

## 인공해수 침지조건에 따른 부식촉진시험과 염화물침투해석에 대한 연구

### A Study of Accelerated Corrosion Test and Chloride Penetration Analysis with Artificial Seawater Immersion Condition

박 상 순<sup>1)\*</sup>      정 지 원<sup>2)</sup>  
Sang-Soon Park      Ji-Won Jeong

#### Abstract

Steel reinforcement buried in concrete structure in submerged zone does not easily become corroded due to lack of dissolved oxygen. For that reason, accelerated corrosion test in submerged state is performed with an electrochemical method, which is not suitable for actual corrosion mechanism and makes it difficult to find relevance with long-term behavior. In this study, accelerated corrosion test was performed with the temperature and chloride concentration as main variables in order to establish a method for accelerated corrosion test in submerged zone. Corrosion was determined by the result of reinforcement corrosion monitoring based on galvanic potential measurement and half-cell potential method. The accelerated corrosion test result showed that temperature had the most dominant influence. To determine the chloride content, chloride concentration by depth in the test sample was measured. With the same conditions, chloride penetration interpretation was performed by DuCOM, a FEM durability interpretation program. Also, a test was performed to measure dissolved oxygen according to soaking conditions of artificial seawater, which was used for verifying the validity of the accelerated corrosion test result.

Keywords : Accelerated corrosion test, Artificial seawater, Chloride penetration analysis

#### 1. 서 론

우리나라 해안선을 따라 건설된 주요 산업시설들은 부식으로 인한 성능저하 때문에 수명단축 및 유지보수에 대한 비용으로 국가적 손실이 많다 (Ahn et al., 2002; Shin et al., 2005; Lee and Lee, 2009). 이러한 내구적인 문제점은 콘크리트 구조물의 주위 노출환경과 밀접한 관계를 가지고 있다. 해양콘크리트는 노출조건에 따라 해수중, 간만대, 비말대, 해상대기중으로 나뉘며 이 중 건습반복으로 인한 철근 부식이 활발히 일어나는 부분은 간만대 및 비말대이다. 일반적으로 염해환경에 노출된 구조물의 내구수명은 철근의 위치까지 염화물 이온이 침투되어 부식임계농도에 도달하는 시간으로 결정된다. 가장 확실하고 신뢰성 높은 내구수명 추정방법은 실제 해양환경에 철근콘크리트 시편을 폭로시켜 부식상태를

모니터링 하는 것이다. 이 방법은 실험결과를 얻는데 장기간에 소요된다는 단점이 있어, 이를 대체하는 수단으로 다양한 방법의 부식촉진시험이 적용되고 있다 (Yang et al., 2008; Song et al., 2009). 부식촉진시험은 대부분 간만대를 재현한 건습반복법에 대한 연구에 치중되어 있다 (Yadav et al., 2004; Bae et al., 2007). 해수중 환경에서는 철근 부식 열화요인이 적고 부식의 발생이 잘 일어나지 않아 부식촉진을 위해 전기화학적 방법 (Oh et al., 1996)을 이용해 연구 되었다. 이 방법은 실제 부식메커니즘과 달라 신뢰성이 떨어지는 단점이 있다. 이렇게 해수중 환경에 대한 실제 부식메커니즘에 맞는 부식촉진시험방법에 대한 연구는 미비한 상태이다.

이에 본 연구는 해수중 환경에서의 부식촉진시험법을 정립하기 위해 온도와 염화물농도를 주된 변수로 부식촉진시험을 실시하였다. 철근부식모니터링은 갈바닉 전위측정법 및

1) 정희원, 상명대학교 건설시스템공학과 조교수, 교신저자  
2) 정희원, 상명대학교 건설시스템공학과 석사과정

\* Corresponding author : parkss87@smu.ac.kr

• 본 논문에 대한 토의를 2014년 2월 28일까지 학회로 보내주시면 2014년 3월호에 토론결과를 게재하겠습니다.

반전지전위법을 이용하였다. 또한, 염화물 침투거동과 용존 산소량을 실험을 통해 평가하였다.

## 2. 실험

### 2.1 실험재료

본 실험에서 사용한 시멘트는 국내 H사에서 제조한 보통 포트랜드시멘트로서 그 물리적 성질은 Table 1과 같다. 잔골재는 충남 공주 강모래, 굵은골재는 최대치수 20mm의 쇠석 골재이고 표면건조상태로 사용하였다. 이들의 물리적 성질은 Table 2와 3과 같다.

