

アルカリシリカ反応によるコンクリートの膨張と 反応性骨材のペシмум条件 (II)

Expansion and Pessim Behaviour of Concrete Affected by Alkali-Silica Reaction (II)

小林 一 輔*・白 木 亮 司*・森 弥 広*

Kazusuke KOBAYASHI, Ryouji SHIRAKI and Yahiro MORI

1. は し が き

前報¹⁾では、アルカリシリカ反応によって生ずる膨張の反応性骨材量によるペシмум条件について、ガラス質安山岩とチャートそれぞれ1種を骨材としたコンクリートを用いて検討した結果を報告した。

本文では、3種のガラス質安山岩と結晶度の低いチャートの合計4種の反応性骨材を用いたモルタルについて、アルカリシリカ反応の進行に伴う細孔溶液の組成とその変化を調べ、膨張に関する反応性骨材のペシмум条件との関係があるか否かについて検討したものである。

2. 実 験 方 法

2.1 使用材料およびモルタルの配合

セメントは、 Na_2O 等価アルカリ量 (R_2O 量) が0.53% ($\text{Na}_2\text{O}=0.13\%$, $\text{K}_2\text{O}=0.61\%$) の普通ポルトランドセメントを用いた。

反応性骨材としては、表-1に示すような安山岩とチャートを用い、それぞれの粗骨材を粉砕したものを使用し、非反応性骨材としては、川砂を用いた。

モルタルの配合は、水セメント比を50%として、それぞれについて細骨材中の反応性骨材量 (置換率) を20、

40, 60, 80, 100%に変化させた。なお、単位水量は全配合を通じて一定 ($300\text{kg}/\text{m}^3$) とした。この場合、フロー値の範囲は180~200mmであった。

モルタル中の総アルカリ量は全配合を通じて $7.80\text{kg}/\text{m}^3$ となるように、原セメント中に、含まれるNaとKの比でNaOH, KOH (試薬特級) をもちいて調整した。この結果、その R_2O 量は1.30%となった。

2.2 供試体の作製と養生方法

供試体は、モルタルミキサで練り混ぜ、 $\phi 5 \times 10\text{cm}$ の塩化ビニール容器に打設後直ちに蓋をし、密封状態で約24時間 20°C で湿空養生後、そのまま 40°C の恒温恒湿試験槽に移して促進養生を行った。

2.3 細孔溶液の抽出および分析

所定の材令に達した供試体は、試験槽から取り出して速やかに細孔溶液抽出装置にセットし、圧力約 $5000\text{kgf}/\text{cm}^2$ まで緩速載荷して細孔溶液の抽出を行った。

抽出した細孔溶液の分析は、 OH^- についてはフェノールフタレインを指示薬とした塩酸滴定法により行い、 Na^+ および K^+ の分析は原子吸光度法で、 Ca^{2+} およびSiの分析はICP発光分析法によって行った。

3. 実験結果と考察

図-1~4はそれぞれ反応性岩石別に実験結果を示したものであって、いずれもSi, Na, K, Caの各元素ならびに水酸化物イオンの濃度と反応性骨材の置換率との関係を表している。図-1は安山岩(Y)の場合の結果であるが、全体の傾向としては反応性岩石の置換率を増すほど水酸化物イオン, Na, K等の濃度が減少し、それとは逆にSiやCaの濃度が増大している。しかし、反応性岩石の置換率が60~80%に達すると前者のイオンや元素の減少傾向は見られなくなり、100%ではやや増加に向かう傾向が認められる。SiやCaの場合には置換率40%程度になると濃度の増加傾向はほとんど認められなくなり、置換率100%ではむしろ減少している。著者ら²⁾の既往の実験結

表-1 反応性骨材の特徴

記号	骨材種類	産地	地質年代	主な構成鉱物	反応性鉱物量
Y	両輝石安山岩	東北	第三紀	斜長石・普通輝石・頑火輝石	火山ガラス (40%)
N	単斜輝石安山岩	北陸	第三紀	斜長石・普通輝石	火山ガラス (43%)
T	斜方輝石安山岩	四国	第三紀	斜長石・頑火輝石	火山ガラス (50%)
C	チャート	中部	古生代から中生代	石英・微小石英	微小石英 (93%)

