

원전콘크리트의 탄산화에 의한 미세구조 변화에 관한 연구

A Study on the Microstructure Changes by carbonation in NPP Concrete

이 장 화* · 김 도 겸** · 김 기 범*** · 이 호 재****

Lee, Jang-Hwa · Kim, Do-Gyeum · Kim, Ki-Beom · Lee, Ho-Jae

요 약

본 논문에서는 시차열중량분석법과 X-선 회절분석법을 이용한 원전콘크리트의 탄산화에 의한 열화도 평가를 진행하였으며 두 가지 정성적 분석방법을 이용한 반정량적 평가 방법을 개발하였다. 원자력발전소 건설에 사용된 동일한 콘크리트 배합을 사용한 시편을 축진 탄산화 시험장치에 28, 56, 91, 180, 365일 기간에 걸쳐 노출시켜 탄산화를 진행하였으며 노출된 시편은 시차열중량분석법, X-선 회절분석법을 이용하여 탄산화에 따라 발생된 열화생성물의 양을 정성적으로 분석하였다. 그 결과, 탄산화로 인해 발생하는 Calcite의 양이 노출기간에 따라 점차적으로 증가되는 것이 확인되었으며, Calcite의 생성을 위해 이산화탄소와 반응하는 Portlandite의 양이 점차적으로 감소되는 것이 확인되었다. 본 논문에서는 위의 언급된 두 방법의 관계성을 통해 열화도 평가를 진행하였다.

keywords : DT-TGA, XRD, Carbonation, 원전콘크리트

1. 서 론

탄산화는 콘크리트가 탄산화되면 철근의 부동태 피막이 파괴되므로 철근의 부식이 시작되어, 구조내력의 저하, 철근의 피복콘크리트의 균열, 박리 등을 발생시켜 미관, 기능 및 안정성이 저하된다. 일반적으로 탄산화는 콘크리트에 직접적인 영향은 없지만 pH감소로 인해 콘크리트 내부의 Friedel염과 같은 고정염화물을 자유염화물로 해시시키는 작용을 하는 등 철근 부식에 미치는 영향이 적잖은 것으로 알려졌으며, 균열, 박리 등으로 인한 외부 열화인자를 콘크리트 내부로 침투시키는 영향을 일으켜 간접적으로 콘크리트 구조물의 영향을 미친다. 여타의 콘크리트 구조물에서의 탄산화 영향도 중요하지만 특히, 원전콘크리트 구조물에서의 방사능 유출은 극소량의 방사성 물질만으로도 인체와 생태계에 큰 영향을 미치기 때문에 탄산화의 영향은 더욱이 그 영향이 크다고 볼 수 있다.

본 논문에서는 이와 같은 원전콘크리트에서의 탄산화의 영향을 알아보기 위해 시차열중량분석법과 X-선 회절분석법을 이용하여 탄산화에 의한 열화도 판단 및 정성적 분석법을 이용한 탄산화 반정량적 판별법에 대한 연구를 진행하였다.

* 한국건설기술연구원 선임연구위원 jhlee@kict.re.kr

** 한국건설기술연구원 연구위원 dgkim@kict.re.kr

*** 한국건설기술연구원 연구원 kibeom@kict.re.kr

**** 한국건설기술연구원 연구원 h.lee@kict.re.kr

2. 분석준비

본 연구에서 사용된 시편은 원전콘크리트 구조물 건설시 사용되었던 대표 배합 세 종류를 선정하여 동일한 탄산화 조건에 노출시켜 탄산화 정도를 파악하였으며 동일한 배합의 열화를 받지 않은 시편을 비교시편으로 사용하여 열화도 평가를 진행하였다. 탄산화 분석에 사용된 시편은 KS F 5105에 의거, 원전배합으로 제작하여 28일간 수증양생시킨 시편을 365일간 5% 이산화탄소가스를 이용해 탄산화를 촉진시키는 장비에 넣어 폭로시킨 후 각각의 기간별로 분석을 진행하였다.

