

広島大学工学部 正員 名合 宏之
大学院 学生員 白石 修

1. まえがき

開水路底流型ゲートの流量係数を小さな模型によって実験的に求める場合、縮尺効果の特性を知っておくことは重要である。この点について著者の一人は実験的な検討をおこない、図1に示されるような結果を得た。ところが、この図に示されるような縮尺効果がどのような力学的機構によって発生するかは現在のところ不明である。本研究は、この点を解明するための基礎として、小模型の流出現象において主要な役割を演ずると考えられる粘性の影響について実験的に検討したものである。

2. 実験方法

水平開水路に設置されたゲートからの流出において、流量係数 C はつぎのように表わされる。

$$C = f(a, h_1, B, \rho, \mu, \sigma, g) \quad (1)$$

ここに、 a はゲートの開き高、 h_1 は上流水深、 B は水路幅、 ρ は流体の密度、 μ は粘性係数、 σ は表面張力、 g は重力加速度である。 a, ρ および g を次元の基本量として次元解析をおこなうと次式が得られる。

$$C = \varphi\left(\frac{a}{h_1}, \frac{a}{B}, Re, W\right) \quad (2)$$

$$\text{ここに、} Re = \frac{\sqrt{ga} \cdot a}{\nu}, \quad W = \frac{\sqrt{ga}}{\sqrt{\sigma/a\rho}}$$

この式からわかるように、実物と同じ流体を用いる水理模型実験では、模型の大きさを変える(a を変える)と Re 数および W 数が、図2に示されるように同時に変化する。したがって、図1に示される流量係数の a による変化は、粘性の影響によるものか、表面張力の影響によるものを区別することができない。本研究では、これらの力学的要素の影響を明確にするために、同じ大きさの模型(a が一定)において、流体の粘性を変化させて実験をおこなった。実験には $B=20\text{ cm}$ の水路を用い、 a は 3.0 cm および 4.0 cm とした。粘性を大きくするために用いた流体はグリセリンの水溶液(濃度34.4%)であり、水の場合の Re 数に

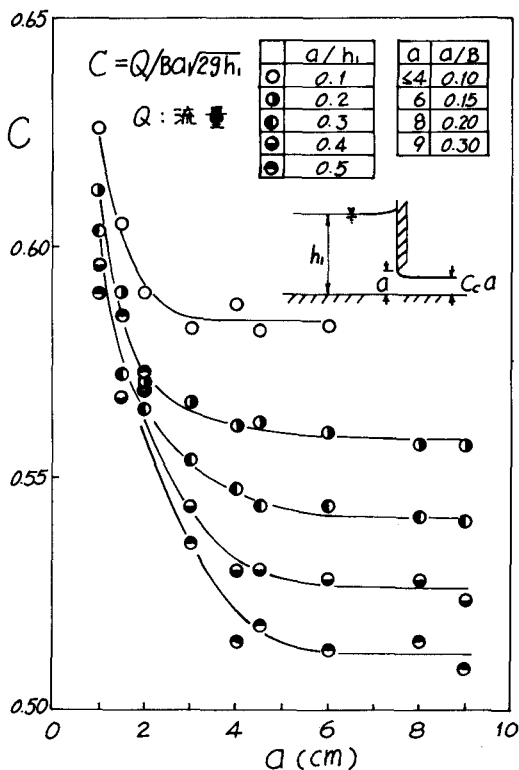


図1. 流量係数の a による変化

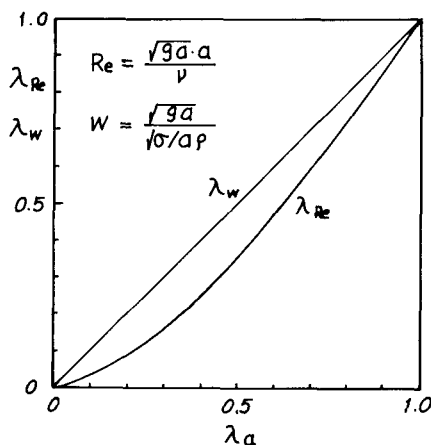


図2 a を変化させた場合の Re, W の変化特性

対するこの溶液の場合の Re 数の比 λ_{Re} は 0.35 である。これは図2よりわかるように、水を用いた実験における $\lambda_a = 0.5$ に相当する。なお、この溶液は表面張力が約 63 dyne/cm であり、水に対して λ_{σ} は約 0.9 である。これは水を用いた実験における $\lambda_a = 0.9$ に対応しており、もし表面張力の影響があるとしても、 a が 4 cm 程度以上であれば図1よりわかるように、その影響は極めて小さいと考えてよい。

