道路橋における塩害の点検・評価と対策

金沢工業大学 宮里心一

道路整備率

	国道	県道	市町村道	全体	全国
富山	64.4 %	67.7 %	76.6 %	74.8 %	1位
石川	76.5 %	63.5 %	74.1 %	72.7 %	2位
福井	74.5 %	58.4 %	71.5 %	69.8 %	5位

(2015年8月22日 北国新聞朝刊)

北陸3県の道路整備率は極めて高い。





道路橋の老朽化対策に対する提言の変遷

年月	内容
15年4月	道路構造物の今後の管理・更新等のあり方
20年5月	道路橋の予防保全に向けた提言
25年2月	PC橋の長期保証に関する検討
25年6月	道路のメンテナンスサイクルの構築に向けて
26年1月	高速道路資産の長期保全及び更新のあり方 に関する提言
26年4月	道路の老朽化対策の本格実施に関する提言
26年10月	SIP研究開始

提言におけるコンクリートの寿命は50年を想定

発表のフロー

塩害のメカニズム

- ①劣化進行の概念
- ②経年劣化の定量例
- ③維持管理設計とは



北陸の実状

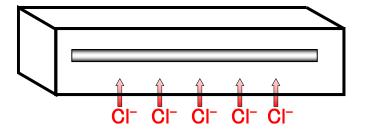
4__

塩害とは

コンクリート中の鋼材が、塩化物イオンによって 腐食し、膨張圧によってコンクリートにひび割れ や剥離が生じたり、鋼材の断面が減少したりし て、コンクリート構造物の耐荷性や使用性、美 観などが低下する現象。

