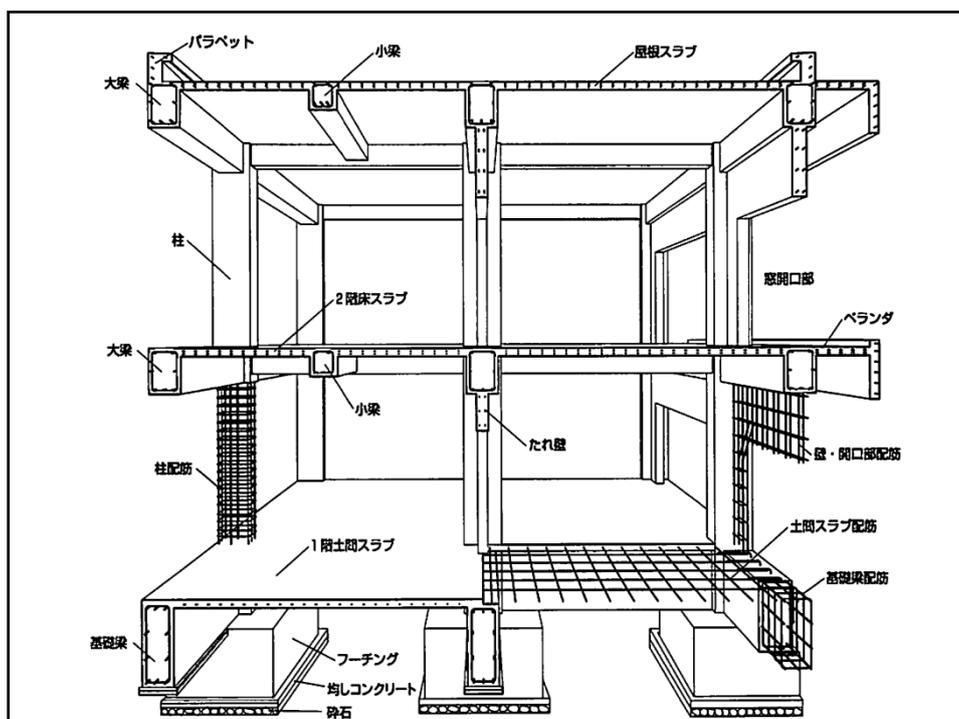


100年使用する コンクリート躯体 の長寿命化の課題 と対策

2015年10月23日
習志野市公共施設躯体活用型建替検討専門委員会資料

日本大学
教授 湯浅 昇

2013年10月29日
「100年学校モデル」検討委員会資料

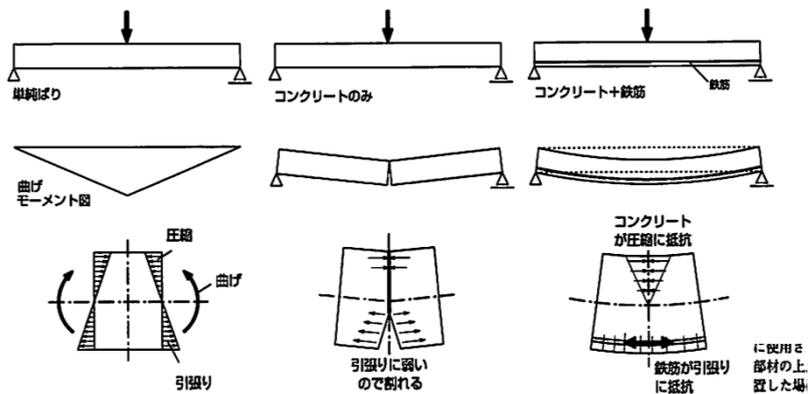


鉄筋コンクリート

- Reinforced Concrete Structure
「補強されたコンクリート構造」

ポイント

- コンクリートの圧縮強度は大きい
- コンクリートの引張強度・曲げ強度は小さい
- 鉄筋がコンクリートの弱点を補う



ポイント

- 構造上の引張荷重は鉄筋で受ける
→ 曲げ力はコンクリート圧縮耐力と鉄筋の引張耐力を複合して

コンクリート：セメント、水、砂、砂利を混ぜて製造
 硬化はセメントと水の水和反応（化学）による

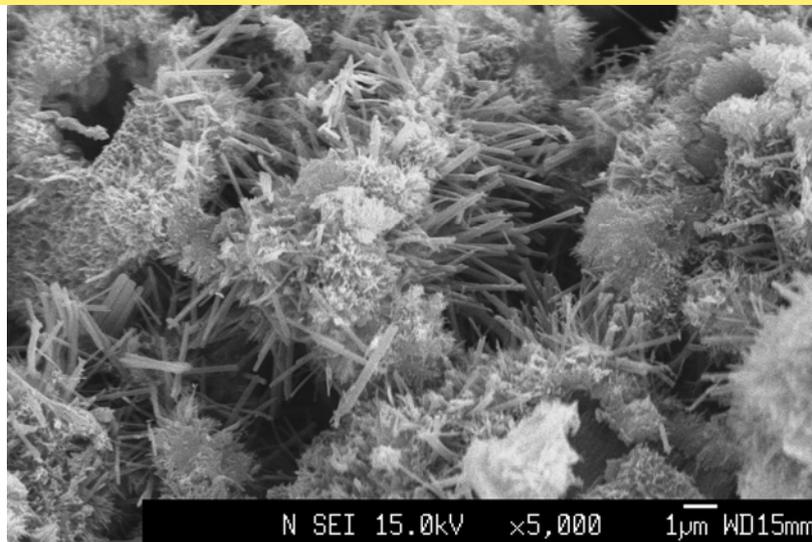
