

II-193 管路接続用チャンバー内の水面振動

東京都立大学工学部 正会員 宇井 正 和

東京都立大学工学部 正会員 安 川 浩

1. はじめに

筆者等は、豪雨時の下水管渠が満管状態で流れている時の管路接続用チャンバー（マンホール等）での流況特性について実験的に検討を進めてきたが、今までに円筒型チャンバーでの大型流出渦の発生機構や、エネルギー損失を説明するための噴流理論の導入を試み、それらの結果を報告してきた。特に流出渦の生成や矩形チャンバーでの水面振動が、チャンバー形状と管内流量との特定な組合せの上に発生するものであり、それはエネルギー損失を急激に増加させ、しいては管路の疎通能力を大幅に減少させる危険がある事を指摘した。しかし、チャンバー形状と管内流量とのどのような組合せがチャンバー内流況に特別な変化を発生させるかは、未だ明らかではない。ここでは、特に矩形チャンバーを用いた時の水面変動の特徴を実験的に検討することを目的とするものである。

2. 実験装置（方法）とチャンバー内流況

矩形チャンバーのモデルは図-1に示すように長さ70cm、幅50cm、高さ75cmの亚克力製の透明な箱を用い、内部の流況が観察出来るようにした。チャンバーの大きさを変えるために管路をチャンバー内に換入させ、その端部に隔壁を接続し、両隔壁間を変化させることにした。これによって、任意の長さ（ a ）のチャンバーが可能になるが、幅および管路の高さは一定とし、流入・流出、両管とも底より35cmとした。実際の下水管等と比較して、チャンバーサイズが管路より大きめであるが、前回報告したように、チャンバーへの流入を噴流として扱えるよう、まわりの境界からの影響を出来るだけ小さくするためである。しかし、チャンバー内水位は管路の水かぶり高の高低による水面動揺の効果を見るために、管路系下流端のゲート高を調節して水深を3通り変化させた。

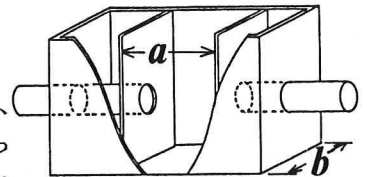


図-1 チャンバーモデル

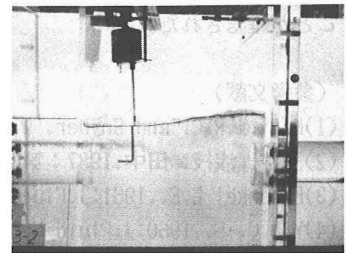
管路系は既報告とほとんど同様であり、上流端は大型高架水槽と接続して一定流量を流し、チャンバーの上流側で2箇所、下流側の5箇所において管内圧を測定した。これらの管内圧によって管路の摩擦勾配が求められるが、その勾配線のチャンバー両側でのギャップによってチャンバーによる損失水頭を求めた。

チャンバーのサイズは図-1の隔壁間隔を10cm, 20cm, 40cm, 60cmとする4通りとし、各々において流量を3, 5, 7, 9 L/sec と変化させた。

3. チャンバー内流況

円筒型チャンバーの場合には、管軸に対して左右両側に交互に発生する渦が出現し、更に巨大なロータリ状態流出渦へと成長した。しかし、今回の矩形チャンバーは管路径に比べて幅が広いせいか明確な循環流や、空気泡を底へ引き込む下降流は卓越せず、トレーサがゆっくりとチャンバー内部に拡散することによってのみ、それとわかる程度であった。

しかし、チャンバーへ流入する噴流は断面が広がり、下流側隔壁に当たって水面上へ湧き上がるように盛り上がり、それが励起となって、適当なチャンバーサイズの時には、水面振動へと発達していく（写真）。



写 真

水面振動は管軸に関して両側方向に振動することが多く、管軸方向あるいはチャンバーの対角線方向に振動するのは非常に稀である。このことは、水流の水面への湧き上がりが矩形チャンバー内に横振動を起こし易い特徴を有しているものと想像される。

