

耐酸コンクリートの配合に関する検討

株式会社熊谷組 正会員 ○野中 英 正会員 小山 秀紀
 株式会社熊谷組 石田 良平 戸上 郁英
 日本下水道事業団 中沢 均 遠田 和之

1. 目的

下水道施設の躯体コンクリートには通常防食被覆が施されているため、コンクリートの耐久性（耐酸性）に関する詳細な規定はない。しかし、コンクリートに対する防食性能の付与、施設稼働中に防食被覆が破損した場合の躯体コンクリートへの損傷拡大の防止を考慮すると、躯体コンクリートの耐酸性を向上させることは重要とされる。既往の研究ではコンクリート中のセメントの一部をフライアッシュ、高炉スラグ微粉末、シリカフュームに置換した配合について、所要の耐酸性が得られる配合を検討した。

本実験は、既往の研究で所用の耐酸性が得られた結合材比率（C:FA:BS:SF=20:30:40:10）の配合をベースとし、水結合材比を 35、45、55%とした場合の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。なおコンクリートの耐酸性の評価は圧縮強度試験、硫酸浸漬試験、促進中性化試験により実施した。

2. 実験概要

1) コンクリート配合および使用材料

使用するコンクリートの配合は、セメントの種類を早強セメント、水結合材比を 35、45、55%、単位水量を 170kg/m³、結合材比率を C:FA:BS:SF=20:30:40:10、100:0:0:0 とした 6 種類の配合とした。使用材料を表 - 1、コンクリート配合およびフレッシュコンクリートの性状を表 - 2 に示す。

表 - 1 使用材料

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2.29、比表面積3,380cm ² /g
高炉スラグ	BS	比重2.91、比表面積8,350cm ² /g
シリカフューム	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/m³)							混和剤(g/m³)		スランプ (cm)	空気量 (%)	温度 ()
						W	C	FA	BS	SF	S	G	A1	A2			
35	早強	100	0	0	0	170	486	0	0	0	694	963	3888	486	12.0	4.5	23.0
		20	30	40	10		97	146	194	49	664	922	6075	486	14.0	4.2	23.0
45		100	0	0	0		378	0	0	0	932	1015	2457	378	11.0	4.2	22.0
		20	30	40	10		76	113	151	38	709	984	4158	1134	16.5	4.2	20.0
55		100	0	0	0		309	0	0	0	921	1086	1545	927	12.5	4.7	22.0
		20	30	40	10		62	93	124	31	703	1059	3245	1545	15.5	4.7	21.5

2) 試験方法

A1：ポリカルボン酸系高性能 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、91 日で実施した。

硫酸浸漬試験

供試体（寸法 10×10×20cm）は、コンクリート打設後材齢 1 日で脱型し、4 週間水中養生を行った。試験は所定の養生を終了した供試体を、硫酸濃度 10%の溶液に浸漬し、浸漬期間 1、4、8、13 週経過時に重量の測定を行った。重量測定時には、供試体をワイヤブラシにより表層の脆弱部を除去した。また内部への硫酸浸透深さを確認するため、重量測定後の供試体を切断し、切断面に 1%フェノールフタレイン溶液を噴霧し、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 10×10×20cm）は、コンクリート打設後材齢 1 日で脱型し、13 週間水中養生を行い、その後 4 週間 20、60%RH の恒温恒湿室で乾燥させた。試験は所定の養生を終了した供試体を、20、60%RH、CO₂ 濃度 5%の促進中性化試験槽に入れ、促進期間 1、2、4、8、13 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した。

キーワード：コンクリート、耐酸性、水結合材比、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. 実験結果および考察

1) 圧縮強度試験

圧縮強度試験結果を図 - 1 に示す。各種混和材を混合した供試体、セメントのみを使用した供試体ともに、水結合材比が小さくなるにつれ強度は大きくなる傾向が認められた。各種混和材を混合した供試体は、どの水結合材比でも初期の圧縮強度はセメントのみを使用した配合に比べ 40%程度と低くなった。ただし、材齢 91 日では、各種混和材を混合した供試体は、セメントのみを使用した配合に比べ 89 ~ 111% と圧縮強度の差は小さくなった。これは、フライアッシュや高炉スラグ微粉末などのポゾラン物質や潜在水硬性物質による長期強度増進と推測される。

2) 硫酸浸漬試験

重量変化

硫酸浸漬時の重量の経時変化を図 - 2 に示す。各種混和材を混合した供試体、セメントのみを使用した供試体ともに、水結合材比が小さくなるに従って重量変化率は小さくなった。セメントのみを使用した供試体の重量変化は浸漬期間 13 週で 37% ~ 50%、各種混和材を混合した試験体の重量変化は浸漬期間 13 週で 91 ~ 100% と各種混和材を混合することにより重量減少が抑制された。

