

機関番号：17102
 研究種目：基盤研究(C)
 研究期間：2008～2010
 課題番号：20560444
 研究課題名(和文) 腐食環境を考慮可能な時空間統計モデルを用いた構造物の経年劣化シミュレータの開発
 研究課題名(英文) Development for simulation of time-dependent deterioration of Steel Structures using spatial statistical model considered corrosive environments
 研究代表者
 貝沼 重信 (SHIGENOBU KAINUMA)
 九州大学・工学研究院・准教授
 研究者番号：00262874

研究成果の概要(和文)：

本研究では、様々な腐食環境を考慮可能な実用に耐えうる構造物の経年劣化シミュレータを開発することを目的とした。そのために、構造物の各部材・部位における経時的な腐食挙動と腐食環境の相関関係を定量化した。その関係を過去に構築した時空間統計モデルに導入することで、腐食環境を考慮できる新しい時空間統計モデルを構築した。

研究成果の概要(英文)：

The purpose of this study is to develop a simulator for time-dependent deterioration of steel structures that can be considered various corrosive environments. Relationship between time-dependence of corrosion behavior and the corrosive environment at each member in steel structures is quantitatively clarified. By introducing the relationship to statistical model in our previous research, new spatial statistical model that can be applied to corrosive environments was proposed.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	2500,000	750,000	3,250,000
2009年度	500,000	150,000	650,000
2010年度	600,000	180,000	780,000
総計	3,600,000	1,080,000	4,680,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：土木工学・構造工学・地震工学・維持管理工学

キーワード：腐食・空間統計学・腐食センサ・鋼構造物

1. 研究開始当初の背景

(1) 我国では米国や韓国のように、人命を奪う落橋事故は起きていないが、腐食により主部材が破断するなど、落橋に直結する損傷が報告されている。このような致命的な損傷の発生を点検レベルや頻度が高い橋梁においても、予防できない場合がある。

(2) 構造物を健全かつ安全な状態で供用し、その維持管理費を縮減するためには、従来の過不及な維持管理を抜本的に見直すことが

不可欠である。そのためには、学術的根拠に乏しい従来の劣化曲線や点検のみに頼るのでは無く、学術的裏付けられた高精度な評価・予測技術を駆使することも必要になる。

(3) 構造物の腐食劣化に関する研究は、国内外で精力的に実施されている。しかし、腐食環境を考慮した腐食表面性状の経時変化については検討されていない。また、各部材・部位におけるミクロ腐食環境を評価するために、腐食センサを用いた研究が行われてき

たが、腐食環境が厳しいか否かなどの定性的な評価に留まっている。風や飛来塩分などの外的因子から、構造物への付着塩分を解析する試みもなされている。しかし、外的因子が経時変動することや実構造物を対象とする場合、膨大な規模の解析が必要になること、などのため、部材レベルのマイクロ腐食環境を評価することは困難である。

(4) 代表者は、これまで、構造物の各部位・部位モデルの経年劣化を腐食促進試験、大気暴露試験(沖縄(海岸部))および空間統計学的手法により検討してきた。その検討結果から、以下の①～④を構築している。

- ①飛来塩分量を環境パラメータとした腐食劣化予測曲線
 - ②複雑な腐食表面性状の分析手法
 - ③経時的な腐食挙動の時空間統計モデル
 - ④③によるシミュレーション手法
- また、腐食環境パラメータを④の手法に導入する手法を確立している。しかし、様々な腐食環境を考慮して、構造物の経年劣化を評価・予測可能とする研究レベルに至っていない。

2. 研究の目的

(1) 本研究では、様々な腐食環境を考慮可能な実用に耐えうる構造物の経年劣化シミュレータを開発することを目的とする。

3. 研究の方法

(1) 構造物の各部位・部材モデルの大気暴露試験を実施した。(図1)



図1

(2) 構造物の各部位・部材モデルの腐食環境におけるセンサ(腐食電流, 温・湿度)出力から、塩化物や結露などの環境パラメータを解析した。(図2および図3)



