特集>>> 都市環境,都市基盤整備,自然再生等

多発する集中豪雨に対応した高機能雨水貯留施設の 開発

ハイブリッド雨水貯留システム

村 田 勝 彦・川 合 克 実

近年、集中豪雨の多発によって時間降雨量が増加しており、雨水貯留施設の容量不足が問題になっている。また、施設への流入部分のスクリーンの目詰まりや施設内のゴミ、土砂等の堆積は、雨水貯留施設の機能を低下させるばかりでなく、更に浸水被害を深刻にしている。ハイブリッド雨水貯留システム(以下「本システム」)は、貯留施設の機能を高め、浸水被害を未然に防止することが可能である。

キーワード:ゴミ除去装置,流量制御,無電力,旋回流式,渦流式

1. はじめに

近年,都市部では市街化の進展によって雨水の流出量が増加するとともに,短時間で計画降雨を超える集中豪雨の多発により,各地で甚大な被害が発生している。このような現状のなか,降水量の増加による雨水貯留施設の容量不足が問題になっている。また,施設の流入部分に設置されたスクリーンの目詰まりや施設内のゴミ,土砂等の堆積は,雨水貯留施設の機能を低下させ,更に浸水被害を深刻にしている。

そのため、早急な浸水対策が必要であり、貯留施設の新設計画を進めると同時に、過去に整備された施設を維持管理しながら既存ストックも活用して、被害を軽減することが求められている。

本システムは、雨水貯留施設の機能を高めるととも に、既存ストックの機能を最大限に活用することを目 的として提案したものである。

2. 本システムの概要

本システムは、図―1に示すように、②プレキャスト式雨水地下貯留施設¹⁾(以下「プレキャスト貯留施設¹⁾(以下「プレキャスト貯留施設」)を主体として、貯留施設の流入部に①ゴミ除去フィルター"(以下「ゴミ除去フィルター」)、貯留施設の流出部に③ボルテックスバルブ²⁾を装着するものであり、従来のバースクリーン方式や流出口のオリフィス方式と比較して、維持管理の省力化が図れ、プレキャスト貯留施設の容量が縮減できるシステムである。貯留施設が既設の場合には、ゴミ除去フィルターの設置およびボルテックスバルブを装着



図─1 ハイブリッド雨水貯留システム構成図

することにより,維持管理の省力化とともに,既設貯 留施設の容量に余裕を見込むことができる。

雨水貯留施設の流入部分に設置するゴミ除去フィルターは、雨水と一緒に流れてくるゴミなどを分離する装置であり、流出部分に装着するボルテックスバルブは、装置内に渦流を発生させることにより流量制御を行う装置である。これら二つの装置を装備した本システムにより、貯留施設の機能が向上し周辺地域の浸水被害を軽減することが可能となる。

3. 本システムの構成

本システムを構成するプレキャスト貯留施設, ゴミ除去フィルター, ボルテックスバルブの概要について説明する。

(1) プレキャスト貯留施設の概要

貯留施設が新設の場合に使用するプレキャスト貯留施設は、プレキャストコンクリート製の部材を組み合わせて、壁とスラブで構築された空間貯留型の雨水地下貯留施設である。

プレキャスト貯留施設は、本体構造の大部分が工場製品であり、現場で部材を据付けていく工程のため施工が迅速に行える。また、地下構造のため埋戻し後は、施設上部の土地を有効利用することが可能であり、内部は広い空間が確保されていることから維持管理についても容易に行うことができる。このような理由から多く採用されている製品である(写真一1)。

以下にプレキャスト貯留施設の特長を示す。

- ①工場製品であるため品質が安定している。
- ②施工の省力化が可能で,施工工期の短縮化が図れる。
- ③施工時における資材の搬入が少なく作業環境の改善が図れ、周辺地域への影響も小さい。
- ④地下構造物のため土地の有効利用が可能で、雑草や 害虫の発生が少ない。
- ⑤内部に広い空間を有しているため、点検や清掃等の 維持管理が容易である。

