

## 모르타르(W/C:0.5)내의 철근의 부식 특성에 미치는 재령 년수와 피복두께의 영향

문 경 만<sup>1</sup> · 이 성 열<sup>1,†</sup> · 정 진 아<sup>2</sup> · 이 명 훈<sup>2</sup> · 백 태 실<sup>3</sup><sup>1</sup>한국해양대학교 공대 조선기자재공학부<sup>2</sup>한국해양대학교 해사대학 기관시스템 공학부<sup>3</sup>포항대학교 제철산업과

(2015년 1월 23일 접수, 2015년 4월 29일 수정, 2015년 4월 29일 채택)

## Effect of Passing Aged Years and Coating Thickness on Corrosion Properties of Reinforcing Steel in Mortar (W/C:0.5)

KYUNG-MAN MOON<sup>1</sup>, SUNG-YUL LEE<sup>1,†</sup>, JIN-A JEONG<sup>2</sup>, MYEONG-HOON LEE<sup>2</sup>,  
and TAE-SIL BAEK<sup>3</sup><sup>1</sup>Dept. of Marine Equipment Engineering, Korea Maritime and Ocean Univ. Busan Korea<sup>2</sup>Dept. of Marine System Engineering, Korea Maritime and Ocean Univ. Busan Korea<sup>3</sup>Dept. of Steel Industry, Pohang College, Pohang City, Korea

(Received January 23, 2015; Revised April 29, 2015; Accepted April 29, 2015)

The structures of reinforced concrete have been extensively increased with rapid development of industrial society. Furthermore, these reinforced concretes are easy to expose to severe corrosive environments such as seawater, contaminated water, acid rain and seashore etc.. Thus, corrosion problem of steel bar embedded in concrete is very important in terms of safety and economical point of view. In this study, specimens having six different coating thickness (W/C:0.5) were prepared and immersed in flowing seawater for five years to evaluate the effect of coating thickness and immersion time on corrosion property. The polarization characteristics of these embedded steel bars were investigated using electrochemical methods such as corrosion potential, anodic polarization curve, and impedance. At the 20-day immersion, the corrosion potentials exhibited increasingly nobler values with coating thickness. However, after 5-yr. immersion their values were shifted in the negative direction, and the relationship between corrosion potential and coating thickness was not shown. Although 5-yr. immersion lowered corrosion potential, 5-yr. immersion did not increase corrosion rate. In addition, after 5-yr. immersion, the thinner cover thickness, corrosion current density was decreased with thinning coating thickness. It is due to the fact that ease incorporation of water, dissolved oxygen and chloride ion into a steel surface caused corrosion and hence, led to the formation of corrosion product. The corrosion product plays the role as a corrosion barrier and increases polarization resistance. The corrosion probability evaluated depending on corrosion potential may not be a good method for predicting corrosion probability. Hence, the parameters including cover thickness and passed aged years as well as corrosion potential is suggested to be considered for better assessment of corrosion probability of reinforced steel exposed to partially or fully in marine environment for long years.

**Keywords :** reinforced concrete, corrosion potential, anodic polarization, impedance, cover thickness, W/C.

## 1. 서 론

최근 산업사회의 급격한 발전과 함께 철근콘크리트 구조물의 사용 빈도는 날로 증가하고 있는 추세에 있다. 그리고

이러한 철근콘크리트 구조물들은 가혹한 부식 환경인 해안 또는 해수 중에 노출되는 경우가 많으며 이 경우 구조물의 내구성과 안전성 측면에서 콘크리트 내부의 철근의 부식 문제는 매우 중요한 문제로 대두되어 왔다<sup>1,2)</sup>. 특히 하천의 모래 고갈로 인한 해사 사용의 증대와 해양 분위기에서 해수의 침입으로 염소이온에 의한 철근의 부식은 날로 그 심각성

