

철근부식도 측정 및 방식기법 제시

Corrosion Protection System and Measurement for Reinforcing Steels in Concrete.

문 홍 식* 이 상 국** 류 금 성*** 정 영 수****
Mun, Hong Sik Lee, Sang Kuk Ryu, Kum Sung Chung, Young Soo

ABSTRACT

Bridge structure is known as one of important infrafacilities for comfortable human life. Recent long-span bridges, such as Kwang-Ahn Grand bridge, Seo-Hae Grand Bridge, Young-Jong Grand Bridge, etc, have been designed and constructed near the seaside without in-depth consideration of concrete durability problems. It is in particular noted that corrosion of reinforcement steel in concrete is very important for the durability enhancement of concrete structures.

The objective of this experimental study is to investigate the corrosion behavior of reinforcing steels in concrete specimens which are exposed to cyclic wet and dry saltwaters, and then to develop pertinent corrosion protection system such as rational cover depth, corrosion inhibitors, cathodic system for reinforced bridges exposed to marine environment.

1. 서론

철근 콘크리트 구조물에서 콘크리트의 균열발생과 철근의 부식발생은 구조물의 내구성을 저하시키는 가장 큰 요인으로서 경제적이고 안전성이 확보되는 구조물을 제작하기 위해서는 이에 대한 체계적인 대비책이 필요하다. 따라서, 국내에서 적용되고 있는 각종 구조설계기준에 염해 즉 유해한 환경하에서 균열과 철근부식 상관관계에 따른 합리적인 철근 피복두께의 산정이 필요하다. 철근 콘크리트 구조물의 주요 철근방식대책으로는 철근 덮개, 침투재에 의한 표면피복, 예폭시 도막철근, 방청제, 전기방식 등이 있다. 본 연구는 염해환경에 철근 콘크리트의 철근 덮개, 방청제 및 전기방식을 이용한 철근부식 억제에 연구로서 특히, 전기 방식법은 해양·항만 철근 콘크리트 구조물에 외국기술을 직접 도입하여 사용하고 있으나 특허기간 종료시에는 국내의 자체 기술의 확보가 절실히 요구되고 있고 염해환경하

* 정회원, 중앙대학교 지구환경시스템공학과 석사과정

** 중앙대학교 지구환경시스템공학과 석사과정

*** 한국건설기술연구원 토목연구부

**** 정회원, 중앙대학교 건설대학 토목공학과 교수

의 철근콘크리트 교량에 적용한 사례는 거의 없는 실정으로 적극적인 사용방안 연구가 필요하다.

철근콘크리트 구조물은 사용성 관점에서 내구성은 매우 중요한 요소이다. 실제적인 철근 콘크리트 구조물은 그 공용기간이 장기간일 뿐만 아니라 해양과 같은 부식환경하에 놓이는 경우가 많다. 따라서, 콘크리트 구조설계기준에서는 내구성에 관한 균열폭을 검토할 경우에는 구조물이 놓이는 환경조건을 고려하도록 하고 있고 강재의 부식에 대한 환경조건으로는 건조한 환경, 습윤환경, 부식성환경, 극심한 부식성환경의 4종류로 구분하고 있다. 본 연구에서는 염화물 침투환경하인 해양환경에서 가장 극심하게 강재 및 철근의 부식을 일으키는 부위는 해수지역 보다는 조수간만대(Tidal Zone) 혹은 비말대(Splash Zone)이므로 기본적인 환경의 가정은 극심한 부식성환경으로 가정하여 연구를 수행하고 있다.

본 연구에서는 해양환경하에 있는 보와 기둥을 대상으로, 기본 최소 철근의 덮개 4cm보다 낮은 2cm를 실험변수의 기준으로 하여 각각 균열이 유도된 상태에서 철근의 부식정도에 대한 실험을 수행하고 있다.

2. 연구내용

2.1. 실험개요

본 연구는 1999년부터 3차년에 걸쳐 수행되어질 예정으로서 철근 콘크리트 구조물의 균열특성과 철근의 부식정도를 파악하고 철근 방식기법을 개발하고자 하며 주요 실험변수는 압축강도, 균열폭, 철근피복두께, 철근직경 등으로서 각각의 실험변수들에 대한 전기방식에 따른 철근방식 효과를 실험적으로 규명하고자 한다.

