

劣化要因

- ・塩害、中性化、ASR の複合劣化

対策方針のご提案

- ・塩害および中性化によって鉄筋腐食環境が整っており、はつり調査の結果から既に鉄筋腐食が進行している状況が確認されています。
- ・本橋の主たる変状は鉄筋腐食と捉え、補修方針は以後の鉄筋腐食抑制を第1に考えます。
- ・鉄筋腐食の原因は塩害と中性化ですが、塩害は既に腐食発生限界を超える塩分量が存在し、ひび割れまで発生していますので、劣化グレードは「加速期前期または加速期後期」となります。中性化も既に中性化残り10mmを下回っており、同様にひび割れまで発生していますので、劣化グレードはこちらも「加速期前期または加速期後期」となります。
- ・すると、どちらも補修工法の要求性能は「劣化因子の遮断」だけでは不十分となり、鉄筋腐食抑制効果を付与できる補修工法を選定する必要があります。
- ・さらに、このひび割れ発生の一因がASRであることから、単に鉄筋腐食を抑制するだけでなくASR膨張抑制効果も付与すべきと考えます。
- ・従いまして、今回ご検索いただいた亜硝酸リチウムは本橋の補修材料として適していると考えられます。亜硝酸リチウムは、亜硝酸イオンによる鉄筋不動態皮膜の再生（鉄筋防錆）およびリチウムイオンによるASRゲル非膨張化（ASR膨張抑制）の2つの効果を期待することができますので、塩害、中性化およびASRの複合劣化を受けた本橋の補修材料として適しています。
- ・あとは、亜硝酸リチウムを用いた補修工法の組合せです。以下に2パターンを考えてみます。

【①ひび割れ注入工+表面含浸工】・・・軽微な補修

- ・幅0.2mm以上のひび割れに対して、亜硝酸リチウム先行注入+超微粒子セメント系注入材本注入によるひび割れ注入工「リハビリシリンダー工法」を行います。その後、亜硝酸リチウム系含浸材塗布+けい酸リチウム系含浸材塗布「プロコンガードシステム」を行います。
- ・塩害、中性化対策の観点としては、まずリハビリシリンダー工法によって、ひび割れから防錆材の亜硝酸リチウムを直接供給しますので、鉄筋腐食抑制効果が期待できます。ただし、鉄筋が腐食しているもののひび割れまでは発生していないという箇所には、当然ですがひび割れ注入できませんので亜硝酸リチウムを供給できません。
- ・プロコンガードシステムはコンクリート表面全体に塗布するため、コンクリート表面から内部に向かって亜硝酸リチウムが浸透し、それが鉄筋位置に到達すれば将来的な鉄筋腐食も抑制される効果が期待できます。この表面含浸工は、メールにもありました鉄筋腐食抑制型シラン系含浸材と同様の工法となります。ただし、表面から塗布できる量には限界がありますので、内部の塩分量によっては塗布するだけでは不十分な量となる可能性もあります。さらに、30mm浸透するのに半年程度の期間を要しますので、その間の鉄筋腐食進行が懸念されるような場合は効果が不十分となることも考えられます。
- ・ASR対策の観点としては、ひび割れ注入および表面保護によってコンクリート表層部の範囲に亜硝酸リチウムを供給しますので、部分的にASRのゲルの非膨張化が期待できます。ただし、コンクリートの部材中心部分へは亜硝酸リチウムの効果を付与することができず、将来的にASR再劣化を生じる可能性があります。あくまで劣化因子の遮断を目的とした表面保護工にプラスアルファ程度の効果を期待するという考え方です。
- ・亜硝酸リチウムを塗布だけでは浸透深さとスピードには限界があります。本橋の鉄筋かぶりが22mm程度で

あるため、鉄筋位置まで亜硝酸リチウムが到達するために少なくとも半年程度の期間を要すると考えられます。本案の目的は、塩害、中性化、ASR 対策全てに対して、主たる要求性能を「劣化因子の遮断」に据えて、さらに亜硝酸リチウムの効果をプラスするという考え方となります。

- ・とはいえ、単なるひび割れ注入+表面含浸工では劣化因子の遮断のみを目的としますので、それらに鉄筋防錆効果および ASR 膨張抑制効果を付与できる本案は効果的だと考えられます。
- ・費用は、ひび割れ注入工「リハビリシリンダー工法」が 11,000 円/m 程度、表面含浸工「プロコンガードシステム」が 5,000 円/m² 程度となります。

【②内部圧入工】・・・鉄筋腐食、ASR 膨張の根本的な補修

- ・コンクリートに削孔し、亜硝酸リチウム水溶液をコンクリート全体に内部圧入します。工法名はリハビリカプセル工法です。このとき、亜硝酸リチウムの注入量は塩害対策として必要となる量と、ASR 対策として必要となる量とを考慮しますので、定量的な設計ができます。
- ・塩害対策の観点として、鉄筋周囲の塩化物イオンに応じた亜硝酸リチウムを鉄筋周囲に供給することによって、鉄筋の不動態皮膜を再生し、以後の鉄筋腐食を抑制する環境へと改善します。内部圧入工は必要な亜硝酸リチウム量を数週間の期間内で確実に浸透させる事ができますので、コンクリートをハツることなく確実に鉄筋防錆効果を発揮できます。①の工法ではひび割れを発生させた鉄筋腐食箇所だけに亜硝酸リチウムを供給しますが、本案ではひび割れの有無に関わらず、全ての鉄筋に十分な量の亜硝酸リチウムを供給できますので、根本的な鉄筋腐食抑制を見込むことができます。
- ・ASR 対策の観点として、コンクリート内部の全ての骨材周囲に亜硝酸リチウムを供給することによって、ASR ゲルを非膨張化し、以後の ASR 膨張進行を抑制することができます。内部圧入工は必要な亜硝酸リチウム量を数週間の期間内でコンクリート全体に確実に浸透させる事ができますので、表面保護やひび割れ注入工、断面修復工のように供給可能範囲が表層部に限定されることがありません。
- ・塩害、中性化、ASR の複合劣化を受けた本橋の補修には、内部圧入工法が最も適すると判断できます。その費用は 150,000~180,000 円/m² 程度（塩化物イオン濃度、アルカリ総量、コンクリート強度などによって変化する）となり、イニシャルコストは高価となりますが、得られる補修効果は最も高いと考えられます。

以上です。①と②ではかなり費用に差がありますが、得られる効果も差があります。

各工法のパンフレットを添付しますのでご参照ください。