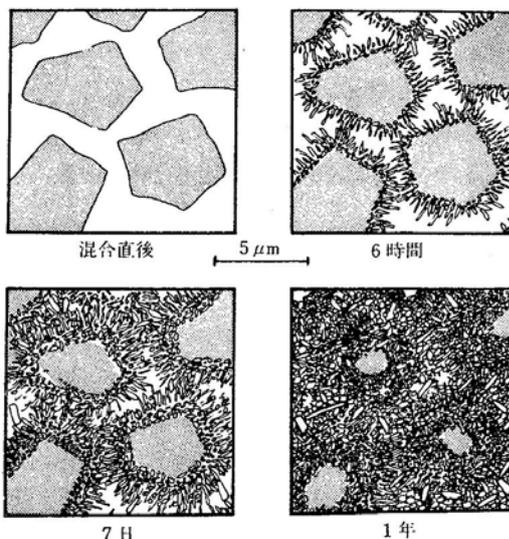


写真 普通ポルトランドセメントペースト(W/C:50%、材齢1日)の水和
 (長さ1~4µm程度の柱状の結晶はエトリンガイト、基盤をなす微細な繊維状の物質はC-S-H)

コンクリートはどのようにして強度が
 発現するのか、凝結、硬化の模式図

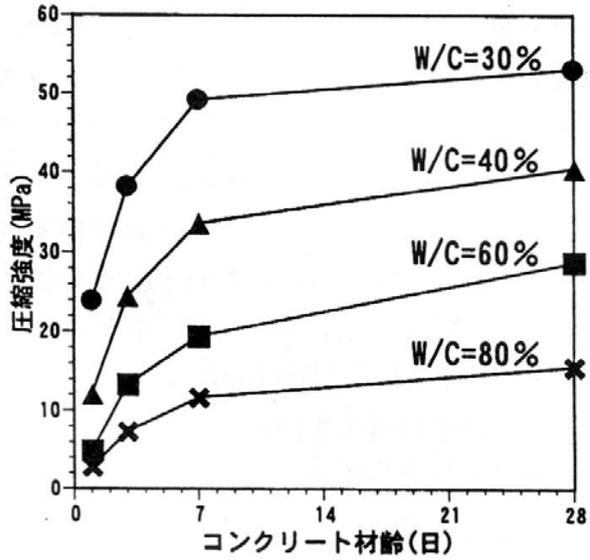
水和の進行



コンクリートはどのようにして強度が発現するのか、

材齢と圧縮強度の関係 (20°C、封かん)

組織の緻密化が強度を増加させる





軍艦島



沖縄のアパートの廊下崩壊





鉄筋が腐食し、その上の（かぶり）コンクリートが剥落する現象

- コンクリートが空気中の二酸化炭素により、アルカリ性から中性に変化することに起因
= 中性化による鉄筋腐食
- コンクリート中の塩分（内在塩分と外来塩分の別有）に起因
= 塩害







