

ベントナイト充填布製型枠しゃ水工法の開発（その1）

- ベントスロープ工法の概要と室内透水試験結果 -

大林組土木技術本部 正員 日笠山徹巳 正員 黒岩正夫 石田道彦
 大林組技術研究所 正員 森拓雄 松尾龍之
 旭化成ジオテック(株) 正員 鍋嶋靖浩 中村雄吉
 カーボフォル・ジャパン(株) 阿部真

1. まえがき

著者らは、しゃ水面に布製型枠を敷設し、その中に粒状ベントナイトを空気圧送等で充填することによってしゃ水層を構築する工法（ベントスロープ工法-Bentonite Super Low Permeable Liner-）の開発を行っている。本工法は、布製型枠により拘束されたベントナイトが吸水、膨潤することでしゃ水効果を発揮するもので、従来の土質しゃ水工における転圧締固めが不要となり、勾配の急な法面での施工が容易である。本文は、この工法の概要を示すとともに、本工法の開発に伴う各種室内透水試験結果について報告するものである。

2. 工法の概要

BtS 工法の施工は、袋状に加工した布製型枠（ポリエステル織布）を法面に敷設し、その中に充填管を用い、粒状ベントナイトをブロー等により空気圧送するものである。充填されたベントナイトは、上下織布を糸（「連結糸」と称す;ポリエチレン）で連結した布製型枠により拘束され、吸水、膨張することによってしゃ水層を形成する。図-1 にベントスロープ工法（「BtS 工法」と称す）の概要図を示す。

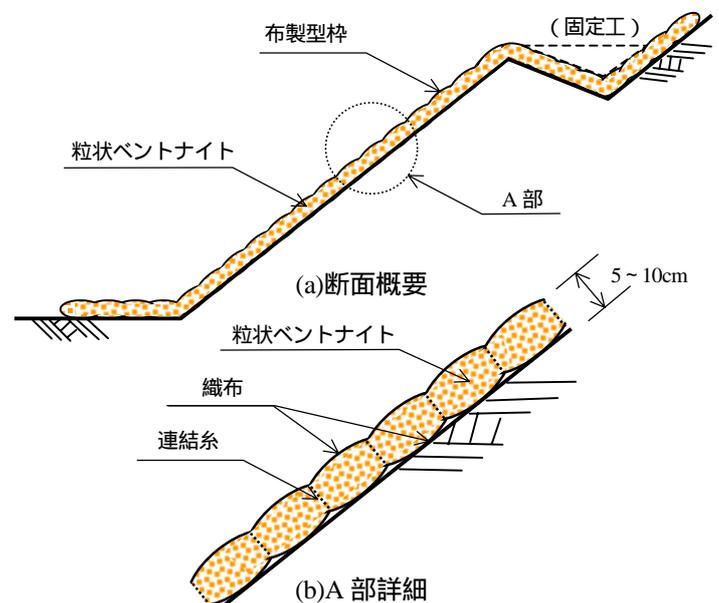


図-1 ベントスロープ工法の概要図

3. 粒状ベントナイトの透水試験

3.1 粒状ベントナイトの基本物性 今回各種室内透水試験で使用した粒状ベントナイトの基本物性を表-1 に、粒径加績曲線を図-2 に示す。表-1 には粒状ベントナイトの膨潤性を評価するために、同材料をすり潰し、粉体としたベントナイトの膨潤力試験を行った結果も示す。

これらより、今回の試料は5mm以下の単一粒径の礫粒土であり、膨潤性はすり潰し粉体とした場合、市販の粉体ベントナイト相当の膨潤力を示すことがわかった。

3.2 室内透水試験

3.2.1 試験要領 粒状ベントナイトの膨潤作用に及ぼす電解質溶液（処分場の浸出水を想定）の影響を把握するために、膨潤過程で水道水および電解質溶液を用いた。また、膨潤過程を水道水で行い、その後の透水過程で電解質溶液を用いたケースも行った。表-2 に室内透水試験の概要および試験要領、ケースをまとめて示す。なお、電解質溶液は CaCl_2 溶液を用い、 Cl^- の量が $60,000\text{mg/L}^{-1}$ になるように調整した。試験は恒温室（25）で行った。

