

1 はじめに

前回までにコンクリートの塩害、中性化について解説しましたが、第3回の本稿では、土木技術者が知っておくべき「ASR」について解説します。ASRはこれまでの塩害や中性化のような鉄筋腐食系の劣化とは根本的に異なりますので、それらとの相違点を正しく理解しましょう。

2 ASRによる劣化事例

まずはASRによる劣化事例を見てみましょう。ASRによるコンクリート構造物の劣化は、ひび割れ、変位・変形、段差、変色、ゲルの滲出などの現象として表面化することが多く、その中でもひび割れの発生状況は特徴的です。無筋または鉄筋量の少ないコンクリート構造物では、亀甲状のひび割れパターンが多く見られます。図-1に示す橋脚はり部のひび割れの状況がこれに相当します。

一方、プレストレストコンクリート構造物ではPC鋼材に沿った方向性のあるひび割れが多く見られます。図-2は



図-1 橋脚はり部のひび割れ

PC桁の下フランジ下面に発生したASRひび割れの状況を示しています。

ASRは構造物が置かれた環境条件(温度、湿度、日射、雨掛かりなど)の影響を受けやすいため、同一の構造物においても部位や位置によってASRの劣化程度が異なることもあります。図-3に示す橋脚では、はりの張出し部において著しいひび割れが発生していますが、はり中央部や柱部ではそれほどひび割れが見られません。

ASRの劣化のうち、特徴的なのが「再劣化」です。ASRの膨張性は非常に大きく、長期間に及ぶので、構造物の環境条件によってはASR補修効果を維持できず、再劣化に至ることが少なくありません。図-4は過去に表面被覆工法により補修された橋脚はり部に生じたASRの再劣化状況です。

3 ASRの劣化メカニズム

ASR(アルカリシリカ反応)とは、コンクリート中の反応性骨材がセメント由来のアルカリ分と反応して生成したア



図-2 PC桁下面のひび割れ

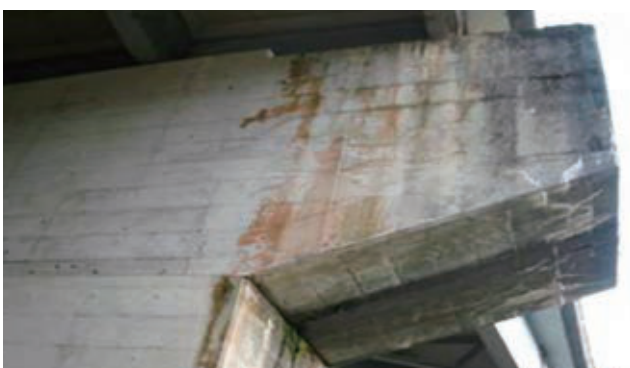


図-3 ひび割れ状況の違い



図-4 補修後の再劣化

ルカリシリカゲルの吸水膨張反応です。このアルカリシリカゲルの膨張によってコンクリート内の組織に内部応力が発生し、反応性骨材周囲のセメントペーストを破壊します。時間の経過に伴ってASRが進行すると、反応性骨材の周囲に発生した微細なひび割れが進展し、やがてコンクリート構造物の表面に巨視的なひび割れが発生します。これがASRによるコンクリートの劣化メカニズムです。このASR劣化メカニズムは、『アルカリシリカゲルの生成過程』と、『アルカリシリカゲルの膨張過程』に分離して考えることができます。それらを模式図と化学式で表すと図-5のようになります。

ここでのポイントとして、十分な水、十分なアルカリ、および反応性骨材の存在、という3つの条件が揃ったときにASRによるコンクリートの劣化が生じると理解できます。ASRの劣化は鉄筋腐食とは無関係に進行します。

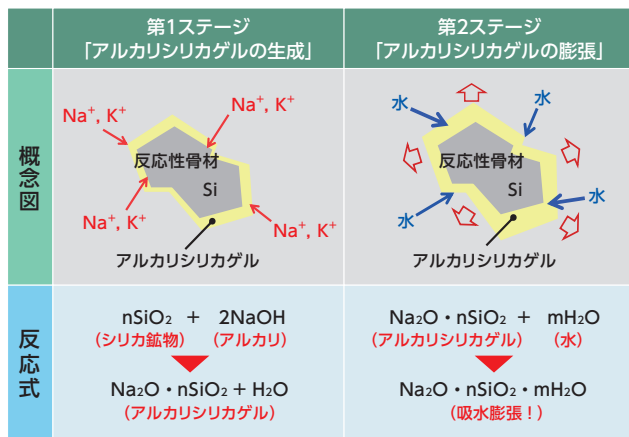


図-5 ASR劣化の概念図

4 ASRの劣化進行

土木学会では、ASR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

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-1 ASRの劣化過程と劣化状況

として整理されています。塩害や中性化とは異なり、ASRの進展期は既にひび割れが発生している状態を指します。これは、ASRの劣化メカニズムが塩害や中性化とは根本的に異なることを意味しています。

ここで、加速期以降に「鋼材腐食」や「鋼材の破断」という文言が出てきます。先述した通り、ASRの劣化メカニズム自体には鉄筋腐食は無関係なのですが、ASRによる著しいひび割れが発生したコンクリートにおいては、そのひび割れと内部の鉄筋が交差する箇所において局部的に鋼材腐食が進行することがあります。また、ASRの強力な膨張性によって鉄筋曲げ加工部の破断も多数報告されています。

5 ASRの調査・診断

ASR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。特にASR膨張の進行性の有無は補修工法や材料を選定するうえで重要な情報となりますので、適切な維持管理を行ううえで非常に重要な項目となります。

ASRによる劣化診断 3つの着目点

- ①劣化原因の特定(本当にASRなのか?)
 - 外観目視調査(ひび割れパターン、白色ゲル析出など)
 - コア観察(ASRゲル、反応リム、骨材の割れ)
 - 岩種判定(偏光顕微鏡観察、X線回折分析)
 - アルカリシリカゲルの観察(化学分析、SEM観察)
- 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)
 - 圧縮強度試験、静弾性係数試験、超音波伝播速度
- ③ASRの将来予測(膨張は今後も進行する?)
 - 残存膨張量試験(JCI-S-011法、アルカリ溶液浸漬法など)
 - 外観目視調査(直近の点検結果との比較、再劣化)

図-6 ASRによる劣化診断の着目点

次回予告

次回より
「コンクリート補修の考え方(予防保全編)、(事後保全編)」を予定しています。