

고분말도 플라이애쉬를 사용한 콘크리트의 역학 및 수축특성에 관한 실험적 연구

An Experimental Study on the mechanical and Shrinkage Properties of Concrete Using High Fineness Fly ash

이 지 환* 배 필 식* 김 성 수** 김 재 환*** 이 상 수**** 송 하 영****
Lee, Ji Hwan Bae, Pil Sik Kim, Sung Soo Kim, Jae Hwan Lee, Sang Soo Song, Ha Young

ABSTRACT

This study was to establish 3 levels of high fineness fly ash like 4000, 6000, and 8000 class and 30% replacement ratio in order to analyze mechanics and shrinkage properties of concrete by using high fineness fly ash. Furthermore, this study was to make a plan in two levels of water-binder ratio like 40% and 50%. In addition, as a result of measurement by the establishment of combined condition of ternary system as 20% replacement ratio level of three sorts of ground granulated blast furnace slag, there was a tendency to be equal or higher to the plain concrete as the fineness of fly ash increased in strength property. Simultaneously, this study had a tendency in the relationship between the compressive strength and elastic modulus that the more the fineness of fly ash, the more the elastic modulus increased a little. In addition, this study had a tendency that the more elastic modulus moved to the long-term aged one, the more it increased definitely. The effect on the fineness of fly ash remained at a low level in the drying shrinkage. This study has shown that the more the fineness increased, the more the elastic modulus decreased.

요 약

본 연구에서는 고분말도 플라이애쉬를 사용한 콘크리트의 역학 및 수축특성을 분석하기 위하여 플라이애쉬의 분말도 4000, 6000, 8000급의 3수준과 치환율 30%로 설정 하였으며, 물-결합재비 40, 50%의 2수준으로 계획하였다. 또한, 고로슬래그 미분말 3종의 치환율 20%의 수준으로 3성분계의 조합조건을 설정하여 실험을 실시한 결과, 강도특성에서는 플라이애쉬의 분말도가 증가할수록 압축, 인장 및 휨 강도가 플레인 콘크리트와 동등하거나 상회하는 경향을 나타냄과 동시에 압축강도와 탄성계수의 관계에서도 플라이애쉬의 분말도가 증가할수록 탄성계수가 다소 증가하는 경향을 나타내었으며, 탄성계수는 장기재령으로 갈수록 확연히 증가하는 경향을 나타내었다. 또한, 건조수축에서는 플라이애쉬의 분말도에 대한 영향은 미미하였으나, 분말도가 증가할수록 감소하는 경향을 나타내었다.

*정회원, 한밭대학교 공과대학 건축공학과 석사과정

**정회원, (주)삼표 기술연구소 선임연구원, 공학석사

***정회원, 한밭대학교 공과대학 건축공학과 겸임교수, 공학박사

****정회원, 한밭대학교 공과대학 건축공학과 교수, 공학박사

1. 서론

최근 국내의 건설 환경은 자원의 고갈과 환경오염에 대한 관심이 집중되면서 산업폐기물이나 부산물을 각종 건축재료로 재활용하는 방안이 다각도로 검토되고 있다. 즉 플라이애쉬는 콘크리트의 혼화재료라는 측면에서 각종 성능을 크게 개선시킬 뿐만 아니라 산업부산물을 재활용한다는 측면에서도 매우 유용한 재료라 할 수 있다. 플라이애쉬는 경제성이 좋고, 콘크리트 경화체 조직의 치밀성, 시공성 개선, 장기강도 향상 등 많은 장점이 있으나 응결지연으로 조기강도를 저하시키는 단점으로 인해 단위시멘트량의 20%전후의 치환으로 그 사용량은 제한되고 있으며, KS(KS L 5405 플라이애쉬) 규정에는 분말도 3000급 이상(2종)과 4500급 이상(1종)에 관한 규정만 있을 뿐 그 이상의 분급에 관한 규정은 현재까지 정립이 미비한 실정이다.

이에, 본 연구에서는 고분말도 플라이애쉬를 사용한 콘크리트의 물-결합재비 및 분말도에 관한 실험을 통하여 역학 및 수축특성을 비교·분석하고 그 성능을 규명하고자 한다.

