

친환경 콘크리트 관련 해외 연구 동향 및 인증 제도

Review of the Research Trends and Certification Systems for the Environmental Concrete



홍건호*
Geon-Ho Hong



김선숙**
Sun-Sook Kim

1. 서 론

최근 환경 보전 및 에너지 절약을 목표로 하는 '환경적으로 건전하고 지속가능한 개발(ESSD: environmentally sound and sustainable development)'의 패러다임이 전 세계적으로 확산되면서, 건설 산업 전반에서도 이에 대한 인식과 요구가 증대되고 있다. 건축 및 토목 구조물은 건설, 사용, 폐기 등 전 과정(life cycle)에 걸쳐 자원 및 에너지를 소비하는 주체일 뿐 아니라 지구온난화를 유발하는 CO₂ 가스 및 각종 폐기물을 배출하는 주요인으로 작용하고 있기 때문에, 건설 산업 분야는 다른 어떤 분야보다도 친환경적 기술의 개발 및 보급이 시급한 실정이다. 이에 대응하기 위해, 친환경 설계 및 시공 지침 제공, 친환경 건축물 및 친환경 자재 인증 제도의 시행 등 국내외에서 건설 산업 분야의 친환경성 확보를 위한 노력이 다각화되고 있다.

콘크리트는 여러 구조물의 대표적인 건설 재료로서 폭넓게 사용되고 있는데 반해, 제조 시에 많은 자원과 에너지를 소비하고 주요 재료인 시멘트의 제조 과정에서 CO₂를 대량 배출하기 때문에 환경적 측면에 있어서 부정적으로 인식되어 온 것이 사실이다. 이를 극복하기 위하여 콘크리트 제조 시의 환경부하량 저감 기술, 콘크리트를 이용한 환경부하량 저감 및 환경 개선 기술, 생태계와의 조화를 꾀하는 에코 콘크리트의 개발 등 다양한 관점에서의 연구 수행 및 대책 수립이 이루어지고 있다.

선진 외국에서는 이미 콘크리트 뿐 아니라 환경 친화적인 건설 재료에 대한 연구가 급속히 증가하는 추세이며, 특히 콘크리트의 경우에는 학계 뿐 아니라 관련 업계에서도 체계적이고 조직적으로 콘크리트의 친환경적 특성을 연구하고 장점을 부각시키기 위한 노력을 지속적으로 실시하고 있다. 본 고에서는 향후 국내 실정에 적합한 친환경 콘크리트의 개발 방향을 모색하고 콘

크리트의 친환경성에 대한 객관적인 평가 및 인식 제고 방안을 수립하기 위하여, 해외의 연구기관 및 산업계의 친환경 콘크리트 연구 동향 및 콘크리트의 친환경성 평가 동향을 조사하였다.

2. 국외의 친환경 콘크리트 대응 동향

콘크리트는 앞서 언급한 석회석·골재 등의 원자재 소비, CO₂ 대량 배출 문제 외에도 제조 과정에서의 에너지 소비 및 소음·진동·먼지 발생, 미량성분 용출·각종 오염물질 발생 등에 따른 인체에의 유해성 등을 이유로 반환경적인 재료인 것으로 주로 인식되어 왔다. 따라서 이와 같은 콘크리트의 반환경적인 요소에 대한 기술적인 규명 및 해결 방안의 도출이 필요할 뿐 아니라, 기존에 인지되지 못하였던 친환경적인 요소를 찾아내고 부각시키는 등 콘크리트의 친환경성에 대한 평가를 새로이 할 필요가 있다.

국내에서도 친환경 건설재료에 대한 연구가 진행되고 있으나, 주로 바닥재, 벽지, 도료 등 건축 내장재를 중심으로 친환경성 평가(LCA) 및 유해오염물질 저방출 자재 개발에 대한 연구가 주류를 이루고 있으며 콘크리트 등 구조 재료의 친환경성에 대한 연구는 활발히 이루어지지 않고 있는 실정이다.

