

부식률에 따른 RC 부재의 부착거동에 관한 실험적 연구

Experimental Study on Bond Behavior of Reinforced Concrete Members with Corrosion Ratio

김강래* 이동근* 박진호** 김학모*** 양은익****
Kim, Kang Rea Lee, Dong Gun Park, Jin Ho Kim, Hak Mo Yang, Eun Ik

ABSTRACT

Reinforced concrete has been widely used as a semi-permanent construction materials. However, sea sand, deicing salt, and marine condition might induce the corrosion of embedded reinforcement due to the penetration of chlorides in concrete structures. This reinforcement corrosion causes serious problems on safety and serviceability of structures during lifetime. Also, reinforcement corrosion may cause the collapse of structures in worst case, so that the corrosion problem is more and more intensely growing.

The purpose of this paper is to provide the fundamental data for the mechanical effect of corrosion through evaluation on bond characteristics of reinforced concrete using corroded bars.

1. 서론

철근 콘크리트는 반영구적인 건설재료로 널리 사용되고 있다. 최근 건설현장에서는 양질의 잔골재가 점점 고갈됨으로 인하여 해사의 사용량이 크게 증가되었을 뿐만 아니라 동절기에 콘크리트 구조물에 쌓인 눈이나 얼음을 녹이기 위하여 사용되는 용빙제와 해양환경하에 존재하는 유해 이온들의 침투확산에 의한 영향 또는 콘크리트의 중성화에 따른 철근의 부식 등으로 인하여 철근콘크리트 구조물의 내구성 향상 및 개선과 관련되는 연구가 활발히 진행되고 있다.

따라서, 본 연구에서는 철근의 부식률에 따른 부착거동을 파악하기 위하여 두 가지 실험이 수행되었다. 타설 전 철근을 전위차 부식을 통하여 부식시켰으며, Faraday's Law를 이용하여 부식률을 통제하며 실험을 수행했다. 또한 타설 후 철근을 전위차 촉진 부식법에 의해 부식된 철근의 부식률에 따른 RC부재의 부착실험을 실시하였다. 이러한 실험을 통하여 RC 부재의 부식률에 따른 부착특성을 규명하고자 하였다.

* 정희원, 강릉대학교 토목공학과 대학원생

** 정희원, 동성엔지니어링

*** 정희원, (주)동림컨설팅트 구조부

**** 정희원, 강릉대학교 토목공학과 부교수

Table 1 Physical properties of aggregate

Item Type	Specific gravity	Absorption	F.M.
Sand	2.59	0.99	2.65
Gravel	2.64	0.70	6.82

Table 2 Mixture proportion of concrete

w/c(%)	S/a (%)	Unit weight(kg/m ³)				AE(%)	SP(%)
		W	C	S	G		
40	43	170	425	716	1022	0.03	0.5
50	45	172.5	345	776	970	0.005	0.3
60	46	172.5	288	813	978	0.01	0.3

2. 실험 개요

2.1 사용재료 및 배합

본 실험에 사용된 철근은 KS D 3504에서 규정하는 D16과 D25의 이형철근을 사용했으며, KS F 5201에 규정된 S사의 보통포틀랜드 시멘트를 이용하여 시험체를 제작하였다. 잔골재는 강릉시 연곡천의 자연사를 사용하였고 굵은골재는 왕산면 석산의 최대치수 25 mm의 쇄석골재를 사용하였다.(Table 1)

2.2 실험변수 및 방법

본 연구에서는 타설 전 철근의 부식 실험과 타설 후 철근의 부식실험을 수행하였다. 실험에 사용한 공시체는 부착강도용 150x150x150 mm공시체를 사용하였으며 부착길이는 JMC(일본건설재료시험센터)에서 제안한 4D로 선정하였고, 비부착면은 PVC파이프를 묶어 만들었으며, 밑면에 노출된 철근은 방수 처리하여 수중양생을 실시하였다. 변수로는 w/c 40, 50, 60%, 철근의 종류(D16, D25)로 하였으며 타설 전 철근의 부식률 0, 2, 5, 7, 10%와 타설 후 철근의 부식균열이 발생할 때까지의 부식률을 변수로 사용하였다.