塩害は、コンクリート自体の強度を低下させないが、コンクリート内部の鉄筋を腐食させるため、耐久性を論じる際に重要となる。

海からの飛来塩分や凍結防止剤(融雪剤) による塩害進行の流れ



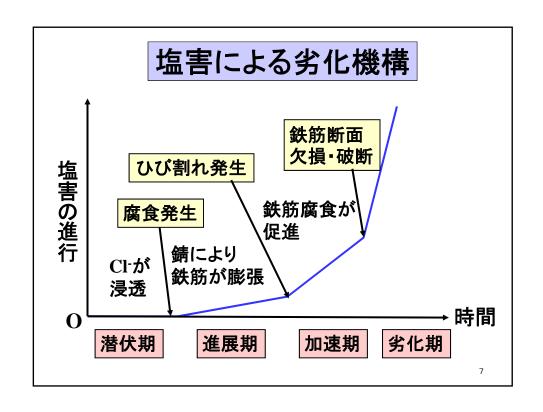
塩化物イオンがコンクリート内部の鉄筋に浸透する。

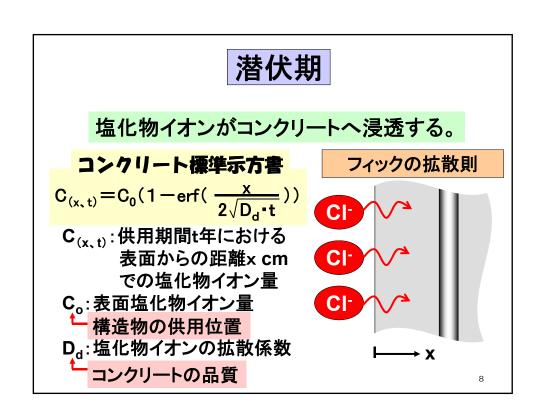


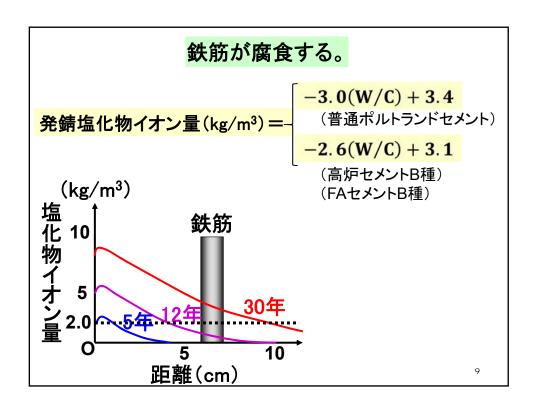
鉄筋周囲の不動態皮膜が破壊し、腐食が進行する。

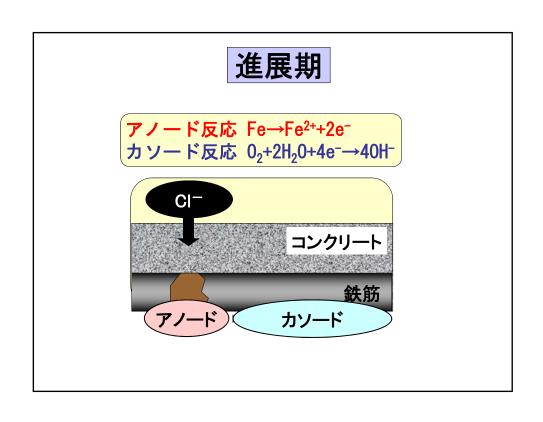


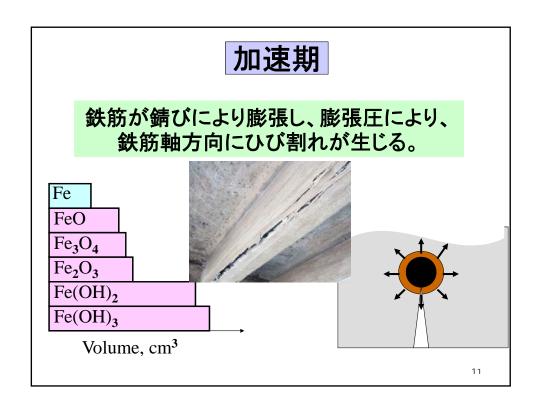
かぶりコンクリートが剥落する。鉄筋の断面が減少する。

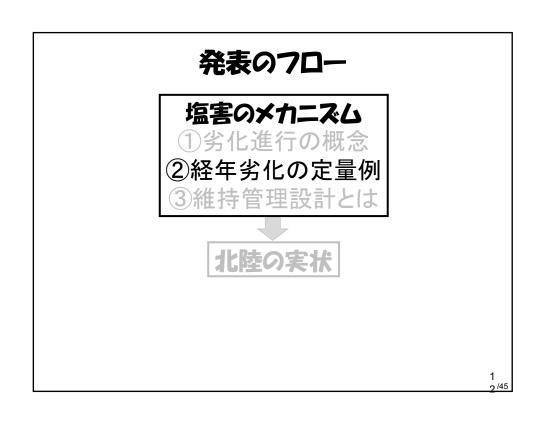


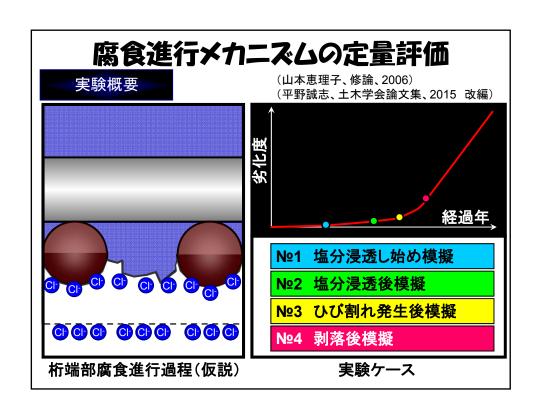


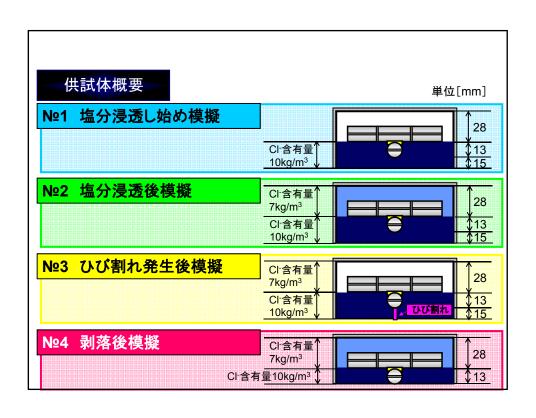


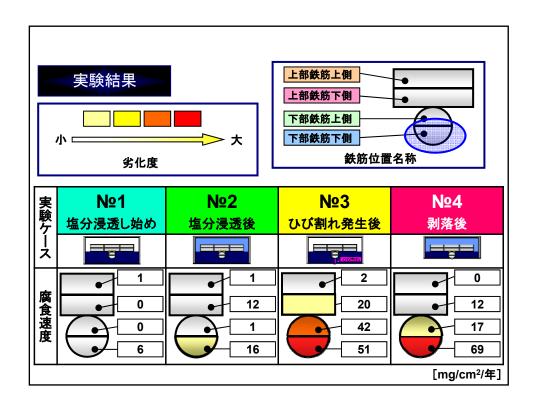


