

# 콘크리트의 균열발생 거동에 관한 실험적 연구

## An Experimental Study on the Crack Pattern of Concrete by Corrosion of Steel Reinforcing

백민수*	김연경*	이영도**	임남기**
Paik, Min Su	Kim, Youn Kyoung	Lee, Young Do	Lim, Nam Gi
최응규***	김영희****	정 란*****	정상진*****
Choi, Eung Kyoo	Kim, young Hoi	Chung, Lan	Jung, Sang Jin

---

### Abstract

The purpose of this experiment is to verify processing crack direction and state by the corrosion of electrifying re-bar in the salt water

The result of this experiment is the fact that the first crack appear on the surface of water-because of supplying of oxygen and water. The crack processing is on a surface to be contacted by air and to bottom as mainly the vertical direction from a surface of water

The crack by corrosion of steel reinforcing is emerged by the inside of concrete rather than surface concrete.

---

## 1. 서 론

### 1.1 연구배경 및 목적

철근은 산화물 상태의 철광석에 에너지를 가하여 얻어진 것이기 때문에 대기중의 물, 공기등과 반응하여 원래의 안정된 상태인 산화물로 돌아가려는 성질이 있다.

건축 구조물의 대형화 및 사회 간접 자본의 대대적인 확충에 따라 사용되는 건축 재료에서 골재의 부족으로 해사를 사용하게 되는데 해사중의 염분은 철근을 산화물로 회귀시키는 부식을 촉진시키게

---

\* 정회원, 단국대학교 대학원 석사과정

\*\* 정회원, 단국대학교 대학원 박사과정

\*\*\* 정회원, 삼성건설 기술연구소 책임연구원

\*\*\*\* 정회원, 인천전문대학 건축공학과 교수

\*\*\*\*\* 정회원, 단국대학교 건축공학과 교수

되며 이 부식으로 인하여 철근의 부피가 팽창되어 콘크리트에 균열을 유발시키게 된다.

본 시험은 염분을 함유한 콘크리트 시험체 중의 철근에 전기를 통전시켜 인위적으로 부식을 촉진시키는 방법을 채택하여 부식이 촉진됨에 따른 철근의 부식량을 조사·관찰하고, 철근의 부식에 따른 단면적의 팽창을 추종하는 균열의 진행 방향 및 상태를 파악하는데 목적이 있다.

## 2. 실험

### 2.1 사용재료

본 실험에서 사용된 시멘트는 KS L 5201에 규정된 국내산 S사의 보통 포틀랜드 시멘트를 사용하였다. 골재의 최대 직경은 잔골재 5mm이하, 굵은골재 25mm이하로 관리하였으며 모두 남한강산을 사용하였다. 잔골재와 굵은 골재의 물리적 성질을 표 1에 나타내었다. 철근은 SD40의 HD19 이형 철근을 사용하였다.

표 1 부산 제7부두의 시설현황

	최대치구(mm)	표준비중	흡수율(%)	단위용적중량(kg/m <sup>3</sup> )	실적율(%)	조립율(F.M)
잔골재	5	2.56	1.02	1,590	61.2	3.87
굵은 골재	25	2.61	1.32	1,642	64.2	6.88

### 2.2 시험체

시험체의 크기는 450mm×450mm×150mm이고, 배근된 철근 길이는 400mm로 하되 한개는 외부 전원과의 연결을 위해 500mm로하여 75mm를 외부로 돌출 시켰으며, 배근간격은 150mm, 피복두께는 20mm로 하였다.

철근은 10% HCl용액에 10분간 세정후 와이어 브러시로 표면 부식을 제거하고, 10% 수산화나트륨(NaOH)용액에 30초간 중화시켜 사용하였다. 콘크리트의 물 시멘트 비는 50%로 하고, 물에 시멘트 중량비 1%의 염화나트륨을 용해시켜 사용하였다. 시험체의 형태를 그림 1에 나타내고 있다.

