

馬^ま蛤^て潟^{がた}干拓の排水計算について

渡辺 潔・中島 明・水田 和彦

(干拓水工学研究室)

昭和56年11月25日 受理

On the Calculation of the Drainage in Mategata Polder

Kiyoshi WATANABE, Akira NAKAJIMA and Kazuhiko MIZUTA

(Laboratory of Shore Reclamation and Hydraulic Engineering)

Received November 25, 1981

Summary

The polder is usually paddy fields. But when this is converted into dry fields, drainage in the farmland becomes a serious problem. The calculation of the drainage in the polder by sluice gates has been a main way to calculate. But it is necessary to consider each area's own method of the drainage which lays emphasis on elevation of flooding water.

To consider this problem, in this paper, we programmed a computer with each method, and in Mategata polder in Imari City, Saga Prefecture, we calculated the drainage of the flooded area which were divided into three parts by bridges and the sluice gates, and examined the adaptability of each method by the hearing data of the flood in August, 1980.

In case of the drainage by the sluice gates, water was drained from the wider area and the water surface became the average water level. Consequently the elevation of flooding water was slightly lower. In case of the drainage which varies in each area, we considered the differences of the water level of each area and time to adjust the balance of each water level. After that we calculated the water level. If time to balance was 15 minutes, the elevation of flooding water in the polder was 1.40 meters, but it was 1.48 meters in the back area. This computation result coincided well with the elevation of flooding water of the hearing data of the flood.

ま え が き

近年、干拓地においては、減反政策にもとづき、稲作を他の作物又は、畑作に転換せざるをえなくなってきた。干拓地は、水田を主体に造成されている場合が多く、たん水しても稲作の場合は大きな問題ではなかったが、畑作の場合になると重要な問題となってくる。そこで、このような畑作転換の干拓地の排水計算を検討し、洪水時について計算法の適応性を考察した。

1. 供試地区と資料データ

供試地区は、佐賀県伊万里市馬蛤潟干拓地である。この地区は、流域面積 8.521 km² で、その流域は、Fig.1 のように、波多津川本川、波多津川本川及び支川（内野川）、煤屋の三流域に分けられる。干拓地の面積は、0.136 km² であり、標高は-9.20 m~+0.20 m で、たん水しやす

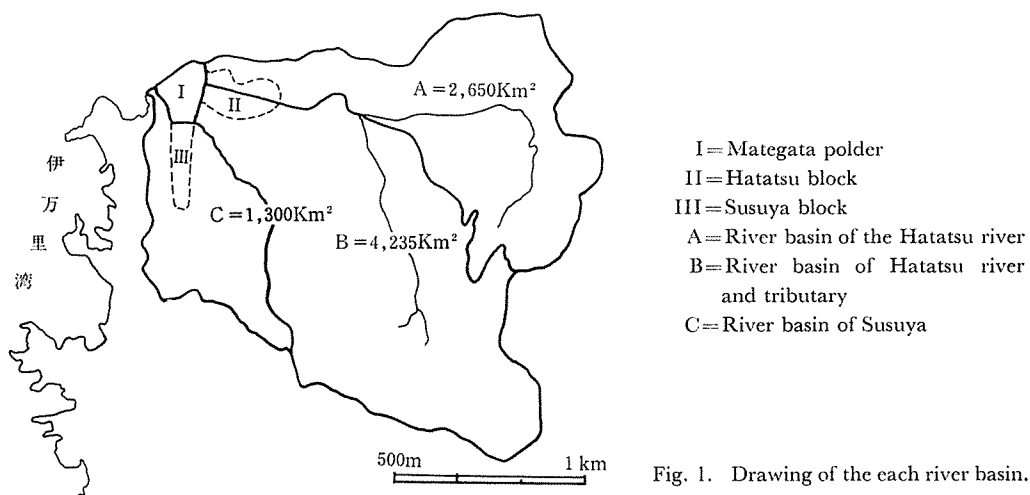


Fig. 1. Drawing of the each river basin.

