

コンクリートの性質

耐久性

- ・中性化
- ・塩害
- ・凍害



中性化

1. 中性化とは

中性化:

セメント硬化体の**アルカリ性**が低下する現象

2. 中性化による劣化事例



中性化による鉄筋腐食

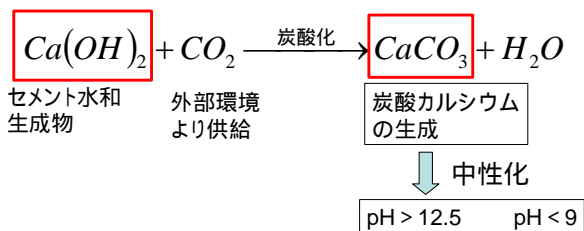
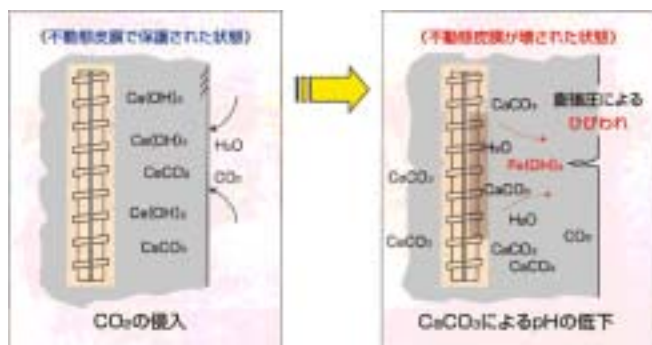


建設後10年
かぶり20mm

中性化による鉄筋腐食!?



3. 中性化による劣化過程(メカニズム)



4.硬化コンクリートの中性化試験

フェノールフタレイン溶液(1gを無水アルコール65cm³に溶かして水を加え100cm³とする)をコンクリート面に噴霧し、赤紫色に着色しない部分を測定する。

コンクリートをはちってフェノールフタレイン溶液を吹き付け、中性化深さを判定する。赤紫色に見える部分は、セメント中の鉄分が酸化されてきた水酸化鉄の層で、コンクリートがpH4以下になっていることを示す。水酸化鉄は、セメント中の鉄分が酸化されて生成する



赤 中性化していない

コア抜き

コンクリートの中性化の状況や腐食、アルカリ材料の劣化を調査する際、コア抜き試験を実施して調査する。コア抜き試験は、調査対象のコンクリートにドリルを穿孔し、コアを採取する。採取したコアは、中性化試験や腐食試験などに使用される。コア抜き試験は、調査対象のコンクリートの強度や中性化の状況を確認するために実施される。

中性化による腐食

・腐食は中性化深さが鋼材位置に到達する以前に開始する
 ・腐食開始時期はかぶり厚と中性化深さの差である中性化残りにより整理されることが多い。

・中性化残りが10mm以下になると腐食している事例が多い。



腐食開始の判定は、中性化残り**10mm**とする。

塩化物が含まれている場合
 腐食開始の判定は、中性化残り**20mm**とする。

5.中性化に対する補修・補強

●コンクリート構造物の劣化メカニズムと補修工事

劣化メカニズム	補修方針	適用可能な補修工事	補修工事を実施するために考慮すべき事項
塩害	・侵入した塩分 ・高圧水による塩分の侵入 ・塩分の侵入防止	表面保護工事 表面保護工事	・塩分侵入防止の程度 ・劣化の状況把握 ・劣化部材の材質 ・劣化部材の材質と厚さ
	・劣化 ・劣化部の開口、水質、劣化の侵入防止	補修工事	・RC鋼材の劣化防止 ・劣化部の補修
	・劣化部の電気絶縁	電気絶縁	・劣化部の品質、劣化量
アルカリ 材料反応	・水化熱の発生 ・内部水分の蒸気圧 ・アルカリの劣化 ・劣化したコンクリートの除去、アルカリの除去	ひび割れ注入工事 表面保護工事	・ひび割れ注入材の材質と施工 ・劣化部材の材質と厚さ
	・劣化したコンクリートの除去 ・コンクリートの劣化部材の除去 ・劣化部の水質の劣化	表面保護工事 ひび割れ注入工事 劣化部材の除去	・劣化部材の劣化防止の程度 ・劣化部の状況把握 ・劣化部材の材質と厚さ
中性化	・劣化したコンクリートの除去 ・アルカリの劣化 ・劣化部の開口、水質の劣化防止	劣化部材の除去 表面保護工事 再アルカリ化工事	・中性化防止の程度 ・劣化部の状況把握 ・劣化部材の材質と厚さ
	・劣化したコンクリートの除去 ・劣化部の水質の劣化防止	劣化部材の除去 表面保護工事	・劣化部材の劣化防止の程度 ・劣化したコンクリートの除去

