

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

日本大学大学院生産工学研究科 学生会員 ○菅澤 かおり
日本大学生産工学部 正会員 山口 晋
日本大学生産工学部 正会員 鶴澤 正美

1. はじめに

SDGsに関する様々な取り組みが、地球規模で普遍化しつつある。水と衛生分野における ODA において世界トップである日本のリーダーシップは必須であり、更なる社会貢献が求められている。東南アジアに注目すると、適切なし尿・排水管理の達成度はまだ低く、下水道人口普及率に関しては、インドネシアのジャカルタ地区別州(2016 年)は 3%である。¹⁾この要因の 1 つに、下水管路の腐食問題が挙げられる。当地域は赤道付近に位置し、日本と比べ平均気温が約 10℃高い。この問題の直接的原因である硫化物の生成速度は、環境温度 1℃上昇に対し 7%増加する²⁾ことから、これによりコンクリート製の管路は激しく腐食・劣化するため、これらの対応が必要とされている。

以上より我々は、耐酸性と経済性を有し、高炉スラグ微粉末をヒューム管内面にライニングした耐酸性を有するヒューム管の開発に着手した。本研究は、高炉スラグ微粉末にセメントを添加した場合の硫酸浸漬試験、圧縮強度試験に関する基礎的実験を行ったものである。

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およびφ50×100mmの円柱供試体である。作製方法は、型枠底面に5mmのライニング層を打設し、その上からモルタル層を打設する方法とした。ライニング材は表-1に示す通り、BB100%の場合に加え、普通ポルトランドセメント(NPC)を添加した場合のBB:NPCの割合がそれぞれ、100:0、90:10、80:20、60:40となる4水準で検討した。使用したBBは、比表面積4000cm²/g、密度2.89g/cm³の石膏添加無とし、水粉体比(W/P)はフロ

一値150mmを目標に47%とした。ベースモルタルは、JISモルタルとし、脱型後水中養生28日、乾燥14日後にライニング層面以外の5面にエポキシ樹脂を塗布した。

表-1 ライニング材の配合

ライニング材						
W/P[%]	BB : C(NPC)		重量[g]			
	BB	C(NPC)	W	P		
				C	BB	S※
47.0	100%	0%	300	0	638	1,260.1
	90%	10%		64	575	1,265.1
	80%	20%		128	511	1,270.1
	60%	40%		255	383	1,280.0

※4号、5号、7号珪砂

2. 2 硫酸浸漬試験

硫酸溶液の濃度は、日本下水道事業団の規格³⁾に準拠して10%とし、浸漬期間は7、14、21、28、56日間とした。浸漬後の図-1に示す通り、切断面にフェノールフタレイン溶液を噴霧後、撮影画像の中性化箇所を10分割したときの浸漬深さの平均値と、浸漬前後の質量変化を測定した。

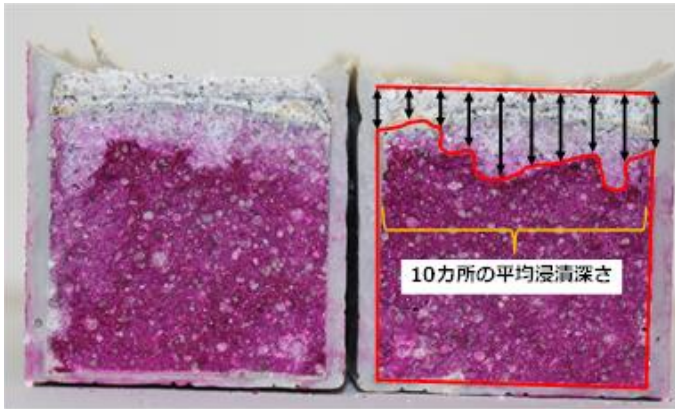


図-1 硫酸浸漬試験後の供試体断面

2. 3 圧縮強度試験

圧縮強度試験は、φ50×100mmの供試体を用いて、JIS A 1108に準拠した。

キーワード 高炉スラグ微粉末、ヒューム管、耐酸性、ライニング材

連絡先 〒275-8575 千葉県習志野市泉町 1-2-1 日本大学生産工学部土木工学科 TEL047-474-2420

3. 実験結果および考察

3. 1 硫酸浸漬試験結果

図-2 に、硫酸浸透深さの試験結果を示す。この結果によれば、ライニングありの場合は、ライニング無しの場合に比べ、浸透を低減する効果が顕著であった。その効果は、浸漬期間の 56 日において、BB の添加率が $90 > 80 > 60 > 100\%$ の順であった。また、図-3 には供試体の質量変化の推移を示すが、この結果によれば、ライニングありの供試体において浸漬期間 28 日を経過すると、質量の増加が著しく認められ、56 日の場合においては、 $60 > 80 > 100 > 90\%$ の順に質量が増加した。これは、硫酸が供試体上部の高炉スラグ層に浸透するにつれて、モルタル中の水酸化カルシウムと硫酸の反応により、石膏が析出し、質量増加が認められたと考える。一方、ライニング無しの場合は浸漬期間 14 日以降において、質量増加は横ばいとなった。これは、硫酸による化学的浸食により、モルタルに含まれる炭酸カルシウムとセメント水和物の溶解が起因したものと考えられる。

