

<技術解説>

船舶에 있어서의 陰極防蝕法 (Cathodic Protection)

金光 國*

序 言

최근 船舶은 高速化, 大型化가 급속히 이루어지는 한편, 物質의 水上輸送手段이라는 종래의 船의 정의를 떠나서 油 및 諸原料의 水上貯藏庫로서, 또 水上作業基地로서 船은 그 使用目的이 다양화 되고 있다. 造船 Cost, 燃料費, 人件費 등의 상승과 더불어 船을 좀더 효율적으로 運用해야 한다는 필요성에 입각하여 종래 매년 1회 Docking 하여 수리하던 Docking 기간을 1년반 내지 2년간으로 연장시키려는 것이 또한 현재의 추세이다. 이와같은 船의 使用目的 다양화 및 Docking 기간의 연장은 船體의 防蝕을 종래보다 한층더 중요한 과제로 만들고 있다.

여기에서는 Ballast tank 內의 陰極防蝕, 船體外板의 Impressed current system, 船尾部의 防蝕의 順으로 주로 Cathodic Protection의 立場에서 기술해 나가기로 하였다.

1. Tank 內 Cathodic Protection

1-1. 概說

近年 Cathodic Protection (탱크內)에 關聯된 Claim의 발생이 증가하고 있으며 Aluminium 合金 陽極에 대한 不信, 계획防蝕電流密度 不足 등이 문제점으로 제기되고 있는 실정이므로 Ballast tank 內 防蝕문제는 매우 중요한 성질을 띠고 있다.

1-2. 防蝕의 對象

(1) 海水를 ballast water 로 사용하는 탱크에 한해서만 陰極防蝕장치를 施工한다. 清水탱크는 清水가 海水에 比하여 比抵抗이 크기 때문에 清水中에서 鋼面과 陽極材와의 電位차가 작은 Al 合金陽極 및 아연合金陽極으로는 防蝕이 不可能하기 때문이다.

(2) Ballast 계속 日數가 짧은 경우와 Ballast Ratio가 20% 以下인 경우는 음극방식법으로 充分한 防蝕效果를 期待할 수 없다. 따라서 荒大時에 使用하는 예비 Ballast 탱크 및 Tank cleaning 을 행하는 며칠간만 ballast 하는 tanker의 dirty ballast tank 등은 음극방식의 대상으로하지 않는 것이 바람직 하다.

1-3. 陰極防蝕法을 施工하는 탱크內의 surface cleaning

鋼板의 milscale 을 제거하지 않는 경우 밀스케일안쪽에 腐蝕을 生成시킨다는 說도 있으나, 實船試驗에서는 確認되지 않았다. 이 것은 대체적으로 현재로서 큰 문제가 아니므로 밀스케일을 제거하지 않는 것을 원칙으로 하고 있다.

1-4. 陽極材의 性能

陽極材로서는 아연합금, Al 합금, Mg 합금의 세 종류가 쓰이고 있다. 過去에는 Mg 합금양극이 주로 쓰여져 왔으나 各船級協會가 Mg 합금의 落下로 인한 폭발의 위험성을 重視하여 tanker 에서는 使用禁止하고 있기 때문에 Al 합금양극의 研究와 더불어 急速히 Al 합금양극이 보급 되었다. 그러나 Al 합금양극에서는 최근의 실적에 의하면 溫度가 비교적 높은 topside 탱크등에서 심하게 腐蝕이 일어나 陽極의 耐用年數가 不足되고 또한 slush가 非常히 많아서 claim 이 발생하는 事例가 종종 있어 왔으며 따라서 Al 합금양극에 대한 不信感이 강하게 되었다. 또한 Mg 합금과 마찬가지로 tanker 에서는 폭발의 문제가 있으므로 Al 합금陽極도 使用制限을 받고 있다. 한편 아연합금양극은 表1-1, 表1-2에 나타낸 것과 같이 Al 합금에 比하여 價格은 높으나 우월한 性能을 가지고 있다.

