

第三章 設 計

下水ノ起
源

家事用廢
水

下水量ニ就テ 下水ト稱スルモノヲ其起原ニ因リテ分類スレハ次ノ如シ
 一、家事用廢水 二、人類排泄物 三、工業用廢水 四、雨水
 家事用廢水ハ人類生活ニ必要ナル種々ノ用ニ供スル上水ヨリスルモノニ
 シテ上水ハ其供給量ハ略定マレルモノニシテ廢水量ノ最大量ハ供給水量ノ
 最大量ト略相等シ而シテ一人一日ノ上水使用量ハ各都市其標準ヲ異ニスレ
 トモ平均百リートルトナヌヲ得ヘク一日中ノ最大使用ノ割合ハ平均一日ノ
 使用量ノ毎秒ノ値ノ一倍半乃至二倍ニ相當ス故ニ最大使用ノ時ノ毎秒ノ廢
 水量ハ次ノ如クナルヘシ

$$\frac{1.5 \times 100}{24 \times 3600} = 0.0017 \quad \text{「リートル」/毎秒} \quad \dots \dots (a)$$

$$\frac{2.0 \times 100}{24 \times 3600} = 0.0023 \quad \text{「リートル」/毎秒} \quad \dots \dots (b)$$

「オグデン」(Ogden)氏ハ一日ノ平均使用量カ八時間ニ流シ出サルルモノトシ
 テ最大廢水量ヲ定メナハ可ナラント稱ス氏ノ計算法ニ從ヘハ前掲ノ一日一

人口濃度

人ノ平均使用量ヲ百リートルトセハ最大毎秒ノ流出量ハ正ニ〇、〇〇一七リートルトナリ前掲ノ(a)式ノ場合ト相等シ

抑モ市街地ニ在リテハ各區ニ於テ住民ノ居住スル濃度ヲ異ニスルカ故ニ單位面積ニ對シ最大汚水量ヲ定ムルニハ各區ニ居住スル人口ノ濃度ヲ知ルノ要アリ此事タル市民ノ衛生上緊要ナル事ニ屬シ市街築造上大ニ考慮ヲ要スヘキノ點ナルヲ以テ豫メ某區ニハ幾許ノ濃度ノ住民ヲ收容スヘキ規定ナルヤヲ定ムルヲ至當トスヘシ之ニ從ヘハ明カニ各區ヨリスル最大家事用廢水ノ流量ヲ定メ得ヘシト雖モ此標準ノ定マラサル市ニ在リテハ精密ナル計算ヲ爲スノ材ナシ

今伯林市ノ濃度ヲ見ルニ「ヘクタール」(Hectare)ニ對シ百人乃至八百人ニシテ下水道ノ設計ニハ八百人ヲ標準ト爲セリ「フランクフルト、アム、マイン」(Frankfurt a. M.)市ニテハ百人乃至七百人ナリ獨逸國ノ多クノ都市ノ濃度ハ三百人乃至五百人ニシテ此標準ニ從ツテ下水道ノ設計ヲ爲ス
倫敦市ハ「ヘクタール」ニ對シ百二十人ノ濃度ヲ有シ我カ首都東京市ハ二

百三十人ニ當ル大阪市下水道ノ設計ニハ「ヘクタール」ニ六百人ヲ標準トス今假リニ「ヘクタール」ニ貳百人ノ濃度ヲ有スル一區ニ就テ一人一日ノ平均使用量ヲ百リートルトシ最大使用量ノ割合ハ平均ノ秒使用量ノ二倍ナリトセハ毎秒一「ヘクタール」ニ對スル最大秒流量ハ次ノ如クナルヘシ

$$200 \times 0,0023 = 0,46 \text{ リートル}$$

都市人口ノ増加ハ下水道設計ニ際シ之ヲ知ル必要アリ其増加率ハ之ヲ豫言スルコトハ困難ナルモ過去ノ統計ニ徴シ將來ヲ推測シ次式ニヨリテ略之ヲ算出スルヲ得ヘシ

$$E = e \left(1 + \frac{p}{100}\right)^n$$

式中 E ハ現今ヨリ n 年後ノ人口

e ハ現今ノ人口

p ハ年増加率ニシテ其標準ヲ定ムルコト困難ナルモ小市ニテハ一、〇大都市ニテハ三、〇工業市ニテハ一、〇、〇等ト假定スルモノモアリ

例(一) e = 150,000 p = 3. n = 10 トスルニ E = 200,000 トナル

人類排泄物
工場ノ廢水

雨水

氣象報告

下水道

人類排泄物ハ一人一日平均一、三リートルトナル故ニ其量ハ極メテ少ナリ
工場廢水ノ量 各種ノ工業ノ性質規模ノ大小等ニヨリ異リ一以テ律スヘ
カラス宜シク各種ノ工場ニ就テ調査スヘシ

