

## 第V部門

## ラマン分光分析を用いた骨材の吸水膨張性の評価判定手法についての検討

京都大学 学生会員 ○鹿島 裕矢 京都大学 正会員 高橋 良和 京都大学 正会員 高谷 哲  
株式会社島津テクノロジー 非会員 羽村 陽平

## 1. 背景と目的

近年、ASRのひび割れに端を発するコンクリート構造物の劣化が問題となっているが、ASRのメカニズムには不明な点も多いため、ASR反応性試験で無害と判定された骨材でASRが発生した事例<sup>1)</sup>が存在するなど完全な抑制には至っていない。ASRによるコンクリート表面のひび割れは、骨材中のシリカ成分とコンクリート内のアルカリ溶液が反応してできるASRゲルが吸水膨張して内圧を生じさせることで発生すると考えられてきた。しかし、ASRゲルの吸水膨張を実際に確認した事例がほとんど見られない中で、反応性骨材よりも非反応性骨材の方がシリカ溶出しやすいこと<sup>2)</sup>や、反応性骨材である安山岩が吸水膨張しやすいこと<sup>3)</sup>が報告されており、これらを踏まえると、ASRのひび割れ発生メカニズムにおいて吸水膨張により内圧を生じさせているのは反応生成物ではなく骨材である可能性があると考えられる。

そこで本研究では、様々な元素組成の骨材を用いて吸水膨張試験を行い、吸水膨張しやすい骨材のラマンスペクトルの特徴を整理することを目的とした。

## 2. 骨材のラマンスペクトル

常願寺産安山岩や滋賀県産砂岩の中から外見の特徴がばらけるように選定した骨材試料20個について表面のラマンスペクトルを取得し、そこからスペクトル

形状がばらけるように選定した試料10個について吸水膨張試験を行った。

石英が吸水収縮性を有していることや、ガラス質で石英を含有していない安山岩の吸水膨張量が大きいこと、OHのピークがある場合は表面に微細なクラックが存在している可能性があること<sup>3)</sup>などから、ラマンスペクトル上で $464\text{cm}^{-1}$ における石英のピークがない一方で $2000\text{-}1000\text{cm}^{-1}$ におけるガラスのピークが大きく、かつ $3200\text{-}3000\text{cm}^{-1}$ においてOHのピークがあるような骨材は吸水膨張しやすいと考えられる(図1)。

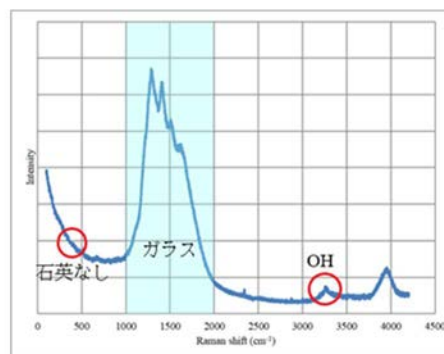


図1 吸水膨張しやすいと考えられるラマンスペクトルの例

これらの条件をすべて満たしていたのは試料③、④、⑤、⑧、⑨の5つであり、反対にこれらの条件を一つも満たさなかったのは試料②と⑦であった。吸水膨張性の推定結果を表1に示す。

表1 吸水膨張性の推定

試料番号	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩
吸水膨張性	中程度	低い	高い	高い	高い	中程度	低い	高い	高い	中程度

表2 吸水膨張試験結果

試料番号		①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩
体積変化率(%)	浸漬後	-1.711	-0.715	6.346	-1.183	-1.644	-0.559	-1.653	-1.244	-0.559	-1.028
	乾燥後	0.000	0.001	0.013	0.001	-0.001	0.000	-0.003	-0.002	-0.001	-0.001
重量変化率(%)	浸漬後	0.122	0.030	2.521	0.028	0.227	0.057	0.103	0.177	0.784	0.150
	乾燥後	0.000	0.000	-0.003	0.000	0.000	-0.001	-0.001	-0.001	0.000	0.000

