

重金属捕集機能を有する新しい遮水材料特性の把握

福岡大学工学部 学生会員 ○谷川 元士 武田 都
 福岡大学工学部 正会員 佐藤 研一 山田 正太郎 藤川 拓朗
 (株)アステック 森本 辰雄 口舩 愛
 (株)日本国土開発 正会員 横田 季彦 中島 典昭

1.はじめに 現在、日本の最終処分場の底面の遮水工¹⁾には一定の基準下においていろいろな種類のシートとクレイライナーが用いられている。しかし、シート自体が鋭利な廃棄物によって破損したり、シートの継ぎ目の施工が不完全であったりすることにより、多々漏水が起きているのが現状である。そこで、本研究では、人工物のシートによる遮水に頼らず、天然資源である粘土系材料、ゼオライト等の添加剤を用いて、重金属捕集機能を持ち高強度かつ低透水性の新しい遮水材料の開発を行うことを目的とする。本報告では、この新しい遮水材の開発において重要となる施工時の重機のトラフィカビリティーの確保に着目し、CBR 試験により検討を行った。また、土質材料として産業廃棄物である固結した脱水ケーキを使用するため、材料の破碎と混練方法の検討を行った結果について報告する。

2.実験概要

2-1 実験に用いた試料 本研究では、兵庫夢前と熊本の砕石場で発生する濁水処理に伴い発生する脱水ケーキを土質材料として使用した。表-1 に各土質材料に対して行った密度試験、粒度試験、液塑性試験、締固め試験の結果を示す。液性限界、塑性限界は、粘土分の多い熊本粘土の方が大きい、塑性指数はほぼ等しく低塑性の材料である。

2-2 材料の混練方法の検討 本実験では、試料の破碎・混練に回転式破碎混合法²⁾を用いた。脱水ケーキなどの高含水比の粘土(粘土塊)などの破碎・混練に非常に適しているからである。写真-1 は、兵庫夢前を回転破碎機を 600、900 及び 1200 回転/分で破碎した後の材料の状態である。材料は 600 回転/分では完全に破碎をできずに塊が残っていた。一方 900 回転/分と 1200 回転/分では粒径が細かく破碎され、大きな違いは見られなかった。そこで、本実験では省力化の観点から 900 回転/分で破碎した試料を採用し試料の準備を行った。

2-3 添加剤及び実験条件 重金属捕集機能を持たせるために、添加剤として重金属捕集機能有するゼオライト、凝集・凝固作用を有するドロマイト及び高い陰イオン交換機能を有するハイドロタルサイト様化合物の 3 種類を用いた。表-2 試料の乾燥重量に対する添加剤の配合率と特徴を示す。本遮水材は、陽イオン交換容量をもつゼオライ

トに加えて、陰イオン交換能をもつハイドロタルサイト様化合物を添加することで、陽イオン交換能のみを保有するベントナイト混合土よりも高機能化させている。今回、標準的な遮水材料の添加剤の配合条件をゼオライト 2%、ドロマイト 2%、ハイドロタルサイト様化合物 5%とした。表-3 に実験条件を示す。既往の研究³⁾によりドロマイトは、材料を固結させる効果があるため、添加量を 5 パターンに変化させ、それぞれのパターンで CBR 試験を E-b 法で行い、トラフィカビリティーへの影響を調べた。

2-4 試験方法 今回、設計 CBR 試験は、JIS A 1210「突固めによる土の締固め試験」に従って締固め試験の A-a 法によって求めた最適含水比に含水比を調整した後に、JIS A 1211「CBR 試験」に従って行った。

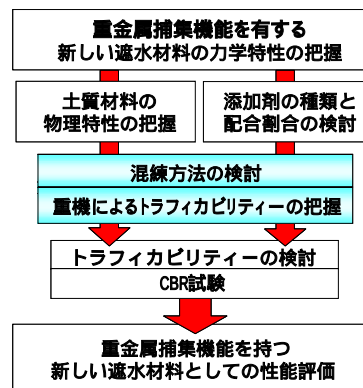


図-1 本研究のフローチャート

表-1 各試料の物理特性

	兵庫夢前	熊本粘土
土粒子の密度 ρ_s (g/cm ³)	2.631	2.946
液性限界 w_{opt} (%)	39.90	42.20
塑性限界 w_{pl} (%)	25.37	28.20
塑性指数 I_p	14.53	14.00
最適含水比 w_{opt} (%)	22.62	20.52
最大乾燥密度 ρ_s (g/cm ³)	1.607	1.807

