

石灰石骨材を使用した耐酸性セメント系材料の耐硫酸性評価

(株)大林組 正会員 ○中家 康宏
 (株)大林組 フェロー会員 新村 亮
 (株)大林組 正会員 今倉 和彦
 (株)デイ・シイ 正会員 谷田貝 敦

1. はじめに

コンクリートは酸類や塩類等の化学物質に浸食され劣化する。特に下水道施設においては、下水から生成される硫酸の浸食による劣化が問題となっている。浸食による劣化は、コンクリート中の水酸化カルシウムと硫酸が反応し、膨張作用のある二水石膏が生成されることで生じる。

耐酸性セメント系材料¹⁾は、結合材を普通ポルトランドセメントとシリカフェームおよび高炉スラグ微粉末で構成することで、硫酸に対する耐酸性能を高めた無機材料である。酸化カルシウムの総量を低減させることで、水和反応により生成される水酸化カルシウム量を抑えている。これにより二水石膏の生成を抑制し、耐酸性の向上を図っている。既往の実験²⁾においてその耐酸性能が確認されているが、今後更に広範囲での適用を実現するためには、使用骨材の種類による影響を評価する必要がある。

耐酸コンクリートには骨材に石灰石骨材を使用することで、耐酸性を向上させるものがある²⁾。そこで、耐酸性セメント系材料と石灰石骨材を使用した際の耐酸性の評価試験を行った。日本には標準化された評価試験の規格がないため、ドイツの硫酸浸漬試験規格 DIN19573 に準じて行った。

2. 使用材料および配合

コンクリートの配合は3種類とした。配合の一覧を表-1に示す。配合Nは普通ポルトランドセメント

を使用し、配合 TCR と TCR-L は耐酸性セメント系材料を使用した。TCR-L は石灰石骨材を使用した。

3. 試験方法

練り混ぜたコンクリートを9.5mmふるいでウェットスクリーニングし、B40×H40×L160mmの角柱供試体を作成した。材齢7日までは水中養生、以降は20℃の95%RHで気中養生を行い、材齢14日に供試体を中央で切断し、高さL=80mmの供試体を2体作製した。材齢29日以降は、20℃のpH0とpH1の硫酸溶液と水道水に各5体浸漬した(図-1)。浸漬日数はpH0が14日間、pH1は70日間とし、水道水にも同様の期間浸漬させた。浸漬中はプロペラで攪拌し、浸漬後は流水中で軽くブラシ掛けをして付着物を取り除き、20℃の60%RH中で2日間保管した。その後さらに高さL=40mmに切断し、切断面を研磨して質量を測定した。切断面にはBTB試薬を噴霧してPH7.0以下の中性化深さを求め、圧縮強度試験を行った。

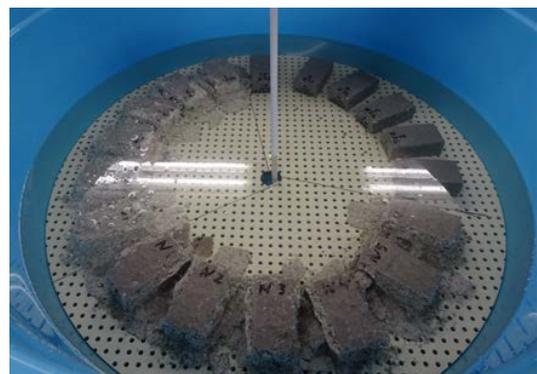


図-1 硫酸浸漬試験の様子

表-1 配合の一覧

配合名	W/B (%)	単位量(kg/m ³)									
		W	C	TCR	S1	S2	S3	G1	G2	SP	Ad
N	42.0	170	405		438	411		929		4.36	0.081
TCR	39.0	170		436	408	411		929		4.36	0.087
TCR-L	39.0	170		436	164		656		940	4.36	0.087

※C 普通ポルトランドセメント TCR 耐酸性セメント系材料 SP 高性能 AE 減水剤

※骨材(産地,表乾密度): S1 山砂(富津産,2.62g/cm³) S2 硬質砂岩砕砂(国見山産,2.64g/cm³)