雨水ハ下水渠ノ斷面ヲ定ムルニ主タル標準トナルモノニシテ實ニ下水ノ
大部分ハ雨水タリ故ニ雨水量ヲ決定スルハ下水渠設計中最モ緊要ナル事ニ
屬スヘシ由テ吾人ハ雨水量ニ就テハ更ニ詳説セン

降雨量ノ觀測ハ雨量計ニヨル雨量計ヲ以テ各地ノ降雨量ヲ知リテ一日中
ニ降レル量ヲ觀測シ其値ヲ表ニ記入シテ報告ヲ作製セルモノハ各地氣象臺
ニテ發行スル氣象報告ニヨリテ之ヲ知ルヲ得ヘク日本全國ノ各氣象臺ノ報
告ヲ集メテ中央氣象臺ニテ年々報告ヲ發行セルモノアリ故ニ累年ノ報告ヲ
基トスレハ氣象臺ノ所在地ノ日降雨量ノ數十年間ニ於ケル最大ナルモノヲ
見出シ得ヘシト雖モ一日ヨリ短キ時間ニ強雨アリタルモノ、降雨量カ何程
ナリシヤヲ知ルヲ得ス之カ爲メニハ自記雨量計ヲ用ヒテ最強降雨ノ強度ヲ
知ルヲ得ヘク之レ實ニ下水渠設計ニ最モ必要ナル値ナリトス

強雨公式

自記雨量計ヲ用ヒテ多年間強降雨量ト繼續時間トヲ觀測シタル統計ヲ基
トシ強雨ノ強度ト其繼續時間トハ或關係ヲ有スルモノタルコトハ各地ニテ
證明セラレタリ

東京市ニ於テハ明治二十四年ヨリ同四十四年ニ至ル間中央氣象臺ニ於ケ
ル降雨觀測ノ結果ヨリ次式ヲ得タリ

$$R = \frac{5500t}{(50+t)60}$$

式中Rハ一分間ニ於ケル強降雨量ヲ耗ニテ表ハシトハ強降雨繼續時間ヲ
分ニテ表ハスモノナリ

(土木學會誌第一卷第三號ニヨル)

諸外國ニ於ケル之ニ類スル式ヲ參考ノタメニ記セハ次ノ如シ

「ロイド、ダヴィース」(Lloyd Davies)氏ハ英國「バーミンガム」市(Birmingham)ニテ四
年間ノ觀測ノ結果次式ヲ得タリ

$$R = \frac{1600}{t+30}$$

Rハ耗ニテ表ハシ一時間ノ降雨量ナリ

てハ繼續時間ヲ分ニテ表ハス

「ミル(Mir)氏」ハ英國ノ雨量ニ就テ調査ノ結果甚タ稀ナル强降雨量ニ對シテ次

式ヲ與フ

$$R = \frac{6096}{t+30}$$

R 及ヒ t ハ前ノ場合ト同シ

「ブライン、コップス(Brynn Kops)氏」ハ美國「ジョージア」(Georgia)州「サヴァンナ」(Savannah)

市ニ於ケル十七年間ノ觀測ヲ基トシテ次式ヲ與フ

$$R_{max} = \frac{4851}{t+30}$$

R_{max} ハ十七年間ニ起ル最大强降雨量ヲ耗(毎時)ニテ表ハシ、t ハ前掲ノ如シ

又同市ニ於テ二年毎ニ起ル最大强降雨トシテ次式ヲ與フ

$$R = \frac{4140}{t+27}$$

一年ニ一回起ル最大强降雨トシテ次式ヲ與フ

$$R = \frac{3581}{t+27}$$

此ノ如ク各市ニ於テ異リタル强降雨量ヲ得ヘシト雖モ勿論其近似數ヲ得ル

東京市ノ
强降雨

ニ過キスシテ絶對ニ信用シ得ヘシトナシ得サルコトハ自ラ明ナリ

今我邦首都東京市ニ於ケル强降雨ヲ中央氣象象臺ニテ觀測シタルモノ、内明治九年ヨリ三十八年迄ノ間ニ於ケル强降雨ヲ十個其順位ニ記シ以テ幾許ノ雨量カ幾年ニ見舞フモノナルカノ一斑ヲ知ルニ便セン

一日降雨量ノ強度ノ順ニ排列セルモノ次ノ如シ

- 一六四、八耗(明治三十六年九月二十三日)
- 一五九、四耗(同三十一年六月五日)
- 一五〇、九耗(同十一年九月十五日)
- 一四九、五耗(同十八年十月十五日)
- 一四六、二耗(同二十二年七月十日)
- 一三三、〇耗(同二十八年七月二十二日)
- 一三二、八耗(同二十七年八月十日)
- 一二六、一耗(同三十七年十月十日)
- 一二五、六耗(同十六年七月八日)

- 一二三、八耗(同二十三年十月六日)
- 一時間ノ强降雨量ヲ強度ノ順ニ排列セハ次ノ如シ
- 五二、九耗(明治三十一年八月十四日)
- 三六、一耗(同十九年八月二十七日)
- 三四、一耗(同三十年九月三十日)
- 二八、二耗(同三十八年五月十八日)
- 二八、一耗(同二十六年七月二十日)
- 二七、五耗(同三十二年七月二十五日)
- 二六、九耗(同三十六年九月二十三日)
- 二五、八耗(同三十一年八月十四日)
- 二五、八耗(同三十四年十二月二十六日)
- 二四、七耗(同二十七年九月四日)

