

実計測法を考慮した鋼構造物の残存強度評価に関する一考察

広島大学大学院 学生会員 ○時乗 良彦 広島大学大学院 正会員 藤井 堅
(株)長大 正会員 近藤 恒樹 広島大学大学院 学生会員 橋本 和朗

1. 背景と目的

既設構造物の合理的維持管理システムの構築には、腐食による残存強度評価と腐食進展に伴う耐力の低下予測を行うことが要求される。本研究では、現場で得ることのできる数点のデータから実際の腐食表面に近い腐食表面が作成できるか、現場で得られる数点の計測結果を用いて腐食鋼管の強度評価ができるか、を検討する。

2. 腐食表面作成モデル概要

使用する腐食表面形状作成モデルの式を以下に示す。

$$V_i = Ft^m \cdot e^{-\beta d_i/t} \quad (1)$$

式(1)は当研究室で開発された経時変化モデルを改良したものである。Fig.1 にモデルのイメージ図を示す。このモデルは腐食を発生させる因子(アタック因子)が鋼表面に落下して穴が空き、その穴が時間経過とともに縦横方向に広がっていくモデルを表している。 V_i はアタック因子1つによって格子点*i*に生成される腐食深、 F はアタック因子が鋼表面に空ける穴の深さ、 β は距離減衰係数、 d_i はアタック因子の落下点と格子点*i*との距離、 t はアタック因子が落下してから経過時間、 m は縦方向係数である。 m を変化させることにより縦方向の広がりを変化させることができる。

このモデルを使用するためには、 F 、 β 、 m と、アタック因子が1年間に降る量 n の4つのパラメータが必要となる。本研究では $m=1.0$ とし、時間経過とともに定量的に腐食深が増加するモデルで検討を行った。また、 F 、 n 、 β は平均腐食深と標準偏差から簡易的に予測できることがわかった。

3. 現場での計測を考慮した平均腐食深と標準偏差

現場で採取できる限られたデータから正確な平均腐食深と標準偏差を予測することは難しいが、平均腐食深の許容誤差範囲を決定すれば、許容誤差範囲内の平均腐食深を得るために必要な測定点数を与えることができる。したがって、許容誤差範囲を決定して経時変化モデルを用いて腐食表面を再現する。Fig.2 に許容誤

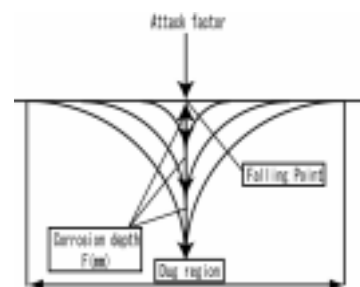


Fig.1 経時変化モデル

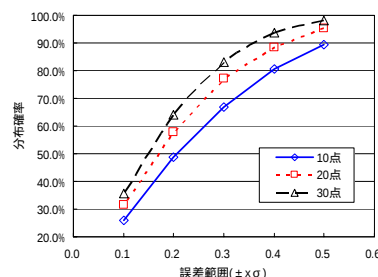


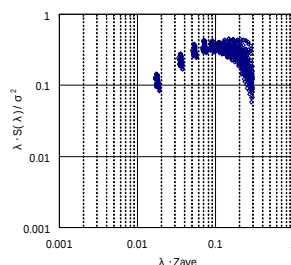
Fig.2 許容誤差と分布確率



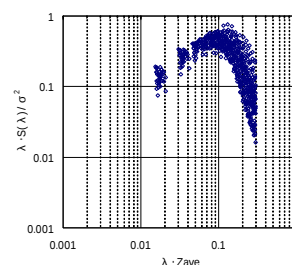
a-1) 実測腐食深

a-2) 20点の計測

a) 腐食深等高線

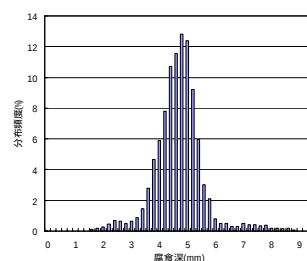


b-1) 実測腐食表面

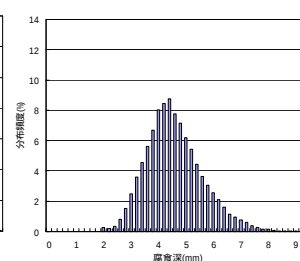


b-2) 20点の計測

b) パワースペクトル密度



c-1) 実測腐食表面



c-2) 20点の計測

c) 腐食深ヒストグラム

Fig.3 腐食表面の比較

キーワード 腐食, 維持管理, 強度評価, 経時変化モデル

連絡先 〒739-0041 広島県東広島市鏡山 1-4-1 Phone&Fax.0824-24-7791

差範囲と、許容誤差範囲内の平均腐食深を得る確率を測定点数を変化させて調べた結果を示す。図から、 $\pm 0.3\sigma$ の誤差範囲であれば20点の板厚計測を行えば概ね確かな値を得ることができるといえる。この導出には誤差範囲を $\pm 0.3\sigma$ とし、細かく表面計測されたデータ(約3万点)から20点のデータをランダムに抜き出して、それを現場での計測とみなしている。

