

## ○遮水シートに掛かるせん断応力について

法面部の遮水構造は、下の模式図のとおり、上層から遮光性不織布、上層遮水シート、中間不織布、自己修復性シート、下層遮水シート、不織布の6層構造となっています。

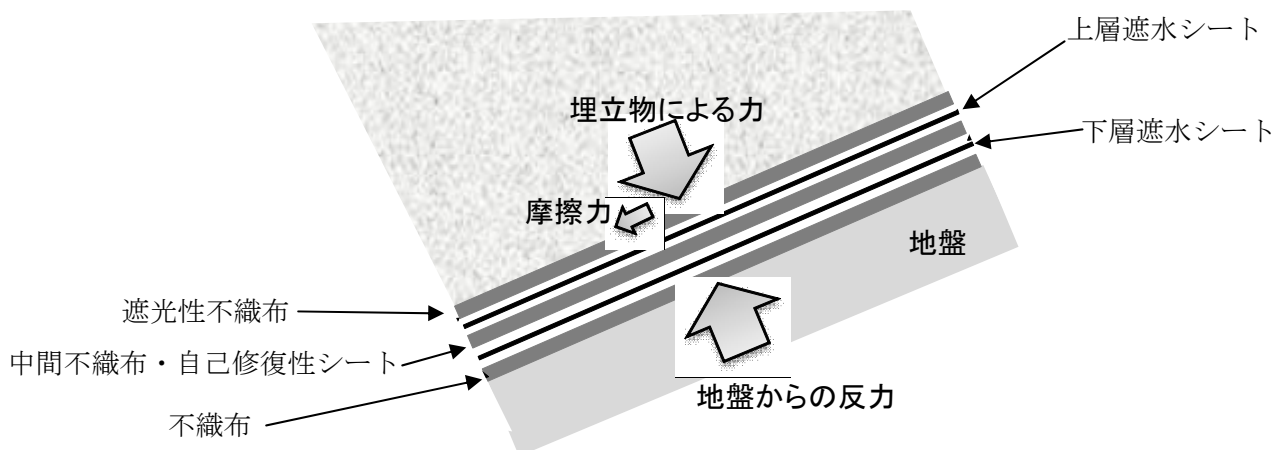
廃棄物の埋立によりこの遮水構造は埋まった状態となりますので、埋立の荷重自体は地盤が受け止め、遮水構造はその間で主に圧縮力を受けることとなり、遮水構造の一部である上層遮水シートも同様に主に圧縮力を受けます。さらに、損傷箇所は法面部であり、遮水構造が水平でないことから、多少の摩擦力（引張力）も発生します。この力は、理論的には主に遮水構造の最上層と最下層の不織布に働き、その間の上層遮水シートには働かないこととなります。

しかし、最上層の遮光性不織布にかかる摩擦力（引張力）の3～6割程度が上層遮水シートに伝達されるという報告もあります。この報告に基づいて予想原因箇所の埋立完了時における荷重で摩擦力（引張力）を計算しても、上層遮水シートに働く引張力は最大  $0.25\text{kgf/cm}^2$  程度と非常に小さな力となり、せん断応力を考慮するほど大きな力は働きません。例えば、この力による上層遮水シートの変形を計算すると、その伸び率は  $0.018\%$  で、これは長さ  $1\text{m}$  の遮水シートが  $0.18\text{mm}$  伸びる程度であり、上層遮水シートにはせん断応力と言われるほどの大きな力は発生しません。

以上のことから、今回の基礎実験及び実証実験の結果は妥当なものと考えております。

（添付資料 1 参照）

遮水シートへの力に関する模式図



## ○塑性変形・クリープ破壊について

「塑性変形」とは、粘土細工のように、材料に力を加えて変形させた後に、力を抜いても変形したまま元の形状に戻らない変形を言います。対して「弾性変形」は、ゴムのように、力を抜いたらまた元の形状に戻る変形を言います。

