

철근부식이 콘크리트 균열에 미치는 영향에 관한 실험적 연구

Experimental research on the influence to which steel rod corrosion attains to a concrete crack

안 덕 진^{*} 정 해 문^{**} 이 한 승^{***} 태 성 호^{****} 안 태 송^{*****}
Ahn, Deok-Jin Cheong, Hai-Moon Lee, Han-Seung Tae, Sung-Ho Ahn, Tae-Song

ABSTRACT

The purpose of the this study of to define the critical corrosion amount of the steel cause the cracking of concrete cover. The major variables of the critical corrosion amount are concrete strength and thick of the concrete cover. In this experiment, the constant of stress concentration is added by a new variable. As a result of the experiment, it is confirmed to less decrease in the critical corrosion amount following the constants of stress concentration increased.

Besides, electric currents were measured through a generator of constant voltage. When connecting constant voltage with corrosion circuit, it was discovered that magnitude of the change come out similarly between displacement on the concrete cover and electric current according to time.

1. 서론

1.1 연구배경

철근콘크리트조(이하 RC조) 구조물에 있어서 철근부식에 기인한 피복 콘크리트의 균열발생은 매우 중요한 한계상태임에 틀림없다. 이러한 이유에서 콘크리트 내에 매설된 철근의 부식현상과 피복 콘크리트의 균열 발생과의 상관관계를 규명하는 것은 RC조 구조물의 내구성을 평가하는데 있어 중요한 의미를 갖는다. 그러나 철근부식에 의한 피복 콘크리트의 균열발생은 콘크리트 강도, 피복두께, 철근량, 철근의 부식 발생 위치 등의 변수에 복합적인 영향을 받기 때문에 상기의 모든 변수를 고려하여 철근부식과 피복 콘크리트의 균열발생과의 상관관계를 실험적으로 파악하는 것은 현실적으로 어려움이 많은 것이 사실이다. 상기의 다양한 변수 중 콘크리트의 압축강도와 피복두께가 철근부식에 의한 피복 콘크리트의 균열발생에 미치는 영향의 규명을 목적으로 하는 다수의 연구가 진행되어져 왔다. 하지만 그러한 연구들은 서로 간에 많은 오차를 보이고 있으며, 그러한 이유에서 철근부식과 피복콘크리트의 균열발생과의 관계를 보다 정확히 규명하기 위한 연구가 요구되어지고 있다.

따라서 본 연구에서는 피복두께와 콘크리트 강도 이외에 응력집중계수라는 새로운 변수를 도입하여 실험적 연구를 실시하였으며, 이와 별도로 정전압하의 전류의 변화를 측정하여 시간에 따른 전류 변화와 콘크리트 표면의 변위 변화에 대한 상관성을 실험을 통하여 확인하였다.

* 정회원, 한양대학교 건축학부 건축공학 학부과정

** 정회원, 한국도로공사 도로교통기술원 책임연구원

*** 정회원, 한양대학교 건축학부 조교수

**** 정회원, 친환경건축 연구센터 연구조교수

***** 정회원, 한국도로공사 도로교통기술원 수석연구원

2. 실험계획

2.1 실험변수

본 연구에서는 10mm의 원형철근을 사용하였으며 콘크리트의 강도에 따른 영향을 분석하기 위하여 물시멘트비 40%, 50%, 60%의 세 가지 수준에 대하여 고려하였다. 또한 콘크리트의 피복두께에 대한 영향을 분석하기 위하여 피복두께를 10mm, 20mm, 30mm, 40mm로 변화시켰다. 한편 일정한 피복두께에 대하여 피복 반대편의 콘크리트 두께에 따른 응력집중현상을 파악하기 위하여 피복 방향 반대편의 콘크리트 두께를 피복두께에 대하여 1배, 2배, 3배, 4배로 변화시켜 그 거동을 확인하였다.

표1과 그림1은 각각 실험인자 및 수준과 실험체의 형상을 나타낸다. 실험체는 10×10×10cm를 기본으로 하였다. 응력집중 모델은 길이가 짧거나 긴 형태를 하고 있으며 그 높이는 같다. 스트레인 게이지는 좀 더 정확한 데이터를 측정하기 위하여 피복 측 콘크리트 면과 상부 콘크리트면의 두 지점에 부착하였다. 또한 철근 하부에 2cm 지점까지 방수테이프를 붙여서 시험체 하부의 철근 부식을 방지하였다. 그림2는 부식측진 실험장치의 개요를 나타낸다.

2.2 실험재료

실험에 사용된 콘크리트는 표2와 같은 배합을 실시하였으며, W/C 변수별로 3개의 공시체를 제작하여 콘크리트 물성 시험을 실시하였다. 표3은 실험에 사용된 재료의 특성을 나타낸다.

