

流れ作用存在下において硫酸浸せきされたコンクリート内部の変質

広島大学 学生会員 ○満島那奈美
 広島大学 学生会員 坪根 圭佑
 広島大学 正会員 小川由布子
 広島大学 フェロー会員 河合 研至

1. はじめに

現在、下水道関連施設において硫酸によるコンクリートの劣化が報告されている¹⁾。硫酸劣化のメカニズムは解明されつつあるものの、硫酸劣化進行の予測手法は確立されていない。特に既往の研究で行われてきた静水状態の浸せき試験では、下水道などの流れの存在する環境を正しく再現できていない。そこで本研究では、硫酸の流れ作用による理論的メカニズムを確立するため、コンクリート内部の化学変化を検討した。

2. 研究概要

2. 1 供試体概要

供試体はコンクリートとし、結合材には普通ポルトランドセメント(OPC)、高炉スラグ微粉末(BFS)、フライアッシュ(FA)およびシリカフューム(SF)を用いた。Table. 1にコンクリートの配合を示す。各配合について、寸法 100x100x130mm の供試体をそれぞれ作製し、材齢 56 日まで水中養生した。供試体と硫酸との接触面を 1 面のみとするため、5 面に耐酸性樹脂を塗布し、硫酸溶液浸せき試験に供した。

2. 2 試験方法および測定項目

作製した供試体は濃度 1.17mol/L、0.09mol/L の硫酸溶液に浸せきした。流れ作用がコンクリートの劣化に与える影響を把握するため、ポンプで溶液を循環させて流れ(流速 0.02 m/s)を発生させた流水試験と、

比較のため硫酸溶液内に供試体を静置する静水試験を実施した。本研究では劣化状態を把握するため、2 週間ごとに侵食深さを測定した。また浸せき 1, 3 ヶ月後において供試体を割裂し、中性化深さ、二水石膏厚さを測定した。中性化深さは、Fig. 1 に示すとおり、フェノールフタレイン液で呈色しない位置から二水石膏部までの距離とした。また、硫酸とセメント硬化体が反応することによって生成される二水石膏がコンクリートの表面に残存している厚さを二水石膏厚さとした。

2. 3 コンクリート内部の化学分析

コンクリート内部の変質を検討するために、二水石膏層より内部において、10mm 間隔で試料を採取し、示差熱重量分析装置および示差走査熱量計を用いて内部の水酸化カルシウム(Ca(OH)₂)量を、水銀圧入式ポロシメータにより細孔径分布を測定した。

3. 実験結果および考察

硫酸濃度 1.17mol/L を用いた静水・流水試験における侵食深さの測定結果を Fig. 2 および Fig. 3 にそれぞれ示す。流れ作用によって NC, BFS30, SF20 供試体の劣化が促進されている。さらに、FA30 供試体は、流水において、膨張現象が顕在化しており侵食深さ

Table. 1 供試体名と配合

Specimen name	MS (mm)	W/B	Unit content(kg/m ³)						
			W	OPC	BFS	FA	SF	S	G
NC	20	0.55	169	309	0	0	0	810	974
BFS30			167	214	92	0	0		
FA30			162	208	0	89	0		
SF20			164	240	0	0	60		
B30F30S20			157	57	86	86	57		

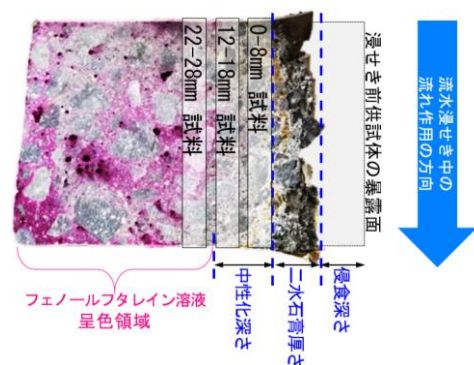


Fig. 1 測定項目の定義と分析用試料採取位置

キーワード (下水道施設, コンクリート内部の変質, 硫酸劣化, 流れ作用)

連絡先 〒739-8527 東広島市鏡山 1-4-1 A2-522

TEL : 082-424-7786

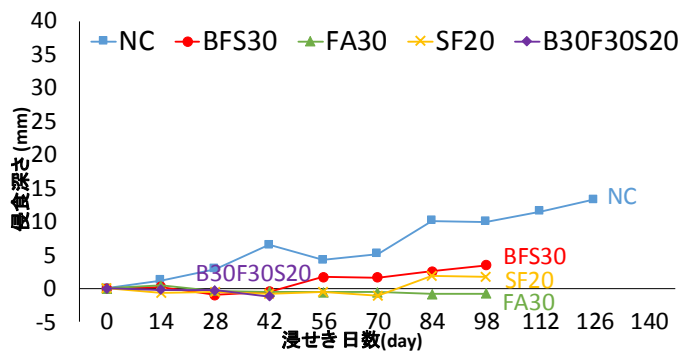


Fig. 2 侵食深さの経時的変化
(硫酸濃度 1.17mol/L-静水-)

