

耐酸コンクリートに関する基礎実験

(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 石田 良平
 (株)熊谷組技術研究所 野中 英

1. はじめに

下水道施設においては、生成する硫化水素に起因するコンクリートの腐食防止を目的として、コンクリート防食被覆の設計について規定¹⁾されているが、躯体コンクリートの防食性(耐酸性)に関する詳細な規定はない。しかし施設稼働中に防食被覆が損傷した場合の躯体コンクリートへの損傷拡大を考慮すると、躯体コンクリートの耐酸性を向上させることは重要といえる。筆者らの既往の研究²⁾では、下水道施設の断面修復モルタルとして、結合材の60~80%wtに各種混和材(フライアッシュ、高炉スラグ微粉末、シリカフェーム)を用い、各種混和材を適切に組み合わせることにより、所要の耐酸性能が得られることが確認されている。本論文は、既往の研究結果を踏まえ、下水道施設の躯体コンクリートの耐酸性向上を目的とした基礎実験の結果をまとめたものである。

2. 実験概要

本実験では、結合材の80%wtを各種混和材としたコンクリート供試体を作製し、圧縮強度試験、硫酸浸漬試験、促進中性化試験を行い、コンクリートの耐酸性を向上させる配合について検討した。

1) 配合および使用材料

使用するコンクリートの配合は、水結合材比を45%、単位水量を170kg/m³と固定し、結合材の80%wtを各種混和材とした4種類の配合と、結合材のすべてを早強ポルトランドセメントとした1種類の配合とした。使用材料を表-1に、コンクリート配合およびフレッシュ性状を表-2に示す。

表-1 使用材料

材料名	記号	仕様
セメント	C	早強ポルトランドセメント 比重3.14 比表面積4,520cm ² /g
水	W	つくば市水道水: 比重1.00
フライアッシュ	FA	比重2.91、比表面積8,350cm ² /g
高炉スラグ	BS	比重2.29、比表面積3,380cm ² /g
シリカフェーム	SF	比重2.20、比表面積228,800cm ² /g
細骨材	S	茨城県土浦市沖宿産砕砂: 比重2.57、吸水率:2.52%、粗粒率2.81
粗骨材	G	茨城県つくば市産砕石: 比重2.67、吸水率:0.54%、粗粒率6.67

表-2 配合表およびフレッシュコンクリートの性状

W/B	セメント種類	C/B (%)	FA/B (%)	BS/B (%)	SF/B (%)	単位量(kg/m ³)						混和剤(g/m ³)		スランプ(cm)	空気量(%)	温度(°C)	
						W	C	FA	BS	SF	S	G	A1				A2
45	早強	100	0	0	0	170	378	0	0	0	740	1008	4536	11.3	12.5	3.6	18.0
		20	50	20	10		76	189	76	38	709	965	4536	106	15.5	4.3	20.5
		20	40	30	10		76	151	113	38	713	970	3780	106	14.0	4.2	20.5
		20	30	40	10		76	113	151	38	716	975	6048	83.2	14.0	4.2	20.0
		20	20	50	10		76	76	189	38	720	80	6804	68.0	14.3	3.7	19.0

2) 試験方法

A1: 変形リグニン系高性能AE減水剤 A2: アルキルカルボン酸系空気量調整剤

圧縮強度試験

圧縮強度試験は、JIS A 1108 に準拠し、材齢7、28、56日で行った。

硫酸浸漬試験

供試体(寸法10×10×20cm)を成形後、材齢1日で脱型し、4週間水中養生を行った後、硫酸濃度10%溶液に浸漬し、浸漬期間1、4、8、13週で重量の測定を行った。重量測定時には、供試体をワイヤーブラシにより表層の脆弱部を除去した。また硫酸の内部への浸透深さを確認するため、重量測定後試験体を切断し、切断面に1%フェノールフタレイン溶液を噴霧し、供試体の赤色深さを測定した。ここでは、元の断面からこの赤色深さまでを硫酸浸漬後中性化深さとした。

促進中性化試験

供試体(寸法10×10×40cm)成形後、材齢1日で脱型し、13週間水中養生を行い、その後4週間20℃、R.H.60%の恒温恒湿室で乾燥させたのち試験を開始した。促進中性化試験時の環境条件は、20℃、R.H.60%、CO₂濃度5%の条件とした。測定は、促進試験開始から1、2、4、8、13、26週経過時に、供試体割裂面に1%フェノールフタレイン溶液を噴霧し、供試体の赤色部分の幅を測定した。ここではこの幅を促進中性化深さとする。

キーワード: コンクリート、耐酸性、混和材、硫酸浸漬試験、促進中性化試験

連絡先: 〒300-2651 茨城県つくば市鬼ヶ窪 1043 TEL: 0298-47-7507 FAX: 0298-47-7480

3. 実験結果及び考察

1) 圧縮強度試験

圧縮強度試験結果を図-1に示す。結合材の全量を早強ポルトランドセメントとした配合()と比較すると、フライアッシュ混入割合が40,50%wtと多い配合(、)の圧縮強度は、材齢7日で20%程度、材齢28,56日で40%程度となった。また高炉スラグ微粉末の混入割合が40,50%wtと多い配合(*、)については、材齢7日で50%程度、材齢28,56日で70%程度となった。この結果から、フライアッシュ混入割合が40%wt以上と多い配合の場合、初期強度の発現が遅く、実用性を考えた場合、フライアッシュ混入割合は30%wt程度以下に抑制することが必要と考える。

