

양생조건에 따른 플라이애쉬 콘크리트 균열특성에 미치는 영향

The effect of curing conditions on the cracking properties of flyash concrete

박종화* 이만익** 남재현***
Park, Jong Hwa Lee, Man Ik Nam, Jae Hyun

ABSTRACT

In this paper, experimental studies are performed to find out properties of crack according to the change of curing conditions of flyash concrete. To study the effect of curing conditions on flyash concrete, slump, bleeding, air content and hydration temperature of fresh concrete are measured according to various curing conditions. In addition, the effect of curing conditions on compressive strength, tensile strength and Plastic drying shrinkage cracking of hardened concrete is also considered.

1. 서론

구조물은 100년 이상의 사용연한 동안 내구성, 사용성, 안정성이 모두 유지되어야 하나 콘크리트는 압축력에 강한 반면 인장력에는 상대적으로 취약한 재료 특성을 가지고 있다. 이러한 취약한 인장 특성으로 인해 콘크리트 구조물은 균열이라는 내구성 및 사용성 저하 요소를 수반하게 된다. 특히 균열이 심할 경우 구조물의 저항력 감소와 사용연한 감소 등을 수반하게 되는 것이다. 균열규정의 허용치를 초과할 경우에는 미적인 측면과 균열의 장기적으로 콘크리트구조물에 막대한 영향을 미칠 것이다. 그로인해 콘크리트구조물의 보수·보강의 비용뿐 만아니라 복구기간동안의 사용 제한적인 측면에서도 막대한 손실이 있을 것이다. 그런 측면에서 콘크리트 구조물의 균열을 파악하는 측면이 필요할 것이다.

이에 본 연구에서는 초기 단계에서 발생할 수 있는 균열을 수화열의 저감과 수축변형 감소 효과가 있는 플라이애쉬를 사용하여 첨가량에 따른 콘크리트 양생조건을 실외양생, 피막양생 풍속 300mm/min, 500mm/min, 50℃의 온도챔버를 통해 양생변화로 이에 따른 균열의 특성을 파악하겠다.

2. 실험계획 및 방법

본 연구에서는 콘크리트 배합은 플라이애쉬를 0~20%까지 시멘트에 대체하여 표 1과

* 정회원, 대전대학교 건축공학과 석사과정
** 정회원, 대전대학교 건축공학과 박사과정
*** 정회원, 대전대학교 건축공학과 교수, 공학박사

표 1. 콘크리트의 배합

W/B(%)	배합명	FA(%)	S/a(%)	W(kg/m ³)	단위중량(kg/m ³)			
					C	FA	S	G
45	C-F-0	0	50	170	378	0	923	941
	C-F-5	5			359	19		
	C-F-10	10			340	38		
	C-F-15	15			321	57		
	C-F-20	20			302	76		

*FA : Fly Ash

표 2. 플라이애쉬의 물리·화학적 성질

품명	외관	분말도(cm ³ /g)	주성분	비중(g/cm ³)	강열감량(%)
플라이애쉬 (삼천포산)	분말	3,524	SiO ₂ Al ₂ O ₃ Fe ₂ O ₃	2.17	2.20

표 3. 실험계획

구분	굳지 않은 콘크리트	경화콘크리트	양생방법	비고
시험항목	<ul style="list-style-type: none"> 슬럼프 시험 공기량 시험 블리딩 	<ul style="list-style-type: none"> 압축강도(3, 7, 28, 56, 91일) 인장강도(1, 3, 7, 28, 56일) 	표준양생	
		<ul style="list-style-type: none"> 소성건조수축균열 (60×90×2.0cm 판상형 시험체) 	300mm/min 양생 500mm/min 양생 실외양생 막양생 50℃ 양생	
		<ul style="list-style-type: none"> 단열수화온도 (거푸집 규격: 30×30×30cm) 	-	

같다. 시멘트는 비중 3.15, 분말도 3,200cm³/g의 1종 보통포틀랜드 시멘트이고, 플라이애쉬는 삼천포산이며, 비중은 2.17, 분말도 3,524cm³/g, 강열감량 2.20%의 것으로 표 2와 같다. 잔골재는 비중 2.50 및 굵은골재(쇄석)는 2.84을 사용하였다. 본 연구의 굳지 않은 콘크리트와 경화 콘크리트의 실험항목 및 평가방법은 표 3과 같다.

