

3성분계 콘크리트의 특성에 미치는 고품질 플라이애쉬의 치환율 및 물-결합재비 영향에 관한 실험적 연구

An Experimental Study on the Influence of High Quality Fly ash and Water-Binder Ratio on Properties of the Ternary System Concrete

이 승 민* 김 동 술* 노 형 남* 정 용** 이 상 수*** 송 하 영***
Lee, Seung Min Kim, Dong Sool Rho, Hyoung Nam Jung, Yong Lee, Sang Soo Song, Ha Young

ABSTRACT

Recently the press and institute recognized fly ash as it had excellent performance. Its research and applications are on the rise largely as a substitute for cement. On the contrary, it is in a situation that the regulation of high quality fly ash remains at a low level. Accordingly, this study was to establish 8000 class of fineness of fly ash and three levels of substitute like 15%, 30%, and 45% in order to analyze the replacement ratio and effect of water-binder ratio for fly ash that affected the properties of ternary system concrete. As a result of experiment by planning water-binder ratio for two levels like 40% and 50%, it increased the fluidity in a fresh state, and it decreased the air content. This study has found out the setting acceleration and reduction of heat of hydration. As for the strength property in a set state, this study has shown the tendency of being equal or higher in age 28 days.

요약

최근 언론이나 학회에서도 우수한 성능을 인정받는 플라이애쉬는 시멘트의 대체재로서 많은 연구와 적용사례가 늘어나고 있으나 조기강도의 저하 및 무분별한 사용으로 품질이 변동되는 문제점이 해결되지 않는 실정이다. 또한 KS L 5405에 규정된 분말도 3000~4500 cm^2/g 급인 플라이애쉬를 단위시멘트량의 20% 전후로 치환하여 사용하고 있어 그 이상의 분급에 관한 규정은 미미한 실정이다.

따라서, 본 연구에서는 3성분계 콘크리트의 특성에 미치는 고품질 플라이애쉬의 치환율 및 물-결합재비 영향을 분석하기 위해 플라이애쉬의 분말도 8000급과 치환율 15(P), 30, 45%의 3수준으로 설정하였으며, 물-결합재비는 40, 50%의 2수준으로 계획하여 실험을 실시하였다. 측정된 결과, 굳지않은 콘크리트의 성상에서 플라이애쉬의 치환율이 증가할수록 유동성이 점차 향상되는 경향을 나타내었으나, 물-결합재비가 증가할수록 현저히 낮아지는 것으로 나타났다. 또한, 공기량은 플라이애쉬의 치환율이 증가하고 물-결합재비가 낮아짐에 따라 감소하는 경향을 나타내었으며, 물-결합재비에 관계없이 플라이애쉬의 치환율이 증가할수록 수화열 저감을 확인할 수 있었다. 또한, 강도특성에서는 치환율과 물-결합재비가 증가할수록 강도가 낮아지는 경향을 나타내었다.

*정회원, 한밭대학교 공과대학 건축공학과 석사과정

**정회원, (주)삼표 기술연구소 수석연구원, 공학석사

***정회원, 한밭대학교 공과대학 건축공학과 교수, 공학박사

1. 서론

현재 일부 시멘트의 대체재로 사용하고 있는 플라이애쉬는 볼베어링(Ball bearing) 효과로 목표 슬럼프를 확보하는데 필요한 단위수량을 감소시켜 재료분리 및 블리딩을 방지할 수 있어 현장에서의 시공성 및 점성을 개선할 수 있다. 또한, 장기재령에서 포졸란 반응으로 인하여 장기강도의 개선 및 수밀성, 내구성을 확보할 수 있으나, KS L 5405에 규정된 분말도 3000~4500cm²/g급인 플라이애쉬를 단위시멘트량의 20% 전후로 치환하여 사용하고 있어 그 이상의 분말도에 관한 규정은 미미한 실정이다.

따라서, 본 연구에서는 고품질 플라이애쉬를 사용한 콘크리트를 개발하기 위한 것으로 물-결합재비 및 치환율에 관한 실험을 통하여 배합설계에 필요한 기초 자료를 제시하고자 한다.

