

塩害劣化した鉄筋コンクリートに対する 補修効果の定量評価法の開発

特許出願中



東電設計株式会社

開発の背景

■ 港湾設備の維持管理の重点課題

◇ ライフサイクルコストの最小化

◇ 維持管理費用の平準化

■ 維持管理上の課題点

◇ 多大な設備の維持管理

◇ 表面被覆等の再劣化による維持管理費の増大



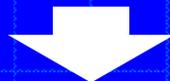
今後構造物の維持管理マネジメント体系の構築が重要
補修による構造物の延命効果の定量化が重要

検討の流れ

表面被覆工法と断面修復工法を対象



実構造物から取得した表面被覆材の遮塩性能低下データ, 塩化物イオン濃度の経年変化のデータを用いた検討



補修後の塩化物イオン濃度の変化を予測する補修効果モデルを構築



RC構造物の維持管理支援システムとしてライフサイクルコスト評価に活用

遮塩性能低下・塩化物イオン濃度評価事例

地点	設備名	調査時 供用年	補修後 経過年	表面被覆材 の材質	遮塩性 試験
A	護岸	40	2	アクリルウレタン	—
		42	4	アクリルウレタン	—
		44.5	6.5	アクリルウレタン	○
	栈橋a	34	7	ポリウレタン	—
	栈橋b	34	7	ポリウレタン	—
	栈橋c	42	15	ゴム	—
B	スクリーン室壁	37	8	ポリウレタン	○
	取水口護岸	37	14	ゴム	○
C	暴露供試体	12	12	エポキシ	○
D	カーテンウォール橋	32	15	ゴム	○
	スクリーン室壁	29	17	ポリブタジエン	○

