

細骨材がモルタルの耐硫酸性へ及ぼす影響

呉高専 正会員 ○市坪 誠 正会員 竹村和夫 正員 堀口 至
呉高専 正会員 山口隆司 岡山大学大学院 学員 山田 宏

1. はじめに

近年、下水道施設では、硫酸塩還元細菌と硫黄酸化細菌が関与する硫酸による侵食・劣化が著しく、早急で適切な対応が求められている。ここで、材料のなかでもセメントおよび混和材料により耐硫酸性の向上を図った研究は数多く存在するものの、他の材料、特に細骨材による耐硫酸性の影響を検討した知見は見当たらない。そこで本研究では、細骨材がモルタルの耐硫酸性に及ぼす影響を把握するとともに細骨材中の化学成分が耐硫酸性に及ぼす影響について実験的に検討を行った。

2. 実験概要

普通ポルトランドセメントと表-1 に示す細骨材を用いて、表-2 の配合に示すモルタル供試体を作成した（ $4 \times 4 \times 4\text{cm}$ ）。本研究は促進試験とし、10%硫酸溶液に供試体を浸漬させた。浸漬した供試体は、1, 2, 4, 8, 16, 32 日毎に質量を測定した。

3. 結果および考察

図-1 は各種細骨材に着目した供試体の質量の経時変化を示したものである。混合砂、銅スラグ細骨材およびフェロニッケルスラグ細骨材を用いた供試体は、浸漬後 32 日で約 55～75%減少した。一方、A 産の高炉スラグ水砕砂を用いた供試体は、浸漬後 32 日で約 40%減少した。

表-3 に重回帰分析結果を示す。ここで、取り上げている説明変数は、セメントからは比較的化学抵抗性が高い C_2S および耐硫酸性に多大に貢献する C_3A を選定した。細骨材からは構成する化学成分のうち、主成分である CaO および SiO_2 を選定した。決定係数は 96.6%と高くこれら 4 つの鉱物・化学成分で耐硫酸性を説明できる。偏回帰係数の正負の結果より、細骨材中の CaO は耐硫酸性を向上させる傾向にあることが理解できた。これに対し、セメント中の C_2S および C_3A と細骨材中の SiO_2 は耐硫酸性を低下させることが理解できた。標準偏回帰係数の結果より、細骨材中の CaO が、耐硫酸性向上に寄与することが理解できた。なお、有意水準 0.05 となったので分析の精度は良い結果となった。

表-1 使用材料の物性

		密度 (g/cm^3)	吸水率 (%)	F.M.	化学成分 (%)				
					SiO_2	Al_2O_3	FeO	CaO	MgO
細骨材	n	2.55	2.00	2.55	70.40	12.20	4.30	7.04	1.20
	c	3.41	0.81	3.17	34.00	5.00	38.00	3.00	1.50
	f	3.10	0.45	1.66	56.00	1.90	8.00	4.70	28.10
	b-A	2.80	0.46	2.57	33.80	14.40	0.30	42.00	6.70
	b-B				33.28	14.70	0.23	43.08	5.88
	b-C				33.36	15.95	0.15	41.57	6.01

表-2 配合

供試体番号		W/C	S/C	W	W_1	W_2	C	S
				(kg/m^3)	(kg/m^3)	(kg/m^3)	(kg/m^3)	(kg/m^3)
供試体番号	NCn	0.5	1	451	259	192	902	902
	NCb-A, NCb-B, NCb-C			466	268	198	931	931
	NCf			484	278	206	968	968
	NCc			495	285	210	990	990

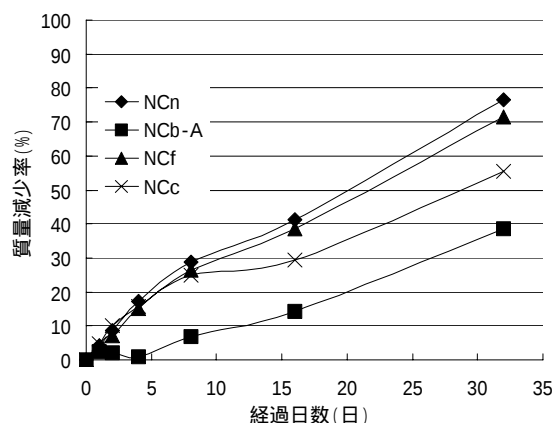


図-1 各種細骨材に着目した質量減少率

キーワード 化学的侵食，硫酸劣化，耐久性，モルタル，細骨材

連絡先 〒737-8506 広島県呉市阿賀南 2-2-11 TEL0823-73-8486

表-3 耐硫酸性に及ぼす配合条件・化学成分の影響

重回帰式						
変数名	偏回帰係数	標準偏回帰係数	F 値	T 値	P 値	判 定
C ₂ S (セメント)	-8.260601944	-0.3914	3.9056	1.9763	0.1426	
C ₃ A (セメント)	-0.923860822	-0.0720	0.1420	0.3768	0.7314	
CaO (細骨材)	0.961642305	0.3896	5.1050	2.2594	0.1090	
SiO ₂ (細骨材)	-1.392552181	-0.5395	10.6176	3.2585	0.0472	*
定数項	91.21488836		35.3177	5.9429	0.0095	**