(注)表中の劣化メカニズムは、資料として掲げた2009年版コンクリート構造工事指針・補修工事編に基づいている

高アルカリ化工事

●高アルカリ化工事の概要

高アルカリ化工事とは、コンクリート中のアルカリイオン濃度を高め、劣化したコンクリートを再生させるための工法である。高アルカリ化溶液は、コンクリート中のアルカリイオン濃度を高め、劣化したコンクリートを再生させる。高アルカリ化溶液は、コンクリート中のアルカリイオン濃度を高め、劣化したコンクリートを再生させる。

塩害

1.塩害とは

塩害：
 コンクリート中の鋼材の腐食が
塩化物イオンの存在により促進される
 現象

鋼材の腐食により、鋼材に沿うひび割れを生じるとともに、著しい場合は、鋼材伸び能力の低下、鋼材断面積減少による耐荷力の低下等につながる。

2.塩害の劣化事例

補修・劣化事例 劣化事例 (塩害)

補修・劣化事例	劣化事例 (塩害)
補修事例 (塩害)	劣化事例 (塩害)

この事例は、塩害による劣化事例を示している。塩害による劣化は、鋼材の腐食を促進し、鋼材の伸び能力を低下させる。劣化事例 (塩害) は、鋼材の腐食による劣化を示している。劣化事例 (塩害) は、鋼材の腐食による劣化を示している。

橋名・劣化原因	塩害
構造種・部位	桁梁
構造物の工種条件	橋脚

異なるラップ構造の桁梁で、梁内鉄筋が露出して劣化し、ひび割れが生じた。

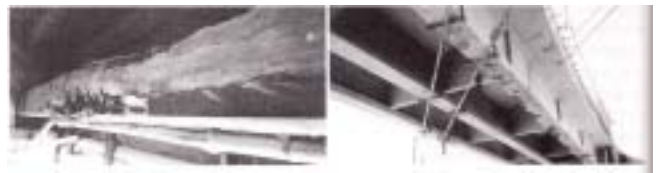


橋名・劣化原因	塩害
構造種・部位	桁梁
構造物の工種条件	橋脚

桁梁に塩もみが通入し、鉄筋の周囲に沿って鉄筋腐食によるひび割れ、ならびに、梁端面のひび割れが生じた。



塩害で劣化した橋桁
かぶりコンクリートが剥落し、鉄筋が露出している。



左: 塩害で著しく劣化したコンクリート製の桁鉄筋が腐食し、耐荷性能も低下していると判定できる。

右: かぶりコンクリートの剥落が随所に見られるが、耐荷性能には影響がでない。



左: 比較的軽微なひび割れに見える箇所をはずっているところ。概観からは内部の損傷状況を判断するのは難しい。

右: 左の桁をはずった後の状況。鋼材の腐食がかなり進行している。



左: 鉄筋の腐食により、かぶりコンクリートが剥落している。

右: 腐食した鉄筋に沿って大きなひび割れが生じている。

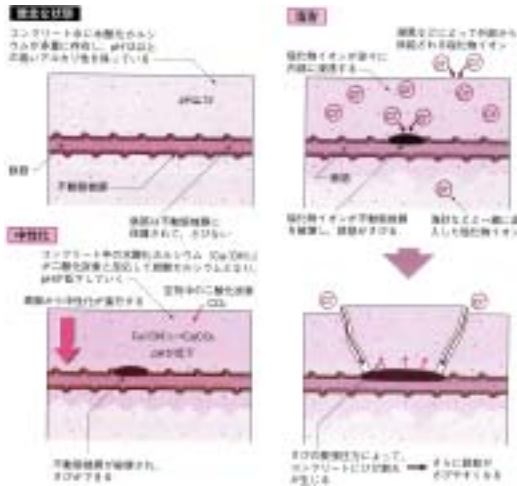
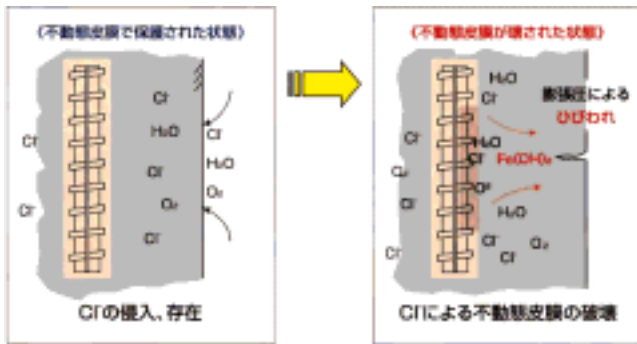