表 1-1 鋁合金陽極과 Al 合金陽極의 比較表

鋁合金陽極	Al 合金陽極
1. 陽極의 沈下時에 SPARK 에 의한 腐蝕의 위험이 있기 때문에 TANK 內도 사용 禁止하다	1. TANKER 의 경우 防蝕이 確保되고 있다 (LR 200 21-125, NY 3017-7 AK 27.65 kg - 21 專)
2. 陽極의 電位差 2.0 (OH) 은 鋼의 腐蝕이 促進되므로 陽極의 壽命이 짧아진다	2. 陽極은 Al (OH) ₃ ·xH ₂ O 로 되고 腐蝕의 速度를 減하시켜 壽命이 증가하고 腐蝕으로 發生한다.
3. Al 에 比하여 重量 10의 腐蝕 電位차가 적기 때문에 陽極의 壽命이 짧아진다	Al (OH) ₃ 에는 溶解 不溶解, 容易한 腐蝕을 防止하는 性質이 있고 SLUSH 가 生ず는 경우도 있다
4. 腐蝕層에 沈下時도 發生되므로 壽命이 짧아진다	3. 2 에 比하면 腐蝕層을 厚く한 腐蝕을 BALLAST 水 使用한 경우 TANK 內에 沈下한 SLUSH 水 腐蝕을 防止하고 腐蝕을 防止할 수 있다
5. ELECTRO-CATHING 은 ZINC-SILICATE 가 主成分이며 鋼과 接觸하면 腐蝕을 促進한다	4. 腐蝕을 防止하고 腐蝕을 防止할 수 있다

* 현대조선 중공업(株) 造船設計部 代理

1. 陽極이 높다.	4. 鋼에 適用된 ELECTRO-COATING은 比較的 劣弱且 木屑을 함유 리키 인드 空倉船의 TANK 內 腐蝕 때문에 腐蝕이 激甚 하기 쉽다.
2. 單位 重量의 有效電流密度가 작으므로 壽命이 短하다.	5. 船底은 腐蝕에 比하여 甚 하다.
3. AL에 比하여 船身 腐蝕의 壽命은 長하다.	6. 船體은 腐蝕에 比하여 短하다.

表 1-2 洗滌用極材料의 比較

項 目	Zn	Mg	Mg 合金	Al-Zn 合金	Al-In-Zn 合金
比 重	7.14	1.74	1.99	2.83	2.76
電極電位 (V)	1.05	1.60	1.50	0.75	1.10
有效電位差 (V)	0.20	0.95	0.65	0.15	0.30
理論電流密度 (A/ft ²)	0.82	2.20	2.24	2.11	2.92
電流效率 (%)	95	70	60	60	75~85
有效電流密度 (A/ft ²)	0.78	1.54	1.32	1.23	2.28

1-5. 陽極의 耐用年數

船主의 一般의 傾向으로서 2年耐用陽極이 많이 사용되고 있으나 최근에는 2年 및 4年陽極을 混用하여 採用하는 傾向이 많다. (船底部등 容易하게 補充할 수 있는 位置以外의 個所에 대해서는 4年 이상을 要求하고 있음.) Corrosion control 을 적용하는 경우 LR¹⁾에서는 4年耐用陽極을 要求하고 있다.

1-6. Ballast Ratio.

Ballast Ratio 라는 것은 年間航海日數에 대하여 ballast 하는 日數의 比率를 나타내는 것이다. Ballast 率은 船種, 航路, 運航方法, 항만, 荷役事情등에 따라서 다르다. Ballast 率의 一例를 나타내면 下記와 같다.

1-6-1 Tanker의 경우

航路; 한국~이란	16日
復航貨物油	17日
停泊	4日(이란 2日, 한국 2日)
計	37日

1) Ballast 專用 탱크(Fore peak tank, E/R top ballast tank).

위의 수치에 의하여 單純히 計算하면 16/37=43%로 되나 정박기간 중에도 최근에는 ballast 를 注排水하므로 이 기간의 ballast 를 約 1日로 생각하여 兩港에서 2日間으로 생각하면 (16+2)/37=49%로 된다. 또한 年間稼働率 350/365日을 算入하여 49%×350/365=47%로 된다.

