

비말대 거치 철근콘크리트 시험체의 철근부식에 관한 연구

Experimental Research for Steel Corrosion of Reinforced Concrete Specimens in the Splash Zone

이상국* 류금성** 정영수*** 유환구**** 김국한*****
Lee, Sang Kuk Ryu, Gum Sung Chung, Young Soo Yu, Hwan Gu Kim, Kook Han

Abstract

Reinforced concrete is in general known as high durability construction material under normal environments due to strong alkalinity of cement. Marine concrete specimens in the tidal and the splash zone at seashore have been exposed to cyclic wet and dry saltwaters which cause to accelerate corrosion of reinforcing steel in concrete. If corrosion resistance of concrete gets to weaken due to carbonations and cracks in cover concrete, furthermore, concrete durability rapidly decreases by the corrosion of reinforcement steel embedded in concrete.

The objective of this study is to develop appropriate corrosion protection systems of marine concrete so as to enhance the durability of concrete by establishing pertinent cover depth of concrete and by using corrosion inhibitors as concrete admixtures.

1. 서론

본 연구는 해안·항만 콘크리트 구조물에 매입되는 철근의 내부식 성능을 향상시키기 위하여 개발된 각종 철근 방식재료의 성능을 평가하면서 적절한 철근방식 기법을 개발하는 것이다. 현장적용 부분에 관한 연구는 보 시험체에 대한 해수간헐침투되는 자연환경을 Simulation하기 위해 수행하고 있는 실내실험에 대한 현장적용과의 부식거동에 있어서의 차이를 파악하고 비교·평가하고자 한다. 현재 실내 시험은 108개의 각종 변수별 시험체를 특수제작한 시험틀과 해수순환장치를 이용하여 현장의 환경을 최대한 simulation하고 Datalogger를 이용하여 자동으로 데이터를 수집하는 방식으로 제작하고 있다. 정확한 실내실험 Data를 얻기 위하여 현장실험용 시험체를 방청제 종류별로 항만에 거치시키어 실내 실험과 비교하고자 한다.

2. 연구수행내용

* 비회원, 중앙대학교 대학원 토목환경공학과 석사과정

** 정회원, 한국건설기술연구원 토목연구부

*** 정회원, 중앙대학교 건설대학 토목공학과 교수

**** 정회원, 한국도로공사 도로연구소 연구원

***** 정회원, 한국도로공사 도로연구소 책임연구원

본 연구는 실내부식 실험을 바탕으로 항만현장 침투환경하에서의 철근콘크리트의 실제의 부식상황을 평가·분석하기 위하여 양생된 시험체는 염해환경 노출조건에 따른 철근 부식정도를 평가하기 위해 아산항 현장의 호안의 Tidal Zone, Splash Zone 및 Above Highwater Zone에 각 변수의 시험체를 2개씩 거치하였다. 또한 시험체의 Anode 부분의 매입철근의 부식을 촉진하기 위하여, Notch를 횡 및 종방향으로 주어 철근뒹개를 달리하였다. 철근 부식의 정량적 측정방법은 Half-Cell Method, Linear Polarization Resistance Method을 사용하여 Anode 철근의 부식정도를 측정할 계획이다. 또한 이들 측정결과는 적정 기간에 측정한 시험체의 Chloride성분과 비교하고, 부식실험 종료후 철근표면에 발생한 부식면적 및 무게변화등을 측정하고자 한다.

