

III-B 341 ジオシンセティックス多層ライナーに生じる張力の評価

宇都宮大学 正会員 今泉繁良
 三菱建設（株） 正会員 高橋 悟
 宇都宮大学 正会員 横山幸満
 東洋ゴム工業 正会員 坪井正行

1. はじめに

廃棄物処分場のライナーは、ジオテキスタイルとジオメンブレンの多層ライナーとして造られる傾向にある。多層ライナーの各層に働く張力を評価する実用的方法として、Koerner 法¹⁾があるが、その適用には限界があるように思われる。

本研究は、多層せん断装置²⁾を用いて第2層及び第3層に生じる張力を測定し、Koerner 法の妥当性を検討したものである。

2. 試験の概要

ケース1では $\sigma_n = 49.0$ kPaのもとで、第1層を鬼怒川砂（KS）、第2層に長繊維ジオテキスタイル（CN）、第3層にHDPEジオメンブレン（HG）を使用した。ケース2ではピーク時摩擦係数の関係が $\mu_{2UP} = \mu_{2LP}$ となるように、第2層にHDPEジオメンブレンを、第1層と第3層に長繊維ジオテキスタイルを使用して $\sigma_n = 49.0$ kPaのもとで試験した。表-1に、各層間のピーク時摩擦係数を示した。

表-1 ピーク時層間摩擦係数 μ

Interface	σ_n (kPa)	
	24.5	49.0
Kinugawa Sand / HDPE Geomembrane	0.494	0.461
Kinugawa Sand / Continuous Nonwoven	0.730	0.697
HDPE Geomembrane / Continuous Nonwoven	0.226	0.214

3. 試験結果・考察

図-1, 2に、第1層の変位 s_1 と第1層のせん断力 T_1 、第2・3層の張力 $T_2 \cdot T_3$ の関係を示した。 s_1 の増大に伴う T_2 の増加傾向は T_1 の発現傾向と似ている。Koerner 法に従えば、 $\mu_{2UP} = \mu_{2LP}$ の条件では、 T_2 は発現されないはずであるが、図-2では T_2 が計測されている。第2・3層間に摩擦が生じるためには第2層が伸びる必要がある。伸びることは張力 T_2 が働いていることである。したがって、この条件下でも、起動せん断力 T_1 、第2層に伸びを生じさせるに必要な T_2 、この伸び量に依存する第2・3層間の摩擦力 T_3 の3つの力が釣合うように、張力 T_2 が発現していると解釈される。

本試験装置では、第1層の起動せん断が $T_1 = \sigma_n \cdot \mu_{2UP}$ 、第3・4層間の摩擦をゼロとしているので $T_3 = \sigma_n \cdot \mu_{2LP}$ である。 T_2 の T_1 に対する比を第2層の負担率 β と定義すると、式(1)で表される。

$$\beta = \frac{T_2}{T_1} = \frac{T_1 - T_3}{T_1} = 1 - \frac{\mu_{2LP}}{\mu_{2UP}} \quad (1)$$

図-3, 4は、 s_1 に伴う負担率 β の変化（実線）の状況を示したものである。同図には、直接せん断試験からのピーク時摩擦係数 μ_p を式(1)に代用して計算される極限負担率 β_c の値（点線）も示した。この極限負担率 β_c はKoernerの方法で評価される引張り力に関する負担率に相当する。図-3に示した第2層に長繊維ジオテキスタイルを用いたときの負担率 β は、極限負担率 β_c に一致する。

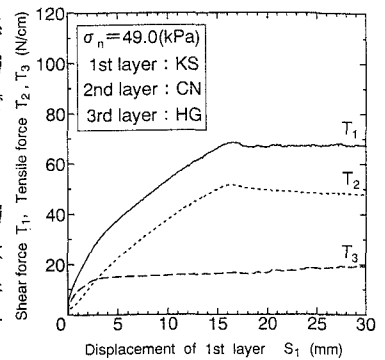


図-1 多層せん断試験結果（ケース1）

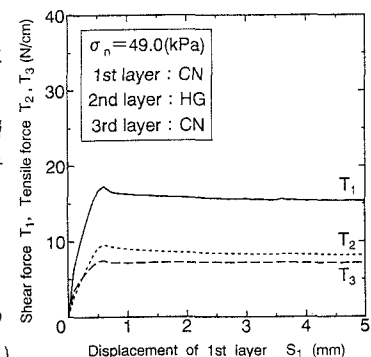


図-2 多層せん断試験結果（ケース2）

4. 第2層の伸びを考慮した引張り力 T_2 の評価法

基本となる仮定を以下に示す。

- ①第1-2層間では、全面でピーク摩擦力を生じさせるに十分な相対変位が存在する。
- ②第2層の伸びは、土中に敷設されたジオメンブレンの引抜き挙動³⁾と同様であるとする。
- ③第2-3層間における摩擦の発現の程度は、相対変位量に依存し、直接せん断試験からの関係に従うものとする。

