

鋼板の孔食進展予測

トヨーカネツ株式会社 正会員 ○福岡弘次

高知工科大学 フェロー 藤澤 伸光

1.はじめに

現在、既設の橋梁の維持管理が大きな問題となってきた。鋼橋では防食のために再塗装などが必要であるが、現状では財政悪化による予算不足で十分なメンテナンスが行われていない橋梁が多く存在する。このような橋梁の安全性確保のためには、腐食構造物の残存耐荷力の推定とともに、腐食の進展予測法の確立が必要である。

腐食鋼板の降伏や強度は、板厚変動係数とある程度の相関がある³⁾。したがって、適切にメンテナンスできない鋼橋の将来の耐力を推定するためのひとつの方法として、板厚変動係数を予測することが考えられる。1つの孔食が時間とともにどのように進展するかが予測できれば、シミュレーションなどによって、板厚変動係数を予測することも可能であろう。本研究では、1つの孔食の進展予測式の開発を目的とする。

2.塩水噴霧試験の孔食データ

孔食の基本形状を定めるためのデータとして、2006年に報告した塩水噴霧試験のデータを用いた¹⁾。本試験は、塗装した鋼板の塗膜を部分的に剥がして JIS の標準塩水噴霧試験を行い、塗膜欠陥からの孔食の進展を調べたものである。図-1、2に腐食した試験片の例を示す。

試験期間3,6,9ヶ月の試験体の欠陥からの孔食がどのように深さ方向、幅方向へ進展していったのかを調べるため、欠陥が中心に来ようデータを整理し、錆深さの平均値を求めた(図-3)。結果を図-4に示す。図から明らかなように、欠陥からの孔食は時間とともに進展している。しかし、欠陥のない部分で目視ではほとんど錆が進行していない所でも、平均化したデータでは錆深さが0mmとなっていない。1つの孔食の比較的短時間における進展パターンとしては、逆釣鐘形で欠陥からの距離とともに錆深さが0に漸近するような形が期待されるが、図-4のデータは期待した形とはかなり異なる。

3.暴露試験

塩水噴霧試験は促進腐食試験であるので、実構造物の置かれている環境では腐食の進展度を割り引く必要がある。どの程度低減すればよいかを調べるため、暴露試験を行なった。暴露試験体の材料はSS400、厚さは6mm、大きさは50mm×100mmである。試験体をブラスト処理し、市販のペンキで塗装した後、線状に塗膜を剥がして塗膜欠陥を設けた。欠陥幅は約1.5mm、15mmピッチで5本の欠陥とした。屋外の暴露試験では環境条件を細かく12パターンに設定した。又、室内で試験体を水に浸し、週一回水を換える試験も行なった。試験が9ヶ月と短期間であったため、ほとんどの試験体では孔食が発生しなかったが、屋外の最も厳しい条件と室内浸水試験では各々錆深さが0.00808mm、0.02456mmというデータが得られた。

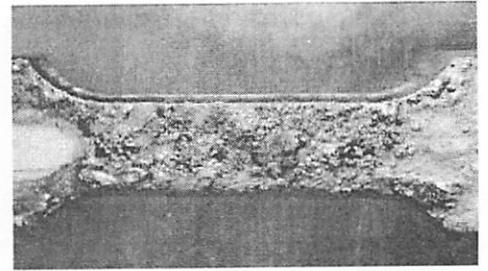


図-1 試験片①(9ヵ月後)

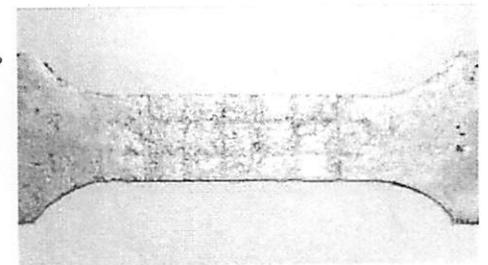


図-2 試験片①の錆び取り後

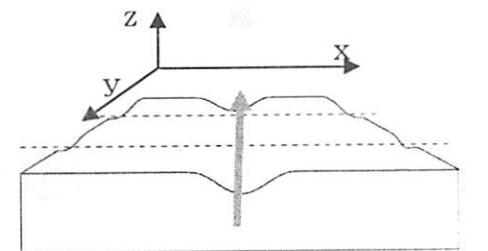
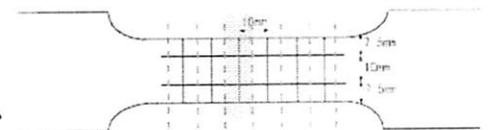