2. 실험개요

2.1 실험계획 및 배합

본 실험에서 고품질 플라이애쉬를 사용한 콘크리트의 공학적 특성을 검토하기 위해 실험계획 및 배합은 표 1과 같이 설정하였다. 즉, 고품질 플라이애쉬의 치환율 및 물-결합재비 영향을 분석하기 위해 플라이애쉬의 분말도 8000급과 치환율 15(P), 30, 45%의 3수준으로 설정하였으며, 물-결합재비는 40, 50%의 2수준으로 계획하여 실험을 실시하였다. 또한, 고로슬래그 미분말 3종의 치환율 20%의 수준으로 3성분계의 조합조건을 설정하였다.

표 1 실험계획 및 배합

W/B (%)	S/a (%)	W (kg/m ³)	FA치환율 (%)	FA분말도 (cm ² /g)	질량배합(kg/m ³)				평가항목		SP (%)	
					C	FA	SL	S	G	굳지않은 정상		굳은 정상
40	48.5	160	15(P)*	8000	260.0	60.0	80.0	878.2	939.7	· 슬럼프시험 · 슬럼프플로우 · 공기량 · 응결시험 · 간이수화열시험	· 압축강도 · 할렐 인장강도 · 휨강도	0.8
			30		200.0	120.0		872.6	933.7			
			45		140.0	180.0		866.9	927.6			
50	50.5	160	15(P)*	8000	208.0	48.0	64.0	949.5	937.9			
			30		160.0	96.0		944.8	933.2			
			45		112.0	144.0		940.1	928.6			

* P : Plain Concrete

2.2 실험방법 및 평가항목

플라이애쉬를 사용한 콘크리트의 실험방법은 그림 1과 같이 스크류 믹서에 잔골재(세척사), 시멘트, 플라이애쉬, 고로슬래그 미분말을 넣어 30초간 건비빔을 실시하였다. 또한 배합수와 혼화제를 첨가해 모르타르 비빔을 60초간 교반하였으며, 이어 굵은골재를 넣어 150초간 교반하였다. 평가항목으로는 굳지않은 상태에서 슬럼프와 슬럼프플로우 시험(KS F 2402, KS F 2594), 공기량(KS F 2421), 응결시험(KS L 5108), 수화열 시험(KS L 5121), 굳은 정상에서의 압축강도(KS F 2405), 인장강도(KS F 2423), 휨강도(KS F 2408)등을 KS규정에 준하여 실험을 실시하였다.

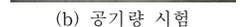
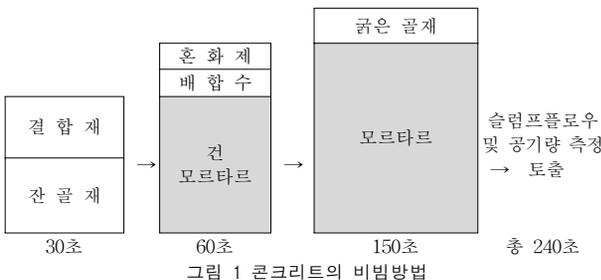


사진 1 각종 시험 장면

3. 실험결과 및 고찰

3.1 굳지않은 콘크리트의 정상

고품질 플라이애쉬를 사용한 콘크리트의 굳지않은 정상에서 슬럼프 및 슬럼프플로우, 공기량을 측정 한 결과로서, 그림 2와 같이 플라이애쉬의 치환율이 증가될수록 유동성이 점차 증가하는 경향을 보 였으나, 물-결합재비가 증가할수록 현저히 낮아지는 경향을 나타내고 있었다. 이는 물-결합재비가 높 아질수록 상대적으로 단위결합재량이 줄어들어 골재와의 결합 부족으로 인해 점성이 떨어져 유동성이 낮아지는 것으로 판단된다.

