

下水溶融スラグを用いた耐酸性コンクリートの諸物性に関する基礎的研究

日本大学大学院 学生会員 ○ 小松崎 正人
 ティビュー(株) 正会員 新田 智博
 ティビュー(株) 正会員 杉山 武
 日本大学 正会員 柳内 睦人

1. はじめに

近年、下水道の普及に伴い大量発生する下水汚泥は大部分が埋立処分されているが、その処分地の確保が難しいのが現状である。また、各自治体では「ゼロエミッション」のスローガンを掲げて、下水汚泥の減容化や有効利用の技術開発を推進している。そこで、本研究では下水汚泥溶融スラグの有効利用を目的として耐酸性の有るコンクリートの諸物性について検討するものである。

2. 実験概要

2.1 耐酸性コンクリートの概要

この耐酸性コンクリートは、下水溶融スラグ微粉末とアルカリ材料を主原料とし、通常のセメントを全く用いないところに特徴がある。表-1に廃棄地の異なる下水溶融スラグ(SS1, SS2, SS3と記す)の化学組成を、表-2に耐酸性コンクリート(ECと記す)と普通コンクリート(PLと記す)の配合表を示す。なお、供試体には蒸気養生(最高温度 $80\pm 5^{\circ}\text{C}$)を施し、脱型後所定の材齢まで恒温恒湿養生槽内(温度 $20\pm 2^{\circ}\text{C}$, 湿度 $70\pm 5\%$)にて養生を行っている。

表-1 下水溶融スラグの化学成分 (%)

スラグ	C/S	CaO	SiO ₂	P ₂ O ₅	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	Na ₂ O	K ₂ O
SS1	0.29	10.0	36.7	13.8	19.5	7.3	2.6	1.16	1.69
SS2	0.61	9.7	16.9	22.5	12.9	21.8	4.5	1.10	1.63
SS3	0.49	15.9	34.7	10.3	15.7	11.6	2.9	1.43	1.36

表-2 耐酸性コンクリートの配合表

種別	W/C (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m ³)						
			W	C	SS	Wg	S	G	CA
EC	34	48	155	—	350	226	830	934	—
PL	30	40	167	553	—	—	666	1018	3.87

2.2 実験項目

実験は、強度試験及び耐酸性試験を行った。その後、温泉地での実地試験をも行った。なお、耐酸性試験は、 20°C -5%硫酸水溶液中に浸漬させて所定の浸漬期間に達した時点で高圧水でコンクリート表面を洗浄して測定を行った。また、実地試験では上信越地方の某温泉の源泉を選定し、平成14年4月より1,095日間浸漬させた。耐酸性試験及び実地試験は、定期的に質量変化率及び中性化深さを測定した。

3. 実験結果

3.1 強度試験

図-1に、圧縮強度試験結果を示す。SS1, SS3供試体の初期強度では、蒸気養生の効果で普通コンクリートより5~20%増の高い強度発現であった。これは下水溶融スラグがNaOHのアルカリ刺激を受けて水和作用が促進して、設計基準強度の約90%にも達したと考えられる。しかし、材齢180日及び365日の長期強度では普通コンクリートの約90%程度の強度発現に留まった。

図-2に、SS1供試体の曲げ及び引張強度試験結果を示す。なお、図中の数値は同材齢における圧縮強度との比率を示したもので、引張強度が約1/14~1/19、曲げ強度が約1/7~1/10となり、普通コンクリートより若干小さい値であった。

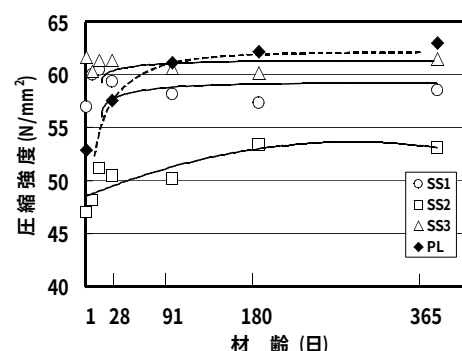


図-1 圧縮強度試験結果

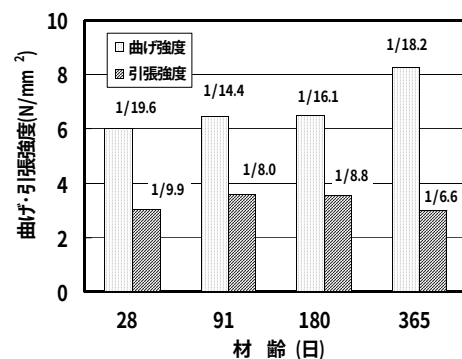


図-2 曲げ・引張強度試験結果(SS1スラグ)

キーワード 下水溶融スラグ, 耐酸性, エココンクリート

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 TEL047-474-2441

3.2 耐酸性試験

図-3に、硫酸浸漬後の質量変化率試験の結果を示す。普通コンクリートが浸漬365日で約95%減少したのに対して、どの下水溶融スラグを使用した耐酸性コンクリートでは約2.5%減少に留まり高い耐酸を示した。これは耐酸性コンクリートが、普通コンクリートよりカルシウム量が少ないことや下水溶融スラグとアルカリ材料を反応されることで耐酸性あるの珪酸ゲルが生成されたことに起因している。