<sup>†</sup> Corresponding author: sylee@kmou.ac.kr

이 더해가고 있는 실정이며 이에 대한 대책으로 다양한 방식법이 적용되고 있다<sup>3-6)</sup>. 뿐만 아니라 이러한 철근콘크리트 구조물의 부식특성에 미치는 피복두께와 W/C(물 - 시멘트 비) 및 염소이온의 영향에 대한 연구도 보고되고 있다<sup>7-11)</sup>. 그러나 지금까지 상기의 실험을 위하여 실험실에서 소형의 시험편을 실험조건에 따라 다량의 개수를 제작하였으므로 각각의 시험편의 제작조건이 다를 수 있다. 따라서 좀 더 확실적인 신뢰성 있는 실험결과 도출이 용이하지 않았으며 경제적, 시간적 낭비를 초래하는 어려움이 상존해 왔다. 따라서 상기의 문제점 등을 해결하기 위해서 지난 연구<sup>12)</sup>에서는 피복두께를 각각 다르게 한 복합체 시험편(6개의 철근을 하나의 거푸집에 장착) 즉 거푸집에 들어가는 물, 모래 및 시멘트를 균등하게 배합된 모르타르 (W/C:0.4)를 동일 조건에서 타설하여 복합체 시험편을 제작하고 철근콘크리트의 부식특성에 미치는 재령년수(침지초기와 침지 5년후)와 피복두께의 영향을 부식전위와 음극분극곡선 및 사이클릭 볼타모그램 등을 측정하여 비교 고찰한 바 있다.

본 연구에서는 상기의 방법대로 모르타르(W/C:0.5)를 동일조건에서 타설한 복합체 시험편을 제작하여 철근의 부식특성에 미치는 재령년수와 피복두께의 영향을 부식전위와 양극 분극곡선 및 임피던스 등을 측정하여 비교 고찰하였다. 따라서 본 연구의 결과는 향후 가혹한 부식환경 하에 사용되어 지는 철근구조물의 설계와 제작 및 유지관리에 좋은 참고 자료가 되리라 기대된다.

## 2. 시험편 제작 및 실험 방법

### 2.1 시험편 제작

두께 1 cm의 나무판자로 가로 37 cm, 세로 20 cm, 높이 17 cm의 거푸집을 제작하고 거푸집의 가로 양측 면에 대각선 방향으로 위로 부터 2 cm, 4 cm, 6 cm, 8 cm, 10 cm 및 12 cm의 위치에 직경 1.5 cm의 구멍(구멍 간격: 5 cm)을 내었다. 그리고 직경 1 cm, 길이 26 cm의 원형 철근(KSD 3504)의 중앙 표면에 샌드페이퍼 #200에서 #2000번 까지 연마하고 아세톤 탈지 후 1 cm만 남기고 나머지는 실리콘 수지로 절연 시켰다.

타설 전 상기한 철근을 거푸집의 구멍을 통하여 삽입설치하고 1 cm<sup>2</sup>의 표면적이 위쪽으로 향하도록 고정 시켰다(Fig. 1 참조). 그리고 모르타르의 모래:시멘트 비는 2:1이며 물, 시멘트 비 즉 W/C는 0.5로 하였다.

사용된 시멘트는 국내 S사의 제 1종 포트랜드 시멘트를 사용하였으며 시멘트의 화학조성은 Table 1과 같다. 그리고 사용된 골재는 건재상에서 판매하고 있는 모래를 수도수에 24 시간 침지 시킨 후 충분히 세척하여 직경 1 mm의 필터로 이물질을 제거하고 건조 시킨 후 사용하였다. 모르타르를 타설하고 20 시간 후에 가로 33 cm, 세로 12 cm, 높이

Table 1. The Chemical properties of ordinary portland cement

Item	Chemical Composition						Ignition Loss (ig.loss)	Insoluble Residue
	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	SO <sub>3</sub>		
Ordinary Portland Cement	21.0 ~ 22.5	4.5 ~ 6.0	2.5 ~ 3.5	36.5 ~ 66.0	0.9 ~ 3.3	1.0 ~ 2.0	0.5 ~ 1.3	0.2 ~ 0.9



Fig. 1. Photo. of (a) mold box for conducting multiple test specimen and (b) molded multiple specimens for multiple test.

10 cm의 해수수조를 거푸집 몰타르의 상부에 설치 압착하여 고정한 후 건조시켰다. 타설 5일 후 거푸집을 제거하고 10일 후 상부에 설치된 수조의 해수누수를 막기 위하여 수조와 몰타르 시험편 접촉부를 실리콘으로 실링 하였다. 타설 12 일 후에 수조에 해수를 채웠다.

### 2.2 실험 방법

시험편 타설 12일 후에 완성된 복합체시험편의 상부수조에 해수를 채운 후 20일 후에 복합체시험편 옆으로 돌출된 철근에 컴퓨터 연결 집게용 동선을 연결시킨 후 피복두께 2 cm, 4 cm, 6 cm, 8 cm, 10 cm, 12 cm 각각의 시험편에 대해 부식전위의 변화를 측정한 후 임피던스와 양극분극곡선을 측정하였다. 이들 분극특성의 측정 시점은 침지 20일 후(이하 침지초기라 한다)와 침지 5년 후에 측정하여 피복 두께와 재령년수가 부식특성에 미치는 영향을 비교고찰 하였다. 그리고 시험편 상부 수조의 해수는 매월 2회 새로운 해수로 교환하였다.

