

16 開水路サージンの力学的相似律

中央大学工学部 工博 林 泰造

§ 1 緒言

摩擦の影響を無視し得ない場合の開水路の不足流の模型実験には、縦横の寸法を正しく模型が従来一般的に用いられてゐた。本報においては、改めて開水路不足流の力学的相似律について研究し、最も一般的に相似条件式を導き、単に縦横方向のみならず巾方向にも正しく模型の使用が好都合な場合があることを述べ、その新しい相似律と既存の実験結果を用いて検証せんとするものである。¹⁾

§ 2 開水路不足流の力学的相似律

開水路不足流についての連環の式および Bernoulli の定理はそれぞれ

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x}(A v) = 0 \quad \dots \dots (1)$$

$$-i + \frac{\partial h}{\partial x} + \frac{n^2 v^2}{R^{4/3}} + \frac{\partial(\alpha v^2)}{\partial x} + \frac{\beta}{g} \frac{\partial v}{\partial t} = 0 \quad (2)$$

2の果物に対応すべき模型をつくる場合、模型においても同種類のつぎの式が成立するであろう。

$$\frac{\partial A_m}{\partial t_m} + \frac{\partial}{\partial x_m}(A_m v_m) = 0 \quad \dots \dots (3)$$

$$-i_m + \frac{\partial h_m}{\partial x_m} + \frac{n_m^2 v_m^2}{R_m^{4/3}} + \frac{\partial(\alpha_m v_m^2)}{\partial x_m} + \frac{\beta_m}{g} \frac{\partial v_m}{\partial t_m} = 0 \quad (4)$$

ただし m は模型値であることを示す添字である。

22', 果物と模型とが力学的に相似であるためには、(1)と(3)、(2)と(4)との各対応する各項が一樣比例関係にあることが必要である。22'から相似律として次の式を得る。

$$\frac{K_A}{K_t} = \frac{K_A K_v}{K_x} \quad \dots \dots (5)$$

$$K_i = \frac{K_h}{K_x} = \frac{K_n^2 K_v^2}{K_R^{4/3}} = \frac{K_\alpha^2 K_v^2}{K_x} = \frac{K_\beta K_v}{K_t} \quad (6)$$

K_α , K_β の値については、一般に

$$\alpha_m = \alpha \quad \text{および} \quad \beta_m = \beta$$

であるから、

$$K_\alpha = 1 \quad \text{および} \quad K_\beta = 1 \quad \dots \dots (7)$$

と考えられる。したがって(6)は

$$K_i = \frac{K_h}{K_x} = \frac{K_n^2 K_v^2}{K_R^{4/3}} = \frac{K_v^2}{K_x} = \frac{K_v}{K_t} \quad \dots \dots (8)$$

となる。(5)は上式の最終2項間の等式と同一致である。結局(7)が(5)と(6)とを併せしむる相似条件式となる。

(8)においては第2項と第4項とのみを取り出し、他の項を考慮外にすれば

$$\frac{K_h}{K_x} = \frac{K_v^2}{K_x} \quad \text{したがって} \quad K_v = \sqrt{K_h}$$

ゆえに

$$v_m / \sqrt{g h_m} = v / \sqrt{g h} \quad \dots \dots (9)$$

となり、2は Froude の相似律に他ならないと見られる。

¹⁾ 本研究の一部はつぎの論文に発表し、また同一致である。 Taizo Hayashi et Jean Nougare : Sur la similitude des régimes non permanents

dans les canaux découverts, Comptes rendus de l'Académie des Sciences, tome 249, 1959, p. 1028.

§ 3 実験計画

相似律 (8) の中に現われている縮尺は $K_i, K_h, K_x, K_n, K_v, K_R, K_t$ の 7 個、等号は 4 個であるから、差し引いて 3 個の縮尺を独立に選べる。例えば 3 の 3 個として K_n, K_h, K_R をえらべば、他の諸値はつぎのように定えられる。

$$\left. \begin{aligned} K_x &= K_R^{4/3} / K_n^2 \\ K_v &= K_h^{1/2} \\ K_t &= K_R^{4/3} / (K_n^2 K_h^{1/2}) \\ K_i &= K_h K_n^2 / K_R^{4/3} \end{aligned} \right\} \dots \dots (10)$$

もし断面を歪ませない場合には、

$$K_h = K_R \dots \dots (11)$$

でなければならぬ。2 の 2 とから、2 の場合には、(10) から

$$\left. \begin{aligned} K_x &= K_h^{4/3} / K_n^2 \\ K_v &= K_h^{1/2} \\ K_t &= K_h^{5/6} / K_n^2 \\ K_i &= K_n^2 / K_R^{1/3} \end{aligned} \right\} \dots \dots (12)$$

また、もし模型の長さを適当な範囲のものとするためには K_x を独立な縮尺にとるのが好都合であるとが多い。そこで K_x, K_h あらび K_n の 3 個を独立な縮尺にえらべば、他の縮尺は (8) から定められる。つぎのようになる。

$$\left. \begin{aligned} K_R &= (K_x K_n^2)^{3/4} \\ K_v &= K_h^{1/2} \\ K_t &= K_x / K_h^{1/2} \\ K_i &= K_h / K_x \end{aligned} \right\} \dots \dots (13)$$

