해수간헐침투되는 철근콘크리트의 부식도 평가

Corrosion Level of RC Concrete Specimen Intermittently Attacked by Sea Water

정철희*	정영수**	최응규***	원종필****
Jung, Chul Hee	Chung, Young Soo	Choi, Eung Kyu	Won, Jong Pil

Abstract

Recently, massive concrete structures exposed to salt from ocean marine environments, or from winter deicing.

The corrosion caused by chloride-penetration may affect severely the durability and service life of such a concrete structures. Thus, it is necessary to develop durable concrete to enhance the corrosion resistance.

In this study, we investigate the usage of adequate corrosion-protection materials in order to reduce permeability-coefficient of concrete and method of enhancing the durability of concrete structures using by penetrating corrosion-protection materials.

1. 서 론

해양 · 항만구조물에 간헐침투되는 해수 및 교량등의 사회간접시설에 동기철에 지속적으로 살포되고 있는 제설제의 사용으로 균열 등을 통하여 침투된 콘크리트 내부의 염분량은 철근의 부식을 촉진하고 있는 실정이다. 이러한 철근부식은 철근의 부피팽창을 초래하여 피복 콘크리트의 파손으로 나타나게 된다. 따라서 본 연구에서는 해수간헐침투되는 자연환경을 Simulation 하기 위하여 Timer가 설치된 실험틀을 설계하여 특수제작하였으며, 각종 방식재를 혼합한 시험체를 거치하여 15% 염농액을 시험체에 순환분무시키었다. 이후의 연구에서는 철근 콘크리트 구조물의 매입철근의 내부식 성능을 향상시키기 위하여 개발한 각종 방식재료의 성능평가후 새로운 방식기법을 도입할 예정이다. 한편, 별

* 중앙대학교 토목공학과 대학원

** 중앙대학교 토목공학과 교수

*** 삼성물산 건설부문 기술연구소 수석연구원

**** 삼성물산 건설부문 기술연구소 선임연구원

도 제작된 시험체를 실제로 항만현장에 거치하여 철근의 부식정도에 관한 실내실험 결과와 현장실험 결과를 비교분석하여 각 방식재별 성능을 평가할 예정이다.

2. 연구수행내용

본 연구는 시험체의 규격 및 계측방법의 확정을 위하여 다음과 같은 실험을 2회로 구분하여 수행하였다.

2.1 제 1 차 Pilot Test

① 배합실험

실험에 필요한 시험체는 총 7배치(1 배치당 시험체 2개)로서 총 시험체는 14개를 제작하였으며, 1차 Pilot Test에 사용된 방식재는 6종류로서 CSA 시멘트, 실리카 흄, 왕겨, Latex, Phoenix-CIR, MCI-2005이었다. 사용된 굵은 골재는 경기도 안성지역의 쇄석골재(13mm)를, 잔골재는 경기도 평택항지역의 해사를 사용하였으며, 사용된 cement는 동양시멘트 제품을 사용하였다. 사용된 배합비 및 압축강도 결과는 표 1와 같다.

표 1 제1차 Pilot Test용 배합비 및 압축강도 결과

시험체 종류	단위량(kg/m³)					슬럼프	공기량	압축강도(kgf/cm²)		
	W	C	방식재	S	G	(cm)	(%)	7일	14일	28일
1	205	359.6	-	744.6	958.6	15.5	4.1	281	350	365
2	205	323.64	35.96 (CSA)	743.4	957.1	21.1	4.7	269	338	326
3	205	305.66	53.94 (실리카흄)	736.1	947.7	4.2	4.8	260	349	348
4	205	323.64	35.96 (왕겨)	737.7	949.7	6.8	1.7	291	374	381
5	205	359.6	LATEX (KSL203) (시멘트량의 5%)	744.6	958.6	21.1	6.8	263	330	341
6	205	359.6	Phoenix CIR(3 ℓ/m³)	744.6	958.6	19.5	5.5	271	329	337
7	205	359.6	MCI 2005 (0.7 ℓ/m³)	744.6	958.6	20.5	4.8	276	355	353

※ 배합시 물/결합재비와 잔골재율은 각각 57%, 44%로 일정하게 유지하였으며, 감수제와 AE제는 각각 0.3%, 0.01%를 사용하였다.

