

## 환경과 콘크리트-콘크리트의 환경친화

Eco-Friendly of Concrete



박철우\*  
Cheol-Woo Park



박석균\*\*  
Seok-Kyun Park

### 1. 서 론

인간생활의 편리성을 향상시키기 위해서 개발되고 발전하는 산업사회의 기술문명은 지구환경의 많은 부분을 훼손하고 소비하는 방향으로 기술과 방식을 변화시켜왔다. 인간의 대량생산과 대량소비형의 생활은 자원의 고갈과 지구온난화 문제가 범지구적 차원에서 심각하게 부각되고 있다. 다시 말해, 인구의 증가, 화석연료의 고갈, 열대우림의 사막화, 대기오염, 수질오염, 폐기물 증대 등의 구체적 사례를 볼 때, 지구환경의 큰 전기는 2030~2050년 쯤에 나타날 것으로 예측되고 있다. 이러한 영향으로 환경파괴의 규모는 점차 확대되어 이제 이 문제는 단순히 한 국가만의 문제가 아닌 범지구적인 이슈화가 되고 있다. 이에 따라 세계 각국은 지구환경문제에 대한 국제회의 등을 통해 구체적인 방안을 모색해 가려는 노력을 기울이고 있다. 즉 천연자원이 유한하다고 하는 현실을 깊이 인식함과 더불어 환경부하저감대책을 강구해 나갈 필요성에 대한 세계적인 공감대가 보다 폭넓게 형성되기 시작하였다. 따라서 범지구적인 환경문제에 대한 대책을 마련하기 위해서 교토의정서(1997년 12월 11일 일본 교토의 국제회관에서 개최되었던 제 3회 지구 온난화 방지 교토회의)와 같은 기후변화협약이 출범되게 되었다. 이러한 협약으로 어떻게 하면 우리의 삶의 터전인 자연을 훼손하지 않으면서 지구환경을 발전시킬 수 있을까? 라는 생각이 바로 “친환경(eco-friendly)”이라 할 수 있다. 이제는 모든 산업부분에서 친환경이란 용어는 필수적이라 할 수 있다. 한때 사회에서 큰 이슈가 되었던 페인트 제품의 경우 저독성페인트에서 무독성페인트로 변화하였으며 이제는 이를 친환경 페인트라 지칭하여 제품을 판매하고 있다. 이처럼 우리는 이제 친환경 용어를 주변에서 쉽게 접하게 된다. 친환경농산물, 친환경타이어, 친환경먹거리 등 자연환경과 직접적인 영향이 있는 분야에

서부터 친환경마을, 친환경화장품, 친환경캠페인, 친환경모터쇼, 친환경다이어트 등 친환경이란 용어와 어울리지 않을 것이라 생각되는 제품과 분야에서 사용되고 있는 현실이다. 또한, 친환경 원예과와 같이 대학의 전공학과명에도 친환경이란 용어가 사용되고 있다. 이처럼 친환경이란 용어는 정치·사회·문화·예술 전반의 분야에서 매우 친숙하게 사용하고 있다. 이처럼 우리가 친환경이란 용어의 율타리에 살게 된 주된 요인은 정부의 친환경정책에서 기인한 것이라 할 수 있다. 대표적인 친환경정책은 친환경상품진흥원의 친환경마크제도를 들 수 있다. 이 제도는 동일 용도의 제품 중 생산 및 소비과정에서 오염을 상대적으로 적게 일으키거나 자원을 절약할 수 있는 제품에 환경마크를 표시하여 제품에 대한 정확한 환경정보를 소비자에게 제공하고, 기업으로 하여금 소비자의 선호에 부응하여 환경제품을 개발하고 유도하는 제도로서 1979년 독일에서 시행된 이 제도는 현재 유럽연합(EU), 북유럽, 캐나다, 미국, 일본 등 현재 40여개 국가에서 성공적으로 시행되고 있으며, 우리나라의 경우는 1992년 4월부터 시행되고 있는 제도이다. 이러한 제도를 발판으로 친환경이란 용어는 기능적인 부분보다 더 친숙하게 느껴질 정도로 사용되고 있다.