2) Cleaned Ballast Tank.

한국出港후 탱크 cleaning 을 行하고 Ballast 를 적재한다. 이 기간 約 3日은 空倉으로 생각한다. 또한 이란港에서 Ballast 를 排水하고 積荷한다고 생각하면 이란港內 정박 2日간을 加算하여 (16日-3日+2日)/37日=

40.5%이고 여기에 年間稼働率 350/365日을 算入하여 38.8%이다.

3) Dirty Ballast Tank.

한국 출항후 Cleaned ballast tank 를 cleaning 하여 ballast 할 때 까지의 사이에 dirty ballast tank 에 dirty ballast 가 채워지나 ballast 기간이 짧음을 고려하여 LR¹⁾에서는 25%를 표준으로하고 있다. 그러나 ballast 시간이 짧은 것 외에도 油膜이 防蝕에 有效하다는 것을 고려하여 음극방식법은 사용하지 않는 경우가 많다.

1-6-(2) Bulk, Ore Carrier의 경우

1) Topside tank, Side tank, Double bottom, Forpeak tank 는 Tanker의 permanent ballast 와 마찬가지로 생각하면 約 50%로 된다.

2) 荒天時 Ballast

荒天時 ballast 로서 bulk carrier에서는 hold 에, ore carrier에서는 side tank 또는 hold 에 ballast 하는 例가 많으나 ballast 率이 낮으므로 음극방식의 대상으로는 생각하지 않는다.

1-6-(3) ORE/OIL, TRIPLE CARRIER의 경우.

이 種의 船은 航路에 따라서 크게 ballast 率이 변화한다.

1-6-(4) Ballast 率 實積例.

- 탱커의 ballast 전용탱크; 45~46%.
- 탱커의 ballast 겸용탱크; (cleaned); 33~36%.
- Bulk carrier; 39~46%.
- ORE/OIL CARRIER; 35%.
- LPG 탱커; 42~83%.

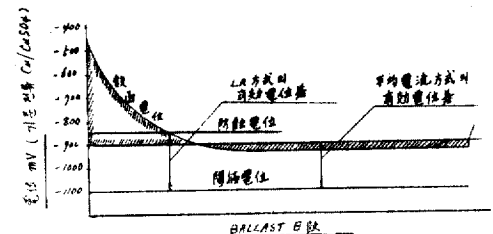
1-7. 防蝕電流密度

1-7-(1) 高찰방법

1) 전류밀도는 양극의 발생전류를 防蝕대상면적으로 나눈 것이므로 mA/m² 또는 mA/sq-ft 로 나타내 진다. 한편 양극의 發生電流는 陽極과 鋼表面과의 電位差 및 양극의 接水抵抗이 決定되면 Ohm의 法則으로 결정된다.

$$I = E/R$$

- {E; 陽極과 鋼表面과의 有效電位差.
- {R; 陽極材의 接水抵抗



그리고 上圖와 같이 防蝕面에 分極이 進行됨에 따라서 電位差는 變化하기 때문에 電流도 時間과 함께 變化한다. 一般的으로 다음의 2 가지 高찰방법이 있다.

a) 平均電流法

陽極의 發生電流를 時間的으로 平均한 것 즉 陽極의 消耗量으로부터 逆算한 電流를 基準한 것이다.

b) LR^D方式(呼稱電流)

鋼表面이 적정한 防蝕電位로 됐을 때의 電流를 呼稱電流로 하여 規定하는 高찰방법이다.

(2) 有効電位差 및 陽極의 接水抵抗 有効電位差의 數値는 高찰방법에 따라서 다르므로 接水抵抗과 연관하여 高찰할 필요가 있다.

例를 들면 LR^D方式에 있어서는 鋼表面이 적정한 防蝕電位에 達한 때의 電位差를 基準으로하여 接水抵抗의 式을 부여하고 있다. (1-12-1 참조)

平均電流法의 一例를 들면 다음과 같다. 有効電位差는

BALLAST의 種類	FR	ER	AL
Permanent ballast tank	0.15V	0.25V	
Cleaned ballast tank	0.20V	0.25V	
Dirty ballast tank	0.13V	0.15V	

接水抵抗은 $R = \frac{\rho}{4\pi A}$

ρ : 海水의 比抵抗

A: 陽極의 有効表面積

ft: 陽極의 細長比에 依한 修正係數로 대략 下記와 같은 값이다.

