

# ASR 劣化コンクリートのモニタリングに関する実験的研究

愛知工業大学 正会員 ○岩月 栄治  
 中日本建設コンサルタント(株) 早矢仕 芳昭、酒井 一郎、白砂 貴志

## 1. はじめに

1960年代の高度経済成長時に大量に構築された、インフラは約50年が経過しており、近年、これらの耐久性や劣化現象が社会問題となっている。このような背景の中で、橋梁、ダム、鉄道等の土木構造物は新たに構築することは難しく、長寿命化を目指した補修・補強が行われており、現状の劣化状態や強度、耐力を把握する必要がある。そのため点検や検査、モニタリング方法の開発が急がれている。コンクリートの劣化現象は複合している場合が多く、さらに構造物が置かれている環境の相違によって劣化の進展が異なる。特にアルカリシリカ反応(ASR)は長期にわたって反応が継続し、環境の影響を大きく受け、さらに反応の収束判断も難しい。そのため長期の膨張率測定などのモニタリングが必要であると思われる。本研究は、ASR反応性骨材を用いたコンクリート供試体を屋外に暴露して、種々の方法で膨張率の測定やモニタリングを実施し、その利便性について検討した。

## 2. 実験方法

### 2.1 反応性骨材を用いたコンクリート供試体

表1に使用した骨材を示す。反応性骨材には粗骨材に山砂利のチャートSa(愛知県産)を用いた。比較のための非反応性骨材は石灰岩(三重県産)を使用した。細骨材は非反応性の川砂(愛知県産、風化花崗岩を起源とした洗浄ダム堆積砂)を使用した。セメントは研究用の普通ポルトランドセメント(Na<sub>2</sub>O等価量0.55%)を使用し、混和材は高炉水砕スラグ粉末(ブレン値4000cm<sup>2</sup>/g)を使用した。コンクリート全体のアルカリ量の調整にはNaOH試薬を使用した。表2にコンクリートの配合を、表3

表1 使用骨材の化学法結果

骨材	産地	試験結果(mmol/l)		Sc/Rc	判定
		Sc	Rc		
チャートSa	愛知県	188	102	1.84	無害でない
石灰岩	三重県	—	—	—	
川砂	愛知県	60	79	0.76	

に供試体の種類と測定方法および設置場所を示す。供試体の形状はφ300×600mmとし、打設時に中心部にひずみゲージを埋め込んだ。

### 2.2 ASR膨張の測定方法

供試体脱型後に、表面に膨張率測定用のチップ(6個、4測線)を設置した。さらに、一部には自動測定用の変位計を設置した。供試体の設置場所は、名古屋市南区の高架橋下(星崎)、小牧市の高架橋付近(小牧)、及び愛知工業大学の材料研究室付近の屋外とした。測定は、ダイヤルゲージによる膨張率測定と埋め込みひずみゲージの測定を月に2回程度実施した。さらに変位計のデータはデータロガーとセンサーネットワーク(インターネットを用いた測定システム)を用いた連続測定を施した<sup>1)</sup>。

## 3. 結果及び考察

### 3.1 供試体設置場所での膨張率測定と変状観察

図1に星崎と小牧に設置した供試体のダイヤルゲージを用いた測定結果を示す。埋め込みゲージの測定結果もほぼ同じであったことから、どちらかの測定方法でもASRの状況把握は可能と思われるが、埋め込みゲージはゲージ自体の寿命が短いことと、ダ

表2 コンクリートの配合

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 <sup>3</sup> )					
				水	セメント	細骨材	粗骨材	AE剤	
チャート石灰岩	川砂	20	59	46/45	177	300	809	961/997	アルカリ9kのみ添加

表3 供試体の種類、測定方法及び設置場所

粗骨材	チャートSa						石灰岩
	川砂						
全アルカリ量(kg/m <sup>3</sup> )	9	9	9	6	6	3	1.65
高炉水砕スラグ粉末置換率	—	—	50%	—	—	—	—
ASR抑制剤(プロピオン酸カルシウム、セメントの質量%)	—	2.25%	—	—	1.50%	—	—
供試体設置場所	星崎 小牧 愛工大	愛工大	星崎 小牧	愛工大	愛工大	星崎 小牧	星崎 小牧
表面膨張率測定用チップ	星崎	○					
	小牧北	○					
	愛知工大	○					
埋め込みひずみゲージ	星崎	○					
	小牧北	○					
	愛知工大	—					
変位計(供試体側面設置)と自動測定	星崎	—					
	小牧北	○(データロガー)					
	愛知工大	○(センサーネットワーク)					

