

過荷重에 의한 船舶用 알루미늄 合金材의 腐蝕疲勞 破壞遲延에 관한 研究⁺

林祐助* · 李種樂** · 李鎭烈***

(1988년 4월 15일 접수)

Study on the Retardation Effect of Overload on the
Corrosion Fatigue Crack Propagation in Al-Alloy used for the Shipbuilding

Uh-Joh Lim, Jong-Rark Lee and Jin-Yeo Lee

Key Words: Corrosion Fatigue (腐蝕疲勞), Specific Resistance (比抵抗), Overload Ratio(過荷重比), Retardation Parameter (遲延係數), Crack Growth Rate (龜裂進展速度), Corrosion Sensitivity (腐蝕感受性), Stress Intensity Factor (應力擴大係數)

Abstract

Recently with the rapid development in marine and shipbuilding industries such as marine structures, ship and chemical plants, there occurs much interest in the study of corrosion fatigue characteristics which was closed up an important role in mechanical design.

In this study, the 5086 Al-alloy was tested by use of rotary bending fatigue tester.

The retardation effect of overload on the corrosion fatigue crack propagation in sea environment was quantitatively studied.

- 1) Retardation effect of corrosion fatigue crack propagation is most eminent when overload ratio is 1.52, overload magnitude corresponds to about 77% and 55% of yield strength and tensile strength respectively.
- 2) After overload ratio 1.52 was used, retardation of corrosion fatigue crack growth rate is largely retarded and quasi-threshold stress intensity factor range (ΔK_{th}) appears.
- 3) According to m of experimental constant, retardation effect of corrosion fatigue crack propagation corresponds to about 25% of constant stress amplitude when overload ratio is 1.52.
- 4) When overload ratio 1.52 was used, retardation parameter (RP) decreases to about 0.43 and corrosion sensitivity (S) decreases to about 2.1.

+ 1987년도 한국해양공학회 추계학술대회 발표(1987년 11월)

* 정회원, 부산수산대학 이공학부 박용기계공학과

** 여수수산대학 선박기계공학과

*** 한국해양대학

1. 序 論

最近 工業의 發展과 더불어 機械 構造物 등은 더욱 輕量化 및 高速化가 되고 있으며, 이들 구조물이 사용되는 분위기는 더욱 環境汚染의 深化 및 多樣化되고 있다.^{1,2)}

각종 機械 構造物은 각 使用環境 아래서 장시간에 걸쳐 충분한 安全性을 확보하기 위해서는 材料強度에 미치는 環境 특히, 腐蝕性 環境效果의 해명과 環境強度 設計基準의 확립이 절실히 요구되고 있으나 腐蝕性 環境下에서의 疲勞에 관한 特性은 아직 만족할만한 성과를 얻지 못하고 있는 실정이다.^{3,4)}

한편, 알루미늄 合金은 輕量性, 耐蝕性, 加工性 및 熔接性이 양호하고 또한 低溫에서도 機械的 性質의 低下가 일어나지 않는다.⁵⁾ 이 때문에 최근 漁船, 高速旅客船, 高速艦艇, LNG船과 같은 特殊船舶, 海洋 構造物, 低溫 裝置 및 車輛 등에 널리 사용된다.⁶⁾ 그러나 이들이 海水 및 海洋大氣에 사용될 경우 波浪 및 船體振動 등에 의한 反復應力 및 기타 反復的인 外部應力의 作用에 의해 腐蝕疲勞 作用을 받는다. 이 腐蝕疲勞 作用은 船舶部材의 損傷 및 破壞에 중요한 因子가 되고,^{7~11)} 특히 실제 構造物에 있어서, 일정한 振幅의 反復荷重을 받는 것은 드물고 불규칙한 크기의 反復荷重을 받는 경우가 많다. 따라서 腐蝕疲勞龜裂 進展變動에 미치는 變動荷重, 즉 過負荷의 影響을 검토할 필요가 있다.

그러나 空氣중에서 過負荷를 負荷한 直後 腐蝕疲勞龜裂 進展遲延에 관한 研究는 거의 밝혀져 있지 않다.^{12,13)}

本 研究는 特殊船舶의 製作에 많이 사용되는 Al-Mg系 合金材(5000계)중 5086-H112 알루미늄 合金材를 海洋環境과 空氣중에서 平面 굽힘 腐蝕疲勞試驗을 행하여 表面龜裂 發生 및 進展特性을 觀察 調査하였다.