以上ニ記セル報告ハ一時間以下ノ短時間ニ於ケル強度ノ豪雨ニ就テ其割合ヲ知ルヲ得サルハ遺憾ナリ故ニ今外國ノ例ナレトモ尙ホ詳細ニ强降雨ニ就

テ研究スル所アラシ

獨逸國「バーデン」大公國(Baden)「カールスルーヘ」市(Karlsruhe)ニ於ケル觀測ノ

結果ヨリ次表ヲ得

本表ハ一千八百九十二年ヨリ一千九百二十二年ニ涉リ十一年間ノ自記雨量計

ノ記録ヲ基トス

時間	0.2-0.3mm	同	0.3-0.4	同	0.4-0.5	同	0.5-0.6	同	0.6-0.7	同	0.7-0.8	同	0.8-0.9	同	0.9-1.0	同	1.0-1.2	同	1.2-1.4	同	1.4-1.6	同	2.5以上	計
5.分迄	24	16	9	9	3	3	4	2	2	1	2	0	2	0	75回									
5.01-10	49	33	20	4	5	0	0	2	1	3	0	1	118回											
10.01-15	16	6	5	3	0	0	1	0	0	0	0	0	31回											
15.01-20	6	3	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	12回											
20.01-25	4	1	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0	8回											
25.01-30	3	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	4回											
30.01-40	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4回											
40.01-60	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1回											

標準トナスカ如シ例ヘハ前表中()ヲ附セル降雨ハ則チ一年ニ一回氾濫ヲ生スルカ如キ降雨ノ標準トスヘキモノナリ故ニ一分間ニ付キ〇.二耗ニテハ二十五分間以上繼續スレバ一年一回氾濫ヲ生シ一分間〇.三耗ニテハ十五分間以上一分間〇.五耗ノ降雨ニ對シテハ十分間以上繼續スレバ同様ノ結果トナル故ニ之ヲ「ヘクター」ニ付キ毎秒ノ流量ヲ「リットル」ニテ表ハスモノニ換算スレハ三十三.二「リットル」ハ二十五分間 五十「リットル」ハ十五分間 八十三「リットル」ハ十分間ヲ標準トスルカ如シ

然レトモ重要ナラサル市街地ニ於テハ一年間ニ貳回ノ氾濫ハ敢テ忍ビ能ハサルモノニ非スシテ却テ之ヲ防カンカ爲メ大渠ヲ築造スルノ費用ノ大ナルニ苦シム所ナシトセス故ニ此ノ如キ市ニテハ小ナル標準降雨量ヲ採用シテ計算ノ基礎トナスナリ

驟雨ニ於テ最強ノ降雨量ヲ有スル範圍ハ左程廣袤大ナラサルモノニシテ其中心ヨリ距ルコト遠キニ從テ漸次強度ヲ減ス此事實ハ市ノ各處ニ自記雨量計ヲ配置シテ其示ス所ヲ調査スレハ自ラ明カニシテ嘗テ獨逸國「ハンノ

ヴァー市 (Hanover) 市ニテ觀測セシ所ニ從ヘハ「ヘクター」ニ付キ一秒ニ四十「リットル」ノ雨ノ七割ハ直徑千二百米突ノ市内ニ降り一割五分ハ千二百乃至二千二百米突ノ面積内ニアリ尙ホ餘ノ一割五分ハ二千二百乃至六千四百米突ノ直徑ノ區域内ニ降レリト謂フ故ニ市ノ中央千二百米突ノ直徑ノ區域内ノ下水渠ハ同一標準ノ降雨量ヲ以テ設計セハ其充滿スル回数ハ其外廓ニ於ケル下水渠ヨリモ多ク正ニ五倍ニ達スルコトヲ知ルヲ得ヘシ

本邦ニ於テモ市外ト市内トノ降雨量ニ就テ調査ノ結果藤原咲平博士ノ報告ニヨレハ(自明治卅四年至明治四十三年、雨量十年報)市内ノ降雨量ハ市外ニ比シ約一.一倍ナリシトノコトヲ發見セリ之ニ由テ觀レハ市内ニ十分ナル雨量觀測所カキ場合ニハ市外ノ觀測所ニヨリテ市内ノ降雨量ヲ推測シ得ヘシ

又同一ノ降雨ニ就テモ市ノ中心ヨリ漸次外廓ニ近ツクニ從ヒ其降雨強度ノ減少スルコトニ就テ獨逸國「ブレスラウ」市 (Breslau) ニ於テ九年間自記雨量計ノ示セル所ヲ基トシ「フリューリング」教授 (Frling) ハ次ノ如キ關係アルコトヲ示セリ