3. 2 圧縮強度試験

図-4に硫酸浸漬試験に用いた円柱供試体の圧縮強度試験結果を示す。この結果より、浸漬期間7日までは圧縮強度の増加が顕著であったが、それ以降は強度の推移に著しい変化は現れなかった。また、浸漬期間に比例して、強度低下の傾向を示す供試体が見受けられ、浸漬28日においては、 $80 > 90 > 60 > 100\%$ の順であった。特に100%の場合は、浸漬21日以降に、圧縮強度の減少が明白であった。これは、セメント添加が初期強度ならびに長期強度発現に繋がると考えた。

4. まとめ

本研究で得られた成果は、以下の通りである。

- (1)最も耐酸性の効果を発揮したライニング材の配合は、BB:NPCが90:10の場合であった。理論的に、添加率100%が最も耐酸性の効果を発揮すると想定していたが、供試体作成段階で高炉スラグ層の硬化が他の水準よりもやや不十分であったことから、セメント添加に伴うライニング層の十分な硬化が影響したことから考えた。
- (2)圧縮強度が最も高かった水準は、BB : NPCが80 : 20の場合であった。セメント添加率の増加につれて耐酸性の効果が減少するという点では、十分な強度発現に繋がらない可能性があるが、ライニング材としての高炉スラグ層の耐酸性についてはある一定のセメント添加が必要である。

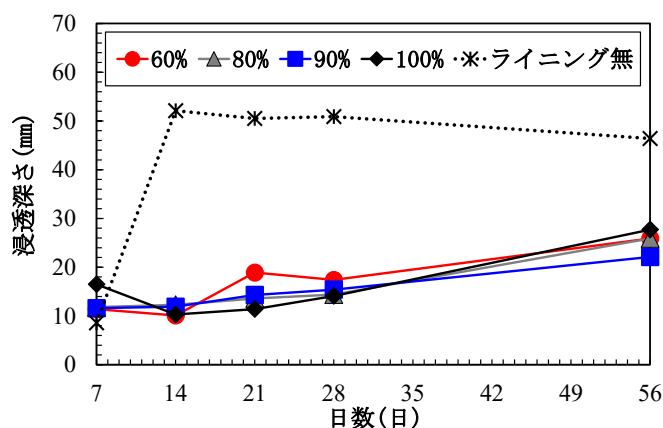


図-2 供試体の硫酸浸透深さ

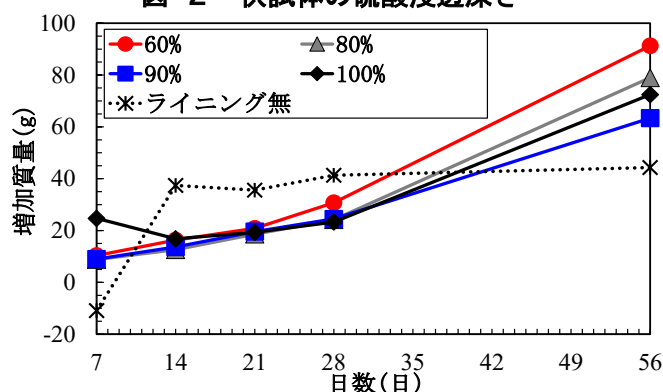


図-3 供試体の質量増加の推移

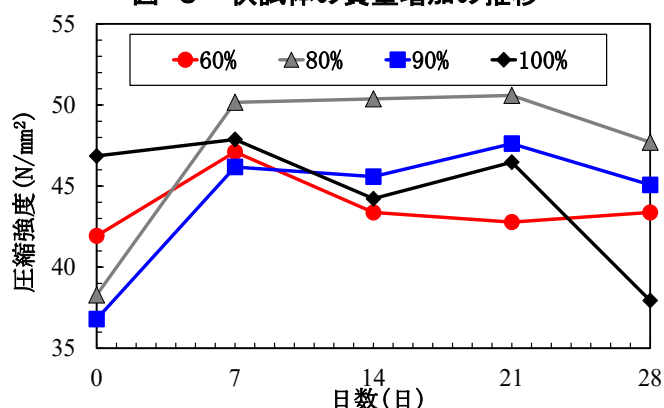


図-4 圧縮強度試験結果

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_IP579_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)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, 2017.12
- 4)岸谷孝一, 西沢紀照：科学的浸食, コンクリート構造物の耐久性シリーズ, 技報堂出版, pp.22, 1986.1