철근 부식실험은 장시간 소요되는 것이 통상적이므로 1차년도에는 32개의 전기방식시험체를 제작하여 실내실험실에서 철근부식도를 평가하고 있다. 2차년도에는 아산만 호안에서 현장부식실험을 중점적으로 수행하고있다. 1차년도 주요실험변수에 대한 현장적용 실험으로서 2차년도에서는 아산항 호안에서의 현장적용실험을 집중적으로 수행하고 있으며 현장모사 실내실험체를 제작하여 실내실험도 병행한다. 추가로 Zinc Spray 실험도 실내 및 현장에서 병행예정이고 적용될 주요방식기법은 혼화제용 철근방식제(국내·외제품) 성능평가, 전기방식기법 평가, Zinc Spray기법 평가, 피복두께에 의한 방식성능 평가등을 수행하고있다.

철근 부식의 정량적 계측방법은 그림 1과 같은 Half-Cell Method, 그림 2와 같은 Linear Polarization Method 등을 사용하여 Anode철근의 부식정도를 측정하고 있다. 이들 측정결과는 적정 기간에 측정한 시험체의 Chloride성분과 비교하고, 부식실험 종료후 철근표면에 발생한 부식면적 및 무게변화등을 측정하고자 한다.

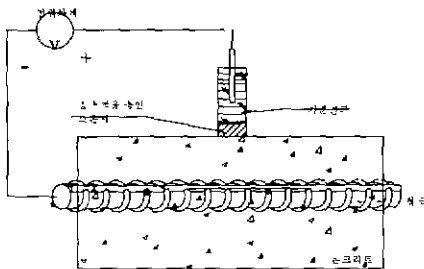


그림 1 Half-Cell Method 계측원리

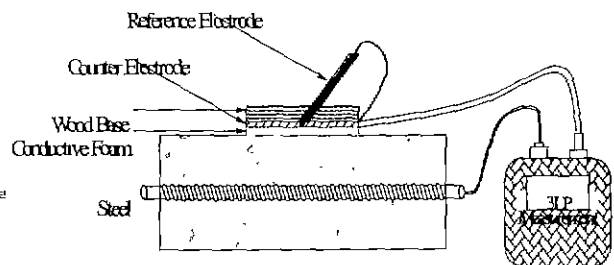


그림 2 3LP 계측모습

3. 실험내용

3.1. 실내 전기방식실험

1차년도 실내부식실험은 철근 콘크리트 구조물의 균열특성과 철근의 부식정도를 파악하고 철근 방식 기법을 개발하고자 하며 주요 실험변수는 압축강도, 균열폭, 철근피복두께, 철근직경등으로서 각각의 실험변수들에 대한 전기방식에 따른 철근방식 효과를 실험적으로 규명하고자 한다. 시험체는 비균열 및 균열시험체로 구분하여 제작하였으며, 장기부식측정시험체인 보시험체를 해수순환장치 위에 거치하여 현재 철근부식도를 재속적으로 측정하고 있다. 비균열시험체 크기는 400×150×200mm로 제작하고 균열시험체는 700×120×150mm로 상단에는 양극(Anode)에 해당되는 철근을 삽입하고 하단에는 Macrocell Current로서 양극철근의 부식정도를 측정하기 위하여 철근을 삽입하여 음극(Cathode)으로 사용한다. 해수순환장치의 전기방식시험체는 전기방식기법을 위하여 양극철근과 콘크리트표면 사이에 티타늄메쉬를 삽입하였다. 실험변수는 표 1과 같으며 시험체 상세 및 방식원리는 그림 3에 해수순환장치 시험체 거치 모습은 그림 4에 보여주고있다.