等值正方形 斷面의 一邊 陽極의 길이(m)	3 cm	6 cm
1	0.64	0.76
1.5	0.59	0.70
2	0.56	0.66

1-7-(2) 電流密度的 數値에 대하여

(1) 最適電流密度는 室內實驗, 實船의 實積등에 의하여 決定되나 탱크內의 構造, 油와 ballast 를 積荷하는 方法에 의한 ballast 性狀, 海水溫度, ballast 率, 空倉時의 영향, 鋼材의 應力에 의한 影响, 陽極 配置등 복잡한 要因이 많아서 決定的數値로 나타내는 것은 매우 어렵다.

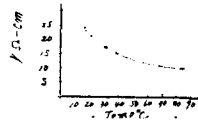
年間 ballast 率 및 1 回의 連續 ballast 日數와 防蝕電流密度的 關係를 表 2 에 나타내었다.

表 2 BALLAST TANK 의 防蝕電流密度 (A/m²)

防蝕 上 限	防蝕 下 限	20-40		40以上		REMARK			
		<5	5-10	>15	<5		5-10	>15	
EXCLUSIVE WATER BALLAST TANK	UPPER WING TANK	0.17	0.15	0.13	0.11	0.10	0.12	0.1	
BALLAST TANK	FORB PAEK TANK	0.16	0.13	0.11	0.09	0.11	0.12	0.1	TANK EMPTY 1回 5分
CLEAN WATER BALLAST TANK	AFT PAEK TANK								3. 7 mA/m ²
	CENTER WING TANK								
	DOUBLE BOTTOM TANK	0.12	0.10	0.08	0.06	0.08	0.09	0.11	TANK EMPTY 2回 5分 5分
	DIRTY BALLAST TANK		0.07	0.08	0.06	0.06	0.07	0.06	
	UPPER WING TANK					0.15	0.13	0.11	
	CLEAN BALLAST WATER TANK WHITE CARRO TANK					0.12	0.10	0.07	5-7分 1回 5分 5分
	DIRTY BALLAST TANK DOUBLE BOTTOM TANK	0.10	0.07	0.09	0.07				

年間 BALLAST 率 20% 以上 40% 未滿의 TANK 90 mA/m² 以上
 年間 BALLAST 率 40% 以上의 TANK 80 mA/m² 以上
 注 (1) 年間 BALLAST 率 20% 未滿의 TANK 에 대하여는 CATHODIC PROTECTION 은 有効한 防蝕法으로 인정되리 望한다.
 (2) BALLAST 連續日數가 15日 未滿인 경우는 전기필요를 증가시킬 필요가 있다.
 (3) 溫度가 比較的 높아질것이 予想되는 TANK 에는 전기필요를 증가할 必要가 있다 (圖 1 참조).
 (4) 二層底 TANK 에는 電流密度를 尙餘히 감소시켜도 된다.
 但, 最低溫度 70% 未滿으로 되면 望한다

圖 1 海水의 溫度와 比抵抗



2) Baltic 海等の 鹽分이 적은 sea water 를 ballast 로 사용할 場合, 陰極防蝕을 하는데에는 海水의 比抵抗이 작아서 陽極의 發生電流가 低下되므로 일반적으로 陽極個數의 증가가 必要하다. 이 경우 陽極 1個當의 重量은 감소시킬 수 있으므로 全陽極重量은 거의 같게 된다.

보통 Baltic 海의 海水比抵抗은 83.5Ω-cm at 15°C(비중 1.006)이다. (圖 1 참조)

3) Double bottom 에서는 탱크용적에 比하여 鋼材面積이 커서 鋼材의 單位面積當의 溶存酸素가 적으므로 전류밀도를 감소시켜도 좋은 것으로 알려져 있다. (表 2 참조)

1-7-(3) 塗裝과 음극방식을 併用하는 경우의 전류밀도

1) 電流密度는 tank 의 종류, ballast 率등에 따라 약간 차이가 있지만 全塗裝面積에 對하여 5mA/m²로 한다.