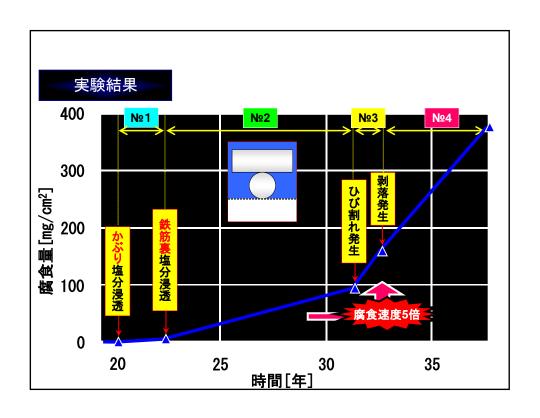












発表のフロー

塩害のメカニズム

- 1 劣化進行の概念
- 2 経年劣化の定量例
- ③維持管理設計とは

北陸の実状

17

コンクリート構造物のライフサイクルデザイン

(a)予定供用期間と現時点における性能水準の設定



(b)管理性能水準の設定



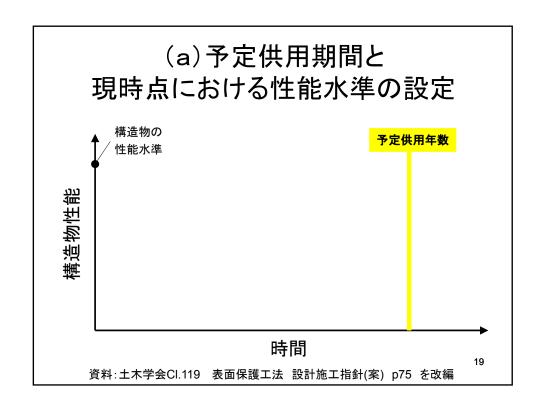
(c)性能低下曲線の作成

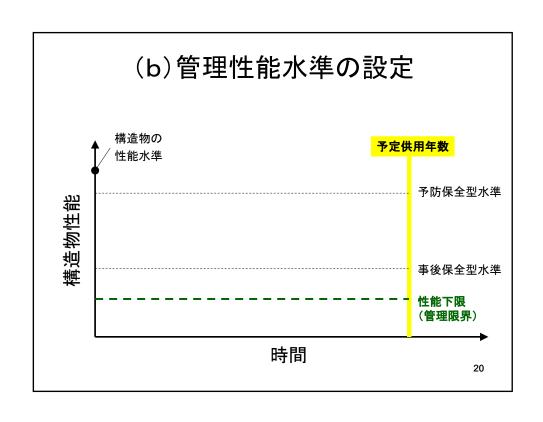


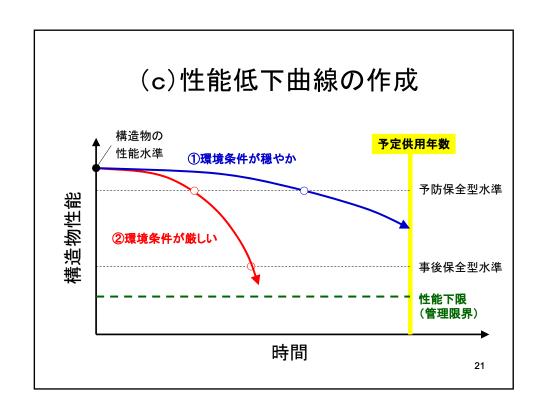
(d)維持管理方針と目標性能水準に基づいたLCDの策定

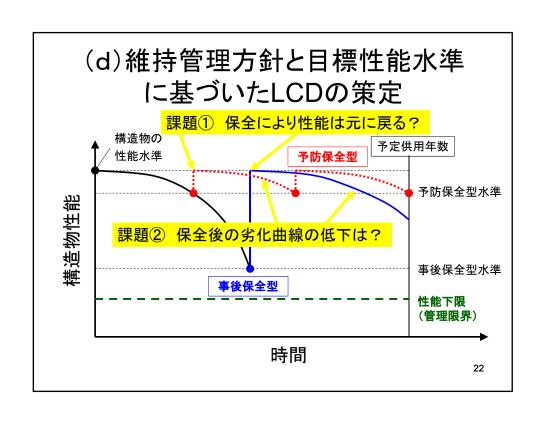


(e)ライフサイクルコストの試算 (life cycle cost: LCC)









(e)ライフサイクルコストの試算 (life cycle cost: LCC)

LCC = I + M + R

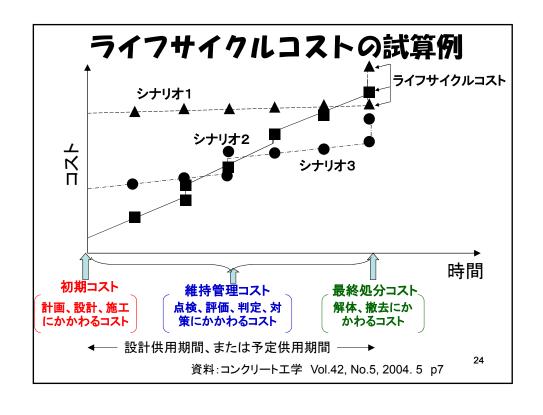
ここに、 I: イニシャルコスト(初期建設費用)

