

LAC 脱塩工法の電流・電圧測定システムの開発

技術本部

技術部

青山 敏幸

技術本部

技術部

大村 信暁

技術本部

技術部

白水 祐一

概要：LAC 脱塩工法の施工時の品質管理を確実にを行うために、部位毎に流れる電流と直流電源装置の電圧を自動的に測定し、パソコン上でリアルタイム監視を可能としたシステムを開発した。本稿では、測定システムの概要と測定システムを用いた通電試験の結果について報告する。

Key Words：LAC 脱塩工法，リアルタイム監視，電流・電圧測定

1. はじめに

脱塩工法は、コンクリート構造物の表面に電解質溶液と陽極材からなる陽極システムを設置し、陽極とコンクリート中の鉄筋との間に直流電流を流し、電気泳動の原理でコンクリート中の塩化物イオンをコンクリート外に抽出する工法¹⁾である。当社では、図-1に示すような、線状陽極材を用いた LAC 脱塩工法を開発^{2),3),4)}している。本工法は、チタン系の線状陽極材、アルカリ性バックフィル材および樹脂容器から構成される陽極モールドを、保水スポンジを介してコンクリート表面に設置した後に、通電を行うものであり、実構造物でも脱塩の効果を確認している。

本工法を用いた際の脱塩効果の確認は、脱塩前後のコンクリート中の塩化物イオン濃度を測定することが基本となる。しかし、試料採取のための構造物への多くの削孔や、塩分分析のコストを考えた場合、試料の採取は必要最小限とす

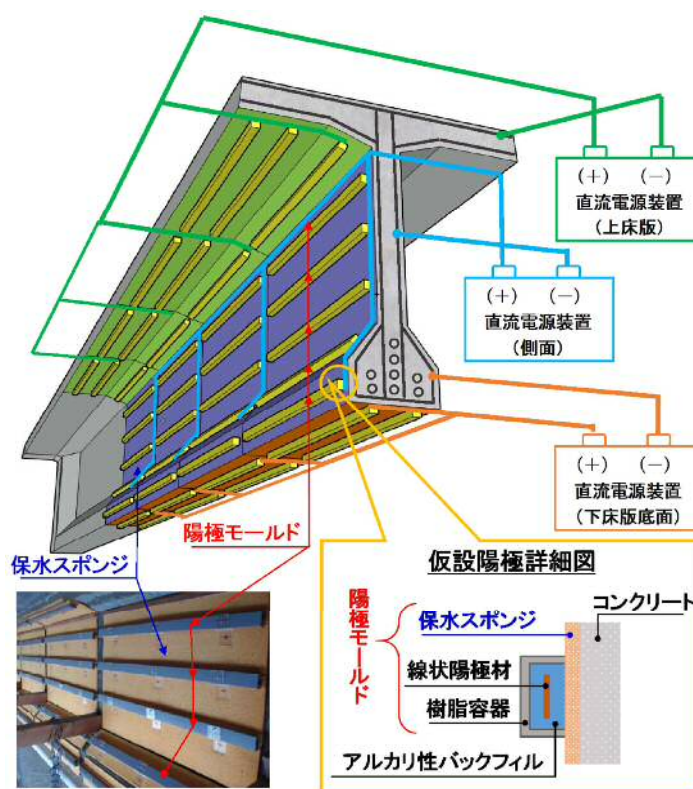


図-1 LAC 脱塩工法の概要



青山 敏幸



大村 信暁



白水 祐一

ることが望まれる。

LAC脱塩工法を実構造物に適用した際に測定した、脱塩率と積算電流密度の関係を図-2に示す。図中の積算電流密度は、コンクリート中の鋼材表面積に対しての電流密度 (A/m^2) に通電期間 (hr) を乗じたものである。脱塩率は、脱塩前の塩化物イオン濃度から脱塩後の塩化物イオン濃度を差し引いた値を、脱塩前の塩化物イオン濃度で除したものである。図に示す結果から、データにばらつきはあるものの、積算電流密度と脱塩率は線形関係にある。すなわち、脱塩工法を適用する部位毎の積算電流密度が把握できれば、コンクリート中の塩化物イオン濃度を測定できない箇所に対しても、間接的に脱塩の効果を評価できるものと考えられる。これまでの施工でも、写真-1に示すように、クランプメータを用いて部位毎に流れる電流の測定を行ってきたが、手動での計測となるために、脱塩工法の施工面積が多くなった場合には、データ管理に多くの労力を要する。

