

下水道用モルタルの耐硫酸性に及ぼすセメント種別および混和材種別の影響

広島工業大学（元） フェロー会員 ○米倉 亜州夫
 広島工業大学（元） 正会員 伊藤秀敏
 西日本旅客鉄道（株）正会員 高野 修壮
 大広エンジニアリング（株） 山本修照

1. はじめに

近年、下水道コンクリートにおいて、硫酸による劣化が社会的に大きな問題となっている。

本研究では、硫酸による劣化を抑制するため、硫酸劣化の主原因となるコンクリート中の $\text{Ca}(\text{OH})_2$ の量の抑制をセメント量の低減と混和材のポゾラン反応や潜在水硬性の反応による $\text{Ca}(\text{OH})_2$ の消費を検討すると共に混和材種別による耐硫酸性の相違を検討した。そのため、セメント量、セメント種別、混和材種別、標準養生日数を変化させて作製したモルタルを用いて、希硫酸中の質量減少率試験、硫酸浸透深さ試験および標準養生による圧縮強度試験より判定した。同時に、鉄筋を挿入した供試体を材齢 3 日で希硫酸浸漬した場合、モルタル内部への硫酸浸透深さと鉄筋腐食の関係も検討した。また、各々の混和材を単独で用いたモルタルの耐硫酸性に及ぼす影響を検討するため、硫酸による影響が小さいと考えられる石灰石微粉末と混和材を併用し、普通ポルトランドセメントの一部と置換した二成分系モルタルで上記と同様の試験を行った。

2. 実験概要

1) 使用材料及び配合

使用材料を表-1 に示す。モルタルの配合は表-2-1,2 に示す。

2) 実験方法

ホバート型モルタルミキサを使用し、 $\phi 50 \times 100 \text{mm}$ の供試体の作製を行った。質量減少率及びフェノールフタレイン液による硫酸劣化深さ試験は、供試体をセメント種別、および材齢 3 日で脱型し浸漬したものと脱型してから標準養生 28 日間後に浸漬したものの 2 種とし、質量減少率は濃度 5% の希硫酸溶液に上記の 2

表-1 使用材料

記号	種類	密度 (g/cm^3)	比表面積 (cm^2/g)
C (OP)	普通 P C	3.15	3350
C(高 B)	高炉セメント B 種	3.04	3870
SF	シリカフューム	2.23	200000
BFS	高炉スラグ微粉末	2.85	7800
FA	フライアッシュ	2.10	3300
MP	砥石粉	2.65	3000
BFF	高炉フューム	2.05	20000
LP	石灰石微粉末	2.75	2500

表-2-1 モルタルの配合（普通ポルトランドセメント使用）

No	C	SF	BFS	FA	MP	BFF	LP	day
1	100	—	—	—	—	—	—	3,28
2	50	25	25	—	—	—	—	3
3	50	10	40	—	—	—	—	3
4	50	10	20	20	—	—	—	3,28
5	50	12.5	25	—	12.5	—	—	3,28
6	50	10	—	30	10	—	—	3,28
7	50	20	—	30	—	—	—	3,28
8	30	—	—	40	—	30	—	3,28
9	20	20	30	30	—	—	—	3,28

表-2-2 モルタルの配合（高炉セメント B 種使用）

No	C	SF	BFS	MP	day
10	100	—	—	—	3
11	50	25	25	—	3
12	50	12.5	25	12.5	3

※表 2-1,2 の数字は共に重量比率である。なお、day=材齢日数（3=3 日,28=28 日）である。

キーワード 耐硫酸性 混和材 下水道 水酸化カルシウム 二水石膏 硫酸劣化

連絡先〒730-0049 広島市中区南竹屋町 5-12-301 米倉亜州夫 [TEL:082-249-6021](tel:082-249-6021)

種の材齢で浸漬し、浸漬日数 84 日まで測定した。フェノールフタレイン液による硫酸浸透深さ試験は 28、56、91 日に測定し、浸透深さは二水石膏化し剥離した部分、剥離はしていないが硫酸が浸透し酸性化している部分の合計部分とし、供試体高さの上、中、下の平均値を算出した。また、同時に鉄筋腐食度検査を 63 日、91 日、119 日に行った。なお、7 日毎に希硫酸を入れ替えた。標準養生した $\phi 5\text{cm}$ モルタル供試体の圧縮強度試験は、材齢 3 日で標準養生を開始し、材齢 3、7、28 日に 300 k N 万能試験機で行った。

