

<技術解説>

防蝕對策의 經濟性評價

田 大 熙*

Economic Appraisal of Corrosion Control Measures

Dae Hi, Jeon

1. 序 論

施設이나 機器등이 腐蝕하면 그 經濟的價値가 減少하고, 그 耐用年數(壽命)가 짧아진다. 그러므로 그것을 繼續해서 使用하기 위해서는 相當한 修理費가 必要 할 뿐 아니라, 製品의 汚染에 의한 品質低下, 內容物의 漏洩損失, 修理를 위한 休止期間中의 生産低下등이 생기고, 때로는 施設과 人命에 對해서 危害를 가져올 수도 있다. 腐蝕이 人命에 危害를 가져오는 境遇는 그 被害를 金錢으로 換算할 수 없으므로 經濟的인面보다는 安全에 重點을 두고 防蝕對策을 考慮하여야 한다. 그러나 人命의 危害가 없는 一般施設이나 機器는 그대로 使用하던 3年程度 밖에 견디지 못하는 것도 防蝕對策에 若干만 注意하면 僅少한 費用으로 그 壽命을 5年程度로 延長하기란 어렵지 않기 때문에 防蝕對策의 經濟的價値는 相當히 높다.

이러한 施設이나 機器에 對해서 그 壽命을 延長하는 同時에 安全操業의 確實性을 높이기 위해서 防蝕對策에 어느程度까지 費用을 들여야 經濟的인가? 防蝕對策을 크게 나누면 (1) 高價의 耐蝕性材料로 만들어서 無修理로 長期間 使用하는 方法, (2) 廉價의 材料로 만들어서 使用하다가 어느程度까지 腐蝕하면 新品으로 바꾸고, 그것을 廢品으로 賣却하는 方法, (3) 어느程度의 耐蝕性材料로 만들어 使用하는 同時에 適當한 防蝕手段을 加해서 그 壽命을 延長하는 새가지가 있고, 防蝕手段에는 鍍金法, 塗裝法, 陰極防蝕法, 化成處理法, 防蝕劑添加法, 環境處理法등의 單獨法 或은 併用法이 있다. 이들中에서 어느 防蝕法을 採用하는 것이 가장 經濟的으로 될 것인가의 判斷은 많은 防蝕經驗과 防蝕資料가 必要할 뿐 아니라, 施設이나 機器의 初投資費, 維持費(修理費와 防蝕費) 및 그 金利까지를 考慮하여야 하고, 經濟的인現象이 不安定하고 非正常的이기 때문에 대단히 어려운 問題이다. 그러므로 防蝕技術者에는 防蝕技術에 關한 깊은 知識뿐 아니라, 經濟的인知識과 適切한 判斷力까지도 必要하게 된다.

實際 防蝕對策의 經濟的인判斷에는 未來가 될 수동 그 信賴性이 적으나, 經濟的인現象은 安定하고 正常的이라 假定하고, 防蝕對策은 裝置나 機器의 構造, 用途, 使用環境등을 考慮하여 可能的한 몇가지의 方法을 選定해서 經濟的으로 比較檢討하는 등으로 現狀의 限定된 條件下에서 最善이라고 생각되는 方法에 의해서 未來를 定常化하여 投資의 經濟性인適否를 判定한다.

防蝕對策의 經濟性比較에는 從來에 當人의 主觀이나 簡單한 計算에 의한 評價法이 使用되었으나, 施設費, 經常費, 勞務費, 消耗品費등의 價格이나 支拂의 方法과 期間이 서로 다른것을 다루어야 하므로 投資報酬法(return on investment), 資本回收法(Pay-out Period), 割引現金流出額法(discounted cash flow) 등이 常用하였다. 이들에게는 理念이 不充分한 것도 있고, 計算이 너무 複雜하여 實用에 不適當한 것이 있으므로 割引現金流出法이 가장 合理的이라 認定되었다. 그러므로 이를 數學的으로 다른 Jelen의 資本化價格法(capitalized cost)과 Dillon의 永存價格指數法(permanent cash index)이 많이 活用되고 있으며, NACE 標準推定實務書(NACE Standard RP-02-72)¹⁾에도 이 方法이 採用되고 있다.

2. 防蝕對策의 經濟性評價法

1) 價格/壽命, 全費用/期間의 比較法

이것은 어떤 機器를 A 材料로 만들면 價格이 a 원, 壽命이 x 年이고, B 材料로 만들면 價格이 b 원, 壽命이 y 年인 때에 a/x 와 b/y 의 大小로 그 經濟性을 比較하는 가장 簡單한 方法이다. 그러나 金利, 維持費, 기타를 考慮하지 않기때문으 正確하지는 않다.

또 一定期間에 必要한 全費用을 求해서 平均年間費用을 算出하여 比較하는 方法도 이와 類似하다.

2) 投下資本回收期間의 比較法

A 裝置는 B 裝置보다 廉價이나 壽命이 짧은 때에 B 裝置를 採用하였을 境遇의 投下資本의 增額의 回收期間 P 는 다음式으로 求한다.

$$P = (I_b - I_a) / (O_a + I_a/n_a) - (O_b + I_b/n_b) \dots \dots (1)$$

* 韓國海洋大學 教授

但, I_a, I_b : 投下資本額 ($I_b > I_a$)

n_a, n_b : A, B의 壽命 ($n_b > n_a$)

O_a, O_b : 年間所要維持費

위式에서 資金回收年數(Pay-out Period)를 求해서 壽命과 比較함으로써 經濟性を 判斷할 수 있다. 그러나 이 方法은 金利와 不規則의인 支出을 考慮하지 않았으므로 正確하지는 않다.

<例題> 冷却管에 銅管을 裝備한 熱交換器는 價格이 40만원, 壽命이 2年이고, 알미黃銅管을 裝備한 熱交換器는 價格이 80만원, 壽命이 8年이며, 年間維持費는 어느것이나 不要라고 한다면 어느 쪽이 經濟的일까?

<解> 投下資本回收年數는

$$P = (800,000 - 400,000) / (400,000/2 - 800,000/8) = 4(\text{年})$$

即 後者와 前者의 差額 40만원은 4年에 回收되는데에 反해서 後者의 壽命이 8年이므로 後者가 前者보다 더 經濟的이라고 할 수 있다.

3) 割引現金流出額의 比較法

當年の 資金 Q 는 現在價值(PV)에 相當하고, 利率이 i 라면 n 年後의 未來價格(FV)는 $FV = PV(1+i)^n$

로 된다. 反對로 n 年後에 必要한 資金 Q 는 $FV/(1+i)^n$ 의 PV를 가지고 있다. 이 때의 PV가 割引現金流出額(DCF—Discounted Cash Flow)이라 하고, DCF의 總和를 正味現在價值(NPV)라 하며, 다음式으로 表示된다.

$$NPV = Q_0 / (1+i)^0 + Q_n / (1+i)^n + Q_{2n} / (1+i)^{2n} + \dots \quad (2)$$

가령 n 年마다 必要한 投資額이 同一하다면 $Q = Q_0 = Q_n = Q_{2n} = \dots$ 이므로

$$NPV = Q(1 - [1/(1+i)^n]^m / [1 - 1/(1+i)^n]) \quad (3)$$

여기에서 m 는 將來에 있을 現金流出回收이고, 最終投資年次가 l 年이라면 $m = [l/n - 1]$ 로 된다.

