

モルタル供試体の ASR 膨張に及ぼす促進養生条件の影響

鳥取大学大学院 学生会員 ○小田 朗
鳥取大学大学院 正会員 黒田 保

大豊建設(株) 正会員 山田 直紀
鳥取大学大学院 フェロー 井上 正一

1. はじめに

コンクリートの劣化要因の1つにアルカリシリカ反応 (ASR) がある。一般に我が国で多く用いられている骨材のアルカリシリカ反応性判定試験法である JIS A 1146 (モルタルバー法) は、判定までに長期間を要する。近年、海外では、モルタルバー法よりも短期間で骨材の反応性を判定できる試験法として ASTM C 1260 が多く用いられている。この試験法では、モルタルバーを 80℃ の NaOH 溶液 (濃度 1mol/l) に浸漬して ASR を促進する。このような促進試験法を我が国の骨材に適用する場合には、モルタルの ASR 膨張に与える促進養生条件の影響を明らかにする必要があると考える。

本研究では、骨材のアルカリシリカ反応性をモルタルバー法よりも早期に判定するための促進試験法を開発することを目的として、保存温度および NaOH 溶液への浸漬の有無がモルタルの ASR 膨張に及ぼす影響について検討した。

表-1 実験要因

試験の種類	反応性骨材の種類	W/C (%)	NaOH 溶液濃度 (mol/l)	保存温度 (℃)
モルタルバー法	KS, CH	50	0.5	40, 60, 80
NaOH 溶液浸漬法				

2. 実験概要

本実験では、モルタル供試体の細骨材として JIS A 1145 (化学法) で「無害でない」と判定された安山岩 (KS 骨材と称す。Rc=172mmol/l, Sc=732mmol/l) とチャート (CH 骨材と称す。Rc=175mmol/l, Sc=338mmol/l) の2種類の反応性骨材を使用し、セメントにはアルカリシリカ反応性試験用普通ポルトランドセメント (密度: 3.14g/cm³, 全アルカリ量: 0.55%) を使用した。モルタル中のアルカリ含有量 (R₂O) はセメント質量の 1.2% とし、R₂O の調整には NaOH を使用した。実験要因を表-1 に示す。モルタル供試体の寸法と配合および骨材の粒度は JIS A 1146 に準拠した。本研究では、モルタルバー法を保存温度 40℃ に加え 60℃ および 80℃ でも実施した。また、モルタル供試体を NaOH 溶液 (0.5mol/l) に浸漬させ 40℃, 60℃, 80℃ の恒温槽に保存する促進試験 (NaOH 溶液浸漬法) も実施した。長さ変化の計測は、供試体を恒温槽 (40℃, 60℃, 80℃) から 20℃ の恒温室に移動し 24 時間静置した後に行った。

3. 実験結果と考察

3.1 NaOH 溶液に浸漬しないモルタルの膨張挙動

図-1 に、NaOH 溶液に浸漬しない場合の実験結果を示す。いずれの保存温度とした場合にも CH 骨材を用いた供試体 (CH 供試体) よりも KS 骨材を用いた供試体 (KS 供試体) の方が膨張率は大きい。また、CH 供試体については、保存温度が高い供試体の方が膨張率は大きくなった。これは、保存温度の上昇によりアルカリシリカゲル (ASR ゲル) の生成量が増加したためと考えられる。一方、KS 供試体については、40℃ で保存した供試体の膨張率が最大となった。これは、保存温度を高くしたことにより ASR ゲルの流動化する割合が増加したためと考えられ、それに伴い膨張圧が緩和され 80℃ および 60℃ で保存した供試体は 40℃ で保存した供試体より膨張率が小さくなったと考えられる。

3.2 NaOH 溶液に浸漬したモルタルの膨張挙動

図-2~4 に供試体を 0.5mol/l (以下、M と略記) の NaOH 溶液に

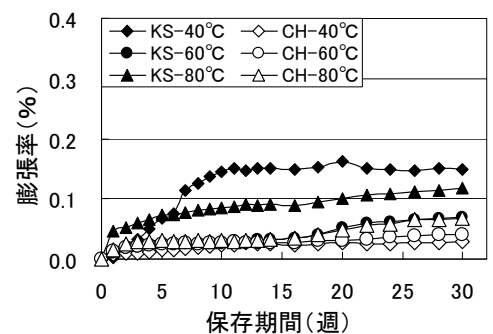


図-1 膨張率の経時変化

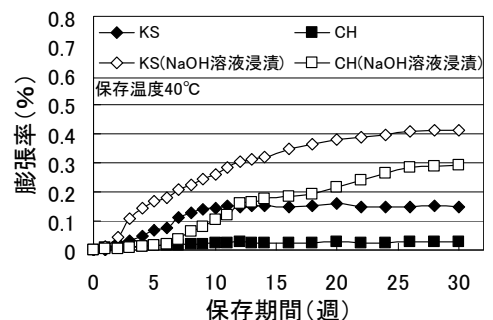


図-2 NaOH 溶液への浸漬の影響 (40℃)

浸漬させた場合と浸漬しない場合の実験結果を示す。いずれの保存温度においても、NaOH 溶液に浸漬した供試体の方が膨張を生じ始める時期が早く、膨張率が大きくなった。これは、ASR で消費されるアルカリ成分がモルタル中のみだけでなく NaOH 溶液からも供給されているためと考えられる。