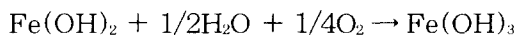
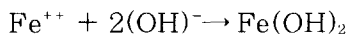
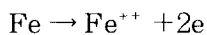
### 2.3 전기부식 실험

전기를 사용한 부식시험 장치를 설치하는 과정은 3%의 염화 나트륨(NaCl)수용액(3%는 해수의 염화 나트륨 함유량에 상당)을 채운 수조에 시험체와 구리판을 넣는다. 직류정전류 발생기를 이용하여 직류 전류를 발생시켜, 전류의 양극에 시험체를 연결하고, 음극에 구리판을 연결한 후 5.0A(전류가 안정될 때까지 5~10분 가량 요구됨)의 전류를 통전시킨다.

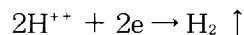
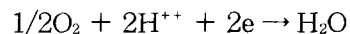
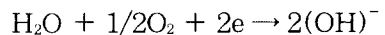
이때, 음극에 연결된 구리판에서는 수소가 발생되고 양극에 연결된 콘크리트 내부에서는 전기에 의한 철근의 부식반응이 시작된다.

2개의 전극에서 일어나는 전기 화학 반응은 다음과 같다.

#### ① 양극 반응



#### ② 음극 반응



전기부식 시험장치를 그림 2에 나타내고 있다.

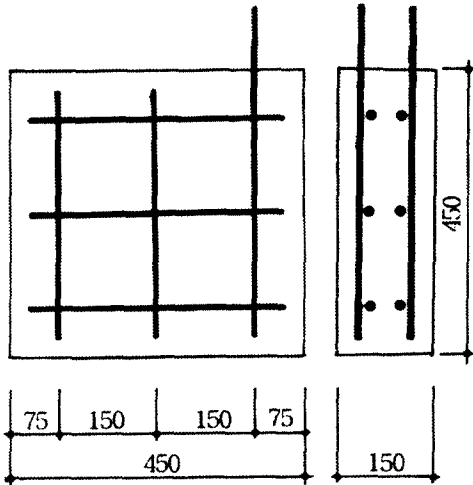


그림 1 시험체의 형태

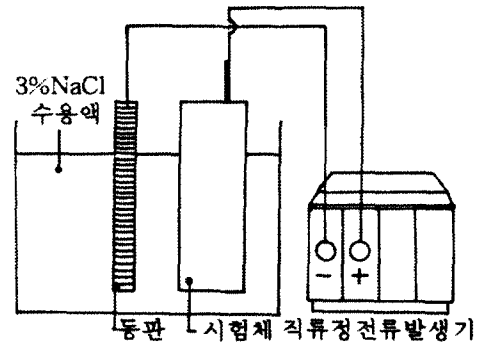


그림 2 전기부식 실험장치

## 2.4 노출 철근의 부식실험

전기적산량에 따른 철근의 부식량을 측정하기 위하여 철근을 3% 염화나트륨 수용액에 노출시킨 상태에서 철근을 부식시켰다. 시험체①은 2시간, 시험체②는 6시간, 시험체③은 18시간 간격으로 부식량을 측정하였다. 부식량은 측정시점마다 철근 표면의 부식을 제거하여 시험체의 질량 결손량을 측정하여 구하였다.

## 3. 실험 결과 및 고찰

### 3.1 노출철근의 부식

시험체의 부식량을 표 2에 나타내었다. 표에서 알 수 있는 바와 같이, 시험체의 부식량은 시험체①이 가장 많았고, 시험체③이 가장 적었다. 시험체①은 부식의 잦은 제거로 인해 부식된 녹에 의한 전기저항이 적으나, 시험체③은 오랜 시간 부식에 의해 표면에 발생한 녹에 의한 전기저항으로 시험체의 부식량이 적어진다. 시험체②, ③의 경우 부식에 따른 표면적의 감소로 시간이 지남에 따라 부식량이 감소됨을 알 수 있다.