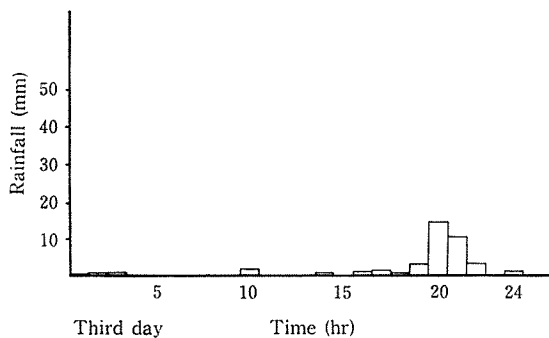
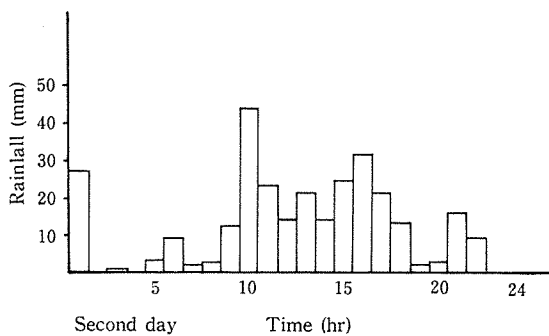
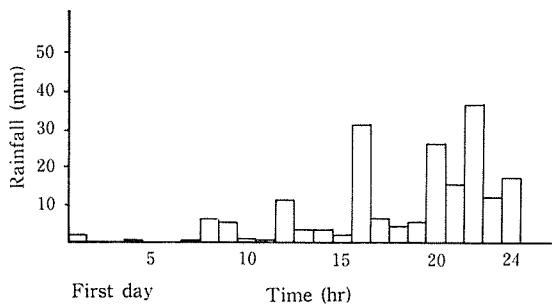


Fig. 2. Each time rainfall. (28.~31. Aug. 1980)

い場所である。この干拓地と隣接して波多津地区と煤屋地区があり、干拓地とは橋梁や円管を通じてつながっている。

降雨データとしては、昭和55年8月28日から31日の降雨すなわち、総雨量 520.5 mm (Fig. 2) 潮位データとしては、8月28日の大潮時、午前11時の 1.27 m の満潮潮高を使用した。

2. プログラミングのための数式、数値及び公式

(1) 供試地区の資料データによる数式及び数値

i) たん水量—たん水位曲線

地形図より、プランメーターを用いてたん水面積を測定し、たん水する地区を全地区を1つと考へた場合と、地区別に考へた場合とについて、たん水量を求め、最小自乗法により曲線を数式であらわした。(Fig. 3)

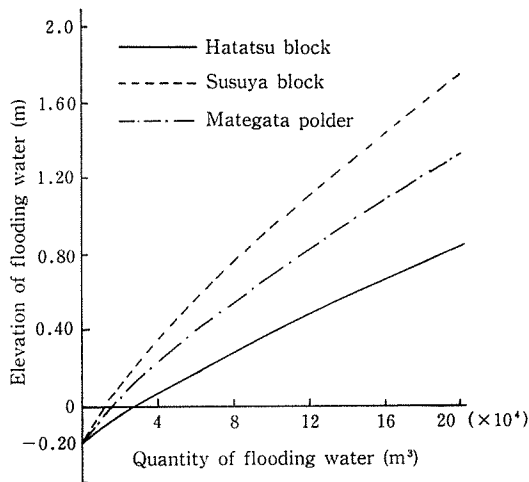


Fig. 3. The relation between the quantity of flooding water and elevation of flooding water.

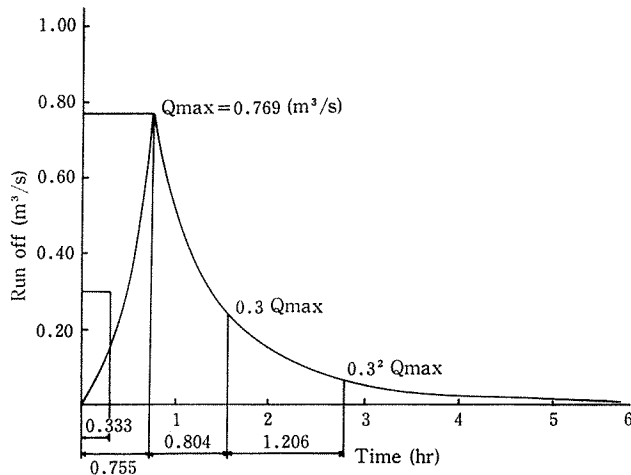


Fig. 4. Unit hydrograph.
(River basin of the Hatatsu river)

ii) 流出量

中安の総合単位図法を用いて、各流域の単位図を求め、降雨よりえられた有効雨量と流域面積を用いて、流域からの流出量を求めた。(Fig. 4, 5, 6, 7, 8)

