

コンクリートの硫酸劣化環境における遠隔モニタリングの検討

(一財) 日本建築総合試験所	正会員	○中山 健一
島根大学	正会員	吉田 夏樹
大阪大学	正会員	服部 晋一
大阪大学	正会員	鎌田 敏郎
パシフィックコンサルタンツ (株)	正会員	山中 明彦

1. はじめに

下水関連施設では、微生物の作用による硫酸 (H_2SO_4) 劣化が懸念されている。これまでに筆者らは、下水管路内の環境を把握することを目的として、大阪市内の 37 地点を対象に、コンクリートの劣化を直接的に導く管路内の表面に付着した水分を採取し、pH および硫酸イオン (SO_4^{2-}) 濃度の分析を行った。その結果、pH は、中性から強酸性の範囲に広く分布し、 SO_4^{2-} 濃度は、土木学会が示す劣化環境の目安 (SO_4^{2-} : 0.2%) 以上の環境が多く存在することを明らかにした。¹⁾

しかし、これらの分析結果は、水分を採取した時点のものであり、経時的に変化する環境の実態を捉えていない。コンクリートの劣化メカニズムをより詳しく把握するためには、環境を連続的にモニタリングし、環境分析に基づいた検討が必要である。また、モニタリングの方法として、作業員の安全と作業効率などを考慮すると、センサを用いた遠隔モニタリングが望ましい。

そこで筆者らは、既往の文献^{2),3)}を参考にして作製した写真-1 に示す pH センサ (以下、センサと呼ぶ。) と図-1 に示す遠隔モニタリングシステムを用いて、センサから出力される値からコンクリート表面に付着した水分の pH を推定し、環境の変化を連続的に捉えることや、測定データを遠隔でモニタリングする方法について検討した結果を報告する。

2. センサおよび遠隔モニタリングシステムの概要

センサはタングステン線 (以下、W線と呼ぶ。) と参照電極で構成されており、長さ約 10cm の W 線 (直径 0.6mm) の先端約 1cm を王水に約 24 時間浸漬し酸化させた後、酸化した部分以外を熱収縮チューブで被覆し

た。参照電極は銀塩化銀電極を使用し、内部液には 3mol/L の塩化カリウム水溶液を使用した。

センサの有効性を確認するため、3 種類の pH 標準液 (pH1.68, 4.01 および 6.86) にセンサを浸漬させ、電圧計の正極側に接続した W 線と負極側に接続した参照電極との電極間の電位差を測定し、標準液の pH との関係について整理した結果を図-2 に示す。溶液の pH が低くなるほど電位差が大きくなる傾向が認められ、直線性の良い検量線を作成することができた。

遠隔モニタリングシステムはセンサ、微小信号増幅アンプおよび通信装置により構成されており、センサが発する微小な電圧を微小信号増幅アンプで増幅し、通信装置でクラウドサーバに送信される。クラウドサーバにある測定データはインターネットを介して遠隔でモニタリングすることが可能である。



写真-1 pH センサ

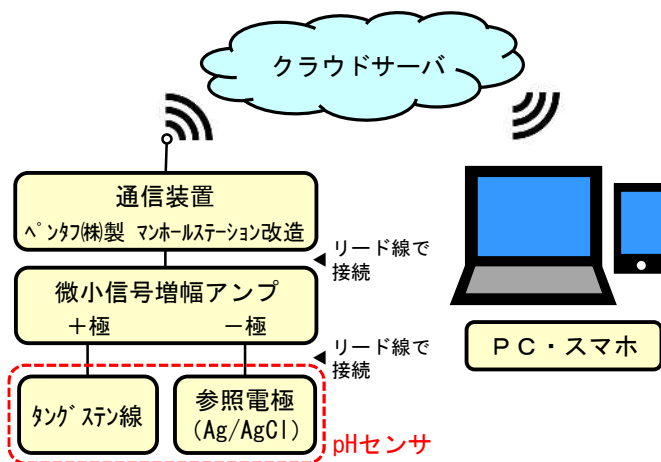


図-1 遠隔モニタリングシステムの概要

キーワード 硫酸劣化, 下水関連施設, pH センサ, 通信装置, 遠隔モニタリング

連絡先 〒565-0873 大阪府吹田市藤白台 5-8-1 (一財) 日本建築総合試験所 建材部 材料試験室 TEL 06-6834-0271

3. 測定場所

測定は大阪市内の下水処理場内にある沈砂池（1985年竣工）で行った。測定場所は幅 640mm、長さ 1000mm、深さ 700mm の槽で、上部が屋外に面しており蓋で覆われている。壁面の劣化状況を写真-2 に示す。コンクリート表面は褐色に変色し、一部では粗骨材が露出しており、 H_2SO_4 劣化と思われる特徴が認められた。また、当該場所では、揚砂設備の稼働時（2 回程度/日）において瞬間的に硫化水素濃度が高まる傾向にあった。

