

空間的自己相関モデルによる腐食面生成に関するパラメータの実験的検討

山口大学工学部 学生会員 ○近藤 孝樹

愛媛大学大学院理工学研究科 正会員 海田 辰将

高知工業高等専門学校 正会員 勇 秀憲

愛媛大学工学部 非会員 射手七都姫

1. はじめに

近年、腐食した鋼部材や構造物の保有強度評価に関する研究が精力的に行われているが、腐食部材の入手や腐食部の詳細な板厚測定に多大な時間と労力を要するため、腐食表面形状作成モデルが多く提案されている。そして数値的に作り出された擬似腐食表面形状を適用した解析モデルによる強度解析が実施されている。その中で、空間的自己相関モデル¹⁾は、深さ方向のみならず面的な腐食の広がりも考慮できる腐食表面形状作成モデルとして提案されている。ここで、実際の腐食表面は時間とともにその凹凸状況も変化するであろうから、できるだけ忠実に再現するためには、空間的自己相関モデルに使用する腐食の広がりや程度を支配するパラメータは一定の値ではなく、各腐食段階における最適値を用いる必要があろう。

そこで本研究では、空間的自己相関モデルにおけるポアソン乱数の平均値 m および距離減衰係数 β に着目して腐食表面形状を作成し、SS鋼材の腐食促進試験を行った結果との比較から、腐食進展とともに変化すると考えられるこれらのパラメータ m 、 β の経時的な推定方法について検討する。

2. 空間的自己相関モデルによる腐食表面形状の作成

空間的自己相関モデルによる腐食表面形状は、まず鋼表面を任意の間隔（本研究では5mm間隔）の格子に区切り、その各格子点にポアソン乱数として発生させた腐食深（独立腐食深）を与え、その後、空間的自己相関の影響を考慮することで作成できる。ここで、独立腐食深となるポアソン乱数を発生させるときに重要となるのが、その平均値 m である。 m の値を大きくすれば作成される腐食表面の平均腐食深が大きくなり、また腐食深のばらつき（標準偏差）も大きくなる。したがって、 m は腐食進展の程度を直接左右するパラメータである。

また、空間的自己相関は鋼板上の格子点どうしの距離に応じて腐食深を重ね合わせる形で腐食の広がりを考慮するので、格子点どうしの距離が大きくなれば空間的自己相関の影響は減衰していく。この距離に応じた減衰を左右するパラメータが β であり、作成される腐食表面形状における腐食の面的な広がりの程度に影響を与える。図-1に、実際の腐食鋼板と空間的自己相関モデルによって再現した腐食表面の腐食深等高線図を示す。両者の比較から、空間的自己相関モデルは、凹凸の広がり具合や腐食深の範囲、凹凸の大きさなど、実測結果を良好に表現していることが分かる。

3. SS鋼材の腐食促進試験および板厚測定

本腐食促進試験は、複合劣化試験機塩水噴霧試験槽を用いて実施した。試験はJIS Z2371（中性塩水噴霧試験）に従い、塩水噴霧(35℃)・乾燥(50℃)・放置(50℃)の各2時間ずつを1サイクルとした連続運転により、槽内に設置した鋼板を腐食させた(写真-1)。本試験で使用した塩水の塩分濃度は5%、塩水のスプレー圧は100kPaに設定した。また、供試体鋼板は200mm×300mmの大きさのSS400鋼板で、表面に黒皮を残したものと除去したものを各2枚ずつ用意した。そして、11サイクル(66時間)ごとに鋼板の板厚を、超音波厚さ計を用いて5mmピッチで測定した。なお、供試体は腐食表面の凹凸を板厚から求めるため、鋼板片面に防錆処理を施し、片面腐食となるよう工夫した。