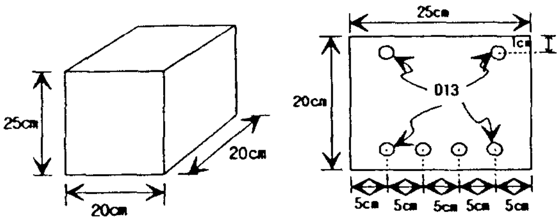

그림 1 시험체의 개략도 (제1차 Test)

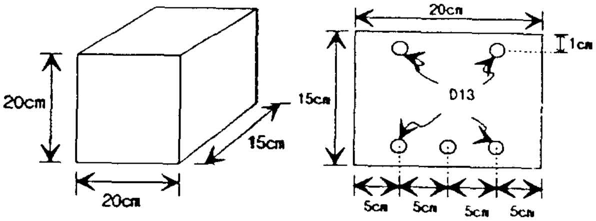

그림 2 시험체의 개략도 (제2차 Test)

2.2 제 2 차 Pilot Test

① 배합실험

본 실험에서는 제 1 차 Pilot Test와는 달리 부식촉진, 운반 및 거치의 편의를 위해 시험체의 칫수 및 철근의 개수를 감소시켰으며, 철근의 양단도 공시체 안으로 매입시켰다.

표 2 방식재 종류에 따른 콘크리트 배합표

방식재 종류	물-시멘트비 (%)	공기량 (%)	슬럼프 (cm)	단위량 (kg/m³)						압축 강도	
				물	시멘트	잔골재	굵은골재	혼화재료		7일 강도 (kgf/cm²)	28일 강도 (kgf/cm²)
								방식재	AE 감수제 (C×0.3%)		
무처리	60	5.5	13.0	172	285	788	1,019	-	0.855	86	142
	50	5.2	15.0	172	343	735	1,024	-	1.029	145	206
CSA 시멘트 (C×10%)	60	5.4	16.0	172	256.5	788	1,019	28.5	0.855	107	145
	50	5.0	17.0	172	308.7	735	1,024	34.3	1.029	173	237
왕겨재 (C×10%)	60	5.8	12.0	172	256.5	788	1,019	28.5	0.855	100	148
	50	5.5	10.0	172	308.7	735	1,024	34.3	1.029	160	217
실리카흄 (C×15%)	60	5.0	12.0	172	242.25	788	1,019	42.75	0.855	94	150
	50	4.8	12.0	172	291.55	735	1,024	51.45	1.029	152	228
Latex (C×10%)	60	5.6	12.0	172	270.75	788	1,019	14.25	0.855	79	113
	50	5.4	12.5	172	325.85	735	1,024	17.15	1.029	92	151
Sika Ferrogard(2.5 kg/m³)	60	5.5	11.5	172	285	788	1,019	2.5	0.855	62	92
	50	5.0	12.0	172	343	735	1,024	2.5	1.029	86	127
MCI 2005 (1.0 ℓ/m³)	60	6.0	12.0	172	285	788	1,019	1.0	0.855	83	118
	50	5.6	12.0	172	343	735	1,024	1.0	1.029	96	156
Phoenix-CIR	60	6.2	12.5	172	285	788	1,019	3.0	0.855	56	93
	50	5.8	13.0	172	343	735	1,024	3.0	1.029	95	146
도포제	60	5.5	13.0	172	285	788	1,019	-	0.855	86	124
	60	5.5	12.0	172	285	788	1,019	-	0.855	86	124
	60	5.5	12.0	172	285	788	1,019	-	0.855	86	124
고강도	33.3	1.8	20.8	166.5	500	702	1,008	-	(C×2%) 10.0 (고성능 감수제)	375	441

제2차 Pilot Test에 사용된 시험체는 1차분으로 총 20배치(1 배치당 시험체 3개), 즉 총 60개 시험체를 제작하였다. 이에 사용된 방식재로는 표 2에 나타냈듯이 CSA시멘트, 왕겨재, 실리카 흄, Latex, Phoenix-CIR, 도포제를 사용하였고, 무처리 및 고강도용으로 별도의 시험체를 제작하였다.

② 부식도 측정 실험개요

콘크리트에 묻힌 철근의 부식은 콘크리트 구조물의 내구성을 저하시키는 주요 열화현상의 하나이다. 또한, 콘크리트에 매입된 철근은 수산화 산화철의 형성에 따른 미세한 부동태 피막은 추가적인 부식을 억제하는 기능이 있어 일반적으로 콘크리트내의 철근은 부식이 발생하지 않는다. 그러나 콘크리트내 염소이온이 존재하거나, 농도가 증가하게 되면 이 부동태 피막은 파괴되어 철재의 부식이 촉진된다. 이때 한계 염소이온 농도, 즉 부식 임계값에 대해서는 논란이 많으나, 콘크리트 중량비로 염소이온 농도가 0.45 kg/m^3 이상이 되면 부식이 발생될 확률이 급격히 증가한다는 연구결과가 있다. 본 연구에서는 염해로부터 철근방식대책에 대한 외국에서의 개발실적과 실용화 단계에 있는 연구결과를 참조하여 전위차를 이용한 매입철근의 내부식성능을 평가하였다.

