https://doi.org/10.14190/MRCR.2019.14.3.026

친환경 건설정책의 변화에 따른 콘크리트 환경성적표지인증의 필요성 및 현황

The Current Status and Necessity of Concrete EPD Based on Changing of Eco-Friendly Construction Policy

김낙현 Rak-Hyun Kim
한양대학교 친환경건축기술연구소
박사후 연구원
E-mail : redwow6@hanyang.ac.kr

1. 머리말

전 세계적으로 각 국가의 산업분야에서는 지속가능한 개발(ESSD, Environment Sound and Sustained Development)을 전제로 하여 환경규제가 국제적으로 강화되고 있다. 이에 따라 각 국가에서는 다양한 종류의 배출허용기준과 같은 직접적인 환경규제뿐만 아니라 환경제품선언(EPD, Environmental Product Declaration)과 같은 간접적인 환경규제를 통해 자국의 환경을 보전하려는 노력이 시작되었다.

이러한 추세에 따라 건축 산업에서는 건축물 및 건축친환경건축기술연구소의 정량적인 환경성 정보를 제공하는 전과정 평가(LCA, Life Cycle Assessment)활용 기술들이 개발되어지고 있다. 전과정 평가는 서비스를 포함한 특정 제품의 원료 및 가공, 제조, 수송, 사용, 폐기 등 모든 과정에서 소모되고 배출되는 에너지와 물질의 양을 정량화하여 이들이 환경에 미치는 영향을 종합적으로 평가하고 이를 토대로 환경개선의 방안을 모색하고자 하는 객관적이고 적극적인 영향평가 방법이다. 건설 산업에 대한 직·간접적인 규제로 전과정 평가가 활용되고 있는 대표적인 사례가 환경성적표지인증, 탄소발자국인증 등과 같은 친환경건축자재 관련 인증제도이다. 이러한 친환경건축자재 관련 인증은 국내 대표 건축물 인증제도인 녹색건축인증(G-SEED)에서 주요하게 다루어지는 평가 범주이다. 2016년 9월 G-SEED 2016으로 개정된 이래, 건설현장에서 건축물 사용승인을 위한 G-SEED 의무 점수 취득을 위하여 친환경건축자재의 적용 개수를 평가하는 재료 및 자원 분야의 점수 상향을 주요 대안으로 활용하고 있다. 특히, 콘크리트와 같은 구조재료가 G-SEED 점수 취득에 유리한 입지를 가짐에 따라 콘크리트 산업의 환경성적표지 인증 취득사례가 증가하고 있다.

본 고에서는 이러한 친환경 건설정책 변화에 따른 건축자재 관련 인증제도들을 소개하고 이와 관련한 콘크리트 산업의 동향에 대하여 소개하고자 한다.

2. 녹색건축인증제도

녹색건축인증(G-SEED)은 설계와 시공 유지, 관리 등 전 과정에 걸쳐 에너지 절약 및 환

경오염 저감에 기여한 건축물에 대한 친환경 건축물 인증을 부여하는 제도로 지속 가능한 개발의 실현을 목표로 인간과 자연이 서로 친화하며 공생할 수 있도록 계획된 건축물의 입지, 자재선정 및 시공, 유지관리, 폐기 등 건축의 전 생애(Life Cycle)를 대상으로 환경에 영향을 미치는 요소에 대한 평가를 통하여 건축물의 환경성능을 인증하는 제도이다. G-SEED는 2008년 '친환경 건축물의 인증에 관한규칙' 으로 제정되어 시행되어 오다가 녹색건축물 조성 지원법이 2012년 2월 제정됨에 따라 명칭을 녹색건축 인증제도(G-SEED)로 바꾸게 되었다. G-SEED는 Green Standard for Energy and Environment Design의 약자로 '에너지 및 환경적 설계를 고려한 녹색건축 인증기준' 을 의미한다. 인증평가 용도는 2016년 9월 개정 전에는 신축건축물을 대상으로 하는 공동주택, 복합건축물(주거), 업무용 건축물, 학교시설, 판매시설, 숙박시설, 그 밖의 건축물, 소형주택과 기존 공동주택, 기존업무용 건축물 등 10개 분야에 대한 건축물 인증기준이 시행되었다. 그러나 개정 후에는 크게 신축과 기존, 주거용과 비주거용으로 구분하고 용도는 7가지로 구분 평가하고 있다. 녹색건축 인증은 건축물 사업승인·허가단계(설계단계)에서 평가되는 예비인증과 건축물 사용승인·검사(준공)단계에서 평가되는 본인증으로 구분하여 운영되고 있다. 녹색건축인증 시행초기 인증실적이 저조하였으나, 2018년 12월 기준으로 7,515건의 예비인증과 4,561건의 본인증이 이루어졌으며, 2018년 동안 취득한 녹색건축인증건수는 1,999건으로 매년 증가 추세에 있다. 국내 녹색건축물 인증은 공공기관의 의무적용과 녹색건축인증과 에너지효율등급인증을 2등급 이상 동시에 취득했을 때 세제 감면 혜택을 주고 있어 인증 건수가 지속적으로 증가하고 있는 것으로 판단된다. 또한, G-SEED는 현행법령상 3000 m^2 이상 공공건축물에만 의무사항이지만 수도권의 경우 지자체가 조례를 통해 의무화되고 있으며, 전국적으로 확대되는 추세에 있다.

