

新土質系遮水材高品質粘土の実用化

NB 研究会 正会員 ○成島 誠一
(株) 地域地盤環境研究所 正会員 藤原 照幸

1. 開発の経緯

近年土質系遮水構造は、その耐久性の高さから多自然型川作りの河川ブランケット、ため池、廃棄物処分場、汚染土壌封じ込めなどに適用されている。そして現地発土や比較的安価に現地調達できる原料土と紛体ベントナイトを現地混合したベントナイト混合土で施工した実績が増えてきている。これは、近傍に良質な粘土がなくその代替としてベントナイト混合土を採用しているのが主な理由である。しかし原料土によっては、混合に適さないものもあり煩雑な品質管理や施工管理、あるいは混合むらなど様々な問題があった。そこで筆者らは、品質が均質であるスメクタイト系鉱山から採掘された粘土鉱石を粗砕し施工性、遮水性能、経済性が向上した高品質粘土を開発し物理的特性ならびに試験施工をおこない実用化に至ったのでこれらの知見について報告する。

2. 高品質粘土の物理的特性

高品質粘土は、スメクタイト系鉱山から採掘した粘土鉱石を粒径 25mm 以下に粗砕したものである。図-1 に材料の粒度分布を示す。材料は概ね礫分より構成され、中分類で礫 {G} に相当し平均粒径 $D_{50}=5.7\text{mm}$ 、均等係数 $U_c=4.2$ である。本論では中国産 PNA-NB001 の物理的特性について述べその遮水性能と施工上の品質管理指標を示す。

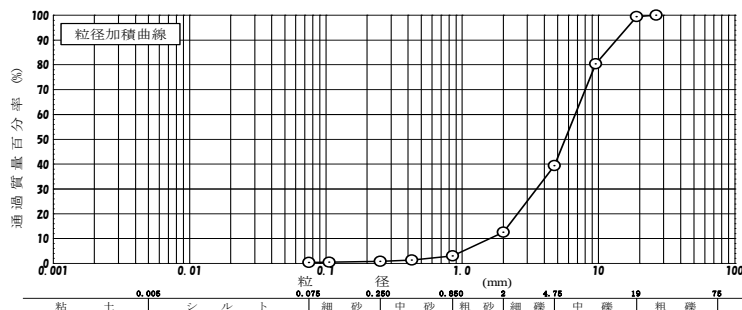


図-1 粒径加積曲線

2.1 締固め度と透水係数の関係

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 の供試体 3 ケースを作製し、予め計量した試料を鋼製モールド内で締固め度 90、85、80% となるように締固め作製した。但し、これに先立ち JIS A 1210 (A-c 法、締固めエネルギーは標準プロクター相当) により締固め試験をおこない材料の最大乾燥密度 $\rho_{dmax}=1.203\text{g/cm}^3$ 、最適含水比 $w_{opt}=33.3\%$ であった。なお、ため池等、覆土厚さが比較的薄い場合の遮水性を考慮し、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-2 に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。これによれば、開始後 10 日時点では透水係数は 3 ケース共に一旦 $k \approx 1 \times 10^{-9}\text{cm/s}$ まで低下した。その後、徐々に透水係数は上昇傾向を示し経過日数 30 日程度で定常状態となり締固め度 90、85% においては、一定値 $k \approx 3 \times 10^{-9}\text{cm/s}$ を示した。試験開始後、水の浸透により高品質粘土が膨潤し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する。結論としては、締固め度 85% 以上であれば透水係数 $k \approx 3 \times 10^{-9}\text{cm/s}$ が確保できることがわかった。

