

粒度調整灰を混入したコンクリートの施工現場への適用に関する実験的検討

東京都下水道局	神田 好美
東京都下水道局	若林 登
東京都下水道サービス	入出 巧
清水建設 正会員	宮川 司
清水建設 正会員	○西岡 真帆

1. 目的

東京都下水道局では、下水汚泥の有効利用を計画的に推進しており、資源化に関する研究開発および事業化に積極的に取り組んでいる。下水汚泥の焼却灰を分級・粉砕加工することにより、粒径 80 μm 以下に調整した粒度調整灰は、既に、ゼロエミッションを目指す資源化事業として製造、販売されており、ヒューム管やシールド工のセグメントのようなコンクリート二次製品の材料として利用されている¹⁾。

この粒度調整灰の用途をさらに拡大することを目的とし、現場打ちコンクリートの混和材への適用性に関する実験的検討を行った結果を報告する。

2. 実験概要

粒度調整灰を混入したコンクリートを、現場打ちコンクリートに適用するためには、一連の工程（製造、運搬、受入れ検査、ポンプ圧送、打込み、締固め）におけるコンクリートの諸性状を把握する必要がある。このため、第一段階としてレディーミクストコンクリート工場での室内試験練り結果を踏まえ、配合選定を行った。次に選定した配合を実機ミキサで練混ぜて通常通りの出荷、受入れ検査を行い、壁を模擬した試験体に打込み、ポンプ圧送性、締固め性能を確認した。

3. 室内試験練り結果

レディーミクストコンクリート工場での室内試験練りでは、粒度調整灰の混入量を要因として、フレッシュ性状（スランプ・空気量）が要求品質を満足する配合の選定と、選定された配合の強度確認を行うことを目的として行った。配合設計は、試験工場の標準品（JIS規格品）を基本配合とし、粒度調整灰の混入量を単位セメント量の5%、10%に相当する 15kg/m³、30kg/m³の2水準として行った。また単位水量および水セメント比（W/C）は、特記仕様（単位水量 175kg/m³以下、W/C=55%以下）を満足するように設定した。なお、本検討では粒度調整灰を細骨材の代替材料とした。表-1に試験配合を示す。

配合調整は、粒度調整灰を混入していない CASE1 (0) と比較して同等のスランプとなるように混和剤の混入量を調整する、もしくは基本配合のスランプをランクアップすることにより対応した。

表-1 試験配合

ケース名	基本配合	Gmax (mm)	W/C (%)	スランプ (cm)	空気量 (%)	単位量(kg/m ³)							
						水 W	セメント C	粒度調整灰 SA	細骨材 砕砂 S1	細骨材 陸砂 S2	粗骨材 G	AE 減水剤 AE	高性能 AE 減水剤 SP
CASE1 (0)	27-12-20BB	20	54.0	12	4.5	160	297	0	508	325	1037	C×1.0%	
CASE2 (15)	27-12-20BB	20	54.0	12	4.5	160	297	15	508	310	1037	P×1.0%	
CASE3 (15)	27-15-20BB	20	54.0	15	4.5	166	308	15	513	313	1004	P×1.0%	
CASE4 (30)	27-15-20BB	20	54.0	15	4.5	166	308	30	513	298	1004	P×1.5%	
CASE5 (15)	30-18-20BB	20	52.0	18	4.5	170	327	15	513	315	972		P×1.0%
CASE6 (30)	30-18-20BB	20	52.0	18	4.5	170	327	30	513	300	972		P×1.0%

セメント：高炉セメントB種

キーワード 下水汚泥, 資源化, 焼却灰, 粒度調整灰, コンクリート

連絡先 〒105-8007 東京都港区芝浦1-2-3 シーバンスS館 清水建設(株) 土木技術本部 TEL03-5441-0559

図-1に練上り直後と、受入れまでの運搬時間を想定した練上り30分後のスランブ試験結果を示す。CASE1(0)と基本配合が同じものに粒度調整灰を15kg/m³混入したCASE2(15)は練上り直後のスランブが小さく、規格下限値に近いので30分後の測定はしていない。基本配合のスランブを1ランクアップしたCASE3(15)とCASE4(30)では、練上り直後のスランブはCASE1(0)と同等であったが、練上り30分後のスランブの低下が大きく、規格値を満足しなかった。このため、さらにスランブを1ランクアップしたCASE5(15)とCASE6(30)では、練上り直後、練上り30分後ともCASE1(0)と同等以上のスランブとなった。

