

異なる上載圧下における不織布の圧縮クリープ特性 (その 1)

信州大学工学部 正会員 河村 隆, 正会員 梅崎健夫

信州大学大学院 学生会員○仲渡一正

信州大学工学部 非会員 柴田晃佑

1. はじめに 盛土内に水平排水材として敷設された不織布は, 上載圧によって大きな圧縮変形が生じる. 浸透した雨水に対する不織布の排水性能を評価するためには, 上載圧が作用した条件下における透水係数の評価が必要である. 上載圧を受け続けると不織布に圧縮クリープが発生し¹⁾, 排水性能に影響を及ぼす.

本文では, 不織布に圧縮応力を 30 日間載荷する圧縮試験を実施し, 圧縮応力に対するクリープ特性について検討した.

2. 試験概要 表-1 に示す不織布を用いた. 透水係数は, 定水位透水試験 (JIS A 1218) より求めた実測値である.

圧縮応力 p の範囲によって, 2 種類の試験装置を使い分けた. $p > 30 \text{ kN/m}^2$ においては, 重錘レバー式の圧密試験装置 (JIS A 1217:2009 準拠) を, $p < 10 \text{ kN/m}^2$ の低応力域においては, 新たに作製した低応力用圧縮試験装置を用いた. 図-1 および図-2 に試験装置の概略を示す. 圧密試験装置では, 載荷板の水平を確保するために, 圧密リングおよびカラーを用い, 載荷板と不織布の間に図-1(a) に示すような塩化ビニル製のスペーサー (高さ $h=16 \text{ mm}$) を設置した. 圧縮変位の測定にはダイヤルゲージを用いた. 一方, 低応力用圧縮試験装置では, 図-1(b) および図-2 に示すように, 周面摩擦を除去するために圧密リングを用いず, 載荷シャフト上部に重錘を載せることによって圧縮応力を載荷した. 圧縮変位は非接触レーザー変位計によって測定した. 圧密リングに接触しない直径 $D=55 \text{ mm}$ の円板状の不織布 1 枚を, 両試験における供試体とした. その上下にサンドペーパー #600 を設置した. 一定の圧縮応力 $p=0.518 \sim 764 \text{ kN/m}^2$ を載荷した圧縮試験を 30 日間行った. 試験はすべて室温 ($23 \pm 1^\circ \text{C}$) および大気中において実施した.

3. 試験結果および考察 図-3 に全ケースにおける間隙比 e と載荷時間 t の関係を示す. 間隙比は, 圧縮試験中, 直径 D が一定であると仮定して, $e = (h_t \cdot \rho_f \cdot A / m_t) - 1$ として求めた. ここで, h_t : 試験中の不織布の厚さ, m_t : 不織布の乾燥質量, ρ_f : 繊維の密度 (表-1) および A : 断面積である. $p=0.518 \sim 764 \text{ kN/m}^2$ の範囲において, $e=5.5 \sim 1.3$ と大きく変化しており, 圧縮に伴い排水断面積が $4/5 \sim 1/5$ まで減少する. いずれの p においても, 載荷直後に急激に間隙比が減少し, その後, 変化量は小さくなるが, 継続して圧縮クリープが生じている.

表-1 不織布の仕様および諸特性

名称	ポリプロピレン長繊維不織布
素材	ポリプロピレン
製法	ニードルパンチおよびバインダー加工
繊維の密度	0.91 g/cm^3
厚さ	4mm
質量※	400 g/m^2
透水係数	$1.8 \times 10^{-3} \text{ m/s}$

