

散水床の水理特性

東北大学工学部 正員 工博 長谷川信夫
同 上 学生員 〇本田 善則
同 上 学生員 千葉 義直

§1 はじめに

散水床内を汚水がどのように分布し流下するかを知ることは床の設計や床内の反応機構、また微生物の働き等を調べる上で重要と思われる。

ここでは、汚水はほとんどすべてろ材とろ材との接触部分で分流し分布してゆくと考えて、確率的に実験、研究を行なった。すなわち、中心に一處散水した場合、ろ床をろ材の径の中と高さとした同心円状の層のつみかさねと考え、同心円線上でのろ材とろ材との接触（水が分流を起こしている）部分の長さの和を円周長で除いたものを考えこれを分流率（ e ）としてその値を実験から求めた。

§2 計算式

計算式を導きだすために

- 1 水はろ材をすっぽりつつんで流れる。
- 2 ろ材とろ材とが接触して分流を起こしている部分では 1 : 1 で分流する。
- 3 e は横への分流のみを考え（すなわち図 1 b の・印点での分流で図 1 a の各同心円線となる）、たてへの分流は（・印点）1 : 1 で分流する。
- 4 e は各同心円線上すべて一定とする（図 1 a）。

と考えると、図 1 の同心円線上では接触部で 1 : 1 で分流し、他では分流が起こらないから全体的に $\frac{1}{1+e} : \frac{e}{1+e}$ なる比で分流を起こす。

いま中心に 1 なる流量を散水すると

1 段目では R_{11} に $Q_{11} = 1 / (1+e)$, R_{12} に $Q_{12} = e / (1+e)$

2 段目では R_{21} に $Q_{21} = 8 + 4e^2 / 2^{2(1+e)^2}$, R_{22} に $Q_{22} = 8e / 2^{2(1+e)^2}$, R_{23}

に $Q_{23} = 2e^3 / 2^{2(1+e)^2}$,

となり n 段目では R_{nm} には

$$Q_{nm} = 2^{2l} (1+e)^{2l} \sum_{i=0}^{2l} C_{i, 2l-i} C_{2l-2i} 2^{2l-2i} e^{2i} \quad (n=2l, m=1)$$

$$= 2^{2l} (1+e)^{2l} \sum_{i=0}^{2l} C_{i, 2l-i} C_{2l-2k-2i+1} 2^{2l-2k-2i+1} e^{2k+2i-1} \quad (n=2l, m=2k)$$

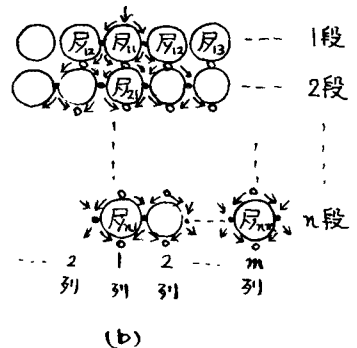
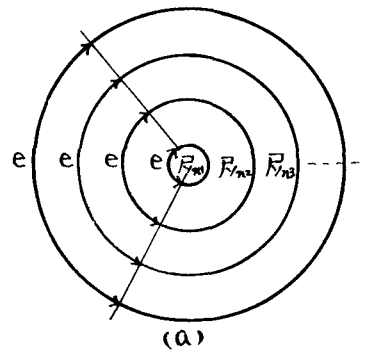


図 1.

$$\begin{aligned}
 &= 2^{2l}(1+e)^{2l} \sum_{i=0}^{2l} C_{2l-i, 2l-2l-2i} 2^{2l-2l-2i} e^{2l+2i}, \quad (n=2l, m=2l+1) \\
 &= 2^{2l+1}(1+e)^{2l+1} \sum_{i=0}^{2l+1} C_{2l+1-i, 2l+1-2l-2i} 2^{2l-2i} e^{2i}, \quad (n=2l+1, m=1) \\
 &= 2^{2l+1}(1+e)^{2l+1} \sum_{i=0}^{2l+1} C_{2l+1-i, 2l+1-2l-2i+1} 2^{2l-2l-2i+1} e^{2l+2i-1}, \quad (n=2l+1, m=2l) \\
 &= 2^{2l+1}(1+e)^{2l+1} \sum_{i=0}^{2l+1} C_{2l+1-i, 2l+1-2l-2i} 2^{2l-2l-2i} e^{2l+2i}, \quad (n=2l+1, m=2l+1)
 \end{aligned}
 \quad \left. \vphantom{\sum_{i=0}^{2l}} \right\} (1)$$