2) 高찰하는 方法으로는 塗裝時의 pinhole damage 및 앞으로 damage 를 받을 수 있는 면적을 全塗裝面積의 5%로 가정하고, 이 5%에 對한 裸鋼板으로서의 必要電流密度를 생각할 수 있다. 例를 들면

Permanent ballast tank, $70\text{mA/m}^2 \times 0.05 = 3.5\text{mA/m}^2$

Cleaned ballast tank, $80\text{mA/m}^2 \times 0.05 = 4.0\text{mA/m}^2$

Topside tank, $100\text{mA/m}^2 \times 0.05 = 5\text{mA/m}^2$

1-8. 防蝕電位

防蝕을 達成할 수 있는 陰極電位를 防蝕電位라고 부르며 船體는 鋼으로 構成되어 있으므로 鋼의 防蝕電位가 그대로 船體의 防蝕電位로 된다. 鋼의 防蝕電位는 鋼의 陰極電位가 陽極開路電位와 같게 될 때까지 分極된 때에 達成된다고 말할 수 있다고 말할 수 있다. 陽極開路電位의 實測은 困難하나 理論的으로 計算된 鐵의 腐蝕範圍 Graph로부터 推定하면 다음과 같다.

圖-2

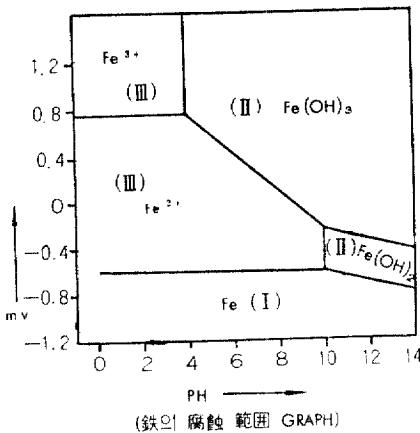


圖2에서 (I)의 部分은 鐵의 無腐蝕地帶라고도 불리는 場所이므로 生地 그대로의 鐵이 存在하고 (II)는 부동태화지대이므로 鐵은 安定하다. (III)은 腐蝕地帶로서 鐵이 腐蝕狀態에 있는 場所이다. 電位를 -0.55V 以下로 하거나 또는 $\text{pH}=9.6$ 以上으로하면 鐵은 腐蝕 당하지 않게 된다.

理論計算에 의하면 鐵이 Fe^{2+} 로되는 반응에 있어서 25°C , $\text{pH}=9$ 일 때의 電位는 $E = E_0 + \frac{RT}{ZF} \log(\text{Fe}^{2+}) = -0.44 + \frac{0.58}{2} \log(1.64 \times 10^{-4}) = -0.55$ (水素)로 된다. (但 E는 25°C , $\text{pH}=9$ 인 때의 鐵의 電位, E_0 는 鐵의 標準電極電位, R은 gas 상수, T는 절대온도, F는 Faraday 상수, Z는 원자가) 이 -0.55V 는 水素標準電極電位이어서 實用上 不便하므로 飽化甘汞電極基準으로 바꾸면 $E = -(0.55\text{V} + 0.24\text{V}) = -0.79\text{V}$ (飽化甘汞電極)으로 된다. 이에 대하여는 많은 사람들이 實驗的으로도 確認하고 있으며 普通의 海水, 水中, 土中の 環境에 있어서는 -0.77V (vs SCE), 또한 황산염환원박테리아가 번식하는 환경에 있어서는 -0.87V (vs SCE)라고 알려져 있다. 그러나 실용적인 防蝕基準으로서는 鐵의 自然電極電位를 約 20mV 정도 떨어뜨리

면 좋다. 즉 $-0.8 \sim -0.9\text{V}$ (SEC) 程度로 하여두면 目的을 達成할 수가 있다.

