

건축 및 토목 구조물의 CO₂ 수지 평가에 관한 연구

A Study on the CO₂ Balance Evaluation of Building and Civil Engineering Structures

조형규* 송훈** 이한승***

Cho, Hyeong-Kyu Song, Hun Lee, Han-Seung

Abstract

Globally about 40% of total carbon dioxide emissions occupies from the construction industry. Therefore, it is important to quantitatively calculate carbon dioxide emission of concrete prior to the reduction of carbon dioxide. In addition, it is also important to quantitatively calculate carbon dioxide absorption of concrete because concrete absorbs in a measure of carbon dioxide. In this study, it carried out carbon dioxide balance evaluation of building and civil engineering structures through carbon dioxide balance evaluation method of concrete. Consequently absorption rate compared with carbon dioxide emission is about 2.5~5.18%.

키워드 : 콘크리트 탄산화, CO₂

Keywords : Concrete Carbonation, Carbon Dioxide

1. 서론

최근 이슈가 되고 있는 지구 온난화, 환경문제와 관련하여 여러 분야의 CO₂ 발생량 및 흡수량에 관한 연구가 필요하며 활발히 진행되고 있다. 우리나라도 2012년부터 CO₂ 감축 의무 대상국으로써 총 CO₂ 발생량의 약 40%를 차지하는 건설산업에서의 CO₂ 감축은 필수불가결하게 되었다. 또한 시멘트 산업은 전 세계적으로 총 CO₂ 배출량의 약 7~8%를 차지하는 비중 높은 산업이라 할 수 있다.

이에 따라 CO₂ 감축에 앞서 콘크리트의 CO₂ 배출량을 정량적으로 파악하는 것이 중요하며 또한 콘크리트는 탄산화 되면서 CO₂를 어느 정도 흡수하기 때문에 흡수량을 정량적으로 평가하는 것 역시 중요하다고 할 수 있다.

본 연구에서는 기존의 콘크리트의 CO₂ 배출량 및 흡수량 산정 방법을 통하여 건축 및 토목구조물의 CO₂ 수지(배출량 - 흡수량) 평가를 실시하고 건축 및 토목구조물간의 CO₂ 수지를 비교하며 건설 산업의 총 CO₂ 배출량 및 흡수량을 정량적으로 파악하는데 기초 자료를 제시하고자 한다.

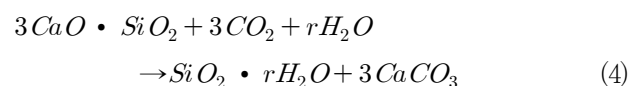
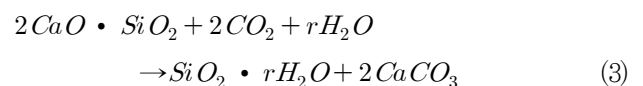
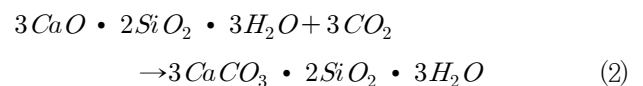
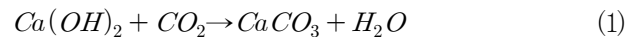
2. 콘크리트의 CO₂ 수지 평가 방법

2.1 콘크리트의 CO₂ 배출량 산정 방법

콘크리트의 CO₂ 배출량은 콘크리트의 구성 재료 각각의 CO₂ 배출 원단위를 콘크리트 배합시 구성 재료의 사용량과 곱하여 콘크리트 1m³의 CO₂ 배출량을 산정하였다. 이를 구조물의 콘크리트 사용량을 곱하여 구조물의 CO₂ 총 배출량을 산정하였다.

2.2 콘크리트의 CO₂ 흡수량 산정 방법

콘크리트의 탄산화 반응은 다음 식 (1)~(4)로 정리할 수 있다.



식 (1)~(4)의 좌변에서 흡수되는 CO₂의 몰농도, 흡수된 CO₂와 반응하는 콘크리트 내 반응물질의 몰농도가 같다는 가정 하에 콘크리트 내 CO₂와 반응하는 반응물질 (Ca(OH)₂, CSH, C₃S, C₂S)의 몰농도를 산정하였다. 이를 구조물의 표면적, 탄산화 깊이,

* 한양대학교 대학원 건축환경공학과 박사과정

** 한국세라믹기술원 선임연구원, 공학박사

*** 한양대학교 건축학부 부교수, 공학박사, 교신저자

(ercleehs@hanyang.ac.kr)

본 연구는 한국연구재단과 지경부 국제공동기술개발사업의 지원에 의한 결과의 일부임. 과제번호:2010-0014051, 10032203)

CO₂의 분자량을 곱하여 구조물의 CO₂ 흡수량을 산정하였다.

