

CO₂ 반응물질을 혼입한 시멘트계 재료의 탄산화 진행 및 압축강도 발현에 관한 실험적 연구

An experimental study on carbonation and compressive strength of cementitious materials containing CO₂ reactive materials

성 명 진*

Seong, Myung-Jin

김 영 관**

Kim, Yeung-Kwan

이 한 승***

Lee, Han-Seung

Abstract

Usually, carbonation of concrete causes pH reduction and corrosion of steel, it leads to decrease of durability. However, CaCO₃, as results of reaction with hydrates products and CO₂, can contribute to improvement of compressive strength. Based on this theory, using carbonation depth, the researches about CO₂ absorption of plain concrete and concrete containing CO₂ reactive materials has been performed. But, the researches has limitation about using one material, therefore, for this study, considering various CO₂ reactive materials, experiment has been proceeded. With water to binder ratio 50%, after initial curing for 2days, accelerated carbonation was performed for 28days, and carbonation depth and compressive strength were measured. As results of carbonation depth, specimen containing desulfurized slag, zeolite showed the highest CO₂ absorption, in case of compressive strength, specimens with MgO were indicated as highest compressive strength.

키 워 드 : CO₂ 양생, 탄산화 침투깊이, CO₂ 반응물질

Keywords : CO₂ curing, carbonation depth, CO₂ reactive materials

1. 서 론

일반적으로 콘크리트의 탄산화는 세공용액의 pH 저하, 철근부식 등을 유발하며 내구성능을 저하하는 것으로 알려져 있다. 그러나 수화물 Ca(OH)₂와 C-S-H가 CO₂와 반응하여 CaCO₃를 생성시켜 내부공극을 충전시키고 압축강도 증진에 기여함에 따라 콘크리트는 CO₂를 흡수하는 특성이 있다. 이에 따라 콘크리트의 탄산화 침투깊이를 이용하여 CO₂ 흡수를 하는 연구도 진행되었고 CO₂ 흡수물질 혼입을 통하여 탄산화 침투깊이를 측정하는 연구도 진행되었다. 그러나 기존 연구의 경우, 한 가지 재료만 혼입하여 촉진탄산화를 실시한 경우가 대부분임에 따라 다양한 재료를 혼입하여 탄산화 진행을 비교한 연구는 미비하다. 또한 탄산화 진행 정도에 따라 강도 발현에 차이가 있는 점을 고려할 때, 압축강도를 측정할 필요가 있다. 따라서 본 연구에서는 CO₂ 흡수물질인 제올라이트, MgO, 탈황슬래그, DMEA, 리튬실리케이트 등을 혼입하여 촉진탄산화를 실시하고, 이에 따라 압축강도 및 탄산화 침투깊이 등을 측정하였다.

2. 실 험

CO₂ 반응물질 혼입 시멘트 페이스트의 탄산화에 의한 압축강도 및 침투깊이를 분석하기 위해 5×5×5cm 와 4×4×16cm 실험체를 제작하였다. 실험배합을 표 1에 나타내었으며 실험인자 및 수준은 표 2와 같다. 분말형 재료인 MgO, 탈황슬래그, 제올라이트는 시멘트 중량 대비 90% 다량 치환하였으며, 액상재료인 리튬실리케이트와 DMEA의 경우, 시멘트 중량 대비 5% 첨가하였다. 타설 후 48시간 동안 밀봉양생을 실시하였고 탈형하여 탄산화 실험체의 경우 실험체 전면을 노출시켜 CO₂ 챔버에 투입하고 온도 20℃, 습도 60% 및 농도 20%로 설정하였다. 비탄산화 실험체의 경우, 기전양생을 실시하였다. 그 후 30Ton UTM을 이용하여 3, 7, 28일별 압축강도를 측정하고, 페놀프탈레인 분무법을 이용하여 탄산화 침투깊이를 측정하였다.

* 한양대학교 일반대학원 건축시스템공학과 석사과정

** 세화산업(주) 기업부설연구소, 소장

*** 한양대학교 ERICA 건축학부 교수, 교신저자(ercleehs@hanyang.ac.kr)

표 1. 실험배합

시험체명	W/B (%)	중량(kg/m ³)		
		W	C	CO ₂ 반응물질 중량
Plain	50	611	1221.9	0
MgO 90%			122.2	1099.7
제올라이트 90%			122.2	1099.7
탈황슬래그 90%			122.2	1099.7
리튬실리케이트 5%			1221.9	61.1
DMEA 5%			1221.9	61.1

* MgO, 탈황슬래그, 제올라이트 : 시멘트 중량대비 90% 치환 (분말)
 * 리튬실리케이트, DMEA : 시멘트 중량대비 5% 첨가 (액상)