※カタログ値

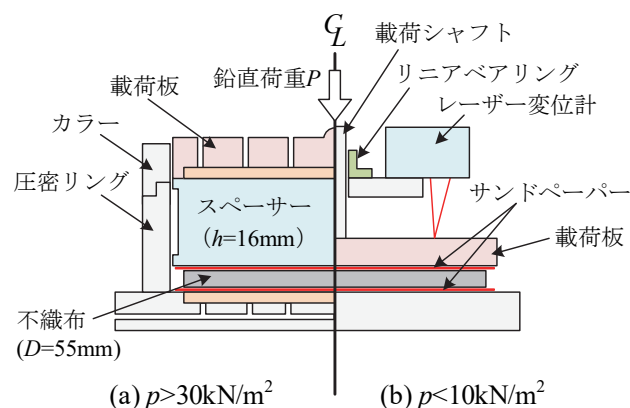


図-1 不織布の圧縮試験装置

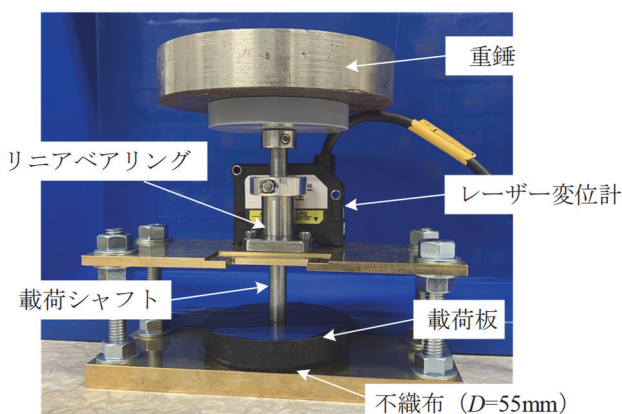
図-2 低応力用圧縮試験装置 ($p < 10 \text{ kN/m}^2$)

図-4 に図-3 の横軸 (载荷時間) を対数表示した結果の一例を示す. $p=9.40\text{kN/m}^2$ の場合, $e-\log t$ 関係は载荷直後から直線的に減少し, 6 時間程度において折れ曲がり勾配が大きくなる二直線となる. $p=0.518\sim 134\text{kN/m}^2$ の結果において, 10 時間程度以内に折れ曲がる同様の傾向が確認されている. 一方, $p=190\text{kN/m}^2$ においては, 30 日間の载荷期間において折れ曲がる傾向は見られず, $e-\log t$ 関係は载荷直後から 1 本の直線で近似することができる. $p=381, 764\text{kN/m}^2$ においても, $e-\log t$ 関係は 1 本の直線で近似できる. $p=0.518\sim 134\text{kN/m}^2$ の初期の $e-\log t$ 関係の直線の傾きを圧縮指数 α_0 , 折れ曲がった後の傾きおよび $p>190\text{kN/m}^2$ の $e-\log t$ 関係の直線の傾きを圧縮指数 α_1 と定義する. 図-5 に α_0 および α_1 と圧縮応力 p の関係を示す. α_0 は $p=0\sim 200\text{kN/m}^2$ 程度の範囲においてのみ生じており, p が大きくなると α_1 に漸近する. 一方, p が大きくなると, 不織布は瞬時に密実になるまで圧縮されているものと考えられる. そのため, $e-\log t$ 関係は α_1 のみの 1 本の直線で近似される. p が大きくなるほど, 不織布は密実となって固くなるため, α_1 は減少する.

図-6 に間隙比 e と圧縮応力 p の関係を示す. 図-3 の $e-t$ 関係から, 载荷時間 $t=1$ 分, 10 時間, 700 時間のデータを抽出して示したものである. $p=100\text{kN/m}^2$ 程度以下の低応力域においても, 圧縮は瞬時に生じ, 盛土施工に伴う排水断面積の減少が短時間で生じる. その後, 盛土高さの増加によって p が大きくなり, 施工後の時間が経過すると, 圧縮がさらに進行する. $p=150\sim 200\text{kN/m}^2$ 程度以上の応力域においては, 圧縮クリープの影響による排水断面積の減少が無視できないと示唆される.

4. まとめ ポリプロピレン長繊維不織布に対して一定の圧縮応力を 30 日間载荷する圧縮試験を実施した. その結果, 以下の知見が得られた. ①圧縮クリープは圧縮応力の大きさに依存し, $p=200\text{kN/m}^2$ 程度を境にその傾向が異なる. $p=200\text{kN/m}^2$ 未満において, $e-\log t$ 関係は 10 時間程度で折れ曲がる二直線となる. 一方, $p=200\text{kN/m}^2$ 程度以上において, $e-\log t$ 関係は 1 本の直線となる. ② $e-\log t$ 関係の直線の傾きに基づいて新たに定義した圧縮指数 α_1 は, 圧縮応力が大きくなるほど徐々に減少する. ③盛土の水平排水剤として使用される場合, $p=150\sim 200\text{kN/m}^2$ 程度以上の応力域においては, 圧縮クリープの影響による排水面積の減少が無視できないと示唆される.

