

콘크리트의 중성화로 인한 철근의 부식에 관한 기초적 연구

A Fundamental Study on the Steel Corrosion Due to Carbonation of Concrete

이 창 수*
Lee, Chang-Soo

윤 인 석**
Yoon, In-Seok

최 성 기**
Choi, Sung-Ki

ABSTRACT

In reinforced concrete carbonation of concrete leads to depassivation of the reinforcement, and hence to initiation of corrosion.

As a result of carbonation accelerating experiment with using effect of wet-dry cycle and 15% concentration of CO₂, the carbonation rate shows very distinct difference according to W/C ratio. OPC-40 estimated no carbonation depth, whereas OPC-60 estimated rapidly the carbonation rate. The comparative analysis of the carbonation rate accelerating depends on different kinds of cement shows fastest FAC-20. Also, highly W/C ratio's concrete shows low half-cell potential value and fast corrosion rate. During period for 14 weeks, corrosion rate was not severe. So, it can be concluded that only carbonation attack on concrete doesn't severely deteriorated except very poor qualified concrete.

1. 서 론

콘크리트는 강알칼리성이므로 콘크리트속의 철근이 부식되지 않는 것은 주지의 사실이다. 그러나 콘크리트의 중성화로 인해 철근이 부식되어 구조물의 내구성이 저하되는 사례가 종종 발생되고 있다. 이는 급격한 경제성장과 더불어 기간산업의 발전에 따른 물류수송의 급증 및 차량이 증가함에 따라 대기중의 배기가스, 이산화탄소, 아황산가스 및 질소산화물 등이 증가하고, 더욱이 이들을 함유하는 빗물과 하천, 호수 등이 콘크리트의 내구성저하를 현저하게 촉진시키고 있기 때문이다.

인류사회에 커다란 위협과 경제적으로 막대한 손실을 가져오는 철근의 부식은 자연재해 혹은 불꽃없는 화재라고하여 선진국에서는 오래전부터 많은 연구가 진행되고 있으며 특히, 철근의 부식은 심각한 경우 구조물이 붕괴되어 엄청난 재난을 불러 일으킬 수 있음에도 불구하고 우리나라에서는 이와 관련된 조사 및 연구 등에 의해 축적된 자료의 양이 부족한 실정이다.

본 연구에서는 콘크리트의 중성화가 철근의 부식에 미치는 영향을 알아보기 위하여 콘크리트 중에 철근을 매입한 시험체를 제작하여 중성화를 촉진시켰으며, 촉진재령에 따른 중성화깊이, 철근의 자연전위 및 부식속도를 측정하여 비교고찰하였다.

1) * 정희원, 서울시립대학교 토목공학과 교수, 공학박사

2) ** 서울시립대학교 토목공학과 석사과정

2. 실험개요

2.1 사용재료

- (1) 시멘트 : 비중 3.14인 보통포틀랜드 시멘트(이하 OPC로 약함), 비중 2.92인 고로슬래그 시멘트(이하 SC로 약함), 그리고 혼화제로 비중 2.15인 플라이애쉬를 사용하였다.
- (2) 골재 : 비중 2.59인 한강산 강모래를 사용하였으며, 굵은 골재는 최대치수 10mm이며 비중이 2.74인 부순돌을 사용하였다.
- (3) 철근 : 직경이 12mm인 원형철근을 아세톤으로 표면을 깨끗이 닦아 통전용 리드선을 연결하였다.

2.2 콘크리트의 배합 및 시험체의 제작

콘크리트 시험체는 100×100×200mm 크기에 덮개가 10mm, 20mm가 되도록 철근을 매입하였고, 완성된 시험체는 28일 동안 수중양생하였다. 콘크리트의 배합은 표 1과 같다.

표 1 콘크리트의 배합

배합의 기호	G _{max} (mm)	슬럼프 프 (cm)	공기 량 (%)	w/c (%)	s/a (%)	단위중량 (kg/m ³)				Fly ash
						w	c	잔 골재	굵은 골재	
OPC-40	10	10	4.5	40	39.5	120	300	735	1248	-
OPC-50				50	41.5	150	300	742	1207	-
OPC-60		±	±	60	43.5	180	300	746	1072	-
FAC10-50		2	0.5	50	43.5	150	270	738	1152	30
FAC20-50				50	43.5	150	240	734	1083	60
BSC-50				50	39.5	150	300	736	1149	-

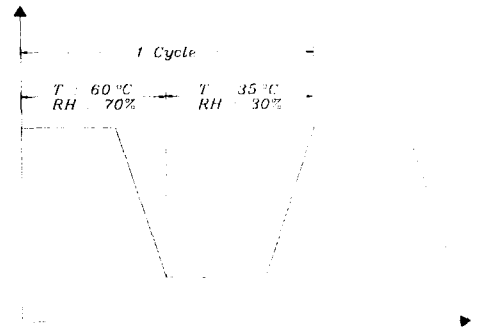


그림 1 건습반복을 위한 촉진 온도 및 습도 사이클

2.3 실험조건

CO₂농도를 15%로 하고 건습의 반복효과를 고려하여 그림 1과 같이 1일 온도가 60도일 때 습도는 70%, 2일 온도가 35도일 때 습도는 30%로 하여 총 2일을 1사이클로 중성화를 촉진시켰다.

