

マンホール部における渦の発生とエネルギー損失について

九州共立大学工学部 学生員○森口 和明
九州共立大学工学部 正会員 粟谷 陽一
九州大学工学部 正会員 楠田 哲也
九州共立大学工学部 正会員 荒尾 慎司
九州共立大学工学部 村田 充識

1. はじめに

雨水管路の流れの数値シミュレーションにおいては、マンホール部のエネルギー損失を考慮することが重要である。従来の研究によれば、満管流れにおいては、特に落差マンホールで上流管と下流管との段差が大きいために、かなりのエネルギー損失が発生することが明かにされている²⁾³⁾。また、マンホール内部に渦が発生することにより、マンホール部のエネルギー損失が増加することもよく知られている¹⁾²⁾³⁾。マンホール部での渦の発生の支配因子として、マンホール径、上・下流管径、上流管の流速、マンホール内の水位等が関連していると考えられる。本研究では、下流管径、上流管の流速、マンホール内水位をパラメータとしてマンホール部のエネルギー損失を実験的に検討した。

2. 実験装置及び実験方法

実験装置の概略を図-1に示す。実験装置として、管勾配 $I=0$ 、上流管長 $L_u=3.2\text{m}$ 、下流管長 $L_d=3.1\text{m}$ 、マンホール径 $D_m=9\text{cm}$ 、上流管径 $D_u=5\text{cm}$ 、下流管径 $D_d=5\text{cm}$ (実験ケース1) と 6cm (実験ケース2) のものを用いた。また、上流管と下流管との段差 S を、 0cm 、 1cm 、 2.5cm 、 4cm 、 5cm 、 7.5cm 、 10cm 、 15cm 、 20cm の9ケースに設定した。今回実施した実験は、満管流れを対象としており、上・下流管にそれぞれ取り付け付けたマンノメーターによって管内の圧力水頭を測定し、その測定値と速度水頭を加えたものからエネルギー勾配線を算出することにより、マンホール部のエネルギー損失 ΔE を求めた。

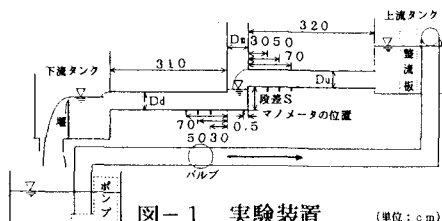


図-1 実験装置 (単位: cm)

3. 実験結果及び考察

(1) 渦の発生に伴うエネルギー損失 ΔE の増加

下流管径の異なる実験ケース1、2のそれぞれについて、マンホール部でのエネルギー損失 ΔE と下流管の速度水頭 $V_d^2/2g$ との関係を図-2、3に示す。上流管と下流管との段差 S/D_d が0から0.2の範囲では両ケースともマンホール内部での渦の発生は目視では確認できず、エネルギー損失が著しく増加することはない。実験ケース1に関しては、上流管と下流管との段差が0.8を越えると、明確に渦の発生を確認でき、段差の増加につれてエネルギー損失が増加するときの速度水頭の範囲が大きい方へスライドしていくことがわかる。実験ケース2については、段差が0.42では渦の発生を目視で確認することはできないが、若干エネルギー損失が増加する箇所がある。また、上流管と下流管との段差0.42から1.67の範囲では、渦の発生に伴ってエネルギー損失が増加するときの速度水頭の範囲が2cmから5cm程度のところにある。段差が2.5以上になるとエネルギー損失が増加するときの

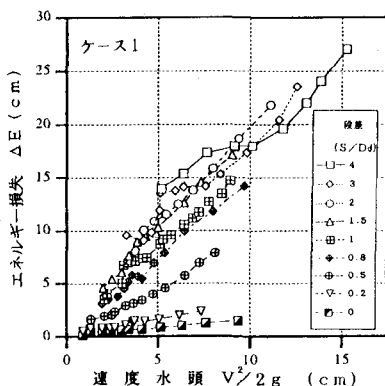


図-2 速度水頭とエネルギー損失

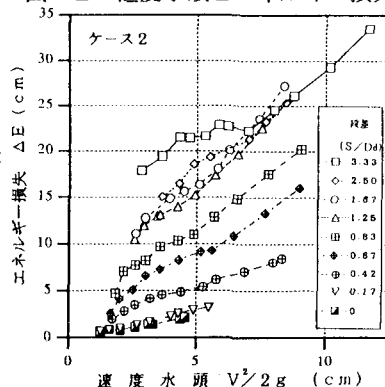


図-3 速度水頭とエネルギー損失

速度水頭の範囲も大きい方へスライドする。実験ケース1と実験ケース2との間で、実験結果が異なる理由としては、実験ケース2では、下流管径が上流管径よりも大きいため下流管の流下能力が大きく、たとえ実験ケース1と同じ流入量であっても、実験ケース1ほどマンホール内の水位が上昇しないことによると考えられる。