### 2.2 실험방법

#### 2.2.1 부식촉진시험

부식촉진시험은 양극 철근, 음극 티타늄메쉬를 이용하여 갈바닉 부식을 유도하였으며 실험모식도는 Fig. 1과 같다. 갈바닉 부식의 영향을 최소화하기 위해 티타늄메쉬와 철근의 면적비율을 2:1로 설정하였다. 부식촉진시험의 실험변수는 Table 4와 같다. 농도는 인공해수농도 (KS F 2599-2), 2배 인공해수농도, 4M NaCl을 제작하여 침지시켰다. 상온 ( $20 \pm 2^\circ\text{C}$ )의 온도는 써머커플 (Thermocouple)을 데이터로거에 연결해 실험실온도를 측정하여 유지해주었으며, 고온의 환경은 항온·항습기를 이용하여 고온 ( $65 \pm 2^\circ\text{C}$ )을 유지하여 부식촉진시험을 실시하였다. 단기간 내에 철근부식 발생을

위해 W/C비를 높게 설정하였으며, 실험에 사용된 배합은 Table 5와 같다.

시험체는  $100 \times 100 \times 100\text{mm}$  정사각형으로 몰드를 사용하였으며 피복두께는 10mm로 제작하였다. 철근은 원형철근 지름 9mm를 사용하였으며 철근의 이미 존재하는 녹 및 이물질 등을 제거하기 위해 연마지를 이용하여 표면처리 하였다. 철근과 전선의 연결부위 및 노출예상 범위는 모두 에폭시로 코팅하였다. 재령 6일까지 수중 양생한 후 시편 6면 중 5면을 에폭시로 코팅하여 에폭시 코팅 24시간 경과 후 (재령 7일)부터 인공해수에 침지시켜 일방향 염화물 침투를 유도하였다. 인공해수 침지조건에 따른 부식촉진시험은 Fig. 2와 같다. 철근부식모니터링은 갈바닉 전위측정법과 반전지전위

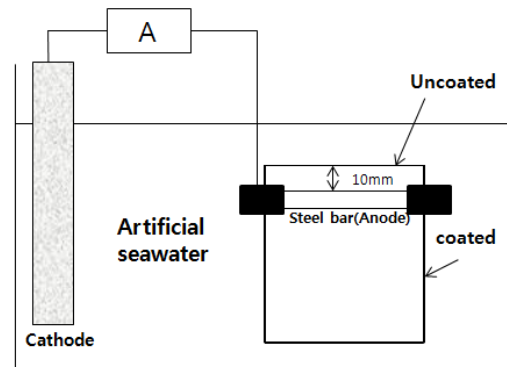


Fig. 1 Experimental set-up for external chloride concrete

Table 4 Experimental argument

Temperature [°C]	Case	Artificial seawater [g/L]				
		NaCl	MgCl <sub>2</sub> · 6H <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	CaCl <sub>2</sub>	KCl
Lab. temp. (20±2°C)	Artificial seawater	24.5	11.1	4.1	1.2	0.7
	Twice artificial seawater	49	22.2	8.2	2.4	1.4
	4M NaCl	233.8	×	×	×	×
High temp. (65±2°C)	Artificial seawater	24.5	11.1	4.1	1.2	0.7
	Twice artificial seawater	49	22.2	8.2	2.4	1.4
	4M NaCl	233.8	×	×	×	×

Table 5 Mix proportion of concrete

Mix	W/C [%]	Unit weight (kg/m <sup>3</sup> )			
		Water	Cement	Sand	Gravel
OPC 60	60	165	275	840	975

Table 1 Physical properties of cement

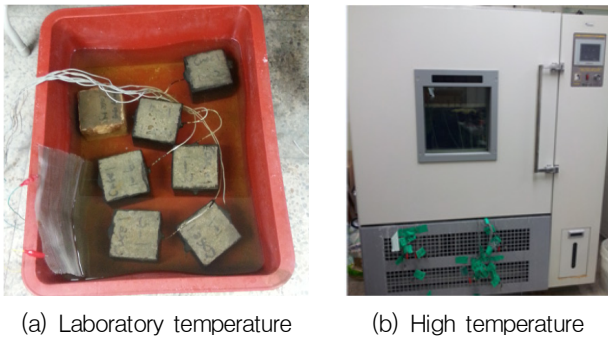
Specific gravity	Fineness [cm <sup>2</sup> /g]	Setting [min]		Soundness [%]	Compressive strength [Mpa]		
		Initial	Final		3day	7day	28day
3.15	3,500	220	320	0.1	26.7	41.2	57.6

Table 2 Physical properties of fine aggregate

Aggregate	Density [g/cm <sup>3</sup> ]	Water absorption [%]	F.M	Unit weight [kg/m <sup>3</sup> ]	Weight of passing 0.08mm (%)
Fine	2.6	1.5	2.5	1597	2.1

