

1. はじめに 欧米型最終処分場のしゅ水工構造基準の設計思想は、しゅ水工構造そのものが長期的にわたって健全なものであることを第一とし、リスクの発生確率を下げることに重点がおかれている¹⁾。これはしゅ水シート（以下 GM と呼ぶ）は粘土ライナー（以下 CCL と呼ぶ）が浸出水に曝される領域を最小化するものとして考え、CCL（透水係数 $1 \times 10^{-7} \text{cm/s}$ 以下）が主材で、GM が補助材となっている²⁾。このため品質の安定した CCL を得るために現地発生土にベントナイトを混合したベントナイト混合土（Bentonite Compacted Clay Liners）が採用されている。しかし、適度にシルト・粘土分を含んだ充填性の良い粒度分布の良質な土が得られない事があり、ベントナイト混合土（以下 B-CCL と呼ぶ）を最終処分場において採用する上で、品質の安定した土質材料が求められていた。次に国内で製造される碎石は、工場が必要とする粒径になるように粉碎し、これを分級し各種産業用骨材として使用されているが、この工程から発生する微粒碎石粉の処理場確保と処理費用が生じ環境に対する問題が生じている。このため本件では碎石場から発生する微粒碎石粉を含んだ碎石砂を用いた B-CCL への適用の検討を行った。また実際の最終処分場のダブル複合しゅ水工構造（Double Geosynthetic Composite Liner 以下 D-CCL と呼ぶ）にあてはめた評価をおこない、微粒碎石粉を含んだ碎石砂を用いた B-CCL が土質しゅ水材料として有効である事が確認された。

2. B-CCL を基本としたダブル複合しゅ水工構造モデルの把握と試験の目的

検討と評価を行う前に、実際に適用される最終処分場の D-CCL モデルを検討し、課題と問題点を整理した。図-1 に B-CCL を基本とした D-CCL のモデルを示す。図 1 は B-CCL の修復と十分にプレ膨潤を得るために、モニタリングパイプにスメクタイト系粘土鉱物を主材とした複合コロイド溶液（Liquid Clay Colloid 以下 LCC と呼ぶ）を充填し、水和（飽和）が可能な構造を示している。³⁾

D.E.Daniel によれば、実際の処分場を含む 81 ヶ所の CCL の現場透水係数は、その内約 25% が $1 \times 10^{-7} \text{cm/s}$ 以下が得られていないことが報告されており、その原因の一つに粘土ライナーの締固めにおける最適含水比以下による転圧と CCL の乾燥と保護土による初期盛土の有効応力不足とされている。⁴⁾ このため微粒碎石粉を含んだ碎石砂を用いた B-CCL のしゅ水性の評価をするために、締め固度及び含水比の相違による透水係数の把握と、透水係数 $1 \times 10^{-7} \text{cm/s}$ 以下が得られない場合の対処方法を含めた試験を行った。

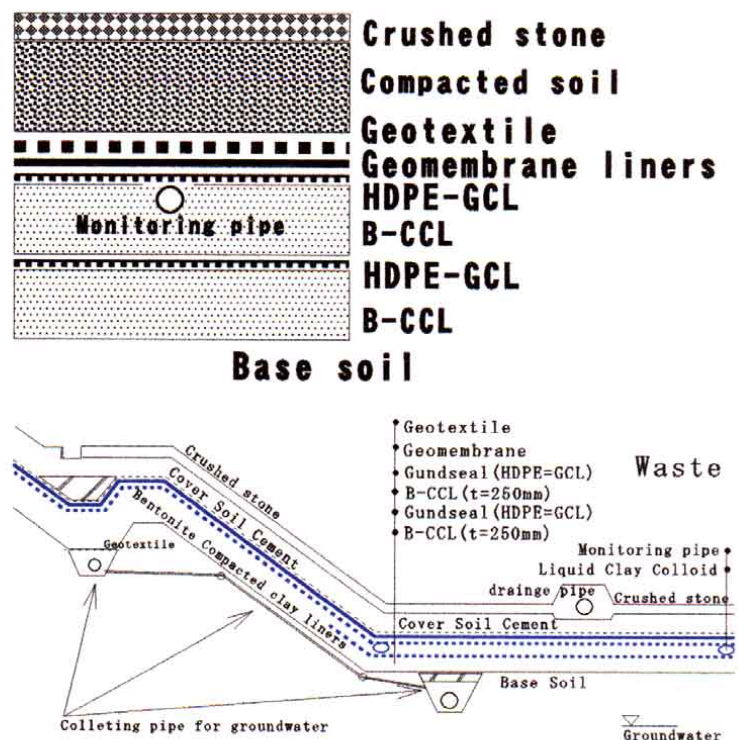


図1 B-CCLを基本としたダブル複合しゅ水工構造モデル

キーワード：リサイクル、モニタリング、透水、ベントナイト、廃棄物処分場、しゅ水工構造

連絡先：大阪市西区江戸堀 1-9-1 肥後橋センタービル (株) 豊順洋行 TEL06(6441)5141:FAX06(6441)5145

3. 試験内容

3.1 ベントナイトの配合決定 試験に用いた微粒砕石粉を含んだ砕石砂は群馬県甘木郡下二田町産を採用した。ベントナイトは純天然 USA 産ベントナイトを採用した。B-CCL の目標とする、しゃ水性は透水係数 $k \leq 1 \times 10^{-7} \text{cm/s}$ とした。ベントナイト配合量は微粒砕石粉混じり砕石砂の乾燥重量に対して閾値(threshold)を超えた配合(13.0%)とした。次に、締固め試験(A-c 法: $E_c = 55.125 \text{cm} \cdot \text{N/cm}^3$)により、B-CCL(13.0%)の最大乾燥密度 ρ_{dmax} と最適含水比 w_{opt} を求めた⁵⁾。