부식특성의 측정은 해수수조 속에 기준전극과 대극(백금

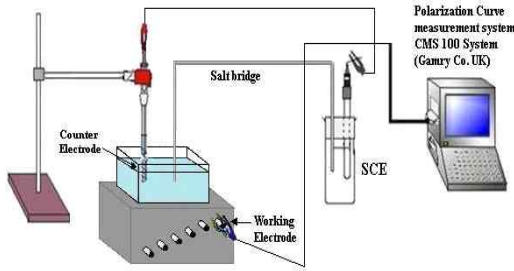


Fig. 2. Schematic diagram of measurements of corrosion potential and anodic polarization.

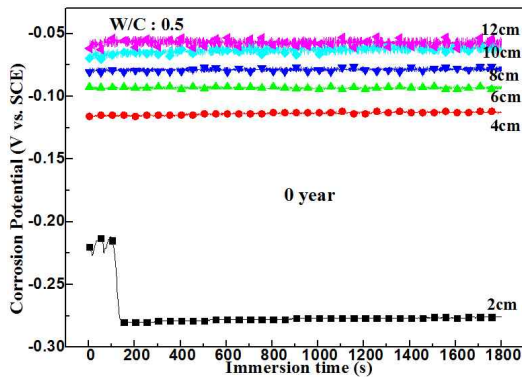


Fig. 3. Comparison of corrosion potentials with coating thickness after 20-day immersion in natural seawater.

전극)을 침지하여 측정하였다. 즉 부식전위와 양극분극곡선 측정 시에 사용된 기준전극은 SCE전극이며 실험 장치는 Won A Tech사에서 구입한 CMS-100 프로그램이며 실험장치의 개략도는 Fig. 2와 같다.

### 3. 실험 결과 및 고찰

Fig. 3은 W/C 0.5의 모르타르 시험편의 경우 침지초기에 피복두께의 변화에 따른 부식전위의 변화를 나타내고 있다. 두께가 2 cm인 경우 약 -0.274V의 가장 낮은 부식전위 값을 나타내었으며 피복두께가 12 cm의 경우 약 -0.052 V의 가장 높은 값을 나타 내었다. 그리고 Fig. 3에서 알 수 있듯이 피복두께가 4 cm의 경우 2 cm에 비해서 현저하게 높은 부식전위 값을 나타 내었으며 그 이상의 피복두께에서는 현저한 차이를 보이지는 않았으나 피복 두께의 증가에 따라 부식전위는 점차 높은 값을 나타내고 있음을 알 수 있었다. 피복두께가 두꺼울수록 시험편 계면에서 철근내부로 물과 용존산소 및 염소이온의 침투가 어렵기 때문에 시멘트의 수화반응(시멘트 + H<sub>2</sub>O → 세멘트 수화물 + Ca(OH)<sub>2</sub>)에 의해서 형성된 강 알칼리성 분위기이므로 내부철근의 표면은 전위-pH도<sup>13)</sup>에 의하면 산화막이 형성되므로 이들 산화막이 염소이온에 의해서 파괴되기 어렵기

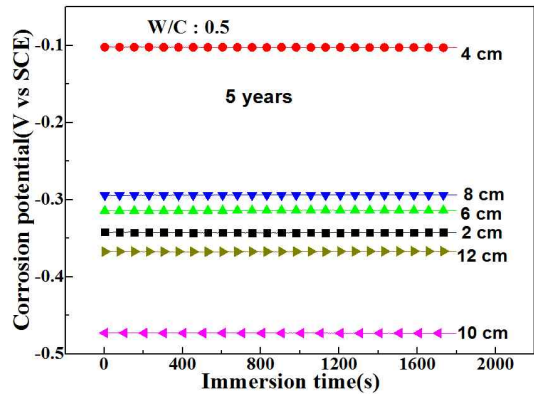


Fig. 4. Comparison of corrosion potentials with various coating thickness after 5-yr immersion for in natural seawater.

때문에 부식전위가 높은 값을 나타내는 것으로 생각된다. 다만 부식전위의 측정시점이 해수에 노출 된지 불과 20일 후이므로 피복두께에 의한 극미량의 저항분극의 영향도 배제할 수 없을 것으로 생각된다.