표 1 실험인자 및 수준

NO	Variables	Name	Detail			Total Length (t1+t2+D)
			t1	t2	W/C	
1	standard	3N2	3D	3D*2	50%	10D
2	W/C	3L2	3D	3D*2	40%	10D
3		3H2	3D	3D*2	60%	10D
4	con'c cover	1N2	1D	8D	50%	10D
5		2N2	2D	7D	50%	10D
6		4N2	4D	5D	50%	10D
7	stress concentration	3N1	3D	3D*1	50%	7D
8		3N3	3D	3D*3	50%	13D
9		3N4	3D	3D*4	50%	16D

표 2 콘크리트 배합

W/C (%)	S/A	W (kg/m ³)	C1 (kg/m ³)	C2 (kg/m ³)	S (kg/m ³)	G (kg/m ³)	A.D. (kg/m ³)
60	48.4	183	275	30	869	934	1.22
50	46.1	168	302	34	839	993	1.68
40	44.5	169	381	42	777	981	2.75

C1 : 제 1종 포틀랜드 시멘트

C2 : 고래슬래그

표 3 사용재료 물성

	W/C (%)	Pressure (KN)	Comp. strength (MPa)	Elastic modulus (MPa)	poisson ratio
Con-crete	60	154.24	19.61	21003	0.18
	50	202.12	25.74	24063	0.18
	40	256.51	32.66	27108	0.18

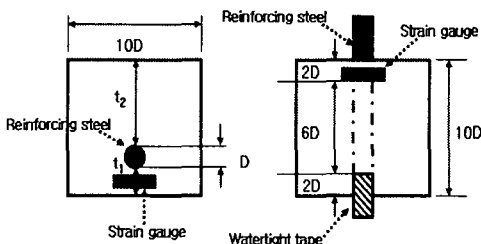


그림 1 실험체 형상

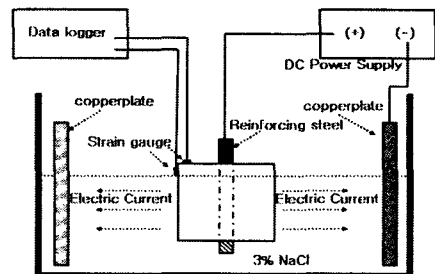


그림 2 부식측진 실험장치 개요

3. 실험방법

3.1 부식촉진실험

철근의 인위적인 부식을 위해 그림 2와 같은 부식촉진 실험장치를 제작하여 부식촉진실험을 실시하였다. 부식회로는 NaCl 3% 용액에 담겨진 실험체의 철근에 (+)극을 동판에 (-)극을 연결하여, Power Supply를 이용하여 전위차를 발생시킴으로서 전류가 흐르게 된다. Power Supply는 일정한 전위차를 가해 줌으로서 저항의 정도에 따라 전류가 변하기 때문에 15분 단위로 전류를 측정하여 전류의 변화를 확인하였다.

3.2 변형률

콘크리트 표면에 부착된 스트레인 게이지는 길이 60mm의 콘크리트 전기저항식 변형률 게이지로서 Data Logger와 연결하여 1분 단위로 데이터를 측정하였다. 또한 Visual Logger Program을 이용하여 실시간으로 변형의 정도를 확인하였다. 실험은 변형률 값이 항복하는 거동을 보인 후 콘크리트 표면의 균열을 육안으로 확인할 수 있을 때 까지 충분히 실시하였으며, 측정된 변형률은 철근부식에 의한 콘크리트 균열발생을 해석하기 위한 자료로 사용하였다.

4. 실험결과

4.1 부식량 계산

실험 종료 후 측정된 전류 데이터와 패러데이 법칙을 이용하여 부식량을 산출하였다. 실제 부식량과 계산부식량의 비율분포를 그림 3에 나타낸다. 그림 3에 의하면 패러데이 법칙에 의하여 계산된 이론적 부식량은 실제 부식량과 거의 유사한 결과를 보였으며, 이로 인해 측정된 부식전류의 시간에 대한 적분치로 부식량의 추정이 가능함을 알 수 있다.

4.2 변수에 따른 임계부식량

표4는 실험 변수에 따른 임계부식량을 나타낸다. 임계부식량을 측정하는 지점은 측정시 변위가 급격하게 증가하는 지점으로 정의하였으며, 실험체(4N2)의 경우는 실험 종료 시점까지 임계부식량의 지점이 확인되지 않았다. 또한 표4에 의하면 임계부식량은 W/C가 감소할수록 콘크리트의 피복두께가 증가할수록 증가하는 경향을 나타냈다. 그림4는 응력집중계수에 따른 임계부식량을 나타낸다. 그림 4에 의하면 기존 연구에서 고려되지 않은 변수인 응력집중계수에 대한 고려가 중요한 것을 알 수 있었다. 피복 반대 측 콘크리트 두께와 피복 측 콘크리트 두께의 비로 정의한 응력집중계수 실험에서 응력집중계수가 커질수록 임계부식량은 감소하는 경향을 나타냈다. 이것은 피복 반대쪽 콘크리트 두께가 피복 측 콘크리트 두께보다