이 實驗을 통하여 一定 片振 굽힘 應力을 加한 경우와 여러가지 過荷重比로 1단 片振 굽힘 應力

을 加한 直後의 腐蝕疲勞龜裂進展 및 遲延 양상, 過荷重 직후의 腐蝕疲勞龜裂 遲延에 미치는 過荷重比의 영향, 過荷重에 의한 腐蝕疲勞龜裂 進展遲延速度와 應力擴大係數範圍와의 관계 및 腐蝕疲勞龜裂遲延에 미치는 遲延係數와 腐蝕受性과의 關係를 明確히 하였다.

2. 試驗片 및 實驗方法

2.1 試驗片

本 實驗에 사용된 試驗材料는 두께 7.1mm인 5086 알루미늄 合金材로, 그 化學的 成分과 機械的 特性은 Table 1과 같다. 이와같은 板材로부터 절취하여 제작한 試驗片 및 노치의 形狀은 Fig.1과 같다. 이러한 試驗片은 그 길이 方向이 壓延方向과 동일하도록 제작하였다.

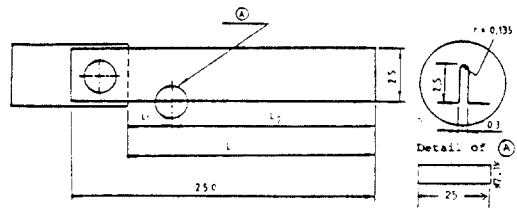


Fig. 1 Dimension of test specimen (mm)

試驗片의 노치(notch) 先端에 있어서의 應力擴大係數範圍(stress intensity factor range) ΔK 값은 Kawahara등이 제시한 다음 식으로 계산하였다.¹⁴⁾

$$\Delta K = \frac{1}{2} \Delta \sigma \sqrt{\pi a} \tag{1}$$

여기서

$\Delta \sigma$: 굽힘應力振幅 (kgf/mm²)

$\Delta \sigma$: $\sigma_{max} - \sigma_{min}$

a : 龜裂길이 (mm)

疲勞試驗에서 굽힘應力(bending stress) σ 는 다음과 같이 구하였다.¹⁵⁾

Table 1 Chemical composition and mechanical properties of used material (5086-H112)

Chemical composition (wt%)	Mn	Cr	Cu	Mg	Si	Ti	Fe	Al
	0.36	0.132	0.02	3.7	0.05	0.015	0.24	Res.
Mechanical properties	Tensile strength (kgf/mm ²)			Yield strength (kgf/mm ²)			Elongation (%)	
	42			30			12	

처짐량 $\delta = PL^3/3EI$ 에서

하중 $P = 3EI\delta / L^3$ 이므로

굽힘應力 $\sigma = M/Z = P(L-L_1)/Z$

$$= 3EI\sigma(L-L_1)/ZL^3$$

$$= 1.5E\sigma t(L-L_1)/L^3$$

$$\therefore \sigma = 1.5\delta t(L-L_1)/L^3 \quad (2)$$

여기서

E = 영계수 (kgf/mm^2)

I = 단면 2차 모멘트 ($bt^3/12$)

L = 시험편 고정부에서 응력부까지 거리 (mm)

L_1 = 시험편 고정부에서 노치와의 거리 (mm)

b = 시편폭 (mm)

t = 시편두께 (mm)

Z = 단면계수 ($bt^2/6$)

δ = 처짐량 (mm)

한편 試驗片 表面은 사포 2000番까지 研磨한 후 아세톤으로 脫脂하고 試驗片 表面의 電氣 化學的인 影響을 제거하기 위하여 노치端을 제외한 試驗片 전표면을 투명한 에폭시 樹脂로 被復絶緣시켰다.

2.2 實驗裝置

本 實驗에 使用한 偏心輪式 定變位 平面 굽힘 疲勞試驗機의 全體 系統圖는 Fig. 2와 같다.

Fig. 2의 腐蝕疲勞 試驗機는 자작한 것으로 板狀 試驗片의 一端은 豎개로 豎여 볼트로 固定하고 自由端은 偏心輪의 回轉에 의하여 平面 굽힘 反復應力을 받게 하였으며, 試驗片은 동시에 4개까지 裝置할 수 있도록 하였다.

그리고 Fig. 1에 나타낸 偏心輪의 偏心量, 固定端과 荷重點과의 길이(L) 및 固定端과 노치와의 길이(L_1)를 變化시킴으로서 應力을 미세하게 調節할 수 있도록 하였다.