3. 実験結果とその考察

図3および図4は、グリセリン水溶液を用いた場合の流量係数の実験結果を、水による実験結果とともに示したものである。これらの図より、粘性が大きくなると流量係数が大きくなることがわかる。しかし、グリセリン水溶液の実験値は、 Re 数がほぼひとしい水の実験値と必ずしも一致していない。すなわち、たとえば、図3において、グリセリン水溶液による実験値は、 $a = 3.0$ cm の水の実験値よりは大きくなるが、 $a = 1.5$ cm の場合のそれとは、とくに a/h_1 の大きな領域で、一致していない。このことは、図1に示される流量係数の縮尺効果の原因は粘性のみではないことを示している。

図5は、グリセリン水溶液による流量係数の値が、 Re 数のほぼひとしい水の場合の実験値とかなりよく一致していると考えられる場合(図4の場合)についての縮流係数の実験値を示したものである。この図からは、グリセリン水溶液の場合の縮流係数の値は、模型の大きさが同じ場合($a = 4.0$ cm)の水による値とほぼ同じであり、 Re 数がほぼひとしい $a = 2.0$ cm の水による実験値とは大きな差が認められる。このことはまた、小模型における流出現象では、粘性力以外の力学的要素が影響していることを示すものである。

同じ大きさの模型において、流体の粘性を変化させた場合、縮流係数がほとんど変化せずに流量係数が大きくなることは、流出現象に及ぼす粘性の影響についてつぎのように考えることができよう。すなわち、流量係数の主たる構成要素は、縮流係数とエネルギー損失係数であるが、粘性を大きくすることは、ここでおこなった実験の範囲内では、エネルギー損失を減少させる効果を増大させることを意味している。

なお、以上の結果より、縮流係数における縮尺効果については、粘性力以外の力学的要素、すなわち表面張力の影響がかなり支配的であると推定される。

参考文献 1. 名倉宏之: 開水路応流型ゲートの流量係数における縮尺効果, 第18回水理講演会講演集, 昭和49年, 2月

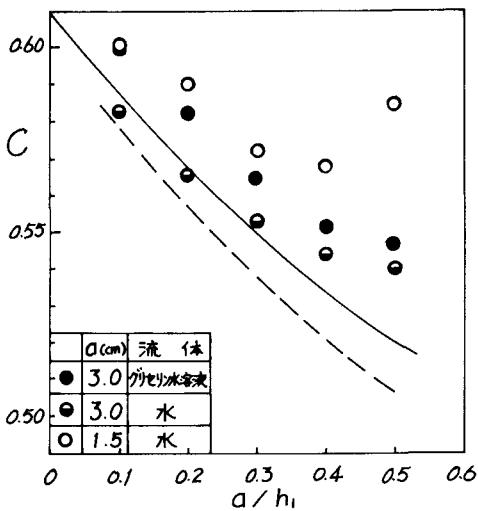


図3. 流量係数

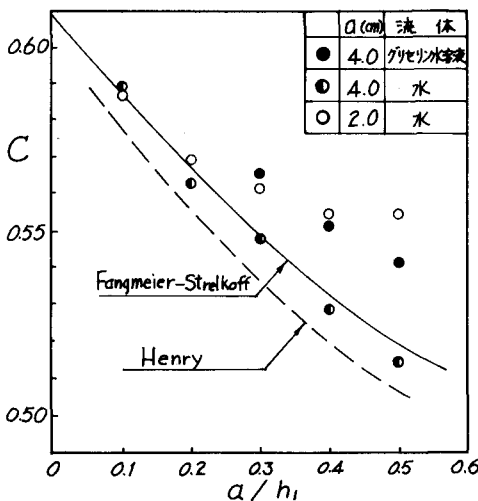


図4. 流量係数

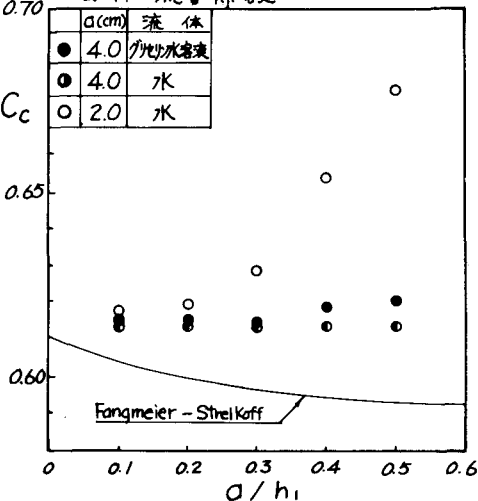


図5. 縮流係数