

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

佐栄建工株式会社 正会員 秋田谷 聡*¹
 佐栄建工株式会社 正会員 高桑 実*¹
 佐藤工業株式会社 正会員 矢郷 隆浩*²
 佐藤工業株式会社 正会員 木村 定雄*²
 早稲田大学 正会員 小泉 淳*³

1. はじめに

これまで、下水処理場から発生する汚泥の大部分は焼却減量の後、埋立て処理されてきた。しかし、大都市圏を中心として埋立て用地の確保には限界もあり、また環境保全の観点からも下水処理場から発生する汚泥の焼却灰(以下、下水汚泥焼却灰と略称する)を有効に利用することが望まれている。最近では、下水汚泥焼却灰も従来に比べてその品質が安定してきたこともあり、ヒューム管やマンホール等のコンクリート二次製品の混和材や骨材として積極的に利用されつつある。そこで、筆者らは、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を検討した。適用を考えたセグメントの製造に用いるコンクリートは筆者らがすでに開発している粉体系の高流動コンクリートである^{1),2)}。この高流動コンクリートは適切な流動性を確保するために粉体量が多く、セメントとともに石灰石微粉末を混和材として用いてきた。また水セメント比が小さいことから、下水道用セグメントの一般的な設計基準強度を大きく上回るものであった(設計基準強度;42 N/mm², 配合強度;65 N/mm²以上)。

そこで、高流動コンクリートの混和材として用いてきた石灰石微粉末を今回は下水汚泥焼却灰に置換することを試みた。本報告はこの高流動コンクリートのフレッシュ性状を確認するとともに強度発現を調べた試験結果について述べたものである。

2. 試験概要

今回の試験に用いた下水汚泥焼却灰の品質を表-1 に示す。下水汚泥焼却灰の化学成分をみると粘土とほぼ同じ成分になっている。表-2 は試験を実施したコンクリートの配合を示したものである。配合は高流動コンクリートの仕様を基本とした4種類である。表-2 中の石灰石微粉末はそれを、また汚泥焼却灰 ~ 汚

表-1 試験に用いた下水汚泥焼却灰の品質

化学成分 (%)													含有塩素(%)	水分 (%)
igloss	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	P ₂ O ₅	MnO	Total		
2.47	40.40	16.47	7.30	10.63	2.60	1.40	1.20	1.96	0.97	14.53	0.14	100.0	0.02	0.43

表-2 示方配合およびフレッシュ試験結果

配合種類	スラブ厚(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	66	10.5	1.9	35.0	56.3	177	506	62	938	786	4.54
汚泥焼却灰	69	11.3	2.0	35.0	57.3	177	506	20	978	786	6.31
汚泥焼却灰	66	13.9	1.7	35.0	56.7	177	506	40	956	786	7.64
汚泥焼却灰	65	20.0	2.3	35.0	56.1	177	506	60	933	786	9.06

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2.42, ブレン値6760cm²/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2.69, 粗粒率2.63, 実積率68.5%), G: 玄武岩系砕石(比重2.90, 粗粒率6.80, 実積率57.7%), 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)

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

*2: 〒103-8639 東京都中央区日本橋本町4-12-20 Tel.03-5823-2352 Fax 03-5823-2358

*3: 〒169-8555 東京都新宿区大久保3-4-1 Tel.03-3204-1894 Fax 03-3204-1946

泥焼却灰 は下水汚泥焼却灰をそれぞれ混和材として用いた配合である。

コンクリートの練混ぜ時間はこれまでの実績から粉体空練り 30 秒，注水後 60 秒，粗骨材投入後 90 秒の合計 180 秒とした。ただし，汚泥焼却灰 のケースでは，粗骨材投入後のモルタル分の粘性が高いことから，粗骨材投入後の練混ぜ時間を 60 秒多くし，合計の練混ぜ時間を 240 秒とした。セグメントの養生はコンクリート打設後 20 時間までは湿潤下の保温養生(30)とし，その後材齢 28 日まで気中養生(20)とした。この養生方法は現状の高流動コンクリートを用いたセグメントの製造サイクルを考慮し，1 日の型枠転用を 1 回転，すなわち，1 回転/ 日としてセグメントを製造することを前提として設定したものである。今回実施した試験は，コンクリートのフレッシュ性状，品質

