

建設汚泥を原材料の一部に 使用したリサイクル製品

地下埋設ケーブル保護用多孔陶管

1. はじめに

多孔陶管「セラダクト A」は、セラミック質の地下ケーブル保護管で、母材の中に多数条のケーブル挿通孔を有する「多孔管」である。

「セラダクト A」は平成10年、立ち遅れていった建設汚泥のリサイクルを推進するため、当時の建設省中部地方建設局と民間が共同開発したもので、建設汚泥の初めてのセラミック原料化により「NETIS」(国土交通省 新技術情報提供システム)に登録している。今回このような地球に優しい「セラダクト A」の廃棄物活用技術について紹介するものである。

なお、「セラダクト A」は JIS C 3653 「電力ケーブルの地下埋設の施工方法 附属書2 多孔陶管」の規定を満足し、その優れた特性から全国の高速／一般道路トンネル施設や市中の電線共同溝工事(C C BOX)において、防災システム幹線、動力、通信、制御などのケーブル保護管として、高い評価を得ている。また、最近は成田国際空港、中部国際空港、福岡空港などの大規模空港では、耐衝撃高強度タイプである「セラダクト(エル・ソタノ)」が採用されている。

2. セラミック製品の原料配合技術

(1) 原料調合の特質

「セラダクト A」はセラミック素材を1,200以上で強固に焼結させて製造される。一般的にセラミック製品では、成形方法をどうするか、その後成形体からバインダーをどう除去するか、またそれをどういう荷姿で焼成するかが課題になっている。原料調合は、そのすべての工程を無理なく達成できるような性質を持たせるように配慮しなければならないのをきわめて重要である。特にリサイクル材料や廃棄物系原料を取り込んで製品実現するためには、付随する次の課題を確実に達成していかなければならない。

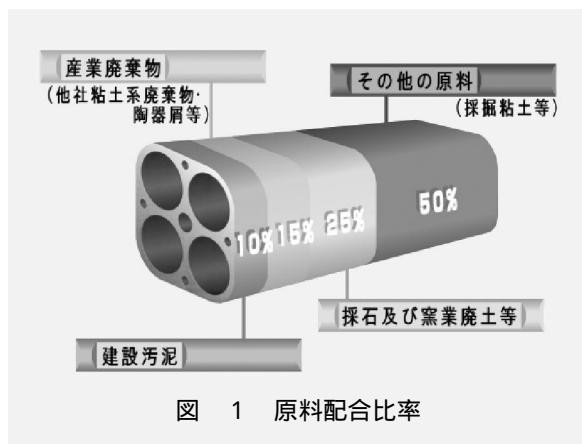
- ① 製品形状から最適な成形方法を選択する(不良が出にくく、かつ生産性の良いこと)
- ② 成形品に合致した成形バインダーの除去方法を決める(不良の発生がなく、効率的であり、かつ素地が後工程で十分取り扱えること)
- ③ 焼成条件を決定する(焼成中の変形なく、焼成後所望の物性が発現できること)

以上が可能な組成と物性を持つ適当な原料を選択し調合することになるが、各工程における要求事項がそれぞれ異なるので、それらをすべて取り込んだ調合を選定するためには多大な労力を要す

る。そのため原料のデータベースから、コンピュータにより調合シミュレーションを行って最適な物性を得られる調合を求め、それに基づいて試作と材質試験を行い、妥当性を検証した上で調合を決定している。

(2) 「セラダクト A」の原料配合

「セラダクト A」は資源循環型を指向し、できるだけ廃棄物系原料を多く使用するように配慮しているが、最終製品に必要な機能や性能を確保しなければならぬので不足や劣化する性質を互いに補完する性質を持った良質の原料も使用しなければならない。そのため現在では建設汚泥10%を含む廃棄物系原料50%，採掘粘土および自社廃棄物50%の配合となっている。その内訳は図 1 のとおりである。



3. 建設汚泥を活用するためのシステム

(1) 建設汚泥利用の課題

最近、多くの取り組みが行われ建設汚泥の再利用が飛躍的に改善されつつあるが、建設汚泥をセラミック原料に活用する取り組みは、残念ながらほとんど進展していない。それは建設汚泥をセラミック原料とするための以下の課題が解決されていないからだと考えられる。