1-9. 所要陽極重量 및 取付個數의 算式

$$N = S \times D / I, 000I$$

$$W = \frac{L \times T / 100 \times D \times S \times 8,760}{C} \times \frac{1}{1,000}$$

- N : 陽極取付個數 (個)
 - W : 所要陽極全重量 (kg or lbs)
 - L : 陽極 life year (year)
 - T : 年間 ballast 率 (%)
 - D : 防蝕電流密度 (mA/m^2 or mA/ft^2)
 - S : 防蝕對象面積 (m^2 or ft^2)
 - I : 陽極 1 個當의 平均發生電流 (A)
 - C : 陽極材가 가지는 전기용량 (Ah/kg)
 - 아연합금의 경우 780 Ah/kg
 - Al 합금의 경우 2,300 Ah/kg
- 8,760 : 1 年間の 시간

1-10. 陽極의 取付方法

취부방법으로는 용접하는 것을 원칙으로 하나 Aft peak tank 등의 tank 에서는 振動때문에 折損할 가능성이 있으므로 Bolt nut 를 사용할 수 있으며 特殊塗裝을 施工한 tank 등에서는 陽極교환을 고려하여 반드시 Bolt nut 를 사용한다.

1-11. 陽極의 取付位置

陽極 1 個로 防蝕가능한 범위는 約 15 내지 25m^2 이다. 따라서 陽極을 tank 內에 極力 均一하게 分布시켜야 한다.

일반적으로 陽極은 Bottom longi., Trans. web, Horizontal girder 上에 취부하나 特別 Al 합금양극을 採用하는 경우는 各船級協會의 제한사항(요구)이 많으므로 이點注意가 必要하다.

1-12. Corrosion control 을 위한 溶극방식

선박의 Corrosion control 이라는 것은 충분한 방식법이 적용된 선체各構造材의 thickness 를 一定%만큼 감소시킬 수 있도록 허용하는 system 을 말한다.

各船級協會中에서 LR¹⁾이 가장 상세히 규정하고 있으므로 여기에서는 tank 內 Cathodic protection 에 관하여 LR¹⁾ rule 에 나타난 사항만을 검토하겠다.

1-12-(1) LR

1) 1 回의 ballast 기간은 5 日以上, ballast ratio 는 20% 이상으로 한다. 1 回의 ballast 가 5 日미만일 경우에는 전류밀도를 表 3 보다 20% 증가시켜야 한다.

2) tank 上部에 空間이 있을 경우는 大氣腐蝕을 고려하여 tank 의 上部 5 feet 는 塗裝을 할 것. 但 上部까지 ballast 를 하는 peak tank 에서는 제한이 없다.

表 3

船種	BALLAST RATIO (%)	陽極電位 (mV/年)	陽極電位 (mV/年)
UPPER WING TANK OF BULK CARRIER	40	12 (1.8)	100
DECK WATER BALLAST TANKS OFF WATER BALLAST TANKS IN SPIRIT TANKER, BALLAST ONLY TANKS ON ALL TANKERS	50 OR 60	10 (1.05)	75
LOWER BALLAST TANKS ON CRUDE OIL TANKER	25	(.85)	90
LOWER WING TANK			1.7
ADDITIONAL PROTECTION AGAINST SPILL	---	0.5 (1.95)	

3) 海水의 比抵抗은 特別한 경우를 제외하고는 15°C 에 있어서 25 ohm-cm 보다 크게 할것. 比抵抗이 높은 淡水에서는 이것을 감안하여 설계 할것.

(4) 계획방식대상면적은 塗裝범위를 全面積으로 할 것.

5) 陽極材는 승인받은 Zn, Al, 또는 Mg의 합금으로 하며 最小陽極電位는 -1,050 mV(vs. Cu/CuSO₄)로 한다.

6) 呼稱電流密度는 -850mV(vs. Cu/SO₄)로 分極된 鐵面에 대하여 정해진 것으로 한다.

7) 陽極發生電流는 陽極電位와 -850mV의 鐵面과의 전위차로서 산출 할것. 따라서 일반적으로 LR¹⁾ 방식에서는 電位差가 Zn에 대해서 0.25VAl에 대해서 0.35V로 된다.

