

段差人孔における副管まわりの 流れに関する一考察

福山大学工学部 正会員 ○梅田 眞三郎
福山市役所 河野 道之
福山市役所 坂根 和裕
徳永技研工業 徳永 淳市

1. まえがき

下水道の普及とともに下水管が急勾配のところにも敷設されるようになり、その上流管と下流管の段差が60cm以上の場合も多くなってきている。このような場合、下水の維持管理上人孔周りに副管を設ける必要がある。本研究では、副管への流量を増大させるようなその構造についての実験的研究を試みた。

2. 理論的検討

副管まわりでの流れでは、本管からの流量の増加により、その上端面が完全に被い隠されることも考えられる。一方、副管下流側では、構造上ほとんどの場合エルボ型の曲がり部を有している。このような副管の上下流端が水で閉ざされた場合には、副管内に密閉室がつくられることになり、副管上端水面に吸引作用が働き、副管流量の増加が予想される。図-1にその水面形状の概要を示す。副管内の密閉室にマンノメーターを設けた場合、吸引作用による水面変化 h が生じると考えると、ベルヌーイの定理に従って次のような関係式が成立すると思われる。

$$H_f + p/w = V^2/2g \quad (1) \quad p/w = -h \quad (2)$$

ただしこの場合、副管末端部に形成される水深 H_f を概略水深として定義する。そのため副管内での各種損失を(1)式に表現することを省略した。さらに、このような吸引作用が副管上流端や副管径など条件によっては大きくなる場合も考えられる。この時は、副管内でサイフォンが成立していることになるとと思われる。

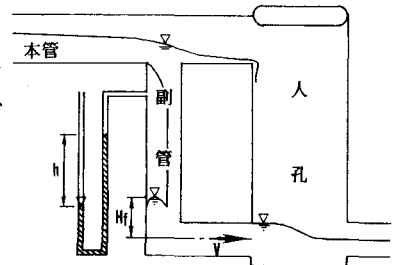


図-1 副管まわりの水面形状

3. 実験方法

5cm幅の矩形断面開水路のなかに、2.8cmの管径で円形の透明塩ビ管を本管として設置し、末端部から約90cmの位置に副管を取り付けた。実験結果の図に用いる記号との関係を一覧にして、各実験ケースを表-1と表-2にまとめた。また副管の長さも10、20及び40cmに変化させた。なお、20cm長さの副管には、その中央部付近にマンノメーターを取り付け、圧力の変化を測定した。また副管径が2.0cmの場合には、螺旋上に渦巻く流れをつくるためのスパイラル状のガイドを針金で作り、副管内へ挿入して流量の変化を調べた。

4. 実験結果と考察

3種類の副管長さに対する副管での流量変化を求めた。この場合の流量をそれぞれの副管径に対する基準流量 Q_f とした。流量 Q_f は、当然ながら本管径 D に対する副管径 D_f との比 D_f/D が大きくなるにつれて、また本管流量 Q が増えるにつれて、流量比 Q_f/Q はほぼ直線的に増大していつている。また、それぞれの副管の末端部にエルボやソケットなどを取り付けると副管流量が大きく変化していった。

表-1 実験ケースの記号
一覧<エルボ付き>

水路勾配	本管流量 Q (cc/s)					
20/1000	81	107	130	150	175	
45/1000	80	109	127	152	175	
エルボ 呼び径 (cm)	1.3	○	△	□	◇	▽
	1.6	○	△	□	◇	▽
	2.0	○	△	□	◇	▽
	2.8	○	△	□	◇	▽

表-2 実験ケースの記号
一覧<ソケット及びスパイ
ラル付き>

水路勾配		本管流量 Q (cc/s)					
20/1000		81	107	130	150	175	
45/1000		80	109	127	152	175	
ア ッ タ チ メ ン ト	ソケット 1.3	○	△	□	◇	▽	
	ソケット 1.8	○	△	□	◇	▽	
	ソケット 2.0	○	△	□	◇	▽	
	スパイラル (副管径 2.0)	○	◇	☆	◆	※	

それらの結果の一例として図-2に水路勾配20/1000で、副管長さ20cmの場合を示す。黒く塗りつぶしの記号で示されたものは、副管末端部に何も取り付けなかった場合の基準流量に対するもので、エルボを取り付けた結果は、それぞれの上方に示される白抜きの記号のものである。これらの結果から明らかなように、エルボを取り付けることにより密閉部分に吸引作用が発生し、流量の少ないものは倍以上に、また流量の多いものも倍程度に流量比が増えていっている。その他のソケットなどを取り付けても同様の結果が得られている。

