

콘크리트내 철근의 전기방식과 리모트 모니터링 시스템의 활용에 관한 연구

Cathodic Protection Test and Feasibility Study on
Remote Monitoring System of Concrete Structure



권기주*

Kwon, Ki-Joo



서용표**

Suh, Yong-Pyo



이경진**

Lee, Kyung-Jin



이장화***

Lee, Jang-Hwa



민병렬***

Min, Byung-Yeol



이문환****

Lee, Mun-Hwan

ABSTRACT

The specimens similar in size to the actual structure were fabricated to carry out an anti-corrosive test of rebars in concrete and chlorides were contented in the specimen at a time of fabricating. Then, the degree of corrosion of rebars in the specimen introducing the cathodic protection system and ordinary one was compared and analyzed.

Cathodic protection is a proven, cost-effective method for protecting corrosion of rebar in concrete members. The anode is used to distribute protective current to reinforcing bar. The mesh type of titanium(non-consumptive anodic mesh) is used in the specimen of test.

Remote monitoring system is used to collect, store, and transmit data from each zone of a cathodic protection system. This study evaluates system performance and provides information on the need for system readjustment.

Keywords : Cathodic Protection, Remote Monitoring System Reinforcement Steel Corrosion

* 정회원, 전력연구원 책임연구원

** 정회원, 전력연구원 선임연구원

*** 정회원, 한국건설기술연구원 수석연구원

**** 정회원, 한국건설기술연구원 연구원

본 연구는 전력연구원과 한국건설기술연구원이 공동으로 수행한 연구의 일부임.

• 본 논문에 대한 토의를 1998년 10월 30일까지 학회로 보내주
시면 1998년 12월호에 토의회답을 게재하겠습니다.

1. 서 론

콘크리트 중의 철근부식을 방지하기 위한 전기화학적인 방법은 근본적으로 금속(철근)의 전극전위를 변화시킴으로서 콘크리트 중에서 부식을 방지하는 것이다.

해양 환경하에서 콘크리트내 철근의 방식실험은 실제 구조물에서 수행하는 것이 가장 바람직하나 실제 구조물에서의 실험은 장기간에 걸쳐 수행해야 하는 제한 조건 때문에 일반적으로 해양 부식환경을 모델링하고 이 환경조건에 따른 축소모형 실험체를 제작하여 실험을 실시하고 있다.

소형 실험체에 의한 실험실 내의 실험은 단편적인 해양부식 환경 및 실험체 조건에 따른 소기 목적을 달성할 수는 있으나, 실험체 전체적인 염화물 침투와 확산 등의 불균형에 따라 방식효과의 정확한 평가에는 다소 어려움이 있는 것으로 지적되고 있다. 따라

서 본 실험은 가급적 실제 구조체와 유사하도록 콘크리트제의 대형 패널 실험체를 제작하여 방식성능을 확인하므로써 보다 정확한 방식성능의 평가가 가능할 것으로 판단된다.

한편, 콘크리트 중의 철근부식 여부를 점검하는 경우에 사용되는 비파괴 방법의 대부분은 실제로 많은 오차를 수반할 수 있으나, 리모트 모니터링 시스템 (Remote Access Monitoring System : RAMS)은 음극전기방식의 구성상 필요한 각종 데이터와 철근의 부식 여부를 판단하기 위한 데이터를 현장과 떨어진 실내에서 간편하게 확인, 조작하는 것으로 이때 얻어지는 데이터는 구조물 유지관리상 연속성이 있으며, 대상이 되는 구조체의 외부환경조건 및 내부상태 변화에 따른 영향을 적게 받으므로 상당히 신뢰도가 높은 것으로 알려져 있다.