2. 실험계획 및 방법

2.1 실험계획 및 배합

본 연구에서는 고분말도 플라이애쉬를 사용한 콘크리트의 역학 및 수축특성을 평가하기 위하여 실험계획 및 배합을 표 1과 같이 설정하였다. 즉, 플라이애쉬의 분말도 4000, 6000, 8000급의 3수준과 치환율 30%로 설정하였으며, 물-결합재비 40, 50%의 2수준으로 계획하였다. 또한, 고로슬래그 미분말 3종의 치환율 20%의 수준으로 3성분계의 조합조건을 설정하였다.

표 1 실험계획 및 배합

W/B (%)	S/a (%)	W (kg/m ³)	FA Replacement ratio (%)	FA Blaine (cm ² /g)	Unit Weight (kg/m ³)					Measurement	SP (%)
					C	FA	SL	S	G		
40	48.5	160	15	Plain	260	60.0	80.0	873.8	935.0	· Compressive strength · Tensile strength · Flexural strength · Elastic modulus · Drying shrinkage	0.8
				4000				863.7	924.2		
			30	6000	200.0	120.0		871.1	932.1		
				8000				872.6	933.7		
50	50.5		15	Plain	208.0	48.0	64.0	945.8	934.2		
				4000				937.4	925.9		
			30	6000	160.0	96.0		943.6	932.0		
				8000				944.8	933.2		

2.2 실험방법

본 연구의 고분말도 플라이애쉬를 사용한 콘크리트의 역학 및 수축특성을 평가하기 위하여 압축강도(KS F 2405), 인장강도(KS F 2423), 휨강도(KS F 2408), 정탄성계수(KS F 2438), 건조수축(KS F 2595)의 실험방법에 준하여 실험을 실시하였다.

3. 실험결과 및 고찰

3.1 강도특성

그림 1은 물-결합재비 및 분말도 종류에 따른 고분말도 플라이애쉬 콘크리트의 압축강도 발현성을 나타낸 것으로서 물-결합재비 40%의 경우, 플라이애쉬의 분말도가 증가할수록 압축강도가 증가하는 경향을 나타내었으며, 분말도 8000급의 재령 56일 압축강도의 경우 Plain 콘크리트보다 상회하는 경향을 나타내었다. 이는 플라이애쉬의 높은 분말도로 인해 발생하는 활발한 포졸란 반응으로 분말도

8000급을 사용한 콘크리트가 분말도 6000급을 사용한 콘크리트보다 강도발현이 증가하는 것으로 판단된다. 또한, 물-결합재비 50%의 경우 분말도 4000, 6000, 8000급 모두 초기재령에서는 강도발현이 Plain 콘크리트에 미치지 못하였으나, 장기재령으로 갈수록 강도발현이 증가하여 재령 56일 압축강도의 경우 Plain 콘크리트와 동등한 경향을 나타내었으며, 플라이애쉬의 분말도 6000급의 경우 재령 7일까지의 압축강도가 분말도 8000급의 경우보다 다소 높은 경향이 나타났으나, 그 이후의 재령에서는 분말도 8000급을 사용한 콘크리트가 분말도 6000급을 사용한 콘크리트보다 강도발현이 증가한 것으로 나타났다.

한편, 그림 2 및 그림 3은 고분말도 플라이애쉬를 사용한 콘크리트의 인장강도 및 휨강도의 변화를 나타낸 것으로서 물-결합재비 50% 압축강도의 경향과 마찬가지로 초기재령에서는 강도발현이 Plain 콘크리트에 미치지 못하였으나, 장기재령으로 갈수록 강도발현이 증가하는 경향을 나타내었으며, 플라이애쉬의 분말도가 증가할수록 인장강도 및 휨강도는 증가하는 경향을 나타내었다.