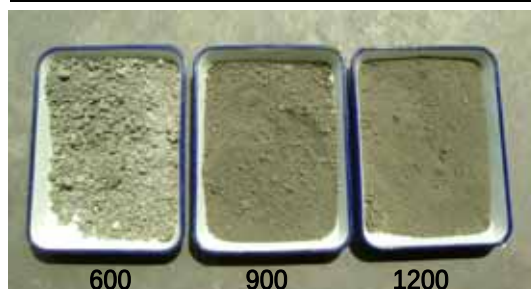


写真-1 回転数の違いによる破碎状況

表-2 添加剤の配合率と特徴

添加剤	配合率 (%)	特徴
ゼオライト	2	大きな陽イオン交換容量を保持し、重金属吸着能を有する。
ドロマイト	2	化学式でCaMg(CO ₃) ₂ と表され、土壌のpHコントロール材として使用する。
ハイドロタルサイト様化合物	5	陰イオン交換反応を有する鉱物、環境面も安全である。

表-3 実験条件

	試料	ドロマイト (%)	CBR試験	含水状態	混練機 rpm
Case1	兵庫夢前	0	設計	A-a法による最適含水比	900
Case2		1			
Case3		2			
Case4		3			
Case5		5			

3. 実験結果および考察

3-1 締固め特性 図-3

に兵庫夢前に対する各 Case の締固め曲線を示す。また、図-4、5 にドロマイトの添加量における最大乾燥密度

ρ_{damx} と最適含水比 w_{opt} の関係を示す。ドロマイト以外の添加剤のみを加えると最大乾燥密度

ρ_{damx} は一端大きく低下し最適含水比 w_{opt} が増加しているが、ドロマイトの添加に伴い締固め特性が改善されている。しかし、ドロマイトの添加量が 3% を超えると細粒分の増加に伴い、最大乾燥密度

ρ_{damx} が減少し、最適含水比 w_{opt} が増加することが分かる。以上のことから、添加剤の混合は、材料の締固め特性に大きな影響を及ぼすことから施工において十分な検討が必要である。

3-2 設計 CBR 試験 図-6 に荷重-貫入量曲線、図-7 に各 Case の設計 CBR 値、図-8 に CBR 値と乾燥密度の関係を示す。図-6 からドロマイトの添加量の増加につれて貫入量に対する荷重の値が減少していることが分かる。それに伴い設計 CBR 値も減少していることが分かる。また、図-8 から添加剤の増加により CBR 値が小さくなっているのは、乾燥密度が小さくなっていることが原因であることが確認できる。既往の研究³⁾から、固結作用のあるドロマイトの添加量を増やすことにより CBR 値も増えると考えていた

が、今回の実験ではドロマイトの添加量を増やすことにより乾燥密度が減少し、それに伴い CBR 値は減少する結果となった。この結果から、水和反応により固結作用が起きるドロマイトを加える強度増加には、反応が起きるまでの養生が必要であると考えられる。一般に CBR 値とコーン貫入値 q_c には粘性土の場合 $q_c = 300\text{CBR}$ ⁴⁾ という関係にある。そこで、水野⁵⁾がダンプトラックのトラフィカビリティーとしての目標値とするコーン貫入値である $1176(\text{kN}/\text{mm}^2)$ ⁶⁾ を式に代入し求めた CBR 値を図-7 の黒線に示す。いずれの Case の CBR 値においてもこの目標値を上回っていることから、施工時に必要なトラフィカビリティーを十分に確保できることが分かる。図-9 に各 Case の膨張比を示し、表-4 に土質材料の膨張比の目安を示す。表-4 から膨張比が 1% 以下であれば路床としては良好な状態であるものである。図-9 から各 Case においても膨張比は 1% 以下であり、路床としても良好な状態で用いることができることが分かる。以上の結果から、兵庫夢前は、施工時に十分なトラフィカビリティーを確保でき、その状態も良好なものとして用いることができると分かった。

4. まとめ 添加剤の混合率は、材料の締固め特性に影響を及ぼす。ドロマイトの添加量の増加による締固め密度の低下は、設計 CBR 値を減少させた。しかし、今回の材料については十分にダンプトラックの走行に必要なトラフィカビリティーを確保できることが示された。ドロマイトには、水和反応による固結効果が期待されるため、今後は長期的に強度変化を調べる必要があることが明らかになった。

