

공학적방벽 콘크리트 재료의 기초 특성 분석

이호재, 김기범, 이장화, 조명석*, 김도겸

한국건설기술연구원, 경기도 고양시 일산서구 고양대로 283

*한국수력원자력 중앙연구원, 대전광역시 유성구 유성대로 1312번길 70

h.lee@kict.re.kr

1. 서론

현재 국내에 건설된 또는 건설 중인 원자력발전소의 배합설계에는 내구성 향상을 위하여 플라이애시(Fly ash, 이하 FA)가 일정부분 사용되고 있다. 원자력 발전소 시설에 대한 내구성 평가를 수행하기 위해서는 우선적으로 사용된 재료에 대한 기초 특성 분석이 요구되고, 최근 많은 분석기법의 발전으로 인하여 더욱 정밀한 분석이 가능하다. 따라서, 본 연구에서는 원자력발전소 시설물에 대한 내구성 평가를 수행하기 위한 기초연구로써, 플라이애시 혼입에 따른 미세구조를 보통포틀랜드시멘트(Ordinary Portland Cement, 이하 OPC)와 비교·분석하였다.

2. 실험

2.1 실험계획

본 연구에서는 플라이애시 혼입에 따른 미세구조 변화 차이를 알아보기 위하여 Table 1과 같은 페이스트 배합을 설정하였다. 즉, 배합사항으로 물-결합재(W/B)는 45%으로 하였고, 원자력발전소 건설시 사용된 배합 조건에 따라 플라이애시 20%를 치환하였다.

Table 1. Paste mix.

구분	W/B (%)	혼화재 치환율 (%)	단위량 (kg/m ³)		
			OPC	FA	물
Plain	0.45	-	500	-	200
FA20	0.45	20	400	100	200

2.2 사용재료

2.2.1 OPC & FA

본 실험에 사용한 시멘트는 국내산 1종 보통포틀랜드 시멘트를 사용하였다. 플라이애시는 국내 K사에서 생산된 제품을 사용하였다. 1종 보통포틀랜드 시멘트와 플라이애시의 화학성분은 XRF를 사용하여 분석하였으며 분석결과는 Table 2와 같다.

2.2.2 물

본 실험에서 사용한 물은 유해한 기름, 산, 알칼리, 염류 등이 함유되지 않은 순수한 2차 증류수를 사용하였다.

Table 2. Analysis result of OPC, FA.

	OPC	FA
Na ₂ O	0.01	0.43
MgO	2.97	1.15
Al ₂ O ₃	5.22	24.8
SiO ₂	20.1	54.7
SO ₃	1.87	0.32
CaO	55.9	2.99
Fe ₂ O ₃	2.76	8.76
K ₂ O	0.86	1.15
LOI	1.58	3.56

2.3 실험방법

2.3.1 페이스트 배합

Fly ash에 혼입에 따른 차이를 알아보기 위해서 보통 포틀랜드 시멘트 페이스트와 Fly ash를 20% 혼입한 페이스트를 각각 다음과 같은 순서에 따라 제작하였다. 시멘트 500g 혹은 시멘트 500g과 플라이애시 100g을 믹서에 넣고 약 30초 동안 건비빔을 저속(20rpm)으로 실시하였다. 건비빔이 완료되면 증류수(400g)를 넣고 다시 약 3분 동안 증속(50rpm)으로 배합하였다. 그 후, 미리 제작한 시편 몰드(50×50×50mm)에 타설하였다.

2.3.2 탈형 및 양생

시편 제작 24시간 후 탈형했다. 그 후, 수분증발을 방지하기 위해 폴리에스테르 비닐로 코팅한 뒤 23±2°C의 온도가 86±2%의 상대습도에서 분석일까지 양생하였다.

2.3.3 분석시편준비

미세구조 분석을 위해서는 우선 시편의 수화정지를 위해서 아세톤 용액에 일정시간 침지시켰다. 또한, 시편을 분석장비에 맞추어 에폭시 합침 또는 분말 형태로 가공하였다.