표 1 실내 전기방식시험체 실험변수

구분	방법	비고	수량	
			균열	비균열
균열특성	균열깊이	철근갓개의 0, 0.5, 1, 1.5배	8	
	균열반도	부식측정길이 내에 1, 3개	2	
철근	철근직경	D13, D19, D25	4	4
철근갓개		2, 4cm	2	4
콘크리트 압축강도		210, 240, 280, 350kgf/cm ²	4	4
총계			32개	

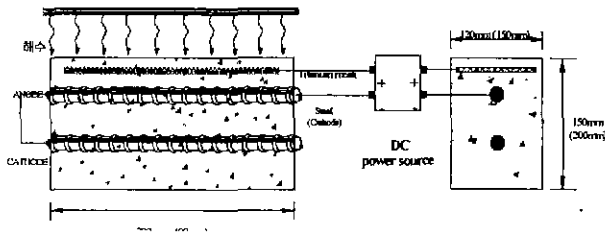


그림 3 전기방식시험체 형상도 및 방식원리



그림 4 전기방식시험체 거치 모습

철근부식을 방지할 수 있는 전기방식법(Impressed Current Method)에 의한 철근부식 억제 방안을 조사하고 철근 콘크리트 시험체의 방식성능을 평가 분석하여 내구성향상 기여도를 조사·분석하고자 한다. 이 방법에서는 티타늄 메쉬(Titanium mesh)를 양극으로 사용하고, 외부로부터 직류전류를 흘려주게 된다. 직류전류의 -극에 철근과 +극에 티타늄 메쉬를 연결하여 철근의 전위를 부식전위 이하로 낮추어 줌으로써 부식을 방지하게 된다.

3.2. 방식기법의 현장 적용성 실험

본 실험은 1차년도 실내실험의 주요실험변수에 대한 현장적용 실험으로서 일부의 실내실험과 항만현장에서의 철근 콘크리트의 실제 부식상황을 평가·분석하기 위하여 아산항 호안에서의 현장실험을 중

점적으로 수행하고 있다. 추가적으로 Zinc Spray 실험도 실내 및 현장에서 병행할 예정이고 적용될 주요방식기법은 혼화제용 철근방식제 성능평가, 전기방식기법 평가, Zinc Spray기법 평가, 피복두께에 의한 방식성능 평가등을 수행하고 있다.

일반적으로 해양환경에서 철근의 부식에 가장 큰 영향을 미치는 곳은 조수간만대(Tidal Zone)와 비발대(Splash Zone)이다. 본 실험의 경우에는 해양환경 전체를 모델하기 위하여 각각의 조건 즉, 조수간만대 비발대 및 대기중(Atmospheric Zone)에 각각 시편을 거치하여 철근의 부식정도를 파악하고 있다. 그림 5와 같은 현장시험체(700×150×200mm) 36개를 제작하여 항만현장에 그림 6과 같이 거치하였다. 현장시험체의 실험변수는 표 2와 같다. 특히, 1차년도 실내실험에 있어서 큰 어려움으로 인식되었던 노출 철근의 부식방지를 위하여 현장시험체의 철근끝단을 특수 방수코팅으로 제작하여 이 문제점을 해결하였다. 또한, 전기방식기법의 현장적용을 위하여 그림 6 및 그림 7과 같이 전원이 공급되지 않는 아산만 방파제현장에 태양발전장치 및 전기방식조절장치를 설치하였다.

표 2 현장시험체 실험변수

구분	압축강도	철근직경	철근갯개	수량	
기준시험체	280kgf/cm ²	D19	2cm	3	
방청제	A사	280kgf/cm ²	D19	1,2cm	6
	B사	280kgf/cm ²	D19	1,2cm	6
Zinc Spray	280kgf/cm ²	D19	1,2,3,4cm	12	
전기방식	280kgf/cm ²	D19	2cm	9	
계				36개	

