Geosynthetics Clay Liner の力学特性と斜面上での安定性評価

宇都宮大学大学院工学研究科　学生会員　○鈴木　由人
宇都宮大学大学院工学研究科　正会員　　今泉　繁良
宇都宮大学大学院工学研究科　正会員　　中村　真司

1.　はじめに

廃棄物最終処分場は、廃棄物を埋め立てて、環境に負荷を与える有害な物質を長い年月をかけて無害化および安定化させて環境に同化させることを目的としている。したがって、この期間、有害な物質が廃棄物最終処分場の外へ出ることがないよう安全を確保できる施設でなければならない。わが国では、1998 年に二重遮水工の敷設が義務付けられたことに伴い、Geosynthetics Clay Liner (GCL)も新材料として利用が試みられているが、設計方法等について未解明な点もある。例えば、GCL が斜面に敷設された場合の安定性評価方法はいまだ確立しておらず、斜面上端にブロックを置いてシートのずれが防がれているだけである。

本研究では、水浸時間とせん断強度特性との関係などを実験的に明らかにし、この特性に基づき斜面上の GCL の安定性を検討する。なお、斜面上の多層遮水工を図-1 のように仮定する。

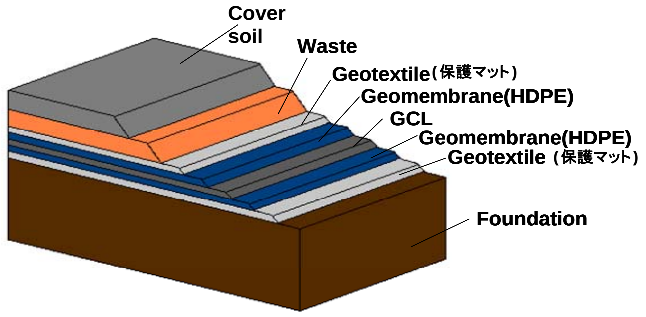


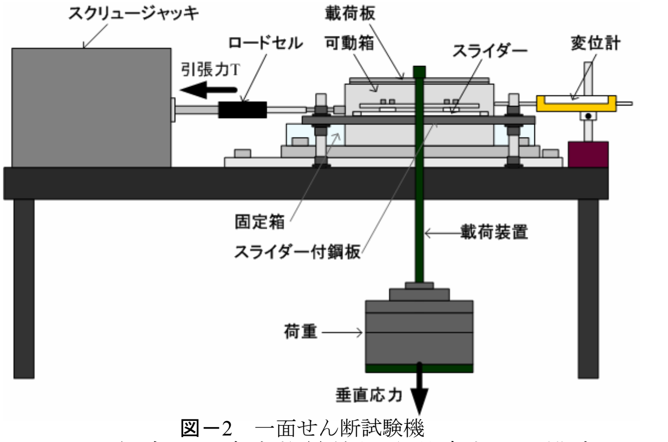
図-1　廃棄物最終処分場の多層遮水工

2.　実験試料

実験に用いた GCL 試料は 2 種類であり、1 つはベントナイトを粘土状に製造し、ジオテキスタイルで挟み込み、接着剤によって貼り付けた湿潤ベントナイト GCL である。もう一方は、粒状のベントナイトをジオテキスタイルで挟み込み、補強繊維によって上下を縫い合わせたニードルパンチ GCL である。

3.　GCL のせん断特性

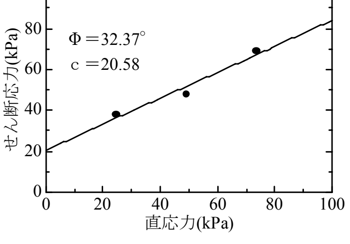
GCL のせん断強度を測定するために一面せん断試験を実施した。図-2 に一面せん断試験機を示す。



