

SS41鋼 腐蝕疲勞龜裂 成長舉動에 미치는 海洋環境因자의 影響(I) (表面龜裂 길이와 龜裂깊이의 成長舉動을 中心으로)

金垣寧* · 林鍾汶** · 林祐助***

韓國海洋大學 商船學部 機關學科*

浦項專門大學 自動車科**

釜山水產大學校 工科大學 機械工學科***

The Influence of Marine Environmental Factor on the Corrosion Fatigue Crack Growth Behaviour of SS41 Steel(I)

(About growth behaviour of surface crack length and crack depth)

Won—Yeong Kim · Jong—Moon Lim · Uh—Joh Lim

Dept. of marine Eng. Korea Maritime University

Dept. of Automobile Pohang College

Dept. of Mechanical Eng. National Fisheries University of Pusan

Corrosion fatigue test was performed by the use of plane bending fatigue tester in marine environments having various specific resistance from 25Ωcm to 5000Ωcm in order to investigate the effects of marine environmental factor on the corrosion fatigue crack growth behaviour of SS41 steel.

The main results obtained are as follows;

1. Corrosion sensitivity of initial stage crack and corrosion fatigue life in the marine environment is about 1.17-2.20. Corrosion sensitivity of initial stage crack is more susceptible than that of corrosion fatigue life with decreasing the specific resistance.
2. The behaviour of corner crack propagation shows that crack depth is growing faster than surface crack at initial stage crack, but the surface crack propagates faster than crack depth as the crack grows.
3. The faster surface crack growth than crack depth was more pronounced in natural sea water than that in air.
4. The characteristics of corner crack growth rate shows that surface crack growth rate (da/dN) is increasing with the surface crack growth, while, the crack depth growth rate (db/dN) is decreasing.

1. 序 論

最近 産業의 發展에 따라 각종 自動車, 船舶 및 航

空機등의 運搬手段은 高速化되고 있는 趨勢에 따라 여러가지 형태의 振動과 荷重 및 外力에 의한 反復的인 應力을 많이 받을 수 있다.

또한 海岸都市 및 海岸道路에서 運行되고 있는 自動車와 海洋中에서 運航되고 있는 船舶 그리고 각종 海洋構造物 등은 海洋霧圍氣中의 海鹽因子에 의해 腐蝕作用이 일어나고, 이들 構造物의 腐蝕要因은 電氣傳導度, 鹽分濃度, pH, 溫度, 溶存酸素, 溶存이온, 汚染, 氣象, 結露, 附着生物 및 流速등에 依存하지만, 鹽因子를 용존하고 있는 電解質溶液에서 金屬構造物의 基本的인 腐蝕要因은 電池作用에 의해 腐蝕을 일으키게 되는 電氣化學的過程으로 評價되고 있다.^{1, 2, 3)}

이와 같이 海洋霧圍氣 및 反復的인 荷重周波數로 인한 腐蝕疲勞現象이 金屬構造物 部材의 損傷 및 破壞에 重要的인 因子가 되고 있다.^{4, 5, 6, 7)}

그리고 이들 各種 金屬構造物에 많이 사용되는 構造用鋼의 腐蝕疲勞舉動을 명확히 하는 것이 事故를 미연에 防止하는 측면에서 중요한 의미를 갖게 된다.⁸⁾

이러한 腐蝕疲勞에 대하여 1917年 Haigh에 의해 腐蝕霧圍氣中에서 反復荷重을 받음으로서 材料強度가 현저하게 低下하는 것이 알려졌으며^{9, 10, 11)}, 그以後 現在까지 鐵鋼材料를 중심으로 하여 腐蝕疲勞 龜裂成長舉動에 관한 多數의 研究가 行하여져 왔으나, 海洋環境中에서 SS41鋼의 腐蝕疲勞 龜裂成長舉動에 미치는 海洋環境因子의 影響에 대해서는 충분히 밝혀져 있지 않다.^{12, 13, 14)}

한편, 低炭素 構造用鋼인 SS41鋼은 鐵鋼材料中에서 가장 광범위하게 사용되고 있다. 이 鋼은 低炭素 含有量으로 우수한 接合성과 加工性 및 經濟性등으로 인하여 一般機械構造物, 船舶 및 海洋構造物 등에 그 活用度가 높다.^{15, 16)}

따라서 本 研究에서는 天然海水의 比抵抗을 變化시킨 腐蝕溶液中에서 SS41鋼의 平面굽힘 腐蝕疲勞 試驗을 行하여 平滑平板材의 腐蝕疲勞 龜裂成長舉動을 觀察, 調査하였다.

이 實驗의 結果로 부터 海洋環境中에서 比抵抗값의 變化에 따른 腐蝕疲勞에 의한 龜裂成長舉動을 空氣中의 疲勞에 의한 龜裂成長舉動과 比較하여 考察한 後 腐蝕感受成을 定量的으로 구하고, 腐蝕疲

勞 龜裂 成長舉動의 形狀變化에 미치는 腐蝕과 機械的인 影響因子를 究明함으로써 鹽因子가 존재하는 道路나 海洋霧圍氣中에서 사용되는 SS41鋼材의 腐蝕疲勞破壞에 대한 基礎設計資料로서 寄與하고자 한다.

