

ベントナイト膨潤シート：クレイマックス

岡三興業株式会社 小 浪 岳 治

1. まえがき

水を制御する治水技術の歴史において、古代ローマでは水道橋に石材が用いられ、我が国の水耕田では土や木材が築堤材料として利用されてきた。特に、溜池などに刃金材と呼ばれる水を透過し難い粘土が用いられており、この透水性の低い層を構築する技術は一般的に「遮水工」の一つとして知られている。従来の貯水池、調整池などの漏水防止のための遮水工は、おもに土質材料により行われてきたが、近年では透水性地盤上に調整池を造成したり、経済的な遮水性築堤材料の入手が困難な場合が見られる。このような場合、ジオメンブレンの他に難透水性で耐久性に優れ、施工も簡単なジオシンセティッククレイライナー(GCL)が使用されるようになってきている。図-1はGCLを用いた標準的な溜池遮水工である。「クレイマックス」はベントナイトと織布を組合わせたGCLに分類される遮水材料の一つであり、シートとしての特徴と遮水性築堤材料と比較しての利点は次の通りである。

- ・シートの接合は、現場で重ね合わせるだけでよい。
- ・比較的軽微な損傷に対しては自己修復して遮水性能を維持する。
- ・施工が簡単で早く、比較的経済的であり、省力化できる。
- ・少ない体積で大きい面積が施工できる。
- ・工場において品質管理できる。
- ・溜池などの斜面において景観修復が可能である。

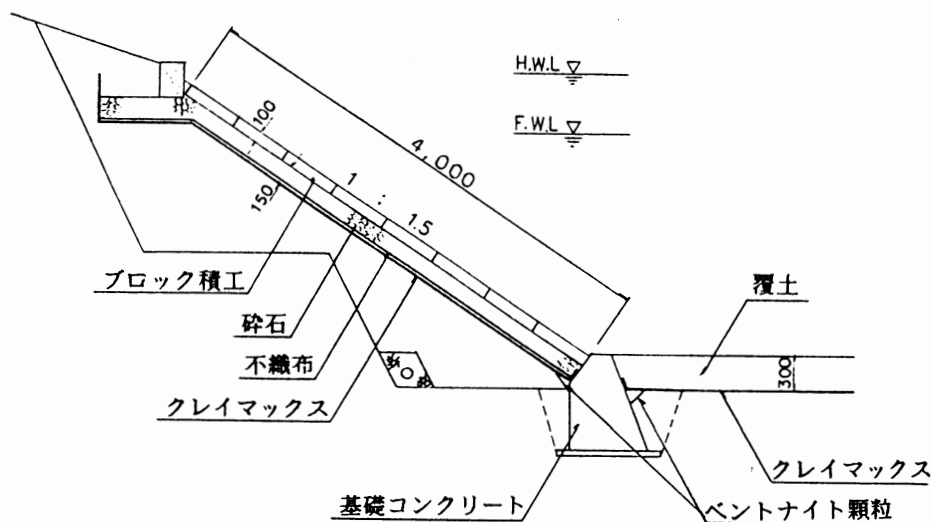


図-1 クレイマックスを用いた溜池遮水工

一方、世界的に環境保全に対する意識の高まりのなかで、清浄な水を汚さず、汚染された水を一定の空間内に隔離することが重要となっている。このようなことから、欧米諸国において、ジオシンセティックス(土木用の繊維材料、高分子材料の総称)を有効に利用した廃棄物最終処分場

が基準化されている。米国の EPA の基準¹⁾では廃棄物処分場における種々のライナーの使用方法を示しており、廃棄物処分場の難透水層として、透水係数 10^{-7} cm/s 以下、厚さ約 60cm 以上の粘土層を設けるよう義務付けている。クレイマックスは、この粘土による難透水層の代替となるもので、米国において GCL として最初に開発された製品である。

本報では、クレイマックスの基本性能と標準的な設計・施工の考え方を紹介する。

2. クレイマックスの規格

クレイマックスは、ベントナイトの上下をポリプロピレンの織布で挟んだ構成となっており、表-1 に示す製品仕様となっている。また、GCL のベントナイトには接着剤を用いるが、その量により異なる膨潤特性を示す。クレイマックスはベントナイトの膨潤特性を保持して遮水機能を高めるため、接着剤の使用を最小限に止めてベントナイトを織布シート類で挟む構造としている。

表-1 クレイマックスの規格

ベントナイト含有量	4.6 kg/m ²
厚 さ	4 mm
寸 法	4.1m×30m
製 品 重 量	610 kgf

※ベントナイト含有量と重量は含水比 20%における値

3. ベントナイト

クレイマックスは水中で著しく膨張して安定なゲルを生成するナトリウムモンモリロナイトを主成分とするベントナイトと織布により構成された遮水材料であり、世界的に有名な Wyoming 州において多量に産出するワイオミングベントナ

