

高品質粘土の材料特性の検討

透水性 粘土 締固め

NB 研究会 (国際) 藤原照幸、(正) 成島誠一、(正) 水野正之、(正) 稲元裕二

1. はじめに

廃棄物最終処分場の表面遮水層をはじめ、貯水池、調整池、農業用ため池の防水工事に対する遮水材料として耐久性・安全性の観点から土質系遮水層が多く適用されている。遮水性の高い良質な土質系遮水材料を施工箇所近傍で確保することが困難な場合には、その代替として現地発生土や比較的安価に現地調達できる原料土とベントナイトを混合した「ベントナイト混合土」が用いられるが、その場合、原料土の選定、適切なベントナイト配合量の決定、現場での煩雑な品質管理・施工管理が必要となる。そこで我々は、煩雑な品質管理や特殊な技能などを必要としない遮水工構築方法として、スメクタイト系鉱山から採掘した粘土鉱石を粒径 25mm 以下に粗砕した「高品質粘土」をそのまま転圧し遮水層を構築する方法を開発した。本報では、「高品質粘土」の材料特性について述べる。

2. 高品質粘土の基本的特性

2.1 粒度分布

図-1 に材料の粒度分布、図-2 に三角座標による土質分類を示す。概ね礫分より構成され、中分類で礫 {G} に相当する材料である。平均粒径 $D_{50}=5.7\text{mm}$ 、均等係数 $U_c=4.2$ であった。

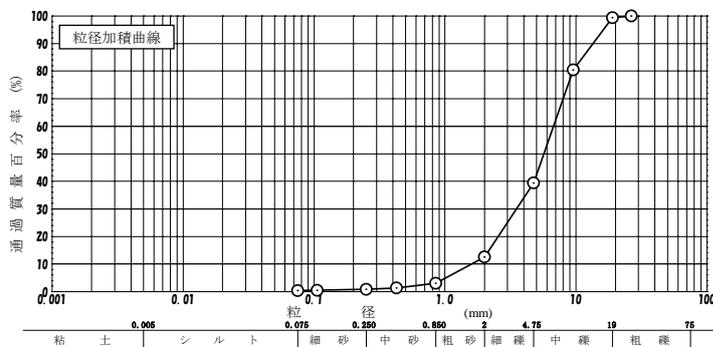


図-1 粒径加積曲線

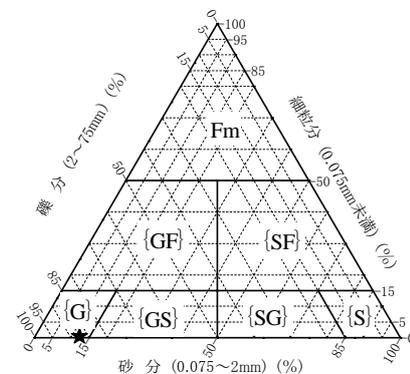


図-2 三角座標による土質分類

2.2 締固め特性と現場での品質管理方法に関する検討

材料の締固め特性（含水比～乾燥密度の関係、最大乾燥密度、最適含水比）を把握し、所定の締固め密度やトラフィックビリティが確保可能な含水比範囲を規定することを想定して、JIS A 1210 (A-c 法) により締固め試験を行った。最大乾燥密度 $\rho_{dmax}=1.203\text{g/cm}^3$ 、最適含水比 $w_{opt}=33.3\%$ であった。

次に、現場での締固め管理試験の方法に関して検討を行った。盛土の締固め管理では、通常、砂置換法や RI 計器を用いての現場密度測定により品質管理が行われる。しかしながら、高品質粘土は層厚 $t=50\sim 100\text{mm}$ の遮水層として敷設することを想定しており、このような比較的薄層状態のものを砂置換法や RI 計器により確認することは困難である。そのようなことから、高品質粘土敷設時の締固め管理試験として、コーン指数あるいは簡易支持力測定器（キャスポル）^{1),2)} により測定される衝撃加速度（インパクト値； I_a ）を指標とすることを検討した。