한편, 콘크리트 내부의 철근 부식은 노출철근 조사에서 나타난 부식량보다는 적을 것이므로 시험체 ①, ②, ③에서 제 1단계 조사 시점을 연결한 선 이하 정도의 부식량이 예상되므로 균열의 진전은 피복 두께, 콘크리트 강도등에 따라 상이하겠지만 일정 규모 이하에서 정지될 것으로 사료된다. 부식량을 표 3, 그림 3 및 그림 4에 나타내고 있다.

### 3.2 철근 배근 시험체의 균열 발생 거동

이 시험은 복잡한 배근 형태의 콘크리트 시험체에서 균열의 최초 발생 위치 및 균열의 진행 형태를 파악하기 위한 시험으로 균열 발생 거동을 그림 4에 나타내고 있다.

최초의 균열발생 위치는 철근의 피복 두께가 얇게 배근되고 물과 공기가 접하는 수면 근처에서 발생하였다. 이 위치에서 균열이 가장 먼저 발생된 원인은 부식에 필요한 물과 산소의 공급이 쉬운 위치이

표 2 노출 철근의 부식량

경과시간		0시간	2시간	4시간	6시간	8시간	10시간	12시간	14시간	16시간	18시간
시험체①	철근질량	298.10	287.72	277.94	268.49	259.23	250.12	241.40	232.67	224.25	216.16
	부식량	0	10.38 (10.38)	9.78 (20.16)	9.45 (29.61)	9.26 (38.87)	9.11 (47.98)	8.72 (56.70)	8.73 (65.43)	8.42 (73.85)	8.09 (81.94)
시험체②	철근질량	298.89	-	-	270.66	-	-	243.41	-	-	218.31
	부식량	0	-	-	28.23 (28.23)	-	-	27.25 (55.48)	-	-	25.10 (80.58)
시험체③	철근질량	300.74	-	-	-	-	-	-	-	-	225.36
	부식량	0	-	-	-	-	-	-	-	-	75.38 (75.38)

\*( )는 시험체의 적산 부식량이다.

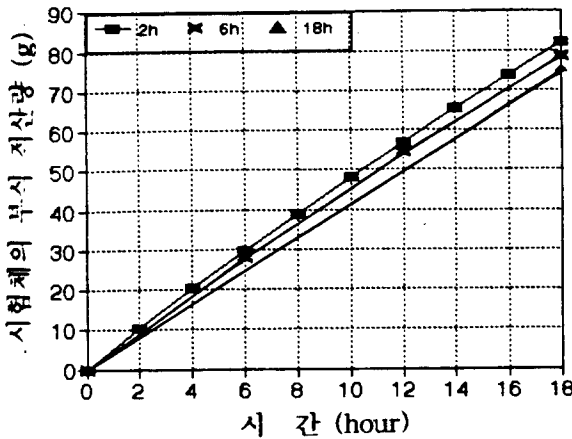


그림 3 적산전류량에 대한 철근 부식량

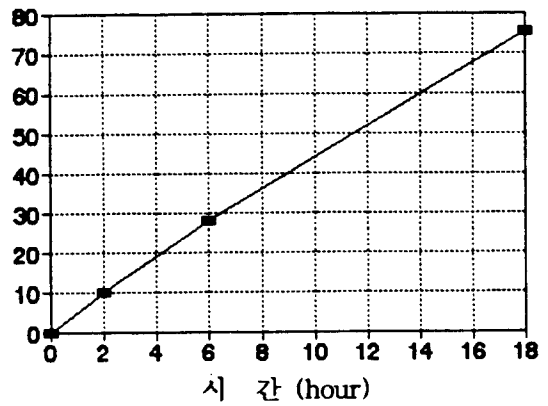


그림 4 부식을 제거하지 않은 시험체의 예상 부식량

기 때문에 사료된다.

균열은 시간이 경과함에 따라 최초 균열 발생 지점에서 공기에 접해 있는 면으로 먼저 균열이 촉진되었고 수면아래 물에 접해 있는 면으로는 균열이 느리게 유발되었다.