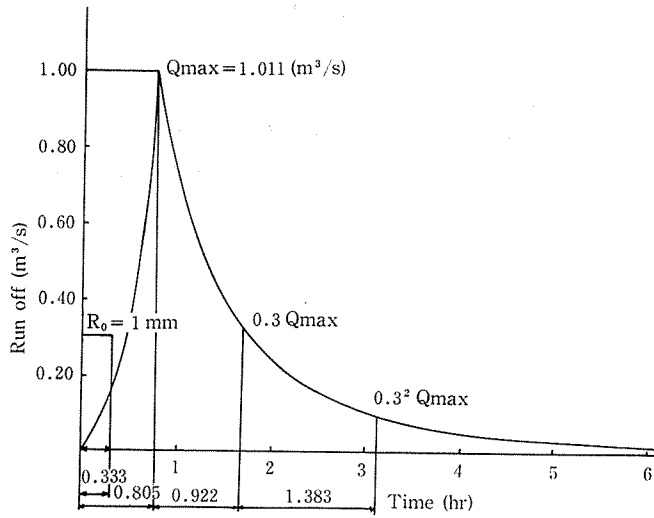


Fig. 5. Unit hydrograph.
(River basin of the Hatatsu river and tributary)

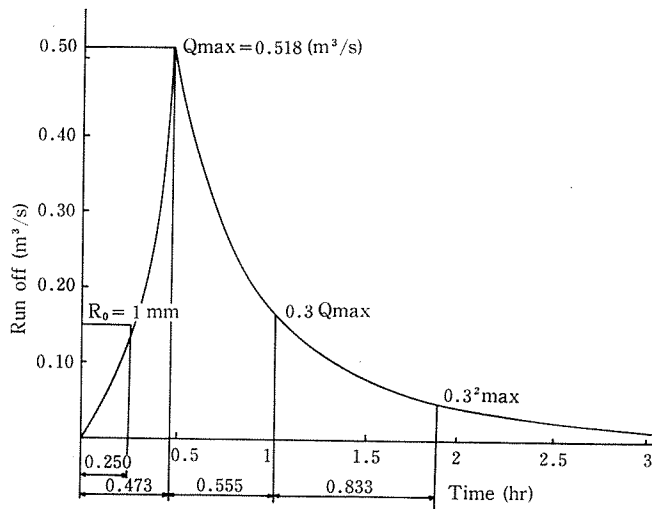


Fig. 6. Unit hydrograph.
(River basin of the Susuya)

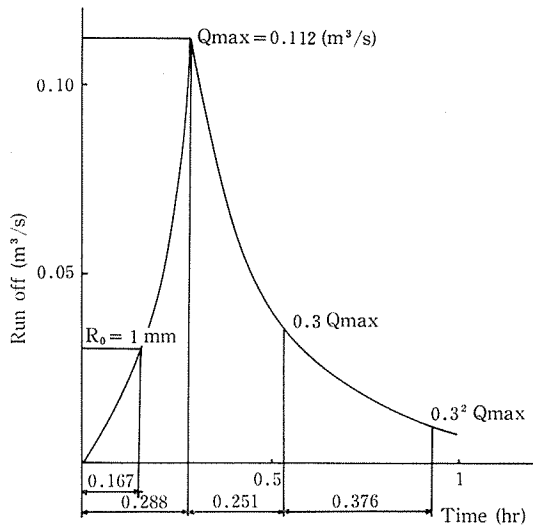


Fig. 7. Unit hydrograph.
(Mategata polder)