市ノ中心タル最大降雨量ノ點ヨリ半徑三千米突ノ距離ニ於テハ其降雨量半減スヘク其遞減ノ狀況カ拋物線形ヲナスヘシト故ニ第七圖ノ如キ關係ヲ有スルモノトセハ次式カ成立スヘシ

$$(q - q_x)^2 = ax$$

式中 q ハ最大降雨量ニシテ市ノ中心ニ位スルトシ此點ヨリ x 米ナル距離ニ於ケル降雨量ヲ q_x トス

a ハ拋物線ノ「パラメートル」ナリ

a ラ定ムルニハ次ノ如ク考フルナリ

x カ三千「メートル」ナル時ニハ q_x ノ値ハ $\frac{q}{2}$ トナルノ事

實ヨリ次式ヲ得ヘシ

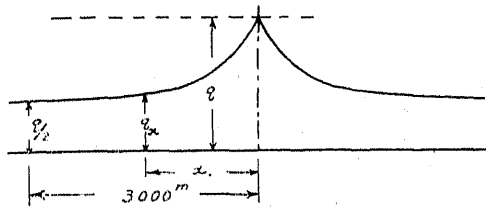
$$\left(\frac{q - \frac{q}{2}}{2}\right)^2 = a(3000)$$

$$\therefore a = \frac{q^2}{12000}$$

故ニ一般公式ハ次ノ如シ

$$(q - q_x)^2 = \frac{q^2}{12000} x$$

第七圖



$$q - q_x = \frac{q}{2} \left(\frac{x}{3000}\right)^{\frac{1}{2}}$$

$$q_x = q \left\{ 1 - \frac{1}{2} \left(\frac{x}{3000}\right)^{\frac{1}{2}} \right\}$$

此說ニ從ヘハ最大降雨點ヲ距離距離ノ大小ニ從ヒ其降雨強度ヲ減スルヲ得ヘク最大降雨點ヲ以テ標準トセハ之ニ内ノ値タル乗數ヲ乘スヘキナリ然レトモ下水道設計ニ此ノ如キ乘數ヲ用ヒタルノ例アルヲ聞カス蓋シ之カ爲メ徒ニ其煩ヲ増スニ過キズ且ツ此假定ノ信賴ノ度小ナルニ據ルナラン降雨量ハ以上論スルカ如ク各種ノ設計ニ就テ夫レ夫レ標準雨量タルヘキモノヲ設計技術者カ選定スル所ニ從テ定メラルヘケレト以上示セル毎秒毎「ヘクター」ニ降レル幾許「リートル」ト稱スル數ハ天ヨリ降りタル全量ニシテ下水道ニ流入スル全量トハ異ルナリ降雨カ下水道迄流入スルニハ其ノ一部ハ途中ニテ水溜リヲ形成シ一部ハ蒸發シ一部ハ地下ニ滲透スヘシ其狀況タル地表面ノ性質狀況ニ從フテ大ニ變化スルノミナラス土地及ヒ空氣ノ濕氣ノ多少溫度ノ高低及ヒ降雨滴カ地面ニ降下シ之カ下水道ニ達スル距離ニ從ツテ大ニ變スヘシ多クノ實例ニヨルニ降雨量ノ下水道ニ入り流下スル所謂

流量ヲ得ルニハ降雨全量ニ流下係數ト稱スル乘數ヲ乘シテ之ヲ定メ以テ
 上記種々ノ事情ニ基ク流下量ヲ左右スル原因ヨリ起ル計算ノ不能ナルモノ
 ヲ被フナリ今次ニ各種ノ地表面ニ對スル流下係數ヲ記サンニ大約次ノ如シ
 屋根 八十五乃至九十「パーセント」

「アスファルト」及ヒ木鋪道ニテ目地ノ水密ナルモノ

八十乃至九十「パーセント」

普通鋪石道

三十五乃至七十「パーセント」

田舎道路(マカダム等ノ)

二十五乃至五十「パーセント」

砂利道路

十五乃至三十五「パーセント」

公園又ハ庭園草地等

〇乃至二十五「パーセント」

上記ノ範圍ヲ示セルハ地表勾配ノ緩急ニ從ツテ設計者カ斟酌スヘキ範圍
 ナリ

又設計者ノ意見ニヨリテ市街地ヲ多クノ區域ニ區分シテ各區域ニ於ケル
 性質ヲ斟酌シ流下量ヲ推測スルコトアリ例ヘハ獨逸國ノ一小市「ヘルボルン

(Helborn)ニ於テハ次ノ標準ニ據レリ

人家稠密ナル部分

八十「パーセント」

人家稠密ナラザル部分

六十「パーセント」

人家稀薄ナル部分

四十「パーセント」

畑地及ヒ鐵道敷地

二十「パーセント」

森林

十「パーセント」

東京市ノ下水改良課ニテ調査セル所ニヨレハ流下係數ハ平均六十「パーセ
 ント」ニシテ之ヲ詳細ニ論スレハ次ノ如シト謂フ

第一種(家屋最モ密ナル部分)