2. 試驗片 및 實驗方法

2-1 試驗片

本 實驗에 사용된 試驗材料는 一般構造用 壓延鋼材(SS41)로 그 化學的 成分과 機械的 特性은 Table 1과 같다.

Table 1. Chemical compositions and mechanical properties of used material

Chemical composition (Wt. %)	C	Si	Mn	P	S
	0.115	0.29	0.59	0.015	0.011
Mechanical properties	Tensile strength (kgf/mm ²)		Yield strength (kgf/mm ²)	Elongation (%)	
	42.4		25.8	32	

이와같은 材料로 부터 切取하여 제작한 試驗片 및 노치(notch)의 形狀은 Fig. 1에 보인다. 이러한 시험편은 그 길이 방향이 壓延方向과 동일하도록 제작하였다.

그리고 試驗片 形狀의 노치 先端에 있어서 應力 擴大係數範圍 (stress intensity factor range) ΔK 값은 Kawahara등이 提示한 다음 式으로 計算하였다.¹⁷⁾

$$\Delta K = 1/2 \Delta \sigma \sqrt{\pi a} \dots \dots \dots (1)$$

여기서 $\Delta \sigma$: 굽힘 應力振幅(kgf/mm²)

a: 表面 龜裂 길이(mm)

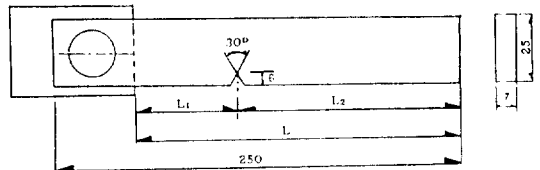


Fig. 1 Dimension of test specimen(mm)

疲勞試驗에서 굽힘應力(bending stress)은 다음과 같이 구하였다.

굽힘 變形量 $\delta = PL^3/3EI$ 에서
 荷重 $P = 3EI\delta/L^3$ 이므로
 굽힘 應力 $\sigma = M/Z = P(L - L_1)/Z$
 $= 3EI\delta(L - L_1)/ZL^3$
 $= 1.5E\delta t(L - L_1)/L^3 \dots\dots (2)$

여기서, E = 영 係數(kgf/mm²)
 I = 斷面 2차 모멘트(bt³/12)
 L = 試驗片 固定部에서 應力部까지의 距離(mm)
 L₁ = 시험편 고정부에서 노치까지의 距離(mm)
 t = 시험편 두께 (mm)
 Z = 斷面係數 (bt²/6)
 δ = 굽힘 變形量 (mm)
 b = 試驗片 幅 (mm)

한편 試驗片 表面은 사포 2000번까지 研磨한 後 아세톤으로 탈지하고, 試驗片 表面의 電氣化學的인 影響을 제거하기 위하여 노치 先端을 제한한 試驗片 全表面을 투명한 에폭시 樹脂로 被服 絶緣시켰다.

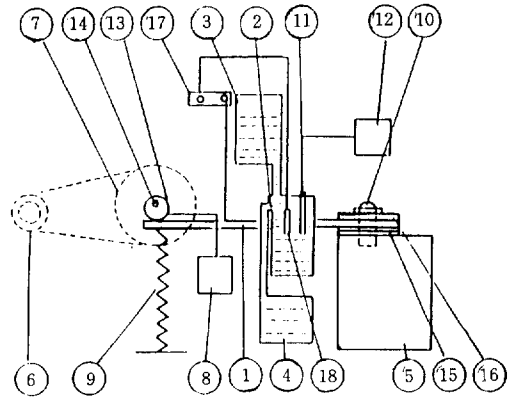
2-2 實驗裝置

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

Fig. 2의 腐蝕疲勞試驗機에 板狀 試驗片의 一端은 豎개로 덮어 볼트로 고정하고 自由端은 偏心輪의 回轉에 依하여 平面굽힘 反復應力을 받게 하였다.

平面굽힘 應力은 motor에 依해 구동되는 偏心輪에 依해 받으며, 應力反復 回數는 pully축에 연결되어 있는 counter meter로써 測定하였다. 그리고 Fig. 1과 Fig. 2에 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(L₁)를 變化시킴으로서 應力을 微細하게 調節할 수 있도록 하였으며, 이때 反復荷重의 速度는 모두 600rpm (f = 10Hz)로 維持하였다.

Fig. 3은 反復應力波形을 나타내 보인 것이고, 應力比 R=0으로 一定하게 維持하였다.



