

SAI SỐ KHI XÁC ĐỊNH BẰNG THÍ NGHIỆM MÔ HÌNH CỦA HỆ SỐ LƯU LƯỢNG QUA ĐẬP TRÀN NHÁM ĐỈNH RỘNG CHẢY KHÔNG NGẬP

TS. LÊ VĂN HÙNG
Trường Đại học Thủy lợi

Tóm tắt: Khi thí nghiệm mô hình thủy lực chúng ta phải xác định sai số của kết quả đo, từ đó mới có thể phân tích kết quả và đánh giá sai số. Một trong những phương pháp hay dùng là phương pháp vi phân toàn phần. Sau đây là cách xác định sai số lớn nhất của hệ số lưu lượng qua đập tràn khi thí nghiệm mô hình.

1. Chọn mô hình

Mô hình dòng chảy trong lòng dẫn hở trong đó có dòng chảy qua đập tràn diễn ra theo tiêu chuẩn Froude nghĩa là theo tiêu chuẩn tương tự động lực học. Yếu tố quyết định về tương tự ở đây là trọng lực, còn lực dính, lực áp suất, lực quán tính và các lực khác không đóng vai trò quyết định. Thông thường, nếu mô hình dòng hở có chiều sâu dòng chảy và vận tốc đủ lớn (chiều sâu $h \geq (3 \div 5) \text{cm}$ và số Reynolds $Re \geq 1000$) thì chúng ta có đủ điều kiện:

$$Fr = \text{idem}$$

Từ đó ta có: $\lambda = \text{idem}$; $C = \text{idem}$;

$$\frac{R}{\Delta} = \text{idem}; \quad \frac{V^2}{C^2 R} = \text{idem}$$

Do đó $\left(\frac{R}{\Delta}\right)_m = \left(\frac{R}{\Delta}\right)_n$ cho nên ta ứng dụng tỷ lệ

tuyến tính cho mô hình độ nhám tuyệt đối (hình học). Tuy nhiên, theo Zegzda thì $\Delta = f(d_{90})$ không phải là quan hệ thật sự tuyến tính.

2. Sai số lớn nhất khi xác định bằng thí nghiệm mô hình của hệ số lưu lượng qua đập tràn nhám đỉnh rộng

Xét trường hợp đập tràn đỉnh rộng chảy không ngập, ta có:

$$Q = mB\sqrt{2g}H_0^{3/2} = CBH_0^{3/2} \quad (a)$$

$$C = \frac{Q}{B\left(H + \frac{V^2}{2g}\right)^{3/2}} = \frac{Q}{B\left(H + \frac{Q^2}{2gB^2(H+P)^2}\right)^{3/2}}$$

Như vậy, hệ số lưu lượng $C = m\sqrt{2g}$ là hàm biểu thị bởi $C=C(Q,B,H,V)$. Trong đó, m và C là hệ số lưu lượng; Q là lưu lượng; B là bề rộng

tràn; H là cột nước trước tràn so với đỉnh tràn; V là lưu tốc tới gần trước tràn.

Từ công thức (a) ta có sai số thực đo dẫn suất của hệ số lưu lượng xác định theo công thức sau:

$$\Delta C = |C'_Q \cdot \Delta Q| + |C'_B \cdot \Delta B| + |C'_H \cdot \Delta H| + |C'_P \cdot \Delta P| \quad (b)$$

trong đó:

$$C'_Q = \frac{\partial C}{\partial Q}; C'_B = \frac{\partial C}{\partial B}; C'_H = \frac{\partial C}{\partial H}; C'_P = \frac{\partial C}{\partial P}$$

ΔC - Sai số của hệ số lưu lượng

ΔQ - Sai số thực đo lưu lượng;

ΔB - Sai số thực đo bề rộng tràn;

ΔH - Sai số thực đo cột nước trước tràn;

ΔP - Sai số thực đo chiều cao ngưỡng tràn.

