

## 56. 樋管・樋門形式による内水処理について

石狩川治水事務所 長 縄 高 雄

### 緒 言

戦後水源の荒廃、国土利用の高度化による遊水地の耕地化、改修工事の進展等のため、洪水時の出水は早くなり、またその頻度も多くなるに伴って、堤内地の排水が重要な課題となってきた。堤内地の排水は程度の差はあれ、以前より問題となっていたのであるが、洪水による直接の被害に比較すると、回数は多いが致命的なものではなく、したがって従来の計画の盲点となっていた感があり、国土利用の高度化、特に本道の多角的開発が強く叫ばれている現在、河川改修と結びついて堤内排水処理の問題がとり上げられるようになったことは当然と言わなければならない。ここには樋管・樋門形式による場合の内水処理、特に断面決定について述べる。

### 1. 原因および対策

まず原因としては、前述のように築堤工事施工に伴う内水の処理、洪水流量の増大(水位上昇)、洪水到達時間の短縮、継続時間の増大、堤内地における池沼の耕地化、埋立堤内における河川の流路または排水路の不良、用排水施設管理の不適正、排水樋門・樋管等の継面の過小等が考えられるが、その対策は導流堤・逆流堤・樋門・樋管の適正なる設置、支川に貯水ダム築設等のほか、より積極的な方法としては機械排水による堤内地湛水の除去、堤内の埋立等がある。

### 2. 断面決定

#### (1) 素 因

断面を決定する際の主要なる因子は次のとおりである。

- a. 雨量関係資料(強度・継続時間・既往最多日雨量)
- b. 集水地域の状況(地目別面積・水路平均勾配・水路延長・土地の経済単位等)
- c. 堤内遊水地標高別面積容量・許容湛水位・許容湛水時間等
- d. 本流既往洪水曲線・本流河床の状況・洪水時流速
- e. 既得権(水利権・漁業権等)・既設樋門等に対する調査

#### (2) 順序・方法

空知郡滝川町西裡樋門および妹背牛町長田樋管を例にとつて述べる。

#### 西 裡 樋 門

##### i. 集水面積

水田 1,913 ha, 畑 760 ha, 山地 327 ha, 計 3,000 ha

##### ii. 内水到達時間

$L=15,000$  m,  $H=110$  m とすれば Rziha 公式より

$$W = 72 \left( \frac{H}{L} \right)^{0.6} = 72 \left( \frac{0.110}{15} \right)^{0.6} = 3.65 \text{ km} \quad T = \frac{L}{W} = 4.1 \text{ hr}$$

実際には水路の屈曲、断面変化、旧河川跡に貯留することも考えられ、流速は遙かに減少するものと考えられる。これらを勘案し  $T=6$  hr とする。

### iii. 流出量

既往日雨量最大；第1位，昭25年8月28日 151.9 mm，時間雨量；ここでは内水到達時間内の平均雨量強度として 10 mm/hr をとる。因みに  $r_{24}=151.9$  mm とし

$$r_T = \frac{r_{24}}{24} \left( \frac{24}{T} \right)^{2/3}$$

の算定式より求めれば

$$r_T = \frac{151.9}{24} \left( \frac{24}{6} \right)^{2/3} = 15.95 \text{ mm}$$

を得る。まれに起る洪水を考慮する時は  $r=16$  mm を採る必要があるが、しばしば起りうる洪水を対象とする時は、 $r=10$  mm は決して少ない値ではないように思われる。いま流出係数  $f$  を山地 0.7，畑 0.6，水田 0.8 とすれば

$$Q = 0.2778 f \cdot r \cdot F \approx 62 \text{ m}^3/\text{sec}$$

このほか base flow として，当該集水地区の灌漑用水  $4,573 \text{ m}^3$  (昭27年実測・養期) と他地区よりの流入量を勘案し， $5 \text{ m}^3$  を採り全体で  $67 \text{ m}^3/\text{sec}$  の流出量とした。灌漑用余水は 30% 位のものであるが，実際問題として降雨時における幹支線閉塞の操作はなされておらず，さらに本川よりの滲透水も考えられるので，該地区の使用水量その儘を，みこむのが安全であり，ここではその全量を余水とみた。