図-3 データ抽出方法

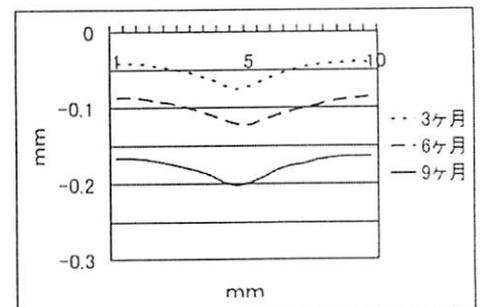


図-4 腐食平均ライン

4.孔食進展モデル

塩水噴霧試験から得られた錆深さの平均値では、錆がほとんど進行していない所でも錆深さが0となっていない。その理由を明らかにするために、錆深さの頻度分布を調べた。その結果、欠陥の影響がないと思われる所では深さ0の頻度が高いものの、欠陥と無関係な腐食も発生しているため、平均値が0となっていないことが分かった。したがって、研究当初に想定した通り、孔食進展モデルは欠陥から離れるにしたがって0に漸近するような関数とするのが適当と言える。一方、欠陥の近くでは、ある程度の深さの頻度が高く、錆深さは最頻値の周りに分布していることがわかった。このような分布を示す場所での錆深さは、欠陥から進展した孔食を意味していると考えてよいであろう。そこで、欠陥中心から約1mmほど離れた点を選び、最も頻度の高い深さをその点の代表錆深さとした。この点と、欠陥中心の錆深さの2点を用いて、孔食形状を表す関数を定めることとした。欠陥から離れるに従って0に漸近し、かつ2個のパラメータを持つ関数として、ここでは次式を用いることとする。

$$ae^{-\frac{|x|}{\beta}} \quad \alpha : \text{最大深さ} \quad \beta : \text{代表幅}, x : \text{孔食中心からの距離}$$

上式で表した3,6,9ヶ月の塩水噴霧試験結果に対する孔食形状を図-5に示す。

α 、 β は時間の関数であるが、試験期間が短期間であったため、試験データだけから長期にわたる関数形を定めるのは無理がある。そこで、既往の研究²⁾も参考にして深さ方向の進展を $\alpha = n \times t^{0.7}$ で、幅方向の進展を $\beta = m \times t^{0.6}$ で予測することとした。実測値と予測式を図-5、6に示す。文献²⁾は長期暴露試験から鋼材の減量予測を提案しているものであるが、図から分かるように、ほぼ同様な形で α 、 β の変化をも比較的良好に表現できるようである。なお、 n, m は腐食環境から決まる定数、 t は時間で単位は月である。

塩水噴霧試験体と暴露試験を比較し、実環境推定係数(促進倍率の逆数)を計算した。屋外暴露試験は0.128倍、水中試験では0.042倍となった。これらの値を用いて、30年後の孔食深さを予測したところ、塩水噴霧試験では約2.463mm、実環境に近い屋外暴露試験では約0.105mm、水中試験では0.31mmという値が得られた(図-8)。この予測値の精度の検証は今後の課題である。

参考文献

- 1) 谷口津美、藤澤伸光、小松令奈、上网麻佑子：人工的に孔食を発生させた鋼板の引張強度、土木学会四国支部第12回技術研究発表会、2006年5月
- 2) 伊藤義人、岩田厚司、貝沼重信：鋼材の腐食耐久性評価のための環境促進実験とその促進倍率に関する基礎研究、構造工学論文集 Vol.48A, pp.1021-1029, 2002-3.
- 3) 村中昭典、皆田理、藤井堅：腐食鋼板の表面性状と残存耐荷力、構造工学論文集 Vol.44A, pp.1063-1071, 1998-3.

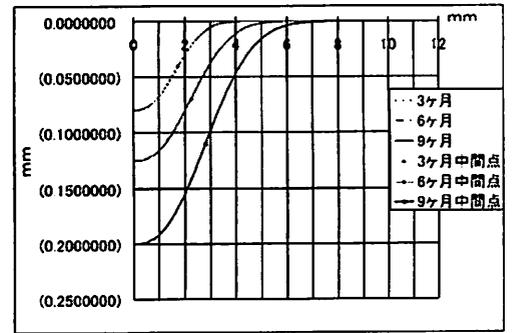


図-5 孔食進展モデル

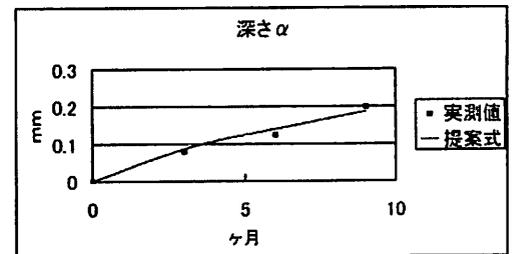


図-6 深さ方向の進展

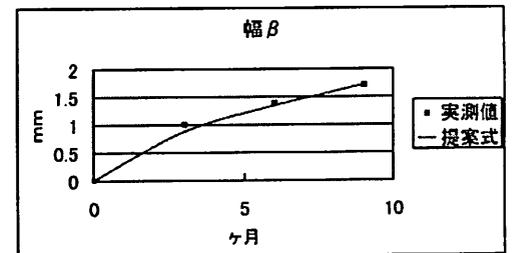


図-7 幅方向の進展

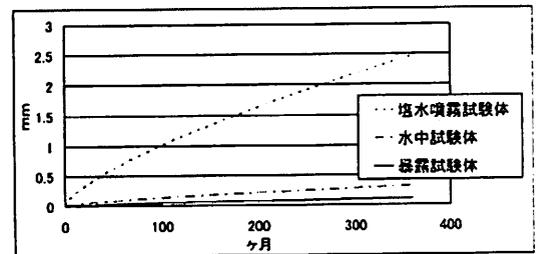


図-8 孔食深さ予測