

해수중에 침지된 재령 1.5년의 콘크리트의 철근방식특성
- 해수와 해사가 혼입된 콘크리트의 철근의 방식연구 ③ -

전 대 회 · 문 경 만 · 김 진 경
한국해양대학교 방식연구실

**Protective Characteristics of the Rebar in Concrete Aged 1.5 Years
Immersed in Sea Water**

- A Corrosion Study of the Rebar in Concrete Intermixed Sea Water and Sea Sand ③ -

D. H. Jeon, K. M. Moon, J. K. Kim
Corrosion Laboratory, Korea Maritime University

The reinforced concrete intermixed sea water with sea sand must be used for the marine structures for lack of river sand and city water, but the rebar(reinforced steel bar) in the concrete will be damaged rapidly by the chloride induced corrosion. Therefore, those structures must be protected from the saline damage.

The protection methods were examined by means of increasing the concrete thickness covered the rebar, intermixing the corrosion inhibitors and using the coated rebars. The follows are the main results of this study for the specimens of the reinforced concrete aged 1.5 years immersed in sea water.

1. When the thickness of concrete covered the rebars are more than 40mm in every case, the free corrosion potentials become considerably noble and the corrosion currents remarkably small.

2. The relations of the free corrosion potentials(E_{cor}) to the corrosion currents(i_{cor}) of the rebars are expressed as $\log i_{cor} = b - mE_{cor}$ and the slopes(m) of the linear lines are nearly constant in every case, but the case using the galvanized rebars is adaptable when the thickness of concrete covered is more than 30mm.

3. In the case using the galvanized rebars specially, the corrosion current is maximum on the rebar covered 30mm thickness of concrete.

Key word : concrete aged 1.5 years, galvanized rebar, corrosion inhibitor, Tafel extrapolation, repassivation, polarization curve.

1. 서 론

철강(鐵鋼)은 인장강도와 압축강도 등이 강한 비교적 값싼 재료이고, 콘크리트는 값싼 장수명의 압축강도가 강한 재료이며 철강에 대한 방식성이 좋으므로 그 조합체인 철근(鐵筋) 콘크리트는 장수명의 값싼 토목과 건축의 시설재로서 많이 사용되고 있다. 그러나 이 철근콘크리트 구조물에 사용할 질이 좋은 모래와 자갈이 생활향상에 따른 콘크리트의 다수요에 따라 급속히 감소되고 있고, 특히 환경보호의 강화로 벌써부터 품귀상태에 있다. 따라서 철근콘크리트 구조물에 염분(鹽分)이 많은 바닷모래와 바닷자갈을 사용하지 않을 수 없는 형편^{1~3)}이고, 그들의 골재(骨材)를 청수(淸水)로 씻어서 사용하면 좋겠으나 경제적 사정과 공업용수의 부족으로 그것도 여의(如意)하지 않다.

철근콘크리트에 염분이 많이 함유되어 있는 골재를 사용하면 그 염분에 의해서^{4~6)} 철근(rebar)이 조기에 부식(腐蝕)되어 그 강도를 낮출 뿐만 아니라 그 콘크리트를 균열(龜裂)시키므로 그 구조물의 수명이 심히 단축되고, 때로는 급작스러운 붕괴에 의해서 인명(人命)과 재산(財産)에 막대한 손해를 입힐 수 있다. 그러나 인구(人口)의 팽창과 자원 고갈의 추이(推移)로 볼 때 앞으로는 인류가 해양(海洋)으로 널리 진출하지 않을 수 없고, 이를 위해서는 해안과 해중에 대형 철근콘크리트 구조물을 많이 건설하지 않을 수 없다. 그러므로 우리들은 철근콘크리트에 염분이 많은 바닷골재를 자연스럽게 사용할 수 있도록 하루 빨리 대책(對策)을 세우지 않으면 아니되겠다.

철근콘크리트에서 염해(鹽害)를 방지하는 방법^{7~10)}에는 ① 철근의 콘크리트 피복두께 증가법 ② 철근에 아연이나 에폭시수지를 피복하여 사용하는 방법 ③ 철근콘크리트에 철근방식제를 첨가하는 방법 ④ 콘크리트중의 철근을 전기방식(음극방식)하는 방법 ⑤ 철근콘크리트 표면에 합성수지를 침투시키거나 피복하는 방법 등이 있다. 그러므로 본 연구에서는 ①의 단독방법, ①과 ②의 병용법 및

①과 ③의 병용법을 채용하고 있다. 그리고 철근 콘크리트는 수 10년에 걸쳐서 안전(安全)하게 사용되어야 하므로 철근콘크리트의 염해방지성은 장기간의 시험^{11~12)}을 통해서 확인되어야 한다. 그러므로 본 연구는 장기간에 걸쳐서 계속되어야 하므로 본보(本報)는 우선 재령(材令) 1.5년의 염분 혼입 콘크리트의 철근방식성을 중간보고하였다.

우리나라에서는 1991년 6월의 주택 200만호 건설의 열기속에서 염분이 많은 불량 레미콘(ready-mixed concrete)을 그 구조물에 사용하였다고 해서 큰 물의(物議)¹³⁾을 일으켰으나 그 후로는 잠정했다. 이 염분문제가 충분한 대책을 세워서 무사히 해결되어서 잠잠하다면 큰 다행이나 현실성이 바닷모래의 눈가림식 염분세척이라면 장래가 심히 염려(念慮)되므로 관계당국에서는 과감하게 아연도금이나 에폭시수지피복의 철근을 사용하게 하거나 철근방식제를 콘크리트에 첨가하는 방법을 권장하여야 한다고 강조한다.