本処分場で使用している上層遮水シートは、2倍程度まで伸ばした場合の変形特性はゴムに近く元の形状に戻りますので、弾性変形を示します。

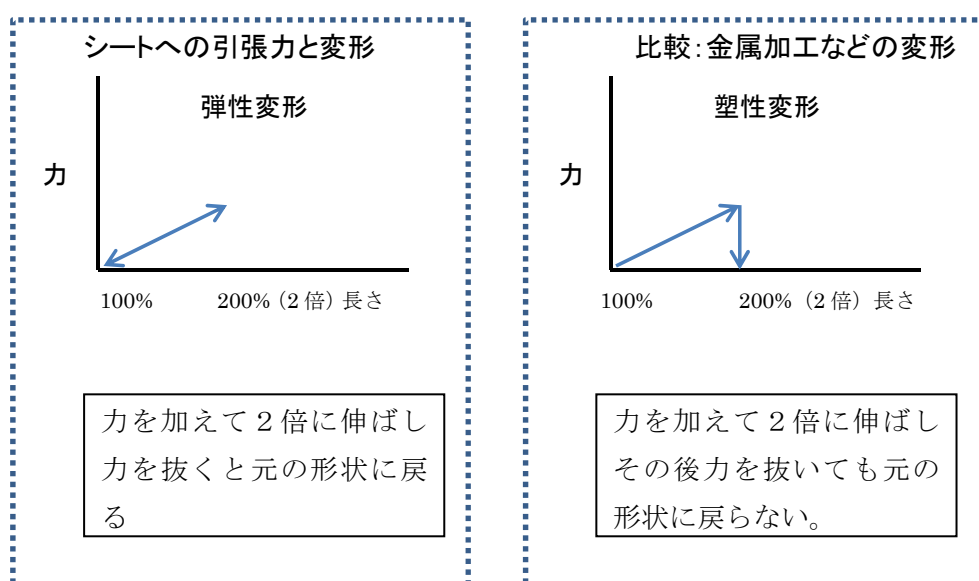
また、一般的に力が持続的に作用した際に、時間の経過とともにひずみが増大する現象をクリープと呼

びます。このクリープに伴って材料が破壊されることをクリープ破壊と言ひ、例えば 10kg の重さに十分耐えるプラスチックに 7kg の重さのものを載せた場合でも、直射日光にさらし続けると、数年後に破壊されることがあるといったようなものです。

このクリープ破壊は、塑性変形によって発生します。上層遮水シートに働く引張力は前述の「遮水シートに掛かるせん断応力について」で示したように非常に小さく、上層遮水シートの変形はゴムと同様の弾性変形となりますのでクリープ破壊は起こりません。現に、今回の原因究明調査で掘削して露出した上層遮水シート自体には、たるみや伸びもなく、元に戻らないような塑性変形は起こっていませんでした。

なお、上層遮水シートにクリープ破壊が起こる可能性は、日光（紫外線）を長期間受けて強く劣化した場合にありますが、本処分場では遮光性不織布で遮光を行っていますので、現に、そのような上層遮水シートの劣化は一切確認されていません。

(下記模式図及び添付資料 2 参照)



## ○実証実験について

本実験では、

- ・ 銅線電極交点箇所に廃棄物の埋立荷重よりも遙かに大きな強荷重を掛けると、上層遮水シートに損傷が生じ、銅線同士が直接接触することにより通電し、荷重が小さくなると直接接触が解消し、通電がなくなること。
- ・ この損傷に再度荷重を掛けると、最初の通電時より遙かに小さな荷重で再通電が起こること。
- ・ 今回の実験で確認された損傷痕と、現地の電極交点で確認できた損傷痕は、両方ともへそ様にシワが集まった形状であり、強負圧で損傷が確認できること。

が明らかになっています。

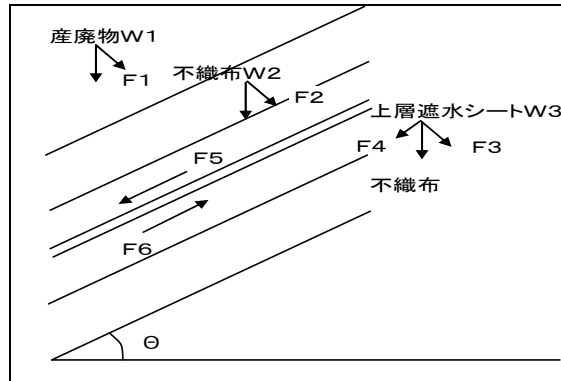
以上の結果から、一度損傷した箇所は、最初の通電時荷重より、遙かに小さい荷重で再通電するメカニズムが解明されたことにより、今後の対策の検討も可能となっております。