본 실험에 사용된 실험틀은 실험틀 위에 시험체를 올려놓고, 시험체에 접착시킨 물흐름장치에 의해 차례대로 시험체위에 해수가 떨어져 월류하게끔 만들고, 바닥에 놓인 집수정으로 모인 해수는 pumping되어 다시 위로 올라가서 계속해서 circulation되며, Timer에 의해 해수가 순환되는 시간을 조절할 수 있게끔 특수제작하였다. 또한, 각 시험체에서 나오는 2종의 전선을 TDS-301 장치에 각

각 연결하여 일정한 interval을 주어 그 때마다 check 되는 전위차를 측정하여 시험체에 매입된 철근의 내부식성능을 check하였다. 실험틀의 개략도는 그림 3과 같다.

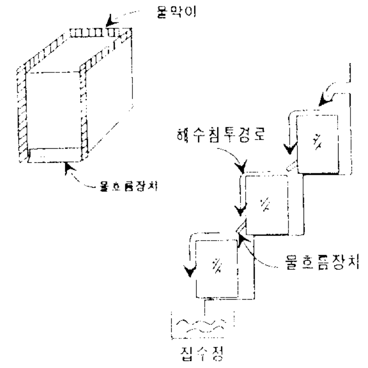

그림 3 시험체 및 실험틀의 개략도

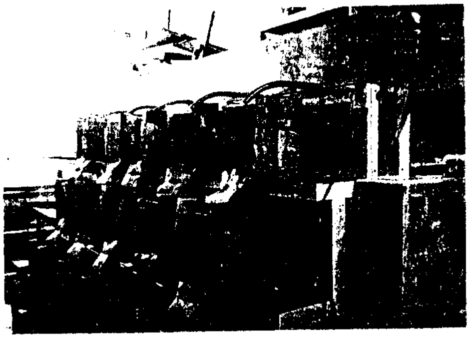

사진 1 시험체가 거치된 실험틀

2.3 Main Test 개요

본 실험에서는 Pilot Test와는 달리 부식촉진등을 위하여 물/결합재비를 증가시킬 것이며 부식도 측정실험은 제 2 차 Pilot Test와 같이 총 20종류의 배합비에 따른 60개의 시험체를 제작할 계획이다. 시험체 제작시 제 2 차 Pilot Test와 같은 방식재를 사용하여 배합하여 부식도 측정결과를 상호비교 · 연구할 것이며 필요시 방식재의 종류는 추가하여 각각의 철근의 내부식 방식재의 성능을 비교 · 평가할 것이다.

3. 실험결과

3.1 1차 Pilot Test

본 시험의 목적은 적절한 압축강도를 갖는 배합비를 구하고자 하는 것이며, 1차 Pilot Test를 위하여 철근부식시험체를 25cm×20cm×20cm의 크기의 직육면체로 제작하였으나 시험체의 크기가 다소 큰 관계로 운반 및 실험틀에 거치가 용이하지 못하였고 시험체 양단의 철근의 돌출로 인한 실험결과에 미치는 영향을 고려하여 이후에는 시험체의 칫수 및 철근의 수량을 감소시키고 철근의 양단을 매입시키는 방안을 강구하였다. 즉 철근이 시험체 밖으로 노출된 관계로 매입철근의 정확한 부식정도의 측정에 많은 어려움이 수반되었으며 철근이 시험체 콘크리트 내부에 완전히 매입되는 것이 바람직할 것으로 평가하였다.

3.2 2차 Pilot Test

다음의 Graph는 시험체 번호 MC1-2, MC2-1, SF1-2, PC1-2로서 각각 방식재 MCI2005, 실리카 흄, Phoenix CIR을 사용한 시험체의 철근의 진행중인 부식도 평가결과로서 아직도 부식의 정도가 작은 것으로 평가된다.

아래의 Graph는 측정결과값을 log-회귀를 통하여 그 추세선을 도시한 것이다. 회귀식은 Graph상에서 표현되었다.

