

エネルギー損失の軽減を目的とした90度接合マンホールの構造改善案について

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 非会員 岩田 貴行
同 上 非会員 藤田 太二 九州大学大学院 フェロー 楠田 哲也

1. はじめに

下水道施設の中で雨水管路は浸水防除を目的として概ね5年から10年に1回の強さの降雨を対象に整備されているが、全国平均でみるとその普及率もやっと49%（平成10年度末）に達した程度であり、今後も中小都市を中心に整備が進むものと予想される。雨水管路の設計降雨強度よりも大きな降雨になると、降雨強度によっては管路内の雨水が地表面に溢水し、市街地が浸水するような状況が以前よりも頻繁に起こるようになってきている。これは、都市化の進展のため管路の建設当時よりも雨水の地下浸透能が低下していることや排水先河川の整備が遅れていること等が大きな原因である。近年、その対策として、流出抑制型下水道、バイパス管、大規模な雨水貯留管等が建設されているが、限られた予算の中ではこれまで以上に低コストで浸水被害を防除できる施設を検討する必要がある。雨水管路において流入管と流出管の水平面接合角度を90度としたマンホールにおいては、マンホールで発生するエネルギー損失が非常に大きいため、他の接合角度に比べてマンホール水位はより押し上げられ、この影響で、マンホールより上流側の動水勾配線もかなり上昇することになる。90度接合マンホールは幅員の狭い道路が集中する住宅密集地域や商業地域に数多く存在する。これらの地域が浸水するような場合、この90度接合マンホールの影響は非常に大きいと思われる。著者らは、90度接合マンホールでのエネルギー損失を軽減させるために、昨年度、新しいマンホール構造を提案した。しかし、このマンホールではマンホール損失はかなり軽減できるものの、既設マンホールをそのまま利用することができない。そこで、本報告では現在用いられている90度接合マンホールに簡単な工夫をこらしたマンホール構造を提案し、マンホールのエネルギー損失の軽減効果について実験的検討を加える。

2. マンホール形状

ここでは設計基準で定められている内径90cmの1号マンホール（円形）と内径25cmの接合管路（円形）を検討対象とする。図-1は本検討で用いた実物（1号マンホール）の1/5の縮小模型で、管路の接合状況とマンホールの底面形状（平面図（上）、側面図（下））を示している。図-1のType Aは日本で一般的に用いられている管内径の1/2の深さのインバートを有するマンホール構造を簡単にモデル化したものである。Type Bは昨年度提案したものでType Aのインバートをマンホール側壁に沿って配置し、さらにインバートの深さを深くするためにマンホール底面の足のせ部の高さを下流管頂付近まで高くしたものである。この改善により、上流管からの流入水はType Aよりもスムーズにマンホール出口から流出するため、マンホール部のエネルギー損失をかなり軽減させることができる。

Type CはType Aをそのまま利用する目的で今回新規に作成したもので、インバートの深さを管内径と同じにし、さらに、上流管からの流入水の大部分がインバートに沿ってマンホールから流出するように足のせ部上に平たいカバーを設置したものである。このカバーには、排気用の孔を設けており、この孔を通して上流管からの流入水の一部がマンホール内に貯留される。なお、本検討では上・下流管の段差 S を0、2.5cmの2種設定している。

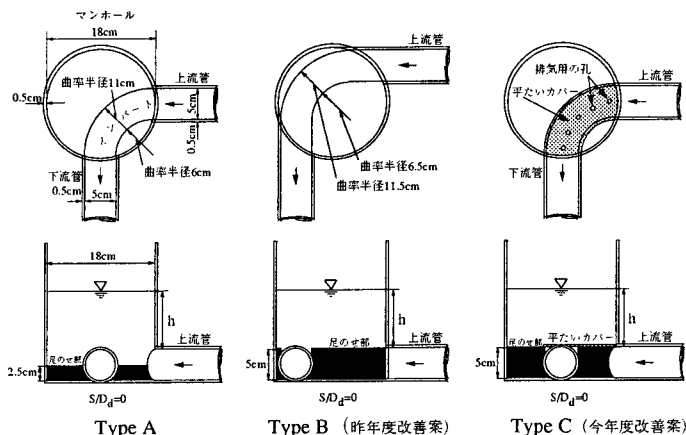


図-1 管路の接合状況とマンホール底面形状

3. マンホールのエネルギー損失係数

マンホールのエネルギー損失係数 K の算定方法は以下の通りである。マンホールの上・下流管にそれぞれ3箇所ずつ取り付け付けたマンメーターによって管内のビエゾ水頭を測定し、その測定値に速度水頭を加えたものからエネルギー線を計算し、それぞれのエネルギー線を上流側および下流側へ延長したものがマンホール上流壁及び下流壁に交差するところの損失水頭の差をマンホールのエネルギー損失水頭 ΔE と定義している。また、(1)式によりエネルギー損失係数 K を算定する。