なお、 R_{nm} , Q_{nm} は図1のように n 段目、 m 列目の房とその流量を示す。

§3 実験装置

図2にその全景を示した。3材としてピンポン球(径3.8cm)、3床としては高さが25, 50, 100, 125, 150, 175cmの各高さになるよう25, 100cm高さ、50cm径なるアクリル樹脂製のものを用いた。集水皿は5cm間隔の同心円状に仕切ったものを用いた。金網は流下水をその場で鉛直に集水皿に落とすために使用した。なお実験に際し3床が鉛直で金網及び集水皿が水平になるよう注意した。

§4 実験方法

集水皿を中心よりⅠ, Ⅱ, Ⅲ, Ⅳ, Ⅴとし、それぞれの流量を $Q_I, Q_{II}, \dots, Q_V$ とする。集水皿の間隔は5cm, ピンポン球の径は3.8cmであるから n 段目で集水皿Ⅰ, $\dots$, Ⅴに入るべき計算流量は図3より

$$\left. \begin{aligned}
 Q_{nI} &= Q_{n1} + Q_{n2} \times \frac{3.1}{3.8} \\
 Q_{nII} &= Q_{n2} \times \frac{0.7}{3.8} + Q_{n3} + Q_{n4} \times \frac{0.5}{3.8} \\
 Q_{nIII} &= Q_{n4} \times \frac{3.3}{3.8} + Q_{n5} \times \frac{1.7}{3.8} \\
 Q_{nIV} &= Q_{n5} \times \frac{2.1}{3.8} + Q_{n6} \times \frac{2.9}{3.8} \\
 Q_{nV} &= Q_{n6} \times \frac{0.9}{3.8} + Q_{n7}
 \end{aligned} \right\} (2)$$

また、3床高さ25, 50, 175, 100, 125, 150, 175cmにおいて集水実験を行なったから n として、 $n=6$ ($h=22.8$ cm), $n=13$ ($h=49.4$ cm), $n=19$ ($h=72.2$ cm), $n=26$ ($h=98.8$ cm), $n=33$ ($h=125.4$ cm), $n=39$ ($h=148.2$ cm), $n=46$ ($h=174.8$ cm) をとりそれぞれの n に対して (2) 式の e を0から1.0まで変化させ $Q_I \sim Q_V$ の流量を計算し (図4)、実験による $Q_I \sim Q_V$ より e を決定する。

