全面・局部腐食が混在する構造部材の腐食表面性状の空間統計数値シミュレーション

九州大学大学院 学生会員 ヴゥ ダット ヴァン 九州大学大学院 正会員 貝沼 重信 (㈱東京鐵骨橋梁 正会員 細見 直史

1.はじめに 著者らは複雑な腐食形態を示すコンクリート地際近傍における鋼構造部材の腐食表面性状を対象として,各腐食形態の確率場を重ね合わせることによる空間統計数値シミュレーション手法を提案した<sup>1)</sup>.しかし, この手法は無限板を対象としたものであり,部材内で腐食形態が遷移する場合や溶接継手部などの連続性,部材端 部などの境界を考慮できない.そのため、構造物や部材単位の腐食表面性状をシミュレートすることは困難である. 本研究では,これらの諸問題を考慮した空間統計数値シミュレーション手法を確立することを最終目的する.その 第一段階として,全面腐食と局部腐食が混在するコンクリート地際近傍における鋼構造部材の腐食表面性状を対象 として,腐食形態の遷移を考慮した空間統計数値シミュレーション手法を検討した.

<u>2.対象とした腐食表面性状</u>本研究で検討対象とした試験体<sup>1)</sup>を図-1 に示す.また,腐食表面性状<sup>1)</sup>を図-2 に示す.図中には回帰樹分析<sup>1)</sup>による空間分割図と各分割領域の平均腐食深さm(mm)を示す.1)境界線からの距離 x が 0~17mm までの範囲内には,境界部特有のマクロセル腐食が生じている.2) x が 17~59mm の範囲内については,ほぼ全面に局部腐食が生じている.また,3) x が 59~100mm までの範囲内については,全面腐食が支配的になっている.以後,1)~3)の腐食領域を境界部(AEHD),中間部(EFGH)および一般部(FBCG)と呼ぶ.

<u>3.空間統計数値シミュレーション</u>シミュレーションは,図-5 に示す手順で空間的自己相関を考慮した腐食表面 性状を生成することで行った.また,シミュレーションには,式(1)で示す乱数場に任意の位置の腐食深さ $z_{i,j}$ を その周辺の腐食深さ $z_{i-1,j-1}$ などの線形結合として推定する手法(クリギング)を用いた.任意の位置の腐食深さzは, $z_{i,j}$ の位置より半径  $\theta_2$ 内の全点( $\theta_2$ の関数である N( $\theta_2$ )点)の線形結合することで求めた.なお,式(1)では 空間自己相関を表すユーグリット距離 h(試験体表面座標 x および y の関数)と空間統計量(レンジ  $\theta_2$ およびシ ル $\theta_1$ )の関数である球型共分散関数 を重み係数として用いている.

$$z_{i,j} = \sum_{N(\theta_2)} \gamma(h;\theta) z_{k,l}$$
(1)

球型共分散関数の例およびクリギングの概念図を図-3 および図-4 に示す.腐食形態が遷移することによる各腐 食領域の表面の連続性は,図-2 のシミュレーションの対象領域の境界線の腐食深さを試験体表面データまたは重ね 合わせ前の腐食深さで拘束することで確保した.

本研究の空間統計数値シミュレーションは,図-5に示す手順で行った.その概要を以下に示す.

回帰樹分析で腐食形態を分類し,各腐食領域(一般部 FBCG,中間部 EFGH および境界部 AEHD)を分割する. の各腐食領域のバリオグラム解析<sup>1)</sup>を実施し,それらの空間統計量(レンジおよびシル)を明らかにする.な

お,球型バリオグラムのモデル化には,非線形最小二乗法<sup>1),2)</sup>を用いた.表-1 に各腐食領域の空間統計量を示す. 試験体の表面データから AB, BC, CD, DA 上の腐食深さを境界条件として抽出する.また,の全面腐食の





キーワード 鋼,全面腐食,局部腐食,バリオグラム,回帰樹,空間統計数値シミュレーション 連絡先 〒819-0395 福岡市西区元岡 744 九州大学大学院 工学府 都市環境システム工学専攻 TEL 092-802-3392



図-5 王间統計数値シミュレーションの于順

空間統計量に基づき ABCD に乱数場を発生した後に,試験体一般部の m を加える.その結果を図-6 (a) に示す. の乱数場から FG 上の腐食深さ,試験体から GD ,DA および AF 上の腐食深さを境界条件として抽出する. の中間部の空間統計量に基づき FGDA に乱数場を発生し,この乱数場に試験体中間部の m を加える.この結果 から得られた中間部の腐食表面性状を図-6 (b) に示す.

AFGD において, および の乱数場を重ね合わせる.その際,図-6(b)において,試験体中間部のmよりも 大きい表面性状データのみを選定する.

の重ね合わせより得られた EH 上の腐食深さを,また,試験体の HD, DA および AE 上の腐食深さを境界条 件として抽出する.AEHD において,2)の空間統計量に基づき乱数場を発生させた後に,試験体境界部の局部腐 食の m を加える.この結果から得られた境界部の腐食表面性状を図-6(c)に示す.

AEHD において, および の乱数場を重ね合わせる.その際, と同様な方法で表面性状データを選定する. 以上のシミュレーションから得られた試験体の腐食表面性状を図-6(d) に示す.シミュレーションによる腐食表 面性状は,図-2 で示した試験体の腐食深さの分布性状と類似している.また,両者のヒストグラムについても同様 に良く一致していた.したがって,本数値シミュレーションの手法を用いることで,異なる腐食形態を示す腐食領 域の連続性や全面腐食と局部腐食の混在を考慮して,腐食表面性状を数値シミュレートできると考えられる.

<u>4.まとめ</u> 異なる腐食形態を示す腐食領域の連続性や全面腐食と局部腐食の混在を考慮可能な鋼構造部材の腐食 表面性状の空間統計数値シミュレーション手法を提案した.今後は,構造部材単位の腐食表面性状の数値シミュレ ーションを実施する予定である.

参考文献 1) 貝沼重信,細見直史:鋼構造部材のコンクリート境界部における経時的腐食表面性状の数値シミュレーション, 土木学会 論文集, Vol.62, pp.440-453, 2006, 2) Cressie, N.: Fitting variogram models by weighted least squares, J. Internat. Assoc. Math. Geol., Vol.17, pp.563-586, 1985.