また、底版の一部は現場打ちコンクリートで施工するため、この現場打ち部に浸透用の開口部を設けることも可能である。

(2) ゴミ除去フィルターの概要

ゴミ除去フィルターは装置内で縦旋回流を発生させることにより、電力などを全く必要とせずに固液分離を行う装置である。構造は外槽と内槽の2層構造となっており、内槽は更に上室と下室(貯留部)に分かれている。水の位置エネルギーにより内槽・上室に流入した雨水は、上下に配置された誘導板により縦旋回流が発生する。

この縦旋回流に対して平行に設置された2枚のパンチングメタルスクリーンから雨水のみが通過し、スクリーンと外槽内面との間を通過して下流に流出する仕組みとなっている。

ゴミは内槽・上室内を縦旋回状態で浮遊, もしくは 比重の重いゴミは内槽・下室(貯留部)へ落下し捕獲 される。ゴミがスクリーンに付着または目詰まりしな いのは, 内槽・上室内で起こる縦旋回流の流速が, 雨 水がスクリーンを通過する流速よりも速くなる様に設 計されているためである。

本装置の構造とゴミ除去の仕組みを図―2に示す。 ゴミ除去フィルターの大きな特長としては、次の2 点が挙げられる。

(a) 流水阻害を防止する事による雨水貯留施設の機 能低下防止

通常用いられるバースクリーンでは降雨後に人力で ゴミを撤去する必要がある。この作業を怠ると流水阻









写真-1 プレキャスト貯留施設施工状況

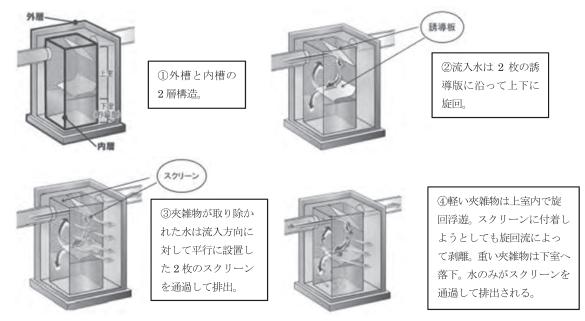


図-2 ゴミ除去の仕組み

害により雨水貯留施設の機能を十分活用出来ずに,上流側への浸水被害が懸念されるが,本装置では上述の通り,目詰まりなく固液分離する事が可能である。

(b) メンテナンス費用 (頻度) の低減

本装置を稼働するのに電力は不要である。水の位置 エネルギーのみで稼働し、メンテナンス回数において も降雨の度にゴミ撤去作業をする必要は無い。

このゴミ除去フィルターは雨水貯留施設の前処理としての採用事例が数多くあり、中でも埼玉県吉川市の採用事例では、1基当たり 2,500 m³/hr という大きな施設においても固液分離機能が実証されている(写真 -2)。

メンテナンス頻度の低減にも効果が有り、これまでのバースクリーンでは降雨の度にゴミ撤去作業を強いられていたが、現在では年4回のゴミ撤去作業で機能維持が図られている。

(3) ボルテックスバルブの概要

ボルテックスバルブは、装置内で自然に渦を発生させることにより、電力などを全く必要とせずに、流量制御を行う装置である。雨水貯留施設において一般的に採用されているオリフィスよりも流量制御機能が優れ、浸水対策に限らず流量制御が必要とされる場所での利用が図れる装置である。

海外での実績は多く、20,000 基以上が設置されてお

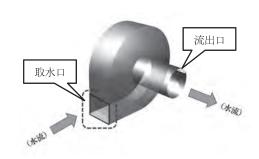
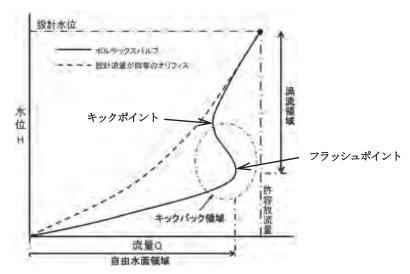


