

V-317 シリカフェュームのアルカリシリカ膨張抑制効果に関する一実験

立命館大学 正会員 高木宣章 児島孝之 尼崎省二

1. はじめに シリカフェューム(SF)は、その品質と使用量によりアルカリシリカ反応(ASR)による膨張抑制効果が異なることが指摘されている。

本研究は、SF使用量と連行空気量を要因としたコンクリートのASR促進試験で、音速、動弾性係数、応答関数のエネルギーの測定を行なうことにより、SFのASR膨張抑制効果を実験的に検討したものである。更に、促進試験終了後、圧縮強度、ポアソン比、限界応力およびAE発生頻度(イベント数)の測定を行ない、ASRによる損傷劣化程度を検討した。

2. 実験概要 実験条件を表1に示す。使用材料は、普通ポルトランドセメント(比重3.16, 等価アルカリ量0.65%)、SF(固形分50%のスラリー, $\text{SiO}_2=97\%$, 等価アルカリ量0.26%, 比表面積 $20\text{m}^2/\text{g}$)、野洲川産川砂(比重2.60, F.M.=2.43)、普通粗骨材として高機産硬質砂岩砕石(比重2.69, M.S.=20mm)、反応性粗骨材として豊島産古銅輝石安山岩(比重2.55, M.S.=20mm)を使用した。コンクリートの配合は、 $W/(C+SF)=50\%$ 、 $W=172\text{kg}/\text{m}^3$ 、スランプ7~10.8cmとした。SFはセメント重量に対する内割として混入し、ワーカビリティの調整には高性能減水剤を使用した。タイプN6以外の供試体の反応性粗骨材量は、使用粗骨材のほぼベシマム量と考えられる50%(体積比)を使用した。等価アルカリ量は(セメント+SF)重量に対して0.65%($2.24\text{kg}/\text{m}^3$)と2.0%($6.88\text{kg}/\text{m}^3$)の2水準とし、調整にはNaClを用いた。供試体($\phi 10 \times 20\text{cm}$)は、コンクリート打設後材令14日まで標準水中養生、その後促進養生(40°C , 100%RH)を行ない、適宜音速、動弾性係数および応答関数¹⁾の測定を行なった。促進養生中は、測定1日前に供試体を促進養生槽から恒温恒温室($20 \pm 2^\circ\text{C}$, $90 \pm 5\%RH$)に移動して1日保管後、測定を行なった。音速は受振波の波形観察により測定した。音速と応答関数の測定には、共振振動数54KHzの市販振動子を使用した。最終の非破壊試験測定後、圧縮強度、ポアソン比、限界応力およびAE発生頻度(イベント数)の測定を行なった。

AE事象の計測は、公称共振周波数1MHzのAEセンサー(905E)を供試体側面に取り付け、一軸圧縮試験を行なうことにより実施した。増幅率70dB、100KHz~500KHzの周波数帯でディスクリレベルを $V_L=50\text{mV}$, $V_H=200\text{mV}$ とした。

3. 実験結果及び考察 非破壊試験結果を図1に示す。音速、動弾性係数、応答関数のエネルギーは、ASRによる損傷に伴い一旦減少し、再び増加した。ASRへの連行空気の効果は、本実験では観察されなかった。タイプR6とR2供試体は、ASR膨張により促進試験開始材令である材令14日より音速で約7%($320\text{m}/\text{s}$)、動弾性係数で約38%($15 \times 10^4\text{kgf}/\text{cm}^2$)、応答関数のエネルギーで約12%低下した。SFを5%混入した供試体(5SR6, 5SR2)では、ASRによる劣化開始材令が大きく遅延されたものの、タイプR6とR2供試体同様激しい損傷劣化が観察された。しかし、高アルカリ量で、反応性骨材をほぼベシマム量使用したASR促進条件下においても、SFを25%混入した供試体(25SR2)では材令

表1 実験条件

タイプ	等価アルカリ量(%)	SF量(%)	反応性粗骨材量(%)	空気量(%)
N6	0.65	0	0	6
R6	2.0	0	50	6
R2	2.0	0	50	2
5SR6	2.0	5	50	6
5SR2	2.0	5	50	2
25SR2	2.0	25	50	2

