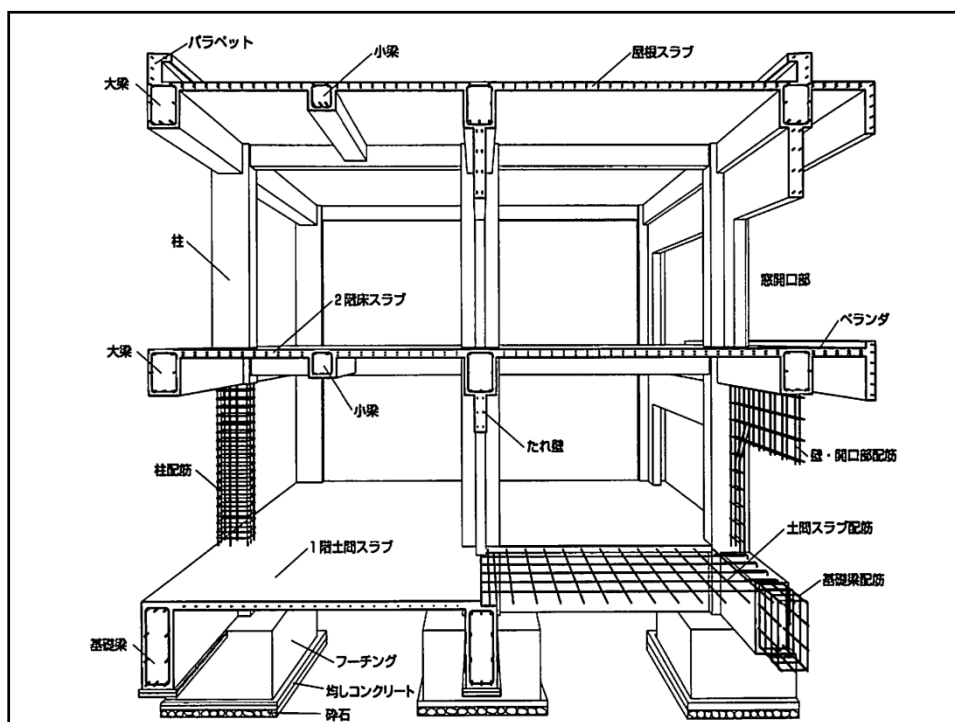


# 100年使用する コンクリート躯体 の長寿命化の課題 と対策

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

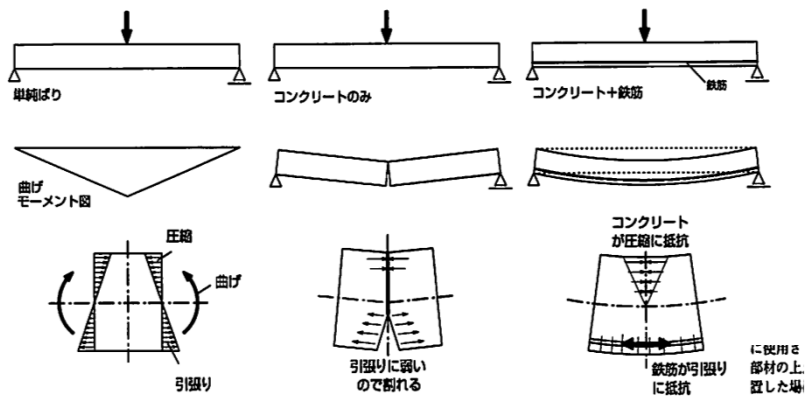


図3-2 鉄筋コンクリート梁の原理<sup>1)</sup>

### 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

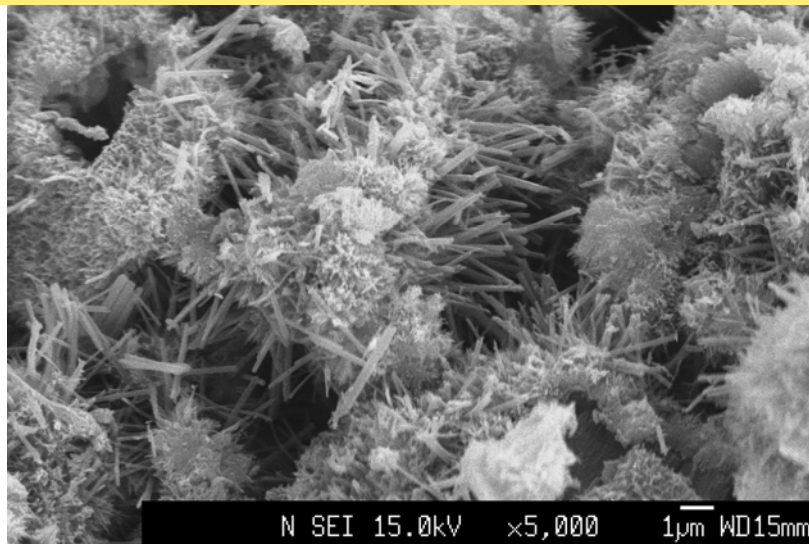
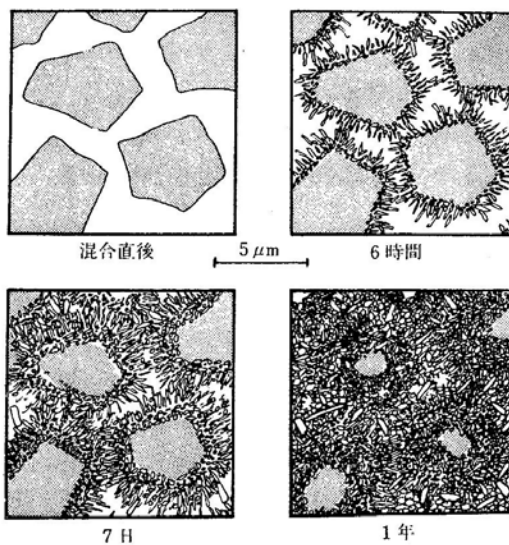


写真 普通ポルトランドセメントペースト(W/C:50%、材齢1日)の水和  
 (長さ1~4µm程度の柱状の結晶はエトリンガイト、基盤をなす微細な繊維状の物質はC-S-H)