平面 굽힘 應力은 모우터에 의해 구동되는 偏心輪에 의해 받으며, 反復回數는 풀리축에 연결되어 있는 회전계로써 測定하였다.

이 實驗에 使用한 應力의 各 形態는 Fig. 3과 같이 a)는 應力比 $R=0$ 인 一定 片振 應力이며, b)는 過荷重 負荷 직후의 一端 片振 應力이다. 이때 反復荷重의 速度는 모두 $310rpm$ ($f=5.17 Hz$)으로 하였다.

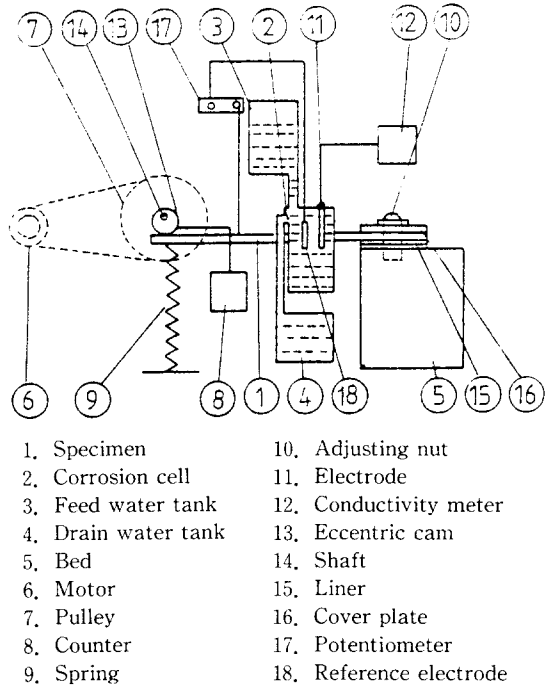


Fig. 2 Schematic diagram of test apparatus

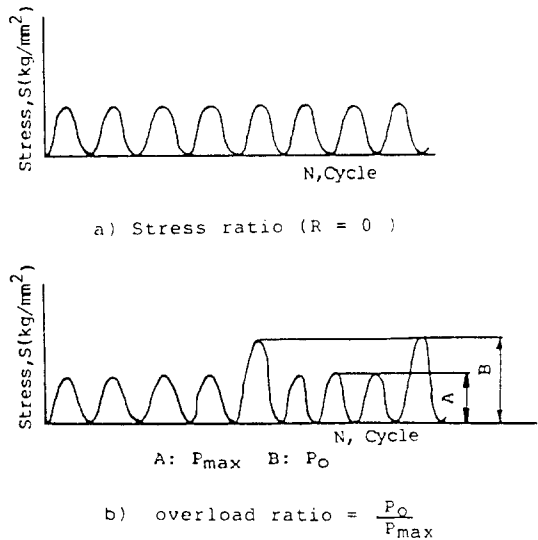


Fig. 3 Stress wave forms

2.3 實驗方法

腐蝕環境槽는 플라스틱으로 제작하였고, 腐蝕環境은 比抵抗(ρ)이 $25\Omega \cdot cm$ 인 天然海水를 사용하였으며, 實驗中の 水溫은 室內溫度로 하였다.

또한 腐蝕槽內的 溶液은 Cl^- 이온의 濃度 및 電解液의 傳導度의 變化를 防止하기 위하여 시간당 4l의 量으로 계속하여 순환시켰으며, 腐蝕生成物에 의한 電氣化學的인 影響을 제거하기 위하여 絶緣性 필터를 사용하여 腐蝕疲勞 試驗을 行하였다.

腐蝕疲勞 進展길이는 20배의 확대경으로 腐蝕疲勞 龜裂 初期($a=0.4mm$)부터 破斷까지 연속적으로 測定하였다.

그리고 過荷重은 腐蝕疲勞 龜裂 進展길이 $a=0.5mm$ 에서 1cycle을 회전시켜 偏心을 조정하면서 過荷重을 負荷하였으며, 過荷重을 負荷한 후 다이얼 게이지로 측정하여 試驗片에 過荷重前과 같은 처짐(deflection)을 받도록 하였다.

