

## 集水枿からの溢水の判定方法に関する一考察

戸田建設(株) 正会員 ○佛川 隆晃  
戸田建設(株) 山本 純一

## 1. はじめに

造成工事等で施工した雨水排水施設において、集中豪雨により集水枿から溢水するケースが発生している。特にのり面肩に設置された集水枿は、下流側排水施設が急こう配となるが、そのまま通常の計算で設計している場合が多く、流れが大きく変化する集水枿でボトルネックとなり流水を阻害していると考えられる。集水枿内の流水の動きは非常に複雑であり、枿寸法を決定するための計算式もないことから、集水枿の断面決定は流入出の排水施設の大きさより設定されてきた。また、集水枿からの溢水について理論的に解析することは困難であり、溢水現象について報告もほとんどないのが実状である。ただし、のり面小段のたて排水と水平排水の合流部に限っては、高速道路株式会社の設計要領において、集水枿（横幅 0.5m×縦幅 0.5m×深さ 0.5m）の許容通水量の目安と水理実験結果から求めた溢水判定図によるのり尻排水溝を決定する設計フローは記載されている。本稿は、集水枿における溢水防止対策として、実際に溢水が発生した集水枿について原因と要因分析を行い集水枿における溢水発生の判定方法を検討したものである。

## 2. 集水枿の溢水発生の原因

図-1 は、集水枿に接続する上下流（上流 3 方，下流 1 方）の排水施設（①～④）を模式化したものである。Q4 は、排水施設④の許容通水量であり、 $Q4 > Q1 + Q2 + Q3$ （式-1）を必要条件として  $Q4 = V4 \times A4$ （式-2）から排水施設④の寸のりを決定する。ここで式-1 を直感的に図化すると赤書きのようになり、これは 3 方向から集水枿に流れ込んだ水が、枿底を落下するように V4 以上の流速で流れ出ることを表している。しかし、実際は集水枿内で流水同士の衝突や水平移動があるため、流水は V4 よりも明らかに遅い速度で枿内を流れることとなる。これが、流水のボトルネックとなり溢水の要因となっていると考えられる。ただし、これまで集水枿の溢水があまり問題視されていないのは、排水計算で設計条件を 8 割水深として計算することまた一般的には排水こう配に大きな変化がなく、上流と下流の流下速度がほぼ同じであることから、ボトルネック問題が解消されてしまっていると推測する。しかし、昨今の集中豪雨に伴う降雨により、設計時の排水計算で O.K. となった場合においても集水枿で溢水していることが散見され、特に急こう配地形では 8 割水深等の安全率を考慮しても、計算では下流排水施設の断面が小さくなることもあり、排水計算結果だけで判断できないケースも出てきている。よって、溢水について設計時に簡単にチェックできる方法があれば有用である。