한편, 공기량은 물-결합재비에 관계없이 플라이애쉬의 치환율이 증가할수록 공기량이 감소하는 경 향을 나타내었다. 이는 시멘트를 대체하는 고분말도 플라이애쉬의 양이 증가하므로 공극을 충전시켜 공기포 발생을 억제하는 것으로 판단된다. 또한, 고품질 플라이애쉬를 사용한 콘크리트의 응결 특성의 변화를 분석한 결과, 그림 3과 같이 물-결합재비가 증가할수록 상대적으로 단위결합재량의 감소로 인 해 응결 지연 현상을 확연히 나타내었다.

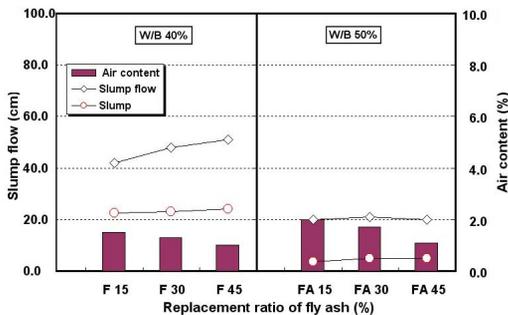


그림 2 슬럼프플로우 및 공기량의 변화

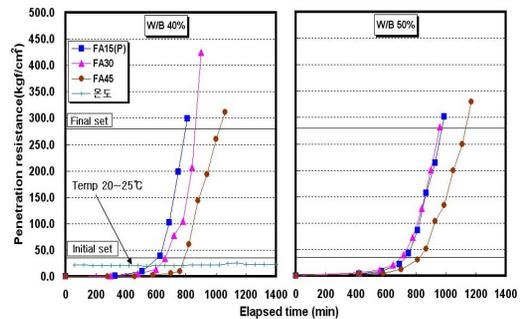


그림 3 응결특성의 변화

표 2와, 그림 4는 고품질 플라이애쉬를 사용한 콘크 리트의 수화열 온도이력의 변화를 나타낸 것으로서, 물-결합재비에 관계없이 플라이애쉬의 치환율이 증 가할수록 수화열이 플레인 콘크리트보다 점차 2~ 3℃ 정도로 낮아졌다.

이는 시멘트의 대체재로 플라이애쉬를 사용하면 서 단위시멘트량이 감소되어 수화반응에 의한 수화 열이 저감되는 것으로 판단된다.

3.2 굳은 콘크리트의 정상

그림 5는 고품질 플라이애쉬를 사용한 콘크리트 의 압축강도의 변화를 나타낸 것으로서, 치환율과 물-결합재비가 증가할수록 초기강도가 낮아지는 경향을 나타내고 있으며, 물-결합재비 40%의 경우 재령 56일에 플라이애쉬 치환율 45%까지는 플레인 콘크리트와 동등한 강도특성을 나타내고 있었다. 반면, 물-결합재비 50%의 경우 플라이애쉬 치환율 30% 및 45%에서는 플레인 콘크리트보다 압축강도 가 다소 저하하는 것으로 나타나 물-결합재비가 낮을수록 상대적으로 단위 시멘트량과 함께 수화 반

표 2 플라이애쉬 콘크리트의 수화열 온도이력

	15%(P)	30%	45%	Temp(°C)
W/B 40%	27.6	24.5	21.6	15
W/B 50%	19.6	17.6	15.6	10

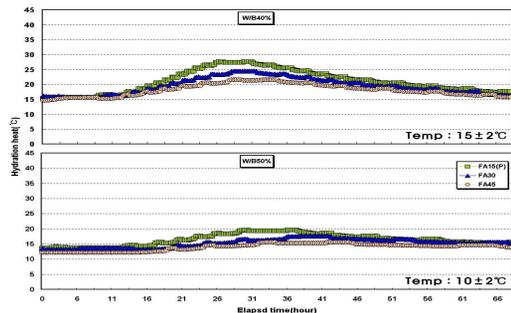


그림 4 수화열 온도 이력곡선의 변화

응에 의해 생성되는 수산화칼슘의 양이 증가하게 되어 플라이애쉬의 고분말도에 인한 포졸란 반응이 더 활발해지는 것으로 사료된다.