3. 實驗結果 및 考察

3.1 過荷重比에 의한 腐蝕疲勞 龜裂 進展遲延特性

Fig. 4는 過荷重比에 의한 腐蝕疲勞 龜裂 進展遲延 舉動에 미치는 影響을 검토하기 위하여, 比抵抗 $25\Omega \cdot cm$ 의 腐蝕環境에서 Fig. 3과 같이 過荷重比를 1.18, 1.35, 1.45, 1.52, 1.70으로 荷重을 加한 直後의 경우와 일정한 振幅의 疊힘 應力를 加한 경우에 대해서 龜裂進展길이 a 와 反復回數 N 과의 關係를 나타내었다.

이에 의하면 腐蝕疲勞 龜裂 進展길이 $a=0.5mm$ 에서 여러가지 過荷重比를 부가한 직후에 있어서의 腐蝕疲勞 龜裂 進展길이 $a=2mm$ 까지의 反復回數 N 은 一定한 振幅의 疊힘應力를 가했을 때의

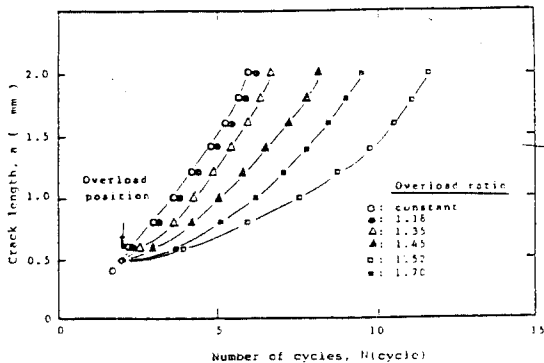


Fig. 4 Relation between number of cycles and crack length according to overload ratio under $\rho = 25\Omega \cdot cm$

腐蝕疲勞 龜裂 進展길이 $a=2mm$ 까지의 反復回數 N 에 비해 遲延되고 있는 양상을 보이고 있다. 또한 過荷重比가 1.18~1.52사이에서는 過荷重比가 증가할수록 遲延효과가 크게 나타났다. 過荷重比가 1.70에서는 1.52의 경우보다 오히려 빠른 龜裂成長舉動을 보이고 있다.

Fig. 5는 比抵抗 $25\Omega \cdot cm$ 의 腐蝕環境에 있어서 여러가지 過荷重比에 대해 龜裂길이 $a=2mm$ 까지의 腐蝕疲勞 龜裂 進展遲延 反復回數 N 의 關係를 나타낸 것이다.

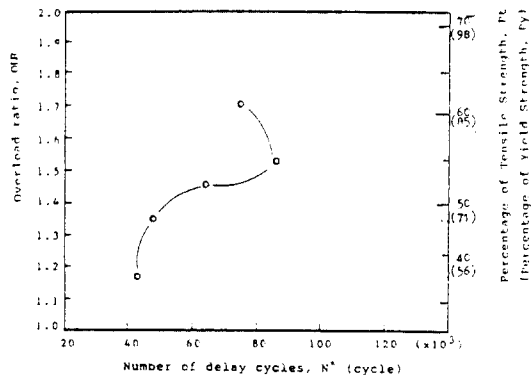


Fig. 5 Relation between number of delay cycles to $a = 2mm$ and overload ratio according to tensile strength under $\rho = 25\Omega \cdot cm$

$$Pt = \frac{\text{Tensile strength under various overload ratio}}{\text{Tensile strength of specimen}}$$

$$\times 100$$

$$Py = \frac{\text{Yield strength under various overload ratio}}{\text{Yield strength of specimen}}$$

$$\times 100$$

이에 의하면 過荷重比가 증가함에 따라서 腐蝕疲勞 龜裂 進展遲延 反復回數 N 이 크게되고 過荷重比 1.52일 때 腐蝕疲勞 龜裂 進展遲延 反復回數가 가장 크게 증가되며, 過荷重比가 1.70일때는 過荷重比 1.52보다 腐蝕疲勞 龜裂 進展遲延 反復回數가 적은 양상을 보이고 있다.

Fig. 4와 Fig. 5에 의하면 過荷重比 1.52일 때 腐蝕疲勞 龜裂 進展遲延 효과가 크게 나타나고, 腐蝕疲勞 龜裂 進展遲延 효과가 가장 큰 過荷重比 1.52의 경우 過荷重에 따른 공칭應力의 크기는 항복應力의 약77%, 인장강도의 약55%에 해당된다.