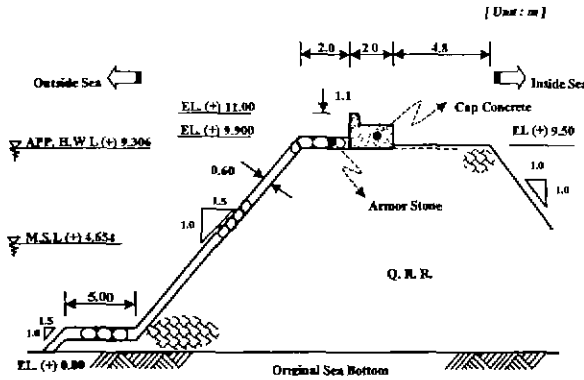


그림 1 현장 시험체 거치 호안도

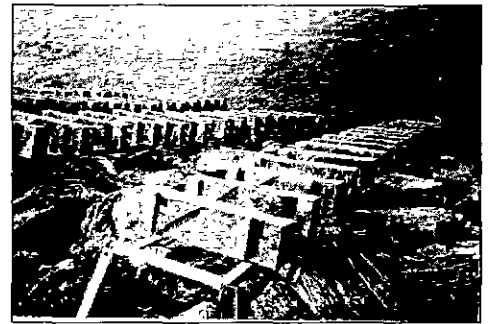


사진 1 현장 시험체 거치

2.1 배합실험

시험체의 총 수량은 72개로서 기준 설계압축강도 280kgf/cm^2 의 시험체는 동일한 배합조건하에 시험체를 제작하기 위하여 Remicon을 사용하였다. 그리고 압축강도 약 240kgf/cm^2 , 350kgf/cm^2 및 방청제의 시험체들은 실내에서 배합제작하였다. Control시험체는 철근뒹개를 2cm, 압축강도 280kgf/cm^2 , 철근직경은 D25로 하였으며 사용된 시험체의 변수는 철근직경(D19, D32)과 압축강도 (240kgf/cm^2 , 350kgf/cm^2), 철근뒹개(2, 4, 6, 8cm), 방청제(J社, G社), Notch 형태(중, 횡방향)별로 구분하였다. 아래의 표1은 배합비, 압축강도 및 공기량 실험결과이다.

표 2. 시험체의 배합비 및 압축강도

설계강도 (kgf/cm^2)	W/C (%)	S/a (%)	물 (kg)	시멘트 (kg)	잔골재 (kg)	굵은골재 (kg)	압축강도 (kgf/cm^2)	공기량 (%)
210	55.4	39	193	384	669	1109.7	247	4.0
280	47.1	46	187	365	778	951	375	4.5
350	41.1	49	165	401	812	913	389	4.5

2.2 시험체 제작

표 4 항만시험체 실험변수

구분	변				수				
	Notch 방향	Notch 폭	Notch 깊이	철근덮개	철근직경	에폭시코팅/ 방청제	강도		
NTL/D1.0	종	3mm	1cm	3cm	D25	NOT	280 kg/cm ²		
NTT/D1.0	횡		2cm	2cm					
NTL/D2.0	종								
NTT/D2.0	횡								
NTL/D3.0	종		3cm	1cm					
NTT/D3.0	횡								
NTL-SD19	종	2cm	2cm	D19					
NTL-SD32	종			D32					
WON-CT2	NOT			2cm	D25			NOT	280 kg/cm ²
WON-CT4	NOT			4cm					
WON-CT6	NOT			6cm					
WON-CT8	NOT			8cm					
NTL-CS240	종	3mm	2cm	2cm	D25	Coated/ Scratched	240 kg/cm ²		
NTL-CS350	종						350 kg/cm ²		
NTL-EPC _ESC	종						280 kg/cm ²		
NTL-A,D	종						방청제		
총시험체수량	총72개								

염화물 침투 환경하에서 철근덮개에 따른 철근의 부식정도를 검토하기 위한 시험체는 휨부재를 고려하여 Control시험체의 크기는 700×150×200mm로 제작하여, 양극(Anode) 및 음극(Cathode)에는 철근 D25를 사용하였다. 콘크리트 타설 전에 철근을 거푸집외부로 뽑아 놓은 후 타설 후에 Anode철근과 Cathode철근에 각각 리드선을 연결하여 Marco 및 Micro부식측정을 용이하게 하였다. 시험체의 철근 덮개를 변화시키기 위하여 Anode 상단 콘크리트에 그라인더로 종방향 및 횡방향으로 Notch를 주었으며, 특히 Anode 철근은 철근 부식을 촉진시키기 위하여 중앙부위 15cm를 제외한 전 부분을 Epoxy로 Coating처리하여 중간부위에 철근 부식이 집중되도록 하였다. 아래의 그림 2-3는 철근의 부식 전류 계측도 및 Notch 형태이다.

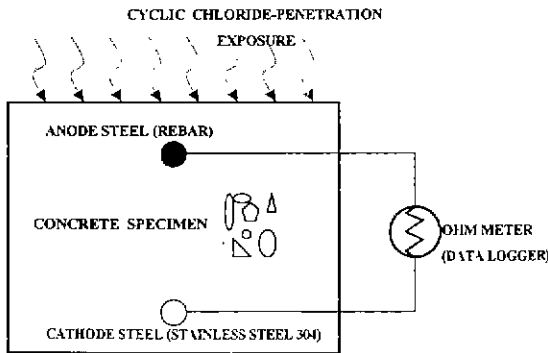


그림 2 철근의 부식전류 계측도

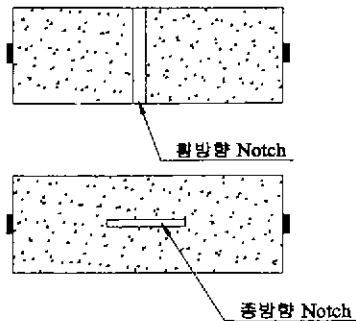


그림 3 Notch Pattern

3. 부식도 계측

본 실험에서는 시험체에 대해 Half-Cell Method 및 Linear Polarization Resistance Method의 방법으로 측정하고 있다. 철근 부식 Data는 Stern-Geary 방정식과 Faraday's Law를 이용하여 철근의 부식정도를 평가 하고자 한다.