3. 구조물의 CO₂ 배출량 및 흡수량 산정

3.1 구조물의 CO₂ 배출량

건축 및 토목구조물의 CO₂ 수치 평가를 위해 건축 구조물은 32층 아파트 1동, 토목구조물은 교량을 선정하여 평가를 실시하였다. 구조물의 도면, 배합을 근거로 산출한 건축 및 토목구조물의 CO₂ 배출량은 표 1과 같다.

표 1. 구조물의 CO₂ 배출량

구조물	강도 (MPa)	CO ₂ 원단위 (kg-CO ₂ /m ³)	콘크리트 물량(m ³)	CO ₂ 배출량 (kg-CO ₂)
건축 (아파트)	35	342	3,367.28	3,526,652
	30	303	3,341.30	
	27	281	2,338.91	
	24	261	2,702.66	
토목 (교량)	24	261	1,038.10	270,944

3.2 구조물의 CO₂ 흡수량

구조물의 CO₂ 흡수량은 도면, 배합표를 근거로 표 2와 같이 강도별 물농도와 표면적, 사용 연수에 따른 탄산화깊이를 구하여 산정하였으며 그 결과는 표 3과 같다.

표 2. 구조물의 CO₂ 흡수량 산정 근거

구조물	강도 (MPa)	물농도 (mol/m ³)	표면적 (m ²)	탄산화깊이 (mm)		
				40년	60년	80년
건축 (아파트)	35	3,575	17,830	7.84	9.60	11.09
	30	2,821	20,292	13.67	16.74	19.33
	27	2,789	14,204	18.04	22.10	25.52
	24	2,749	14,386	23.87	29.24	33.76
토목 (교량)	24	2,749	2,351	23.87	29.24	33.76

표 3. 구조물의 CO₂ 흡수량

구조물	강도 (MPa)	사용 연수에 따른 CO ₂ 흡수량 (kg-CO ₂)		
		40년	60년	80년
건축 (아파트)	35	21,988	26,294	31,103
	30	34,430	42,613	48,686
	27	31,444	38,521	44,482
	24	41,535	50,879	58,744
	합계		129,397	158,307
토목 (교량)	24	6,789	8,316	9,601
	합계	6,789	8,316	9,601

4. 구조물의 CO₂ 수치 평가 결과 및 분석

구조물의 도면과 배합을 근거로 구조물의 CO₂ 배출량 및 흡수량을 산정하여 CO₂ 수치를 평가한 결과를 표 4에 나타내었다. 콘크리트가 CO₂를 배출량 대비 사용 연수에 따라 일정량을 흡수하는 것을 알 수 있었다. 건축구조물의 경우 사용 연수에 따라 약 3.65~5.18%, 토목구조물의 경우 약 2.5%~3.5% 정도 CO₂ 배출량 대비 흡수하는 것으로 나타났다. 이는 건축구조물이 토목구조물에 비해 기하학적인 형상을 지님에 따라 같은 콘크리트 사용량 대비 표면적이 넓고 실외뿐만 아니라 실내에서도 탄산화가 진행됨에 따라 건축구조물이 토목구조물에 비해 CO₂ 배출량 대비 흡수율이 높게 산출된 것으로 사료된다.

표 4. 구조물의 CO₂ 수치 평가 결과

구조물	내용	사용 연수			단위
		40년	60년	80년	
건축 (아파트)	CO ₂ 배출량	3,527			ton-CO ₂
	CO ₂ 흡수량	129	158	183	
	CO ₂ 수치	3,398	3,369	3,344	
	배출량대비 흡수율	3.65	4.47	5.18	
토목 (교량)	CO ₂ 배출량	270.9			ton-CO ₂
	CO ₂ 흡수량	6.8	8.3	9.6	
	CO ₂ 수치	264.1	262.6	261.3	
	배출량대비 흡수율	2.5	3.1	3.5	

5. 결론

콘크리트의 CO₂ 배출량 및 흡수량 산정을 통하여 건축 및 토목 구조물의 CO₂ 수치 평가를 실시하였으며 건축 및 토목구조물의 CO₂ 수치 평가를 통하여 CO₂ 배출량 대비 흡수율을 알 수 있었다. 구조물의 CO₂ 수치 평가 결과 건축구조물이 토목구조물에 비해 CO₂ 배출량 대비 흡수율이 높게 나타났다. 또한 사용 연수가 증가함에 따라 CO₂ 흡수율이 증가하였으며 추후 건축구조물의 마감재를 고려했을 때 CO₂ 수치 평가에 관한 연구가 필요할 것으로 판단되며 본 연구 결과를 토대로 건설 산업의 총 CO₂ 배출량 및 흡수율을 산정하고 국가단위 시뮬레이션을 통하여 CO₂의 배출량 및 흡수율을 정량적으로 산출해 보는 것이 필요할 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

1. Vagelis G, Papadakis, Costas G, Vayenas, Michael N, Fardis, Fundamental Modeling and Experimental Investigation of Concrete Carbonation, ACI Materials Journal 1991;88(43):363-373