

[52] ASR モルタルバー膨張量に影響する要因に関する 2, 3 の考察

正会員 小林 茂敏 (建設省土木研究所)
 正会員 小野 金造 (建設省土木研究所)
 正会員 ○河野 広隆 (建設省土木研究所)
 正会員 肥沼 年光 (同上現働飛鳥建設)

1. まえがき

コンクリートのアルカリシリカ反応(以下ASRと略す)に影響する要因は種々あり、その反応機構、膨脹機構の解明が急がれている。土木研究所ではASR判定試験法やASR抑制手法を確立するために、モルタルバー法を用いた各種試験を実施しており、既にその一部は報告¹⁾している。

モルタルバー法は骨材のASR反応性判定試験方法として重要な位置にあり、我が国でも独自の手法の確立が要望されている。このため、建設省ではこれまでの試験結果等を検討して、昭和60年度末までに、JISの試験器具等を用いたモルタルバー試験法の暫定案を作成している。これまでのモルタルバー法による調査から、ASTMのモルタルバー法をそのまま用いた場合には問題となるような次の点が明らかになっている。すなわち、①配合、特に単位モルタルあたりのアルカリ量がモルタルバーの膨張に大きく影響する、②等モルのアルカリであってもKとNaはモルタルバーの膨張量に異なった影響を及ぼす、③養生中の湿度の条件がモルタルバーの膨張に著しい影響を及ぼす、等¹⁾²⁾である。これらの結果から、暫定案では、ASTM法と大きく異なる点としては、①に対しては、配合をW/C=50%, s/c=2.25に統一し、②に対してはセメントはJISに昭和60年に新設された低アルカリ形のものを用い、それにNaOHを加えてアルカリ量を1.2%とし、③に対しては養生方法の例を具体的に示す、等の改正を行っている。

しかしながら、ASRについてはまだまだ不明の点も多く、例えば、ベシマムを有する骨材に対してはその存在を知る有効な手法がなく、現在のモルタルバー法では、試験本数を増やす以外にはその反応性を正確に把握することは難しい等、解決すべき点が多い。このため、ASR試験法の精度を向上させ、かつ手法を簡易化し、また、有効なASR防止対策を設定するためには、ASRに対する種々の影響要因について調査しておくことが必要であり、ここではモルタルバー法を用いて行ったASRの影響要因に関する実験の結果を報告する。

2. 実験方法

2.1 使用材料

表1に使用した骨材の種類を示す。A1～A3の骨材はいずれもASTMの化学法でアルカリシリカ反応性のあると判定されてたものである。骨材は破碎後ASTM C 227の細骨材粒度に合うように粒度調整した。使用したセメントはアルカリ量0.65%の比較的アルカリ量の低い普通ポルトランドセメントである。K₂OのNa₂Oへの等価換算係数は0.658としている。

2.2 供試体の作成

モルタルバーは4x4x16cmのものを用い、その両端に長さ変化測定用のチップを埋め込んだ(測定有効長=140mm)。フローの測定及び締固めはJIS R 5201に準じて行い、各配合3本ずつ供試体を作成した。

2.3 養生及び長さ変化測定方法

供試体は打設後24hrの脱型時までは20±2℃、RH>95%の湿気箱中で養生し、脱型後38±2℃の湿気箱中で吸い取り紙で巻き、湿潤状態にし、ポリ袋に入れ水分の逸散を極力防ぐようにして、養生した。所定の材令で1/1000mmダイヤルゲージにより長さ変化を測定した。

2.4 配合

実験は各種要因の影響を調べるため、5シリーズについて行った。以下にその目的と配合を示す。

表1. 使用した骨材

記号	岩 種	化学法による判定
A1	サヌカイト質安山岩	有害
A2	輝石安山岩	潜在的有害
A3	チャート	有害
A4	硬質砂岩	無害

シリーズⅠ：KとNaのモルタルバーの膨張量に及ぼす影響を調べるため、セメントにNaOHとKOHを別々に4段階に加えた。W/C、s/cは一定。

シリーズⅡ：ASR対策として低アルカリセメントを用いることが推奨されているが、この場合でもアルカリ総量の規制値を満足すべきかどうかを確認するため、単位水量、W/C一定で単位セメント量を増加させ富配合のモルタルを製作した。

