

II-139

遮集管を考慮した雨水吐の水理特性の検討

北海道大学工学部 (正) 船水尚行, 金沢巧, (正) 高桑哲男

1. はじめに

合流式下水管網内に設置される雨水吐は雨天時に処理場へ流入する汚水量と系外への放流量を定める重要な機能を有している。遮集、放流量の分配は雨水吐室水深が通常下流の流れ状況の影響を受けるため、雨水吐の形状(堰長、堰高等)、降雨特性に加えて、しゃ集管水深も考慮して検討する必要がある。本報告では、ある程度長時間継続する降雨を対象とした定常特性の解析方法とこの解析法を用いて遮集管の長さ、勾配、処理場流入端水深が雨水吐の分配特性に与える影響を検討した結果を示す。

2. 雨水吐の分配特性の解析法

ここでは、雨水吐内の流入管、遮集管が図-1のように配置され、堰方向の水深変化は無視できると仮定する。越流量、雨水吐内水深、遮集管内水深は以下の式で記述される。

・越流量 Q_{over} と雨水吐水深 y_w の関係

$$Q_{over} = Q_{in} - Q_{itcpt} = \begin{cases} CL_w(y_w - h_w)^{1.5} & (y_w > h_w) \\ 0 & (y_w \leq h_w) \end{cases} \quad (1)$$

・雨水吐水深 y_w と遮集管水深 $y_{itcpt,n}$ の関係

$$y_w = y_{itcpt,n} + (Q_{itcpt}/A_{itcpt,n})^2/2g \quad (2)$$

・遮集管水深 $y_{itcpt,i}$ ($i=1, \dots, n$)

$$\frac{y_{itcpt,i} - y_{itcpt,i+1}}{\Delta x} = \omega F_{i+1} + (1-\omega) F_i \quad (3)$$

$$F = (S_b - S_f) / (1 - Q_{itcpt}^2 T / g A^3)$$

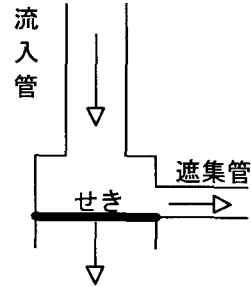


図1 想定雨水吐構造

ここに、 Q : 流量、 C : 堰の流量係数、 L_w : 堰長、 h_w : 堰高、

y : 水深、 A : 遮集管内流水断面積、 S_b : 管路勾配、 S_f : 摩擦勾配(文献1)の表現を利用)である。

添字 $itcpt$ は遮集管、 i は遮集管内水深計算点を示し、 $i=n$ が雨水吐との接続点、 $i=1$ が処理場との接続点を示す。また、 ω は空間差分の際の重み係数。

雨水吐流入流量 Q_{in} 、堰の形状 L_w 、 h_w 、遮集管の直径 D 、長さ L 、勾配 S_b 、遮集管下流条件(下流端水深固定または段落ち)を与条件とし、上記の式をニュートン法により計算することによって遮集流量 Q_{itcpt} を求めることができる。すなわち、式(2)を式(1)に代入して得られる式を一次化して

$$f(Q_{itcpt}) \approx f(Q_{itcpt}^{(0)}) + \left(\frac{df}{dQ_{itcpt}} \right)_0 \delta Q_{itcpt} = 0 \quad (4)$$

と表現し、式中の $f(Q_{itcpt}^{(0)})$ は遮集流量の仮定値 $Q_{itcpt}^{(0)}$ と式(3)を用いた $y_{itcpt,n}^{(0)}$ の計算結果より、また、 $(df/dQ_{itcpt})_0$ は式(3)を Q_{itcpt} で微分して得られる $(dy_{itcpt,i}/dQ_{itcpt})$ の表現を用いて計算し、修正量 δQ を所定値以下に収束させることによって遮集量が求められる。

3. 計算例

(1) 計算対象 計算対象は $2.1\text{km} \times 1.5\text{km}$ の長方形排水区であり、流出係数を 0.6 とした。用いた降雨強度式は $3600/(T+40)$ であり、雨水吐流入管における計画降雨強度 37.5mm/hr (流達時間 56 分)、計

画雨水量約 $19.69\text{m}^3/\text{s}$ ，流入管直径約 3.14m （勾配 0.0015 ，マンニング粗度係数 0.013 ）である。また，遮集量は計画時間最大汚水量の3倍の $1.23\text{m}^3/\text{s}$ （降雨強度で約 2.3mm/hr に相当）とした。遮集管の勾配を 1000 分の 0.5 ， 1.5 ， 2.5 の3段階に設定し，この勾配に対応して管径を表-1のように定めた。雨水吐の堰高は遮集量に等しい流量時の流入管における等流水深 0.636m と 0.4m の2とおりを設定し，堰長は計画雨水量時を対象に式(1)，(2)を用いて定めた。計算に用いた堰高，堰長を表-1に示す。