3.2 過荷重에 의한 腐蝕疲勞龜裂 進展遲延 速度와 應力擴大係數範圍와의 관계

腐蝕疲勞龜裂이 성장함에 따라 龜裂 進展遲延速度를 구하기 위하여 Fig.4는 $a-N$ 曲線에서 기점의 기울기로부터 腐蝕疲勞龜裂 進展遲延速度 $\frac{da}{dN}$ 을 구하였다. 腐蝕疲勞龜裂 進展遲延速度는 單位反復回數에 대하여 성장한 龜裂길이의 증분량을 나타내며 이를 계산하기 위해서는 ASTM에 제시한 point-to-point technique을 사용하였다.¹⁶⁾

Fig.6은 比抵抗 $25\Omega \cdot cm$ 의 腐蝕環境에 있어서 여러가지 過荷重比의 變化에 따른 應力擴大係數範圍 ΔK 와 過荷重직후의 腐蝕疲勞龜裂 進展遲延速度 da/dN 와의 관계를 나타낸 것이다.

이에 의하면 모든 過荷重比에 있어서 過荷重負荷 직후 腐蝕疲勞龜裂 進展遲延速度 da/dN 는 감소하는 경향을 보이다가 應力擴大係數範圍 ΔK 가 증가함에 따라 腐蝕疲勞龜裂 進展遲延速度 da/dN 는 回復되는 양상을 나타내고 있다.

그리고 過荷重比 1.52일때 腐蝕疲勞龜裂 進展遲延速度 da/dN 가 가장 느렸으며, 過荷重比 1.70일때는 過荷重比 1.52보다 오히려 腐蝕疲勞龜裂 進展遲延速度는 더 빨라졌다.

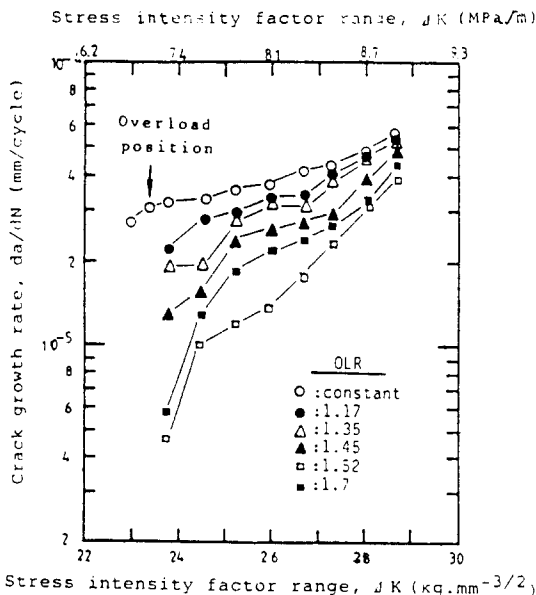


Fig. 6 Relation between crack growth overload and stress intensity factor range in $25\Omega \cdot cm$

특히 過荷重比 1.52와 1.70에 있어서는 過荷重직후 腐蝕疲勞龜裂 進展遲延速度 da/dN 는 급격히 감소하고, 擬下限界應力擴大係數範圍(Quasi-threshold stress intensity factor range) ΔK_{th} '와 같은 양상을 보이고 있다.¹⁷⁾

여기서 腐蝕疲勞龜裂 進展遲延速度 da/dN 와 應力擴大係數範圍 ΔK 와의 관계는 다음과 같은 Paris式을 이용하여 腐蝕疲勞龜裂 遲延舉動을 설명할 수 있다.^{18,19)}

$$\frac{da}{dN} = C(\Delta K)^m \quad (3)$$

여기서 C 와 m 은 實驗常數이다.

Table 2는 Fig.6의 實驗值를 Paris' rule에 적용하여 電算化한 實驗常數 C 와 m 값을 過荷重比에 따라 정리한 것이다.

이에 의하면 過荷重比 1.70을 제외하면 過荷重比가 작아질수록 實驗常數 C 의 값은 커지면서 過荷重을 가한 후 初期 腐蝕疲勞龜裂 進展遲延速度는 빠르게 나타나고, 또한 實驗常數 m 값은 작아지면서 腐蝕疲勞龜裂 進展遲延速度에 미치는 效果는 應力擴大係數값에 의한 影響에 비해 腐蝕에 의한 影響이 점차 敏感해져 가는 것으로 생각된다.¹⁷⁾

그리고 實驗常數 m 에 의하면 過荷重比 1.5로 負荷함에 따라 一定한 應力 振幅때 보다 腐蝕疲勞龜裂 進展遲延效果는 약 25%로 나타나고 있다.