M:維持管理にかかる費用

(維持管理費用、補修補強を含む)

R:撤去費用

資料:土木学会CI.119 表面保護工法 設計施工指針(案) p74



橋やトンネルのメンテナンス

➡人間の「健康管理」にたとえることができる。

人間は、できるだけ健康で長生きできるよう心がける。

- ⇒ 常日頃から食事に気をつける。
- ▶ 適度な運動を行う。
- 定期的な健康診断を受ける。
- > 病気を予防する。
- ▶ 病気になった時には、病院に行き、医師の診察 を受け、治療を受ける。

25

橋やトンネル 人間

第1ステップ

点検・調査 ⇔診察

定期点検 ➡ 人間ドック

第2ステップ 性能評価 ⇔診断

診断により、健康なのか病気なのか、どんな病気で原因は何か、どの程度進行しているのかを判断する。

第3ステップ 補修・補強 ⇔治療

医師は、予めどの様な治療法があるのかを熟知しておく 必要があり、患者にあった治療計画を立る。

虫歯の対策

予防保全



歯磨き

事後保全



歯医者

予防保全と事後保全

予防保全

- 表面被覆
- 表面含浸
- FRCC
- 高耐久コンクリート
- 耐食性鉄筋

早期(潜伏期)に対策する

事後保全

- 断面修復
- 樹脂注入
- FRP補強
- 電気防食

変状が顕在化してから (加速期に)対策する

発表のフロー

塩害のメカニズム

北陸の実状

- ①他国の状況
- ②全国をマクロにみた老朽化の状況
 - ③北陸3県の実状
 - ④再劣化のメカニズム
 - ⑤北陸3県における保全戦略

29

ヨ―ロッパ



予防保全が進んでいる



ローマの街の衰退

皇帝ネロの新しい都市計画により、ローマの街は巨大な上水道施設が造られ、下水道が完備されるなど、各種の社会基盤が整備された。

住みやすいため、 ローマの人口は 100万人を超えた。

これらのメンテナンスの費用が膨大となって、人々は負担に耐えられなくなった。

330年に首都移転 (ローマ→コンスタ ンチノーブル【現イ スタンブール】)。 ローマの人口は4 万人に減少。

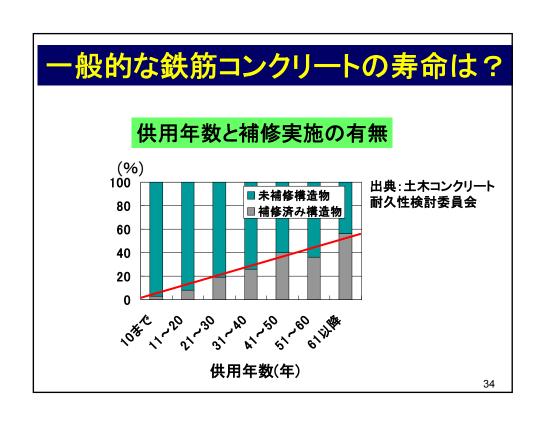