### iv. 流出時間

排水路の流出量は直線的に三角形に変化するものとすれば次式が成立する。

$$\frac{(1+\lambda)T}{2} Q_{\max} = f \cdot r (1+\lambda) T \cdot F$$

$$T = 6 \text{ hr}, \quad Q = 67 \text{ m}^3/\text{sec}, \quad \lambda = 4.3, \quad \lambda T = 25.8 \text{ hr}, \quad (1+\lambda) T = 31.8 \text{ hr}$$

### v. 外水の洪水到達時間

既往の出水記録を参考にとると，昭和28年8月1日～4日までの洪水を新十津川石狩川橋量水標の記録よりみれば，本川の最高水位は降雨より 43 時間で現われている。本樋門箇所は量水標より約 2,000 m 上流に位する。量水標設置位置より樋門予定箇所までの洪水到達時間を算出してみると

$$W = 72 \left( \frac{H}{L} \right)^{0.6} = 72 \left( \frac{0.001}{2} \right)^{0.6} = 0.756 \text{ km/hr} \quad T = 2.64 \text{ hr}$$

となるが実際洪水時には局部的勾配を採るのは妥当でない，本量水所と下流月形の伝播速度は昨年8月1日の出水記録では 12 時間を要し，この間の距離 37 km・平均速度 3 km/hr となっており，これらを勘案し 40 分の時間差があるものと考え，外水位曲線を図 56-1 のように推定した。

### vi. 樋門敷高の決定

既往水位観測データから量水所における現在計画  $L.W.L. 22.39 \text{ m}$  はおおむね妥当と思われる。なお上流六戸島および下流菊水町の捷水工完成の際には河状の漸変も考えられるが，これが推定は至難であり，一応橋本町水測所における計画を  $L.W.L.$  基礎として，樋門設置予定位置との同時水位差 21 cm からその敷高を 22.60 m と決定した。

### vii. 樋門流出量算式

内水位の変位推定のため，樋門内外水位差による流出量の算定には次式を採用した。

#### (1) 完全潜孔

$$V = \sqrt{\frac{2g(4H)}{1+f_1+f_2 \frac{1}{R}}}$$

(ロ) 不完全潜孔

$$Q = c \cdot b \left[ \frac{2}{3} \sqrt{2g} (\Delta H)^{\frac{3}{2}} - H_0^{\frac{3}{2}} + \sqrt{2g H h} \right]$$