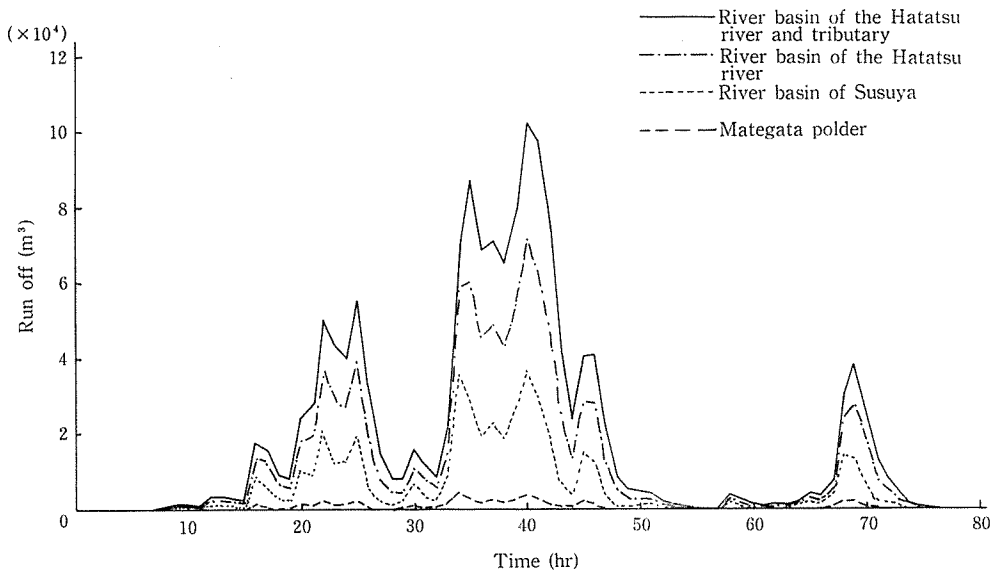


Fig. 8. The relation between the each river basins run off and time.

iii) 潮位

日潮不等がある場合の作図法を用いて1時間毎の潮位を求めた。(Table 1)

(2) 水門、樋門および円管の通水量の計算

i) 水門の場合

満流 $Q = 1.08 \cdot B \cdot da \sqrt{2g \cdot \delta}$

常流 $Q = 1.07 \cdot B \cdot H \sqrt{2g \cdot \delta}$

限界流 $Q = 1.547 \cdot B \cdot He$

ここに、 Q は流量 (m^3/sec), B は水門巾 (m), H は外水位 (m), He は内水位 (m), da は

Table 1. Tide table

	Time	Level	Remark	Time	Level	Remark	
28 day	9	0.96		21	0.07		
	10	1.15		22	0.61		
	11	1.27		23	1.00		
	12	1.09		24	1.15		
	13	0.64		30	1	1.01	
	14	0.03			2	0.64	
	15	-0.59			3	0.12	
	16	-1.06			4	-0.42	
	17	-1.28			5	-0.83	
	18	-1.17			6	-1.12	
	19	-0.80			7	-0.95	
	20	-0.22			8	-0.62	
	21	0.40			9	-0.12	
	22	0.92			10	0.42	
	23	1.18			11	0.87	
	24	1.15			12	1.09	
	29	1	0.84			13	1.04
		2	0.34			14	0.76
		3	-0.23			15	0.32
		4	-0.73			16	-0.18
		5	-1.02			17	-0.62
		6	-1.03			18	-0.87
		7	-0.76			19	-0.87
		8	-0.26			20	-0.68
9		0.33		21	-0.20		
10		0.86		22	0.30		
11		1.18		23	0.75		
12		1.19		24	1.01		
13		0.95		31	1	1.04	
14		0.48			2	0.85	
15		-0.10			3	0.46	
16		-0.66			4	-0.03	
17		-1.02			5	-0.50	
18		-1.11			6	-0.84	
19		-0.92			7	-0.95	
20		-0.48			8	-0.82	

水門の高さ (m), δ は He と H の1.03倍の差 (m), g は重力の加速度 (m/sec^2) である.
流水の計算区分は, 次の式による.