2016년 9월 개정 시행되고 있는 녹색건축 인증기준의 친환경 건설자재 배점은 주거건축물의 경우 12점, 업무용 건축물을 포함한 비주거 건축물은 12점으로 점수가 대폭적으로 확대 적용되었다. [표 1]에서와 같이 "3.1 환경성선언제품의 사용" 및 "3.2 저탄소 자재의 사용"과 관련된 환경성적표지 제도는 제품의 생산, 수송, 사용, 폐기 등의 전 과정에서 발생하는 환경영향을 정량적으로 표시해주는 제도이다. 3.1 항목에서 환경성선언 제품이란 제품의 전과정 환경평가를 통해 제품의 생산, 사용, 폐기 과정에서 발생하는 지구온난화지수, 오존층영향, 산성화, 부영양화, 광화학적 산화물생성, 자원소모에 대한 환경영향을 평가하여 정량화한 제품을 말한다. 환경성선언 제품은 환경성적표지 제품, 탄소성적표지 제품을 포함한 운영기관의 장이 정한 제품을 말하며, 기타 환경성선언 제품으로 인정이 필요한 경우 운영세칙에서 정한 기준과 절차에 따라 인정될 수 있다. 주요 건축부재는 구조체, 외벽, 내벽, 지

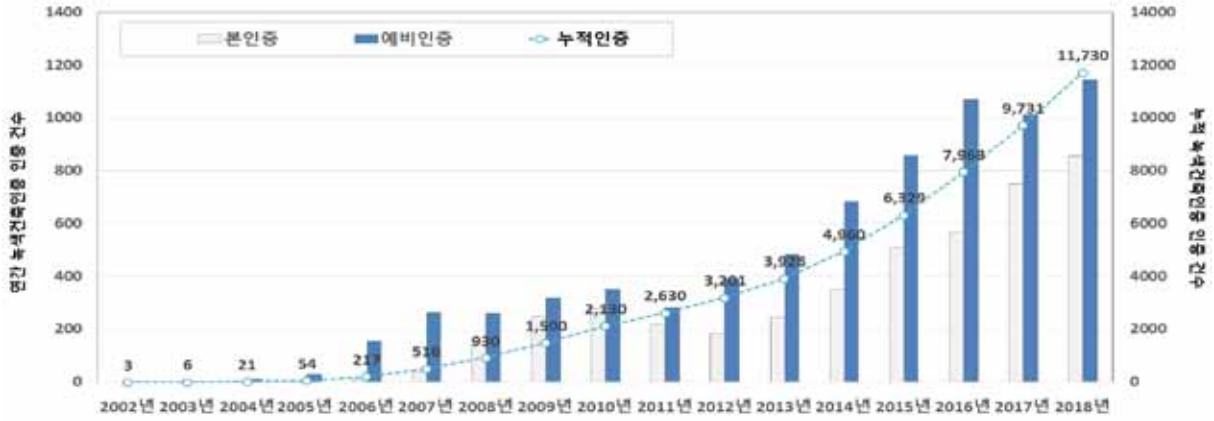

그림 1. 녹색건축인증 연간/누적 인증실적

[표 1] 재료 및 자원 부문 녹색건축인증기준(2018.09.01 개정본)