図-3 ボルテックスバルブの基本構造





写真―2 ゴミ除去フィルター設置状況



図—4 ボルテックスバルブとオリフィスの H-Q 曲線

り、その性能は既に実証されている。海外では 1960 年代からボルテックスバルブが知られており、1980 年代から洪水の軽減や流量制御の装置として一般に使用されるようになった。ボルテックスバルブの基本構造を図—3に示す。

ボルテックスバルブの最大の特長は、装置が有する水理特性である。装置内を通過する水流は、水位が低い時点では渦流を形成せずに排出されるが、水位がある一定の高さを超えると装置内で渦流を形成し、流出量を抑制する。この水理特性を水位一流量の関係を示す性能曲線(H-Q曲線)で表現すると、図―4に示すように従来のオリフィスは単純なカーブを描くのに対して、ボルテックスバルブでは、水流の形態が変化することにより、一般的にS字曲線を描く。これは装置内を通過する水流の形態が、自然流下している状態から渦流に変化することによって流量係数が異なることを示している。

このボルテックスバルブのH-Q曲線は、次のような領域に分けられる。

①自由水面領域

先ず、水位が低い状態で装置に流入する水量が少ない場合は、取水口に入った水は渦流を形成せずに自由水面の状態で流出口からそのまま流出する(図-5)。



図-5 自由水面領域の状況

②キックバック領域

水位が上昇し、装置内に流入する水量が増加すると 流出口に空気のかたまりが発生して渦流を形成し始め る。渦流の発達とともに渦流の中心を空気のかたまり が占有するようになり、流出量が急激に抑制される。

水位が上昇して流入量が増すにつれ、水は装置内を回転する。その流体エネルギーを利用して、装置内に渦を発生させ、エアーシャフト(空気柱)を形成させる(図一6)。この流出量が抑制され始める点をフラッシュポイントと言い、エアーシャフトの形成が始まるところである。

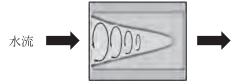


図-6 キックバック領域の状況

③渦流領域

さらに水量が増加すると、渦流中心のエアーシャフトが柱状に成長して安定した渦流となり、一定の流出抑制効果が得られる。空気のかたまりが徐々にエアーシャフトへと変化していき、流量抑制効果が高まっていく。この点をキックポイントと言い、エアーシャフトが完成するところである。

ボルテックスバルブの径からエアーシャフトの径を引いた面積の流量が、オリフィスの径の流量と同じになる。このキックポイントからボルテックスバルブの流出量はオリフィスと同じになるので、ここからは、オリフィスのH-Q曲線にのって水が排水されることになる(図-7)。

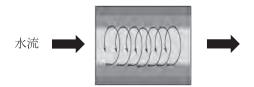
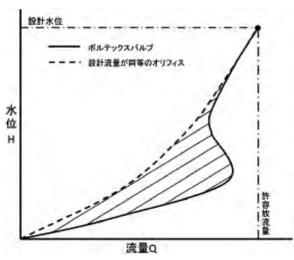


図-7 過流領域の状況

通常, 貯留施設の流出口には, オリフィスが取り付けられているが, オリフィスの径は, 貯留槽の計画水位において許容放流量以下になるように設計されている。

ボルテックスバルブを装着する場合は、流出口の径をオリフィスの2~3倍の大きさに広げることができるため、水を流入させると初期雨水はオリフィスより流出径が大きいので効率よく排水される。オリフィスより大きな径で水を排出し続けると、いずれは許容放流量を超えてしまうことになるが、ここでボルテックスバルブは流出抑制を開始する。その結果、ボルテックスバルブを装着することによって、初期雨水が多く排出されるため、その分、雨水貯留量を縮減することが可能になる(図一8)。