- | | |
|---------------------|-------------------------|
| 1. Specimen | 10. Adjusting nut |
| 2. Corrosion cell | 11. electrode |
| 3. Feed water tank | 12. Conductivity meter |
| 4. Drain water tank | 13. Eccentric cam |
| 5. Bed | 14. shaft |
| 6. Motor | 15. Liner |
| 7. Pulley | 16. Cover plate |
| 8. counter meter | 17. Potentiometer |
| 9. Spring | 18. Reference electrode |

Fig. 2 Schematic diagram of test apparatus

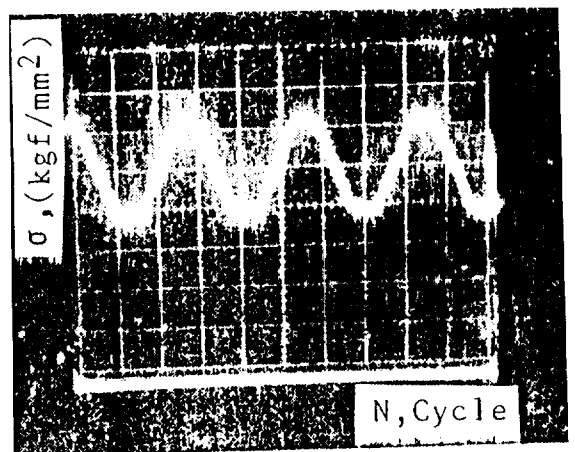


Fig. 3 Stress wave form(stress ratio, R=0)

2-3 實驗方法

腐蝕環境槽는 플라스틱으로 製作하였으며 腐蝕溶液으로는 天然海水에 蒸溜水를 소량씩 혼합하여 比抵抗 값 ρ 를 각각 25(天然海水), 200, 1000 및 5000 Ω cm 되게 固定시키고, 實驗中の 水溫은 室內溫度로 維持하였다. 이때 實驗中の 腐蝕溶液은 Cl 이온의 濃度 및 傳導度의 變化를 방지하기 위하여 시간당 4ℓ의 量으로 계속하여 순환시켰으며, 腐蝕生成物에 의한 電氣化學的인 影響을 除去하기 위하여 순환회로 配管에 絶緣性 필터를 사용하였다.

龜裂成長길이(crack growth length)는 初期應力擴大係數範圍 $\Delta K_i=34.7\text{kgf}\cdot\text{mm}^{-3/2}$ 으로 一定하게 反復荷重을 加한 後 20배의 移動式 顯微鏡으로 疲勞 및 腐蝕疲勞 龜裂初期段階($a_1=0.5\text{mm}$ 을 龜裂初期段階로 假定하고, 이하 龜裂初期段階라 함)로 부터 破斷까지 연속적으로 測定하였다.

3. 結果 및 考察

3-1 海洋環境의 比抵抗 값 變化에 따른 腐蝕感受性

Fig. 4는 空氣中과 比抵抗 값 ρ 를 25, 200, 1000 및 5000 Ω cm로 變化시킨 각각의 腐蝕環境條件中에서 初

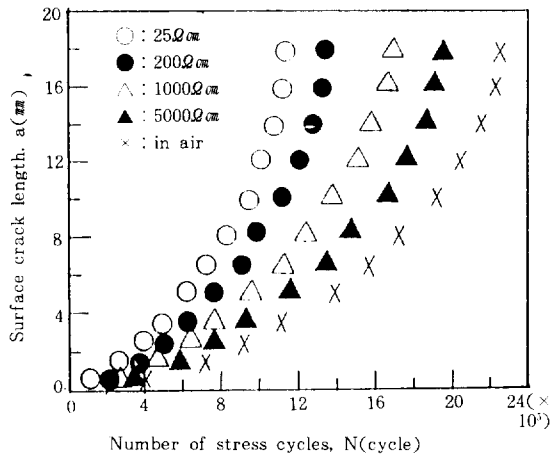


Fig. 4 Surface crack length vs number of stress cycles in air and various specific resistance

期應力擴大係數 값 $\Delta K_i=34.7\text{kgf}\cdot\text{mm}^{-3/2}$ 으로 일정하게 反復荷重을 加한 後, 空氣中과 腐蝕環境中인 比抵抗 값의 變化에 따른 表面龜裂成長길이 a에 대한 應力反復回數 N과의 關係를 나타낸 것이다.

이에 의하면 比抵抗 값 ρ 가 25 Ω cm인 天然海水中에서 腐蝕疲勞에 의한 表面龜裂 길이의 成長이 가장 빠르게 進展되고, 比抵抗 값 ρ 가 增加할수록 表面龜裂 길이의 成長이 遲延되는 舉動을 보이고 있으며, 空氣中에서 疲勞에 의한 表面龜裂 길이의 成長이 遲延되다가 應力反復回數가 증가할수록 表面龜裂 길이의 成長이 점차 빨라지는 樣相을 보이고 있으며, 이러한 樣相은 腐蝕溶液의 比抵抗 값 ρ 가 減少할수록 더 빨리 나타내고 있음을 알 수 있다.

