

〈研究発表〉

制御機能付きゲートシステムによる合流改善および浸水対策

中町 和雄¹⁾, 平林 和也²⁾, 島の江 優征¹⁾, 佐藤 明雄²⁾, 上野 和博²⁾

¹⁾ 前澤工業株式会社 (〒332-8556 埼玉県川口市仲町 5-11, E-mail: kazuonakamachi@maezawa.co.jp)

²⁾ 株式会社安川電機 システムエンジニアリング事業部 (〒824-8511 福岡県行橋市西宮市 2-13-1)

概要

既設管渠への雨水貯留は合流改善の有効な対策のひとつであり、他の対策と比較して用地の確保や建設費などの点で有利であり早期実施が可能である。しかし、従来のゲートによる貯留は上流域の浸水リスクが増加するため実施は難しかった。本研究では、合流式下水道の雨水流入ゲートとして用いる制御機能付の親子ゲートを新たに考案し、その設置効果について簡易計算によるケーススタディを行い、未処理放流回数や未処理放流量の削減に効果があることを確認した。

キーワード: 合流改善, 浸水対策, ゲート, 制御, 管内貯留

1. はじめに

合流式下水道では、降雨時に放流されるし尿を含む未処理下水による水質汚染や景観悪化が社会問題化し、分流並みを目指した各種の対策が講じられている。平成 22 年度末の合流式下水道改善率は 40%¹⁾であり、中小 170 都市の法令上の対策完了期限である平成 25 年度末に向け、効果的な対策が求められている。

既設管渠への雨水貯留は合流改善の有効な対策の一つであり、他の対策と比較して用地の確保や建設費などの点で有利であり早期実施が可能である。しかし、実施に当たっては合流改善と同時に上流域の浸水防護も求められるが、常設の 3Q 堰や従来のゲートではこれらの要求を同時に満足することは難しい。

本研究では、合流式下水道の雨水流入ゲートとして用いる制御機能付の親子ゲートを新たに考案し、その設置効果についてシミュレーションを用いたケーススタディにより考察を行った。

2. 制御機能付ゲートシステム

2.1 システム構成

本システムの構成を Fig. 1 に示す。本システムは動力制御盤、独立して開閉可能な親ゲートおよび子ゲート、一次側（上流側）および二次側（下流側）に設置した水位計などからなる。

ゲートの制御は、晴天時の「待機モード」、子ゲートを上昇させ管内貯留により合流改善を図る「合流改善モード」、親ゲートおよび子ゲートを全開にする「雨水排水モード」、および異常降雨時にポンプ場の浸水を防ぐためにゲート開度を絞り込む「浸水対策モード」

の計 4 つのモードからなり、各水位計の水位指示値および変化速度を演算し自動で切り替わる。

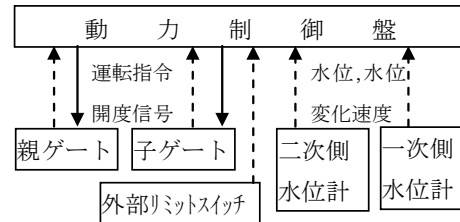


Fig.1: System configuration

2.2 親子ゲートの構造

親子ゲートの構造を Fig. 2 に示す。親ゲートは一般的な鑄鉄製角形ゲートの上部に切り欠きを有する可動堰構造の三方水密ゲートであり、上部の切り欠きから越流可能な構造となっている。

子ゲートは親ゲートに取り付けられたガイドに沿って昇降する四方水密ゲートであり、子ゲートが親ゲートの切り欠き部を塞ぐ形で完全止水が可能となる。

親ゲートおよび子ゲートは独立して昇降が可能であるが、子ゲートの脱落を防止するため、通常の上下限位置リミットスイッチとは別に、機械式の外部リミットスイッチを設けており、子ゲートの動作範囲を親ゲートのガイド内に限定している。

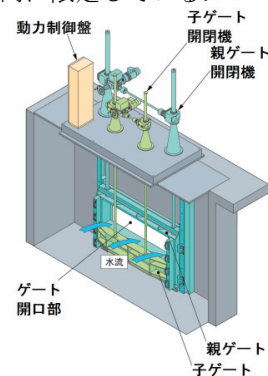


Fig.2: Overview of the master-slave gate

2.3 制御方法

2.3.1 待機モード(3Q堰モード)

待機モード(Fig. 3)は本システムの基本モードであり、親ゲートおよび子ゲートが下限位置で待機する。待機モードでは晴天時には3Q堰と同様の効果を発揮し、晴天時の雨水沈砂池への汚水流入を阻止できるため、雨水沈砂池のドライ化を行うことが可能で、それにより腐敗した汚濁物質の河川放流を抑制できる。