図2



図3

(3) (1)および(2)の結果から、経時的な腐食挙動の空間統計量と腐食環境の相関関係の定式化した。この関係を代表者が構築した時空間統計モデルに導入することで、腐食環境を考慮可能な時空間統計モデルを構築した。

(4) 最終的には、このモデルに腐食環境のセンサ出力を前述した腐食環境の評価手法を介して導入することで、様々な腐食環境における構造物の腐食劣化を部材・部位レベルで高精度に評価・予測可能なシミュレータを開発する。このシミュレータを実構造物の整備・維持管理に適用する方法についても検討する。

4. 研究成果

(1) 構造物は非常に複雑な腐食環境に曝されるため、部材・部位の腐食挙動を精度良く評価・予測することは困難とされている。そこで、本研究ではセンサ(腐食電流, 温・湿度)出力から塩化物や結露などの環境パラメータの経時変動を逆解析することで、腐食環境を定量化した。(図4および図5)

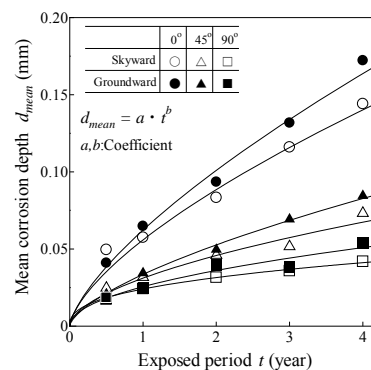


図4

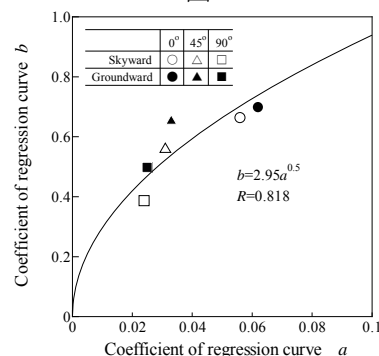


図5

(2) 腐食環境と腐食挙動の経時性を用いることで、従来、困難とされてきたマイクロ腐食環境を考慮可能な経年劣化モデルを構築した。(図6および図7)

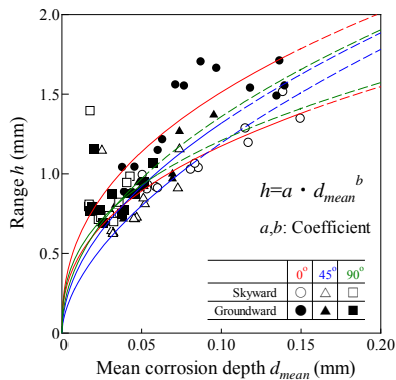


図6

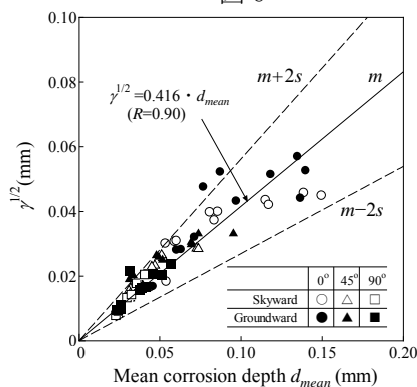


図7

(3) このモデルによりシミュレーションを行うことで、従来の長期間な大気暴露試験を行うことなく、短期間に腐食環境を定量評価した上で、これまでに無い高精度な経年劣化予測手法を構築した。(図8)

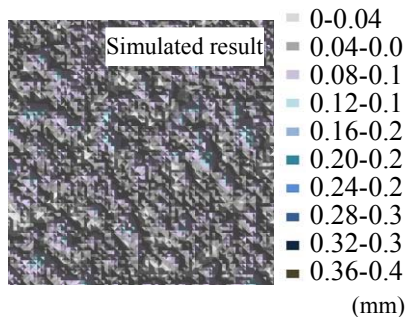


図8

(4) 本シミュレータの活用により、各部位・部位の腐食環境や劣化を相関評価することで、任意部材から隣接部材の経年劣化を簡便に評価可能である。(図9)