腐食した鉄筋の位置で浮いたコンクリート片

中性化による鉄筋腐食とコンクリートの剥落

- コンクリートは、セメントの水和生成物である水酸化カルシウム(Ca(OH)_2)によってpHが12~13の強アルカリ性を示し、コンクリートの中の鉄筋の表面には、厚さ2~6nm厚の水和酸化物($\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$)の酸化皮膜(一般に不動態皮膜と呼ばれる)が形成される。
- このような状態では、鉄筋はこの被膜により保護されるため腐食はみられない。
- しかし、空気中の二酸化炭素(大気中の濃度はおよそ400ppm、室内の濃度は2,000ppmを超えることもある)と水との反応によって、式のように生成した弱酸である炭酸が、コンクリート表面より徐々に水酸化カルシウムを侵して中性化し、中性物質である炭酸カルシウムを生成する。



式(1)



式(2)

○ こうしてコンクリートはアルカリ性を失う



中性化予測式

$$C = A\sqrt{t}$$

C: 中性化深さ

t: 経過時間

A: 中性化速度係数(コンクリートの材料や水セメント比
仕上げ材等の要因によって変化する係数)

水セメント比が大きいとA大

含水状態小さいとA大

仕上げ材有り無し及びその密閉度が高いとA大

- この中性化が鉄筋の位置に到達すると、鉄筋表面の水酸化物の皮膜が破壊され、酸素と水の供給があれば、鉄筋は腐食する。

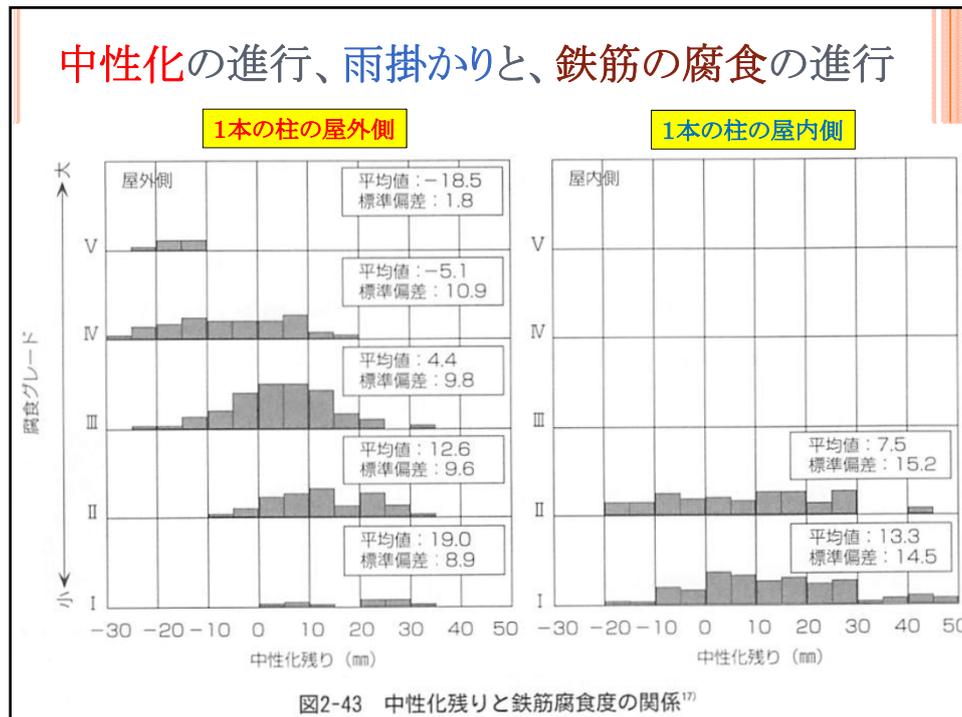


- 鉄筋が腐食すると、発錆によりおおよそ**2.5倍の体積膨張**が生じる。
- ここで発生する膨張圧は、写真に示すように、かぶりコンクリートを押し出す。
- その結果、コンクリートには鉄筋まで貫通するひび割れが発生する。
- 更にひび割れを通して、酸素と水は直接鉄筋に供給され、ますます腐食は進行し、いつしか剥落することになる。



かぶりコンクリートが鉄筋の腐食時の膨張圧で押し出される

中性化の進行、雨掛かりと、鉄筋の腐食の進行



(中性化による)
鉄筋腐食の可能性

- 中性化の進行？
- 塗膜による二酸化炭素の遮断？
- かぶり厚？
- 水の存在？
- 塗膜による水の遮断？
- 酸素の存在？
- 塗膜による酸素の遮断？

(建設時に気をつける) 鉄筋の腐食を防ぐための基本

- ①二酸化炭素が透過しにくいコンクリートをつくる。
＝水セメント比の小さいコンクリートを使う
- ②鉄筋のかぶりを十分とる。
- ③コンクリート表面に気密性の塗装あるいはモルタルで覆う。