3. 실험결과 및 고찰

3.1 굳지 않은 콘크리트의 특성

그림 1은 슬럼프와 공기량의 측정결과이다. 슬럼프는 플라이애쉬를 대체할수록 증가하는 모습을 보이며, 공기량은 그와는 반대로 플라이애쉬를 대체할수록 감소하는 경향을 알 수 있다. 슬럼프 시험결과 플라이애쉬를 대체하지 않은 콘크리트에 비해 대체율 5~20%의 플라이애쉬 콘크리트가 유동성 향상의 결과를 보이고 있다.

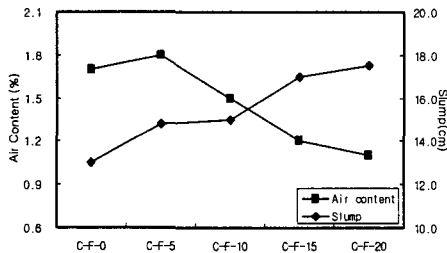


그림 1. 슬럼프, 공기량 변화

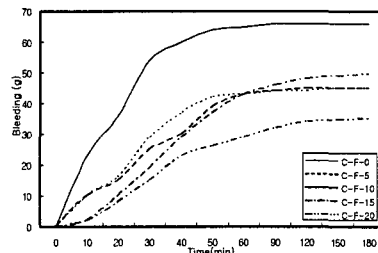


그림 2. 블리딩 경시변화

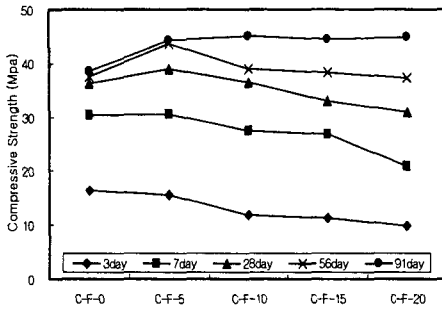


그림 3. 압축강도 재령별 변화

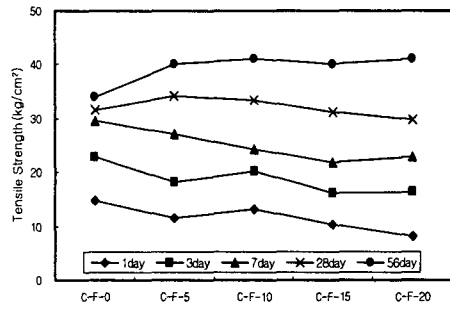


그림 4. 인장강도 재령별 변화

그림 2는 플라이애쉬를 대체하지 않은 콘크리트에 비해 5~20%까지 대체한 콘크리트가 블리딩 수가 현저하게 감소하는 것을 실험결과 알 수 있다. 플라이애쉬의 사용에 따른 미분말 용적의 증가는 콘크리트 내부에서의 수분의 이동을 감소시키며, 워커빌리티 확보에 필요한 소요의 수량을 줄임으로써 공기의 연행여부에 관계없이 콘크리트의 블리딩을 억제한다.

3.2 굳은 콘크리트의 특성

그림 3은 초기재령의 3, 7일 강도는 미첨가시에 비해 압축강도가 떨어지는 것을 알 수 있으나 재령 28일 이후 대체율 15, 20%를 제외하고는 미첨가보다 높은 압축강도를 나오는 것을 알 수 있으며, 재령 91일때는 미첨가시 때보다 플라이애쉬를 첨가한 모든 실험체가 높은 압축강도를 나타내는 것을 볼 수 있다. 플라이애쉬는 장기강도에 효과 있는 것이 알 수 있다.

그림 4는 초기재령인 1, 3, 7일의 인장강도는 미첨가시보다는 낮게 측정되었으나, 재령 28일은 미첨가시와 비슷한 인장강도가 나타났으며, 재령 56일에는 미첨가시보다 높은 인장강도를 보이는 것을 알 수 있다.