Fig. 5는 初期應力 擴大係數 값 $\Delta K_i=34.7\text{kgf}\cdot\text{mm}^{-3/2}$ 으로 일정하게 反復荷重을 加했을 때의 疲勞 및 腐蝕疲勞에 의한 龜裂初期段階까지의 應力反復回數 N_i 와 疲勞 및 腐蝕疲勞壽命까지의 應力反復回

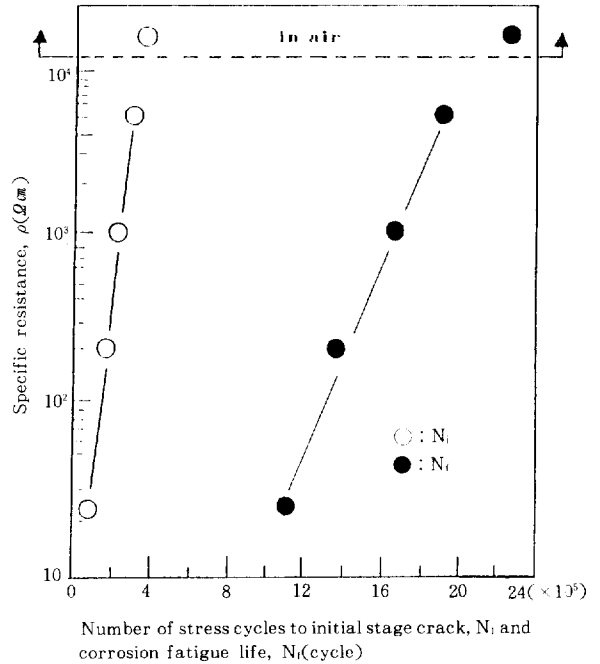


Fig. 5 Specific resistance vs Number of stress cycles to initial stage crack, N_i and corrosion fatigue life, N_f (cycle)

數 N_i 에 대한 空氣中과 腐蝕溶液의 比抵抗값 ρ 의 變化에 따른 關係를 나타낸 것이다.

이에 의하면 腐蝕疲勞龜裂初期段階까지의 應力反復回數 N_i 는 空氣중에서 보다 더 빨리 나타나며, 比抵抗값 ρ 가 增加됨에 따라서 N_i 와 N_f 는 遲延되는 樣相을 보이고, N_i 의 차는 比抵抗값 ρ 가 減少할수록 작아지는 傾向을 나타낸다.

Fig. 6은 이상과 같은 傾向을 좀더 定量的으로 檢討하기 위하여, 空氣中에서 疲勞龜裂初期段階와 疲勞壽命까지의 應力反復回數에 대한 여러가지 比抵抗값인 腐蝕溶液中에 있어서 腐蝕疲勞龜裂初期段階와 腐蝕疲勞壽命까지 應力反應回數의 比를 計算하여 比較함으로써, 腐蝕環境의 比抵抗값이 變化함에 따른 腐蝕感受性を 評價하여 보인 것이다.

이 結果에 의하면 龜裂初期段階와 腐蝕疲勞壽命까지의 腐蝕感受性は 약 1.17 - 2.20이며, 比抵抗값이 減少할수록 腐蝕感受性は 敏感해진다. 그리고 龜裂初期段階의 腐蝕感受성이 腐蝕疲勞壽命까지의 腐蝕感受性보다 比抵抗값이 減少할수록 더 敏感해지고 있다.

여기서 比抵抗값이 감소할수록 龜裂初期段階와 腐蝕疲勞壽命까지의 腐蝕感受성이 敏感해지는 樣

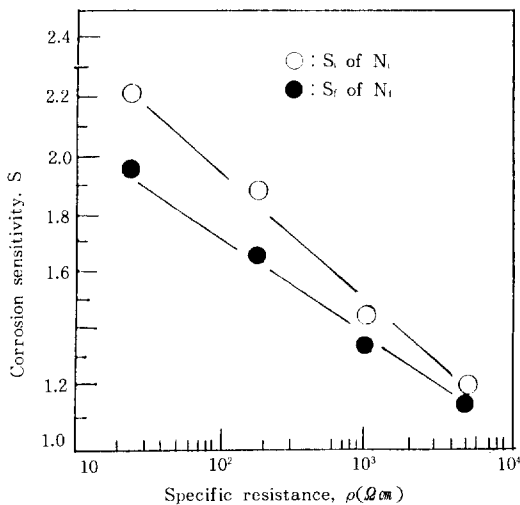


Fig. 6 Corrosion sensitivity to initial stage crack and corrosion fatigue life vs various specific resistance

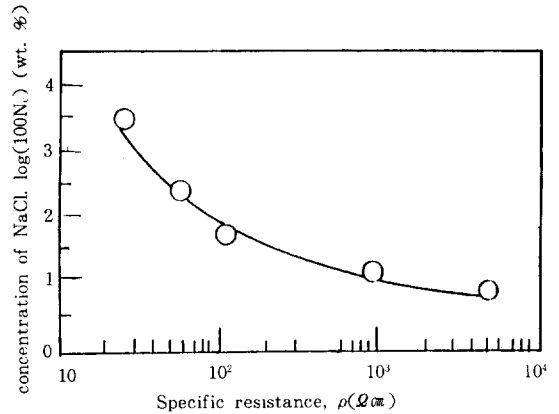


Fig. 7 Relation between concentration of NaCl and specific resistance

相을 具體적으로 考察하기 위하여 Fig. 7에 比抵抗값의 變化에 대한 鹽分의 濃度(NaCl, wt%)를 나타내었다.