従来ゲートでは全閉状態で待機した場合に停電時に開放できないリスクを有しているが、本システムでは子ゲートを開けた半開状態での待機を行うため、停電時やゲートの故障時にも一定の流入量を確保することができる。そのため、近年多発しているゲリラ降雨等の急激な雨水流入時にも雨水を排水でき、上流域の浸水リスクを軽減可能である。

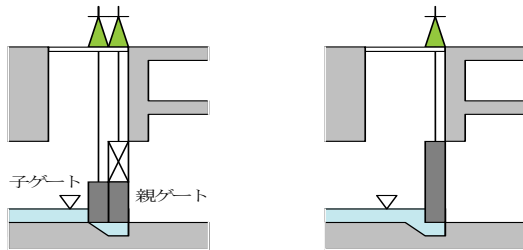


Fig. 3: State in fine weather: This system of standby mode (in left), and totally closed conventional gate (in right)

2.3.2 合流改善モード

合流改善モードでは一次側水位の上昇を検知しながら子ゲートの開度調整を行うことで、小雨時の雨水系への流入を抑制する事ができる(Fig. 4)。

ファーストフラッシュを含む高濃度の初期降雨を管内貯留することが可能となり、汚濁物質の放流を低減可能である。一方、従来のゲートでは流入ゲートを全閉した場合の上流域の浸水リスク増大が懸念されるため、管内貯留運転による合流改善を行うことは難しい。

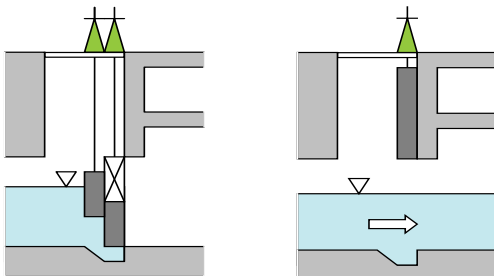


Fig. 4: State in light rain: This system of CSO reduction mode (in left), and fully opened conventional gate (in right)

2.3.3 雨水排水モード

降雨が継続しゲート一次側の水位と水位変化率から、雨水ポンプの定格能力での排水が必要と判定すると、雨水排水モードに移行する。

本モードでは親ゲート及び子ゲートを上限位置(全開)とすることで、従来ゲートと同様にポンプ定格水量を雨水系へ引き込む事が出来る。(Fig.5)

また、固定の3Q堰を設置した場合と比べた場合、流路の通水抵抗を増大させずに雨水排水を行うことが可能となる。

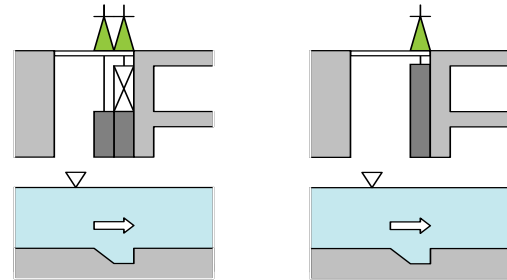


Fig. 5: State in heavy rain: This system of rainwater drainage mode (in left), and fully opened conventional gate (in right)

2.3.4 浸水対策モード

異常降雨により二次側水位が上昇すると浸水対策モードに移行する。

従来のゲートでは、ポンプ排水能力を超えた流入があった場合、ゲートを全閉する事でポンプ場の浸水を防止する事が多いが、上流域の浸水リスクが生じる。

浸水対策モードでは、二次側の水位・水位変化率による制御により、親ゲートを中間開度で調整し、所定のポンプ排水能力分のみ雨水をポンプ場へ引込む事が可能である。(Fig. 6)

これにより、ポンプ場の浸水を防止しながら、上流域の浸水リスクも同時に軽減する事が出来る。

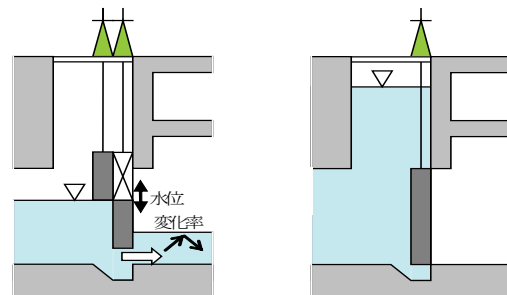


Fig. 6: State in extreme storm: This system of flood prevention mode (in left), and fully opened conventional gate (in right)

3. ケーススタディ(管内貯留合流改善)

3.1 適用ポンプ場仕様

制御機能付ゲートシステムの導入効果を検証するため、モデルポンプ場にて待機モード、合流改善モード時の管内貯留を想定した検討を実施した。

モデルポンプ場の構成を Fig.7 に示す。本ポンプ場は汚水ポンプ 3 台 (5m³/min)、雨水ポンプ 3 台 (110m³/min×2, 165m³/min) で構成されている。また、流入渠およびポンプ井には水位計が設置されている。