$$\text{満流 } H \geq da, (H-da)/(He-da) > 0.41$$

$$\text{常流 } H \geq da, (H-da)/(He-da) \leq 0.41$$

$$H \geq da, H/He \geq 0.81$$

$$\text{限界流 } H < da, H/He < 0.81$$

ii) 招き戸付樋門の場合

$$\text{満流 } Q = y \cdot B \cdot da \sqrt{2g \cdot \delta}$$

$$x \geq 0.88 \quad y = 1.02$$

$$x < 0.88 \quad y = 1.02 - 2.42 (0.88 - x)^3$$

ただし, $x = 3\sqrt{He\delta}/D$ で $He > D$ の場合は, $He = D$

$$\text{常流 } Q = y \cdot B \cdot H \sqrt{2g \cdot \delta}$$

$$x \geq 0.8 \quad y = 0.98$$

$$x < 0.8 \quad y = 0.98 - 3.41(0.8 - x)^3$$

ただし, $x = 3\sqrt{He\delta}/D$ で $He > D$ の場合は, $He = D$

$$\text{限界流 } Q = 1.7 \cdot y \cdot B H e^{\frac{3}{2}}$$

$$He > 0.2D \quad y = 0.92$$

$$He \leq 0.2D$$

$$y = 0.98 - 3.41(0.8 - x)^3 \leq 0.88$$

ただし, $x = 1.732 He/D$

流水の計算区分は, 次の式による.

$$\text{満流 } H \geq da$$

$$\text{常流 } da > H > \frac{2}{3} He$$

$$\text{限界流 } H < \frac{2}{3} He$$

ここに, 記号の説明は水門の記号説明と同じである.

iii) 円管の場合

$$\text{満流 } Q = AV$$

$$V = \sqrt{2gH / \left(1 + f_1 + f \frac{L}{4R}\right)}$$

ここに, Q は流量 (m^3/sec), A は断面積 (m^2), V は流速, (m/sec), H は水頭差 (m), L は管水路の長さ (7.0 m), R は径深, f_1, f は流入および摩擦損失係数で $f_1 = 0.6, f = \frac{2g}{C^2}, C = \frac{1}{n} R^{\frac{1}{6}}$, で n は 0.013 とした.

常流, 限界流は水門と同じに考え, ただし断面積は次の式を用いた.

$$A = \gamma^2 (\alpha - \sin \alpha) / 2$$

$$\alpha = 2 \times \arcsin \left\{ \sqrt{1 - (h/\gamma)^2} / (1 - h/\gamma) \right\}$$

ここに, A は断面積 (m^2), h は水深 (m), γ は半径 (m) である.

3. プログラムの方法と計算の手順

(1) 各地区間の橋梁や円管を考慮せず, 全地区が一つにつながっているものとすれば, 洪水は全て干拓地に流入し, 干拓地内の東西の排水樋門から干潮時に排水される. したがって, 各地区毎の水位は同一レベルで同時に上下するものと考えられる. この場合のプログラムを考え, Fig. 9 に流れ図を示す.