3/

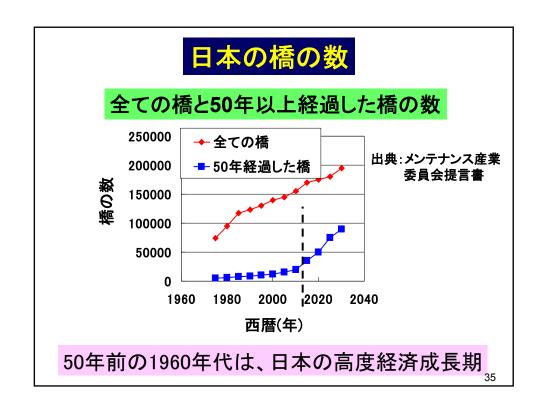
発表のフロー

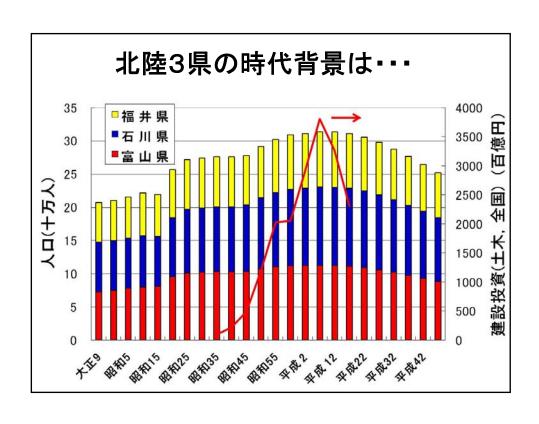
塩害のメカニズム

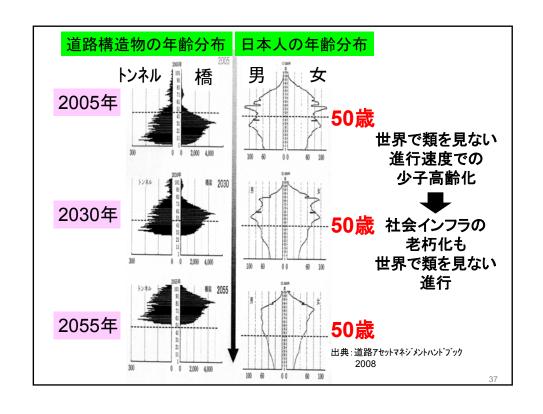
北陸の実状

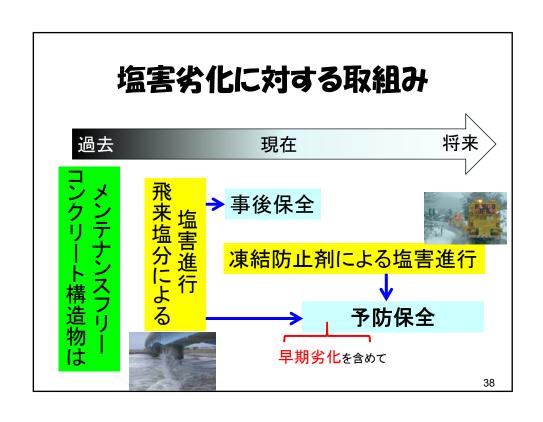
- ①他国の状況
- ②全国をマクロにみた老朽化の状況
 - ③北陸3県の実状
 - 4 再劣化のメカニズム
 - ⑤北陸3県における保全戦略

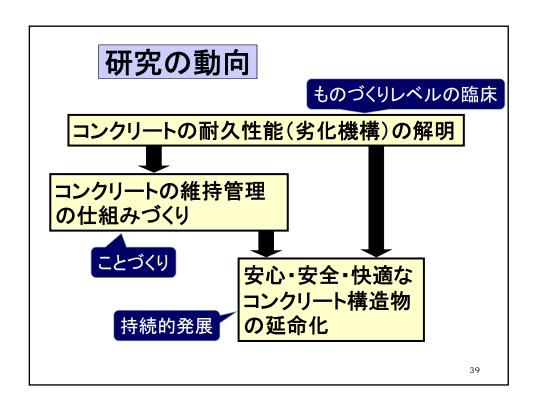












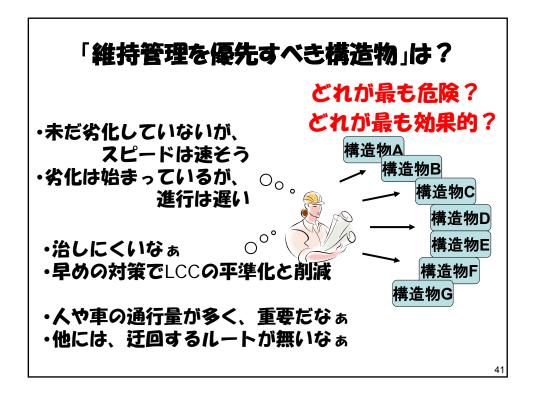
予防保全への転換

土木学会 コンクリート委員会

材料劣化が生じる コンクリート構造物の 維持管理優先度研究小委員会

委員長 宮里心一

(2010年~2015年)



土木学会342委員会を通じて思うこと

場当たり的な維持管理から、 戦略に基づく維持管理へ、 移行する。



どちらの電車に乗りますか?





山手線

京浜東北線

品川 14:03 14:04 田町 14:06 14:07 • 浜松町 14:08 14:09

新橋 14:10 \downarrow 将来を予測して 適切な対応を図る 有楽町 14:12 ことが重要 東京 14:14 14:13

43

発表のフロー

塩害のメカニズム



北陸の実状

②全国をマクロにみた老朽化の状況

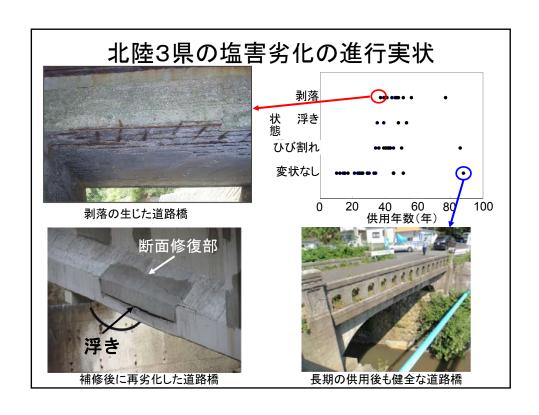
③北陸3県の実状

4 再劣化のメカニズム

5北陸3県における保全戦略



調査内容			
	調査項目		
立地 条件	汀線からの距離、橋梁名、架橋年月、道路管理者		
	ひび割れ	かぶりコンクリートの浮き	かぶりコンクリートの剥落
損傷 の 有無	บ์ชาก	(⊝) #€	利茂 一人 一人 一人 一人 一人 一人 一人 一人 一人 一人
補修 履歴	補修の有無(有る場合には種類)		