図-3 各 Case の締固め曲線

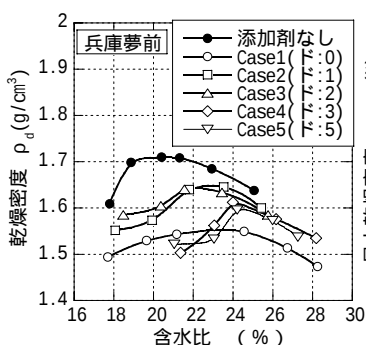


図-3 各 Case の締固め曲線

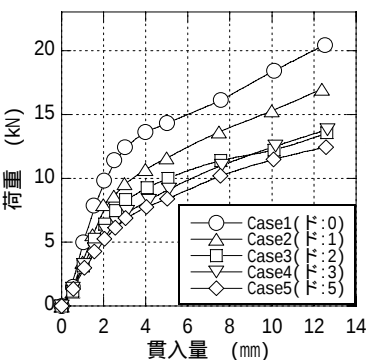


図-6 荷重-貫入量曲線

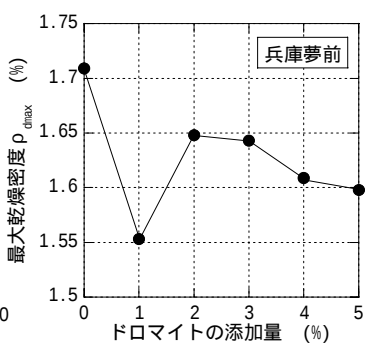


図-4 各 Case の最大乾燥密度

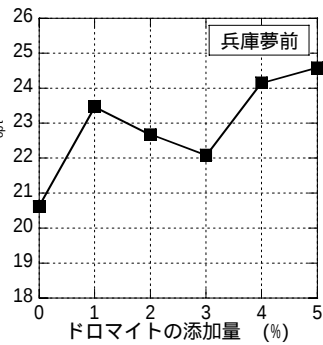


図-5 各 Case の最適含水比

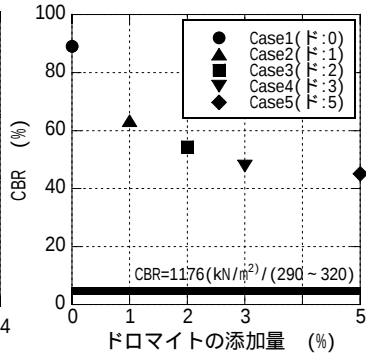


図-7 各 Case の設計 CBR 値

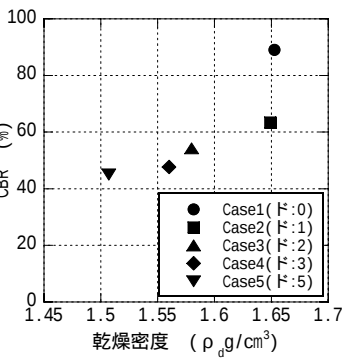


図-8 CBR と乾燥密度の関係

表-4 膨張比と路床の状態⁷⁾

路床の状態	膨張比 (%)
良好な状態	1以下
通常の状態	2以下
不良な状態	3以上
腐植土	7~20

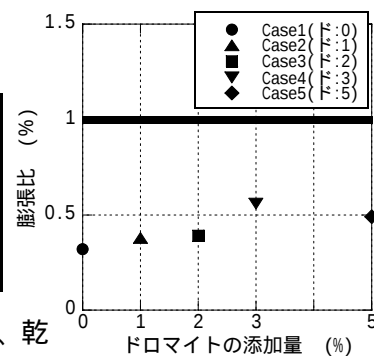


図-9 各 Case の膨張比

参考文献 1) 一般廃棄物の最終処分場及び産業廃棄物の最終処分場に係る技術上の基準を定める命令、総理府・厚生省令第2号、1998
2) 日本国土開発株式会社 <http://www.n-kokudo.co.jp/> 3) 武田都:新しい遮水土質材料の材料・力学特性、2005年度福岡大学卒業論文 4) 地盤工学会:地盤調査法、p.367、1995 5) 水野克己:最終処分場における遮土工の新技術の開発と研究、2003年度博士學位請求論文 6) 日本道路協会 <http://www.road.or.jp/> 7) 地盤工学会編:土質試験の方法と解説(第1回改訂版)、p.282、2000