

アルカリ溶液中における ASR 反応性骨材からのシリカ溶解挙動に関する検討

九州大学大学院 学生会員 ○上野貴行 正会員 佐川康貴 フェロー会員 濱田秀則
 (国研) 国立環境研究所 正会員 山田一夫
 (国研) 海上・港湾・航空技術研究所 港湾空港技術研究所 正会員 川端雄一郎

1. はじめに

アルカリシリカ反応 (ASR) の膨張メカニズムを理解するためには、骨材からのシリカの溶解挙動から ASR ゲルの生成、コンクリートの膨張までの一連のメカニズムを明らかにすることが重要である。反応性骨材からのシリカの溶解挙動の反応は、アルカリ濃度に強く依存し¹⁾、また反応に伴って一部のアルカリは ASR ゲルに固定される。これらの挙動は過去に幾つかの研究事例があるものの^{例えば 1), 2)}、十分には明らかにされていない。本研究では液固比と溶液の攪拌の有無に着目し、アルカリ溶液中における反応性骨材からのシリカの溶解挙動について検討した。

2. 使用材料ならびに実験方法

1 種類の反応性骨材をアルカリ溶液に浸漬し、シリカの溶解挙動を評価した。反応性骨材はクリストバライト、オパール、ガラスを反応性鉱物として含む安山岩で、急速膨張性を示すものである。骨材は粒径 150~300 μm に調整した。

評価した要因は、液固比と攪拌の有無である。液固比の要因では反応性骨材のアルカリ消費について、攪拌の有無の要因では溶液の均一性の影響について検討することを意図した。試験は表-1 に示す 3 水準とした。浸漬溶液には 1mol/L の NaOH 溶液を用いた。反応容器には 1:1 では JIS A 1145 に規定される容量 50ml (テフロン製) の反応容器を用い、それ以外は容量 500ml のテフロン製容器を用いた。

試験では、まず反応容器に試料と溶液を入れ、80℃の恒温水槽内に浸漬させた。経時変化の検討も行うため、反応時間は 4, 9, 16, 24 時間とした。液固比 1:1 以外の攪拌無しの要因では、24 時間以降も Sc がほぼ一定になるまで浸漬を行った。攪拌は、恒温水槽の振とう機能を用い、振れ幅 40mm, 振動数 130rpm で行った。測定用原液の採取は、液固比 1:1 については各浸漬時間で試料を取り出し、上澄み液 1 分、骨材 4 分で吸引ろ過を行い、全量採取とした。液固比 1:1 以外では、上澄み液を 10ml 採取し、シリジフィルターでろ過した。採取した溶液は化学法に従い Rc と Sc を測定した。Sc の測定には吸光光度法を用いた。Sc は濃度で算出されるため、Sc に溶液量を乗じてシリカの溶解量 (mmol) を算定した。また、液固比 1:1 以外では採取終了後に 1mol/L の NaOH 溶液 10ml を残りの試料内に入れ、浸漬を継続させた。

3. 試験結果ならびに考察

図-1 に浸漬 24 時間における液固比 (固液比の逆数) と NaOH 濃度の関係を示す。液固比が高くなるほど NaOH の濃度減少が抑制されている。液固比を増加させることで、アルカリ濃度変化の影響を減ずることがで

表-1 固液比試験水準

固液比	骨材量 (g)	溶液量 (ml)
1 : 1	25	25
1 : 4	25	100
1 : 10	25	250

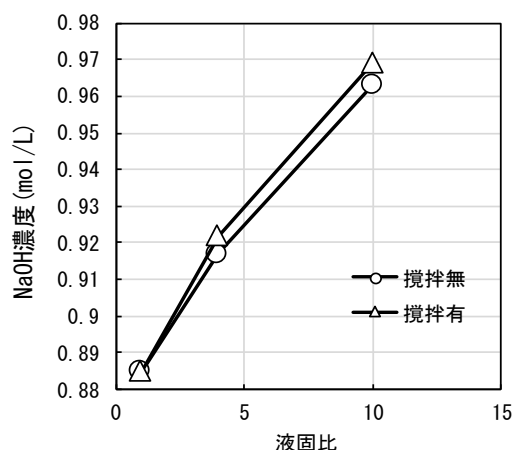


図-1 液固比と反応後の NaOH 濃度 (24 時間)