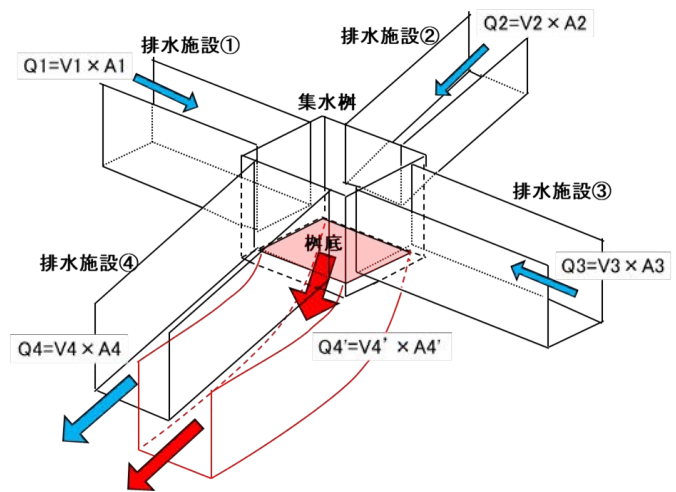


図-1 集水枿と排水施設の模式図

図-1 は、集水枿に接続する上下流（上流 3 方，下流 1 方）の排水施設（①～④）を模式化したものである。Q4 は、排水施設④の許容通水量であり、 $Q4 > Q1 + Q2 + Q3$ （式-1）を必要条件として  $Q4 = V4 \times A4$ （式-2）から排水施設④の寸のりを決定する。ここで式-1 を直感的に図化すると赤書きのようになり、これは 3 方向から集水枿に流れ込んだ水が、枿底を落下するように V4 以上の流速で流れ出ることを表している。しかし、実際は集水枿内で流水同士の衝突や水平移動があるため、流水は V4 よりも明らかに遅い速度で枿内を流れることとなる。これが、流水のボトルネックとなり溢水の要因となっていると考えられる。ただし、これまで集水枿の溢水があまり問題視されていないのは、排水計算で設計条件を 8 割水深として計算することまた一般的には排水こう配に大きな変化がなく、上流と下流の流下速度がほぼ同じであることから、ボトルネック問題が解消されてしまっていると推測する。しかし、昨今の集中豪雨に伴う降雨により、設計時の排水計算で O.K. となった場合においても集水枿で溢水していることが散見され、特に急こう配地形では 8 割水深等の安全率を考慮しても、計算では下流排水施設の断面が小さくなることもあり、排水計算結果だけで判断できないケースも出てきている。よって、溢水について設計時に簡単にチェックできる方法があれば有用である。

## 3. 実際に溢水が発生した集水枿のデータ

表-1 は、実際に溢水が発生した集水枿（3ヶ所 A, B, C）について、流出量 Q, 流積 A, 流速 V, こう配 I を示したものである。図-2 は、集水枿 B: L1500 × B1500 × H1700 の平断面図を示し、上流側の U 型側溝 B1400 × H1400 と B900 × H900 から流入し、暗渠排水管 φ900 で流出する構造となっていた。

キーワード 排水施設, 集水枿, 溢水, 溢水チェックグラフ

連絡先 〒104-0032 東京都中央区八丁堀 2-8-5 戸田建設(株) 土木技術統轄部 TEL (代) 03-3535-1354

表-1 実際に溢水した集水樹(A, B, C)のデータ

集水樹A: L1500×B1500×H1700

集水樹B: L1500×B1500×H1700

集水樹C: L1600×B1600×H1800

排水施設	流積(m <sup>3</sup> )	流速(m/s)	勾配	流量(m <sup>3</sup> /s)	排水施設	流積(m <sup>3</sup> )	流速(m/s)	勾配	流量(m <sup>3</sup> /s)	排水施設	流積(m <sup>3</sup> )	流速(m/s)	勾配	流量(m <sup>3</sup> /s)
①	A1 1.920	V1 3.907	i1 0.070	Q1 7.501	①	A1 1.568	V1 3.924	i1 0.080	Q1 6.135	①	A1 0.448	V1 3.937	i1 0.019	Q1 1.764
②	A2 -	V2 -	i2 -	Q2 -	②	A2 0.648	V2 1.462	i2 0.020	Q2 0.947	②	A2 -	V2 -	i2 -	Q2 -
③	A3 -	V3 -	i3 -	Q3 -	③	A3 -	V3 -	i3 -	Q3 -	③	A3 -	V3 -	i3 -	Q3 -
④	A4 0.636	V4 15.426	i4 0.455	Q4 9.811	④	A4 0.636	V4 13.681	i4 0.350	Q4 8.701	④	A4 0.196	V4 9.874	i4 0.400	Q4 1.935

表-1 の特徴として、排水施設④のこう配が 35.0～45.5% と非常に急こう配であり、流速も 10～15m/s と速いことまた排水施設④の断面積が上流側断面積と比較して小さい値となっている点である。溢水発生時の降雨量は 62mm/hr であり、設計条件 (146.3mm/hr) の半分程度であったことが判明している。つまり、溢水が発生した集水樹は、排水能力で評価すると設計降雨強度の半分以下の排水能力と推測される。ここで溢水原因の要因として、上下流の排水施設における流積比率 (A1+A2+A3) : A4 と流量比率 (Q1+Q2+Q3) : Q4 に着目し、グラフ化したものを図-3 に示す。赤丸が集水樹 A, B, C を示し、青丸は溢水が発生しなかった樹について同様の比率をプロットしたものである。これより流量比率が下流 : 上流計 =