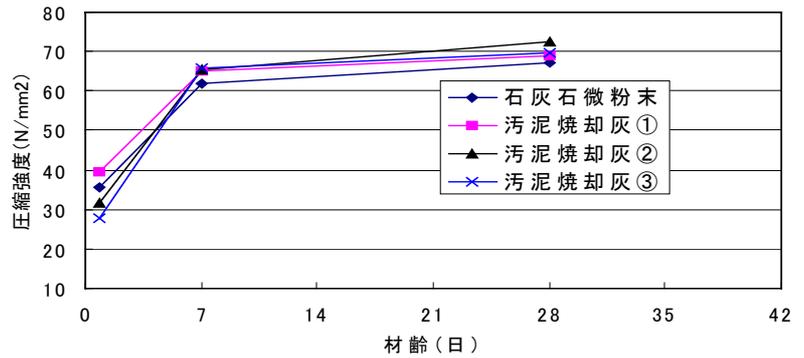


図-1 材齢と圧縮強度との関係

表-3 静弾性係数試験結果 (材齢はすべて 28 日)

石灰石微粉末	40.7 kNmm ²
汚泥焼却灰	38.9 kN/mm ²
汚泥焼却灰	40.6 kN/mm ²
汚泥焼却灰	40.0 kN/mm ²

を確認するための試験および硬化後の品質を確認するための試験に大別される。前者は，空気量試験，スランプフロー試験，V 漏斗流下試験，塩化物含有量試験および PH 試験である。また後者は，圧縮強度試験(材齢；20 時間(セグメント脱型強度を確認)，7 日(早期強度発現傾向を確認)，28 日(配合強度と設計基準強度との関係を確認))および材齢 28 日における静弾性係数試験である。

3. 試験結果およびその考察

- フレッシュ性状および品質**：高流動コンクリートのフレッシュ性状は表-2 中に示したとおりである。フレッシュ性状および品質を確認する試験は，コンクリート温度 17.5～18.5 のもとで実施した。スランプフローの目標値は 65±5cm，V 漏斗流下時間の目標値は 10～20 秒であり，空気量の目標値は 2.0±1.0%とした。すべてのケースにおいて試験値は目標の範囲内に入っており，材料分離もなく適切な流動性が得られた。塩化物含有量は下水汚泥焼却灰を混和材として用いた場合でも 0.058～0.088kg/m³であり，許容値の 0.3kg/m³を十分に満足していた。また，下水汚泥焼却灰の量による塩化物含有量の顕著な差異は認められなかった。コンクリート中の PH はすべてのケースとともに 12.6 で同じであった。
- 硬化後の品質**：材齢 20 時間，7 日，28 日の圧縮強度試験結果を図-1 に示す。一般に脱型強度は 20N/mm²程度であり，すべてのケースで十分にそれを満足していた。またすべてのケースで材齢 7 日の圧縮強度が設計基準強度を上回っていた。材齢 28 日では石灰石微粉末を用いたケースに比べて汚泥焼却灰を用いたケースの方が大きな圧縮強度が得られている。なお，汚泥焼却灰 のケースでは，初期強度発現が大きい分，長期的な強度増進が小さくなる傾向が見られた。表-3 に示した材齢 28 日における静弾性係数をみると，汚泥焼却灰 のケースで静弾性係数が若干小さくなっているものの，汚泥焼却灰を混和材として用いることによる静弾性係数の顕著な差異はみられなかった。

以上のことから，下水汚泥焼却灰をセグメント用高流動コンクリートの混和材として用いることは十分に可能であると判断された。今後は，このコンクリートの耐久性能を確認するとともに，硬化したコンクリートの成分分析などを行い，環境にやさしい高流動コンクリートの開発を進める予定である。

参考文献

- 花見，松裏，岩藤，秋田谷：高流動コンクリートセグメントの開発(1)，第 53 回年次学術講演会， -25，pp.50-51，1998.10.
- 清水，山田，木村，宇野，秋田谷：セグメント用高流動コンクリートの特性(1)，第 54 回年次学術講演会， -50，1999.9.