

V-314

フライアッシュ及び高炉スラグにおけるアルカリシリカ膨張抑制効果に影響する要因

金沢大学 正会員 川村 尚紀
 〇 同上 正会員 竹本 邦夫
 石川工業 正会員 柳場 重正

1. はじめ アルカリシリカ反応に対する適切な防止策の確立が急務とされ、その方策の一つとして推奨されているボゾランや高炉スラグを使用することが注目されている。しかし、ボゾラン及び高炉スラグのアルカリシリカ膨張抑制効果は、使用するフライアッシュ及び高炉スラグによって比較的大きく変動するようである¹⁾。本報告は、我国で産出する9種類のフライアッシュ及び8種類の高炉スラグのアルカリシリカ膨張抑制効果をASTM C-441(反応性骨材:パイレックスガラス)によって判定するとともに、使用するフライアッシュ及び高炉スラグによるアルカリシリカ膨張抑制効果に影響を及ぼす要因として各混和材のアルカリ量、比表面積、ボゾラン反応性、アルカリ反応性、細孔溶液中の水酸化アルカリ濃度低減量の比較的定量的に評価しやすい因子をとりあげ、各因子とアルカリシリカ膨張との相関性について検討したものである²⁾。

2. 実験概要 本実験で利用したセメントは、普通ポルトランドセメント(某国Na₂O量:0.93%)である。各混和材に対して測定したアルカリ量は、硫酸抽出による全アルカリ量、Ca(OH)₂溶液との混合効(38℃で28日間養生)中の水溶性アルカリ成分である活性アルカリ量(Available Alkalies)及び混和材水比=0.1の混合効を10分間攪拌して抽出される水溶性アルカリ量である。また、各混和材の比表面積はBET法(吸着ガス: N₂)によって測定した。アルカリ反応性は、米国開発局によって提案された方法に従いNaOHと混和材の混合効を80℃で24時間野蔵し、そのOH⁻イオン濃度の減少量によって評価した。フライアッシュのボゾラン反応性は、セメントペースト(38℃の蒸気槽内へ貯蔵)に対して4DSC分析によって求められたペーストに含まれるCa(OH)₂量によって評価した。細孔溶液は、膨張試験用セルクルにおいて全骨材を除いた部分に相当する各種セメントペースト供試体(38℃の蒸気槽内へ7日間貯蔵)より高圧下で引き出したものである。一方、膨張試験におけるセルクルの配合及び膨張量の測定は、ASTM C-441に従って実施した。

3. 実験結果及び考察 図1は、各種混和材のASTM C-441における試験結果を示す。この図から本実験で用いた全てのフライアッシュは規準(無水シリカの膨張量に対する減少率75%以上の膨張減少率)を示し、ASTM規格ではアルカリシリカ膨張抑制に有効と判定される。一方、高炉スラグでは有効と判定されるものが少ない。ASTM C-441に規定されている方法は、フライアッシュ等のボゾラン材のアルカリシリカ膨張抑制効果判定するためのものであり、英国においてアルカリシリカ反応の防止策として推奨されているスラグの使用量から判断しても、ASTM C-441は高炉スラグに対して適切な判定法ではないようである。図2は、各混和材のアルカリ量とセルクルの膨張量の関係を示す。フライアッシュ及び高炉スラグの両者において、各種アルカリ量とセルクルの膨張量には相関性がみられず、反応性骨材としてパイレックスガラスを用いた本実験の結果に関する限り、混和材中のアルカリがアルカリシリカ膨張に及ぼす影響は小さい。また、図3に示すように混和材の比表面積と膨張量の間には相関性がみられない。図4は、材料28日及び90日におけるフライアッシュ中のCa(OH)₂減少率と膨張量の関係を示す。材料28日におけるCa(OH)₂減少率と膨張量との間の相関性はあまり良好でないが、材料90日では両者間にかなり良好な相関性が認められ、図4よりボゾラン反応性が大きいフライアッシュの膨張抑制効果は大きいといえる。しかし、フライアッシュのアルカリシリカ膨張抑制材としての有効性をそのボゾラン反応性によらずに評価するためには、90日程度の日数が必要である。図5は、各混和材をASTM C-289と同様な条件下でNaOH溶液と反応させたときのOH⁻イオン濃度の減少量と膨張量の関係を示す。この図から、高炉スラグについては、両者間にはある程度の相関性が認められ、OH⁻イオン濃度の減少量が大きい程、セルクルの膨張量は小さい。一方、フライアッシュについては両者間の相関性は良好でないが、両者の関係を高炉スラグとフライアッシュを区別することなくみると、OH⁻イオン濃度の減少量が大きい程膨張量が小さくなる傾向がみられる。図6は、細孔溶液中のアルカリイオン濃度と膨張量の関係を示す。フライアッシュ及び高炉スラグともにアルカリイオン濃度と膨張量との間にはかなり良好な相関性が認め