七十五「パーセント」

第二種(家屋稍々粗ナル部分)

六十「パーセント」

第三種(屋敷町ノ部分)

五十「パーセント」

第四種(公園墓地等)

二十「パーセント」

前掲ノ標準ニ據リテ流下量ヲ定メンニ標準降雨量ヲ一「ヘクタール」ニ對シ
 毎秒百二十「リートル」トシ一「ヘクタール」中道路面ヲ十五「パーセント」トシ其流

東京市ノ
 流下係數
 標準

下率ヲ七十五「パーセント」トセハ道路面ヨリスル流下量ハ次ノ如クナルナリ

$$0.15 \times 0.75 \times 120 = 13.5 \text{ リートル}$$

而シテ道路以外ノ部分中二十一「パーセント」ハ屋根ヲ以テ被ハレ流下率ヲ八十五「パーセント」トスレハ屋根ヨリノ流下量ハ次ノ如クナルナリ

$$0.21 \times 0.85 \times 120 = 21.42 \text{ リートル}$$

空地及ヒ庭園ノ面積六十四「パーセント」ヲ占メ其流下率ヲ十「パーセント」トセハ此面積ヨリノ流下量ハ次ノ如クナルナリ

$$0.10 \times 0.64 \times 120 = 7.68 \text{ リートル}$$

故ニ「ヘクタール」中六十四「パーセント」ノ空地庭園二十一「パーセント」ノ屋根十五「パーセント」カ道路ヨリナル或一區ニ就テ夫レ夫レノ流下率ヲ十、八十五及ヒ十五「パーセント」トシ標準雨量ヲ「ヘクタール」一秒ニ付百二十「リトル」ト採レル場合ニハ前掲三式ノ示ス値ノ和タル四十三「リトル」ノ流下量ハ此ノ如キ面積ニ對スル「ヘクタール」ノ一秒時間ノ流量ナリトス

上來説述セル所ニ由リテ觀レハ下水ノ流量ハ間々襲來スル大降雨ノタメ

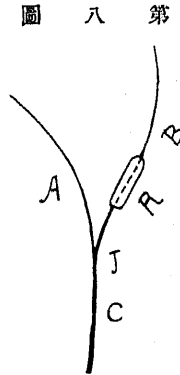
ニ大下水渠ヲ要シ常時起ル小降雨ニ對シテハ其一小部分ノ断面アレハ足ルヘク又雨水ハ他ノ原因ヨリスル汚水量ニ比シテ著シク多量ナルカ故ニ大降雨カ殆ント下水渠ノ斷面積ヲ決定スル主要因子タリ今之ヲ數字のニ説明セシニ茲ニ「ヘクタール」ノ面積ニ百人ノ稠度ヲ有スル市ノ一部ヲ考ヘ一人一日ノ汚水量ヲ平均百「リトル」トシ其最大用水時ノ割合ハ平均用水量ノ二倍ナリト假定シテ一秒時「ヘクタール」ノ流量ヲ定ムレハ〇・二三「リトル」トナル然ルニ標準雨量ヲ百二十「リトル」秒「ヘクタール」トシテ前掲セル例ノ如キ場合ヲ考フレハ流下量ハ每秒「ヘクタール」ニ對シ四十三「リトル」トナルヘク汚水量ハ汚水量ノ約二百倍トナルナリ

茲ニ於テカ下水渠築設ニ對シテ一ノ問題生スヘシ抑モ小市ニ於テハ既存雨水渠ノ存スルモノアレハ更ニ多額ノ費用ヲ投シテ之ト殆ント同様ノ流下能力ヲ有スル雨水渠ヲ造ルコトトナリ費用ノ負擔ニ堪エサルモノアリ而シテ必ス大下水渠ヲ築造シテ間々起ル強雨ヲ流過セシムルノ要アリヤ將タ他ニ良解決法之レアリヤ

停池

本問題ノ解決法ノ一トシテ停池(獨 Rittchhaltebecken)ナルモノヲ築造スルコトアリ停池トハ下水渠ノ延長ノ中ニ面積ノ大ナル池ヲ築造シ大量ノ降雨ヲ暫時此内ニ貯ヘ殆ント均一ナル流量ヲ此停池ヨリ下流ノ下水渠ニ流シ去ルノ作用ヲナス所ノ貯槽ナリ此ノ如ク停池以下ノ流量ハ整調サル、カ故ニ之ナクシバ一時起ル大水量ヲ流下スル丈ケ大ナル下水渠ヲ要スヘキニ之ヲ縮小シ得ルコトトナリ之カタメ工費ヲ輕減シ得ヘキ場合アルナリ

本解決法ト雖モ何處ニモ之ヲ應用シ得ヘキモノニ非スシテ下水渠増大ノタメノ工費ト停池築造ノ工費ト其運用ニ要スル費用等ヲ比較攻究シタル後ニ何レカ利アルヤヲ決定セサルヘカラス