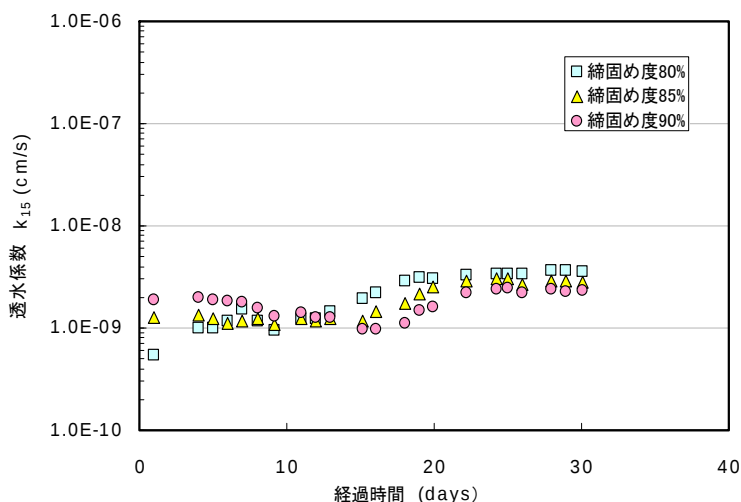


図-2 高品質粘土の透水試験結果

キーワード 高品質粘土、透水係数、コーン指数、インパクト値、歩掛

連絡先 〒105-0004 東京都港区新橋 1-18-4 新橋 MM ビル 4F NB 研究会事務局 TEL 03-3503-4861

2.2 締固め特性による品質管理

施工上、締固め管理試験の方法に関しては、一般に砂置換法や RI 計器を用いて現場密度測定により品質管理がおこなわれるが、高品質粘土は透水係数 $k \approx 3 \times 10^{-9} \text{cm/s}$ であることから、標準遮水層厚 $t=50\text{mm}$ の薄層構造が可能のため薄層で測定可能なポータブルコーンから得られるコーン指数あるいは簡易支持力測定器（キャスポール）により測定される衝撃加速度（インパクト値； I_a ）を指標とする検討をおこなった。

図-3 は、締固め度～含水比～コーン指数の関係を把握するため含水比 8 点 ($w=20, 23, 26, 29, 32, 36, 39, 49\%$)、締固め度 3 ケース ($D_c=95, 90, 85\%$) について直径 10cm・高さ 12.7cm の 1000 cm^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 に準拠) 結果より、トラフィカ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 $q_c = 1.2 \text{MN/m}^2$) を施工規格値と考え点線で囲まれた区域を施工下限域とした。一方簡易支持力測定器(キャスポール)によるインパクト値を適用するために、締固め度 85% のケースについて含水比～インパクト値 (I_a 値) の関係を把握するため含水比 5 点 ($w=23, 26, 29, 32, 36\%$) について供試体を作製し図-4 に示すようにインパクト値 I_a を測定した。その結果、コーン指数施工下限域と同様にインパクト値施工下限域を点線で囲まれた区域とした。以上より高品質粘土は、トラフィカビリティの観点から概ね $I_a \geq 9$ であれば $q_c \geq 1.5 \text{MN/m}^2$ を満足することがわかった。よって、施工上の品質管理は、面的かつ非破壊で管理できるキャスポールを選定し、 $I_a \geq 9$ を目安に管理することとした。

3. 試験施工による歩掛とまとめ

試験施工は、厚さ $t=50\text{mm}$ で幅員 1.3m～3.0m の舗設ができる小規模フィニッシャを適用し敷設状況および敷設速度、仕上がり状況を観察し歩掛を算定した。その結果、進捗 $V=1\text{m/min}$ で舗装幅 2.4m とし 7 時間稼動を想定し、転圧回数 6 回で概ね $I_a \geq 10$ が確保され一日当り施工出来高 $A=2.4\text{m} \times 60\text{min} \times 7\text{h}=1,008 \text{m}^2 \approx 1,000 \text{m}^2$ となり、100 m^2 換算歩掛で示すと表-1 になる。なお高品質粘土は、 $\rho_t=1.52\text{t/m}^3$ であったことから 100 m^2 当りの材料使用量を仕上がり厚さ $t=50\text{mm}$ 時、 $\rho_t=1.52\text{t/m}^3$ 、ロス分 10% とすると 100 m^2 当りの材料重量 $W_t=0.05 \times 1.52 \times 100 \times 1.1=8.36\text{t}/100 \text{m}^2$ を計上することとした。本論では、高品質粘土が締固め度 85% 以上の場合に透水係数 $k \approx 3 \times 10^{-9} \text{cm/s}$ の遮水性能を保持しフィニッシャ敷設により厚さ $t=50\text{mm}$ をキャスポールで簡易な品質管理ができる工法の実用化を述べた。筆者らは、既存技術と比較しても安全性、施工性、経済性いずれも向上した恒久的な遮水技術であると自負しており、今後様々な環境保全問題に活用して頂きたい。