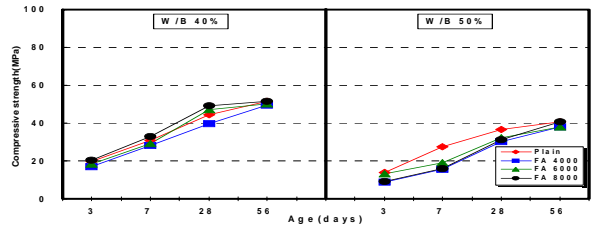


그림 1 압축강도의 변화

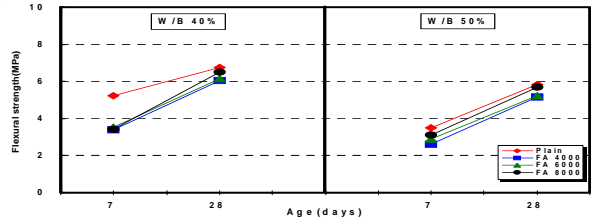


그림 2 인장강도의 변화

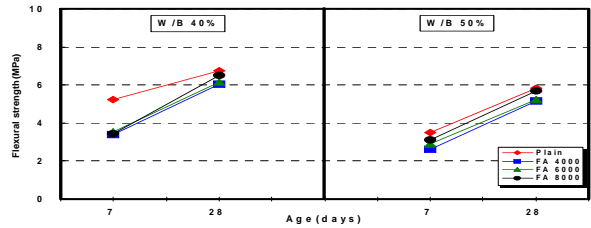


그림 3 휨강도의 변화

3.2 역학특성

그림 6은 물-결합재비 40% 및 50%일 때, 고분말도 플라이애쉬를 사용한 콘크리트의 재령28일 압축강도와 할렬인장강도의 관계를 나타낸 것으로서, 건축구조설계기준(KBC2005)에 적용하여 비교·분석한 결과 압축강도와 할렬인장강도의 관계는 1/12~1/16의 범위를 나타내어 인장강도는 다소 취약한 것으로 나타났다.

따라서, 본 연구에서 나타난 압축강도와 할렬인장강도의 관계에 대한 제안식을 제시해 보았다.

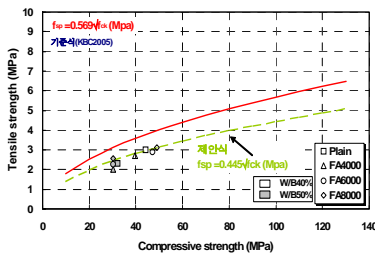


그림 6 압축강도와 인장강도의 관계

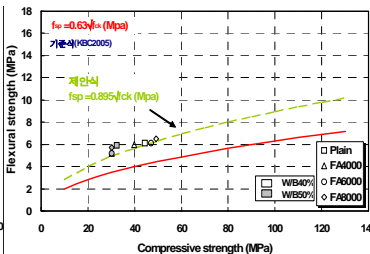


그림 7 압축강도와 휨강도의 관계

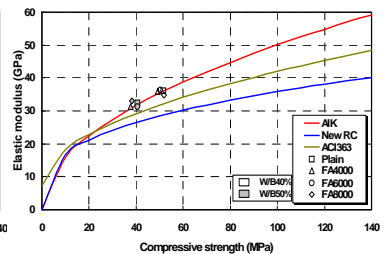


그림 8 압축강도와 탄성계수의 관계

또한, 그림 7은 압축강도와 휨강도의 관계를 나타낸 것으로서 건축구조설계기준(KBC2005)에 적용하여 비교·분석한 결과 압축강도와 휨강도의 관계는 1/5~1/8의 범위를 나타내어, 고분말도 플라이애쉬 콘크리트의 압축강도에 대한 휨강도의 성능은 우수한 것으로 판단되며, 본 연구에서 나타난 압축강

도와 휨강도의 관계에 대한 제안식을 제시해 보았다.

한편, 고분말도 플라이애쉬 콘크리트의 탄성계수는 그림 8과 같이 물-결합재비 40%인 경우 34.8~36.3(GPa), 물-결합재비 50%인 경우 31.2~33.1(GPa)의 범위를 보이고 있고, 재령 28일의 경우 분말도가 높을수록 탄성계수와 압축강도가 다소 높은 것으로 나타났으며, 대한건축학회(AIK)에서 제시한 탄성계수식과 거의 일치하는 것으로 나타났다.

