

ポゾラン材料によるアルカリ・シリカ反応の防止機構

金沢大学 正員 川村 満紀 同 正員 竹本 邦夫
同 学生員 室谷 勝 同 正員 柳場 重正

1. まえがき

近年、我国においても実際のコンクリート構造物において、アルカリ・シリカ反応によるひびわれ発生等の被害が発生しているようである。一般にフライアッシュ、スラグ等のポゾランはアルカリ・シリカ反応によるコンクリートの膨張を抑止する効果があるとされている。しかし、その効果はポゾランの種類によって大きく異なる。種々のポゾランをアルカリ・シリカ反応の防止材として効果的に使用するためには、ポゾランによってアルカリ・シリカ反応による膨張が抑止されるメカニズムを明らかにすることが重要である。本報告はポゾランを混入したモルタル中の反応性骨材の反応の進行状況を反応性骨材粒子内部の微小硬度測定及び化学組成の定量分析によって明らかにすることによってポゾランによるアルカリ・シリカ反応の防止機構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及び反応性骨材はそれぞれ、市販の普通ポルトランドセメント及びオパール骨材(石川県小松市赤瀬産、粒度 $1.2 \sim 0.6 \text{ mm}$)である。本実験に選んだポゾランは、フライアッシュ、高炉スラグ(粉末)、カオリナイト(蛭目産)、カオリナイトを 700°C で焼成したものの4種類である。膨張試験用のモルタルの配合は、セメント:骨材 $=1:0.75$ (重量)とし、水量はフロー値が一定となるよう決定した。モルタル供試体は $2.5 \times 2.5 \times 25.0 \text{ cm}$ の直方体で温度 38°C の蒸気槽中で養生しながら所定材令において膨張量を測定した。骨材は、主骨材として豊浦標準砂を使用し、主骨材量の10%(重量)を反応性骨材によって置換した。混入したポゾランの量はセメント重量の5%、15%、30%(外割り)である。また、一部分のモルタル供試体にはアルカリ及びOHイオン濃度を高めるためにセメント重量の1%の水酸化ナトリウムを添加した。フライアッシュを用いたモルタル内部での反応性骨材の物理的及び化学的変化を調べるために、膨張試験と同様の反応性骨材/セメント比をもつ反応性骨材のみを含有するモルタルを作成し、材令に伴う反応性骨材の微小硬度の変化を測定するとともに、Na、K、Ca及びSiの定量分析をEDXAによって行った。

3. 実験結果及び考察

図-1~3に、各ポゾランの混入率5%、15%、30%における膨張試験の結果を示す。水酸化ナトリウム添加率0%及び1%の両方において、ポゾランの混入率を増すに従い膨張ひずみは低下している。特に水酸化ナトリウム添加率0%では、ポゾランの混入率5%の材令28日における膨張ひずみは無混入の場合の約 $\frac{1}{3}$ の値となり、混入率が30%になるとほとんど膨張しないことがわかる。焼成カオリンを使用したモルタルの膨張ひずみは他の3種類のポゾランを使用したものよりかなり低い値となっている。図-4はポゾランによる膨張の防止機構を明らかにするため、フライアッシュを30%混入したモルタル(NaOH無添加)中の反応性骨材の材令に伴う微小硬度の変化を示す。図-5はポゾランを混入していないモルタル中の反応性骨材の硬度試験の結果である。図-4及び図-5より両者にお

いて材令の経過に従い微小硬度は低下することがわかる。すなわち、フライアッシュを混入したモルタル中の反応性骨材においてもフライアッシュ無混入の場合と同様に反応は進行し、骨材は軟化していることがわかる。図-6は、微小硬度試験を行った反応性骨材のEDXAによる定量分析の結果より界面からの距離に伴う $\text{CaO}/(\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O})$ モル比の変化を示したものである。この図から、フライアッシュの有無にかかわらずセメントペーストと骨材の界面付近では $\text{CaO}/(\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O})$ モル比が大きいかことがわかる。さらに図-6より明らかなようにフライアッシュを混入したものは、混入していないものに比べてこの $\text{CaO}/(\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O})$ モル比はかなり大きくなっている。微小硬度測定及びEDXAによる定量分析によって得られた結果より、フライアッシュを混入したモルタル中の反応性骨材においても反応は生じるが、その反応生成物の $\text{CaO}/(\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O})$ モル比がフライアッシュ無混入の場合より大きいことがその膨張抑止効果と関係があると考えられる。

