

下水汚泥焼却灰を用いた高流動コンクリートセグメントの開発

横浜市下水道局 正会員 小幡 靖 *¹
 佐藤工業株式会社 正会員 弘中 義昭 *²
 佐栄建工株式会社 正会員 秋田谷 聡 *³

1. はじめに

下水処理場から発生する汚泥は平成11年度全国で約188万トン（乾燥重量）発生し、この内約6割が有効利用され、約4割が埋立て処分となっている。処理方法では焼却処理が最も多く7割以上を占めている。しかし、大都市圏においては埋め立て用地の確保に限界もあり、さらに下水汚泥の有効利用が望まれている。近年、下水汚泥焼却灰はセメント原材料あるいはヒューム管やマンホール等コンクリート二次製品の原料の代替として利用されつつある。こうした現状を踏まえ、筆者らはコンクリート二次製品の中でも高い強度や品質が要求されるシールド工事用セグメントへの下水汚泥焼却灰の適用について検討を進めており、既に実用化されている高流動コンクリートセグメントに適用することで有効利用が図れるとの見解に至った。本報告は、セグメントの製造に用いる下水汚泥焼却灰を用いた高流動コンクリートの強度特性、硬化したコンクリートの環境関連試験結果について述べたものである。

2. 下水汚泥焼却灰の分析

下水汚泥焼却灰の物理試験結果および化学分析結果を表-1に示す。季節変動による影響を考慮して試験は年4回実施した。表には紙面の都合上最小値と最大値を示した。使用した下水汚泥焼却灰は流動層炉から採取したものである。比重は約2.5で安定しているが、比表面積は約4900～6900cm²/gと季節変動の影響が若干見られる。化学的組成はセメント主成分を含有しており、組成の季節変動はCaO、SO₃およびClを除くと比較的小さい。また、コンクリートの初期強度発現に影響するP₂O₅が含まれている。

比較としてフライアッシュの基準（Al₂O₃、Fe₂O₃は参考値）を示したが、二酸化けい素および酸化アルミニウムはフライアッシュの約70%程度となっている。

表-1 下水汚泥焼却灰の物理試験結果および化学分析結果 (単位%)

資料 No	比重	比表面積 cm ² /g	Ig.loss	セメント主成分				MgO	SO ₃	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	Cl
				SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO						
最小値	2.45	4920	1.3	29.8	15.7	9.8	10.6	2.4	1.1	1.03	1.03	15.4	0.012
最大値	2.52	6890	3.1	33.6	18.7	11.0	14.7	2.8	3.4	1.08	1.07	17.7	0.045
FA(JIS 規格Ⅱ)	≥1.95	≥2500	≤5.0	≥45	25	少量							

成分分析は蛍光X線オーダー分析による

3. コンクリート試験

3.1 高流動コンクリートの配合およびフレッシュ性状

配合試験で決定した示方配合を表-2に示す。配合選定では石灰石微粉末を用いた高流動コンクリートの仕様を基本として石灰石微粉末を下水汚泥焼却灰に置換し、フレッシュ性状はスランプフロー65±5cm、V漏斗時間20±10秒、空気量2±1%を目標としている。石灰石微粉末を下水汚泥焼却灰に置換して1m³当たり50kg混入した場合、所定のフレッシュ性状を確保することが可能で単位水量及びセメント量を若干低減できる。下水汚泥焼却灰の混入量をさらに増した場合コンクリートの粘性が増し、フロー値は減少する傾向にあるが焼却灰を75kg程度までは増加できると考えている。

keywords : シールドトンネル, セグメント, 高流動コンクリート, 下水汚泥焼却灰

*1 : 〒231-0017 神奈川県横浜市中区港町1-1 Tel.045-671-3865 Fax 045-641-3490

*2 : 〒243-0211 神奈川県厚木市三田47-3 Tel.046-241-2172 Fax 046-242-9420

*3 : 〒374-0131 群馬県邑楽郡板倉町大字大蔵5 Tel.0276-82-2501 Fax 0276-82-3804

表-2 示方配合およびフレッシュ性状試験結果

配合種類	スランプフロー (cm)	V漏斗 (秒)	空気量 (%)	W/C (%)	s/a (%)	単 位 量 (kg/m ³)					
						W	C	SA,LS	S	G	Ad
石灰石微粉末	64.5	17.0	1.5	35.0	56.9	177	506	62	934	760	6.248
下水汚泥焼却灰	64.0	19.0	1.7	35.0	52.1	175	500	50	865	852	7.975