ΔQ , ΔB , ΔH và ΔP phụ thuộc vào độ chính xác của thiết bị đo đã biết. Từ công thức (b) ta xác định được ΔC sau khi xác định đầy đủ các đại lượng:

$$C'_Q = \frac{1}{B} \cdot \frac{\left(H + \frac{Q^2}{2gB^2(H+P)^2}\right)^{3/2} - Q \cdot \frac{3}{2} \left(H + \frac{Q^2}{2gB^2(H+P)^2}\right)^{1/2} \cdot \frac{2Q}{2gB^2(H+P)^2}}{\left(H + \frac{Q^2}{2gB^2(H+P)^2}\right)^3}$$

rút gọn ta có:

$$C'_Q = \frac{1}{B} \cdot \frac{H - \frac{2Q^2}{2gB^2(H+P)^2}}{\left[H + \frac{Q^2}{2gB^2(H+P)^2}\right]^{3/2}} \quad (1)$$

tương tự trên ta có:

$$C'_B = Q \cdot \frac{-\left[H - \frac{2Q^2}{2gB^2(H+P)^2}\right]}{B^2 \left[H + \frac{Q^2}{2gB^2(H+P)^2}\right]^{3/2}} \quad (2)$$

$$C'_H = -\frac{3}{2} \cdot \frac{Q}{B} \cdot \frac{1 - \frac{2Q^2}{2gB^2(H+P)^2}}{\left[H + \frac{Q^2}{2gB^2(H+P)^2}\right]^{3/2}} \quad (3)$$

$$C'_p = -\frac{3Q}{B} \cdot \frac{\frac{Q^2}{2gB^2(H+P)^3}}{\left[H + \frac{Q^2}{2gB^2(H+P)^2} \right]^{5/2}} \quad (4)$$

Thực tế thí nghiệm thường phải làm bài toán này nhiều lần cho nhiều phương án thí nghiệm. Với công cụ máy tính như hiện nay thì việc tính toán cũng trở nên đơn giản, có thể lập trình theo nhiều ngôn ngữ khác nhau, thậm chí có thể sử dụng Excel. Một trong những ngôn ngữ thích hợp cho bài toán này là ngôn ngữ Pascal. Sau đây ta có thể tham khảo một ví dụ.

3. Ví dụ tính toán

Ví dụ: Tính sai số lớn nhất khi xác định bằng thực nghiệm hệ số lưu lượng của đập tràn đỉnh rộng chảy không ngập với 12 cấp độ lưu lượng

khác nhau. Mô hình thủy lực đập tràn đỉnh rộng trên máng kính có kích thước: cao $P=0,368\text{m}$; rộng $b=0,61\text{m}$. Đã biết $\Delta Q = \pm 2\% \cdot Q$; $\Delta B = \pm 1\text{mm}$; $\Delta H = \pm 0,1\text{mm}$; $\Delta P = \pm 1\text{mm}$ và các trị số thực đo Q và H .

Các đại lượng trong ví dụ đã tính toán: n - thứ tự các thí nghiệm; P - chiều cao ngưỡng tràn (m); b - bề rộng tràn bằng bề rộng máng thí nghiệm (m); Q - lưu lượng (m^3/s); V - lưu tốc trung bình (m/s); H - cột nước thượng lưu so với đỉnh tràn (m); H_0 - cột nước thượng lưu so với đỉnh tràn có kể đến lưu tốc tới gần (m); m - hệ số lưu lượng của đập tràn.