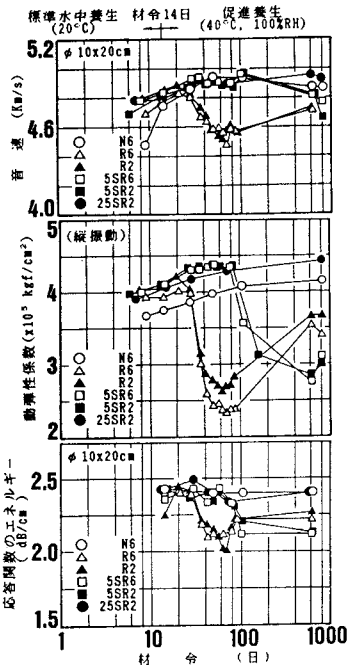


図1 コンクリートの非破壊試験結果

798日（促進784日）までASRによる損傷は観察されず、SFによるASR膨張抑制効果が確認された。

ASR促進試験後のコンクリートの力学的特性を表2に、圧縮応力～ひずみ関係の一例を図2に示す。圧縮強度と静弾性係数は、ASRによる損傷劣化により大きく低下した。損傷供試体は、タイプN6供試体より圧縮強度で20～30%、静弾性係数で20～40%低下した。圧縮強度に対する限界応力比もASRによる損傷劣化により大きく低下した。タイプR6とR2供試体の限界応力比は、各々45%、60%、更にSFを5%混入した供試体（5SR6, 5SR2）では28～38%と大きく低下した。しかし、SFを25%混入した供試体（25SR2）は高い圧縮強度（783 kgf/cm²）を示し、限界応力の低下は観察されなかった。圧縮応力とポアソン比の関係の一例を図3に示す。ASRにより損傷していないN6と25SR2供試体の許容応力レベルにおけるポアソン比は、約0.21であるのに対して、損傷供試体のポアソン比は低応力レベルから大きく増加した。

AE発生数と圧縮応力および圧縮強度に対する圧縮応力比の関係を表々図4、5に示す。AEは、通常、タイプN6供試体のように、限界応力を少し越えたあたりから加速度的に発生する。ASRにより損傷した供試体では限界応力が著しく低下しているため、低応力レベルからAEが著しく発生した。そして、健全な供試体に比較してAE発生数が極めて多いことが観察された。25SR2供試体は、限界応力よりかなり低い応力レベルからAEが発生しており、他の供試体とは異なる傾向を示した。圧縮応力とひずみ、ポアソン比、AE発生数の関係の一例を図6に示す。AEは横ひずみの増加に伴い多く発生し、AE発生数は横ひずみの増加と良好な対応を示した。これは、AEがクラックの発生による体積変化に対応しているためと考えられる。

参考文献 1) 尼崎、明石、高木，“超音波法スペクトロスコピーによるアルカリ骨材反応評価について”，コンクリート構造物の耐久性診断に関するシンポジウム論文集，PP.133～138，1988

表2 ASR促進試験後のコンクリートの力学的特性

タイプ	圧縮強度 (kgf/cm ²)	静弾性係数 ($\times 10^{-6}$ kgf/cm ²)	限界応力 (%)*
N6	457 (1.00)	3.73 (1.00)	87
R6	372 (0.81)	2.56 (0.69)	45
R2	323 (0.71)	3.11 (0.83)	60
5SR6	366 (0.80)	2.32 (0.62)	28
5SR2	371 (0.81)	2.35 (0.63)	38
25SR2	783 (1.71)	4.17 (1.12)	97

注) * : 圧縮強度に対する限界応力比

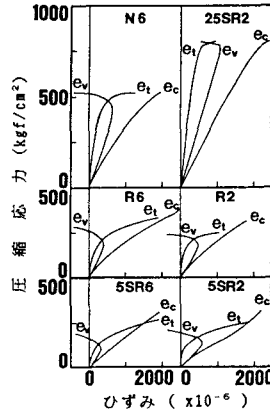


図2 $\sigma \sim e$ 関係
注) e_c : 縦方向ひずみ
 e_t : 横方向ひずみ
 e_v : 体積ひずみ

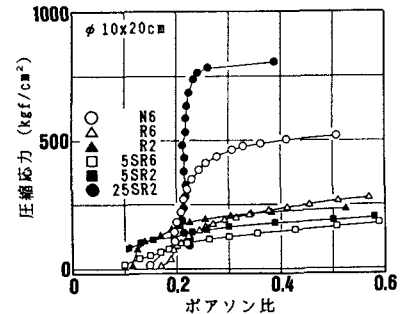


図3 圧縮応力とポアソン比の関係

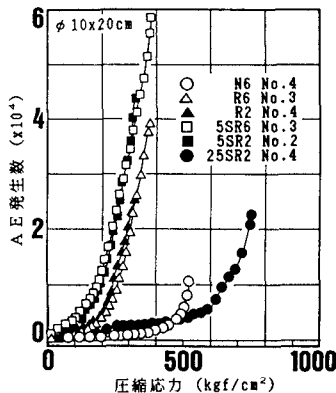


図4 AE発生数と圧縮応力の関係

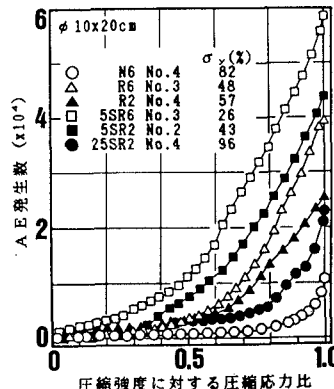


図5 AE発生数と圧縮応力比の関係
注) σ_c : 圧縮強度に対する限界応力比

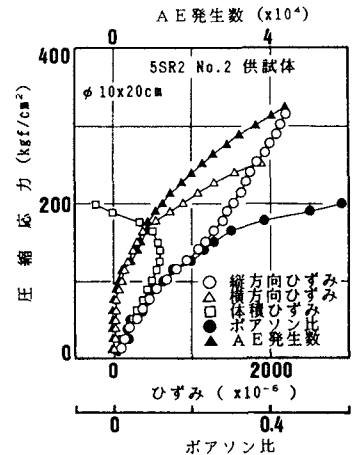


図6 圧縮応力とひずみ、ポアソン比、AE発生数の関係