

1 はじめに

コンクリートの劣化に関する正しい知識を持つことは、コンクリート構造物を適切に維持管理するための第一歩です。これから3回にわたってコンクリート構造物の劣化について解説します。第1回の本稿は、土木技術者が知っておくべき「塩害」について解説します。

2 塩害による劣化事例

まず、塩害による劣化事例を見てみましょう。図-1はRC栈橋の床版下面に見られたコンクリートのひび割れおよびさび汁の滲出です。飛来塩分による代表的な塩害の劣化状況と言えます。図-2はRC上部工コンクリートの一部が剥離し、鉄筋が露出している様子です。一見、鉄筋露出箇所以外は健全なようにも見えますが、タタキ点検の結果、斜線部の範囲のコンクリートが剥離していることが分かりました。図-3はPC上部工の主桁下面コンクリートが剥落し、鉄筋が広範囲に露出している状況です。この事例では鉄筋だけでなくシース内のPC鋼材も腐食してしま



図-1 床版下面のひび割れ

た。冬季に散布する凍結防止剤がその原因でした。図-4は塩害の再劣化事例です。過去に表面保護工による補修工事が施されていましたが、施工後も鉄筋腐食の進行が継続したことで著しい再劣化に至りました。

塩害劣化を見る上でのポイントは、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。

3 塩害の劣化メカニズム

塩害とは、文字通り“塩”の害であり、コンクリート中の鉄筋腐食に起因する劣化現象の一つです。コンクリートはpH値が12～13を示す強アルカリ性です。このような高アルカリ環境の中にある鉄筋は不動態皮膜で保護されることにより腐食から守られています。しかし、沿岸部の海水飛沫や冬季間の凍結防止剤散布などによってコンクリート中に一定量以上の塩化物イオン(Cl⁻)が侵入した場合、鉄筋表面の不動態皮膜が破壊されてしまいます(図-5)。そこに水と酸素が加わると鉄筋は酸化反応を起こし、腐食が開始します。



図-2 コンクリートの浮き、剥離



図-3 大規模な剥落と鉄筋露出



図-4 補修後の再劣化

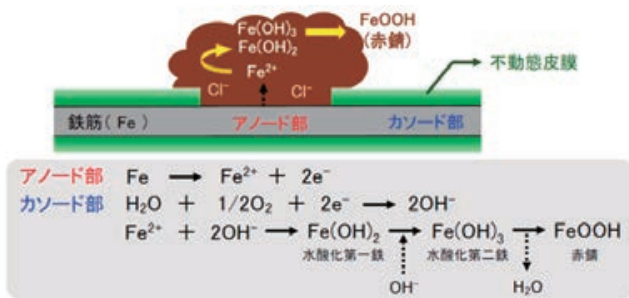


図-5 鉄筋腐食の模式図

鉄筋の腐食は体積膨張を伴い、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。そのため、塩害によるひび割れは主として鉄筋に沿って発生します。ひび割れが発生すると、そこを通じて水分、酸素、塩化物イオンなどの劣化因子がさらに侵入しやすくなるため、以後の鉄筋腐食は加速されます。その結果、ひび割れの進展、コンクリートのはく離やはく落、鉄筋の断面減少などの様々な変状が生じ、構造物の耐久性および耐荷性能が著しく低下することとなります。

ここでのポイントとして、『塩化物イオン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。

4 塩害の劣化進行

土木学会では、塩害の劣化進行を表-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。特に塩害では加速期をさらに加速期前期と加速期後期に分け、5段階で評価する点が特徴です。

劣化過程	劣化の状態
潜伏期	外観上の変化なし、 腐食発生塩化物イオン濃度以下
進展期	外観上の変化なし、 腐食発生塩化物イオン濃度以上 腐食が開始
加速期前期	腐食ひび割れや浮きが発生、さび汁が見られる
加速期後期	ひび割れが多数発生、ひび割れの進展に伴うかぶり、コンクリートの部分的な剥離・剥落、鋼材の著しい断面減少は見られない
劣化期	ひび割れの進展に伴う大規模な剥離・剥落が見られる、鋼材の著しい断面現象が見られる変位・たわみ

表-1 塩害の劣化過程と劣化状況

ここで、塩害による劣化の進行をプロセスで見ると、『①塩化物イオンの侵入』→『②不動態被膜の破壊』→『③鉄筋腐食の発生と進行』→『④腐食膨張圧によるコンクリートひび割れ』→『⑤かぶりコンクリートの浮き・剥離』→『⑥鉄筋断面減少』と表現することができます。この劣化進行プロセスを考慮して、表-1の劣化過程を見ると、定期点検や外観目視調査にて構造物の異変に気付くことができるのは『④腐食膨張圧によるコンクリートひび割れ』が生じた段階、すなわち加速期前期です。

ここでのポイントは、塩害による劣化がコンクリート表面のひび割れとして現れた時点でコンクリート内部の鉄筋腐食はかなり進行しており、その劣化過程は既に加速期前期に至っている、という点です。これが塩害の予防保全の難しさにも繋がっています。

5 塩害の調査・診断

塩害による劣化が疑われる構造物の調査・診断を行う際には、図-6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。

塩害による劣化診断 3つの着目点

- ☑①劣化原因の特定(本当に塩害なのか?)
 - 環境条件の確認(沿岸地域、凍結防止剤散布地域)
 - 外観目視調査(ひび割れパターン、錆汁の有無、浮き・はく離)
 - 塩化物イオン含有量試験(深さ方向の濃度分布を測定)
- ☑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塩害の将来予測(今後どうなるのか?)
 - 塩化物イオン拡散予測(Fickの拡散方程式)

図-6 塩害による劣化診断の着目点

次回予告

次回は
「コンクリートの劣化を知る その2
～中性化～」を予定しています。