이에 의하면 比抵抗값이 낮아질수록 鹽分의 濃度は 급격히 증가하고 있으므로 腐蝕溶液이 強電解質로 되어 電氣化學的인 影響을 많이 받기 때문에 腐蝕感受성이 敏感하게 되는 것으로 생각된다. 따라서 海鹽因자가 腐蝕疲勞龜裂 成長舉動에 미치는 影響이 크게 됨을 알 수 있다.

3-2 腐蝕疲勞에 의한 모서리 龜裂의 成長舉動

Photo.1은 初期應力擴大係數範圍값 $\Delta K_I = 34.7\text{kgf} \cdot \text{mm}^{-3/2}$ 으로 일정하게 反復荷重을 加했을 때, 腐蝕溶液中에서 表面龜裂成長舉動에 腐蝕의 影響이 가장 크게 미치는 比抵抗값 ρ 가 25 Ωcm (天然海水)와 表面龜裂成長舉動에 影響을 가장 적게 미치는 比抵抗값 ρ 가 5000 Ωcm 그리고 空氣中에서의 두께 t 7mm인 平滑平板材의 片側貫通 노치로부터 平面굽힘 反復荷重에 의해 龜裂이 成長된 疲勞龜裂과 腐蝕疲勞龜裂破壞까지의 破面의 비치마크를 나타낸 것이고, 여기서 비치마크는 人工적으로 插入한 것이니 腐蝕溶液中에서의 腐蝕疲勞破面은 腐蝕生成物에 의한 tranishing 때문에 觀察이 어려워 알코올로 세조하여 나타낸 것이다.

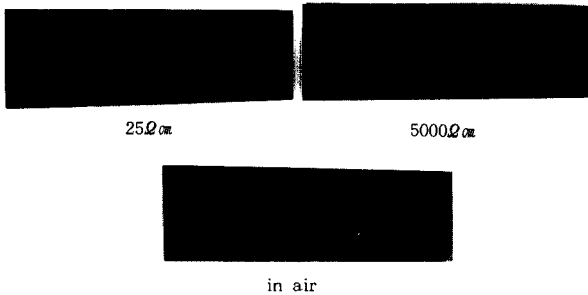


Photo. 1 Beach marks of fracture surface

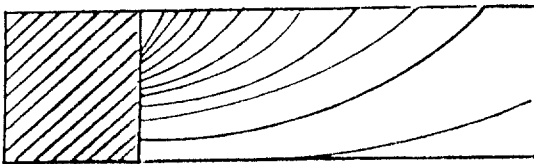


Fig. 8 Macrograph of beach marks of fracture surface

그리고 Fig. 8은 이들 비치마크의 巨視的 破壞 樣相을 보이고 있다.

Photo. 1과 Fig. 8에 의하면 鋼板材의 平面굽힘 反復荷重에 의한 疲勞 및 腐蝕疲勞에 의한 龜裂成 長舉動은 片側貫通노치로 부터 龜裂이 成長된 四分 橢圓形의 모서리 龜裂進展特性을 나타내고 있음을 알 수 있다. 그리고 모서리 龜裂初期段階에는 板材의 表面에 나타난 비치마크 간격의 크기는 두께방 향에 나타난 비치마크 간격에 비해 더 작게 成長되 지만, 龜裂이 점차 成長함에 따라 表面에 나타난 비 치마크 간격의 크기가 龜裂깊이에 나타난 비치마크 간격의 크기에 비해 현저하게 커지고 있음을 나타 내고 있으며, 이는 각각의 環境條件에 따라 表面龜 裂길이와 龜裂깊이의 成長舉動이 각각 다르게 나타 고 있음을 알 수 있다.

Fig. 9는 表面龜裂길이와 龜裂깊이의 成長舉動에 미치는 腐蝕舉動의 影響을 具體的으로 高찰하기 위 해 空氣中과 腐蝕溶液中의 比抵抗값 ρ 를 25 및 5000 Ωcm 일때의 應力反復回數 N에 대하여 表面龜裂길이 a와 龜裂깊이 b의 成長舉動을 나타낸 것이다.

이에 의하면 比抵抗값이 $\rho=25\Omega\text{cm}$ 인 天然海水中

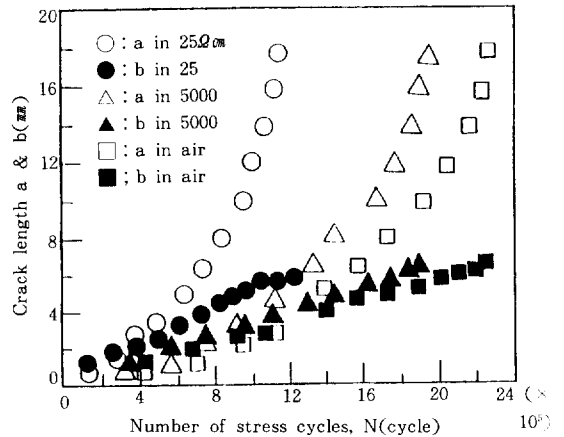


Fig. 9 Surface crack length and crack depth vs number of stress cycles in air and various specific resistance

에서의 表面龜裂길이와 龜裂깊이의 成長이 가장 빠 르고, 空氣中과 腐蝕環境中에 있어서 龜裂初期에는 表面龜裂길이에 비해 龜裂깊이가 빨리 成長되나, 龜裂이 成長됨에 따라 龜裂깊이에 비해 表面龜裂길 이가 더욱 빨리 進展된다.