2. 시험편과 시험방법

2.1 시험편

이 연구에 사용된 시험편은 원봉 철근(鐵筋)을 콘크리트 원주(圓柱)에 봉입한 것이며, Fig. 1은 그 단면도이다.

이 철근은 직경 10mm, 길이 200mm의 나연강봉(裸軟鋼棒) 및 그 표면에 각각 아연도금과 에폭시수지피복한 3종이며, 모두 그 상하단을 폴리에틸렌 튜브와 실리콘수지로 피복하여 그 중앙부에 100mm길이의 유효시험면만 노출시켰다. 그리고 콘크리트 원주의 중심부에 철근이 배치되게 하였고, 철근 외주의 콘크리트 피복두께(T)가 각각 10, 20, 30, 40 및 50mm되게 콘크리트를 치밀하게 타설(打設)하였다.

콘크리트 조성(組成)은 통래와 유사하게 모래, 시멘트 및 물의 비율을 2 : 1 : 0.45로 하였고, 자갈을 혼입하지 않았으므로 엄격하게는 모르타르(mortar)이다. 이 콘크리트에 사용된 모래에는 하천모래(0.

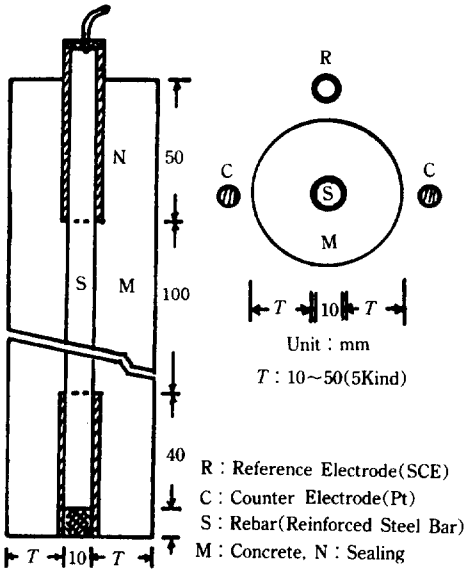


Fig. 1. Cross sectional views of the test piece of the reinforced concrete.

00824% NaCl)나 해변모래(0.153% NaCl)를 사용하였고, 시멘트는 포트랜드 시멘트 1종(KSL 5201)을 사용하였다. 그리고 물은 수돗물(0.0033% NaCl), 바닷물(3.14% NaCl) 및 방식제로서 아질산소다(NaNO_2)를 0.3%와 3.5%를 첨가한 바닷물을 사용하였다.

이 아질산소다는 콘크리트 방식제로서 사용되고 있는 아질산칼슘($\text{Ca}(\text{NO}_2)_2$)보다 콘크리트에 미치는 강도면에서 불리하나 그 방식성은 대등하게 기대¹⁴⁾되므로 그 대용품으로서 채용하였다. 시험편의

각 계열별 두께와 조성은 Table 1과 같다.

2.2 시험방법

이 연구에서 주시험은 상온의 천연해수중에 1.5년간 침지한 시험편에 대하여 자연부식전위(free corrosion potential)에서 15mV/min의 낮은 전위주사속도(scan rate)로 동전위 음양분극곡선을 측정하고, 그 곡선을 분석평가하는 것이다.

이 분극곡선의 측정은 콘크리트내의 철근의 표면 피막이 손상되지 않도록 분극전류밀도를 $\pm 10\mu\text{A}/\text{cm}^2$ 의 범위내에서 가능한 한 낮은 전류밀도까지 전위주사속도(電位走査速度)를 15mV/min로 낮게 일정히 유지함으로써 시험편에 급격한 변화를 주지 않도록 하였고, 역전위주사(reverse scan)에 의해서 분극전의 자연부식전위에 되돌아가도록 노력을 하였다. 그리고 다음의 분극곡선 측정에는 처음의 자연부식전위의 $\pm 5\text{mV}$ 까지 안정됨을 기다렸다가 측정하였다.

콘크리트중의 철근의 부식속도 측정에는 직선분극법(linear polarization test)¹⁵⁾이나 분극저항법(polarization resistance test)¹⁶⁾이 이용되고 있으나 본 연구에서는 더 간단한 타펠외삽법(Tafel extrapolation method)을 이용하였다. 그리고 그 부식속도를 각 시험편에 대하여 비교검토함으로써 철근에 대한 각 시험편의 방식성을 파악하였다.

또 콘크리트중의 철근의 공식성을 파악하기 위하여 공식발생전위(pitting initiation potential)와

Table 1. Classification of specimen

Serial Symbol	Concrete Thickness(mm)					Concrete Composition
	10	20	30	40	50	
A	—	A2	A3	A4	A5	BS/PC/RS/FW*
B	—	B2	B3	B4	B5	BS/PC/SS/SW
E	—	E2	E3	E4	E5	BS/PC/SS/SW(0.3% NaNO_2)
F	—	F2	F3	F4	F5	BS/PC/SS/SW(3.5% NaNO_2)
X	X1	X2	X3	X4	X5	XS/PC/SS/SW
Y	—	—	Y3	Y4	—	YS/PC/SS/SW

*BS : Bear Bar, XS : Galvanized Bar, YS : Epoxy Coated Bar, PC : Portland Cement, RS : River Sand, SS : Sea Sand, FW : City Water, SW : Sea Water