(1) 締固めた土のコーン指数

締固め度～含水比～コーン指数の関係を把握するための室内試験を実施した。試験は、含水比 8 点 ($w=20\sim 49\%$)、締固め度 3 ケースについて 1000cm^3 モールド内に締固めて供試体を作製しコーン指数 q_c の測定 (JIS A 1228) を行った。

図-3 には、締固め曲線上に試験実施ポイント（乾燥密度、含水比）とその時の q_c (MN/m²) を数値で示した。同じ締固め度での q_c 値を比較した場合、含水比が最適含水比よりもやや乾燥側で q_c 最大となり、含水比が高くなる（飽和度が高くなる）にしたがって q_c 値は減少すること、含水比が過剰に低い場合にも q_c 値が小さくなることがわかった。トラフィックビリティ確保の観点からコーン指数 $q_c \geq 1.5\text{MN/m}^2$ (参考；ダンプトラックが走行可能なコーン指数の目安 $q_c = 1.2\text{MN/m}^2$) を施工規格値とした場合の施工含水比範囲は、 $w=23\sim 39\%$ (締固め度 90%) となる。

(2) 簡易支持力測定器によるインパクト値

締固め度～含水比～インパクト値の関係を把握するための室内試験を実施した。試験は、含水比 6 点 ($w=20\sim 36\%$) について直径 35cm モールド内に所定の密度となるよう締固めて供試体を作製し、インパクト値を測定した。図-4 は、締固め曲線上に試験実施ポイント（乾燥密度、含水比）とその時のインパクト値 I_a を数値で示した。

Material characterization of of high-quality clay 【NB society】Teruyuki Fujiwara(Geo-Research Institute), Seiichi Narushima (Seibu Construction), Masayuki Mizuno(Hojun), Yuji Inamoto(Accumulation Technology)

コーン指数を管理指標とした場合と同様、含水比が最適含水比よりもやや乾燥側で Ia 最大となり、含水比が高くなる（飽和度が增加する）にしたがって Ia 値は減少すること、含水比が過剰に低い場合にも Ia 値が小さくなることがわかった。

2.3 透水係数

締固めた高品質粘土の遮水性能を確認するために土の透水試験方法（JIS A 1218, 変水位法）により、透水係数 k を求めた。

供試体寸法は、直径 10cm・初期高さ 2cm とした。供試体の作製は、予め計量した試料を鋼製モールド内で締固め度 100% となるよう締固めて作製した。なお、ため池等、覆土厚さが比較的薄い場合の遮水性を確認する目的から、上載荷重 0.15t/m^2 (1.5kPa ; 覆土 7.5cm 相当) の条件で透水試験を実施した。

図-5 には、初期の供試体高さを用いて計算した透水係数の経時変化を示す。開始後 30 日時点では透水係数は一旦 $k \approx 1 \times 10^{-9}\text{cm/s}$ まで低下したが、その後、徐々に透水係数はやや上昇し、経過日数 60 日以降、一定値 $k \approx 3 \times 10^{-9}\text{cm/s}$ を示した。試験開始後、水の浸透により膨張性粘土鉱物の膨潤により遮水性が低下するが、上載荷重が小さい場合にはさらに膨潤が進行し、供試体全体の(乾燥)密度 ρ_d が小さくなることによって透水係数が若干上昇するものと推察している。上載荷重 1.5kPa で透水試験を実施したことから、供試体高さは 2cm (初期) $\rightarrow 5.7\text{cm}$ (終了時)に膨潤したが、試験終了時高さから求めた透水係数は、 $k \approx 8.5 \times 10^{-9}\text{cm/s}$ であり上載荷重が極めて小さいケースに於いても高い遮水性能を有していることが確認できた。

3. まとめ

「高品質粘土」の材料特性を検討した結果、得られた知見は以下のようにまとめられる。

- ①敷設時の簡易な施工管理試験として、コーン指数あるいは簡易支持力測定器が適用できそうである。
- ②トラフィカビリティ確保の観点から施工時における材料の含水比規定は、 $w=23\sim 39\%$ が適切と判断される。
- ③遮水性については、上載荷重が極めて小さいケースに於いても $k=10^{-9}\text{cm/s}$ オーダーの高い遮水性能を有していることが確認できた。

