

## 下水道施設における硫酸劣化に関する促進試験方法の提案

愛媛大学 賛助会員 濱岡祥樹

愛媛大学大学院 正会員 氏家勲 正会員 河合慶有

### 1. はじめに

社会基盤施設は人々の生活には欠かせない施設であり、高度経済成長期に多く建設され、数十年が経過している。社会基盤施設の一つに下水道構造物が上げられる。下水道構造物では微生物によって生成される硫酸によりコンクリートが劣化・腐食する。セメントを使用しているコンクリートでは硫酸による浸食は避けられないことから、硫酸にある程度耐性のあるコンクリート用いて、腐食代であるかぶりを増やすという考え方で設計されている。従って、耐久性と費用を考慮し適切な厚さのかぶりを設計する必要があるが、実環境で試験を行うと莫大な時間がかかってしまう。また画一的な促進試験方法も存在しない。そこで本研究は既往の研究で提案されている耐硫酸コンクリートを使用し、硫酸濃度と浸食深さが比例するかを確認し、促進試験を行うことで実際の測定方法よりどの程度試験期間を短縮できるかを検討する。

### 2. 実験概要

下水道構造物は硫酸の浸透によって浸食と剥離を繰り返し劣化していく。既往の研究により、硫酸濃度 7% までは浸漬期間が同じであるならば浸食深さが硫酸濃度に比例することが報告されている。また、剥離量は硫酸濃度によらず一定の量になることも報告されている。この結果の再現性を確認するため、本研究では 2,4,6 及び 7% の硫酸濃度で浸漬試験を行った。硫酸は浸漬 28 日までは 7 日毎に、浸漬後 28 日以降は 28 日毎に全量交換を行った。これは、pH を一定に保つためである。

配合を表 2.1 に示す。混和材には、全粉体量に対して 85% の高炉スラグ微粉末を置換し混和した。同様に、全粉体量に対して 12% のシリカフェームを置換し混和した。なお、以後は高炉スラグ微粉末を使用した供試体を BF、高炉スラグ細骨材を使用した供試体を BFS、シリカフェームを使用した供試体を SF、置換率はアルファベットの後に表記した数字で示す。

表 2.1 配合表

1000L	%		kg/m <sup>3</sup>							g/m <sup>3</sup>
	w/c	s/a	W	C	BF	SF	G	S	BFS	混和剤
BF85	30	42.7	150	75	425	0	948	704	0	5000
BF85SF12	30	42.7	150	66	374	60	940	697	0	5000
BFBFS50	30	42.7	210	280	420	0	764	283	299	5000

### 3. 硫酸浸漬試験

浸漬期間 56 日における浸食深さと硫酸濃度の関係を図 3.1 に示す。また硫酸濃度と剥離量の関係を図 3.2 に示す。既往の研究結果と同様に、56 日時点では硫酸濃度と浸食深さは比例関係にあった。また剥離量は硫酸濃度によらずほぼ一定の値を示した。この結果を用いて浸食深さの推定を行う。

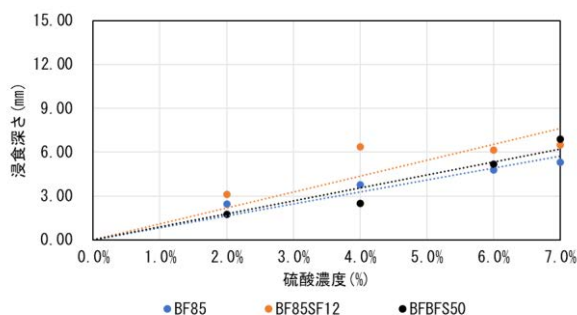


図 3.1 硫酸濃度と浸食深さ

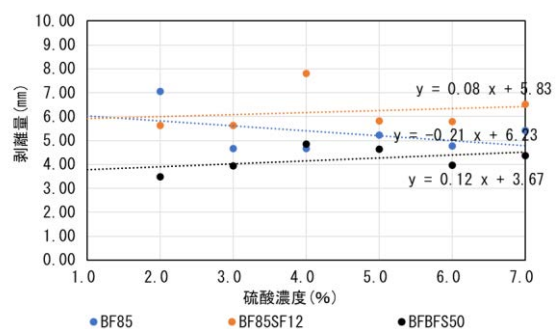


図 3.2 硫酸濃度と剥離量

#### 4. コンクリートの浸食速度

コンクリートの構造物は浸食深さが材齢の平方根にほぼ比例して増加する $\sqrt{t}$  則に従うことが定説である。 $\sqrt{t}$  則の関係性を式(4.1)に示す。