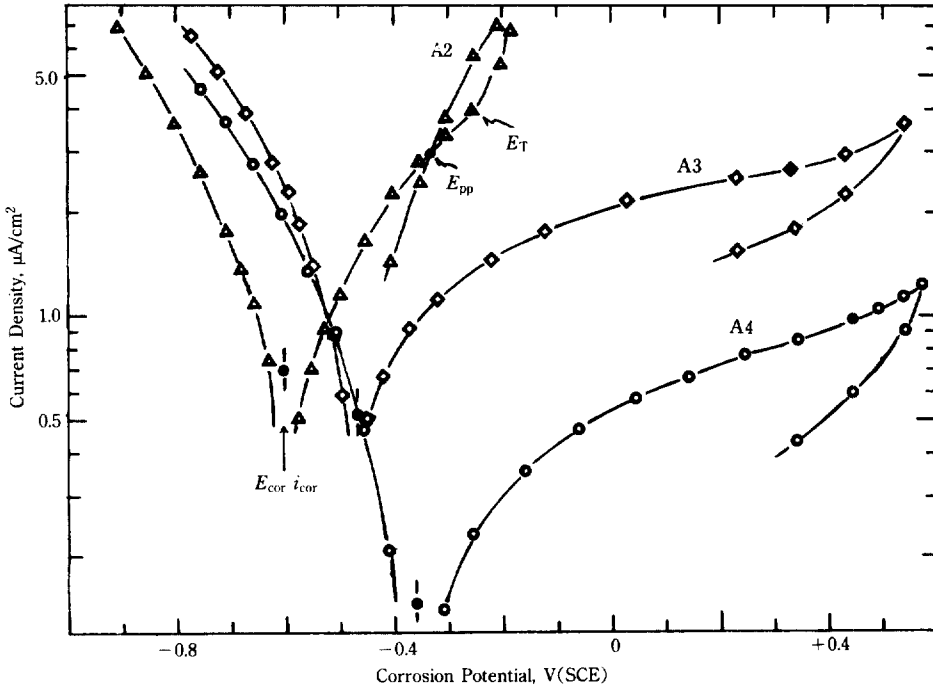


Fig. 2. Potentiodynamic polarization curves of the rebars in series A specimens aged 1.5 years immersed in sea water(scan rate : 15mV/min).

재부동태전위(repassivation potential)를 조사하였다. 그 공식발생전위는 이들 시험편의 콘크리트에 염분이 많으므로 그 양분극곡선의 관통전위(break-through potential)¹⁷⁾로 구하였으며, 재부동태전위는 관통전위이상의 전위에서 역전위주사를 시켜서 다시 분극곡선과 만나는 전위로^{18~19)} 잡았다.

이 시험에 사용된 천연해수는 비중 1.022, 비저항 26.5Ωcm, pH 7.42의 청명 연안해수이며, 분극곡선을 측정할 때의 해수온도는 10~15°C의 상온이다.

3. 측정결과와 고찰

3.1 하천모래와 수돗물로 만든 시험편

Fig. 2는 하천모래와 수돗물을 사용해서 만든 A계열(series)의 정상적인 철근콘크리트 시험편을

천연해수중에 침지한 1.5년후에 측정한 그 철근의 동전위 음양분극곡선이다. 이들의 분극곡선을 보면 그 곡선형²⁰⁾과 pH 13정도의 콘크리트중의 환경으로 보아서 이들의 철근은 모두 자기부동태(self-passivation) 상태에 있음을 알 수 있다.

이들의 분극곡선에서 타펠 외삽법으로 자연부식전위에서의 철근의 자연부식전류밀도를 구하면 그 자연부식전위와 자연부식전류밀도는 콘크리트 피복두께를 20mm로 한 A2는 -605mV(이하의 모든 분극전위는 SCE기준전위임)와 0.70μA/cm²*, 30mm로 한 A3은 -470mV와 0.52μA/cm², 40mm로 한 A4는 -360mV와 0.145μA/cm², 50mm로 한 A5는 -115mV와 0.02μA/cm²으로서, 콘크리트 피복두께를 증가할수록 철근의 자연부식전위는 귀화(貴化)하고 자연부식전류밀도는 감소하며, 특히 피복두께 40mm이상의 시험편에서 급격하게 변한

* Fe : 14/mdd = 0.00464mm/y = 0.400μA/cm²

다.

그리고 양분극곡선을 관통전위(貫通電位)이상의 분극전위에서 전위역주사(reverse scan)을 하여 재부동태전위(repassivation potential)을 구하면 Fig. 2와 같이 공식발생전위**가 나타나지 않는다. 또 A2의 시험편에 있어서는 공식의 가능성은 있으나 재부동태전위가 자연부식전위로 부터 200 mV이상 귀(貴)한 곳에 있으므로 지금 현재로는 A계열의 모든 시험편에 공식이 발생되지 않은 것으로 생각된다.

3.2 바닷모래와 바닷물로 만든 시험편

Fig. 3은 바닷모래와 바닷물을 사용해서 만든 B

계열의 최악조건인 철근콘크리트 시험편에 대하여 천연해수중에 침지한 1.5년후에 측정된 동전위 음양분극곡선이다. 이들의 시험편의 철근도 모두 자기부동태에 있는 것으로 생각된다.

이들의 분극곡선에서 구한 철근의 자연부식 전류밀도와 그 자연부식전위는 B2가 -635mV와 1.62 $\mu\text{A}/\text{cm}^2$, B3의 -515mV와 0.57 $\mu\text{A}/\text{cm}^2$, B4가 -345 mV와 0.20 $\mu\text{A}/\text{cm}^2$, B5가 -235mV와 0.10 $\mu\text{A}/\text{cm}^2$ 으로서, 콘크리트 피복두께를 증가할수록 그 자연부식전위가 귀화하고, 그 자연부식전류밀도가 감소하며, 특히 A계열의 시험편에서와 같이 콘크리트 피복두께를 40mm이상으로 증가할 때 급격하게 변한다. 그러나 자연부식전류밀도는 정상적인 철근콘크리트 시험편인 A계열의 것보다 상당히 높다.

