

철근부식정도가 철근의 역학적 특성에 미치는 영향

Effect of degree of corrosion on the mechanical properties of rebar

정해문* 이찬영** 안태송*** 태성호**** 이한승***** 강인석*****

Cheong, Haimoon Lee, Chan-Young Ahn, Tas-Song Tae, Sung-Ho Lee, Han-Seung Kang, In-Seok

ABSTRACT

This paper reports results of a study conducted to assess the effect of degree of corrosion of reinforcing steel bar on their mechanical properties. Reinforcing steel bars, 13mm in diameter, that were corroded by electrically accelerated corrosion method in concrete specimens were removed and tested in tension. Results indicated that the level of reinforcement corrosion influenced yield point, the tensile strength and elongation of steel bars.

1. 서론

중성화·염해 등에 기인한 철근콘크리트 내의 철근부식은, 철근의 유효단면적 감소에 의한 철근의 역학적 성능저하로 인해 철근콘크리트 구조물의 내력성능을 저하시키는 주요한 원인이다¹⁾. 따라서, 철근 부식이 철근콘크리트 구조물의 구조성능에 미치는 영향을 평가하기 위해서는, 구조성능의 관점에서 철근에게 요구되어지는 항복점, 탄성계수 등의 역학적 성능과 철근부식과의 상관관계의 정량적 평가가 필수 불가결하다. 철근의 부식형태는 부식환경에 따라 상이하며 염해환경의 경우는 국부부식 형태인 공식, 중성화환경에서는 전면균일부식의 경향을 나타낸다. 특히, 철근의 항복점, 탄성계수는 철근의 단면적 변화에 지배적 영향을 받는 역학적 성질로서, 공식 등의 국부부식이 존재할 경우, 공식부분의 응력집중 현상에 의하여 동량의 전면균일부식 보다 상대적으로 큰 역학적 성능의 저하를 나타낸다.

본 연구에서는 철근의 부식형태를 중성화에 의한 부식으로 모사하기 위해 전식에 의해 철근을 전면균일부식시켜, 철근의 부식정도와 부식한 철근의 역학적 성능과의 관계를 정량화하고자 하였다.

2. 실험 방법

철근의 부식정도와 철근의 역학적 성능의 상관관계를 철근의 부식감량률을 변수로서 정량적으로 산출하기 위하여 부식촉진시험을 통하여 철근을 여러 단계로 부식시킨 후 인장시험을 실시하여 부식한 철근의 역학적 성능(항복점, 인장강도, 신율)을 측정하였다. 전면균일부식을 시키기 위해, 비교적 균일한 부식의 유도가 가능한 전식을 이용하여 철근을 촉진 부식시켰다. 철근은 KS D 3504에서 규정하고 있는 SS400 Ø13을 구연산 암모니움 10%용액에 침적시켜 산화피막을 제거 후 사용하였다. 콘크리트는 보통포틀랜드 시멘트를

* 정회원, 한국도로공사 도로교통기술원 책임연구원
** 정회원, 한국도로공사 도로교통기술원 전임연구원
*** 정회원, 한국도로공사 도로교통기술원 수석연구원
**** 정회원, 한양대학교 건축학부 연구조교수
***** 정회원, 한양대학교 건축학부 조교수
***** 정회원, 토탈인포메이션서비스 과장

사용하였으며 굵은 골재의 최대치수는 11mm, 물시멘트비는 65%로 하였다. 실험체의 치수는 33×117×264mm로서 부식구간은 104mm(철근의 인장시험시의 표점거리 8D에 해당)이다. 철근은 부식구간을 제외한 양단부에 방식테이프를 감아 부식구간을 제외한 강재부분에서 부식이 발생하지 않도록 하였다. 1개의 공시체에는 4개의 철근을 설치 후 콘크리트를 타설하였다.(그림 1) 또한, 재령 7일간 밀폐양생을 실시한 후 탈형 한 공시체는 항온항습실에서 1주일간 기건양생을 실시하였으며 정전압발생기를 이용하여 철근의 부식을 촉진시켰다. 전식시험은 정전압발생기를 사용하여 철근을 양극, 시험체의 양면에 설치한 동판을 음극으로 연결하여 전류를 통전시켰다. 부식정도는 통전시간을 달리하여 5단계로 나누어 조절하였으며 최저 1일부터 최고 21일까지 부식을 촉진시켰다(그림 2)

부식감량률은 「일본 콘크리트 공학 협회의 콘크리트 구조물의 부식 방식에 관한 실험 방법 및 기준(안) 콘크리트중의 강재의 부식 평가 방법」에 근거하여 산출하였다. 인장시험은 200ton 만능시험기를 이용하여 JIS Z 2241 「강재의 인장시험」에 준하여 철근의 항복점, 인장강도, 신율을 측정하였다. 철근의 변위는 만능시험기의 변위계를 이용하여 측정하였다.

