

ベントナイト混合土層に埋設されたジオネットの引抜き摩擦特性評価

(正)今泉繁良¹・(正)宇佐見貞彦²・(正)日野林讓二³・(正)柴田健司⁴・松山眞三⁵・(正)加納光⁶

¹宇都宮大学・²八千代エンジニアリング(株)・³大日本プラスチック(株)・⁴(株)大林組

⁵(株)キタイ製作所・⁶最終処分場技術システム研究協会

1. はじめに

最終処分場では、浸出水の浸透拡散を防ぐために、遮水工としてベントナイト混合土(BMS)が広く利用されている¹⁾。本研究グループは、BMS 大型遮水工模型に関する局所沈降実験²⁾を実施して、ジオネット(GN)を敷設することが局所沈下を受ける BMS 層の亀裂発生や遮水機能低下を抑制することを見出した。本研究では、BMS 層内に敷設した GN の引抜き実験を実施して摩擦特性を評価し、この特性を用いて弾性論に基づくジオネット敷設固定幅の検討を行なった。

2. 使用した材料

2.1 ベントナイト混合土(BMS) 葛生砕石砂に Na 型ベントナイトを乾燥質量比で 10%添加して BMS を作製した。材料の物理特性は既往の研究²⁾と同様であり、図-1 に示す一面せん断試験の τ 関係から、内部摩擦角が $\phi=32.67^\circ$ 、粘着力は $c=21.50\text{kN/m}^2$ と評価された。

2.2 ジオネット(GN) GN は、高密度ポリエチレン製の格子幅 10mm、遮蔽率 49%の N-24 を用いた。縦糸 3 本、チャック間距離 50mm、引張り速度 1mm/min の引張試験の結果、引張強さは 6,552N/m と評価された。また、ひずみ量 1%に対応する割線弾性係数は、縦糸断面積に対して 523.1MN/m^2 、断面全体に空隙が存在しないと仮定した場合 111.9MN/m^2 (見掛けの弾性係数)であった。

3. 土中引抜き試験装置

試験装置は、図-2 に示すように、幅 30cm、長さ 50cm、高さ 26cm の土槽、電動モーターとスクリージャッキからなる。BMS 層内の GN を、ロードセルとジャッキを介して、電動モーターにより一定速度で引抜くことができる。上部にはエアバッグを備え、圧搾空気により上載荷重をかけることができる。

4. GN の引き抜き実験

4.1 実験方法 地盤は GN 下層、上層共に一連の研究²⁾³⁾と同様になるよう混合・締固めを行ない作製した(含水比 17%、乾燥密度 1.65g/cm^3)。GN には土槽内前端、中央、後端の 3 箇所に測定点を

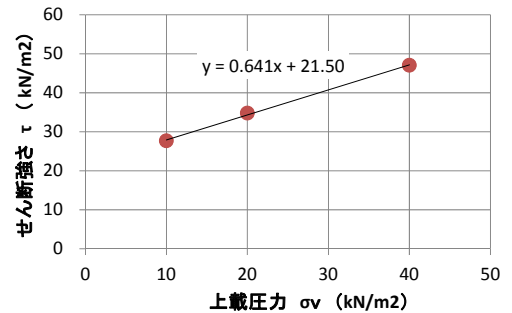


図-1 BMS の一面せん断試験結果

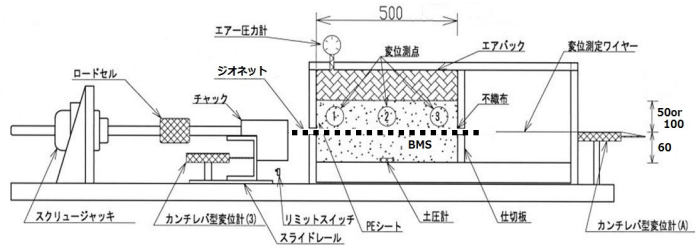
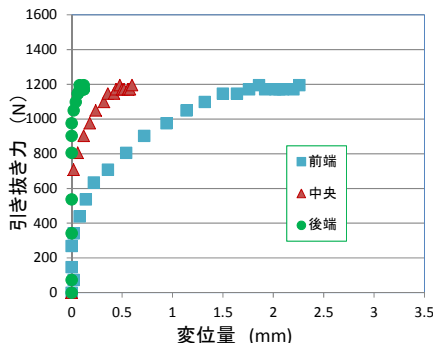