그리고 이들의 시험편 철근의 재부동태전위는 B2

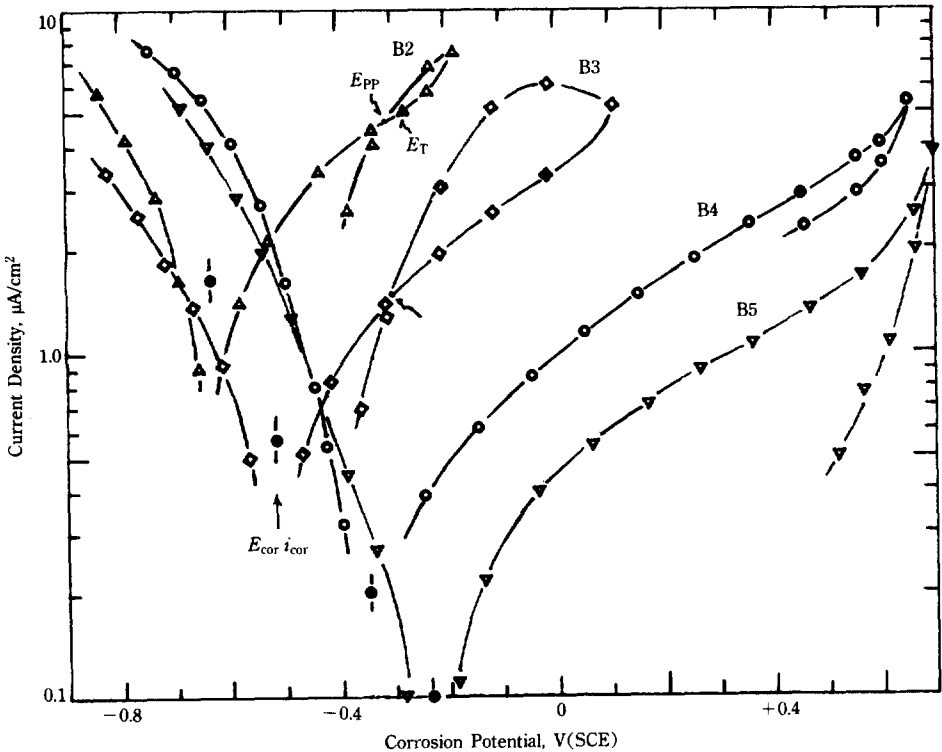


Fig. 3. Potentiodynamic polarization curves of the rebars in series B specimens aged 1.5 years immersed in sea water(scan rate : 15mV/min).

** 공식이 생기지 않을 때의 관통전위는 공식발생전위가 아니다.

가 -310mV , B3이 -300mV 이나 B4와 B5에는 나타나지 않았다. 또 B2와 B3의 재부동태전위도 자연부식전위에서 200mV 이상 귀하므로 이 환경에 있는 모든 시험편의 철근은 지금 현재로서 공식이 생기지 않은 것으로 생각된다.

3.3 바닷모래와 아질산소다를 0.3% 첨가한 바닷물로 만든 시험편

Fig. 4는 바닷모래와 방식제(防蝕劑)로서 아질산소다(NaNO_2)를 0.3% 첨가한 바닷물로 만든 E계열의 철근콘크리트 시험편에 대하여, 천연해수중에 1.5년간 침지한 후에 측정된 동전위 음양분극곡선이다. 이들의 시험편 철근도 모두 자기부동태에 있는 것으로 생각된다.

이들의 분극곡선에서 구한 철근의 자연부식 전류밀도와 그 자연부식전위는 E2가 -585mV 와 $2.4\ \mu\text{A}/\text{cm}^2$, E3이 -410mV 와 $1.9\ \mu\text{A}/\text{cm}^2$, E4가 -335mV 와 $0.92\ \mu\text{A}/\text{cm}^2$, E5가 -360mV 와 $0.76\ \mu\text{A}/\text{cm}^2$ 으로서, 철근의 콘크리트 피복두께의 증가에 따른 그 부식전위와 부식전류밀도의 변화경향은 A계열이나 B계열의 시험편의 경우와 유사하나 그들의

부식전류밀도는 최악의 조건으로 만든 B계열의 시험편의 경우보다 오히려 높다. 이와 같이 방식제를 첨가한 것이 방식제를 첨가하지 않은 B계열의 것보다 오히려 좋지 않은 것은 이 방식제가 산화성 방식제이므로 그 첨가농도가 너무 낮아서 부식을 촉진하기 때문인가 혹은 그 방식제 효과가 아직 나타나지 않기 때문인가는 현 단계에서는 알 수 없다. 또 E4와 E5의 시험편의 예와 같이 철근의 콘크리트 피복두께가 두꺼워도 콘크리트를 타설(打設)할 때의 작업정도(作業精度)에 따라서 자연부식전위의 고저(高低)가 역전(逆轉)되기도 함으로 콘크리트를 타설할 때는 이 점에 유의하여야 한다는 것을 알 수 있다.

그리고 이들의 시험편 철근은 재부동태전위가 E2에서 -310mV ($E_{\text{cor}} : -585\text{mV}$)에 나타나고, E3~E5에는 나타나지 않으므로 이들의 철근에도 공식은 생기지 않을 것으로 생각된다.