표 2. 실험인자 및 수준

실험인자	실험수준
CO ₂ 반응물질	MgO 90%
	제올라이트 90%
	탈황슬래그 90%
	리튬실리케이트 5%
탄산화 유무	DMEA 5%
	촉진탄산화 CO ₂ 농도 20%
	기건 양생

3. 실험결과 및 분석

그림 1은 각 실험체별 CO₂ 양생재령별 탄산화 침투깊이를 나타낸 것이다. 탄산화 침투깊이 측정결과, 반응물질을 혼합한 모든 실험체에서 plain 과 비교하여 더 높은 탄산화 침투깊이가 측정되었다. 제올라이트 90%와 탈황슬래그 90%의 경우, 3일 재령부터 실험체 전체가 탄산화가 진행되었다. MgO 90%의 경우, 3일, 7일 재령에서는 10, 15mm 침투하였지만 28일 재령에서는 40mm 침투함을 확인할 수 있었다. 리튬실리케이트와 DMEA 혼합 시에는 약 5~8mm 침투깊이를 나타냄에 따라 plain 보다 약 2~3mm 더 침투하였다. 따라서 CO₂와의 반응이 가장 뛰어난 실험체는 탈황슬래그, 제올라이트로 나타났으며 두 번째로 MgO가 우수한 반응을 보였다. 그림 2는 탄산화에 의한 압축강도 결과를 나타낸 것이다. 제올라이트 90%를 제외한 대부분의 실험체에서, 탄산화시 압축강도가 향상되었다. 이는 반응물질 혼합에 의해 더 많은 CO₂를 흡수함에 따라 더 높은 강도가 발현된 것으로 판단되며 특히 MgO 90%의 경우, 재령 28일에서 가장 높은 압축강도를 나타내었다. 이는 MgO와 시멘트의 CaO가 CO₂와의 반응으로 인해 생성된 다량의 탄산화 반응물이 강도증진에 기여한 것으로 판단된다. 따라서 재령 28일을 기준으로 CO₂에 의해 강도발현이 가장 우수한 물질은 MgO로 나타났으며, 두 번째로 plain, 세 번째로는 리튬실리케이트와 DMEA, 그 다음으로는 탈황슬래그가 우수한 것으로 나타났고 제올라이트 90%의 경우, 가장 낮은 강도가 측정되었다.

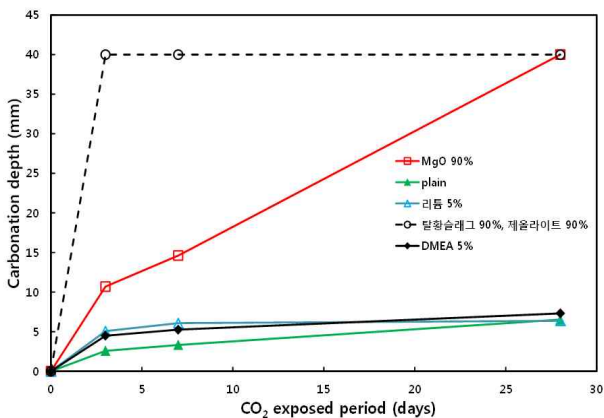


그림 1. 탄산화 침투깊이

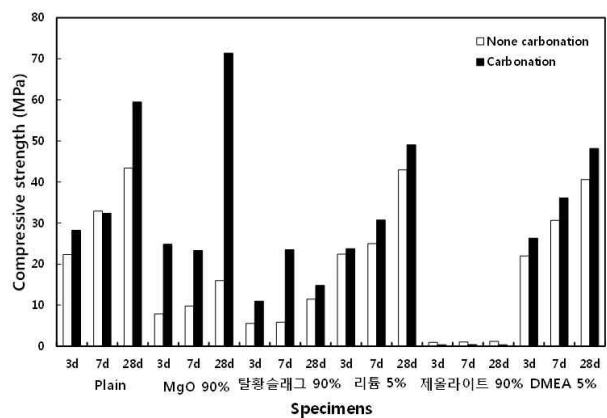


그림 2. 압축강도 측정결과

4. 결 론

- 탄산화 침투깊이 결과, CO₂ 반응물질을 혼합함에 따라 CO₂가 많이 침투함을 확인하였으며 가장 CO₂를 많이 흡수한 실험체는 제올라이트 90% 과 탈황슬래그 90% 으로 나타났으며, MgO 90%, 리튬실리케이트 5%, DMEA 5%, plain 순으로 나타났다.
- 압축강도 측정 결과, 각 실험체에서 탄산화에 의해 압축강도가 비탄산화시 보다 높게 발현되었으며 특히 재령 28일에서 MgO 90%가 타 실험체에 비하여 가장 높은 압축강도가 발현되었다.

참 고 문 헌

1. Sormeh KH, Yixin S, Subhasis G, Mathematical modeling of CO₂ uptake by concrete during accelerated carbonation curing, Cement and Concrete Research, pp.1~10, 2015.1