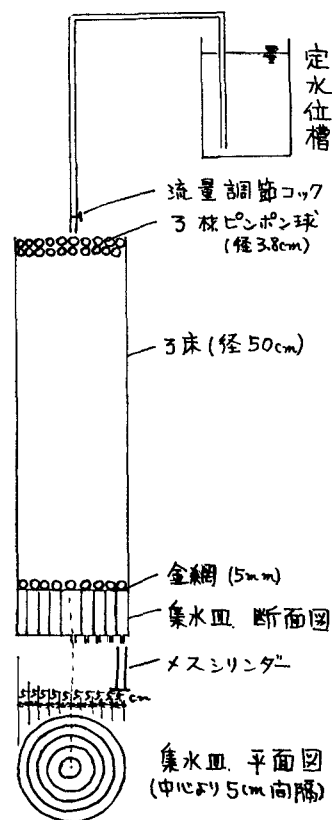


図2. 実験装置

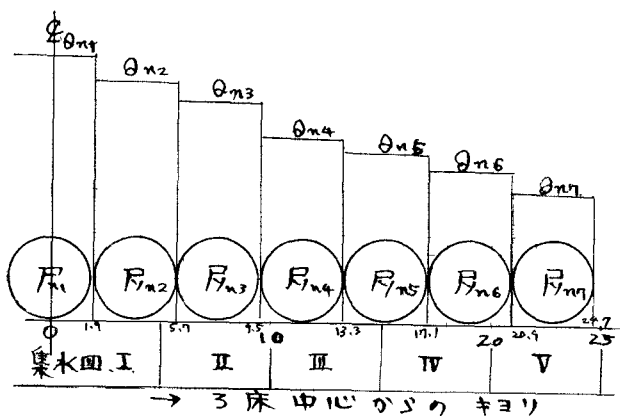


図 3

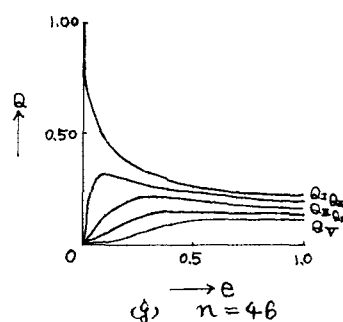
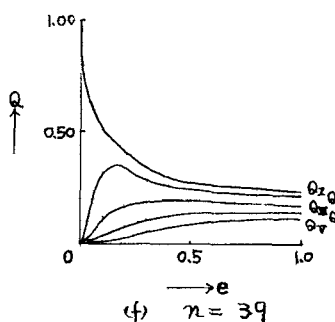
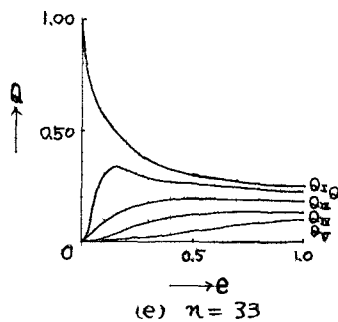
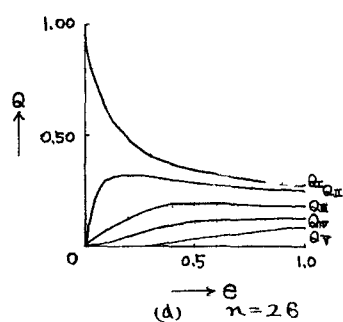
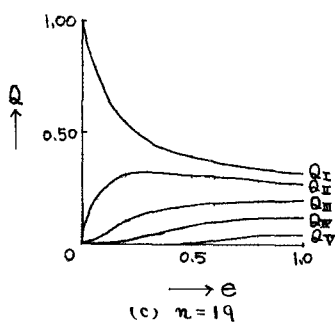
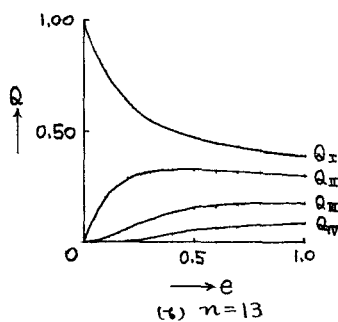
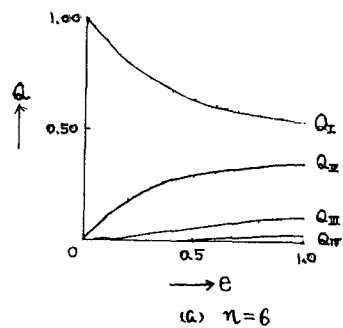


図 4. $Q_1 \sim Q_n$ の計算値.

§5 実験結果

各高さ ($h=25\sim175\text{cm}$)における集水実験を行なったものを表Ⅰに示す。散水量は100, 200, 300, 500, 1000, 2000, 3000, 5000, 7500, 10000 cc/min であるが、各皿での集水量は散水量に比例したので各散水量での実験値を散水量で除し散水量を1としてそれらを平均したものを集水量とした。

図4の計算値と表Ⅰの実験値より e の値として表Ⅱを得た。表Ⅱでは $\times$ 値は図4で読みとれなかつたもので各集水量での平均値としてはこれらを入れなかつた。又 Q_V での e 値は0~0.4間でこれも平均値には入れなかつた。

n	3床高さ h (cm)	集 水 量				
		I	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ	V
6	25	0.6370	0.3341	0.0289		
13	50	0.5214	0.4451	0.0317	0.0018	
19	75	0.3667	0.5128	0.0931	0.0272	0.0002
26	100	0.31730	0.3004	0.2312	0.0941	0.0013
33	125	0.3182	0.3140	0.2538	0.1131	0.0009
39	150	0.3401	0.2593	0.2694	0.1305	0.0007
46	175	0.2715	0.2376	0.2401	0.1447	0.0061

表Ⅰ. 実験値

$Q \setminus n$	6	13	19	26	33	39	46	平均
Q_I	0.42	0.36	0.65	0.39	0.45	0.30	0.45	0.43
Q_{II}	1.00	$\times$	$\times$	0.39	$\times$	0.43	0.47	0.56
Q_{III}	0.33	0.12	0.18	$\times$	$\times$	$\times$	$\times$	0.21
Q_{IV}	0~0.2	0.10	0.22	0.39	0.41	0.48	$\times$	0.30
Q_V	0~0.4	0~0.20	0~0.1	0~0.1	0~0.10	0~0.10	0~0.4	

平均 0.36

表Ⅱ. e 値

§6 結論

ピンポン球を不規則に充填した3床で e として0.36を得た。

本研究を行うにあたり御指導いただいた東北大学工学部教授、松本順一郎先生に深甚の謝意を表します。又実験装置について御助言をいただいた東北大学工学部教授、前田四郎先生に感謝いたします。