調査箇所 の 状況

A地点

設備名: 棧橋C

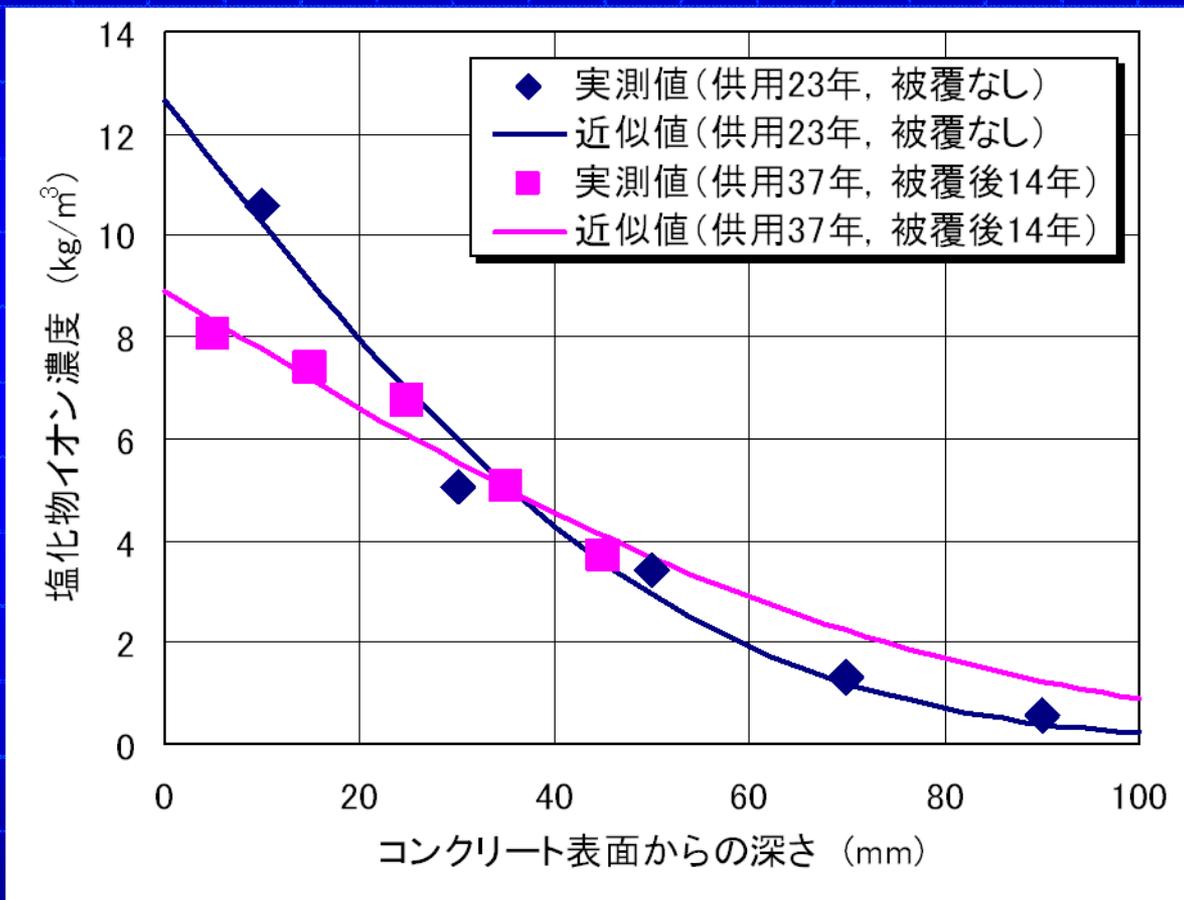
供用年数: 42年

補修後の経過年数: 15年

表面被覆材の材質: ゴム

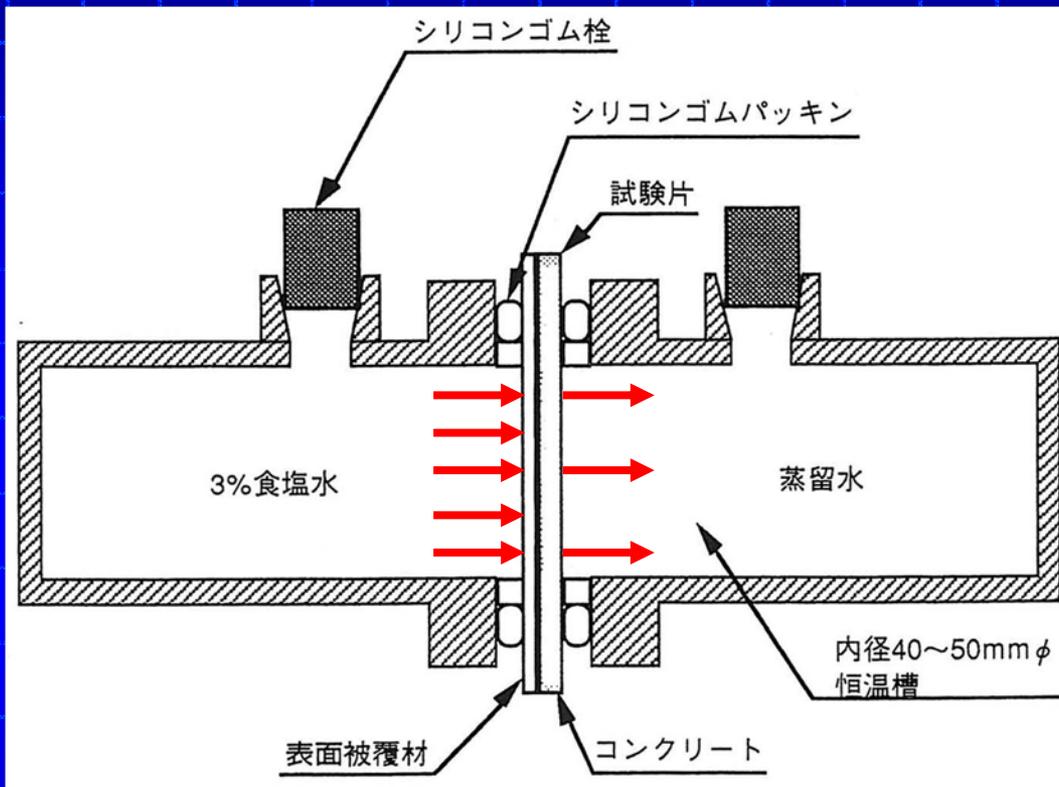
塩化物イオン濃度分布

B地点, 取水口護岸



遮塩性試験の概要

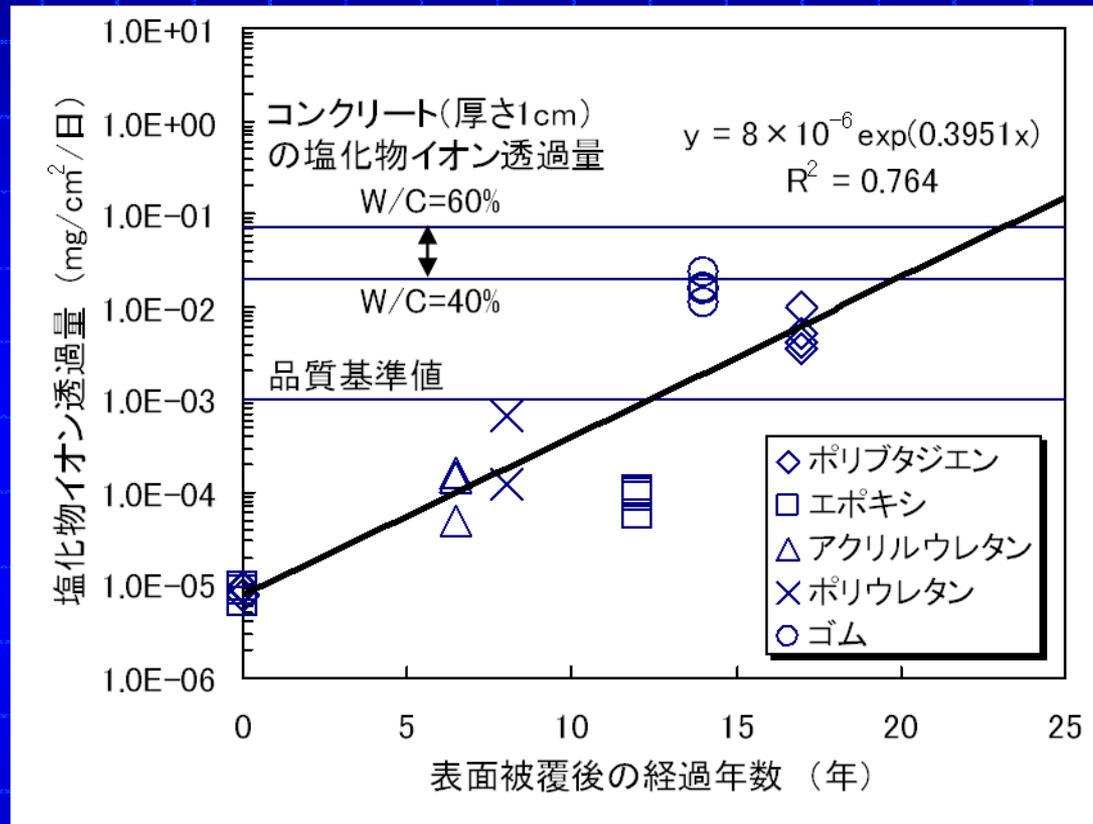
参考：日本道路協会「道路橋の塩害対策指針(案)・同解説」



■ コンクリート片が付いた状態で試験を実施

- ◇コンクリートから剥がす際の表面被覆材の損傷
- ◇コンクリートの塩化物イオン透過量は表面被覆材と比較して十分大きい
(表面被覆材の100~1000倍程度)