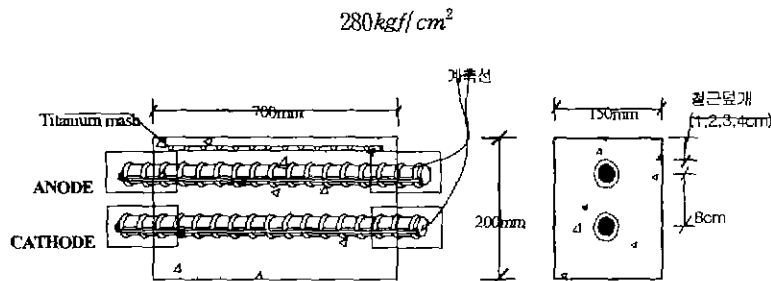


그림 5 현장시험체 형상도

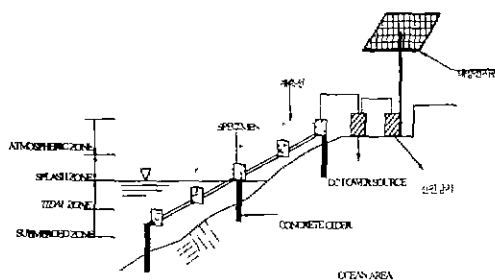


그림 6 현장시험체 거치조감도



그림 7 현장시험체 거치 모습

4. 연구수행결과

현재 1차년도에 제작한 실내시험체에 대한 연속적인 연구와 함께 2차년도 현장 및 실내시험체에 대한 초기 측정이 이루어지고 있다. 다음은 현재까지 진행중인 1차년도 실내 전기방식시험체 부식도를 보여주고 있다.

부식속도 측정방법인 3LP Method 와 부식 Potential 측정방법인 Half-Cell Method에 의해 철근부식도를 평가하였다.

4.1. 실내 전기방식시험체 측정결과

3LP 계측결과(그림 10, 11) 방식전류에 의해 Corrosion Rate는 비교적 높은 값을 보이지만, 초기계측값 범위인 0.5~4 mA/SQ.FT.에서 큰 변화를 나타내지 않고 있다. 이 측정값은 부식속도를 결정하는 3LP평가방법에 의해 2~10년 사이에 철근부식에 의한 피해가 예상되는 수치이다. 하지만, 전기방식을 위하여 가해주는 100mv의 복극전위에 의한 영향이라고 사료된다. 또한, 초기계측값 범위에서 큰 변화를 보이고 있지 않으므로 아직 철근부식에 의한 피해가 예상되지 않는다. 이러한 결과도출은 Half-Cell 측정결과(그림 12,13)에서도 잘 나타나고 있다. 실험변수별 각 시험체의 Corrosion Potential 은 -200 ~ -400mv 범위내에서 유동적인 값들을 나타내고 있다. 이 결과 역시 방식전류에 의해 아직 까지 시간에 따른 철근 부식발생은 없는 것으로 판단되며 철근부식발생 가능성이 보이지 않고 있다. 철근부식도 측정은 장시간을 요하므로 지속적인 연구와 분석을 수행할 예정이다. 다음 그래프들은 주요 시험체에 대한 계측결과들이며 실험변수별 시험체 구분내용은 표 3과 같다.

표 3 실험변수별 시험체명 설정

구분	내용	비고
NR	None Crack	NR-CD02(기준시험체)
CR	Crack	CR-W015(기준시험체)
CD	Cover Depth	CD02(철근덮개 2cm)
SD	Steel Diameter	SD19(D19철근)
CS	Compressive Strength	CS280(280강도)
W	Crack Width	W015(균열폭 0.15)

