

地上への氾濫が生じている下水道流れに関する実験的検討

中電技術コンサルタント (株) 正会員 ○大森 嘉郎  
 環境省 自然環境局 正会員 野仲 典理  
 国土交通省 国土技術政策総合研究所 正会員 山岸 陽介  
 八千代エンジニアリング (株) 正会員 松浦 祐樹

1. はじめに

近年多発する都市型水害の被害対策推進のため、平成16年5月より特定都市河川浸水被害対策法が施行されており、現在各地で同法に基づいた都市浸水想定区域(内水氾濫)や都市洪水想定区域(外水氾濫)の指定が検討されている。国総研水害研究室では、都市域浸水解析モデル(NILIM)の開発や各種都市域浸水解析モデルを用いた都市浸水想定区域図策定への適用性について検討を行ってきた。しかし、下水道を考慮した氾濫現象は、下水道管路内から地表面への溢水、地表面で湛水または流下、地表面から下水道へ流入する現象からなり、水理現象を規定する下水道管路内と地表面の2つの水頭(エネルギーまたはピエゾ)が相互に関与し合う複雑な現象(図1)であり、それらの実態解明とそれを踏まえた解析モデルへの反映が求められている。本検討では、水理模型実験により複雑な水理現象を把握するとともに、下水道管路内と地表面との間の溢水・流入量が、地表面および下水道管路内の水頭によって、どのように規定されるかを確認し、解析モデル上での表現方法について考察する。

2. 水理実験装置の概要及び実験ケース

表1 実験ケース

水理模型実験施設は、基本的に既往検討と同様であるが、水平管内の乱れを抑えるために、水平管上流接続導水管の直進部分を延伸するとともに整流壁を設置した。(図2)実験ケースは表1に示すように、基礎実験として①溢水、②流入、複合実験として③上・下流管溢水を設定した。

実験ケース	概念図
基礎実験 ① 溢水 湛水深: 5cm, 10cm, 20cm	
② 流入 湛水深: 5cm, 10cm, 15cm, 20cm, 25cm	
複合実験 ③ 上・下流 管溢水 湛水深: 10cm	

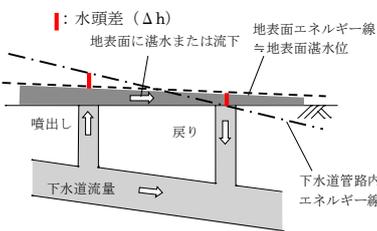


図1 下水道を考慮した氾濫現象

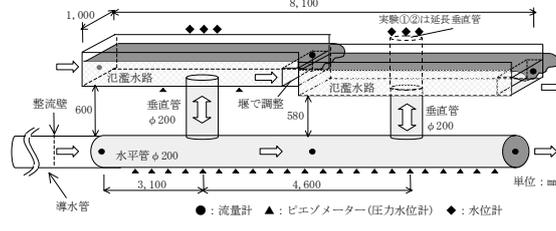


図2 実験施設の概要

3. 実験結果

(1) 溢水・流入現象時のエネルギー水頭及びピエゾ水頭の変化

図3は、垂直管管径 20cm の場合の水平管におけるエネルギー水頭及びピエゾ水頭の実験値である。実験①のピエゾ水頭は垂直管からの溢水により垂直管下流側の流量が減少するため、垂直管下流側は溢水前より概ね速度水頭分だけ高い値を示している。また、エネルギー水頭は溢水による流量の減少に伴い垂直管下流側で勾配が緩やかとなるものの、垂直管接合部において水平管直進方向の損失は少なく顕著な段差はついていない。実験②のピエゾ水頭は氾濫水路からの流入により、垂直管下流側の流量が増加するため、実験①とは逆に流入前よりも速度水頭分だけ低い値を示している。また、エネルギー水頭は合流による流量の増加に伴い垂直管下流側で勾配が若干急になるとともに、垂直管接合部において水平管直進方向に合流に伴う損失による段差が生じている。なお、実験③の複合実験でも、溢水・流入現象については基礎実験と同様の傾向が示された。

(2) 垂直管からの溢水・流入量の推定

図1に示すように溢水・流入量は垂直管接合部における水平管と湛水位との水頭差(Δh)により規定されると考え両者の関係を整理した。ここで、溢水のピエゾ水頭の場合と流入のエネルギー水頭及びピエゾ水頭の場合は垂

— — 地表面水頭 — — — — 下水道管路内水頭

キーワード 下水道管渠、流出解析、氾濫解析

連絡先 〒305-0804 茨城県つくば市旭1番地 国土技術政策総合研究所 水害研究室 TEL 029-864-7619

直管接合部において水平管直進方向に段差が現れるため、垂直管接合部の水頭を上下流のデータから推定した(図4)。

図5は、溢水・流入量と水頭差(Δh、エネルギー水頭及びピエゾ水頭)の平方根の関係を表したものである。図より、溢水・流入量は、水頭差(Δh)の平方根に比例する傾向が見られ、オリフィス式( $Q = CA\sqrt{2g\Delta h}$ )で近似できる可能性が示唆された。ここで、オリフィス式の流量Qと水頭差 $\sqrt{\Delta h}$ は、切片を持たない線形関係(Y=AX)であることを考慮すると、切片が0に近く、相関関係が高いものがより同式で近似できる推定方法であると考えた。図5の実験①(溢水)より、エネルギー水頭差、ピエゾ水頭差のいずれの場合も相関関係が認められ(確実度係数0.85以上)、切片が0に最も近いのはピエゾ水頭の段差の平均「Δhp2」となった。一方、実験②(流入)の場合も切片が0に近く、また相関関係が認められるのは実験①(溢水)と同様にピエゾ水頭差とした場合の「Δhp2」となった(確実度係数0.96以上)。なお、実験②(流入)のエネルギー水頭差の場合、下流バルブの回転数によって水頭差がマイナスとなっており、流れが逆になるという不都合な結果が生じた。