3.2.2 透水試験結果 透水試験の結果として、各ケースにおける圧力と透水係数の関係を図-3 に示す。パターン A より、水道

表-1 粒状ベントナイトの基本物性例

項目		試験値	特記
自然含水比	wn(%)	10.4	
粒 度	均等係数	U _c	2.60
	曲率係数	U' _c	0.91
膨潤力		(mL/2g)	19
			すり潰した試料

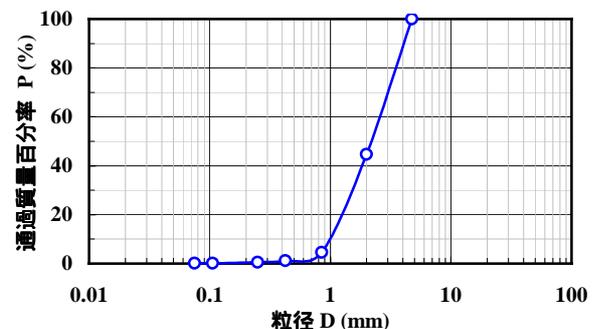


図-2 粒径加績曲線

キーワード：ベントナイト、布製型枠、しゃ水工、膨潤、透水試験、斜面

連絡先：(株)大林組土木技術本部 〒108-8502 東京都港区港南 2-15-2-B 棟 Tel03-5769-1054 Fax03-5769-1905

水による膨潤および透水過程を経た場合、粒状ベントナイトの透水係数は $2 \times 10^{-9} \text{cm/s}$ 程度であり、難透水性材料と評価される。電解質溶液で行ったパターン B では、透水係数は $3 \times 10^{-6} \text{cm/s}$ 程度であり難透水性材料とは評価しがたい。一方、膨潤過程で水道水を用い、十分な膨潤過程を経たパターン C では、透水過程で電解質溶液を用いても、透水係数はパターン A と同程度を示した。つまり、本工法をしゃ水層（難透水層）として機能させるためには、ベントナイト充填後、しゃ水構造としての供用前にベントナイトの膨潤を阻害しないような水を給水し、膨潤を促進させる必要がある。

表-2 室内透水試験の仕様

項目	緒言		
モールド	10cm×h5cm		
密度条件	最小密度状態（スプーン法）		
試験法	加圧透水法		
手順	膨潤過程	全層通水し、12hr放置	
	透水過程	0.025～0.5MPaに段階的に加圧	
試験ケース	（膨潤過程）	（透水過程）	
ケース	パターンA	水道水	水道水
	パターンB	電解質溶液	電解質溶液
	パターンC	水道水	電解質溶液

4. 連結系を考慮した透水試験

4.1 試験ケース BtS 工法のしゃ水性能を評価する場合、連結系からの水の流出が懸念される。そこで、供試体に連結系4本を流向に沿って設置(断面配置を図4に示す)し、前述の装置を用いて透水試験を行った。なお、用いた連結系は、より糸（1.4mm）と、この表面に樹脂をコーティングしたもの（1.3mm）およびテープ状の連結系（「テープヤーン」と称す；幅2.5mm×厚0.04mm）である。

4.2 透水試験結果 各種連結系を考慮した透水試験結果として、得られる透水係数を連結系なしと比較して図-5に示す。

その結果、連結系なしつまりベントナイトのみと比較すると、より糸を設置した供試体の透水係数は10～100倍大きく、同材料をコーティングしたものおよびテープヤーンの透水係数は同程度であった。このことより、より糸では燃った糸の間からの水が流出し、BtS 工法のしゃ水性の信頼性を低下させると考え、連結系なしと同程度の透水係数が得られるテープヤーンタイプを連結系として選択した。

5. 長期透水試験

BtS 工法における透水係数の長期安定性を確認するために、上述の加圧透水試験装置を用いて、現在も長期透水試験を実施中である。その中間報告として、試験条件とともに試験開始後約230日経過時における透水係数を表-3に示す。