C：普通ポルトランドセメント（比重3.16），SA：下水汚泥焼却灰（比重2.45，ブレン値5890cm²/g），LS石灰石微粉末（比重2.70，ブレン値3040cm²/g），S：葛生産石灰岩系砕砂（比重2.65，粗粒率2.84），G：玄武岩系砕砂（比重2.84，粗粒率6.74，実積率56.9%），Ad：高性能減水剤（主成分はポリカルボン酸と配向ポリマーの複合体）

3.2 採取時期の異なる灰を用いたコンクリートの強度

四季毎に採取時期が異なる焼却灰を混入したコンクリートの圧縮強度試験結果を図-1に示す。養生方法はセグメント製造方法を参考に、コンクリート打設後8時間までは湿潤養生とし、自然除冷後材齢20時間で脱型し、3日間水中養生を行い、所定材齢まで恒温恒湿養生(20℃,湿度65%)を行った。

脱型強度（材齢20時間）は目標強度15N/mm²を大きく上回っている。また、材齢28日では下水道用セグメントの一般的な設計基準強度48N/mm²（配合強度約65N/mm²）を上回る結果となり、灰の採取時期による影響はなかった。

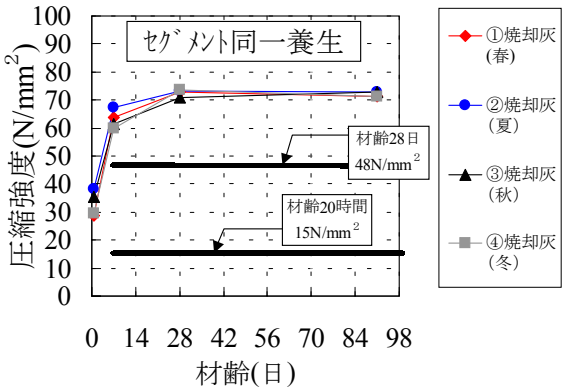


図-1 コンクリートの圧縮強度結果

4. 環境関連試験

下水汚泥焼却灰を利用した高流動コンクリートセグメントが環境に与える影響を確認するためにコンクリートの供試体を対象とした重金属類の溶出試験・タンクリーチング試験を行った。試験結果を表-3に示す。

試験の結果、溶出量試験では基準値を超えているものはなかった。またタンクリーチング試験では、全ての項目で不検出であった。これらの結果から環境への影響はないものと考えられる。

5. まとめ

コンクリートの混和材として採取時期の異なる下水汚泥焼却灰を利用した高流動コンクリートの性能は石灰石微粉末を用いたそれと同等であった。また硬化コンクリートからの重金属類の溶出量は環境基準以下であり、環境への影響はないと考えられる。本報告では触れていないが、本焼却灰を用いた高流動コンクリートセグメントの単体曲げ試験を実施しており、力学性能は通常の高流動コンクリートセグメントのそれと同等以上であることを確認している。現在、下水汚泥焼却灰を用いた高流動コンクリートの耐久性を詳細に把握するために、塩分浸透試験、暴露試験等の各種試験を実施している。機会があればそれらの結果についても報告したいと考えている。

[参考文献]

1) 秋田谷, 高桑, 矢郷, 木村, 小泉: 下水汚泥焼却灰を用いたセグメント用高流動コンクリートの開発, 第 55 回年次学術講演会, III-B119