

流水作用がコンクリートの硫酸劣化進行に与える影響

広島大学大学院工学研究院 正会員 河合研至
 広島大学大学院工学研究科 学生会員 村田元太郎
 広島大学工学部 学生会員 ○大亀寛

1. はじめに

硫酸劣化が下水道関連施設などで問題となっている。硫酸によるコンクリートの化学的腐食は古くからの問題でありながら、未だ劣化予測手法は確立に至っていない。従来の硫酸劣化に関する研究では、供試体を硫酸溶液中に浸漬・静置した実験が概して実施されているが、この場合には、劣化生成物が供試体表面に付着・残留するため、流れや飛沫によって劣化生成物が洗い流されるような実環境を正しく評価していないおそれがある。そこで本研究では、流水作用を付加し、劣化生成物が剥離するような環境で浸漬試験を行い、流れの有無や混和材の置換などの相違から、流水作用がコンクリートの硫酸劣化に及ぼす影響を検討する。

2. 実験概要

2.1 供試体概要

本実験に用いたコンクリートの配合を表1に示す。寸法が 100mm×100mm×400mm の角柱コンクリート供試体 (W/B=0.55) を作製し、打設後 24 時間で脱型しただちに材齢 28 日まで水中養生を行った。その後、湿式カッターで3つに切断した。また、硫酸の侵食方向を一方向のみとするため、側面を耐酸エポキシ樹脂でコーティングした。結合材の種類による違いを考察するため、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。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し、作製した供試体の略記な

らびに各混和材の置換率を表2に示す。

2.2 実験方法

作製したコンクリート供試体は硫酸濃度が 0.006mol/L (pH2.0)、0.09mol/L (pH1.0)、1mol/L (5%)、2mol/L (10%) の静水と流速のある溶液にそれぞれ浸漬した。流速は下水道の実環境を想定して 0.7~0.9m/s とした。浸漬開始後、硫酸との反応により初期表面から剥落、欠損した深さを侵食深さとし、劣化生成物が供試体表面に残存している場合はこれを供試体の一部とみなし除去せずに測定した。測定項目は侵食深さおよび質量減少量である。侵食深さの測定には最小測定値 0.05mm のノギスを用い、浸漬後の供試体寸法を同一供試体につき 3ヶ所測定し、その平均値を浸漬前の供試体寸法からひいた値の 1/2 を侵食深さとした。式(1)に示す。

$$L = (l_0 - l_t) / 2 \quad (1)$$

ただし、L: 侵食深さ (mm)

l_0 : 浸漬開始前の供試体長さ (mm)

l_t : 浸漬期間 t における供試体長さ (mm)

質量減少量の測定には感量 0.1g の秤を用い、浸漬前の質量から測定した質量を差し引くことで求めた。

3. 実験結果および考察

NC についての 10% および 5% の静水と流水への浸漬による侵食深さと質量減少量を図1に示す。これを見ると 10% と 5% でともに浸漬直後は流水に浸漬したものの方が膨張し、質量も増加しているが、その後侵食が始まると、流水に浸漬したものの方が侵食深さが大きくなるこ

表1 コンクリート配合

粗骨材の最大寸法 (mm)	スランプ (cm)	空気量 (%)	水結合材比 W/B	単体量 (kg/m ³)				高性能 AE 減水剤 (cc/m ³)
				水 W	結合材 B	細骨材 S	粗骨材 G	
20	10	5.0	0.55	174	316	830	998	316

表2 結合材の組み合わせと含有比率

供試体名	NC	BFS	FA	SF	供試体名	NC	BFS	FA	SF
NC	100	-	-	-	BFS30FA30	40	30	30	-
BFS30	70	30	-	-	BFS30SF20	50	30	-	20
FA30	70	-	30	-	FA30SF20	50	-	30	20
SF20	80	-	-	20	BFS30FA30SF20	20	30	30	20

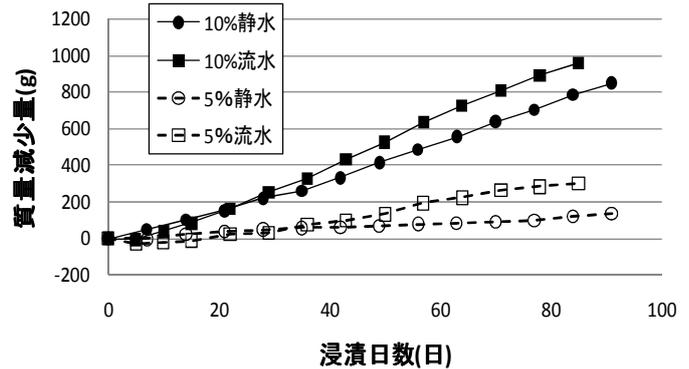
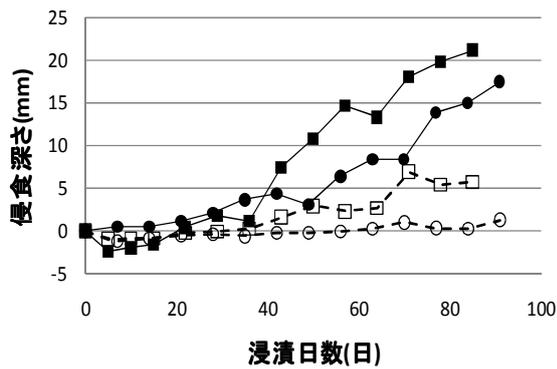


