

표면마감 조건에 따른 탄산화감소계수 및 CO₂ 흡수량 산정

Analysis of Carbonation Reduction Coefficient and CO₂ uptakes under Finishing Materials

송 훈* 신 현 옥** 추 용 식* 이 종 규*** 조 형 규**** 이 한 승*****
 Song, Hun Shin, Hyeon - UK Chu, Yong - Sik Lee, Jong - Kyu Cho, Hyung - Kyu Lee, Han - Seung

Abstract

Emissions of CO₂ occur during the production of cement manufacturing process. During the production of clinker, limestone is mainly calcium carbonate, is heated to produce lime and CO₂ as a by-product. It has a major problem, CO₂ uptake is not considered in concrete carbonation, just focus in CO₂ emission. This study is to develop a simulation model for CO₂ uptakes in concrete structures based on carbonation reduction coefficient considering finishing materials. CO₂ uptakes unit of concrete cubic meter is calculated by CO₂ emissions unit of concrete materials and usage of concrete materials in mix proportion. From the simulation result, CO₂ uptake ratios is 2.04 percent in carbonation models of concrete structure during 40 years.

키 워 드 : 시멘트, 콘크리트, 탄산화감소계수, CO₂ 흡착
 Keywords : cement, concrete, carbonation reduction coefficient, CO₂ Sink, LCA

1. 서 론

시멘트산업에서의 CO₂ 배출에 대한 문제는 제조과정에서의 배출만 고려되고 계산된다는 점이다. 원재료의 측면에서 살펴보면 석회석은 탈탄산하여 CO₂를 배출하나 다시 레미콘이나 콘크리트로 제조되고 탄산화하여 CO₂를 흡수하게 된다. 이러한 탄산화에 의한 CO₂의 흡착에 있어 콘크리트 구조물에 적용되는 외부마감은 탄산화의 진행속도에 영향을 미치므로 이에 대한 고려는 반드시 필요하다.

본 연구는 재료의 CO₂ 원단위를 활용하여 재료적 관점에서 콘크리트 구조물의 CO₂ 배출량에 대해 알아보고 흡수량에 영향을 미치는 마감조건에 대해 검토하고자 한다. 또한 탄산화감소계수를 고려한 CO₂ 흡착량에 대해 알아보고자 한다. 본 연구에서는 콘크리트 구조물의 CO₂ 흡착량을 계산하기 위한 틀은 자체 개발한 시멘트 콘크리트의 CO₂ 수치분석 프로그램 Ver 2.0을 사용하여 비교하였다.

2. 시뮬레이션의 조건

* 한국세라믹기술원 에코복합소재센터 책임연구원
 ** 한국세라믹기술원 에코복합소재센터 연구원
 *** 한국세라믹기술원 에코복합소재센터 수석연구원
 **** 한양대학교 대학원 건축환경공학과 박사과정
 ***** 한양대학교 건축학부 교수

본 연구는 지식경제부 국제공동기술개발사업 시멘트 콘크리트의 CO₂ 흡착효과(10032203)의 지원에 의한 결과임.

2.1 마감조건을 고려한 탄산화의 예측

콘크리트 구조물의 마감조건을 고려한 콘크리트 탄산화는 다음과 같이 표시할 수 있다.

$$\text{탄산화깊이 } x = A \cdot \sqrt{t} \text{ -----(1)}$$

$$\text{마감재에 따른 탄산화깊이 } x = A \cdot s \cdot \sqrt{t} \text{ --(2)}$$

s : 탄산화감소계수

2.2 콘크리트 구조물의 조건

콘크리트의 배합조건의 표1과 같다. 또한 각 재료별 CO₂ 원단위는 표.2와 같다.

표 1. 콘크리트 배합조건

MPa	W/C (%)	W	C	FA	S	G	AE agent
24	50	174	304	45	848	944	2.09

표 2. 콘크리트 성분 재료의 CO₂ 배출량

	W	C	FA	S	G	AE agent
kg-CO ₂ /ton	0	810.0	172.7	3.7	2.8	250.0

2.3 마감조건을 고려한 탄산화의 예측

탄산화 예측식은 연구자마다 차이가 있기 때문에 가장 적절한 예측식을 선택하며 콘크리트 구조물의 탄산화깊이를 산정하였으며 국내 연구자 중 대표적인 고정택식을 이용하였다. 그밖에 일본의 키시타니식, 일본토목학회식을 적용한 탄산화 깊이의 선정도 가능하다.