3.4 바닷모래와 아질산소다 3.5%를 첨가한 바닷물로 만든 시험편

Fig. 5는 바닷모래와 방식제로서 아질산소다를

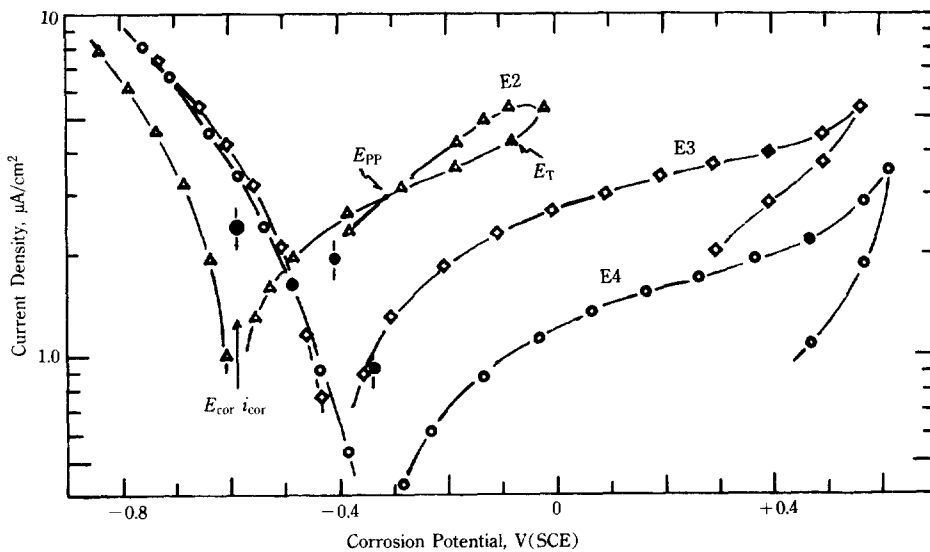


Fig. 4. Potentiodynamic polarization curves of the rebars in series E specimens aged 1.5 years immersed in sea water(scan rate : $15\text{mV}/\text{min}$).

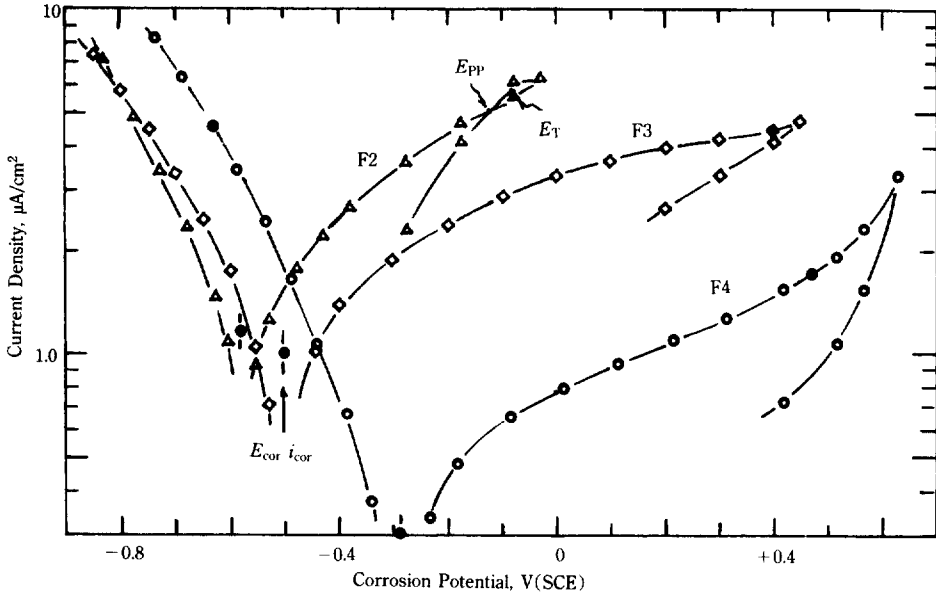


Fig. 5. Potentiodynamic polarization curves of the rebars in series F specimens aged 1.5 years immersed in sea water(scan rate : 15mV/min).

E계열의 시험편보다 약 12배를 첨가한 바닷물로 만든 F계열의 철근콘크리트 시험편에 대하여, 천연해수중에 1.5년간 침지한 후의 동전위 음양분극곡선이다. 이들의 시험편 철근도 모두 자기부동태 상태에 있는 것으로 생각된다.

이들의 분극곡선에서 구한 철근의 자연부식전류 밀도와 그 자연부식전위는 F2에서 -580mV와 1.15 μA/cm², F3에서 -500mV와 1.0μA/cm², F4에서 -285mV와 0.3μA/cm², F5에서 -280mV와 0.23 μA/cm²으로서, 철근의 콘크리트 피복두께의 증가 영향이 전술한 A~E계의 시험편에서와 유사하나 이들의 자연부식 전류밀도가 E계열의 것보다 낮으나 역시 최악조건의 B계열의 것보다는 약간 높은 경향을 보인다.

또 이들의 시험편 철근의 재부동태전위는 F2에서 -125mV(E_{cor} : -580mV)이고 F3~F5에는 나타나지 않으므로 이들 철근에는 공식발생의 염려는 없는 것으로 생각된다.

3.5 바닷모래와 바닷물로 만든 아연도금 철근의 시험편

Fig. 6은 아연도금철근(亞鉛鍍金鐵筋)을 바닷모래와 바닷물로 만든 콘크리트에 매설한 X계열의 시험편에 대하여, 천연해수중에 침지한 1.5년후에 측정된 동전위의 음양분극곡선이다. 이들의 분극곡선은 아연이 철보다 전극전위(電極電位)가 낮으므로 철근표면의 아연의 분극특성을 나타내는 것으로 생각되며, 그 아연층의 표면은 그 분극곡선형과 pH 13정도의 콘크리트내의 환경으로 보아서 자기부동태상태에 있는 것으로 생각된다.