Fig. 4는 침지 5년 후의 부식전위 변화를 나타내고 있다. 피복두께 10 cm인 경우에 가장 비한 부식전위 값을 나타내었으며 피복두께가 4 cm인 경우에 가장 귀한 부식전위 값을 나타 내었다. 그리고 침지초기에는 Fig. 3에서 알 수 있듯이 피복두께와 부식전위사이 좋은 상관관계를 나타내었으나 침지 5년 후에는 피복두께와 부식전위사이 상관관계가 일치하지 않았다. 예를 들면, 피복 두께가 12 cm인 경우 침지초기에는 가장 귀한 값을 나타내었으나 침지 5년 후에는 두 번째로 비한 값을 나타내었으며 피복 두께가 2 cm인 경우에는 침지초기에는 가장 비한 값을 나타 내었으나 침지 5년 후에는 시험편 중에서 중간의 값을 나타내었다. 지난 연구<sup>12)</sup>의 경우 즉 W/C = 0.4의 시험편에서는 침지 5년 후의 부식전위와 피복두께의 상관관계가 거의 일치하는 경향을 나타내었으나 본 실험의 경우, 즉 W/C = 0.5의 경우에는 피복두께와 부식전위사이 상관관계가 거의 일치하지 않았음을 알 수 있었다.

일반적으로 콘크리트 내부의 철근의 표면을 육안으로 직접 관찰 하는 것이 불가능하므로 ASTM C876<sup>14)</sup>에 의하면 부식전위의 측정에 의해서 내부 철근의 부식가능성을 정성적으로 예측하는 자료를 제시하고 있다. Table 2와 Fig. 5는 침지초기와 침지 5년 후의 부식전위의 변화와 부식가능성에 대해서 비교 정리하였다. 피복두께가 4 cm인 경우 부식전위는 침지초기에 비해서 오히려 11 mV의 높은 값을 나타 내었으나 나머지 모든 시험편은 침지초기에 비해서 침지 5년 후의 부식전위가 낮은 값을 나타내었음을 알 수 있다. 예를 들면, 피복두께가 10 cm인 경우 침지초기와 침지 5년 후의 부식전위 변화값이 -410 mV로 가장 컸으며 피복두께 2 cm의 경우 그 변화값이 -64 mV로 가장 적었다.

그리고 2 cm와 4 cm를 제외한 모든 시험편의 부식전위가 침지 5 년 후에 모두 -200 mV이상의 낮은 값을 나타내었음을 알 수 있었다. 그리고 침지초기에는 피복두께가 2 cm인 경우 50 %의 부식가능성의 확률을 나타내었으나 나머지 모든 시험편은 10 %의 부식확율을 나타내었다. 그런데 침지 5 년 후에는 피복두께가 4 cm인 경우 10 %의 부식가능성을 그리고 6, 8 cm의 피복두께는 50 %의 확률을 보였으며 나머지 2, 10 및 12 cm의 경우에는 90 %의 부식가능성을 나타내었다. W/C:0.4의 경우에는 피복두께가 2 cm인

경우 침지 5 년후에는 10 %의 부식확율을 보였으나 W/C:0.5의 경우에는 90 %의 부식확율을 보였다. 결과적으로 침지 5 년 후가 침지초기에 비해서 부식전위는 비한 값을 나타내었으며 내부철근의 부식가능성도 높은 결과를 얻을 수 있었다. 그리고 Fig. 5에서 알 수 있듯이 침지초기에는 피복두께가 두꺼울수록 부식전위는 귀한 값을 나타내는 경향이 있었으나 침지 5 년 후에는 피복두께가 10, 12 cm의 부식전위가 2, 4, 6 및 8 cm의 부식전위보다 오히려 낮은 값을 나타내었다. 일반적으로 콘크리트 내부의 철근의 부식을 억제하기 위해서 콘크리트구조물의 사용 환경 여건에 따라 피복 두께를 최소 75 mm에서 최대 125 mm까지 규정하기도 한다<sup>15)</sup>. 이것은 전술한 바와 같이 피복 두께가 두꺼우면 해수용액 중의 물과 용존산소 및 염소이온 등의 침투와 확산이 어려워 염소이온에 의한 철근표면의 산화막의 파괴가 억제되어 양극 분극의 증가와 함께 부식전위는 귀한 방향으로 이행하면서 철근의 부식은 억제되는 것으로 생각된다. 그런데 침지초기에는 이러한 이론에 의해서 피복두께에 비례하여 부식전위는 높은 경향을 나타내었으나 침지 5 년 후에는 피복 두께가 두꺼움에도 불구하고 부식전위가 낮은 결과가 관찰되었다. 따라서 피복두께에 따른 양극분극곡선의 변화를 고찰하고 동시에 부식전위 변화와 그 상호관련성에 대해서 나중에 토론하기로 한다.