4. 測定方法

センサの設置方法を図-3 に示す。W 線は樹脂製リベットを用いて壁面に固定した。参照電極は直径 20mm のドリルビットを用いて W 線近傍の壁面に斜め下方向の穴を開け、その穴に上水道水を注入し参照電極を挿入した。W 線と参照電極の先端を測定箇所の壁面に接触させて電極間の電位差を測定し、図-2 の検量線から推定 pH を求めた。なお、測定間隔は 10 分とした。

5. 測定結果および考察

1 か月間測定した推定 pH の結果を図-4 に示す。また、雨水の流入の影響を確認するために、大阪市の降水量との関係についても整理した。通信状態は良好であり、遠隔でモニタリングできることが確認できた。壁面の推定 pH は、設置直後はセンサが安定していないため高い値を示していた。その後、pH は上昇と下降を繰り返しながら pH1.1～8.0 の間で推移し、雨天時には pH7 前後まで上昇する様子が確認できた。これは雨水の流入によって壁面が洗い流されたためと考えられる。今後、pH の変動の要因について詳しく検討する必要がある。

6. まとめ

- (1) センサを pH 標準液に浸漬させ、溶液の pH とセンサの出力値との関係について整理した結果、直線性の良い検量線を作成することができ、センサの有効性を確認できた。
- (2) 下水処理場内での測定において、センサから発する微小な電圧を通信装置により遠隔でモニタリングできることが確認できた。
- (3) コンクリートの硫酸劣化環境における環境変化のモニタリングに、遠隔モニタリングシステムを利用できる可能性を見出すことができた。

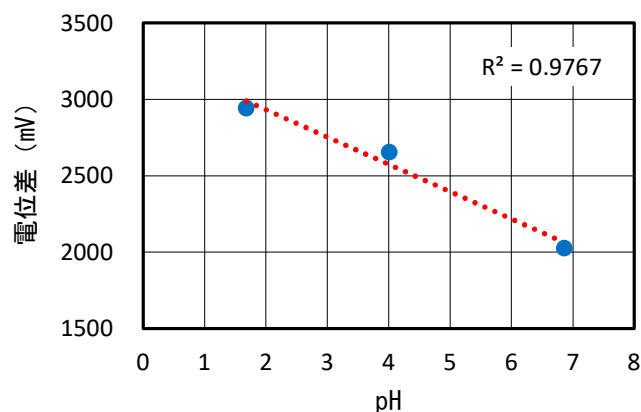


図-2 pH 標準液を用いて作成した検量線

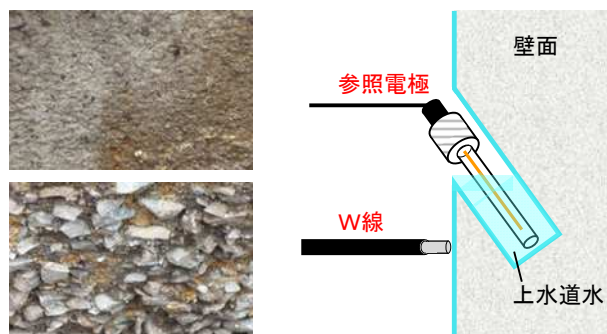


写真-2 壁面の劣化状況

図-3 センサの設置方法

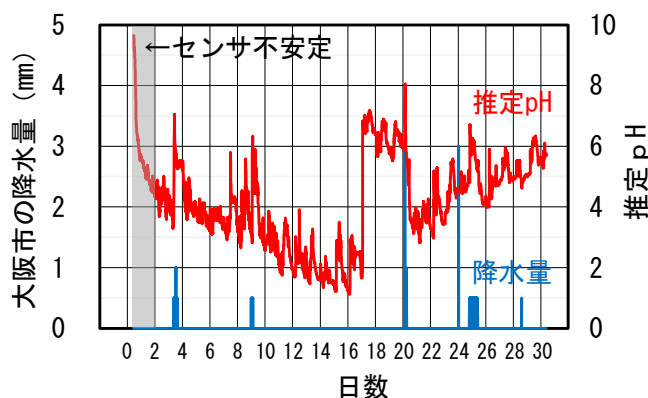


図-4 壁面の推定 pH 測定結果

参考文献

- 1) 吉田夏樹, 中山健一, 山中明彦, 鎌田敏郎: 下水管路内表面の水分からコンクリートの劣化機構を考察する, セメント・コンクリート, No.846, pp.18-23, 2017
- 2) V. Raman and T. Nishimura: Monitoring of Environmental Factors and Corrosion Analysis of Reinforcing Steel in Mortar, Materials Transactions, Vol. 50, No. 4, pp.799-805, 2009
- 3) 櫻庭浩樹, 西村俊弥, 古賀裕久: 塩分センサを用いたコンクリート構造物の簡易な塩化物イオン量調査, 土木技術資料, 60-10, pp.44-47, 2018