<例題> 어떤 建物의 窓門에 알미아이트프레임을 使用하던 100만원이 必要하나, 25年의 壽命이 期待되고, 85만원의 鋼프레임을 使用해서 同一壽命을 期待하기 위해서는 9年째와 17年째에 20만원의 補修塗裝이 必要하다. 利率이 6% 일 때에 어느쪽이 더 經濟的일까?

<解> 初案의 $NPV = 100$ 만원이고, 代案의 $NPV = 85 + 20/(1+0.06)^9 + 20/(1+0.07)^{17} = 104.27$ 만원이므로 初案이 有利하다.

Table 1. $F_n = \frac{(1+i)^n}{(1+i)^n - 1}$

n	2%	3%	4%	5%	6%	7%	8%	10%	12%	14%	16%	18%	20%
1	51.00	34.33	26.00	21.00	17.67	15.29	13.50	11.00	9.333	8.143	7.250	6.556	6.000
2	25.75	17.42	13.26	10.76	9.091	7.901	7.010	5.762	4.931	4.338	3.894	3.548	3.273
3	17.34	11.79	9.006	7.354	6.236	5.445	4.851	4.021	3.470	3.077	2.783	2.555	2.374
4	13.14	8.969	6.886	5.640	4.810	4.218	3.774	3.162	2.744	2.451	2.234	2.065	1.931
5	10.61	7.277	5.615	4.619	3.957	3.484	3.131	2.638	2.312	2.081	1.909	1.776	1.672
6	8.924	6.152	4.769	3.940	3.390	2.997	2.704	2.296	2.027	1.837	1.696	1.588	1.504
7	7.725	5.350	4.166	3.456	2.986	2.651	2.401	2.054	1.826	1.666	1.548	1.458	1.387
8	6.824	4.748	3.713	3.094	2.684	2.392	2.175	1.874	1.677	1.534	1.439	1.362	1.303
9	6.125	4.281	3.362	2.814	2.450	2.193	2.001	1.736	1.564	1.444	1.357	1.291	1.240
10	5.566	3.908	3.083	2.590	2.265	2.034	1.863	1.628	1.475	1.369	1.293	1.236	1.193
11	5.108	3.603	2.854	2.408	2.114	1.905	1.751	1.540	1.404	1.310	1.243	1.193	1.156
12	4.729	3.349	2.664	2.256	1.988	1.799	1.659	1.468	1.345	1.262	1.203	1.159	1.126
13	4.406	3.134	2.504	2.129	1.883	1.709	1.582	1.408	1.297	1.223	1.170	1.132	1.103
14	4.130	2.951	2.367	2.021	1.793	1.634	1.516	1.358	1.257	1.190	1.143	1.109	1.084
15	3.891	2.792	2.249	1.927	1.716	1.569	1.460	1.315	1.224	1.163	1.121	1.091	1.069
16	3.682	2.654	2.146	1.845	1.649	1.512	1.412	1.278	1.195	1.140	1.103	1.076	1.057
17	3.499	2.532	2.055	1.774	1.591	1.463	1.370	1.247	1.171	1.121	1.087	1.064	1.047
18	3.335	2.424	1.975	1.711	1.539	1.420	1.334	1.219	1.149	1.104	1.074	1.054	1.039
19	3.189	2.327	1.904	1.655	1.494	1.382	1.292	1.196	1.131	1.090	1.063	1.045	1.032
20	3.058	2.241	1.840	1.605	1.453	1.349	1.273	1.174	1.116	1.078	1.054	1.038	1.027
21	2.939	2.162	1.782	1.560	1.417	1.318	1.248	1.165	1.102	1.068	1.046	1.032	1.022
22	2.832	2.092	1.730	1.519	1.384	1.292	1.225	1.140	1.090	1.059	1.040	1.027	1.018
23	2.733	2.027	1.683	1.483	1.355	1.267	1.205	1.126	1.080	1.052	1.034	1.023	1.015
24	2.644	1.968	1.640	1.449	1.328	1.246	1.187	1.113	1.071	1.045	1.029	1.019	1.013
25	2.561	1.914	1.600	1.419	1.304	1.226	1.171	1.102	1.063	1.039	1.025	1.016	1.011
30	2.232	1.701	1.446	1.301	1.211	1.151	1.110	1.061	1.035	1.020	1.012	1.007	1.004
35	2.000	1.551	1.339	1.221	1.150	1.103	1.073	1.037	1.019	1.010	1.006	1.003	1.002
40	1.828	1.442	1.263	1.166	1.108	1.072	1.048	1.023	1.011	1.005	1.003	1.001	1.001
45	1.696	1.360	1.207	1.125	1.078	1.050	1.032	1.014	1.006	1.003	1.001	1.001	1.001
50	1.591	1.326	1.164	1.096	1.057	1.035	1.022	1.009	1.004	1.001	1.001	1.000	1.001