Table 2. Relationship between variation of corrosion potential and corrosion possibility

Thick	E <sub>cor</sub> (V)			Corro.Possib(%)	
	0 Year	5 Years	E <sub>s</sub> -E <sub>0</sub> (mV)	0 Year	5 Years
2	-0.274	-0.338	-64	50	90
4	-0.112	-0.101	+11	10	10
6	-0.083	-0.316	-233	10	50
8	-0.074	-0.282	-208	10	50
10	-0.063	-0.473	-410	10	90
12	-0.052	-0.369	-317	10	90

ASTM C876, E<sub>cor</sub> and Corro. Possibility  
 0~-200mV : 10%, -200mV~350mV : 50%  
 -350mV~-500mV : 90%

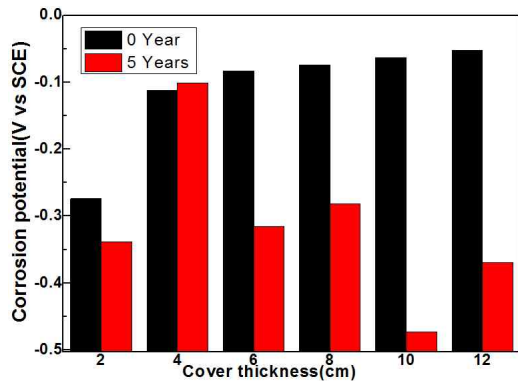


Fig. 5. Comparison of corrosion potentials between 0 year and 5 years with cover thickness.

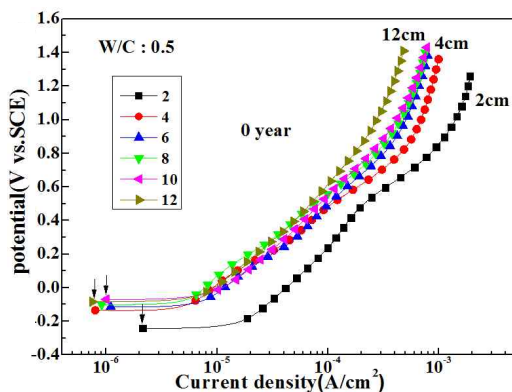


Fig. 6. Variation of anodic curves as a function of coating thickness after 20 day- immersion (0 year) in natural seawater.

Fig. 6은 침지초기에 피복두께에 따라 측정된 양극분극곡선이다. 12 cm의 경우 양극분극곡선은 가장 왼쪽에 위치하고 있으며 2 cm의 피복두께에서 측정된 분극곡선은 가장 오른쪽에 위치하고 있음을 알 수 있다. 양극분극곡선이 왼쪽에 혹은 오른쪽에 위치할수록 일정 공급전류밀도에 대한 분극저항은 크거나 적다고 할 수 있다. 일반적으로 양극분극곡선에 포함되는 분극저항은 산화반응에 따른 활성화분극과 산화반응에 의해서 시험편 표면에서 형성된 부식생성물 혹은 피막의 형성에 의한 저항분극이라 할 수 있다. 그런데 모르타르 내부철근의 표면에는 침지초기에는 수화반응에 의해서 강 알칼리 분위기에 있으므로 표면의 상태는 피복 두께에 관계없이 거의 같은 조건이라 할 수 있다. 따라서 활성화분극에 의한 분극저항보다는 피복두께가 저항분극으로 작용할 수 있으며, Fig. 6에서 피복두께가 두꺼울수록 왼쪽에 위치하는 것은 피복두께에 의한 저항분극이 영향을 미친 것으로 생각된다.

Fig. 7은 침지 5 년 후에 측정된 양극분극곡선이다. 피복 두께가 4 cm인 경우 가장 왼쪽에 분극곡선이 위치하고 있으며 10 cm의 경우 가장 오른쪽에 위치하고 있음을 알 수 있다. 그리고 피복두께가 적을수록 왼쪽에 그리고 피복두께가 클수록 오른쪽에 위치하는 경향을 알 수 있으며 이러한 결과는 침지초기의 Fig. 6의 결과와 반대현상을 나타내고 있음을 알 수 있다. 즉 침지초기에는 피복두께가 두꺼우면 피복의 두께에 의한 저항분극이 크므로 왼쪽에 위치하며

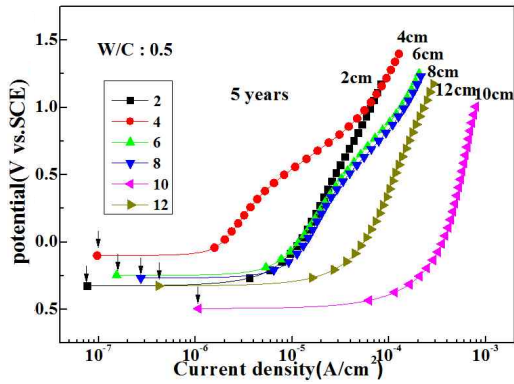


Fig. 7. Variation of anodic curves with various coating thickness after 5-yr. immersion in natural seawater.

