

V-233

各種コンクリートの硫酸塩に対する耐久性評価

(株)熊谷組技術研究所○正会員 田中淳一
 (株)熊谷組技術研究所 正会員 河村彰男
 (株)熊谷組技術研究所 正会員 小山秀紀
 (株)熊谷組技術研究所 正会員 村田 均

1.はじめに

コンクリートの耐硫酸塩性を改善するために各種の研究がおこなわれているが、既往の研究の多くは1種類の混和材料を使用するのみで、同一の試験条件で異なる混和材料を使用したコンクリート間の比較研究は少ない。そこで本研究では、同一の試験条件で異なる混和材料を使用したコンクリートの耐硫酸塩性を各種物理試験により定量的に追跡し、あわせてその評価方法について検討した。

2.試験概要

2.1 配合

使用材料は、セメントが普通ポルトランドセメント、混和材は高炉スラグ微粉末（Sg）、フライアッシュ（F）、シリカフューム（Sf）の3種類、細骨材が山砂、粗骨材が砕石である。次に各種コンクリートの配合を表-1に示す。基準となるプレーンコンクリート（C）は設計基準強度240kgf/cm²（28日）、W/C=55%、スランプ12cm、空気量4%の条件で決定した。このプレーンコンクリートに対して各混和材を使用する場合の配合は以下に示すように決定した。①表-1に示す割合でセメントを混和材に置換②水結合材比を一定（55%）③結合材と水の容積がプレーンコンクリートのセメントと水の容積と同一④単位細骨材量・粗骨材量を同一⑤スランプ、空気量を同一（混和剤によって調整）。

2.2 試験条件

表-2に試験条件を示す。溶液は濃度管理を行った上で試験開始後1ヵ月は1週間毎、それ以降は1ヵ月毎に全量交換した。また供試体は全面浸漬とし、強度試験以外は3体の同じ供試体を用いて試験を行った。結果は強度試験を水中浸漬に対する強度比で、それ以外の試験を次式で整理した。

$$\text{変化率} = (\text{各測定値} - \text{浸漬前測定値}) / \text{浸漬前測定値} \times 100 (\%)$$

$$\text{相対変化率} = (\text{Na}_2\text{SO}_4 \text{浸漬変化率}) - (\text{水中浸漬変化率})$$

3.実験結果と考察

3.1 外観観察

各コンクリートの劣化は硫酸塩が3方向から浸透する隅角部と、2方向から浸透する角部から進行し、特に表面の粗い打設面側が劣化した。プレーンでは、浸漬4ヵ月目から隅角部の剥落が見られ、8ヵ月以降大きく劣化している。高炉スラグの劣化は一番早く浸漬2ヵ月目からで、特に他の

表-1 配合表

配合	水結材比 (%)	混和材置換率 (%)	細骨材率 (%)	単位量 (kg/m ³)					混和剤	
				水	セメント	混和材	細骨材	粗骨材	AE減水剤	AE補助剤
C	55	0	46	168	305	0	838	1002	1220ml	0.5 A
Sg		40		166	181	121			1208ml	0.75 A
F		15		165	255	45			900ml	2.0 A
SF		10		165	270	30			4200g	1.5 A

* 高性能AE減水剤 1A = 結合材重量 × 0.003 %

表-2 試験条件

浸漬条件	試験項目	供試体寸法	試験時期
12ヶ月浸漬 20℃ 硫酸ナトリウム10%水道水	圧縮・曲げ強度 質量・長さ／（たわみ・縦）動弾性係数	Φ10×10cm 10×10×40cm	浸漬前、6、12ヶ月 浸漬前・後浸漬中（毎月）

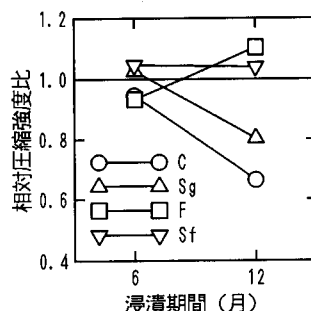


図-1 浸漬期間と相対圧縮強度比

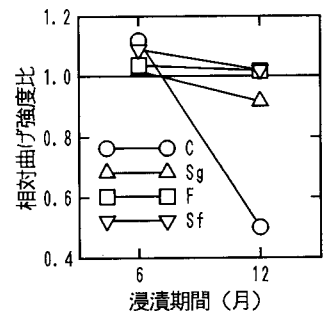


図-2 浸漬期間と相対曲げ強度比

コンクリートには見られなかった供試体表面の浮き上がりが見られた。フライアッシュは浸漬4ヵ月目から、シリカフュームは浸漬5ヵ月目から隅角部が剥落しており他のコンクリートに比べて一番剥落が少なかった。