1) 타설 전 철근의 부식 실험

콘크리트에 타설하기 전에 미리 부식시킨 철근의 부식방법은 전위차를 이용하였다. 직류 전원공급 장치의 양(+)극에 철근을 연결하고, 음(-)극에 철망을 연결하였다. 전해질로써는 5%의 염화나트륨 수용액을 사용하였다. 부식시킨 철근의 부식률은 중량감소율로 표현하였다.(Fig. 1)

$$\text{중량감소율}(\%) = \frac{\text{시험전의중량} - \text{시험종료후중량}}{\text{시험전의중량}} \times 100$$

2) 타설 후 철근의 부식 실험(전위차 부식 촉진 실험)

타설 후 철근 부식 실험은 3% NaCl용액에 철근을 매설한 콘크리트 시편을 침지하여 직류전원공급 장치의 양(+)극은 철근에, 음(-)극은 NaCl용액에 연결하여 직류회로를 구성하여 Faraday's Law를 이용하여 예상부식도 값을 유도하였다.(Fig. 2)

$$\text{부식량(몰)} = \frac{1}{2 \times 96500} \int qdt \quad q(\text{ampere}) = \text{각 단계에서의 통과전하량}$$

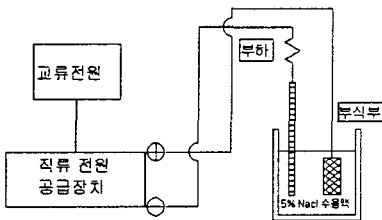


Fig. 1 Corrosion test setup of steel (before placement)

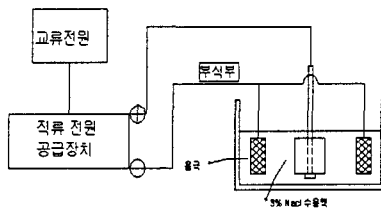


Fig. 2 Corrosion test setup of steel (after placement)

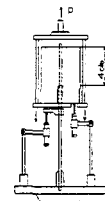


Fig. 3 Bonding test setup

3) 철근의 인발 실험

철근의 부착특성을 파악하기 위하여 슬립량 측정은 철근과 콘크리트에 25mm 선형변위측정기(LVDT)를 설치하여 각각의 단계별 하중과 변위를 자동변형도 측정기로 측정하였다.(Fig. 3)

3. 실험결과 및 고찰

3.1 타설 전 철근이 부식된 실험결과

3.1.1 D16 철근의 부식률에 따른 하중-슬립곡선

결과에 따르면 부식률이 증가함에 따라 슬립량이 증가하고, 특히 부식률 2%까지는 슬립량이 적은 취성파괴양상을 보이며, 부식률 2%이상에서는 최대하중이후에 부착하중의 증가율이 적은 반면, 슬립 증가량이 크게 발생하는 연성파괴양상을 보여 취성에서 연성으로 파괴패턴의 변화를 확인할 수 있었다.(Fig. 5~Fig. 7)

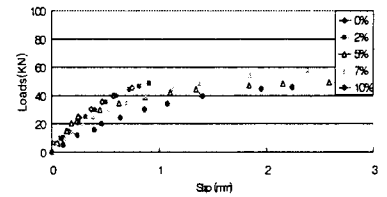
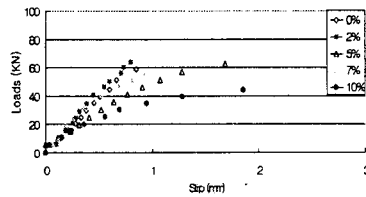
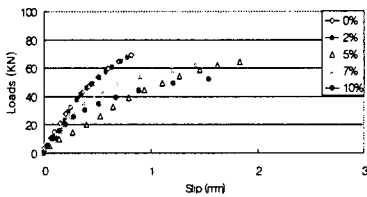


Fig. 5 Load-slip curves(w/c 40%) Fig. 6 Load-slip curves(w/c 50%) Fig. 7 Load-slip curves(w/c 60%)

3.1.2 D25철근의 부식률에 따른 하중-슬립곡선

일반적으로 부식률 7%까지는 슬립량이 0.4~0.7mm로 적게 나타났으며, 부식률 10%에서 슬립량이 크게 늘어나는 연성파괴의 양상을 나타내었다. 또한 D16철근에 비해 슬립량이 2배정도 적게 나타났다.(Fig. 8~Fig 10)

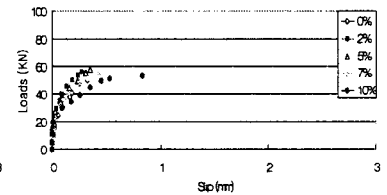
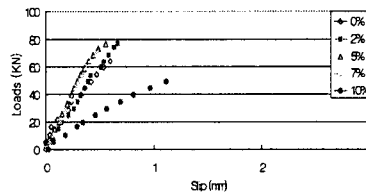
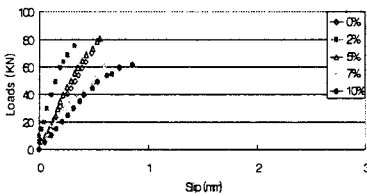


Fig.8 Load-slip curves(w/c 40%) Fig.9 Load-slip curves(w/c 50%) Fig.10 Load-slip curves(w/c 60%)