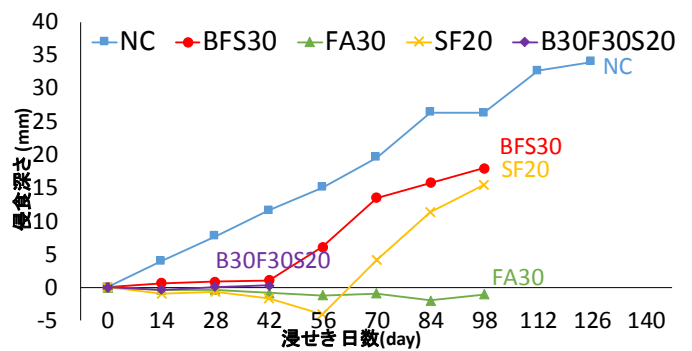


Fig. 3 侵食深さの経時的変化
(硫酸濃度 1.17mol/L-流水-)

が負の方向に変動した。

Fig. 4に濃度 1.17mol/L の硫酸溶液に 1 カ月浸せきした供試体の $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 量を示す。NC 供試体の 22～28mm 部分の $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 量は、流れ作用存在下において、初期値と同等である。これは、NC 供試体は、流水試験の場合、1 カ月浸せきでも剥落が顕在化しているため、侵食面付近でのみ反応が進行したためであると考えられる。BFS30 および FA30 供試体では、静水試験の場合、22～28mm 部分の $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 量は初期値程度まで残存しているが、流水試験の場合は初期値の半分以上となっている。静水の場合には侵食面付近の硫酸が反応によって消費されることにより局所的に硫酸の濃度が低下し、それによって反応が停滞するのに対して、流水の場合にはこのような停滞が生じず反応が継続的に進行するため $\text{Ca}(\text{OH})_2$ の消費が促進されたものと思われる。SF20, B30F30S20 供試体に関しては、静水、流水ともに $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 量が微小な値となっている。これは、硫酸との反応によって

$\text{Ca}(\text{OH})_2$ が消費されたことに加え、特に混和材を用いた場合、潜在水硬性やポズラン反応性によって、 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ は消費されるため、微小な値となっていると考えられる。

4. 結論

本研究により流れ作用によってコンクリートの硫酸劣化は促進されることが明らかとなった。また、流れ作用がセメント硬化体と硫酸との反応を促進させ、二水石膏層より内部の水酸化カルシウムの消費量は増大した。しかしながら、大きな剥落を生じている場合は、水酸化カルシウムの消費された部分が剥落しているため、二水石膏層より内部の水酸化カルシウム量の消費量が減少している場合がある。

参考文献

- 1) 森忠洋：下水管生物腐食の原因と対策-1-腐食の現状と沈殿物からの硫化水素生成, 下水道協会誌 論文集 Vol. 27, No.316, pp.122-129 (1990)

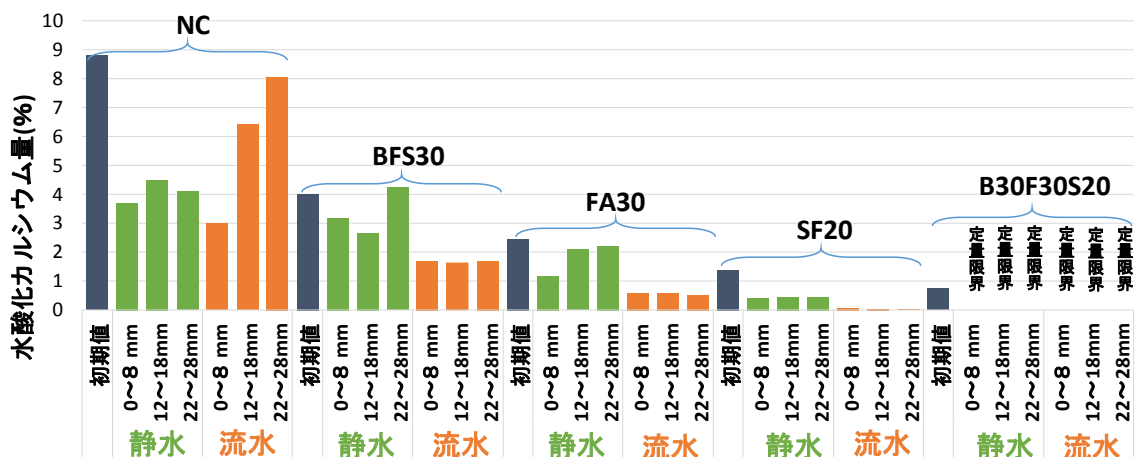


Fig. 4 硫酸濃度 1.17mol/L の硫酸溶液に 1 カ月浸せきした供試体の水酸化カルシウム量