

# 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

金沢大学 正員 川村 満紀 同 正員 竹本 邦夫

金沢大学 正員 棚場 重正 同 学員 清都 通生

1 まえびき アルカリ・シリカ膨張の抑制材としてαフライアッシュや高炉スラグの有効性は、かねが以前より確認されている。しかし、それらの膨張抑制効果は、使用するフライアッシュや高炉スラグによつてかなり大きく変動するといわれている。従つて、フライアッシュや高炉スラグのアルカリ・シリカ膨張におよぼす要因について検討することは、アルカリ・シリカ反応によるコンクリートの劣化防止策上非常に重要である。フライアッシュや高炉スラグの種類によつて抑制効果が違う理由としては、一般には、ボゾラン反応性、比表面積及びアルカリ量が、使用するフライアッシュや高炉スラグによつて異なるためと考えられている。フライアッシュ及び高炉スラグによるアルカリ・シリカ膨張の抑制効果のメカニズムにおいて不明な点が残されているので、比較的容易に定量的に評価できる因子をとりあげ、各因子とアルカリ・シリカ反応による膨張抑制効果との間の相関性について検討することが重要である。本報告は、アルカリ・シリカ膨張の抑制に影響をおよぼす要因として、アルカリ量(全アルカリ量、活性アルカリ量及び水溶性アルカリ量)、比表面積、ボゾラン反応性、細孔溶液の水酸イオン濃度等の要因をとりあげ、各要因とアルカリ・シリカ膨張との相関性について検討したものである。

2 実験概要 本実験で使用したセメントは、普通ポルトランドセメント(等価 $\text{Na}_2\text{O}$ 量、0.9%)である。また、使用した混和材は、日本国産の9種類のフライアッシュと8種類の高炉スラグである。各混和材の比表面積は、BET法(吸着物質：窒素)によつて測定した。モルタルの配合及びモルタルの膨張量の測定は、ASTM C441に準じて実施した。ただし、本報告におけるボゾラン反応性に関する実験では、フロー値100~115を目標としてモルタル(水・結合材比=0.46~0.49)を作成した。フライアッシュのボゾラン反応性は、セメント：フライアッシュ：水=0.75:0.25:0.4の各種セメントペースト(38℃の蒸気槽内にて8日間貯蔵)に対してDSC-TG分析によつて求められペーストに含まれる $\text{Ca}(\text{OH})_2$ の量によつて評価した。細孔溶液は、膨張試験用モルタ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℃の蒸気槽内にて7日間貯蔵)より高圧下より絞り出したものである。

3 実験結果及び考察 図-1及び2は、それぞれフライアッシュ及び高炉スラグの各種アルカリ量と膨張量の関係を示す。セメントのアルカリ反応性については、膨張量と活性アルカリ量とは相関がよいという報告がある。しかし、フライアッシュ、高炉スラグいずれの場合も、各種アルカリ量と膨張量との間に相関性が見られない。図-3は、混和材の比表面積と膨張量の関係を示す。この図より、フライアッシュ、高炉スラグいずれの場合も、比表面積と膨張量との間に相関性はないことがわかる。図-4は、フライアッシュペーストの材料中8日における $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 減少率と膨張量の関係を示す。フライアッシュのボゾラン反応性は、膨張量との間にある程度の相関関係が認められる。 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ の減少量の大きいもの、即ちボゾラン反応性の高いもの程、膨張抑制効果が認められる。図-5及び6は、それぞれ細孔溶液の水酸イオン濃度及びアルカリイオン濃度と、膨張量の関係を描いたものである。高炉スラ

グの場合、相孔溶液中の水酸イオン濃度またはアルカリイオン濃度は膨張量との間にかなり良好な相関関係が認められる。さらに、これらの実験結果より、相孔溶液中の水酸イオン濃度及びアルカリイオン濃度をそれぞれ  $0.28 \text{ mol/l}$  及び  $0.40 \text{ mol/l}$  以下にまで低下させるような高炉スラグは、ASTM C441 においても合格とすることがわかる。フライアッシュにおいても、膨張量と水酸イオン濃度またはアルカリイオン濃度との間にある程度の相関が認められる。図-5及び6より、フライアッシュと高炉スラグの間に区別なく、モルタルの膨張量と水酸イオン濃度（またはアルカリイオン濃度）との間に一定の相関性があると考えられる。モルタルの膨張量と水酸イオン濃度（またはアルカリイオン濃度）の関係は、フライアッシュと高炉スラグとを異ならしめるものになると考えられる方が妥当なようである。