表 6.1 一般環境地域における設計かぶり厚さ (mm)

設計耐用年数				30年	65年	100年	
土または水に 接しない	床スラブ	屋内	仕上げあり	20	30	30	
			仕上げなし	20	30	40	
	屋根スラブ	屋外	仕上げあり	20	30	40	
			仕上げなし	30	40	50	
	非耐力壁	柱	屋内	仕上げあり	30	40	40
			仕上げなし	30	40	50	
		梁	屋内	仕上げあり	30	40	50
			仕上げなし	40	50	60	
耐力壁	屋外	仕上げあり	30	40	50		
		仕上げなし	40	50	60		
土または水に 接する	土または水に接する柱・梁・床スラブ・耐力壁			40	50		
	基礎・擁壁			60	70		

〔注〕「仕上げあり」は、コンクリートに密着する耐久性上有効な仕上材を原則とする。

注2) 設計耐用年数30年のかぶりは最小かぶり厚を示す

塗膜による 鉄筋コンクリート構造物の保護

- ただ塗ればいわけではない!!!
塗膜の品質により効果は異なる

分類	中性化率	
複層塗材	0.32	
薄付け仕上塗材	1.02	外装薄付塗材(樹脂リシン)
厚付け仕上塗材	0.35	
塗膜防水層	0.10	アクリルゴム系
塗料	0.81	
下地調整材	0.87	



極めて安価であるが
リシンは全く効果がないと言われている



塗膜の寿命≪コンクリートの寿命

塗膜＝高分子材料は

光に弱い (ただし塗膜の種類により程度は異なる)



塗膜は適度の
塗り直しが必要

種類が違っても
基本的に重ね塗りOK

紫外線によって、塗料の中の顔料(着色料)を結合している樹脂層が劣化すると、顔料(着色料)の離脱が起こり、チョークの粉のように塗膜の表面が粉状になる。これがチョーキング。

暴露試験体制

北海道・泊

イギリスにも

九州・霧島

千葉・日大

三宅島

辺野喜

沖縄・辺野喜

5km

500m

200m

日本国

N

海側

沖縄辺野喜 琉大・日大共同暴露場



既存学校建物の維持保全の前にまずやるべきこと

- 耐震診断→
OUTの場合、耐震補強
もしくは建て替え
- アスベスト調査→有る場合、除去
(封じ込めは薦めない)

これからの維持保全にむけて

- スクラップ&ビルトの時代・・・今でも。。

壊し新たな建物をつくるための口実

中性化深さ = かぶり厚

をもって建物の**寿命**

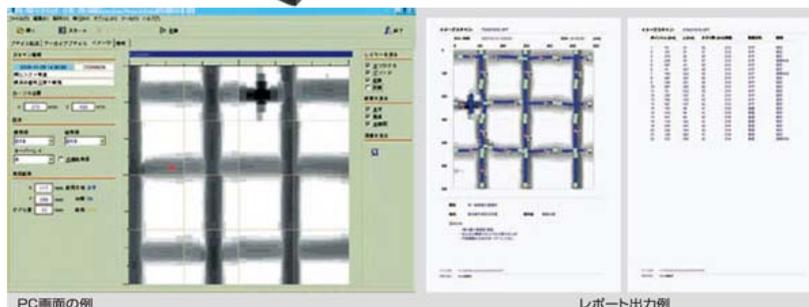
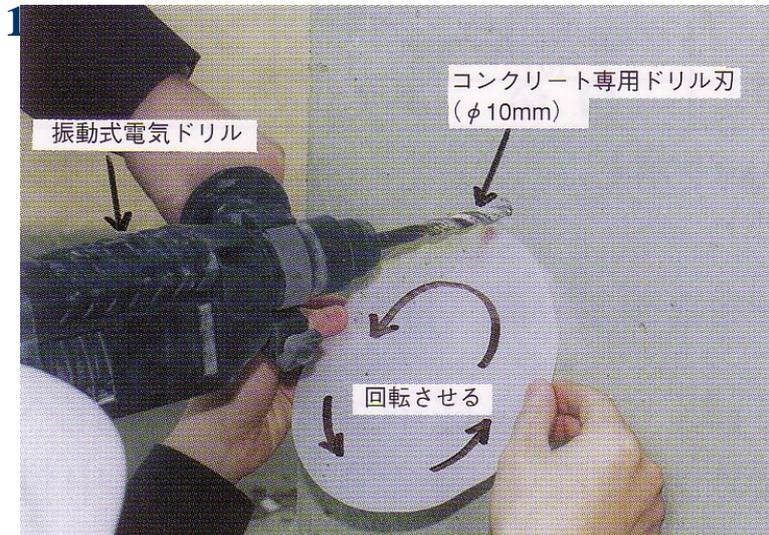
- それは建物の寿命なのか・・・**違う!**
癌が発見されただけ。