今後、試験施工等を行い、撒き出しの際の効率、転圧時の状況なども加味して施工時含水比規定、品質管理方法を判断したいと考えている。

参考文献

- 1) 簡易支持力測定器 (キャスポル) 利用手引き, 国土交通省近畿地方整備局近畿技術事務所, 平成 17 年 6 月
- 2) 測定器使用マニュアル作成委員会基準 (案)「簡易支持力測定器による試験方法」(第 1 版), 国土交通省近畿地方整備局近畿技術事務所, 平成 8 年 5 月

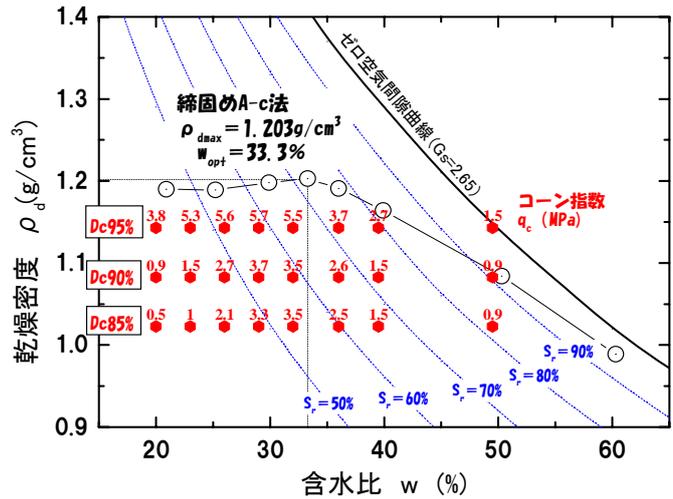


図-3 締固め曲線とコーン指数の測定値

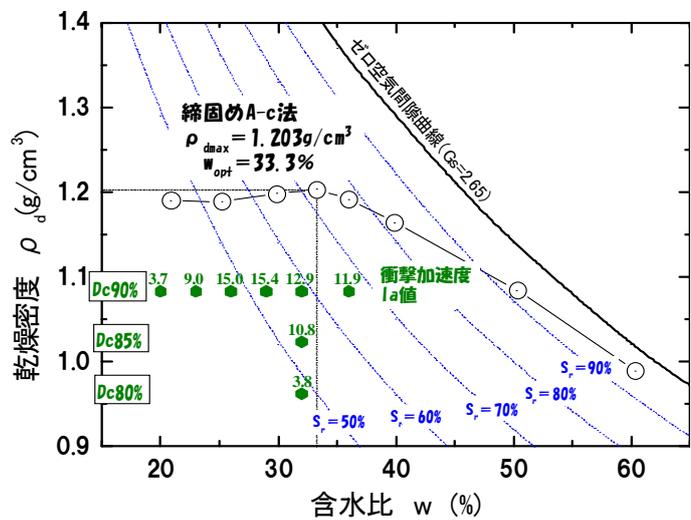


図-4 締固め曲線とインパクト値 (Ia) の測定値

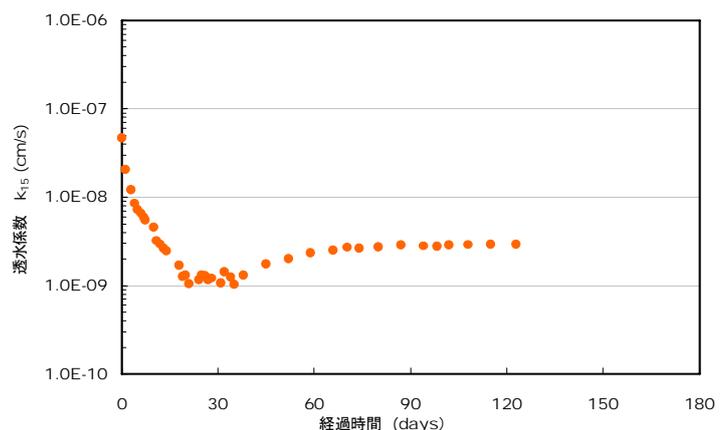


図-5 透水試験結果