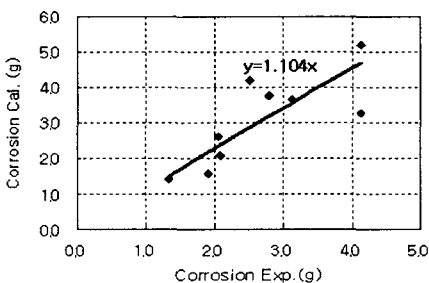


그림 3 실제부식량과 이론부식량 비율분포

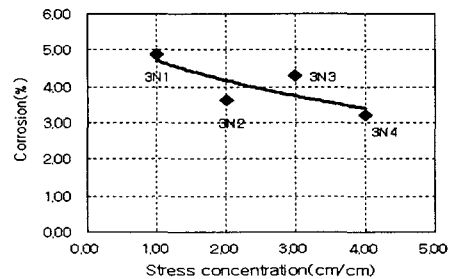


그림 4 응력집중계수에 따른 임계부식량

표 4 변수에 따른 임계부식량

Variables	Name	Critical corrosion(%)
W/C	3L2	2.11
	3N2	3.61
	3H2	5.57
Concrete cover	1N2	0.84
	2N2	1.97
	3N2	3.61
	4N2	-
Stress concentration	3N1	4.90
	3N2	3.62
	3N3	4.29
	3N4	3.22

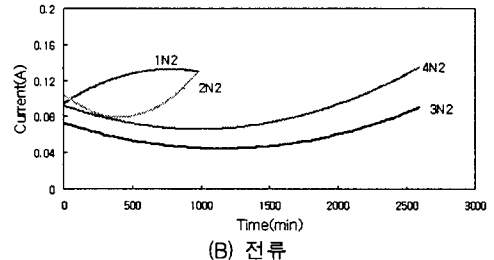
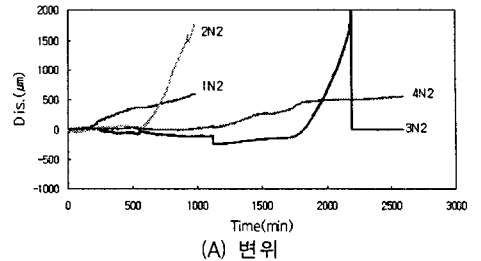


그림 5 시간에 따른 변위 및 부식전류 변화

클수록, 즉 응력집중계수가 클수록 응력이 피복 측에 집중되어 적은 부식량에서 균열이 발생한 것으로 사료된다.

4.3 부식전류와 변위의 관계

위의 부식촉진 실험장치에서 공시체와 동판 사이에 전압차를 발생시키면 수용액을 통해 전류가 흐르게 된다. 그림 5를 보면 시간에 따른 변위의 변화와 시간에 따른 부식전류의 변화가 매우 유사하다는 것을 확인할 수 있다. 실험 초기에 부식 전류값이 하락하는 이유는 철근이 부식을 개시하여 부도체인 부식 생성물에 의해 전기저항이 높아졌기 때문으로 생각된다. 또한 실험 중반부에 변위가 급격하게 상승하는 지점에서 부식전류가 비슷한 시기에 상승하는 이유는 콘크리트의 균열 틈으로 수용액이 침투되어 전기 저항의 감소 즉 부식전류가 흐르기 쉬운 상태가 되었기 때문이라고 추측된다.

5. 결론

본 연구에서는 피복두께와 콘크리트 강도 이외에 응력집중계수라는 새로운 변수를 도입하여 철근의 부식량과 피복 콘크리트의 균열발생과의 관계 규명을 위한 실험적 연구를 실시하였다. 그 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

(1) 임계부식량은 W/C가 감소할수록, 콘크리트의 피복두께가 증가 할수록 증가하는 경향을 보였다. 특히 응력집중계수가 증가할수록 임계부식량은 감소하는 경향을 나타냈다. 이는 응력집중계수가 증가 할수록 응력이 피복 측에 집중되어 일어나는 현상으로 사료된다.

(2) 부식전류와 변위의 경시 변화는 매우 유사한 경향을 나타냈다. 즉 초기 재령에서 부식전류와 변위는 감소하였으며, 균열이 발생하는 시점에서 상승하는 경향을 나타냈다.

참고문헌

1. 이한승, “철근 부식에 의한 콘크리트 균열발생에 관한 연구”, 콘크리트학회 논문집, 1999, pp.771~774
2. 오병환 외 4명, “철근부식에 의한 철근콘크리트 구조물의 균열거동”, 콘크리트학회 논문집, Vol.14, No.6, 2002, pp.851~854