現状を**理解**し**手当**をすれば

延命ができる

ドリル削孔粉による中性化測定方法

◆ 日本非破壊検査協会規格:NDIS 3419-



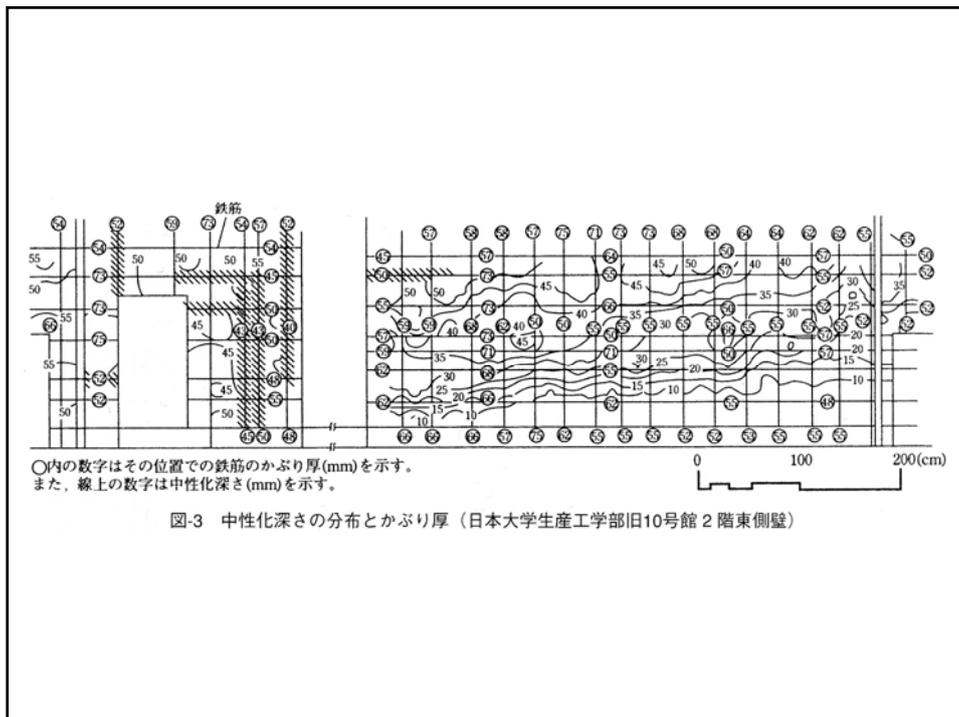


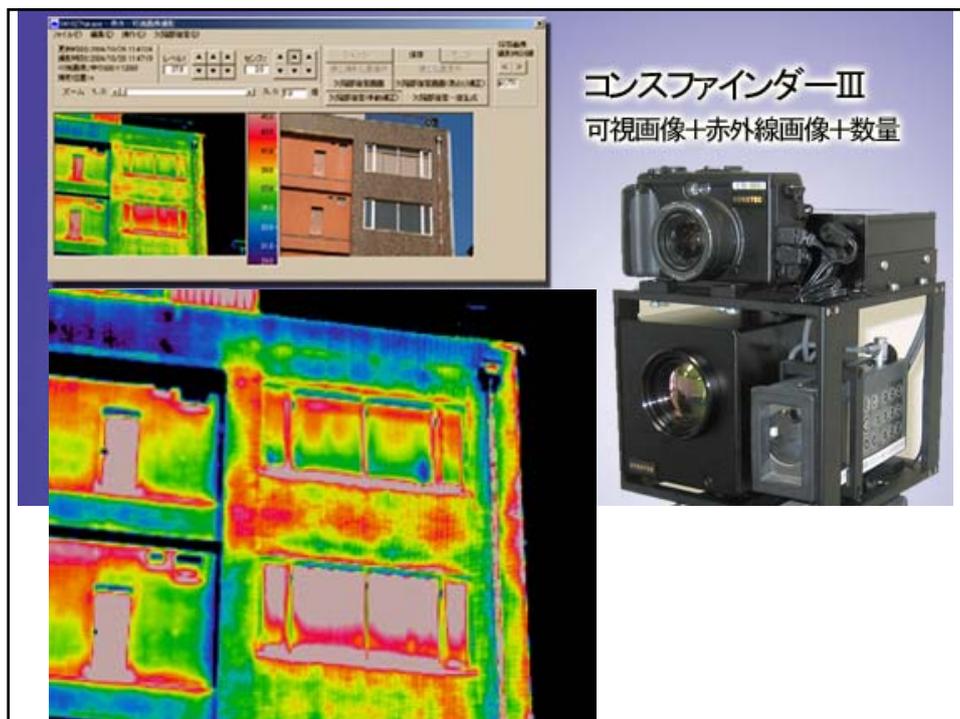
写真3 交流インピーダンス測定器

ASTM規格による鉄筋腐食

自然電位 E _{corr}	コンクリート中の鋼材腐食の可能性
-200mV < E _{corr}	90%以上の確率で腐食なし
-350mV < E _{corr} ≤ -200mV	不確定
E _{corr} ≤ -350mV	90%以上の確率で腐食あり