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

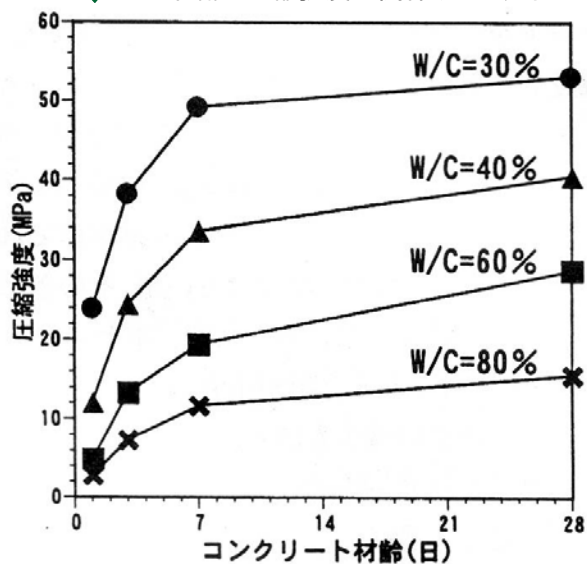
水和の進行



# 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



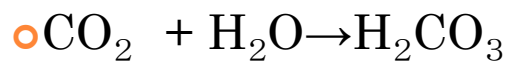




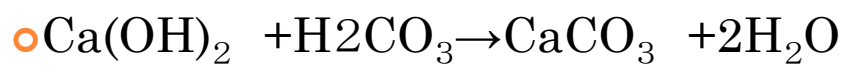


### 中性化による鉄筋腐食とコンクリートの剥落

- 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( $\text{Ca(OH)}_2$ )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。

