

発表テーマ： 歴史的構造物「長浜大橋」の塩害対策について

- 発表内容：
- 1 長浜大橋の概要
 - 2 工法選定までの経緯（亜硝酸リチウム内部圧入工法採用理由）
 - 3 内部圧入工法について
 - 4 現場施工状況説明

1. 長浜大橋の概要

- ・ 長浜大橋（通称 赤橋）
- ・ 県下最大の肱川河口に架かる橋で、現役で動く我が国最古の道路可動橋（バスキュール式鉄鋼開閉橋）は、1935年（昭和10年）8月に完成。
- ・ 1998年（平成10年）9月2日に国の登録有形文化財に登録された後、2014年（平成26年）12月10日に国の重要文化財に指定されました。2009年（平成21年）2月6日には、国の近代化産業遺産として認定され、県内外から多くの見学者が訪れています。
- ・ 以下、愛媛県大洲市HPより



名称	長浜大橋 附 旧開閉用電動機械装置 一式	規模	橋長:232.3m 幅員:6.6m
員数	1基	建築年	起工:昭和8年11月 竣工:昭和10年8月
指定年月日	平成26年12月10日	工事発注	愛媛県
所在地	愛媛県大洲市長浜町沖浦、長浜	工事設計	増田淳(増田橋梁事務所)
所有	愛媛県、大洲市	工事監督	武田良一
構造・形式	鋼製跳開橋 鋼製鉸桁2基、 鋼製ワーレントラス5基、 鉄筋コンクリート造橋脚6基、 鉄筋コンクリート造橋台2基、 跳開装置一式	工事施工	総元請:合資会社 細野組 トラス鋼材製作:安藤鐵工所 可動部鋼材・機械製作:大阪鐵工所 電気部分製作:明電舎
		総工費	28万円
		備考	毎週日曜日の13時に開閉しています

2. 工法選定までの経緯

- 過去の補修・補強工事履歴

昭和53年	補修工事	橋脚巻立・床版打替、補修・伸縮装置取替
平成2年	補修工事	床版下面補修・コンクリート保護塗装
平成4年	補修工事	舗装打替・橋面防水
平成6年	補修工事	高欄補修・橋脚根固工
平成12年	補修工事	上部工補修・支承取替
平成24年	補修・改良工事	上部工補修・支承、伸縮装置取替・A2橋台新設
平成25年	補修・耐震補強工事	橋脚耐震補強・変位制限構造

- 歴史的建造物の保全という観点から、これ以上の劣化進行を許容しない。

(従来工法のように再劣化を繰り返すというシナリオを選択しない)

- 橋脚の補修目的 (鉄筋腐食環境を抜本的に改善し、将来的な再劣化を許容しない)
- コンクリート内部に浸透した塩化物イオンが多く、残存予定期間が長い場合には、その後の腐食の進行を抑制するために、コンクリート内部に浸透した塩化物イオンを除去する脱塩工法あるいは断面修復工法、もしくは鋼材腐食進行を防止する電気防食工法の適用を検討するのが良いとされている。
- 本工事においては、第1案に電気化学的脱塩工法、第2案は電気防食工法、第3案として亜硝酸リチウム内部圧入工法が比較検討された。
- 第1案は劣化因子(塩化物イオン)の除去、第2案は鉄筋腐食の抑制(防食電流による鉄筋腐食反応の防止)、第3案は第2案と同じく鉄筋腐食の抑制であるが、鉄筋不動態被膜再生による鉄筋腐食の**根本的抑制**が採用された大きな要因である。
- 亜硝酸リチウム内部圧入工法の長所として、
- 短期間で亜硝酸リチウムを確実に鉄筋位置に供給することが可能なため、鉄筋の不動態被膜再効果が発揮され、以後の鉄筋腐食を抑制することができる。
- 亜硝酸リチウムは圧入により部材全体に拡散するため、部材全体の鉄筋に効果が期待出来る。
- 部材内部の塩化物イオン量に応じて亜硝酸リチウム必要量を定量的に定め、内在塩分による塩害対しても適用性が高い。
- 短所としては、新工法であるため他案に比べて施工実績が少ないが、近年においては実績が多い。(全国134事例、平成25年以降94事例)
- 以後の塩化物イオン侵入を防ぐために表面保護工を併用する必要がある。
- 電気防食などは、外観を変える工法で適用性が低いと判断された。
- 以上工法別の得失、イニシャルコスト、維持管理など比較検討された。
- 総合評価として以下により亜硝酸リチウム内部圧入工法が採用された。**
- 高濃度の塩化物イオン存在下であっても、塩化物イオン量に応じて亜硝酸リチウム必要量を算出するため、以後の鉄筋腐食抑制効果が十分期待できる。**
- 部材内全ての鉄筋に腐食抑制効果が与えられるため、本橋の構造に適している。**
- 一度内部圧入工を施工すれば、定期的に表面被覆工(塩化物イオン浸透量の低減)を施すことで長寿命化を図ることができる。**