塩害で劣化した栈橋の床版
かぶりコンクリートが剥落し、鉄筋が露出している。
床版は桁に比べてかぶりが小さい場合が多く、広い範囲で剥落しやすい。



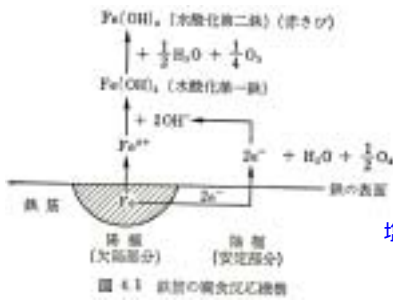
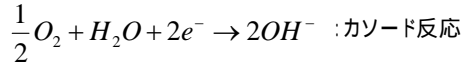


3.塩害の劣化過程(メカニズム)



鋼材の塩化物腐食

鋼材の腐食反応は、液相中で生じる。



塩化物イオンの役割
不動態被膜の破壊作用
腐食電流の流れやすさ

4.塩害に対する調査方法

硬化コンクリート中の塩分の分析方法 (JCI-SC4-1987)

- 全塩化物量、可溶性塩化物の定量化
- 塩化物イオン選択性電極を用いた電位差滴定法
- クロム酸銀 - 吸光度法
- 硝酸銀滴定法

- ：塩化物含有率0.001%以上の試料に適用
- ：塩化物含有率0.01%以上の試料に適用

5.塩害に対する補修・補強



劣化メカニズム	補修方針	適用可能な補修工法	補修基準を満たすために留意すべき事項
塩害	- 侵入したCl-の除去 - 劣化したコンクリートの除去 - 補修後のCl-、水分、酸素の遮断 - 防錆 - 補修後のCl-、水分、酸素の遮断 - 鉄筋の電気絶縁	表面保護工法 表面保護工法 製造工法 電気絶縁	- Cl-遮断剤の付与 - 鉄筋の電気絶縁 - 表面保護材の材質と厚さ
アルカリ - 劣化したコンクリートの除去 - コンクリートの凍結融解による劣化 - 補修後の水分遮断	表面保護工法 表面保護工法 表面保護工法	表面保護工法 表面保護工法 表面保護工法	- Cl-遮断剤の付与 - 表面保護材の材質と厚さ
中性化	- 中性化したコンクリートの除去 - アルカリの付与 - 補修後のCl-、水分遮断	表面保護工法 表面保護工法 表面保護工法	- 中性化防止剤の付与 - 鉄筋の電気絶縁 - 表面保護材の材質と厚さ
化学的 腐食	- 劣化したコンクリートの除去 - 有害化学物質の遮断	表面保護工法 表面保護工法	- 表面保護材の材質と厚さ - 劣化したコンクリートの除去

検査・状況説明	凍結融解作用
検査場所・部位	道路脇の歩道
検査目的・検査箇所	ひび割れ

コンクリート二次製品は凍結融解作用により表面からマイクロクラックを生じている。



2.1 ひび割れ



屋外の階段

写真-1

紋様ひび割れ：比較的広い面積に現れる。亀甲状
Dひび割れ：継ぎ目や端部あるいはすでに存在するひび割れに沿って現れる

2.2 スケーリング

コンクリート表面のセメントペースト、モルタルのはく離から始まり、粗骨材間のモルタル、粗骨材のはく離へと進行する。



写真-2

建物の屋上



写真-3

防波堤



写真-4

2.3 骨材の露出



写真-5

擁壁

2.4 ポップアウト



写真-6

コンクリートの表面の剥離の一種で、薄く皿状に表面のコンクリートが剥げ落ちることをいう。骨材の吸水膨張、吸水性の高い骨材の凍結融解、鉄筋の腐食膨張などが原因。

3. 凍害のメカニズム

コンクリートの凍害劣化の形態: **内部劣化**
スケーリング
ポップアウト



Powersの水圧説

T. C. Powers : A Working Hypothesis for Further Studies of Frost Resistance of Concrete, journal of American Concrete Institute, Vol.16, No.4, pp.245-272, 1945