シリーズⅢ：混和剤の影響をみるため、配合を一定とし代表的な各種混和剤を添加しモルタルを製作した。混和剤の使用量はメーカーの使用推奨値の中間値を用いた。

シリーズⅣ：モルタル中の空気量のモルタルバーの膨張量への影響をみるため、W/C、s/c一定でAE剤およびアルミ粉の使用量を変えたモルタルを製作した。

シリーズⅤ：骨材のベシマム特性を調べるため、反応性骨材と無反応性の骨材を混合した配合一定のモルタルを製作した。

3. 実験結果および考察

3.1 シリーズⅠ

図1～3にA1～3骨材を用いてNaOHとKOHの添加量を変化させた場合のモルタルバーの膨張量を示す。アルカリ総量のモルタルバーの膨張に及ぼす影響は骨材によって非常に異なり、ある値を越えたアルカリの増加に対して安山岩系のA1、A2は敏感で、チャートのA3は比較的敏感ではない。NaとKの影響の差はアルカリ量が1.2%を越えたときに明瞭で、いずれの骨材についてもNaOHを添加した場合のほうがKOHの場合より膨張量が大きい。しかし、アルカリ量が1.2%を越えると、増加したアルカリ量に対する膨張量の増加量はNaOH添加でもKOH添加でも骨材ごとにほぼ同様の傾向となっている。

後で述べるが、A1骨材はかなり明瞭なベシマムを有し、種々の条件の差を敏感に受けるようであり、アルカリ量がある値を越えた場合に、アルカリ量の増加に対し膨張量の増加が急激に大きくなっている。この値は1.2%前後にあるようで、この骨材に対してアルカリをKOHで添加し1.2%とすると、骨材は無害と判定されることとなり、非常に危険となる。なお、A1骨材と同岩種の骨材を用い別途に行った試験では、NaOHを添加していくとアルカリ量が2.0%程度で膨張量が頭打ちとなる傾向があった。

3.2 シリーズⅡ

図4はアルカリ量0.65%の比較的アルカリの少ないセメント（JISの低アルカリ形セメントはアルカリ量0.6%以下）を用いた富配合のモルタルの膨張量を示す。低いアルカリ量のセメントを用いた場合でも、やはりアルカリ総量の増加とともに膨張量は増加の傾向にある。図中の半黒塗りの記号はアルカリ量1.2%でセメント量600kg/m³のモルタルの膨張量を示す。この配