본 실험에서는 음극전기방식에 리모트 모니터링 시스템을 도입하여 자연전위차를 주된 평가수단으로

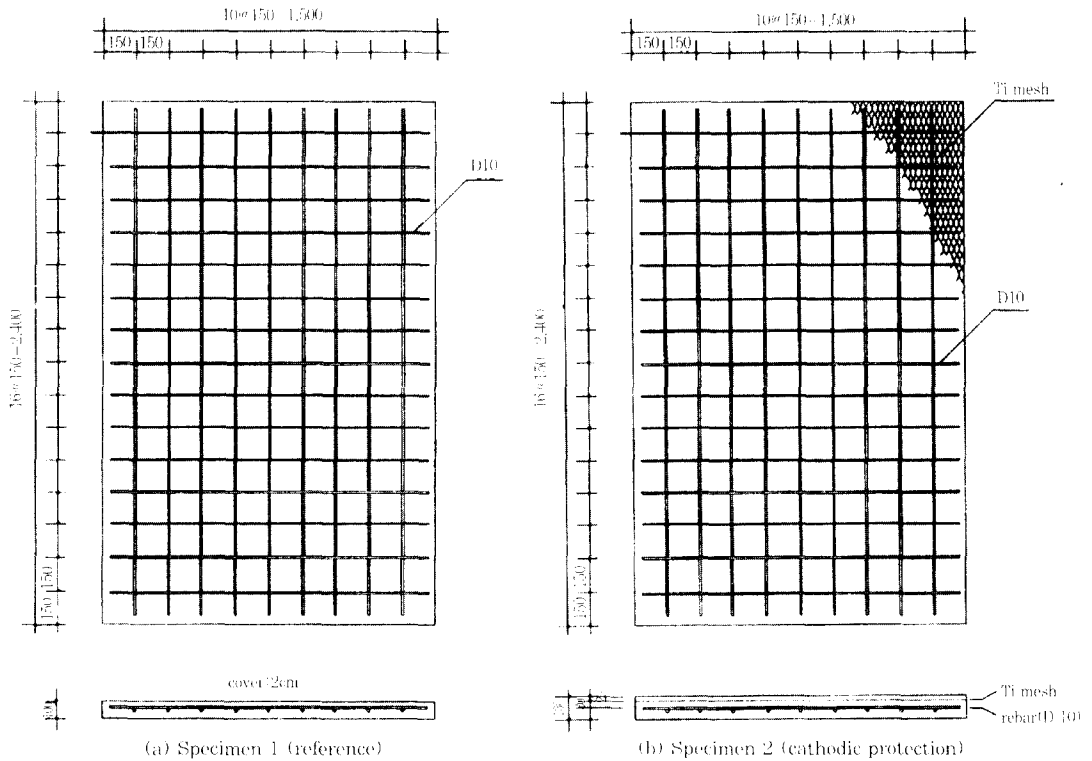


Fig. 1 Configuration and detail of specimens

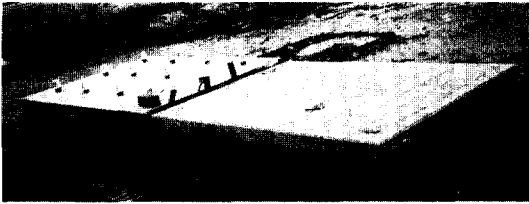


Fig. 2 Outdoor exposure of specimens

하여 방식효과를 평가하였다.

2. 실험계획 및 방법

2.1 실험체의 제작

2.1.1 콘크리트 및 철근 배근

염화물에 의한 콘크리트 내 철근의 부식 및 시간경과에 따른 부식의 진행상황과 전기적 방식(외부 전원법)에 의한 방식효과를 평가하기 위하여 Fig. 1과 같이 대형패널 실험체(1500×2400×100mm)를 2종류 제작하였다.

바탕 콘크리트는 내부에 배근된 철근이 가급적 외부환경 조건에 의해서도 부식이 촉진될 수 있도록 K 건설 PC공장에서 $\sigma_{ck} = 180\text{kg/cm}^2$ 의 저장도로 제작하였다. 이때의 콘크리트 배합표는 Table 1과 같다. 철근은 지름 10mm의 원형강을 이용하여 가로, 세로 150mm 간격으로 배근하였다.

Table 1 Mix Proportion of base concrete

compressive strength(kg/cm ²)	slump (cm)	W/C (%)	S/a (%)	unit weight-kg/m ³			superplasticizer(%)	
				water	cement	sand/gravel		
180	12	59	49	165	280	906	950	1.4 cement mass

2.1.2 실험체의 방식처리

본 실험에서 사용한 실험체의 방식처리는 철근부식의 원인이 되는 전기화학 반응을 제거하기 위하여 비소모성 양극을 철근과 접촉하지 않도록 일정간격으로 배치하여 전기적으로 연결하고, 미세 직류전기를 보내어 철근을 인위적으로 음극화 방식시키는 원리를 이용한 것이다. 이 경우 부식을 일으키는 염소이온(Cl⁻)도 대부분 양극망으로 이동하게 되어 철근은 부식상의 큰 영향을 받지 않게 된다.

한편, 방식처리를 하지 않은 실험체(실험체 1)의

철근 피복두께는 가급적 외기의 영향을 쉽게 받을 수 있도록 20mm로 하여 제작하였다. 전기방식 실험체(실험체 2)는 철근과 양극을 소정거리(30mm) 이상 이격시켜야 하는 특성상 철근과 티타늄 메쉬와의 간격을 30mm, 티타늄 메쉬의 피복(콘크리트) 두께를 20mm로 하여 비교분석 대상인 실험체 1에 피복을 10mm 보강한 후 메쉬를 설치하고 표면마감을 행한 것으로 가정하여 제작하였다.

이와 같이 피복두께를 달리하여 실험체를 제작한 결과로 콘크리트의 진습 및 산소확산 등을 억제 지연하여 실험체 중의 철근에 대해 우수한 방식구조가 되므로 양 실험체 간의 방식성능을 상호 비교하는 것은 약간의 무리가 따른다. 그러나 콘크리트 중에 염화물을 포함하고 있는 이들 실험체의 부식환경은 무엇보다 염화물에 의한 부식의 정도가 클 것으로 예상되므로 부식속도에는 영향을 미칠 수 있으나 전기방식의 적용 여부에 따른 방식성능 발현 여부는 관찰할 수 있을 것으로 기대한다. 또한, 전기방식 공법에서 추가되는 피복두께에 의한 방식성능 상승효과는 그 자체를 전기방식 공법의 고유 특성으로 보아도 좋을 것으로 판단된다. 실험체 2의 방식법은 철근의 전위를 활성방향으로 이동시킴으로써 콘크리트 중의 전해물질을 통해 방식의 효과를 얻는 음극전기방식의 일종으로, 이러한 경우에 사용되는 비소모성 양극은 여러 종류가 활용되고 있으나 본 실험에서 사용된 양극은 산화피막(촉매제) 처리된 메쉬타입의 티타늄으로 하였다.