8) 計算式

a) Individual anode output I (Amp.)

$$I = (E_A - E_L) / R$$

E_A ; anode potential

Zn-alloy; -1.05V (vs. S. C. E.)

Al-alloy; -1.10V (vs. S. C. E.)

Mg-alloy; -1.43V (vs. S. C. E.)

E_L ; potential of structure polarized (-0.77V vs. S. C. E.)

b-1) Resistance of slender rod anode in Electrolyte.

$$R = \frac{\rho}{2\pi L} \left(\ln \frac{2L}{r} - 1 \right) \text{ (ohm)}$$

r ; mean effective radius of the anode (cm)

ρ ; resistivity of sea water (ohm-cm)

L ; length of anode (통상 100cm, 200cm 가 많다)

* r 은 Anode의 단면적이 40% 소모된 경우의 것으로 한다. ($r=0.775r_2$) ρ 는 통상 25 ohm-cm 이다. 海水의 比抵抗 및 온도가 다른 경우는 주의할 것 (圖 3 참조)

b-2) $L/r < 10$ 의 경우

$$R = \frac{1.5\rho}{\pi(L+0.80B+0.80D)}$$

B ; breadth of anode (cm)

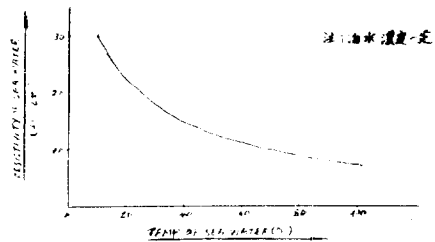
D ; thickness of anode (cm)

b-3) Flat plate type anode (圖 4 참조)

吊下式의 경우 $R = \rho / (4S)$

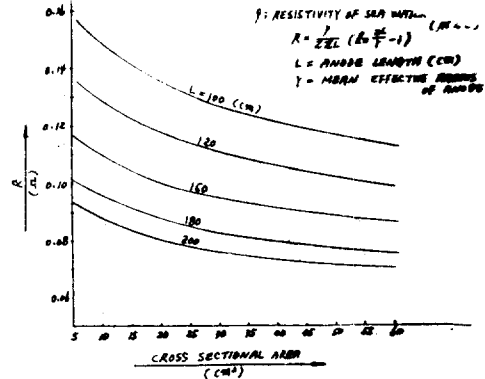
張付式의 경우 $R = \rho / (2S)$

圖 2 RESISTIVITY OF SEA WATER (CORRECTING TO TEMP.)



$$\left\{ \begin{array}{l} S; \frac{1}{2}(a+b) \\ a; \text{長邊}, b = \text{短邊} \end{array} \right.$$

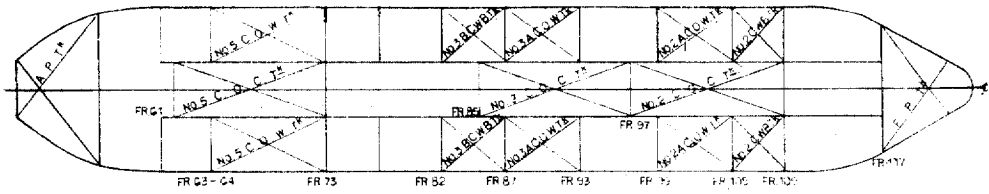
圖 4 RESISTANCE OF ANODES



1-13 실적예

당사에서 건조한 260,000톤급 Tanker의 tank內 음극 방식법을 실시한 예는 아래와 같다.

Tanks where Cathodic Protection System are installed.