硫酸浸漬後の中性化深さ

硫酸浸漬後の中性化深さの経時変化を図 - 3 に示す。硫酸浸漬後の中性化深さの水結合材比による影響は、セメントのみを使用した供試体で、30%程度のばらつきがあるが、混和材を混合した供試体ではほぼ同程度の値であった。各種混和材を混合することにより、硫酸イオンが進入することによる中性化深さは、セメントのみを使用した配合の中性化深さに比べて 29 ~ 60% と大幅に減少した。

、の結果は、水結合材比が大きくなることによるセメント量の減少および各種混和材の混合によるセメント量の減少により、セメントの水和反応により生成する水酸化カルシウム量が減少したためと推測される。

3) 促進中性化試験

促進中性化深さを図 - 4 に示す。各種混和材を混合した供試体、セメントのみを使用した供試体ともに、水結合材比が小さくなるにつれ促進中性化深さは小さくなった。各種混和材を混合した供試体の促進中性化深さは、セメントのみを使用した供試体に比べて大きくなった。これは、各種混和材を混合することによりセメント量が減少し、セメントの水和反応により生成する水酸化カルシウム量が少なくなったためと推測される。なお各種混和材を混合した供試体の水結合材比 35% の値は、セメントのみを使用した供試体の水結合材比 55% の値と同程度であった。

4. まとめ

本実験により以下の知見が得られた。各種混和材を混合した供試体の圧縮強度は、セメントのみの供試体に比べ初期強度は低下するが、長期的にはほぼ同程度となった。耐硫酸性は、水結合材比の違いに関わらず、各種混和材を混合することにより大きな向上が認められた。各種混和材を混合した供試体の促進中性化深さは、水結合材比の増加、各種混和材の混合により大きくなった。なおセメントのみの供試体の水結合材比 55% と各種混和材を混合した水結合材比 35% の促進中性化深さはほぼ同等な値を示した。

<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：耐酸性を有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、No. 648、Feb. 2001 pp. 50 ~ 56

(3) 小山、石田、野中：耐酸コンクリートに関する基礎実験、土木学会第 56 回年次学術講演会梗概集、2001、pp. 576-577

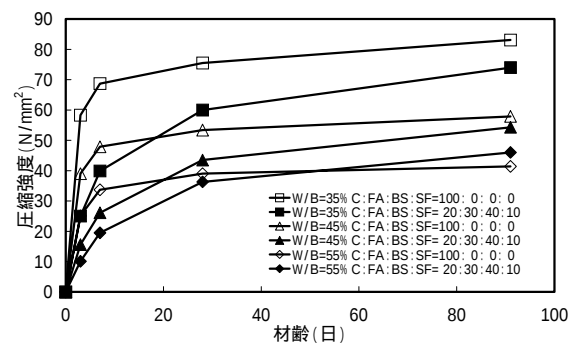


図 - 1 圧縮強度の経時変化

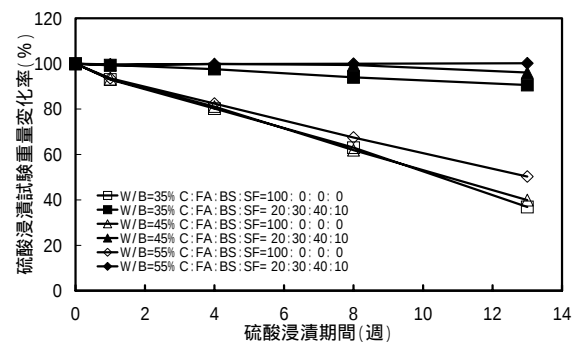


図 - 2 重量変化の経時変化（硫酸浸漬試験）

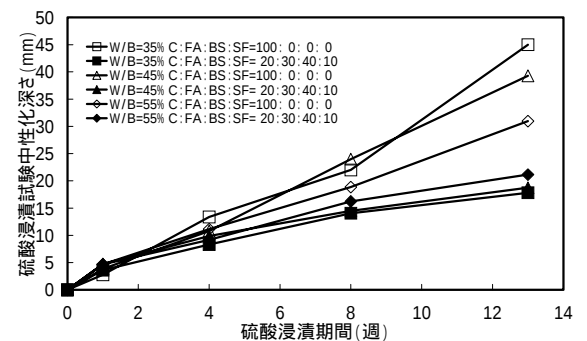


図 - 3 硫酸浸漬後中性化深さの経時変化

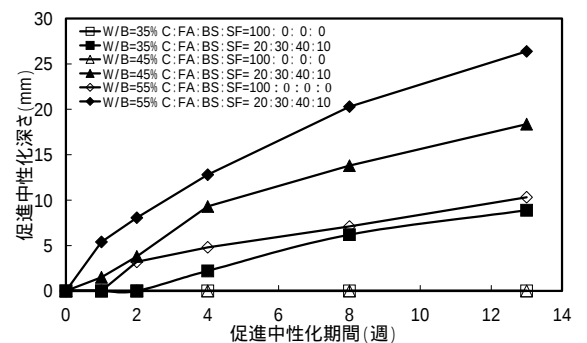


図 - 4 促進中性化深さの経時変化