4. 結論 アルカリシリカ反応のメカニズムに直接的に影響をおよぼすと考えられる。相孔溶液中の水酸化アルカリ濃度と膨張量との相関性が良好であると判明した。またフライアッシュについては、ボゾラン反応性と膨張量との間にある程度の相関が認められた。

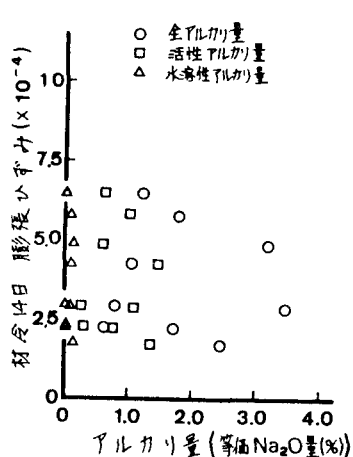


図-1 フライアッシュのアルカリ量と膨張量との関係

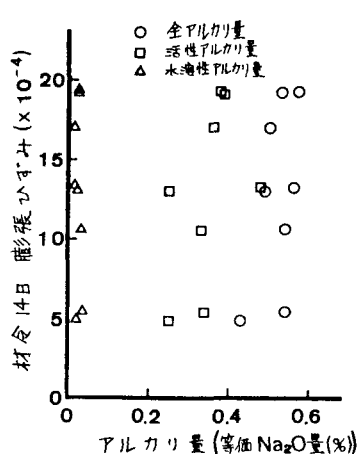


図-2 高炉スラグのアルカリ量と膨張量との関係

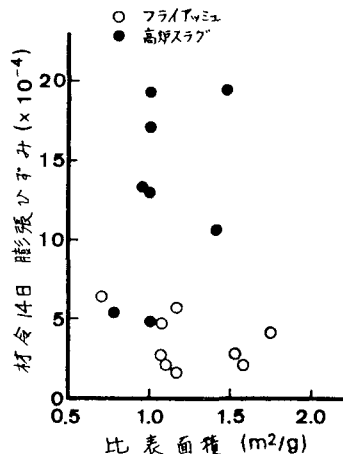


図-3 比表面積と膨張量との関係

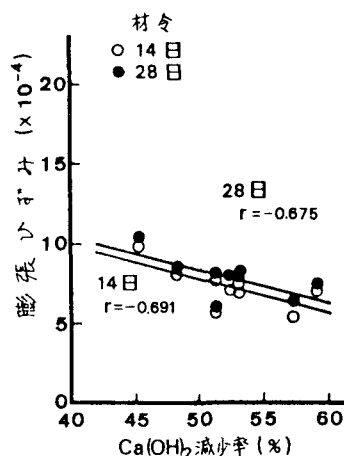


図-4 ボゾラン反応性と膨張量との関係

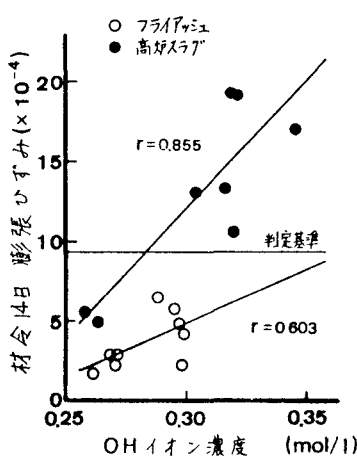


図-5 水酸イオン濃度と膨張量との関係

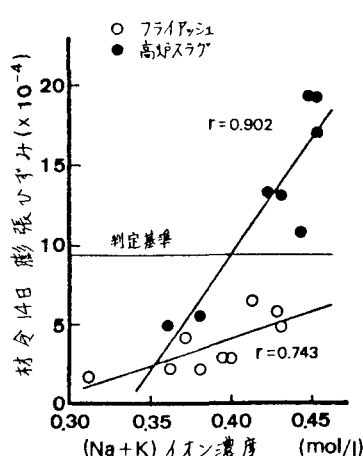


図-6 アルカリイオン濃度と膨張量との関係