Table 2. $G_p = \frac{1}{(1+i)^n - 1}$

n	2%	3%	4%	5%	6%	7%	8%	10%	12%	14%	16%	18%	20%
1	50.00	33.33	25.00	20.00	16.67	14.29	12.50	10.00	8.333	7.143	6.250	5.556	5.000
2	27.75	16.42	12.25	9.756	8.091	6.897	6.010	4.762	3.931	3.328	2.894	2.548	2.273
3	16.24	10.78	8.009	6.344	5.235	4.444	3.850	3.021	2.470	2.077	1.783	1.555	1.374
4	12.13	7.967	5.887	4.460	3.810	3.217	2.774	2.155	1.744	1.451	1.234	1.065	0.9314
5	9.608	6.279	4.616	3.620	2.957	2.484	2.082	1.638	1.312	1.081	0.9088	0.7765	0.6719
6	7.936	5.153	3.769	2.940	2.389	1.997	1.704	1.296	1.027	0.8368	0.6962	0.5884	0.5035
7	6.725	4.350	3.165	2.456	1.986	1.651	1.401	1.054	0.8260	0.6656	0.5476	0.4576	0.3871
8	5.825	3.749	2.713	2.094	1.684	1.392	1.175	0.8744	0.6775	0.5379	0.4389	0.3625	0.3020
9	5.126	3.281	2.362	1.814	1.450	1.193	1.001	0.7364	0.5640	0.4441	0.3568	0.2911	0.2404
10	4.566	2.908	2.082	1.590	1.264	1.034	0.8629	0.6725	0.4749	0.3694	0.3000	0.2562	0.1923
11	4.109	2.603	1.854	1.408	1.113	0.9051	0.7510	0.5396	0.4035	0.3100	0.2429	0.1932	0.1553
12	3.728	2.349	1.664	1.257	0.9879	0.7986	0.6857	0.4676	0.3453	0.2619	0.2026	0.1550	0.1263
13	3.403	2.124	1.504	1.129	0.8827	0.7093	0.5815	0.4078	0.2973	0.2229	0.1699	0.1310	0.1031
14	3.130	1.951	1.367	1.020	0.7931	0.6335	0.5162	0.3575	0.2573	0.1901	0.1431	0.1093	0.08446
15	2.891	1.792	1.249	0.9269	0.7160	0.5688	0.4604	0.3147	0.2235	0.1629	0.1210	0.09070	0.06925
16	2.682	1.654	1.146	0.8454	0.6492	0.5123	0.4122	0.2782	0.1949	0.1401	0.1026	0.07617	0.05718
17	2.499	1.532	1.055	0.7740	0.5907	0.4632	0.3704	0.2466	0.1705	0.1208	0.08720	0.06381	0.04720
18	2.335	1.424	0.9749	0.7109	0.5393	0.4202	0.3338	0.2193	0.1495	0.1044	0.07428	0.05355	0.03903
19	2.189	1.327	0.9035	0.6549	0.4937	0.3822	0.3016	0.1955	0.1314	0.09045	0.06338	0.04502	0.03231
20	2.058	1.241	0.8396	0.6049	0.5531	0.3485	0.2732	0.1746	0.1157	0.07847	0.05417	0.03789	0.02678
21	1.939	1.162	0.7820	0.5599	0.4167	0.3184	0.2479	0.1562	0.1020	0.06818	0.04635	0.03192	0.02222
22	1.832	1.092	0.7300	0.5194	0.3841	0.2915	0.2254	0.1401	0.09009	0.05931	0.03970	0.02692	0.01845
23	1.733	1.027	0.6827	0.4828	0.3547	0.2673	0.2053	0.1257	0.07967	0.05165	0.03404	0.02272	0.01533
24	1.644	0.9682	0.6397	0.4494	0.3280	0.2456	0.1872	0.1130	0.07053	0.04502	0.02921	0.01919	0.01274
25	1.561	0.9142	0.6003	0.4190	0.3038	0.2259	0.1710	0.1017	0.06250	0.03927	0.02508	0.01622	0.01059
30	1.232	0.7006	0.4457	0.3010	0.2108	0.1512	0.1103	0.06079	0.3453	0.02002	0.01162	0.007024	0.004231
35	1.000	0.5531	0.3394	0.2214	0.1496	0.1033	0.07254	0.03690	0.01931	0.01030	0.005577	0.003058	0.001696
40	0.8277	0.4421	0.2631	0.1656	0.1077	0.07156	0.04825	0.02259	0.01086	0.005323	0.002647	0.001334	0.0006208
45	0.6955	0.3595	0.2066	0.1252	0.07834	0.05000	0.03234	0.01391	0.006135	0.002757	0.001259	0.0005829	0.0002735
50	0.5912	0.2955	0.1638	0.09554	0.05741	0.03514	0.02179	0.008520	0.003472	0.001430	0.0005986	0.0002547	0.0001099

4) 資本化價格의 比較法

Jelen에 의한 資本化價格을 無限한 期間에 必要한 費用의 現在價値이고, 初投資와 無限한 更新에 必要한 DCF의 合이라고 할 수 있다. 그러므로 (3)式에서 m를 無限대로 하였을 때의 NPV로 되고, 그 計算結果는

$$NPV = Q(1+i) / \{(1+i)^n - 1\} \dots \dots \dots (4)$$

Jelen은 이 NPV를 資本化價格(現價計上價格, 或은 基本換算價格—capitalized cost)이라고하고, K로 記號하였으며, Q는 一般의인 費用이라고 생각하여 C의 記號를 使用하였다. 그러므로 (4)式은

$$K = C(1+i) / \{(1+i)^n - 1\} = CF_n \dots \dots \dots (5)$$

$$F_n = (1+i)^n / \{(1+i)^n - 1\} \dots \dots \dots (6)$$

이 F_n 를 費用의 現價格上係數라 하며, 計算이 便하도록 Table 1와 같이 i 와 n 에 對해서 表示되어 있다.

<例題> 壽命 2年인 500만원의 熱交換器를 1,650만원의 耐蝕性熱交換器를 바꾸자는 案이 나왔다. 利率이 年 8%일 때에 提案이 正當化하려면 그 壽命이 얼마나 되어야 할까?

<解> 經濟性이 同一하다면 $K = CF_n = C'F_n$ 이고, $n=2$, $i=8\%$ 일 때의 F_n 는 Table 1. 表에서 7.010

$F_n = 500 \times 7.010 / 1650 = 2.560$ 이다. 그리고 同表에서 $F_6 = 2.704$, $F_7 = 2.401$ 이므로 最小壽命은 7年以上인 어야 한다.

5) 永存價格指數의 比較法

Dillon이 提案한 本法은 Jelen의 資本化價格K를 永存價格指數(PCI)라 놓았으므로 두 方法은 基本的으로 同一하다. 卽 現在의 現金流出 a 의 경우의 PCI는 $PCI = aF_n$ 로 表示한다. 이 뜻은 現在 a 의 現金流出이 必要할 때에 $C_p = a(F_n - 1) = PCI - a$ 의 初投資(貯蓄)도 하면 n 年마다 a 의 現金流出과 C_p 의 投資(貯蓄)과 無限히 反復될수 있다는 것이다. 그러므로 本法을 資本化價格法이라고도 하며, Dillon이 課稅還付係數, 償却係數등을 表化하여 計算을 아주 쉽도록 하였다

3. 永存價格指數(資本化價格)³⁾⁴⁾

永存價格指數法(資本化價格法)은 性格과 支拂間이 다른 金利, 修理費, 維持費, 防蝕費, 休止期間中의 損失, 廢品回收價値, 稅金, 減價償却 등의 諸費用을 同一條件下의 金額으로 換算하여 防蝕對策의 經濟性을 比較하는 方法이다.

永存價格指數(資本化價格)은 價値 a 원, 壽命 n 年의

어떤 裝置를 永久히 保存하기 위해서 처음에 準備하여야 할 資本金 K 원이며, 그 중에서 a 원은 必要한 裝置를 購入하고, 殘金 C 원은 金利 i 로 n 年間 貯蓄해 두면 그 利子가 a 원이 되는 n 年마다 새 裝置를 購入할 수 있으므로 그 裝置를 永久히 保存할 수 있게 된다.

1) n 年마다 定期的으로 支出되는 經費의 K

壽命 n 年의 機器를 購入하는 데에 a 원이 必要하다면 그 永存價格指數 K 원은 K 원에서 a 원으로 機器를 사고, 殘金 $(K-a)$ 원을 n 年間 貯蓄하여 그 元利合計가 K 원이 되어야 하므로

$$K = (K-a)(1+i)^n$$

$$\therefore K = a \times (1+i)^n / \{(1+i)^n - 1\} = aF_n \dots\dots\dots (5)'$$

$$\text{但, } F_n = (1+i)^n / \{(1+i)^n - 1\} \dots\dots\dots (6)'$$

그러므로 永存價格指數는 資本化價格과 一致함을 알 수 있다.

