

III-481

不織布の透水性実験結果

東京大学生産技術研究所 ○ H. I. LING

龍岡文夫

三井石油化学工業㈱

西村 淳

1. はじめに: 論文1で紹介した定水頭透水試験装置を用いて不織布の鉛直方向透水性を測定した。この応力レベル及び応力履歴の考慮に入れた定式化について紹介する。

2. 実験方法: 実験に使用したのはポリプロピレン樹脂を原料とし、スパンボンド法により製造された連続長繊維不織布である。実験全体通じて脱気水を使用した。実験は等方応力のもとで行った。各拘束圧のもとで、水頭の違う数セットの実験を行った。また、それぞれの実験セットでの10個程度の測定値を平均化して以降の解析に用いた。

拘束圧は通常の実験では単調に増加させたが、応力履歴の影響を調べる実験では次のとおり載荷や除荷を行った(単位は kgf/cm^2): 0, 0.17, 0.26, 0.38, 0.17, 0.3, 0.37, 0.51, 0.62, 0.33, 0.16, 0.59, 0.71, 0.85, 1.03, 1.19, 1.33, 0.96, 0.54, 0.25。

3. 実験結果: 低い流速(層流)の場合の ϕ の流速 v 、拘束圧 σ_n による影響を調べた。

3. 1 ϕ の v による影響: ϕ の値としてASTMは水頭5cmのもの、CFGGとDHLはそれぞれ流速が3.5cm/secと1.0cm/secのものを採用している²⁾。これはあくまでも便宜のためであり、現場の状況を反映しているとは限らない。特に、透水係数が 10^{-6} 程度である粘土内の不織布に対しては、この様な大きな流速は期待できないであろう。Darcy's Lawの妥当性を調べるためにまず $\phi-v$ 関係から考察する。直接 $v-i$ 関係で、あるいは $v-h$ 関係で考察してもよいが、 ϕ を用いた結果の汎用性を考えて $\phi-v$ 関係を調べることにした。今回の実験では $\phi-v$ 関係は図1に示すとおり初期は原点を通る(1)式的双曲線関係でよく近似できる。

$$\phi = v / (a + bv) \quad (1)$$

原点を通るようにしたのは仮定であり、実験データ範囲外のものに対してはこの関係は外挿である。

3. 2 ϕ の σ_n による影響: 図1に示すように σ_n の増大にしたがって ϕ が減少するが、異なる応力レベルでも双曲線関係が成り立つ。これらの曲線に対する a と b ($1/b = \phi_{p, \sigma, k}$)の定数を最小自乗法によって求めると図2のようになった。図2aから、係数 a は σ_n の変化に対してほぼ一定の値で、図2bから、係数 b は σ_n の変化に対して直線的に変化する。従って、 σ_n が単調に増加する過程に対して、 $b = b_0 + S_{bL} \sigma_n$ である。よって、

$$\phi_L = \frac{v}{a_L + (b_0 + S_{bL} \sigma_n) v} \quad (2)$$

という関係が成り立つ。この供試体に対して $a_L = 0.0138$, $b_0 = 0.6199$, $S_{bL} = 1.81$ である。 $v = 0.03 \text{ cm/sec}$ の $\phi-\sigma_n$ 関係を図2cに示すが、実験結果を良く再現している。

3. 3 一定の流速での ϕ の σ_{no} による影響: 除荷・再載荷の場合、同じ応力での ϕ の値は減る。図3は σ_n がほぼ 0.17 kgf/cm^2 で、先行応力が0, 0.38, 0.62の ϕ_{UR} を図化したものである。載荷の場合は(2)式で近似できる。除・再載荷は先行応力にもかかわらず一つの直線で表すことができる。従って、除荷・再載荷に対しては、前者と後者はそれぞれ次のような式となる。

$$\phi_{UR} = S_p (\sigma_n - \sigma_{no}) + \frac{v}{a_L + (b_0 + S_{bL} \sigma_{no}) v} \quad (3)$$

ここで、 σ_{no} は先行応力(kgf/cm^2)であり、 S_p は除・再載荷曲線の傾きで、流速の関数である。 $v = 0.03 \text{ cm/sec}$ の場合、 $S_p = -0.1733$ である。

4. t_0 の σ_n 、 σ_{no} による影響: $t_0-\sigma_n$ 、 σ_{no} 関係を図4aに示す。これは不織布が3枚のときのものであるが、ひずみに変換すると便利である。 $\varepsilon_n-\sigma_n$ 関係は図4bのように双曲線がよく近似できる。除・再載荷の場合、 $\varepsilon_n-\sigma_{no}$ の場合は直線関係にある。すなわち、

$$\varepsilon_{nL} = \sigma_n / (a_t + b_t \sigma_n) \quad (4)$$

$$\varepsilon_{nUR} = \sigma_{no} / (a_t + b_t \sigma_{no}) - S_t (\sigma_{no} - \sigma_n) \quad (5)$$

ここで、 a_t と b_t は定数で、 S_t は除・再載荷曲線の傾きである。この材料について $a_t = 0.0089$, $b_t = 0.0152$, $S_t = 12$ 。