*東京大学生産技術研究所 第5部

研 究 速 報

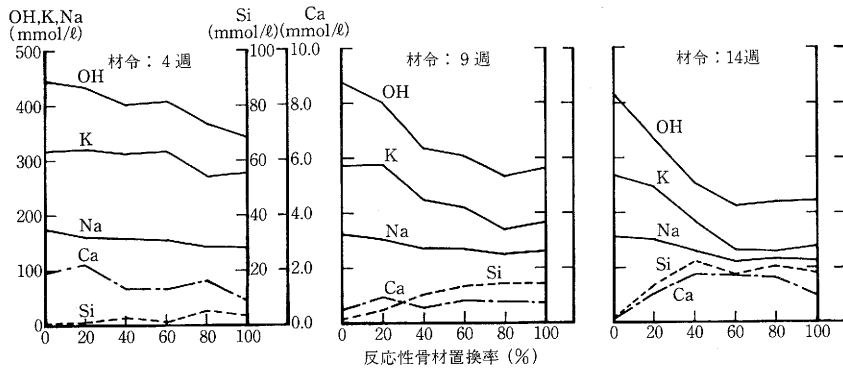


図-1 反応性骨材置換率と細孔溶液の化学組成との関係 (安山岩 Y)

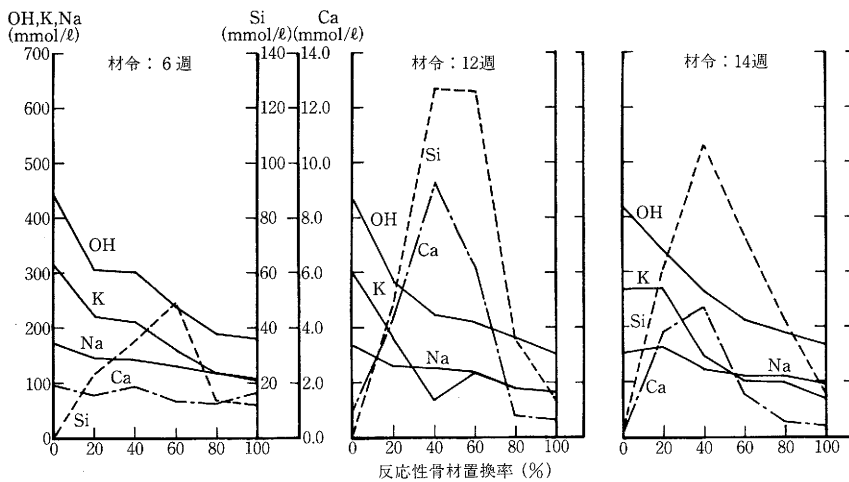


図-2 反応性骨材置換率と細孔溶液の化学組成との関係 (安山岩 T)

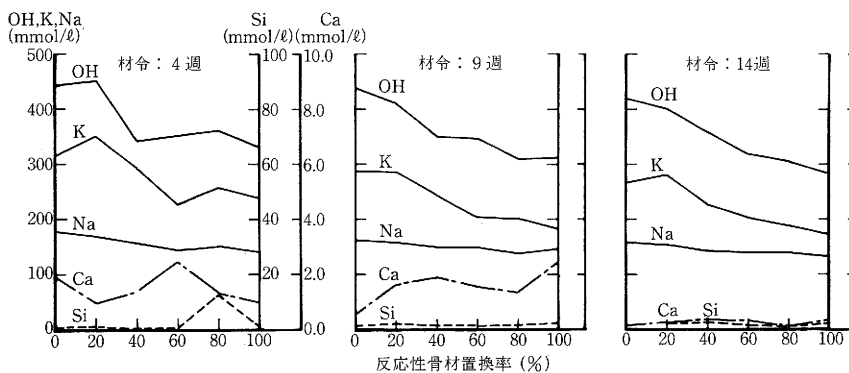


図-3 反応性骨材置換率と細孔溶液の化学組成との関係 (安山岩 N)

果によれば、この安山岩を用いたコンクリートの膨張に関するペシマム量は約60%程度であり、図-1の結果は特にこの置換率の付近においてシリカの溶出量が高くなっており、最大の膨張を示す条件とシリカの溶出が最も活

