

金沢大学 正員 川村 満紀
 金沢大学 正員 柳場 重正
 金沢大学 正員 竹本 邦夫

1. まえがき

アルカリ骨材反応による膨張は反応性骨材の粒径、含有量およびアルカリ量などによって複雑に変化するものとすでに明らかにになっている。しかし、アルカリ骨材反応による膨張量と反応性骨材の粒径との関係については研究者によって異なった結果が報告されている。さらに、このようは反応によるモルタルの膨張特性とゲルの生成過程によって統一的に説明されていないようである¹⁾。反応性骨材を含むモルタルの膨張は支配するおもな要因はゲルの生成過程および生成したゲルの流動性に関連するアルカリ・水酸基イオン濃度および移動速度、骨材の比表面積である。本報告は骨材の比表面積が生成ゲルの特徴およびモルタルの膨張特性におよぼす影響を明らかにするために、多孔性および密実な反応性骨材を使用したモルタルの膨張特性を比較するとともに、膨張と反応性骨材の比表面積および反応生成物との関係について考察したものである。

表1 反応性骨材の化学成分および物理的性質

	Opal-I	Opal-II
SiO ₂	95.61	94.40
Al ₂ O ₃	0.99	1.90
Fe ₂ O ₃	0.40	0.54
CaO	0.01	—
MgO	0.02	1.16
Na ₂ O	—	0.44
K ₂ O	—	0.69
SO ₃	—	—
比重	1.89	2.29
吸水率	15.39	1.79

2. 実験方法

本実験において使用した反応性骨材の物理的性質および化学成分は表-1に示す通りである。使用セメントは等価Na₂O量が0.7%の普通ポルトランドセメント(N社製)である。セメント:骨材水=1:0.25:0.4(重量比)のモルタルを作成した。反応性骨材の含有量は重量百分率で全骨材量の10%である(主骨材として豊浦標準砂を使用した)。モルタル中の間隙溶液のアルカリイオン濃度を变化させるために、セメント重量の0.5および1.0%のNaOHを添加した。モルタルの初期材令における膨張特性を明らかにするために、膨張ひずみの測定間隔はASTMの規定よりも短くした(2日毎に測定)。本実験において使用した各粒度区分の反応性骨材の比表面積はオーア式比表面積測定装置(S社製、窒素ガス使用)を用いて、BET法によって求めた。反応生成物のSEM観察については、コンクリート中の間隙溶液に相当するモデル溶液(水酸化カルシウム飽和溶液中に0.5, 1.0および2.0 moles/lの水酸化ナトリウムを添加したもの)と反応性骨材との反応生成物のSE像の観察を行った。

3. 実験結果および考察

(1) 膨張ひずみ速度とひび割れ発生時期

材令にともなう各種モルタルの膨張ひずみの増加状況を示す図-1のようである。図-1より、多孔性のオパールIは密実なオパールIIよりもかなり大きな膨張ひずみを示すことがわかる。モルタルの膨張過程をより明確にするために、各膨張ひずみ測定区間の平均膨張ひずみ速度を求め、材令との関係を示せると図-2および3のようになる。これらの図より密実なオパールIIの膨張ひずみ速度は多孔性のオパールIより小さいことがわかる。このような両者の間の差異はとくにNaOHの添加量が小さいときにいちぢるしい。オパールIおよびIIともに、粒径が大なる粗粒速度は小さく、また材令にともなう変化割合も小さい。全体としてみると、最大膨張ひずみ速度が生ずる時期はオパールIIの方がIより遅い。粒径の小さい反応性骨材を使用したモルタルでは、オパールIおよびIIともに最大膨張ひずみ速度に達した後、ひずみ速度は急激に減少する。ひび割れ発生時期は図-2および3における黒印によって示されている。多孔性オパールIでは、材令4日～8日においてひび割れが発生し、

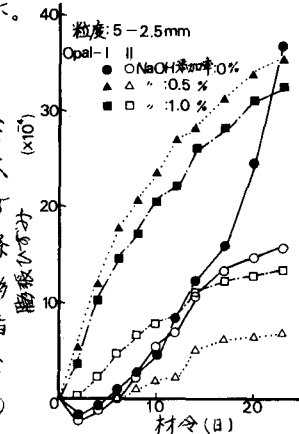


図-1 膨張ひずみの経時変化

密実なオパールⅡにおいては4日～2日の間においてひび割れが認められた(0.074mm以下の1.0%NaOH添加のみは28日にひび割れ発生)。このように、ひび割れ発生時期はオパールの種類および粒度に関係なくほぼ一定であるといえる。

