

# 철근이 부식된 철근콘크리트 슬래브의 구조성능 평가

## Evaluation of Structural Performance of Reinforced Concrete Slab due to Steel Corrosion

이 창 복<sup>\*</sup>  
Lee, Chang bok

이 경 언<sup>\*\*</sup>  
Lee, Kyung Un

박 현 수<sup>\*\*\*</sup>  
Park, Hyun Soo

정 란<sup>\*\*\*\*</sup>  
Chung, Lan

### ABSTRACT

Recently, the use of sea-sand is increasing in the construction due to the rapid reduction of river-sand. In that case, one of the major problem is that a sand salt in sea-sand induce the corrosion of embedded reinforcing bar in concrete. In addition, the deterioration of concrete quality arises a social problem in the durability of reinforced concrete.

This research is aimed at providing the data for the control of design method of repair and rehabilitation in the reinforced concrete structure by means of the evaluation of structural performance due to corrosion.

### 1. 서론

철근 콘크리트 구조물에 해산염재 특히, 제염하기 않은 해사를 콘크리트 공사에 무분별하게 사용함으로써, 굳지않은 콘크리트의 품질 및 성능저하에 따른 문제점과 경화 철근 콘크리트의 구조물의 열화현상 및 철근의 부식으로 인한 내구성 저하현상이 현저하게 나타나 사회적인 큰 문제로 제기되고 있다.

따라서 본 연구에서는 인장철근의 부식정도에 따른 슬래브 시험체의 역학적 거동을 파악하고 인장철근이 부식된 슬래브(피부 2-3cm)의 내력 산정법을 제안함으로써 실제 구조물의 부식으로 인한 내력성능 저하시 보수·보강에 활용할수 있는 기초자료를 제공하는데 연구의 목적이 있다.

### 2. 실험

#### 2.1 사용재료

시험체 제작 시 사용한 콘크리트는 배합강도 210kg/cm<sup>2</sup>, 물시멘트비 54.4%, 골재최대치수 25mm인 기성품 콘크리트에 철근 부식을 고려하여 물량의 3%의 염분을 첨가하여 레미콘 회사에 주문 의뢰하여 사용하였다. 공시체의 28일 압축강도는 264kg/cm<sup>2</sup>였다.

시험체에 사용된 철근(HD10, 13)은 기성제품인 fy=4000kg/cm<sup>2</sup>를 사용하였다.

\* 정희원, 단국대학교 대학원 건축공학과 석사과정

\*\* 이경언, 한국안전진단기술연구소 대표

\*\*\* 정희원, 신홍대학 건축설계과 조교수

\*\*\*\* 정희원, 단국대학교 공학부 건축공학전공교수

## 2.2 시험체 계획 및 제작

시험체는 장변이 2.4m, 단변이 0.5m, 높이 0.12m이며 주근은 HD10 또는 HD13 10cm 간격으로 배근하였고 온도근은 HD10@300으로 제작하였다. 철근의 변형률 측정을 위한 게이지는 하부 인장근중 가운데 1개의 중앙에 부착하였다. 시험체의 변수는 인장철근의 부식정도 와 콘크리트 피복두께 그리고 철근의 종류에 따른 변수별로 각각 1개씩 총 24개를 제작하였다.

## 2.3 철근 부식

시험체의 부식량을 추정하기 위해 페라데이 법칙(Faraday's Law)<sup>14)</sup>을 이용하여 시간에 대한 전류량의 적분값으로 부식량을 측정하였다. 전류량의 적분값을 구하는 방법으로는 각 단계에서의 time step를 기준으로 측정된 전류량을 이용하여 구분구적법으로 구하였다.

## 3. 실험결과 및 분석

### 3.1 부식균열양상

그림 1, 2와 같이 철근 순피복이 1cm이하일 경우에는 60° 이상의 각으로 균열이 발생하면서 시험체 바닥면에서 콘(cone)형의 형태로 콘크리트가 박리되는 현상으로 나타났으며 철근 순피복이 1cm이상일 경우에는 피복이 가장 얇은 쪽에서 균열이 발생하여 철근을 따라 한줄로 균열이 발생하였다.