3. 亜硝酸リチウム内部圧入工法について

・ 工法概要

- 1、 本工法は、対象コンクリート構造物に小径の圧入孔を削孔し、亜硝酸リチウムを主成分とする抑制剤をコンクリート内部へ圧入する技術である。圧入システムは、コンプレッサーによるカプセル式圧入と、油圧式装置による高圧式がある。
- 2、 本工法を塩害及び中性化の補修対策として適用する場合、その目的は亜硝酸イオンをコンクリート中の鋼材周辺に浸透させ、不動態被膜を再生することによって以後の鋼材腐食を抑制することにある。
- 3、 本工法をASRの補修対策として適用する場合、その目的はリチウムイオンをコンクリート中の反応性骨材周囲に生成しているアルカリシリカゲルに浸透させ、ゲルを非膨張化することによって以後のASR膨張を抑制することにある。

・ メカニズム

- 1、 腐食環境下（塩害・中性化）に置かれた鋼材は、不動態被膜が破壊された後腐食が進行する。
- 2、 鋼材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する。そのひび割れを通じて劣化因子の侵入が容易になりさらに鋼材腐食が促進される。
- 3、 亜硝酸イオンによる鉄筋腐食抑制メカニズムには諸説あり、亜硝酸イオンがアノード型抑制剤として働く酸化剤としての効果（不動態被膜再生効果）、鋼材表面に吸着することにより鉄の溶解を抑制する効果が提唱されている。
- 4、 不動態被膜再生に着目すると、亜硝酸イオンは2価の鉄イオンと反応してアノード部からの鉄イオンの溶出を防止し、不動態被膜として鋼材表面に着床することによって鋼材腐食反応を抑制する。
- 5、 亜硝酸イオンと鉄イオンとの反応により不動態被膜が再生されると、以後の鋼材の腐食反応は不活性な状態となり進行が抑制される。