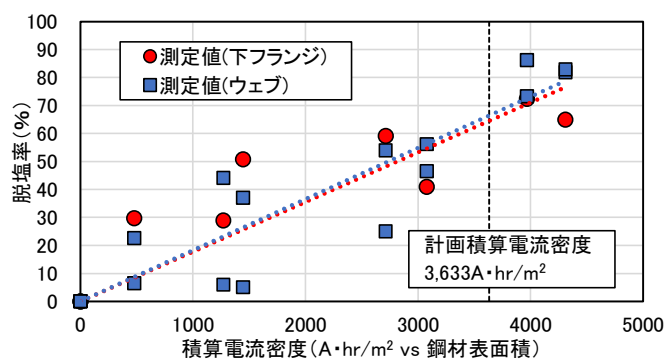
一方、通電期間中に所定の電流を流すためには、コンクリート表面の保水スポンジおよび陽極モールド内には、電解質溶液が保持されていなければならないが、電解質溶液の供給が不足した場合には、直流電源装置に負荷される電圧が上昇する傾向にある。

そこで、LAC脱塩工法の施工時の品質管理を確実に行うために、部位毎の電流と直流電源装置の電圧を自動的に測定し、パソコン上でリアルタイム監視を可能としたシステムを開発した。本稿では、測定システムの概要と測定システムを用いた通電試験の結果について報告する。

2. 電流・電圧測定システムの概要

LAC脱塩工法用の電流・電圧測定システムの仕様を表-1に示す。本システムは、計測装置とデータ伝送装置から構成される。

電流の測定は、クランプセンサーを用いる方法と、半導体電流センサーを用いる方法について検討した。クランプセンサーは、写真-1のクランプメータの構造と同様に、回路を切断することなく電線をセンサー(クランプ)にはさむことで電流の測定を行うが、センサーの価格が半導体電流センサーに比べて高価となることから、本測定システムでは、半導体電流センサーを用いて測定を行う。データの測定間隔は、1～24時間の範囲で任意に設定が可能であり、測定したデータは、Eメールを介して所定のメールアドレスに送信される。



$$\text{脱塩率} = \frac{(\text{脱塩前のCl量} - \text{脱塩後のCl量})}{\text{脱塩前のCl量}} \times 100 (\%)$$

Cl量: コンクリート中の塩化物イオン濃度 (kg/m^3)

図-2 脱塩率と積算電流密度の関係



写真-1 クランプメータを用いた電流の測定状況

表-1 電流・電圧測定システムの概要

計測装置寸法		830 × 630 × 188mm
計測装置	動作電源	外部電源(AC100～200V)
	電流	45CH(-50～50A)
	電圧	15CH(0～60V)
データ伝送装置	動作電源	計測装置と同一電源を使用
	送信間隔	1～24時間の範囲で任意に設定

3. 通電試験

3.1 試験概要

電流・電圧測定システムの設置と通電試験の状況を写真-2に示す。今回は、ポストテンション方式PCT桁を模擬した試験体の一面に、電流・電圧測定システムと仮設陽極（陽極モールドと保水スポンジ）をブロック①～③それぞれに設置し、コンクリート表面積に対して $1\text{A}/\text{m}^2$ （鋼材表面積に対して $2.291\text{A}/\text{m}^2$ ）で約20日の通電を行った。1つのブロックあたりに設置した陽極モールドは5本とした。

通電期間中は、ブロック①～③それぞれの電流および直流電源装置の電圧の測定を1時間毎に行った。電流に関しては、本システムによる測定値とクランプメータによる測定値の比較も行った。電圧に関しては、本システムによる測定値とデジタルマルチメータによる測定値の比較も行った。

通電10日までは1～3日の範囲内で保水スポンジへの散水と陽極モールドへのアルカリ性の電解質溶液の注入を行った。また、仮設陽極への散水の有無が電流・電圧に及ぼす影響を評価するため、通電10日以降は、ブロック①、②のみ散水とアルカリ性の電解質溶液の注入を行った。

3.2 試験結果と考察

ブロック①～③の電流値について、本計測システムにて測定した値とクランプメータを用いて測定した値の比較の一例を図-3に示す。

図-3に示す結果から、計測システムにて測定した値は、クランプメータにより

測定した値とほぼ同等な値を示した。なお本システムの電流範囲は・50～50Aで、今回の通電試験では電流の測定範囲に対しての測定レンジが小さいため、相対的に誤差が大きい傾向にあるが、実構造物での測定はもう少し電流が大きな範囲での測定となるため、本システムにより正確な電流の測定が行えるものと考えられる。なお、直流電源装置の電圧についても、本システムの値は、デジタルマルチメータによる値と一致していた。

積算電流密度と通電日数の関係を図-4に示す。図に示す点線は、保水スポンジへの散水と陽極モールドへのアルカリ溶液の注入を実施した時期である。

図-4に示す結果から、ブロック①～③の積算電流密度に多少のばらつきは生じているが、各ブロックの積算電流密度は通電日数と比例関係にあることがわかる。また、通電開始から10日以降のブロック③の散水と