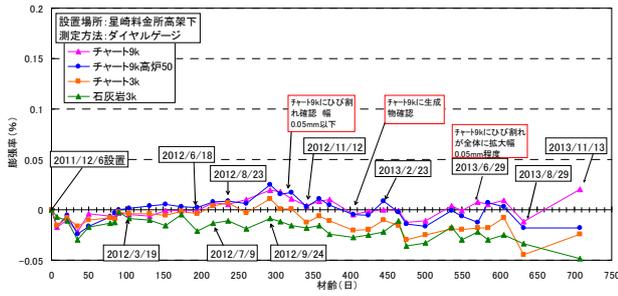


図1 設置した供試体のダイヤルゲージを用いた膨張挙動の測定結果（星崎・小牧 設置供試体）

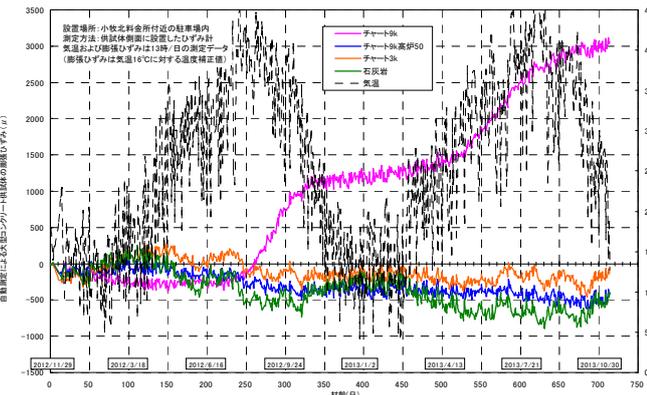
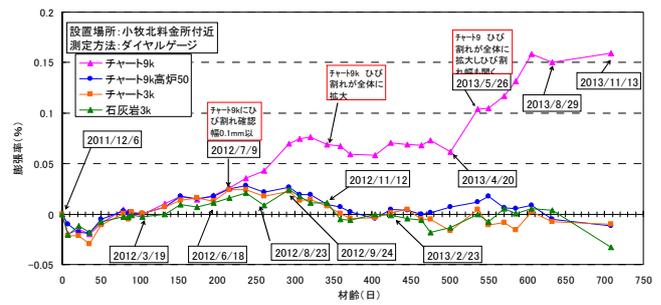


図2 データロガーを用いた膨張挙動の測定結果（小牧 設置供試体）

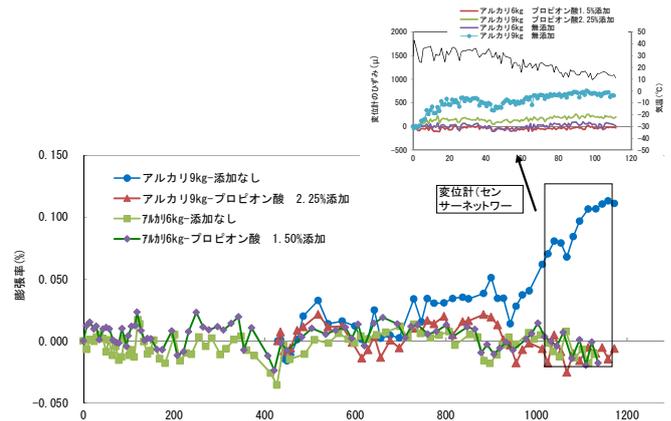


図3 デイヤルゲージおよびセンサーネットワークでの膨張挙動の測定結果（愛知工大 設置供試体）

ダイヤルゲージの測定は長期になると人為的な測定値のばらつきが考えられる。ただし現地でひび割れの目視確認ができることは重要であるといえる。

### 3.2 データロガーを用いた膨張挙動の測定

図2に小牧に設置した供試体の変位計とデータロガーを用いた膨張挙動の測定結果を示す。データの記録は1日に4回行い、そのうち13時の測定値を図に示した。前述の月2回測定とのデータと比べると、データロガーでは連続しており、測定値の人的な差は無い。ASR膨張の傾向も前述と同様である。しかし、部分的な膨張となった場合は全体の変化を捉えられないことも考えられるので、実際の構造物で実施する場合は変位計の数や設置個所の検討が必要であると思われる。

### 3.3 センサーネットワークを用いた膨張挙動の常時監視

図3に愛知工業大学に設置した供試体の膨張挙動の測定結果を示す。測定は、当初はダイヤルゲージを用いており、2013年8月末（材齢1060日）からセンサーネットワークを用いた変位計による測定を

併用した。なお、アルカリ量6kgの供試体は2010年10月作製、アルカリ量9kgは2011年11月作製である。センサーネットワークは変位計の測定値をインターネットを通じてサーバーに蓄積し、その結果をWebで確認できるシステムとなっており、膨張挙動を常時監視できる。今後は広い範囲のひび割れを察知できるセンサーなどと組み合わせることによって省力的なモニタリングが可能になると思われる。

### 3. まとめ

ASRのモニタリングについて、ダイヤルゲージを用いた現地での測定は長期測定においては精度が低下することが想定される。データロガーやセンサーネットワークを用いた場合はこれらを改善できようであるが、さらにひび割れなどを感知できるセンサーを併用することによってさらに精度が高いモニタリングが可能となり、省力化にも繋がると思われる。

### 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