Table 3 Physical properties of coarse aggregate

Aggregate	Density [g/cm <sup>3</sup> ]	Water absorption [%]	F.M	Unit weight [kg/m <sup>3</sup> ]	G <sub>max</sub> (mm)
Coarse	2.7	0.9	6.5	1655	20



(a) Laboratory temperature (b) High temperature

Fig. 2 Artificial seawater immersion

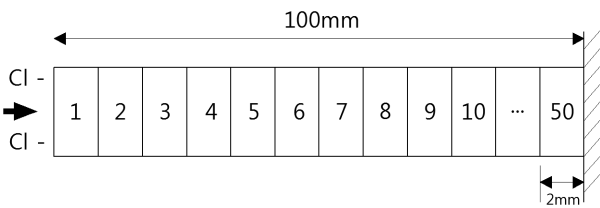
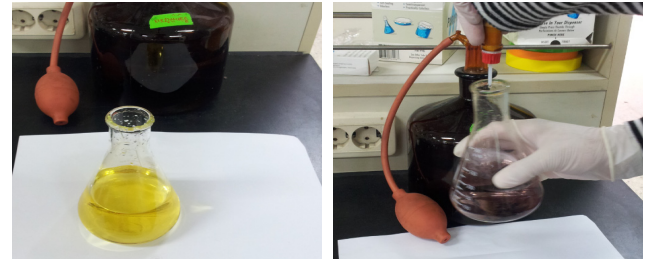


Fig. 3 DuCOM-LE modeling



(a) Injection for reagent (b) Injection for H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>



(c) Injection for starch (d) Injection for 0.025N Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

Fig. 4 Dissolved oxygen content test

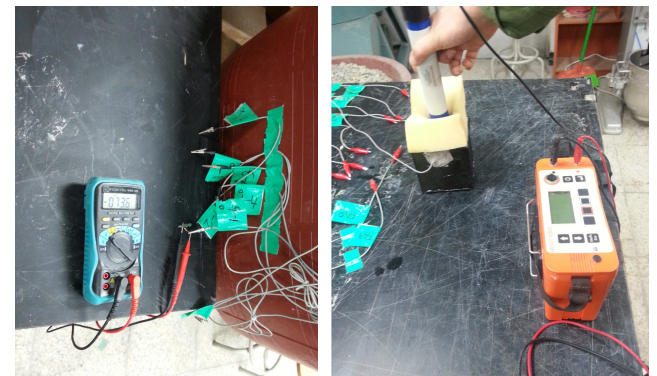
법을 이용하였으며 시편을 파괴하여 육안으로 부식을 확인하였다.

### 2.2.2 염화물침투해석 및 실험

DuCOM (Durability of CONcrete Model)은 염화물 침투 단계이전에 콘크리트의 초기 재령에서 발생하는 수화모델과 공극구조형성 모델을 반영한다 (Kishi and Maekawa, 1997). 또한, 염화물침투 모델에 있어 염화물 확산이동과 압축침투를 동시에 고려하는 특징을 가지고 있다. DuCOM은 온도·습도와 같은 환경조건과 콘크리트의 재료적 성질을 고려해 주기 때문에 인공해수 침투조건에 변수를 적용하여 염화물의 거동을 확인하였다. 해석결과를 검증하기 위해 염화물 함유량 실험을 실시하였다. 인공해수 168일 침투시킨 시편을 전위차 측정법을 이용하여 수용성 염화물량을 측정하였다.

### 2.2.3 용존산소량

해수중 환경에서 부식이 발생하지 않는 이유는 산소 확산 때문이다. 염화물 때문에 철근의 부동태피막이 파괴 되어도 철근깊이까지 산소가 전달되지 않으면 부식반응이 일어나지 않는다. 일반적으로 용존산소량은 온도가 높거나 염분의 농도가 높아지면 작아진다. 실험에 사용된 인공해수 조건에 각각의 해수를 샘플링하여 용존산소량을 평가하였다. 용존산소량의 실험은 윙클러-아지드 화 나트륨변법 (Winkler with Azide Modification Method)으로 실시하였다.



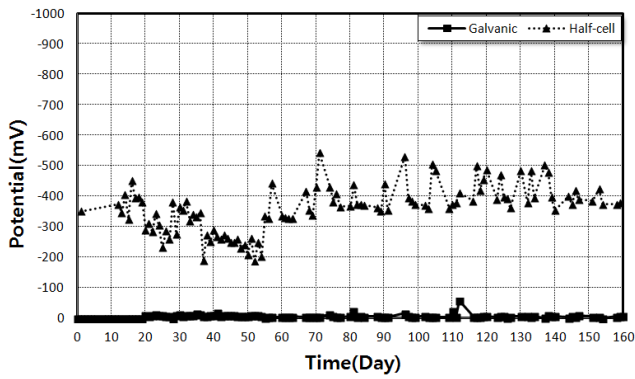
(a) Galvanic potential (b) Half cell potential