表面被覆材の経過年数と塩化物イオン透過量の関係

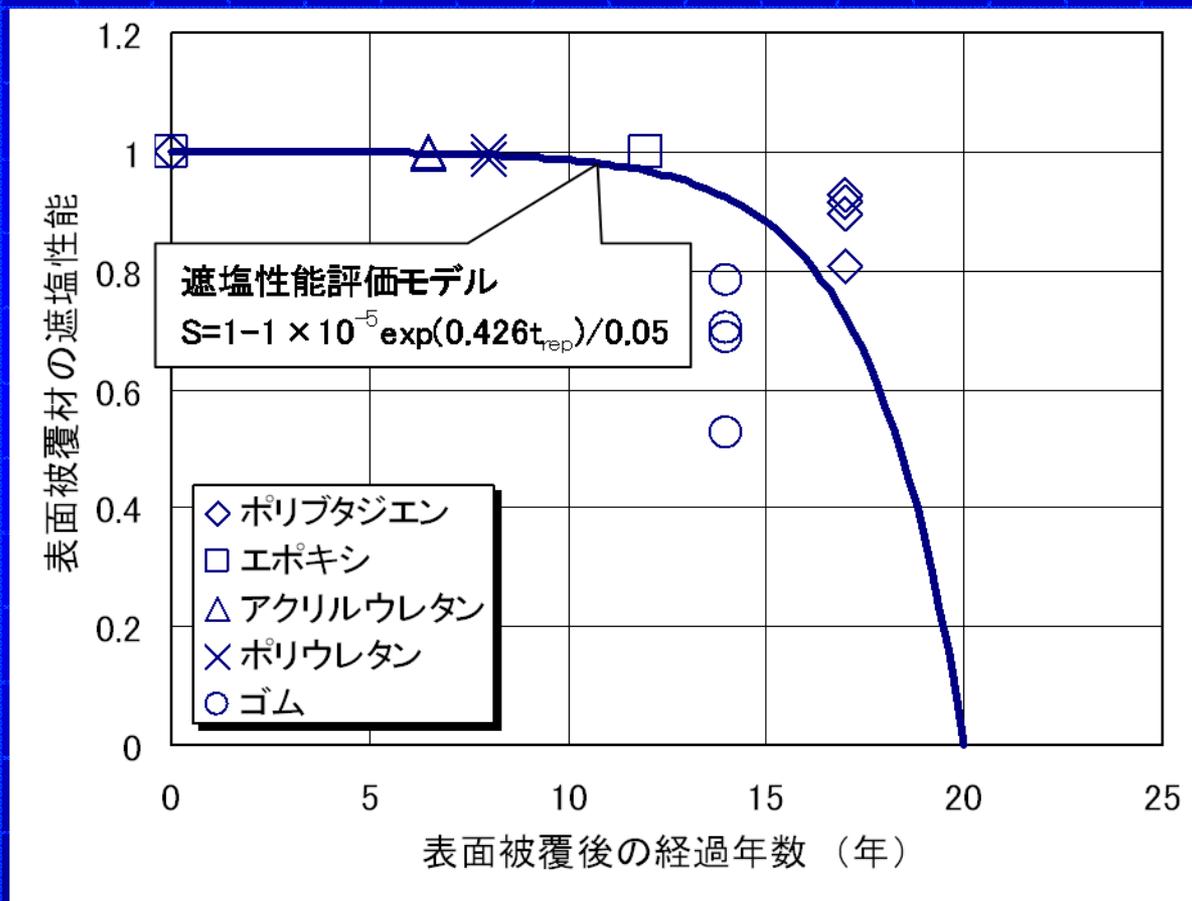


基準化

表面被覆材の遮塩性能を定量的に表現

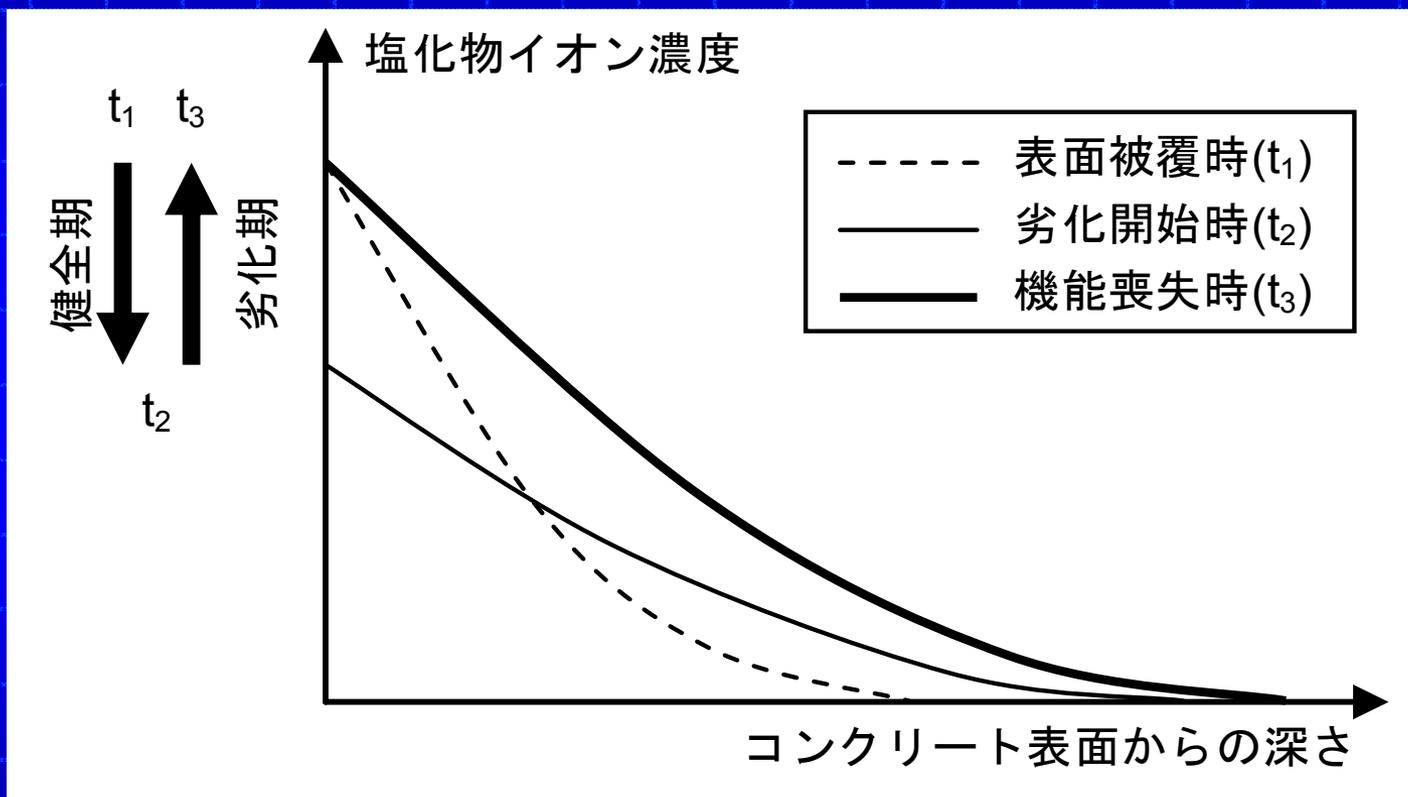
塩化物イオン透過量の初期値	$1 \times 10^{-5} \text{mg/cm}^2/\text{日}$...	1
コンクリートの塩化物イオン透過量	$5 \times 10^{-2} \text{mg/cm}^2/\text{日}$...	0