以上の仮定のもとに、次の手順で計算を進める。手順の特徴は、第2-3層間の発現摩擦係数を未知数 (μ_{2L}') として、 $T_2 = A \cdot (\mu_{2UP} - \mu_{2L}') \cdot \sigma_n$ を用いて弾性式で計算される伸び量 s_2 と摩擦力度 $\sigma_n \cdot \mu_{2L}'$ の関係が、直接せん断試験の「せん断変位-せん断抵抗力」の関係（図-5 参照）を満足するように μ_{2L}' を定めるというもので、 μ_{2L}' に関する繰り返し計算となる。

ケース2では、第2層のHDPEジオメンブレンの厚さは $t_g = 1.0$ mm、試験時温度 $t = 20^\circ$ での弾性係数⁴⁾は $E = 450.8$ MPa である。したがって、第1回目の計算は、次のようになる。

step 1: $T_1 = 49.0 \cdot 0.2 \cdot 0.214 = 2.097$ (kN/m)

step 2: $\mu_{2L}' = 0.1$ と仮定し、 $T_3 = 49.0 \cdot 0.2 \cdot 0.1 = 0.980$ (kN/m)

step 3: $T_2 = 2.097 - 0.980 = 1.117$ (kN/m)

step 4: $L_a = 20$ mm として、

$$s_2 = \frac{1}{450,800 \cdot 0.001} \left\{ \frac{(1.117)^2}{2 \cdot (0.214 + 0.10) \cdot 49} + 0.02 \cdot 1.117 \right\} = 0.00014 \text{ (m)}$$

step 5: 図-5 から変位 0.14 mm に対するせん断力は $\tau = 2.80$ kPa であるから、 $\mu_{2L}' = 0.057$ となる。

step 6: μ_{2L}' は μ_{2L}' の仮定値と一致しないので繰返し計算が必要。

第2回目として、 $\mu_{2L}' = 0.08$ と仮定し同様の計算を行うと、

$$T_3 = 49.0 \cdot 0.2 \cdot 0.08 = 0.784 \text{ (kN/m)}$$

$$T_2 = 2.097 - 0.784 = 1.313 \text{ (kN/m)}$$

$$s_2 = 0.00019 \text{ (m)} = 0.19 \text{ (mm)}$$

となる。変位が 0.19 mm のとき $\mu_{2L}' = 0.078$ となり、仮定値と一するの
で計算を終了する。

以上より、第2層の張力は $T_2 = 1.31$ kN/m (=13.1 N/cm)、負担率は $\beta = 0.63$ となる。図-2 の実験値と比較すると、 T_2 が38%、 β が9%大きい。

4. まとめ

Koerner 法では評価できない $\mu_{2UP} = \mu_{2LP}$ の条件でも、 T_2 を評価しうる計算法を提案した。なお、本研究の一部は、笹川科学研究助成を受けて実施したものである。

参考文献 1) R. M. Koerner: Designing with Geosynthetics - Third Edition, pp. 545-550, 1994, 2) 高橋 悟他: 多層ジオシンセティックスの層間摩擦特性、第10回ジオシンセティックスシンポジウム発表論文集, pp. 112-122, 1995, 3) 今泉繁良他: 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/III-30, pp. 155-162, 1995, 4) 今泉繁良他: 温度変化が埋設HDPEジオメンブレンの変形挙動に与える影響、土木学会論文集 (査読済み)

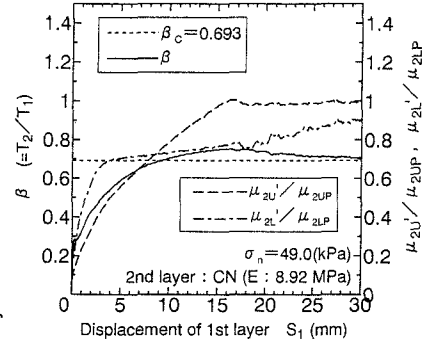


図-3 第2層の負担率 β (ケース1)

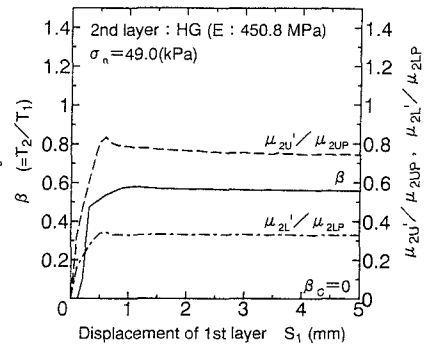


図-4 第2層の負担率 β (ケース2)

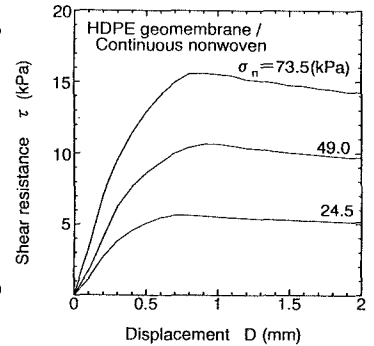


図-5 直接せん断試験結果