한편, 국외에서는 일본, 미국, 캐나다, 유럽 각 국에서 시멘트 업계 및 연구 기관 등을 중심으로 시멘트 및 콘크리트의 친환경성에 대한 재평가와 함께 콘크리트의 환경부하 저감 기술 개발에 대한 연구가 수행되고 있으며, 한발 더 나아가 제조 및 시공, 운영, 폐기 등 전 과정에 걸쳐 콘크리트의 친환경성을 높이는 데 참고할 수 있는 각종 가이드라인 및 홍보 자료를 제작·배포하는 등 친환경 콘크리트 산업에 대한 비전 제시가 활발하게 이루어지고 있다.

* 정희원, 호서대학교 건축공학과 교수
honggh@hoseo.edu

** 한국건설기술연구원 건축도시연구부 선임연구원

2.1 일본

일본에서는 환경 친화 콘크리트(environment conscious concrete /eco concrete)라는 개념으로 건설 구조재료에 대한 연구가 진행되고 있다. 환경 친화 콘크리트라는 용어는 일본콘크리트공학협회의 에코 콘크리트 연구위원회에서 처음 사용되었는데, 에코 콘크리트란 「지구환경부하의 감소에 기여함과 동시에 인류를 포함한 생태계와 조화 또는 공생할 수 있고, 쾌적한 환경을 창조하는 것에 유용한 콘크리트」라는 개념으로 정의되고 있다. 에코 콘크리트는 사용 목적에 따라 <표 1>과 같이 환경부하 저감형과 생물대응형으로 분류되며, 일본콘크리트공학협회에서는 이러한 개념을 바탕으로 친환경 콘크리트와 관련된 기준의 제정 및 기술 개발에 주력하고 있다.

2.2 북미

북미에서도 시멘트 협회를 중심으로 시멘트 및 콘크리트의 친환경성 평가에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있다(그림 1). 미국의 PCA(Portland Cement Association)에서는 지속가능한 개발의 개념 및 콘크리트의 친환경적 장점을 소개하는 자료인 『concrete thinking for a sustainable world : concrete's durability and energy-efficiency help the environment』를 제작하여 콘크리트의 친환경 성능에 대한 홍보를 수행하고 있으며, 2005년도의 보고서에서는 친환경 콘크리트 산업의 비전 등을 제시하고 있다. 아울러 홈페이지 상에서 콘크리트의 친환경 사례 등을 소개하고

있으며, 『cement manufacturing sustainability program』이라는 친환경 기준을 자발적으로 제정하여 운영하고 있다. 캐나다의 CAC(Cement Association of Canada)는 'concrete thinking for a sustainable future'라는 슬로건 하에, 지속가능한 디자인의 원리와 친환경 건설의 요소기술에 대한 지식 제공 및 북미의 친환경건축물 평가기준인 LEED에 대한 상세 가이드라인을 포함하는 『guide to sustainable design with concrete』를 제시하였다(그림 2). 또한 『2006 sustainability report』에서는 CO₂ 배출관리, 연료 및 재료, 보건 및 안전, 지역환경부하, 대기관리 관련 데이터 및 각 분야에 대한 대응 전략을 소개하고 있다.

학계쪽으로는 미국 미시간대학(University of Michigan)에서 토목공학 및 재료공학, 산업생태학, 환경경제학, 지질공학, 환경보건학 분야에 걸친 다학제적 협력 과제인 『sustainable concrete infrastructure materials and systems - developing an integrated life cycle design framework』를 수행하고 있다(2003 ~ 2008). 주요 연구내용으로는 콘크리트 대체 재료로서의 ECC(engineered cementitious composites)의 설계 및 적용, 지속가능한 인프라의 구축 등이 있다.

2.3 유럽

유럽에서는 영국, 덴마크 등 각 국가별로 개별적인 대응을 추진하고 있을 뿐 아니라, 각 국가 간 네트워크를 결성하여 협력 연구를 진행하고 있다. 영국 BCA(British Cement Association)에서는 지속가능한 개발을 위한 특별위원회(sustainable development task