부식측정에 있어 Linear Polarization Resistance Method(3LP)과 Half-Cell Method는 전해질의 영향을 크게 받지 않으나 Current Method는 전해질의 역할이 매우 커서 현장에서의 계측이 사실상 불가능하다 할 수 있다. 또한 3LP측정법은 현장적용에 맞게 구성이 되어 있어 장시간의 측정을 요구한다 할 수 있다. Half-Cell Method는 측정값의 범위가 상당히 넓어 현장적용에 맞게 구성되어져 있다. 따라서 현측정방법을 지속하되 보다 나은 측정방법을 간구하여 현장시험체의 보다 정확하고 다양한 측정이 이루어져야 할 것이다.

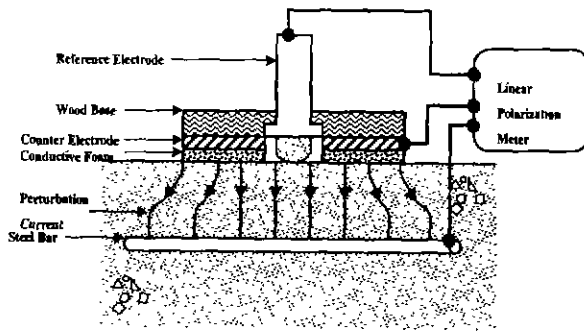


그림 4. 3LP 장비개념도

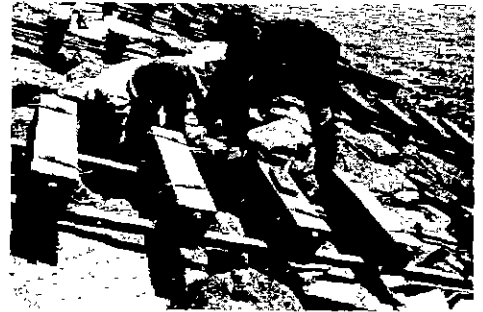


사진 2 3LP 현장 측정모습

4. 결과분석 및 연구평가

약 30주정도의 측정된 결과로 부식속도 I_{corr} 값의 변화는 크게 나타나질 않았다. 또한 Half-Cell의 결과에서도 또한 큰 변화를 얻지 못하고 있다. 이는 Control시험체의 최소 철근덮개가 2cm임을 가만한다면 아직까지는 계측결과를 기대하기 어려운 시점이라 볼 수 있으며 장기간의 측정이 필요할 것이라 판단되어진다. 각 Zone별 동일 변수의 부식도 측정에서 나타난 결과 Splash Zone에서의 부식속도가 커야 함에도 불구하고 다른 Zone의 부식속도와 큰 차이를 보이 질 않는 이유는 계측값 자체가 1~2년 사이에 그 값의 변화를 볼 수 없다는 단점을 지니고 있어 현재까지는 그 변화를 알 수 없는 것이라 할 수 있을 것이다. 동일 Zone에서의 각종 변수들의 부식속도값의 변화도 크게 변화를 나타내질 않고 있다. 그림 7은 Splash Zone에서의 철근 덮개에 따른 I_{corr} 의 변화를 나타내고 있는데 대부분의 시험체가 초기값과 큰 차이가 없이 변화하고 있다. 그림 8은 Splash Zone에서의 에폭시 코팅유무에 따른 I_{corr} 의 변화를 나타내고 있다. 이 또한 큰변화를 나타내지 않고있으며 예상되는 결과는 비록 장기간의 측정이 필요하긴 하지만 Splash Zone의 시험체들이 산소의 공급과 염분침투의 규칙적인 반복에 의해 가장먼저 부식의 조짐을 보일 것이며 Tidal Zone과 Atmosphere Zone의 시험체들은 차츰 부식의 조짐을 보일 것이다.