이들의 분극곡선에서 구한 아연의 자연부식 전류밀도와 그 자연부식전위는 X1이 -990mV와 0.34 μA/cm²*, X₂가 -865mV와 0.6μA/cm², X3이 -700 mV와 1.10μA/cm², X4가 -495mV와 0.14μA/cm², X5가 -420mV와 0.122μA/cm²으로서, 콘크리트 피복두께의 증가에 따른 자연부식전위의 변화경향은

* Zn : 1mdd=0.00511mm/y=0.342μA/cm²

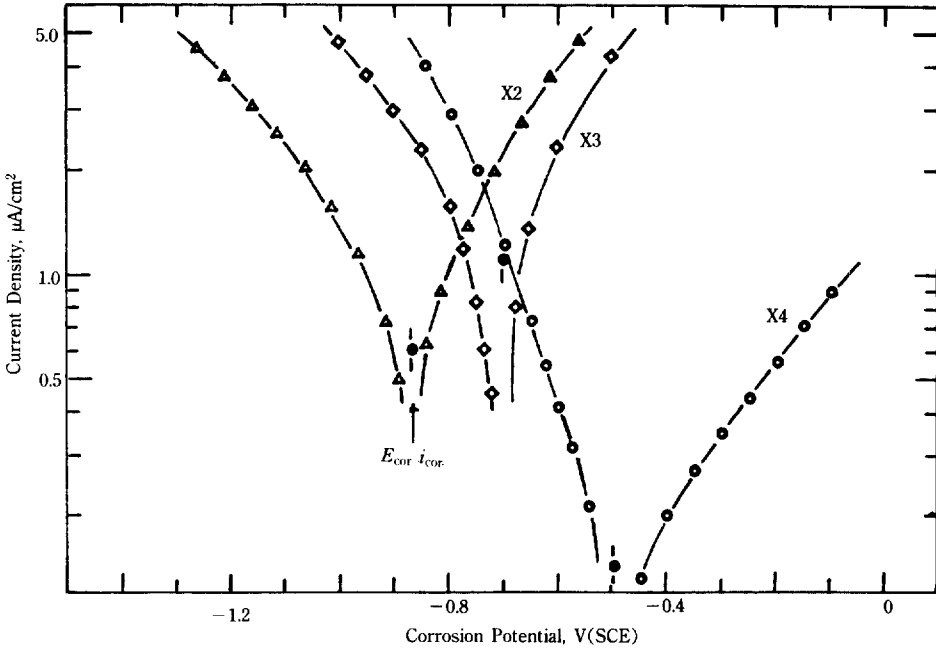


Fig. 6. Potentiodynamic polarization curves of the rebars in series X specimens aged 1.5 years immersed in sea water(scan rate : 15mV/min).

전술한 다른 계의 시험편들과 유사하나, 자연부식 전류밀도의 변화경향은 콘크리트 피복두께 30mm인 X3이 최고전류밀도를 나타내고 그 피복두께가 그 보다 두껍거나 얇어지면 오히려 낮아진다. 이와같은 전류밀도의 변화경향은 그 두께가 얇어질수록 아연이 적게 양분극(陽分極)됨으로써 그 부식전위가 아연의 고유한 전극전위인 $-1,070\text{mV}$ 에 가깝게 되기 때문이고, 그 두께가 두꺼워질수록 산소확산량이 적어지므로 아연의 산화용출속도가 감소되기 때문이라고 생각된다. 그러므로 염분함유 콘크리트에 아연도금철근을 사용할 때는 이와같은 아연도금철근의 부식경향에 유의하여 그 콘크리트 피복두께를 반드시 40mm이상되게 시공하여야 한다는 것을 알 수 있다.

그리고 이들의 시험편 철근의 공식발생가능성은 그들 철근의 자연부식전위에서 400mV정도까지 양분극하여도 판통전위가 나타나지 않으므로(과도하게 분극하면 도금층 손상우려) 명확한 판단은 할 수

없으나 지금 현재로는 공식이 생기지 않은 것으로 생각된다.

3.6 바닷모래와 바닷물로 만든 예폭시피복철근의 시험편

Fig. 7은 예폭시피복철근은 바닷모래와 바닷물로 만든 콘크리트에 매설한 Y계열의 시험편에 대하여, 천연해수중에 침지한 1.5년후에 측정된 동전위의 음양분극곡선이다. 이들의 곡선은 예폭시 피복층내의 철근의 분극특성을 나타내는 것으로 생각되며, 그 철근표면은 상술한 이유에 의해서 모두 자기부동태상태에 있는 것으로 생각된다.

이들의 분극곡선에서 구한 철근의 자연부식전류밀도와 그 자연부식전위는 Y3에서 -505mV 와 $0.273\ \mu\text{A}/\text{cm}^2$, Y4에서 -290mV 와 $0.011\ \mu\text{A}/\text{cm}^2$ 으로서 같은 콘크리트 피복두께나 같은 분극전위의 A~F계열의 시험편의 경우에 비하여 자연 부식전류밀도가 훨씬 적고 X계열의 시험편의 것들과는 거의 대

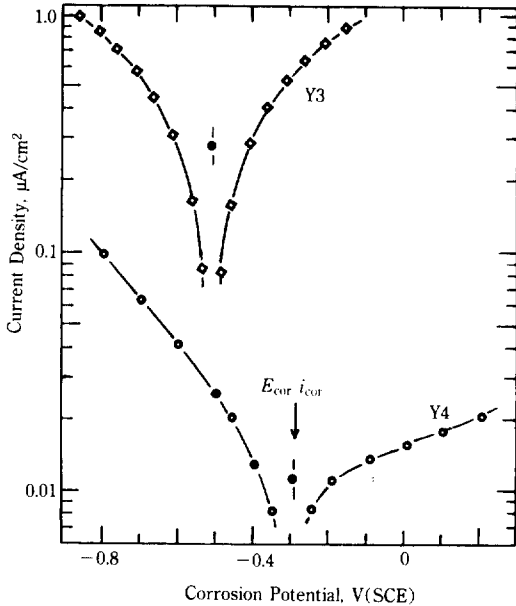


Fig. 7. Potentiodynamic polarization curves of the rebars in series Y specimens aged 1.5 years immersed in sea water(scan rate : 15mV/min).