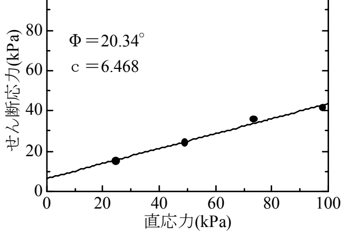
図－2　一面せん断試験機

図-1 に仮定した廃棄物最終処分場遮水工の構成に関して、HDPE シートと GCL 織布および HDPE シートと GCL 不織布の境界面での一面せん断試験を行った。試験では、上部可動箱と下部固定箱に異なる材料を設置して、垂直応力のもとでせん断応力を負荷し、その境界面でせん断させた。また、GCL 内部のベントナイト層での一面せん断試験も行った。この試験では、上部可動箱と下部固定箱の境界面に GCL が位置するように供試体を設置し、これに垂直圧力を加えた状態でせん断応力を測定した。さらに、以上の 2 つの試験の場合とも供試体を水浸させた後、せん断する試験も行った。水浸に際しては、垂直応力を加えてから水浸させた。試験から得られた最大せん断応力τ_pと垂直応力σ_nの関係から粘着力 c と内部摩擦角Φを算出した。

図-3、図-4 は湿潤ベントナイト GCL のベントナイト層に着目した一面せん断試験結果である。



図−3　GCL 層内部の非水浸状態



図−4　GCL 層内部の 30 分水浸

キーワード　Geosynthetics Clay Liner、せん断強度特性、膨潤性
連絡先　〒321-8585 栃木県宇都宮市陽東 7-1-2　宇都宮大学大学院工学研究科　地域施設学研究室　Tel 028-689-6218

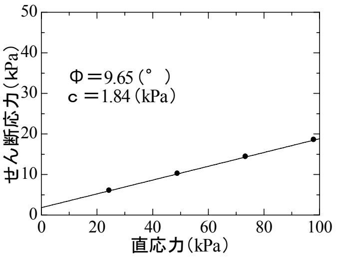


図-5　HDPE－GCL 織布

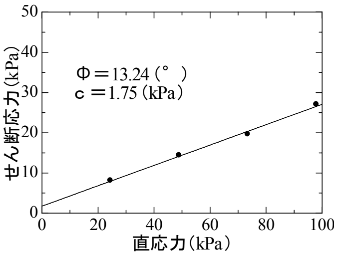
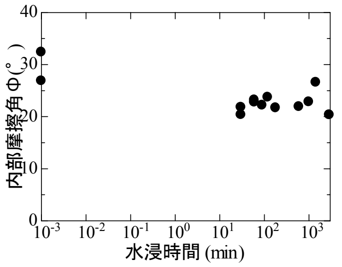
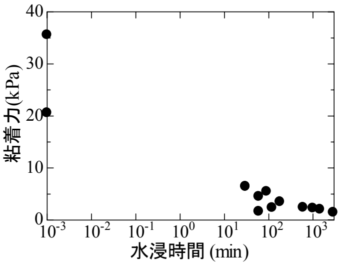


図-6　HDPE－GCL 不織布

図-5 および図-6 は HDPE と織布または不織布とのせん断試験結果を示した。図-5 および図-6 を図-3 および図-4 と比較すると、GCL 内部よりも HDPE シートと湿潤ベントナイト GCL の織布および不織布の境界面での内部摩擦角 Φ（°）および粘着力 c（kPa）が小さいことが分かった。また、図-3 と図-4 を比較すると、GCL 内部のせん断強度が水浸させせることによって低下している。そこで、水浸時間と強度定数の関係について検証した。その結果を図-7 および図-8 に示す。