여기서 龜裂發生初期에 두께 方向의 龜裂깊이가 表面龜裂길이에 비해 더 빨리 成長하는 이유는 疲勞荷重이 附加되어질 때 平面굽힘 應力이 主로 作用하지만 微小하나마 두께 方向의 貫通노치先端에 剪斷應力이 作用하기 때문인 것으로 思料된다.¹⁵⁾

그리고 龜裂깊이의 成長보다 表面龜裂길이의 成 長이 더 빨라지는 樣相을 각각의 環境條件에 따라 考察하면, 表面龜裂길이를 基準으로 했을 때 比抵 抗 값 $\rho=25\Omega\text{cm}$ 인 天然海水中에서 약 2mm로 가장 빨라 나타나지만 空氣中에서 약 4mm로 가장 늦게 나타남으로서 表面龜裂길이와 龜裂깊이의 成長에 미치는 腐蝕의 影響이 큰 것을 알 수 있다.

이와 같이 腐蝕溶液中에서 表面龜裂길이와 龜裂 깊이의 成長이 같아지는 應力反復回數가 空氣中에 서 보다 더 빨리 나타나는 理由는 腐蝕溶液中에서 의 表面龜裂先端은 最大 平面굽힘 應力이 부가될 때에는 引張應力에 의한 應力腐蝕과 같이 陽極活性 化 腐蝕作用에 의해 表面龜裂成長이 空氣中보다 더

속 빨라지나, 두께 t방향으로는 龜裂깊이의 先端에 腐蝕生成物이 부착함으로써 陽極活性化 腐蝕이 抑制되기 때문에 表面龜裂깊이에 대한 龜裂깊이의 成長이 遲延되는 것으로 생각된다.⁹⁾

3-3 모서리 龜裂 進展速度特性

疲勞 및 腐蝕疲勞 龜裂成長에 따른 龜裂進展速度를 구하기 위하여 Fig. 9의 a N曲線과 b N曲線에서 각점의 기울기로 부터 表面龜裂進展速度 da/dN 와 龜裂깊이 進展速度 db/dN 을 구하였다.

여기서 疲勞 및 腐蝕疲勞 龜裂進展速度는 單位 應力反復回數에 대하여 成長한 龜裂깊이의 증분량을 나타내며, 이를 計算하기 위해서는 ASTM에서 제시한 Point-to-point technique을 이용하였다.²⁰⁾

Fig. 10은 腐蝕環境의 比抵抗값이 25 및 5000 Ω cm인 溶液中과 空氣中에서 疲勞 및 腐蝕疲勞에 의한 表面龜裂速度 da/dN 와 表面龜裂길이 a의 關係를

정리하여 보인 것이다.

이 結果에 의하면 比抵抗값이 25 Ω cm인 天然海水中에서 表面龜裂進展速度가 空氣中에서 보다 더 빠르며, 이러한 樣相은 表面龜裂 初期에 더 敏感하게 나타나고, 表面龜裂이 成長하여 破壞위치에서 表面龜裂進展速度는 급격히 빨라지면서 腐蝕環境에 따른 차이는 작게 나타나고 있다.

Fig. 11은 腐蝕環境의 比抵抗값이 25 및 5000 Ω cm인 溶液中과 空氣中에서 疲勞 및 腐蝕疲勞에 의한 龜裂깊이 進展速度 db/dN 와 龜裂깊이 b의 關係를 정리하여 나타낸 것이다.

이에 의하면 比抵抗값이 25 Ω cm인 天然海水中에서 龜裂깊이 進展速度 db/dN 가 空氣中에서 보다 더 빠르고, 龜裂깊이 進展速度는 龜裂깊이가 成長됨에 따라 遲延되고 있으며 이러한 樣相은 空氣中에서 보다 天然海水(25 Ω cm) 中에서 더욱 敏感하게 나타나고 있다.