시차열중량분석 및 X선-회절분석을 진행하기 위해 시편은 표면에서 7mm 부분까지 분쇄하여 분말을 #50 번체를 이용하여 체거름하여 시료를 준비하였으며, 준비된 시료는 24시간 이내에 측정하여 공기중 노출로 인한 화학적 변화에 대한 영향을 최소화하였다.

2.1 시차열중량분석법

시차열중량분석을 위해 분석조건을 설정하였다. 승온구간은 상온-1200℃, 승온속도는 10℃/min 으로 설정하였으며 수산화칼슘의 경우 400-500℃, 탄산칼슘의 경우 600-900℃가 일반적인 온도구간으로 알려져 있지만 본 연구에서는 수산화칼슘은 400-450℃, 650-800℃로 구간을 축소하여 그래프 상의 완만한 구간을 최대한 제외시켜 다른 물질의 연소로 인한 영향을 최소화하였다.

2.2 X-선 회절분석법

X-선 회절분석을 이용한 탄산화 분석은 JCPDS의 portlandite와 calcite의 peak만을 이용해 그 양을 정성적으로 평가하였으며 JCPDS card 번호는 portlandite의 경우 004-0733, calcite의 경우 025-0127, 005-0586을 사용하여 분석을 진행하였다. 탄산화 노출기간별 X-선 회절분석을 진행하였으며 두 결정질의 peak값을 비교하여 분석하였다.

3. 분석결과

3.1. 시차열중량분석법

시차열중량분석법을 이용한 분석결과는 그림 1, 2에 표현하였으며 중량감소율은 표 1에 표현하였다. 열화 노출기간에 따른 중량감소율에서 노출기간이 길어질수록 수산화칼슘은 중량감소율이 감소하며, 탄산칼슘은 10배 가까이 중량감소율이 증가하는 것을 볼 수 있다. 이는 탄산화 노출기간이 길어질수록 탄산칼슘 생성량이 증가됨을 알 수 있으며 수산화칼슘은 지속적으로 감소하여 수산화칼슘으로부터 탄산칼슘이 생성되었음을 유추할 수 있다.

표 1 열화노출기간에 따른 중량감소율

열화노출기간에 따른 중량감소율	기준시편	28	180	365
Ca(OH)2 : 400~450도	3.33099	3.13291	1.35414	1.03468
Ca(CO)3 : 650~800도	0.84568	1.60418	6.9584	10.2969

