

下水汚泥焼却灰を用いたシールド工用セグメントの適用

佐藤工業（株） 正会員 小野 崇*¹
 日本コンクリート（株） 倉木 修二*²
 横浜市 西山 寛*³
 佐藤工業（株） 正会員 宇野洋志城*¹

1. はじめに

平成13年度実績によると、全国の下水処理汚泥発生量は乾燥重量にして205万トンであり、そのうち有効利用されているのは約半分（56%）に過ぎず、残りは廃棄処分されている。有効利用の形態については65%が一旦は焼却灰となり、その後セメント原料・レンガ・コンクリート二次製品材料等へ再利用されている。

筆者らも、これまで下水汚泥焼却灰の有効利用の促進を目的として、下水汚泥焼却灰を混入した高流動コンクリートにより製造したシールド工用セグメント（以下、高流動エコセグメントと称す）の開発を行い、その強度特性と環境に及ぼす影響に関して検証を行ってきた^{1),2)}。

本報告は、シールド工事現場へ導入した高流動エコセグメントの製造実績と施工性および耐久性に関して述べるものである。

2. 適用工事

今回適用したシールド工事の延長は1,075mあり、そのうち直線区間の20m（20リング相当）に高流動エコセグメントを適用した。セグメント寸法は外径5,200mm×幅1,000mm×厚さ225mmである。

3. 材料および示方配合

今回使用した下水汚泥焼却灰の物性値を既報当時と比べると、密度が小さい点を除けば、比表面積および化学成分は平均値との差が殆どなく、使用するコンクリートの要求品質を従来どおり設計基準強度（材齢28日）42N/mm²、脱型強度（材齢18時間）15N/mm²、スランプフロー65±5cm、空気量2±1%とした場合に、下水汚泥焼却灰使用量、W/C、単位水量は変わらず、高性能AE減水剤の添加量を減らす以外に示方配合を大幅に変更する必要はなかった。

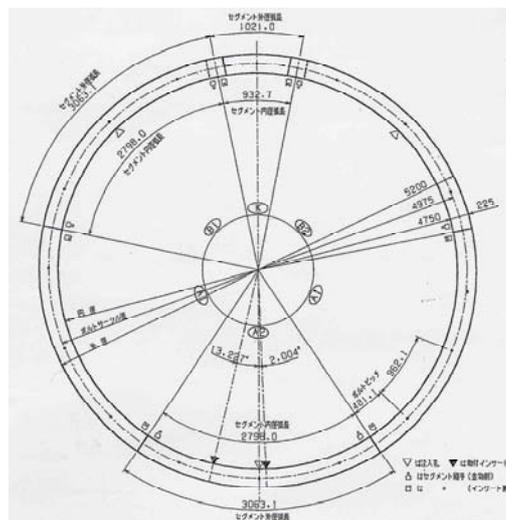


図 - 1 標準断面図

表 - 1 示方配合表

粗骨材の最大寸法 (mm)	目標スランプフロー (cm)	水結合材比 W/P (%)	空気量 (%)	単位粗骨材絶対容積 (m ³ /m ³)	細骨材率 s/a (%)	単位量 (kg/m ³)					
						W	C	SA	S	G	SP
20	65±5	35.0	2.0	0.299	52.1	175	500	50	877	855	6.05

材料物性値 C：普通ポルトランドセメント，密度 3.16g/cm³
 SA：下水汚泥焼却灰，密度 2.29g/cm³，比表面積 5900cm²/g
 S：細骨材，葛生産石灰岩系砕砂，表乾密度 2.69g/cm³，粗粒率 2.60
 G：粗骨材，田沼産玄武岩系砕石，表乾密度 2.86g/cm³，粗粒率 6.69，実積率 60.2%
 SP：高性能 AE 減水剤，主成分はポリカルボン酸エーテル系化合物

キーワード 下水汚泥焼却灰，リサイクル，セグメント，シールドトンネル，コストダウン
 連絡先

*1 〒243-0211 神奈川県厚木市三田 47-3 TEL 046-241-2171

*2 〒108-0075 東京都港区港南 1-8-27 TEL 03-5462-1055

*3 〒231-0017 神奈川県横浜市磯子区滝頭 1-2-15 TEL 045-752-2605

3. 製造および導入実績

今回導入したセグメント 20 リング分の製造時期は平成 16 年 8 月であり，その間の製造実績（スランブフロー，空気量，圧縮強度）を整理した結果，それらのデータは全て管理限界範囲内（平均値 $\pm 3\sigma$ ，標準偏差）におさまり，異常値を示していない．なお，製造時には品質管理を 1 回/リングの頻度で実施しており，実物大セグメントによる耐力試験や組立試験に必要な分も含めたデータ数は $n = 22$ となった．

