

センサーネットワークを用いた ASR 劣化コンクリートの長期モニタリングに関する実験的研究

中日本建設コンサルタント(株) 正会員 ○荒木 伸二
正会員 庄村 昌明
愛知工業大学 正会員 岩月 栄治

1. はじめに

1983 年に社会的な問題となったコンクリートの早期劣化現象は、アルカリシリカ反応（アルカリ骨材反応）、融雪剤や塩分を含んだ骨材使用による塩害、コンクリートへの加水などが原因とされている。このうちアルカリシリカ反応は長期にわたって反応が継続し、ひび割れを発生させる劣化である。そのため、反応状況の把握や対策後の効果を確認するために長期間のモニタリングが必要とされる。しかし、現場構造物の測定は手動による数年単位の測定は人為的な誤差等の影響が多く、経済的にも問題がある。

本研究は、インターネットを用いた自動モニタリングシステム（センサーネットワーク¹⁾）を構築し、このシステムが長期にわたる測定の可能性について実験的に検証したものである。

2. 実験方法

2. 1 センサーネットワークの概要

本研究で用いたセンサーネットワークの概要を図 1 に示す。供試体に変位計を設置して送信器に接続し、無線で受信機にデータを送信する。その後、受信機はインターネットを介してサーバーにデータを蓄積する。状況の確認は、インターネットを介してパソコン等の画面上でグラフとして確認できるシステムとなっている。データのダウンロードもパソコン等から行うことが可能である。なお、変位計を接続した送信機は電池（単 2 電池を 2 本）で稼働するため、供試体付近には電源を必要としない。また、送信機に接続する変位計は電気信号によるものならば製造メーカーに関わらず接続可能である。

2. 2 モニタリングに用いた供試体

モニタリングに用いた供試体はアルカリシリカ反応の抑制剤の開発のために作製した供試体であり、形状はφ300×600mm である。配合を表 1 に示す。細骨材は非反応性の川砂（愛知県産）、粗骨材は反応性

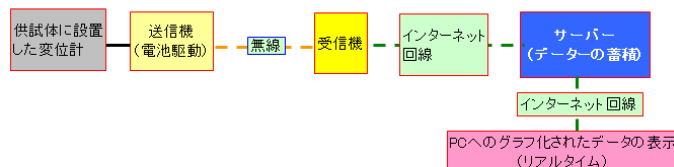


図 1 センサーネットワークの概要

表 1 コンクリート供試体の配合

コンクリート供試体に使用した細・粗骨材		粗骨材の最大寸法 (mm)	水セメント比 (%)	細骨材率 (%)	単位量 (kg/m ³)				
粗骨材	細骨材				水	セメント	細骨材	粗骨材	AE 剤
チャート	川 砂	20	59	46	177	300	809	961	0.75 (アルカリ 9%のみ添加)



