

SCOPE平成26年度研究開発助成成果報告会

空間的進展過程を考慮した 剥離・剥落発生モデルの構築

大阪大学大学院
貝戸清之, 早矢仕廉太郎
kaito@ga.eng.osaka-u.ac.jp



OSAKA
UNIVERSITY

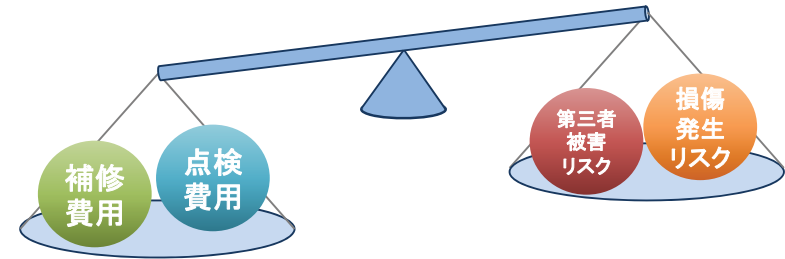
主催: (一財) 港湾空港総合技術センター



1

現在の社会基盤施設における課題

老朽化する施設の増加による, 補修等の対策を必要とする施設の増加

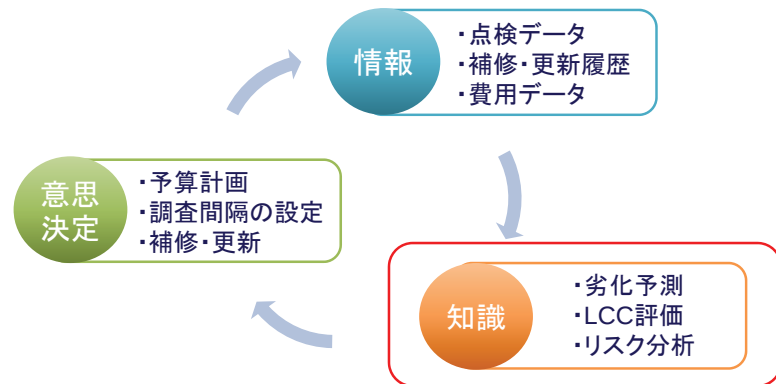


費用とリスクはトレードオフの関係

効率的なアセットマネジメントの実践が重要

2

社会基盤施設のマネジメントサイクル



劣化予測技術の高度化を必要とするような事象の増加

3

コンクリート構造物における 剥離・剥落発生事象



発生要因 ✓鉄筋腐食

発生による影響
✓構造安全性 ✓第三者被害

劣化過程に介在する不確実性が考慮できない

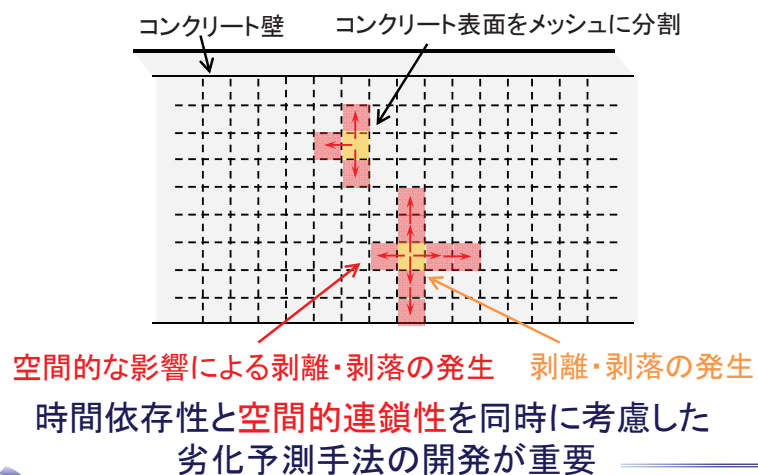
目視点検を利用した
統計的モデルの発達

斉次ポアソン過程による発生過程のモデル化(貝戸等, 2012)

非斉次ポアソン過程による時間依存性を考慮(松岡等, 2012)

4

剥離・剥落の発生過程



5

本研究の目的

鉄筋腐食による剥離・剥落の進展過程を
時空間的に考慮した発生予測モデルの構築



空間的連鎖性の有効性の検証を通じた
効果的な維持管理手法の提案を
可能とするような方法論の確立

6

時間依存性を考慮した 剥離・剥落発生予測モデル

ワイブル劣化ハザードモデル(青木等, 2005)

