

耐酸性を有するヒューム管に関する基礎的研究

-高炉スラグ微粉末をライニング材に用いた場合のせっこの影響-

日大生産工 (院) ○松山 巧
日大生産工 山口 晋

1. はじめに

我が国では、老朽化した下水管路の管路更生が活発に行われている。その一方で、世界に目を向けると、途上国における下水道人口普及率はまだ低く、インドネシアのジャカルタ地区別州を例にあげると、2016年時点でまだ3%と整備が遅れているのが現状である¹⁾。上記途上国の都市部では、慢性的な交通渋滞の発生が社会的課題であり、それらを考慮すれば、推進工法による下水道整備が最適と考えられる。この推進工法には、管路材としてコンクリート製のヒューム管を用いる。前述したインドネシアを含む東南アジア諸国においては、国土が赤道付近に位置することから日本と比べて平均気温が約10°C高く、下水管路の腐食の直接的要因である硫化水素²⁾によるコンクリート製の下水管路の腐食・劣化が著しい。そのため、下水道整備に合わせて耐酸性を有する管路材(ヒューム管)による下水道整備が合理的である。

そこで我々は、ヒューム管内面にライニング材として高炉スラグ微粉末(以下、BS)を用いることで、経済的で容易な製造を可能とした耐酸性を有するヒューム管の開発に着手した。これまでの研究成果によれば、その有効性と施工性の観点から一定の初期強度が必要であることを明らかにしている³⁾。が、BSには一定量のせっこう(以下、CS)が含まれていることから、これの影響に関する検討を行っていなかった。

以上のことから、本研究はライニング材に汎用的なBSと初期強度の確保を目的とした普通ポルトランドセメント(以下、NPC)を用いた場合に対し、CSの添加量を変化させた場合の硫酸浸漬試験を実施した。

2. 実験方法

2. 1 供試体作製

実験に用いた供試体は、40×40×160mmの角柱のモルタル硬化体である。供試体の作製は、型枠底面に高炉スラグ微粉末を用いた5mmのライニング層を打設し、その上から35mmのモルタルを打設した。ライニング材の配合は表-1に示す通りで、BSにNPCを添加した(1)BS:NPC=100%:0%、(2)BS:NPC=90%:10%、(3)BS:NPC=80%:20%の3種類の配合に加え、それぞれにCSを0%、5%、10%、20%添加(BS置換)した合計12水準の配合で検討した。

使用したBSは「せっこう」が含まれていない一般的な比表面積4000cm²/g、密度2.91g/cm³のものを使用した。細骨材は、鹿島珪砂(4号、5号、7号)と珪石粉を混合したものを使用し、水粉体比(W/P)は施工性を考慮してフロー値150mmを目標とする47%とした。ベースモルタルは表-2に示す通り、普通ポルトランドセメント(C:密度3.16g/cm³、比表面積3340cm²/g)、標準砂を用いたJIS R 5021に準拠したW/C50%のJISモルタルとした。供試体は打設後に20°Cの環境室内で湿空養生1日後脱型し、水中養生28日を実施した。その後、14日間の20°C-65%乾燥を実施した後、ライニング材面からの硫酸浸漬による影響を検討するため、ライニング面を除く側面(打設面を含めた5面)に2液混合型のエポキシ樹脂によるコーティングを実施した。

2. 2 硫酸浸漬試験

硫酸溶液の濃度は、短期的な成果を得ることを目的として日本下水道事業団の規格⁴⁾に準拠し、10%とした。浸漬期間は7、14、21、28日間とし、モルタル1cm³あたり3.5mlの硫酸溶液を用いた。所定の浸漬日数を経過した角柱供試体の中央部を割裂し、割裂面にフェノールフタレインを噴霧し、浸漬率を求めた。

表-1 ライニング材の配合

No.	W/P (%)	単位量(kg/m ³)						
		水	セメント	高炉スラグ微粉末	せっこう	珪砂	珪石微粉末	
		W	C	BS	CS	S		
1	BS100%.CS0%	47	300	-	638.3	0.0	1116.7	150.0
2	BS100%.CS5%	47	300	-	606.4	31.9	1108.9	148.9
3	BS100%.CS10%	47	300	-	574.5	63.8	1101.1	147.9
4	BS100%.CS20%	47	300	-	510.6	127.7	1085.6	145.8
5	BS90%.CS0%	47	300	63.8	574.5	-	1120.7	150.5
6	BS90%.CS5%	47	300	63.8	545.7	28.7	1113.7	149.6
7	BS90%.CS10%	47	300	63.8	517.0	57.4	1106.7	148.6
8	BS90%.CS20%	47	300	63.8	459.6	114.9	1092.7	146.7
9	BS80%.CS0%	47	300	127.7	510.6	-	1124.7	151.0
10	BS80%.CS5%	47	300	127.7	485.1	25.5	1118.5	150.2
11	BS80%.CS10%	47	300	127.7	459.6	51.1	1112.3	149.4
12	BS80%.CS20%	47	300	127.7	408.5	102.1	1099.9	147.7

表-2 モルタルの配合

W/C (%)	重量(g)		
	水 W	セメント C	標準砂 S
50	225	450	1,350

Basic research on acid-resistant Hume tubes

- Effects of gypsum when pulverized blast furnaceslag powder is used as lining material -