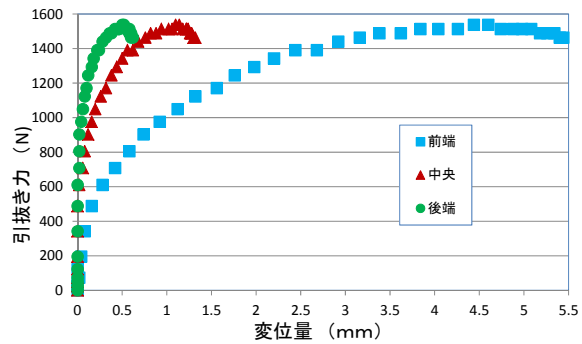
図-2 土中引抜き試験装置

表-1 実験ケース

試験番号	上部 BMS厚 (mm)	空気圧 (KN/m ²)
case-1	50.0	0.0
case-2	100.0	0.0
case-3	100.0	20.0



(case-1 BMS 上層厚さ 5cm 上載荷重なし)



(case-2 BMS 上層厚さ 10cm 上載荷重なし)

図-3 GN の各測点変位と引抜き力の関係

【連絡先】〒108-6030 東京都港区港南 2-15-1 大日本プラスチック(株) 開発部 日野林讓二 Tel : 03-5463-8501

Fax : 03-5463-1120 E-mail : jouji_hinobayashi@daipla.co.jp

【キーワード】ベントナイト混合土、ジオネット、局所沈下、引抜き、摩擦特性

設け、ワイヤーで土層外の変位計に繋げて変位計測を行なった。実験ケースは表-1 に示す 3 ケースで、何れも 1mm/min の速度で GN を引き抜き、そのときの引抜き力もロードセルで測定した。

4.2 実験結果 図-3にcase-1, 2におけるGNの各測定点の変位量と引抜き力の関係を示す。引抜き力の増加に伴いGN埋込み部前端は直ちに変位しているが、埋込み部中央が変位し始めるのは600~700Nの引抜き力が作用した時、後端が変位するのは800~1100Nの引抜き力が作用した時となっている。

この挙動は、引抜き力への反力はGNとBMSとの相対変位によって引き起こされる摩擦抵抗に起因するので、この摩擦抵抗の影響範囲がGNの埋め込み部前端から徐々に後方へ進展していることを示していると考えられる。

case-1~3の上載圧力 を評価し、最大引抜き力との関係を図-4に示す。引抜き強度 を単位接触面積当たりの最大引抜き抵抗力と定義すると、 の値は上載圧力 に依存しない13kN/m²程度と評価される。

5. 考察

5.1 見掛けの弾性係数の算出 BMS 層内に敷設された断面幅 b 、厚さ t の GN の先端を単位幅当たりの引抜き力 T/b で引張った場合、GN 先端から L の範囲に伸びが生じていると仮定すると、式(1)~式(2)の関係が得られる⁴⁾。そこで、GN 先端の変位量 D と $(T/b)^2$ との傾き α の値を読み取り、式(3)により見掛けの弾性係数 E を求めた。結果を表-2 に示した。算出された E の値は 78~100 MN/m² であり、引張試験による見掛けの弾性係数 111.9MN/m² の 70~89% となっている。

$$L = \frac{T/b}{2\tau} \quad (1)$$

$$D = \frac{(T/b)^2}{4E\tau t} \quad (2)$$

$$E = \frac{1}{4\tau\alpha t} \quad (3)$$

表-2 評価した傾き と見掛けの弾性係数 E

試験番号	α (m ³ /N ²)	E (N/m ²)
case-1	1.10 x 10 ⁻¹⁰	85.1 x 10 ⁶
case-2	1.19 x 10 ⁻¹⁰	78.6 x 10 ⁶
case-3	0.93 x 10 ⁻¹⁰	100.2 x 10 ⁶