3. 결과

Fig. 1은 초기재령(28일)까지에 대한 OPC와 FA20의 XRD 분석결과를 나타낸 것이다. 그림 Fig. 1(a)는 Plain 배합의 결과를 나타낸 것으로서, 수화물 내에 수산화칼슘이 양생 초기부터 상당량 생성되어 있고, 초개재령 동안 가장 많은 부분을 차지함을 알 수 있다. 미수화된 C₃S는 시간이 경과함에 따라 점차 줄어들고 있다. 또한, 에트링자이트도 초기재령에 발생된다. 또한, 본 연구에서 시편을 공기 중에서 노출시킴에 따라 약간의 탄산화가 진행되어 그 결과 탄산칼슘이 형성됨을 알 수 있다.

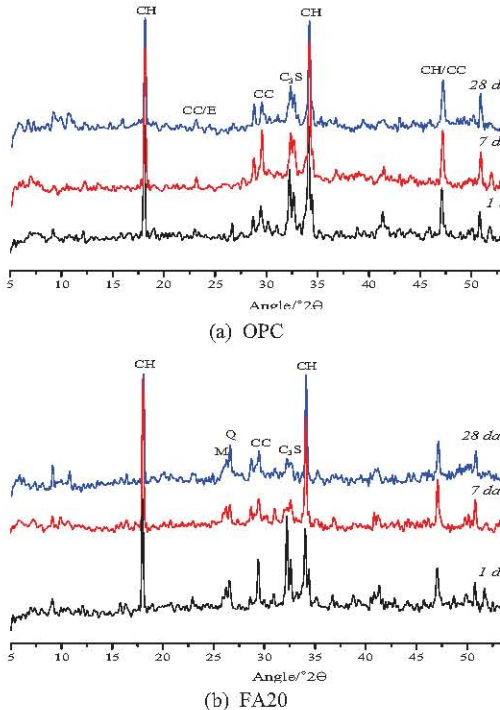


Fig. 1. XRD results of OPC and FA20.

한편, 그림 Fig. 1(b)는 FA20의 XRD 분석결과

를 나타내는 것으로서, 재령 1일차의 경우에는 미수화된 C₃S의 양이 수산화칼슘보다 더 지배적인 것이 특징이다. 하지만, 그 뒤에는 OPC와 동일하게 수산화칼슘이 전반적으로 지배적인 경향을 나타낸다. 초기재령동안 OPC와 FA20 내의 수산화칼슘 피크값이 큰 차이가 없는 것으로 보아 초기재령에서는 플라이애시의 포졸란 현상이 시멘트에 의한 수화반응보다 상대적으로 약하기 때문이라 판단된다. OPC의 경우에는 수산화칼슘, C₃S, 에트링자이트 그리고 탄산화로 인한 약간의 탄산칼슘이 발생되었고, FA20의 경우 역시 OPC와 동일한 구성요소들이 발생됨을 물론 플라이애시 입자 성분으로 인하여 Mullite와 Quartz가 추가로 발생됨을 알 수 있다.

4. 결론

가. XRD 회절분석 결과, OPC와 FA20 경우 모두 수산화칼슘이 지배적인 것으로 나타났으며, 초기재령(28일)에서는 시멘트의 수화반응이 플라이애시 혼입으로 인한 포졸란반응보다 우세한 현상임을 확인하였다.

나. SEM 표면분석 결과, C-S-H, Ca(OH)₂ 그리고 Ettringite가 주로 관찰되었으며, 특히 장기재령(90일)의 경우 플라이애시가 포졸란반응으로 인하여 플라이애시 입자 주변에 다량의 C-S-H가 존재함을 확인하였다.

5. 감사의 글

본 연구는 2011년도 지식경제부의 재원으로 한국에너지 기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다.(No.2009T100100523)

6. 참고문헌

[1] Properties of Concrete 4th Ed., A. M. Neville, John Wiley & Sons Inc. 1996.