

下水汚泥焼却灰を添加した耐硫酸コンクリートの断面修復工法の耐硫酸性に関する研究

大成建設(株) 正会員 ○上野恭宏 宇部興産(株) 正会員 藤野由隆
 正会員 荻野正貴 正会員 浅上修
 フェロー正会員 新藤竹文 東京都下水道サービス(株) 林悦朗
 正会員 宮原茂禎 東京都下水道局 本山生夫

1. はじめに

著者らは、通常のコンクリートの10倍の耐硫酸性と優れた自己充てん性を有する耐硫酸コンクリートを開発し、劣化を生じたコンクリート表層の修復を想定した充填工法(断面修復工法)、および、防食パネル工法の2種類の防食工法としての適用性を検証した¹⁾。これらの防食工法においては、コンクリート自体の耐硫酸性ととも、打継ぎ目地やセパレータ設置跡(Pコン部)、パネル取付け用アンカーボルトやパネルどうしの目地等の局所的なコンクリート界面での耐硫酸性も検証しておくことが重要である。

本論文では、下水汚泥焼却灰(粒度調整灰)を有効利用した耐硫酸コンクリートについて、特に充填工法(断面修復工法)に着目して行った耐硫酸性の検証試験について報告する。

2. 実験概要

耐硫酸コンクリート、および、比較用の通常コンクリートの使用材料を表1に、配合およびフレッシュ性状と圧縮強度を表2に示す。表に示すとおり、

表1 使用材料

種類	記号	備考
水	W	上水道水
普通ポルトランドセメント	C	密度:3.16g/cm ³ ブレン比表面積:3290cm ² /g
石灰石微粉末	Lsp	密度:2.70 g/cm ³ ブレン比表面積:4190cm ² /g
膨張材	E	石灰系膨張材 (セメントに内割添加)
下水汚泥焼却灰	AM	粒度調整灰 63μmふるい90%通過
細骨材	S1	石灰石砕砂(耐-0,5,10%) 表乾密度:2.62g/cm ³
	S2	山砂(比-27,40,60) 表乾密度:2.64g/cm ³
粗骨材	G1	石灰石砕石(耐-0,5,10%), 表乾密度:2.70g/cm ³ , Gmax:10mm
	G2	硬質砂岩砕石(比-27,40,60) 密度:2.69g/cm ³ , Gmax:20mm
特殊化学混和剤	A	耐硫酸性付与剤ほか
有機繊維	PP	ポリプロピレン繊維

表2 配合, フレッシュ性状および圧縮強度

配合名	設計基準強度 (N/mm ²)	AM 添加率 (C%)	有機 繊維 (vol%)	W/C	単位量(kg/m ³)							フレッシュ性状			材齢28 日圧縮 強度 (N/mm ²)
					W	C	Lsp	AM	S1/S2	G1/G2	A	スラン プフロ ー(cm)	50cmフ ロー到 達時間 (秒)	空気 量 (%)	
耐-0%	—	0%	0.15	55	175	290※1	352	—	873	581	13.1	75.0	7.2	5.3	41.5
耐-5%		5%					306	16	917			73.5	7.0	5.1	44.3
耐-10%		10%					262	32	961			73.5	7.3	4.5	48.8
比-27	27	—	—	55	163	297	—	—	805	1057	—	12.5※2	—	3.8	41.8
比-40	40			41	174	420	—	—	650	1081	—	13.2※2	—	4.0	55.9
比-60	60			33	170	517	—	—	811	885	—	58.0	—	2.5	87.0

※1: 膨張材 E を 30kg/m³ 内割添加, ※2: 比-27, 40 はスランブ(cm)を測定

キーワード 下水, 耐硫酸性, コンクリート, 副産物利用, 目地, 防食工法

連絡先 〒163-0606 東京都新宿区西新宿 1-25-1 新宿センタービル TEL 03-5381-5420

耐硫酸コンクリート（配合名：耐-0,5,10%）は下水汚泥焼却灰を単位セメント量の 0~10wt.%添加するとともに、有機繊維を 0.15vol.%混入した配合であり、フレッシュ性状の目標値²⁾(スランプフロー 75.0 ± 5.0 cm, 空気量 4.5 ± 1.5 %) を満足し、十分な自己充てん性を有していた。圧縮強度は 40N/mm^2 以上であり、下水道施設での耐硫酸モルタルの品質規格³⁾ 24N/mm^2 を満足した。

比較用の通常コンクリート（配合名：比-27,40,60）は、水セメント比 33~55%で、圧縮強度は $40 \sim 90\text{N/mm}^2$ 程度の配合である。

供試体の寸法は 100mm 立方とし、28 日間標準養生した後、供試体の 1 面を暴露面として、他はエポキシ樹脂で被覆した。

JIS 原案「コンクリートの溶液浸せきによる耐薬品性試験方法（案）」に準拠して、5%、10%の硫酸溶液に 26 週間浸せきし、フェノールフタレインを用いて侵食深さを測定した。