3.3 단열수화온도 변화

그림 5는 플라이애쉬를 첨가하지 않은 것에 비해 플라이애쉬 20%첨가한 것을 비교한 결과 최고온도 경우 6.5℃의 온도차가 나는 것 나타났다. 이것은 시멘트는 물과 반응할 때 수화열을 발생하며, 수화열은 콘크리트의 초기강도 발현과 용적변화에 중요한 영향을 미친다. 수화열 대부분은 시멘트 조성광물 중의 C₃S와 C₃A의 초기수화단계에서 발생된다. 단위 시멘트량이 큰 매시브한 콘크리트를 타설할 경우, 수화열에 의해 발생하는 구조물에서의 열변형은 무시할 수 없을 만큼 크다. 이러한 수화열로 인한 온도상승을 시멘트의 일부를 플라이애쉬로 대체함으로써 감소시킬 수 있었다.

3.4 소성건조수축균열

표 4와 그림 6은 소성건조수축 균열을 나타낸 것이다. 소성건조수축 균열은 플라이애쉬를 대체율에 따라 균열이 감소하는 경향을 보이는 것을 알 수 있다. 양생방법에 따라라도 같은 대체율에 일지라도 균열의 정량적으로 비교해보면 실외양생시가 다른 양생방법에 비해 균열이 나타난 것을 알 수 있다. 이것은 온도와 바람의 영향을 동시에 받았을 때 바람만을 받은 경우보다 월등히 많은 균열을 보이는 것을 알 수 있다.

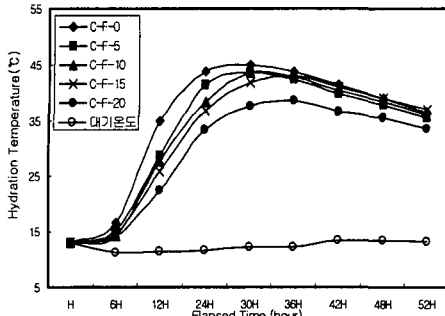


그림 5. 단열수화온도 변화

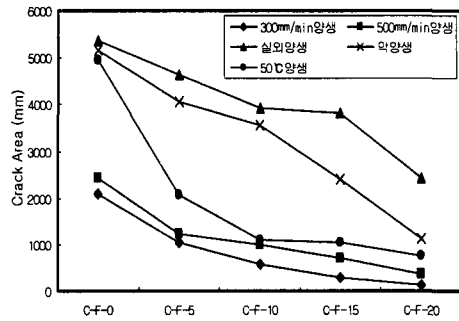


그림 6. 소성건조수축균열

표 4. 소성건조수축 표면균열면적(mm²)의 정량적 비교

실험체 양생방법	C-F-0	C-F-5	C-F-10	C-F-15	C-F-20
300mm/min양생	2091.3	1047.63	565.6	285.54	120.19
500mm/min양생	2437.02	1240.98	999.97	706.42	364.09
실외양생	5377.45	4634.65	3928.11	3832.3	2446.33
막양생	5174.48	4056.84	3557.37	2400.6	1131.22
50°C 양생	4942.54	2080.93	1094.54	1035.89	767.69

4. 결론

- (1) 플라이애쉬 대체율에 따라 슬립프는 증가하는 경향을 보였고, 공기량은 감소하는 경향을 보이며, 블리딩의 경우는 미첨가시가 월등히 플라이애쉬를 첨가하였을 때보다 많은 블리딩수가 발생하는 것을 알 수 있다.
- (2) 압축강도와 인장강도는 초기에는 미대체시보다는 낮았으나, 장기에 갈수록 높은 강도를 보이는 것을 알 수 있다.
- (3) 단열수화온도는 플라이애쉬의 대체에 따라 수화열이 감소하는 것을 알 수 있다.
- (4) 소성건조수축은 플라이애쉬의 대체에 따라 균열이 감소하는 경향을 보였으며, 양생방법을 다르게 하여 균열을 측정하였을 때 다른 양생에 비해 바람과 온도에 동시에 노출한 실외양생시 균열이 많이 발생하는 것을 알 수 있다.

참고문헌

- (1)Kraai, paul P., "A proposed Test to Determine the Cracking Potential Due to Drying Shrinkage of Concrete." Concrete Construction, V.30, No.9, Sept. 1985, pp. 775-778
- (2)SHAELES, C. A. and HOVER, K. C. "Influence of mix proportions and construction operations on plastic shrinkage cracking in thin slabs." ACI Materials Journal. Vol. 85, No.6. November/December 1988. pp. 495-504