

Ⅱ-156 急勾配管路における満管部インターフェイスの設定条件と管路内圧力

東京都立大学 正員 宇井 正和

東京都立大学 正員 安川 浩

はじめに

流入口を有する管路においては、流入水位の増加に伴い管路内では開水路流れであるにも関わらず流入口では水位が管頂に達し、その満管状態が下流に伸長する。これにより管路内部に閉じこめられた空気は管路疎通能力に影響を及ぼすと共に、self primingのような自励現象においても重要な役目を果たすものとする。このような管路内空気の挙動は未だ未解決であり、空気圧の計測もみられない。ここでは急勾配管路において流入量を増した時の満管部インターフェイスの伸長と管内空気圧を計測し、インターフェイス設定条件を決定することを目的とする。

実験方法および結果

実験装置は図-1に示すように可傾台の上にセットした管径10cm、管長14.6mの上流端にベルマウスをつけたアクリル製管路を用いた。実験では、まず跳水によって管路下流端を閉塞させるような開水路流れを作ったのち流量を増加させ、ベルマウスから満管部インターフェイスが伸長するときの管路内空気圧と管路内水位を計測した。圧力計は上流端より8.5mの位置に取り付け、管路内水位変動およびインターフェイスの移動を計測するため5箇所抵抗線式水位計を備えた。図-2は勾配1/50での記録である。

図中1～5までは所定の場所での水位記録であり、6が圧

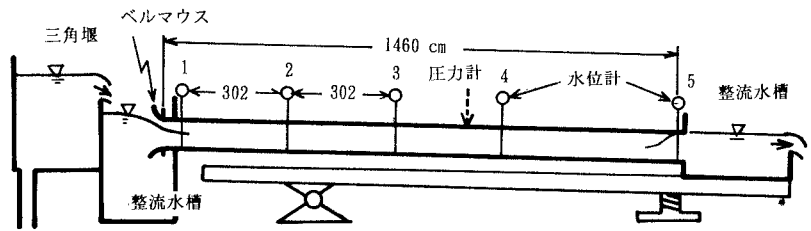


図-1 実験装置

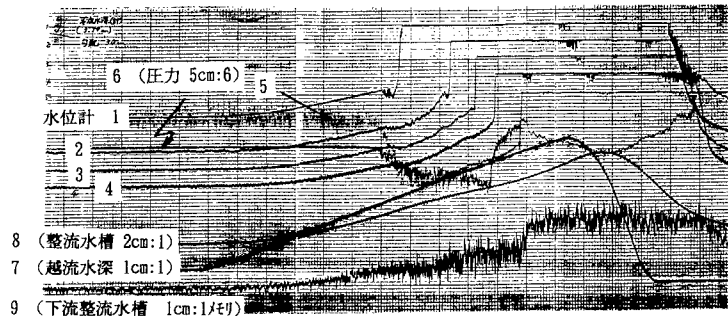


図-2 計測記録

力計である。7、8、9は各々三角堰越流水深、ベルマウス入口での水位、下流端整流水槽水位である。第2、3、4記録が等間隔なのは各水深が平行して変化していることを示す。この水位曲線中でわずかの不連続点が生ずるが、これは流入水位がベルマウスの頂部に到達し上流側が閉塞されたことを示す。この点を境に圧力は急激に増大するが、振幅は1.8cm程度に留まる（1.2cmが1g重に対応）。それはこの圧力増によって管路端の跳水が下流側へ押し出され管内空気圧が調節されるためと考えられる。インターフェイスの計測点通過後は圧力は満管領域の動水勾配に依存するため再び急変し、負圧にもなりうる。

インターフェイス条件に関する考察

インターフェイスの運動に対しては、それと共に移動する座標系を用いて運動を定常化し、図-3のようにⅠとⅡで囲まれる領域に運動量の式と、点Ⅰおよび淀み点0においてベルヌイの式を適用する。

$$\left. \begin{aligned} \rho Q'(v_2 - v_1) &= P_1 - P_2 + A_1 P_1 - A_2 P_2 \\ \alpha \frac{v_1^2}{2g} + \frac{P_1}{\rho g} &= \frac{P_2}{\rho g} \\ Q' &= A_1 v_1 = A_2 v_2 \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

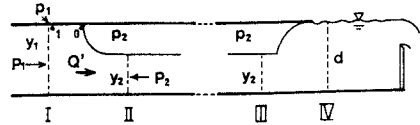


図-3 Interface

前報においては、 y_2 が Q' の限界水深と仮定して一意的に $y_2/d = 0.6879$, $Q'/\sqrt{gd^5} = 0.4331$, $P_1/\rho gd = -0.1672$ の結果を得た。しかし“流量が変わっても y_2 は常に一定”という疑問も生じ他の可能性を考察した。図-2によると管路内水位曲線は第1を除いて常に平行しながら変化している。このことは管路内水深が準静的に変化し、時々刻々の流量に対する等流状態をなすものと見なせる。そこで y_2 を等流状態で Manning の式で表せるものと仮定した。

$$Q_2 = \frac{A_2}{n} R_2^{2/3} s_0^{1/2} \quad (2)$$

$Q' = Q_1 - DA_1 = Q_2 - DA_2$ の関係より次式を得る。

$$\frac{1}{n} R_2^{2/3} s_0^{1/2} - D = \sqrt{\frac{2A_1(P_1 - P_2)}{\rho A_2 \{2A_1 - (2 - \alpha)A_2\}}} \quad (3)$$

上式は両辺とも y_2 の関数ではあるがインターフェイスの速度 D がパラメータとして入っている。図-4は実験より得られたインターフェイスの移動曲線である。この図より第2から第5点まではほぼ一定の速度で進行していることがわかる。そこで図中から平均の D を求め(3)式に代入すると y_2 が得られる。表-1はその結果であり実測値と共に示してある。 y_2 を実験データと比較するとちょうど満管になる直前の水位を表していることがわかる。

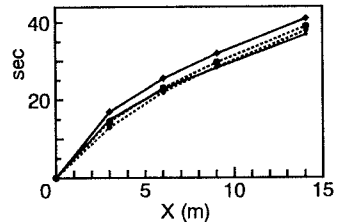


図-4 Interface 移動

まとめ

管路下流端を跳水で閉塞した場合のインターフェイスの伸長による管内空気圧は1.5～2cm(水頭)程度の正圧が生じたが、この圧力内でとどまっているのは圧力増によって下流端跳水が押し出されることによる。

インターフェイスの条件設定として実際の流量における等流水深を利用した。その結果得られた水深は満管直前の水深とよく合致している。ただこのとき用いた D の値は平均値であるが実際は全ての運動と関連した連立方程式の一つの変数として扱う必要がある。

参考文献

村越、安川、宇井、金； 急勾配管路における開水路から被圧水流への移行モデル、第49回土木学会年講、1994. 9

表-1

	D cm/s	y_2/d cal.	y_2/d exp.
CASE 1	38	0.693	0.69～0.74
CASE 2	34	0.676	0.68～0.76
CASE 3	36	0.778	0.69～0.78
CASE 4	37	0.782	0.68～0.76