

염화물 침투 콘크리트의 균열 특성에 따른 철근부식에 관한 연구

Rapid Corrosion Test on Reinforcing Steels in Chloride - Penetrating Concrete Structures with Various Crack Patterns

류 금 성¹⁾ 정 영 수²⁾ 유 환 구³⁾ 김 국 한⁴⁾ 조 창 백⁵⁾
Ryu, Gum Sung Chung, Young Soo Yu, Hwan Gu Kim, Kook Han Cho, Chang Beak

ABSTRACT

Reinforced concrete is, in general, known as high durability construction material under normal environments due to strong alkalinity of cement. It is, however, well known that moderate or minor cracks in reinforced concrete should be most serious causes to deteriorate the durability of RC structures. Furthermore, chloride contents penetrating through unexpected cracks in reinforced concrete bridges get to weaken corrosion resistance of reinforcement steel in concrete and then to accelerate the deterioration of concrete durability.

The objective of this experimental research is 1) to evaluate the effect of various corrosion protection systems for reinforced concrete specimens with moderate or minor cracks which are exposed to cyclic wet and dry seawater, and then 2) to develop effective corrosion protection systems for reinforced concrete bridges under the exposure of various detrimental environments such as seawater, deicing and etc.

1. 서론

철근콘크리트 구조물에서 콘크리트의 균열발생과 철근의 부식발생은 구조물의 내구성을 저하시키는 가장 큰 요인으로서 경제적이고 안전성이 확보되는 구조물을 제작하기 위해서는 이에 대한 체계적인 대책이 필요하다. 특히, 국내의 여건은 동절기 염화물계 제설제의 사용이 불가피함은 물론 자원의 고갈로 인한 해사의 사용은 피할 수 없는 실정이다. 균열과 철근부식이 중요시되는 철근 콘크리트 구조물은 교량의 바닥판, 해수 인접교각 구조물 및 연속 콘크리트포장 등으로서, 이들 구조물에는 적절한 내구성 향상 방안이 절실히 요구된다. 그런데, 1996년에 개정된 도로교 표준시방서 및 콘크리트 표준시방서의 철근덮개 산정방식은 콘크리트 균열과 철근부식에 대한 영향뿐만 아니라 염소이온의 침투에 대한 고려를 하지 않고 있으며, 이의 산정방식에 대한 명확한 근거를 제시하지 못하고 있다. 국외의 경우는 이미 균열의 폭과 철근덮개 및 부식에 관한 문제점을 인식하고 여기에 대한 논의가 활발하

- 1) 정회원, 중앙대학교 토목공학과 대학원 석사과정
- 2) 정회원, 중앙대학교 토목공학과 교수
- 3) 정회원, 한국도로공사 도로연구소 연구원
- 4) 정회원, 한국도로공사 도로연구소 책임연구원
- 5) 정회원, 중앙대학교 지구환경시스템공학과 석사과정

게 이루어졌으나(Concrete International/May, 1985, Debate: Crack Width, Cover, and Corrosion), 명확한 결론이 도출된 것은 없는 것으로 보고되고 있다. 국내의 경우에는 이에 대한 인식이 불투명하여 이에 관한 국내에서의 실험연구도 거의 전무한 실정이다. 본 연구는 균열의 폭과 깊이 및 빈도에 따라서 철근의 부식정도를 평가하여 과연 철근의 부식을 방지할 수 있는 콘크리트의 철근덮개를 합리적으로 어느 정도로 결정할 것인가를 규명하는 것이다. 또한 만약 균열이 존재하더라도 혹은 균열이 없더라도 콘크리트에 각종 방식제를 사용하였을 경우 이들이 철근의 부식억제에 미치는 영향을 조사하고 티나늄메쉬 같은 각종 방식방법을 적용 검토하는 것을 목적으로 한다.

2. 연구수행내용

시험체의 Anode부분의 매입철근의 부식을 촉진시키기 위하여, 콘크리트타설시 시험체에 여러 형태의 초기 균열을 형성한 후에 적정 하중을 작용시키어 추가로 계획된 균열을 생성시키었다. 한편, 양생된 시험체는 기건상태 및 염농액 습윤상태등의 노출조건에 따른 철근 부식정도를 평가하여 균열에 따른 철근 부식의 진전도를 조사평가하고자 한다. 철근 부식의 정량적 계측방법은 Current Method 등을 사용하여 Anode 철근의 부식정도를 측정하였다. 이들 측정결과는 적정 기간에 측정한 시험체의 Chloride성분과 비교하고, 부식실험 종료후 철근표면에 발생한 부식면적 및 무게변화등을 측정하고자 한다. 일부의 시험체는 항만현장의 비탈대에 거치하여 철근의 부식촉진을 가속화시킬 예정이다.