2.4 실험방법

- (1) 콘크리트의 중성화 측정 : 1%의 페놀프탈레인-알코올 용액을 콘크리트의 절단면에 분무하여 무색 부분을 중성화 영역으로 간주하였으며 평균적인 중성화깊이를 측정하였다.
- (2) 콘크리트속의 철근의 자연전위 측정 : 포화황산동 전극을 기준전극으로 하여 ASTM C 876을 기준으로 자연전위를 측정하였다.
- (3) 철근의 부식속도 측정 : 분극저항법에 기초를 둔 GECOR-6 (James Instruments Inc.)를 사용하였다.

3. 실험결과 및 분석

3.1 중성화촉진에 의한 진행정도

물-시멘트비를 기준으로 비교한 결과(그림 2), 물-시멘트비가 40%인 시험체의 중성화깊이는 전혀 측정되지 않았으며, 물-시멘트비 60%인 시험체의 중성화속도는 현저하게 증가함을 보였다. 물-시멘트비가 40%에서는 상당히 중성화에 대한 저항성이 컸으며 물-시멘트비가 50%로 올라가면서 중성화깊이가 급격하게 올라가는 현상을 나타냈다. 시멘트의 종류를 기준으로 비교한 결과(그림 3), 큰 차이는 없었지만 대

체로 중성화의 진행정도가 FAC20 > FAC10 > OPC ≥ BSC 의 순으로 나타났다. 이는 혼합시멘트를 사용한 콘크리트가 OPC보다 CaO 함유량이 많기 때문에 중성화속도가 빠르게 나타난 것으로 사료된다.

3.2 중성화에 따른 철근의 부식속도

물-시멘트비로 구분하여 철근의 부식속도를 측정된 결과(그림 4) 물-시멘트비가 클수록 부식속도가 점진적으로 빨라지는 경향을 보였다. 물-시멘트비는 50%로 고정하고 시멘트의 종류가 다르게 배합된 콘크리트속의 철근의 부식속도는 FAC20 > FAC10 > BSC > OPC의 순으로 나타났다.(그림 5)

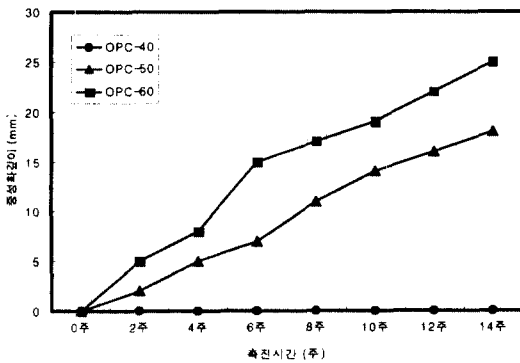


그림 2 물-시멘트비에 따른 중성화 진행도

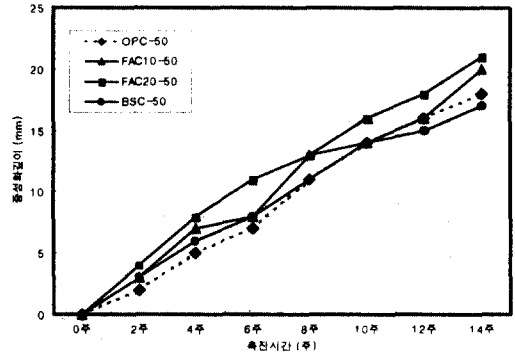


그림 3 시멘트 종류에 따른 중성화진행도

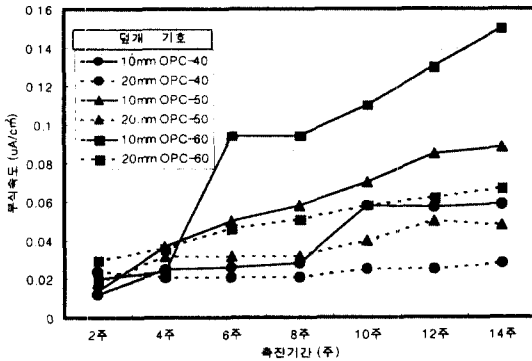


그림 4 물-시멘트비에 따른 콘크리트속의 철근의 부식속도

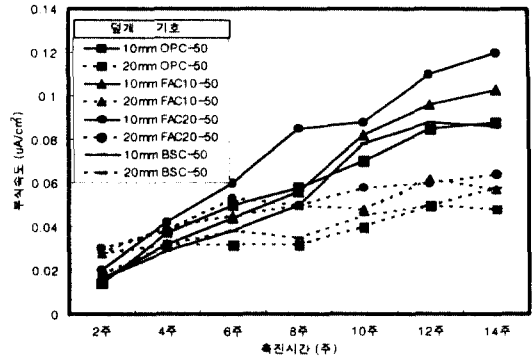


그림 5 시멘트의 종류에 따른 콘크리트속의 철근의 부식속도

3.3 중성화에 따른 철근의 자연전위

그림 6에서는 물-시멘트비가 변수인 시험체의 자연전위의 비교로서 OPC-60이 자연전위가 가장 낮아짐을 보였다. 또한 전반적으로 축진시간이 지속될수록 자연전위가 점진적으로 낮아지는 추세를 보였다. 그러나 시멘트의 종류별로 자연전위 비교에서는 뚜렷한 경향이 나타나지 않았으며 유동적인 현상을 보였다.(그림 7) 그림 8과 그림 9는 중성화깊이와 철근의 부식정도를 비교한 것으로 아직은 경미한 부식정도이지만 중성화깊이가 진행될수록 부식속도는 커지고 자연전위는 낮아지는 경향을 보였다.