3.2 強度試験

図-1に圧縮強度比を、また図-2に曲げ強度比を示す。それぞれ浸漬6ヵ月目では強度比に変化は見られないものの、12ヵ月目になると劣化度合いの大きいプレーンと高炉スラグで強度が低下している。ただ、高炉スラグの曲げ強度比はそれほど低下しておらず、他のコンクリートでも曲げ強度の変動は小さいことから、劣化評価には圧縮強度の方が良いと思われる。

3.3 質量変化

図-3に相対質量変化率を示す。始め高炉スラグの減少が先行し、プレーンは8ヵ月以降急激に減少した上、12ヵ月後には高炉スラグと同程度になっている。これは、高炉スラグは表面が剥離していくような劣化であったのに対して、プレーンは大きく膨張した隅角部が剥落するような劣化であったためである。フライアッシュ、シリカフュームの減少は小さく特にシリカフュームはほとんど変化していない。

3.4 長さ変化

図-4に相対長さ変化率を示す。プレーン12ヵ月で0.12%膨張しているが、他のコンクリートではそれほど変化しておらず、長さ変化は劣化評価には向いていないと思われる。

3.5 動弾性係数変化

図-5に相対縦動弾性変化率を示す。これよりプレーンは12ヵ月で32%も減少しているが、ほかのコンクリートでは、わずかな減少に止まり種類による変化は見られない。一方図-6に示す相対たわみ動弾性変化率では、プレーンの12ヵ月で2.1%とたわみ振動より減少は少ないが、浸漬8ヵ月以降で種類による違いが表れており、松下ら¹⁾の指摘する様に表層部の変化が明瞭に表れるたわみ振動の方が劣化評価に向いているように思われる。

4. まとめ

12ヵ月浸漬した結果をまとめると

- ① 混和材料の使用により耐硫酸塩性が改善され、特にシリカフュームとフライアッシュは効果的である。
- ② 耐硫酸塩性を高炉スラグで改善するためには、セメント置換率が50%以上必要
- ③ 耐硫酸塩性の評価には圧縮強度比や、たわみ動弾性係数の測定が適している。

〔参考文献〕1) 松下博通：硫酸塩によるコンクリートの劣化に関する基礎的研究、第7回コンクリート年次講演会論文集、pp. 65-68、1985

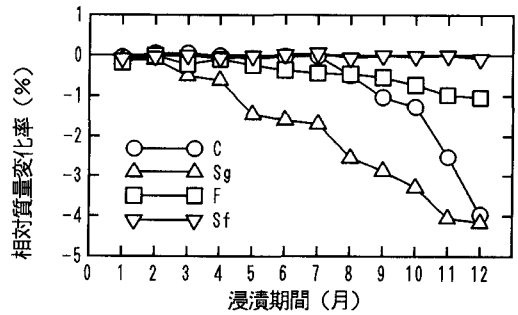


図-3 浸漬期間と相対質量変化率

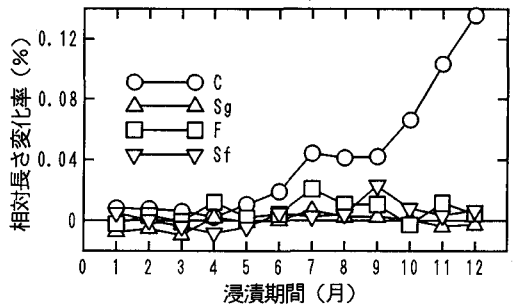


図-4 浸漬期間と相対長さ変化率

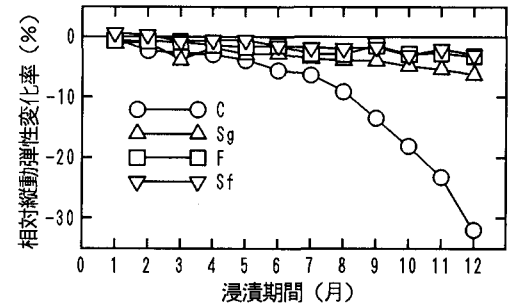


図-5 浸漬期間と相対縦動弾性変化率

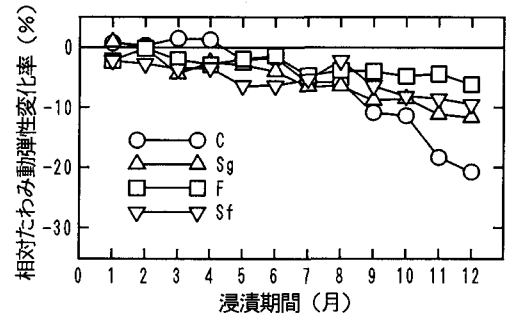


図-6 浸漬期間と相対たわみ動弾性変化率