그림 1. 미국 PCA의 2005 report

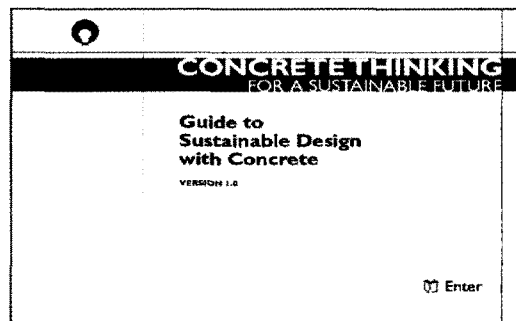


그림 2. 캐나다 CAC의 친환경 콘크리트 가이드라인

표 1. 에코 콘크리트의 분류 및 사례

분류		사례 및 기능
환경부하 저감형 에코 콘크리트	콘크리트 제조 시 환경부하 저감 콘크리트 사용 시 환경부하 저감 콘크리트를 이용하여 환경부하 저감	에코 시멘트(폐기물 원료)를 이용한 콘크리트, 산업부산물 혼화재를 이용한 콘크리트, 재활용 콘크리트 등 고내구성·고강도 콘크리트 등 장수명 콘크리트, 재활용 콘크리트 다공질 포라스 콘크리트 등
생물대응형 에코 콘크리트	생물의 생식장을 확보하는 구조 생물의 생식장에 악영향을 미치지 않는 구조	암초부착생물, 암초성생물, 극간생식생물, 초본식물 등 서식 토양수 이동저해 완화, 알칼리 성분 용출 저감 기능

force)를 결성하여 콘크리트 구조물과 인프라의 지속가능한 설계와 시공을 지원, 장려하고 있으며, 지속가능성 평가의 목표를 제시함으로써 생산업체를 지원하고 있다. 또한 영국콘크리트협회, 콘크리트센터 및 영국프리캐스트공업협회(British Reinforced Concrete Council, Concrete Center, British Precast) 등과 협력하여 콘크리트의 친환경성과 관련된 다양한 연구를 수행하고 있으며, WBCSD(world business council for sustainable development)의 『towards a sustainable cement industry』 프로젝트에도 참여하고 있다. 아울러 『EcoConcrete』라는 자료를 통하여 콘크리트의 친환경적 기능 소개와 함께 콘크리트를 이용한 친환경 설계 및 시공 방법 등을 제시하고 있다(그림 3).

덴마크에서는 정부기관인 무역산업부(ministry of trade and industry)의 지원으로 덴마크그린콘크리트센터(Danish Center for Green Concrete)에서 시멘트 생산업체, 국가연구기관(Danish Technological Institute, Concrete Center), 대학(Technical Univ. of Denmark 외) 등이 참여하여 자원절약형(resource saving type) 친환경 콘크리트의 연구 및 건설프로젝트에서의 콘크리트의 친환경적 이용 기법을 홍보하기 위한 프로젝트를 수행한 바 있다(1998 ~ 2002). 주요 연구 내용으로는 콘크리트의 환경부하 저감을 위한 기술 개발로서 그린 시멘트 및 그린 콘크리트 개발, 그린 설계기법 개발, 그린 콘크리트를 위한 구조설계기법 개발 등이 있다.

북유럽에서는 덴마크, 핀란드, 스웨덴, 노르웨이, 아이슬란드 등 5개 북유럽 국가의 생산 업체 및 연구기관 등의 협력체인 북유럽혁신센터(Nordic Innovation Center)에서 친환경적인 구조물에 대한 인식 제고 및 기준 제정, 친환경 콘크리트 구조물의 개발 및 이용 장려를 목적으로 'concrete for the environment - a

nordic network' 라는 주제 하에 연구를 진행하였다. 주요 연구 개발 주제로는 시멘트 생산시의 환경부하 저감 기술, 그린 콘크리트 생산기술, 시멘트 및 콘크리트 생산 산업 부산물의 이용, 투명 콘크리트, 생애주기(life cycle) 디자인, 재활용 골재 등이 포함되었다.

또한 유럽 각 국의 연구기관들이 건설 산업 전반에 걸쳐 지속가능성 확보를 도모하기 위해 결성한 eco-serve network에서는 "use of alternative materials as secondary fuels and raw materials for cement clinker production, Production and application of blended cements, concrete and aggregate production, pavements" 등 4개 분야에 걸쳐 관련 연구를 수행한 바 있다.