2) 硫酸浸漬試験

重量変化

硫酸溶液浸漬時の重量の経時変化を図-2に示す。結合材の全量を早強ポルトランドセメントとした配合は、材齢13週まで、ほぼ直線的に重量が減少し、材齢13週で元の重量の50%程度となった。結合材の80%wtを各種混和材とした配合は、高炉スラグ微粉末の割合が40%wt以下(フライアッシュの割合:30%wt以上)の場合(、)供試体外観に大きな変状がなく重量変化がほとんど見られなかった。一方高炉スラグ微粉末の割合が50%wt(フライアッシュの割合:20%wt)の場合(*)、材齢13週で供試体の膨張圧により隅角部にひび割れ、カケが生じ、元の重量の80%程度となった。

硫酸浸漬後の中性化深さ

硫酸溶液浸漬後の中性化深さの経時変化を図-3に示す。結合材の全量を早強ポルトランドセメントとした配合と比較すると、結合材の80%wtを各種混和材とした配合(、*、)の中性化深さは、混和材割合を変化させても大きな差異がなく1/2程度に抑制された。

の結果から、結合材の80%wtを各種混和材とした場合、フライアッシュの割合が高く、高炉スラグ微粉末の割合が低いほど重量変化が少なく耐酸性が向上することが確認された。

3) 促進中性化試験

促進中性化試験における中性化の経時変化を図-4に示す。結合材の全量を早強ポルトランドセメントとした配合()は、促進期間26週経過後においても、ほとんど中性化が進行していない結果となった。これに対して結合材の80%wtを各種混和材とした配合の中性化深さは、フライアッシュの割合が30%wt以下(、*)の場合、促進中性化期間26週で20mm程度、フライアッシュの割合が40%wtを越える配合(、)の場合、促進中性化期間26週で30mm程度となった。これは結合材の80%wtに混和材を用いたことにより、セメントの水和により生成される水酸化カルシウムの絶対量が少なくなったことによる。特にフライアッシュを多く用いた場合、強度が結合材の全量を早強ポルトランドセメントとした配合()の40%程度と低いことと、ポゾラン反応により水酸化カルシウムが消費されることにより中性化進行速度が速くなる傾向にある。

4. まとめ

コンクリートの耐酸性向上を目的とした本実験によれば、コンクリートの耐酸性は、混和材量(フライアッシュ、高炉スラグ微粉末、シリカフェーム)を結合材の80%wtとし、かつその割合を適切に組み合わせることで向上する。ただし下水道施設などの実構造物への適用を考えた場合、初期の圧縮強度改善、中性化進行の抑制等が必要である。

<参考文献> 1)日本下水道事業団:コンクリート防食指針(案)平成9年6月

2)小山、石田、野中:耐酸性を向上したモルタルによる下水道断面修復工法、セメント・コンクリート、648、Feb.2001 pp.50~56

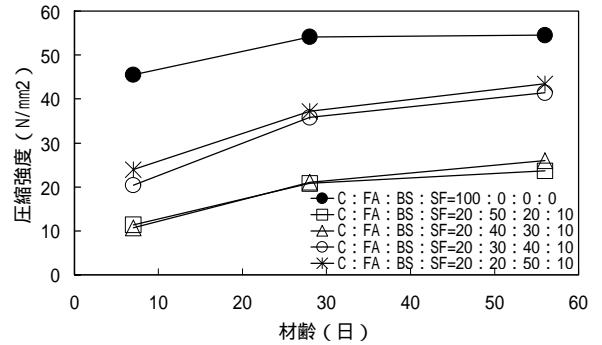


図-1 圧縮強度の経時変化

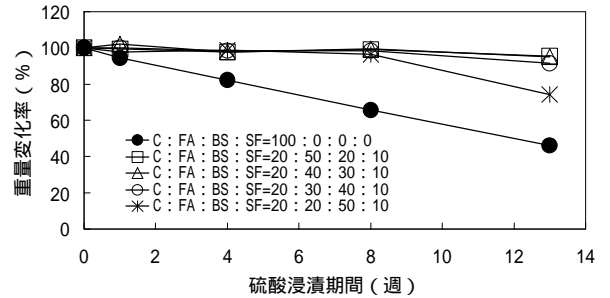


図-2 重量変化の経時変化(硫酸浸漬後)

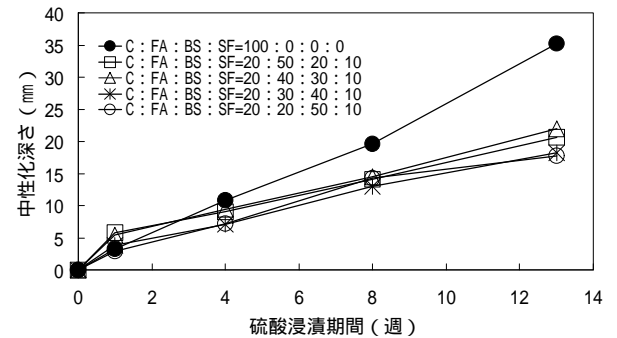


図-3 硫酸浸漬後中性化深さの経時変化

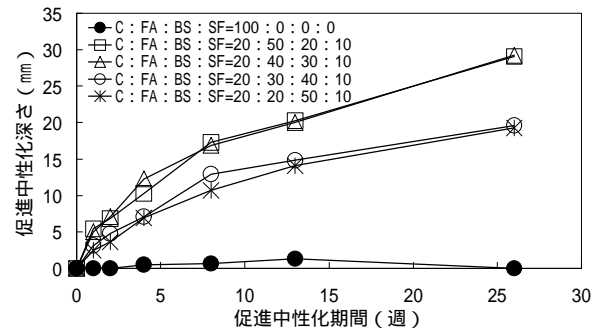


図-4 促進中性化深さの経時変化