発に行われる条件がほぼ一致していることになる。

図-2は安山岩(T)の場合の結果であって、OH⁻、Na、Kの濃度は反応性岩石の置換率を増すほど減少しているが、SiとCaの濃度はいずれも置換率が40%の場合に

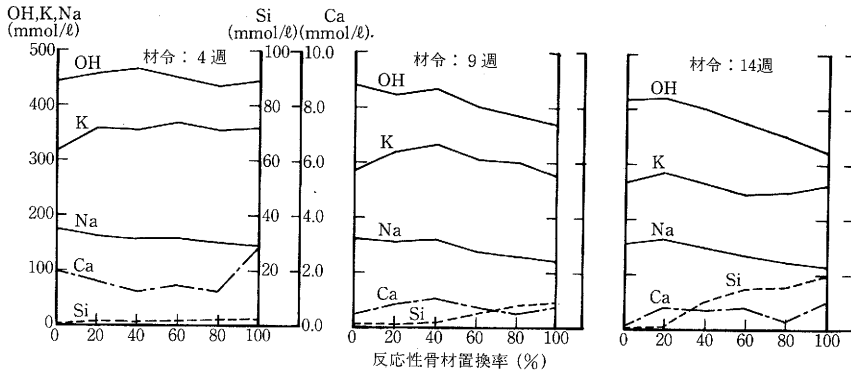


図-4 反応性骨材置換率と細孔溶液の化学組成との関係 (チャート)

最大値を示している。この安山岩を用いたコンクリートの膨張に関するペシマム量は約40%であることが既往の研究⁹⁾によって確かめられており、この場合にも、最大の膨張を示す条件とシリカの溶出が最も多くなる条件が一致している。この安山岩(T)の場合にもう1つ注目している現象は、ペシマム条件において溶出したシリカの量が異常に多いことである。このような現象は他の安山岩やチャートにおいては全く認められないことから、無斑晶型のガラス質安山岩に特有のアルカリに対する溶出機構があるのでないかと考えられる。Siの濃度が最大となった置換率40%の場合には、Caの濃度も同様に最大値を示したが、これは溶出した多量のシリカ分(Si(OH)₄モノマー、Si(OH)₃⁻)が高圧抽出法によって抽出された際に、ゲル状のCa(OH)₂も同時に抽出されたためではないかと考えられる。

図-3は安山岩(N)の場合であって、OH⁻、Na、K、Caなどの濃度と反応性骨材の置換率との関係は図-1または図-2の傾向と大差がないが、Siの濃度は反応性骨材の置換率いかににかかわらず非常に低く、シリカの溶出はほとんど起こっていないことを示している。図-5は同じ配合のモルタルによる膨張を調べた結果であるが、反応性骨材の置換率いかに問わず膨張量は非常に少なく、シリカの溶出傾向を反映している。一方、図-4はチャートを用いた場合の結果であって、安山岩の場合とやや異なる傾向は、反応性岩石の置換率の増加に伴うOH⁻、Na、Kの濃度の減少が、材令4週では明確ではないが、材令14週に至って明確になっていることである。同様にシリカの溶出も材令を追って多くなっており、反応速度が遅いと言われている潜晶質石英によるアルカリシリカ反応の特徴が現れている。また、Siの濃度は反応性岩石の置換率が増加するほど高くなっているが、この傾向は著者らのコンクリートを用いた既往⁹⁾の実験結果と一致し

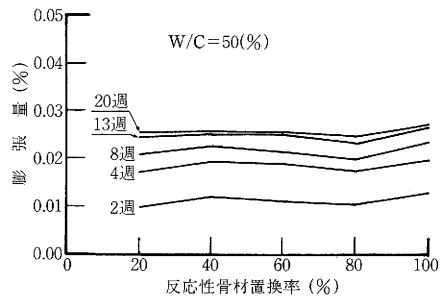


図-5 反応性骨材置換率と膨張量との関係 (安山岩N)

ている。

4. む す び

当報告において、安山岩およびチャートを用いたコンクリートの膨張量と孔隙水の組成との間に対応関係があることを示した。しかし、同じ安山岩骨材であってもその孔隙水の組成は、同一ではなく、膨張との対応もさまざまである。よって、これらを支配するメカニズムを解明することが今後の課題と言えよう。

(1989年5月30日受理)

参 考 文 献

- 1) 小林, 森, 西村: アルカリシリカ反応によるコンクリートの膨張と反応性骨材のペシマム条件, 生産研究, 41巻, 2号, 1989. 2.
- 2) 小林, 野村: アルカリシリカ反応がコンクリートの諸性状に及ぼす影響 (III), 生産研究, 40巻, 5号, 1988. 5.
- 3) 西林, 矢村, 林, 井筒: コンクリート供試体によるアルカリ骨材反応の評価, 第9回コンクリート工学年次講演会講演論文集, 1987.