3. 콘크리트의 친환경성 평가

콘크리트의 친환경성 평가는 콘크리트의 제조, 시공, 해체 및 폐기에 이르는 전 과정에 걸쳐 이루어지게 되며, 재료 자체의 전과정평가(LCA : life cycle assessment) 뿐만 아니라 콘크리트의 재료적 특성으로 인해 얻게 되는 구조물의 친환경 성능도 구분되어 평가될 수 있다.

3.1 재료 측면에서의 친환경성 평가

'콘크리트'라는 재료 측면에서의 친환경성 평가는 시멘트, 골재를 비롯한 원자재의 채취 및 운반, 콘크리트의 제조에서부터 운송, 시공, 사용, 재활용 및 폐기에 이르는 전 단계에 걸쳐 수행되며, 미국 NIST(National Institute of Standard & Technology)의 BEES(building for environmental and economic sustainability) 프로그램이나 유럽 Eco-serve의 EcoConcrete LCA Tool 등 다양한 LCA 도구들을 통해 이루어질 수 있다. BEES는 건설 관련 자재 및 제품 선택 시 환경성과 경제성의 최적화를 도모할 수 있도록 개발된 소프트웨어로 환경성의 측면에서는 ISO14040 시리즈에 근거한 LCA 평가 방법을, 경제성의 측면에서는 ASTM의 표준 LCC 평가 방법을 각각 적용하고 있다. 1997년부터 미국 환경청(environmental protection agency)에서는 친환경제품 구매(environmental preferable purchasing) 프로그램을 통해 건설 관련 자재 및 제품의 전과정평가에 BEES를 이용하도록 권장하고 있다. <그림 4>는 100% 포틀랜드 시멘트와 각각 다른 4종류의 대체 시멘트를 이용한 콘크리트 슬래브의 친환경 성능을 BEES 프로그램을 이용하여 분석한 결과로, 각 대안이 산성화, 지구온난화, 화석연료 고갈, 실내공기질, 재실자의 건강, 오존층 파괴, 스모그 등 다양한 환경적 측면에 미치는 영향을 정량적으로 나타낼 수 있다.

BEES 외에도 다양한 기관에서 LCA 도구를 개발하여 이용하고 있는데, 특히 유럽시멘트협회(European Cement Association), 국제

