

ベントナイトを使用し^{しきいち}閾値を越えた配合による複合しや水工構造事例

(株)豊順洋行(正)○水野克己 (財)大阪土質試験所本郷隆夫 戸田建設(株)高橋修

1. はじめに

ベントナイト混合土は、粒度調整材として透水係数を指標に配合・混合されている。近年最終処分場でしゃ水工構造を設計する上で性能規定型設計（漏水量を指標）が望まれているが、主材であるベントナイトは天産物のため物性が異なり又現地機械混合により製造されるため、しゃ水シートとベントナイト混合土（以下複合しゃ水工構造と呼ぶ）でベントナイト混合土の総厚が薄い場合、浸出水拡散防止の観点から又安定した品質を得るためには、従来の透水係数による指標だけでは不十分と考えている¹⁾。（表－１参照）著者らはより均一な不透水（図－１参照）にするために閾値(threshold)を越えた配合を行い、又ベントナイトの配合を高めることで不透水の連続性を維持（自己修復機能）を持った複合しゃ水工構造の施工を行ったので報告する²³⁾⁴⁾。（図－２参照）

表-1 ベントナイトの物性

ベントナイトの銘柄	赤城	スーパークレイ
産地	群馬産	USA産
呼称粒度(メッシュ番号)	250	250
乾式ふるい残査(53 μ m)	7.5	43.1
湿式ふるい残査(44 μ m)	7.4	5.1
粒度分布		
(%,通過質量百分率)		
5 μ m	66.4	89.5
2 μ m	58.0	82.9
膨潤力(ml/2g)	13.0	23.0
液性限界(%) 蒸留水	292.0	576.0
液性限界(%) 海水	89.5	278.0

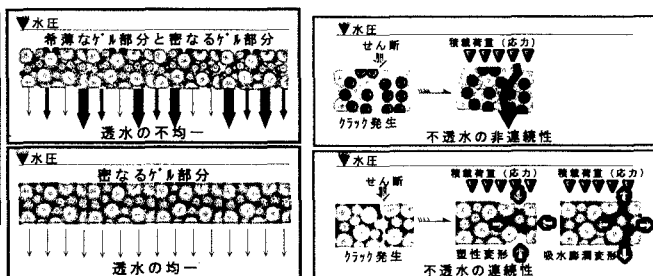


図-1 透水の不均一、均一のモデル 図-2 非連続性、連続性のモデル

2. 工事概要

本件（環境プラント工業一般廃棄物第2処分場）は圏域14市町村（鳥取西部広域行政管理組合、管理者米子市長）から排出されるゴミの一般廃棄物最終処分場（鳥取県西伯郡淀江町大字小波字林の奥地内）であり、1996年から1998年にかけて施工された。（ベントナイト混合土21,000m²、しゃ水シート65,420m²二重敷）

3. 構造・規格

ベントナイト混合土を厚くするより透水係数が小さいものが止水効果があり、又ベントナイト混合土を採用することでシート破損時の漏水量は破損ヶ所が大きい程、止水効果が大きくなることが浸透解析結果より得られている⁹⁾。ベントナイト混合土の厚さは、混合土内部を浸出水が通過する時間と混合土の体積変化が重要な要素と言われおり、このため重機施工による一層の施工厚さを 25cm、総厚を 50cm とした。最終処分場の底部複合しや水工構造は、浸出水が一時貯留された時に、最も負担がかかる重要な個所であることから、上部しや水シート（厚さ 1.5mm

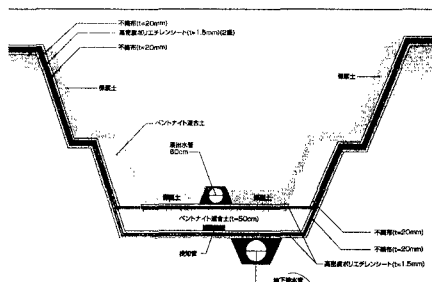


図-3 処分場断面図

HDPE) + ベントナイト混合土厚さ50cm、透水係数 $k \leq 1 \times 10^{-7}$ cm/sec + 下部シヤ水シート (厚さ 1.5mmHDPE) とした。(図-3, 図-4 参照)

2. ベントナイト及び使用する土質材料の選定

ペントナトの選定に当たっては、膨潤力 (ml/2g) と液性限界 (%) を指標に純天然 USA 産ペントナトを採用した。使用する土質材料は 40mm 以上礫やゴミを除去した現地発生土を採用した。(表-2 参照)

キーワード*：廃棄物処分場 waste landfill、閾値^{しきいち}threshold、ベントナイト混合土 compacted bentonite-soil liner

連絡先：550-0002 大阪市西区江戸堀 1-9-1 肥後橋センタービル3階 株式会社豊順洋行 TEL066-441-5141 FAX066-441-5145

3. 透水試験及び締固め密度の考え方

現地発生土の締固め試験を行って最大乾燥密度と最適含水比を求めた。締固め密度が 90%でベントナイト配合量を 5 ケース設定し透水試験を行った。締固め密度は、下部しゃ水シート（厚さ 1.5mmHDPE）を施工中に破損させないことを重要視し、配合及び施工管理では 90%以上とした。