전문분야	인증 항목	구분
3. 재료 및 자원	신축 주거용 건축물	3.1 환경성선언 제품(EPD)의 사용(4점) 3.2 저탄소 자재의 사용(2점) 3.5 녹색건축자재의 적용 비율(4점) ID 건축물 전과정평가 수행(2점)
	신축 주거용 건축물 (단독주택)	3.1 환경성선언 제품(EPD)의 사용(4점) 3.2 저탄소 자재의 사용(2점) ID 건축물 전과정평가 수행(2점)
	신축 비주거용 건축물	3.1 환경성선언 제품(EPD)의 사용(4점) 3.2 저탄소 자재의 사용(2점) 3.5 녹색건축자재의 적용 비율(4점) ID 건축물 전과정평가 수행(2점)
	그린리모델링 주거용 건축물	3.1 환경성선언 제품(EPD)의 사용(2점)
	그린리모델링 비주거용 건축물	3.1 환경성선언 제품(EPD)의 사용(2점)

[표 2] 3.1 환경성선언 제품(EPD)의 사용 세부기준

구분	내용
평가 목적	건축물의 주요 건축부재를 환경성선언 제품(EPD, Environmental Product Declaration)으로 사용함으로써 건축물 환경부하 저감을 위한 기반을 조성하고 환경영향 인식을 제고한다.
평가방법	주요 건축부재별 환경성선언 제품 사용 개수에 따라 평가
배 점	4점(평가항목)
산출기준*	평점 = (가중치)×(배점)

구분	환경성선언 제품 사용	가중치
1급	주요 건축부재 4종 이상에서 총 9개 이상의 환경성선언 제품을 사용한 경우	1.0
2급	주요 건축부재 3종 이상에서 총 7개 이상의 환경성선언 제품을 사용한 경우	0.8
3급	주요 건축부재 2종 이상에서 총 5개 이상의 환경성선언 제품을 사용한 경우	0.6
4급	주요 건축부재 1종 이상에서 총 3개 이상의 환경성선언 제품을 사용한 경우	0.4

붕, 천장, 바닥, 창호 등에 적용되는 재료 및 자재를 말하며, 동일한 환경성선언 제품은 최대 2종의 건축부재까지 인정한다.

저탄소 건축자재는 제조 및 사용단계에서 온실가스 배출이 낮거나 기존 대비 탄소배출을 줄인 자재이며, 이에 대한 인증은 환경성적표지제도내 저탄소제품인증에서 실시하고 있다. '저탄소제품인증' 이란, 제품과 서비스의 생산 및 수송, 유통, 사용, 폐기 등의 과정에서 발생하는 온실가스의 배출량을 제품에 표기하여 소비자에게 제공함으로써 시장주도로 저탄소 소비문화 확산에 기여하는데 목적이 있다. 환경성적표지제도는 지구온난화지수, 오존층영향, 산성화, 부영양화, 광화학적 산화물생성, 자원소모, 수자원소모 정보를 모두 제공하는 환경성적표지 인증, 기업과 소비자가 기후변화에 대응함을 의미하는 탄소발자국 인증과, 온실가스 배출량을 감축했음을 의미하는 저탄소상품 인증으로 구분되는데, 본 평가 항목에서는 저탄소 인증을 받은 제품을 대상으로 한다. "3.1 환경성선언 제품의 사용" 기준과 마찬가지로 동일한 저탄소 건축자재 제품은 최대 2종 까지 인정하며, 생활가전제품은 제외한다. 건축물은 다른 산업에 비해 자원 소비가 많고 생애주기가 길기 때문에 설계 초기단계에서 건축물의 환경부하 절감요소가 필수적으로 검토되어야 한다. 건축공사에서 초기에 투입되는 건설자재에 의한 환경부하를 절감하기 위하여 녹색인증제도에서는 자재의 환경영향을 규명한 환경성선언 제품, 자재의 탄