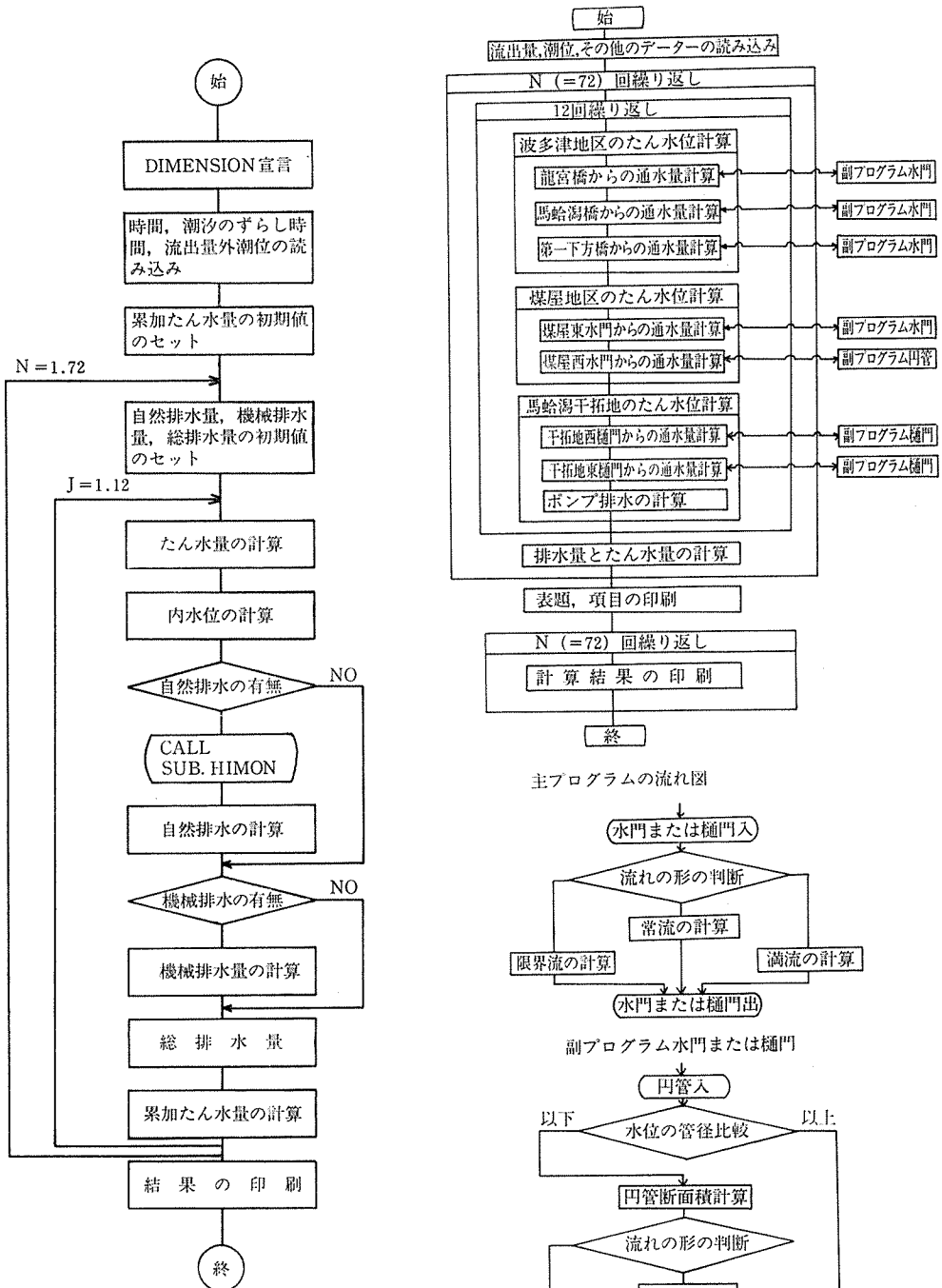


Fig. 9. Flow chart of the main program.

Fig. 10. Flow chart of the main and sub program.

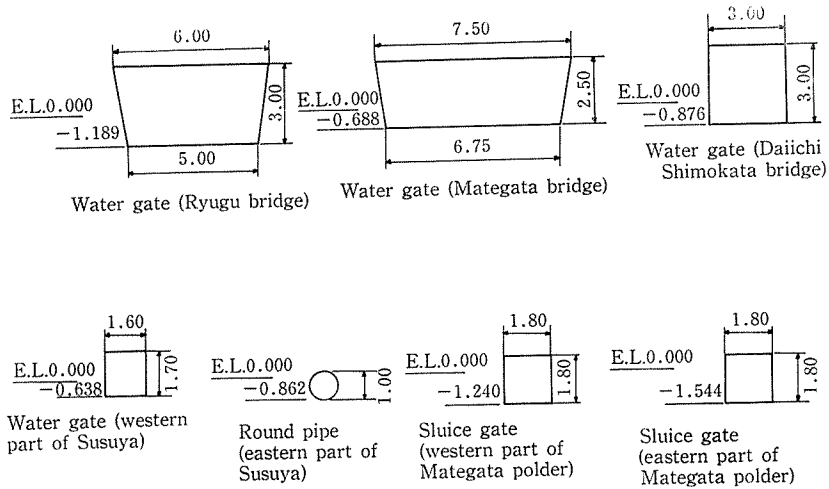


Fig. 11. Flow area and foundation level.