### 2. 환경친화 콘크리트

콘크리트는 사회기반시설인 도로, 철도, 항만, 상하수도 등의 토목과 건축구조물 구성의 뼈와 살로써 경제와 문화의 발전에 크게 공헌하고 있다. 그러나 콘크리트는 그 기능적인 욕구를 충족시키는데 그쳐, 산림과 자연을 파괴하고 동식물의 서식을 방해하는 주범으로 사회적인 환경문제에 있어서 부정적으로 인식되고 있다. 이와 같이 콘크리트는 각종 구조물의 중요한 건설재료로서 다용도로 사용되고 있지만, 일반적인 재료와는 다른 중요한 특징을 가지고 있다. 그것은 콘크리트는 그 구성요소들이 대부분 자연과 직접 대치해 사용되고 더구나 대량으로 사용된다는 점이다. 이것이 환경문제에 있어서 콘크리트가 부정적으로 보여 지는 직접적인

\* 정회원, 강원대학교 토목공학과 교수  
tigerpark@kangwon.ac.kr

\*\* 정회원, 대전대학교 토목공학과 교수

원인이 되고 있다. 또한 콘크리트 제조에 많은 자원과 에너지가 소비되고, 그 주요재료인 시멘트는 제조 시에 지구온난화의 주범인 이산화탄소를 다량으로 배출하게 된다. 포틀랜드시멘트 1톤을 제조하는데 약 870kg의 이산화탄소를 배출한다는 결과가 있어, 콘크리트의 사용에 따른 환경부하량은 높다고 할 수가 있다. 또한, 콘크리트구조물을 포함해서 일반적인 구조물들은 그 구조적 기능이 손상이 되지 않더라도 사회적 기능저하에 의해 폐기 또는 재활용되고 있다. 이와 같은 이유에서 환경부하가 작고 환경과 보다 조합될 수 있는 콘크리트가 사회에서는 요구되고 있다. 특히 산업부산물의 직접적·간접적 혼합사용문제와 육가크롬 용출 등은 콘크리트에 대한 사회의 부정적 인식을 가중시키고 있다. 콘크리트에 대한 이러한 부정적 인식을 회복하기 위해 최근 콘크리트의 환경친화화가 중요한 문제가 되고 있으며 이에 따른 많은 연구들이 산학연을 중심으로 수행되고 있다. 이러한 “환경친화 콘크리트(eco-concrete)”는 크게 환경부하 저감형과 생물대응형으로 구분되어 정의되고 있다.

먼저 환경부하저감형 에코콘크리트는 첫째, 콘크리트 제조시의

환경부하를 저감시키는 것 둘째, 콘크리트의 사용에 있어서 환경부하저감을 고려할 것 셋째, 환경부하저감이 가능한 콘크리트를 사용하는 것으로 구분할 수 있다. <표 1>은 환경부하저감형 에코콘크리트의 구분과 그 내용을 보여주고 있다.

생물대응형 에코콘크리트는 생물의 생식처를 확보하는 콘크리트 및 콘크리트 구조, 생물의 생식에 악영향을 미치지 않는 콘크리트 및 콘크리트 구조로 구분할 수 있다. 이들 생물대응형 에코콘크리트는 재료수준에서의 콘크리트 공극구조나 사용재료로서의 고안, 구조물의 형태나 배치방법의 고안 등으로 실현가능하며 <표 2>와 같이 정의 되고 있다. 이러한 콘크리트는 자연순환은 물론 생물과 환경에의 배려 등 콘크리트 재료면에서 특성부가와 콘크리트 사용방법과 구조형식 선정 시 배려가 필수적이라 할 수 있다.