例ヘハ第八圖ニ示スカ如キA及ヒB渠カJニ於テ相合シテO渠トナル場合ニ於テA及ヒB渠ノ流域ノ狀況殆ント相似タル場合ニハA渠ノ流下スル最大流量ヲ有スル波頂トB渠ノ夫レトカJニ於テ殆ント同時ニ相會シ其O渠ニ於ケル最大流量ハ甚タ大トナルヲ免

溢流口

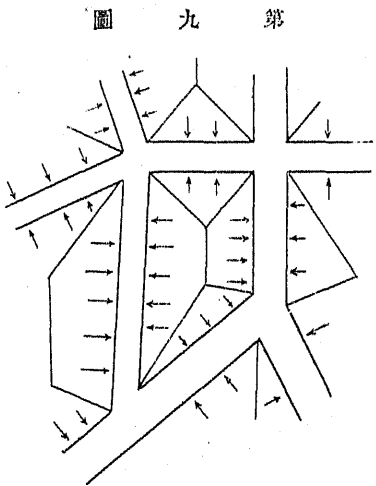
レスト雖モ若シ何レカ一渠例ヘハB渠中ニRナル停池ヲ造リA渠ノ最大流量ハ既ニJヲ通過シタル後ニ於テ徐々ニR中ノ貯水ヲ流シ去ル様ニ整調セハO渠ノ最大流量ハ先ニ考ヘタル場合ニ比シ小トナリ其横斷面積ヲ減スルヲ得ヘキナリ

停池ノ作用ト相似タル影響ヲ下水本渠ニ及ホシ甚シク工費ノ輕減ヲナシ得ルモノハ溢流口ナリトス溢流口ハ主トシテ溢流堰ヲ利用スルモノニシテ下水渠ノ水位カ或一定ノ水位以上ニ昇ル時ニハ雨水カ汚水ニ比シテ幾許倍トナルカラ知ルヲ得ヘキカ故ニ其稀薄ノ程度ヲ推知シ得ヘシ仍テ若シ其稀薄ノ度カ河海湖沼等ニ放流シテ無害ナル時ニハ成ルヘク多量ノ下水ヲ放流シ去リ以テ其下流ニ於ケル下水水量ヲ減シ渠ノ築造費ヲ減スルヲ得ヘシ

溢流口ハ固定堰或ハ可動堰ノ種々ノ構造ヲ有シ主トシテ下水ヲ放流シ得ヘキ水面ニ近ク下水渠カ通過シ其水面ヨリモ下水渠ノ水位高キ場合ニ應用セラルルト又溢流セル水ニ對シ長大ナル下水渠ヲ築造シテ之ヲ河海湖沼等ニ連結セシムルモ尙ホ且ツ有利ナル場合ナキニ非ストス

第二圖ニ示セルNナル渠ハ溢流口ナリ

吾人ハ既說セルカ如ク雨量ノ觀測ヲ繼續シテ其市ニ適應スル諸種ノ標準雨量ト其繼續時間ヲ定メ流下率ヲ決定シテ下水渠内ニ流入スル雨水量ヲ計算スルヲ得タリト雖モ説明ヲ簡單ナラシムルタメ單位面積ノ流量ヲ得タルナリ實際ノ場合ニ於テハ市街々路々面下ニ下水渠ヲ築造シ成ルヘク近キ途ヲ通シテ雨水汚水ヲ流スカ故ニ街路ニテ圍繞サレタル一街區ノ排水方向ヲ考フルニ第九圖ニ示セルカ如ク周圍ニアル下水渠ニ向ツテ排流セラル、モ



ノト考フルヲ得ヘク普通各街區ノ交角ヲ二等分シタル直線ニヨリテ街區ノ面積ヲ分割シ各分割面ト街路ノ面積ヲ其中心線ニテ別チタルモノトヲ加ヘ排水面積ヲ測面器又ハ其他ノ方法ニヨリテ決定スヘク (Planimeter) 前掲ノ如ク同一状態ノ單位面積内ニ在ル分割地ハ其面積ヲ知レハ容易ニ流量ヲ

定ムルヲ得ヘシ

扱テ下水渠内ニ流入シタル雨水ハ其平均速度毎秒V米ヲ以テ流レタリトセハ1米ノ距離ヲ流ル、ニハ1/V秒ヲ要ス今降雨繼續時間ヲT秒ニテ表セハ最後ノ降雨滴カーナル長サノ下水渠ノ終端ヲ通過スル迄ニ要スル時間ヲT秒ニテ表サンニ其値ハ次式ニヨリテ計算シ得ヘシ

$$T = \frac{L}{V} + t_f$$

之ニ由テ觀レハ凡テノ下水渠ニ於テハ雨ノ流レ去ルニ要スル時間ハ降雨繼續時間ヨリハ大ナリ換言スレハ降雨ハ止ムモ尙ホ下水渠ノ終端ニ於テハ雨水ハ流過シ其秒數ハ1/Vナルヘク其終點ニ於テハ雨水ノ流過スル全時間ハT秒タルヘキナリ