また、前述のとおり、せん断応力による損傷荷重の低下、塑性変形、クリープ破壊に関してもその恐れは無いと確認できましたので、実験の目的は十分に達成したものと判断しております。

(添付資料 1)

## 遮水シートに掛かる摩擦力 (引張力) について

【理論的応力】



- |                        |                       |                       |
|------------------------|-----------------------|-----------------------|
| ・ 廃棄物の鉛直荷重 $W1$        | ・ 廃棄物の法面に対しての垂直荷重     | $F1 = W1 \cos \theta$ |
| ・ 耐候性不織布の自重 $W2$       | ・ 耐候性不織布の法面に対しての垂直荷重  | $F2 = W2 \cos \theta$ |
| ・ 上層遮水シートの自重 $W3$      | ・ 上層遮水シートの法面に対しての垂直荷重 | $F3 = W3 \cos \theta$ |
| ・ 不織布と遮水シートの摩擦係数 $\mu$ | ・ 遮水シートの法面に対し水平荷重     | $F4 = W3 \sin \theta$ |
- ① 上層遮水シートに作用する水平方向の力  $F5 = (F1 + F2) \mu + F4$
- ② 上層遮水シートに作用する摩擦力  $F6 = (F1 + F2 + F3) \times \mu$
- ③ 上層遮水シートに作用する引張力  $F$

$$F = F5 - F6 = F4 - F3 \times \mu = W3 \sin \theta - W3 \cos \theta \times \mu$$

$$= 1.5 \div 10^4 \times 0.56 - 1.5 \div 10^4 \times 0.83 \times 0.36$$

$$= 3.918 \times 10^{-5} \text{ kgf/cm}^2 \doteq 0.04 \text{ gf/cm}^2$$

上記計算のように、上層遮水シートの摩擦力 (引張力) は相殺され、上部荷重に関係なくシート自重のみになる。

【予想原因箇所の埋立完了時における荷重時の摩擦力 (引張力)】

予想原因箇所の埋立完了時における荷重に対して遮光性不織布に掛かる摩擦力 (引張力)

$$(F1 + F2) \times \mu = (W1 \cos \theta + W2 \cos \theta) \times 0.36$$

$$= (1.42 \text{ kgf/cm}^2 \times 0.83 + 1.8 \text{ kgf/cm}^2 \times 10^{-4} \times 0.83) \times 0.36 = 0.424 \text{ kg/cm}^2$$

上層遮水シートには、遮光性不織布に掛かる摩擦力 (引張力) の 0.3~0.6 が伝達することから、

$$0.424 \text{ kg/cm}^2 \times (0.3 \sim 0.6) = 0.127 \sim 0.254 \text{ kgf/cm}^2$$

の摩擦力が発生し、これが上層遮水シートに対する引張力となる。

シートに掛かる水平方向の力は理論的にはゼロであるが、大きめに算定しても  $0.25 \text{ kgf/cm}^2 (250 \text{ gf/cm}^2)$  程度であり、この値も垂直応力に対して非常に小さいものである。したがって、廃棄物からの荷重は、ほぼ上層遮水シートが法面に対し垂直に受ける力のみと判断できる。

$0.25 \text{ kgf/cm}^2 (25 \text{ kN/m}^2)$  の引張力がシートに働いた場合の遮水シートの伸び率は、遮水シートの弾性係数が  $1,400 \text{ kgf/cm}^2 (137 \text{ MPa})$  であることから、

$$0.25 \div 1,400 = 0.00018$$

である。この値は、例えば  $1 \text{ m}$  の長さのシートが  $0.18 \text{ mm}$  伸びることを示している。

(添付資料 2)

遮水シートの弾性について

長さ 20mm のシートを伸ばした後に、どこまで元に戻るかを実験した結果を下図に示す。単位は mm である。

図の通り、30mm まで、すなわち 1.5 倍まで引き伸ばした場合は、ほぼ元の 20mm に戻る（弾性変形）。2 倍に引き伸ばすと変形が多少残留するようになり、3 倍以上に引き伸ばした場合は変形が大きく残留する（弾塑性変形）。

このことから、シートが 2 倍以上に引き伸ばされた場合は塑性変形が起こっているといえる。言い換えれば、2 倍以上に引き伸ばす力がシートに掛からない限り、シートはほぼ弾性変形を起こす。

