

혼화재료 치환에 따른 다성분계콘크리트의 탄산화 특성에 관한 연구

A Study on the Properties of Carbonation in the Multi-Component Concrete According to the Substitution Ratios of the Mineral Admixtures

박 영 신* 박 재 명** 안 재 철*** 이 세 현**** 이 문 환*****
Park, Young Shin Park, Jae Myung Ahn, Jae Chul Lee, Sea hyun Lee, Moon Hwan

ABSTRACT

In this study, the purpose is to suggest the data on mixing ratio which effects on the carbonation of concrete by replacing various admixture such as silica fume, fly ash, slag powder. Thus, we have experimented the accelerated test on the carbonation related to hardened body of the concrete which was admixed by slag powder, silica fume, fly ash and it was cured for 4 weeks in carbonation accelerator after 28 days curing water.

The result of this experiment showed that carbonation speed increased highly when admixtures be used to replacing by growing of admixture ratio. especially, the test sample which was replaced with silica fume 15% and slag powder 40%, was promoted highly to carbonation.

1. 서 론

철근콘크리트 건축물의 반영구적인 수명에 대한 믿음이 각종 열화사례를 계기로 사회적 문제점으로 대두되고 있다. 본래, 철근콘크리트조 건축물을 물리적으로 평가한 수명(물리적 내용연수)과 사회적 요소에 의해 평가한 수명(사회적 내용연수)은 거의 동정도의 시기에 한계에 달하는 것이 이상적이다. 그러나 기능의 진부화나 용도변경 등으로 정해지는 사회적 내용연수보다는 철근콘크리트조 건축물의 열화에 의한 물리적 내용연수 쪽이 훨씬 짧은 사례가 많아지고 있으며, 따라서 철근콘크리트조 건축물을 목표로 하는 내용연수까지 견디게 하기 위한 공학적 내구설계가 필요하게 되었다. 특히, 각종 혼화재료를 이용한 고성능콘크리트가 실용화되고 있음에도 불구하고, 이러한 혼화재료의 화학적 특성과 이에 따른 내구성능에 관한 연구는 부족한 실정이다.

* 한라콘크리트(주) 연구개발팀 주임연구원

** 한라콘크리트(주) 연구개발팀 이사

*** 동아대학교 건축학부 초빙교수, 공학박사

**** 한국건설기술연구원 수석연구원, 공학박사

***** 한국건설기술연구원 선임연구원, 공학박사

따라서, 본 연구에서는 철근콘크리트조 건축물의 내구성에 중요한 영향을 미치는 콘크리트 탄산화에 있어서 탄산화 수명설을 기본으로, 각 배합조건에 따른 탄산화의 진행특성을 혼화재료의 사용에 준하여 고찰하고, 탄산화 진행속도를 고찰하는 것을 목적으로 한다.

2. 실험계획 및 방법

2.1 실험인자 및 수준

본 연구의 배합인자는 표 1과 같다. 일반적인 골재를 사용한 경우의 탄산화는 시멘트 페이스트 중을 통하여 진행되기 때문에, 본 연구에서는 보통포틀랜드 시멘트에 실리카흄(S/F), 플라이애쉬(F/A), 고로슬래그 미분말(S/P)등을 치환하여 각 배합에 따른 탄산화 진행속도를 측정하고자 하였다.

표 1. 결합재 치환율에 따른 배합인자

no	배합	OPC	S/P	S/F	F/A
1	O (100.0.0)	100%			
2	OS(70.30.0)	70%	30%		
3	OSF(55.30.15)	55%	30%		15%
4	OSS(55.30.15)	55%	30%	15%	
5	OS(60.40.0)	60%	40%		
6	OSF(45.40.15)	45%	40%		15%
7	OSS(45.40.15)	45%	40%	15%	

2.2 실험방법

2.2.1 압축강도 시험

콘크리트 시험체의 압축강도는 Ø10×20cm의 공시체를 제작하여 재령 3, 7, 14, 28, 51, 91일에 측정하였다.

2.2.2 촉진탄산화 시험

본 연구에서는 전양생 8주 후, 온도 20±2℃, 상대습도 60±5%, 탄산가스농도 10±0.2%의 조건으로 촉진탄산화 실험을 하였으며, 탄산화 깊이는 촉진양생 2주, 4주, 6주, 8주 완료된 시험체를 할열 후 1% 페놀프탈레인 용액을 분무하여 변색범위로서 판정하였다. 측정은 콘크리트 표면에서 착색부분까지의 거리를 1축면당 5개소씩 버니어캘리퍼스로 측정하여 평균한 값을 취하였다.

3. 실험결과 및 고찰

본 연구에서의 압축강도와 탄산화 깊이의 측정결과는 표 2와 같다.