[표 3] 3.2 저탄소 자재의 사용 세부기준

구분	내용
평가 목적	탄소배출이 적은 건축자재를 사용함으로써 건축물의 전과정에서 배출되는 온실가스를 저감하고 저탄소 건설자재의 개발을 촉진한다.
평가방법	저탄소 자재 사용 개수에 따라 평가
배 점	2점(평가항목)
산출기준*	평점 = (가중치)×(배점)

구분	환경성선언 제품 사용	가중치
1급	저탄소 자재를 9개 이상 사용한 경우	1.0
2급	저탄소 자재를 7~8개 사용한 경우	0.8
3급	저탄소 자재를 5~6개 사용한 경우	0.6
4급	저탄소 자재를 1~4개 사용한 경우	0.4

[표 4] 3.5 녹색건축자재의 적용 비율

구분	내용
평가 목적	건축물에 적용된 녹색건축자재의 비율을 관리하여 녹색건축자재의 사용 확대를 제고하고, 자재로 인한 환경영향을 저감시키는데 목적이 있다.
평가방법	전체 건축공사 자재비 대비 녹색건축자재의 적용 비용의 비율을 산정하여 평가
배 점	4점(평가항목)
산출기준*	평점 = (가중치)×(배점) $\text{녹색건축자재 적용 비율(\%)} = \frac{\text{3.1~3.4 인증항목 투입 자재비(원)}}{\text{건축공사비(원)}} \times 100$

구분	환경성선언 제품 사용	가중치
1급	녹색건축자재 적용 비율이 건축공사비의 7% 이상인 경우	1.0
2급	녹색건축자재 적용 비율이 건축공사비의 5% 이상 7% 미만인 경우	0.8
3급	녹색건축자재 적용 비율이 건축공사비의 3% 이상 5% 미만인 경우	0.6
4급	녹색건축자재 적용 비율이 건축공사비의 1% 이상 3% 미만인 경우	0.4

소배출량을 저감하는 저탄소 자재 등을 사용하도록 권고하고 있다.

본 평가항목에서는 각각의 녹색건축자재 적용 비율을 높이기 위하여 전체 자재공사비 대비 투입되는 녹색건축자재의 비율에 대한 등급 구분을 하고 이를 평가하여 현장에서 친환경 건축자재의 사용을 확산시키는데 그 목적이 있다. 과거 환경성적표지 인증을 취득한 건축자재는 주로 마감재 위주의 인증이 대다수를 이루고 있었으나, 본 항목이 신설됨에 따라, 콘크리트와 같은 구조재의 환경성적표지 인증 취득사례가 급격히 증가되고 있다.

3. 환경성적표지제도와 콘크리트 인증 취득 현황

환경성적표지제도는 2001년 2월부터 환경부 관리하에 운영된 제도로 환경기술 및 환경산업지원법에 그 시행근거를 두

고 있다. 제품의 전과정인 원료물질 채취부터 가공, 수송, 제품 제조, 사용 및 폐기 과정에 대한 환경성 정보(지구온난화 등)를 계량화하여 환경성 정보를 제공하는 제도로서 환경성 수준에 따라 소비자의 차별구매를 유도하는데 그 목적이 있다.

국제표준화기구(ISO)에서는 환경라벨링제도를 아래 표와 같이 3개의 유형으로 구분하고 있으며, 이중 환경성적표지제도는 TypeⅢ에 해당된다.

환경성적표지제도는 LCA를 기반으로 한 제로도 LCA란 원료물질 채취, 제품제조, 유통, 소비 및 폐기 등 제품의 전과정에서 배출되는 환경오염물질을 규명하고 이러한 물질들이 지구온난화 및 산성화 등과 같은 지구환경에 얼마만큼 영향을 미치는지를 과학적, 체계적으로 정량화 하는 기법이다. 전과정평가의 내용을 간단히 살펴보면 목적 및 범위 정의, 전과정 목록분석, 전과정영향평가, 전과정해석의 4단계로 구분된다. 이러한 전과정평가는 제품의 기능 및 기능단위, 시스템경계, 데이터의 품질요건, 할당, 데이터의 수집 및 계산방법 등 적용 방법론을 동일하게 규정함으로서 제품군내에 여러 제품에 대한 환경성을 비교 가능토록 하여 준다. 환경성적표지제도는 환경기술 및 환경산업 지원법 개정에 따라 2016년 7월 이후 추진에 따라 온실가스 배출량만을 평가하는 탄소성적표지와 통합하여 운영되고 있다.