<例題> 鋼製冷却管을 裝備한 熱交換器는 價格이 40만원, 壽命이 2年이고, 스테인레스鋼製冷却管을 裝備한 熱交換器는 價格이 200만원, 壽命이 10年이며, 年金利가 6% 이라면 어느쪽이 有利할가?

<解> $n_A=2, i=6\%$ 에서 $F_{n_A}=9.09$ 이므로

$$K_A = a_A F_{n_A} = 40 \times 9.09 = 363.3 \text{ 만원}$$

$n_B=10, i=6\%$ 에서 $F_{n_B}=2.24$ 이므로

$$K_B = a_B F_{n_B} = 200 \times 2.24 = 448 \text{ 만원}$$

그러므로 鋼製冷却管을 裝備한 쪽이 有利하다 ($K_A < K_B$)

2) P 年後마다 定期的으로 支出되는 經費의 K

機器를 設置한 後부터 每 P 年後마다 反復 支出되는 H 원의 永存價格指數는?

먼저 P 年後에 있어서의 永存價格指數 K_P 는

$$K_P = H(1+i)^P / \{(1+i)^P - 1\} = HF_P$$

이 K_P 는 P 年後의 값이므로 當初의 永存價格指數 K 는

$$K(1+i)^P = H(1+i)^P / \{(1+i)^P - 1\}$$

$$\therefore K = H \times 1 / \{(1+i)^P - 1\} = HG_P \dots\dots\dots (7)$$

$$\text{但, } G_P = 1 / \{(1+i)^P - 1\} = (1+i)^P / \{(1+i)^P - 1\} - 1 = F_P - 1 \dots\dots\dots (8)$$

G_P 는 直接 Table 2. 에서 求할 수 있으나, F_P 를 Table 1. 에서 求한 後에 1을 減해도 求해 진다.

<例題> 鋼製冷却管을 裝備한 熱交換器의 價格은 40만원이고, 壽命이 2年이나, 每 2年마다 20만원의 費用으로 鋼管을 바꾸던 10年間 使用할 수 있다면 어느쪽으로 使하는 것이 有利할가? 또 冷却管을 바꿀 때마다 休止에 因한 生産損失이 10만원이라면? 但, 年金利는 6% 이다.

<解> 40만원이 熱交換器의 壽命이 2年일때의 永

存價格指數 K_A 는 前例에서 363.6만원이고, 鋼管을 20만원의 費用으로 每 2年마다 바꾸어서 壽命이 10年으로 延長될 때의 永存價格指數 K_B 는

$$K_B = 40 \times F_{10} + 20G_2 = 40 \times 2.25 + 20 \times 8.09 = 251.4 \text{ 만원}$$

鋼管을 바꿀 때마다 10만원의 生産損失이 있으므로, $H=20+10=30$ 만원

$$K_C = 40 \times F_{10} + 30G_2 = 332.3 \text{ 만원}$$

그러므로 冷却管을 바꿀 때에 休止에 因한 生産損失이 나도 冷却管을 바꾸어서 使用하는 것이 有利하다.

3) q 年後부터 n 年마다의 臨時支出 Q 원에 對한 K

初投資 K 원을 年利 i 로 q 年間 貯蓄하면 그 元利金 K_q 원은

$$K_q = K(1+i)^q \dots\dots\dots (a)$$

이 K_q 원에서 Q 원을 臨時支出하고, 그 殘金 $(K_q - Q)$ 원을 年利 i 로 n (壽命)年間 貯蓄해서 그 元利金이 K_q 원이 되면 永久히 그 臨時支出을 尙當할 수 있으므로 初投資 K 원이 이 경우의 永存價格指數가 된다. 但

$$K_q = (K_q - Q)(1+i)^n$$

$$\therefore K_q = Q(1+i)^n / \{(1+i)^n - 1\} = QF_n \dots\dots\dots (b)$$

(a)(b) 式에서

$$\therefore K = QF_n / (1+i)^q \dots\dots\dots (a)$$

$$\text{但, } F_n = (1+i)^n / \{(1+i)^n - 1\}$$

<例題> 熱交換器를 新設한 3年後 부터 每 2年마다 10만원의 特別修理費가 必要하다면 그 永存價格指數는 얼마인가? 但, 利子는 年 6% 이다.

$$\text{<解> } K = 10F_2 / (1+0.06)^3 = 10 \times 9.09 / 1.19 = 76.4 \text{ 만원}$$

4) 廢品賣却代의 K

n 年後에 機器의 壽命이 다 되었을 때에 그 廢品이 L 원으로 賣却되다면 L 원은 n 年마다의 收入으로 되고, L 원의 n 年後에 있어서 永存價格指數는 $K_n = LF_n$ 로 되므로 이것을 當初年의 永存價格指數 K 로 換算하면

$$K(1+i)^n = LF_n = L(1+i)^n / \{(1+i)^n - 1\}$$

$$\therefore K = L \times 1 / \{(1+i)^n - 1\} = LG_n \dots\dots\dots (10)$$

$$\text{但, } G_n = 1 / \{(1+i)^n - 1\} = F_n - 1 \dots\dots\dots (11)$$

廢品賣却代는 收入이므로 支出經費에 對해서 反對符號를 갖는다.

<例題> 價格 40만원의 熱交換器의 壽命은 그 鋼製冷却管을 每 2年마다 바꾸므로써 10年으로 延長된다. 이 때에는 鋼管을 바꾸는 費用이 20만원, 休止로 因한 生産損失이 10만원, 廢管價格이 2만원, 最後의 機器 廢品代가 3만원이라면 年利가 6%일 때에 永存價格指數는? 또 每年 維持費가 5만원씩, 熱交換器를 新設한 3年後부터 每 2年마다 特別修理費가 10만원씩 必

要하다면?

<解> 每10年마다 支出되는 費用은 40만원, 每2年後마다 支出되는 費用은 (20+10-2)만원, 每10年後마다 收入은 3만원이므로 이 熱交換器의 永存價格指數는

$$K_A = aF_n + HG_P - LG_n = 40 \times 2.24 + (20 + 10 - 2) \times 6.09 - 9 \times 1.24 = 312.4 \text{만원}$$

또 維持費와 特別修理費까지 包含시키면

$$K_B = aF_n + BF_1 + HG_P + QF_n / (1+i)^q - LG_n \dots (12)$$

그러므로 $K_B = 40 \times 2.24 + 5 \times 17.67 + 28 \times 6.09 + 10 \times 6.09 / 1.19 - 3 \times 1.24 = 477.2 \text{만원}$

(12)式은 어떤 裝置나 機器의 綜合的永存價格指數로 一般적으로 適用된다.