湧き上がりの強さは水流の強さや水かぶりの高さに依存するものであるが、隔壁間隔と共に水面振動に大きく影響し、狭間隔で湧き上がりが強すぎると水面上での乱れが激し過ぎ、水面振動へと発達しえないが、また、間隔が広くなると流量が増加しないと振動が増幅されない。実験的には、隔壁間隔が20cm、40cm、60cmの場合に水面振動を卓越させる流量は、各々約 3ℓ, 5ℓ, 7ℓ であった。図-2にチャンバーの隅に設置した水位計の記録例を示す。図中3-1、3-2は隔壁間隔40cmで流量が3.3ℓ/sec と5.4ℓ/sec に対する振動であり、4-1、4-2は間隔が 56cmで流量は前記に対応した場合のものである。この図からもわかるように、水面振動を発達させるためには、チャンバーサイズに対応した流量が存在することが明らかになった。

さらに図-2の水位変動を見ると振幅が小さい間は基本モードのみの単純な振動と見られるが、振幅が増すと第二モードの振動も含まれ振幅も周期的に変動していることがわかる。しかし、振動の周期は全体的に一定で、流量や隔壁間隔（チャンバーサイズ）には依存しないと思われる。表-1は水面振動が発生したケースでの周期を示したもので、ケース（3-2_A）と（3-2_B）と（4-3）の3点を除いてほとんどが 0.74～ 0.76 の周期を持つ振動となっている。このことは水面振動が隔壁間隔以外のチャンバーサイズに依存した共振状態であることを暗示している。そこで、チャンバーと同形の長方形水槽（長さ a 、横幅 b 、深さ h ）での固有振動と比較した。固有周期は次式のようにあらわされる。

$$T = \sqrt{\frac{2}{gh}} \left(\frac{m^2}{a^2} + \frac{n^2}{b^2} \right)^{-\frac{1}{2}}$$

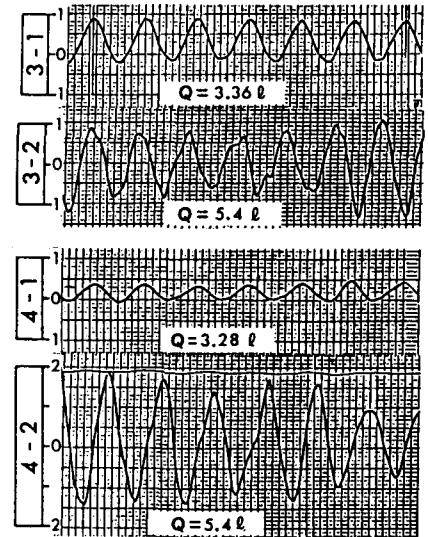


図-2 水面振動の記録

上に述べたように振動周期が隔壁間隔にはよらないと考えるならば、 a は取り合えず無視することにし、さらに、基本モード（ $n=1$ ）のみを考慮すると、 $T=2b/\sqrt{gh}$ が得られる。実験で用いた諸量をあてはめると、 $b=50\text{cm}$ 、 $h=40\text{cm}$ として、 $T=0.505$ が得られる。この値は実験値と比べると1/3程短く、適合して

表 - 1 水面振動の周期

ケース	2-1 _A	2-1 _B	3-1 _A	3-2 _A	3-2 _B	4-1 _A	4-2 _A	4-2 _B	4-3 _A
隔壁間隔	20cm	20	40	40	40	56	56	56	56
流量 Q /s	3.17ℓ	3.2	3.36	5.4	5.4	3.3	5.4	5.4	7.1
周 期	0.75	0.76	0.75	0.68	0.68	0.74	0.74	0.75	0.84

いるとは云い難いが、水面振動がチャンバーの固有振動と関係している事は事実と考えられる。今後、チャンバー内での噴流や水面の乱れ、あるいは対流の存在等の影響をどのように考えるかが課題とされる。

4. まとめ

チャンバーでの損失水頭の急増と、自由水面での乱れの特徴との関係を矩形チャンバーでの実験によって検討した。特に、1)チャンバーの大きさと流量との組み合わせによって、水面振動の増幅、減衰が生じ、2)振動の周期は、チャンバーの横幅を特性長としたときの固有振動の周期と近いが、十分とは言いがたい。3)さらに、実際の流れに即した解析の検討が必要である。

本実験を行うに際し、本学大学院生の大橋幸雄君と学部学生であった村岡孝則君には多大な助力を得た。ここに記して謝意を表す。

5. 参考文献

宇井、安川：管路接続用チャンバーによるエネルギー損失 第31回水講、1987他。