- ① 採掘現場により汚泥の組成、粒度比率、発生量がまちまちで一定しない（品質の変動が激しい）
- ② 中間処理で粒度74ミクロン以下に分級が必要
- ③ 汚泥発生から処分までの保有期間が少ない

- ④ 原料として利用可能か素材のチェックが必要
- ⑤ 土壤改良材やセメントミルクなど、薬材や石灰系材料の混入が多い

- ⑥ 汚泥は含水率が高く乾燥が必要な外、乾量当たりでは思ったほど原料コスト減にはならない

(2) 課題の解決方法

これらの課題をクリアするため以下の方策を採用し、平成10年から平成17年の現在までに合計7,000t余の建設汚泥を活用している。

- ① 中間処理を確実に実施できる業者と正式契約
- ② 中間処理業者に発生汚泥の日常チェックを委託し、開発会社にてインターネットを介してリアルタイムで汚泥の性状を把握（焼結体の画像による判定）
- ③ 候補とした汚泥サンプルを速やかに試験（可溶性塩類試験および電気炉による迅速焼成試験）して採用するか否かを即決する
- ④ 汚泥含水率の低下を図るために保管場所を指定し1カ月以上天日乾燥を実施
- ⑤ 入荷汚泥の再チェック（品質確認試験）
- ⑥ 汚泥乾燥期間中に原料調合試験と試作試験を実施し、本格使用のための原料調合を決定

4. 原料特性の評価手法

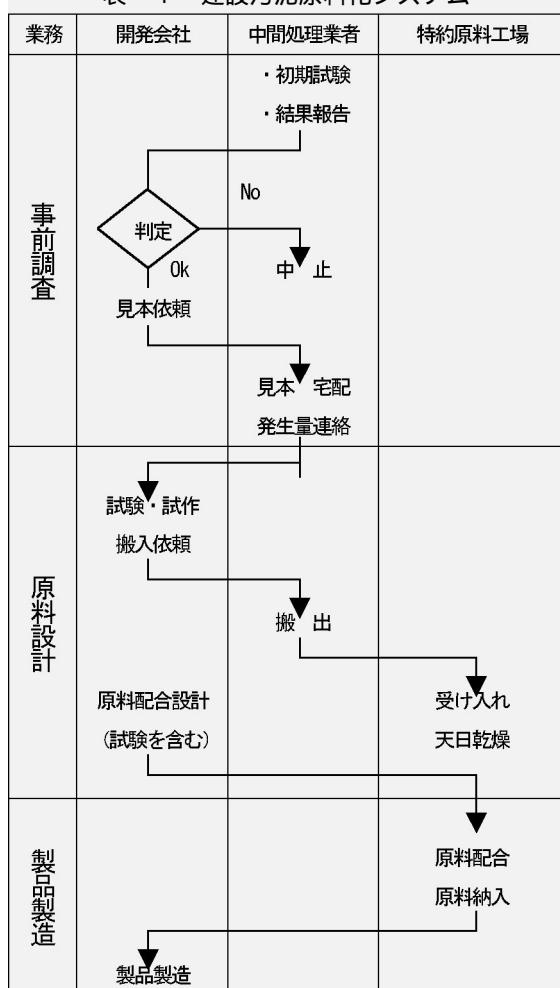
(1) 成形特性の把握

「セラダクト A」は調合された原料を粉碎し、それを加水混練した上、真空押し出し法によって成形するため、原料である湿粉体の力学的な挙動（一般的には可塑性を指す）が非常に重要なとなる。湿粉体では原料粒子とバインダーである水および残留空気が混合物を作るので、その体積比率を一定の可塑性領域に保持することが必要である。そのため土質力学からヒントを得て、原料の圧縮剪断特性と押し出し応力特性を測定し、原料の持つ保形性と応力による変形しやすさを評価し判定している。