Fig. 5 Steel corrosion monitoring

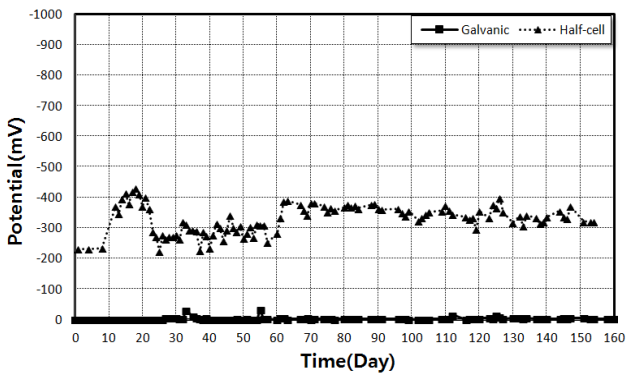
## 3. 실험결과 및 분석

### 3.1 철근부식모니터링 결과 비교

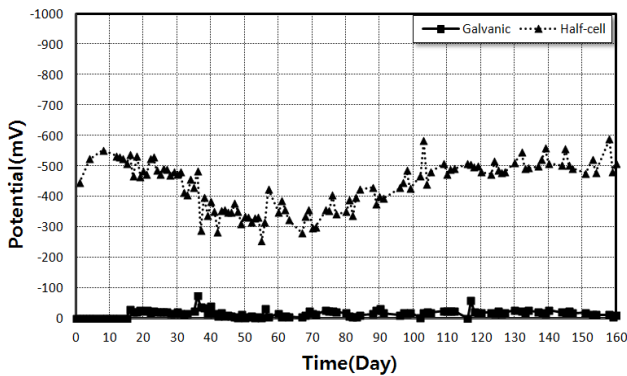
부식촉진시험의 철근부식모니터링은 갈바닉 전위측정법과 반전지전위법을 이용해 매일 동일한 시간에 측정하였다. 갈바닉 전위측정법의 부식개시 판단기준은 전위밀도 상승구간이며 이때 부식이 발생했다고 판단한다 (Gowripalan and Mohamed, 1998). 반전지전위법의 부식개시 판단기준은 염화는 전극을 사용하였을 때 전위가 -250mV 이하가 되면 90% 이상의 부식발생 가능성을 보인다고 판단한다. 갈바닉 전위측정법과 반전지전위법 비교하여 분석한 결과 Fig. 6, 7과 같다.



(a) Artificial seawater



(b) Twice artificial seawater

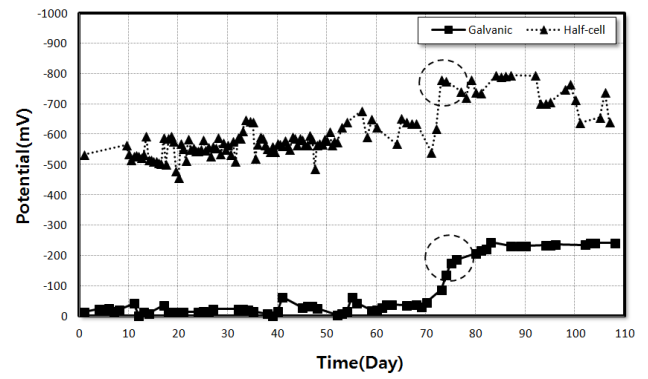


(c) 4M NaCl

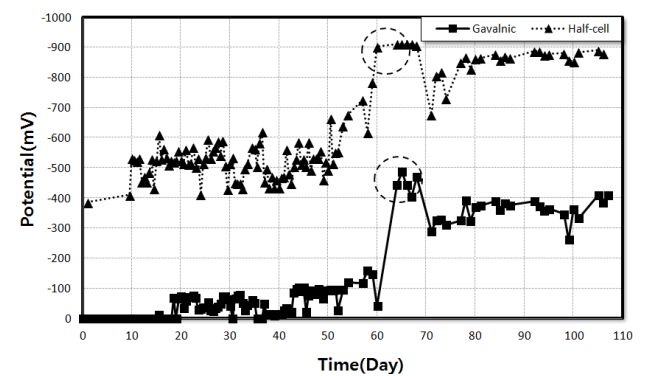
Fig. 6 Result of accelerated corrosion test (lab. temperature)

갈바닉 전위측정법의 실험결과 상온에서 전위밀도 상승구간이 나타나지 않았다. 이것은 전위상태가 안정되어 부식이 발생하지 않았다는 것을 의미한다. 반전지전위법은 인공해수 침지 순간부터  $-250\text{mV}$  이하의 값을 가지며 부식이 발생할 가능성이 높다고 판단되었다. 이는 초기 재령에 대한 콘크리트 내부구조가 밀실하지 못하고 공극구조가 포화상태이며 산소가 부족한 환경이기 때문에 불안정한 전위값을 가진다고 예상할 수 있다.