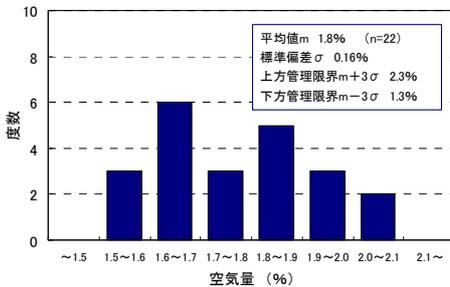


図 - 2 空気量の実績

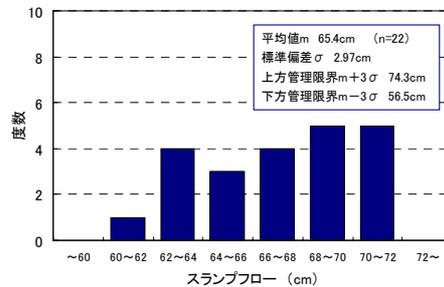


図 - 3 スランブフローの実績

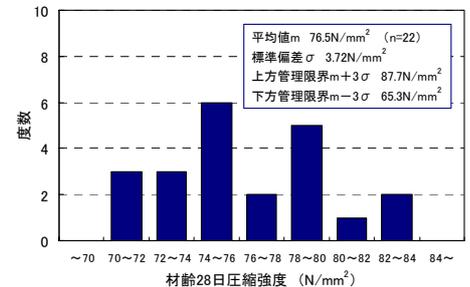


図 - 4 圧縮強度の実績

製品の寸法精度は $\pm 1.0\text{mm}$ 範囲内におさまり，その後の養生期間を経たセグメントの導入時には，欠け・目違い等もなく組立精度を確保でき，施工性の面でも問題はなかった．

4. 耐久性（透水性）

下水汚泥焼却灰を混入した高流動コンクリートの強度特性および環境に及ぼす影響に関して問題のないことは，既報^{1),2)}のとおりである．耐久性に関しても，乾燥収縮ひずみが従来セグメントよりも若干大きいものの，標準のコンクリート範囲（ $500\mu \sim 700\mu$ ）を逸脱しない点や，中性化が従来セグメントよりも進行し難く，促進期間 6 ヶ月での中性化深さは 34%に抑制される点など，十分な耐久性を発揮することが明らかである³⁾．

今回実施したインプット法による透水試験では，透水係数が $4.10 \times 10^{-13}\text{cm/sec}$ となり，標準のコンクリートに比べて極めて小さい．また，既往の文献⁴⁾における従来セグメント用コンクリート（普通ポルトランドセメント使用， $W/C = 37\%$ ，空気量 2%，単位セメント量 400kg/m^3 ）における透水係数 $3.72 \times 10^{-13}\text{cm/sec}$ と比較した場合，両者の水圧・载荷時間は同一でも開始材齢が異なり，今回は 28 日である．一般に，透水係数は湿潤養生が十分なほど，材齢が進むほど小さくなるので，従来セグメント用コンクリートに比べて高流動エコセグメント用コンクリートの耐透水性は優れていると考えられる．

5. おわりに

高流動エコセグメントの強度特性，環境に及ぼす影響，耐久性および施工性に関しては従来セグメント以上あるいは同等であることが明らかとなった．継続中の観測データに関しては別の機会に報告する予定である．

参考文献

- 1) 小幡 秋田谷 弘中：下水汚泥焼却灰を利用したシールド工用セグメントの研究，平成 14 年度下水道研究発表会，pp.983-985，2002
- 2) 小幡，弘中，秋田谷：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，土木学会第 57 回年次学術講演会概要集，-10，pp.19-20，2002.9
- 3) 脇本，倉木，宇野：下水汚泥焼却灰を利用した高流動エコセグメントの適用，平成 17 年度下水道研究発表会，2005（投稿中）
- 4) 木村，岡村，宇野，清水，小泉：シールド工用コンクリート系セグメントの耐久性能と耐火性能，土木学会論文集，No.728 / -58，pp.107-119，2003

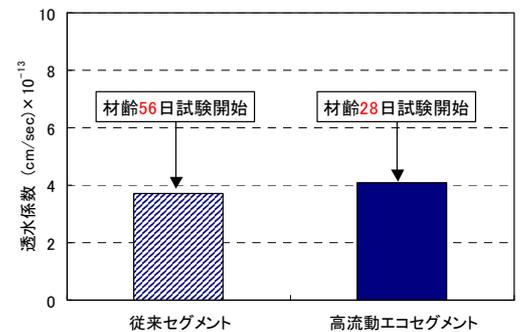


図 - 5 透水係数の比較

【試験方法】¹⁾

15cm×30cmの円柱試体の中央10cm部分をカット．
20-60%RH環境下で乾燥養生後，試験開始前1週間で円周部分をエポキシ樹脂によりコーティング．
材齢28日より14日間，0.5N/mm²で水圧を载荷．
試験期間終了後，割裂した断面から透水面積を測定して平均深さに換算，透水係数を算出