Fig. 10과 Fig. 11에서 表面龜裂進展速度和 龜裂깊이 進展速度를 比較하면 龜裂이 成長함에 따라 表面龜裂進展速度는 급격히 빨라지나 龜裂깊이 進展速度는 오히려 遲延되고 있는 傾向을 구체적으로

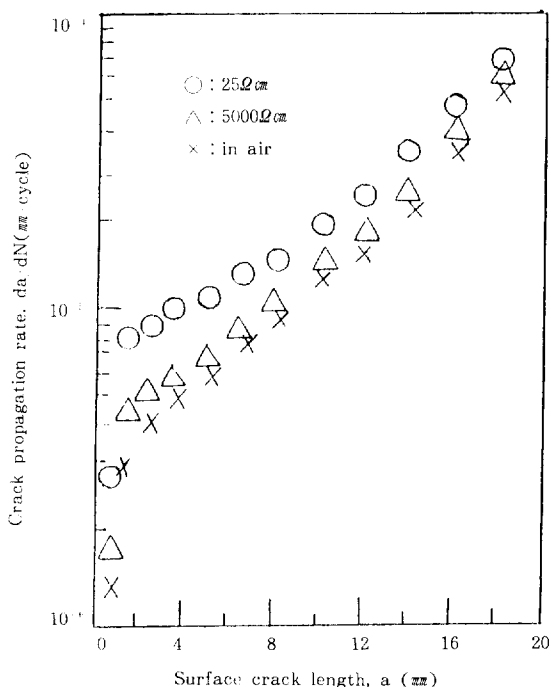


Fig. 10 Corrosion fatigue crack propagation rate vs surface crack length in air and various specific resistance

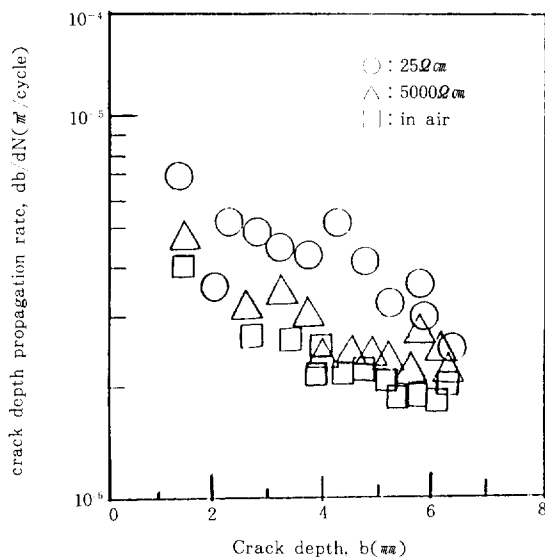


Fig. 11 Crack depth propagation rate vs crack depth in air and various specific resistance

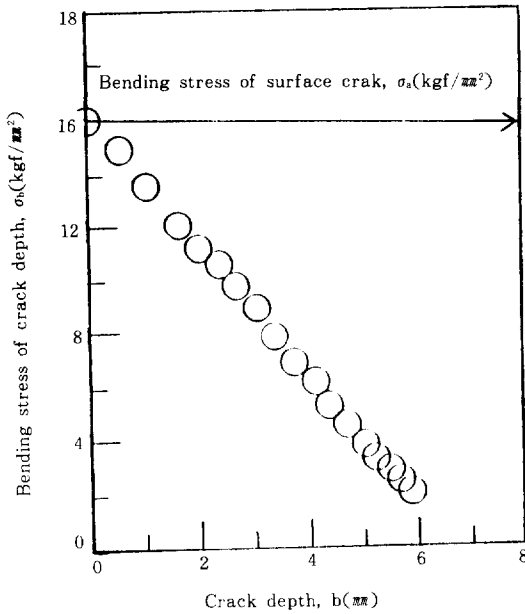


Fig. 12 Influence of crack growth on the bending stress of crack depth and surface crack

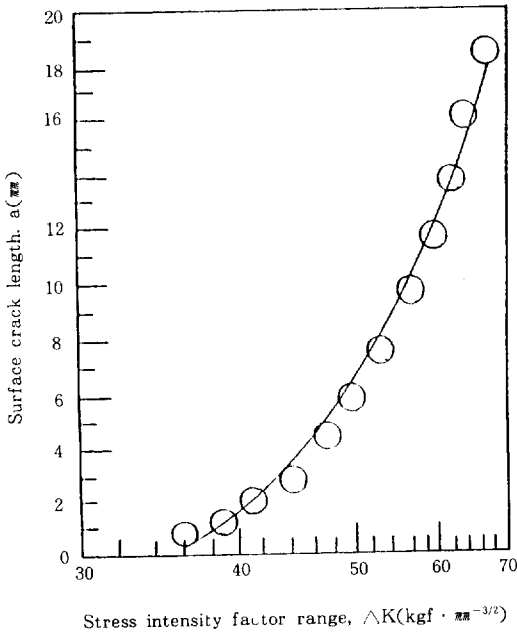


Fig. 13 Influence of surface crack growth on the stress intensity factor range, ΔK (kgf · mm^{-3/2})

고찰하기 위해, Fig. 12는 表面龜裂깊이의 先端에 作用하는 平面굽힘 應力과 두께 t 方向의 龜裂깊이의 先端에 作用하는 平面굽힘 應력을 식(2)에 의해 각각 나타낸 것이고, Fig. 13은 本 試驗片의 片側 貫通노치로 부터 表面龜裂깊이 a가 進展함에 따른 應力擴大係數範圍 ΔK 값을 식(1)에 의해 나타내 보인 것이다.