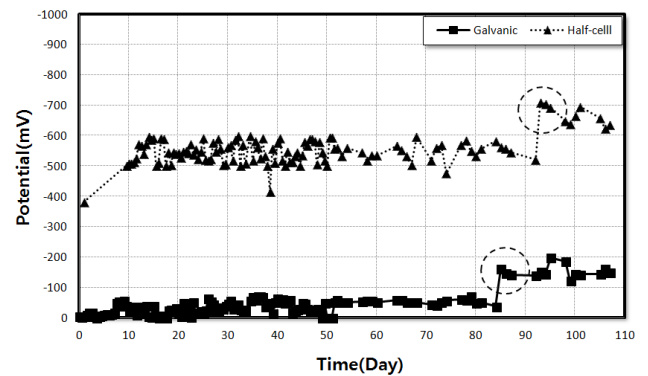
고온에서 갈바닉 전위측정법은 전위밀도 상승구간이 뚜렷



(a) Artificial seawater



(b) Twice artificial seawater



(c) 4M NaCl

Fig. 7 Result of accelerated corrosion test (High. temperature)

하게 나타난다. 이는 부식이 발생했다는 것을 의미한다. 반전지전위법은 상온에서와 마찬가지로  $-250\text{mV}$  이하의 값을 가진다. 그러나 반전지전위법은 갈바닉 전위측정법의 전위상승 밀도구간을 비교해보면 비슷한 시점에서 부식전위가 상승된다. 철근부식모니터링의 값을 검증하기 위해 시편을 파괴해서 육안으로 부식을 확인하였다. 갈바닉 전위측정법, 반전지전위법, 육안으로 부식 확인한 각각의 결과는 Table 6과 같다.

Table 6 Result of steel corrosion monitoring

Temperature	Case	Corrosion judgment and initiation time		
		Galvanic	Half cell	Visual
Lab. temp. (20±2℃)	Artificial seawater	×	○	×
	Twice artificial seawater	×	○	×
	4M NaCl	×	○	×
High temp. (65±2℃)	Artificial seawater	75day	72day	○
	Twice artificial seawater	63day	60day	○
	4M NaCl	83day	91day	○
Corrosion criteria		Potential density rise	Less than -250mV, Potential density rise	

Table 7 Physical properties of fine aggregate

W/C [%]	Time Step [day]	Time [day]	External environment		
			RH [%]	Temperature [℃]	Chloride ion penetration [mol/L]
60	0.5	168	100	20, 65	0.42, 0.84, 4

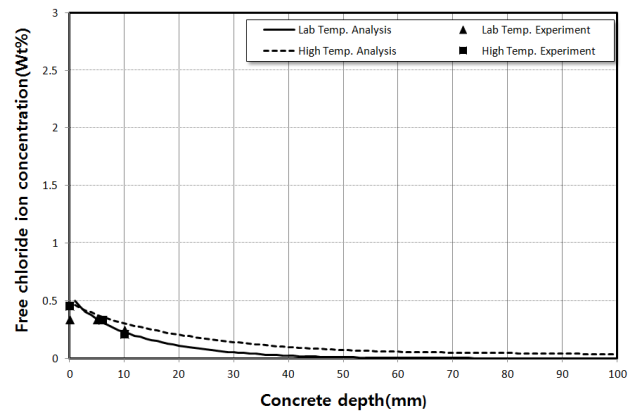
3.2 염화물침투해석 및 실험결과 비교

DuCOM-LE는 배합조건이 반영되기 때문에 부식촉진시험에 실시한 배합과 동일하게 해석하였다. 또 초기조건은 20℃, 1000Pa로 설정하였으며 염화물침투거동에 대한 해석조건은 Table 7과 같다. 염화물해석결과와 전위차 측정법을 이용해 수용성 염화물량 실험결과를 비교하였다.

