

混和材を併用したコンクリートの硫酸抵抗メカニズムに関する実験的検討

広島大学大学院工学研究科 学生会員 ○仁科雅登
広島大学大学院工学研究科 学生会員 生田智哉
広島大学大学院工学研究科 正会員 河合研至
広島大学大学院工学研究科 正会員 石田剛朗

1. はじめに

近年、温泉地帯や下水関連施設において硫酸によるコンクリートの劣化が深刻な問題となっている。しかし劣化状況はあまり知られておらず酸性劣化に対して早急な対策が必要不可欠であり、高い耐酸性能を有する構造物が普及するのが望まれる。既往の研究では劣化対策として混和材を併用したタイプの耐酸性材料が開発されている。しかし、既往の研究においてはセメントペースト供試体、モルタル供試体などでのみ行われており、実構造物に適用できるかについては明らかになっていない。

そこで本研究では、既往の研究⁽¹⁾で有効であると考えられる混和材を置換したセメントペーストに実構造物に近づけるよう骨材を加え骨材と各混和材の耐硫酸性に及ぼす影響について検討した。さらに3種類の混和材の置換率を変化させたセメントペースト供試体を作製し、耐硫酸メカニズムを明らかとすることを目的とし実験的検討を行った。

2. 実験概要

2.1 供試体概要

寸法が100×100×400mmの角柱コンクリート供試体(W/C=0.55)を作製し、打設後24時間で脱型し28日間の水中養生を行った。また、硫酸の侵食方向を一軸方向のみとするため、図1に示すように側面を耐酸エポキシ樹脂でコーティングした。また、40×40×160mmの角柱セメントペースト供試体(W/C=0.35)を作製しコンクリート供試

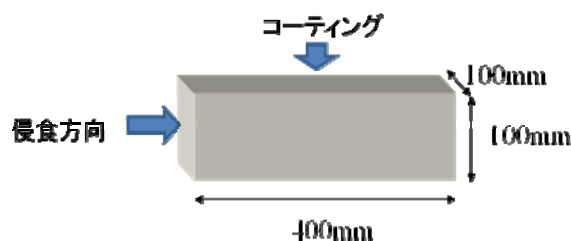


図1 供試体概要

体と同様に脱型、養生を行い、その後、オイルカッターで40×40×40mmに切断した。

結合材には普通ポルトランドセメント、高炉スラグ微粉末、フライアッシュ、シリカフュームを用いた。ここでは、それぞれNC, BFS, FA, SFと略記し、各混和材の置換率とともに示すことにより供試体名を表すこととする。例として、シリカフューム20%置換、フライアッシュ30%置換を行った供試体はSF20FA30で表わす。作製した供試体の略記ならびに各混和材の置換率を表1に示す。またセメントペースト供試体の置換率、供試体名を表2に示す。

表1 コンクリート供試体の置換率及び表記法

表記法	普通セメント	高炉スラグ微粉末	フライアッシュ	シリカフューム
NC	100	-	-	-
BFS30	70	30	-	-
FA30	70	-	30	-
SF20	80	-	-	20
BFS30FA30	40	30	30	-
SF20BFS30	50	30	-	20
SF20FA30	50	-	30	20
TCR	20	30	30	20

表2 セメントペースト供試体の置換率及び表記法

表記法	NC 普通ポルトランドセメント	BFS 高炉スラグ微粉末	FA フライアッシュ	SF シリカフューム
NC	100	—	—	—
BFS30	70	30	—	—
BFS50	50	50	—	—
FA30	70	—	30	—
FA50	50	—	50	—
SF20	80	—	—	20
BFS30FA30	40	30	30	—
SF20BFS30	50	30	—	20
SF20FA30	50	—	30	20
TCR	20	30	30	20
BFS10FA10SF10	70	10	10	10
BFS20FA20SF20	40	20	20	20
BFS30FA10SF20	40	30	10	20
BFS20FA10SF20	50	20	10	20
BFS30FA20SF20	30	30	20	20
BFS30FA20SF30	20	30	20	30

