

下水溶融スラグを用いた耐酸性コンクリートの諸物性

日本大学大学院 学生会員 小松崎 正人  
 帝国ヒューム管東日本(株) 正会員 新田 智博  
 帝国ヒューム管東日本(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、その処分地の確保は年々困難になっている。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た耐酸性のあ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

表-1 下水溶融スラグの化学組成

塩基度	CaO	SiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	SO <sub>3</sub>	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	TiO <sub>2</sub>	MnO	Cl
0.29	10.0	36.7	13.8	19.5	7.3	2.6	0.02	1.16	1.69	0.81	0.30	-

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。下水汚泥溶融スラグは、アルカリ材料とのアルカリスラグ反応によって硬化し、カルシウムシリケート水和物や珪酸ゲルおよびゼオライト系水和物を生成し水和硬化するものである。表-1 に蛍光 X 線回析による下水溶融スラグの化学組成を、表-2 に使用材料を、表-3 に耐酸性コンクリート(以後,EC と記す)と普通コンクリート(以後,PL と記す)の配合表を示す。なお、供試体は蒸気養生(最高温度 80 ± 5 )を施し、脱型後所定の材齢まで恒温恒湿養生槽内(温度 20 ± 2 ,湿度 70 ± 5%)にて養生を行っている。

各種強度試験は JIS A 1108, JIS A 1113, JIS A1106, 乾燥収縮は JIS A 1129-2, 透水試験はインプット法に準じて各材齢時に測定を行った。また、耐酸性試験は、同条件の蒸気養生を行った後、28 日間恒温恒湿養生槽内にて養生を行い、さらに 14 日間の水中養生を行った後、硫酸水溶液中に浸漬させた。供試体は、所定の浸漬期間に達した時点で、JIS A 1152 に準じて質量変化率試験および中性化試験を行った。

3. 実験結果

3.1 圧縮強度

図-1 に、圧縮強度試験結果を示す。耐酸性コンクリートの初期強度では、蒸気養生の効果で普通コンクリートより約 8% 増の強度発現であった。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 日および 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

キーワード 下水溶融スラグ, 耐酸性, 乾燥収縮, 透水性

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

表-2 使用材料

材 料	記号	仕 様
下水溶融スラグ	SS	密度 : 2.75g/cm <sup>3</sup> プレーン : 5,200cm <sup>2</sup> /g
アルカリ材料	Wg	アルカリ珪酸塩 主成分: 酸化ナトリウム 17.48% 無水珪酸 37.03%
細骨材	S	密度 : 2.57g/cm <sup>3</sup> F.M. : 3.19 吸水率 : 1.96%
粗骨材	G	密度 : 2.67g/cm <sup>3</sup> F.M. : 6.46 吸水率 : 1.17%
水	W	水道水
セメント	C	普通ポルトランドセメント 密度 : 3.16g/cm <sup>3</sup>
混和剤	Ad	ナフタレン系高性能減水剤 密度 : 1.20g/cm <sup>3</sup>

表-3 耐酸性コンクリートの配合表

種 別	単 位 量 (kg/m <sup>3</sup> )						
	W	C	SS	Wg	S	G	Ad
E C	155	-	350	226	830	934	-
P L	167	553	-	-	666	1018	3.87

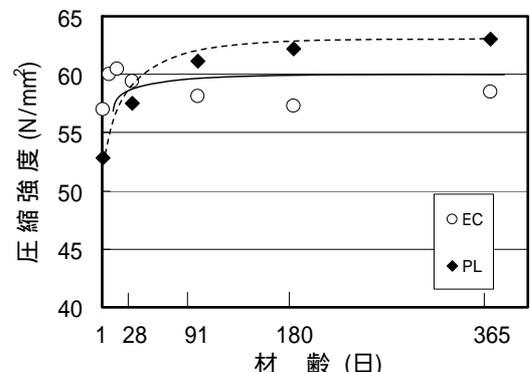


図-1 圧縮強度試験結果

発現に留まった。

### 3.2 引張および曲げ強度

図-2に、曲げおよ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、一般的な普通コンクリートより若干小さい値であった。

### 3.3 乾燥収縮

図-3に、乾燥収縮ひずみの経時変化を示す。その結果、耐酸性コンクリートは材齢28日で収縮ひずみがほぼ一定になるのに対し、普通コンクリートは材齢91日でほぼ一定となった。