9167である。不織布の厚みを求めるときには、 $t_g=(1-0.01\varepsilon_n)t_{g0}$ である。 $t_{g0}(=0.417\text{cm})$ は不織布の初期厚みである。これを用いて、透水係数を求めると図5のようになる。この場合も流速と応力の依存性があるが、低い応力レベルでは鉛直方向透水係数の流速による影響が大きい。応力レベルが高くなるにつれて流速による影響はほとんどなくなった。

5. 面内透水性： 拘束圧 σ_v の元で、不織布面内の透水性についてはin-soil状態やsoil confinementのない状態の結果をそれぞれ図6(a, b)に示す。図からわかるように、 θ は応力レベルや応力履歴に依存することがわかる。また、 $\theta_{in-soil}$ は θ よりやや小さい。

6. まとめ： 汎用型透水実験装置を用いて得た不織布の鉛直方向透水試験結果とその定式式について紹介した。これから、 θ についても定式化を行う予定である。また、粘土に対しても類似な実験を行いたいと思う。

7. 参考文献

1. 西村淳、H.I.LING、龍岡文夫、佐藤剛司：不織布の透水性実験装置、土木学会第44回年次学術講演会、'89。
2. R. Veldhuijzen van Zanten(ed.): Geotextiles and Geomembrane in Civil Engineering, Balkema, 1988。

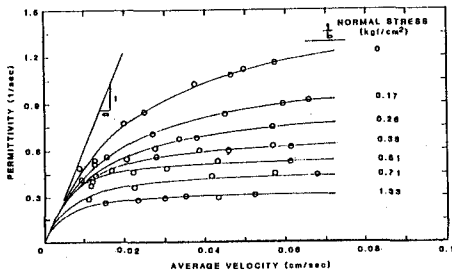


図1 ϕ の v, σ_n 依存性

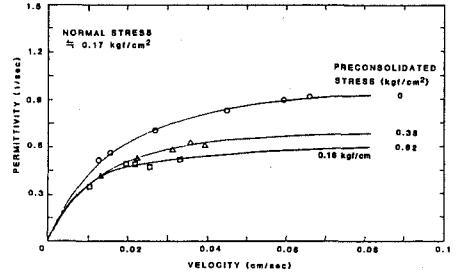


図3 ϕ の除・再載荷による影響

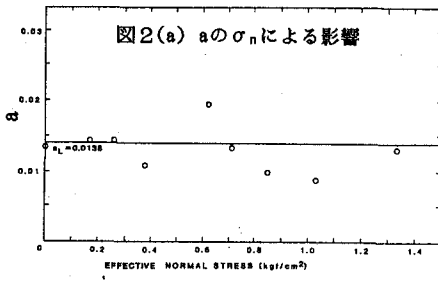


図2(a) aの σ_n による影響

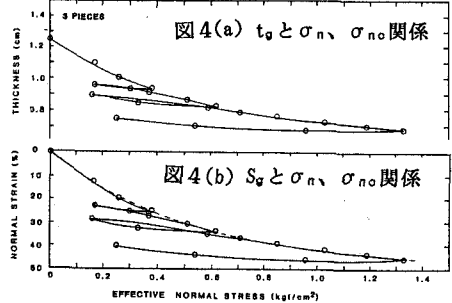


図4(a) t_g と σ_n, σ_{no} 関係

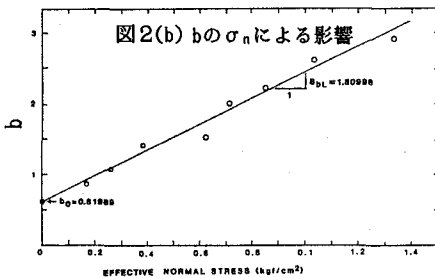


図2(b) bの σ_n による影響

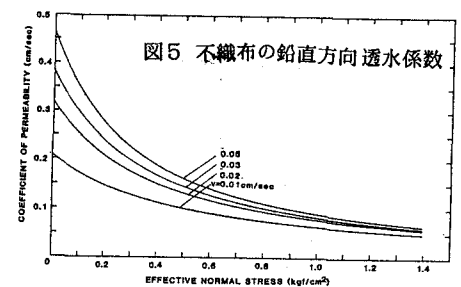


図5 不織布の鉛直方向透水係数

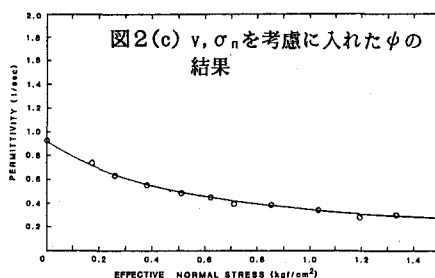


図2(c) v, σ_n を考慮に入れた ϕ の結果

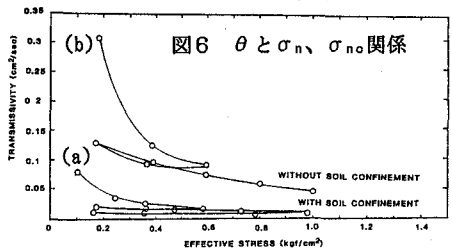


図6 θ と σ_n, σ_{no} 関係