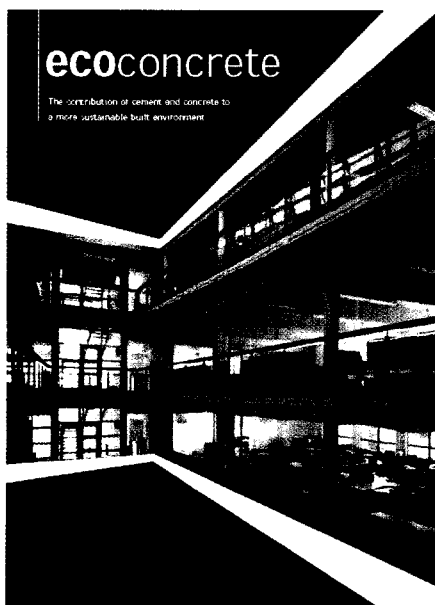


그림 3. 영국 BCA의 ecoconcrete 홍보자료

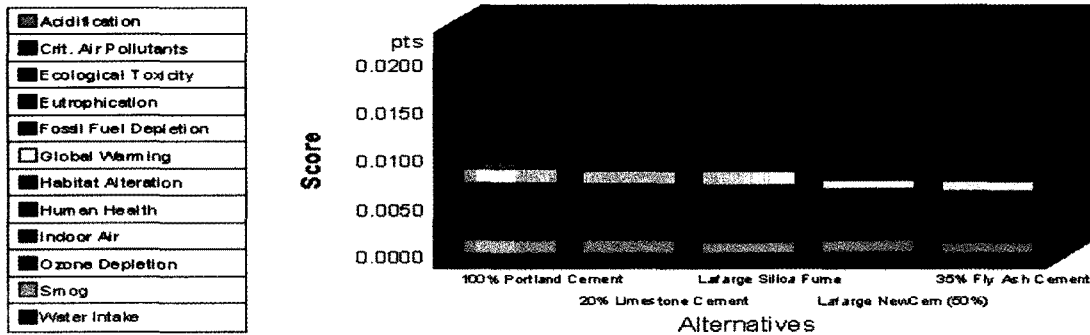


그림 4. BEES 프로그램을 이용한 콘크리트의 전과정평가(LCA) 사례

프리캐스트콘크리트협회(International Bureau of Precast Concrete) 등 시멘트, 골재, 콘크리트 관련 7개 기관으로 구성된 연구 조직인 Eco-serve Network의 joint project group on the LCA of concrete는 콘크리트 전용 LCA 도구인 EcoConcrete LCA Tool을 개발하여 보급하고 있다(그림 5). 이는 콘크리트 기반 제품들의 환경에의 영향을 평가하고 최소화하기 위해 엑셀파일(excel file) 형태로 구현된 프로그램이며, 슬래브 및 보, 교량상판 및 교각, 도로 포장 등에 이용되는 레디믹스드 콘크리트나 프리캐스트 콘크리트 단위 부재에 대해 ISO 기준에 근거한 세 가지의 서로 다른 LCA 방법을 적용하여 평가할 수 있도록 구성되어 있다.

이상과 같이 LCA는 전과정에 걸쳐 건설 관련 자재의 친환경성을 평가할 수 있는 유용한 방법이나, 자재 선택 시 모든 원자재, 에너지, CO₂ 방출량, 폐기물 및 각각의 환경부하에 대한 고려가 복합적으로 이루어져야 한다는 어려움이 있다. 따라서 각 자재의 환경성에 대한 정보를 보다 손쉽게 얻을 수 있도록 하기 위해, ISO 14024에 의거하여 제품의 생산 및 소비 과정에서 환경오염을 상대적으로 적게 일으키거나 자원을 절약할 수 있는 자재에 대해 제3자 인증기관이 친환경 인증을 부여하는 Type I 환경라벨링 제도나 ISO 14025에 따라 제품을 생산하는 업체가 전과정 평가를 실시하여 그 결과를 자발적으로 공개하는 Type III 환경라벨링제도 등이 실시되고 있다. Type I 환경라벨링 제

도 중 대표적인 것으로는 국내의 환경마크, 미국의 그린셀(green seal), 캐나다의 환경마크(environmental choice), 독일의 블루엔젤(blue angel), 일본의 에코마크(eco mark) 등이 있다. 현재 국내 환경마크 제도에서는 'EL743. 무기성 토목·건축자재' 부문의 인증기준에 의거하여 무기성 폐재류를 이용하여 만든 토목·건축자재를 대상으로 폐재 사용률, 중금속 등 유해성분 함량 기준 및 일정한 품질 기준을 만족하는 제품에 대해 환경마크를 부여하고 있으며, 콘크리트용 순환잔골재, 재활용골재, 식생 콘크리트 블럭, 재활용 보도용 콘크리트판 및 경계블록 등의 제품에 대한 인증이 위주가 되고 있다. Type III 환경라벨링은 Type I 환경라벨링에 비해 자재의 전과정 평가에 대한 보다 전문적인 정보를 포함하고 있으며, 국내의 환경성적표지제도, 미국의 CEP(certified eco-profile), 캐나다의 EPDS(environmental profile data sheet), 일본의 Eco-Leaf 등이 여기에 포함된다. Type III 환경라벨링의 대상은 주로 가전제품이나 사무용기기가 주종을 이루었으나 최근 일반 생활용품 등으로 확대되고 있는 추세이고, 특히 일본의 Eco-Leaf 프로그램에서는 시멘트를 대상 품목에 포함시키고 있으며 순환골재로 인증을 받은 사례도 있다.

3.2 구조물 측면에서의 친환경성 평가

각 자재가 복합적으로 구성되어 이루어지는 구조물 측면에서의 친환경성 평가는 주로 건축물을 위주로 활발히 이루어지고 있는데, 각 개별 자재의 친환경성 평가와 마찬가지로 시공 및 유지관리, 재활용, 해체에 이르는 전 단계에 걸쳐 건축물이 환경에 영향을 미치는 정도에 대해 평가함으로써 친환경 건축물을 확대 보급하고 환경에 대한 인식을 제고하기 위한 것이다. 이러한 평가를 실시함에 있어 공통적인 평가 목표 및 기준을 설정하고 검증된 평가 방법 및 도구를 이용하여 객관성을 유지하기 위한 방편으로, 국내외에서 건축물의 친환경성 평가 및 인증제도들이 다수 운영되고 있다. 국내에서는 건설교통부와 환경부에서 운영하는 친환경건축물 인증제도가 있으며, 미국의 LEED(Leadership in