### 3. 콘크리트는 환경친화 재료인가?

콘크리트가 친환경 재료인가 아닌가에 관한 논쟁은 지금도 계속되고 있다. 이에 대해서는 먼저 친환경 재료라는 정의에 대한 이해

표 1. 환경부하저감형 에코콘크리트

구분	특징	종류 및 적용 방법	기대 효과
콘크리트제조시 환경부하저감형	콘크리트제조에 있어 재료와 혼화제 등을 고안함으로써 이산화탄소 산업폐기물 자원고갈, 지형변형, 에너지 문제등의 환경부하 저감이 가능	- 에코시멘트를 사용한 콘크리트 - 각종 산업폐기물을 원재료로 사용한 시멘트를 사용한 콘크리트 - 혼화제를 이용한 콘크리트 - 플라이애쉬, 고로슬래그등의 산업부산물을 혼화재료로서 이용한 콘크리트 - 순환형 콘크리트 재료 - 페콘크리트로부터 시멘트의 원료와 골재의 원료를 반복해서 사용할 수 있는 재료	폐기물 처분지의 역할, 석회석 자원 및 골재자원 에너지 이용, 생(省)자원화, 이산화탄소배출량억제에 대해 사용가능
콘크리트사용 환경부하저감형	콘크리트 자체에 의한 환경부하저감은 기대할 수 없지만 그 사용방법에 있어서 환경부하저감을 도모	- 장수명콘크리트 장수명콘크리트는 콘크리트의 내구성을 종래의 것보다 대폭 장기화하고 구조물의 사용연수를 장기화 시킨 콘크리트 - 순환형 콘크리트 페콘크리트로부터 시멘트의 원료와 골재의 원료를 반복해서 사용할 수 있는 콘크리트	콘크리트구조물을 장기간 사용함으로써 시멘트제조시의 이산화 탄소나 에너지량의 절감, 골재자원, 파괴에너지, 처분문제, 재건설에 필요한 자원의 경감에 유효 순환형 콘크리트는 재사용이라는 측면에서 콘크리트 사용방법에 있어 환경부하저감이 가능
환경부하저감 가능한 콘크리트 사용	콘크리트자체에 환경부하저감기능이 있는 것으로 콘크리트를 사용할 자체로 환경부하저감을 도모	- 포러스콘크리트 다량의 연속공극을 포함하는 콘크리트	투수성과 흡음성을 가지며, 수질정화기능과 식재가 가능하고 환경부하저감을 위한 다양한 용도로 사용가능

표 2. 생물대응형 에코콘크리트

구분	특징	종류 및 적용 방법	기대 효과
생물의 생식처를 확보하는 콘크리트 및 콘크리트 구조	콘크리트 자체나 콘크리트구조물이 생물의 생식처를 확보하는 기능을 갖춘 콘크리트 및 콘크리트 구조	암초부착생물, 암초성 생물, 극간생식생물, 생태적 약자, 기존은신처 이용생물, 미생물 분해자, 식물	콘크리트 표면, 설치각도의 고안 등에 의해 구조를 고안하여 생물의 생식공간을 확보
생물의 생식에 악영향을 미치지 않는 콘크리트 및 콘크리트 구조	콘크리트구조물의 설치나 콘크리트의 사용이 직접 생물의 생식처를 파괴하는 등 생물에 악영향을 감소시키는 콘크리트 및 콘크리트 구조	토양수의 이동 저해, 잠행성동물의 생식역 파괴, 생식기반의 파괴, 공극의 소실, 기초의 소실, 알칼리분 용출	생태계와의 조화 또는 공생을 기할 수 있는 콘크리트로 생물의 서식지 보호

가 필요하다. 원래 친환경재료(eco-materials)라는 말은 1990년대 일본에서 처음 제창된 개념으로, 여기서의 친환경 재료의 정의는 “재료의 성능 향상, 환경과의 조화, 생활권 확대 등을 종합적으로 고려하여 지속 가능한 사회를 유지할 수 있도록 하는 재료”를 의미하고 있다. 다시 말해 1) 어떤 재료가 한번 만들어지면, 바꾸지 않고 아주 오랜 동안 사용해야 한다는 개념 : 수명주기를 증가시킬 수 있는 재료, 2) 어떤 재료가 만들어지는 과정에서 환경과피를 유발하지 않는 재료의 사용으로 요약할 수 있으며, 이러한 문제를 해결할 수 있는 재료를 친환경 재료라 정의하고 있다.

그렇다면 과연 콘크리트는 친환경재료인가에 대해서 정의와 비교하여 살펴보면, 그 첫 번째 개념에 부합하듯이 수명주기가 길어야 한다. 콘크리트는 인간의 의식주 중에서 주를 책임지고 있는 오늘날의 핵심적인 재료이다. 인간이 거주할 수 있는 공간은 생존을 위해서는 필수적인 사항이라 할 수 있다. 만약 콘크리트가 아닌 다른 재료를 찾는다면 과연 어떠한 재료를 사용할 수 있을까? 옛날에는 돌이나, 목재를 사용하기도 하고, 오늘날에는 강재(철)를 사용하기도 하지만, 일단 콘크리트는 한번 만들어지면 반영구적으로 사용이 가능하다. 그러나 목재나, 돌에 비해서 한번 형성됨으로써 아주 오래 동안 구조물을 유지할 수 있는 재료이며, 강재(철)과 비교해서는 매우 경제적인 재료라 할 수 있다. 두 번째 개념처럼 환경부하의 감소문제에 대하여는 조심스럽게 판단하여야 하지만, 콘크리트를 이루는 시멘트의 경우 전술한 바와 같이 그 제조과정에서 상당량의 이산화탄소가 배출되게 된다. 그렇지만 인간에게 반드시 필요한 주거시설을 만들기 위해 사용되는 모든 재료들도 이산화탄소의 배출이 발생하기 때문에, 인간이 굴이나 노천에서 살아야만 하는 환경이 아니라면, 그 배출량 자체를 줄이기 위해 노력해야 한다는 것이 중요하다고 판단된다.