(2) エネルギー損失係数 K の増加とマンホール内の水深 h/Dd との関係

マンホール部のエネルギー損失係数 K とマンホール内の水深 h/Dd (h : 上流管頂からのかぶり高さ) との関係を図-4、5に示す。但し、マンホール内の水位は、マンホール外部に取り付けたマンメーターで測定した。従って、渦が発生したときのマンホール内の水位は渦の最大高さのことではなく、渦の平均的な水位を示していると考えられる。

実験ケース1の場合は、渦の発生により、マンホール内の水深 h/Dd が0から1程度の範囲内で、エネルギー損失係数 K の値が極大値をとる。実験ケース2の場合は、実験ケース1に比べて水位の低いところで、極大値をとる。また、マンホール内部の渦の発生は、上流管の流速とも深く関連していると予想され、これを確認するために、実験ケース1の中の段差1の場合において、下流管の出口部の水位を堰上げしたときの検討を行った。堰上げ高さを下流管の管底から0cm, 5cm, 10cmの3種類に設定した。その結果を図-6に示す。堰上げ高さを増加させると、同じマンホール水位でも上流管の流速が減少するためにマンホール内部での渦の発生は弱いものとなる。しかし、これを図-7に示すようにエネルギー損失係数 K とマンホール内の水深 h/Dd との関係でみると堰上げ高さを増加させても損失係数 K は同程度の極大値をとっており、上流管の流速よりもマンホール内の水位が支配的なパラメータであることがわかる。また、渦の発生によるマンホール部でのエネルギー損失の増加率は最大で50%程度であることが明らかとなった。

4. 終わりに

マンホール部での渦の発生により増加するエネルギー損失は、上流管の流速よりもマンホール内の水深 h (上流管頂からのかぶり高さ) に深く関連していることが示された。また、渦の発生に伴うエネルギー損失の増加率を最大で50%程度見込む必要があることが明らかとなった。

5. 参考文献

- 1) G. Lindvall: Head Losses at Surcharged Manholes with a Main Pipe and a 90° Lateral, Proc. 3rd Int Conf. on Urban Storm Drainage, 1, pp137~146, 1984
- 2) 宇井ら: 管路接続用チャンバーによるエネルギー損失, 第31回水理講演会, 1987
- 3) 長尾ら: 雨水管路マンホール部の流れの特性に関する研究, 平成5年度土木学会第48回年次学術講演会, pp654~655, 1993

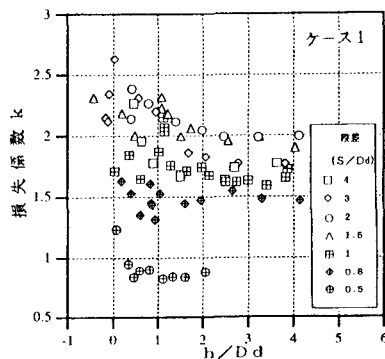


図-4 損失係数と h/Dd

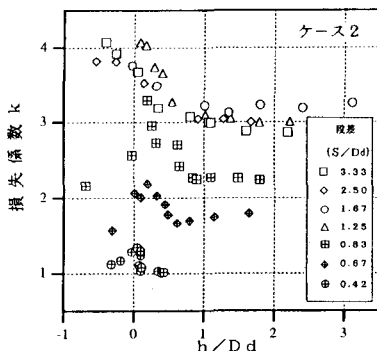


図-5 損失係数と h/Dd

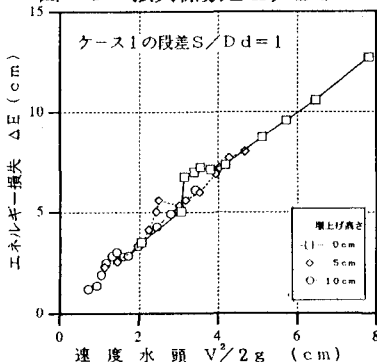


図-6 速度水頭とエネルギー損失

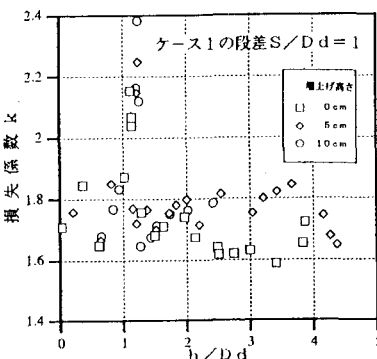


図-7 損失係数と h/Dd