晴天時は、汚水流入ゲートは全開、雨水流入ゲートは全閉になっており、流入下水は汚水ポンプにより下水処理場へ送水される。雨天時は、一次側の流入渠水位が基準値を超えた時に、全閉している雨水流入ゲートを開け、雨水ポンプを起動し雨水を排水する。

本ポンプ場に制御機能付ゲートシステムを適用した場合、ゲート開度により流入渠水位が変動し流入管内に下水が貯留される。貯留される水位は動水勾配を無視すると、待機モードで 0.65m、合流改善モードの子ゲート上限位置で 1.1m である。

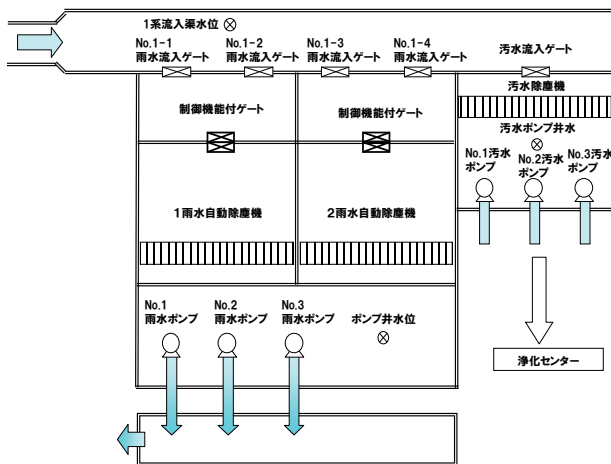


Fig.7 Pumping Station

3.2 管内貯留量試算

次に、ゲートの開度による管内貯留量を試算するため、流入下水管の傾斜角、管径、管長を図面より調査し、流入渠水位に応じた管内貯留量を演算した。

なお、ここでは動水勾配は考慮せず静止状態での水位を用いて計算を行った。流入渠水位と貯留量の関係 Fig. 8 に示すように非線形の関係が得られた。

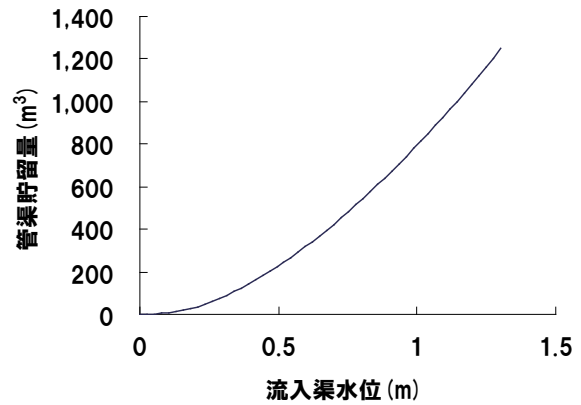


Fig.8 Inlet water depth versus storage capacity in the sewer pipe

3.3 降水量および流入雨水量の設定

気象庁ホームページ²⁾よりポンプ場直近の観測所における 2011 年度の 1 時間毎の降水量のデータを取得し、独立降雨の回数と 1 回当たりの降水量を計算し Fig.9 に示した。降雨量は約 1800mm/年で独立降雨回数は 124 回であった。ここで、独立降雨は前 4 時間無降雨で 0.5mm/回以上の降雨³⁾と定義した。

本ケーススタディにおける年間降雨量および独立降雨回数は、合流式下水道 192 都市の平均値として報告⁴⁾されている 1598mm/年, 139 回とほぼ同等であった。

ポンプ場の流域面積は 72ha で、流入系統に雨水吐きは存在しない。下水管への流出係数は平均値で 0.45 で、降雨 1mm 当り 323m³の雨水が流入する。なお、今回は簡易計算のため流達時間分布による時間遅れなどは考慮していない。また、水量のみを計算し、汚濁物質濃度およびその時間変化は考慮しなかった。

モデルポンプ場では、1 独立降雨あたり 0.5mm までが汚水側へ遮集され、0.5mm を超える分が薄いポンプにより未処理放流されるものとした。

Fig.9 に示すように、年間の独立降雨 124 回のうち、未処理放流回数は 94 回となった。

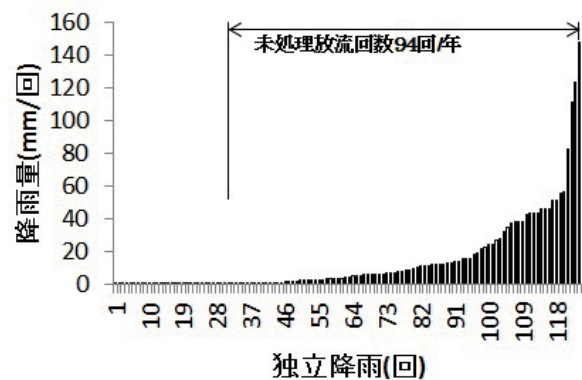


Fig. 9 Independent rainfall and precipitation

3.4 管内貯留量の試算

Fig. 8 で得られた結果を使用して、制御機能付ゲートの親ゲートと子ゲートの高さから管内貯留可能な量を試算した。待機モードにおける親ゲートの越流高さは3Q堰相当の高さで0.65mであり、その場合の管内貯留量は368m³で降水量換算では約1.1mmである。