건축자재는 환경성적표지제도 상에서 생산재에 포함되어 있다. 생산재는 다른 제품을 생산할 목적으로 사용하는 재화를 의미하는데, 생산재의 경우 사용단계와 폐기단계의 환경영향에 대한 고려를 하지 않는다. 건축자재의 경우 건축물을 생산하기 위한 중간제품으로서 B2C(Business to Consumer)보다는 B2B(Business to Business)에 해당하는 제품으로 간주하고 있으므로, 환경성적표지제도에서는 생산재로 고려하며 건축자재에 의한 사용단계와 폐기단계에서의 영향은 건축물 단위에서의 전과정평가에서 다루도록 하고 있다.

[표 5] 유형별 환경라벨링제도

ISO규격	통상명칭	규격의 개요
ISO 14024 (1999.9)	환경표지 (Type Ⅰ)	• 제품의 환경성기준 및 품질기준을 설정하고 동 기준에 합당한 경우 환경표지 사용을 인증하는 제도 • 동일 제품군 중에서 환경성과 품질 등이 탁월한 상품에 대하여 환경표지 사용을 인증하는 방법이며, 기준은 통상적으로 상위 20 %정도(Leading Group)의 선택성을 유지함.
ISO 14021 (1999.4)	환경성 자기주장 (TypeⅡ)	• 제품의 생산자가 자체적으로 제품의 환경성에 대한 주장을 할 수 있는 방법 · 조건 등을 정하는 제도 • 생산자의 무분별한 환경성 주장에 따른 소비자 기만행위 및 혼란 예방을 위하여 제품의 환경적 특성 주장방법 · 조건 등을 정함.
ISO 14025 (2006.7)	환경성적표지 (TypeⅢ)	• 제품에 대한 전과정평가(LCA)를 토대로 제품의 환경성을 계량적으로 분석하고 그 계량적 표지(데이터)를 인증하는 제도 • 제품의 이용자에게 제품에 대한 환경성 정보를 정확하게 제공함으로써 이용자의 환경적 수요에 맞는 제품의 소비/이용을 유도 • 제품 생산으로 인한 환경영향을 계량화함으로써 장기적으로 생산단계에서의 계량적 환경관리체계 구축유도

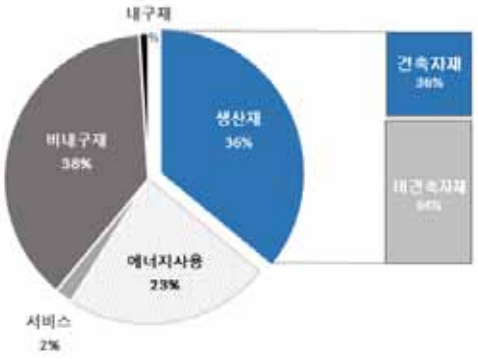

그림 2. 2015년 환경성적표지 인증자재 비율

그림 3. 2016년 환경성적표지 인증자재 비율

특히 녹색건축인증(G-SEED)이 2016년 개정된 이래, 환경성적표지 인증 건축자재를 사용하는 경우 가점 부여 항목이 강화됨에 따라 건축자재의 환경성적인증이 급격하게 증가하고 있다. 2017년 환경성적표지 제도 운영 현황 및 발전 방안 보고에 따르면, 생산재 중 건축자재의 인증비율이 2015년 36%에서 2016년 47%수준으로 건축자재의 환경성적인증이 급격하게 증가하고 있다. 현재 환경성적표지 인증을 취득한 건축자재는 대부분이 마감재이며, 구조재는 레디믹스트 콘크리트가 유일하다. 건축주 입장에서는 녹색건축 인증을 받기 위해 별도의 추가비용이 드는 각종 신재생설비시스템 및 고가의 내외장재와 달리, 환경성적표지 인증을 레디믹스트 콘크리트만 사용하면 인증 취득이 용이하기 때문에 현장에서의 수요가 늘어나고 있는 추세이다.