また、耐-0%、比-27 を用いて、目地材（エポキシ樹脂系）との界面部を模擬した供試体を作製した（図 1）。供試体の外形は 100mm 立方とし、28 日間標準養生した後、10%の硫酸に 26 週浸せきして、界面部における侵食の進行を観察し、耐硫酸性を評価した。

3. 試験結果および考察

5%硫酸への浸せき試験では、耐硫酸コンクリートの侵食深さは通常コンクリートの $1/10 \sim 1/6$ （図 2）、10%硫酸では、侵食深さは $1/10 \sim 1/3$ であった（図 3）。これらの浸せき試験で得られた耐硫酸コンクリートの侵食深さについて、既往の平均 H_2S ガス濃度と下水道施設の通常コンクリートの腐食速度との関係³⁾を基に、耐硫酸性の評価を試みた。その結果、年間平均 H_2S ガス濃度 50ppm 相当の環境を想定した場合、耐硫酸コンクリートの侵食速度は概ね $0.5 \sim 0.7\text{mm/年}$ と試算され、高い耐硫酸性を有していると推定される。

目地材との界面を模擬した供試体について、10%の硫酸に 26 週間浸せき後の侵食状況を図 4 に示す。耐硫酸コンクリート（耐-0%）と目地材との界面には硫酸による劣化は認められなかった。一方、普通コンクリート（比-27）は浸せき 26 週までに著しく侵食しており、目地材のみが残存し、周囲のコンクリートは残っていなかった。

4. 結論

下水汚泥焼却灰を添加した耐硫酸コンクリートは、通常コンクリートと比較して最大で 10 倍程度の高い耐硫酸性を有していることが明らかとなった。また、耐硫酸コンクリートと目地材との界面部については、耐硫酸コンクリート自体と同様の高い耐硫酸性を有していた。

参考文献

- 1) 宮原茂禎ほか：耐硫酸コンクリートによる既存構造物の防食工法の開発，第 68 回年次学術講演会講演概要集，V-160，pp.319-320，2013。
- 2) 土木学会：高流動コンクリートの配合設計・施工指針，pp33-35，2012。
- 3) 日本下水道事業団：下水道コンクリート構造物の腐食抑制技術及び防食技術マニュアル，pp.33-37,50-60，2014。

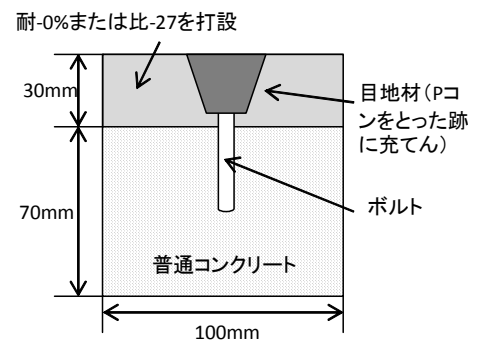


図 1 目地材との界面を模擬した供試体

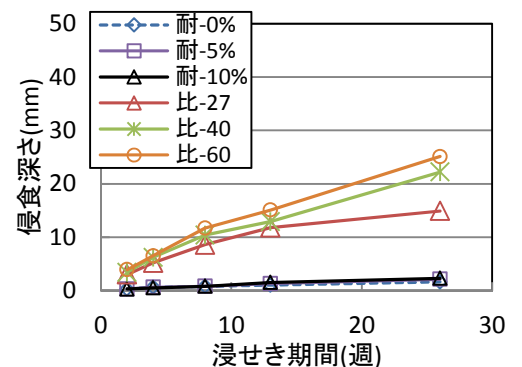


図 2 5%硫酸浸せき試験結果

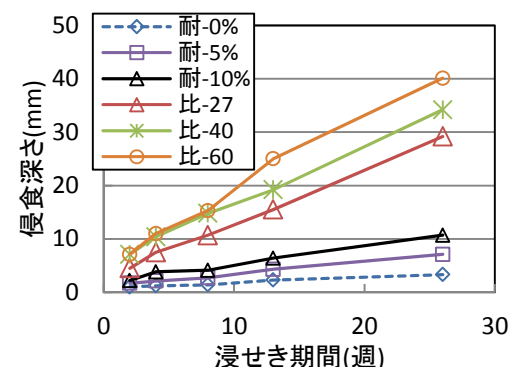
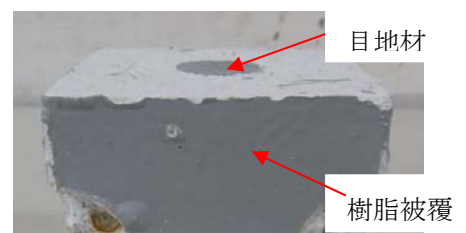
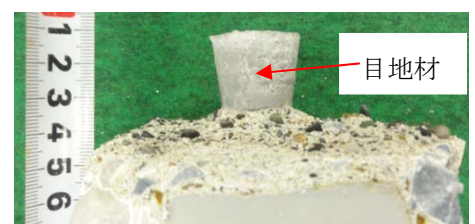


図 3 10%硫酸浸せき試験結果



(a)耐硫酸コンクリート（耐-0%）



(b)通常コンクリート(比-27)

図 4 硫酸浸せき試験後の目地材との界面を模擬した供試体