(2) 反応性骨材の比表面積と膨張ひずみ
オパールⅠおよびⅡを使用した各種モルタルバーの4ヶ月における膨張ひずみと比表面積の関係も各NaOH添加率ごとに示すと図4のようである。図4より明らかなように、膨張ひずみは骨材の種類に関係なく、1.6～1.7m²/gまでは比表面積とともにほぼ直線的に増加し、その後急に減少する。NaOH添加率間の差異はあまり大きくない。この事実は反応性骨材の含有率10%においては比表面積が1.6～1.7m²/gまでは比表面積にほぼ比例して膨張性ゲルが生成されることを示している。このようにモルタルバーの膨張ひずみは反応性骨材

の内部空隙量に関係なく骨材の内部および外部表面積を含めた全比表面積にほぼ比例するという事実は水酸基イオンの骨材内部空隙への移動速度がアルカリシリカ間の反応速度における支配要因でないことを示すものであり、最近のHobbsらの結果とも一致する。

(3) SE像にみられる膨張性ゲルの特徴

密実なオパールⅡとモデル溶液との反応において多量の水を含む流動性ゲルが認められた(写真-1)。しかし、オパールⅡにおけるゲルの生成量は多孔性のオパールⅠより非常に少ないようである。

4. 結論

アルカリシリカ間の反応によって生成する膨張性ゲルによるモルタルバーの膨張は使用する反応性骨材が多孔性であるか否かに関係なく、1.6～1.7m²/gまでは骨材の比表面積にほぼ比例して増加する。この限界値1.6～1.7m²/gに対する説明としては、骨材の比表面積がこの限界値以上では1)コンクリート中の水酸基イオン濃度が低下してアルカリシリカ反応が停止する。2)コンクリートの硬化前にオパール粒子が溶解してしまひ、3)生成ゲルの流動性が高くなって膨張が小さくなる。等が考えられる。SE像の観察結果を参考にすると1)の説明が妥当なようである。

参考文献 1). Hobbs & Gutteridge; Magazine of Concrete Research, Vol. 51, No. 109, pp. 235-242, 1977.
2) 和場, 川村他; 第34回土木学会年次学術講演会概要集 第Ⅴ部門, pp. 38-40, 1979.

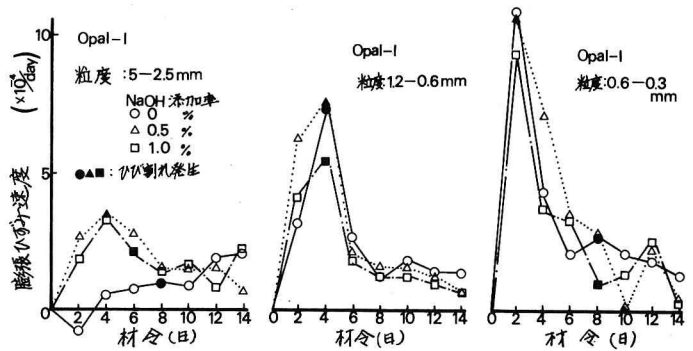


図2. 多孔性の反応性骨材を用いたモルタルバーの膨張ひずみ速度と材令の関係

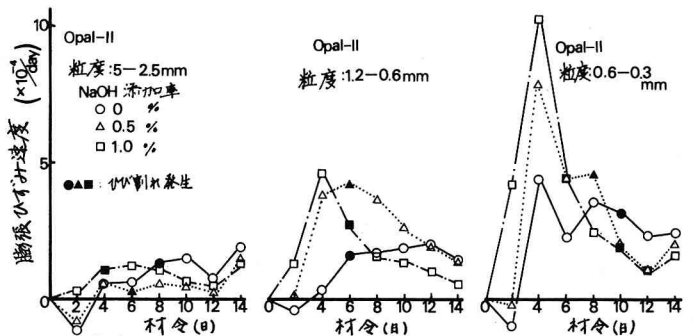


図3. 密実な反応性骨材を用いたモルタルバーの膨張ひずみ速度と材令の関係

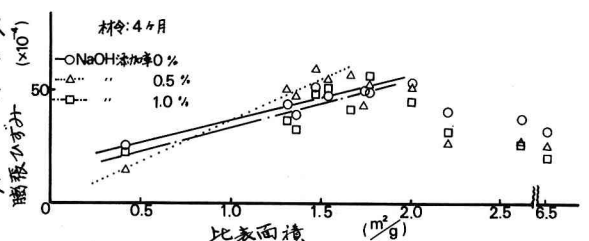


図4. 反応性骨材の比表面積と膨張ひずみの関係



写真-1 粒度: 5~2.5mm
モデル溶液: Ca(OH)₂ + 2.0mole% NaOH 溶液