5) 減價償却(depreciation)을 考慮한 永存價格指數

어떤 施設을 하였을 때에 그 施設은 그 豫想耐用年數동안에 償却한다. 減價償却費는 稅法上의 損金으로 取扱하므로 法人稅가 課稅될 때에 減價償却費에 法人稅率을 곱한 金額만큼 所要費用이 減少된다. 減價償却을 均等割式으로 한다면 減價償却期間(write-off period) n 에 對해서 減價償却係數는, 投資 a 의 年償却額의 K 는 $K = \frac{a}{n} G_1 = aF_n (G_1/nF_n)$ 이므로

$$dn = G_1/nF_n \dots (13)$$

Table 3. 減價償却係數表 (法人稅率: 0.38)

r	$d_n = G_1/nF_n$			$1 - 0.38d_n$		
	0.06	0.08	0.10	0.06	0.08	0.10
1	0.943	0.926	0.910	0.642	0.648	0.654
2	0.917	0.892	0.968	0.652	0.662	0.671
3	0.891	0.860	0.830	0.661	0.674	0.685
4	0.865	0.830	0.792	0.672	0.685	0.699
5	0.840	0.798	0.756	0.681	0.697	0.712
6	0.820	0.772	0.725	0.688	0.707	0.724
7	0.797	0.745	0.796	0.697	0.717	0.735
8	0.779	0.719	0.668	0.704	0.727	0.746
9	0.755	0.695	0.640	0.713	0.736	0.757
10	0.745	0.672	0.615	0.717	0.744	0.766
11	0.720	0.650	0.591	0.727	0.753	0.776
12	0.695	0.627	0.568	0.736	0.762	0.784
13	0.681	0.610	0.547	0.742	0.768	0.792
14	0.665	0.589	0.527	0.747	0.776	0.800
15	0.647	0.570	0.507	0.755	0.783	0.807
16	0.630	0.555	0.489	0.761	0.789	0.814
17	0.615	0.537	0.470	0.767	0.796	0.821
18	0.600	0.522	0.455	0.772	0.802	0.827
19	0.588	0.505	0.438	0.777	0.808	0.834
20	0.575	0.491	0.426	0.782	0.814	0.838
25	0.511	0.428	0.363	0.806	0.835	0.862
30	0.440	0.375	0.315	0.826	0.857	0.880
35	0.415	0.335	0.282	0.842	0.873	0.893
40	0.375	0.298	0.245	0.858	0.887	0.907
50	0.314	0.244	0.193	0.881	0.907	0.925

法人稅가 年間利益金の 38%이라면 이의 總合永存價格指數는 利息에도 稅金이 課해지므로 稅引後의 利率 r 에 對해서

$$K = aF_n(1 - 0.38dn) + BF_1(1 - 0.38d_1) + HG_P(1 - 0.38d_P) + QF_n(1 - 0.38d_Q) / (1+r)^q - LG_n \dots (14)$$

Table 3. 는 n 와 r 에 對한 dn 와 $(1 - 0.38d_n)$ 을 表示한다.

防蝕對策을 評價할 때에 減價償却費까지 備慮한 綜合永存價格指數의 比較法은 가장 正確하나, 좀 複雜하고 이것을 考慮하지 않아도 防蝕對策의 優劣判斷이 甚히 不當하게 되지 않는다. 그러므로 防蝕對策의 經濟性比較에 減價償却費를 考慮하지 않은 永存價格指數를 使用하는 경우가 많다. 또 初年의 經濟에 差가 많은 때는 經法性이 金利의 影響을 많이 받으므로 金利에 따라 防蝕法의 優劣이 逆轉한다는 것을 留意하여야 한다.

(5.1 參考)

4. 船舶의 防蝕對策의 經濟性比較

船舶은 海水中에서 運航되고, 高溫·多濕·多鹽分의 大氣에 暴露되어 있으므로 腐蝕이 甚하게 일어난다. 그러므로 船舶은 어느 部分이나 잘 塗裝하여 防蝕하고 있고, 그 中에서도 特히 腐蝕이 甚한 船底部分, 推進器, 바라스트랭크, 등에는 電氣防蝕도 併用되고 있다. 腐蝕이 甚한 船舶의 各部의 防蝕對策을 檢討해 보자.

1) 船底部

船體外板은 防蝕塗裝과 防汚塗裝에 의해서 保護되고 있으나, 巨大한 銅合金製의 推進器에 接續된 船尾部分 銅合金製의 벨브에 隣接한 sea chest 部分, 錨鎖에 닿서 損傷이 잘 되는 船首部등의 塗裝損傷部나 塗膜의 剝離部分은 局部的으로 甚하게 腐蝕되기 쉬우므로 電氣防蝕을 併用하는 것이 普通이다. 船體外板의 腐蝕에 對해서 塗裝防蝕과 電氣防蝕을 併用하였을 때의 防蝕效果는 Francis 등이 美海軍의 驅逐艦 10隻에 對해서 調査한 結果를 보면 塗裝防蝕만 하였을 때의 比較시 平均修理費가 無慮 77.5%나 節約되었다고 한다.

電流陽極의 1A·hr 當의 價格은 Al 合金陽極이 約 0.40원, Zn 陽極이 約 0.50원, Mg 陽極이 約 0.90원이므로 Al 合金陽極을 使用하는 것이 가장 經濟的이고, Mg 陽極을 使用하는 것이 가장 비싸게 된다. 이 외에도 Mg 陽極은 海水中에서 使用할 때에 發生하는 電流가 過大하여 壽命이 짧을 뿐 아니라 陽極周邊의 塗膜을 損傷시킬 念慮가 있다. 그러므로 이것을 使用할 때는 發生電流를 抑制하여야 하므로 그만큼 더 不經濟하게 된다.

船體外板을 外部電源法으로 防蝕하는 것은 그 設備費만도 流電陽極法의 約 20배나 所要되므로 經濟的으로

問題가 되지 않아 普及이 늦어지고 있다. 그러나 大海와 河川을 往來하는 船舶에서는 河川에서 電流陽極法으로 滿足한 防蝕이 되지 않으므로 不得已 外部電源法을 採用하고 있고, 앞으로 電氣防汚法이 實用化되면 入梁間隔이 길게 될 大型船에 많이 採用될 것 같다.

2) 推進器

一般的으로 船舶의 推進器는 캐비테이션(Cavitation)에 의해서 損傷되고, 그것이 캐비테이션-腐蝕(Cavitation Corrosion)의 範圍에 屬하기 때문에 電氣防蝕으로 有效하게 防止된다.

木造漁船의 경우에는 1年程度로 20만원程度의 推進器가 Cavitation에 의해서 못쓰게 되는 것이 많은데, 이것을 費用 4만원, 壽命 1年의 Zn 陽極板으로 有效하게 防止되어 推進器 壽命을 5年으로 延長할 수 있다. 이 例에서 無防蝕의 경우의 永存價格指數를 K_A , 防蝕한 경우의 永存價格指數를 K_B , 年利를 6%라던

$$K_A = 20F_1 = 20 \times 17.67 = 353.4 \text{만원}$$

$K_B = 20F_2 + 4F_1 = 20 \times 3.96 + 4 \times 17.67 = 149.7 \text{만원}$
그러므로 推進器를 亞鉛板으로 防蝕해서 使用하는 것이 훨씬 經濟的이다.