본 연구에서의 콘크리트 구조물의 마감조건은 무도포, 본타일, 레미탈, 단면수복재, 표면피복재, 수성페인트, 발수제 등을 적용하여 탄산화 속도계수를 산정하였다. 또한, 아래의 마감조건을 고려한 탄산화깊이의 예측은 이한승의 발표자료를 인용하였다³⁾.

표.3 표면마감재별 속도계수의 산정

	무도포	본타일	레미탈	단면수복재	표면피복재	수성페인트	발수제	단위
피복두께	0	0.5	10	10	0.5	0.2	0.1	mm
속도계수 (A)								mm / Week ^{0.5}
CO ₂ 농도 : 0.03 %	1.21	0.28	0.34	0.64	0.84	1.04	1.04	
탄산화 깊이 (100년)	87.3	20.2	24.5	46.2	60.6	75.0	75.0	mm

3. 결과 및 고찰

3.1 탄산화감소계수(s)의 산정

표면마감재별 속도계수의 산정으로부터 탄산화깊이를 산정하고 그 후 무도포를 1로 기준을 잡고 각 마감재를 사용했을 경우 탄산화깊이 감소 정도를 측정하여 수치로 나타내었고 이를 마감재로 별 탄산화감소계수(s)라고 하였다. 이 데이터를 근거로 각 마감재를 선택하였을 경우 탄산화감소계수를 적용하여 탄산화에 의한 CO₂의 흡착량을 평가할 수 있다.

표 4. 마감재로 별 탄산화감소계수(s)

종류	무도포	본타일	레미탈	단면수복재	표면피복재	수성페인트	발수제
감소계수	1	0.234	0.279	0.529	0.694	0.862	0.865

3.2 탄산화에 의한 CO₂ 수치분석

탄산화에 의한 CO₂수치 분석은 콘크리트 구조물(건축구조물)로 한정하고 40년을 사용하였을 경우 탄산화감소계수를 고려하여 CO₂의 흡수량을 산정하였다. CO₂의 배출량은 콘크리트를 구성하는 원단위의 합으로 계산하였으며 그 중 시멘트가 약 94.5 %를 차지한다. 시뮬레이션 툴은 시멘트 콘크리트의 CO₂ 수치분석 프로그램 Ver 2.0을 사용하여 비교하였으며 결과는 그림2, 그림3, 표.5와 같다.



그림 2. 구성재료 별 CO₂ 배출비율



그림 3. 마감재료를 고려한 CO₂ 수치평가

표.5 탄산화감소계수에 의한 CO₂ 수치 (40년사용)

	무도포	본타일	레미탈	단면수복재	표면피복재	수성페인트	발수제
CO ₂ 배출량 (kg-CO ₂ /ton)	260.32						
CO ₂ 흡수량 (kg-CO ₂ /ton)	5.31	1.24	1.48	2.81	3.68	4.58	4.59
CO ₂ 수치 (%)	2.04	0.48	0.57	1.08	1.42	1.76	1.76

4. 결론

본 연구의 연구결과를 다음과 같이 요약할 수 있다.

- 24MPa의 콘크리트 1m³ 제조시 CO₂ 원단위를 고려한 CO₂ 배출량은 약 260.32 kg-CO₂/ton이며 마감조건에 따라 탄산화깊이 및 CO₂ 흡착량은 달라진다.
- 콘크리트 구조물을 40년 사용하고 표면마감이 없는 구조물의 경우 탄산화깊이로 산정한 CO₂ 흡수량은 5.31 kg-CO₂/ton이며 배출량 대비 흡수량은 2.04%이다.

참고 문헌

- 연구보고서, 시멘트 콘크리트의 CO₂ 흡착효과, 한국세믹기술원, 2011
- 이한승 외, 탄산화 내구수명 산정에 미치는 영향요인에 관한 문헌적 연구, 한국생태환경건축학회, 2010.6
- 콘크리트 구조물의 환경성능 평가, 2004, 일본토목학회

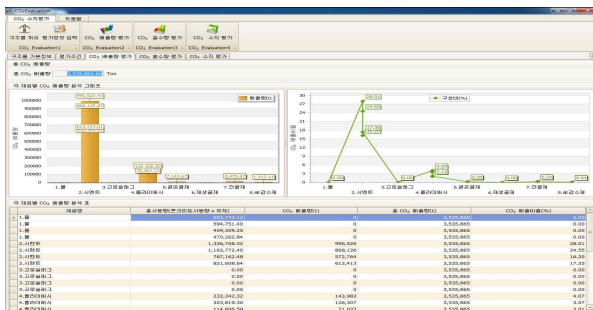


그림 1. LCA CO₂ 시뮬레이션툴 (Ver 2.0)