図-5 に 0.5M の NaOH 溶液に浸漬させた供試体の ASR 膨張に及ぼす保存温度の影響を示す。モルタルバー法と同様に、いずれの保存温度においても、CH 供試体よりも KS 供試体の膨張率の方が大きくなった。また、KS 供試体の場合、80℃で保存した供試体の膨張率が最も大きくなった。これは、保存温度の上昇により ASR ゲルの生成量が増加したためと考えられる。一方、CH 供試体の場合、保存温度 40℃で膨張率が最も大きくなり、80℃での膨張率は最小となった。これは、保存温度が高くなるにつれ ASR ゲルの流動化の影響が大きくなったため膨張率が小さくなったと考えられる。つまり、ASR による膨張には ASR ゲルの生成量と流動化の 2 つの要因が複雑に影響しているものと考えられる。

3.3 促進試験条件および判定基準値の検討

骨材のアルカリシリカ反応性を判定するための促進試験条件および判定基準値について考える。本実験結果において NaOH 溶液に浸漬しない場合、KS 供試体では保存温度を 60 および 80℃とすると JIS のモルタルバー法（保存温度 40℃）よりも膨張率が小さくなること、NaOH 溶液に浸漬させた方が膨張率は大きくなっていることから、促進試験条件として供試体を NaOH 溶液に浸漬させることとし、その条件で生じる各保存期間における膨張率とモルタルバー法（保存温度 40℃）の 26 週における膨張率との比（膨張比）を図-6 に示す。

図-6 より 80℃で保存した場合に、KS 供試体と CH 供試体の 13 週目以降の膨張比が同様の値となっていることから、保存温度を 80℃とする。すなわち、促進試験条件として 0.5M の NaOH 溶液に供試体を浸漬して 80℃で保存することとする。また、13 週目以降の膨張比が同様であることと、判定までに要する期間をできるだけ短くする観点より、保存期間を 13 週とする。また、モルタルバー法の保存期間 26 週における膨張率に対する 80℃の NaOH 溶液（0.5M）に浸漬した供試体の保存期間 13 週での膨張比は KS 供試体で 3.18，CH 供試体では 3.19 となりほぼ同じ値となった。すなわち、保存温度を 80℃として 0.5M の NaOH 溶液に 13 週間浸漬させて促進養生した供試体の膨張率は、モルタルバー法の保存期間 26 週における膨張率の 3.18 倍である。モルタルバー法は保存期間 26 週における膨張率が 0.1%以上で「無害でない」と判定するので、この結果から、モルタルバーを 0.5M の NaOH 溶液に浸漬させて 80℃で促進養生し、保存期間が 13 週を経過した時点で膨張率が 0.318%以上の膨張を生じたとき、骨材は「無害でない」と判定できる可能性があると考えられる。

4. まとめ

本研究の結果から、モルタル供試体を 0.5M の NaOH 溶液に浸漬して 80℃で保存し、保存期間 13 週における膨張率が 0.318%以上の場合に、使用した骨材は「無害でない」と判定できる可能性があり、この促進試験法により骨材のアルカリシリカ反応性をモルタルバー法よりも早期に判定できる可能性があると考えられる。

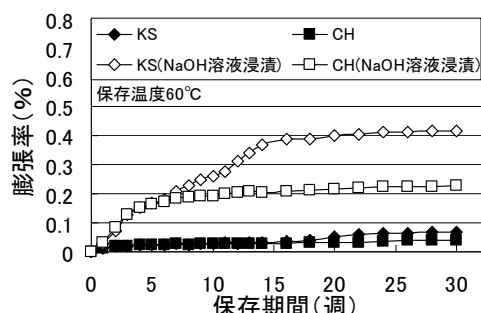


図-3 NaOH溶液への浸漬の影響 (60℃)

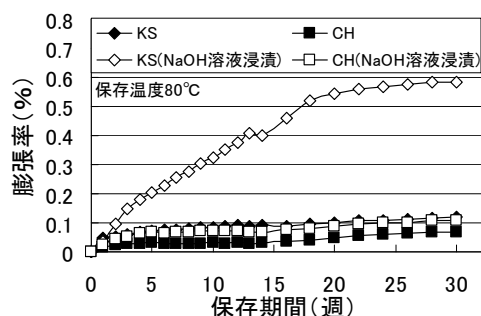


図-4 NaOH溶液への浸漬の影響 (80℃)

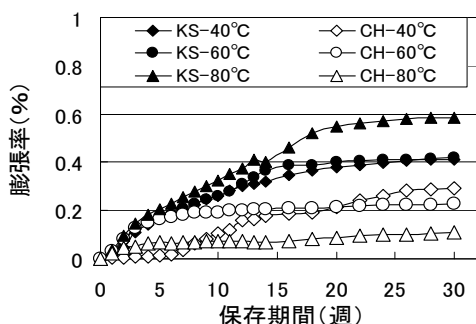


図-5 膨張率の経時変化 (NaOH溶液浸漬)

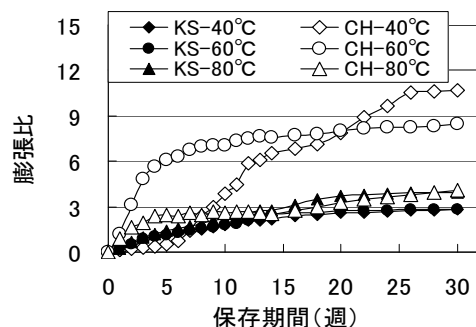


図-6 膨張比の経時変化 (NaOH溶液浸漬)