표 2. 배합별 압축강도(MPa)

no	배합	slump (cm)	air (%)	압축강도(MPa)						탄산화 깊이(mm)			
				3일	7일	14일	28일	51일	91일	2주	4주	6주	8주
1	O (100.0.0)	15.0	4.6	16.5	23.1	29.5	30.8	31.9	35.8	3.22	3.65	4.19	8.15
2	OS(70.30.0)	17.5	4.0	12.4	19.4	27.1	33.6	37.8	40.1	1.90	4.24	5.21	7.83
3	OSF(55.30.15)	17.0	1.7	10.9	17.5	24.3	32.3	36.8	42.4	3.28	3.81	7.53	10.55
4	OSS(55.30.15)	16.0	3.8	9.1	16.0	24.7	32.8	38.1	39.0	4.42	7.47	10.46	13.44
5	OS(60.40.0)	17.0	4.5	12.1	19.0	27.8	34.9	39.8	42.2	2.60	3.84	7.92	7.90
6	OSF(45.40.15)	16.5	1.0	8.9	15.7	24.1	33.2	34.1	41.0	2.04	7.84	8.92	12.61
7	OSS(45.40.15)	16.5	3.3	8.2	16.2	24.5	30.3	35.6	40.2	4.48	9.88	12.88	16.60

3.1 압축강도

그림 1과 그림 2는 각 혼화재 치환에 따른 콘크리트의 압축강도를 나타낸 것이다.

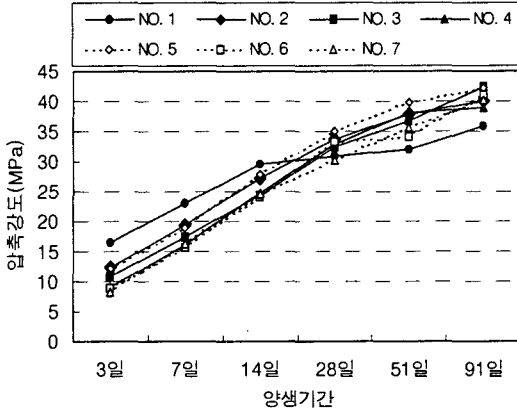


그림 1. 재령에 따른 압축강도 발전

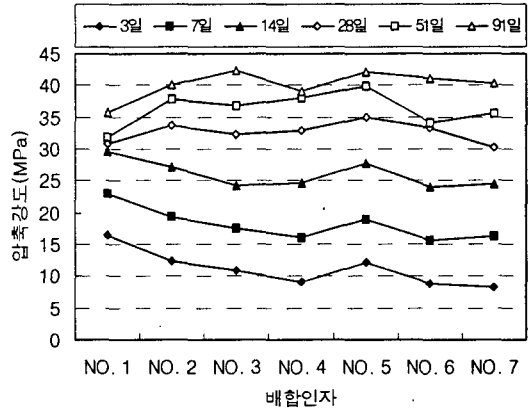


그림 2. 배합인자별 압축강도

그림에서 나타난 바와 같이 재령 3일, 7일의 경우는 보통 포틀랜드 시멘트를 사용한 경우가 초기강도가 가장 높게 나타났으나, 재령이 증가할수록 혼화재료를 치환한 경우가 대부분 높게 나타났다. 이는 기존 이론에서 알려진 바와 같이 실리카흙 및 플라이애쉬의 포졸란 반응과 고로슬래그 미분말의 잠재수경성 반응 때문인 것으로 판단된다. 특히, 고로슬래그를 40% 치환한 no.5의 경우가 28일 강도와 장기강도 모두 가장 우수하게 나타났으며, 고로슬래그와 플라이애쉬를 치환한 3성분계 결합재를 사용한 no.3와 no.6도 우수한 강도성상을 나타내었다.

3.2 탄산화 깊이

그림 3과 그림 4는 각 혼화재 치환에 따른 콘크리트의 탄산화 깊이를 나타낸 것이다.

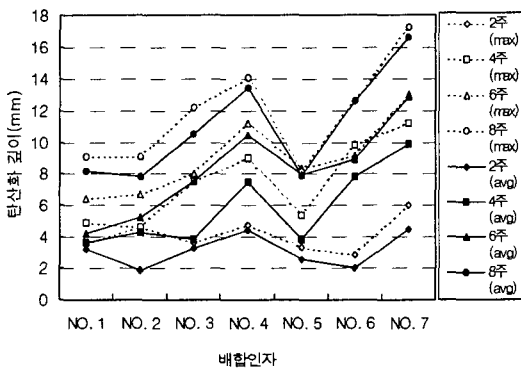


그림 3. 배합인자별 탄산화 깊이

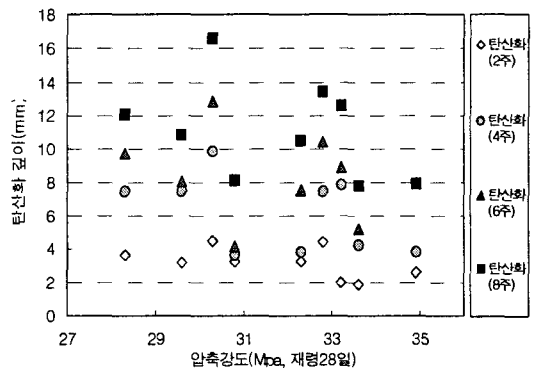


그림 4. 압축강도에 따른 탄산화 깊이

그림에서 나타난 바와 같이 축진 재령이 증가함에 따라 탄산화 깊이는 깊어지는 것으로 나타났으며, 혼화재를 치환하지 않은 조건에서 가장 우수한 내구성능을 나타내었다. 이러한 결과는 혼화재를 치환하지 않은 조건에서 큰 차이는 나지 않았으나 장기강도에서 다소 약한 강도성상을 나타내었던 결