1 : 0.77 以上かつ流積比率が下流 : 上流計 = 1 : 2.90 以上の範囲において溢水していると推測できる。つまり、図-3 のグラフを 4 分割した右上の範囲が溢水のおそれのある範囲、それ以外が溢水のおそれが少ない範囲と考えられる。図-4 は、図-3 の溢水の境界線について X, Y 軸とも安全率 0.6 として溢水の範囲を設定したものである。Y 軸について  $Q4 < Q1+Q2+Q3$  は成立しないため 1.0 を境界線とした。また、境界線は実績を重ねることで徐々に固定していくものと思われるが、現時点における集水樹の溢水のおそれを判定するためのチェックグラフとして利用できると判断する。

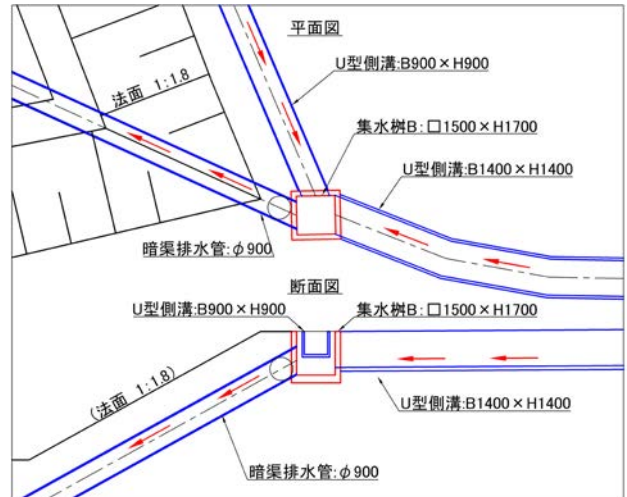


図-2 集水樹 B 平断面図

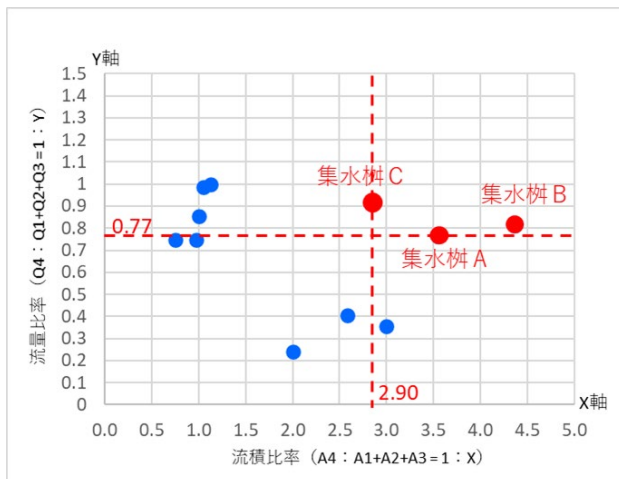


図-3 流量比率と流積比率の関係

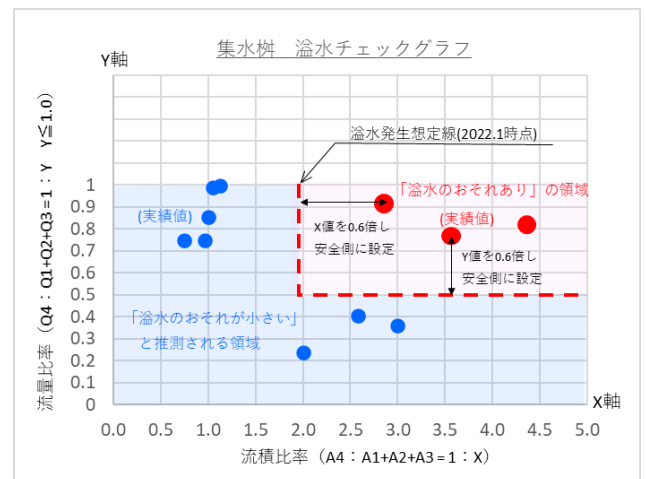


図-4 集水樹の溢水チェックグラフ

#### 4. おわりに

造成工事等において排水施設の流水状況を確認できるのは、全ての工事が完成した後である。その時点で溢水等が発生した場合、甚大な被害になる危険性もあり対応に苦慮することとなる。このため、あらゆる段階で考えられる不具合を排除し、リスク回避することが重要である。ここでは、集水樹の溢水について負の事例から経験的に判定グラフを作成した。排水計算では集水樹の溢水発生の有無を判断することはできず、特に問題視もされない。この溢水チェックグラフが全ての集水樹に適用できるものではないが、溢水発生のおそれの一つの判断資料となれば幸いである。