(5) 構造物の現状の危険部位や将来的な危険部位を評価・予測することで、点検対象や点検の期間・頻度の決定、補修・補強後における残存耐久性評価の際に貢献できる。さら

に、経年劣化に伴う構造物の将来的な力学機能低下を予測するための有用な手段となり得る。(図10)

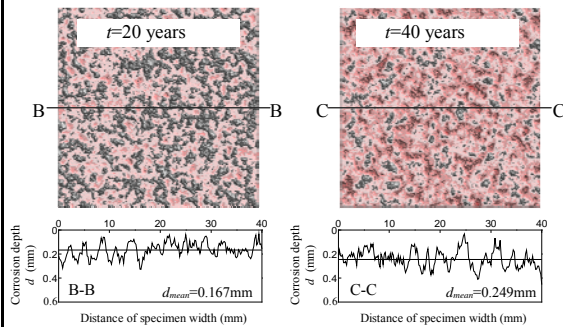


図9

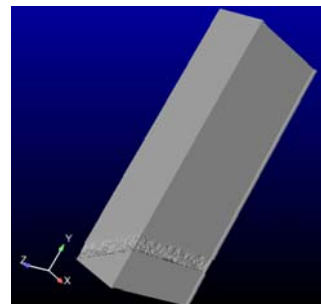


図10

(6) 本シミュレータと従来の点検を併用することで、構造物の崩落に繋がる主部材の致命的な損傷を予防保全し、構造物の安全かつ経済的な供用に対して貢献することが期待される。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計13件)

- ① S. KANIUMA, Y. MUKAIGAWA, Y. ITOH, Y. S. JEONG AND I. T. KIM, Spatial Statistical Simulation for Time-dependent Corroded Surfaces of Carbon Steel Plates in Various Corrosive Environments, 4th International Conference on Structural Engineering, Mechanics and Computation, アブストラクト査読有, CD-ROM, South Africa, 2010
- ② 山本悠哉, 貝沼重信, 向川優貴, 伊藤義浩, さび厚を用いた無塗装耐候性鋼部材の腐食深さの評価方法に関する基礎的研究, 鋼構造年次論文報告集, 査読有, Vol. 18, 2010, 567-570
- ③ 向川優貴, 貝沼重信, 塗装鋼部材の腐食表面性状の評価・予測手法に関する基礎的研究, 鋼構造年次論文報告集, 査読有, Vol. 18, 2010, 547-550
- ④ 加藤祐介, 貝沼重信, 向川優貴, 腐食環境が鋼部材の腐食表面性状に及ぼす影響

- に関する基礎的研究, 鋼構造年次論文報告集, 査読有, Vol.18, 2010, 603-608
- ⑤ 細見直史, 貝沼重信, コンクリート境界部で腐食した鋼構造部材の応力集中係数の評価・予測手法, 土木学会論文集 A, 査読有, Vol. 66, No.4, 2010, 613-630
- ⑥ S.KAINUMA and N.HOSOMI, Fatigue Life Evaluation of Corroded Structural Steel Members in Boundary with Concrete, International Journal of Fracture, 査読有, Vol.158, No.1, 2009, 149-158
- ⑦ 貝沼重信, 細見直史, 後藤淳, 伊藤義人, 土木学会論文集 A, 査読有, Vol. 65, No.2, 2009, 440-453
- ⑧ S.KAINUMA, K.SUGITANI, Y.ITOH and I.T.KIM, Evaluation Method for Time-Dependent Corrosion Behavior of Carbon Steel Plate Using Atmospheric Corrosion Monitoring Sensor, 6th International Conference on Fracture and Damage Mechanics, アブストラクト 査読有, CD-ROM, Malta, 2009
- ⑨ 押川渡, 長山雅, 中野敦, 篠原正, ACM センサを利用した腐食環境モニタリング, 建材用塗装鋼板の端面防錆機構解明および寿命予測研究報告書, 査読無, 2009, 85-89
- ⑩ 中野敦, 押川渡, 榊原洋平, 中山元: 15年間大気暴露した Al 溶射鋼の耐候性評価, 第 56 回材料と環境討論会, 査読無, 2009, C211
- ⑪ 貝沼重信, 細見直史, コンクリート境界部で腐食した鋼構造部材の疲労挙動に関する基礎的研究, 土木学会論文集 A, 査読有, Vol. 64, No. 2, 2008, 333-349
- ⑫ 押川渡, 長山雅, 篠原正: ACM センサを用いた実橋梁における腐食環境評価, 第 55 回材料と環境討論会, 査読無, 2008, D203
- ⑬ S.KAINUMA, N.HOSOMI and I.T.KIM, Fatigue Behavior of Corroded Structural Steel Members in Boundary with Concrete, 6th International Conference on Fracture and Damage Mechanics, アブストラクト 査読有, CD-ROM, Portugal, 2008