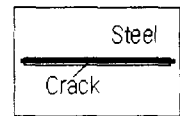
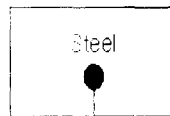
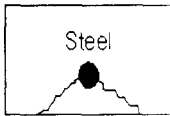


그림 1 순피복 1cm이하의 부식균열

그림 2 순피복 1cm이상의 부식균열

### 3.2 실험결과

#### 3.2.1 S-A 계열

S-A 계열의 시험체는 그림 3, 4, 5에서와 같이 각각의 부식단계별로 뚜렷한 내력 차이를 보이지 않았다. SIII-A0 시험체를 제외한 S-A0 계열의 시험체는 가력초기에 휨균열이 발생하였으나 하중의 증가될수록 사인장 균열이 발생하였고, 빠른 속도로 진행되어 휨균열과 함께 파괴에 이르렀다. SIII-A0 시험체는 기준시험체에 비해 약 8%의 내력성능이 감소되었으며, S-A2, S-A4 계열의 시험체에서는 부식 단계 I, II에서는 내력감소가 나타나지 않았으나 III에서는 각각 6%, 3.7%의 내력감소가 나타났다.

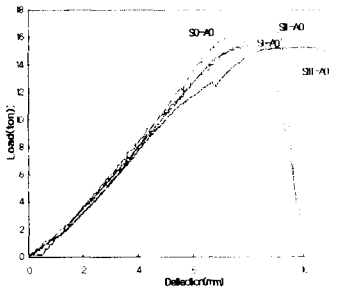


그림 3 S-A0계열 변위-하중곡선

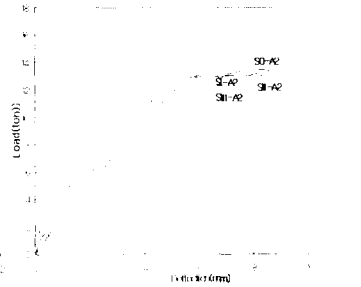


그림 4 S-A2계열 변위-하중곡선

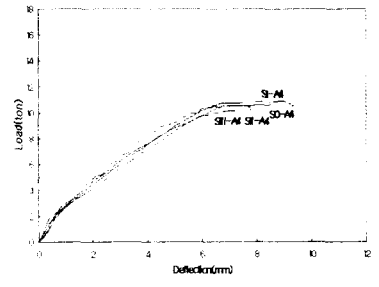


그림 5 S-A4계열 변위-하중곡선

### 3.2.2 S-B계열

S-B계열의 시험체는 모두 전형적인 휘파괴를 보였으며 시험결과는 아래의 그림 6, 7, 8과 같다.

S-B0계열은 기준시험체에 부식단계별로 각각 8%, 16.8%, 13.5%의 내력성능의 감소가 나타났다. 부식량이 많은 III(17.7%)가 II(8.9%)에 비하여 내력성능 저하가 적은 이유는 철근부식이 골고루 발생하지 않고 단부지점 부근에서 집중적으로 발생한 것 때문으로 사료된다.

S-B2계열은 부식단계별로 기준시험체에 비하여 각각 5.5%, 13.1%, 15.4%의 내력성능이 감소되었으며, S-B4계열은 부식단계별로 기준시험체에 비하여 각각 9.7%, 14.1%, 21.5%의 내력성능이 감소되었다.

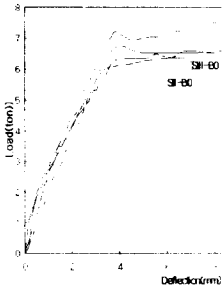


그림 6 S-B0계열 변위-하중곡선

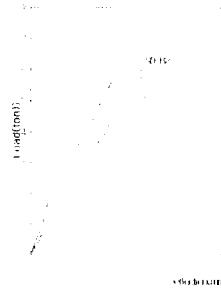


그림 7 S-B2계열 변위-하중곡선

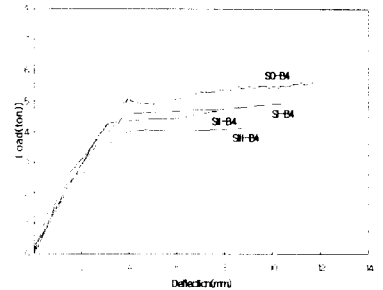


그림 8 S-B4계열 변위-하중곡선

### 3.3 분석 및 고찰

부식량이(0%, I(1.7%), II(2.8%), III(5.6%)) 정량으로 비교적 적은 S-A계열의 시험체는 그림 9에서 보는 바와 같이 피복별 뚜렷한 내력의 차이와 부식단계별 내력 감소의 형태가 비슷한 양상을 보여주고 있다. 그림 10을 보면 피복두께가 증가함에 따라 기준시험체에 비하여 내력이 증가하는 현상을 보여주고 있다. 이는 피복두께가 증가하면 부식으로 인한 부착성능 저하 현상이 뚜렷하지 않고 또한 부식량만큼의 철근단면 감소 영향도 작아지기 때문으로 사료된다.