3. 試験結果及び考察

水酸化カルシウム量が耐硫酸性に及ぼす影響

(1) セメント量別とセメント種別による検討

図-1 は、普通ポルトランドセメントを使用したモルタル供試体を材齢 3 日で希硫酸浸漬し、浸漬 84 日時点での質量減少率をセメント量別に表した図である。この図より、C20SF20BFS30FA30 (No.9) の配合と C50SF20FA30(No.7) の配合を比較した場合、セメントの量が多い No.7 の質量減少率が高い。これは水とセメントとの水和反応によって生成される $\text{Ca}(\text{OH})_2$ の量が増加したため、その $\text{Ca}(\text{OH})_2$ と硫酸が反応を起こし劣化が増加したと考えられる。図-2 は、セメント種別におけるセメント量と浸漬 84 日後の質量減少率の関係を表した図である。この図より、高炉セメント 100% 使用したモルタルの質量減少率が普通ポルトランドセメント 100% のモルタルの場合より小さく、耐硫酸性が向上しているのが認められる。これは、高炉セメント B 種の場合、普通ポルトランドセメントの場合に比べセメントの含有率が 40~70% 以下と小さく、水和反応に伴う $\text{Ca}(\text{OH})_2$ の生成量が少ないためと考えられる。

(2) 混和材種別による検討

図-1 より、セメント量 50% の配合においては混和材種別によって質量減少率に差を生じている。これは、各混和材のポズラン反応や潜在水硬性により $\text{Ca}(\text{OH})_2$ の消費に差を生じたため、二水石膏の生成に差を生じたためと思われる。このとき、No.3 の C50SF10BFS40 の質量減少率が No.7 の C50SF20FA30 の場合の約 1/2 程度に抑えられている。これは、フライアッシュにおいてはポズラン反応速度が遅いため、 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ の消費量が小さい。一方、高炉スラグ微粉末の潜在水硬性に

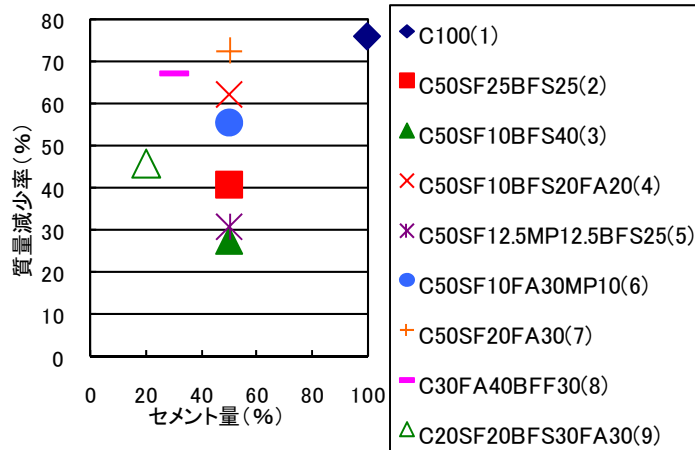


図-1 セメント量と質量減少率の関係 (浸漬 84 日)

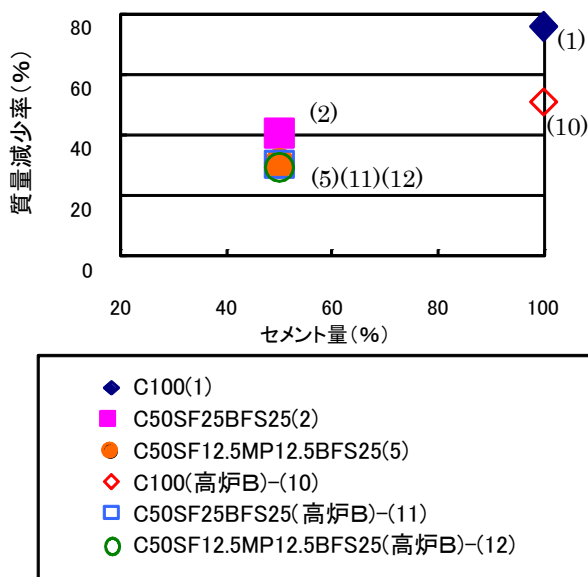


図-2 セメント種別と質量減少率との関係 (浸漬 84 日)

よる反応はフライアッシュのポズラン反応速度よりも大きいいため、長期にわたって $\text{Ca}(\text{OH})_2$ を消費する量が多く質量減少率が小さくなったと思われる。

4. 結論

- 耐硫酸性は水酸化カルシウムの生成量と混和材による消費量に支配される。
- 水和反応が進むほど、セメントペースは緻密化され硫酸が浸透しにくくなる。一方、同時に水酸化カルシウムの生成量も増大する。すると、硫酸と反応して二水石膏の生成量が増大するので、この面からは硫酸が浸透し易くなる。従って、硫酸浸透性は上記の相反する二つの事象の兼ね合いによって支配されることになる。