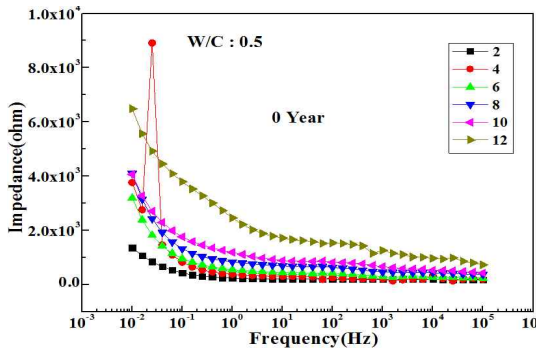


Fig. 8. Comparison of impedances with various coating thickness after 20-day immersion in natural seawater.

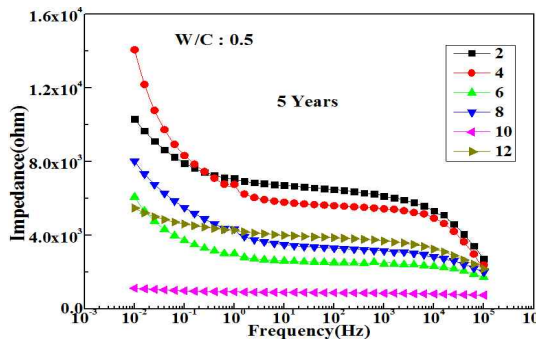


Fig. 9. Comparison of impedances with various coating thickness after 5-yr. immersion in natural seawater.

피복두께가 적으면 저항분극이 적어 오른쪽에 위치하였으나 침지 5 년 후에는 오히려 피복 두께가 적은 2, 4 cm의 분극곡선이 왼쪽에 그리고 10, 12cm의 분극곡선이 오른쪽에 위치하고 있다. 이것은 피복두께가 적은 경우 해수용액에 침지된 시험편은 침지 년수의 증가에 의해서 내부철근의 표면에 침투한 염화물 등에 의해 형성된 부식생성물이 분극곡선 측정시에 일시적으로 저항분극으로 작용 했을 것으로 추정된다. 그리고 피복두께가 두꺼움에도 불구하고 오른쪽에 위치한 것은 장기간의 침지에 따라 모르타르 내부로 해수

용액의 침투와 확산에 의해서 피복두께 자체의 저항분극이 감소된 것으로 생각된다. 이러한 추측을 재확인하기 위해 침지초기와 침지 5 년 후에 부식전위에서 측정한 임피던스 결과를 Fig. 8과 Fig. 9에 나타내었다.

침지초기에 0.01 Hz에서의 임피던스값은 피복두께 12 cm가 가장 큰 값을 그리고 2 cm의 피복이 가장 적은 값을 나타내었다. 이것은 피복의 두께에 의한 저항이 임피던스에 포함된 것으로 생각된다. 그러나 침지 5 년 후에는 피복두께 2, 4 cm의 경우가 오히려 임피던스 값이 큰 값을 나타 내었다. 이것은 전술한 바와 같이 침지 년수의 증가에 따라 피복 두께가 적은 경우 표면에 형성된 부식생성물이 임피던스로 작용한 것으로 생각된다. 이와 같은 경향은 Fig. 7의 양극분극곡선에 나타난 경향과 거의 일치하고 있음을 알 수 있으며 결과적으로 부식생성물이 저항분극과 임피던스에 영향을 미친다는 사실을 재확인 할 수 있었다.

또한 침지 년수의 증가에 따른 부식전위의 변화가 실제적으로 내부철근의 부식정도에 미치는 영향을 비교 평가 할 필요가 있다고 생각된다. 일반적으로 부식전류밀도를 구하는 이론식은 양극분극의 경우 다음의 Butler-Volmer식으로 나타낼 수 있다<sup>16)</sup>. 즉

$$i = i_{cor} \cdot [\exp(\alpha n F \eta / RT) - \exp\{-(1 - \alpha) n F \eta / RT\}] \quad (1)$$

상기 (1)식에서 양극의 분극전위가 30mv이상을 넘어서면 2차 항은 무시할 수 있다. 따라서 상기 (1)식은 다음의 (2)식으로 나타낼 수 있다.

$$i = i_{cor} \cdot \exp(\alpha n F \eta / RT) \quad (2)$$

(2)식은 다시 변형하여 (3)식으로 나타낼 수 있다.