図-4に、中性化試験結果を示す。中性化深さの測定は、浸漬後の供試体を縦方向に割裂し、1%フェノールフタレイン溶液を吹きかけ、赤褐色に反応した領域の横方向の長さを計測し、浸漬前の供試体の直径から減算した。普通コンクリートの浸漬180日では石膏化し、浸漬91日までしか測定できなかった。それに対し耐酸性コンクリートは、浸漬期間が経過するに連れて進行は緩やかになり、浸漬365日において約12mm程度の進行に留まった。

3.3 実地試験

実地試験は、3種類のスラグの中からSS1供試体を用いて行った。環境測定の結果、某温泉地のpH値は平均2.2、水温が平均で51℃の酸性温泉であった。表-3に環境測定結果を、表-4に温泉の化学成分を示す。

表-3 環境測定結果

調査項目	浸漬期間(日)			
	0	180	365	1095
pH	2.2	2.2	2.1	2.2
水温 (°C)	51.5	50.9	51.0	50.6
酸化還元電位 (mV)	159	211	209	276
外気温 (°C)	7.0	15.7	22.0	21.0

表-4 温泉の化学成分 (mg/kg)

Na ⁺	57.3	MnO ₂	2.9
K ⁺	24.2	Cl ⁻	355
Ca ²⁺	75	SO ₄ ²⁻	857
Mg ²⁺	35.8	SiO ₂	188
Fe ²⁺ +Fe ³⁺	17.8	H ₂ S	5.8
Al ³⁺	57.1	-	-

図-5に、温泉浸漬後の変化率試験結果を示す。浸漬1,095日で普通コンクリートが約23%減少したのに対して、耐酸性コンクリートは約9%の減少に留まった。

図-6に、温泉浸漬後の中性化試験結果を示す。普通コンクリートが浸漬1,095日で約10.75mmまで進行したのに対し、耐酸性コンクリートは、約9.55mmの進行に留まった。耐酸性試験と比較すると、実地試験での中性化の進行が小さな差異に留まった。この要因としては、硫酸水溶液と温泉成分のpH値の違いによるものと考えられる。

4. まとめ

- (1)強度発現は、どの下水溶融スラグを使用した耐酸性コンクリートでも、普通コンクリートと同等であった。特に蒸気養生を施すことで、設計基準強度の約90%の強度発現が認められた。
- (2)耐酸性コンクリートは、硫酸浸漬365日後の質量変化が約2.5%に留まった。
- (3)耐酸性コンクリートは、温泉浸漬1,095日後の質量変化が約9%に留まった。

以上の結果、下水溶融スラグを用いた耐酸性コンクリートは、普通コンクリートに比べて高い耐酸性を有し、環境条件が厳しい管渠や温泉地の構造物に使用されることが期待できる。

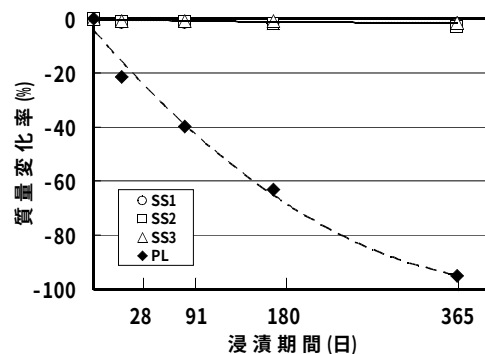


図-3 硫酸浸漬後の質量変化率試験結果

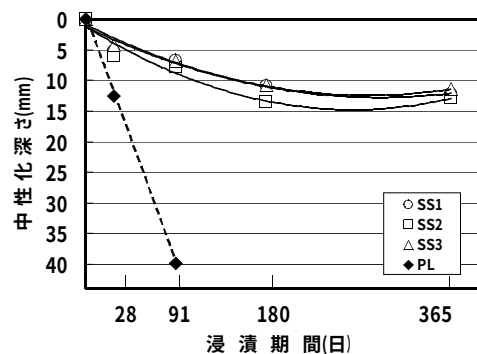


図-4 硫酸浸漬後の中性化試験結果

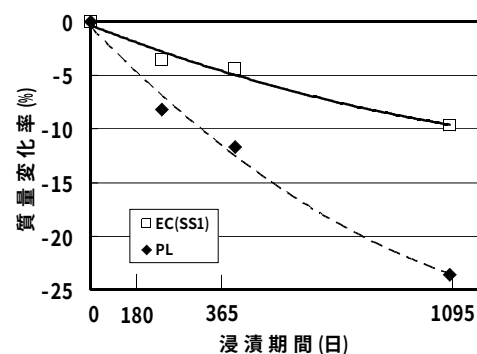


図-5 温泉浸漬後の質量変化率試験結果

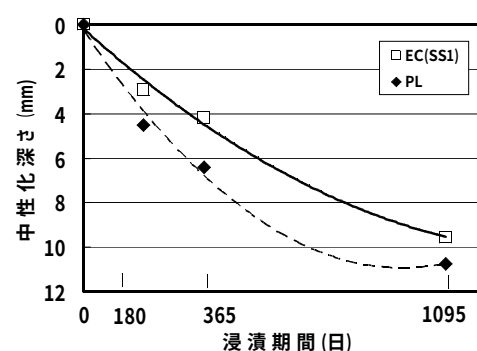


図-6 温泉浸漬後の中性化試験結果