図1 NCの硫酸濃度5%及び10%への浸漬による侵食深さ(左)と質量減少量(右)

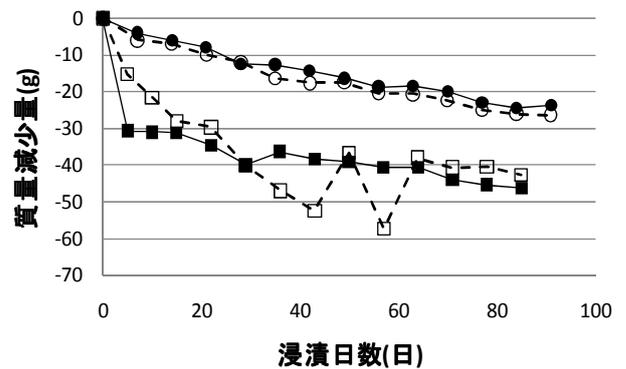
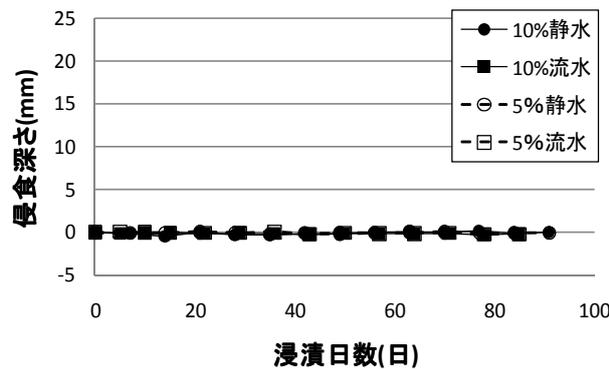


図2 BFS30FA30SF20の硫酸濃度5%及び10%への浸漬による侵食深さ(左)と質量減少量(右)

とがわかる。流水のせん断力的作用によって静水よりも流水のほうが侵食深さが大きくなったと考えられる。また混和材の使用による流水の作用の例として、BFS30FA30SF20 についての 10%および5%の静水と流水への浸漬による侵食深さと質量減少量を図2に示す。図2から侵食深さについては大きな変化はないが、硫酸との反応によって質量は浸漬後から増加している事がわかる。また質量の増加量は流水に浸漬したものの方が大きい。これから NC と同様に流水作用によって硫酸との反応が進み質量が増加したと考えられる。また混和材を置換したことによって剥落が抑制されたと考えられる。図3に流水作用を付加した硫酸濃度10%の溶液に浸漬した供試体の侵食速度と結合材中の普通ポルトランドセメントの割合との関係について示した。ここで侵食速度とは浸漬を開始した時からの日数で侵食深さを除したものとした。この図からその他の配合についても、混和材の置換量が大きくなるにつれて侵食は抑制されるという傾向が表れており、また侵食速度は結合材中の普通ポルトランドセメントの割合に比例していることがわかる。これらのことから流水作用は劣化を進行させるが、混和材の使用によって静水と同様に侵食は抑制されると言える。

次に pH1 と pH2 静水と流水への浸漬による侵食深さと質量減少量を NC について図4に、BFS30FA30SF20

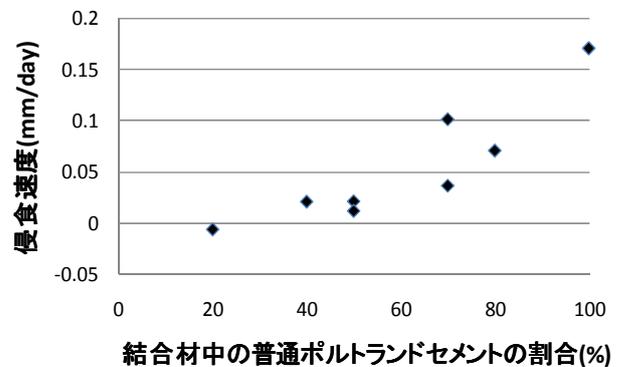


図3 使用した結合材と侵食速度

について図5に示す。図4から NC の pH1 については流水作用を付加した溶液に浸漬したものの方が静水に浸漬したものに比べて質量の増加量が大きく、硫酸濃度5%・10%に浸漬したものと同様の傾向を示しているが、NC の pH2 の硫酸溶液に浸漬したものや図5の BFS30FA30SF20 の pH1、pH2 に浸漬したものからは、ともに流水作用が付加されてるほうが質量の増加量は少ないことがわかる。またこの傾向は NC を除く pH1 と pH2 のすべての配合で同様の傾向を示した。この結果から流水作用が劣化に及ぼす影響は硫酸濃度によって異なる