遮塩性能評価モデル



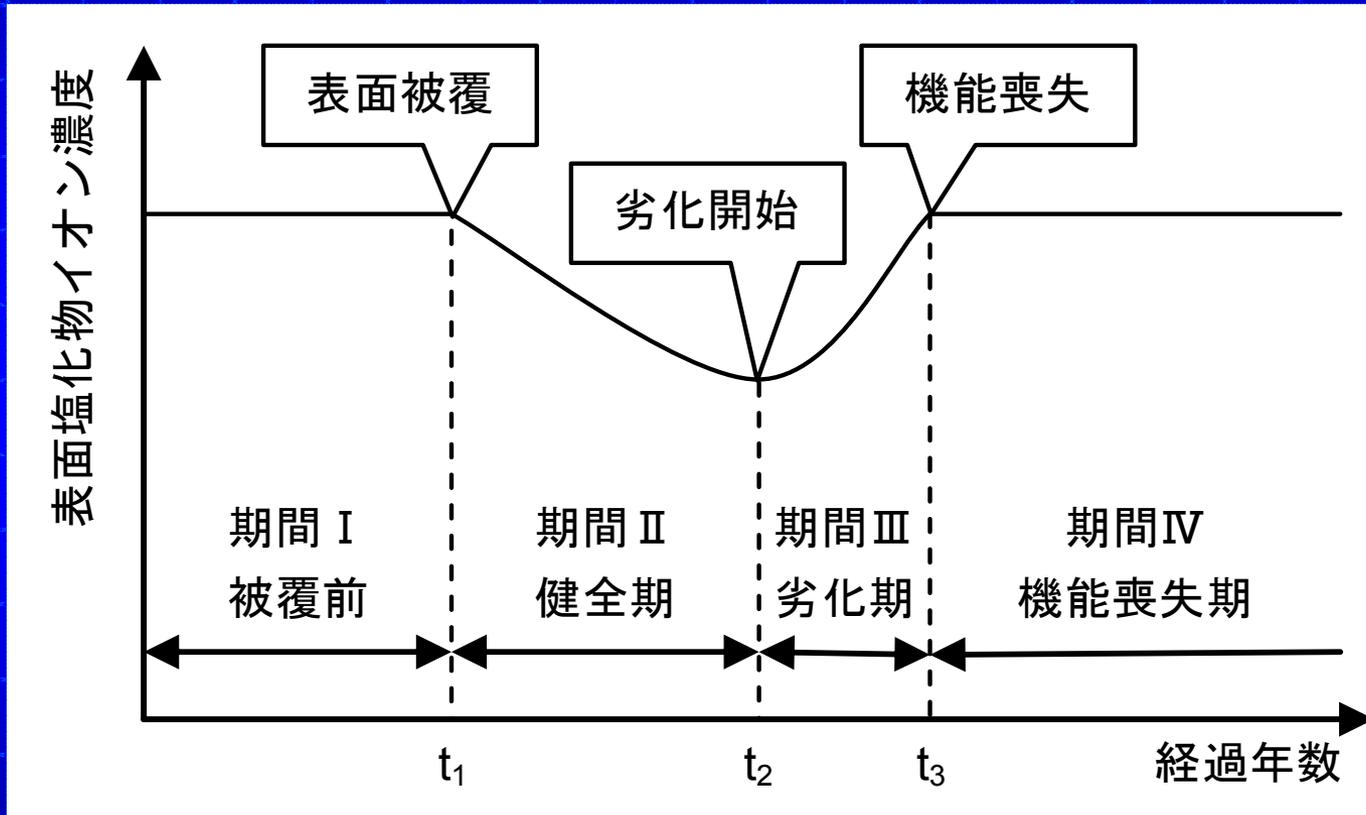
表面被覆による補修効果のモデル化

表面被覆前後の塩化物イオンの挙動

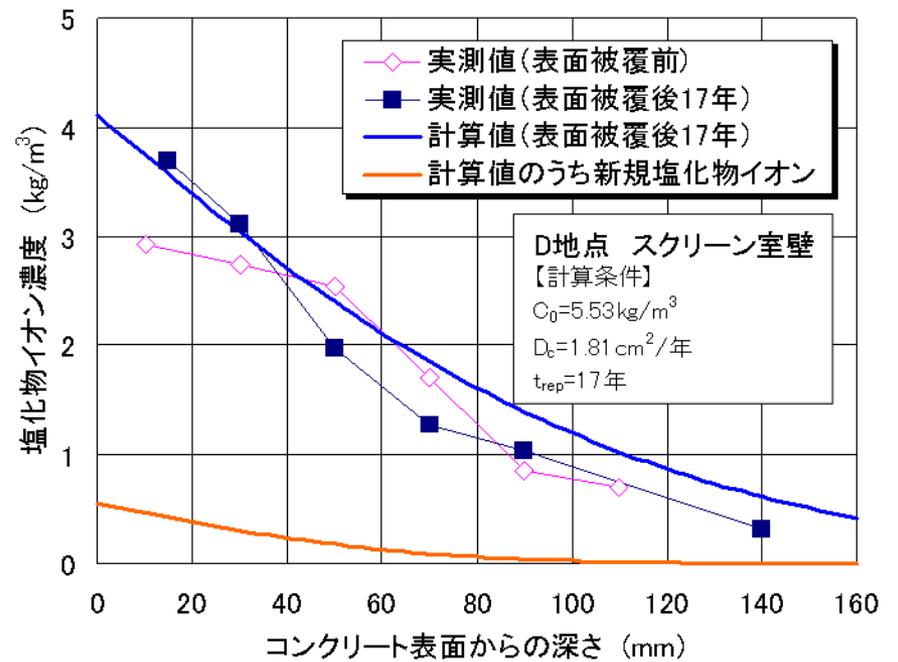
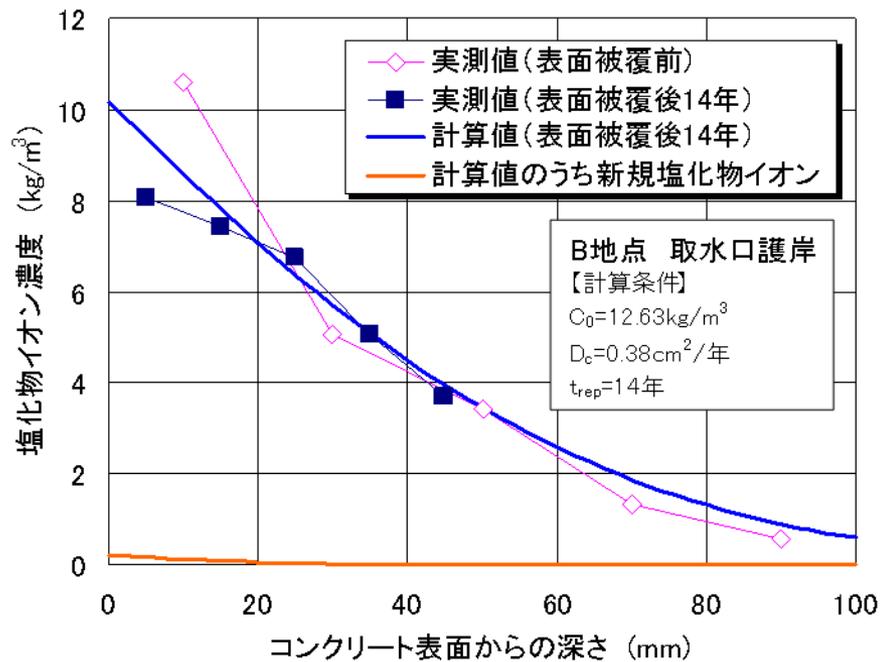