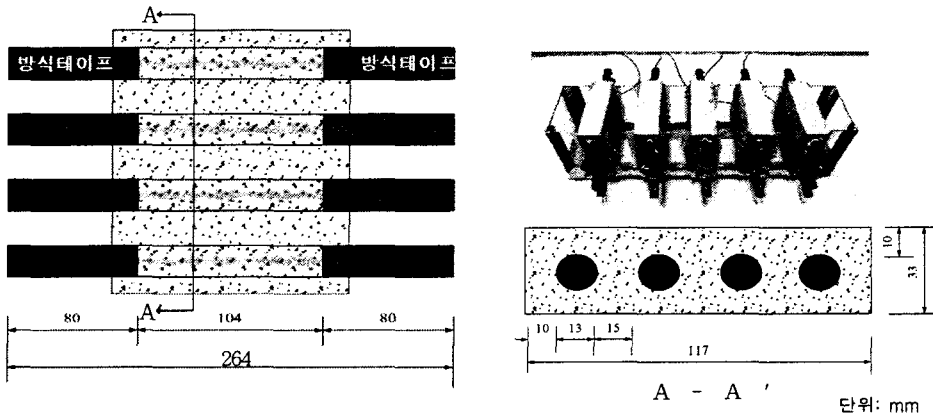


그림 1 공시체의 형상 및 치수

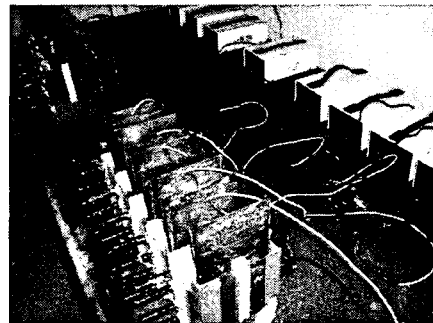
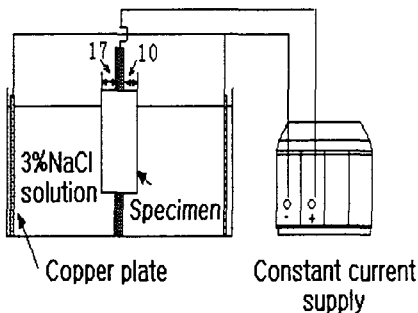


그림 2 정전압발생기를 이용한 철근의 전식과정

3. 결과 및 고찰

그림 1에 전식에 의해 부식된 철근의 단면 손상 형태를 보여주고 있다. 단면결손의 형태가 요철이 비교적

적은 부식형태를 나타내고 있으나, 이상적인 전면 균일과는 다소 차이를 보여주고 있었다.

그림 2는 전식에 의해 부식된 철근의 응력-변형도 곡선을 나타낸 것이다. 부식감량률은 0%에서 23.1% 범위의 4종류로서 부식철근의 응력-변형도 곡선은 건전철근과는 상이한 거동을 나타냈다. 부식감량률 0%의 건전철근의 경우, 항복점이 명확하며, 소성영역이 긴 반면, 부식철근의 경우에는 항복점이 불명확하며 항복 이후의 소성영역이 건전철근과 비교하여 상대적으로 짧아져 취성화되었다는 것을 알 수 있다. 이러한 경향은 부식감량률이 증가할수록 현저하게 나타났으며, 그 이유로서 전면균일부식을 모사한 전식에 의한 부식이라고 하더라도 부식철근의 단면이 이상적으로 일률적이지 않기 때문에 단면손상이 큰 국부부식 부분에서 응력집중 현상이 발생하였기 때문으로 사료된다.



그림 1 철근의 단면결손 상황

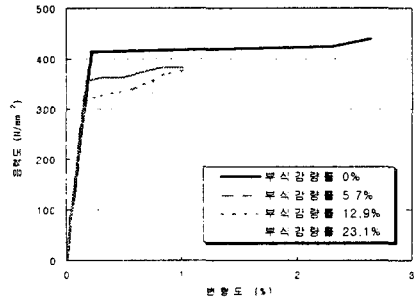


그림 2 전식에 의해 부식된 철근의 응력-변형도 곡선

그림 3~5는 전식에 의해 부식된 철근의 부식감량률과 항복점, 인장강도, 신율과의 관계를 나타낸 것이다. 그래프 중의 SD295와 SD345는 기존의 다른 연구결과로서 기존의 연구결과를 병기하여 본 연구결과와의 비교·검토하여 함께 나타내었다²⁾. 그래프 내의 점선은 각 부식감량률에 대하여 전면균일부식이 발생하였다고 가정한 후, 계산된 철근의 겉보기 항복점이다. 그림에 의하면, 부식감량률이 증가할수록 항복점, 인장강도, 신율 등 모든 역학적 특성이 감소하는 경향을 나타내었다. 본 연구의 SS400의 경우, 건전상태의 항복점은 SD295, SD345와 비교하여 높았으나, 부식감량률에 따른 항복점의 저하율은 거의 같았다. 또한, 부식감량률의 상이에 관계없이 실험에 의한 항복점은 계산에 의해 구한 항복점보다 작았다. 이는 전식에 의한 경우라 하더라도 이상적인 전면균일형태와는 달리 다소 불균일한 단면감소 현상이 발생하여 평균단면결손보다 큰 단면결손 부위가 존재하기 때문이고, 부식에 의해 철근의 취성화가 일어났기 때문으로 사료된다. 한편, 인장강도와 신율도 부식이 진행됨에 따라 항복점 결과와 마찬가지로 경향으로 저하되었는데, 특히 신율의 저하 정도가 더 큰 것으로 나타났다.