과와는 상반되는 것이다. 이는 일반적으로 혼화재를 치환하지 않은 콘크리트의 강도와 내구성은 서로 비례하는 것으로 알려져 있으나, 혼화재가 치환되어 콘크리트의 강알칼리성을 나타내는 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 성분이 실리카흙, 플라이애쉬의 포졸란 반응과 고로슬래그의 잠재수경성 반응에 의해 감소하였기 때문인 것으로 판단된다. 따라서 화학반응에 의하여 내부조직의 밀실화로 강도는 증가하였으나, 탄산화 저항 성능은 다소 감소하는 결과를 나타낸 것으로 사료된다.

그러나, 그림 8과 9와 같이 혼화재를 치환한 경우에는 압축강도의 큰 차이는 나타나지 않지만, 압축강도가 낮은 배합에서 탄산화 속도가 빠른 것을 알 수 있다.

특히, 실리카흙 15%와 고로슬래그 30%, 40%를 치환한 no.4(OSS)와 no.7(OSS)이 탄산화가 가장 많이 진행된 것으로 나타났으며, 고로슬래그를 40% 치환한 no.7은 탄산화 깊이가 16.6mm로서 혼화재를 치환하지 않은 no.1에 비하여 2배 정도 탄산화가 빨리 진행된 것으로 나타났다.

본 연구에서는 콘크리트의 탄산화에 대한 내구성을 일반적인 방법인 페놀프탈레인법을 이용한 정성적 분석을 행하였기 때문에 다소 실험상의 오차가 있을 것으로 판단되나, 모든 촉진재령의 조건에서 유사한 결과를 나타내었다. 향후, 혼화재료를 혼합한 콘크리트의 내부 화학조직의 성분 변화를 정량적으로 분석할 필요성이 있을 것으로 판단된다.

4. 결 론

혼화재료를 이용한 고성능 콘크리트의 내구성을 평가하기 위하여 압축강도와 탄산화 저항성을 측정하고, 제반 물성의 상관관계를 분석한 결과 다음의 결론을 얻을 수 있었다.

- (1) 혼화재를 치환하지 않은 배합조건은 혼화재를 치환한 배합조건에 비하여 압축강도는 다소 낮으나, 탄산화 저항 성능은 가장 우수한 것으로 나타났다. 이는 콘크리트내 알칼리성을 나타내는 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 성분이 다량 함유되어 있기 때문인 것으로 판단된다.
- (2) 혼화재를 치환한 경우에는 대부분 압축강도가 높은 배합조건에서 탄산화 저항 성능이 우수한 것으로 나타났다. 이는 포졸란반응 및 잠재수경성으로 인하여 수화물 내부의 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 성분은 감소하였으나, 상대적으로 내부 수화조직이 치밀하게 됨에 따라 이산화탄소의 침투가 어려워졌기 때문인 것으로 판단된다.
- (3) 압축강도와 탄산화 저항 성능을 통해 고찰해 본 결과, 잠재수경성을 나타내는 고로슬래그 미분말을 30% (no.2)와 40% (no.5) 치환한 경우가 가장 우수한 배합조건인 것으로 나타났다.

이상과 같은 결론을 통하여 고성능 콘크리트의 내구성에 대한 기초자료를 제시할 수 있을 것으로 보인다. 향후, 탄산화가 진행된 고성능 콘크리트의 시차열분석 및 제반 화학분석을 통하여 보다 정량적인 연구 및 분석이 이루어져야 할 것으로 판단된다.

참고문헌

1. 日本工業規格 JIS A 1153, 콘크리트의促進中性化試驗方法(Method of Accelerated Carbonation Test for Concrete), 2003
2. 笠井芳夫, 池田尙治, 콘크리트의試驗方法(下), 飯田眞理, 平成5年, pp.172-179
3. 정재동, 콘크리트 재료공학, 보성각, 2002
4. 윤재환, 포틀랜드 시멘트 및 콘크리트, 세진사, 1990
5. 小林一輔, 콘크리트構造物の早期劣化と耐久性診斷, 森北出版, 1991年7月
6. 小林一輔, コア採取によるコンクリート構造物の劣化診斷法, 森北出版, 1998年4月
7. 福島徹夫, 鐵筋コンクリート造構造物の壽命-中性化と鐵筋の腐蝕進行を基礎として, 技報堂出版, 1990