### 3.4 透水性

表-4に、透水試験結果を示す。耐酸性コンクリートの透水係数は、一般廃棄物の最終処分場の基準値を大幅に下回る結果で使用上問題ないものとする。

表-4 透水試験結果

種別	拡散係数 $\times 10^{-4}(\text{cm}^2/\text{sec})$	透水係数 $\times 10^{-7}(\text{cm}/\text{sec})$
EC	1.15	0.072
PL	7.34	0.0027

### 3.5 耐酸性

図-4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、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せることで耐酸性のある珪酸ゲルが生成されたことに起因していると推察される。

図-5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つれて進行は緩やかになり浸漬365日において約12mmの進行に留まった。

## 4. まとめ

- (1)耐酸性コンクリートの強度発現は、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、初期強度において設計基準強度の約90%の強度発現が認められた。
- (2)耐酸性コンクリートの乾燥収縮ひずみは、材齢28日で約130  $\mu\text{m}$ となり、ほぼ一定になる。
- (3)耐酸性コンクリートの透水係数は、基準値を大幅に下回る  $0.072 \times 10^{-7} \text{cm}/\text{sec}$ であった。

(4)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%の減少に留まり、高い耐酸性を示した。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。

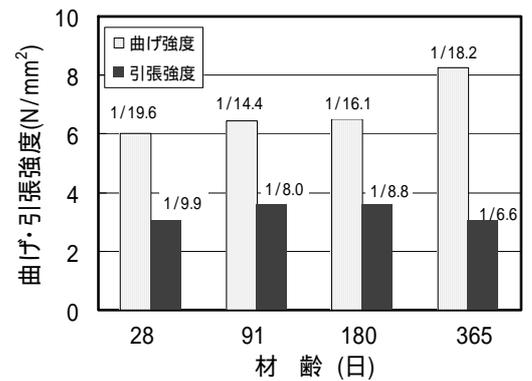


図-2 曲げおよび引張強度試験結果

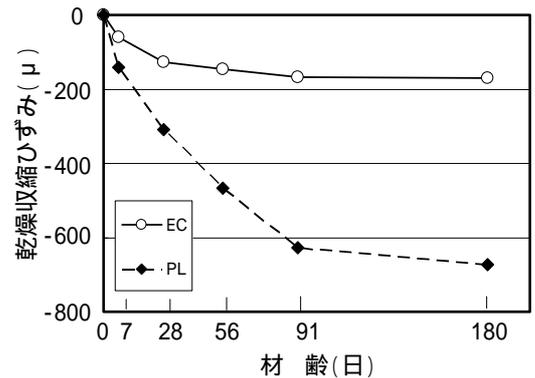


図-3 乾燥収縮試験結果

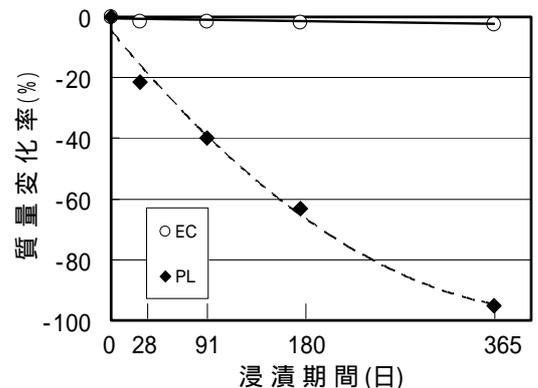


図-4 質量変化率試験結果

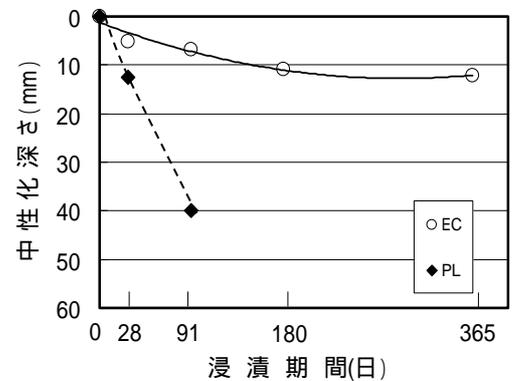


図-5 中性化試験結果