등하다.

그리고 이들의 시험편 철근에 대한 공식발생가능성은 X계열에서와 같이 400mV를 양분극하여도 관통전위가 나타나지 않으므로 지금 현재까지로는 공식이 생기지 않은 것으로 생각된다.

4. 분석결과의 총괄

상술한 A~Y계열의 시험편에 대한 측정자료의 분석결과를 총괄하면 Table 1과 같이 된다. 이 표를 보면 전계열의 시험편에 대하여, 철근의 콘크리트 피복두께를 40mm이상으로 하면 30mm이하의 경우보다 그들의 자연부식전위가 많이 귀화하고, 그 자연부식전류밀도가 급격히 감소됨을 알 수 있다. 따라서 실제로 철근콘크리트를 타설하려 할 경우는 그 가공정도를 고려해서 콘크리트 피복두께를 60mm 이상으로 하는 것이 바람직하다고 생각한다. 그리고 방식제로서 첨가한 아질산소다의 효능은 아직 나타

Table 2. Comparison of free corrosion potentials, corrosion currents, repassivation potentials and break-through potentials of the rebars in specimens aged 1.5 years immersed in sea water

Serial Symbol, thickness of Con.	Free Corrosion P. E_{cor} mV/SCE	Corrosion C. i_{cor} μ A/cm ²	Repassivation P. E_{pp} mV/SCE	Break-through P. E_T mV/SCE
A2	-605	0.70	-330	-260
A3	-470	0.52	-	+330
A4	-360	0.145	-	+460
A5	-115	0.02	-	+385
B2	-635	1.62	-310	-280
B3	-515	0.57	-300	+15
B4	-345	0.20	-	+450
B5	-235	0.10	-	+550
E2	-585	2.40	-310	-80
E3	-410	1.90	-	+400
E4	-335	0.92	-	+460
E5	-360	0.76	-	+450
F2	-580	1.15	-125	-80
F3	-500	1.0	-	+460
F4	-285	0.3	-	+470
F5	-280	0.23	-	+520
X1	-990	0.34	-	Galvanized Rebar
X2	-865	0.60	-	
X3	-700	1.10	-	
X4	-495	0.14	-	
X5	-420	0.122	-	
Y3	-505	0.273	-	Epoxy Coated Rebar
Y4	-290	0.011	-	

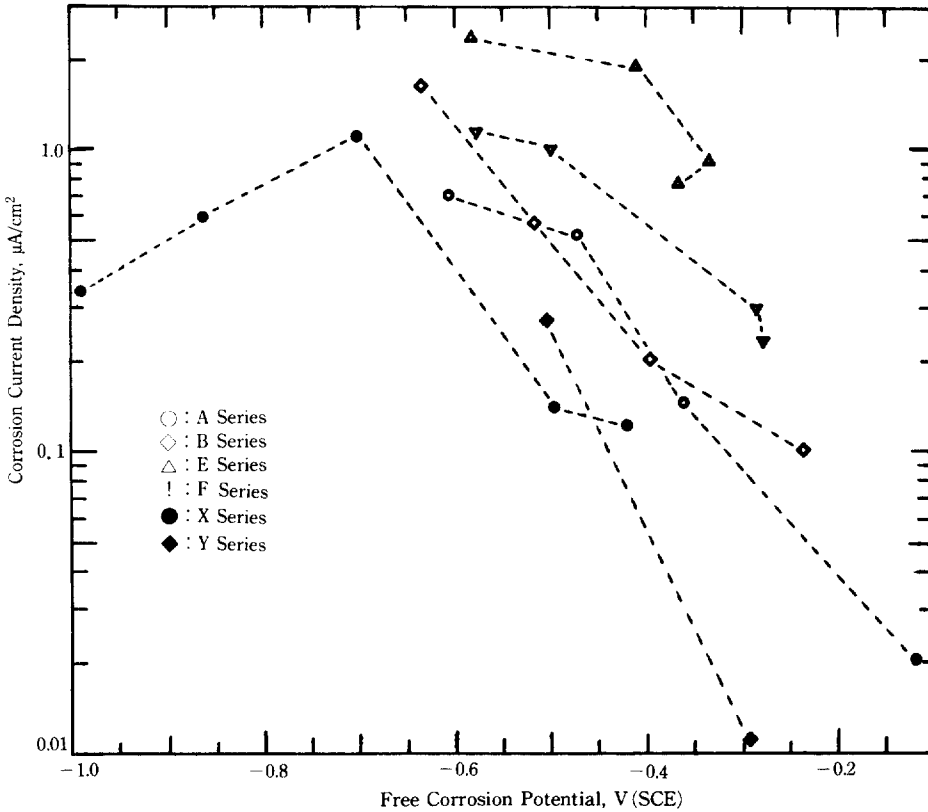


Fig. 8. Relations of the free corrosion potentials to the corrosion currents of the rebars in specimens aged 1.5 years immersed in sea water.