양극과 그 촉매제의 특성은 Table 2와 같으며, 양극메쉬의 형상은 Fig. 3과 같다. 이때, 실험체의 내부상태에 따라 요구되는 전류값이 각기 다르므로 본 실험에서는 리모트 모니터링 시스템에 포함된 권선형의 가변저항기를 이용하여 양극메쉬와 철근 사이에 작용하는 전류값을 조정할 수 있도록 제작하였다. 초기 통전전위는 원래 정확한 실험을 통해 구한 콘크리트의 IR강하값을 고려하여 결정해야 하나 2~3회 공급전류의 수정으로 목표치를 구하는 것이 실용상 가능하였다. 본 연구에서 초기 통전전위는 다음의 순서에 따라 결정하였다.

1) 전류공급이 중단되고 전류 안정 상태의 최대 전극전위가 -280mV(포화황산동 전극 기준)인 점을 감안하여 이보다 약 150mV 음분극시킨 -430mV가 전

Table 2 Property of anode and catalyst

composition	Ti purity (%)	catalyst	Max current density(mA/m ²)	electric resistance(Ω /m)		service life (year)
				anode mesh	current band	
Ti anode mesh(THK:1.04mm) Ti current band(12.7mm×0.9mm)	99.495	platinous oxidized metal (chief ingredient:iridium)	150	0.027	0.013	65

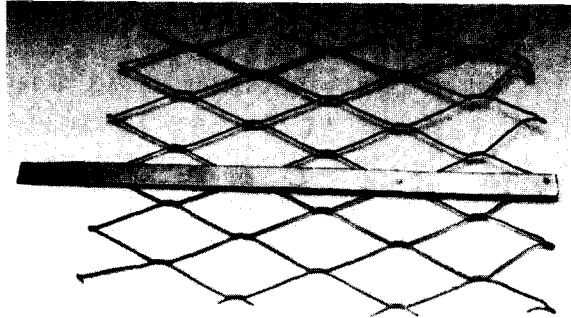


Fig. 3 Mesh anode

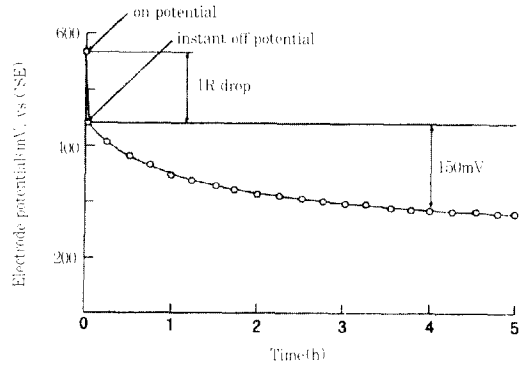


Fig. 4 Depolarization of rebar

류정지 직후의 전위(instant off potential)가 되도록 설정하였다. 이때, 분극량이 100mV 이상(통상 150mV)이면 전기방식은 그 효과를 유효하게 발휘하는 것으로 평가한다.

2) 경험적으로 결정된 방식전류를 공급하고, 일정 시간이 지난 뒤에 depolarization test를 수행하여 전류정지 직후의 전위(-430mV)와 복극량(150mV)을 확인하였다.

3) 이상의 결과를 토대로 소정의 복극량을 얻도록 공급전류를 수정하여 초기 통전전위를 구하였다. 본 실험체의 초기 통전전위와 소요방식전류는 각각 -570mV와 30mA 정도로 결정되었다(Fig. 4 참조).

한편, 실험체에 공급되는 방식전류는 콘크리트 내외적 요인의 변화로 IR강하의 변동이 있을 수 있으므로 실험도중 계속 모니터링하여 실측되는 전극전위차에 따라 상기의 과정을 반복하여 공급전류를 가감하였다.

2.2 실험체의 부식환경 및 실험방법

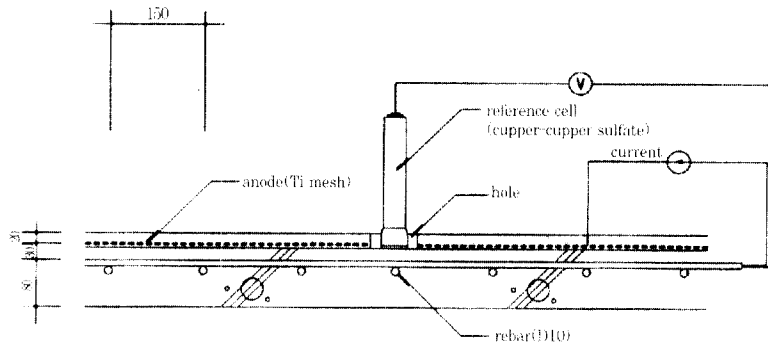
본 실험체에 대한 부식환경은 전기방식 적용 전 바탕 콘크리트 실험체 제작시 콘크리트내 철근의 부식을 촉진하도록 일정량의 NaCl을 배합수와 혼합하여 투입하였다. 실험체 제작 후 구조물의 염화물 농도를

측정해 본 결과 전염화물량은 0.523kg/m³으로, 이는 국내의 표준시방서 등에서 제시한 염화물 총량 규제치 0.3kg/m³을 상회하는 것이며, 강재의 부식을 촉진시킬 수 있는 조건으로 가정할 수 있다.