写真 1 コンクリート供試体の状況

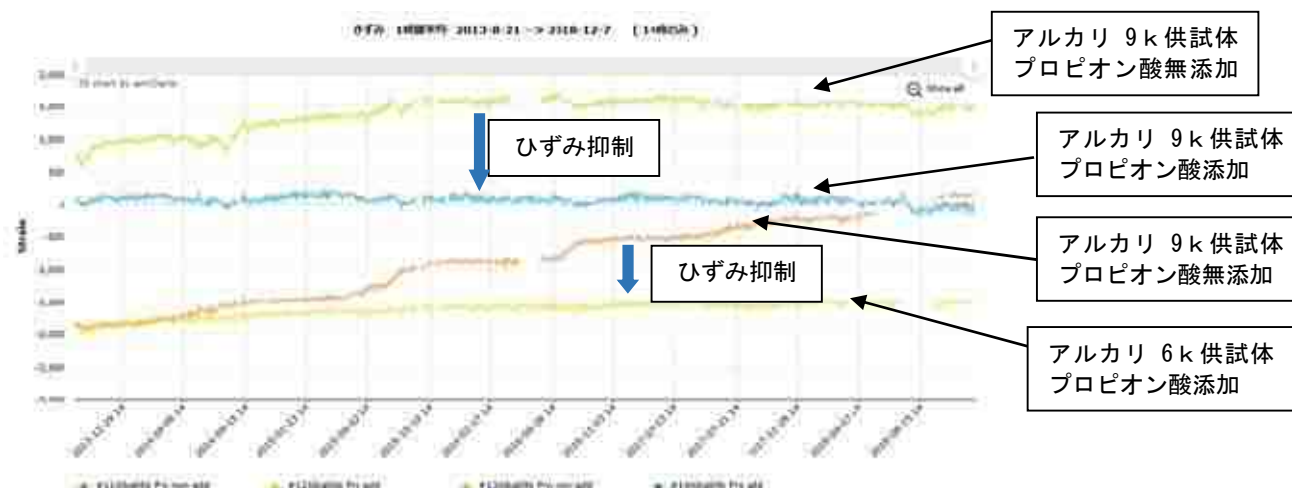


図2 センサーネットワークによるひずみの測定結果

の山砂利（愛知県産）を用いている。コンクリート全体のアルカリ量は NaOH 特急試薬を添加して $6\text{kg}/\text{m}^3$ と $9\text{kg}/\text{m}^3$ に調整し、反応を促進した。供試体の設置場所は愛知工業大学八草キャンパスの材料実験室西側に暴露設置した。アルカリシリカ反応の抑制剤はプロピオン酸カルシウムであり、添加と無添加の供試体をそれぞれ作製した²⁾。測定は設置当初からは長さ変化測定器を用いた手動測定を行い、暴露 1000 日経過後にセンサーネットワークによる自動測定を導入した。供試体の設置状況を写真 1 に示す。

3. 結果および考察

3.1 センサーネットワークによる測定

センサーネットワークによる測定結果を図 2 に示す。この図は各センサーの初期値からそのままの推移を示したものであり、絶対値の補正はしていない。しかし、長期間のデータの推移としては十分に把握できることがわかる。このデータをダウンロードしたのちに、初期値の補正を行えば、実際のひずみ量が把握できる。アルカリ量 $9\text{kg}/\text{m}^3$ のプロピオン酸カルシウム添加と無添加では、無添加はひずみが増加しているが添加はほとんど増加していない。同様に $6\text{kg}/\text{m}^3$ では 2014 年 5 月頃から無添加のひずみが増加しているが添加はほとんど増加していない。この傾向からプロピオン酸カルシウムを添加するとひずみが増加しないことが 5 年間の長期にわたって確認され、アルカリシリカ反応を抑制していることが明確であることがわかる。

3.2 センサーネットワークの耐久性

前出の図 2 ではところどころデータが途切れている個所がある。この個所はネットワークの不具合とほぼ一致しており、センサーネットワーク自体の不具合はほとんどなかったと考えられる。また送信機の電池交換は 4～6 か月間隔で実施したが、電池の電圧の低下は半分程度でありさらに電池交換を遅らせることもできたと思われる。現時点で 5 年が経過したが、今後も自動測定を継続することで電子機器やセンサーの耐久性を検討していく予定である。

4. まとめ

本研究で明らかになったことを以下にまとめる。

- (1) センサーネットワークで用いた変位計、送信機、受信機は 5 年間の測定期間内ではほとんど不具合は見られなかった。また、送信機の電池交換は 6 か月近く交換不要であった。これらのことから、センサーネットワークは長期にわたる自動測定方法の一つとして活用できるとと思われる。
- (2) センサーネットワークを用いた 5 年間の長期の自動測定によってアルカリシリカ反応によるひずみの変化が把握でき、これによって反応抑制剤の効果を明らかにすることができた。

参考文献

- 1) 長谷川孝, 早矢仕芳昭: センサーネットワークを応用した状態監視システムの開発, 日本機械学会, 第 12 回評価・診断に関するシンポジウム, pp. 66-68, 2012. 12
- 2) 岩月栄治: プロピオン酸カルシウムによるアルカリシリカ反応の抑制に関する実験的検討, 日本コンクリート工学会, コンクリート工学年次論文集, Vol. 38, No. 1, pp. 1071-1076 (2016. 7)