

플라이 애쉬 및 고로슬래그 혼입 시멘트 페이스트의 CO₂ 양생 기간에 따른 초기강도의 영향에 대한 연구

A Study on the Effect of Initial Strength of Cement Paste Containing Fly Ash or Blast Furnace Slag on CO₂ Curing Period

한 재 도*

Han, Jae-Do

이 한 승**

Lee, Han-Seung

Abstract

As the concentration of greenhouse gases in the atmosphere increases, the reduction of CO₂ is gaining worldwide attention. In the construction industry, cement replacement materials such as fly ash and blast furnace slag were investigated to reduce CO₂ emissions in cement production process. Precast concrete is used in the field after manufacturing in the factory in the form of pipes and bricks because of shortening construction period and cutting construction cost. According to the results of previous research, it is known that early CO₂ curing in concrete using OPC or fly ash has an initial strength enhancement effect and can be used for precast concrete production. Therefore, the purpose of this study is to evaluate the strength improvement effect by confirming the initial strength improvement effect when blast furnace slag is mixed.

키 워 드 : CO₂ 양생, 플라이애쉬, 고로슬래그, 초기 강도, 포졸란 반응

Keywords : early carbonation curing, fly ash, blast furnace slag, initial strength, pozzolanic reaction

1. 서 론

대기 중의 온실가스농도에 증가에 따라 온실가스 중 하나인 이산화탄소 배출량 저감은 전 세계적으로 주목되고 있다. 이에 건축 산업에서는 시멘트 생산과정에서 전체 이산화탄소 배출량의 5~7%가 배출된다는 이유로 플라이 애쉬나 고로슬래그와 같은 시멘트 대체 혼화재들이 연구되었다. 프리캐스트 콘크리트는 공사기간의 단축, 공사비 절감 등의 이유로 관, 벽돌의 형태로 공장에서 제조 후 현장에서 사용되어진다. 기존 연구 결과에 따르면 OPC나 플라이 애쉬를 사용한 콘크리트에서 초기 CO₂ 양생을 진행하였을 경우 초기강도 증진효과가 있어 프리캐스트 콘크리트 제조에 활용될 수 있다고 알려져 있다. 그러므로 본 연구에서는 고로슬래그를 혼입하였을 때에도 마찬가지로 초기강도 증진효과가 있는지 확인해보고 강도증진 정도를 평가하는데 목적을 두고 있다.

2. 기존연구의 고찰

전세계적으로 초기에 CO₂ 양생을 통해 배합 및 사용재료에 따라 초기 및 장기강도 향상되는 점을 주목하고 있다. 미국 토목 학회(ASCE)에 게재된 연구에서는 플라이 애쉬를 각각 20%, 50% 혼입한 시멘트 페이스트에서 초기 CO₂ 양생 24시간 이내에서 양생 기간이 길수록 초기 강도가 향상 된다는 연구 결과를 보여주고 있다. 본 연구에서는 초기 CO₂ 양생을 진행하였을 때, 시멘트 클링커와 수화생성물이 Carbonation reaction을 통해 추가적으로 CaCO₃를 생산하고 매트릭스 내에 미세공극을 충전하여 보다 밀실하게 한다고 고찰하고 있다. 또한, 실험수준 내에서 플라이애쉬를 20% 혼입하였을 때, CO₂ 양생을 24시간 진행하였을 때, 초기 압축강도 증진이 가장 높게 나타났으며 프리캐스트 콘크리트 제작 시 활용가능성이 가능하다고 보고 있다. 그림 1은 초기재령 1.4일부터 장기재령 360일까지의 시험체별 압축강도를 나타낸다.

3. 실험계획

본 연구에서 실험 인자는 혼화재종류, CO₂ 양생 시간이다. 기존 문헌에서 보다 효과적이었던 실험군인 플라이애쉬 20% 혼입한 시험체를 사용하고 대조군으로 OPC 그리고 추가적으로 고로슬래그를 20% 혼입한 시험체를 제작하였다. CO₂ 양생 24시간이내에서 시간이 길수록

* 한양대학교 건축시스템공학과 석사과정

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

초기강도 증진효과가 컸으므로 48시간 실험 수준을 추가하여 본 연구에서는 초기에 CO₂ 양생을 12, 24, 48시간으로 나누어 진행하였다. 재령 2.5일과 7일의 압축강도를 측정하여 초기 강도를 비교하였다. 시험체 양생은 타설후 12시간 이후에 탈형하여 CO₂ 챔버에서 양생 후 각각의 재령일기준 남은 양생기간을 밀봉양생하여 추가 수화반응 진행하였다. CO₂ 챔버의 양생조건은 온도 20±5℃, 상대습도 55±5%, CO₂ 농도 99.8%, 밀봉양생은 온도 20±5℃, 상대습도 55±5%로 설정하였다.