viii. 図表の作製

以上の資料に基づき図 56-4 のような各種断面における堤内外水位・流排出量・湛水量曲線を推定した。

3. 結果についての考察

通水断面決定の条件としては次の 3 つが主要なものと考えられる。

- (i) 内水湛水位が許容湛水位以下であること
- (ii) 内水湛水時間が許容湛水時間内であること
- (iii) 樋門内流速が常に許容流速以下であること

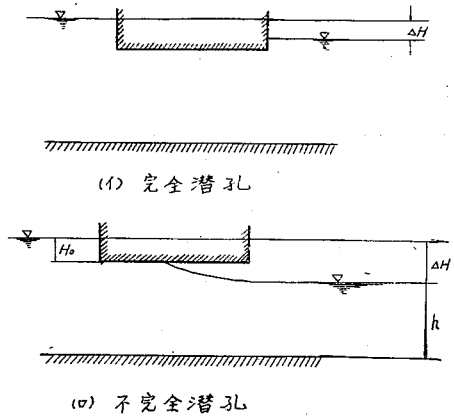


図 56-1

表 56-1

| 断 面                | 2.5×2.0 m 2 連 | 2.8×2.8 m 2 連 | 2.5×2.0 m 3 連 | 摘 要   |
|--------------------|---------------|---------------|---------------|---|
| 湛 水 量 (m³ max)     | 3,352,300     | 3,323,100     | 3,343,600     | EL. 27.00 を汎濫水位とする, 27.00 以上は耕地標高であり平坦に展開する |
| 閉 塞 時 間 hr         | 25            | 31            | 31            |   |
| 湛 水 位 m            | 27.15         | 27.14         | 27.14         |   |
| 汎 濫 時 間 hr         | 25'           | 20'40"        | 22'40"        |   |
| 本流との水位差 (m max)    | 1.07          | 0.57          | 0.62          |   |
| 最 大 流 速 m/sec      | 2.59          | 3.13          | 2.64          |   |
| 標高 27.10 以上汎濫時間 hr | 12            | 9             | 9             |   |
| 本流同位水位復元時間 hr      | 41'30"        | 26'10"        | 28'50"        |   |

上記中 (i) (ii) の条件は外水位により決定的に左右されるもので、断面の大小は左程の影響を与えない。経済的に重要度の高い地区において湛水位、湛水時間が抑えられている場合は機械排水に依存するほかはない。樋門・樋管断面の汎濫時間に対する影響は、洪水波形の巾が下流増大し、外水位が許容湛水時間ぎりぎりに長引くので、むしろ上流より断面に多少の余裕を持たせ、なるべく早く流水位に追隨させることが必要であると思われる。また堤内外水位のピーク時のずれの大小もあるが、一応本計画ではスタートを同一にした。(ii) の条件の浸水による水稲の被害は浸水日数のほか、浸水の深さ・生育時期・湛水濁度等により異なる。

8 月下旬の穂孕期直前から穂孕中の浸水が最も被害が大きく、狩野博士の試験結果によれば収穫量は浸水 2 日で 40%、4 日で 22%、6 日で 11% となつている。西裡樋門の場合、長田樋管に較べ旧河道の大きなポケットを有しており、冠水時間も有利に計画できた。普通その限界を 2 日前後としているようであるが、宿命的地立条件より前者を一昼夜、後者を二昼夜とした。また時間的余裕なく、昨年のような波状の出水のある場合を考えれば、本流同位水位復元時間が問題であり、本流水位追隨所要時間の減少を極力図り (30 時間以内とす)、(iii) の許容流速を 3 m 以内におさえる 2.5×2.0 m・3 連を採用した。

長 田 樋 管

妹背牛町長田樋管は、昭和 28 年度右岸 112.38 km 地点に φ 1.2 m の丸樋管が施工されたが、その後計画集水区域に対して過小であるという地元民の陳情により、既設樋管断面を再検討した結果、断面の不足が明らかになり、この解決策として 113.20 km 地点に新設されたものである。以下その検討経過を図表により述べる。

(i) 丸樋管断面の検討

(A+B) 地区を受持つ場合について考えると、集水区域 2.42 km<sup>2</sup> (A 1.12 km<sup>2</sup>, B 1.30 km<sup>2</sup>) に対して常時流入量 2.0 m<sup>3</sup>/sec があることは致命的である。さらに全流出・流入量を樋管より排出するとすれば、EL. 38.00 以上の冠水時間は 105 hr となり、許容水位以上の流入量の 50% を排出するものとしても 79 hr となり、許容湛水時間 48 hr をはるかに超過する。したがって樋管断面の過少が結論づけられる。

A 地区のみを受け持つ場合は水理曲線図から EL. 38.00 m 以上の冠水時間 50 時間 45 分となり、48 時間に対して 5% 位の超過となるが、実際にこのような状態が起るのは何年かに一度くらいの公算であり、A 地区に対しては、当樋管で充分である。

(ii) 長田樋管断面の検討および決定

B 地区 持つ長田樋管についての水理曲線は断面 1.2×1.2 m についてのみ図示したが、このほか 1.5×1.5 m および 1.5×1.3 m についても計算し、表 56-2 の結果をえた。