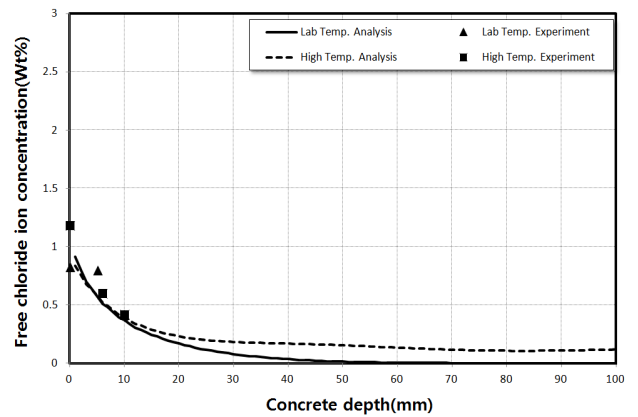
전체적으로 해석결과와 실험결과는 비슷한 경향을 보이거나 4M NaCl에서는 차이를 보였다. 이는 실제 염화물침투거동과 해석적 침투거동이 염화물농도가 높아질수록 차이를 보이는 것으로 판단된다. 피복두께 10mm에서의 염화물량은 상온과 고온에서의 차이가 뚜렷하게 나타나지 않는다. 그러나 온도가 주는 영향으로 해석적 결과에서는 침투깊이가 깊게 나타났다. 이는 염화물 확산이 빠르게 진행되었다는 것을 보여주는 결과이다.

3.3 용존산소량

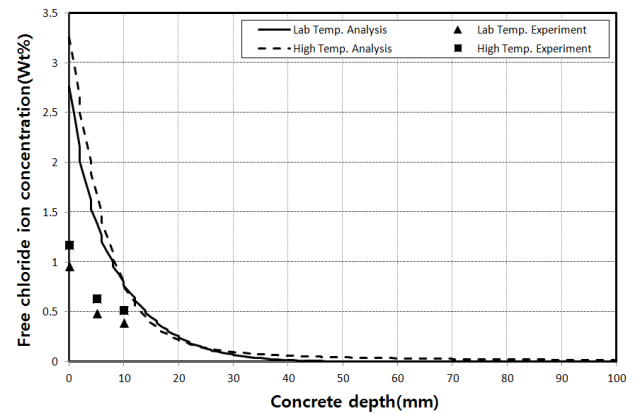
일반적으로 콘크리트 내의 산소확산은 기체산소의 경우 확산계수가 10<sup>-7</sup>~10<sup>-8</sup>m<sup>2</sup>/s의 값을 가진다. 용존산소의 확산계수의 경우 전기화학적인방법을 사용하여 콘크리트 내부의



(a) Artificial seawater



(b) Twice artificial seawater



(c) 4M NaCl

Fig. 8 A comparison between analysis and experiment result

용존산소의 확산계수를 측정한 결과 10<sup>-9</sup>~10<sup>-10</sup>m<sup>2</sup>/s으로 기체산소의 확산계수보다 약 1/100정도로 상당히 작다고 연구된 바 있다 (GjØrv, 1979). 실험에 측정된 데이터를 이용해 용존산소량은 식 (1)을 통해 계산하였으며 실험결과와 Table 8과 같다.



Table 8 Result of dissolved oxygen experiment

Temperature	Artificial seawater	Twice artificial seawater	4M NaCl
Lab. temperature (20±2℃)	2.3ppm	1.7ppm	1.5ppm
High temperature (65±2℃)	1.5ppm	1.1ppm	0.9ppm

$$DO(mg O_2/L) = a \times f \times \frac{V_1}{V_2} \times \frac{1000}{V_1 - R} \times 0.2 \quad (1)$$

여기서,  $a$ 는 티오황산나트륨의 적정가 (mL),  $f$ 는 티오황산나트륨의 역가,  $V_1$ 는 시료량 (mL),  $V_2$ 는 적정량에 사용된 시료량 (mL),  $R$ 는 황산망간과 요오드화칼륨 용액의 주입량 (mL)이다.

### 3.4 실험결과 분석

인공해수의 침지시켜 부식촉진시험 실시한 결과 같은 농도 조건임에도 상온에서는 부식이 발생하지 않았으며 고온에서는 부식이 발생하였다. 온도가 상승됨에 따라 철근의 산화환원반응을 촉진시켜 상온보다 고온에서 부식이 빨리 발생되었다고 판단된다. 그러나 농도에 대한 영향은 포화된 4M NaCl보다 2배 인공해수농도에서 부식이 더 빨리 발생되었다. 염화물농도가 높아질수록 오히려 용존산소량이 작아져 부식속도가 감소되어진 결과로 판단된다.