- ・0 以下の温度においてコンクリート中の水が凍結し、氷になる際に約**9%**の体積増が生じる。
- ・氷が生成した空隙中に体積膨張に見合うだけの空間がない場合には、空隙中の未凍結水が移動する。この水の移動にあたり、組織の緻密さ、移動する距離、移動速度に比例した圧力が発生し、この水圧によりコンクリートが破壊される。

4. 耐凍害性の評価

5.1 凍結融解試験による評価

(1) 急速凍結融解試験

- ・ASTM C 666
「Resistance of Concrete to Rapid Freezing and Thawing」
A法: 水中凍結水中融解試験
B法: 気中凍結水中融解試験
- ・JIS A 6204 「コンクリート用化学混和剤」付属書2
- ・JIS A 1148 「コンクリートの凍結融解試験方法」

- ・JIS A 6204 「コンクリート用化学混和剤」付属書2
「コンクリートの凍結融解試験方法」
供試体 : 100 × 100 × 400mm
(材齢14日、20 水中養生)
凍結時温度: - 18 (供試体中心部で)
融解時温度: + 5 (供試体中心部で)
サイクル : 200サイクル(1サイクル3~4時間)
相対動弾性係数が60%以下になるまで
評価 : 相対動弾性係数 組織の緩み
質量減少率 スケーリング
- ・JIS A 1148 「コンクリートの凍結融解試験方法」
JIS A 6204とほぼ同じ
サイクル : 300サイクル(1サイクル3~4時間)

(2) 空気量

空気量**4%**以下

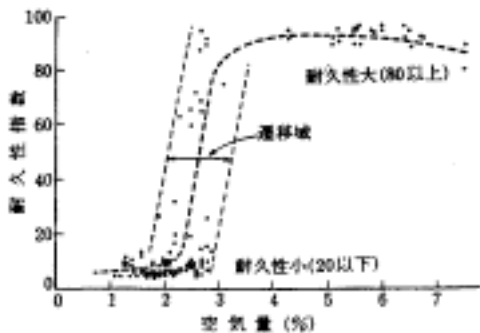


図-6 空気量が耐凍害性に及ぼす影響

6. 補修

- ・凍害による損傷は、直接雨水に暴露されている構造部材が多い。
- ・凍結融解によって損傷を受けたコンクリート構造物は、耐荷力の減少にすぐに結びつくことは少ない。
- ・損傷の進行を防止するには、構造物への水分の供給を断つことが重要

防水工で保護

劣化メカニズム	補修方針	適用可能な補修工法	補修作業を完了するために考慮すべき要因
凍害	・凍入したコンクリートの除去 ・凍入したコンクリートの除去 ・凍害後のコンクリートの養生	・新設補修工法 ・表面保護工法	・コンクリート除去の程度 ・凍害の発生時期 ・凍害発生時の材料 ・表面保護材の材質と厚さ
塩害	・凍結 ・凍害後のコンクリートの養生	・新設工法	・コンクリートの凍結防止 ・凍害発生時の材料
アルカリ	・水分の供給抑制 ・内部水分の除去促進 ・アルカリの供給抑制 ・凍入したコンクリートの除去	・ひび割れ注入工法 ・表面保護工法	・ひび割れ注入材の材質と施工 ・表面保護材の材質と厚さ
凍害	・凍入したコンクリートの除去 ・コンクリートの凍結融解抵抗性の向上 ・凍害後のコンクリートの養生	・新設補修工法 ・表面保護工法	・凍結融解材の凍結融解抵抗性 ・ひび割れ注入材の材質と施工 ・表面保護材の材質と厚さ
中性化	・中性化したコンクリートの除去 ・アルカリの供給 ・凍害後のコンクリートの養生	・新設補修工法 ・表面保護工法 ・高アルカリ工法	・中性化防止の材料の有無 ・凍害の発生時期 ・表面保護材の材質と厚さ
化学的劣化	・凍入したコンクリートの除去 ・凍害後のコンクリートの養生	・新設補修工法 ・表面保護工法	・表面保護材の材質と厚さ ・凍結融解材の凍結融解抵抗性

注: 表中の劣化メカニズムは、資料として用いた2001年版コンクリート補修の劣化・補修管理マニュアルに基づいている。