$$K = \Delta E / (V_d^2 / 2g) \quad (1)$$

ここに、 V_d は下流管の断面平均流速、 g は重力加速度である。この詳細は参考文献を参照されたい。

4. 実験結果と考察

後述するType Cでのマンホール損失の軽減効果と比較するために、昨年度検討したType AとType Bの実験結果の比較を図-2と3(参考文献にて報告済み)に示す。なお、図中の段差比 S/D_d は段差 S を D_d (下流管内径5 cm)で除したもので、横軸の h/D_u (h : 上流管内壁頂部から水面までの距離、 D_u : 上流管内径5 cm)はマンホール内の水深比を表している。これらの図に示すように、Type Bではいずれの段差比でもType Aよりも損失係数 K が0.1~0.8程度減少することが明らかになっている。しかし、Type Bでは図-1に示すように既設マンホールをそのまま利用するためには、マンホールを移動させる必要がある。しかも上・下流管が接合する孔を別途設けなければならない等のデメリットがある。Type C(図-1参照)では段差比 S/D_d が0(図-4参照)のとき、 $Q=0.5l/s$ を除く他の流量では損失係数はマンホール水深によらずほぼ一定で、その値は0.4~0.45程度となり、Type Aに比べて0.6~1.3程度損失係数は減少する。実際には豪雨時にマンホールから溢水するか否かという地表面付近の水位が非常に重要である。マンホール水深比 h/D_u が4から6付近でも損失係数はType Aに比べて0.8~0.9程度減少しており、Type Cでの損失係数の軽減効果は非常に大きいことがわかる。実規模でType Cを用いたときにType Aよりも損失係数が0.9減少し、そのときの管路内の平均流速を2 m/sと仮定すると、Type Aよりもマンホール水位は18cm低下する。マンホール5個でこの改善を実施すると90cmも水位が低下することになる。段差比 S/D_d を0.5(図-5参照)にすると、 $Q=0.5l/s$ を除けばType Bと損失係数はほぼ同じである。この原因は、Type B、Type Cいずれも段差を有するため、上流管からの流入水の上半分の流れはマンホール壁へ衝突し、そのときの損失が大きいからである。

マンホールType Cを採用する際の今後の課題として、インバート上のカバーに設けた排気用の孔の大きさや位置の検討、カバーが水圧で飛ばないように工夫が必要である。

マンホールType Cを採用する際の今後の課題として、インバート上のカバーに設けた排気用の孔の大きさや位置の検討、カバーが水圧で飛ばないように工夫が必要である。

<参考文献>

荒尾ら：2方向接合円形落差マンホール部の構造改善に関する実験的研究, 環境工学研究論文集, Vol.36, pp.353-360, 1999.

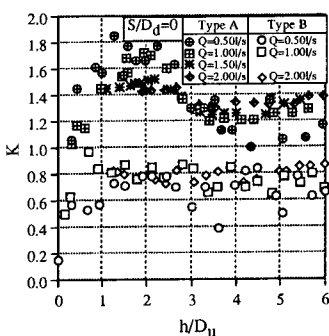


図-2 K と h/D_u の関係 ($S/D_d = 0$)

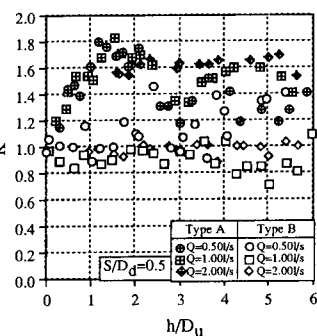


図-3 K と h/D_u の関係 ($S/D_d = 0.5$)

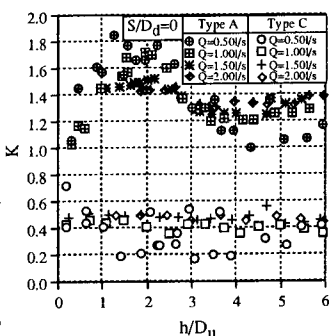


図-4 K と h/D_u の関係 ($S/D_d = 0$)

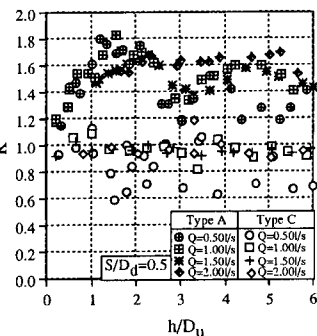


図-5 K と h/D_u の関係 ($S/D_d = 0.5$)