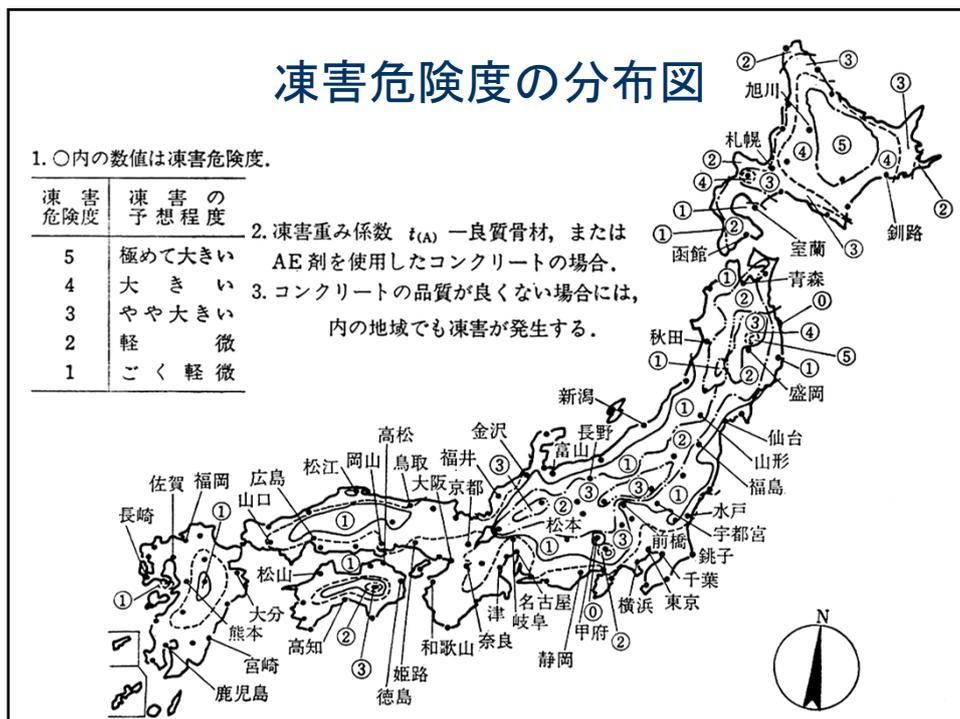
CEB規格による判定基準

分極抵抗測定値 R _{ct} (kΩ・cm ²)	腐食速度推定値		腐食速度の判定
	腐食電流密度 I _{corr} (μA/cm ²)	腐食速度 (mm/year)	
130より大	0.2未満	0.0023未満	不動態状態(腐食なし)または極めて遅い腐食速度
52以上130以下	0.2以上0.5以下	0.0023以上0.0058以下	低～中程度の腐食速度
26以上52以下	0.5以上1以下	0.0058以上0.0116以下	中～高の腐食速度
26未満	1より大	0.0116より大	激しい、高い腐食速度



庇の凍害





アルカリ骨材反応による劣化