2.1 배합실험

시험체의 총 수량은 약 150여개로서 기준 설계압축강도 280 kg/cm²의 시험체는 동일한 배합조건하에 시험체를 제작하기 위하여 Remicon을 사용하였다. 그리고 압축강도 약 240 kg/cm², 350 kg/cm² 및 방청제의 시험체들은 실험실내에서 배합 제작하였다. 표 1은 시험체의 배합비이며 표 2는 압축강도 및 공기량 실험결과이다.

표 1 시험체의 배합비

설계강도 (kg/cm ²)	W/C (%)	S/a (%)	물	시멘트	잔골재	굵은골재	AE 감수제	유동화제	방청제	비 고
240	52.0	44	170	326.0	785.37	1011.09	C×0.2%	-	-	
280(I)	47.1	46	178	397.0	810.00	927.00	C×0.3%	-	-	
350	36.0	43	160	444.4	725.50	965.40	C×0.2%	C×0.28%	-	
280(II)	47.1	46	178	397.0	775.69	906.88	C×0.3%		12 l/m ³	D社
									5 l/m ³	A社
									0.7 l/m ³	M社
									3.9 l/m ³	P社

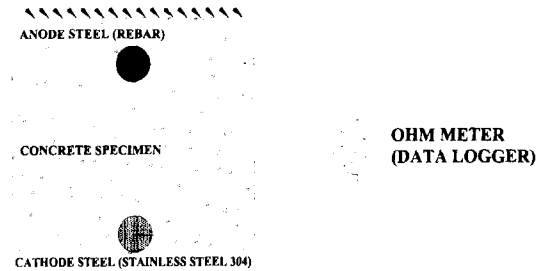
표 2 압축강도 및 공기량

설 계 강 도(kg/cm ²)		슬럼프(cm)	공기량(%)	평균압축강도(kg/cm ²)	비 고
240		13.6	6.7	265.1	
280(I)		20.3	4.5	271.4	
350		8.2	3.0	549.4	
280(II)	Normal	18.4	6.0	345.2	
	D社	20.3	4.9	352.3	
	A社	21.1	6.0	334.4	
	M社	21.5	5.5	304.1	
	P社	18.1	6.5	334.3	

2.2 시험체의 제작 및 균열확보

염화물 침투 환경하에서 균열의 특성과 철근의 부식정도를 검토하기 위한 시험체는 휨부재를 고려하여 시험체의 크기는 700×150×200mm로 제작하여, 상단에는 양극(Anode)에 해당되는 철근을 삽입하고 하단에는 부식정도의 정확도를 위하여 전위의 변화가 거의 없는 Stainless Steel 304를 삽입하여 음극(Cathode)으로 사용하였다. 콘크리트 타설 전에 철근 및 Stainless Steel 봉을 거푸집 외부로 뽑아 놓은 후 타설 후에 철근과 Stainless Steel 봉에 각각 리드선과 저항을 연결하여 부식측정을 용이하게 하였다. 28일 양생 후 양단 고정장치에 의해서 하중을 가하면서 계획된 균열을 생성시키었다. 즉 콘크리트 시험편의 제작이 완료된 후에는 시험편에 균열을 유도하기 위하여 일정하중을 가한 후 필요한 균열정도를 확보하였다. 한편, 계획된 균열이 확보되면 Clamp 및 균열고정봉을 이용하여 보는 철근부식실험동안 양단 고정장치에 의해서 균열폭을 고정시킨 채로 부식측진 실험을 수행하였다. 특히, Anode 철근은 철근 부식을 촉진시키기 위하여 중간부위 15 cm를 제외한 전 부분은 Epoxy로 coating 처리하여 중간부위에 철근부식이 집중되도록 하였다. 시험체 변수는 균열 폭(7), 균열 수(5), 철근직경(3), Epoxy Coating(3), 철근갹개(5), 방청제(4)등을 변수로 하였다. 아래의 그림 1은 철근의 부식전류 계측도이다.