表-2 ベントナイトの特性

項 目	試験方法	数値	単位
自由膨潤	USP-NF-XV II	30	ml
脱 水 量	API 13A	15	ml
吸 水 率	ASTM E946	800	%
含 水 比	ASTM D4643	20	%

イトを用いている。良質なナトリウムベントナイトは、静水中においてナトリウムイオンが著しく解離して、ベントナイト粒子のまわりに大きな吸水層を形成するために、大きな粘性と良好な難透水性を示す²⁾。また、静水中で飽和された場合、10～15 倍に膨潤するが、覆土などの拘束圧により膨潤を制限された場合、さらに優れた遮水性層を形成する。表-2 はクレイマックスに用いる標準的なベントナイトの特性を示している。

4. 遮水性能

クレイマックスは、ベントナイトの膨潤を覆土などの拘束圧により、表-3 に示す様な優れた遮水性能を発揮する。図-2 は種々の拘束圧におけるクレイマックスの膨潤による厚さの変化を示しており、拘束圧の増加に伴い膨潤が制限され、2000psf

表-3 クレイマックスの透水係数

有効拘束圧	試験方法	数値	単位
35KPa	ASTM D5084	5×10^{-9}	cm/S
200KPa	ASTM D5084	5×10^{-10}	cm/S

(約 1.0kgf/cm²)程度 のとき、厚さに変化のないことが分かる。また、図-3 は幾つかの機関の透水試験により得られたクレイマックスの透水係数と拘束圧の関係を示している。クレイマックスの透水係数は、拘束圧の増加と共に小さくなり、遮水性能を期待できることが確認されている。

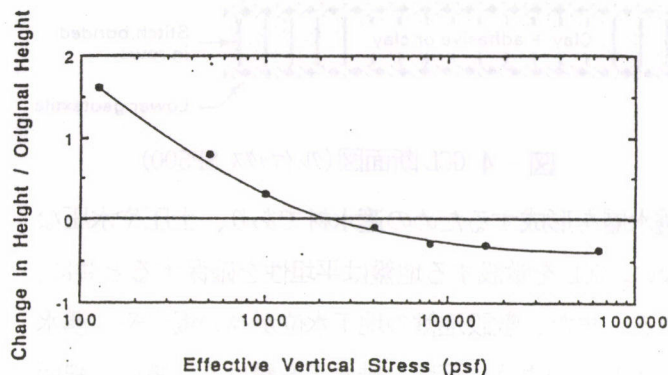


図-2 拘束圧と厚さの変化の関係

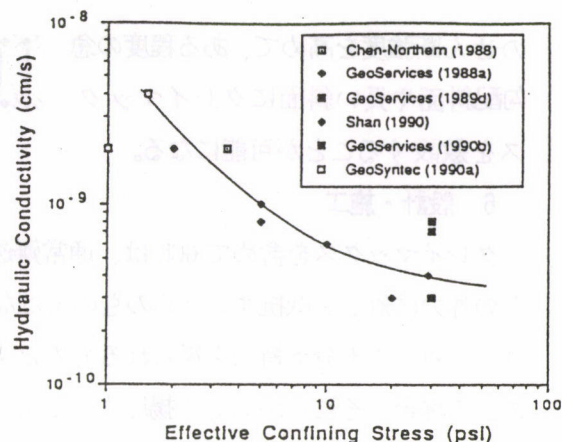


図-3 拘束圧と透水係数の関係

クレイマックスの接合は粗い目の織布シートでベントナイトを挟んでいるため、現場において所定の重ね合わせにより写真-1のような遮水層を形成でき、その透水係数は通常の値と同等である。さらに、現場における不測のシートの損傷に対しては、写真-2に示される様にベントナイトの膨潤により損傷を修復する特性（損傷修復特性）を有している。