Table 2 The experimental constants C and m of Paris' rule according to OLR at $25\Omega \cdot cm$

Experimental constant overload ratio	C	m
0	2.60×10^{-9}	2.95
0.18	5.01×10^{-12}	4.83
1.35	8.78×10^{-14}	6.04
1.45	1.34×10^{-14}	6.54
1.52	1.02×10^{-22}	12.03
1.70	5.53×10^{-18}	8.87

3.3 腐蝕疲勞龜裂 進展遲延에 미치는 遲延係數와 腐蝕感受性的 考察

比抵抗 $\rho = 25\Omega \cdot cm$ 의 腐蝕環境에서 腐蝕疲勞龜裂 進展效果가 가장 큰 過荷重比 1.52로 加했을

때와 空氣중에 있어서 過荷重에 의한 龜裂進展 遲延效果를 비교하여 遲延係數와 腐蝕感受性を 구하고자 한다.

Fig. 7은 空氣중에서 過負荷 直後の 疲勞龜裂 進展遲延速度舉動을 檢討하기 위하여 일정한 振幅의 荷重應力을 加한 경우와 過荷重比를 1.52로 加한 경우에 대해서 龜裂進展길이 a 와 反復回數 N 의 關係를 나타낸 것이다. 이에 의하면 일정한 龜裂進展길이 a 에 대하여 過荷重직후의 反復回數 N 는 현저히 遲延되는 양상을 보이고 있다.

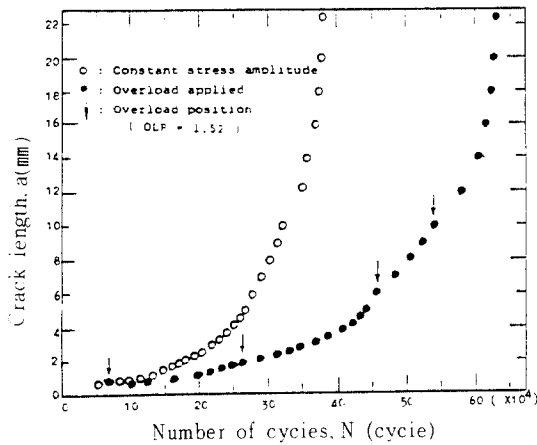


Fig. 7 Retardation as a result of overload in air

Fig. 8은 過荷重에 따른 遲延係數의 變化를 나타낸 것이다. 여기에 wheeler model에 의한 遲延係數는 過荷重을 가한 후의 腐蝕疲勞龜裂 進展遲延速度를 一定한 振幅의 腐蝕疲勞龜裂 進展速度로 나눈 값이다.²²⁾

이에 의하면 過荷重比가 증가할수록 遲延係數는 감소하는 경향을 보이고 있으며 過荷重比가 1.52일때 遲延係數 RP 는 약 0.43으로 최소를 나타내고 있다. 그러나 過荷重比 1.70일때는 1.52일때보다 遲延係數가 높게 나타나는 경향을 보이고 있다.

이때 腐蝕感受性は 比抵抗 $25\Omega \cdot cm$ 의 腐蝕環境에서 過荷重을 가한 후의 腐蝕疲勞龜裂 進展遲延速度를 空氣에 있어서 過荷重을 가한 후의 腐蝕疲勞龜裂 進展遲延速度로 나눈 값이다.

이에 의하면 過荷重比가 증가할수록 腐蝕感受性は 낮아지고 있으며, 過荷重比 1.52일때의 腐蝕感受性 S 는 약 2.1로 가장 낮은 양상을 보이고 있다. 그러나 過荷重比 1.70일때는 過荷重比 1.52보

다 遲延係數와 같이 腐蝕感受性도 증가하는 경향을 나타내고 있다.

Fig. 8과 Fig. 9에 의하면 過荷重比가 증가함에 따라 遲延係數와 腐蝕感受性は 낮아지는 경향을 보이고 있다.

