

九州産業大学 正会員 崎山 正常
九州産業大学 正会員 ○ 青柳 茂敏
九州産業大学 正会員 阿部 孝行

1. まえがき 構造物下浸透流の場合において、揚圧力などについては、これまでも検討はなされているが、図-1に例示しているような負圧のサイフォンの浸透流について、つぎに検討された例は著者らは知らない。そこで、本報では、このようなサイフォンの浸透流の基礎的現象を検討するため、通常のサイフォンに加えて、サイフォンの浸透流の実験を行ないその結果について検討した。

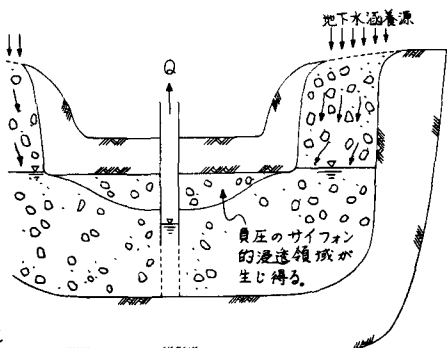


図-1. サイフォンの浸透流が起りうる例

2. 実験装置 実験装置について簡単に説明する。図-2には、実験装置全体の概略を示している。サイフォンの素材は透明なアクリル管であり、管の内径 D は5 cm、管長 $l = l_1 + l_2 = 50 \text{ cm} + 150 \text{ cm} = 200 \text{ cm}$ である。水位差 H は、5 cm程度から100 cm前後まで10数回程度変えて、実験を行ない、データを採取した。実験は、サイフォン管内に何も詰めない水だけの場合、サイフォン管内に那智石(粒径=1.0~1.6 cm)を充填した場合、同じく粗砂(粒径=0.3~0.4 cm)を充填した場合および相馬砂(粒径=0.06~0.1 cm)を充填した場合との4種類について行なった。

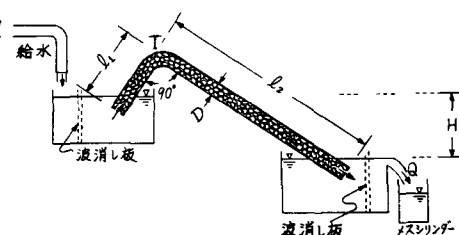


図-2. 実験装置の概略

3. 実験結果 これらについては、上述のそれぞれの場合を次頁の図-3にX印でプロットしている。これらは、

$$H = \alpha \cdot Q^\beta \quad \text{すなわち} \quad Q = \left(\frac{1}{\alpha}\right)^{1/\beta} \cdot H^{1/\beta} \quad (1)$$

なる曲線で近似できると判断されるので、定数 α および β を最小2乗法により決定した実験式を図-3のそれぞれに実線で示している。なお、 α および β の算定式は

$$\log_{10} \alpha = \frac{[\log_{10} Q \cdot \log_{10} Q][\log_{10} H] - [\log_{10} Q][\log_{10} Q \cdot \log_{10} H]}{i [\log_{10} Q \cdot \log_{10} Q] - [\log_{10} Q][\log_{10} Q]} \quad (2)$$

$$\beta = \frac{i [\log_{10} Q \cdot \log_{10} H] - [\log_{10} Q][\log_{10} H]}{i [\log_{10} Q \cdot \log_{10} Q] - [\log_{10} Q][\log_{10} Q]} \quad (3)$$

である。

4. 検討 それぞれの場合について算定した $(1/\alpha)^{1/\beta}$ 、 $1/\alpha$ および β を次頁の表に示している。これによると、水、那智石、粗砂、相馬砂の順に $(1/\alpha)^{1/\beta}$ および β とも小さくなっているが、特にここでは β の数値の物理性に注目したい。すなわち、通常のサイフォンにおいては $\beta \approx 2.0$ であり、既往のベルヌイ則が検証でき、粗砂および相馬砂に

おいては、ほぼダルシー則が検証できる。なお、那智石の場合はこれらの中間的法則に従っているといえる。これらの定性については、この研究に着手する以前から十分予測していたことからではあるが、ここではそれぞれの場合を定量的に把握したものと考える。