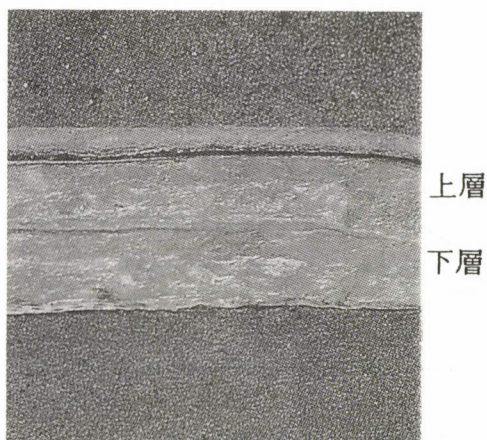


写真-1 クレイマックスの重ね合せ部

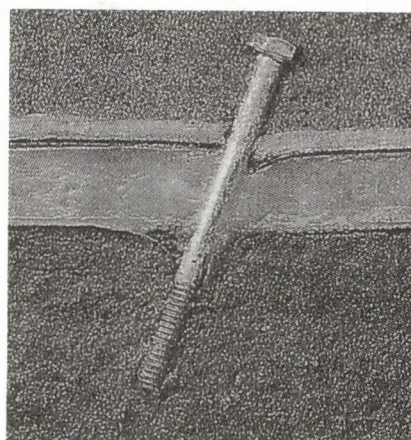


写真-2 クレイマックスの損傷修復特性

5. 力学特性

クレイマックスを斜面に敷設する場合や、敷設する地盤の変形を考慮する場合には、クレイマックスの力学特性を把握して検討しなければならない。ベントナイトを挟む織布シートの引張り強度とクレイマックス

表-4 クレイマックスの力学特性

項 目	200R	500SP
織布シートの基準引張り強度 T	1.1tf/m	1.1tf/m
クレイマックス内部粘着力 c_0	0tf/m ²	2.4tf/m ²
クレイマックス内部摩擦抵抗角 ϕ_0	10度	0度

内部のせん断強度は表-4に示す通りである。ここで、200Rはベントナイトを織布シートで挟んだ構造のものであるが、500SPはクレイマックスの内部せん断強度を補強するために、上下のシートを縫い合わせて図-4に示す構造としたものである。この構造により、クレイマックス内部

のせん断強度を高めて、ある程度の急勾配斜面や長い斜面にクレイマックスを敷設することが可能になる。



図-4 GCL断面図(クレイマックス SP500)

6. 設計・施工

クレイマックスを含めて GCL は、通常難透水層を形成するための遮水材であり、土圧や水圧などの外力に対して抵抗するためのものではない。GCL を敷設する地盤は平坦性を確保すると共に、外力に対して十分支持力を得られるものとする。また、敷設地盤の地下水位が高い場合や、湧水のある場合、それらが GCL の揚圧力として作用しないように適切な排水工を設ける。特に、斜面に敷設する場合には、覆土とクレイマックス表面においてすべりを生じない勾配と土質を選定することが重要である。一般的に無限斜面の安定は、図-5 に示す力の釣り合い³⁾により検討する。さらに、織布シートに生じる引張り力に対して、織布シートの破断を伴わない斜面長および覆土厚さとして、斜面上部において引張り力に抵抗できるように図-6 に示す様なトレンチ等のアンカー工を設けるものとする。

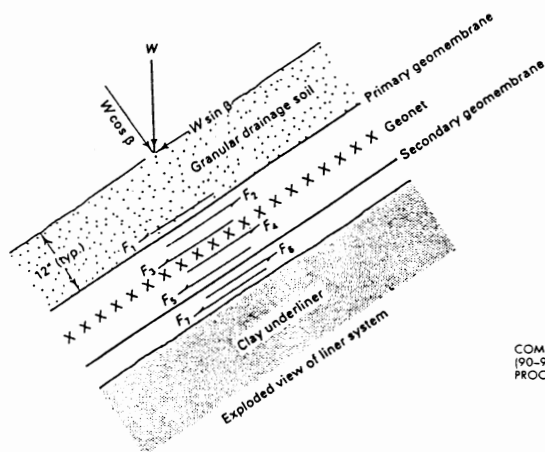


図-5 無限長斜面の力の釣り合い

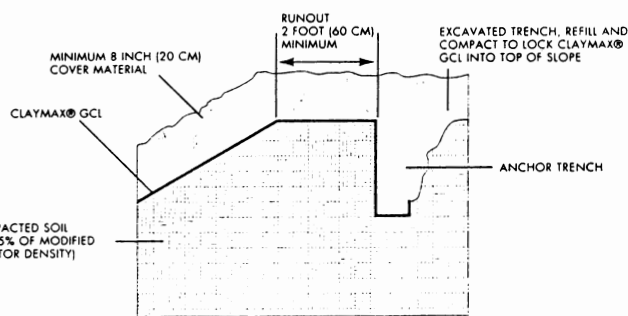


図-6 斜面上部のアンカー工

7. あとがき

ベントナイトとジオテキスタイルを複合した GCL は、1980 年代に開発され、欧米の廃棄物処分場における遮水工を中心に普及してきている。クレイマックスは、その特徴を生かした適切な設計・施工に基づき、廃棄物処分場や溜池・貯水池等の遮水材料として、我が国においても今後広く利用される見込みである。

《参考文献》

- 1) EPA: Requirements for Hazardous Waste Landfill Design, Construction, and Closure, 1989.
- 2) 沖野文吉: ボーリング用泥水, 技報堂出版株式会社, 1981.
- 3) R. M. Koerner: Design with Geosynthetics (Third Edition), 1994.