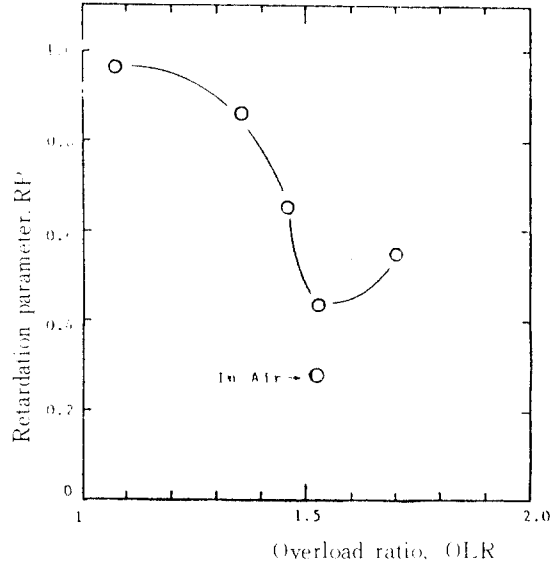


Fig. 8 Relation between overload ratio and retardation parameter (RP =crack growth rate after overload/crack growth rate in normal)

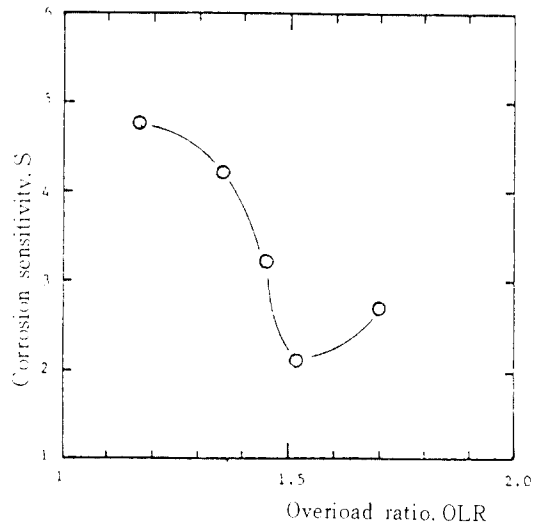


Fig. 9 Relation between overload ratio and corrosion sensitivity (s =crack growth rate to $2mm$ in $\rho = 25\Omega \cdot cm$ /crack growth rate to $2mm$ in air)

이는 機械的인 龜裂先端의 閉口現象(crack closure)에 의해 腐蝕電位는 貴電位化 되고 腐蝕電流密度는 감소하기 때문인 것으로 생각된다.^{20,21)}

4. 結 論

平面굽힘 腐蝕疲勞 試驗機를 이용하여 過荷重에 의한 船舶用 알루미늄 合金材의 腐蝕疲勞 破壞遲延에 관한 研究를 한 결과 다음과 같다.

- 1) 腐蝕疲勞龜裂 遲延效果가 가장 큰 過荷重比 1.52일때 過荷重의 공칭응력 크기는 항복強度의 약 77%, 인장強度의 약 55%에 해당한다.
- 2) 過荷重比 1.52에 있어서 過荷重 직후 腐蝕疲勞龜裂 進展速度 da/dN 는 급격히 遲延되고, 擬下限界應力擴大 係數範圍 ΔK_{th} '와 같은 양상을 나타내고 있다.
- 3) 實驗常數 m 에 의하면 過荷重比 1.52로 負荷함에 따라 一定한 應力振幅때 보다 腐蝕疲勞龜裂 遲延效果는 25%로 나타나고 있다.
- 4) 過荷重比 1.52로 負荷할 때 遲延係數 RP 는 약 0.43, 腐蝕感受性 S 는 약 2.1로 감소된다.