変数名	標準誤差	偏相関	単相関
C ₂ S (セメント)	4.179908105	-0.7520	-0.4837
C ₃ A (セメント)	2.451714706	-0.2126	-0.3743
CaO (細骨材)	0.425614311	0.7936	0.8251
SiO ₂ (細骨材)	0.427363904	-0.8830	-0.7941
定数項	15.34861827		

精度	
決定係数	0.9662
修正済決定係数	0.9211
重相関係数	0.9829
修正済重相関係数	0.9597

分散分析表						
要 因	偏差平方和	自 由 度	平均平方	F 値	P 値	判 定
回帰変動	2072.799584	4	518.1998961	21.42250605	0.0152	*
誤差変動	72.56852606	3	24.18950869			
全体変動	2145.368111	7				

**:1%有意 *:5%有意

**:1%有意 *:5%有意

図-2は表-3の結果より、含有化学成分量の異なる産地別の高炉スラグ水砕砂（A，B，C）を用いた供試体において質量の経時変化を示したものである。A産の高炉スラグ水砕砂を用いた供試体を基準にB産を用いた供試体では浸漬後32日で約10%質量減少を抑制し、C産を用いた供試体では浸漬後32日で約5%質量減少した。

図-3は図-2における質量減少率とCaO含有量の関係を示したものである。産地別の高炉スラグ水砕砂のCaO含有量と浸漬後8日、16日及び32日の関係は、CaO含有量41～44%と限られた範囲内において直線関係が成立することが明らかとなった。

以上の結果、高炉副産物を用いた材料は耐硫酸性に優れている結果となった。また、高炉スラグ水砕砂のCaO量が耐硫酸性に直接寄与することが明らかとなった。

4. まとめ

本研究の結果をまとめると以下ようになる。

- (1) 高炉スラグ水砕砂を用いることにより、モルタルの耐硫酸性を向上することができた。
- (2) 細骨材として用いた高炉スラグ水砕砂中のCaO量が耐硫酸性に寄与することが理解できた。

【参考文献】

市坪誠ほか4名：各種細骨材を用いたモルタルの耐硫酸性に関する研究、土木学会中国支部第56回研究発表会発表概要集，pp.489-490，2004

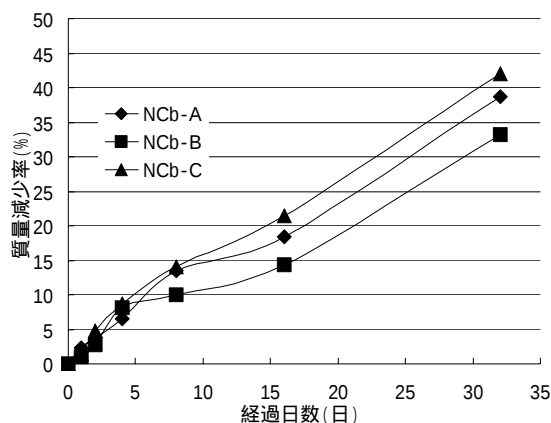


図-2 産地別高炉スラグ水砕砂を用いた質量減少率

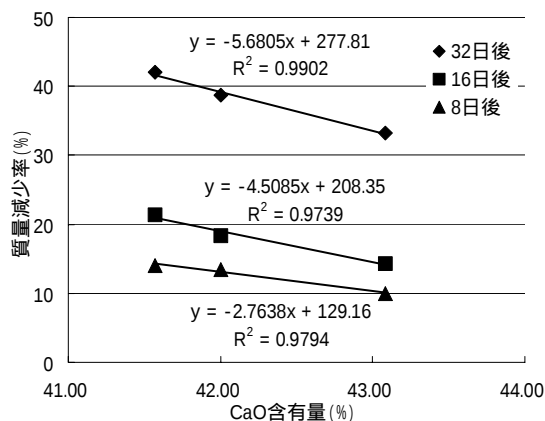


図-3 CaO含有量と質量減少率の関係