Yuya KASHIMA, Yoshikazu TAKAHASHI, Satoshi TAKAYA, Yohei HAMURA

kashima.yuya.86r@st.kyoto-u.ac.jp

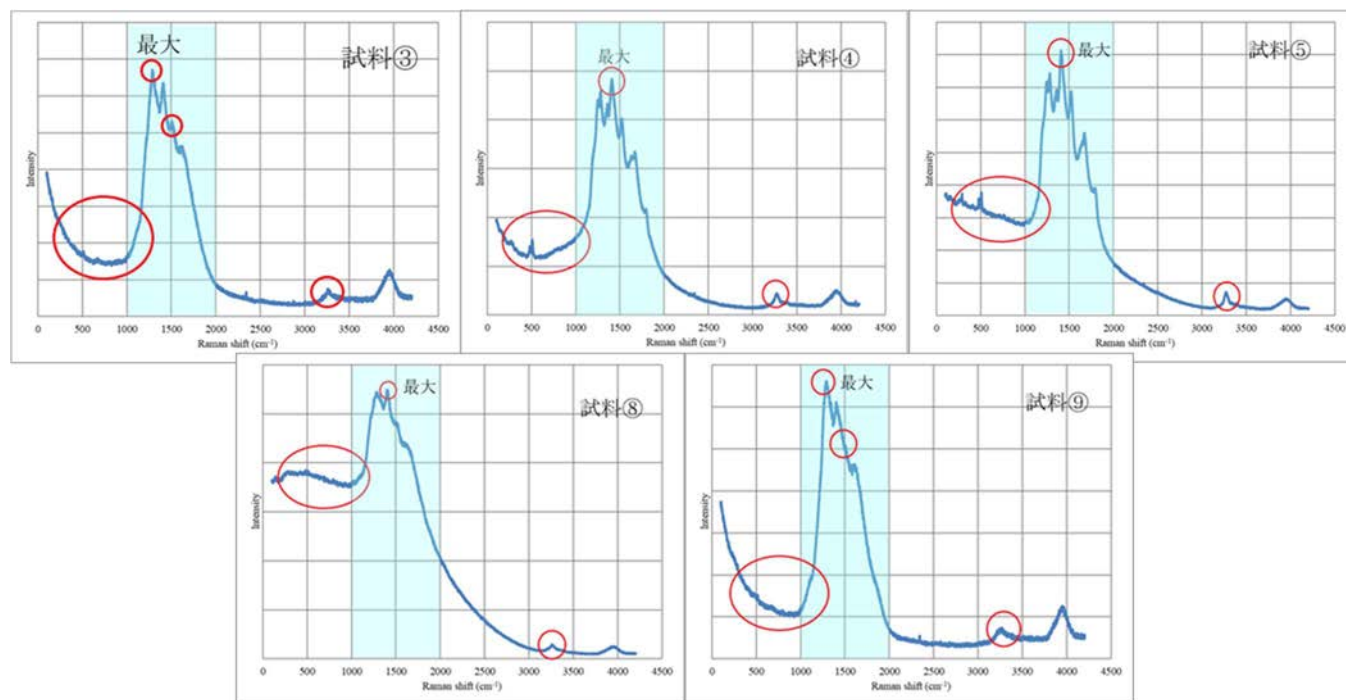


図2 吸水膨張性が「高い」と推定されたラマンスペクトル

### 3. 吸水膨張試験概要

試料の体積・重量を測定した後、水中に88時間以上浸漬させ、その後表面の水分を取り除き測定を行った。さらに、17時間以上風乾した後、測定を行った。

### 4. 吸水膨張試験結果および考察

浸漬前と比較した体積および重量の変化率を表2に示す。表より、試料③では体積、重量がともに増加しており、吸水膨張したと考えられる。試料⑨では重量が増加した一方で体積はわずかに減少しており、吸水したものの膨張はしていないことが分かる。また、その他の試料では体積・重量がほとんど変化しておらず、吸水も膨張も起こっていないと考えられる。

吸水膨張しやすいと推定された試料③、④、⑤、⑧、⑨の中で、吸水性を示した③、⑨と示さなかった④、⑤、⑧を比較すると、③や⑨では、非架橋のSi-Oなどの構造欠陥と関係している可能性のある<sup>4)</sup>低波数領域の蛍光スペクトルが下に凸な放物線のような形状になっているほか、火山ガラスのスペクトルにおいて、 $1280\text{cm}^{-1}$ 付近の山で最大となっている。一方で、吸水しなかった④、⑤、⑧では低波数領域における変化が比較的ゆるやかで、 $505\text{cm}^{-1}$ などでシャープなピークが見られる。また、火山ガラスのスペクトルにおいては $1400\text{cm}^{-1}$ 付近の山で最大となっており、火山ガラス部分の成分が異なっていると考えられ、これらの違いから吸水性を推定できる可能性がある(図2)。

また、膨張した③と膨張しなかった⑨を比較すると、

③では火山ガラスのスペクトルにおいて $1510\text{cm}^{-1}$ 付近に小さい山が確認できるが、⑨ではその山が確認されない。また、③と⑨では $1000\text{-}500\text{cm}^{-1}$ におけるスペクトルの形状も若干異なっており、これらの違いから膨張性を推定できる可能性があると考えられる。

### 5. 結論

骨材の吸水膨張性について、ラマンスペクトル上における石英やOHのピークの有無、火山ガラスのスペクトルの強度や形状、低波数領域の蛍光スペクトルの形状などから推定できる可能性があることが分かった。

### 参考文献

- 1) 広野真一, 野村昌弘, 安藤陽子, 鳥居和之: 新潟県産骨材のアルカリシリカ反応性と試験法の適合性, コンクリート工学年次論文集, Vol.39, No.1, 2017
- 2) 羽村陽平, 上田尚史, 三浦泰人, 山本貴士, 高谷哲: アルカリ溶液中における骨材からのシリカ溶出挙動に与える影響要因に関する基礎的研究, コンクリート構造物の補修, 補強, アップグレード論文報告集, Vol.21, Oct.2021
- 3) 川上圭司: ラマン分光分析を用いた骨材のASR反応性評価に関する基礎的研究, 京都大学修士論文, 2019
- 4) K. Min and T. Suzuki: Structural Analysis of Glass Using Spectroscopy, Research report Asahi Glass Co. Ltd., pp.29-33, Vol.59, 2009