3) 바라스트탱크

바라스트탱크는 船內에서 가장 腐蝕이 甚한 部分이다. 이 탱크에는 電氣防蝕, 에폭시樹脂塗裝, 에폭시코타알塗裝, 無機質 ZRP* 塗裝, 腐蝕抑制劑添加, 煙突排氣가스에 의한 除濕 등의 單獨 或은 併用으로 防蝕시킬 수 있으며, 그 防蝕率은 Table 4. 와 같다. 卽 塗裝한 경우는 最高로 90% 이고, 電氣防蝕法은 空탱크일 때에 效果가 적으므로 平均해서 63% 이다. 그리고 탱크의 防蝕費는 Table 5. 와 같으므로 防蝕法의 經濟性은 Table 5. 의 값을 Table 4. 의 값으로 나눈 값을 比較해서 얻을 수 있다. 이 方法에 의하면 電氣防蝕法이 가장 經濟的이나, 塗裝法도 防蝕率이 높아 經濟性이 電氣防蝕法과 大差가 없고, 탱크掃除가 대단히 簡單하게 되므로 버릴 수 없는 防蝕法이라 하겠다.

Table 4. 바라스트탱크의 防蝕率(%)

調査者	Logan	Hasler	Kurz	Koehler	Nelson	Cook	Dillon	Cor. Prev. Contr	榮	平均
電氣防蝕 mA·m ²	66 (100Mg)		70	50	54 110(Mg)	73黑油 48(Zn)				63
塗裝 種類	90 에폭시			90 ZRP						90
防蝕 劑類	66 不明		80 淡水물유리				45 칼복실 酸鹽		33 베스콜	56
除濕 洗滌 電氣防蝕					44			50		50 44 75 60
防蝕 劑類		75		60			60			

Table 5. 바라스트탱크 防蝕費(원/年/m²)

調査者	Logan	Cook	Soltz	Nelson	Koehler	Dillon	Hasler
電氣防蝕	黑油 128(Mg)	136(Zn)					
	混油			330(Mg) 244(Zn)			
	白油 50(Mg)						
塗裝	現場塗裝 450(에폭시) 334(에폭시)		760(에폭시)		560(ZRP)*		
腐蝕抑制劑					500	100	
防蝕						340	560

* Zinc Rich paint의 略字

Koehler은 탱크를 3種의 方法으로 防蝕하여 그 經濟性을 比較하였다. A法은 無機質의 ZRP 塗裝에 의해서 防蝕하였으며, 塗裝費가 46.5만 \$ 이고, 5年後에 8.8만 \$의 補修塗裝을 하였고, 그 壽命이 10年, 年利率이 5%였다. 이 永存價格指數 K_A 는 (5)'와 (9)式에서

$$K_A = 46.5F_{10} + 8.8F_{10}/(1+0.05)^5 = 46.5 \times 2.59 + 8.8 \times 2.59/1.276 = 138.3 \text{만 } \$$$

B法은 塗裝과 電氣防蝕을 併用하였으며, 塗裝費가 30만 \$, 그 壽命이 10年이고, 電氣防蝕費가 5만 \$, 그 壽命이 3年이다. 이 永存價格指數 K_B 는

$$K_B = 30F_{10} + 5F_3 = 30 \times 2.59 + 5 \times 7.35 = 114 \text{만 } \$$$

C法은 電氣防蝕만 하였을 때이며, 防蝕費가 16.2만 \$, 그 壽命이 3年일 때에 永存價格指數 K_C 는

$$K_C = 16.2F_3 = 16.2 \times 7.35 = 119 \text{만 } \$$$

이와 의하면 K_B 가 最小이고 K_A 가 最大이나, 防蝕率이 A法 90%, B法 80%, C法이 63%이므로 $K_A/\eta_A = 153.5 \text{만 } \$$, $K_B/\eta_B = 143.5 \text{만 } \$$, $K_C/\eta_C = 189 \text{만 } \$$ 로 된다. 그러므로 塗裝法이 電氣防蝕法만 適用하였을 때보다 有利하고, 塗裝과 電氣防蝕을 併用하였을 때가 가장 經濟的이다.

塗裝法은 陰極防蝕 할 때보다 防蝕에 必要한 重量이 적고, 防蝕이 거의 完全히 되며, 탱크掃除가 쉬워지므로 船主들은 最近에 塗裝防蝕法을 많이 採用하려 한다.

4) 숲 뿌라이마의 種類

船體의 塗裝前處理로서 쇼트부라스트(shot blast)를 한다. 이 부라스트를 하고, 組立이 끝나서, 本塗裝을 할 때까지에 數個月이 걸리고, 이동한 無塗裝狀態라면 甚한 孔蝕이 發生한다. 그러므로 쇼트부라스트直後에 워슈뿌라이마(Wash Primer)나 長暴型워슈뿌라이마를 塗裝하여 왔다. 이들은 一般的으로 3個月以上の 壽命을 가지지 못하기 때문에 부러組立後에 다시 前處理를 하고, 塗裝하여야 하기 때문에 塗裝費가 비싸게 된다.

Mcguigan은 S. S. Ondina를 建造할 때에 부라스트直後에 뿌라이마로서 진크릿치페인트(Zinc Rich Paint (ZRP))를 使用하였다. 이 뿌라이마는 耐蝕성이 좋기 때문에 부러組立後의 塗裝에 前處理費를 減少하여 造船費를 相當히 低下시켰다. 이 方式은 그 後에 世界的으로 流行하게 되었고, 이로서 塗裝費가 0.3 \$/m² 程度節約된다고 한다.

5. 熱交換器의 防蝕對策의 經濟性比較

熱交換器는 熱交換이 잘 되게 銅合金製의 冷却管과 管板을 使用하고, 水室과 外胴은 經濟的 理由로 鐵鋼製를 使用하고 있다. 그러므로 熱交換器는 異金屬의 接

觸腐蝕에 의해서 鐵鋼部가 甚히 腐蝕되기 쉽다. 또 熱交換器를 同種의 材料로 만들어도 溫度가 높고, 溫度變化가 크며, 流速이 빠르고, 海水를 冷却水로 使用하기 때문에 如前히 腐蝕되기 쉽다. 特히 그 冷却管은 擴管法에 의해서 管板에 冷間加工으로 取付되어 있으므로 管端部에 內部應力이 크고, 그 部分에 冷却水가 亂流하므로 이 部分은 他部分보다 腐蝕이 甚하게 된다. 熱交換器에서 이와 같은 腐蝕을 防止하기 위해서 強酸이나 腐蝕性藥品을 다루는 熱交換器에는 熱傳導性을 多少 犧牲시키더라도 耐蝕성이 좋은 지탄, 스테인레스鋼, 모넬메탈 등의 材料를 使用하고, 一般熱交換器에는 電氣防蝕, 腐蝕抑制劑의 添加, 塗裝, 라이닝 등의 防蝕法을 單獨으로 或은 併用되고 있다. 特히 腐蝕抑制劑의 添加法은 冷却水를 密閉循環시키는 경우에는 經濟的이나, 貫流式的 경우에는 腐蝕抑制劑가 浪費되므로 不經濟이다.