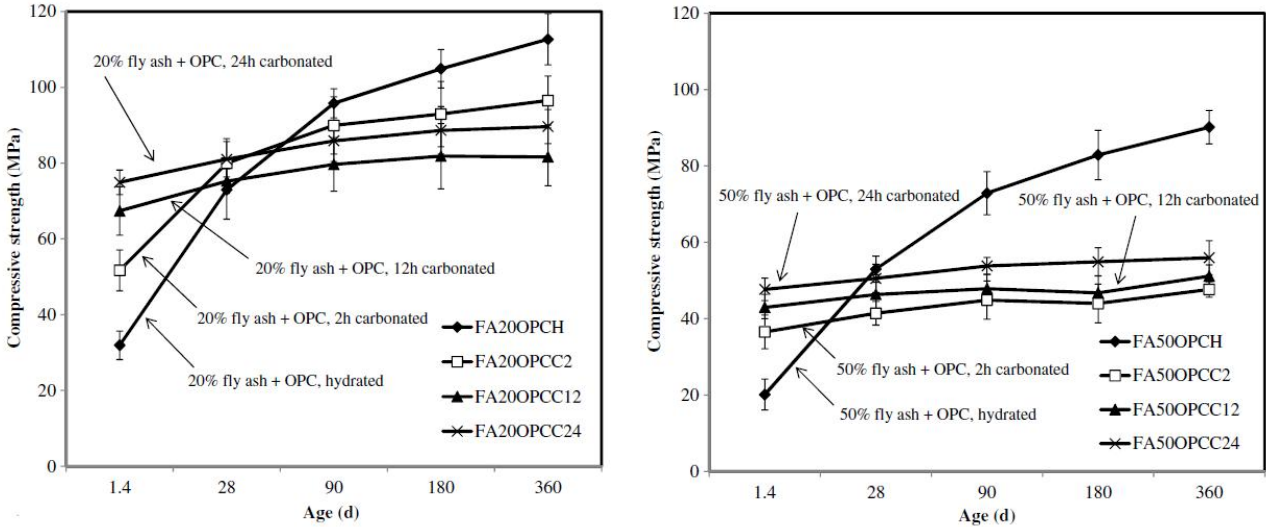


그림 1. CO₂양생한 플라이 애쉬 혼입 시멘트 페이스트의 재령에 따른 압축강도 그래프

4. 결 론

본 연구에서는 시험체내 혼화재 배합에 따라 또한 CO₂ 양생시간에 따라 압축강도의 증진 경향 거동을 비교하는 실험을 실시하였다. 결과는 다음과 같다. 실험 수준내에서 혼화재를 혼입한 시험군보다 혼입하지 않은 시험군의 압축강도가 CO₂ 양생의 유무와 관계없이 더 높게 나타났다. 하지만 CO₂ 양생한 시험체의 경우에는 플라이 애쉬를 혼입한 시험체에서 OPC보다 높은 carbonation reaction이 이루어 졌고 20% 혼입한 시험체에서 시멘트 내부에서 17% CO₂ 흡수를 보였으며 OPC는 14% 흡수를 하였다. 같은 배합의 시험체에서는 CO₂ 양생시간이 증가함에 따라 초기압축강도의 증진이 높게 나타났지만 양생시간이 짧을수록 증진율이 높았고 결론적으로 장기재령에서 수렴하는 경향을 보였다. 연구 결과 CO₂ 양생을 실시하였을 경우에 수화 과정에서 생성된 수화생성물들이 Carbonation reaction에 참여하고 CaCO₃ 생성함에 따라 시멘트 매트릭스 내부를 보다 밀실하게 만들고 강도를 증진 시킨다고 판단하였으며 혼화재를 혼입한 콘크리트의 프리캐스트 공정에 초기에 CO₂ 양생 과정이 초기강도 증진에 기여함에 활용 가능하다고 판단된다.

Acknowledgement

이 연구는 2018년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업입니다. (No.2015R1A5A1037548)

참 고 문 헌

1. Duo Zhang, Carbonation Curing of Precast Fly Ash Concrete, Journal of Materials in Civil Engineering, 제28권, 제11호, 2016
2. J.G. Jang, Microstructural densification and CO₂ uptake promoted by the carbonation curing of belite-rich Portland cement, Cement and Concrete Research, 2016