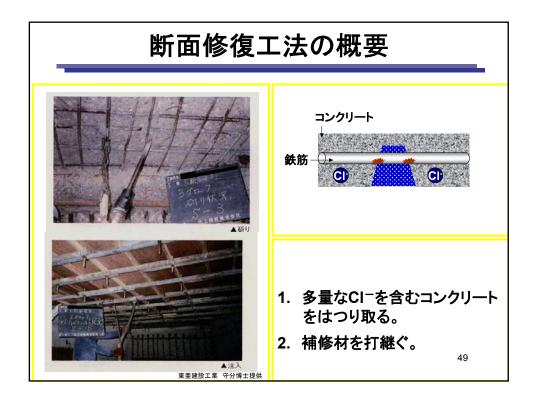


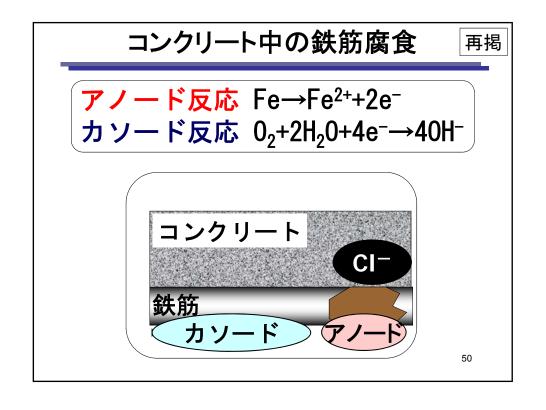


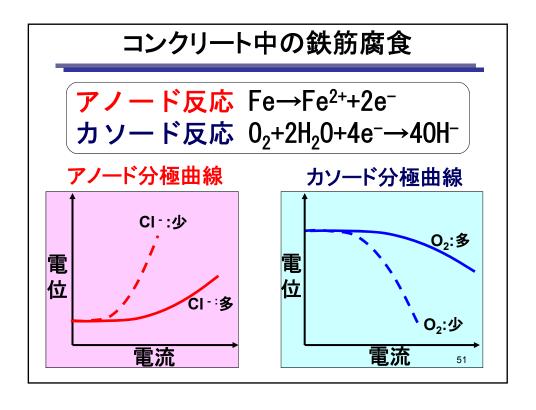
塩害のメカニズム

北陸の実状

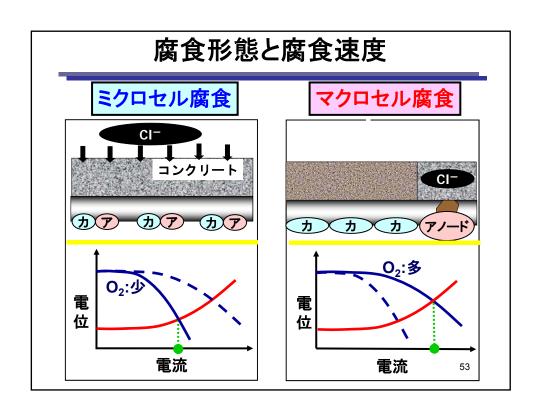
- ①他国の状況
- ②全国をマクロにみた老朽化の状況
 - ③北陸3県の実状
 - ④再劣化のメカニズム
 - ⑤北陸3県における保全戦略