降雨が継続し流入水位が上昇すると、待機モードから合流改善モードに移行し子ゲートが上昇する。子ゲート高さ上限の1.1mまで上昇した場合の管内貯留量は965m³で、降水量換算で約3.0mmである。

965m³を貯留した状態でさらに降雨量が增大すると、雨水排水モードに移行し、親ゲートおよび子ゲートを全開にし、全雨水ポンプを稼働させる。その時の流量は386m³/minであり約2.5分で貯留した雨水をすべて排水可能なため、上流からの流達時間を考慮しても大雨時に十分対応可能なレベルであると考えられる。

3.5 未処理放流回数および未処理放流量の削減効果

各独立降雨において管内貯留量がすべて汚水側に遮集され、遮集量を上回った雨水はすべて未処理放流されたと仮定すると、未処理放流回数および未処理放流量が計算できる。ゲート全開（貯留なし）、ゲート越流高さ0.65mおよび1.1mの3ケースについて未処理放流回数と未処理放流量を試算した結果をTable.1に示す。ケース3ではケース1と比べて、未処理放流回数が28回(30%)削減され、未処理放流量が77,036m³(14%)削減された。

Table. 1 Calculated number of untreated sewage overflow and amount of them

Case	越流高さ M	貯留量 m ³	未処理放流回数 回/年	未処理放流量 m ³ /年
1	0	0	94	562,505
2	0.65	368	79	530,398
3	1.10	965	66	485,469

4. 考察

ケーススタディにおける試算例では、最大3mm程度の管内貯留を行うことで、未処理放流回数を3割程度削減し、未処理放流量を14%削減できることが示された。また、実際には初期降雨の汚濁物質濃度が極めて高いため、汚濁物質の削減効果は期待できるものと考えられる。国土交通省の報告書⁵⁾でも、遮集雨水量1mm/hr+4mm貯留程度の対策を行うことで、年間

BOD削減率91%と分流並みの削減率を達成でき、効果的な対策であるとしている。

管内貯留は用地の確保が不要で費用対効果の高い合流改善対策の一つと考えられる。しかし、従来の固定堰（3Q堰）を設置した場合、水路の通水抵抗が増大し大降雨時の雨水排除機能を損ね、上流域の浸水リスクを高める恐れがある。一方、本システムでは水位およびその変化速度を検出し、自動でゲートを全開にすることができ、雨水ポンプの定格排水量で雨水排除を行うことができる。

本システムを実際に適用する場合には、上流域の雨水吐きやマンホールの有無および設置レベル、流入管の動水勾配、などを調査し詳細な検討を行う必要がある。また、本システムによる合流改善効果も設置条件により異なることに注意が必要である。

5. おわりに

本研究では通常のゲートと3Q堰の機能を併せ持つ親子ゲートと、上下流の水位データに基づく制御システムを組み合わせた新たなゲートシステムを考案した。雨水系沈砂池の流入部に本システムを導入した場合の合流改善効果について、モデルポンプ場における簡易シミュレーションによるケーススタディにより検討を行い、約3mm相当の管内貯留を行うことができ、未処理放流回数を最大3割程度削減できることが示された。

制御機能付ゲートシステムは、他の合流改善手法と比べ安価かつ短期間で効果を得ることができる有効な手段の一つと考えられる。また、運転状況に応じて中間開度での自動制御を行うことで、合流改善、上流域の浸水回避、およびポンプ場の浸水回避を複合的に達成することが可能である。本システムが全国の合流改善対策の一助となれば幸いである。

参考文献

- 1) 国土交通省：全国の合流式下水道改善の進捗状況の評価結果について、報道発表資料、
http://www.mlit.go.jp/mizukokudo/sewerage/mizukokudo_sewera_ge_tk_000181.html (2011.11.14)
- 2) 気象庁ホームページ：<http://www.jma.go.jp/jma/index.html>
- 3) (社)日本下水道協会：合流式下水道越流水対策と暫定指針、(1982)
- 4) 国土交通省：合流式下水道の改善対策に関する調査報告書、II-123, (2002)
- 5) 同上、II-136, (2002)