또한 피복두께가 얇은 세로 철근이 있는 위치는 대부분 균열이 미세하게나마 발생하였으나, 피복 두께가 두꺼운 가로 방향으로는 균열의 발생이 적었다.

균열 발생후 적산전류량이 증가해도 균열이 진전되지 않는 이유는 시험체의 대부분이 수중에 잠겨 있는 상태로 실시되었기 때문에 부식된 철근의 이온화에 의한 수중유출로 부피증가가 일어나지 않았기 때문으로 판단된다.

### 3.3 시험체 내부의 균열발생 거동

철근이 발청되어 균열이 발생한 시험체의 내부를 관찰하기 위하여 철근 주변을 커팅·코어채취를 통하여 내부 균열에 대하여 조사를 하였다. 시험체 내부에서는 외부에서 발생한 균열보다 더 많은 균열은 관찰할 수 있었다. 철근이 부식하여 부피가 팽창되어 발생하는 균열의 경우에서 철근의 피복두께가 얇을 곳에서는 표면으로 균열이 발생하나, 철근의 피복이 두꺼운 곳에서는 철근 배근면등 내부로 확장되는 균열이 많은 것으로 사료된다. 배근 깊이에 따른 균열발생 모식도를 그림 6에 나타내었다.

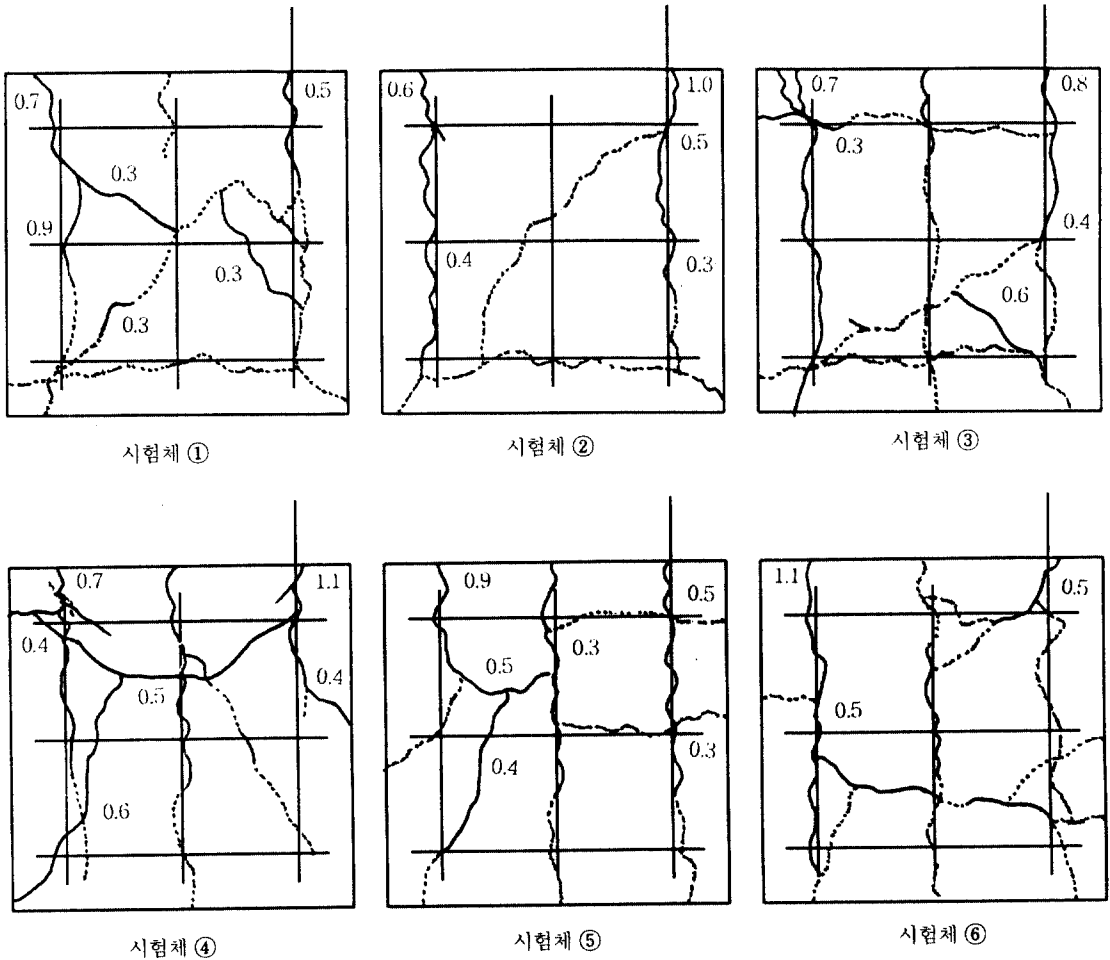


그림 5 콘크리트 시험체의 균열 발생 거동

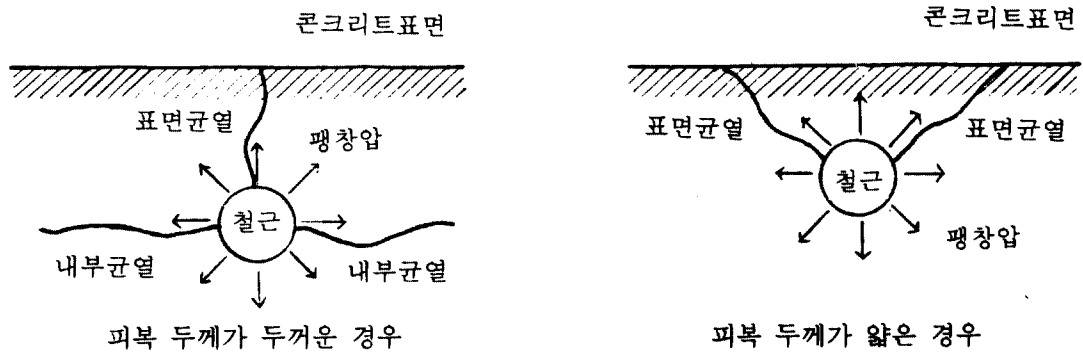


그림6 균열 발생 모식도

#### 4. 결 론

염분을 함유한 콘크리트 시험체 중의 철근에 전기를 통전시켜 인위적으로 부식을 촉진시키는 시험을 통한 콘크리트의 균열 발생 거동 실험결과는 다음과 같다.