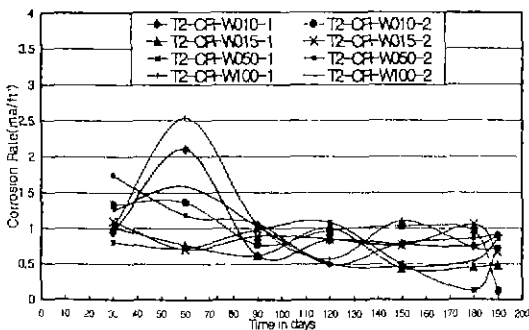


그림 8 균열시험체 3LP 계측

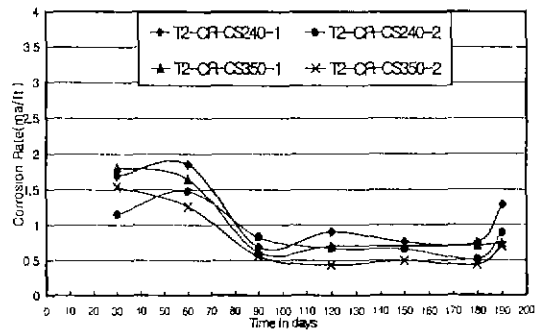


그림 9 압축강도시험체 3LP 계측

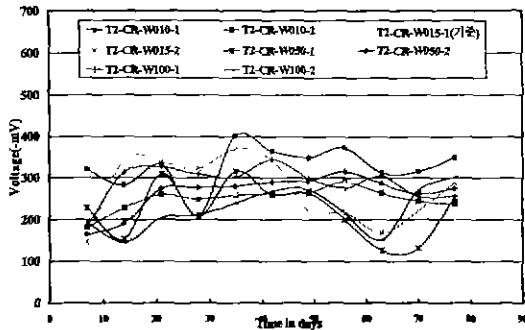


그림 10 균열시험체 Half-Cell 계측

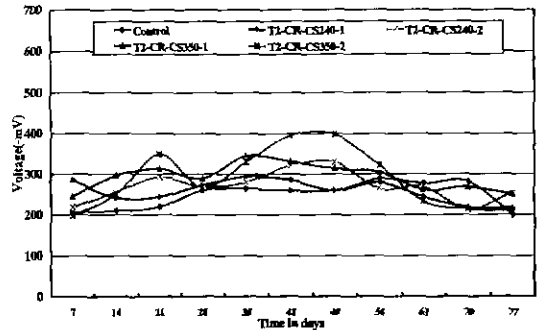


그림 11 압축강도 시험체 Half-Cell 계측

4.2. 현장시험체 연구결과

현장시험체도 실내실험과 동일한 3LP Method, Half-Cell Method 및 Current Method 측정방법을 사용하였다. 2차년도 현장시험체는 제작·거치 등 사전준비에 많은 시간이 요구되어 주요연구결과는 아직 도출되지 않고 있다. 현장시험체의 초기계측값 역시 실내시험체의 초기값과 유사한 경향을 보이고 있다. 현장시험체는 실제 구조물과 같은 극심한 부식환경에 노출되어 있으므로 실내보다 빠른 결과도 출몰 기대하고 있다. 또한, 각 방식공법에 따른 현장적용성 및 철근 부식방지 효과를 비교·분석할 수 있을것으로 판단된다.

5. 결론

실내 및 현장실험 모두 극심한 부식환경에 노출되어 있으나 연구기간이 너무 단기간이라 아직 철근 부식은 감지되고 있지 않다. 본 연구와 실험에 있어서 부식환경 설정 및 계측에 많은 어려움을 겪고 있으나 콘크리트 철근부식 평가는 장기간을 요하므로 지속적인 연구와 분석을 수행할 예정이다. 철근 부식에 대한 본 연구결과는 염해환경하의 철근콘크리트 구조물의 적절한 방식기법 및 활용성을 제시할 수 있으리라 생각된다. 또한, 전기방식법, Zinc Spray기법등은 방식공법의 국내 기술확보와 철근 콘크리트 구조물의 내구성 향상 및 유지 관리비 절감에 큰 발전을 기대할 수 있으리라 사료된다.

감사의 글

본 연구는 한국표준과학연구원 공동연구로 진행되고 있으며, 과학기술부 과제인 “인위재해방재기술개발사업”(과제번호 98-ND-03-04-A-01)의 일환으로 수행되고 있습니다. 이 지원에 감사드립니다.

참고 문헌

- [1] 정영수, “방식제를 사용한 철근 콘크리트의 철근 부식에 관한 실험적 연구”, 콘크리트학회지, 1997년 12월호
- [2] 정영수, “철근 콘크리트 시험편의 철근방식에 관한 측정법”, 한국콘크리트학회 논문집. 제 9권 제2호, 1997.11. pp281-286
- [3] Peter H. Emmons, “Concrete Reinforcement Corrosion”, (Training Course Notes of Colebrand/UK)
- [4] 이종득, “철근부식진단”, 일광, 1996.