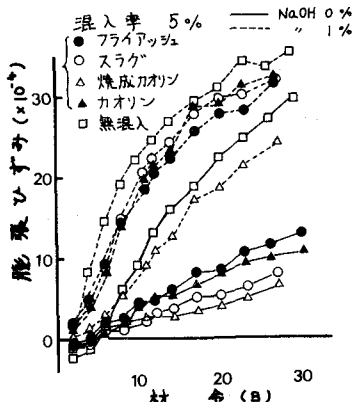


図-1 材令に伴う膨張ひずみ変化(混入率:5%)

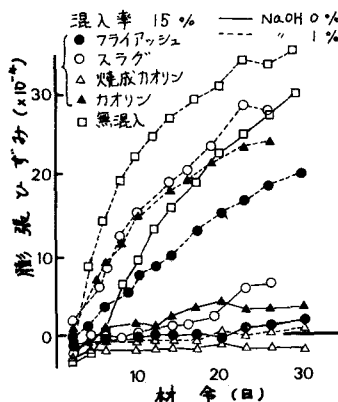


図-2 材令に伴う膨張ひずみ変化(混入率:15%)

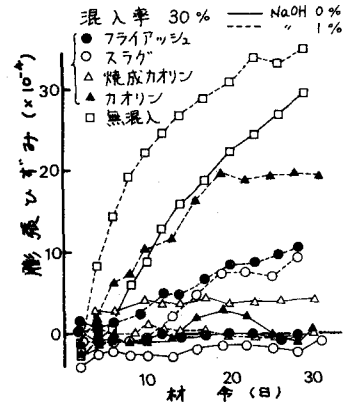


図-3 材令に伴う膨張ひずみ変化(混入率:30%)

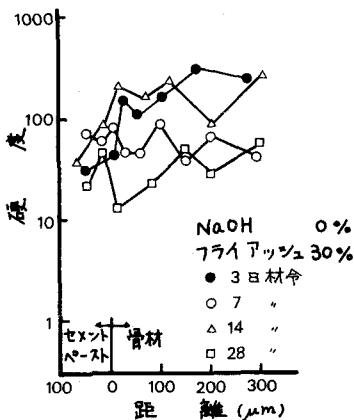


図-4 フライアッシュを混入したセメントペースト中の反応性骨材の微小硬度

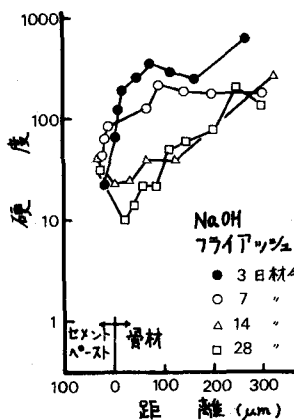


図-5 フライアッシュを混入していないセメントペースト中の反応性骨材の微小硬度

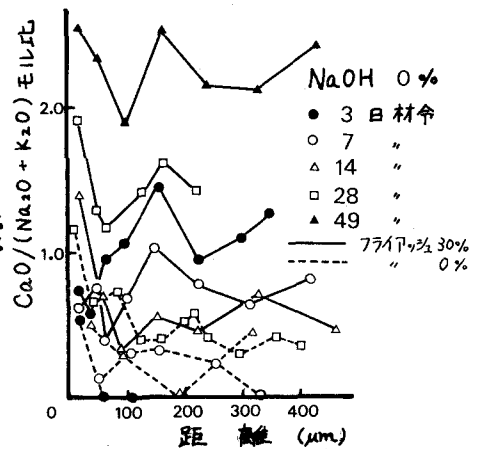


図-6 反応性骨材中の $\text{CaO}/(\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O})$ モル比の変化