キーワード コンクリート, ASR, 化学法, 液固比

連絡先: 〒819-0395 福岡市西区元岡 744 番地 ウエスト 2 号館 11 階 1103 号室 TEL092-802-3387

きる。また攪拌の有無はアルカリ濃度変化には大きく影響を及ぼしていないこともわかる。図-2に各水準のシリカの溶解量の経時変化を示す。液固比が高いほど、シリカの溶解量が大きくなった。これは前述したアルカリの濃度減少が小さくなったことによるものや、液量が増えたため、溶液中に溶解可能なシリカ量が増えたことで溶解する速度に影響を与えた可能性があると考えられる。攪拌の有無については、攪拌有りの方でシリカの溶解量の変化が初期の方で急激に伸びており、固液比1:1で攪拌有りの水準では初期に激しく溶解した後はほとんどシリカの量は変化しない傾向を示している。また、24時間浸漬時点において、溶解量も多くなっており、特に1:4においては攪拌有りの方が明らかに高くなっている。これは攪拌を行ったことで骨材と溶液の接触の状態が変化したものと考えられ、シリカの溶解挙動に攪拌は影響を及ぼしていると思われる。

表-2に固液比1:1以外の水準の浸漬終了時間におけるNaOH溶液中の溶解シリカ濃度を、図-3に2水準でシリカの溶解量が一定になるまで浸漬を行った場合の経時変化を示す。液固比が高い水準において、1:4では1:10に比べて早期にシリカの溶解量がほぼ一定となっているとともに、1:10と比較して総量は少ない傾向にある。これは固液比1:4ではNaOH溶液のシリカの溶解度に達したことによるものと考えられる。1:10において、溶解シリカ濃度は他と比べて小さい状態でシリカの溶解量がほぼ一定となった。そのため反応が十分に進展し、シリカの溶解量が収束したと考えられる。以上のことから、反応性が高い骨材において、液固比によっては溶解度の影響で、溶液中のシリカの溶解量が少なくなる場合がある。また液固比を大きくすることはシリカの溶解量が増えるだけでなく、シリカの溶解速度にも影響を及ぼしている可能性があることが考えられる。

4. まとめ

以上の試験から得られた結果を以下に示す。

- ・液固比を大きくすることにより、アルカリ濃度の減少が抑制され、シリカの溶解反応におけるアルカリ濃度変化の影響を減ずることができる。
- ・液固比が大きくなることでアルカリ溶液中のシリカの溶解量が大きくなり、シリカの溶解速度に影響を及ぼす可能性がある。

参考文献

- 1) 井上祐一郎ほか：ペシマム現象を生じる骨材を用いたモルタルのフライアッシュによるASR抑制効果，コンクリート工学年次論文集，第32巻，pp.953-958，2010
- 2) 魚本建人，古澤靖彦：アルカリ・シリカ反応によるモルタルバーの膨張挙動を予測するモデルの構築，コンクリート工学論文集，第3巻，第1号，pp.109-119，1992

謝辞：本研究はJSPS 科研費16H04389の助成を受けたものです。

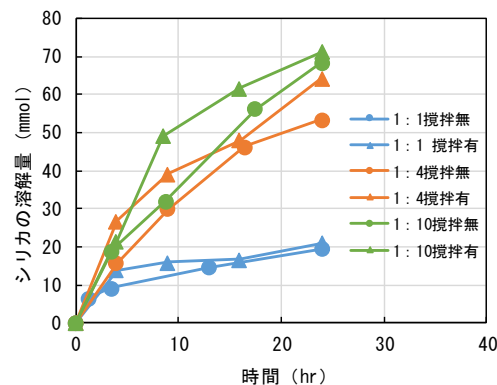


図-2 各水準の溶解したシリカ量の経時変化

表-2 浸漬終了時の溶解シリカ濃度

固液比	1 : 4	1 : 10
時間 (hr)	120	150
濃度 (mmol/L)	832	413

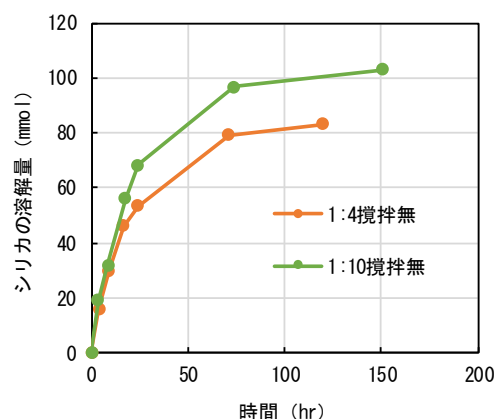


図-3 溶解シリカ量の経時変化