건축물 시공단계 탄소배출량 예측기술 개발

KICEM

조훈희 고려대학교 공과대학 건축사회환경공학부 교수
강고운 고려대학교 공과대학 건축사회환경공학과 박사과정
이동윤 고려대학교 공과대학 건축사회환경공학과 박사과정

Ⅰ. 서언

지난 2015년 12월 12일 파리에서 개최된 유엔 기후변화협약 당사국 총회에서는 2020년 이후 적용될 새로운 기후변화 협약으로 파리협정이 채택되었다. 이에 따라 195개 협약 당사국은 각자 제출한 탄소감축 목표를 의무적으로 달성하여야 한다. 파리협약은 기후변화의 심각성과 온실가스 저감 필요성이 단순한 구호에 그치지 않고 국제사회가 구체적으로 대응하기 시작했다는 의미를 지닌다.

우리나라는 파리협정에 앞서 최근 온실가스 감축에 대응하기 위하여 "온실가스 · 에너지 목표관리제(이하 목표관리제)"[1]를 도입하여 운영하고 있으며, 2014년 건설업 부문에서도 5개 대형 건설회사들을 관리업체로 지정함으로써 건축물의 완공 전 및 완공 후의 탄소배출량 감축을 의무화 하고 있다.

건축분야의 탄소배출량 추정 및 감축을 위한 노력은 그 동안 완공 후 사용단계에 집중되어 왔으나, 건축물 용도에 따라 생애주기 탄소배출량의 약 10~30% 정도가 시공단계에 배출된다는 측면에서 시공단계의 탄소발생량 관리는 매우 중요한 의미를 지닌다.

즉 건설현장 시공단계에서의 탄소배출은 주로 건축물 시공에 투입되는 자원인 건축자재와 장비에 의하며, 이러한 건축자재가 최종적으로 소비되는 장소인 건설현장은 건설분야의 탄소저감을 위한 가장 핵심적인 관리대상이 되고 있다.

따라서, 본 고에서는 시공단계에서의 탄소배출량 예측기술에 관한 연구인 '시공단계 배출량 예측을 위한 건축공사 SPI 개발' 연구를 소개하고자 한다.

Ⅱ. 시공단계 배출량 예측을 위한 건축공사 SPI 개발

1. 건축물 용도별 SPI

건축물의 시공단계 탄소배출량의 예측을 위해서는 시공 전(pre-construction) 단계에서 부터 활용 가능한 정보량에 따라 각기 다른 산정방법의 개발이 필요하다. 공사비 산정의 경우, 기획단계 및 계획설계단계에서는 건축물 용도별로 유사사례 조회 후 연면적당 단가를 도출하고 이를 기반으로 직접공사비를 산정하는 방법을 적용하곤 한다. 이러한 맥락에서 본 연구에서는 연면적당 시공단계 탄소배출량 산정을 통해 기획단계에서 배출량을 예측할 수 있는 방법을 개발하였으며, 이를 건축물 용도별 SPI (Sustainable Performance Index)로 칭하였다.

건축물 용도별 SPI는 표준모델 사업을 선정한 후 모델사업 건축물의 시공단계 배출량을 산정한다. 모델사업은 단독주택, 공동주택, 민간업무시설, 공공업무시설, 교육연구시설, 근린생활시설의 6개 용도의 대표적인 건축물 사례를 통해 도출하였으며, 건축물의 대표성 판단기준으로는 건축물의 세부용도, 연면적, 주구조형식을 고려하였다. 본 연구에서의 모델사업 도출 사례연구는 최근 5년간(2010~2014) 수원시의 건축물대장 정보를 수집하여 연구를 수행하였다.

전체 시공단계 배출량은 건축물 용도별로 도출된 모델사업의 물량내역서를 통해 해당 건축물의 시공에 투입된 장비 및 자원량을 파악하고, 각 자원별 탄소배출원단위를 적용하여 산정하

1) 온실가스 · 에너지 목표관리제: 온실가스 다배출 · 에너지 다소비 기업에 대하여 온실가스 감축, 에너지 절약 에 대한 목표를 부과하고 패널티를 통해 이행을 관리하는 제도 (저탄소 녹색성장 기본법 제42조)

Representative bldg. condition				SPI for bldg. (tCO_2/m^2)		
Usage type	Sub-type	Structure	Avg. GFA	Equipment	Material	Total
Detached House	Multi household house	RC	400 m2	0.0013	1.1568	1.1581
Multi-unit House	Apartment	RC	113,500 m2	0.0014	0.7026	0.7040
Office	-	RC	11,300 m2	0.0007	0.4572	0.4579
Public Office	-	RC	3,600 m2	0.0013	0.6724	0.6737
Educational Building	Laboratory	RC	15,700 m2	0.0007	0.4190	0.4197
Neighborhood Retail building	-	RC	800 m2	0.0009	0.8340	0.8349