また、東西の排水樋門は、招き戸付樋門であるから、排水量は満流と常流の場合に排水量の6割から10割の場合が考えられる。したがって、それぞれの場合の流量係数を $C=0.6, 1.0$ とする。

(2) 地区別たん水状況を考慮した場合のプログラムは、三地区が水門や円管によって、つながれているものと考えれば、地区毎の水位差により、各地区に流入する流入量が計算できる。それによって、地区別のたん水位の計算を行なう。

波多津、煤屋地区における流入量は、流域からの流出量を1時間を単位として計算し、それが地区に流入するものとする。それにより求めたたん水位との差で干拓地への流出する流出量が計算できる。次に、干拓地から海への排水は、潮位との関係から計算する。以上の計算は、5分きざみで行ない、その都度たん水位の変化を算出する。この時の5分きざみの計算時間を $J=1$ (0分) から $J=12$ (55分) として表わし、これを水位平衡時間 J とする。

波多津地区と干拓地の間には龍宮橋、馬蛤潟橋、第一下方橋、また、煤屋地区と干拓地との間の西側水路には水門、東側水路には円管がある。干拓地の排水樋門は、3-(1) と同様に流量係数 $C=0.6, 0.8, 1.0$ の場合を考える。

この場合の流れ図を Fig. 10 に、通水断面の仕様と敷高を Fig. 11 に示す。

4. 計算結果と考察

(1) 全地区を一様であるとみなした場合、計算を5分きざみと1分きざみで行なうと、内水位についてはその差が1 cm 以内であった。そのため、以後の計算は5分きざみで行なうことにした。内水位は、樋門の流量係数 C を変えることによりかなり変化するが、係数を $C=0.6, 1.0$ として計算すると、各々に対する最大たん水位は、1.53 m, 1.39 m となった。

(2) 地区別排水計算の場合、水位平衡時間 J のとり方で各地区の水位、水位差が異なってくる。昭和55年8月28日～31日までの降雨によると、波多津地区の水位は、流域からの流出量が大きいために、 J を短かくとると高くなり、時間を長くすると水位は低下する。煤屋地区の水位は、流域からの流出量が波多津地区に比べて少ないため、 J が3になるとき低下の度合いが小さい。末端の干拓地においては、 $J=3$ のとき水位は最大となり、以後は低下する。このことは水位平衡時間を長くすると、両地区と干拓地との水位差が小さくなり、干拓地への流入量が少なくなる。そのため、干拓地の水位が上がり、外潮位との差が大となり、反対に排水量が増すためである。

干拓地への流入量と排水量のバランスをとるため、各地区の水位がある水位差を保ちながら平衡状態となる水位平衡時間 J を考えると、昭和55年8月28日から31日の場合には、 $J=3$ から $J=4$ のとき最大たん水位を示した。これは、干拓地の排水樋門の流量係数 C を 0.6, 0.8, 1.0 と変えても同様の傾向を示す。 $C=1.0$ の場合の水位平衡時間と最大たん水位の関係を Fig. 12 に示す。 $J=4$ のときに、干拓地と波多津地区の最大たん水位は、 $C=0.6$ の場合、1.55 m, 1.61 m, $C=0.8$ の場合、1.45 m, 1.53 m, $C=1.0$ の場合、1.40 m, 1.48 m となり、 $C=1.0$ のときが実際の内水位に近い値となった。 $J=4, C=1.0$ の場合の排水計算結果を Fig. 13 に示す。

以上の計算の結果、次のことが考えられる。

i) 全地区を一様とみなして排水計算をする場合、計算された内水位は、昭和55年8月の洪水時の実際の内水位よりやや低めに出る。これは、各地区の水位差を考慮せず、一度に各流域より洪

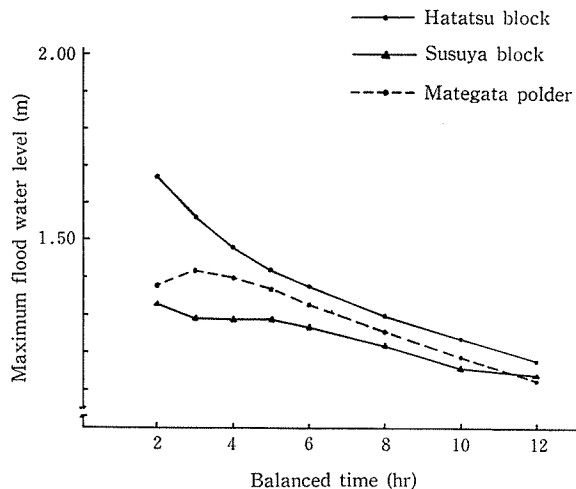


Fig. 12. The relation between the balanced time and maximum flood water level.