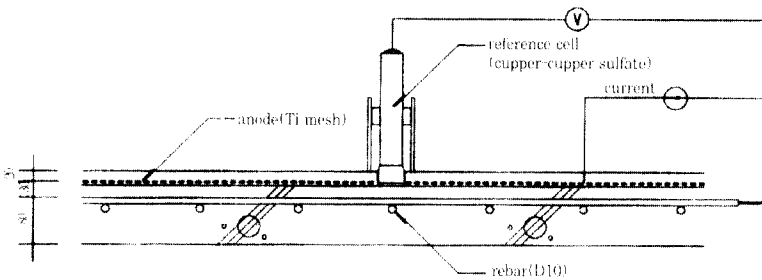
이상의 부식을 촉진시키는 조건에서 철근부식도를 관찰하는 방법으로 최근 국내에 소개된 RAMS(Remote Access Monitoring System)를 설치하고 정기적으로 방식전류를 관찰 조정하였으며, 재령 6개월간 옥외(일반 대기중)에 폭로시킨 후, 실험체 내부에 삽입되어 있는 포화황산동 기준전극(CSE)에 의한 모니터링 기록수치와 간이측정용 기준전극(CSE)이 부착된 테스트에 의한 기록수치를 병행하여 관찰하였다.

Fig. 5는 실험체의 자연전위차 측정을 위한 전극 배치 상태를 나타낸 것으로 실험체 중의 철근과 전극의 거리를 동일하게 하고 양극 배위의 분극에 의한 간섭을 방지할 수 있도록 측정점 부분의 양극 배위를 지름 20cm 정도 원형으로 절개한 후 전극을 고정하여 콘크리트 마감시에 매설하였으며, 간이측정용으로는 콘크리트 마감 전에 PVC 파이프를 설치하여 사전에 측정구를 형성하고 측정시를 제외하고는 커버를 씌워 두었다.

전위차의 측정은 간이 측정용 기준전극을 사용한



(a) for portable tester



(b) for remote monitoring system

Fig. 5 Dimension and location of electrochemical rod to measure half-cell potential

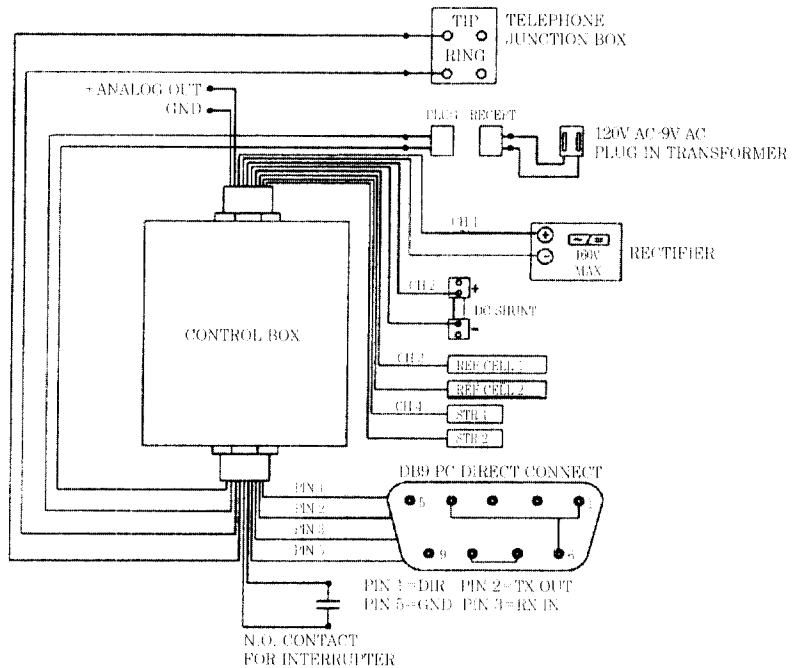


Fig. 6 Schematics of remote monitoring system

경우 표면의 접촉저항을 줄일 수 있도록 충분히 살수한 후 안정된 측정값을 기록하였다. 매설전극을 이용한 리모트 모니터링 장치는 시스템의 회로를 개방하고 잔류전류의 영향을 받지 않도록 24시간 후에 측정되는 값(static potential)을 기록하였다.

한편, 전기방식 시스템을 가동시킨 실험체의 방식효과를 비교 검토하기 위해 방식처리를 하지 않은 실험체에 대해서도 동일 재령에서 간이 테스트를 이용하여 측정하였다.