철근부식 모니터링은 갈바닉 전위측정법과 반전지전위법 모두 전위밀도 상승구간이 비슷한 경향을 보였다. 반전지전위법의 부식판단기준은 염화는 전극을 사용하였을 때 -250mV 이하 전위 값을 가지면 부식발생을 판단하는 방법이나 해수 중 환경과 같이 콘크리트 내부가 포화된 상태이며 산소가 부족한 환경에서는 꾸준한 모니터링을 통한 전위밀도 상승구간을 확인하는 것이 보다 정확한 부식판단기준이라 판단된다. 염화물침투거동은 일반적으로 온도의 대한 영향이 크다. 염화물침투해석결과 이미 부식을 유발할 수 있는 염화물량이나 상온에서는 부식이 발생하지 않았다. 이것은 산소가 철근까지 도달하지 않았으며 다른 복합적인 요인에 의해 부식이 발생하지 않았다고 판단되어진다. 용존산소량의 실험결과 예상한 것과 같이 온도가 높고 염화물 농도가 높을수록 산소량이 적은 결과를 보였다. 용존산소량이 적어지게 되면 산화환원반응에서 반응 할 수 있는 산소가 줄어들기 때문에 부식속도가 감소하게 된다. 그러나 실험결과는 용존산소량이 가장 적은 고온에서 부식이 발생하였으며 인공해수에서는 부식을

촉진시키는 요인에 있어 온도의 영향이 가장 지배적이라는 사실을 확인 할 수 있다.

CEB-FIP에서 제안하고 있는 DuraCrete 기법의 내구성 설계과정에서 부식율은 식 (2)와 같다. 부식율의 영향을 미치는 것은 콘크리트의 환경과 여러 매개변수가 관련되어 있다.

$$V^d = \frac{m_o}{\rho^c} \cdot \alpha^c \cdot F_{cl}^c \cdot \gamma_v \quad (2)$$

여기서,  $V^d$ 는 부식율 ( $\mu\text{m}/\text{year}$ ),  $m_o$ 는 부식율에 대한 비저항 ( $\mu\text{m} \cdot \Omega\text{m}/\text{year}$ ),  $F_{cl}^c$ 는 염화물부식속도계수,  $\alpha^c$ 는 공식 (Pitting)계수, 부식속도에 대한 부분계수 ( $\gamma_v$ )이다. 이러한 조건 중 환경적인 요인과 콘크리트 품질이 동일하다면 온도영향에 대한 부식율은 식 (3)과 같이 표현 할 수 있다.

$$V^d = \frac{C}{k_{T,res}^c} \quad (3)$$

여기서,  $C$ 는 상수,  $k_{T,res}^c$ 는 온도계수이다. 이 식을 통해 상온과 고온의 부식율을 계산해 본 결과 부식율은 약 3.92배의 차이가 난다. 부식율의 차이만큼 부식촉진실험결과 상온에서 부식이 발생하지 않았으며 정략적 평가를 위해서는 부식촉진시험의 결과와 부식율의 비교를 통해 가능하다.

## 4. 결론

해수중 환경에서의 온도와 농도에 따른 부식을 촉진시키는 영향인자를 알아보기 위해 철근부식모니터링을 실시한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- (1) 부식촉진시험을 통해 철근부식모니터링을 실시한 결과, 갈바닉 전위측정법은 상온에서 부식이 발생하지 않았으나 고온에서는 부식이 발생하였다. 고온에서의 부식개시시점은 2배 인공해수농도, 인공해수 농도, 4M NaCl 순으로 나타났다. 반전지전위법은 갈바닉 전위측정법과 비교해 보았을 때 전위밀도 상승구간과 안정화 되는 구간이 비슷한 경향을 보였다.
- (2) 염화물침투거동은 해석결과와 실험결과가 대체로 유사한 결과를 보였으나 4M NaCl에서는 해석 값이 크게 나타났으며, 온도변화에 따라 염화물확산속도가 증가하는 것을 확인 할 수 있었다. 상온과 고온의 피복

10mm에서의 염화물 농도는 이미 부식을 유발할 수 있는 염화물량으로 평가되었으나 상온에서는 아직 부식이 발생하지 않았다.

- (3) 용존산소량의 실험결과를 살펴보면 전체적으로 인공 해수에 용해된 있는 산소량은 매우 적은양이었다. 예상한 것과 같이 온도와 염분의 농도가 높을 때의 용존 산소량이 적었다.
- (4) 본 연구의 실험결과를 종합하면, 인공해수 침지조건에 따른 부식촉진시험 시 가장 고려되어야 할 사항은 온도의 영향이다.
- (5) 향후 피복두께의 변화와 온도의 다양성 등을 변수로 연구를 진행한다면 해수중 환경에서의 부식촉진과 영향인자의 상관성을 보다 명확히 파악 할 수 있을 것으로 기대된다.

#### 감사의 글

본 논문은 상명대학교 2012년 교내연구비의 지원을 받아 연구되었으며 이에 감사드립니다.