5.2 GNの必要敷設幅の算出 局所沈下や不等沈下が予想される位置にGNを敷設するとき、伸びに伴って発生する内力に抵抗する力(固定力)を確保するために、どの程度の敷設固定幅を設定するかが問題となる。固定力が小さければGNの抜け出しが生じてGNの補強機能が期待できない。一方、固定力がGNの引張強さ以上であっても、伸びが大きい場合には破断が生じるので、固定力を必要以上に確保する、すなわち固定幅を広くすることは不経済となる。

土中に敷設されたGNの抜け出し現象が生じないためには、GN内部に引張応力がゼロとなる領域が存在すればよいので、必要最小長さ(固定幅)は、式(1)の T/b をGNの引張強さ F と置き換え求めると、 $6.552\text{kN/m} / (2 \times 13\text{kN/m}^2) = 0.25\text{m}$ となる。ただし、実際の現場では施工誤差も含め0.5m程度の敷設固定幅を確保するのが望ましいと考える。

6. まとめ

本研究を通じて以下の結論を得た。

- ・引抜き力への反力はGNとBMS層との相対変位によって引き起こされる摩擦抵抗に起因していると考え、この摩擦抵抗の影響範囲はGNの埋め込み部前端から後方へ徐々に進展していくことが確認された。
- ・GN(N-24)とBMSとの引抜き強度は、上載圧力にほとんど依存せず、本研究の条件下では13kN/m²程度であった。
- ・引抜き実験から得た引抜き力と先端伸び量の関係を弾性論に基づき評価した結果、GN(N-24)が破断する前の見掛けの弾性係数は78~100MN/m²であり、引張試験の値の70~89%であった。
- ・局所沈下や不等沈下が予想される位置にGN(N-24)を敷設する場合、敷設固定幅を50cm程度とするのが望ましい。

なお、本研究は限られた条件下における実験結果であり、実際の現場に適用する場合には、BMS層の品質、GNの品質や現場条件を考慮し設計する必要がある。特に、使用するGNの強度および温度や速度による力学特性の変化等については今後明らかにし、設計に反映していくことが望ましい。

7. 謝辞

本研究は、平成25年度文部科学省科学研究費補助金(課題番号23560588、代表：今泉繁良)の援助と八千代エンジニアリング(株)、大日本プラスチック(株)の支援によって実施した。また、NPO最終処分場技術システム研究協会T-2分科会メンバーからは多くの助言と協力を頂いた。記して感謝申し上げます。

【参考文献】1) 最終処分場技術システム研究協会：廃棄物最終処分場遮水システムハンドブック, pp.38-45, pp.111-115, 2008, 2) 今泉等：局所沈下させた大型模型ベントナイト混合土層の亀裂発生に伴う遮水性評価, 第24回廃棄物資源循環学会研究発表会講演論文集, pp.487-488, 2013, 3) 今泉等：局所沈下させた大型模型ベントナイト混合土層の亀裂発生評価(その2), 第25回廃棄物資源循環学会研究発表会講演論文集, 2014, 4) 今泉他, 埋め込まれたHDPEジオメンブレンの引抜き抵抗挙動の評価, 土木学会論文集No.511, -30, pp.155-162, 1995

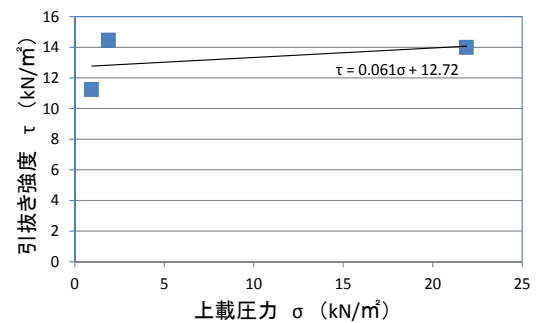


図-4 上載圧力 σ と引抜き強度 τ の関係