さて、通常のサイフォンにおいては、ベルヌイ則より

$$\left. \begin{aligned} Q &= \frac{\pi D^2}{4} \sqrt{\frac{2g}{1 + f_e + \sum f_b + f \frac{\sum L}{D}}} \cdot H^{0.5} \\ f &= \frac{1279 \pi^2}{D^{1/3}} \end{aligned} \right\} \dots (4)$$

(記号は通常の水理学書で用いられているものに従った。)

が成立するが、この場合上述の(1)は

$$\left(\frac{1}{\alpha}\right)^{1/2} = \frac{\pi D^2}{4} \sqrt{\frac{2g}{1 + f_e + \sum f_b + f \frac{\sum L}{D}}} \dots (5)$$

なる物理的意味を持っていることになる。さらに、通常の浸透流においては、ダルシー則より

$$Q = \frac{\pi D^2}{4} \cdot k \cdot \frac{H}{\sum L} \dots (6)$$

がえられるが、この場合、上述の(1)は

$$\left(\frac{1}{\alpha}\right)^{1/2} = \frac{\pi D^2}{4} \cdot \frac{k}{\sum L} \dots (7)$$

なる物理的意味を持つことになる。そこで式(5)においては、 f_e 、 $\sum f_b$ あるいは f などの未確定要素が多く含まれているので、これらについては今後さらに検討を進めるとして、ここでは、本旨であるダルシー則が成立する範囲での(1)または相馬砂の場合のそれを用いて、透水係数を逆算すると 0.22 cm/sec となる。この値は、相馬砂をできる限り密にサイフォン管内に詰めた状態での透水係数であり、既に他の実験でえている数値と大差ないことが確かめられた。

5. あとがき

以上の結果から、サイフン上の浸透流の場合にもその存在とダルシー則が大幅に適用できることがわかったが、今後は通常のサイフンで検討されている作動限界(R/ω

$= -8 \text{ m}$)²⁾と同様な物理性について研究を進め、水理構造物下の角圧浸透流の物理機構を明らかにしてゆきたいと考えている。

参考文献

- 1) 橋本一郎、荒木正夫：水理学演習(上巻)，PP.153～156
- 2) 荒木正夫、橋本一郎：水理学演習(下巻)，PP.285～322
- 1) 2)とも森北出版，第1版第18刷，1976年

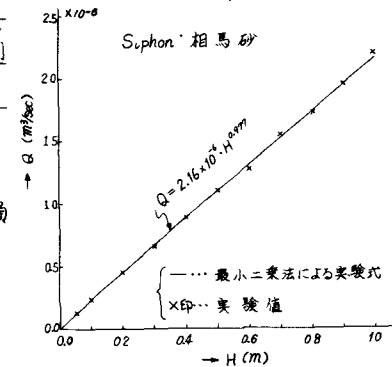
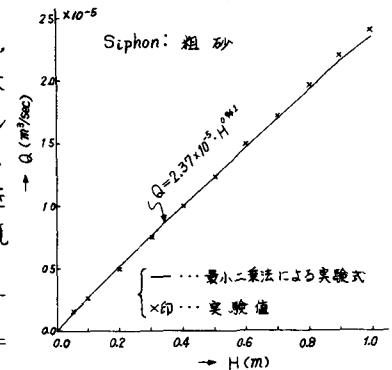
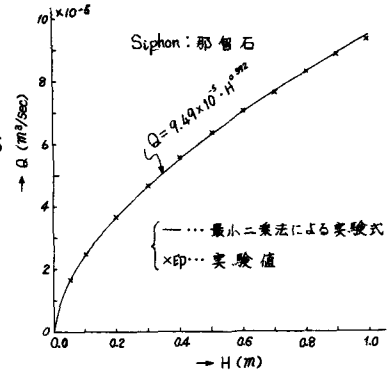
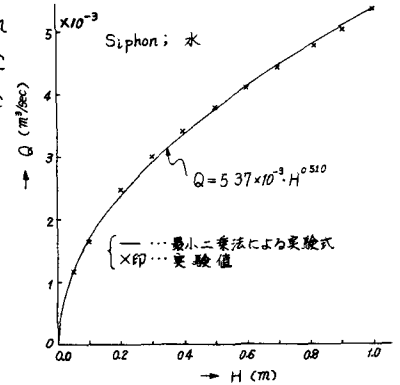


図-3. $Q \sim H$