写真-2 電流・電圧測定システムと通電試験の状況

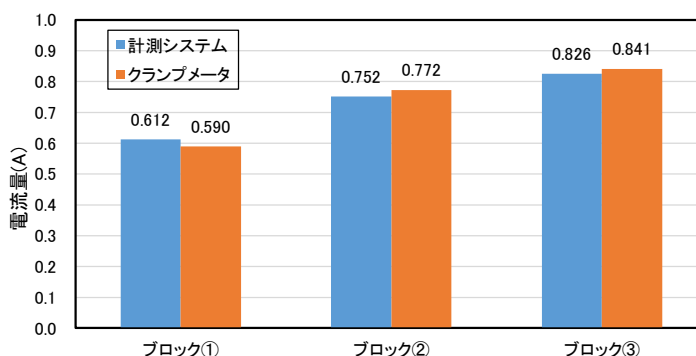


図-3 本計測システムとクランプメータによる測定値

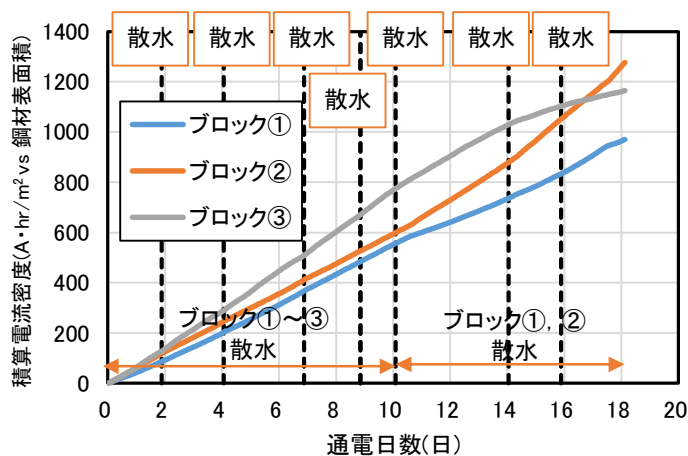


図-4 積算電流密度と通電日数の関係

電解質溶液の注入を停止したために電流が流れにくくなり、通電に伴うブロック③の積算電流密度は小さく、ブロック②の積算電流密度は大きくなる傾向が確認できる。この積算電流密度を詳細に管理することで、脱塩工法の確実性が向上する。

電圧と通電日数の関係を図-5に、気温と通電日数の関係を図-6にそれぞれ示す。図-5に示す点線は、保水スポンジへの散水と陽極モールドへのアルカリ溶液の注入を実施した時期である。

図-5 および図-6 に示す結果から、直流電源装置に負荷される電圧は、気温が高いほど小さく、気温が低いほど大きくなる傾向にある。また、ブロック①～③に散水を実施した通電開始から10日までの電圧は、通電に伴い徐々に小さくなる傾向にあったが、通電10日以降は、その値が増加する傾向にあった。実構造物においても、保水スポンジへの散水や陽極モールドへのアルカリ溶液の注入を怠った場合の異常の検知も、今回開発したLAC脱塩工法の電流・電圧測定システムを用いて検知できる可能性があるものと考えられる。



図-5 電圧と通電日数の関係

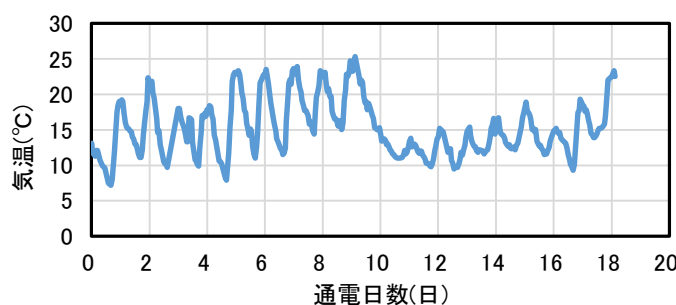


図-6 気温と通電日数の関係

4. まとめ

LAC脱塩工法の施工時の品質管理を確実にを行うために、部位毎の電流と直流電源装置の電圧を自動的に測定するシステムを開発した。今後は、本測定システムを実構造物へも適用し、品質管理の向上を図っていきたい。

参考文献

- 1) 土木学会, 電気化学的防食工法指針, コンクリートライブラリー157, 2020.10
- 2) 深川直利, 鴨谷知繁, 大橋岳: 線状陽極材を用いた新しい脱塩工法に関する実験的検討, プレストレストコンクリートの発展に関するシンポジウム論文集, Vol.29, pp.377-380, 2020.10
- 3) 青山敏幸, Rahmita Sari, 深川直利, 白水祐一: 線状陽極材を用いた脱塩工法の電流分布に関する検討, プレストレストコンクリートの発展に関するシンポジウム論文集, Vol.29, pp.371-376, 2020.10
- 4) 青山敏幸, 深川直利, 白水祐一: 線状陽極材を用いた脱塩工法のPCT桁橋への適用に関する検討, プレストレストコンクリートの発展に関するシンポジウム論文集, Vol.30, pp.151-154, 2021.10