【参考文献】1)御船直人, 矢口直幸, 渡辺英祐: ジオテキスタイル (不織布) の長期圧縮クリープ特性, マテリアライフ, 4(4), pp.179-184, 1992.

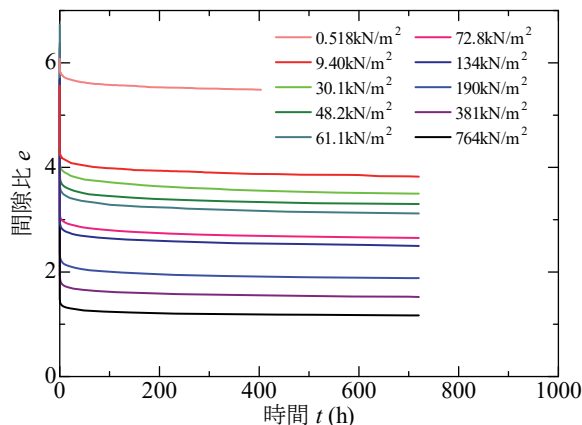


図-3 間隙比と圧縮時間の関係

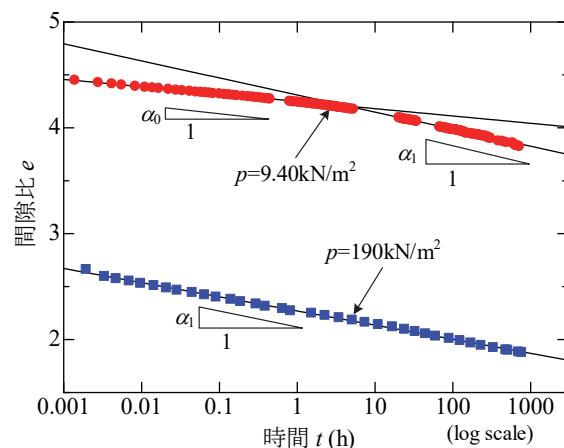


図-4 間隙比と圧縮時間の関係の一例

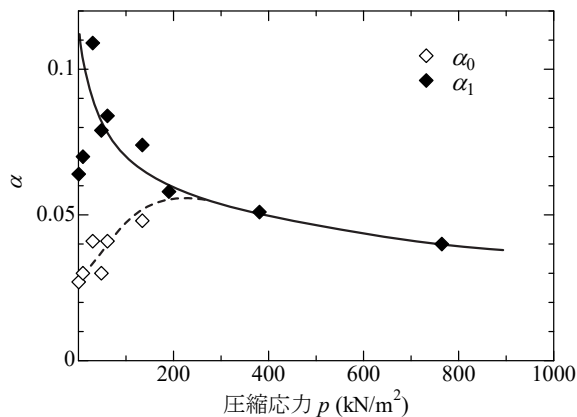


図-5 圧縮応力と傾きの関係

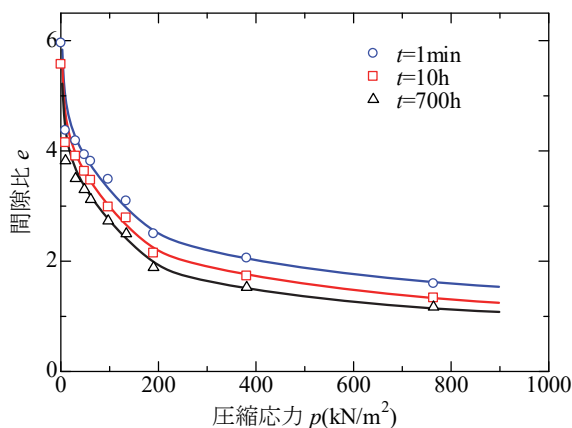


図-6 载荷時間毎の間隙比と圧縮応力の関係