2.2 実験方法

コンクリート供試体はpH 1.0, pH 4.0の硫酸溶液、セメントペースト供試体はpH 1.0, pH 2.0の硫酸溶液に浸漬した。浸漬後は所定の期間ごとに侵食深さ、中性化深さ、質量減少率を測定した。また、示差熱重量分析により水酸化カルシウム量を求め、得られた結果を比較・考察することにより硫酸抵抗性を有するメカニズムについて検討した。

3. 実験結果

3.1 コンクリート供試体の浸漬試験結果

図2にコンクリート供試体の初期水酸化カルシウム含有量とpH 1.0硫酸溶液浸漬における侵食速度、pH 1.0浸漬日数28日における中性化深さとの関係

を示す．本研究では浸漬日数が浅いため膨張傾向にあり侵食深さはマイナスを示すが，膨張作用も硫酸との反応によるものと考える．水酸化カルシウム含有量が少ないと膨張しにくいが中性化深さは大きくなり，多いと膨張し中性化深さは小さくなることがわかる．これは浸漬初期において水酸化カルシウム含有量が多いと硫酸と反応して二水石膏を生成し膨張すると考えられる．しかし少ないと二水石膏は生成しないが硫酸を浸透させてしまうことが推察される．

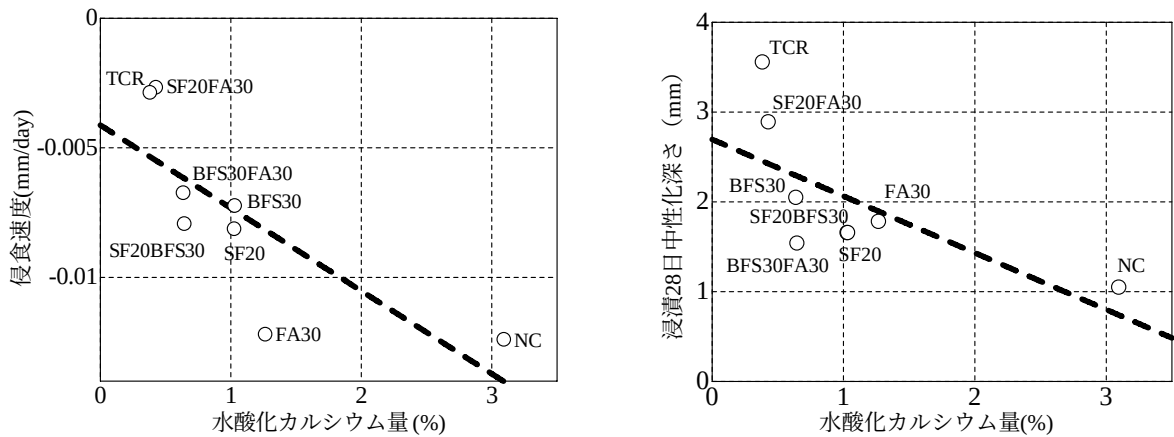


図 2 水酸化カルシウム量と侵食速度,中性化深さの関係

3. 2 セメントペースト供試体の浸漬試験結果

セメントペースト供試体の配合に混和材を 1 種類用いたもの, 2 種類併用したもの, 3 種類併用したものの侵食深さを図 3 に示す. 図 3 によると, 混和材を 3 種類併用したものより大きな膨張傾向を示すものがある. そこで図 4 に普通ポルトランドセメントの割合と侵食速度の関係を, 図 5 に NC 置換率 40%でのシリカフュームとフライアッシュの置換率合計と質量減少率の関係を示す. 図 4 より NC の割合が大きいと膨張傾向にあるが, NC の割合を極端に小さくして混和材を配合した供試体にも膨張傾向が大きいことがわかる. また図 5 よりシリカフュームとフライアッシュの置換率の合計を大きくするほど質量増加がみられることから, 混和材に多く含まれる水和生成物が硫酸と反応していると考えられる.