$$X = A\sqrt{t} \quad (4.1)$$

ここで、 $X$ ：浸食深さ、 $A$ ：浸食速度係数、 $t$ ：浸漬期間 である。

浸食深さが $\sqrt{t}$  則に従うことと硫酸濃度と比例関係にあることから、浸食速度も硫酸濃度に比例することが推測できる。促進試験のよって得られた高濃度での浸食深さの測定結果を用いて、実環境に近い低濃度の浸食深さを推定し、式(4.1)より浸食速度係数の推定値を求めた。各供試体における浸食速度係数と硫酸濃度の関係の測定値と推定値を図4.1に示す。破線は推定値、点は実測値である。

各濃度における浸食速度係数の測定値、推定値はどちらも比例関係がみられた。また測定値と推定値ではほぼ同じ値を示した。このことから促進試験によって得られた浸食速度係数を用いて浸食深さの推定を行う。

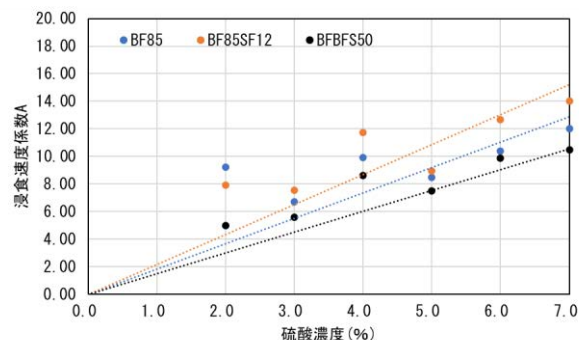


図 4.1 硫酸濃度と浸食速度係数

#### 5. 浸食深さの推定

耐用年数が経過した時点の浸食深さの推定は剥離量と剥離回数を考慮して計算を行う必要がある。任意の年数が経過したときの浸食深さを求める式を式(5.1)に示す。

$$L = \ell \times n + A \sqrt{\frac{365 \times N - d \times n}{365}} \quad (5.1)$$

ここで、 $L$ ： $N$ 年後経過したときの浸食深さ(mm)、 $\ell$ ：1サイクルの剥離量(mm)、 $n$ ：剥離回数(回)、 $A$ ：浸食速度係数、 $d$ ：1サイクルに要する日数(日)、 $N$ ：設計上の耐用年数(年) である。式(5.1)を用いて硫酸濃度 1%、耐用年数 50 年で浸食深さ計算した結果を表 5.1 に示す。

表 5.1 各供試体の 50 年後の浸食深さ

	浸食速度係数A	1サイクルの剥離量 $\ell$ (mm)	1サイクルの日数d(日)	剥離回数n(回)	耐用年数後の浸食深さL(mm)
BF85	1.84	6.02	3912.25	4	29.01
BF85SF12	2.17	5.91	2710.40	6	40.54
BFBFS50	1.51	3.79	2297.23	7	30.20

計算結果より、実環境では一回目の剥離が起こるまでに BF85 では約 10 年、BF85SF12 では約 7 年、BFBFS50 では約 5 年かかる計算となった。促進試験では 56 日で剥離量と浸食速度係数を求めることが可能であった。

#### 6. まとめ

実環境と同じ環境である 1%では、剥離に至るまでに少なくとも 5 年以上要する計算結果となったが、硫酸濃度を高めることにより劣化促進を行う試験方法では最短で 56 日で剥離量を求めることが可能であった。従って、硫酸濃度を高めることによる劣化促進試験方法で試験期間を大幅に短縮可能である。

#### 7. 参考文献

壇上賢伍：耐硫酸性コンクリートの劣化促進による浸食深さの予測に関する検討，愛媛大学学位論文，2020