양자 모두 시험용 샘플을 이용하여 측정해 본 결과 같은 위치에서 3회 측정값의 차이가 5mV를 벗어나지 않는 정밀도를 가지고 있었으며, 제작 당시의 전위차는 상호 큰 차이를 보이지 않았다.

Fig. 6은 리모트 모니터링 장치(RAMS)의 개념도를 나타낸 것이다. 이와 같은 리모트 모니터링 장치는 콘크리트내 철근의 적정한 방식수준을 장기간 유지시키기 위해 필요한 철근의 전위, 방식전류량 등 각종 전기적 특성치를 현장과 멀리 떨어진 위치에서 측정할 수 있다.

즉, 실제 구조물에 광범위하게 설치되어 있는 기준전극(reference electrode)과 전화회선을 통해 안정된 시점에서 종합하여 검사할 수 있으며, 구조체의 각종 환경변화에 추종할 수 있도록 원격방식으로 통전을 정지하고 분극량을 측정하여 공급전류를 조정할 수 있는 장점이 있다.

철근의 정량적 부식도 평가방법의 일환으로 자연전위차와 병행하여 측정된 철근 부식면적률 측정은 실험 종료 후 콘크리트를 파쇄하고 철근을 완전히 노출시켜 2mm 간격으로 직교하는 계측용지에 철근의

부식부위를 도해하고, 철근 전체 면적에 대한 비율을 구하는 방법으로 행하였다.

3. 실험결과와 분석 및 평가

3.1 자연전위차 측정결과

Table 3은 철근의 자연전위차 측정결과를 나타낸 것이다.

Table 3에서 재령 28일 후의 자연전위차는 음극전기방식을 적용하지 않은 실험체(실험체 1)와 음극전기방식을 적용한 실험체(실험체 2) 공동의 평균 자연전위차를 나타낸 것이다. 실험결과 관찰된 실험체별 자연전위차의 주된 분석결과는 다음과 같다.

1) 음극전기방식을 적용하지 않은 실험체의 경우는 실험체를 제작한 후 전기방식 시스템을 가동하기 시작한 당시(재령 28일)의 평균 전위차 -251mV에 비해 측진 재령 6개월을 경과해서는 그 보다 90mV 정도 음분극된 결과를 보이고 있다.

이와 같이 재령이 경과함에 따라 자연전위차가 (-) 방향으로 이동하는 현상은 콘크리트 실험체 중에 포함된 염화물의 영향으로 철근표면의 부식 또는 양극화 수준으로 발달하여 부식의 가능성이 높아지는 것으로 추측할 수 있다(자연전위차 만으로는 부식의 경향만 나타내고, 부식물에 대해서는 확인할 수 없다).

다만, 초기의 자연전위차(-251mV)가 ASTM C876의 판별영역대에 포함시켜 부식여부를 판단하기에는 부식의 가능성을 어느정도 생각할 수 있는 수치였으므로, 별도로 염화물이 함유되지 않은 실험



Table 3 Half-cell potential of specimens(mV, vs CSE)

measuring time	position	half-cell potential				mean potential (portable tester)	
		X ₁	X ₂	X ₃	X ₄		
28 day	Y	-267	-272	-280*	-269	251	
	Y	-244	-219	-240	-269		
	Y	212	-235	-227	235		
6 month (corrosion acceleration)	ordinary specimen	Y ₁	-318	-350	349	-351	-341 (275)
		Y ₂	-357	343	-309	-361	
		Y ₃	-352	-349	-329	321	
	cathodic protection specimen	Y ₁	-278	-307	-310	-302	-300 (-223)
		Y ₂	-315	304	-319	-290	
		Y ₃	-282	278	303	309	

*max half-cell potential

체를 제작하고, 재령별 자연전위차의 변동추이를 관찰하였다(Fig. 7 참조)* 재령별 자연전위차의 변동을 관찰하기 위해 제작한 실험체는 제조조건과 형상이 본 논문의 실험체와 다소 다르게 제작되어 초기의 전위차를 비교했을 때 100mV 이상의 차이가 있다.

실험체의 초기 전위차에 미치는 영향은 콘크리트 중에 함유된 염화물의 영향과 그 외의 영향(재령에 따른 영향 가정)이 가능하지만, 이 중 재령에 따른 영향만을 배제하기 위해서는 내부에 염화물이 포함되지 않은 실험체를 대상으로 할 필요가 있었다.

이와 같이 콘크리트의 재령 초기에는 콘크리트 중에 미수화 물질과 자유수 등의 전해물질 총량이 많음에 따라 전체 평형전위를 저하시킬 수 있는 요인이 있음을 고려할 때, 실험체 제작당시 철근의 평균 자연전위차(-251mV)는 콘크리트 내부상태 안정화 단계에서의 상대비교를 위해서 다소의 보정이 필요하다고 사료된다.