Protection planning

Name of Tank	Object of protection	Area to be protected (m ²)	Protective Current Density (mA/cm ²)	Relaxing Ratio (%)	Kind of Anode	Life (Yr)	Number of Anodes Installed (nos) and Weight (kg)				
							ZS-1050-1-2	ZS-11140-1-2	ZS-200P-0-1,3A	Net Weight	Gross Weight
F.P. ¹²	All horizontal surface except deck head	2,900	21	40	Water Ballast	4	-	-	41	1,127.0	1,127.0
A.P. ¹²		1,970	21	40	Water Ballast	4	-	-	42	1,454.8	1,454.8
No.2 C.W.B. ¹² (MSB)		2,960 x 2	21	40	Water Ballast	4	-	-	46 x 2	1,299.6 x 2	1,299.6 x 2
No.30 C.W.B. ¹² (MSB)		13,560 x 2	21	40	Water Ballast	4	-	-	51 x 2	1,120.2 x 2	1,120.2 x 2
No.24 C.O.W. ¹² (MSB)		12,570 x 2	86	30	Clean Ballast	4	492 x 2	-	14,858 x 2	15,506.4 x 2	15,506.4 x 2
No.3 C.O.S. ¹²		19,810	86	30	Clean Ballast	4	776	-	23,435 x 2	24,500.0	24,500.0
No.5 C.O.C. ¹²		16,730	86	30	Clean Ballast	1	640	-	19,325.0	20,280.0	20,280.0
No.34 C.O.W. ¹² (MSB)		12,570 x 2	86	20	Dirty Ballast	4	-	312 x 2	10,793.0 x 2	1,546.0 x 2	1,546.0 x 2
No.3 C.O.W. ¹² (MSB)		14,970 x 2	86	20	Dirty Ballast	4	-	508 x 2	12,857.0 x 2	1,704.0 x 2	1,704.0 x 2
No.2 C.O.W. ¹²		19,810	86	20	Dirty Ballast	4	-	740	16,985.0	18,170.0	18,170.0
							2,400 nos.	2,990 nos.	266 nos.	144,286 kg	152,829.4 kg

2. 선체외판의 부식과 방지

2-1. 序言

鋼製인 船體와 銅合金인 propeller 와의 異種金屬間에 生成되는 電位차에 依한 船體 塗裝上部分의 집중부식을 방지하는 수단으로 아연板이나 Al 合金板을 船尾外板, rudder 외면, bilge keel 上面에 흔히 취부하고 있다.

그러나 海水中과 淡水인 大河를 항행하는 선박에 있어서는 Zn anode 및 Al-alloy anode 로 防蝕하여도 하천에서는 水의 比抵抗이 커서 防蝕전류는 감소하므로 防蝕상태를 유지하기가 어렵게 된다. 이때문에 Impressed current type cathodic protection system 이 出現하게 되었다. 또한 docking 간격이 길어지면 塗膜의 劣化, anchor chain, 岸壁, 隣接船등에 의한 塗膜上部分에 부식이 집중됨을 예상할 수 있으므로 선미부근에 희생양극을 취부하여 局部부식을 방지하는 것으로는 미흡하고 선체 전부에 걸쳐서 완전방식을 하여야 한다. 현재 LR¹³에서는 선체외판을 Impressed Current System 으로 防蝕하는 경우 2년만까지 Nondocking 을 인정하고 있다.

2-2. 船體外板의 腐蝕量

實船의 船體腐蝕에대하여 公表된 자료는 아직 없다. 日本에서 조사된 자료에 依하면 최고 0.315mm/year,

ANODE TYPE	APPROX. DIMENSIONS (mm)						CURRENT OUTPUT (A)	CAPACITY (A·H)	WEIGHT	
	B ₁	B ₂	H	L	C	D			NET (kg)	GROSS (kg)
ZnANODE ZS-105P-1-2	55	44	60	1220	100	15	2.20	2.90	90.3	91.9
ZnANODE ZS-111P-1-2	64	50	81	1270	100	19	2.16	1.92	21.5	20.0
ZnANODE ZS-200P-0-1,3A	71	71	87	1500	100	16	1.37	2.14	16.5	17.9

COMPOSITION OF Zn ANODE

Zn ANODE (Zn anode)						
Fe	Cd	Pb	Cu	Al	Si	Zn
Max. 0.05%	0.05%	0.05%	0.05%	0.1%	0.15%	Remainder

TYPE, APPROX. DIMENSION OF Zn ANODES ARE SHOWN IN THE FOLLOWING TABLE.