淡水를 冷却水로 使用하는 熱交換器의 腐蝕은 海水를 使用할 경우의 約 1/2로 減少되나, 그것만으로는 腐蝕問題가 解決되지 않고, 그 腐蝕을 防止하는 데에는 海水를 使用할 때보다 오히려 防蝕費가 더 많이 要하므로 綜合적으로 보면 海水로 冷却하고, 電氣防蝕하는 것이 더 經濟的일 때가 많다. 또 海水와 淡水를 混合해서 使用하면 海水를 使用할 경우보다 腐蝕성이 더 強할 때가 많다. 淡水로 冷却하는 熱交換器의 防蝕에는 ZRP 塗裝과 電氣防蝕의 併용이 效果的이다.

1) 熱交換器의 管材選擇

銅管을 裝備한 熱交換器의 冷却管은 費用 1만 \$에 壽命이 4年이고, 管內面的 掃除費가 每年 0.3만 \$, 管外面掃除費가 2年後에 0.4만 \$, 3年後에 0.15만 \$이 必要하며, 年利率이 5%라면 永存價格指數 K_A 는

$$K_A = 1F_4 + 0.3F_1 + 0.4F_2 / (1+0.05)^2 + 0.15F_3 / (1+0.05)^3 = 1 \times 5.64 + 0.3 \times 21 + 0.4 \times 5.64 / 1.103 + 0.15 \times 5.64 / 1.158 = 14.7 \text{만 } \$$$

이 熱交換器의 冷却管을 價格 9.5만 \$, 壽命 10(年)의 銅合金管으로 바꾸면 管掃除費, 其他가 年間 0.1만 \$이 必要하고, 銅合金의 使用으로 熱效率이 向上되어 年間 0.6만 \$의 生産利益이 있으며, 管廢品을 2만 \$로 賣却할 수 있다면

$$K_B = 9.5F_{10} - (0.6 - 0.1)F_1 - 2G_{10} = 9.5 \times 2.59 - 0.5 \times 21 - 2 \times 1.59 = 11 \text{만 원}$$

그러므로 銅合金製 冷却管을 使用하는 것이 經濟的이다. 그리고 年利率이 10%라면 $K_A = 8 \text{만 } \$$, $K_B = 8.7 \text{만 } \$$ 로 되어 優劣이 逆轉한다. 그러나 冷却管을 바꿀 때에 休止에 인한 生産損失이 0.5만 \$ 이라면 $K_A =$

9.8만 \$, $K_B=9.02$ 만 \$로 되므로 經濟性은 거의 같게 된다.

2) 熱交換器의 防蝕法選擇

熱交換器의 冷却管을 鐵電解防蝕法*에 의해서 間接防蝕할 때는 熱交換器(防蝕裝置 包含)가 600만원, 防蝕電流費가 年間 50만원, 掃除費가 新設後 5年度와 10年度에 각 5만원, 壽命이 15年이다. 또 冷却管을 直接電氣防蝕法**으로 防蝕할 때는 熱交換器(防蝕裝置와 傳熱促進裝置附)가 800만원, 防蝕電流費가 40만원, 掃除費가 新設後 5年度, 10年度 및 15年度에 각 10만원, 壽命이 20年이고, 傳熱促進에 의해서 生産利益이 年間 20만원이다. 그리고 熱交換器의 廢品을 賣却하면 前者가 50만원, 後者가 60만원의 收入이 豫想된다. (但, 年金利 10%)

이 경우에 前者의 永存價格指數 K_A 는

$$K_A=600F_{15}+50F_1+5F_{15} \{1/(1+i)^5+1/(1+i)^{10}\} -50G_{15}=600 \times 1.32+50 \times 11+5 \times 1.32 (0.625+0.380)-50 \times 0.32=1364.6 \text{ 만원}$$

後者의 永存價格指數 K_B 는

$$K_B=800F_{20}+(40-20)F_1+10F_{10} \{1/(1+i)^5+1/(1+i)^{10}+1/(1+i)^{15}\}-60G_{20} =800 \times 1.17+20 \times 11+10 \times 1.17 (0.625+0.380+0.244)-60 \times 0.17 =1180.7 \text{ 만원}$$

그러므로 直接電氣防蝕하는 경우가 初投資가 많아야 하나 더 經濟性이 좋다.

6. 港灣施設의 防蝕對策의 經濟性

港灣施設中에서 規模가 큰 것은 岸壁과 棧橋이다. 이들의 鋼材는 從來에 海水中和 土中の 部分이 無防蝕狀態에 놓인 것이 많았고, 塗裝을 해도 長期的인 防蝕이 期待되지 못하므로 그 壽命은 鋼板이나 鋼管의 두께에 따라 25~35年밖에 안된다. 그러나 近年부터 이들 施設에 對해서 電氣防蝕이 適用하게 됨에 따라 그 壽命이 5倍 以上으로 延長되게 되었다. 이들 施設에 對한 防蝕對策의 經濟性을 檢討하자.

1) 外部電源에 의한 防蝕과 無防蝕의 경우의 比較

延長 200m의 岸壁의 工事費는 1m當 150만원으로 總 3億원이 要하였고, 그 壽命은 30年이다. 그러므로 이 岸壁은 每 30年마다 改築하여야 하며, 그 改築費는 廢品代까지 包含해서 新築時와 同一하다고 假定한다. 또 岸壁의 改築에는 1年이 所要되고, 그間의 休止에 의한 損失은 年間 船腹數가 160단톤, 荷物이 6.5단톤으로 보면 浮船料, 倉庫料, 岸壁使用料(浮標使用의 4

倍) 등에 의해서 約 3,800만원이 된다. 이에 對해서 外部電源에 의해서 電氣防蝕하면 防蝕施設費가 410만원, 電力費, 小修理費, 管理費 등의 維持費가 年間 40만원이 必要하고, 防蝕施設의 壽命은 15年이다. 金利를 年 10% 라면 非防蝕時의 永存價格指數 K_A 는

$$K_A=30,000F_{30}+3,800G_{30}=30,000 \times 1.06+3,800 \times 0.06=31,800+228=32,028 \text{ 만원}$$

防蝕時의 永存價格指數 K_B 는

$$K_B=30,000F_{15}+410F_{15}+40F_1+3,800G_{15} =30,000 \times 1.0+410 \times 1.32+40 \times 11.0 +3,800 \times 0=30,981 \text{ 만원}$$

그러므로 電氣防蝕하는 것이 經濟的이다.