斯ノ如ク降雨時間ヨリモ流過ニ要スル時間ノ永クナル現象ヲ稱シテ雨水ノ遲滯英 (Retardation) ト謂フ

次ニ今都市ノ下水渠系ノ如ク互ニ相接續セル下水渠ヲ考フルニ最上端ニ位スル L_1 之ニ連ル L_2, L_3, L_4, \dots 等ノ長サヲ探ルモノトス而シテ是等ノ區間ヲ流

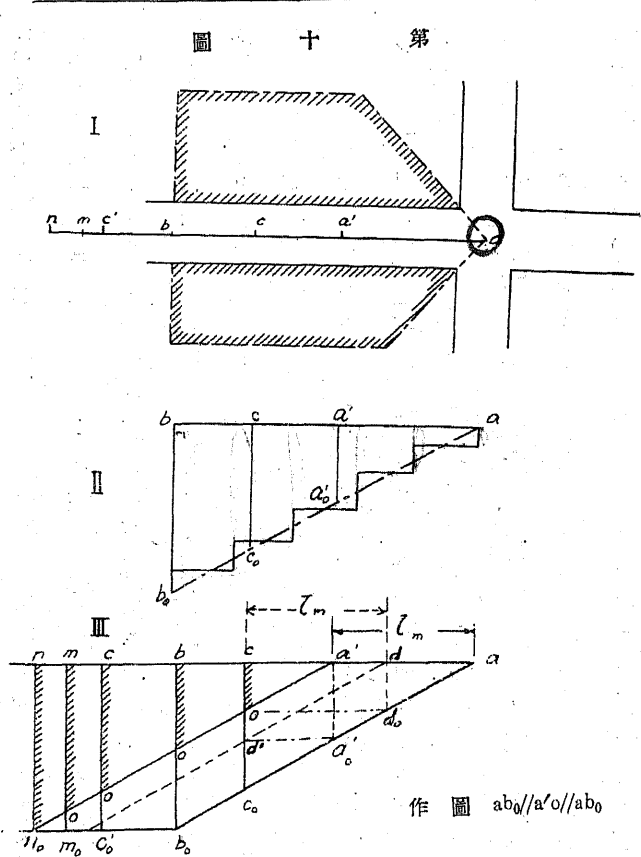
下スル平均流速ヲ夫レ々々 v_1, v_2, v_3, \dots トナス
 今 I ヲ以テ最上端ノ I_1 ノ上端ニ雨水ノ流レ込ム迄ニ地表ヲ流ル、最大距離トシ此間ヲ流ル、ニ要スル平均流速ヲ v トナス
 然ラハ此排水面積中最遠上端ニ降レル雨滴カ此渠系ノ最下端ヲ流下スル迄ニ要スル時間ヲ表ハスニハ次式ニ據ルヲ得ヘシ

$$T = \frac{L_1}{v_1} + \frac{L_2}{v_2} + \frac{L_3}{v_3} + \dots$$

扱テ斯ノ如クニシテ算出セル T ニシテ t_p ナル降雨繼續時間ヨリモ大ナラハ此ノ渠系最下端ニ於ケル渠ノ大サヲ定ムルニ其上流ニ位スル排水面積全部ノ流量ヲ排除スヘシト見做スハ至當ナラスシテ t_p 時間迄ニ流レ込ミタルモノノ一部ヲ標準トナセヘキナリ即チ排水面積ノ一部丈クニ就テ流量ヲ算出シテ下水道断面積ヲ算定スヘキモノナリトス然ラハ全排水面積中ノ幾許面積丈クヲ採リテ断面積ノ決定ヲナスヘキヤノ問題ヲ生スヘシ
 此事ニ就テハ各降雨ノ強度及ヒ繼續時間ト渠系ノ按排ノ如何ニヨリテ異ルモノニシテ次ニ之ヲ定ムル方法ヲ説述セン

遲滯圖表

本問題ヲ解クニハ所謂遲滯圖表(英 Retardation diagram) ナルモノヲ作製シテ考フルヲ便トス



作圖 $ab_0/a'o/ab_0$

今第十圖 I ノ如キ街區ノ一部ニア
 ル下水道ニ就テ考
 ヘンニ a ナル最上
 端ヨリ下水道ニ雨
 水カ流レ込ミ始メ
 タリトス雨水ハ街
 路ノ路傍ニ設ケラ
 レタル雨水枡ヨリ
 下水道ニ入ルヲ以
 テ下流ニ進ムニ從
 ヒ其量ヲ増スコト

恰モ第十圖IIニ示スカ如ク階段形ヲナスヘシト雖モ大ナル誤認ナクa、b、直線ニテ均一的ニ距離ノ進ムニ從ツテ増加スルモノト見做シ得ヘシ本問題ヲ簡單ニスルタメニ降雨ハ直チニ下水渠ニ流入スルモノト假定ス