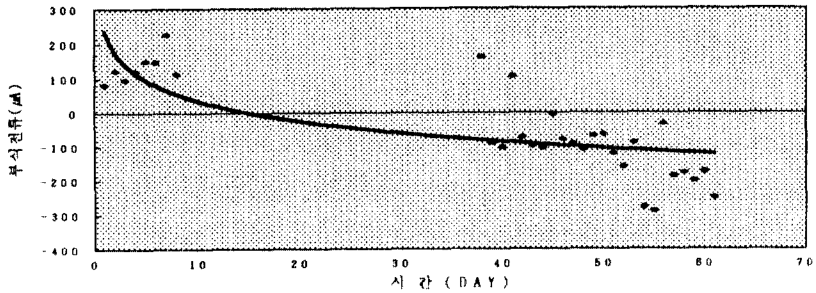

그림 4 MC1-2 시험체의 결과

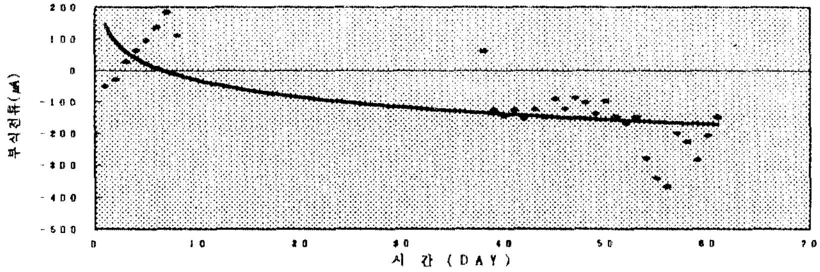

그림 5 MC2-1 시험체의 결과

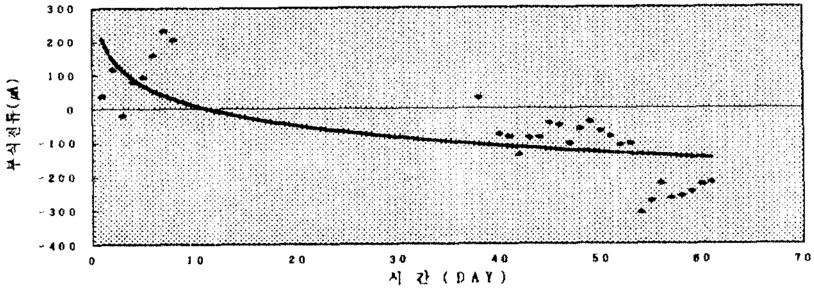

그림 6 SF1-2 시험체의 결과

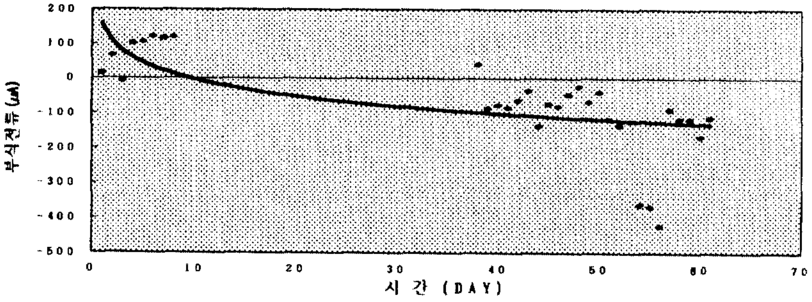

그림 7 PC1-2 시험체의 결과

4. 결론 및 추후 연구과제

전위 및 전류측정법에 의한 콘크리트 구조물의 철근의 부식실험은 장시간의 실험기간을 요구하는 것이 통상적이다. 즉 실험틀의 제작, 시험체의 규격, 부식측정법의 확정등 해결해야 할 많은 난제를 안

고 있다. 본 연구에서는 15%염농액을 생성시키어 철근의 부식을 촉진하여 부식전류값이 약 250μA까지 발생한 예비시험체가 조사되었으나 측정된 철근의 부식도가 평가대상의 값인지는 아직 확정시키지 못한 실정이다. 물론 계속적으로 실험을 수행하고 있지만 많은 시간을 요구하리라 판단되며, 또한 장기적인 실험에 의한 결과값들이 신뢰성 있는 Data로 생각되며 이를 근거로 합리적인 철근방식기법을 도출할수 있으리라 생각된다. 한편, 시행착오를 거치면서 실험틀 제작에 성공하여 이제부터는 내부식성능 즉 철근의 부식도 평가 등을 수행하는 과업이 진행될 것이며 실험은 다소 가속화되어 진행될 수 있으리라 판단된다.

● 참고문헌 ●

1. Donald W. Pfeifer, J. Robert Landgren and Alexander Zoob, "Protective Systems for New Prestressed and Substructure Concrete", 1987. 4
2. Peter Pullar-Strecker, "Concrete Reinforcement Corrosion", (Training Course Notes of Colebrand/UK)
3. Peter H. Emmons, "Concrete Repair and Maintenance Illustrated", pp. 1-19
4. 李鐘得, "철근부식 진단" 도서출판 일광, vol3.