

氏 名 田中 俊行

授与した学位 博士

専攻分野の名称 工学

学位授与番号 博乙第4329号

学位授与の日付 平成22年 3月25日

学位授与の要件 博士の学位論文提出者

(学位規則第5条第2項該当)

学位論文の題目 ベントナイト系遮水材の配合設計と施工技術に関する研究

論文審査委員 教授 西垣 誠 教授 河原 長美 准教授 鈴木 茂之

学位論文内容の要旨

低レベル放射性廃棄物埋設施設では、廃棄体をコンクリートピット中に格納して、その周囲をセメント系材料およびベントナイト系材料を用いた人工バリアと、周辺岩盤である天然バリアと適切に組み合わせた多重バリアシステムが検討されている。その中のベントナイト系遮水材は、人工バリアを構成する部材である「低透水層」と、空洞内を充填する「埋戻し材」に区分される。現在、施設の成立性を確認することを目的として、セメント系材料やベントナイト系遮水材の試験工事が実施されている。そのベントナイト系遮水材である埋戻し材は、高い遮水性能を有し、かつ強度特性や変形性能に優れた経済的な材料、および合理的かつ確実な施工法が必要とされている。一方、低透水層は、例えば透水係数 $1 \times 10^{-12} \text{m/sec}$ 以下の高い遮水性を確保するために、ベントナイトを 1.6Mg/m^3 以上の高い乾燥密度に施工する必要がある。とくに、狹隘部にベントナイト層を構築することは、施工の難易度が高く、品質確保が困難である。

本研究は、低レベル放射性廃棄物埋設施設のベントナイト系遮水材に適合する新しい材料や設計技術、および施工技術について研究開発を行った。以下に得られた研究成果を述べる。

第一に、経済的で高い遮水性と強固な地盤支持力を実現できる新しいベントナイト系遮水材である「礫混入ベントナイト混合土」を提案して、締固め、透水、強度、膨潤、動的変形・液状化特性について明らかにした。

第二に、ベントナイト系遮水材の透水係数、最大膨潤圧、強度定数を統一的に評価することを目的として、新しい評価指標である「有効ベントナイト湿潤密度」を提案した。そして、すべてのベントナイト系遮水材（礫混入ベントナイト混合土、砂ベントナイト混合土、ベントナイト単体）やベントナイトの種類を変えた粘土系遮水材の透水係数や膨潤圧、および強度定数の推定方法を明らかにした。さらに、これらの方法を組み合わせたベントナイト系遮水材の配合設計手法を確立した。

第三に、新しいベントナイト系遮水材である「礫混入ベントナイト混合土」の施工技術を確認することを目的として、現場施工性試験を実施した。そして、製造方法や振動ローラによる現場締固め工法の施工性や品質、品質管理方法について明らかにした。また、実機を用いた吹付け試験を実施して、礫混入ベントナイト混合土の吹付け工法の施工性を明らかにした。さらに、礫混入ベントナイト混合土の品質管理基準を提案した。

第四に、ベントナイト系遮水材を高密度に施工する技術を確認することを目的として、「高密度ベントナイト吹付け工法」の実機を用いた吹付試験を実施した。この試験から、これまでの吹付け工法で困難であったベントナイトの乾燥密度 1.6Mg/m^3 以上を達成できることを明らかにした。さらに、実施工環境下で実証試験を実施して、実用化できることを明らかにした。

今後、本研究で示した新しいベントナイト遮水材の材料、設計、施工技術は、低レベル放射性廃棄物埋設施設だけでなく、河川堤防やため池、フィルダム、一般廃棄物・産業廃棄物最終処分場や高レベル放射性廃棄物処分施設等の多種多様の遮水性能や力学機能が要求される構造物へ適用することが可能であると考えられる。

論文審査結果の要旨

本研究は、低レベル放射性廃棄物のうち、余裕深度処分埋設施設における放射能の漏洩の抑制を目的とした、ベントナイト系遮水材に関するものである。これまでに無い新しい材料を提案し、その材料特性として多くの試験データを取得し、従来材料に比べて優れている点を明らかにしている。また、これらの試験データを統一的に評価できる新しい評価指標を提案し、合理的な配合設計手法を提案している。さらに、従来技術で達成することができなかった施工難易度の高い部位に適合できる施工法を確立し、実用化できる技術に完成させている。これらの研究は、現在進行中の余裕深度処分埋設施設プロジェクト工事に適用可能であり、十分に価値のある内容である。具体的な研究内容は、以下のとおりである。

- (1) 余裕深度処分のベントナイト系遮水材である埋戻し材へ適合できる、経済的で高い遮水性と強固な地盤支持力を実現する新しい材料である「礫混入ベントナイト混合土」を提案して、その材料特性を明らかにしている。
- (2) ベントナイト系遮水材の透水性、膨潤特性、強度特性を統一的に評価できる、新しい評価指標を提案し、これらの推定方法を提案している。そして、これらの方法を組み合わせた配合設計手法を確立している。
- (3) 余裕深度処分のベントナイト系遮水材ある埋戻し材へ適合できる、新しい材料である「礫混入ベントナイト混合土」の製造方法や、現場締固め工法および吹付け工法の施工技術について明らかにしている。
- (4) ベントナイト系遮水材である狭隘部の低透水層を高密度に施工する吹付け施工技術を確立し、これまでの吹付け工法で困難であった要求品質を達成できることを明らかにしている。そして、実施工環境下で実証試験を実施して、実用化できることを明らかにしている。

本研究で提案した新しいベントナイト系遮水材の材料、設計技術、施工技術は、独創性があり、余裕深度処分のベントナイト系遮水材だけでなく、多種多様の遮水性能や力学性能が要求される構造物の遮水材へ適用することが可能である有用な研究成果である。したがって、本研究は博士の学位論文に値するものと認定する。