図-2に材齢7日,14日,28日の圧縮強度試験結果を示す。CASE1(0)と、基本配合の呼び強度が同じであるCASE3(15)とCASE4(30)を比較すると粒度調整灰を混入した方が圧縮強度が大きい傾向であった。

室内試験練りの結果、施工性能試験ではCASE5(15)とCASE6(30)を試験配合とすることとした。

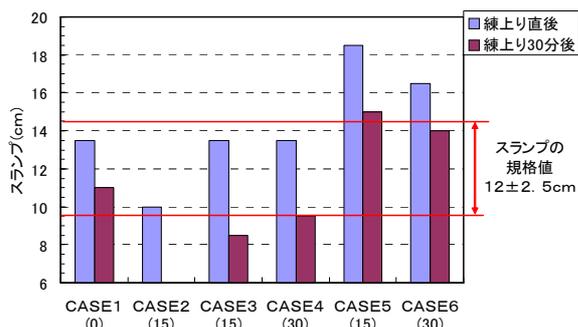


図-1 練上り直後と練上り30分後のスランブ試験結果

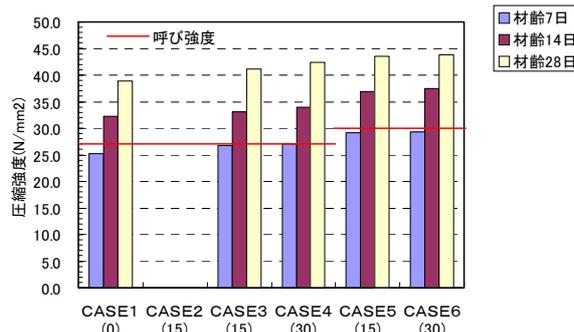


図-2 圧縮強度試験結果

4. 施工性能試験結果

施工性能試験はCASE1(0),CASE5(15),CASE6(30)の3種類の配合で行った。実機ミキサでの練混ぜは、粒度調整灰を混入しても標準品と同等に行えることが確認できた。アジテータ車で運搬し、打込み場所で受入れ検査を行い室内試験練りと同等の性状であることを確認した後、壁を模擬した試験体(壁厚:20cm,高さ:90cm,壁延長:180cm,配筋あり)にポンプにて打ち込み、流動勾配の確認と締固め時間の測定を行った。

図-3に流動勾配の比較を示す。筒先のスランブは9.5cm~12.0cmの範囲でほぼ同等であった。流動勾配を比較すると、CASE1(0)とCASE5(15)はほぼ同等であったが、CASE6(30)はほとんど流動性がない結果となった。また、筒先の目視観察では、粒度調整灰を混入した場合には粘性が増加しており、性状に大きな変化が認められた。締固め時間は粒度調整灰を混入した場合は未混入の場合と比較して1.7倍程度必要であった。

圧送前後のスランブの変化が大きかったことから、ポンプ圧送によるコンクリートの性状の変化に関する定量的な検討が必要だと思われる。

5. まとめ

- (1) 粒度調整灰を混入すると、標準品と比較して、スランブは小さくなるが、圧縮強度は大きくなる傾向が認められた
- (2) 粒度調整灰を混入したケースでは、基本配合のスランブをランクアップすることにより標準品と同等以上のスランブが得られたことから、複雑な配合設計を行わなくても製造可能だと考えられる
- (3) 粒度調整灰を混入すると標準品と同一スランブでも締固めに要する時間が長くなる傾向であった
- (4) 粒度調整灰を混入するとポンプ圧送後のコンクリートの性状が大きく変化する傾向が認められた

CASE1(0) : 粒度調整灰なし



CASE5(15) : 粒度調整灰 15kg/m³



CASE6(30) : 粒度調整灰 30kg/m³

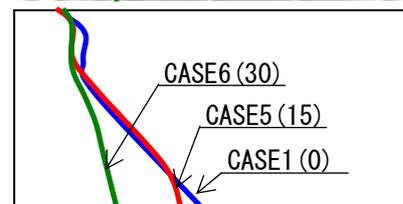


図-3 流動勾配の比較

参考文献 1) 児玉 一大 : 新たな下水汚泥資源化への取り組み, 日本下水道新聞, 2009. 2. 25