TAKUMI Matsuyama and SHIN Yamaguchi

浸漬率は図-1 に示す通り、撮影した画像から画像処理ソフトを用いて、色が異なっているピクセル数の割合を算出し、浸漬率の値とした。

3. 実験結果および考察

硫酸浸漬試験結果の一例と全水準の硫酸浸漬率をそれぞれ図-2ならびに表-3に示す。この結果によれば、どの水準においても、硫酸浸漬日数が21日までの浸漬率は1.0%~3.5%以内に留まっており、28日後に急激に浸漬率が高くなる結果となった。詳しく観察すると、21日の場合は、BS100%-CS20%(浸漬率1.5%)、BS90%-CS20%(浸漬率1.8%)の結果が良好であり、28日の場合は、BS100%-CS10%(浸漬率40.8%)、BS90%-CS5%(浸漬率42.5%)の結果が良好となった。一方でBS80%の水準も上記に対して大きな差はなかったと考察したが、BSのみに着目するとBS100%の場合がどのCSの添加率の場合においても浸漬率は50%以下となり最も良好な結果となった。

これらを踏まえ、表-3に示す質量変化の結果によれば、画像解析による硫酸浸漬率と同様の傾向を示したものの、BS100%の場合はCSの添加率に関わらず質量変化が全体的に大きい結果となり、耐硫酸性の観点においては、前述した硫酸浸漬率の傾向とは異なる傾向を示し、BS90%の場合が良好な結果を示した。なお、CSの影響については、硫酸浸漬率ならびに質量変化の両結果とも、CSの添加によって耐硫酸性は良くなる傾向を示しており、その添加率は5%ならびに10%程度が良好である結果が得られた。

4. まとめ

本実験の検討で得られた知見を以下に示す。

- (1)硫酸浸漬試験で評価した場合、BS100%の場合は高い結果を示した。その一方で、質量変化の場合は、BS90%の結果が良好であった。この要因はまだ明らかでないが、析出されるせっこうの影響と推察した。
- (2)CSの添加はどの水準でも有効であった。その添加率は5%、10%程度が良好である知見が得られた。

参考文献

- 1)JICA (独) 国際協力機構：事業事前評価表、国際協力機構東南アジア・大洋州部 東南アジア第一課、https://www2.jica.go.jp/ja/evaluation/pdf/2019_IP-579_1_s.pdf
- 2)公益社団法人日本材料科学会：下水道 コンクリート構造物の腐食について、材料、47巻、10 号、pp.1031-1040、1998。
- 3)菅澤かおり他：高炉スラグ微粉末とセメントを用いたライニング材による耐酸性を有するヒューム管に関する基礎的実験、令和5年度土木学会全国大会第78回年次学術講演会、V-213。
- 4)地方共同法人日本下水道事業団：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.65-69、2017。



図-1 硫酸浸漬試験後の供試体

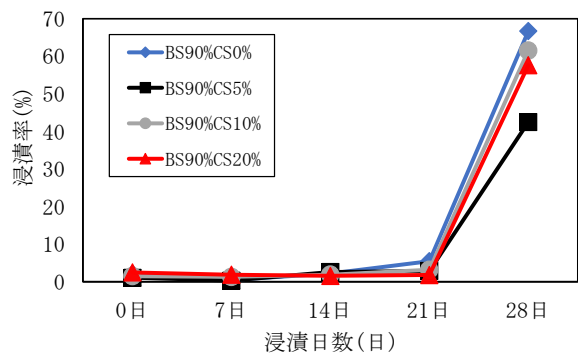


図-2 BS90%の浸漬率

表-3 硫酸浸漬率

NO.		浸漬率(%)				
		浸漬日数(日)				
		0日	7日	14日	21日	28日
1	BS100%CS0%	2.9	2.2	2.9	2.8	47.5
2	BS100%CS5%	1.8	2.4	3.1	2.6	43.5
3	BS100%CS10%	1.7	2.7	2.9	2.8	40.8
4	BS100%CS20%	2.9	2.4	3.4	1.5	44.3
5	BS90%CS0%	2.1	0.5	2.2	5.5	66.7
6	BS90%CS5%	1.1	0.3	2.6	2.9	42.5
7	BS90%CS10%	1.5	1.3	1.9	3.2	61.5
8	BS90%CS20%	2.5	1.9	1.6	1.8	57.6
9	BS80%CS0%	1.4	1.3	1.9	5.8	64.7
10	BS80%CS5%	1.8	0.9	3	3.4	42.6
11	BS80%CS10%	2.7	1.5	2.1	2.6	61.8
12	BS80%CS20%	1.7	1.0	1.8	4.5	62.3

表-4 質量変化

NO.		質量変化(g)				
		浸漬日数(日)				
		0日	7日	14日	21日	28日
1	BS100%CS0%	0.0	8.8	9.2	29.8	80.6
2	BS100%CS5%	0.0	8.1	11.8	27.7	74.9
3	BS100%CS10%	0.0	9.4	12.5	23.1	61.6
4	BS100%CS20%	0.0	11.5	10.3	23.3	80.2
5	BS90%CS0%	0.0	6.5	13.6	23.5	66.7
6	BS90%CS5%	0.0	5.3	10.8	24.0	59.5
7	BS90%CS10%	0.0	6.0	10.8	21.9	72.6
8	BS90%CS20%	0.0	5.7	11.2	19.6	73.7
9	BS80%CS0%	0.0	8.1	12.9	26.7	71.5
10	BS80%CS5%	0.0	8.5	13.5	27.5	61.1
11	BS80%CS10%	0.0	9.0	15.1	29.2	70.6
12	BS80%CS20%	0.0	7.6	13.6	25.9	76.3