3.2 透水試験の条件と方法 透水試験の条件は、B-CCL の含水比 5%, 10%, 15%, 20%, 25% の 5 ケースで、締固め度 $\rho_{dmax} \times 80\%, 90\%, 95\%$ の 3 ケースを設定した。試験方法は B-CCL 供試体上部にステンレス板(上載荷重: 1kN/m^2)を載せ非拘束状態で、水道水で水浸飽和後、JIS A 1218 による透水試験を実施した。次に透水係数 $1 \times 10^{-7} \text{cm/s}$ 以下が得られない供試体においては、LCC を用いて同様に透水試験を実施した。

3.3 透水試験結果 水道水と LCC を用いた透水試験結果を図-2 に示す。締固め度 90 % および 95 % においては何れの含水比でも透水係数 $k \leq 1 \times 10^{-7} \text{cm/s}$ を満足し、締固め度 80 % においては透水係数 $k \leq 1 \times 10^{-7} \text{cm/s}$ を満足する結果が得られなかった。しかし、LCC にて再浸透させることで、透水係数 $k \leq 1 \times 10^{-7} \text{cm/s}$ を満足する結果が得られた。

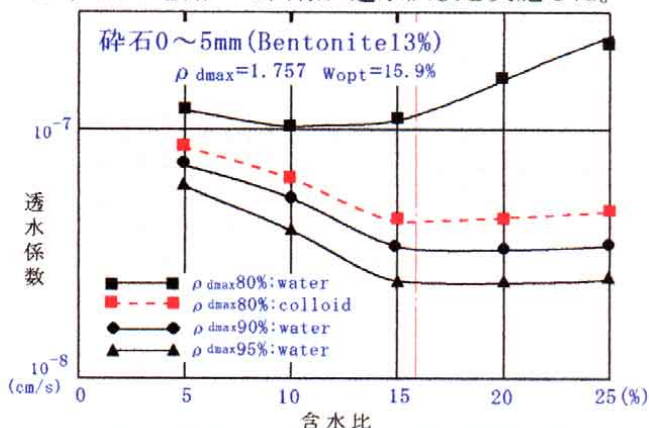


図-2 水道水とLCCを用いた透水試験結果

4. 試験の考察 図-2 より B-CCL の透水係数

れる最適含水比より若干大きい値で最小透水係数が得られ、含水比の増加に伴い若干増加傾向を示している。これは締固め時の含水比の差によって透水係数に大きく影響を及ぼすことが判断できる。次に締固め度 80 % では最適含水比より若干含水比が少ない値から透水係数が増加する傾向を示し、LCC にて再浸透した供試体は、締固め度 90 % および 95 % と同様な傾向と透水係数 $k \leq 1 \times 10^{-7} \text{cm/s}$ を示した。以上から、最適含水比付近まではベントナイトの吸水膨張と吸水された水分子自身がベントナイトの拡散電気二重層により水分子の移動をインピードされるが、最適含水比を超えることで土粒子間隙内に含まれる自由水が多くなることで透水係数が増加する。この土粒子間隙内に含まれる自由水を LCC の浸透により置き換える事で、土粒子間隙内に連続的なコロイドゲルが形成され透水係数が低下したと推察される。

5. ま と め ベントナイト混合土の透水係数は、含まれるベントナイト・ドメインの状態(プレ膨潤またはプレハイドレーションしたベントナイト集合体の状態)や含水比、密度、粒度、粒子配列など多くの因子に影響されると考えられるが、本実験結果より微粒砕石粉を含んだ砕石砂を用いたベントナイト混合土が土質しゃ水材料として有効である事が確認された。またダブル複合しゃ水工構造で LCC にて飽和可能なモニタリングパイプ等の構造を採用することで、締固め度不足や含水比低下による透水係数が得られない場合、第一暴露効果(First Exposure Effect)⁶⁾の溶液として LLC の採用が効果的であることが確認された。なお貴重な情報と助言を頂きました、イリノイ大学土木工学部長 Professor Dr. Daniel に謝辞を表します。

(参考文献)

- 1) 嘉門雅史(1999):廃棄物埋立処分場の構造基準について、廃棄物学会誌, Vol.10, No.2, pp.142-155.
- 2) 勝見武(1999):廃棄物処分場に適用されるしゃ水性粘土ライナーについて、スリット研究会 会報第9巻第2号, pp11-22.
- 3) 水野克己, 他(1999):最終処分場における自然加圧修復システムの開発(室内修復実験・実規模修復実験), 地盤工学会 第3回環境地盤工学シンポジウム, pp67-72.
- 4) D.E.Daniel: Landfills for Solid and Liquid Wastes. Environmental Geotechnics, Seco e Pinlo (ed), pp.1231 -1245, 1998.
- 5) 水野克己, 本郷隆夫, 高橋修(1999):ベントナイトを使用し閾値を越えた配合による複合しゃ水工構造事例, 第54回年次学術講演会土木学会 VII-239, pp479-478.
- 6) 勝見武, H.-Y.Jo・C.H.Benson・T.B.Edil(1999):ジオンセディックレライナーの無機化学物質溶液に対するしゃ水性能, ジオンセディックス論文第14巻, pp360-369.