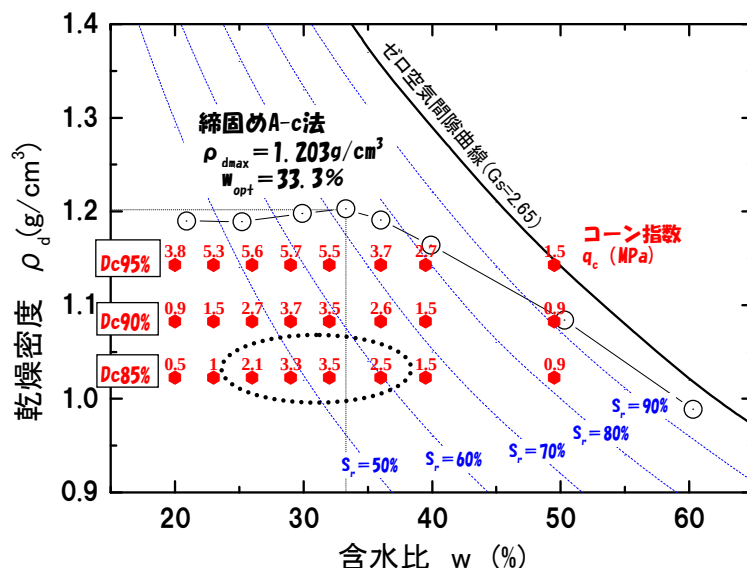


図-3 コーン指数の測定値

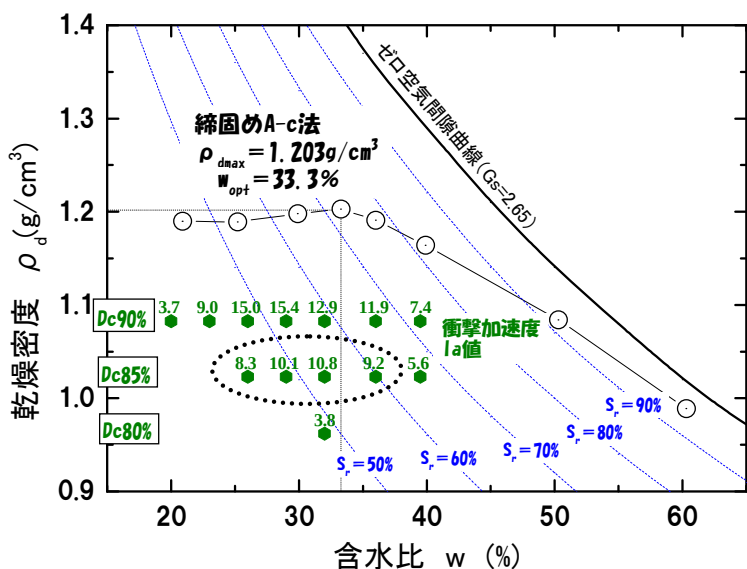


図-4 インパクト値 (I_a) の測定値

表-1 100 m^2 当り歩掛

名称	規格	単位	数量
土木一般世話役		人	0.1
特殊作業員		人	0.3
普通作業員		人	0.6
高品質粘土		t	8.36
アスファルトフィニッシャ(排対1次)ホイール型・舗装幅2.4~6.0m		日	0.1
ロードローラ(排対1次)マダラム・質量10~12t・締固め幅2.1		日	0.1
タイヤローラ(排対1次)質量8~20t		日	0.1
諸雑費		%	12

試験施工は、厚さ $t=50\text{mm}$ で幅員 1.3m～3.0m の舗設ができる小規模フィニッシャを適用し敷設状況および敷設速度、仕上がり状況を観察し歩掛を算定した。その結果、進捗 $V=1\text{m/min}$ で舗装幅 2.4m とし 7 時間稼動を想定し、転圧回数 6 回で概ね $I_a \geq 10$ が確保され一日当り施工出来高 $A=2.4\text{m} \times 60\text{min} \times 7\text{h}=1,008 \text{m}^2 \approx 1,000 \text{m}^2$ となり、100 m^2 換算歩掛で示すと表-1 になる。なお高品質粘土は、 $\rho_t=1.52\text{t/m}^3$ であったことから 100 m^2 当りの材料使用量を仕上がり厚さ $t=50\text{mm}$ 時、 $\rho_t=1.52\text{t/m}^3$ 、ロス分 10% とすると 100 m^2 当りの材料重量 $W_t=0.05 \times 1.52 \times 100 \times 1.1=8.36\text{t}/100 \text{m}^2$ を計上することとした。本論では、高品質粘土が締固め度 85% 以上の場合に透水係数 $k \approx 3 \times 10^{-9} \text{cm/s}$ の遮水性能を保持しフィニッシャ敷設により厚さ $t=50\text{mm}$ をキャスポールで簡易な品質管理ができる工法の実用化を述べた。筆者らは、既存技術と比較しても安全性、施工性、経済性いずれも向上した恒久的な遮水技術であると自負しており、今後様々な環境保全問題に活用して頂きたい。