Fig. 7에서는 재령에 따른 전위차의 변동이 4개월 이후 안정된 상태를 나타내고 있으나, 실험을 계속

Table 4 Half-cell potential versus age for correction test

measuring time	1month	2month	4month	6month	8month	10month	12month
half-cell potential(mV)	379.4	348.4	266.8	256.0	245.4	215.0	222.6

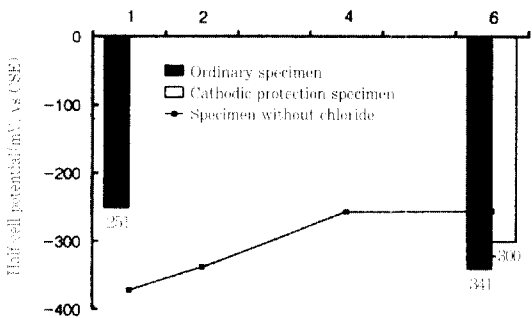
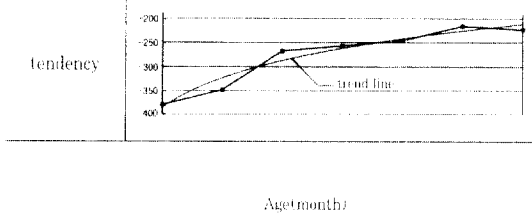


Fig. 7 Half-cell potential versus age

* 재령별 자연전위차의 변동을 관찰하기 위해 제작한 실험체는 제조조건과 형상이 본 논문의 실험체와 다소 다르게 제작되어 초기의 전위차를 비교했을 때 100mV 이상의 차이가 있다.

진행한 결과 Table 4와 같이 철근부식이 여전히 관찰되지 않는 10개월 정도에서 비교적 자연전위차의 변동이 안정되었다. 따라서 재령 10개월 이전에는 식 (1)에 의한 재령별 환산치와 10개월의 환산치 약 -224mV의 차이 만큼을 식 (2)에서와 같이 (+) 방향으로 이동시키는 재령별 보정을 행할 필요가 있다고 생각된다.

$$V_x = 66.596 \ln(X) - 604.63 \quad (1)$$

$$V_c = V + (|V_x| - 224) \quad (2)$$

여기서, V_x : 재령별 환산치

X : 재령(H, $R^2=0.9641$)

V_c : 보정 자연전위차

V : 실측 자연전위차

한편, 콘크리트의 재령별 전위차 증감양상은 재령에 의한 영향 뿐만 아니라 외부의 기온이력과 측정당시의 조건 및 사용된 혼화제의 종류와 양 등에 따라 복잡하게 작용되고, 그 존재양상도 매우 다양하므로 이들의 관계를 별도로 조사해야 하겠으나 본 실험에서는 전기방식을 적용한 실험체와 이를 적용하지 않은 실험체의 재령별 상대비교를 평가수단으로 하였으므로 그에 대한 사항은 논외로 하였다.

다만, 재령 28일 경과 후 기록되는 자연전위차 -251mV는 상기의 보정 즉, 식 (1)과 식 (2)를 통해 약 158mV 정도 (+) 방향으로 이동시키게 되면 $V_c = -93mV$ 로 변환시킬 수 있고, 재령 6개월 경과 후 기록되는 자연전위차 -341mV를 마찬가지로 34mV 정도 (+) 방향으로 이동시켜 -307mV로 변환시킬 때, 철근의 활성화 상태에 따른 기준전극과의 전위차는 재령 6개월 경과 후 초기 재령에 비해 214mV 정도 음분극된 결과로 취급하여도 좋을 것으로 판단된다.

2) 음극전기방식을 적용한 실험체(실험체 2)의 실험종료시 평균 자연전위차는 -300mV로 나타나 실험체 측정점의 전체적인 부식 가능성이 그다지 높지 않음을 확인할 수 있었다. 그러나 전기방식을 적용하지 않은 실험체(실험체 1)에 비해 전술한 재령별 보정 여부와 관계없이 40mV 정도로 소폭의 차이를 보이는 결과이어서 전기방식 여부에 따른 방식효과와

우위나 성능발현 정도가 뚜렷하게 관찰되는 수치라고는 볼 수 없었다. 이는 시스템 개방 후에 잔류하는 전류와 시간경과로 인한 측정당시의 콘크리트 습윤 상태 및 결정상태의 변화가 오차의 원인일 수 있다. 그러나 실험체 2는 측정점에 따라 자연전위차가 최대 -361mV로 관찰되는 등, ASTM C876의 부식확률 판별 영역대에 의해서 실험체간 방식성능의 우위를 어느정도 확인할 수 있었던 상대적인 차이였다고 사료된다.

3.2 철근 부식면적을 측정

1) 실험종료후 실험편을 파쇄하여 측정된 철근 부식면적률의 측정결과는 음극전기방식을 적용하지 않은 실험체의 경우는 철근 전체 면적에 대해 평균 26.42%로 나타나, 실험체 제작시 혼입된 염화물의 영향으로 콘크리트 중의 알칼리 환경에도 불구하고 철근의 부식이 다소 넓게 발생하였음을 확인하였다. 또한, 이와 같은 철근 부식정도의 확인을 통하여 실험체 일부 측정점에서 -350mV 이하로 기록되는 자연전위차에 의해서도 비파괴적인 부식도(부식확률)의 판별이 가능함을 확인할 수 있는 내용이였다. 즉, 실측된 자연전위차 -350mV를 전후로 부식여부를 판단하는 현행 ASTM C876의 판정기준과 거의 일치함을 확인하였다.