- 1) 노출 철근의 각 시간별 부식량은 시험체 ①, ②, ③에서 제1단계 조사시점을 연결하는 선 주변에 위치할 것으로 사료된다.
- 2) 배근 모델 시험체에서의 전기부식 시험시 최초의 균열 발생 위치는 물과 산소의 공급이 쉬운 수면 근처였으며, 시간 경과에 따라 균열은 공기가 접한 면 부근에서 먼저 촉진되고 피복이 얇은 세로 방향으로 진행되었다.
- 3) 부식된 철근의 이온화에 의한 수중유출로 부피가 증가하지 않았으므로 적산 전류량이 증가하여도 균열이 진전되지 않는다.
- 4) 철근 발청에 의한 균열은 구체 표면으로 노출되는 균열보다 구체 내부로 확장되는 균열이 더 많이 발생하는 것을 알 수 있다.

## 참 고 문 헌

1. 추영수 편저. "콘크리트의 균열조사, 보수·보강지침". 건설도서.
2. 대한 건축학회. "건축물의 안전진단과 보수보강" 세미나. 1993. 10.
3. 한국 콘크리트 학회. "콘크리트 구조물의 진단, 보강 및 유지관리". 1995. 3. 8.
4. ACI Committee 244. "Control of Cracking in Concrete Structure". ACI Manual. 1988.
5. 일본 건축학회. "철근 콘크리트 조의 균열대책(설계, 시공)지침·동해설". 1990.
6. Neville. A. M. "Prorerties of Concrete". Pitman Publishing. 1975.
7. 일본건축센타. "建築改修工事 施工監理指針", 平成 4年.