表 56-2

| 断 面 積             | (イ) 2.25 m <sup>2</sup><br>1.5×1.5 m | (ロ) 1.95 m <sup>2</sup><br>1.5×1.3 m | (ハ) 1.44 m <sup>2</sup><br>1.2×1.2 m | 摘 要 |
|-------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|-----|
| 樋 管 閉 塞 時 間       | 39°10'                               | 39°20'                               | 38°10'                               |     |
| 冠水時間 EL. 38.00 以上 | 42°40'                               | 44°30'                               | 50°45'                               |     |
| 最 大 滞 水 量         | 248,822                              | 247,854                              | 249,924                              |     |
| 冠水時間対許容冠水時間       | 89%                                  | 92.8%                                | 105%                                 |     |

すなわち冠水時間と許容冠水時間の比率からみれば 5% の超過はあるが、(ハ) 断面を最も有効とみなし 1.2×1.2 m の断面を採用した。

4. 概 算 式

上述のようにして断面を決定することが望ましいが、大体の断面の目安を知る概算式を次に紹介する。

(1) 井部氏公式

$$a = \frac{q_m - \frac{2V}{(\lambda+1)T_1}}{c\sqrt{H}}$$

$$\left( V = (q_m - Q_m) \frac{(\lambda+1)T_1}{2} \right)$$

$$Q = c \cdot a\sqrt{H}$$

$Q_m$  = 樋門最大排水量 (m<sup>3</sup>/sec)

$q_m$  = 支川最大流出量 (m<sup>3</sup>/sec)

$V$  = 湛水量 (m<sup>3</sup>)

$T$  = 時 間 (sec)

$c$  = 係 数 2.6~4.0

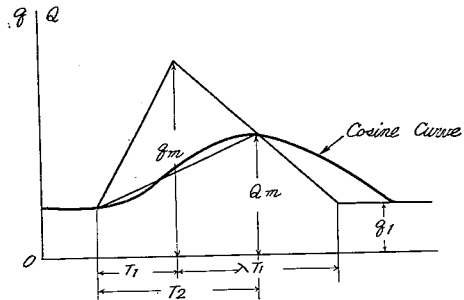


図 56-2

(2) Talbot 氏公式

$$a = c \cdot F^{\frac{3}{4}}$$

$a$  : m<sup>2</sup>

$F$ : 集水面積 ha

$c$ : 係 数 上流急速部 0.06 下流部 0.03~0.036

$$(3) \quad b = Q_m / \left( \frac{2}{3} \delta_m + h_m \right) v_m$$

$$\left( \begin{array}{l} v_m = \mu \sqrt{2g(\delta_m + \delta_a)} \\ Q_m = c \cdot R \cdot F / 86.4 \times n \end{array} \right)$$

- $b$ : 樋門幅
- $Q_m$ : 平均排出量  $m^3/sec$
- $R$ : 降雨量  $mm$
- $F$ : 集水面積  $km^2$
- $n$ : 2~4 日
- $\delta_m$ : 内外水位差の平均 (m)……通常 15 cm (max 30 cm)
- $h_m$ : 内水位の樋管敷よりの平均高さ
- $v_m$ : 平均流出速度 1.5~2.0 m/sec (max 3.0 m/sec)
- $\delta_a$ : 接近流速
- $\mu$ : 0.8

(4) 河川改修工事において施工した実例による集水面積と樋門断面との関係を図表で表わせれば次のようになる。

以上概算式を掲げたが、計画箇所のポケット容量等の立地条件により相当支配されるから、大摺みな断面決定の目安として用い、一応内外水位時間曲線により再検討することがよい。