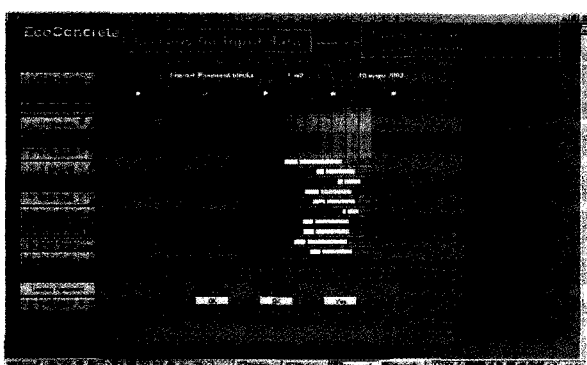


그림 5. EcoConcrete LCA Tool의 화면 구성

energy and environmental development), 캐나다의 LEED-Canada, 영국의 BREEAM(british research establishment's environmental assessment method), 일본의 CASBEE(comprehensive assessment system for building environmental efficiency), 그린빌딩협회의 (Green Building Challenge)의 GBTool 등이 이에 포함된다. 각 인증제도마다 국가별 특성을 반영하여 약간의 차이는 있으나 평가 분야 및 평가 항목에 있어 유사한 점이 많으며, 지속가능한 부지, 에너지 및 자원의 절약, 대기환경의 보전, 실내 환경의 질, 주변 환경과의 조화 등의 부문에서의 친환경 성능을 중점적으로 평가하고 있다.

이상과 같은 국내의 건축물의 친환경성 평가 및 인증제도 평가 항목과 콘크리트의 연관성을 살펴보면, 콘크리트 자체를 직접적으로 언급한 평가 항목은 많지 않은 편이다. 그러나 콘크리트를 건물의 구조재료로 사용함으로써 상대적으로 점수를 획득하기 쉬운 평가 항목들이 다수 존재하므로, PCA나 CAC 등 북미의 콘크리트 업계에서는 이러한 점을 부각시켜 콘크리트를 사용한 건축물이 친환경성 평가에서 높은 점수를 얻을 수 있도록 하기 위한 각종 가이드라인을 제시하고 있으며, 그 중에서 특히 LEED 인증제도에 대한 대응 방안이 가장 활발히 제시되고 있다. LEED 평가기준은 크게 지속가능한 부지(sustainable sites, 14point), 수자원의 효율적 이용(water efficiency, 5 point), 에너지와 대기환경(energy and atmosphere, 17 point), 재료 및 자원(material and resources, 13 point), 실내 환경의 질(indoor

environmental quality, 15 point), 혁신성 및 설계 프로세스 (innovation and design process, 4 point) 등의 부문에서 총 69 point의 획득이 가능하도록 구성되어 있으며, 26 point 이상 획득 시 점수에 따라 플래티늄, 골드, 실버, 브론즈 혹은 인증 등급의 인증을 받을 수 있다. 레미콘 연구재단(Ready Mixed Concrete Research Foundation)이 레미콘협회 및 PCA의 지원을 받아 제작한 『ready mixed concrete industry LEED reference guide』나 CAC의 『guide to sustainable design with concrete』 등에서는 <표 2>의 내용과 같이 LEED의 평가분야 및 평가항목과 콘크리트 관련 특성 및 기능을 연계시키고 각 항목마다 정량적인 데이터 및 적용 방안 등을 제공함으로써 콘크리트 건물의 LEED 인증을 지원하고 있다.