표 1은 부식감량률과 각종 역학적 특성을 초기치에 대한 백분율로 환산해 회귀식으로 나타낸 것이다. 즉 항복점의 경우, 부식감량률 1% 저감됨에 따라서 SD295와 SD345는 각각 1.2%와 1.28% 감소된데 비해, 본 실험의 SD400의 경우에는 0.92% 감소했음을 알 수 있다. 기존의 다른 연구결과와 유사한 회귀분석값을 보였고, 동일 부식감량이라 하더라도, 항복점이나 인장강도의 저하에 비해, 신율의 저하가 더 큰 영향을 받는다는 것을 알 수 있었다. 따라서 본 연구를 통해 중성화를 모사한 철근 부식의 경우, 부식감량률과 철근의 항복강도비, 인장강도비, 신율비와의 관계식을 구하였으므로, 이로부터 철근의 역학적 특성의 산정이 가능할 것으로 생각된다.

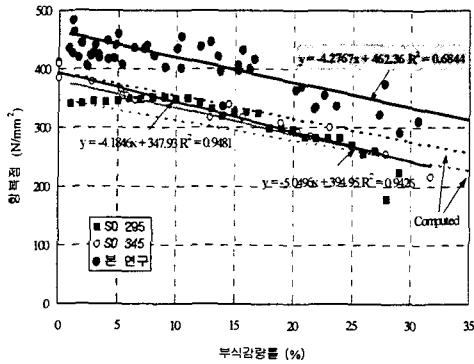


그림 3 부식감량률과 항복점과의 관계

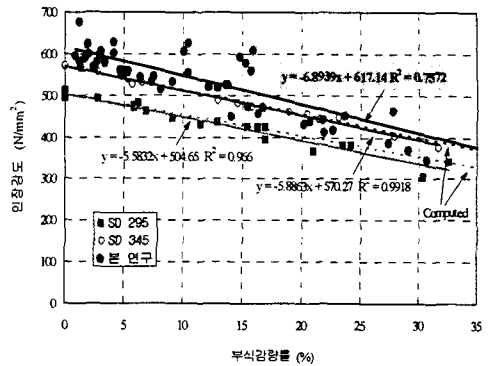


그림 4 부식감량률과 인장강도와의 관계

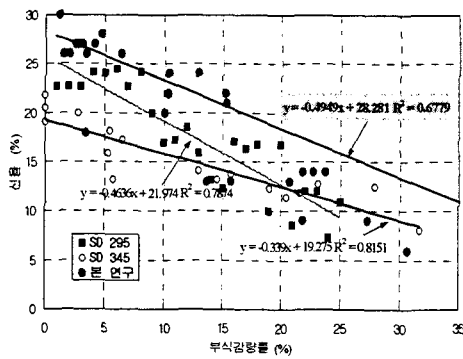


그림 5 부식감량률과 신율과의 관계

표 4 철근의 부식감량률과 역학적 특성 저하에 대한 회귀분석 결과

구분	회귀식
부식감량률(X,%)과 항복점(Y,%)	[기존연구 SD295] $Y=100-1.2X$
	[기존연구 SD345] $Y=100-1.28X$
	[본 연구 SS400] $Y=100-0.92X$
부식감량률(X,%)과 인장강도(Y,%)	[기존연구 SD295] $Y=100-1.11X$
	[기존연구 SD345] $Y=100-1.03X$
	[본 연구 SS400] $Y=100-1.12X$
부식감량률(X,%)과 신율(Y,%)	[기존연구 SD295] $Y=100-2.11X$
	[기존연구 SD345] $Y=100-1.76X$
	[본 연구 SS400] $Y=100-1.75$

4. 결론

철근의 부식정도와 철근의 역학적 성능과의 관계를 철근의 부식감량률을 변수로서 정량적으로 평가하는 것을 목적으로, 부식의 형태를 전면균일부식(중성화환경)으로 부식촉진양생을 실시 후, 철근의 부식감량률과 항복강도, 인장강도, 신율을 측정해 본 결과, 부식감량률이 증가 할수록 철근의 항복강도, 인장강도, 신율은 감소하였는데, 특히 신율이 더 크게 감소되는 경향을 나타내었다. 본 연구를 통해 중성화를 모사한 철근 부식의 경우, 부식감량률과 철근의 항복강도비, 인장강도비, 신율비와의 관계식을 구하였으므로, 이로부터 철근의 역학적 특성의 산정이 가능할 것으로 생각된다.

참고문헌

1. J. Rodriguez, Corrosion of reinforcement and service life of concrete structure, Durability of Building Materials and Components 7, Vol. 1, (1996), pp. 117-126.
2. 日本土木學會 콘크리트委員會 腐食防食小委員會 報告書, 鐵筋腐食・防食および補修に關する研究の現狀と今後の動向 (I) (II),