実験③についても、実験①と同様に溢水量と水頭差の平方根の関係を整理したところ溢水量は実験①で得られた関係式で規定されることが示唆されたが、実験③における上流側垂直管のエネルギー水頭差の場合のみが実験①で得られた関係式から外れたため、そのケースについてエネルギー水頭及びピエゾ水頭の縦断図を整理した(図6)。図より、実験①と③の上流側垂直管の溢水量が異なっているにも係らず、水平管内のエネルギー水頭差(Δhe1)は概ね同じとなっている。一方、ピエゾ水頭差(Δhp2)は、実験①と実験③で異なっており、溢水量がエネルギー水頭差ではなく、ピエゾ水頭差により規定されることが示唆された。

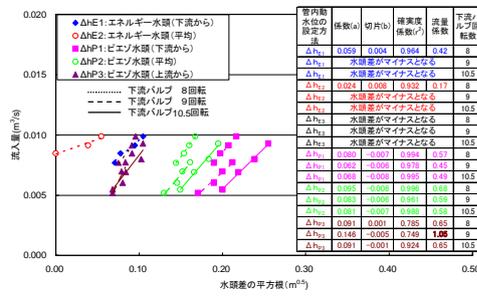
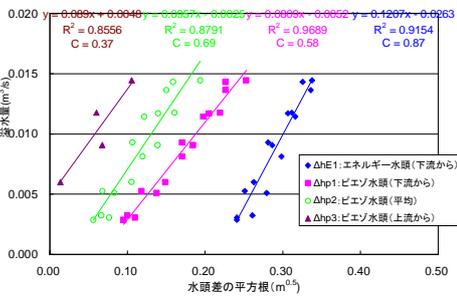


図5 水頭差(エネルギー水頭及びピエゾ水頭)の平方根と溢水・流入量の関係(左図:実験①溢水) (右図:実験②流入)

4. 結論

- (1) 垂直管からの溢水・流入量は水平管内のピエゾ水頭と地表面湛水位との水頭差( $\sqrt{\Delta h}$ )に比例する傾向が得られ、オリフィス式( $Q = CA\sqrt{2g\Delta h}$ )で近似できる可能性が示唆された。また、垂直管接合部において生じるピエゾ水頭の段差の平均値と地表面湛水位との水頭差( $\sqrt{\Delta h}$ )を用いると溢水・流入量Qと水頭差( $\sqrt{\Delta h}$ )の近似式が原点に近く、高い相関関係が得られた。
- (2) 都市域氾濫解析モデルにおいて下水道からの溢水・流入現象を再現する際には、マンホール部でエネルギー水頭を連続させ、ピエゾ水頭の段差を表現することが望ましい。ただし、実際の下水道内の複雑な流れを再現する上で、ピエゾ水頭の段差が溢水・流入量に及ぼす影響等を十分に把握し、モデルを構築する必要がある。

- 1) 野仲典理、山岸陽介、中村徹立、高橋陽一「下水道を考慮した都市域氾濫解析モデルの実験的検討」土木学会第61回年次学術講演概要集 第2部、P551、2006年9月

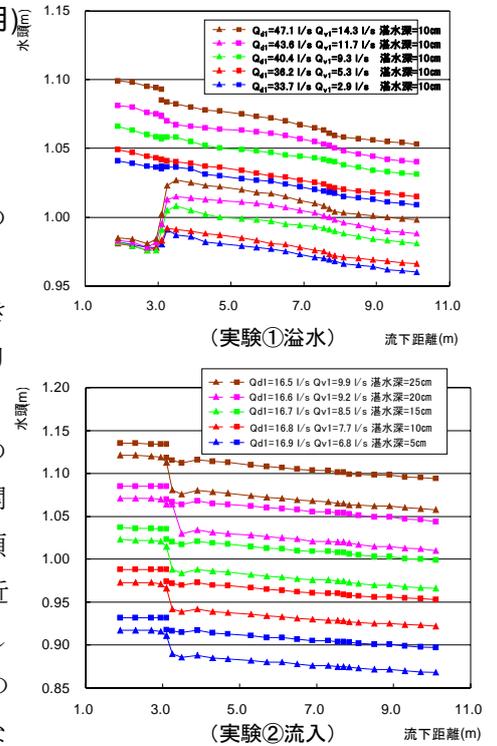


図3 エネルギー水頭・ピエゾ水頭縦断面図 (■:エネルギー水頭、▲:ピエゾ水頭)

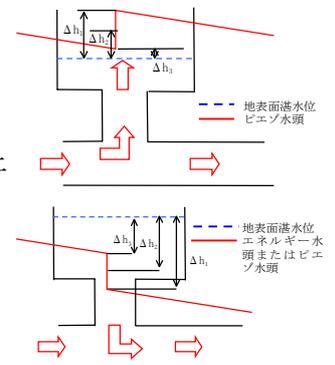


図4 Δhのとり方 (上段:溢水時、下段:流入時)

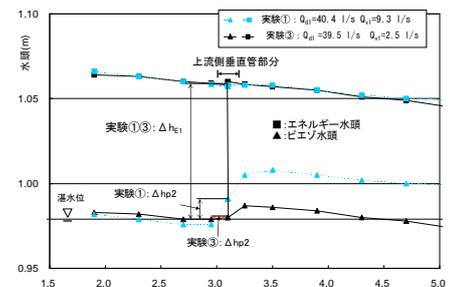


図6 エネルギー水頭・ピエゾ水頭縦断面図(実験①溢水と実験③上・下流管溢水の重書)