또한 지구상에 사용 중에 있는 자원 중에서, 귀중한 원소를 덜 귀중한 원소로 대체해 준다는 개념에서 생각해 보면, 콘크리트를 대체할 다른 것이 없다 할 수 있다. 콘크리트는 지구상에서 가장 흔한 석회석을 주원료로 사용하기 때문이다. 금이나 은, 우라늄이 아니라, 우리 주변에서도 쉽게 볼 수 있는 석회석을 사용하게 된다. 그렇기 때문에 인류가 주거시설을 만들기 위해 개발한 여러 재료 중에서 콘크리트가 100년 이상 가장 많이 사용되는 이유라 할 수 있다. 다시 말해 콘크리트 이외에 이렇게 안전하고, 경제적이며, 취급과 사용이 용이하며, 그리고 세계 어느 나라 어느 곳에서도 만들 수 있는 재료는 찾아보기 어려운 것이다.

현재 콘크리트는 고기능성을 만족시키기 위한 다양한 연구와 실용화가 진행되고 있다. 그 일례로 일반 콘크리트보다도 몇 배 큰 100MPa 이상의 강도를 발현하는 고강도 콘크리트가 개발되고 있으며, 내구성 역시 뛰어나 기존 콘크리트보다 사용연수를 크

게 확대할 수 있다. 폐콘크리트로부터 얻어지는 순환골재를 사용한 순환골재 콘크리트는 부족한 골재원 확보와 골재원의 보호 측면에서도 매우 적극적인 대응방안으로 건설교통부와 환경부를 중심으로 순환골재 콘크리트에 대한 지속적인 연구가 진행되고 있으며, 최근 순환골재의 사용에 대한 인증제도가 도입되면서 많은 건설공사에서 이미 순환골재 콘크리트가 사용되고 있다. 결론적으로 콘크리트는 친환경 건설재료이며 동시에 인류가 개발한 재료 중 가장 혁신적인 재료라 할 수 있다. “이러한 재료를 친환경 재료가 아니라고 한다면, 과연 우리가 어떤 친환경 재료를 찾아내어 콘크리트를 대체할 수 있을까?”에 대한 답은 어느 누구도 간단하게 찾아낼 수 없을 것이다.

#### 4. 결 론

콘크리트의 친환경화는 콘크리트에 대한 전문적인 지식을 가지고 있는 전문가들이 노력할 때라 생각한다. 지금까지는 환경친화 콘크리트의 개발과 그 사용처의 확보에 많은 노력을 기울였으나 정작 사회의 부정적인 시각에 노출 되었을 때 소극적인 대응을 해왔던 것이 사실이다. 사회에 노출된 대부분의 내용들은 부실시공과 관리와 연계되면서 마치 콘크리트 자체가 환경을 파괴하는 주범인양 보도되고 있다. 향후에 이러한 경우가 지속적으로 발생할 경우에는 우리 학회 및 관련학회 차원에서 적극적인 대응이 필요할 것으로 판단된다. 이를 위해 사회적으로 일반인들이 콘크리트가 친환경재료임을 이해 할 수 있는 공청회, 설명회, 강연회, 세미나, 전시회, 경진대회 등을 개최하여 콘크리트의 우수성을 어느 누구도 쉽게 이해 할 수 있고 친숙한 재료임을 자각 할 수 있는 환경과 시간의 개발이 필요할 것이라 판단된다. 이제 환경 친화 콘크리트에 대한 초점을 “환경”뿐만이 아닌 “친화” 즉 인간과의 친화에도 많은 비중을 두어야 할 것으로 생각된다. 또한, 이러한 적극적인 노력이 콘크리트의 친환경화를 앞당기는 초석이 될 것이 분명하다고 판단된다. □

#### 참고문헌

1. 박석균, “일본에서의 지구환경문제와 환경친화적 콘크리트의 역할과 대책,” 대전대학교, 환경문제연구소 논문집, 4호, 1999, pp. 17~29.
2. 이승한, 김은겸, “환경친화 콘크리트-환경친화 콘크리트의 현황,” 콘크리트학회지, 12권, 5호, 2009, pp. 17~22.
3. 박승범, “순환형 사회구축을 위한 환경친화 콘크리트 기술의 현황과 전망,” 콘크리트학회지, 15권, 6호, 2003, pp. 14~16.