(2) 遮集管長 L の影響 遮集管長を $300\sim 2400\text{m}$ の範囲で4段階に設定し，降雨強度と遮集流量の関係を勾配 $1.5/1000$ ， $h_w=0.4\text{m}$ ，下流端水深が管頂に等しい場合について求めた結果を図-2に示す。なお，本計算では雨水量のみを対象としている。図中の破線は計画遮集流量であり，降雨強度約 2.3mm/hr （図中☆印）以下では全量遮集，それ以上では一定量（ $1.23\text{m}^3/\text{s}$ ）を遮集することを示している。雨水吐の計画降雨強度（図中◎印）以下では遮集量が計画量よりも少ない，すなわち，計画以上に放流量が多くなっている。また，計画降雨強度以下では遮集管内は開水路状態で，今回の計算管長範囲では雨水吐接続部付近水深はほぼ等流水深に等しいため，管長の違いによる遮集量への影響が現れていない。計画降雨強度以上の範囲では，管水路状態となっており，管長の違いが雨水吐接続部の動水位に影響し，遮集量に差が生じている。

(3) 遮集管末端水深 y_{end} の影響 勾配 $2.5/1000$ ，管長 300m ，堰高 0.636m の場合について，処理場流入端水深（遮集管末端水深）の影響を調べた結果を図-3に示す。この計算例においても，遮集量は計画量を下回っており，この傾向は下流端水深が深いほど著しい。

(4) 遮集管勾配 S_b の影響 管長 300m ，堰高 0.636m ，下流端条件を段落ちとし，遮集管勾配を変化させた場合の計算結果を図-4に示す。この場合も計画降雨強度以下では遮集不足，計画強度以上では遮集過剰となり，この傾向は勾配が小さい場合ほど顕著となっている。

[参考文献] 高桑，船水：下水道協会誌論文集，Vol.30, No.364, pp.26-35

表-1 設定遮集管直径，堰高，堰長

		管路勾配(1/1000)		
		0.5	1.5	2.5
管径(m)		1.365	1.111	1.010
堰長(m)	$h_w=0.4$	10.23	14.51	16.44
	0.636	15.31	24.65	29.63

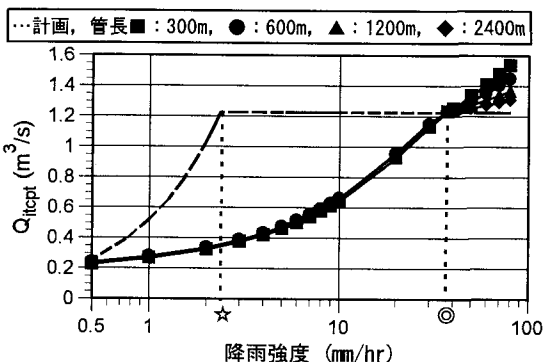


図-2 降雨強度と遮集流量の関係（遮集管長の影響）

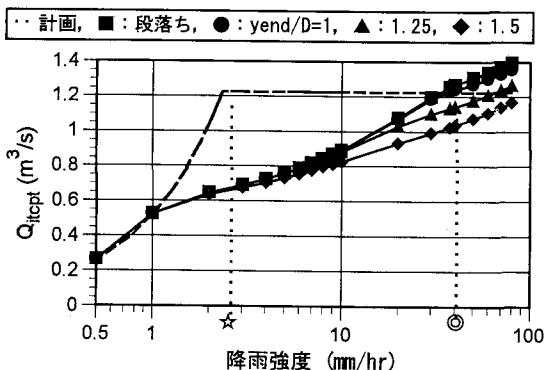


図-3 降雨強度と遮集流量の関係（末端水位の影響）

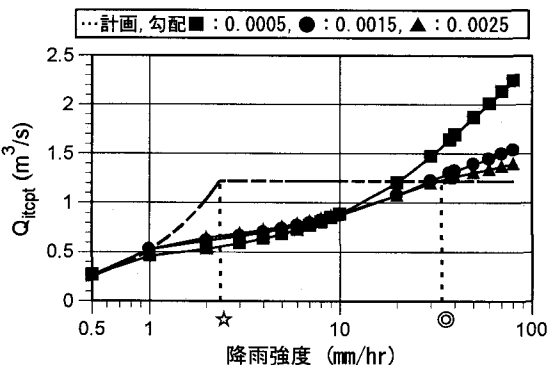


図-4 降雨強度と遮集流量の関係（遮集管勾配の影響）