表面塩化物イオン濃度・・・コンクリート表面の塩化物イオン濃度 (kg/m^3 , wt%)
塩化物イオン拡散係数・・・塩化物イオンの拡散のしやすさを表す指標 ($\text{cm}^2/\text{年}$)

表面塩化物イオン濃度の経時変化モデル

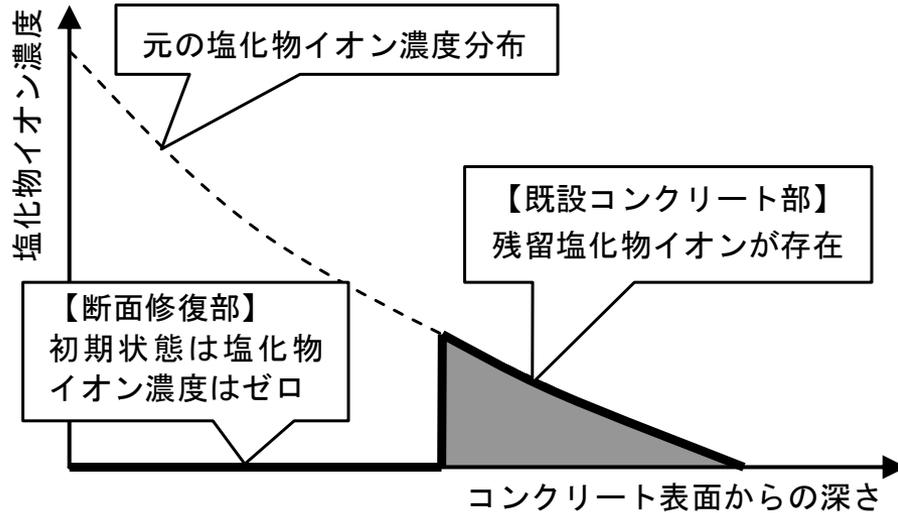


提案手法の妥当性検証

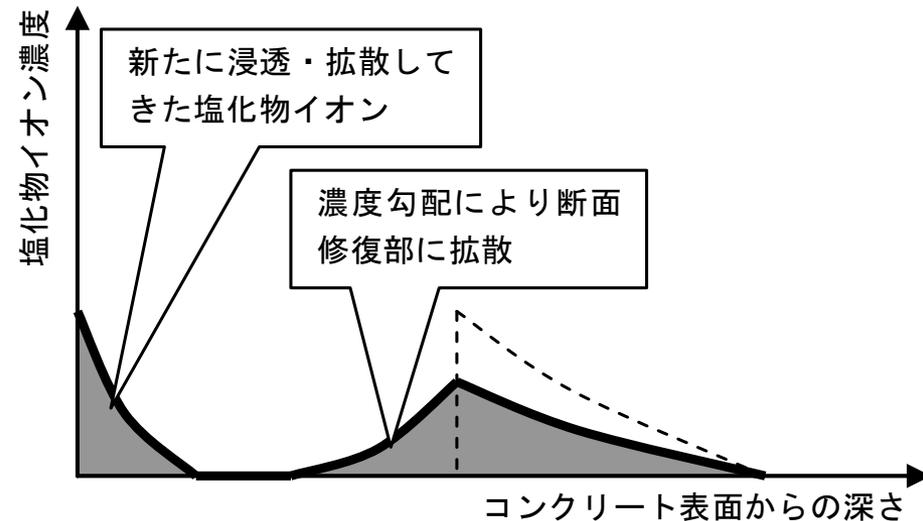


断面修復による補修効果のモデル化

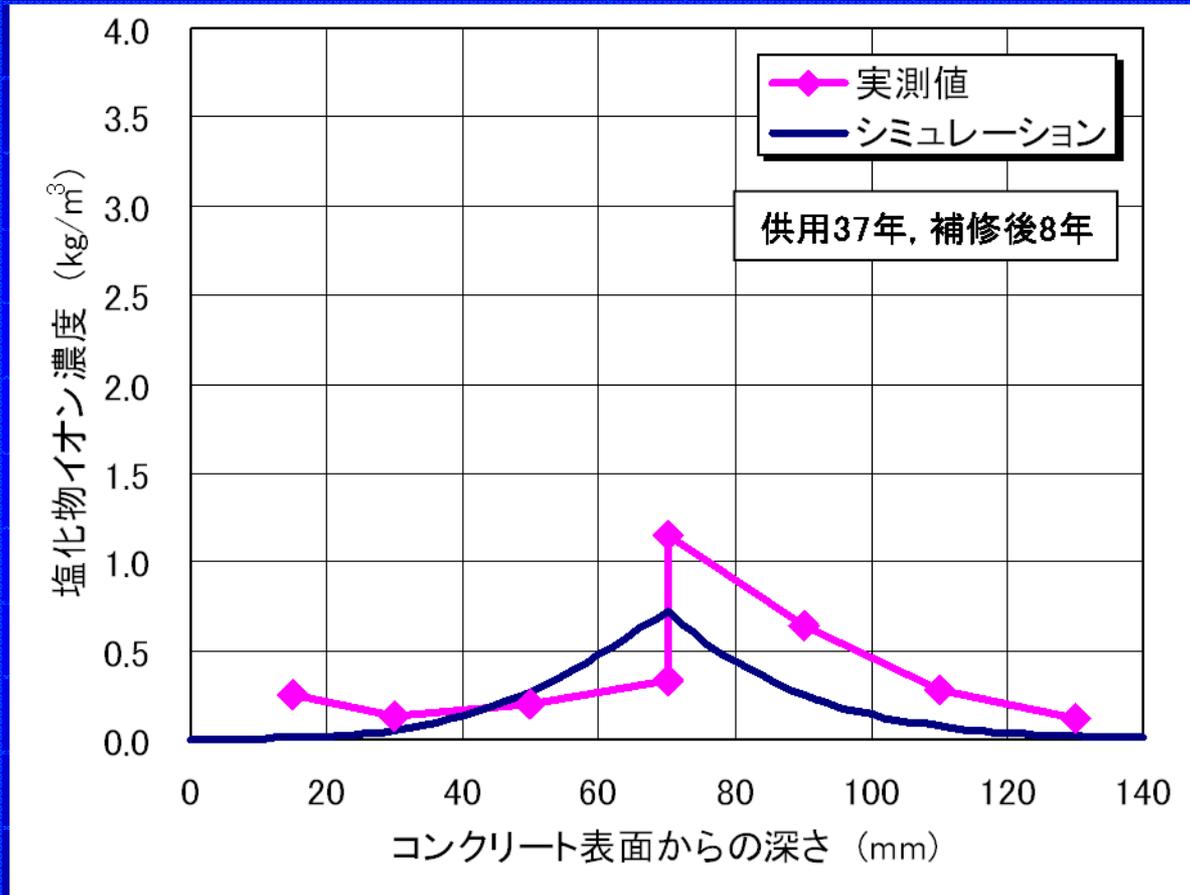
■ 断面修復直後の塩化物イオン濃度分布



■ ある経過時間後の塩化物イオン濃度分布



断面修復効果のシミュレーションと実測値の比較