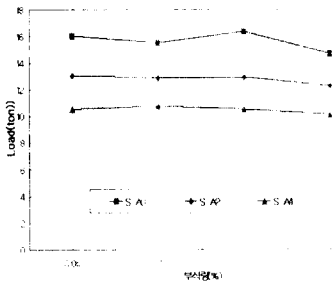


그림 9 S-A계열 피복별 비교

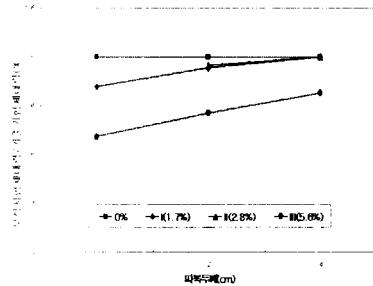


그림 10 S-A계열 부식도별 비교

### 3.4 기존 제안식과의 비교 및 검토

Pripal S. Mangat와 Mahmoud S. Elgar<sup>(9)</sup>는 철근이 부식될 때 영향을 미치는 부식전류의 세기, 철근 지름, 부식시간을 고려하여 부식도별 내력저하율을 다음과 같이 제안하였다.

$$B = \left\{ 1 - \sin^2 \left( 2.312 \frac{T}{D} i_{ni} \right) \right\} \times 100 \quad ( T = \text{시간(year)} \quad D = \text{철근지름(mm)} \quad i = \text{부식전류} (\mu\text{m/cm}^2) )$$

그러나 그림 12을 부식량이 약 6% 이상이 되면 상기 제안식은 실험값과 많은 차이를 보여주고 있다. 따라서 상기식을 수정하여 제안하면 다음과 같다.

$$B = \left\{ 1 - \sin\left(2.312 \frac{T}{D} i \times \log i\right) \right\} \times 100$$

그림 11, 12은 순피복두께 2cm인 시험체의 실험값을 기존제안식과 제안식으로 비교한 것이다.

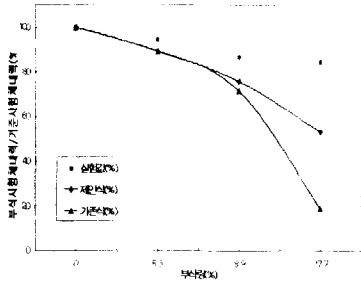


그림 11 S-B2계열 계산식과의 비교

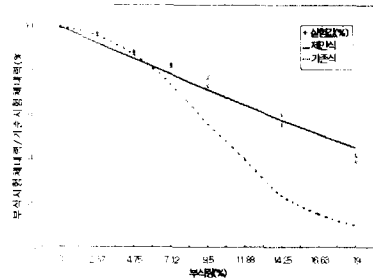


그림 12 기존제안식과 수정제안식의 비교

#### 4. 결 론

- (1) 철근 순피복이 1cm 이하일 경우의 부식균열의 형태는 원형으로 시험체에서 박락되었으며, 1cm 이상의 경우에는 철근을 따라 부식균열이 발생되었다.
- (2) 철근의 피복두께가 증가하면 부식으로 인한 내력 저하 현상이 현저히 감소하였다.
- (3) 철근이 부식된 시험체는 기준시험체에 비해 항복 이후 인성이 줄어드는 양상을 나타내었다.
- (4) 순피복이 2cm일 때 인장철근이 부식된 슬래브의 내력상향에 관한 기존제안식을 수정 제안하면 다음과 같다.

$$B = \left\{ 1 - \sin\left(2.312 \frac{T}{D} i \times \log i\right) \right\} \times 100$$

#### 감사의 글

본 연구는 97년도 건설교통기술연구개발사업의 일환으로 이루어 졌음을 밝히는 바입니다.

#### 5. 참고문헌

1. 李鍾得, "철근부식 진단", 콘크리트 구조물의 내구성진단 시리즈 3권, 도서출판 일광 1996.5
2. 정형서, 해사를 사용한 콘크리트 구조물의 철근 부식 실험 기법에 관한 연구, 1996. 6
3. 김문한, 해사를 사용한 철근 콘크리트에서 염화물의 거동에 관한 실험적 연구, 레미콘, 통권 36호, 1993.7
4. 조윤구, 전위차 부식측정법을 이용한 철근 콘크리트의 내부식성 예측을 위한 실험연구, 서울대학교 대학원 1996.2
5. Prupal S. Mangat and Mahmoud S. Elgart, "Flexural Strength of Concrete Beams with Corroding Reinforcement" ACI Structural Journal/January-February 1999, pp 149-158
6. 이한승, "인장철근이 부식한 PC梁의 내력상향 평가에 관한 연구", 한국콘크리트학회 1998년 봄 학술발표회논문집