以上が、亜硝酸イオンによる鋼材腐食の抑制メカニズムである。

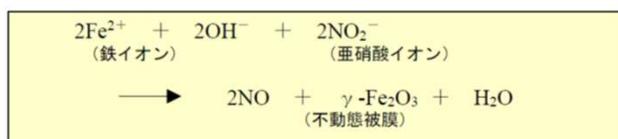


図 2-4 亜硝酸イオンによる不動態皮膜再生の反応式

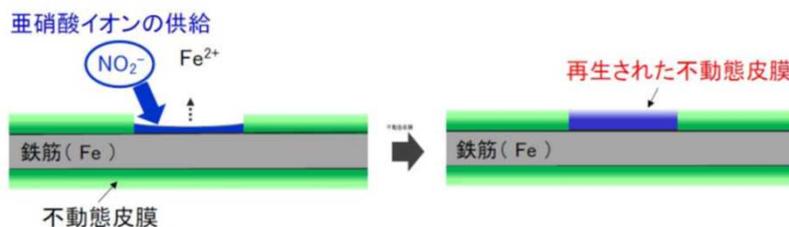
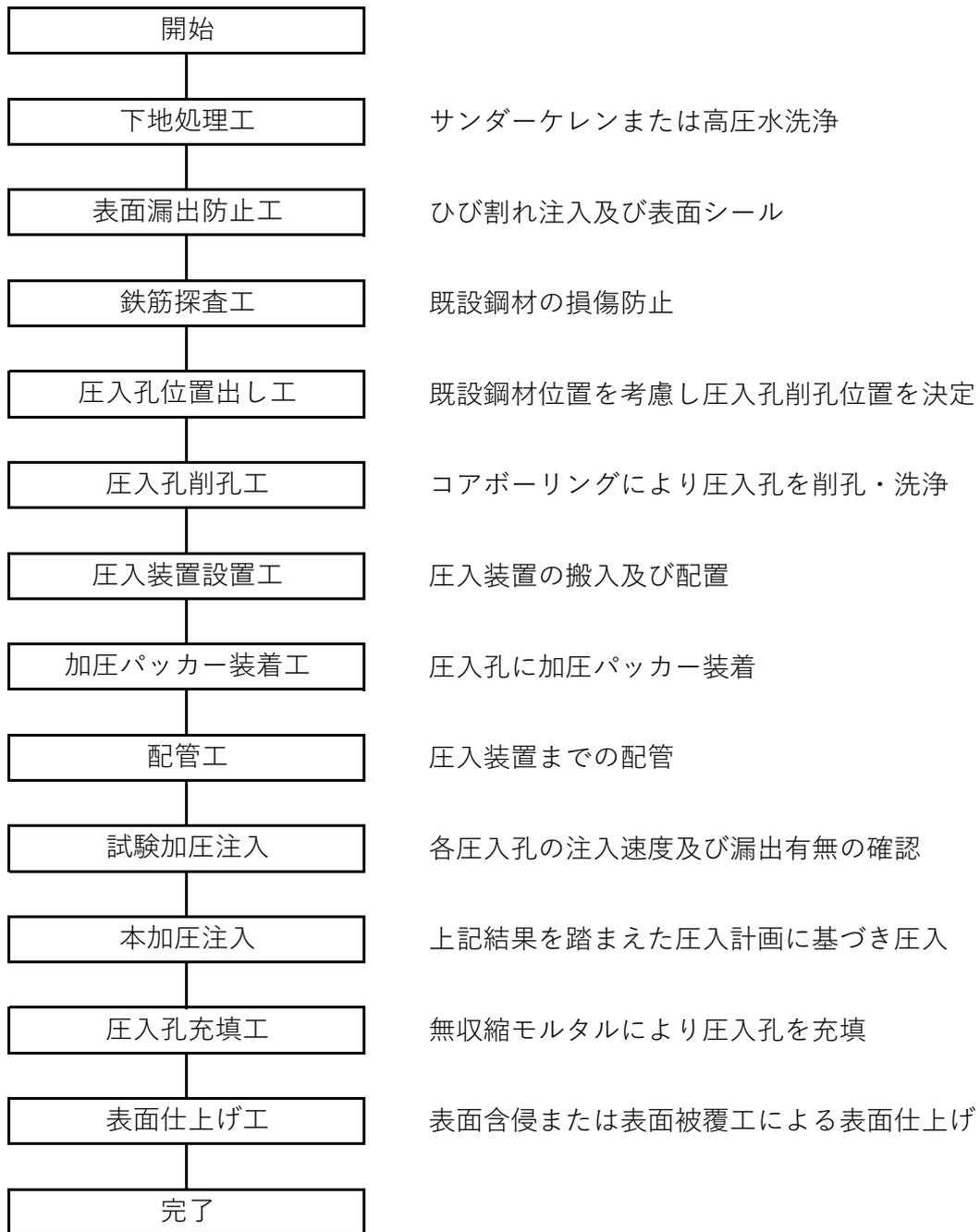


図 2-5 亜硝酸イオンによる不動態皮膜再生の概念図

コンクリート構造物を対象とした亜硝酸リチウムによる補修の設計・施工指針(案)より

・ 施工手順

標準施工フロー



4. 現場施工状況説明

- ・ 現場施工状況動画 (6分50秒)
- ・ 構造特性を考慮して削孔方法を工夫等