4. 空間的自己相関モデルでの腐食表面形状再現による最適パラメータの定量的評価

腐食促進試験から得た供試体の各サイクルにおける腐食表面形状を空間的自己相関モデルによって再現した結果を、

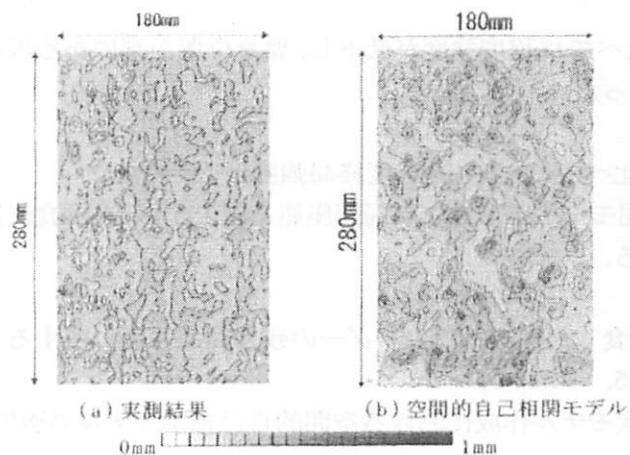


図-1 腐食深等高線図の比較

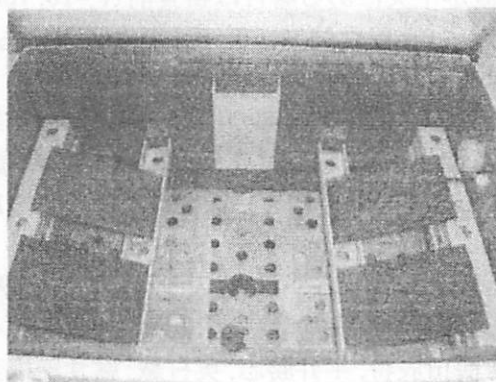


写真-1 腐食促進試験の状況

表-1 空間的自己相関モデルによる腐食表面形状の作成結果一覧

	m	β	$X=-\text{Log}10m$	空間的自己相関モデル(sac)		実測		誤差		経過年数(年) (海岸状況)
				平均腐食深(mm)	標準偏差(mm)	平均腐食深(mm)	標準偏差(mm)	平均腐食深(mm)	標準偏差(mm)	
11サイクル	①	3E-12	0.300	11.52	0.30	0.060	0.30	0.059	0.00	14.8
	②	3E-12	0.290	11.52	0.30	0.062	0.30	0.040	0.01	14.8
	③	3E-12	0.330	11.52	0.24	0.059	0.23	0.045	0.01	12.0
	④	8E-12	0.315	11.10	0.26	0.065	0.25	0.075	0.01	13.2
22サイクル	①	1E-15	0.225	15.00	0.38	0.063	0.40	0.033	0.02	19.0
	②	3E-13	0.270	12.52	0.30	0.061	0.32	0.038	0.02	15.0
	③	1E-17	0.265	17.00	0.26	0.047	0.27	0.030	0.01	13.0
	④	3E-14	0.240	13.52	0.36	0.062	0.37	0.032	0.01	18.1
33サイクル	①	3E-14	0.200	13.52	0.50	0.079	0.49	0.049	0.01	25.0
	②	5E-19	0.210	18.30	0.37	0.058	0.39	0.029	0.02	18.5
	③	9E-14	0.280	13.05	0.29	0.058	0.31	0.030	0.02	14.5
	④	4E-26	0.180	25.40	0.40	0.057	0.41	0.027	0.01	19.9
44サイクル	①	3E-14	0.197	13.52	0.52	0.083	0.55	0.027	0.03	26.0
	②	3E-14	0.205	13.52	0.47	0.07	0.50	0.031	0.03	23.5
	③	1E-22	0.195	22.00	0.38	0.059	0.41	0.031	0.03	19.0
	④	5E-18	0.195	17.30	0.43	0.068	0.46	0.022	0.03	21.5
55サイクル	①	1E-19	0.160	19.00	0.58	0.092	0.61	0.036	0.03	29.0
	②	1E-27	0.160	27.00	0.47	0.066	0.54	0.036	0.07	23.5
	④	8E-29	0.160	28.10	0.46	0.065	0.52	0.035	0.06	23.0