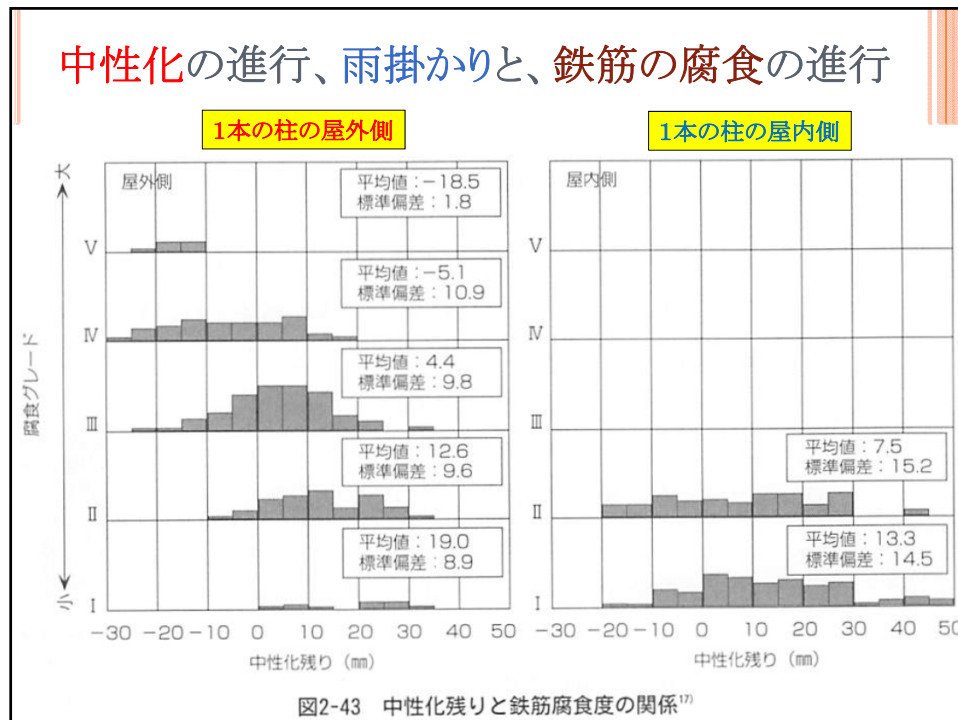


- 鉄筋が腐食すると、発錆によりおおよそ**2.5倍の体積膨張**が生じる。
- ここで発生する膨張圧は、写真に示すように、かぶりコンクリートを押し出す。
- その結果、コンクリートには鉄筋まで貫通するひび割れが発生する。
- 更にひび割れを通して、酸素と水は直接鉄筋に供給され、ますます腐食は進行し、いつしか剥落することになる。



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	屋外	仕上げあり	30	40	50
			仕上げなし	40	50	60	
耐力壁	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			
土または水に 接する							