국내에서 운영되고 있는 친환경 건축물 인증제도는 공동주택을 기준으로 토지이용, 교통, 수자원, 에너지, 환경오염, 재료 및 자원, 실내환경, 유지관리, 생태환경 등 9개 부문에서 총 136점을 획득할 수 있으며, 65점 ~ 84점 획득 시 우수, 85점 이상 획득 시 최우수 등급을 부여받는다. 마찬가지로 친환경 건축물 인증 제도의 평가항목 중 콘크리트와 관련된 항목을 정리해 보면 <표 3>과 같다. 콘크리트의 친환경성을 부각시킬 수 있는 항목의 개수나 비중이 LEED에 비해 상대적으로 적은 편임을 알 수 있는데, 이는 국내 기준에 건물의 유지관리나 생태환경 등에 대한 평가가 추가되었으며 거주 환경의 질에 대한 평가가 중요시

표 2. LEED 인증 제도의 콘크리트 관련 평가 분야 및 평가 항목(LEED-NC기준)

평가 분야	평가 항목	관련 특성 및 기능	점수	비고
Sustainable sites	Credit 3. Brownfield Redevelopment 오염된 토양(황무지)의 복원	지반강화용 콘크리트	1	오염되었거나 황무지로 규정된 부지를 개발하는 경우
	Credit 6.1 Stormwater Management 우수 침투 및 재활용을 통한 우수부하의 절감	투수성 콘크리트	1	현재 부지의 투수성에 따라 적절한 우수처리 계획을 시행할 경우
	Credit 7.1 Reduce Heat Island Effect 옥외 공간의 열흡수 저감	밝은 색상 마감 및 포장(시멘트 콘크리트)	1	부지 내 옥외 공간 표면 마감 시 밝은 색상의 높은 반사율을 가진 재료를 30% 이상 사용할 경우 ANSI/ASHRAE/IESNA90.1-1999의 건물 에너지 효율 기준이나 지역 자체의 에너지 기준 중 더 높은 것을 만족시킬 경우
Energy and atmosphere	Prereq. 2. Minimum Energy Performance 에너지 관련 기준의 만족	콘크리트의 열용량	필수	
	Credit 1. Optimize Energy 에너지 비용의 절감	콘크리트의 열용량	1~10	상기의 에너지 관련 기준을 초과하여 달성할 경우
Materials and resources	Credit 1. Building Reuse 기존 건축물의 주요 구조물 및 비내력벽의 재사용	콘크리트 구조물의 내구성 및 장수명	1~2	현재 건물 구조 및 외피의 75%를 그대로 둘 경우 1점, 100%를 그대로 둘 경우 2점 획득
	Credit 2. Construction Waste Management 건물의 폐기 및 시공 시 재활용 가능 재료의 수집	콘크리트 폐기물의 재활용	1~2	폐기물 등의 50%가 재활용될 경우 1점, 75%가 재활용될 경우 2점 획득
	Credit 4. Recycled Content 재활용 재료를 포함한 신제품의 사용	플라이 애쉬, 슬래그 등 시멘트 대체재(SCM), 골재 대체재	1~2	재활용 재료의 용량 및 단가에 따라 점수 획득
Innovation and design process	Credit 5. Regional Materials 지역에서 채취 및 제조된 자재의 사용	Ready mixed, Precast concrete	1~2	건물 재료 비용의 최소 20%에 해당하는 재료에 대해 반경 800 km 이내에서 생산되는 제품을 이용할 경우
	Credit 1. Innovation in Design 혁신적인 설계	플라이 애쉬, 슬래그 등 시멘트 대체재(SCM)	1	콘크리트 내 시멘트의 40%를 플라이 애쉬나 슬래그로 대체할 경우 혁신 기술로 인정

표 3. 친환경 건축물 인증 제도의 콘크리트 관련 평가 분야 및 평가 항목(공동주택 기준)

평가 분야 및 평가 항목		관련 특성 및 기능	점수	비 고
3. 에너지	3.1.1. 에너지 소비량	콘크리트의 열용량	12	건축물의 에너지절약설계기준의 '에너지성능지표검토서' 취득점수 평가
4. 재료 및 자원	4.1.2. 환경친화적(공업화) 공법 및 신기술 적용	프리캐스트 콘크리트	3	건축물의 주요 구조부를 PC부재 등으로 공장 생산하여 현장에서 조립하는 공업화 공법 및 환경관련 신기술을 적용할 경우
	4.4.2. 기존 건축물의 재사용(주요구조부)으로 재료 및 자원의 절약	콘크리트 구조물의 내구성 및 장수명	7	기존 건축물을 전면 리모델링할 경우주요 구조부 재사용율에 따라 평가
	4.4.3. 기존 건축물을 재사용(비내력벽)하여 재료 및 자원의 낭비 절약	콘크리트 구조물의 내구성 및 장수명	2	기존 건축물을 전면 리모델링할 경우비내력벽 재사용율에 따라 평가
5. 수자원	5.1.1. 우수부하 절감대책의 타당성	투수성 콘크리트	3	전체 포장면적 중 투수성 포장 설치 비율에 따라 평가

되는 등 보다 광범위한 평가가 이루어지고 있기 때문인 것으로 판단된다.