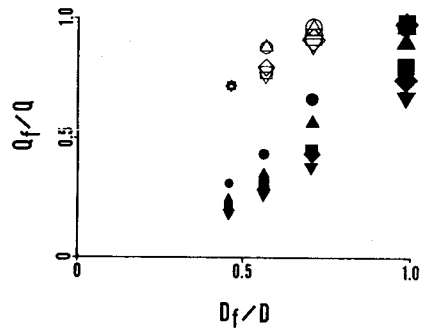


図-2 本管に対する副管の管径比と流量比の関係<アタッチメントなしとエルボ付き> (水路勾配 20/1000, 副管長さ20cm)

次に、副管末端部での速度水頭や圧力水頭の変化に対する副管流量の増加割合を調べてみた。すなわち副管内の水深の変化に対して、アタッチメントを付けることによって副管流量 Q_{fa} がどの程度増えているのかを調べた。それらの結果のうちソケット及びスパイラルが付いた場合を図-3に示す。この図に示されるように、ほとんどのケースが $H_f / (V^2 / 2g - p/w)$ の上昇に対して、流量の増加割合が1.0に近づいている。ただし副管径が最も小さい場合には、理論的検討で述べたように副管で吸引作用が働いた後すぐにサイフォンが成立し、噴流のごとく副管を流れ出る。そのため速度水頭は増加するが、吸引力の減少のため他のものとは異なった変化を示している。一方、エルボやソケットの副管径が大きい方の場合では、水路勾配が大きくなり副管上端面での吸引作用に必要な水面の形成が難しくなった場合が出てきている。また副管径が小さい方では、前述のサイフォンが成立している場合も見られる。これらの場合、 $H_f / (V^2 / 2g - p/w)$ の増加にもかかわらず $(Q_{fa} - Q_f) / (Q - Q_f)$ が減少していくか、あるいは横ばいとなっている。

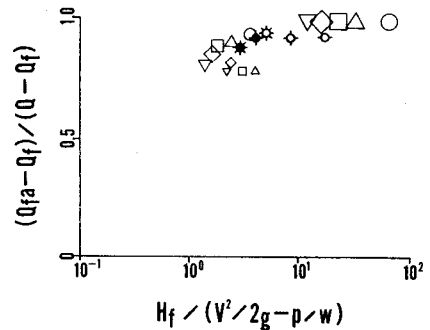


図-3 水深 H_f の変化と増加流量/基準流量との関係<ソケット及びスパイラル付き> (水路勾配 20/1000, 副管長さ 20cm)

最後に、副管への流量比 Q_f / Q を考慮した副管比 D_f / D に対する $(Q_{fa} - Q_f) / (Q - Q_f)$ との関係調べた結果、アタッチメントがついている場合には、管径比の増加とともに副管への流量が増大していくのがわかった。しかし図-4に示すように、水路勾配が大きく、副管径も大きい場合には、副管への流量があまり増加せず、 $(Q_{fa} - Q_f) / (Q - Q_f)$ の値は減少していっている。

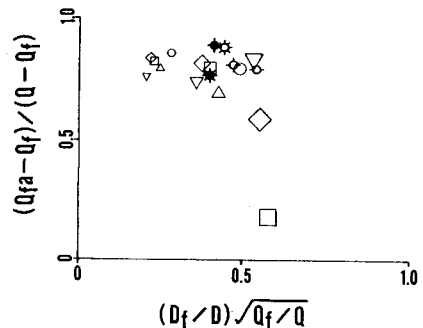


図-4 副管への流量比 Q_f / Q を考慮した管径比 D_f / D に対する増加流量/基準流量との関係<ソケット及びスパイラル付き> (水路勾配 45/1000, 副管長さ 20cm)

5. 結論

下水道の段差人孔における副管としては、次のような構造を用いればその役割が果たせると思われる。

- (1) 上端面の大きさとしては、 $(D_f / D) \sqrt{Q_f / Q}$ が 0.5 程度のものが適当と思われる。
- (2) 下流側構造としては、副管内で管壁に沿った螺旋流が発生するようなもので、ソケットのような下流側断面が少し絞られたものが適していると思われる。