〔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

辺野喜

沖縄・辺野喜

九州・霧島

千葉・日大

三宅島

### 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

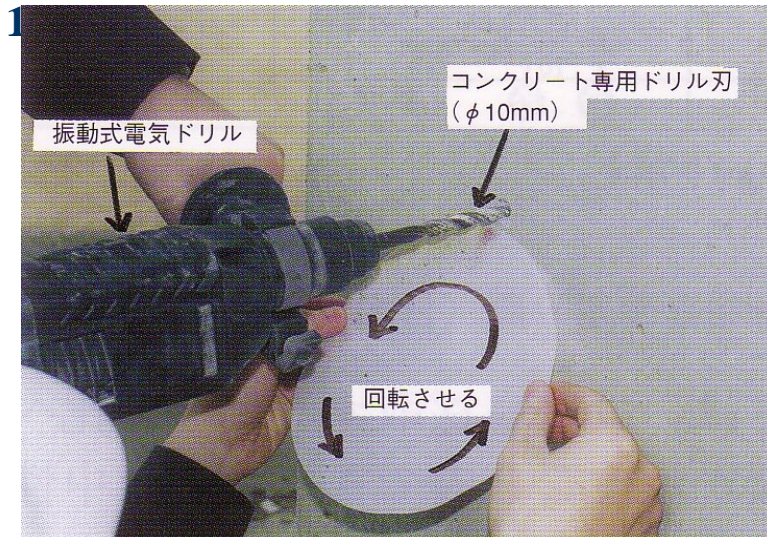
**延命**ができる





## 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-



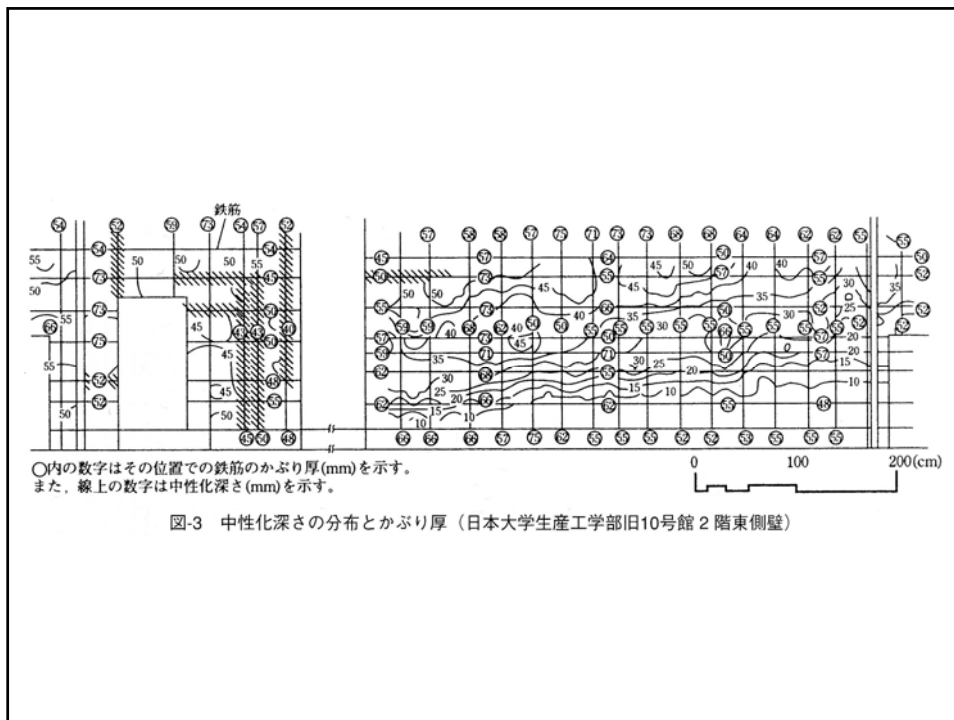


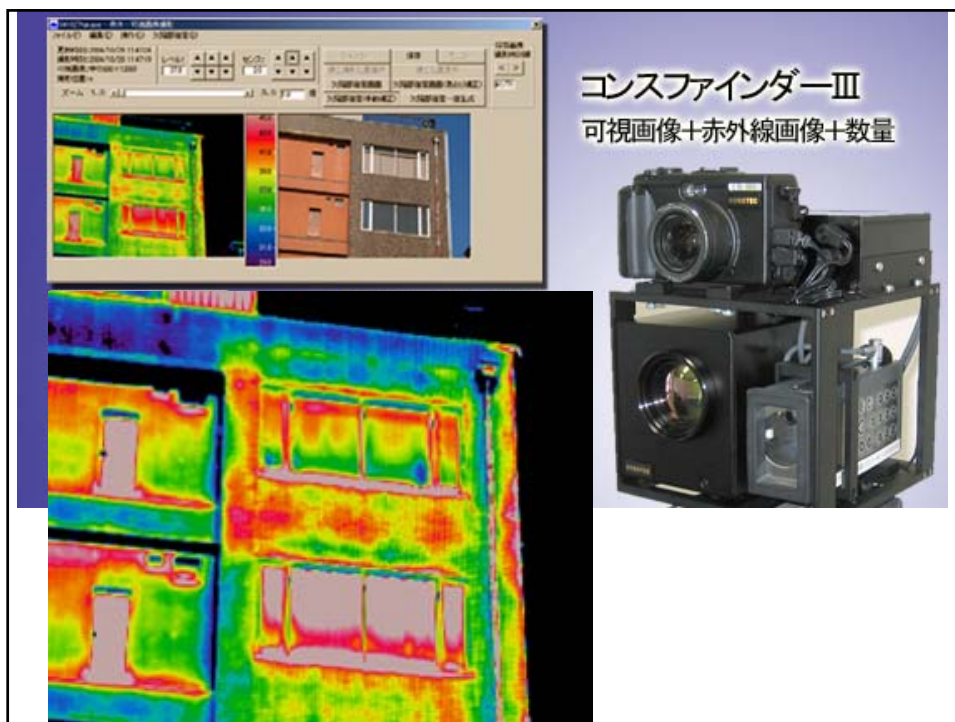