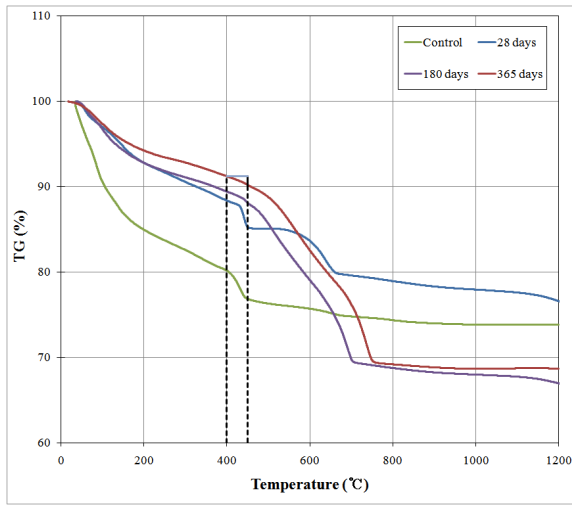


그림 1 온도상승에 의한 기준시편 및 탄산화시편 시료의 중량감소율

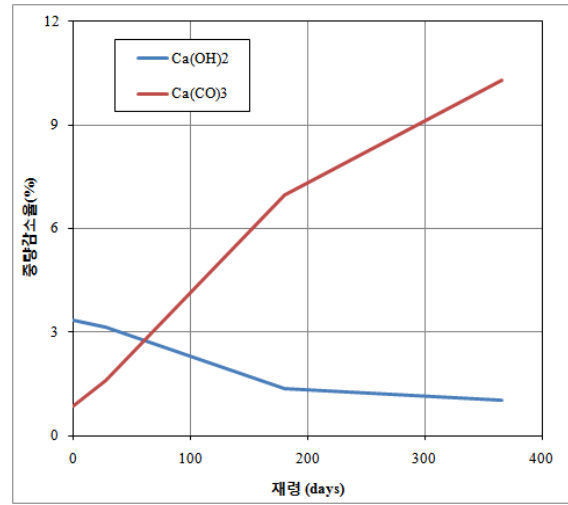


그림 2 시차열중량분석을 수산화칼슘과 탄산칼슘량의 변화

3.1. X-선 회절분석법

X-선 회절분석을 이용한 결과를 그림 3에 도시하였으며, 다른 결정질을 모두 제외하고 portlandite와 calcite만을 그래프상에 표시하였다. 그래프에 나타나듯이 portlandite의 peak인 34.089, 47.124의 값이 노출기간이 길어질수록 감소하는 것이 확인되었으며 calcite의 peak인 26.998의 값이 점차적으로 증가하는 것을 확인할 수 있었다.

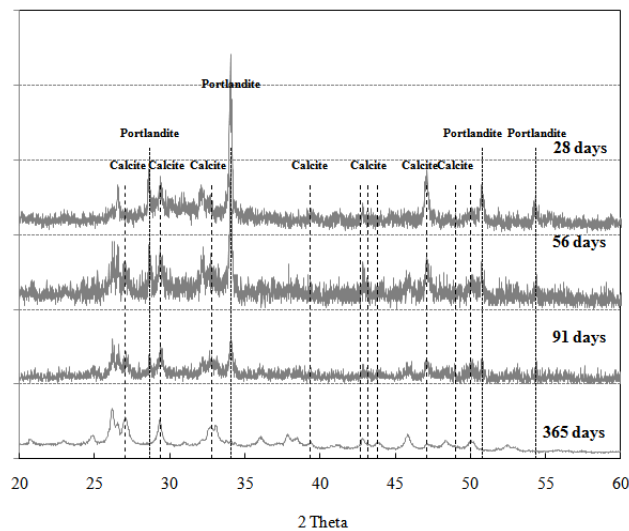


그림 3 Portlandite와 Calcite의 탄산화 노출기간별 peak값의 변화

4. 결론

탄산화 기간에 따른 원전콘크리트의 탄산화저항성에 대해 두 가지 분석장비를 이용해 분석한 결과, 탄산화 노출기간이 길어질수록 수산화칼슘양이 감소하며, 탄산칼슘 양이 증가하는 것을 알 수 있었으며, 이는 두 가지 이상의 정성적 분석방법을 이용해 열화생성물을 반정량적으로 분석할 수 있는 가능성을 확인할 수 있었다. 열화생성물의 정성적 분석과 공극분석, 이미지 분석 등의 기법을 추가하여 분석기법을 통해 원전콘크리트의 열화도 평가를 진행하는 방법에 대한 연구가 추가적으로 진행될 것이다.

감사의 글

본 연구는 2011년도 지식경제부의 재원으로 한국에너지 기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다.

참고문헌

- Géraldine Villain , Mickael Thiery, Geard Platret (2007) Measurement methods of carbonation profiles in concrete Thermogravimetry chemical analysis and gammadensimetry, Cement and Concrete Research, 37, pp.1182~1192.
- M. Arandigoyen, B. Bicer-Simsir, J.I. Alvarez, D.A. Lange. (2006) Variation of microstructure with carbonation in lime and blended pastes, *Applied Surface Science*, 252, pp. 7562~7571.
- 박광수 (2002) 농업기반 콘크리트 수리구조물의 내구성 향상 기술개발 연구, 농업기반공사, 농림부, pp.33~48.