Fig. 12에 의하면 龜裂이 發生하기 前, 初期에는 表面龜裂成長 方向이나 두께 方向에 作用하는 最大 平面굽힘 應力の 크기는 같다. 그러나 모서리 龜裂이 成長함에 따라서 表面龜裂 先端에 作用하는 最大 平面굽힘 應力振幅의 크기는 항상 일정하게 作用하여 表面龜裂이 成長됨에 따라 Fig. 13에서 보인 바와 같이 應力擴大係數範圍 ΔK 값이 점차 커짐에 의해 表面龜裂成長 速度는 급격히 빨라지고, 특히 腐蝕雰圍氣中에서는 Fig. 9에서 考察된 바와 같이 表面龜裂先端的 陽極活性化 腐蝕과 機械的 影響因子的 中疊效果에 의해 表面龜裂成長速度는 空氣中에서 보다 더 빨라지고 있다.

또한 두께방향으로 成長되는 龜裂깊이는 龜裂깊이가 進展됨에 따라 두께 t가 작아짐으로서 Fig. 11에서와 같이 平面굽힘 應力振幅의 크기는 점차 작아지기 때문에 龜裂깊이 進展速度는 遲延되는 傾向을 나타내고, 특히 이러한 傾向이 空氣中에서 보다 天然海水中에서 더욱 敏感하게 나타나는 것은 龜裂깊이의 先端은 初期에 腐蝕의 影響을 많이 받으나 龜裂깊이가 成長됨에 따라서 Fig. 9에서 考察한 바와 같이 腐蝕生成物이 龜裂깊이의 先端에 부착함으로써 陽極活性化 腐蝕의 抑制와 機械的 應力이 점차 작아짐으로서 龜裂깊이 進展速度가 급격히 遲延되는 것으로 생각된다.

4. 結 論

平面굽힘 腐蝕疲勞試驗機를 사용하여 海洋環境因子中의 比抵抗값이 變化함에 따른 SS41鋼材의 腐蝕疲勞龜裂學動에 미치는 影響을 研究한 結果 다음과 같은 結論을 얻었다.

1. 海洋環境中에서 龜裂初期段階와 腐蝕疲勞壽命까지의 腐蝕感受性은 약 1.17-2.20이며, 比抵抗값이 減少할수록 腐蝕疲勞壽命까지의 腐蝕感受性보다 龜裂初期段階의 腐蝕感受性이 더 敏感해진다.
2. 모서리 龜裂初期段階에는 龜裂깊이가 表面龜裂깊이 보다 빨리 成長되고, 龜裂이 成長됨에 따라 龜裂깊이에 비해 表面龜裂깊이가 더 빨리 進展된다.
3. 天然海水中에서 일정한 龜裂 깊이에 대한 表面龜裂깊이의 成長은 空氣中에서 보다 더 빨라진다.
4. 모서리 龜裂의 進展速度特性은 龜裂이 成長함에 따라서 表面龜裂進展速度(da/dN)는 빨라지나 龜裂깊이 進展速度(db/dN)는 遲延되는 傾向이다.
7. T. Howard Rogers : Marine Corrosion, Great Britain, p4-10(1968)
8. H. C. rhee, Melvin F Kanninen : Fracture mechanics in offshore industry, p23-35(1988)
9. 木鳥茂 : 防蝕工學, 日間工業新聞社, 東京, p186-187(1980)
10. 遠藤吉郎, 駒井謙治郎 : 金屬材料의 強度と破壞, 丸善, p465-467(1971)
11. 日本金屬學會 : 金屬材料의 強度と破壞, 東京, 丸善, p465)467(1971)
12. H. C. Rhee and M M salama : ASME Book, p23-105(1988)
13. John J. Burke and Volker Welss : Plenum Press, p41-79(1983)
14. Z. a. foroulies : The metallurgical society of AIME. p521-639(1983)
15. 吳世旭 : 東亞大學校 附設 海洋資源研究所 研究報告社, Vol. 1, N. 1, p49-58(1988)

參 考 文 獻

1. 榮幸雄 : 金屬材料, 10. 9, pp13(1970)
2. American Society for Metals : Metals Handbook, Vol. 8, Mechanical Testing, p403(1985)
3. 腐蝕防蝕協會 : 金屬防蝕技術便覽, 機電研究社, p169-186(1984)
4. Jaske. C.E., d. Broek. J. E. stater, and W.E. Anderson : ASTM STP 642 p.19(1978)
5. 鈴木揚之助 : 防蝕技術, 32. 6, p318-323(1983)
6. 益本功, 赤石徹 : 日本溶接學會誌, 44, 3, p60-65(1975)
16. 鋼材俱樂部 : 強製魚確用粗材標準仕様, p14-27(1986)
17. 川原正言, 栗原正好 : 日本造船學會 論文集, 137, p297-306(1975)
18. 한문식, 김상철 : 대한용접학회지, Vol. 6, No. 6, p43-55(1988)
19. 駒井謙治郎 : 日本溶接學會誌, Vol. 52, No.3, p23-32(1983)
20. ASTM E647-83 : p754-755(1983)