写真3 交流インピーダンス測定器

ASTM規格による鉄筋腐食

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

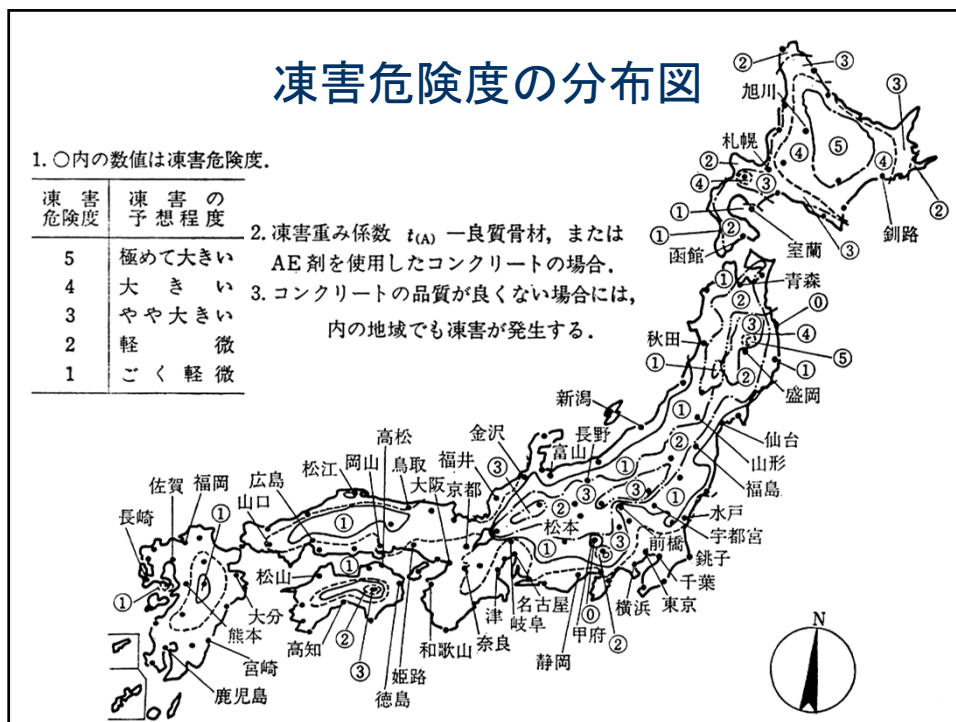
CEB規格による判定基準

分極抵抗測定値 R <sub>ct</sub> (kΩ・cm <sup>2</sup> )	腐食速度推定値		腐食速度の判定
	腐食電流密度 I <sub>corr</sub> (μA/cm <sup>2</sup> )	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