[学会発表] (計 8 件)

- ① 細見直史, 貝沼重信, 大気腐食環境における普通鋼板の腐食表面性状の予測手法に関する基礎的研究, 第 65 回年次学術講演会, 2010 年 9 月 1 日, 北海道大学
- ② 向川優貴, 貝沼重信, 塗装鋼材の腐食表面性状の空間統計数値シミュレーションに関する基礎的研究, 第 65 回年次学術講演会, 2010 年 9 月 1 日, 北海道大学

- ③ 貝沼重信, 杜金威, 山本悠哉, 向川優貴, 腐食生成物厚さを用いた腐食環境評価に関する基礎的研究, 第 65 回年次学術講演会, 2010 年 9 月 1 日, 北海道大学
- ④ 杉谷国博, 貝沼重信, 向川優貴, 杜金威, 伊藤義浩, ACM 型腐食センサを用いた普通鋼板の経時腐食挙動の評価・予測手法, 材料と環境 2010, 2010 年 5 月 12 日, 早稲田大学
- ⑤ 向川優貴, 貝沼重信, 杉谷国博, ヴェグダットヴァン, 大気腐食環境における普通鋼板の経時腐食表面性状の評価に関する基礎的研究, 材料と環境 2010, 2010 年 5 月 12 日, 早稲田大学
- ⑥ 細見直史, 貝沼重信, 鋼構造部材の局部腐食孔の応力集中に対する工学モデルに関する基礎的研究, 第 64 回年次学術講演会, 2010 年 9 月 2 日, 福岡大学
- ⑦ 向川優貴, 貝沼重信, 香月大翔, 杉谷国博, 腐食環境が鋼材の腐食表面性状に及ぼす影響に関する基礎的研究, 第 64 回年次学術講演会, 2010 年 9 月 2 日, 福岡大学
- ⑧ ヴェグダットヴァン, 貝沼重信, 細見直史, 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, 第 64 回年次学術講演会, 2010 年 9 月 2 日, 福岡大学

[図書] (計 2 件)

- ① 土木学会鋼構造委員会, 丸善, 腐食した鋼構造物の耐久性照査マニュアル, 2009, II, 1-89
- ② 土木学会鋼構造委員会, 丸善, 道路橋支承部の改善と維持管理技術, 2008, 216-266

[産業財産権]

○出願状況 (計 1 件)

名称: 腐食測定方法, 及び腐食ゲージ
 発明者: 貝沼重信, 伊藤義浩, 山下岳史
 権利者: 同上
 種類: 特許
 番号: 特願 2011-007160
 出願年月日: 23 年 1 月 17 日
 国内外の別: 国内

6. 研究組織

(1) 研究代表者

貝沼 重信 (KAINUMA SHIGENOBU)
 九州大学・大学院工学研究院・准教授
 研究者番号: 00262874

(2) 研究分担者

押川 渡 (WATARU OSHIKAWA)
 琉球大学・大学院工学研究院・准教授
 研究者番号: 80224228