3.3 수축특성

그림 7과 그림 8은 물-결합재비 40 및 50%의 건조수축을 나타낸 그래프이다. 물-결합재비 40%의 경우 50%의 경우보다 건조수축 길이변화가 다소 적게 나타나고 있으며, 분말도의 증가에 있어서 확연한 차이는 나타나지 않지만 플라이애쉬 분말도가 높을수록 건조수축은 낮아지는 경향이 나타났다. 이러한 결과는 고분말도 플라이애쉬가 모세공극을 충전해 줌으로서 수축이 저감되는 것으로 판단된다.

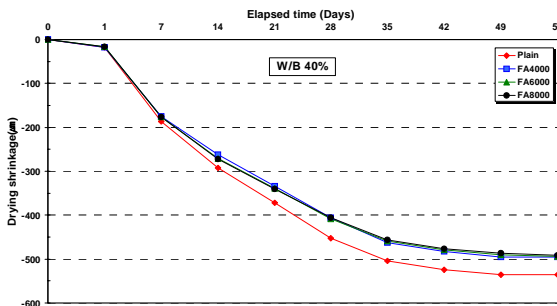


그림 4 W/B 40% 건조수축 변형

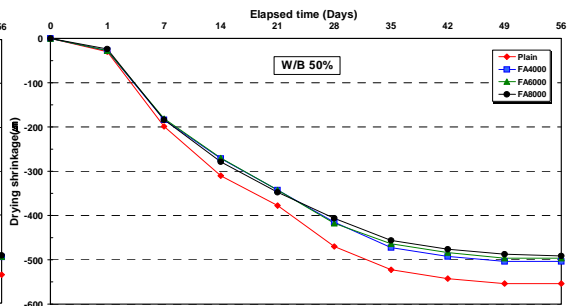


그림 5 W/B 50% 건조수축 변형

4. 결론

본 연구에서는 고품질 플라이애쉬를 사용한 콘크리트의 물-결합재비 및 분말도에 관한 실험을 통하여 역학특성 및 수축특성을 비교·분석한 것으로서, 본 연구로부터 얻은 결론은 다음과 같다.

- 1) 물-결합재비에 따른 고분말도 플라이애쉬를 사용한 콘크리트의 압축, 인장, 휨강도의 변화는 플라이애쉬의 분말도가 증가할수록 증가하는 경향을 보였다. 따라서, 고품질 플라이애쉬의 분말도를 상향조정하여 사용하는 것이 강도측면에서 유리할 것으로 사료된다.
- 2) 물-결합재비에 따른 고분말도 플라이애쉬를 사용한 콘크리트의 건조수축 길이변화는 물-결합재비가 증가할수록 증가하는 것으로 나타났으며, 분말도가 증가할수록 다소 감소하는 경향을 나타냈다.
- 3) 상관관계분석에서 압축강도와 할렬인장강도의 관계를 건축구조설계기준(KBC2005)에서 제시하고 있는 압축강도와 할렬인장강도의 관계식에 적용하여 비교·분석한 결과 인장강도는 다소 취약한 것으로 나타났으며, 압축강도와 휨강도의 관계를 비교·분석한 결과 휨강도의 성능은 우수한 것으로 나타났다. 또한, 압축강도와 탄성계수의 관계는 대한건축학회(AIK)에서 제시한 탄성계수식과 유사한 수준을 보여 앞으로 고분말도 플라이애쉬를 사용한 콘크리트는 대한건축학회(AIK)에서 제시한 탄성계수식을 적용하여도 문제가 없을 것으로 사료된다.

감사의 글

본 연구는 (주)삼표(매트구조물용 플라이애쉬 콘크리트의 배합설계 개발연구)에 의한 것으로 연구비 지원에 감사드립니다.

참고문헌

1. 이상수의 2명 “F급 플라이애쉬를 사용한 콘크리트의 공학적 특성에 관한 연구” 대한건축학회 논문집 20권 11호(통193호).2004.11