断面修復材の塩化物イオン拡散係数は不明
→既設コンクリート相当と仮定

提案モデルによる補修効果の比較

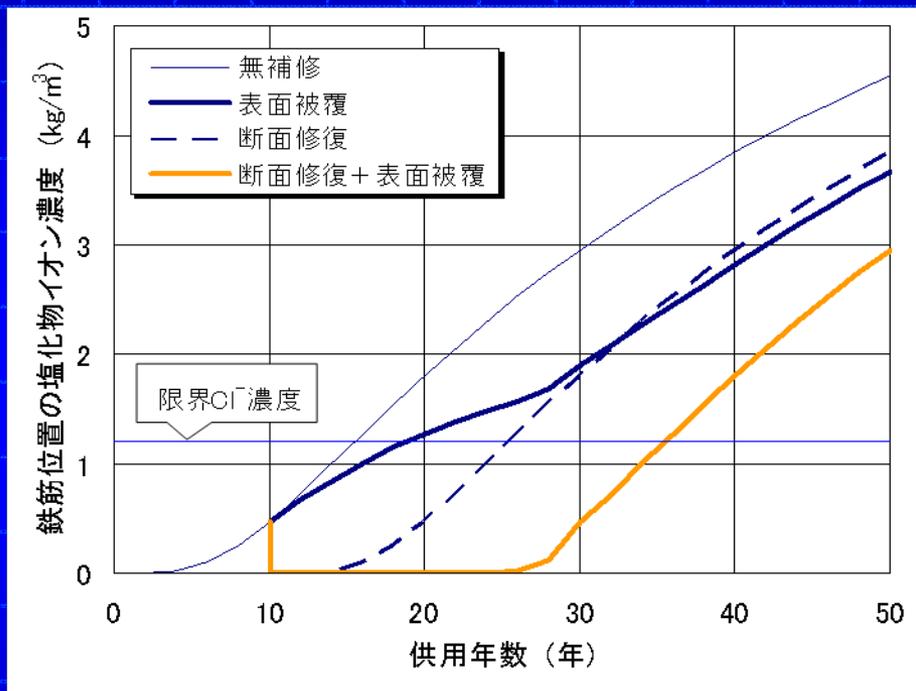
■比較する補修工法

- ◇無補修
- ◇表面被覆工法
- ◇断面修復工法
- ◇断面修復＋表面被覆工法

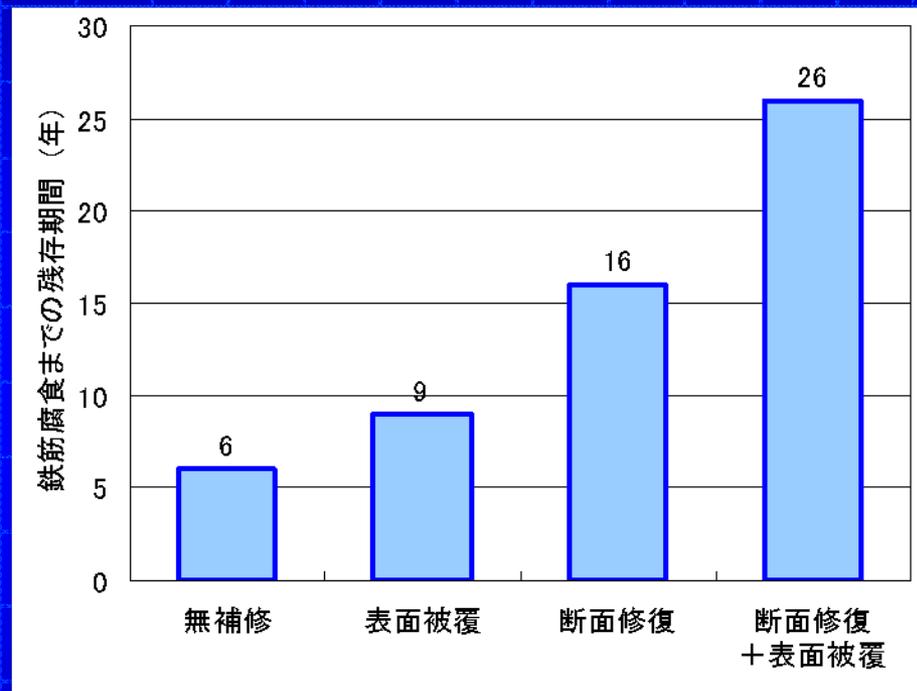
■計算条件

項目	値
表面塩化物イオン濃度	13kg/m ³
コンクリートの塩化物イオン拡散係数	0.73cm ² /年
断面修復材の塩化物イオン拡散係数	0.73cm ² /年
かぶり	80mm
断面修復におけるはつり深さ	120mm
限界塩化物イオン濃度	1.2kg/m ³