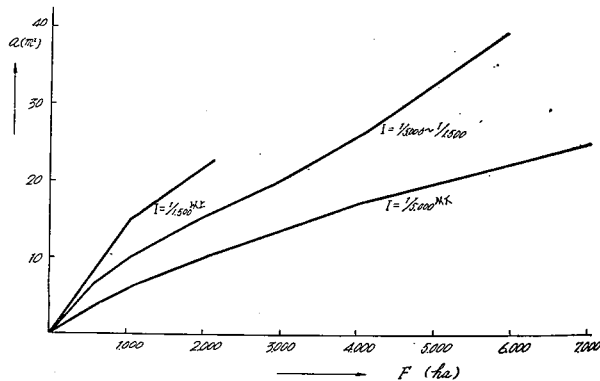


図 56-3

樋管樋門・水門断面積  $a$  と集水面積  $F$  との関係

### 結 言

以上堤内地湛水機構を概念的に分析することにより、樋門・樋管断面の決定に対する一検討法を述べたのであるが、本道開発が国策の重要課題となつている時、本州各県にみられるような国土利用の高度化に奔走する時も遠くないと思われるので、計画立案に当つて雨量と流出との関係、湛水被害の分析 (湛水面積と減収率、経済効果と投資限界との関係) について、より一層の探究が必要で、これらについては今後の研究課題としたい。





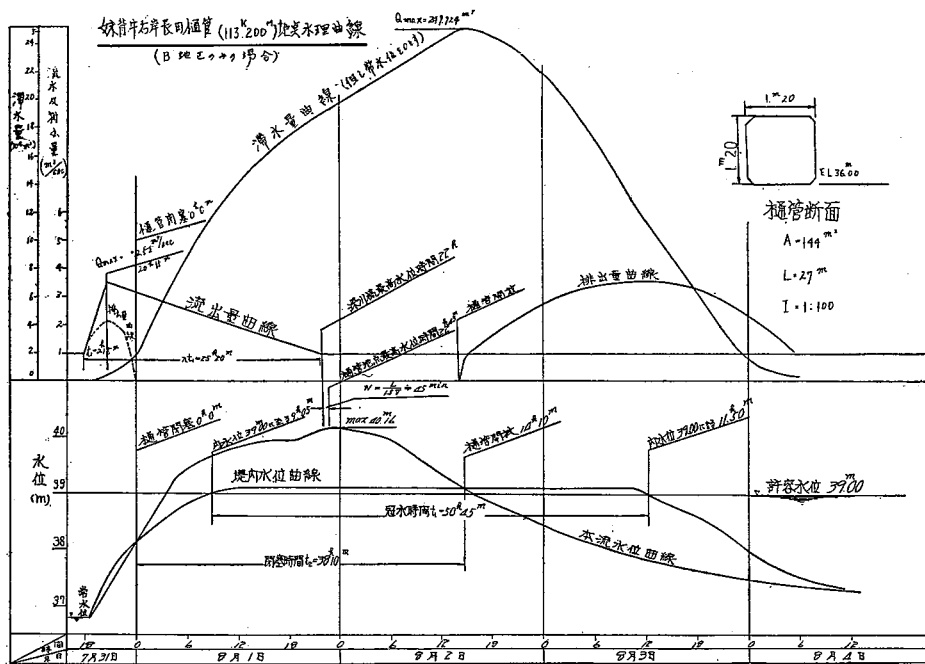


図 56-7

## 57. 水位計の試作と石狩川の洪水観測

土木試験所 村木 義 男  
高 島 和 夫\*

### 1. 緒 言

洪水波の伝播現象を実際の河川について詳細に研究するため、取付けが簡単でしかも安価な自記水位計を試作した。これは従来多く使用されてきたフロート式のように井戸とか塔のような施設工事を必要とせず、また従来の水圧式、例えば本多式あるいは菅谷式のように受圧部を河床に固定する必要がなく、短時間で出水のいかんにかかわらず取付けられるものである。しかしこれには8~9m以上の記録は原理的に不可能という欠点がある。昨年(昭和30年度)この水位計10数台を石狩川本流沿いに設置し、8月から10月まで洪水観測を実施したが、この間大小10数回の洪水があり、予期以上の好結果をえた。以上本文においてこの試作水位計の概要と石狩川の洪水波の伝播特性について若干述べる。

\* 現在札幌開発建設部機械整備工場