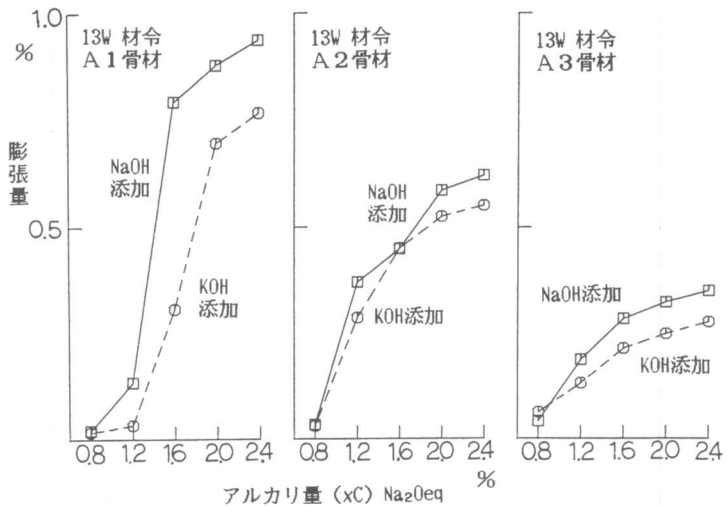


図1. A1骨材におけるアルカリの種類の影響



図2. A2骨材におけるアルカリの種類の影響

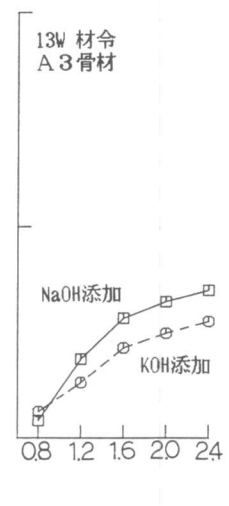


図3. A3骨材におけるアルカリの種類の影響

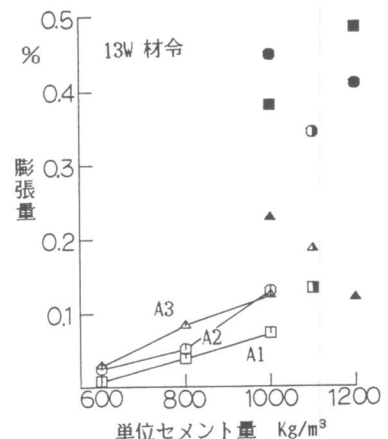


図4. 富配合モルタルバーの膨張量

合のアルカリ総量は図4の1100 kg/m³に相当するが、アルカリのNaとKの比率が異なり、s/cも異なるにもかかわらず、似たような傾向を示している。以上のことより、一般のコンクリートのASR対策として低アルカリセメントを用いる場合でも、コンクリート中のアルカリ総量は、ある値に抑えるような使い方をしなければならないと考えられる。シリーズI、IIから言えることであるが、アルカリ量の増加に対して敏感なA1骨材では、アルカリ総量を抑えることによりASR防止対策をとることが非常に効果的であると考えられるが、また逆に、アルカリ量が増した場合や何らかの形でアルカリが供給された場合には、重大な劣化をまねく危険性がある。なお、図中の黒塗りの点は、流動性確保のため同一配合のモルタルに高性能減水剤を加えたものであるが、単位セメント量1000 kg/m³の点では、ブレーンのものより膨張量がかなり大きくなっており、高性能減水剤添加の影響が出ている。

3.3 シリーズIII

既往の研究ではコンクリートの化学混和剤がASRの膨張に影響を及ぼすとの報告がある。そこで4種類の代表的化学混和剤を混入した同一配合のモルタルバーの膨張量をみたのが図5である。A1、A3骨材では混和剤の種類の影響はほとんど受けていないようであるが、A2骨材では特に、高性能減水剤Ad1の影響を強く受けているようである。Ad1は使用量が多いが、アルカリイオンの増加量を計算するとセメントのアルカリ量にして0.03%以下で、単純にアルカリの増加が影響しているのではなく、減水効果等によるモルタル中の構造の変化等二次的な影響ではないかと考えられる。

3.4 シリーズIV

モルタル中の空気は、ASR反応が起きた際に生じる珪酸ゲルの圧力を緩和し、膨張を減少させる作用が考えられる。図6の白ぬきの点は、シリーズIIIでいずれの骨材に対しても膨張量への影響のほとんどなかったAd4混和剤を用いて空気量を変化させたモルタルで膨張量をみたものである。A2、A3骨材では空気量の増加とともに膨張量は減少の傾向にある。しかしながら、膨張量の減少効果はそれほど大きくなく、空気量の増加によってASRを防止するようなことは不可能のようである。A1骨材はここでも特異な傾向を示し、空気量の増加とともに膨張量が大きくなる傾向にある。空気量の増加は相対的に単位アルカリ量の減少につながるが、ここでもA1骨材のベシマム特性がなんらかの影響を及ぼしている可能性もある。図6の黒塗りの点は空気をアルミニウム粉末の混合によって導入したものである。骨材ごとの膨張量の相対的な傾向等はAE剤添加のものと同様はしているものの、AE剤によって連行された空気とは径の大きさが異なるためか、同じ空気量でもかなり膨張量は小さくなっている。ここでも、A2、A3骨材では空気量の増大とともに若干ではあるが膨張量は減少しているが、A1骨材では減少傾向はみられない。

3.5 シリーズV

図7～9にA1～3骨材と無害と考えられるA4骨材を混合して、ベシマムについて調べた結果を示す。A1骨材は明瞭なベシマムを有しており、アルカリ量が少ない場合にはA1骨材の混入率が少ないほうがモルタルバーの膨張量は大きく、アルカリ量の増加とともに膨張量のピークに対する骨材混入率は次第に