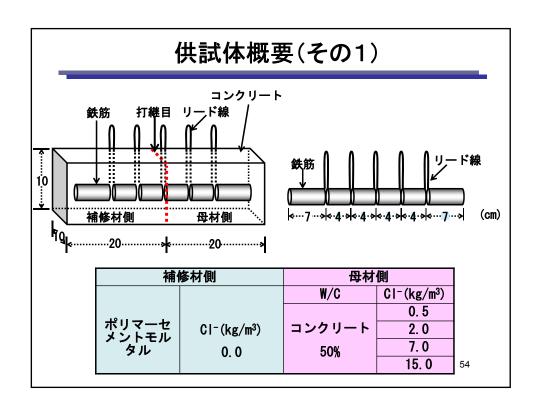


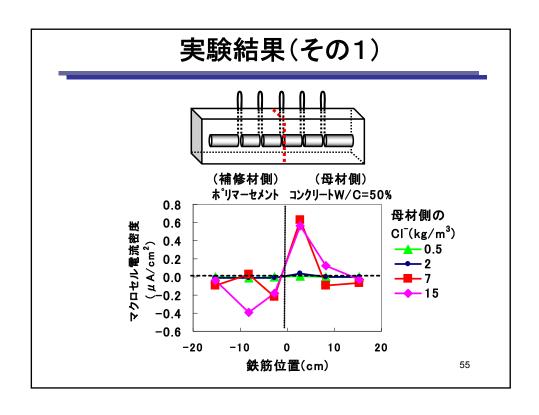


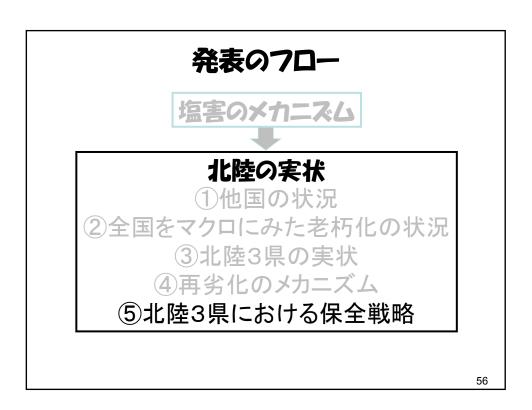


	腐食形態	<u> </u>
塩分濃淡	なし	あり
腐食形態	ミクロセル	マクロセル
特長	アノードは全面的	アノードが局所化
	コンクリート	母材 断面修復材 コンクリート
概念図	CI- CI- CI-	CI
	カアカア カア カア ショウロセル ミクロセル	カカカアノードマクロセル
	•	52









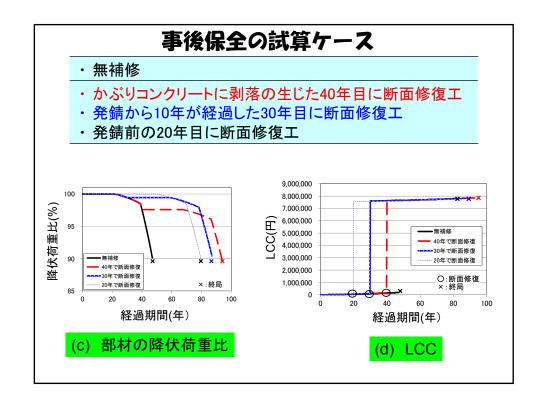
計算に用いた部材・劣化の条件		
値		
45%		
50mm		
13mm		
(実態調査より) 11.0kg/m³		
2.246kg/m ³		

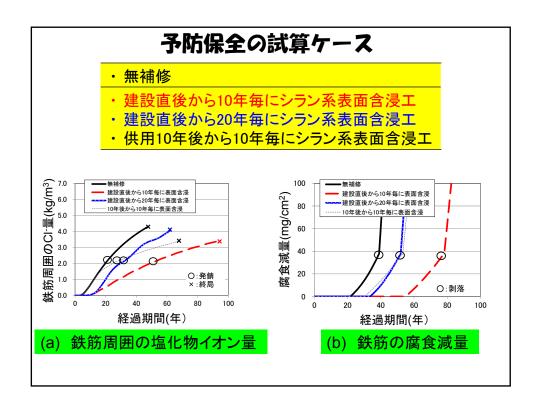
計算に用いた塩化物イオン浸透の条件

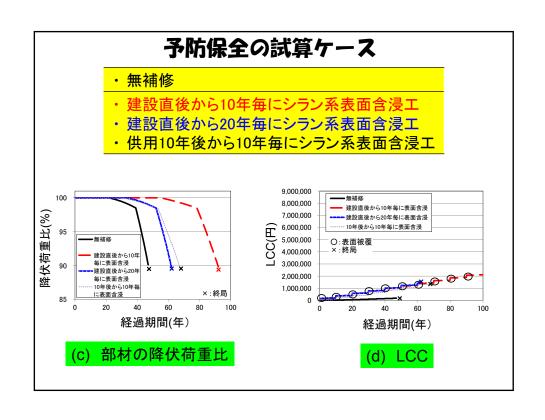
	項目	値
コンクリート	拡散係数	0.355cm²/年
	補修効果の寿命	20年間, その後は効果無し
表面含浸材	拡散係数	0.1cm²/年
	厚さ	5mm