ハザード率 $\lambda = \bar{x} \beta' \alpha \bar{t}^{\alpha-1}$

説明変数

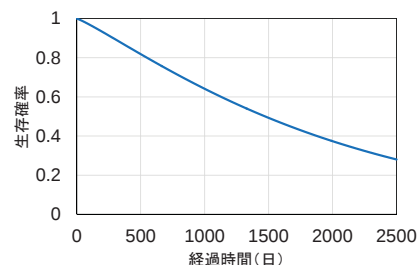
構造条件や環境条件

加速度パラメータ

劣化過程における時間依存性

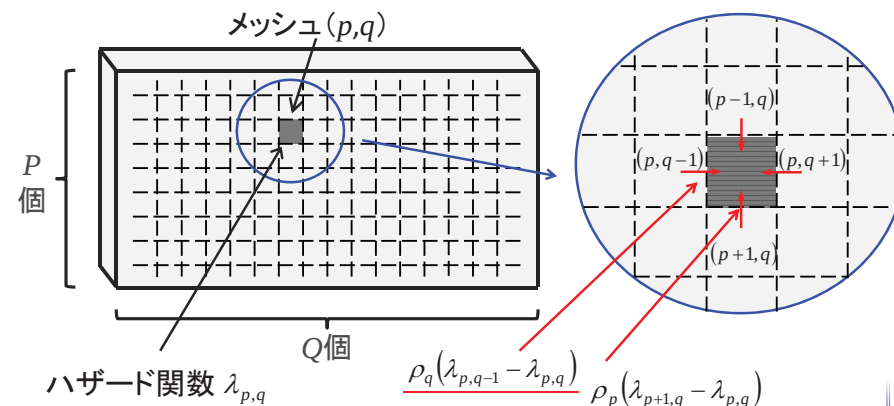
生存確率

$$\tilde{F}(t) = \exp(-\bar{x} \beta' t^\alpha)$$



7

空間的連鎖性を考慮したモデル化



8

空間的ワイブル劣化ハザードモデル

$$\lambda_{p,q} = \bar{x}_{p,q} \beta' \alpha^{\alpha-1} + \rho_p (\lambda_{p-1,q} - \lambda_{p,q}) + \rho_p (\lambda_{p+1,q} - \lambda_{p,q}) + \rho_q (\lambda_{p,q-1} - \lambda_{p,q}) + \rho_q (\lambda_{p,q+1} - \lambda_{p,q})$$

ハザード率

空間的自己相関パラメータ

劣化過程において隣接部から受ける空間的連鎖性の影響

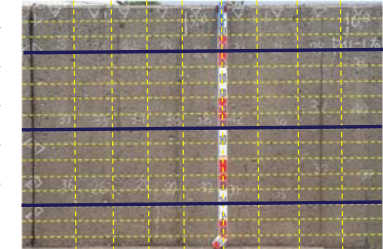
時空間的な劣化進展の影響を同時に考慮可能

9

実態調査データの概要

対象: 海岸から数km以内に位置する鉄道高架橋RC高欄13枚

点検時期	竣工後25年or27年後
総メッシュ数	12,194個
平均かぶり厚	29.0(mm)
平均中性化深さ	10.9(mm)
平均初期塩化物イオン濃度	1.54(kg/m ³)



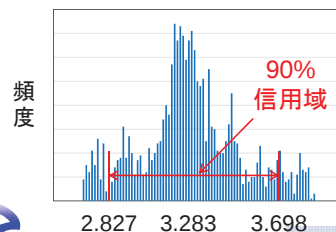
メッシュ分割例

- ✓ かぶり厚は3本の各高欄の水平方向鉄筋に沿ったメッシュでは実測データ, その他のメッシュは実測データに基づき2次関数補間によって算出
- ✓ 初期塩化物イオン濃度は, 中性化による影響を受けない表面から70~100mmの深さから採取した試料による測定.
- ✓ 初期塩化物イオン濃度, 中性化深さについては高欄単位でデータ取得

10

モデルの推計結果 (空間連鎖性未考慮)

	定数項 β_1	かぶり厚 β_2	中性化深さ β_3	加速度 パラメータ α
推計値	-4.118	-13.08	3.283	1.000
90%信用域	-4.449 -3.795	-13.54 -12.60	2.827 3.698	--
Geweke検定量	-0.0352	-0.0105	0.0466	--
対数尤度	-2,243			
BIC	4,513			