환경성적표지 내 레디믹스트 콘크리트의 인증 추이를 분석해 보면 상기에서 기술한 사례와 유사한 경향을 나타낸다. 현재 환경성적표지 인증이 유효한 업체는 유진기업(18개 공장), 동양(15개 공장), 아주산업(7개 공장), 한라엔컴(15개 공장), 고려산업(4개 공장), 한일시멘트(10개 공장), 세화산

[표 6] 업체별 레디믹스트 콘크리트 환경성적표지인증 취득 현황

인증구분	년도	인증기간	제품명	규격	인증기업
탄소발자국	2012	2012-11-29 ~ 2015-11-28	레디믹스트 콘크리트	25-21-150	선일공업(주)
탄소발자국	2012	2012-11-29 ~ 2015-11-28	레디믹스트 콘크리트	25-24-150	선일공업(주)
탄소발자국	2015	2015-10-31 ~ 2018-10-30	레디믹스트 콘크리트	25-21-150	유진기업㈜
탄소발자국	2015	2015-10-31 ~ 2018-10-30	레디믹스트 콘크리트	25-24-150	유진기업㈜
탄소발자국	2015	2015-10-31 ~ 2018-10-30	레디믹스트 콘크리트	25-50-600	유진기업㈜
탄소발자국	2017	2017-09-26 ~ 2020-09-25	레디믹스트 콘크리트	25-24-150	㈜동양/건재부문
탄소발자국	2017	2017-09-26 ~ 2020-09-25	레디믹스트 콘크리트	25-27-150	㈜동양/건재부문
환경성적	2018	2018-07-26 ~ 2021-07-25	레디믹스트 콘크리트	25-21-150	고려산업㈜
환경성적	2018	2018-07-26 ~ 2021-07-25	레디믹스트 콘크리트	25-24-150	고려산업㈜
환경성적	2018	2018-07-26 ~ 2021-07-25	레디믹스트 콘크리트	25-27-150	고려산업㈜
탄소발자국	2018	2018-10-31 ~ 2021-10-30	레디믹스트 콘크리트	25-50-600	유진기업㈜
탄소발자국	2018	2018-10-31 ~ 2021-10-30	레디믹스트 콘크리트	25-21-150	유진기업㈜
저탄소제품	2018	2018-10-31 ~ 2021-10-30	레디믹스트 콘크리트	25-24-150	유진기업㈜
환경성적	2018	2018-11-29 ~ 2021-11-28	레디믹스트 콘크리트	25-24-150	한라엔컴㈜
환경성적	2018	2018-11-29 ~ 2021-11-28	레디믹스트 콘크리트	25-30-150	한라엔컴㈜
환경성적	2018	2018-11-29 ~ 2021-11-28	레디믹스트 콘크리트	25-24-150	아주산업㈜
환경성적	2018	2018-11-29 ~ 2021-11-28	레디믹스트 콘크리트	25-27-150	아주산업㈜
환경성적	2018	2018-12-21 ~ 2021-12-20	레디믹스트 콘크리트	25-21-150	세화산업㈜
환경성적	2018	2018-12-21 ~ 2021-12-20	레디믹스트 콘크리트	25-24-150	세화산업㈜
환경성적	2018	2018-12-21 ~ 2021-12-20	레디믹스트 콘크리트	25-27-150	세화산업㈜
탄소발자국	2019	2019-02-22 ~ 2022-02-21	레디믹스트 콘크리트	25-21-120	한일시멘트
탄소발자국	2019	2019-02-22 ~ 2022-02-21	레디믹스트 콘크리트	25-21-150	한일시멘트
탄소발자국	2019	2019-02-22 ~ 2022-02-21	레디믹스트 콘크리트	25-24-120	한일시멘트
탄소발자국	2019	2019-02-22 ~ 2022-02-21	레디믹스트 콘크리트	25-24-150	한일시멘트