図―8 ボルテックスバルブの縮減量

したがって、**図**—8に示す斜線部分が貯留量の縮減につながることになり、次のような場所で有効活用ができる。

①既存ストックの有効活用

既存の雨水貯留施設の排水方式は、貯留施設の設置 条件により自然放流式またはポンプ式が採用される。 このうち自然放流式ではオリフィスが広く用いられて いるが、ボルテックスバルブを導入することで既存貯 留施設の貯留量に余裕を見込むことができる。

②新設貯留施設の規模縮減

新たに雨水貯留施設を計画する際に、その必要貯留

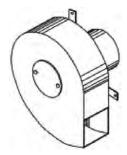
量は流入量と放流口からの流出量との差分から算定され、放流口からの流出量はオリフィスの大きさにより 調節するのが一般的である。必要貯留量は、オリフィ スよりもボルテックスバルブを用いた方が、必要貯留 量を縮減することが可能である。

ボルテックスバルブは、オリフィスより低い水位で多くの流量を排水できるため、貯留量を縮減することができる。過去に国内で実施された模型実験による結果からの試算例では、ボルテックスバルブを設置した場合の貯留量は、オリフィスの場合と比較して6~8%縮減できることが報告されている。

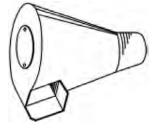
また、海外メーカーの装置による海外での実施例に よれば縮減率は30%であるとの試算もあり、ボルテッ クスバルブによって貯留量が縮減されることは、国内 外で確認されている。

貯留量の縮減率は、雨の降り方や水位の上昇速度も 影響するが、やはり装置自体の性能に大きく左右され る。そのため、より高性能な装置を開発中である。

代表的なボルテックスバルブの形状について、Sタイプ (かたつむり型) の例を図—9に,Cタイプ (コーン型) の例を図—10に示す。



図―9 代表的なボルテックスバルブの形状 (S タイプ)



図― 10 代表的なボルテックスバルブの形状 (C タイプ)

4. 本システムの効果

本システムは、プレキャスト貯留施設を主体として 流入部にはゴミ除去フィルター、流出部には流量抑制 装置であるボルテックスバルブを装着したハイブリッ ド構造であり、それぞれが前述したとおりの特長を 持っているため、以下のような複合的な効果が得られ る。

- ①降った雨がゴミ除去フィルターを通過することにより、スクリーンが目詰まりすることなく枯れ葉やゴミ、砂などが除去される。
- ②ゴミが除去された雨水を貯留施設に溜めることができる。
- ③溜まり始めた初期雨水は、流出口に装着されたボルテックスバルブから効率よく排水される。
- ④ 貯留施設の水位が上昇するとボルテックスバルブが 流出抑制を開始するため、下流側の許容放流量を超 えないように流出量が制御される。
- ⑤ボルテックスバルブの流出口が大きいため、夾雑物 は水流とともに排出されやすく、流出口が閉塞する 恐れが少なくなる。

その結果, 貯留施設手前のスクリーン室や貯留施設から水が溢れて周囲が浸水する被害が軽減されるとともに, 維持管理の省力化が図れる。

5. おわりに

本システムハイブリッド雨水貯留システムを構成するゴミ除去フィルターやボルテックスバルブは. 共に

旋回流を利用した装置であり、自然エネルギーを利用 した究極の装置と考えている。今後は、それぞれの装 置をより高性能にし、本システムのグレードアップに 取り組んでいきたい。

本システムが浸水被害の軽減に貢献できることを 願ってやまない。

J C M A

《参考文献》

- 1) プレキャスト式雨水地下貯留施設技術マニュアル 2011 年 3 月, (公財) 日本下水道新技術機構
- 2) ボルテックスバルブに関する技術資料 2016 年 3 月、(公財) 日本下 水道新技術機構



[筆者紹介] 村田 勝彦 (むらた まさひこ) ゼニス羽田(株) 大阪支店長



川合 克実 (かわい かつみ) ゼニス羽田(株) 本社営業部 営業第二部 部長