S3 石灰砕砂(仁淀川産,2.66g/cm³) G1 硬質砂岩砕石(国見山産,2.67g/cm³) G2 石灰砕石(峯朗産,2.70g/cm³)

キーワード 耐酸コンクリート, 耐酸性セメント系材料, 硫酸浸漬試験, 石灰石骨材

連絡先〒108-8502 東京都港区港南 2-15-2 品川インターシティ B 棟 (株)大林組 生産技術本部 技術第一部

4. 試験結果

4. 1 浸漬後供試体の表面状況

pH0 の硫酸溶液に浸漬後の供試体を図-2 に示す。配合 N では角が崩れ落ち、表面が剥がれて骨材が浮き出ている。TCR は角が少し丸くなっており、表面は膨張して浮いてはいるが剥がれることなく残っている。TCR-L は配合 N と比較すると程度は少ないが角が崩れ落ち、表面が剥がれて骨材が浮き出ている。

TCR と TCR-L を比較すると、いずれも耐酸性セメント系材料を使用しているが、表面の劣化状況に差異が生じている。これは、セメントペースト内においては二水石膏の生成が抑制されたが、TCR-L では石灰石骨材と硫酸が反応して二水石膏が生成されたためであると推測される。

4. 2 各種試験結果

試験結果を表-2 に示す。TCR (pH0) では浮いた表面が剥がれ落ちなかったため、他と比較して質量減少率が小さくなっている。質量減少率は pH1 では大差ないが、pH0 では耐酸性セメント系材料を使用した TCR, TCR-L が良好な結果を示した。中性化深さについても pH1 では大差ないが、pH0 では TCR, TCR-L の方が浅く、TCR-L が最も浅い結果となった。残留強度比は、硫酸浸漬後の供試体と水道水に同期間浸漬した供試体の圧縮強度比である。これまでの結果と同様に pH1 では大差なく、TCR, TCR-L は良好な結果を示した。

以上の結果より、厳しい腐食環境下 (pH0) では耐酸性セメント系材料の使用による耐酸性の向上が確認された。硫酸浸漬後の表面部は、石灰石骨材を使用することで劣化が進行したが、中性化深さと残留強度比については同様の傾向は確認できない。これは表層の石灰石骨材の反応は進むが腐食深さは低減されたためであると推測される。TCR-L の中性化深さが他と比較して浅いのも同様の理由である。また、石灰石骨材の使用による耐酸性の顕著な向上は確認されなかった。

5. まとめ

硫酸浸漬試験により、耐酸性セメント系材料と石灰石骨材を使用したコンクリートの耐酸性を評価した。以下に得られた知見を示す。

- 1) 耐酸性セメント系材料の使用により、厳しい腐食環境下では耐酸性が向上することを確認した。



配合 N



TCR



TCR-L

図-2 硫酸溶液 (pH0) 浸漬後の供試体

表-2 各種試験結果

配合	pH 濃度	質量減少率 (%)	中性化深さ (mm)	残留強度比 (%)
N	pH0	19.3	2.5	71.5
	pH1	11.6	1.8	91.1
TCR	pH0	0.9	1.9	89.5
	pH1	11.7	2.3	86.1
TCR-L	pH0	13.4	1.4	88.9
	pH1	13.4	2.1	94.7

- 2) 石灰石骨材の使用により、表面部の劣化が増加する傾向にあったが、腐食深さが浅くなるため残留強度比には差が生じなかった。
- 3) 石灰石骨材の使用による耐酸性の顕著な向上は本試験の範囲では確認されなかった。

参考文献

- 1) 大澤友宏, 久保田賢, 平田隆祥, 人見尚: 耐酸性セメント系材料の化学成分による細孔構造と耐硫酸性への影響, コンクリート工学年次論文集, Vol. 31, No. 1, 2009
- 2) 佐々木彰ほか: 耐硫酸性を有するコンクリートの下水環境における耐久性, 第63回年次学術講演会講演概要集, 土木学会, pp617-618, 2008. 9