

氏 名	アゾ ヒジドール ゴウズジェイ Azo Hisidore Gohouzoudjehi
学位(専攻分野)	博 士 (農 学)
学 位 記 番 号	農 博 第 1302 号
学位授与の日付	平 成 15 年 1 月 23 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 4 条 第 1 項 該 当
研究科・専攻	農 学 研 究 科 地 域 環 境 科 学 専 攻
学 位 論 文 題 目	Geoenvironmental Evaluation of Stabilized Water Plant Sludges for Mechanistic Design and Application in Construction (安定処理した浄水場発生汚泥の建設用材としての地盤工学的評価)
論文調査委員	(主 査) 教 授 青 山 咸 康 教 授 高 橋 強 教 授 河 地 利 彦

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、大規模浄水場において原水から浄水を精製する過程において発生する汚泥の地盤工学的再利用の可能性について実証的に検討を加えたものである。京都市の新山科浄水場では、琵琶湖疎水を経るものと宇治川河川水の揚水によるものの2種の原水を浄化し、市内に配送している。この際年間およそ6,000トンの汚泥が排出されている。浄水場では浄水過程で生じるスラリーに石灰または活性炭を加え、安定処理した後加圧・脱水したケーキ状態の固体として排出・廃棄している。現状ではこの廃棄物の有効な再利用の方法はまだ見出されていない。

この研究は上記脱水ケーキの地盤材料としての再利用の可能性を追求したものである。論文構成は以下のようになっている。

第1章は産業／生活廃棄物の分類を行い、それらの工学材料としての利用全般について概観している。地盤材料としての再利用の可能性は、無害性、経済性、非改質性にあることを論じた。また一般に汚泥と呼ばれるものの物理・化学的性質を論じ、汚泥を固化するためのカルシウムや炭素の働きについて論じた。また関連の既往成果をおよそ30件程度参考としている。

第2章は浄水プラントで発生する汚泥の盛土被覆材としての特性を検討した章であり、本論文の中核をなす。まず研究対象とした汚泥の供給源である新山科浄水場の機能とその浄水工程を示した。また原水となる琵琶湖の水質の経年変化について調査した。この浄水場では、浄水プラントの後半に位置する混合凝結槽から分離排出される汚泥スラリーに、石灰及び石灰・活性炭粉末混合物の2種の安定材を用いている。前者を LTS 汚泥、後者を CTS 汚泥と呼び、これらを加圧脱水により固化したものをそれぞれ LTS 脱水ケーキ、CTS 脱水ケーキと呼ぶ。LTS、CTS の汚泥及び固化状態の含水比、密度、粒度分布、コンシステンシー限界などの地盤工学的特性を最初に調べた。その結果、固化汚泥は MH（高液性限界シルト）に属した。次に地盤材料として重要な突固め特性を調べた。その結果、標準突固めエネルギーでは LTS、CTS の最大乾燥密度はそれぞれ、1.0及び0.7gr/cm³程度の軽量材料であることが示された。後者が軽いのは使用する安定材の性質によるものと想定した。これに加えて圧密試験、透水試験、圧密非排水三軸圧縮試験、ろ過試験を行いその結果を示した。標準突固めした含水比93%の両試料の圧密試験では、CTSの方がより大きい圧縮性を示した。また LTS の圧縮性は供試体の含水比にはほぼ直線比例することを見出した。標準突固めした試料の変水頭透水試験及び圧密試験からの透水係数推定を通じて、透水係数と含水比及び圧密圧力の関係を示した。またこれらの試験結果から LTS の透水係数—間隙比の回帰式を含水率をパラメータとして導いた。三軸圧縮試験によっても LTS、CTS 両材料ともに粗粒土に匹敵する剪断強度を有することを示した。また応力ひずみ曲線の接線係数と初期間隙圧の関係、あるいは圧密圧力と体積変化率の関係、間隙圧係数などを求めた。80日間の定水頭鉛直ろ過試験により浸出液の pH や電気伝導度、溶出物質を調べた。その結果、溶出物質の濃度は10日以降急速に減少することを確認した。以上の性質をふまえ、LTS、CTS は廃棄物埋立て処分場の底面及び表面被覆材として使用可能であることを、その小さな透水係数、比較的大きな剪断強度を理由に提案している。

第3章では道路路盤材料として固化汚泥が使用可能であることを述べている。最適含水比付近に含水比の調整された LTS と CTS に、0～90日の養生期間を置いた後、一軸圧縮強度試験と毛管浸水試験を行い養生期間及び含水比調整の効果、さらに毛管浸水の有無と強度の関係を示した。20cm 厚さのアスファルト舗装を支える、5層からなる総厚 71cm の路盤材料として LTS を用いた場合の例題解析を行い、曲げ疲労、永久変形、引張ひずみなどの面から検討し、使用に耐える材料と結論した。

第4章は主として2～3章に得た結論をまとめた章である。

付録においては突固め試験に用いる器具、LTS の保水性に関する補助データ、などの参考資料を添付している。

論文審査の結果の要旨

あらゆる産業プロセスで発生する廃棄物の有効利用を志向することは今世紀の重要な研究課題の一つである。本論文は浄水場において、浄水過程中に相当量の汚泥が排出されていることに着目し、現在廃棄物として処理されている汚泥の地盤材料としての再利用の可能性について基礎的な検討を試みたものである。このため広範囲の地盤工学的実験手法を駆使し、多面的にこの材料の特性を把握した。素材となる汚泥は、安定処理材が石灰である場合は LTS、石灰と活性炭粉末の混合物である場合は CTS と呼ばれ、基本的性質が両者で若干異なっている。結果として両者は焼却灰等一般廃棄物埋立て処分場の埋立て部基部及び埋立て材の表面被覆材として使用可能なこと、さらに LTS の場合は道路の路盤材として利用可能なことを提案している。評価できる点は以下の4点である。

1. LTS 及び CTS の粒度組成を明らかにし、そのメタリン酸塩—ナトリウムを分散剤とした場合の凝集特性を明らかにしたこと。この実験により LTS 及び CTS が高液性限界シルトに属することが明確となった。
2. 突固め特性を明らかにしたこと。標準突固めエネルギーでの突固め試験結果によると LTS の最大乾燥密度は $1.0\text{gr}/\text{cm}^3$ 、CTS のそれは $0.7\text{gr}/\text{cm}^3$ 程度であり、一般の土質材料と比べて軽いことを明らかにした。これはこの材料の長所でもあり短所でもある。
3. 変水頭透水試験及び圧密試験から透水係数と間隙比および突固め含水率との相互関係を明らかにした。通常の間隙比の範囲では LTS の透水係数は $10^{-7}\text{cm}/\text{s}$ のオーダー、CTS のそれは $10^{-5}\sim 10^{-6}\text{cm}/\text{s}$ のオーダーであることを示した。このことは、特に LTS は広い含水率範囲で低い透水性を示すので、漏水を防止する被覆材となり得る根拠を与えている。
4. LTS や CTS の道路の路盤材料としての使用を想定し、一軸圧縮強度と突固め含水比、養生期間及び毛管浸水の有無の関係を定量的に明らかにしたこと。特に養生の効果が著しいことは特筆される。

以上のように本論文は浄水場発生汚泥の地盤工学材料としての特質を多角的視野から明らかにし、地域環境工学、地盤工学および農業土木学に貢献するところが大きい。

よって、本論文は博士（農学）の学位論文として価値あるものと認める。

なお、平成14年11月15日、論文並びにそれに関連した分野にわたり試問した結果、博士（農学）の学位を授与される学力が十分あるものと認めた。