$$\eta = (-2.3RT / \alpha n F) \log i_{cor} + (2.3RT / \alpha n F) \log i \\ = a + b \log i \quad (3)$$

$$(a = -2.3RT / \alpha n F, b = 2.3RT / \alpha n F, \eta > 0)$$

$\eta$  : 양극분극값 E - E<sub>cor</sub> (V)

$\alpha$  : 전이계수

F : Faraday 상수 (C/mol)

T : 절대온도 (K)

R : 가스상수 (J/K-mol)

n : 이온가

상기의 (3)식은 Tafel의 실험식과 일치한다. 따라서 양극 분극곡선에서 외삽법에 의해서 부식전류밀도를 구할 수 있다. 그런데 상기의 이론식과 실험식이 일치하는 경우는 통상 나강판의 금속을 해수용액 등에서 부식전류밀도를 구하

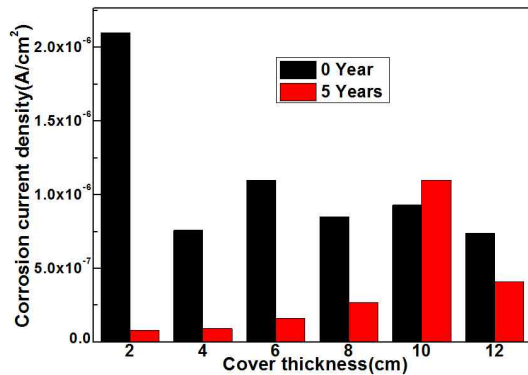


Fig. 10. Comparison of corrosion current densities between after 20-day immersion and after 5 yr. immersion depending on coating thickness.

는 경우에 잘 일치하나 본 실험의 경우는 몰타르 내부의 철근에 대한 분극곡선을 측정하였다. 그러므로 전술한 바와 같이 몰타르 피복두께에 의한 저항분극과 부식생성물에 의한 저항분극이 분극곡선에 많이 포함되므로 분극곡선으로 실질적인 부식전류밀도 값을 구하는 것은 다소의 문제가 있다고 생각된다. 따라서 Fig. 6, 7의 분극곡선에서 화살표로 표시한 지점이 부식전위에서 양극분극곡선의 측정을 시작하는 전류밀도이므로 부식전류밀도의 근사값으로 간주할 수 있다고 생각된다<sup>12)</sup> Fig. 10은 침지초기와 침지 5년 후의 부식전류밀도의 근사값을 피복두께에 따라 비교하였다. Fig. 10에서 알 수 있듯이 침지 5년 후의 부식전류밀도가 침지초기에 비해서 전체적으로 적은 값을 나타내고 있는 경향을 알 수 있다. 그리고 침지초기에는 피복두께가 적을수록 부식전류밀도는 큰 값을, 그리고 침지 5년 후의 부식전류밀도는 피복두께가 클수록 큰 값을 나타내는 반대 경향을 나타 내었다. 그리고 Fig. 5에서 침지 5년 후의 부식전위는 침지초기에 비해서 전체적으로 비한 값을 나타내고 있음을 알 수 있다. 일반적으로 부식전위가 비한 값을 나타내면 내식성이 저하되고 부식전류밀도는 증가하는 경향이 있는 것으로 판단하며 ASTM C876<sup>14)</sup>에서도 부식전위가 낮으면 부식 확률이 높은 것으로 예측하고 있다. 그런데 전술한 바와 같이 침지 5년 후의 부식전위는 낮은 경향을 나타 내었으나 부식전류밀도는 오히려 적은 값을 나타 내었다. 여기에서 주목할 점은 부식전위의 측정값이 해수용액에 침지된 미 피복 강판의 경우가 아닌 몰타르 내부의 철근에 대한 부식전위이며 더욱이 침지 5년 후에 측정된 부식전위 임을 간과할 수 없다고 생각된다. 결국 전술한 바와 같이 피복두께가 얇은 경우 침지 5년 후의 양극분극곡선과 임피던스에는 부식생성물이 저항분극으로 작용하여 외형적으로 부식전류밀도가 적은 값을 나타내는 것으로 판단된다. 그리고 피복두께가 두꺼운 경우 침지 5년 후에 부식전위가 비한 값을 나타내는 것은 해수중의 염소이온이 침투하여

산화막의 파괴보다 해수용액의 용존산소가 모르타르 피복 내부로의 침투와 확산에 따른 농도분극의 증가에 기인하는 것으로 생각된다.