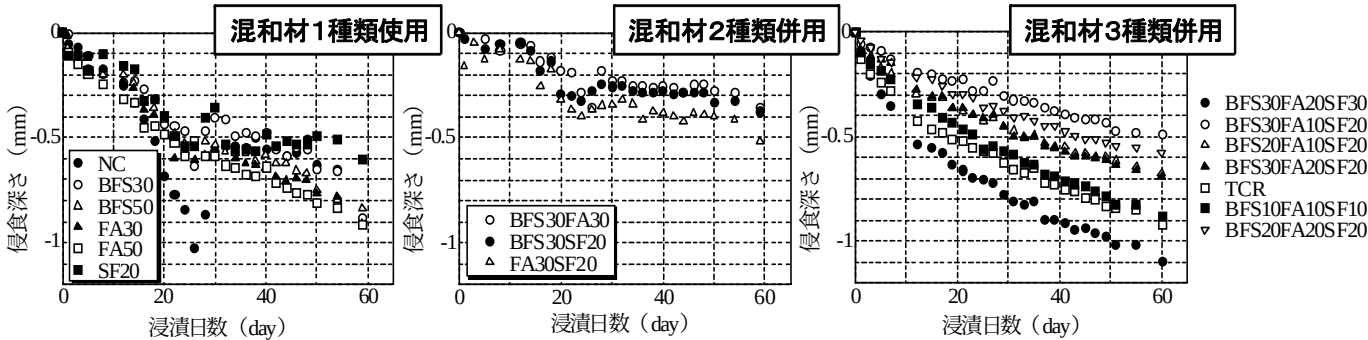


図 3 セメントペースト供試体の侵食深さ

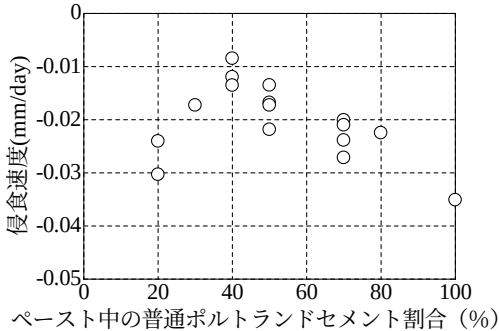


図 4 NC の割合と侵食速度

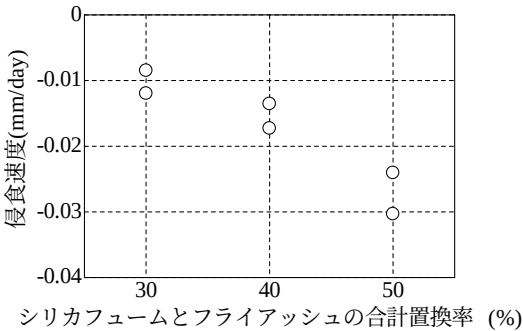


図 5 SF と FA の置換率合計と侵食速度の関係

3.3 コンクリート供試体とセメントペースト供試体の比較結果

コンクリート供試体とペースト供試体ではどの混和材の置換率でもペースト供試体の方に大きな膨張傾向が見られた。これはコンクリート供試体の表面のセメントペースト部とペースト供試体の初期の膨張は同じ挙動をとるが、コンクリート供試体の骨材のある部分まで硫酸が浸透すると骨材の影響で硫酸イオンの浸透が抑制されるためだと考えられる。

4. 結論

- ・いずれの混和材の置換率においてもコンクリート供試体の骨材のある部分まで硫酸が浸透すると骨材の影響で硫酸イオンの浸透が抑制されることが推察された。
- ・浸漬初期において混和材の置換により水酸化カルシウム含有量が少なくなると、硫酸を浸透させ中性化深さの進行が速いことが推察された。
- ・普通ポルトランドセメントの割合が少ない場合、シリカフュームとフライアッシュの置換率は合計で 30%以下にすることが望ましいと推察された。

参考文献

(1) 佐古明弘：セメント系材料の耐硫酸性に評価に関する研究，広島大学大学院修士論文(2006)