4.現場での計測を考慮した腐食表面の再現

実測腐食表面と20点のデータを用いて作成した腐食表面の比較をFig.3に示す。a)は各腐食表面の腐食深等高線、b)は各腐食表面のパワースペクトル密度、c)は各腐食表面のヒストグラムを示す。Fig.3b), c)に示すように、腐食表面の波形特性であるパワースペクトル密度と、最も分布の多い腐食深が実測腐食表面と近くなっており、20点の計測から実際の腐食表面と近い腐食表面が粗々作成できているといえる。

5.現場での計測を考慮した円形鋼管の圧縮強度

数点の計測データを用いて腐食鋼管の強度評価が行えるか検討した。検討方法は、細かく計測された腐食鋼管の板厚データ(約150万点)から数点を抜き出し代表板厚を決定し、決定した代表板厚を用いて解析する。検討の結果、20点のデータを用いて解析する場合、腐食が軽微な場合は、[全面の平均板厚]を、腐食が激しい場合、[特に腐食の激しい部分の平均板厚 - $0.8\sigma_{20}$]を代表板厚として解析を行えば実験と近い圧縮強度が得られることがわかった。

Table1に20点の計測による代表板厚と解析結果を示す。代表板厚の取り方により圧縮強度が異なることがわかる。Fig.4に腐食の激しい場合の解析後の変形図の比較を示すが、実験結果と類似した変形が得られていることがわかる。Fig.5に応力 - 変位曲線を示す。どちらの解析結果でも、実験結果に近い最高荷重となっていることがわかる。

平均腐食深と同様に、許容誤差範囲と許容誤差範囲内に代表板厚が収まる確率を調べたところ、 $\pm 0.3\sigma$ の範囲の値を得たい場合は20点の計測を行えば概ね確かな値を得られることがわかった。 $\pm 0.3\sigma$ の誤差であれば、腐食の軽微な場合、腐食の激しい場合、ともに、一応の強度解析ができるといえる。

Table1 代表板厚と解析結果

< 腐食の激しい場合 >

代表板厚種類	既往の研究の値		計測位置1		計測位置2		計測位置3	
	実験値 (kN)	解析値 (kN)	代表板厚 (mm)	解析値 (kN)	代表板厚 (mm)	解析値 (kN)	代表板厚 (mm)	解析値 (kN)
平均板厚	868	1493	5.90	2803	6.02	2865	4.34	2039
最小板厚			3.44	1420	3.00	1215	0.47	70
平均 - 0.8σ							2.64	1072

< 腐食の軽微な場合 >

代表板厚種類	既往の研究の値		計測位置1		計測位置2		計測位置3	
	実験値 (kN)	解析値 (kN)	代表板厚 (mm)	解析値 (kN)	代表板厚 (mm)	解析値 (kN)	代表板厚 (mm)	解析値 (kN)
平均板厚	3680	3551	7.34	3541	7.31	3530	7.37	3547
最小板厚			5.74	2721	5.63	2675	6.17	2936
平均 - 0.8σ							6.88	3304

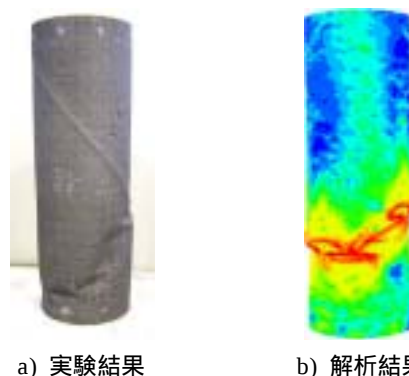


Fig.4 実験 - 解析変形結果(腐食の激しい場合)

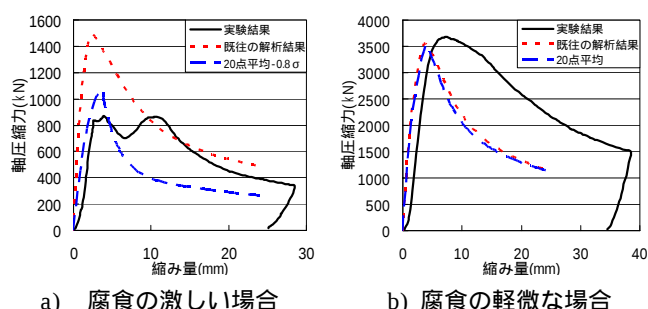


Fig.5 荷重 - 変位曲線

6.結論

20点あるいはそれ以上の計測データを用いて、粗々ではあるが腐食表面を作成することができること、腐食した鋼管では[特に腐食の激しい部分の平均板厚 - $0.8\sigma_{20}$]を代表板厚に用いて解析をすると、一応の強度評価ができることを示した。

謝辞

本研究を進めるにあたり、(社)日本鉄鋼連盟から資料の提供、研究助成を賜りました。ここに記して謝意を表します。

参考文献

- 1) 藤井ら：鋼表面の腐食進展に基づく鋼板圧縮強度低下の経時予測 土木学会構造工学論文集, Vol.52A pp.689-700, 2006.