그림 1. 건축물 용도별 모델사업 조건 및 SPI

였다. 적용된 탄소배출원단위는 한국환경산업기술원의 국가 LCI DB 정보망의 탄소배출계수와 '건축자재 환경성정보 국가 DB' 연구(국토교통과학기술진흥원, 2008) 결과를 참조하였다. 또한 자재조달을 위한 운송과정에서 발생하는 탄소배출량은 산정범위에서 제외하였으며, 건설 자재의 제조와 현장 내 장비운영에 의한 탄소배출량을 산정하였다.

건축물 용도별 모델사업 조건 및 시공단계 탄소배출량을 살펴본 결과, 모든 유형의 용도에서 자재에 의한 배출량이 주를 이루었으며, 낮게는 0.42tCO_2/m^2, 높게는 1.1581tCO_2/m^2의 SPI 값이 도출되었다(그림 1).

건축물의 수명을 40년으로 가정하였을 때 시공단계와 완공 후 사용단계의 탄소배출량은 시공단계에서 발생하는 탄소배출량이 약 10~30%에 달하는 정도인 것으로 분석된다(그림 2).

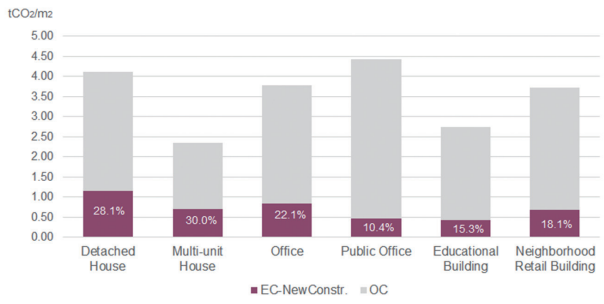

그림 2. 시공단계와 사용단계의 탄소배출량 비교

이와 같은 원리로 개발된 용도별 SPI는 건축물의 기획단계에서 연면적 정보만으로 개략의 시공단계 탄소배출량을 추정할 수 있는 근거자료로 활용될 수 있을 것이다.

2. 공종별 SPI

건설산업의 탄소저감을 위해서는 주요 배출원(emission sources)이 규명되어야 하며, 즉 상세 레벨에서의 모니터링이 필요하다.

공종별 SPI는 건축물 시공과정의 개략적인 탄소배출량을 파악하는 건축물 용도별 SPI와 달리 주요 공종에서 단위 작업량 당 투입되는 자원별 탄소배출량을 산정한 것으로, 보다 상세 레벨에서의 배출량 예측을 지원할 수 있다.

공종별 SPI의 개발은 수량산출기준(국토교통부)과 표준 건축시방서를 기초로 주요 공종을 선정하여 14개 공종별 배출량을 산출하였다. 이중 철근콘크리트공사(65.6%), 석공사(14.3%), 수장공사(4.4%)가 평균적으로 높은 배출량 비중을 차지하는 주요 공종인 것으로 분석되었다.

주요 공종을 대상으로 한 탄소배출량은 원가계산에 활용되는 일위대가에 따라 자원품목별 탄소배출량으로 산정하였다.

그림 3은 철근콘크리트공사 중 일부공법들의 공종별 SPI 포맷의 예시이며, 타설 1m3에 소요되는 레미콘과 콘크리트펌프차 수량에 따른 탄소배출량을 나타낸다.

또한 공법별 탄소배출량의 비교도 가능하다. 그림 3과 같이 펌프차타설과 기계비빔 타설의 공사방법에 따라 같은 1m^3의 단위작업량에서 탄소배출량이 각각 411.335$kgCO_2$, 387.541$kgCO_2$으로 차이를 보이고 있다.

이러한 공종별 SPI를 통해 탄소배출량만으로는 공법 선정을 할 수 없지만 공법별 배출량 차이에 대한 정보를 제공하여 시공단계 탄소배출량에 관한 구체적인 이해를 제공할 수 있다는 것에 의의가 있을 수 있다.