3.2 타설 후 콘크리트중의 철근 축진 부식실험 결과

3.2.1 D16철근의 부식률에 따른 하중-슬립 곡선

철근의 부식률을 10%까지 예상을 하였으나 실험결과에 따르면 실제 부식률은 0~2.4%범위에서 나타났다. 기존연구에 의하면 부식률 2%까지는 부착하중이 증가한다고 보고하고 있으나, 본 연구에서 부착하중은 부식률 1%까지 증가하는 것으로 나타났다.(Fig. 11~Fig. 13)

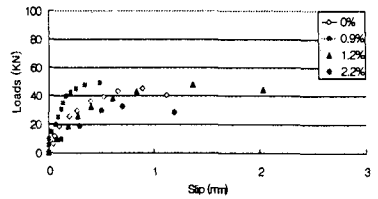
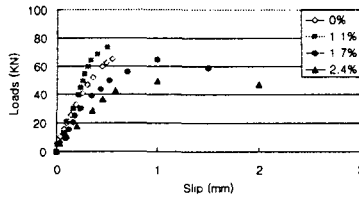
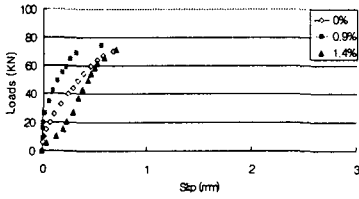


Fig. 11 Load-slip curves(w/c 40%) Fig. 12 Load-slip curves(w/c 50%) Fig. 13 Load-slip curves(w/c 60%)

3.2.2 D25철근의 부식률에 따른 하중-슬립곡선

철근의 부식은 D16철근과 유사하게 실제 부식률은 0~2.3%범위로 나타났다. 팽창압에 의한 부착력 증가로 초기슬립발생은 부식된 철근을 매립한 실험체보다 늦게 나타났고, 슬립발생량이 1mm이하로 낮게 측정이 되었으며 부식률 1%를 넘어서면서 D16계열에 비하여 슬립량이 2배정도 적은 값이 측정되었다. 부착하중은 부식률 1%까지 증가하였다.(Fig. 14~Fig. 16)

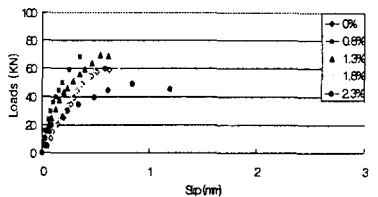
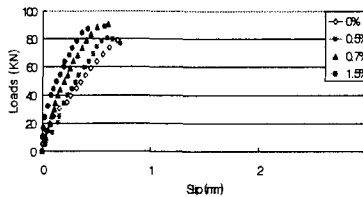
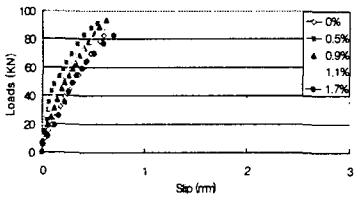


Fig. 14 Load-slip curves(w/c 40%) Fig. 15 Load-slip curves(w/c 50%) Fig. 16 Load-slip curves(w/c 60%)

4. 결론

본 연구의 범위에서 도출된 결과를 정리하면 다음과 같다.

- 1) 타설 전 부식된 철근의 경우 D16과 D25 철근은 각각 부식률 2%와 7%에서 취성에서 연성으로의 파괴패턴변화를 확인할 수 있었다. 최대부착하중은 w/c가 낮을수록 크게 나타났으나 고강도일수록 취성파괴양상이 컸다. 또한 부식률 증가에 따라 부착저항성이 낮게 나타났다.
- 2) 타설 후 부식된 철근의 경우 D16과 D25 철근 모두 실제 부식률 1%까지는 부착하중이 증가하였으며 고강도일수록 취성파괴가 관찰되었다.
- 3) 철근의 부착하중-슬립 관계에 있어 타설 후 부식시킨 실험체는 타설 전 부식시킨 시험체에 비해 부착하중이 크고, 상대적으로 취성적인 거동을 보였다. 한편, 타설 전·후 철근이 부식된 경우, 부식률에 따라 D25철근이 슬립량이 작게 나타났다.

감사의 글

본 논문은 건설교통부 건설핵심기술 연구개발사업(C104A1000016-04A0200-01610)의 지원에 수행되었으며, 이에 관계자 여러분께 감사드립니다.

참고문헌

- 1) 오병환, "진위차 부식촉진법을 이용한 철근콘크리트의 내부식성 예측을 위한 새로운 기법 연구", 콘크리트 학회논문집, 제8권 5호, pp.201-209, (1996).
- 2) Yubun Auteung, P. Balaguru, and Lan Chung, "Bond Behavior of Corroded Reinforcement Bars", ACI Materials Journal, March, 2000
- 3) Denny A. Jones, "Principles and Prevention of Corrosion", pp. 103-108