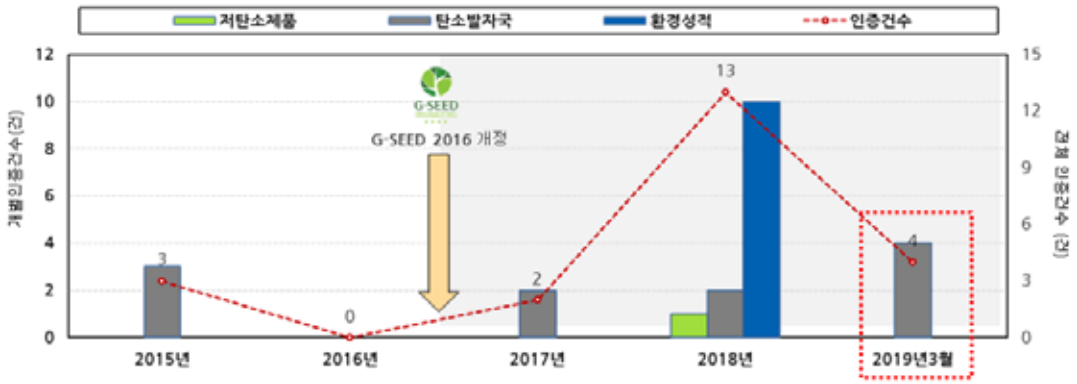

그림 4. 레디믹스트 콘크리트 환경성적표지인증 취득 현황

업(1개 공장) 등 7곳이다. 2012년 선일공업에서 업계 최초로 환경성적표지인증을 취득하였으나, 인증의 활성화는 이루어지지 않다가, 2017년에 들어서서 환경성적표지 인증 2종 (동양)을 시작으로 2018년 13종 (고려산업, 유진기업, 한라엔컴, 아주산업, 세화산업), 2019년 3월까지 4종 (한일) 등 19종 제품의 인증을 취득하였다. 제품규격별 인증 상황을 보면 25-21-120 규격은 한일시멘트가, 25-21-150 규격은 유진기업, 고려산업, 세화산업, 한일시멘트가 각각 환경성적표지 인증을 보유하고 있다. 또한 25-24-120 규격은 한일시멘트, 25-24-150 규격은 7개사 모두 인증을 보유하고 있으며, 25-27-150 규격은 동양, 아주산업, 고려산업, 세화산업, 한라엔컴이 인증을 취득하였다. 25-30-150 규격과 25-50-600 규격은 각각 한라엔컴과 유진기업이 환경성적표지 인증을 보유하고 있다. 특히, 사전에 환경성적표지인증을 취득한 기업의 경우, 저탄소제품 인증 취득을 통해, 녹색건축인증 대응에 상대적으로 유리한 고지를 선점할 수 있다.

4. 맺음말

콘크리트 업계가 환경성적표지 인증에 적극적으로 나선 요인은 앞서 기술한바와 같이 환경성적표지 인증 제품을 건설현장에서 적용할 경우 녹색건축 인증 때 가점을 얻을 수 있는 점이 가장 주요하다. 또한, 콘크리트 환경성적은 G-SEED 혁신적 설계 항목의 건축물 전과정 평가 시 정량적인 환경영향을 산정할 때 주요 하게 활용될 수 있다.

이와 같이 환경성적표지인증 및 G-SEED 인증 활성화를 통해 콘크리트를 비롯한 건설재료 산업의 각 생산공정에 대한 환경성 정보를 규명하기 위한 노력을 유발하고, 그에 따라 생산업체 자체의 공정 개선 노력을 위한 정보 제공과 더불어 관련 건설산업의 기술개발에 대한 기대효과를 유도할 수 있다. 또한 건설산업 이해관계자들이 환경적으로 우선하는 건설자재를 사용하도록 유도함으로써 건설 생산 현장의 환경성을 제고하며, 유사 재료별로 환경성 개선 노력을 유발시켜 지구환경적인 측면과 소비자 건강 측면에서 성능이 향상된 건설재료의 개발과 사용을 촉진할 수 있을 것이다.

References

1. 국토교통부, 건축자재 환경성정보 국가D/B 구축사업 최종보고서, 2008
2. 한국환경산업기술원, 환경성적표지제도 인증제품 현황, 2019 http://www.edp.or.kr/
3. 환경부, 환경성적표지 대상제품과 작성지침, 2018
4. 한국환경산업기술원, 환경성적표지 제도 운영 현황 및 발전 방안, 2017
5. 한국건설기술연구원, G-SEED 2016-2 v1.1 녹색건축인증 기준 해설서, 2018
6. 한국건설기술연구원, 녹색건축 인증기준 운영세칙(시행 2018.09.01), 2018

담당 편집위원 : 김낙현 (한양대학교 친환경건축기술연구소)