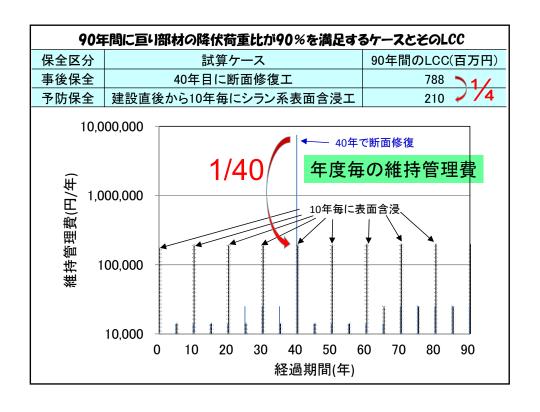
計算に用いた腐食速度と耐荷力の条件 $(0.0423 \times W/C^{-1.5091}) \times Cl^{-} \times \frac{1}{\sqrt{c}}$ $q = 0.092 \times e^{-1}$ q:質量減少率(%/年) 進展期 CI⁻: 全塩化物イオン量(kg/m³) W/C:水セメント比(%), c:かぶり(mm) [松林裕二, 桝田佳寛ほか:建築学会論文集, 2000] 進展期の7倍 加速期 ひび割れを発生させる腐食量 38.46mg/cm² 部材の降伏荷重比 降伏荷重比=1.0一質量減少率(%)×0.010 [JSCE331委員会成果] 計算に用いた費用 表面含浸工 3,500円/m² 補修 150,000円/m² 断面修復工 目視調査(発錆前の目視点検) 280円/m² 点検 500円/m² 目視調査(発錆後の目視点検, 浮き・剥離調査)

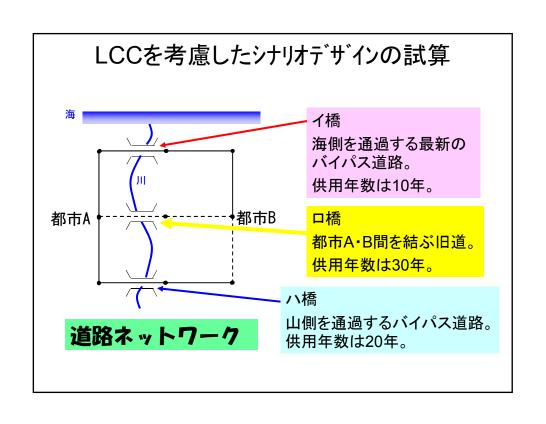
事後保全の試算ケース ・無補修 ・かぶりコンクリートに剥落の生じた40年目に断面修復工 ・発錆から10年が経過した30年目に断面修復工 ・発錆前の20年目に断面修復工 周囲のCI-量(kg/m³) 7.0 無補修 100 -無補修 無補修40年で断面修復30年で断面修復20年で断面修復 〇:発錆 ×:終局 無無診40年で断面修復30年で断面修復 〇:剥落 腐食減量(mg/cm²) 6.0 80 20年で断面修復 5.0 60 4.0 ØØ 2.0 1.0 冠 0.0 20 20 60 100 経過期間(年) 経過期間(年) (a) 鉄筋周囲の塩化物イオン量 (b) 鉄筋の腐食減量



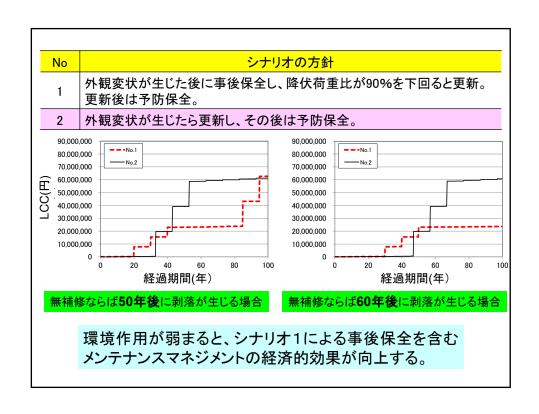








メンテナンスマネジメントのシナリオ案		
No	シナリオの方針	
1	外観変状が生じた後に事後保全し、降伏荷重比が90%を下回ると更新。 更新後は予防保全。	
2	外観変状が生じたら更新し、その後は予防保全。	
90,000 80,000 70,000 60,000 90,000 40,000 20,000 10,000	1,000	



環境作用の厳しい地方における 事後保全から予防保全への転換のシナリオ案

- ・危険な状態の橋を早急に更新あるいは通行規制する。
- ・変状のある橋を詳細調査し、安全性・使用性を満足しなければ更新し、その後は予防保全する。
- ・変状のない橋をモニタリングしながら無補修で供用し続け、変状が生じた時点で事後保全せずに更新し、その後は予防保全する。この場合、変状が現われる時期を将来予測するためには、非(微)破壊試験や詳細点検が必要になる。
- ・事後保全は、できる限り避ける。

発表のフロー

塩害のメカニズム

- ①劣化進行の概念
- ②経年劣化の定量例
- ③維持管理設計とは



北陸の実状

- ①他国の状況
- ②北陸3県の実状
- ③再劣化のメカニズム
- ④北陸3県における保全戦略