められ、とくに高炉スラグにおける両者の相関性は良好である。図6より明らかなように、反応性骨材としてバイレックスガラスを含有するセメントの膨張量と細孔溶液のアルカリイオン濃度との関係は、フライアッシュ及び高炉スラグとは異なったものとなるようである。

4. 結論 フライアッシュ及び高炉スラグのアルカリシリカ膨張抑制効果に影響を及ぼすと考えられる要因のうち、両者ともに細孔溶液中のアルカリイオン濃度と膨張量との相関性が良好である。フライアッシュのボザン反応性と膨張量、及び高炉スラグのアルカリ反応性と膨張量との間にはかなり良好な相関性が認められる。

参考文献 (1) 川村敏紀、竹本邦久、和嶋量正、2. 反応性骨材を使用したセメントにおけるボザンによるアルカリシリカ膨張抑制効果、建設年報、38、昭59。
(2) 川村敏紀、竹本邦久、和嶋量正、菅野通生、我国で産出するフライアッシュ及び高炉スラグのアルカリシリカ膨張抑制効果、昭60年度土木学会学術発表要集。

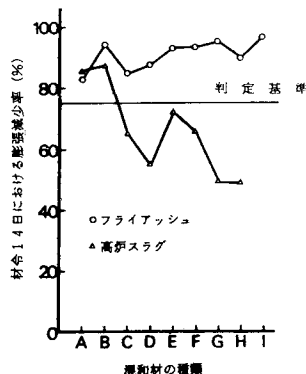


図1. 混和材のアルカリシリカ膨張抑制効果の判定試験結果 (ASTM C-441)

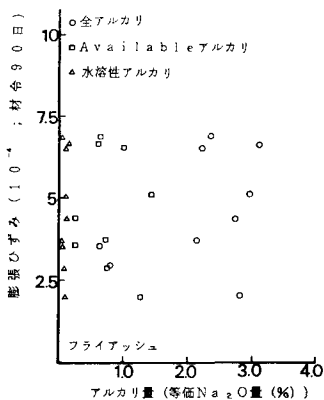


図2(a) フライアッシュのアルカリ量と膨張量の関係。

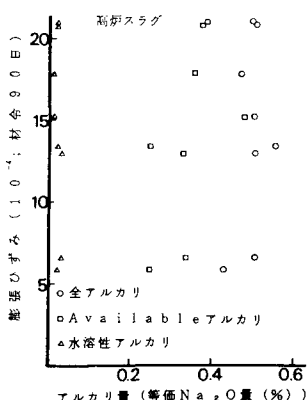


図2(b) 高炉スラグのアルカリ量と膨張量の関係。

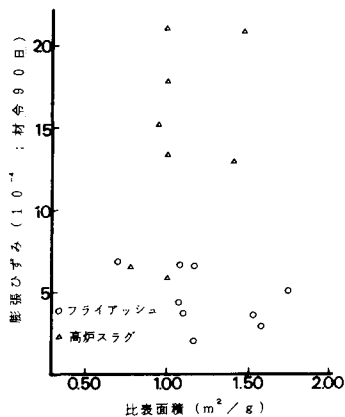


図3. 混和材の比表面積と膨張量の関係。

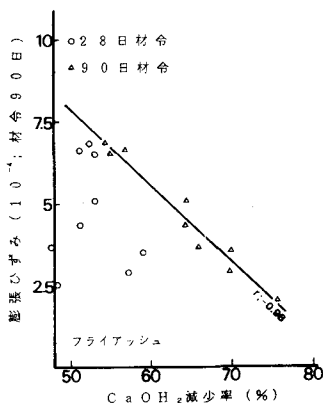


図4. フライアッシュのボザン反応性と膨張量の関係。

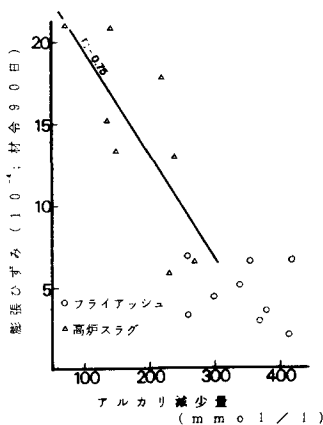


図5. アルカリ反応性と膨張量の関係。

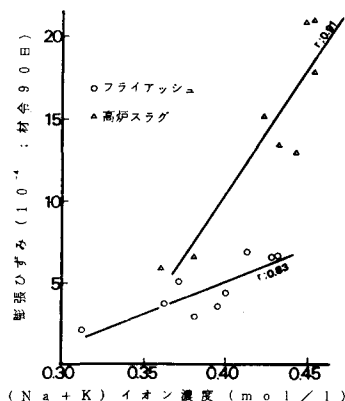


図6. 細孔溶液中のアルカリイオン濃度と膨張量の関係。