#### References

1. Ahn, T. S., Cheong, H. M., Kim, N. Y., Ryu, J. H., Kim, J. H. (2002), Establishment of Management and Maintenance of Concrete Structures for Durability, Korea Institute of Construction Technology (in Korean).
2. American Society for Testing and Materials (1999), Standard Test. Method for Half-Cell Potentials of Uncoated Reinforcing Steel in Concrete: C 876-91, Book of ASTM Standards. Section 4, Philadelphia. PA. USA, 1-6.
3. Bae, S. H., Lee, K. M., Kim, J. S., Kim, Y. S. (2007), Estimation of Critical Chloride Content for Corrosion of Reinforcing Steel in Concrete by Accelerated Corrosion Tests, *Journal of the Korean Society of Civil Engineers*, 27(5), 771-776 (in Korean).
4. DuraCrete-Final Technical Report (2000), Probabilistic Performance Based Durability Design of Concrete Structures, Document BE95-1347/R17, European Brite-Euram III, Published by CUR, May, The Netherlands, 43-68.
5. GjØrv, O. E., Vennesland, Ø. (1979), Diffusion of Chloride from Seawater into Concrete, *Cement and Concrete Research*, 9(2), 229-238.
6. Gowripalan, N., Mohamed, H. M. (1998), Chloride Ion Induced Corrosion of Galvanized and Ordinary Steel Reinforcement in High-performance Concrete, *Cement Concrete Research*, 28(8), 1119-1131.
7. Kishi, T., Maekawa, K. (1997), Multi Component Model for Heat of Hydration of Blended Cement with Blast Furnace Slag and Fly Ash, *Concrete Library of JSCE*, 30(1), 125-139.
8. Korean Standards (2002), Testing method for Water-Soluble Chloride in Mortar and Concrete, KS F 2715, 1-4.
9. Korean Standards (2008), The Accelerated Corrosion Test of Reinforced Concrete (Wet-Drying Cycles Method), KS F 2599-2, 1-6.
10. Lee, C. H., and Lee, G. J. (2009), A Study on Corrosion Potential of Cracked Concrete Beam According to Corrosion Resistance Assessment, *Journal of the Korea Institute for Structural Maintenance Inspection*, 13(1), 97-105 (in Korean).
11. Oh, B. H., Cho, Y. K., Cha, S. W., Chung, W. K. (1996), A New Method on the Prediction of Corrosion Resistance of Reinforced Concrete Using Accelerated Potentiometric Corrosion Method, *Journal of Korea Concrete Institute*, 8(5), 202-209 (in Korean).
12. Sin, Y. S., Lee, S., Kim, G. S. (2005), The Effect of Chloride on the Corrosion of Reinforced Concrete, *Journal of the Korea Institute for Structural Maintenance Inspection*, 9(2), 147-154 (in Korean).
13. Song, H. W., Lee, C. H., Lee, K. C. (2009), A Study on Corrosion Potential of Cracked Concrete Beam According to Corrosion Resistance Assessment, *Journal of the Korea Institute for Structural Maintenance Inspection*, 13(1), 97-105 (in Korean).
14. Yadav, A. P., Nishikata, A., Tsuru, T. (2004), Electrochemical Impedance Study on Galvanized steel Corrosion under Cyclic Wet-dry Conditions-Influence of Time of Wetness, *Corrosion Science*, 46(1), 169-181.
15. Yang, S. K., Kim, D. S., Um, T. S., Lee, J. R., Kono, K. (2008), Study on the Critical Threshold Chloride Content for Steel Corrosion in Concrete with Various Cement Contents, *Journal of Korea Concrete Institute*, 20(4), 415-421 (in Korean).

Received : 12/15/2013  
 Revised : 12/23/2013  
 Accepted : 12/26/2013

---

## 요 지

해수중 환경에서 콘크리트 구조물 내에 매립된 철근은 용존산소의 부족으로 부식이 잘 발생하지 않는다. 이 때문에 해수중 환경의 부식 촉진시험은 전기화학적 방법으로 실시되어, 실제 부식 메커니즘과 맞지 않고 장기거동과의 상관성 도출도 어려운 실정이다. 본 연구에서는 해수중 환경에서의 부식촉진시험법을 정립하기 위해 온도와 염화물농도를 주된 변수로 부식촉진시험을 실시하였다. 부식의 발생 유무는 갈바니 전위측정법과 반전지전위법을 통한 철근부식모니터링 결과로 판단하였다. 부식촉진시험 결과 온도의 영향이 가장 지배적이라고 평가되었다. 염화물량은 시험 시편의 깊이별 염화물 농도를 측정하였다. 동일한 조건으로 FEM 내구성 해석 프로그램인 DuCOM을 통해 염화물침투 해석을 실시하여 입증하였다. 또한, 인공해수 침지 조건에 따른 용존 산소량은 실험을 통해 구했으며 이를 통해 부식촉진시험 결과의 타당성을 검증하였다.

**핵심 용어** : 부식촉진시험, 인공해수, 염화물침투해석

---