품 명	규 격	단 위	수 량	CO2		재료비		노무비		경 비		합 계	
				단위량	배출량	단 가	금 액	단 가	금 액	단 가	금 액	단 가	금 액
제 1호표 철근구조물 콘크리트 펌프차 타설 (슬럼프 21㎝) 봉타설 50㎥ 미만 ㎥													
레미콘	25-210-15	㎥	1	4.10E+02	409.981								
콘크리트펌프차	80 ㎥/hr 급	hr	0.0301			32,922	990.952					32,922	990.952
콘크리트공		인	0.044					117,989	5,191.52			117,989	5,191.52
보통인부		인	0.021					81,443	1,710.30			81,443	1,710.30
콘크리트펌프차	80 ㎥/hr 급	hr	0.0301					22,648	681.705			22,648	681.705
콘크리트펌프차	80 ㎥/hr 급	hr	0.0301	4.50E+01	1.354					35,227	1,060.33	35,227	1,060.33
경유	32ℓ (80-95-3/hr)	L	17.3	2.60E+00									
합 계					411.335		990		7,583		1,060		

: Concrete mixer

품 명	규 격	단 위	수 량	CO2		재료비		노무비		경 비		합 계	
				단위량	배출량	단 가	금 액	단 가	금 액	단 가	금 액	단 가	금 액
제 1호표 철근구조물 기계비빔 타설 (ø25㎜) 중량 A 배합 ㎥													
시멘트		kg	357	1.05E+00	374.422	96.2	34,343.40					96.2	34,343.40
모래		kg	893	1.35E-03	1.205								
자갈		kg	931	4.21E-03	3.916								
콘크리트믹서	0.45㎥	hr	0.1852	1.54E+00	0.285								
휘발유	(3.9L/hr)	L	0.7223	2.13E+00									
콘크리트 진동기	3.5HP	hr	0.1852	3.94E-01	0.073								
휘발유	(1L/hr)	L	0.1852	2.13E+00									
바이브레이터	봉상후렉시블	hr	0.1852	4.13E+01	7.640								
전력	(450W)		83.34	4.95E-01									
콘크리트공		인	0.17					117,989	20,058.13			117,989	20,058.13
보통인부		인	0.68					81,443	55,381.24			81,443	55,381.24
합계					387.541		34,343		75,439		0		109,782

그림 3. 철근콘크리트공사 일부 공종별 SPI 포맷

Ⅲ. 맺음말

건설산업에서의 온실가스 저감목표 달성을 위해 건축물 시공단계의 정확한 탄소배출량의 예측이 중요하다. 이를 위해 시공단계에서의 주요배출원인 건설자재, 장비와 이들이 최종 소비되는 건설현장에서의 탄소배출량을 시공 전 계획단계에서부터 정확하게 예측하고, 관리방안을 모색하는 것이 필요하다.

본 고에서는 건축물 시공단계 탄소배출량 예측기술 개발에 관련된 연구인 '시공단계 배출량 예측을 위한 건축공사 SPI 개발' 소개하였다. 본 연구를 통해 시공단계에서 배출되는 탄소배출량을 보다 정확하고 실제값과의 편차를 최소화할 수 있는 예측기술 개발이 가능할 것으로 판단된다. 또한 건설현장에서의 탄소배출에 관한 실질적인 저감대안 의사결정 지원을 할 수 있을 것으로 예상되며, 더 나아가 의무화되고 있는 건설업 부문 탄소배출량 감축에 큰 이바지를 할 것으로 기대된다.

참고문헌

1. G Kang, T Kim, YW Kim, H Cho, KI Kang (2015), "Statistical analysis of embodied carbon emission for building construction", Energy and Buildings, 105, pp.326–333

2. Pei Tang, Darrell Cass, Amlan Mukherjee (2013), "Investigating the effect of construction management strategies on project greenhouse gas emissions using interactive simulation", Journal of Cleaner Production, 54, pp.78–88

3. YH Dong, L Jaillon, P Chu (2015), "Comparing carbon emissions of precast and cast-in-situ construction methods – A case study of high-rise private building", Construction and Building Materials, 99, pp.39–53

4. 국가법령정보센터, 저탄소 녹색성장 기본법 제42조

5. 국토교통과학기술진흥원 (2008), "건축자재 환경성정보 국가 DB" 최종보고서

6. 국토교통과학기술진흥원 (2011), "건설공사 적정공사비 산정 및 관리 시스템 구축" 최종보고서

7. 스마트에코 (2012), "기업들의 지속가능경영 보고서 발간 현황분석 보고서"

■ 조훈희 E-mail : hhcho@korea.ac.kr
■ 강고운 E-mail : gkang17@korea.ac.kr
■ 이동윤 E-mail : dy_lee@korea.ac.kr