この結果、連結系の有無に関わらず、膨潤過程に水道水を用いることにより電解質溶液を透水させても、 10^{-9}cm/s のオーダーの透水係数で推移している。

6. まとめ

BtS 工法の開発に際し、各種室内透水試験を行い、工法の基本となるしゃ水性能（粒状ベントナイト、連結系）を確認した。今後、試験施工を通じ、粒状ベントナイトの充填性やベントナイトを膨潤させるための施工法を確認するとともに、現場で構築されるしゃ水層の透水係数を評価する予定である。

《参考資料》1)樋口、「諸外国の埋立技術と日本の埋立技術」、廃棄物学会関西地区'98 施設見学会&セミナー、1998.11

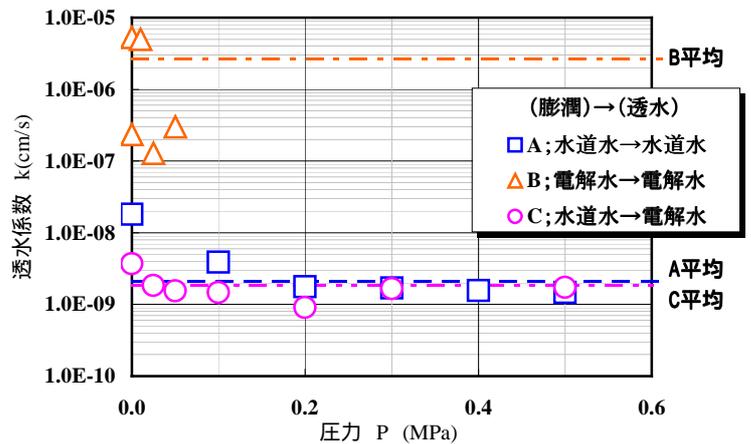


図-3 粒状ベントナイトの透水試験結果

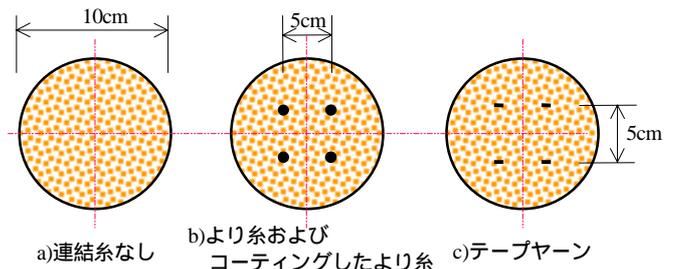


図-4 連結系を考慮した透水供試体断面

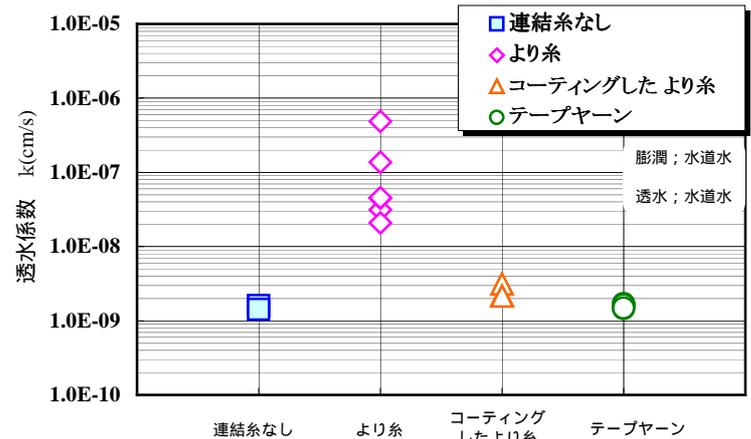


図-5 連結系を考慮した透水試験結果

表-3 長期透水試験結果

連番	連結系	膨潤過程	透水過程	透水係数 k(cm/s)
No.1	なし			6.9E-09
No.2	テープヤーン 4本	水道水	電解質溶液 ¹⁾	6.8E-09
No.3			圧力0.1MPa	6.9E-09

1)電解質溶液;CaCl₂溶液(Cl⁻量60,000mg/L)