CYCLIC CHLORIDE - PENETRATION EXPOSURE



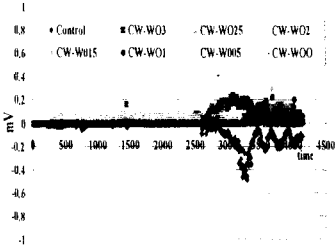
[그림 1] 철근의 부식전류계측도

3. 부식계측 및 결과분석

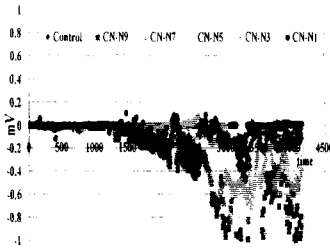
본 실험에서는 시험체에 대해 Current Method의 방법으로 측정하여 부식정도를 이해하기 위하여 Graph로 도시하였다. Current Method는 Data Logger장비를 통하여 각각의 시험편에 대한 Steel과 Stainless 304의 자연전위차를 측정한 후 Stern-Geary 방정식을 이용한 Corrosion Rate를 측정하여 부식정도를 평가한다.

4. 결과분석 및 연구평가

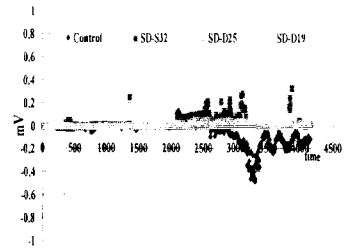
시험체의 Current Method에 의한 Current값은 아래의 그림 2~7에 나타내었다. 측정된 Current값의 분석결과 Control시험체(무균열시험체)와 비교하여 균열폭이 클수록, 균열수가 많을수록, 철근직경이 클수록, 철근갹개가 작을수록, 대체적으로 Current값이 크게 나왔다. 또한 Epoxy Coating이 Epoxy Not Coating에 비해서는 적게 나왔고, 방청제를 혼입한 시험체는 Control시험체에 비해서 Current값이 적게 나왔다.



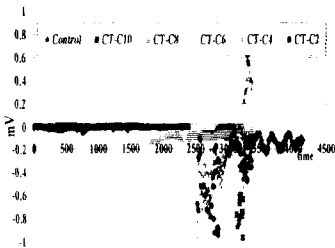
[그림 2] 균열폭에 따른 부식 전위값



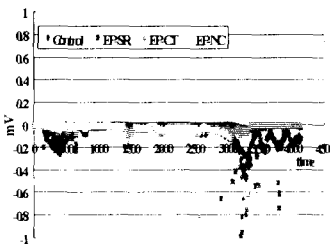
[그림 3] 균열수에 따른 부식 전위값



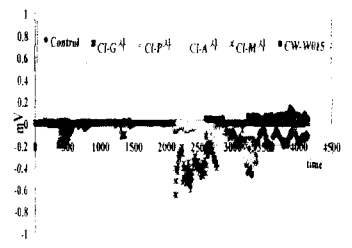
[그림 4] 철근직경에 따른 부식 전위값



[그림 5] 철근덮개에 따른 부식전위값



[그림 6] 에폭시 코팅에 따른 부식 전위값



[그림 7] 방청제에 따른 부식 전위값

5. 결론

본 연구에서는 기건상태 및 염농액 흡윤상태의 노출조건에 따른 철근 부식을 촉진하고 있으나 많은 시간이 요구하리라 판단되며, 또한 장기적인 실험에 의한 결과값들이 신뢰성 있는 Data로 생각되며 이를 근거로 합리적인 철근방식기법을 도출할수 있으리라 생각된다. 한편, 항만에 거치한 시험체의 철근부식결과 등을 실내부식실험에 대한 결과와 비교하여 각종 철근 방청제의 현장활용성을 평가하고자 한다.

참 고 문 헌

- 1) Peter Pullar-Strecker, "concrete Reinforcement Corrosion." Training Course Notes of Colebrand, UK
- 2) Chong D. Lee, "Detection of Reinforcement Corrosion," Ilkwang Publishing Co., Korea, 1996.
- 3) M. Moriya, "Evaluation Repair Methods for Reinforced Concrete Exposed to A Marine Environment," Report on the Technical Research Committee on Concrete Repair, Proceedings of the Japan Concrete Institute, Vol. 16, No. 1, 1994.
- 4) J.W. Jang and I. Iwasaki, "Rebar corrosion Under Simulated concrete Conditions Using Galvanic Current Measurements," Corrosion Engineering, Vol. 47, No. 11, 1991
- 5) 정영수, "방식제를 사용한 철근 콘크리트의 철근부식에 관한 실험적 연구", 한국콘크리트학회지, 1997년 12월호
- 6) 정영수, "철근 콘크리트 시험편의 철근방식에 관한 측정법", 한국콘크리트학회논문집, 제9권 제2호, 1997.11, PP281-286
- 7) 정영수, "콘크리트 구조물의 내구성향상을 위한 철근방식 방안 연구", R&D / 95-0013, '95연구개발사업 최종보고서, 건설교통부, 1997.