은 1970년대부터 진행되었는데, 이러한 기법들의 축적을 통해 현장에서 흔히 볼 수 있는 초음파 탐상 장비, 저항 측정 장비 등을 쉽게 볼 수 있다. 콘크리트는 무기계, 즉 암석에서 채취하고 소성하여 만들어진 건설재료로 전자기적 측면에서는 약한 재료이다. X-ray 등을 통하여 내부의 공극이나 결함을 평가할 수 있으며, 전자기 특성을 이용하여 내부에 매립된 철

근 역시 쉽게 가열하거나 냉각시킬 수 있다. 이러한 특성은 금속재료에서는 상상도 할 수 없는 흥미로운 현상이다. 또한 수분의 이동은 유입될 때와 유출될 때 그 특성이 또 다르며 투기성도 마찬가지이다. 수분의 유입과 공기의 유입을 허용하는 것이 건설재료의 단점만은 아니다. 이러한 특성을 구조물에 큰 무리가 없도록 공학적인 수준에서 제어하는 것 또한 공학자들의 몫이라고 할 수 있다.

5. 결론

최근 들어 '융합적 사고', '창조 저수지'라는 말들이 각종 미디어에 많이 오르내리고 있으며 공학적으로도 중요하게 다가오고 있다. 이미 콘크리트 공학에서는 구조 및 재료분야에서 융합적인 공학이 이루어지고 있으며 내부의 수화물은 그야말로 콘크리트 특성을 마음껏 활용할 수 있는 창조 저수지가 된다. 지금 실험실에서 연구되는 콘크리트의 특성들이 현장에 적용되기 위해서는 많은 시행착오를 반복해야 할 것이다. 그러나 콘크리트 학문 발전을 주도했던 많은 연구들을 통해서 공학적인 단점들이 하나 둘 씩 해결되고 있으며 적용된 기술로 인해 더 안전하고 더 내구성이 뛰어난 콘크리트 구조물들이 시공되고 있다. 완벽한 건설재료는 있을 수도 없으며, 이를 위해 필요 이상의 비용을 지출할 수도 없다. 분명한 한계를 알고 그 한계를 공학적인 제어범위에 둘 때 콘크리트 공학의 발전과 실용화에 대한 기회가 더욱 커진다. 물론 이러한 공학적인 제어 범위의 설정과 콘크리트의 제어를 위해 더욱 우리 학회 회원들이 노력해야 할 것이다. ☐

담당 편집위원 : 권성준(한남대학교) jjuni98@hannam.ac.kr

김지상 교수는 1992년 서울대학교 토목공학과에서 프리스트레스트 콘크리트 거더 교량의 피로해석 및 설계로 박사학위를 취득한 후 한국통신 연구개발본부, 현대산업개발을 거쳐 2000년부터 서경대학교 토목건축공학과 교수로 재직하고 있다. 주 관심 연구 분야는 콘크리트 구조물의 설계기준 및 시험방법 표준화, PSC 구조물의 설계, 초고성능 콘크리트 재료, 콘크리트 재료 비파괴 검사, 콘크리트 재료의 통계적 특성 연구 등이다.
zskim@skuniv.ac.kr