

1 はじめに

今回はコンクリートの塩害について解説しましたが、第2回の本稿では、土木技術者が知っておくべき「中性化」について解説します。中性化は塩害と同様に鉄筋腐食系の劣化ですので、塩害との相違点と共通点を正しく理解しましょう。

2 中性化による劣化事例

まずは中性化による劣化事例を見てみましょう。図-1は中性化により鉄筋が腐食し、かぶりコンクリートが鉄筋に沿って剥落している状況です。車両の排気ガスなどにより二酸化炭素の供給量が多い壁高欄などは鉄筋のかぶりも小さく、中性化による劣化を受けやすい構造物といえます。図-2は道路橋の張出し床版下面において腐食した鉄筋が露出している状況です。この橋梁は初期欠陥として本来あるべき鉄筋かぶりが不足していたようです。かぶりが不足すると中性化による鉄筋腐食は早まります。

中性化の劣化を見る上でのポイントは、塩害と同様にコンクリート表面に現れる様々な変状が必ずコンクリート内部の鉄筋腐食に起因している、という点です。つまり、図-1や図-2のような変状は、中性化でも塩害でも生じうるといえることです。劣化メカニズムを理解し、適切な調査・診断を行ったうえで判断することが重要です。

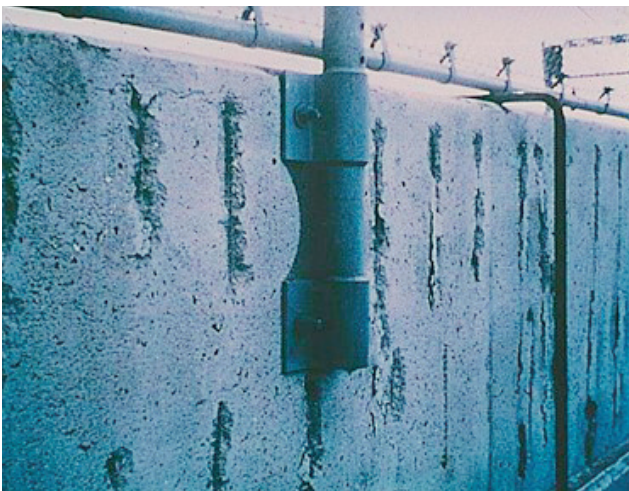


図-1 壁高欄のコンクリート剥落

3 中性化の劣化メカニズム

中性化とは、強アルカリ性であるコンクリートに大気中の二酸化炭素(CO₂)が侵入し、水酸化カルシウムなどのセメント水和物と炭酸化反応を起こすことによって細孔溶液のpHを低下させる劣化現象です。この反応は図-3に示す反応式で表すことができます。中性化の劣化因子は二酸化炭素なので、中性化はあらゆるコンクリート構造物にとって切実な問題となります。

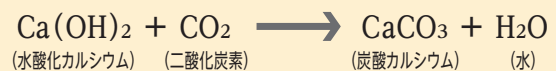


図-3 中性化の反応

高アルカリ環境のコンクリート中にある鉄筋表面には不動態被膜が形成されていますが、pHが概ね11より低くなると不動態被膜は破壊され、鉄筋が腐食環境下に置かれることとなります(図-4)。不動態被膜が破壊された後の鉄筋腐食の進行は前回の塩害の稿でも述べたとおり、鉄筋が腐食すると腐食箇所の体積が膨張し、その膨張圧によってコンクリートにひび割れが発生します。そのひび割れを通じて水分、酸素などの劣化因子の供給が容易になると、さらに鉄筋腐食が促進され、コンクリート剥離や剥落、鉄筋の断面減少が生じ、構造物の耐久性、耐荷性能が低下していきます。これが中性化によるコンクリート構



図-2 張出し床版下面の鉄筋露出

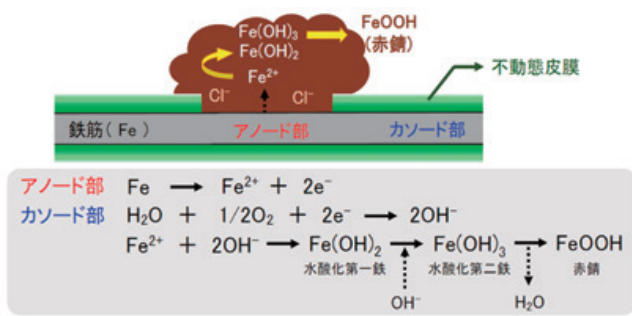


図-4 鉄筋腐食の模式図

造物の劣化メカニズムです。鉄筋の腐食開始時期の判定基準は、一般的に中性化残り10mm以下とされています。

ここでのポイントとして、『pHの低下によって鉄筋が腐食しやすい状態になる』、『水と酸素によって鉄筋が腐食する』という各々の因果関係を理解してください。また、中性化と塩害は鉄筋の不動態皮膜が破壊されるメカニズムが異なるものの、それ以降の水と酸素の供給によって生じる鉄筋腐食膨張によって造物の性能低下が進行するという点が共通していることもポイントです。

4 中性化の劣化進行

土木学会では、中性化の劣化進行を表-1に示す劣化過程(潜伏期、進展期、加速期、劣化期)と劣化状態との関係として整理されています。各劣化過程を見ると、概ね塩害と同様の内容となっていることが分かります(前稿参照)。加速期をさらに加速期前期と加速期後期に分け、5段階で評価する点も塩害と共通しています。これは、中性化と塩害がともに鉄筋腐食の進行に伴ってコンクリート造物としての性能が低下していくという共通の劣化進行を辿るということを示しています。

劣化過程	劣化の状態
潜伏期	外観上の変状なし、腐食開始前
進展期	外観上の変状なし、腐食が開始
加速期前期	腐食ひび割れが発生
加速期後期	ひび割れの進展とともに剥離・剥落が見られる、鋼材の断面欠損は生じていない
劣化期	ひび割れとともに剥離・剥落が見られる、鋼材の断面欠損が生じている

表-1 中性化の劣化過程と劣化状況

5 中性化の調査・診断

中性化による劣化が疑われる造物の調査・診断を行う際には、図-5に示す3つの項目「劣化原因の特定」「劣化程度の評価」および「将来予測」に着目することが重要です。適切な調査・診断結果があってはじめて適切な補修工法を選定することができますので、維持管理において調査・診断は非常に重要なプロセスとなります。

中性化による劣化診断 3つの着目点

- ☑①劣化原因の特定(本当に中性化なのか?)
 - 外観目視調査(ひび割れパターン、錆汁の有無、浮き・はく離)
 - 環境条件の確認(沿岸地域、凍結防止剤散布地域でない)
 - 中性化深さ試験(フェノールフタレン溶液噴霧での非発色部)
- ☑②劣化程度の評価(現時点での劣化程度は?)
 - 外観目視調査(外観上の劣化グレード)
 - 鉄筋腐食度調査(はつりによる目視調査、自然電位法)
- ☑③中性化の将来予測(今後どうなるのか?)
 - 中性化進行予測(\sqrt{t} 法)

図-5 中性化による劣化診断の着目点