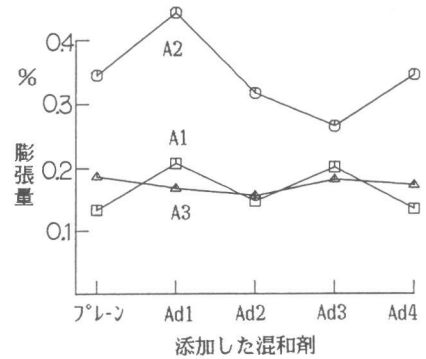


図5. 各種混和剤の膨張量に及ぼす影響

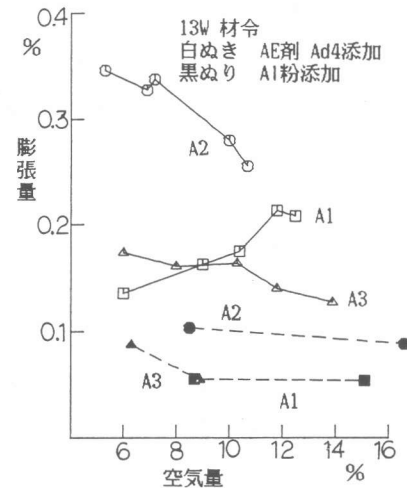


図6. 空気量の膨張量に及ぼす影響

大きくなり、アルカリ量が2.4%程度になって混入率100%のものが最大の膨張量を示すようになる。A 1 骨材を60% 混入した骨材では、アルカリ量が 0.8% から 1.2% になる際の膨張量の増加量は著しく、図 1 に示した増加率よりかなり大きなものとなる。A 1 骨材では100%使用でも、アルカリ量を1.2%としたモルタルバー法で、3ヶ月で0.05% 以上膨張し有害と判断されるが、もし、同様のベシマムを有する骨材でアルカリ量1.2%であまり膨張しないものがあるとすれば、非常に危険なこととなる。A 2 骨材は明瞭なベシマムはないようで、いずれのアルカリ量でも反応性骨材混入率の増加とともに膨張量も増加している。A 3 骨材では全くベシマムの傾向はみられず、膨張量は反応性骨材混入率にほぼ比例して増加している。

3.6 ベシマムの影響とベシマムの有無の判定について

A 1 骨材は図 1 からみても非常に反応性が高く、このためアルカリ量との最適組み合わせが存在し、ベシマムが存在すると考えられる。今回の実験では用いた骨材の種類が少ないため、明確なことはいえないが、アルカリ量の増加に対する膨張量の増加率や空気量の膨張量への影響等にベシマムの影響が出ているものと推察される。前述したように、ベシマムを有する骨材でアルカリ量1.2%であまり膨張しないものがあるとすれば、非常に危険なこととなり、骨材がベシマムを有するかどうかを判定することは非常に重要なこととなる。現在のモルタルバー法試験ではベシマムを判定するにはバーの本数を増やすしかなく、実用的でないため今後、ベシマムを有する骨材の特徴的でしかも簡易に判定できるような性質を把握するための検討を行う必要がある。

4. まとめ

今回の実験は、限られた条件で行われたものであるが、次のような知見が得られた。

- 1) いずれの骨材についてもNaOHを添加した場合のほうがKOHの場合より膨張量大きい。
- 2) 比較的アルカリ量の低いセメントを用いた場合でも、富配合になると膨張量は増加の傾向にあり、ASR対策にはコンクリート中のアルカリ総量はある値に抑える必要がある。
- 3) 空気量の膨張量への影響は骨材種や空気の状態によって異なる。
- 4) ベシマムを有する骨材を用いた場合には、各種要因の膨張量への影響が異なってくると考えられる。

(参考文献) 1) 小林他、「各種アルカリ骨材反応に及ぼす

影響」：コンクリート工学年次講演会、7th, S60

2) 蒔田他、「アルカリ骨材反応試験(モルタルバー法)における各種の問題点」：コンクリート工学年次講演会、7th, S60

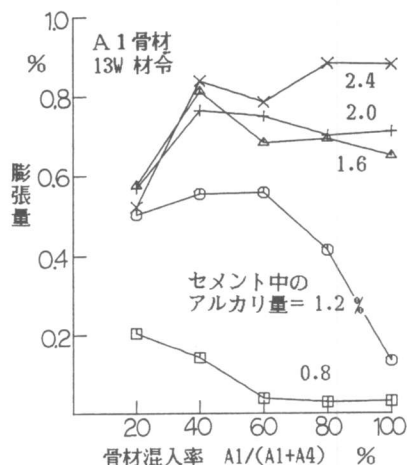


図7. A 1 骨材のベシマム特性

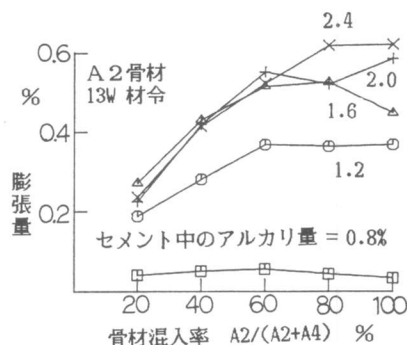


図8. A 2 骨材のベシマム特性

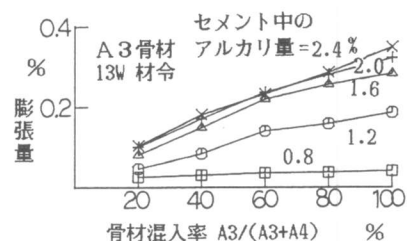


図9. A 3 骨材のベシマム特性