各補修効果のシミュレーション結果

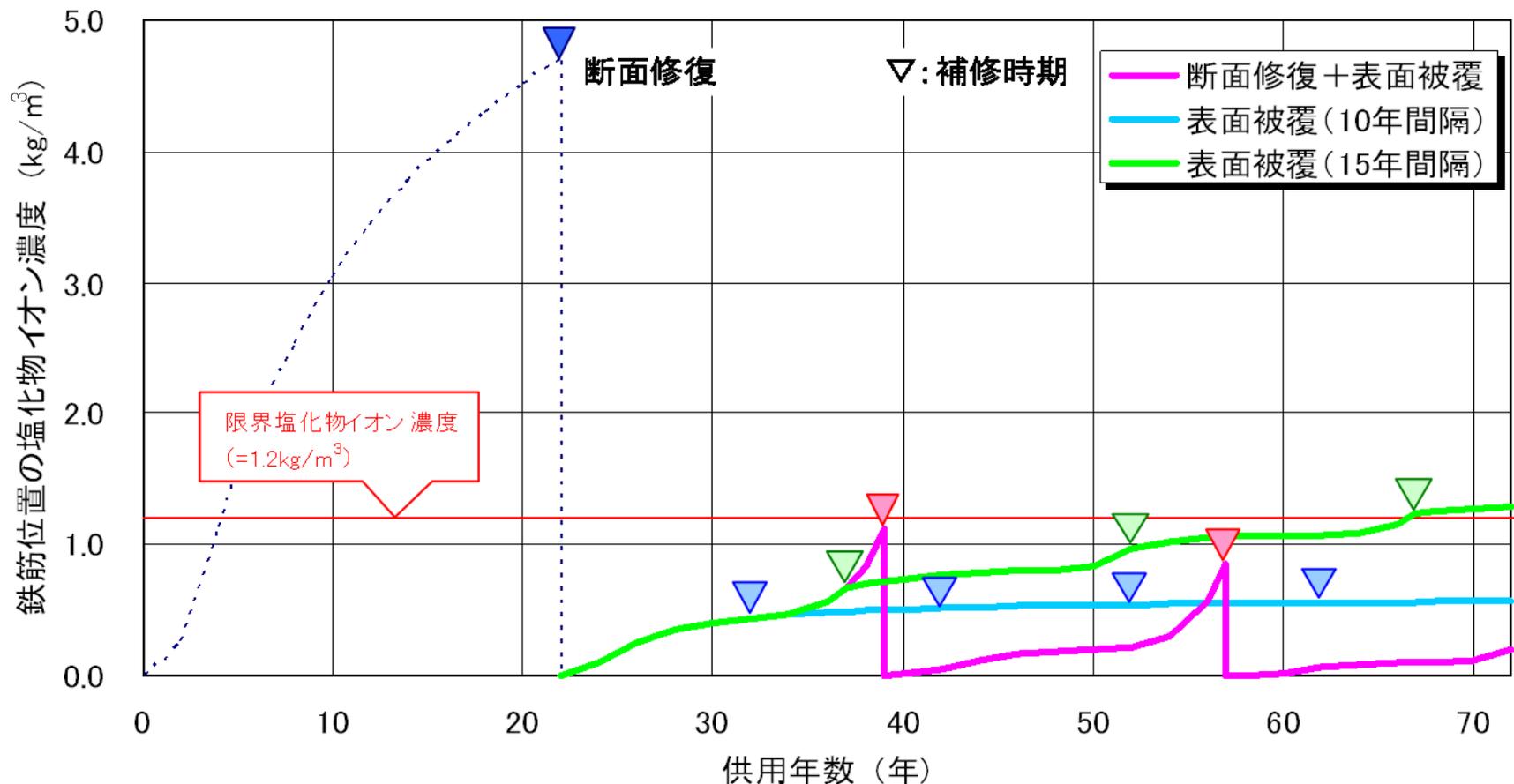


鉄筋位置の塩化物イオン濃度の経時変化

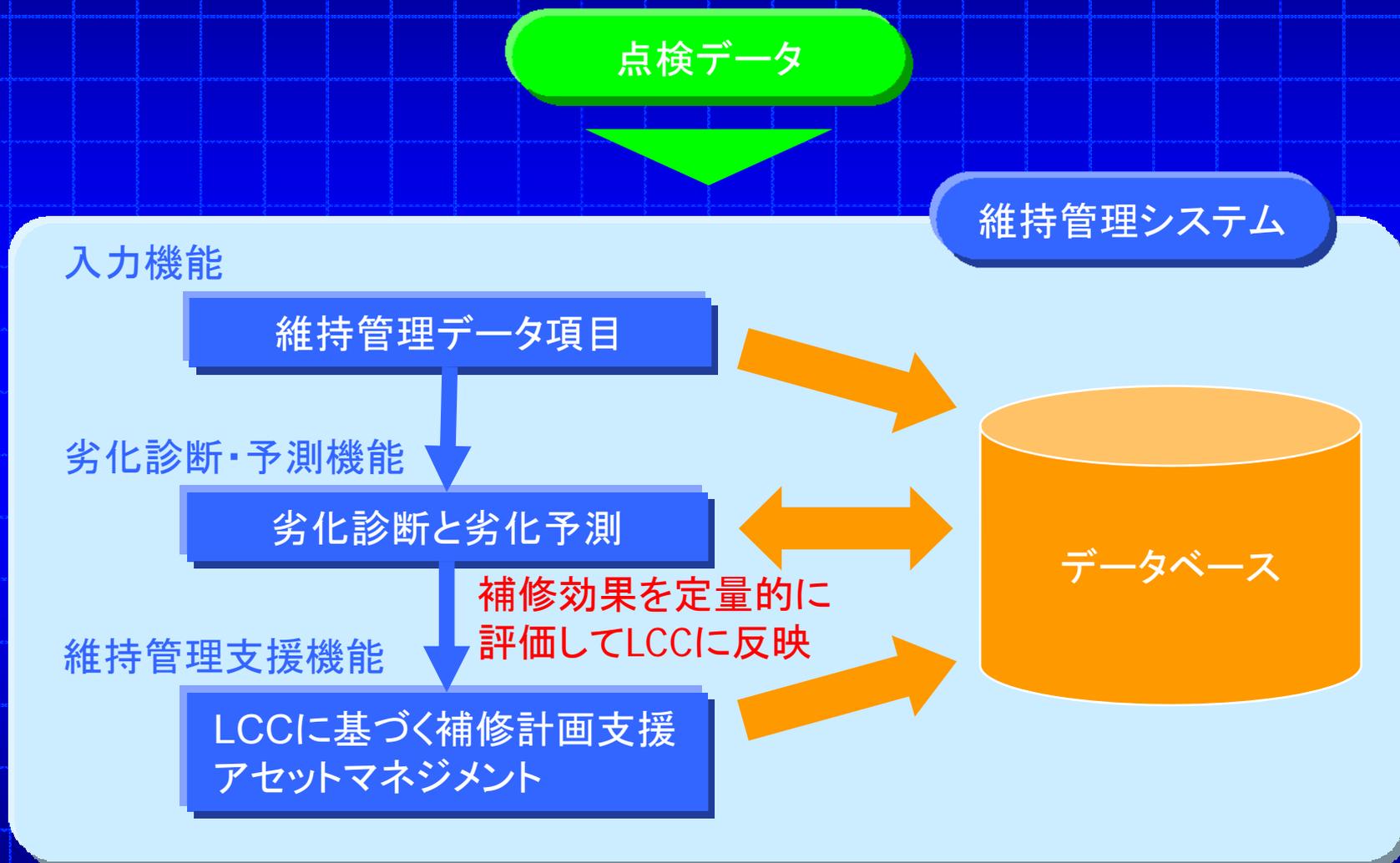


鉄筋腐食までの残存期間の比較

鉄筋腐食を限界状態とした場合の補修シナリオ



維持管理の全体イメージ



劣化診断・予測

Malprec Ver3.0

ファイル(F) 編集(E) 検索(S) ヘルプ(H)

補修計画作成

施設名称 施設1

構造物名称 構造物1 竣工年月日 1980/08/03

断面名称 断面1

調査年月日 2000/08/12 経過年数 20.02 データランク D 劣化段階 進展期

塩害 中性化

鉄筋腐食判定

限界塩化物イオン濃度 (kg/m3)	1.20
鉄筋位置塩化物イオン濃度 (kg/m3)	2.71
判定	NG
鉄筋腐食開始時期 (年)	5.96
残存期間 (年)	-14.06

ひび割れ発生判定

ひび割れ発生鉄筋腐食量 (%)	1.02
鉄筋腐食量 (%)	1.00
判定	OK
ひび割れパターン	ひび割れ型
ひび割れ発生時期 (年)	20.20
残存期間 (年)	0.18

耐荷性能判定

	引張応力度 (N/mm ²)	圧縮応力度 (N/mm ²)	曲げ耐力 (kN・m)	
常時	限界値	180.00	8.00	120.00
	計算値	130.68	2.34	314.01
	判定	OK	OK	OK
	限界値超過年	100.65	967.66	217.71
	残存期間 (年)	80.63	947.64	197.69
地震時	限界値	210.00	12.00	180.00
	計算値	196.02	3.52	314.01
	判定	OK	OK	OK
	限界値超過年	39.95	967.66	156.20
	残存期間 (年)	19.93	947.64	136.18

診断予測結果・グラフ表示

塩化物イオン濃度、鉄筋腐食

塩化物イオン濃度 鉄筋腐食量

耐荷性能の経年変化

[常時] 引張応力度 圧縮応力度 曲げ耐力

[地震時] 引張応力度 圧縮応力度 曲げ耐力

塩化物イオン濃度の経年変化

— 計算値 — 限界塩化物イオン濃度
— 調査時 — 現時点 (26.97年)

構造物情報 基礎データ 調査データ 劣化診断・予測 劣化機構判定・ひび割れ原因推定

補修計画立案

Malprec Ver3.0

施設名称: 施設1
 構造物名称: 構造物1
 竣工年月日: 1980/08/03
 断面名称: 断面1
 計画作成日: 2007/07/24
 経過年数: 26.97

1回のみ 複数回

補修工法およびパラメータ

補修工法	補修工事			調査・点検			維持作業			LCC
	工事単価	工事数量	間隔	費用	間隔	開始年	費用	間隔	開始年	