(2) 収縮率特性の把握

成形素地は素地中の水が乾燥で失われると、そのおよそ半分の体積分だけ体積収縮を起こし、ま

表 1 建設汚泥原料化システム



国土交通省 中部地方整備局
飯田国道事務所：権兵衛トンネル



中部国際空港株式会社
空港島滑走路横断および周辺管路

た、最終工程の焼成ではさらに残った空隙の一定部分が焼結反応で埋められるため乾燥同様体積収縮を起こす。結果的には全部で約30%の体積収縮を伴うこととなる。そのため使用する原料の断面方向と軸方向の線収縮率を常に監視し製品寸法の安定化を図っている。

(3) 加熱特性の把握

セラミック製品は最終工程で焼結、溶融等の高温処理を受けるため、加熱による脱水、酸化、分解等の物性変化を把握しなければならない。そのため、定期的に元原料や調合原料について加熱減量(TG)や示差熱分析(DTA)を実施し、異常原料の発見や焼成工程でのトンネルキルン操作の参考としている。

5. おわりに

以上、建設汚泥を原材料に使用したリサイクル製品の「地中埋設ケーブル保護用多孔陶管」について紹介した。平成10年からの約7年間で施工実績は国土交通省を始めとして、今日で延べ1,300km(その内、中部地方整備局管内直轄工事280km余)を超えている。

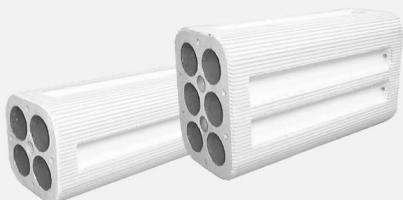
また、平成15年には「あいくる」(愛知県リサイクル資材評価制度)の認定を受けたほか、平成17年には「エコマーク認定商品」(認定番号 04131 014)(商品類型名 No.131土木商品 Ver.1.0)となった。



国土交通省 中部地方整備局
名古屋国道事務所：
41号黒川地区電線共同溝



セラダクト A



エル・ソタノ

技術開発にあたって

開発の背景

- ・当時の建設省中部地方建設局では建設汚泥リサイクル60%を目標に活動を実施中であった。その中で地元が産地である窯業原料に建設汚泥が活用できないか着目した。
- ・建設汚泥には粘土やシルト分が多く含まれており、セラミック原料に非常に近い無機材料であった
- ・窯業原料自体、休廃止鉱山の増加で枯渇傾向にあり、メーカーは他の代替原料を必要としていた
- ・開発会社のコンセプトと建設汚泥のリサイクルによる環境負荷の低減はそのポリシーが一致していた
- ・開発会社は独自の原料評価手段と技術を持っており、それによって原料評価を的確に判断でき、また適切な原料調合を作成できるシステムがあった
- ・都市環境整備のための電柱地中化工事で発生する建設汚泥を多孔陶管原料に利用できれば、汚泥発生現場に汚泥が製品の形で戻り、完全リサイクルが達成できると考えられた
- ・開発会社は以前より廃棄物関連製品を手がけていた

開発で苦労した点

- ・建設汚泥はその品質ばらつきが大きく、発生量も安定しないため、それを原料として確保するかどうかを判断するためにはリアルタイムで発生汚泥をチェックする必要があった
- ・当初、汚泥をリアルタイムで判定する方法を見つからず、またそれを行うためには中間処理業者の本格的な協力が不可欠であった
- ・汚泥の品質が不安定であることから、汚泥性状の把握と原料調合変更のための原料試験をそのたびごとに頻繁に繰り替えさなければならなかった
- ・発生時の汚泥と原料工場に搬入時の汚泥に品質のばらつきがあり、入荷ダンプカー1車ごとの品質確認を行う必要が生じた
- ・汚泥は一般的に含水率は高いが可塑性は少なく、かつ低温で焼結しやすい傾向があるため、乾燥工程や焼成工程で製品不良の発生を抑えるためのさまざまな改善が必要であった
- ・汚泥中に含まれる可溶性塩類が製品に不具合を起こす場合があり、その特定と対策に苦労した

開発者：国土交通省 中部地方整備局
杉江製陶株式会社