參 考 文 獻

- 1) 田大熙, “우리나라 腐蝕系の 어제와 오늘”, 한국부식학회지, Vol.14, No.1, p.33, 1985
- 2) 向井喜彦 · 村田雅人, “스텐레스鋼의 應力腐蝕割れ에 對する破壞力學의 適用について”, 日本溶接學會誌, Vol.48, No.11, p.5, 1979
- 3) 駒井謙治邦, “應力腐蝕割れ及び腐蝕疲勞への破壞力學의 應用”, 日本溶接學會誌, Vol.52, No.3, p.23, 1983
- 4) 駒井謙治邦, “腐蝕疲勞研究의 現狀と展望”, 日本鐵と鋼, Vol.61, No.7, p.8, 1983
- 5) 水野政夫口章, “알루미늄とその溶接”, 日本出版株式會社, p.99, 1972
- 6) 山田盛雄, “알루미늄技術便覽”, 輕金屬出版株式會社, 東京, pp.1519~1521, 1985
- 7) 內藤, “船舶におけるアルミ材利用의 現狀”, M. E. S. J., 7(2), pp.68~75, 1982
- 8) Booth G. S. and I. G. Wylde, “Fatigue Consideration in Offshore Steel Structures in the North Sea”, The Welding Institute Research Bulletin, Vol.19, No.3, p.69-72, 1978
- 9) Jaske, C. F., J. E. Stater and W. E. Anderson, “Corrosion Fatigue of Structural Steels in Seawater and Offshore Application”, ASTM STP 642, p.19-47, 1978
- 10) Jaske, C. E., J. H. Payer and V. S. Balirt, “Corrosion Fatigue of Metals in Marine Environments”, 1st ed., Springer-Verlag, Heidelberg, 1981
- 11) Scott, P. M., “Effects of Environment in Crack Propagation”, Development in Fracture Mechanics - 1, Applied Science Publisher LTD., London, p.222-253, 1979
- 12) Gerberish, W. W., R. H. Vanstone and A. W. Gunderson, “Fatigue Properties of Carbon Alloy Steel”, Application of Fracture Mechanics for Selection of Metallic Structural Materials, ASM, Metals Park, Ohio, p.65-67, 1972
- 13) Foroulis, Z. A. “Environment - Sensitive Fracture of Engineering Material”, The Metallurgical Society of AIME, Florham Park, New Jersey, p.5-8, 1977
- 14) 川原正言 · 栗原正好, “表面き裂の疲勞による傳播成長過程に關する豫備的考察”, 日本造船學會論文集, Vol.137, p.297~306, 1975
- 15) 吳世旭, “材料力學”, 東明社, p.228~299, 1982
- 16) “Standard Test Method for Constant-load amplitude Fatigue Crack Growth Rate above 10^{-6} m/cycle”, ASTM E647-83, 1985
- 17) Devereux, O. F. A. J. MeEvily and R. W. Staehle, “Corrosion Fatigue”, Chemistry, Mechanics and Micro Structure, NACE-2, p.325-326, 1971
- 18) Gallagher, J. P. and R. P. Wei, “Corrosion Fatigue Crack Propagation Behavior in Steels”, Corrosion Fatigue NACE-2, p.408-409, 1971
- 19) Gerberish, R. H., Van Stone and Gunderson, “Fracture Properties of Carbon Alloy Steels”, Application of Fracture Mechanics for

Selection of Metallic Structural Materials, ASM, Metals Park, Ohio, p.65-67, 1982

20) Chanai, G. R. "Investigation of Effects of Salt - water on Retardation Behavior of Alluminum Alloys", Corrosion - Fatigue

Technology, ASTM STP 642, 1978

21) 大谷南海男, "金屬の塑性と腐蝕反應", 産業圖書, 東京, p.82~85, 1972

22) 西谷弘信, "總合材料強度學講座[6]" 東京, p.256~257, 1985



☆ 뉴 스 ☆

한국해양공학회지 제3권 제1호 원고모집

원고마감 : 1989년 3월 31일(발행예정일 : 1989년 6월 30일)

원고내용 : 논문, 논설, 전망, 해설, 강좌, 자료, 기술보고, 심포지움 및 좌담회 기록, 기행문, 견학 및 참관기, 뉴스, 위원회보고, 회원의 소리, 기타

원고작성요령 : 본 회의 회지원고 집필요강에 의거하여 200자 또는 400자 원고지를 사용할 것. 타 이핑(워드 프로세스포함)도 가능함. (제8회 이사회에서 게재논문 면수 6페이지를 초과할시 페이지당 10,000원씩 징수키로 결정.)

원고제출처 : 우편번호 604-714, 부산직할시 사하구 하단동 840, 동아대학교 공과대학 내 사단법인 한국해양공학회, 전화(051) 205-2325

<주의 : 원고 투고 요령 (p. 148 또는 pp. 348)을 반드시 지키실 것>

■ 1989년도 춘계 학술대회 강연논문 원고모집 ■

논문원고마감 : 1989년 4월 31일

논문작성요령 : 본 회의 강연논문집 원고집필요령에 의거하여 본회 강연초록원고지(마스터지 30×40)를 반드시 사용할 것. 강연초록 원고지는 요청하시면 즉시 보내 드립니다.

(특별 강연 논문원고는 10면이내, 보통 강연 논문원고는 5면이내임.)

원고제출처 : 우편번호 604-714, 부산직할시 사하구 하단동 840, 동아대학교 공과대학 내 사단법인 한국해양공학회, 전화(051) 205-2325

<주의 : 원고 투고 요령 (p. 148 또는 pp. 348)을 반드시 지키실 것>