2) 電氣防蝕法の 差에 따르는 經濟性

어떤 電氣防蝕法이 가장 經濟的인가는 施設의 規模와 環境에 따라 달라진다. 外經 660mm, 길이 20m의 鋼杭 84本으로 이루어진 棧橋에 어떤 防蝕法을 採用하는 것이 가장 有利할까를 생각하자. (但, 年金利 6%)

(1) A法(外部電源法): 施設費 436만원, 壽命15年, 年間維持費 36만원이 所要된다. 이때의 永存價格指數 K_A 는

$$K_A=436F_{15}+36F_1=436 \times 1.72+36 \times 17.67 =1,387 \text{ 만원}$$

(2) B法(外部電源法과 補助陽極併用): 外部電源法에서 防蝕電流는 陰極을 防蝕電位로 2年間 維持하면 1/2 以下로 減少하므로 電流가 많이 必要로 하는 첫 2年間的 壽命을 가진 補助陽極을 併用하면 電源容量이 적어도 좋다는 方法이다. 이 경우에 外部電源裝置 등의 施設費는 330만원, 壽命은 15年, 年間維持費는 33만원이고, 補助陽極費는 132만원, 壽命은 2年이고, 再補充은 하지 않는다. 이 경우의 K_B 는

$$K_B=330F_{15}+33F_1+132=330 \times 1.72+33 \times 17.67 +132=1,283 \text{ 만원}$$

(3) C法(主陽極과 補助陽極併用): B法과 같은 趣旨에서 外部電源法代身에 主陽極을 使用하는 것으로서 主陽極費는 460만원, 壽命은 10年이고, 補助陽極費는 130만원, 壽命은 2年(補充不要)이다. 이 경우의 K_C 는

$$K_C=460F_{10}+130=460 \times 2.24+130=1,160 \text{ 만원}$$

(4) D法(Galvoline 과 主陽極併用): 갈보라린(高純度 Mg 線狀陽極)에 의해서 電流密度를 0.5A/m²으로 約 2週日間 通電하면 그 以後에는 所要防蝕電流密度가 아주 낮아지므로 主陽極만으로 防蝕하자는 方法이다. 갈보라린費는 170만원이고, 約 2週日間에 다 消耗하며, 主陽極費는 C法과 같이 460만원, 壽命은 10年이다. 이 경우는

* 海水電解式防汚裝置附

$$K_D = 460F_{10} + 170 = 460 \times 2.24 + 170 = 1,200 \text{ 만원}$$

그러므로 이 施設에 對해서 主陽極과 補助陽極을 併用하는 電氣防蝕法이 가장 經濟的이다.

7. 塗裝의 經濟性比較

塗裝에 關해서 無關心하여 무엇이든 칠하던 된다는가, 塗裝系의 決定을 價格의 高低로 判定한다든가 하는 사람이 적지 않다. 그러나 그것은 經濟的面에서 보면 完全히 잘못이다. 例를 들면 부라스트處理後에 高級塗料를 칠하던 初年度의 費用이 많아지나 塗膜의 壽命이 길기때문에 다시 칠할 때에 費用이 아주적게 要하므로 累積經費는 오히려 減少되는 경우가 많다.

Doolittle 은 長期間 暴露되었던 施設 127件에 對해서 調査한 結果 塗裝의 壽命을 延長하는 것은 良好한 前處理에 있다는 것을 알았다. 卽 같은 비닐塗裝에 對해서도 부라스트處理을 하지않았을 때는 塗裝壽命이 6年 以下이고, 商業的부라스트處理(미일스케일이 20~30% 殘存)를 하고 塗裝한 것은 壽命이 8年 以下, 完全히 화이트메탈로 부라스트處理한 것은 壽命이 9年 以上이었다.

Hess 는 海水中에 浸漬되는 構造物의 塗裝에 前處理의 良否가 重要한 要素라는 것을 強調하였다. 卽 와이

어부라시 處理한 後에 塗裝한 것은 壽命이 約1年 이고 산드부라스팅後에 塗裝한 것은 壽命이 3~4年 이라고 報告하였다.

또 塗裝系의 選擇에 따라 塗膜의 壽命이 顯著히 左右된다. 一般의으로 高級塗料로 잘 塗裝하였을 때가 가장 經濟的일 때가 많다. 特히 진크릿푸라이마(Zinc Rich Primer) 위에 有機絶緣性塗料를 칠하였을 때는 그 각각의 壽命의 合의 2~10倍로 된다고 Mungler 는 報告하고 있다.

Doolittle 은 一般塗料系와 高級塗裝系에 알키드系와 비닐系의 塗料를 使用하여 塗裝하였을때의 經濟性을 Table 6. 으로 表示하였다. 이 表의 條件과 年金利 5% 일 때의 각 防蝕塗裝의 永存價格指數는

$$K_A = 38F_{10} + 11.4F_{10}/(1+0.05)^5 = 38 \times 2.59 + 11.4 \times 2.59/1.276 = 121.5 \text{ (cent)}$$

$$K_B = 45F_{20} + 9F_{20}/(1+0.05)^{10} = 45 \times 1.61 + 9 \times 1.61/1.628 = 81.4 \text{ (cent)}$$

$$K_C = 57 + 17G_{10} + 2.4F_{10}/(1+0.05)^5 = 57 + 17 \times 1.59 + 2.4 \times 2.59/1.276 = 88.9 \text{ (cent)}$$

$$K_D = 59 + 19G_{20} + 2.1F_{20}/(1+0.05)^{10} = 59 + 19 \times 0.61 + 2.1 \times 1.61/1.628 = 72.7 \text{ (cent)}$$

그러므로 진크릿치푸라이마를 칠하고, 高級비닐塗料

Table 6. 塗裝方法의 經濟性比較(實費 : cent/ft²)

塗 裝 系		一 般 塗 裝		高 級 塗 料	
		알키드系	비닐系	알키드系	비닐系
記 號		A	B	C	D
화이트메탈 산드 부라스트		24	24	24	24
윈슈푸라이마	工 材		5		
	質 料		2		
無機質진크릿치푸라이마	工 材			7	7
	質 料			14	14
中 塗 塗 裝	工 材	5	3	3	3
	質 料	2.5	3	2.5	3
上 塗 塗 裝	工 材	3.5	3	3.5	3
	質 料	3	5	5	5
合 計		38	45	57	59
5 年 後 補 修 塗 裝		11.4		2.4	
10 年 後 再 塗 (補 修 塗)		38	(9)	17	(2.1)
15 年 後 補 修 塗 裝		11.4		2.4	
20 年 後 再 塗 裝		38	45	17	19
永 存 價 格 揮 數 (i=5%)		121.5	81.4	88.9	72.7

를 칠하였을 때가 가장 經濟的으로 된다는 것을 알 수 있다.

8. 結 言

以上の說明에서 防蝕對策은 施設이나 機器를 設計할 段階에서부터 考慮하되야 한다는 것을 알 수 있다. 萬若에 同一壽命으로 設計한다고 하면 防蝕을 할 경우가 防蝕을 안 할 경우보다 初年の 費用이 많이 輕減된다. 그러므로 施設이나 機器를 設計할 때는 使用할 材料와 適用할 防蝕法을 充分히 檢討해서 短期間의 一時的인 利益이 아니라, 長期間에 걸쳐서 많은 利益이 되도록 하여야 한다. 이것은 그들의 永存價格指數를 比較하면 알 수 있다.

參 考 文 獻

1. NACE Standard RP-02-72(花田政明譯), 防蝕技術 22, (5) 197~207 (1973)
2. 日本學術振興會, 金屬防蝕技術便覽, 新版, P. 409~414, 712~716, 日刊工業新聞社, 東京(1972)
3. 中川雅史, 電氣防食法の實際, P. 280~306, 地人書館, 東京(1968)
4. 日本學術振興會, 金屬防蝕技術便覽, 舊版, P. 593~598, 日刊工業新聞社, 東京(1965)
5. 田大熙, 韓國腐蝕學會誌, 2, (3), 101~114(1973)
6. 田大熙, 韓國腐蝕學會誌, 2, (3), 91~100 (1973)