- ✓ かぶり厚が劣化速度に大きく影響.
- ✓ 初期塩化物イオン濃度は不採用.
- データの取得単位, 濃縮を考慮していないことの影響
- ✓ 時間依存性は未確認.
- 実態調査回数, データ経過時点の類似の影響

11

モデルの推計結果 (空間連鎖性考慮)

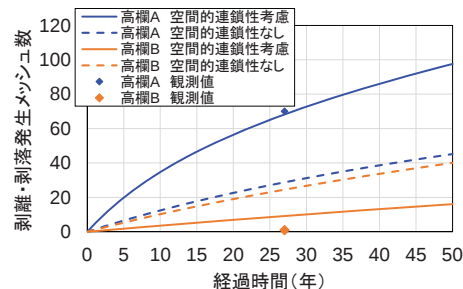
	定数項 β_1	かぶり厚 β_2	中性化深さ β_3	鉛直方向 空間相関 ρ_p	水平方向 空間相関 ρ_q	加速度 パラメータ α
推計値	-4.118	-13.08	3.283	0.049	--	1.000
90%信用域	-4.449 -3.795	-13.54 -12.60	2.827 3.698	0.028 0.071	--	--
Geweke検定量	-0.0352	-0.0105	0.0466	-0.111	--	--
対数尤度	-2,223					
BIC	4,503					

- ✓ 90%信用域が0をまたがなかったことから, 鉛直方向空間的自己相関パラメータを採用
- 鉛直方向の空間的連鎖性の確認.

12

空間的連鎖性の有無による比較 (剥離・剥落発生数の推移)

高欄	A	B
総メッシュ数	480	510
剥離・剥落数	70	1
平均かぶり厚	29.6(mm)	32.6(mm)
かぶり厚最小値	5(mm)	6(mm)
かぶり厚最大値	61(mm)	58(mm)
中性化深さ	15(mm)	6.8(mm)
経過年数	27	27



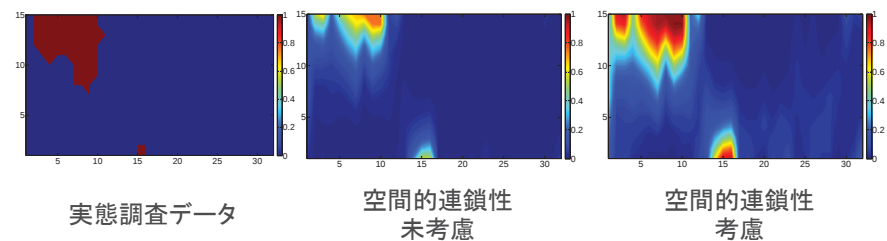
剥離・剥落発生メッシュ数の推移

空間的連鎖性の考慮により、従来のモデルにおいて存在していた実現象との乖離を解消

13

空間的連鎖性の有無による比較 (実態調査データとの詳細比較)

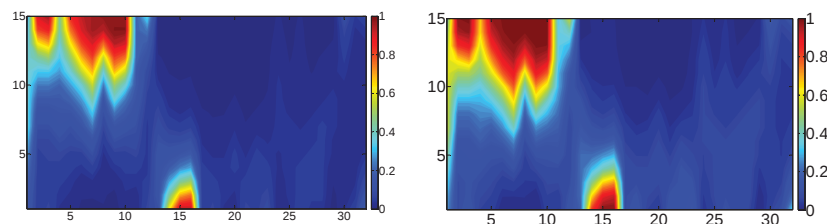
実態調査データでは、剥離・剥落メッシュを赤色、その他のメッシュを青色で表現。モデルにおいては、剥離・剥落発生確率が低いものを青色、高いものを赤色で表現。



剥離・剥落の発生規模だけでなく発生位置の把握も可能

14

剥離・剥落発生将来予測



竣工開始から27年後
(現在時点)

竣工開始から50年後
(現在時点から23年後)

将来時点の剥離・剥落の発生規模、発生位置の特定を通じた予防保全を含めた対策の検討が可能。

15

結論と今後の課題

- 鉄筋腐食による剥離・剥落発生進展過程に存在する、時間依存性、空間的連鎖性を同時に考慮した空間的ワイブル劣化ハザードモデルの開発。
- 鉄道高架橋RC高欄の実態調査データに適用した結果、鉛直方向への空間連鎖性の存在を確認。
- 実態調査データとモデルとの比較を通じて、空間的連鎖性の有効性を検証。

- ✓物理的、化学的特性を考慮したモデルの精緻化。
- ✓更なるデータの蓄積 及び、他施設への適用研究事例の蓄積

16