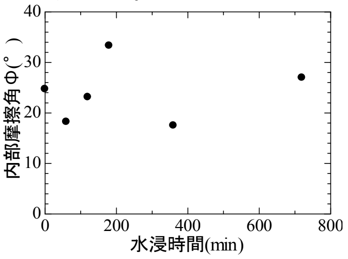
図－7　湿潤ベントナイト GCL の内部摩擦角の水浸時間推移



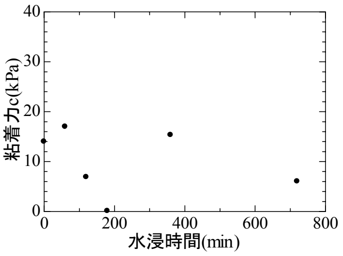
図－8　湿潤ベントナイト GCL の粘着力の水浸時間推移

図-7 と図-8 より、内部摩擦角 Φ は水浸させた状態でも 20°より下がらなかったが、粘着力 c に関しては水浸が長ければ長いほど低下する傾向にあり、2880 分水浸では HDPE シートと GCL 織布および不織布間での粘着力より低くなった。このことから、載荷圧が 2kPa までは「GCL 内部強度＜HDPE-GCL 境界面」であるので廃棄物が 0.1m 以上埋め立てられた場合、最もせん断しやすいのは HDPE シートと湿潤ベントナイト GCL 境界面と言える。

ニードルパンチGCLのベントナイト層に着目した試験では最大せん断応力τ_pを計測出来なかった。したがってせん断変位 5mmでのせん断応力をτ_pとして、内部摩擦角Φおよび粘着力 c を評価した。結果を図-9 および図-10 に水浸時間と内部摩擦角Φ、粘着力 c の関係として示した。図-9、図-10 ではデータにバラつきが見られるが、これはニードルパンチGCLの補強繊維によるものだと考えられ、水浸させた場合においても、せん断抵抗は補強繊維に依存しているものと考えられる。結果を図-5、図-6 と比較すると、ニードルパンチGCLはその内部よりもHDPEとの境界面でせん断が生じやすいと言える。



図－9　ニードルパンチ GCL の内部摩擦角の推移



図－10　ニードルパンチ GCL の粘着力の推移

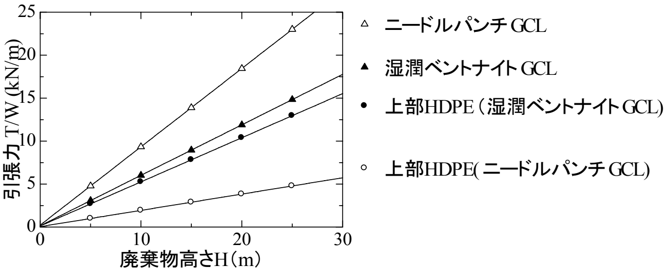
4. 斜面上に敷設した GCL の評価

強度定数の結果を利用して、斜面に GCL および HDPE シートが敷設される場合の引張力の計算を行った。

D.T.Bergado[1] は各部材の引張力を上下の内部摩擦角および粘着力の差から、以下のように表されるとした。

$$T/W = \left[\left(c_{aU} - c_{aL}\right) + \gamma H \cos\omega\left(\tan\phi_U - \tan\phi_L\right)\right]L \quad (2)$$

ここに、T/Wは単位幅あたりの引張力(kN/m)、c_{aU}、Φ_Uおよび c_{aL}、Φ_Uは材料上部および下部境界面の粘着力（kPa）と内部摩擦角（°）、γは保護土の単位体積重量（kN/m^3）、Hは保護土の高さ（m）、Lは保護土の長さ（m）、ωは傾斜角である。傾斜角を 33.69°、保護土の長さを L=37.5ｍとして計算すると、廃棄物の高さと引張力の関係は図-11 にようになる。



図－11　廃棄物高さと引張力の関係

この結果から、廃棄物-HDPE-GCL の複合遮水工での各遮水シートの単位幅あたりの引張力は HDPE シートより GCL の方が大きくなることが分かった。さらに、湿潤ベントナイト GCL よりもニードルパンチ GCL の方が大きくなることが分かる。すなわち、固定部（アンカー）に作用する引張力は GCL の最大引張力に基づかなければならないと言える。

参考文献

1）D.T.Bergado : Interface shear strength of different Geosynthetics in Landfill liner system，GeoAsia，pp.507-514，2004

・中村真司　他：ごみ埋立地の設計施工ハンドブック，pp285-317，オーム社，2000