2) 음극전기방식을 적용한 실험체의 철근 부식면적률 측정결과는 평균 4.90%로 미미하게 나타나, 본 방식시스템에 의한 철근의 방식효과가 매우 양호한 것으로 분석되었다. Fig. 8은 염화물이 함유되지 않은 실험체의 재령별 부식면적률과 실험종료시(재령 6개월) 음극전기방식의 적용 여부에 따른 실험체의 부식면적률을 나타낸 것이다.

Fig. 9는 철근의 부식면적률을 측정 후 실험체 간의 부식 경향을 보여주기 위해 철근의 일부를 절단하여 나타낸 것이다.

3.3 측정방법에 의한 자연전위차의 변동

간이 자연전위차 측정기에 의한 측정결과는 전기방식을 적용하지 않은 경우에 평균 -275mV, 전기방식을 적용한 경우에 평균 -223mV로 각각 나타나 부식여부의 판별이 어려웠다.

실제로 전기방식을 적용하지 않은 경우 매설전극

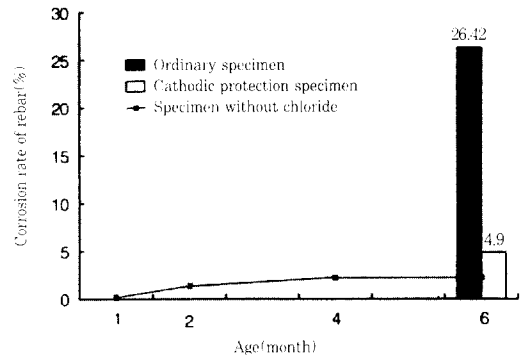
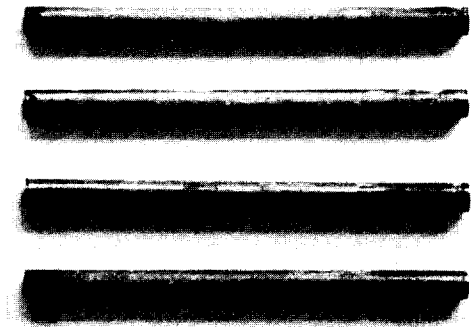


Fig. 8 Corrosion rates of rebar versus age



(a) specimen 1 (ordinary)



(b) specimen 2 (cathodic protection)

Fig. 9 Example of rebar corrosion in concrete

상에서 기록되는 자연전위차는 평균 -340mV이며, 측정지점에 따라 -350mV 이하로 나타난 경우도 있어 철근의 부식확률이 높은 것으로 판단할 수 있는 근거가 되며, 이는 실험체 파쇄에 의해 부식정도가 직접 확인된 내용이였다. 그러나 철근이 상당한 정도

부식되어 있음에도 불구하고 측정방법에 따라 철근의 부식여부 판별결과가 다르다면 문제점으로 지적될 수 있다고 판단된다.

이와 같이 리모트 모니터링 장치의 전극에 의한 것과 간이 전위차 측정기의 전극에 의한 측정결과가 다르게 나타나는 원인으로서는 다음과 같은 사항을 가정할 수 있다.

1) 콘크리트 마감 표면상에서 측정하는 간이 전위차 측정법은 콘크리트의 건조로 인한 콘크리트의 표면저항과 함수율 변동으로 인한 내부저항(액저항)이 상승되는 영향을 받게 되어 자연전위차가 (+) 방향으로 변하게 된다. 본 실험에서도 이러한 영향을 충분히 고려하여 표면을 일정시간 살수하였으나 콘크리트 내부까지 충분히 습윤되지 못하였던 것으로 사료된다.

2) 리모트 모니터링 장치의 일부인 매설 전극 내의 황산동 전해액이 다소 유출되어 자연전위차 측정시 전해조건을 유리하게 하였던 것으로 판단된다.

다만, 실제로 현장에서 리모트 모니터링 시스템을 적용하는 경우 본 실험조건보다 매설 전극을 철근에 가능한 가깝게 위치하여 IR강하를 줄이도록 하고 있으나, 이때 실측된 자연전위차는 철근의 방식전류 결정시 이용되는 데이터이므로 본 실험에서와 같이 ASTM C876의 판단기준과는 달리 취급할 필요가 있을 것이며, 가급적 자연전위차의 경시적 변화를 위주로 판단해야 할 것으로 사료된다.

한편, 일정 시간이 지나면 기준전극의 분극현상으로 오히려 상시 매설전극을 이용하게 되는 리모트 모니터링 시스템의 자연전위차가 신뢰성이 저하되므로 전극의 교체를 요하게 되나, 본 실험에서는 이러한 오차를 줄일 수 있도록 측정시 기준전극 내의 Cu 전극을 고온 샌드페이퍼로 연마하여 불순물을 제거한 후 측정하였다.

5. 결 론

본 실험은 콘크리트 구조물의 외부전원법에 의한 음극전기방식이 주변 환경변화에 따라 자주 공급전류량을 변화시켜 주어야 하는 단점을 해결할 수 있도록 실내에서 간편하게 전위차를 확인하고, 공급전류량을 조정할 수 있는 모니터링 방법의 활용성

을 검토한 것으로, 그에 대한 주요 사항은 다음과 같다.