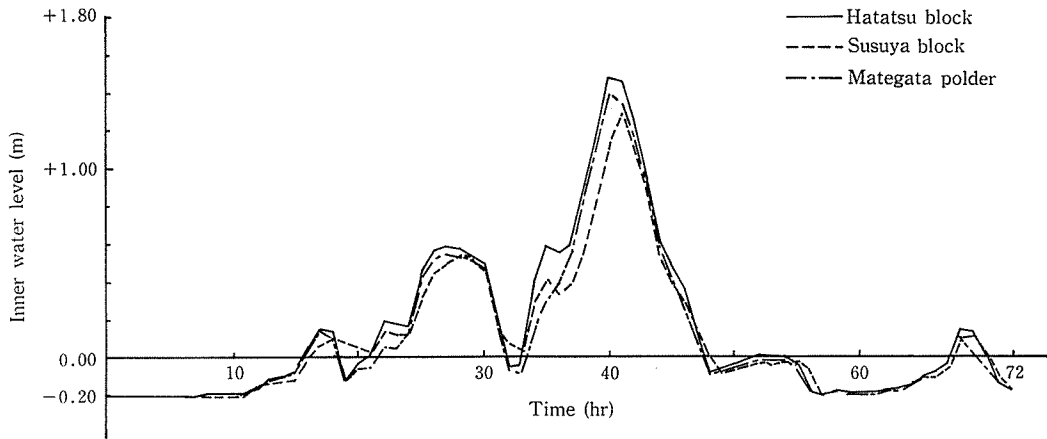


Fig. 13. The relation between the each blocks inner water level and time.

水を流出させたからで、この方法は、馬蛤潟地区のように地区別につながっている様なところでは、やや無理があるようである。

ii) この方法は、排水樋門の流量係数 C のとり方により、大きく水位が上下する。

iii) 地区別排水計算の方法では、地区別の水位差を考慮するため、より実状に近づけることができる。

iv) この方法で計算した内水位は、昭和55年8月28日から31日の洪水時の実際の内水位に近い値をえることができた。このときの水位平衡時間は15分 ($J=4$) であった。

摘 要

干拓地は水田が主体であるが、これを畑地に転換する場合、農地の排水が大きな問題となる。干拓地における排水計算は、今まで排水樋門による方法が主であったが、たん水位に重点をおいた地区別の排水方法を考慮する必要がある。そのため本論文においては、各々の方法をプログラム化し、佐賀県伊万里市馬蛤潟干拓地において、たん水地区が橋梁や水門で三地区に区切られた場合の計算を行ない、1980年8月の洪水の聞き取り資料から各々の方法の適応性を検討した。

樋門による排水は、広い地域から水を排水するため、水面は平均水面となり、その結果たん水位は少し低めに出た。地区別に変化する排水の場合には、地区別の水位差とその水位が平衡となる時間を考慮して水位を計算した。その結果、平衡時間が15分の場合、たん水位は干拓地区で 1.40 m、背後地区で 1.48 m となった。これは洪水の聞き取り資料のたん水位とほぼ一致する値であった。

参 考 文 献

- 1) 石橋 豊・内藤利貞・田辺邦美・林 弘宣 (1969) 農業水文. コロナ社. 東京. pp.122-123.
- 2) 農林省農地局 (1966) 土地改良事業計画設計基準 第3部 設計第6編海面干拓. 農業土木学会. 東京. pp.114-118.
- 3) 農林水産省改善局 (1978) 土地改良事業設計基準. 計画排水. 農業土木学会. 東京. pp.64-69.