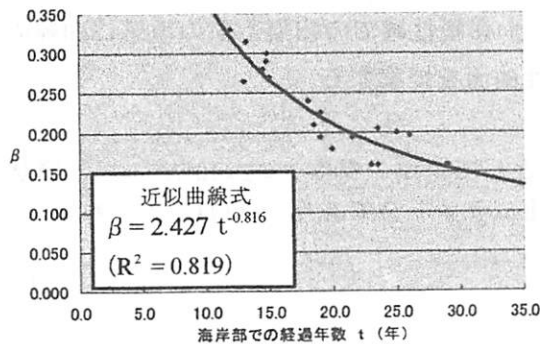


図-3 距離減衰パラメータ β と経過年数 t の関係

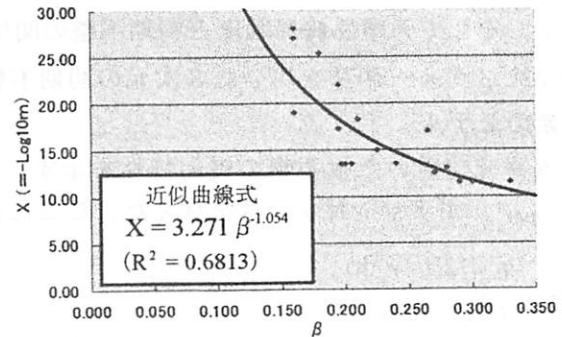


図-4 ポアソン乱数の平均値 m と β の関係

表-1 にそれぞれを比較して示す。空間的自己相関モデルで腐食表面を再現する際には、腐食表面の平均腐食深と腐食深標準偏差が実験結果と一致するよう、パラメータ m 、 β を変化させて作成している。

表中の経過年数は、海田らの研究²⁾における、海岸部から採取した腐食鋼材の測定成果を参照して算出した本供試体の実環境における供試体の推定経過年数である。表から、各サイクルにおいて若干のばらつきはあるものの、サイクル数の増加にしたがって m および β の値は減少していることが分かる。これは、腐食が進展するにつれて腐食の面的な広がりが大きくなるために β が減少し、 β が小さくなることでより多くの範囲の腐食格子点の影響を受けるために、 m を小さくして独立腐食深の個々の大きさを小さくする必要があることを示している。また、本実験で再現された腐食は、海岸部での使用状況下で約30年以下に相当すると判断される。

図-3は、予測された経過年数 t と距離減衰係数 β の関係を示す。図から、経過年数が長くなるにつれて距離減衰の効果は指数関数的に低下していることが分かる。この関係を近似式で表すと表中に示した実線のようなになる。この近似曲線を用いると、 t 年後の腐食表面形状を作成する際に使用すべき β の値が推定できる。また、この β とポアソン乱数の平均値 m の関係を描くと図-4が得られる。 m と β は、データのばらつきが比較的大きいものの、 β にの増大にともなって m は低下している様子が分かる。これらの近似曲線を用いて β の値から m の値を推定すれば、 t 年後の腐食状態を予測するための空間的自己相関モデルに使用するパラメータ m 、 β が容易に定まる。しかし、経過時間 t が10年以下など、極めて腐食が軽微な場合には、現段階では本推定法をそのままあてはめることは難しいため、今後改善が必要である。

5. まとめ

- (1) 空間的自己相関モデルによって、将来的な腐食表面形状を作成・予測するためのパラメータ m 、 β の推定方法を考案した。この方法は、腐食の空間的な広がりの経時変化を考慮することが可能である。
- (2) 本方法による m 、 β の推定精度を向上させるためには、腐食促進試験の期間を延長し、さらに腐食が進んだ状態について、本研究と同様の検討を行う必要がある。

参考文献

- 1) 藤井堅, 海田辰将, 平井勝志, 奥村誠: 腐食鋼板表面形状モデル作成における空間的自己相関モデルの適用性, 構造工学論文集, Vol. 48A, pp. 1031-1038, 2002.
- 2) 海田辰将, 藤井堅, 宮下雅史, 上野谷実, 中村秀治: 腐食したプレートガーダー残存曲げ強度に関する実験的研究, 構造工学論文集, Vol. 51A, pp. 139-148, 2005.