Sau đây là kết quả tính được lập trình theo ngôn ngữ Pascal.

```
PROGRAM TINH SAI SO;
CONST
  n=12; P=0,368; g=9,81; b=0,61; dP=0,001; dH=0,0001; dB=0,001;
TYPE
  vecto=array[1..n] of real;
VAR
  Q, V, H, Ho, m, CQ, CB, CH, CP, dQ, dC, dm, dm1, X1, X2:vecto;
  i:integer; out:text;
BEGIN
  assign(out,'C:hw1'); rewrite(out); {cho ket qua vao o C file hw1}
  Q[1]:=0.15022; Q[2]:=0.11900; Q[3]:=0.09709; Q[4]:=0.07685;
  Q[5]:=0.06362; Q[6]:=0.05309; Q[7]:=0.04286; Q[8]:=0.03347;
  Q[9]:=0.02464; Q[10]:=0.01847; Q[11]:=0.01256; Q[12]:=0.00727;
  writeln('          H thuc do');
  for i:=1 to n do
    begin
      write('H[' ,i,']='); read(H[i]); {vao so lieu H[i]}
    end;
  writeln(out, '          Sai so max');
  writeln(out, '          ');
  writeln(out, 'TT      Q      H      Vo      Ho      m      dC      dm      dm1 ');
  writeln(out, '      (m3/s)  (m)   (m/s)  (m)           dm      (%) ');
  writeln(out, '          ');
  for i:=1 to n do
    begin
      V[i]:=Q[i] / b / (H[i]+P) ;
      Ho[i]:=H[i] + (V[i] * V[i] / 2 / g) ;
      m[i]:=Q[i] / b / sqrt(2 * g * Ho[i] * Ho[i] * Ho[i]);
      X1[i]:=sqrt(Q[i] / b / (H[i]+P));
      X2[i]:=exp(2.5 * ln(H[i]+X1[i] / 2 / g));
      CQ[i]:=(H[i] - X1[i] / g) / b / X2[i] ;
      CB[i]:=- Q[i] * (H[i] - X1[i] / g) / b / b / X2[i] ;
      CH[i]:=- 1.5 * Q[i] * (1 - X1[i] / g / (H[i] + P)) / b / X2[i];
```

```

CP[i]:= - 1.5 * Q[i] * X1[i] / g / (H[i] + P) / b / X2[i];
dQ[i]:=Q[i] / 50;
dC[i]:=ABS ( CQ[i] * dQ[i] ) + ABS ( CB[i] * dB) + ABS ( CH[i] * dH ) + ABS (
    CP[i] * dP ) ;
dm[i]:=dC[i] / sqrt(2*g);
dm1[i]:=dm[i] * 100 / m[i];
write(out, ' ', i:3, ' ', Q[i]:7:5, ' ', H[i]:6:4, ' ', V[i]:5:3, ' ', Ho[i]:6:4, ' ',
    m[i]:6:4, ' ', dC[i]:7:6, ' ', dm[i]:7:6, ' ', dm1[i]:6:2, ' ');
writeln(out);
end;
close(out);
END.

```

Kết quả tính cho ra ổ C với tên file hw1 như sau:

TT	Q	H	Sai số max					
			Vo	Ho	m	dC	dm	dm1
(m ³ /s)	(m)	(m/s)	(m)				(%)	
1	0.15022	0.2877	0.376	0.2949	0.3472	0.031780	0.007175	2.07
2	0.11900	0.2489	0.316	0.2540	0.3441	0.032026	0.007230	2.10
3	0.09709	0.2188	0.271	0.2225	0.3423	0.032287	0.007289	2.13
4	0.07685	0.1890	0.226	0.1916	0.3391	0.032452	0.007326	2.16
5	0.06362	0.1671	0.195	0.1690	0.3388	0.032777	0.007400	2.18
6	0.05309	0.1497	0.168	0.1511	0.3344	0.032679	0.007378	2.21
7	0.04286	0.1307	0.141	0.1317	0.3318	0.032810	0.007407	2.23
8	0.03347	0.1119	0.114	0.1126	0.3280	0.032864	0.007420	2.26
9	0.02464	0.0920	0.088	0.0924	0.3247	0.033098	0.007472	2.30
10	0.01847	0.0766	0.068	0.0768	0.3209	0.033281	0.007514	2.34
11	0.01256	0.0597	0.048	0.0598	0.3177	0.033821	0.007635	2.40
12	0.00727	0.0416	0.029	0.0416	0.3166	0.035315	0.007973	2.52

Sau khi tính toán ta có sai số lớn nhất nằm trong khoảng (2÷2,5)%.

Tài liệu tham khảo:

- [1] Nguyễn Cảnh Cẩm [1978]: Thủy lực. NXB ĐH&THCN. Hà Nội.
- [2] Dabkowski Sz. L., Lipka W. [1977]: Model odcinka rzeki podgorskiej w skali skazonej. Sesja Nauk. z okazji 30-lecia Katedry Budownictwa Wodnego SGGW Warszawa.
- [3] Sargison E. J. [1984] : Scale Effects in Model Test on Weirs. Symposium on Scale Effects in Modeling Hydraulic Structures. Esslingen am Neckar, Germany sept.3-6.

Abstract

ERROR IN THE HYDRAULIC MODEL EXPERIMENTS OF THE COEFFICIENT OF DISCHARGE OVER SPILLWAYS WITH ROUGHNESS SURFACE

DR. ENG. LE VAN HUNG - *Water Resources University*

In the hydraulic model experiments, it is necessary to determine the error of the measurements for result analysis and error evaluation. Total differential method is one of the most popular methods to calculate the measurement error. This method will be applied to estimate the error of the discharge coefficient on the spillways in hydraulic model experiments in the research.

Người phản biện: TS. Hồ Việt Hùng