表面被覆	19,500	1	10	0	0	2007	0	0	2007	97,500
断面修復	97,000	1	15	0	0	2007	0	0	2007	388,000
断面修復+表面被覆	150,000	1	25	0	0	2007	0	0	2007	300,000

※「間隔」が0のときは算定対象外となります

初期投資額: 0 割引率(%): 0 算定期間: 76

LCC算定実行

補修パラメータ(断面補修のみ)
 塩化物イオン拡散係数 D_c : 0.86 (cm²/年)
 はつり深さ: 120 (mm)

塩化物イオン濃度 鉄筋腐食量 [常時] [地震時]
 引張応力度 圧縮応力度 曲げ耐力 引張応力度 圧縮応力度 曲げ耐力

鉄筋位置塩化物イオン濃度 (kg/m³)

共用年数(年)

無補修
 表面被覆
 断面修復
 断面修復+表面被覆
 限界塩化物イオン濃度
 計画作成日

エクスポート(複) 計画結果印刷 補修計画終了

補修費用の想定

Malprec Ver3.0

施設名称: 施設1
 構造物名称: 構造物1
 竣工年月日: 1980/08/03
 断面名称: 断面1
 計画作成日: 2007/07/24
 経過年数: 26.97
 1回のみ 複数回

補修工法およびパラメータ

補修工法	補修工事			調査・点検			維持作業			LCC	
	工事単価	工事数量	間隔	開始年	費用	間隔	開始年	費用	間隔		開始年
表面被覆	19,500	1	10	2007	0	0	2007	0	0	2007	97,500
断面修復	97,000	1	15	2007	0	0	2007	0	0	2007	388,000
断面修復+表面被覆	150,000	1	25	2007	0	0	2007	0	0	2007	300,000

※「間隔」が0のときは算定対象外となります

初期投資額: 0 割引率(%): 0 算定期間: 76
 LCC算定実行

補修パラメータ(断面補修のみ)
 塩化物イオン拡散係数 Dc: 0.86 (cm²/年)
 はつり深さ: 120 (mm)

経年変化グラフ

累積コスト(円)

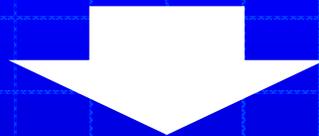
年数

— 表面被覆 — 断面修復 — 断面修復+表面被覆 — 計画作成日

エクスポート(複) 計画結果印刷 補修計画終了

まとめ

- 実建造物の表面被覆材の遮塩性能低下に着目して、表面被覆材の再劣化過程のモデル化を提案した。
- 断面修復後の塩化物イオン濃度の変化に着目して、断面修復後の塩化物イオン濃度の予測方法を提案した。
- 上記の補修効果モデルを補修計画立案のための維持管理システムに活用した。



- ◇ 中長期の維持管理計画の策定へ反映
- ◇ ライフサイクルコストの削減
- ◇ 維持管理費用の集中化の回避