향후 지속적인 축진시험을 실시하여 심화된 중성화현상으로 인한 철근부식의 거동을 관찰하고자 한다.

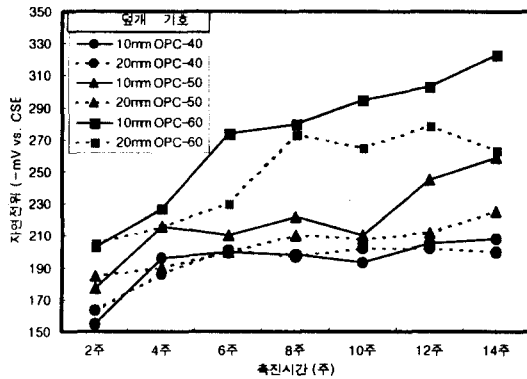


그림 6 물-시멘트비별 콘크리트속의 철근의 자연전위

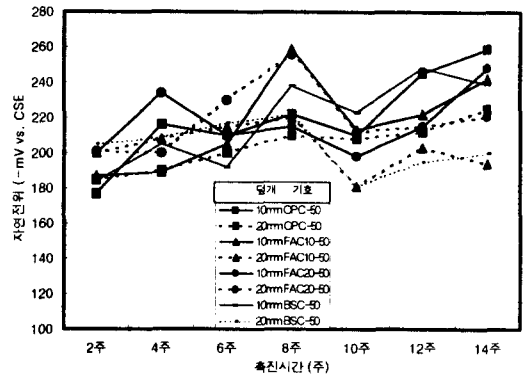


그림 7 시멘트 종류별 콘크리트속의 철근의 자연전위

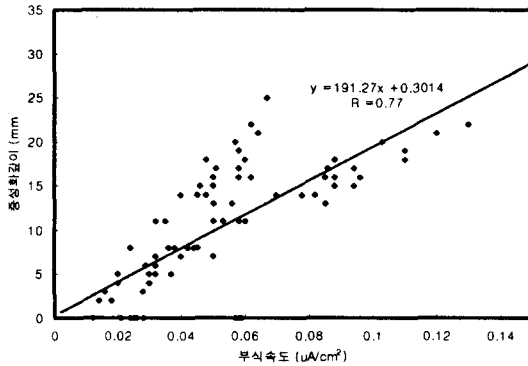


그림 8 중성화깊이와 부식속도의 관계

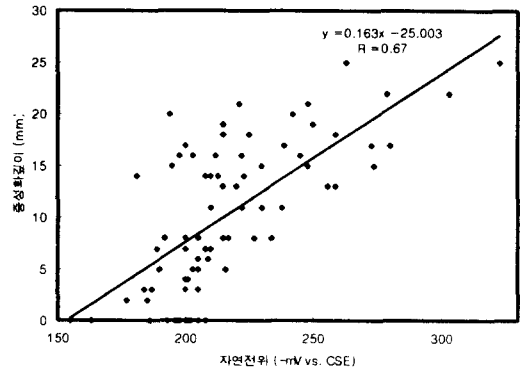


그림 9 중성화깊이와 자연전위의 관계

4. 결론

건설반복의 효과를 이용하고 CO₂농도를 15%로 중성화 촉진실험을 실시한 결과 다음과 같은 결론을 도출하였다.

- (1) 콘크리트의 중성화는 물-시멘트비에 따라 큰 차이를 나타내었는데 물-시멘트비가 40%인 콘크리트는 중성화의 진전이 전혀 없는 반면, 물-시멘트비가 60%인 콘크리트는 다른 콘크리트에 비해 상당히 빠른 중성화속도를 보였다. 시멘트 종류별 중성화의 진전속도는 FAC20 > FAC10 > OPC ≥ BSC 의 순으로 나타났다.
- (2) 철근의 자연전위 측정 결과 물-시멘트비가 큰 콘크리트일수록 낮은 전위가 나타났으며, 부식속도는 커지는 경향을 보여 중성화의 진행에 따라 철근의 부식이 진행되고 있음을 알 수 있었다. 그러나 시멘트 종류에 따른 자연전위는 뚜렷한 차이점을 보이지 않았다.
- (3) 중성화가 콘크리트 덮개 이상으로 진행되면서 부식속도는 점차 빨라지는 경향을 보였지만, 그 정도가 상당히 경미하기 때문에 중성화만으로는 콘크리트를 심각하게 열화시키지 못할 것으로 판단된다.