#### 4. 결 론

지금까지 피복두께를 달리한 복합체 모르타르 시험편 (W/C; 0.5)을 해수 중에 침지한 후 침지초기와 침지 5년 후의 분극거동을 측정하였다. 즉 침지 년수에 따른 몰타르 시험편 내부의 철근의 부식전위 변화와 양극분극곡선 및 임피던스의 변화를 측정하고 및 이들의 상호관련성에 대해서 비교 고찰한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 침지초기에는 피복두께가 두꺼울수록 부식전위는 귀한 값을 그리고 피복두께가 적으면 비한 값을 나타내었으나 침지 5년 후에는 피복두께와 부식전위 사이에 일치하는 경향이 적었다. 그러나 전체적으로 침지 5년 후의 부식전위는 비한 경향을 나타내었다.
2. 침지초기에는 피복두께에 의한 저항분극이 분극거동에 영향을 미쳤으나, 침지 5년 후에는 피복두께가 적은 경우 철근표면의 부식생성물이 양극분극곡선과 임피던스의 측정시에 저항분극으로 크게 영향을 미치는 것으로 판단되었다.
3. 일반적으로 철근의 부식전위가 비한 값을 나타낼수록 부식가능성이 높은 것으로 예측한다. 그러나 본 실험의 결과 침지 5년 후에 측정된 부식전위가 비한 값을 나타 내었으나 부식전류밀도는 오히려 적은 값을 나타내었다. 그리고 피복두께가 두꺼운 경우가 피복두께가 적은 경우 보다 오히려 부식전류밀도가 큰 값을 나타내는 경향이 있었다.
4. 따라서 침지년수가 오래된 콘크리트 내부의 철근의 부식전위가 비록 비한 값을 나타 내었을 경우라도 이들 철근의 부식가능성을 부식전위만의 측정으로 확립적으로 판단하기는 어렵다고 생각된다.
5. 결과적으로 콘크리트 내부 철근의 부식거동에 대한 평가는 부식전위만의 측정에 의존하기 보다는 실제의 피복두께를 파악하고 이들 값의 대소에 대한 영향과 재령년수도 함께 고려되어야 할 것으로 생각된다.

#### References

1. R. N. Swamy, S. Koyama, T. Arai, N. Kikami, *Proceedings of the Durability of steel reinforcement in marine environment*, SP 109-7, p. 1614, ACI, Nagoya, Japan (1989).
2. S. Ozaki, N. Sugata, *Proceedings of the concrete in marine environment* SP 109-26, p. 587, ACI, Nagoya, Japan (1989).
3. D. H. Jeon, K. M. Moon, T. S. Baek, and J. H. Jong, *Corros. Sci. Tech.*, **21**, 3 (1992).

4. S. D. Hong, *Mater. Environ.*, **42**, 462 (1993).
5. G. C. Jang, *J. Conc. Soc. of Jpn*, **32**, 73 (1994).
6. S. D. Hong, *Corros. Tech. of Jpn*, **33**, 462 (1984).
7. D. H. Jeon, K. M T. S. Baek and J. H. Kim, *Corros. Sci. Tech.*, **21**, 11 (1992).
8. K. G. Kim, B. H. Ryou, S. J. Kim, K. J. and K. M. Moon, *J. Ocean. and Tec.*, **14**, 23 (2000).
9. N. G. Thampson, K. H. Lawson, and J. A. Beavers, *Proceeding of the Corrosion/87 Technique*, p. 182, NACE, Houston (1987).
10. J. A. Apostoles, D. Park, and R. A. Carello, *Proceedings of the corrosion/87Technique*, p. 168, NACE, Houston (1987).
11. Y. R. Yoo, H. H. Cho, S. Take and J. G. Kim, *Met. Mater. Int.*, **12**, 255 (2006).
12. K. M. Moon, J. P. Won, D. H. Park, S. Y. Lee, J. A. Jeong, M. H. Lee and T. S. Baek, *Corros. Sci. Tech.*, **13**, 20 (2014).
13. J. A. Muylder, and M. Pourbaix, *Atlas of Electrochemical Equilibrium in Aqueous solution* Ed by M. Pourbaix, p. 313, Pergamon press, Texas (1966).
14. ASTM C876-80, Standard Test Method for Half-Cell Potentials of Uncoated Reinforcing Steel in Concrete (Withdrawn 2008), ASTM International, West Conshohocken, PA (1999).
15. Concrete Society of Japan, *Protection Guide of Marine Concrete Structure(proposal)*, p. 10, Juridical Foundation, Tokyo (1984).
16. K. M. Moon, *Practical Electrochemistry*, p. 177, Hyosung publication Co. Ltd., Pusan (1999).