

1 はじめに

本稿の第1回から第3回までにコンクリートの塩害、中性化およびASRの劣化事例やメカニズムについて紹介しました。それらを踏まえて第4回と第5回で土木技術者が知っておくべき「コンクリート補修の考え方」について解説していきます。前回の予防保全編に続き、今回は事後保全に着目します。

2 事後保全の定義

土木学会のコンクリート標準示方書[維持管理編]では、事後維持管理という用語を用い、『劣化が進行したと判断された後に、劣化に対応した適切な対策を講じる維持管理方法』と記されています。事後保全とは、定期点検などにより構造物にひび割れやコンクリートの浮き、剥離などの変状が生じていることが明らかになった段階で行う補修行為です。事後保全は必然的に対処療法的な対応となることが多くなりますが、これが現在の維持管理の主流であるとも言えます。

3 塩害、中性化に対する事後保全

塩害または中性化において、既に変状が生じている段階を示す劣化過程は加速期前期、加速期後期および劣化期です(表-1参照)。加速期前期は、鉄筋の腐食膨張圧に

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	外観上の変状なし、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、鋼材の著しい断面減少がみられる、変位・たわみ

表-1 塩害の劣化過程と劣化状況

よってひび割れやコンクリートの浮きなどが発生しているものの、それら変状の程度が比較的軽微な段階を指します。鉄筋位置での塩化物イオン量や、鉄筋かぶりと中性化残りとの関係は既に腐食発生限界を超えていることは言うまでもありません。加速期前期における対策工への要求性能は、主として既に進行中の鉄筋腐食反応を抑制することになります。ひび割れに対しひび割れ注入工(写真-1)を、浮き剥離箇所に対して部分断面修復工法(写真-2)を、コンクリート表面全体に表面保護工(含浸または被覆)をそれぞれ施すことで劣化因子である水分や酸素の侵入を抑制し、鉄筋腐食速度を緩和させるという考え方です。しかし、これらの工法は鉄筋腐食反応を完全に停止させるものではなく、あくまで緩和であることから、将来的には再劣化を生じる可能性があることを認識しておく必要があります。つまり、現時点での劣化状況に対して最小限の対策を講じ、再劣化が生じれば速やかに再補修を行うという維持管理のサイクルを想定する考え方です。

加速期後期は、加速期前期の状態がさらに進展した状態を指しており、ひび割れの幅や延長の増大、コンクリート



写真-1 ひび割れ注入工法の施工状況



写真-2 部分断面修復工法の施工状況

の剥離、剥落も進行する過程です。加速期後期における対策工への要求性能も、既に進行中の鉄筋腐食反応を抑制または停止させることとなります。ここで、加速期後期での対策を逃すと劣化期に陥ってしまい、耐久性だけでなく耐荷性能までも損なう状況となるため、何としても加速期後期の段階で性能低下を食い止めることが重要です。鉄筋腐食の進行が著しいこの段階では、電気防食工法(図-1)や全断面修復工法、亜硝酸リチウム内部圧入工法など、鉄筋腐食を完全に停止させる工法の適用を検討します。これらの工法はいずれもイニシャルコストが高価となりますが、以後の鉄筋腐食を確実に抑制し、構造物の性能低下を阻止することが可能であると考えられます。亜硝酸リチウムについては第6回、第7回で紹介する予定です。

劣化期は、大規模な剥離、剥落や腐食による著しい鉄筋断面減少など、甚大な変状が生じている状態を指し、補修だけでなく補強、荷重制限、撤去新設などを検討する必要があり、大規模な対策が必要となります。そもそも劣化期になるまで放置すべきではありません。

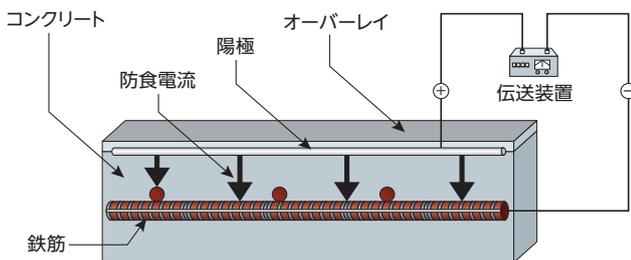


図-1 電気防食工法の概念図

4 ASRに対する事後保全

ASRにおいて、既に変状が生じている劣化過程は進展期、加速期および劣化期です(表-2参照)。進展期は、ASR膨張の進行によってコンクリート表面に軽微なひび割れが発生している状態を指します。進展期の対策工への主たる要求性能は劣化因子の侵入抑制と考えることができ、ひび割れ注入工法と表面含浸工法(写真-3)の組み合わせにより水分の浸入を遮断し、以後のASR膨張の進行を抑制するという方針を採ることができます。

加速期は、ASRによる膨張速度が最大を示す段階を指します。この過程ではひび割れ幅や延長(密度)も著しく増大するため、構造物の耐久性能が急速に低下します。また、圧縮強度や弾性係数などの力学的性能も低下し始めるので、劣化過程が加速期にある構造物は、これ以上劣化を進行させないことが重要です。加速期の対策工への要求性

能は劣化因子の侵入抑制とASRゲルの非膨張化となります。特に膨張の進行性が大きいと推察される場合には、亜硝酸リチウム内部圧入工法の適用により、以後のASR膨張性を確実に停止させることを検討すべきです。

劣化期は、大規模なひび割れや異常膨張、鉄筋破断などの甚大な変状が生じている状態を指し、構造物の耐久性能のみならず耐荷性能が低下していると考えられます。対策工も大規模となりますので、そもそも劣化期になるまで放置すべきではありません。

劣化過程	劣化の状態
潜伏期	ASR膨張に伴うひび割れがまだ発生せず、外観上の変状なし。
進展期	水分とアルカリの供給下において膨張が継続的に進行し、軽微なひび割れが発生。変色、アルカリシリカゲルの滲出。
加速期	ASRによるひび割れが進展し、ひび割れの幅および密度、範囲が増大。鋼材腐食によるさび汁が見られる場合もある。
劣化期	ひび割れの幅および密度がさらに増大し、段差、ずれが発生。鋼材腐食が進行し、さび汁が見られる。鋼材の破断が見られる場合もある。変位・変形が大きくなる。

表-2 ASRの劣化過程と劣化状況



写真-3 表面含浸工法の施工状況

次回予告

次回は、
「亜硝酸リチウムを用いた補修工法(その1)
～一般工法編～」を予定しています。