한편, 그림 6과 그림7은 각각 인장강도와 휨강도의 변화를 나타낸 것으로서, 압축강도와 동일하게 치환율과 물-결합재비가 높아질수록 강도의 변화가 낮아지는 경향을 나타내고 있으나, 인장강도는 압축강도와 강도 발현비율이 1/10~1/13, 휨강도는 압축강도와 강도 발현비율이 1/5~1/8정도로 일반적인 경향을 보이고 있었다.

4. 결론

3성분계 콘크리트의 특성에 미치는 고품질 플라이애쉬의 치환율 및 물-결합재비 영향에 관한 실험적 연구의 결과는 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1) 고품질 플라이애쉬의 치환율이 증가할수록 유동성은 증대되었으며, 공기량은 감소하는 경향을 나타내었다.

2) 응결 특성의 변화는 물-결합재비와 치환율이 증가할수록 응결지연은 확연히 나타났으며, 수화열 온도이력의 변화는 치환율이 증가할수록 플레인 콘크리트에 비해 약 2~3℃ 정도로 감소하는 것으로 나타났다.

3) 대체로 물-결합재비, 플라이애쉬의 치환율이 증가할수록 조기강도는 저하하였으나, 물-결합재비 40%의 경우 플라이애쉬 치환율 45%까지는 재령 56일에 플레인 콘크리트의 압축강도와 거의 동등한 경향을 나타내어, 장기강도 특성에서 유리한 것으로 나타났으며, 인장강도와 휨강도 역시 이와 유사한 수준을 나타냈다.

감사의 글

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

참고 문헌

1. 이상수의 2명 “F급 플라이애쉬를 사용한 콘크리트의 공학적 특성에 관한 연구” 대한건축학회 논문집 20권 11호(통권193호). 2004. 11
2. 김무한 외 ; 플라이애쉬를 사용한 고강도 콘크리트의 시공성 및 공학적 특성에 관한 기초적 연구, 대한건축학회 학술발표논문집, 제14권, 제1호, 1994. 4, pp.579~584

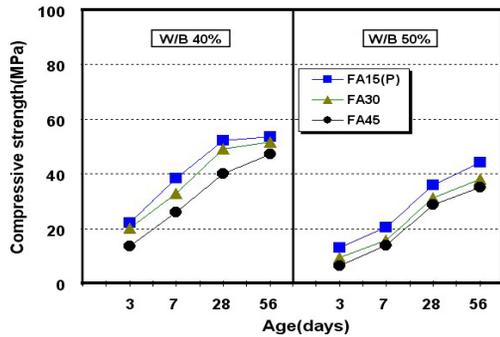


그림 5 압축강도의 변화

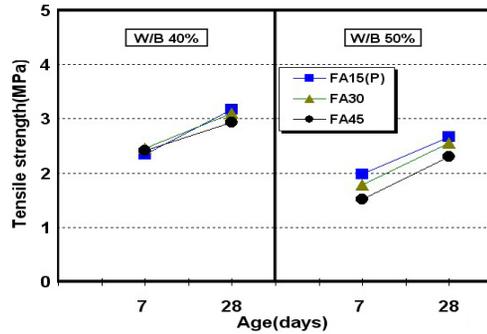


그림 6 인장강도의 변화

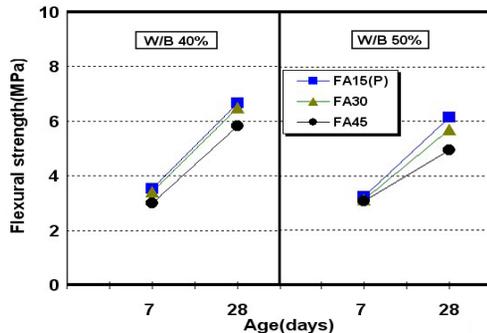


그림 7 휨강도의 변화