4. 配合の求め方

ベントナイト配合の求め方は、土粒子間隙内のゲル密度状態が、連続した密なるゲル部分となる様に、^{しきい値}（threshold）を越えて配合する考えと、透水係数 $k \leq 1 \times 10^{-7}$ (cm/sec) から、図-5 グラフより配合量を乾燥重量比で 13.0%配合とした。

表-2 現地発生土の物性

一般物性	土粒子の密度 (ρ_s)	2.665 (g/cm^3)
	自然含水比 (w)	11.2 (%)
粒 度	はし分 (2~75mm)	15.7 (%)
	砂分 (75 μm ~2mm)	45.0 (%)
	シルト分 (5~75 μm)	27.1 (%)
	粘土分 (5 μm 未満)	12.2 (%)
	均等係数 (UC)	10.293
	細率係数 (UC)	1.37
	最大粒径	37.5 (mm)
土質分類	分類名	はし質泥り砂質土
	分類記号	SG
	試験方法	JIS B-5
締固め度	最大乾燥密度 (ρ_{dmax})	1.914 (g/cm^3)
	最適含水比 (w_{opt})	12.0 (%)

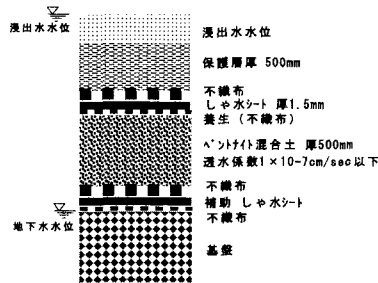


図-4 しゃ水工構造断面図

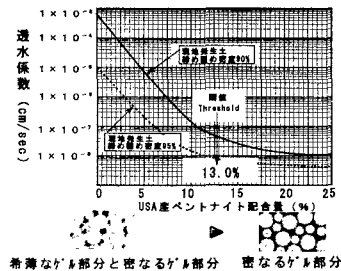


図-5 透水係数とベントナイト配合量

5. ベントナイトの混合方法及び品質管理

分級した現地発生土とベントナイトとの混合は、中央プラント混合方式とバックホウ混合方式の併用でおこなった。現地発生土の含水比を測定し配合管理をおこなった。混合のバラツキを確認するためにメレンプー吸着量試験をおこなった。混合方式の違いによるバラツキは認められなかった。

6. ベントナイト混合土の施工と施工管理

ベントナイト混合土は、2t ダンプにて現地へ搬入し 0.15 級バックホウにて、敷均しをおこなった。転圧は 4t 振動ローラーによる転圧をおこない 1 層を 25cm として 2 層に分けて 6 回以上転圧した。降雨対策として湧水処理設備を準備し又施工後降雨、乾燥防止対策として養生シートにて養生をおこなった。締固め密度管理は砂置換法を採用し締固め密度は 95% 以上であった。又砂置換法で採取されたベントナイト混合土で水道水及び人工海水 (Cl 濃度 60,000mg/l) にて透水試験を実施した。結果は所定の透水係数以下であった。

7. まとめ

不透水の連続性（自己修復機能）に関しては過去の論文で確認されており、本件で^{しきい値}閾値を越えた配合により、均一で不透水の連続性を維持するベントナイト混合土が確保できたと考えられる²⁾⁶⁾⁷⁾⁸⁾。本件試験施工及び施工に当たり、環境プラント工業（株）河本弘文氏には多大なる御理解と御協力を頂いた謝辞を申し上げます。

【参考文献】

- 1) 勝見、C.H.Benson、G.J.Foose、嘉門：廃棄物処分場遮水ライナーの性能評価について 廃棄物学会誌、Vol.10、No.1、pp.75-85、1999
- 2) Kenny, T.C. et al.: Hyd. cond. of comp. bentonite-sand mixtures, Can. Geo. J., vol.29, 364-374 (1992)
- 3) 近藤 三二：スリカイトの膨潤性と透水係数 スリカイト研究会会報 Vol.5、No.2、Nov., 1995、別刷
- 4) 五十嵐、水品、今村、末岡：ベントナイト・砂混合土の透水特性 第 31 回地盤工学研究発表会 PP329-330、1997.
- 5) (財) 大阪土質試験所：しゃ水シート破損時における漏水量解析報告書平成 9 年 8 月 12 日
- 6) 水野、本郷他：最終処分場における 3 層構造しゃ水システムの開発及び施工例 第 8 回廃棄物学会研究発表論文集、1997.
- 7) 水野：中嶋：本郷：ベントナイト混合土を使用した複合しゃ水工構造のしゃ水性評価検討 第 34 回地盤工学研究発表会投稿中
- 8) Benson, C.H., Zhai, and X. Wang, "Estimating Hydraulic Conductivity of compacted Clay Liners", Journal of Geotechnical Engineering, ASCE, Vol.120, No.2, pp.366-387, 1994