§ 4 相似律の検証

2、に示された相似律の妥当性、検討するため、実験について理論値と、模型実験から相似律により算出値に還算された“実験値”とを比較を行う。実験値として用いたものは Toulouse 大学でされた開水路のサージニングについてのものである。

水路の長さ $L = 24 \text{ m}$
 水路巾 $B = 0.40 \text{ m}$ (矩形断面)
 初めの流量 $Q = 42 \text{ l/s}$
 初めの水深 $h_0 = 0.153 \text{ m}$
 初めの水力半径 $R_0 = 0.0867 \text{ m}$

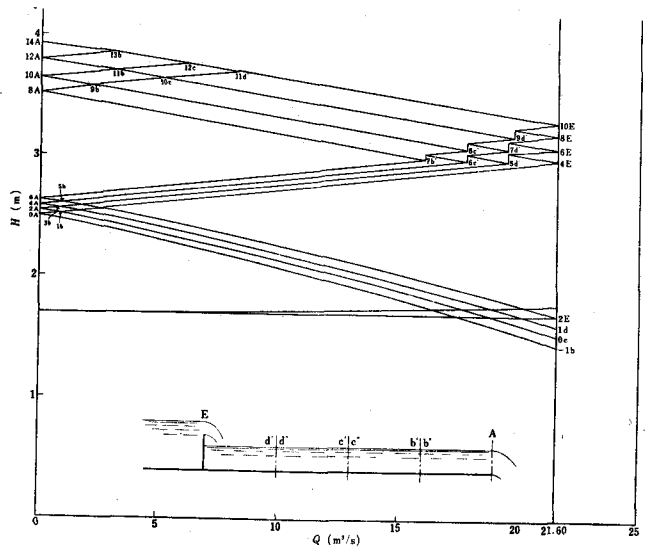


Fig. 1

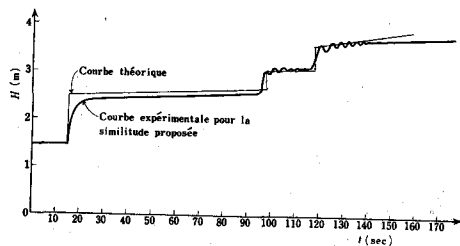


Fig. 3

初めの流速 $v_0 = 0.685 \text{ m/s}$

$$i = 0.00105$$

Strickler の粗度係数

$$n = 108$$

これを模型とすゝゝに相似律 (12)

または (11) によつて還算したつゞゝ

2つの仮想の案物1場合とすゝゝ。

	第1の場合 ($K_b = K_a + K_x$)	第2の場合 ($K_b + K_a + K_x$)
H_0	1.53 m	1.53 m
L	225.8 m	288.0 m
B	4 m	6.50 m
v_0	2.165 m/s	2.165 m/s
Q_0	13.29 m ³ /s	21.60 m ³ /s
R_0	0.867 m	1.040 m
i	0.00112	0.000931
n	71.5	71.5

第1の案物に對しては“模型”は縱横に互に並めたものに當り、第2の案物に對しては“模型”は縱横のみならず巾方向にも並ませたものに當る。

これら2つの場合にはつゞゝ理論計算を行う。計算は Nougaro 教授の特任曲線^{1), 2)}法による。案物に對する2つの計算と、相似律 (12) または (11) により案物還算したものを“案驗値”との比較は四-1 および四-3 に示された。これによれば、理論と案驗と一致は殆ど完全と認められる。2つとも本報、相似律は十分に妥当なものであると認められる。

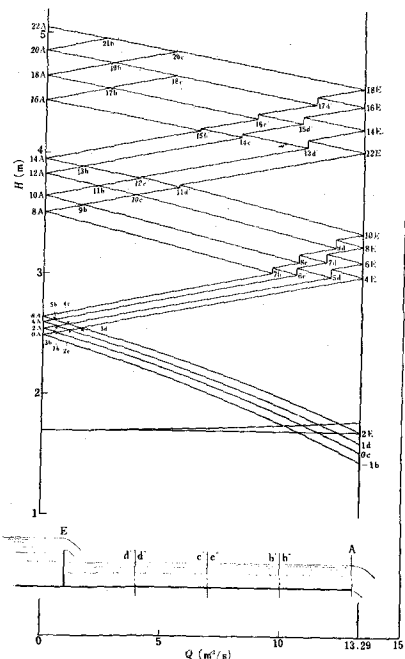


Fig. 2

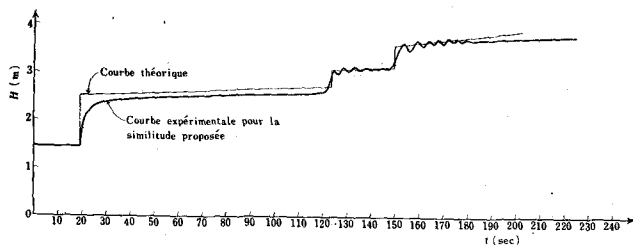


Fig. 4

- 1) J. Nougaro : Etude théorique et expérimentale de la propagation des intumescences dans les canaux découverts (Pub. sci. et tech. du Ministère de l'Air, n° 284, 1953).
- 2) J. Nougaro : Méthode graphique pour le calcul de la propagation des intumescences dans les canaux découverts (A.I.R.H. Comptes rendus, 1955, Vol. 4, D. 5).