나지 않은 것으로 생각된다. 그러므로 각 계열의 시험편들의 철근의 방식성은 지금 현재까지로는 ① Y계열, ② X계열, ③ A계열, ④ B계열, ⑤ F계열, ⑥ E계열의 순서라고 생각된다.

또 Table 2에서 각 계열의 시험편 철근의 자연부식전위와 자연부식전류밀도와의 관계를 도시하면 Fig. 8과 같이 된다. 이 편대수(片對數) 그래프를 보면 자연도금철근을 사용한 X계열의 시험편을 제외하면 기타의 모든 계열의 시험편중의 철근은 그 자연부식전류밀도(i_{cor})와 자연부식전위(E_{cor})와의 사이에 기울기(m)가 거의 일정한 다음의 (1)식의 직선관계가 있다.

$$\log i_{cor} = b - mE_{cor} \tag{1}$$

그리고 이 직선에 대한 측정점의 편차(偏差)는 주로 콘크리트의 투설정도(投設精度)에 기인한다고 생각된다. 그러나 X계열의 시험편 철근만은 -700 mV(콘크리트 피복두께 30mm) 근처의 자연부식전위에서 최대의 자연부식전류밀도를 나타내고 -700 mV보다 귀한 분극전위에서는 다른 계열의 시험편과 거의 같은 변화양상을 보인다.

그러므로 임의 환경에 있는 콘크리트중의 철근에 대해서 임의의 두 자연부식전위에서의 부식전류를 구해서 반대수그래프상에 직선을 구하여* 두면, 그 임의 환경에 있는 다른 철근의 부식전류는 그 자연

* 직선의 기울기와 한 전위에서 부식전류를 알 때도 그래프를 그릴 수 있다.

부식전위를 알 때 근사적으로 구할 수 있다.

5. 결 론

해수중에 침지된 재령 1.5년의 바닷모래와 바닷물로 만든 콘크리트가 그 중의 철근을 어느정도 방식하고 있는가를 A~Y의 6개 계열의 시험편에 대하여 동전위 분극곡선에 의해서 조사연구하였다. 이 연구의 중요결과는 다음과 같다.

1. 어느 계열의 시험편에도 철근의 콘크리트 피복두께를 40mm이상으로 증가하면 자연부식전위가 많이 귀화하고, 그 자연부식전류밀도가 현저히 낮아진다. 그러나 이들에는 콘크리트의 타설정도의 영향이 크게 미친다.

2. 철근방식제로서 아질산소다를 혼입한 바닷물에 대하여 3.5%를 첨가한 시험편(F계열)에 있어서도 그 방식효능이 나타나지 않았다.

3. 에폭시피복철근을 사용한 시험편(Y계열)의 철근방식성은 하천모래와 수돗물로 만든 정상시험편의 경우보다 좋았다.

4. 아연도금 철근을 사용한 시험편(X계열)의 철근은 콘크리트 피복두께 30mm의 것에서 자연부식전류밀도가 최대로 되고, 그 이상의 피복두께 증가 영향은 다른 계열의 것과 유사하다.

5. 어느 계열의 시험편 철근에도 그 자연부식전류밀도(i_{cor})와 자연부식전위(E_{cor})간에 기울기(m)가 거의 일정한 $\log i_{cor} = b - mE_{cor}$ 의 직선관계가 있다. 단, 아연도금 철근을 사용한 경우에는 콘크리트 피복두께 30mm이상에 적용된다.

6. 각 계열의 시험편 철근에는 아직 공식이 생기기 않은 것으로 생각된다.

<사 례>

이 논문은 한국과학재단의 연구비지원에 의해서 이루어졌음을 밝히고, 관계자에게 사의를 표한다.

참 고 문 헌

1. 川村・山田・水泉：日本セメント技術年報, **30** (104), 400 (1976).
2. 伽場・川村・高桑：日本セメント技術年報, **29** (57), 289 (1975).
3. 渡辺・大和・宮川：日本セメント技術年報, **34** (70), 314 (1980).
4. 森・大即・下澤：日本セメント技術年報, **35** (78), 341 (1981).
5. 岸谷孝一：防食技術, **24**, 3, 137 (1975).
6. 關博, 日本土木學會年報, **181**, 91 (1970).
7. P. Schiess : *Corrosion of Steel in Concrete*, Chapman and Hall, 75 (1988).
8. 増子 昇：防錆防食技術マニコアル, 日本規格協會, 149 (1984).
9. 工藤矩弘：防食技術, **33**, 462 (1984).
10. International Lead and Zinc Reserch Organization : *Galvanized Reinforcement for Concrete*, Nov. 1970.
11. 渡辺・大和・宮川：日本セメント技術年報, **34** (70), 314 (1980).
12. 森・大即・下澤：日本セメント技術年報, **35** (78), 341 (1981).
13. 田大熙・姜鍾鎬：韓國腐蝕學會誌, **20**, 3 192 (1991).
14. R. J. Craig, L. E. Wood : *Highway Research Record*, No. 328 (1970).
15. C. E. Locke, M. D. Born : *Corrosion/87 Symposium on Corrosion of Metal in Concrete*, NACE-T3K, 120 (1987).
16. V. S. Berke : *Corrosion/87 Symposium on Corrosion of Metal in Concrete*, NACE-T3K, 135.
17. 田大熙：實用防蝕工學, 大和出版社, p. 52 (1990).
18. N. S. Berke : *ASTM STP*, **906**, 78~91 (1986).
19. 田大熙：韓國腐蝕學會誌, **15**, 4, 38 (1986).
20. 田大熙：金鎮京, 舶用機關學會誌, **13**, 2, 48 (1989).