1) 음극전기방식에 리모트 모니터링 시스템을 도입하고, 매설전극에 의해 기록되는 자연전위차를 주된 평가수단으로 하여 콘크리트 중의 방식상태를 효과적으로 확인할 수 있었다.

2) 본 실험결과 재령 10개월 이전에 실험체에서 관찰되는 철근의 자연전위차는 콘크리트 내부상태의 불안정에 따른 음분극 현상이 관찰되어, 자연전위차에 따른 실제의 철근부식정도를 판별하기 위해서는 다소의 재령별 보정이 필요하다고 판단된다.

3) 전기방식을 콘크리트 구조물 신설시 설치하는 경우, 자연전위차 측정결과는 콘크리트의 건조상태 및 외기온도에 의한 변동 이외에도 철근의 부식상태와 무관하게 기록되는 초기의 큰 자연전위차에 따라 방식전류가 결정되므로 각종 유지관리 점검시 재확인하고 유효한 방식전류를 조정 공급해야 할 것으로 사료된다.

4) 전위 측정시 콘크리트 표면에 포화황산동 전극을 접촉하여 측정하는 값과 리모트 모니터링 시스템의 일부(사전에 콘크리트 중에 매설해 둔)인 포화황산동 전극에 의한 측정값에는 다소의 차이가 있었다.

5) 리모트 모니터링 시스템은 실험체와 떨어진 실내에서 원격적으로 복극화(depolarization) 테스트를 행할 수 있어 방식전위(instant off potential)와 소정의 시간경과 후 안정된 철근의 부식전위(static potential) 등을 확인할 수 있었다. 또한, 그 값을 참고로 용이하게 정류기의 전류를 조절할 수 있음을 확인하였다.

이상 콘크리트 내의 철근을 방식하는 외부전원식 음극전기방식법의 방식성과 그에 부속될 수 있는 리모트 모니터링 시스템의 활용 가능성에 대해서 살펴 보았다. 향후 콘크리트의 저항 변동에 추종하고, 콘크리트 중의 광범위한 철근에 가능한 적은 전류량으로 상시 균일하게 방식할 수 있는 시스템의 개발 연구도 필요하다고 사료된다.

참 고 문 헌

1) 吳昌熙, 尹在煥, 林書亨, "콘크리트 중의 철근부식에 관한

- 전기화학적 진단방법에 관한 연구”, 대한건축학회논문집, 제6권 3호, 1990, pp.281-289
- 2) 윤재환, “콘크리트 중의 철근부식에 대한 비파괴 진단방법에 관한 연구”, 콘크리트학회논문집 제4권 2호, 1992, 6, pp.75-81
- 3) 장지원, 조원일, 이병훈, “갈바닉전류 측정법을 이용한 유사 콘크리트 분위기하에서의 철근부식연구”, 콘크리트학회논문집 제8권 2호, 1996, 4, pp.163-171
- 4) 武若耕司, “콘크리트構造物における電氣防蝕法の現狀”, 콘크리트工學, Vol 30, No. 8, 1992
- 5) 田村 博, 永山 勝, 下澤和幸, “鐵筋の腐蝕モニタリングに關するコクリートの電氣的特性”, 콘크리트 工學年次論文報告集, 1989, pp.575-580
- 6) 後藤信弘, 松岡和己, “交流インピーダンス法によるコンクリート中の鐵筋腐蝕モニタリク, 콘크리트工 學年次論文報告集, 1990, pp.527-532
- 7) 横田 俊, “電氣化學的手法におけるコンクリート中の鐵筋腐蝕評價”, 콘크리트 工學年次論文報告集, 1990, pp.545-550
- 8) ASTM C876-80 “Half Cell Potentials of Reinforcing Steel in Concrete”
- 9) Mohammad Golam Ali, Rasheeduzzafar, “Polarization Period, Current Denstiy, and the Cathodic Criteria”, ACI Materials Journal, 1992, 5-6, pp.247-251
- 10) S.S. Al-Saadoun, “Migration of Ions in Concrete due to Cathodic Protection Current”, Cement and Concrete Research, Vol. 22, 1992, pp.79-94

요 약

본 연구에서는 콘크리트내 철근의 방식성능을 검토하기 위하여 실제 구조물과 유사하도록 콘크리트 대형 패널 실험체를 제작하였으며, 실험체 제작시 콘크리트 내부에 염화물을 혼입하여 음극전기방식 공법을 도입한 실험체와 공법을 도입하지 않은 실험체의 염화물에 의한 철근 방식효과를 비교 분석하였다.

실험에 사용된 음극전기방식은 비소모성 티타늄 양극망을 사용한 외부전원방식이며, 최근에 국내에서도 사용실적이 늘고 있는 리모트 모니터링 시스템을 적용하여 구조물의 유지관리상 연속성 있게 콘크리트 내 철근의 방식정도를 확인할 수 있는지에 대해 검토하였다.

(접수일자 : 1997. 10. 30)