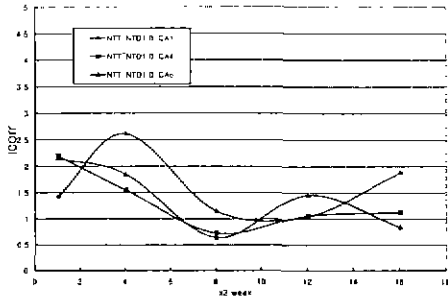


그림 5 철근덮개 30cm시험체의 각Zone별 부식속도 (Notch방향 종방향)

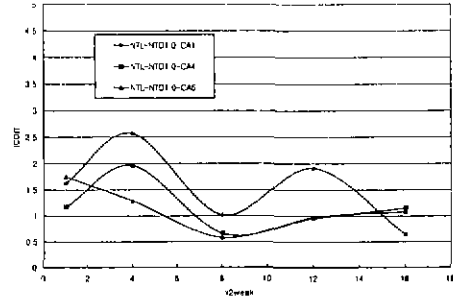


그림 6 철근덮개 3cm시험체의 각 Zone별 부식속도 (Notch방향 횡방향)

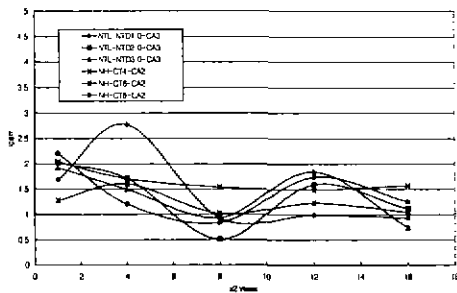


그림 7 동일Zone에서 철근덮개에따른 부식속도

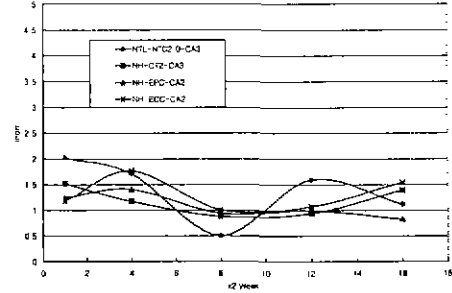


그림 8 동일Zone에서 에폭시코팅 유무에따른 부식속도

5. 결론 및 실험상의 문제점

현장적용실험에 있어서 실내실험과는 달리 여러 주위요건에 의한 부식인자의 다양성에 의해서 실내실험 결과의 비교평가에 있어서 많은 어려움이 수반되고 있다. 장기간을 요하는 철근부식실험으로 현장실험 결과가 아직까지는 변수별 특성에 관련되어 그 변화값을 알 수는 없지만 설치된 해안에 있어서 실내 실험과는 달리 완전히 침수되고 건조되는 과정에서 침수시 시험체가 받는 수압에 의하여 염화물의 침투요소가 증대되어 부식이 실내실험보다 더욱더 가속화 될 것으로 예상된다. 그러한 결과를 통하여 실내실험결과의 평가에 있어서 여러 가지 조건을 고려한 신중한 비교 및 평가가 요구된다고 본다.

해양·해안 구조물은 주기적으로 염분에 노출되고 있는 비말대 구간에서 콘크리트에 매입된 철근은 염소이온에 의한 부식 가능성이 매우 크다. 전위 및 부식전류측정법에 의한 콘크리트 구조물의 철근의 부식 실험은 장시간의 실험기간을 요구하는 것이 통상적이다. 즉, 해안에 거치되어있는 시험체의 보호분재와 기상이변으로인한 시험체의 파손등을 심각히 검토하여야 하며 실제 자연조건에 노출되어 있는 시험체이므로 부식정도의 평가·판단시 염해에 의한 부식뿐만아니라 그 이외의 자연조건들의 변수를 고려하여 판단해야 할 것이다.

감사의글

본 연구는 한국도로공사 연구과제의 지원으로 진행되고 있으며, 과기부 국책과제인 "인위재해방재기술 개발사업"의 일환으로 수행되고 있습니다. 이 지원에 감사드립니다.

참고문헌

- 1) 정영수, "철근 콘크리트 시험편의 철근방식에 관한 측정법", 한국 콘크리트학회 논문집. 제 9권 제2호, 1997.11, pp281-286
- 2) Peter H.Emmons, "Concrete Reinforcement Corrosion", (Training Course Notes of Colebrand/UK)
- 3) Donald W, Pfeifer J. Robert Landgren and Alexander Zoob, "Protective Systems for New Prestressed and Substructure Concrete", 1987.4
- 4) 李鐘得, "철근부식진단" 도서출판 일광 vol 3.
- 5) J.W. Jang and I, Iwasaki, "Rebar corrosion Under Simulated Concrete Conditions Using Galvanic Current Measurements," Corrosion Engineering, Vol.47, No.11,1991