이상과 같이 콘크리트를 주요 구조재로 사용한 건물이 LEED 평가 기준에 적절히 대응할 수 있도록 북미의 시멘트 및 콘크리트 업계에서 다양한 가이드라인을 제공하고 있는 것과 마찬가지로, 국내의 학계 및 콘크리트 관련 업계에서도 이와 같은 시도가 필요할 것으로 사료된다.

4. 결 론

친환경 콘크리트의 개념은 상당히 광의의 의미를 갖는 용어로서, 친환경적 자원의 소비, 환경부하의 저감, 장수명 구조재료로서의 기능 수행, 실내 환경 관련 성능의 향상 등 다양한 측면에서 접근 방법을 가질 수 있다. 국외에서는 관련 업계를 중심으로 시멘트·콘크리트 산업의 친환경화를 위한 대응 전략 수립 및 홍보 등이 활발히 이루어지고 있으며, 친환경 평가와 관련된 CO₂ 배출 저감, 연료 및 재료 사용, 산업 폐기물 활용, 환경부하 저감, 규제기준에 대한 대응기법 등과 관련된 연구 및 기술 개발이 진행되어 왔다. 국내에서도 최근 콘크리트의 인체에의 위해성에 대한 가능성이 제기되면서, 천연재료를 이용하여 실내 공기환경 개선 기능을 추가한 기능성 콘크리트나 재활용 골재를 이용한 콘크리트 개발 등 친환경 콘크리트 관련 연구가 일부 진행되고 있다. 향후에도 지속적으로 콘크리트의 환경친화성능과 관련된 선진외국의 연구 및 산업현황을 수집하여 분석하고, 이를 지속가능한 개발(sustainable development)의 개념으로 국내에 정착시키기 위한 방안을 모색할 필요가 있다. 또한 콘크리트의 친환경 성능을 개선하기 위한 다양한 혼화재료를 조사·분석하여 국내 실정에 적합한 친환경콘크리트를 개발함으로써 콘크리트의 제조에 의한 환경부하를 저감할 수 있는 방안을 제시해야 할 것이다. □

참고문헌

1. 이한승, "콘크리트를 둘러싼 환경 문제와 친환경 대응방안", 콘크리트 학회지, Vol.7, No.4, 2005, pp.8 ~ 10.
2. 한국건설기술연구원, 친환경건축물 인증심사기준 종합지침서-공동주택부문, 환경부, 2004.
3. Aitcin, P., "Cement of Yesterday and Today Concrete of Tomorrow", *Cement and Concrete Research*, Vol.30, 2000, pp.1349 ~ 1359.
4. British Concrete Association, *Ecoconcrete*, 2001.
5. British Concrete Association, *Sustainable Development in the Cement and Concrete Sector*, 2003.
6. Berk, M., *Ecoserve Indicator Tool User Guide*, 2005.
7. Concrete Association of Canada, *Guide to Sustainable Design with Concrete*.
8. Concrete Association of Canada, *2006 Sustainability Report*, 2006.
9. Damtoft, J. et. al., "Danish Center for Green Concrete", *Proceedings of CANMET/ACI International Conference*, 2001.
10. Lippiatt, B. and Ahmad, S., "Measuring the Life - Cycle Environmental and Economic Performance of Concrete : The BEES Approach", *Proceedings of International Workshop on Sustainable Development and Concrete Technology*, 2004, pp. 213 ~ 230.
11. Nordic Innovation Center, *Concrete for the Environment - a Nordic Network*, 2004.
12. Portland Cement Association, *Report on Sustainable Manufacturing*, 2005.
13. World Business Council for Sustainable Development, *How Innovation Can Help the Cement Industry Move toward More Sustainable Practices*, 2002.