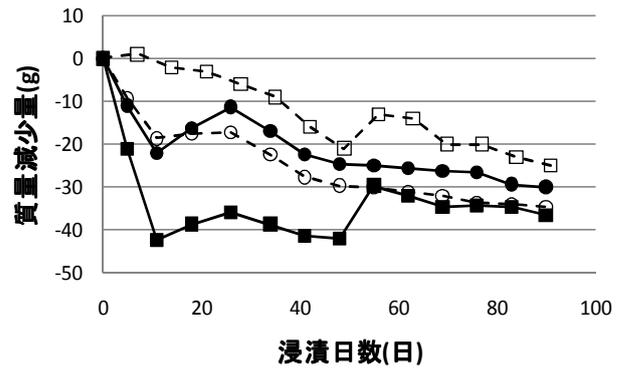
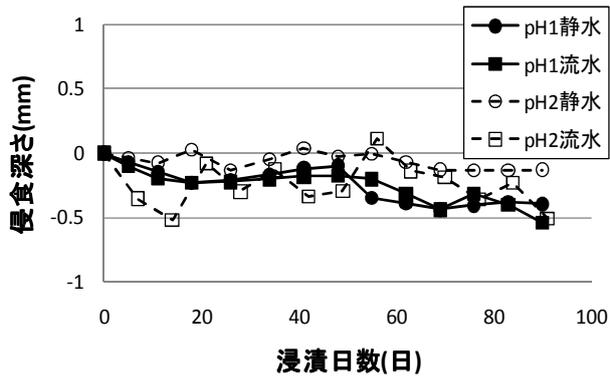


図4 NCの硫酸濃度 pH1 及び pH2 への浸漬による侵食深さ(左)と質量減少量(右)

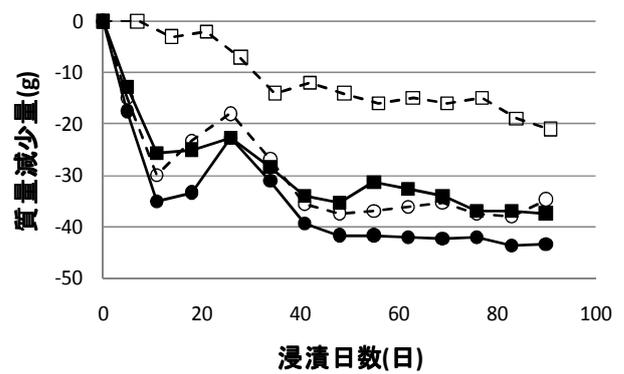
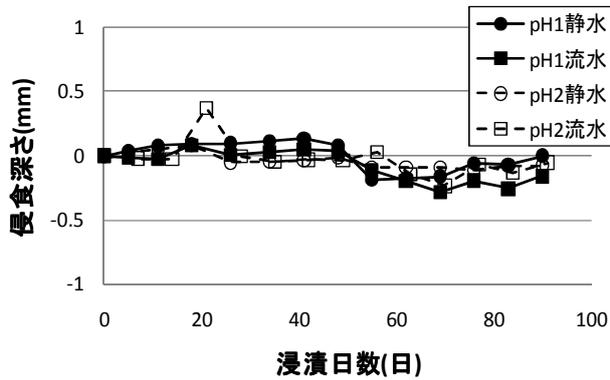


図5 BFS30FA30SF20の硫酸濃度 pH1 及び pH2 への浸漬による侵食深さ(左)と質量減少量(右)

るといえる。また、これは硫酸濃度の違いによって劣化形態が異なるため、10%および5%と pH1 および pH2 では流水作用の影響が異なると考えられ、硫酸濃度が低い場合、硫酸による反応生成物の溶出が流水作用によって促進されるためであると考えられる。

4. 結論

(1)流水作用によって劣化の進行は促進されるが、混和材

の置換は侵食の抑制効果をもたらす。

(2)流水作用が劣化の進行に及ぼす影響は、硫酸濃度によって異なる。

【参考文献】

1)寺林明日美ほか：セメント硬化体の硫酸による劣化に硫酸濃度が与える影響についての研究、コンクリート工学年次論文集、Vol29、No.1、pp.921 - 926、2007