今降雨カ $\frac{z}{l}$ 分間繼續スルモノトシ降雨ノ初メニ下水渠ニ入レル雨滴ハ1米流レ下リタリトスレハ

$$l = 60 \frac{z}{v}$$

ナル式ハ成立スヘシ式中 v ハ平均流速毎秒米ニテ表ハシタルモノニシテ「クツテル」(Kutter)又ハ「バザン」(Bazin)ノ係數ヲ用ヒ「シエヂ」(Chezy)公式ニヨリテ計算シ得ヘキ値ナリ此ノ値ハ下水渠断面勾配等ノ定マラサルニ之ヲ定メ得ルノ理ナケレト下水渠内最大流速ヲ假定シテ之ヲ用フルヲ得ヘシ

今考ヘツ、アル $\frac{z}{l}$ 分繼續降雨ノ終リノ瞬間ニ於テ諸處ニ於テ流レツ、アル雨量ハ幾許ナルカヲ求メントスルニハ第十圖ノIIIニ就テ説明スルヲ便トスIIIハI及ヒIIト相關係スル圖表ニシテII III圖ノab₀ハ互ニ平行ナリa₀ヨリa'點ヲ1米丈ケ左ニトリテ求メa'ヨリab₀ニ平行ニa'ナル直線ヲ引ク降雨

ノ初ニa'ニアリタル雨水ハaニ在リタル夫レト同様ニ漸次雨水ヲ集メa'0線ニヨリテ表ハサル、線トamナル横線間ノ縦距ニ相當スル水量ヲ有シツ、流ル、コトII圖ab₀ノ縦距ヲ考ヘタル場合ト等シ故ニ降雨カ $\frac{z}{l}$ 分ノ後ニテ止ミタル瞬間ニハa'點ニテハ縦距 $\frac{z}{l}$ ニ相當スル流量カ流レツ、アリ又夫レヨリ下流ノ任意ノ點cノ流量如何ヲ考ヘンニc點ヨリ上流ニアル面積ニ降レル雨カ全部cニ達スレハ恰モa'點ニ就テ考ヘタルカ如ク縦距cc₀ニ相當スル水量カ流レツ、アルノ理ナレトモ此場合ノ如クa'カcノ右ニ在ルカ如キ場合ニハ全集水面積ノ内ノ一部ノ水ハ未タcニ達セサルモノニシテ其未達水量ハc0ナル縦距ニテ表ハサルヘシ今之ヲ證明センニ降雨ノ止メル瞬間ニcヲ通過シツ、アル水量ハcヨリ右ニ1米ヲトリd點トスレハdトcトノ間ニ降レル雨ニシテa'トdトノ間ニ降レル雨ハ未タcニ達スルニ十分ナル時ヲ有セサリシモノナリ而シテdc間ノ降雨カ $\frac{z}{l}$ 分間繼續ノ後ニ於テc點ヲ流過スル水量ハcd'即チa'a'0或ハcc₀ニテ表サルヘク未達流量トモ稱スヘキdd₀或ハd'c₀即チc0ハ降雨止メル後ニc點ヲ流過スヘキ雨量ヲ表ハス縦距ナリ仍テc0

ニテ表ハサル、水量ヲ遲滯水量ト謂フ
 説明ニ便スルタメニ dd' ノ如キ ab_0 ニ平行ナル直線ヲ引キテ考ヘタレトモ他
 ノ點ヲ考フルモ同様ニシテ $a'o$ 線ヲ引ケハ十分ニ遲滯水量ヲ知ルヲ得ヘシ故
 ニ b 點ニ於テハ降雨ノ止メル瞬間ニハ bo ナル縦距カ遲滯水量ヲ表ハスヘク
 b 點ノ排水面積ニ降レル全水量トシテハ縦距 bb_0 ニヨルナリ
 次ニ b ヨリ下流ニ於テ少シモ雨水ヲ收容セズトスレハ降雨ノ初メニ b ニ
 降りシ雨滴ハ降雨ノ終リニ b ヨリ l 米下流ナル n 點ニ達スレト n 以下ノ點
 ニハ未タ雨水ハ流達セサルナリ而シテ其遲滯水量ハ n ニテハ nn_0 夫レヨリ上
 流ニ在ル m 點ニテハ遲滯水量ハ mo ニシテ流過流量ハ om_0 ニテ表ハサルヘク a'
 以下ニ位スル下水渠ノ各點ニ於テハ其最大流量ハ $a'a'_0$ ヲ超ユルモノナシ
 之ニ由テ觀レハ bmn ノ如キ a' ヨリ下流ニ位スル集水面積ノ大ナル點ニ
 就テ其點ヲ通過スル最大流量ヲ定ムルニ集水面積ヲ以テ標準トシ之ニ比例
 シテ流量カ増加スルカ故ニ断面モ亦タ之ニ準シテ大トナスカ如キ設計ヲナ
 スハ誤レルコト甚シクシテ如何ニ不經濟ナル設計法ナルカヲ推知スルニ足

ラン

唯遲滯現象ノ存スルタメ流水時間カ増加スルアルノミ

尙ホ進ンテ數多ノ下水渠カ集合シタル渠系ノ遲滯圖表ヲ作製スル方法ヲ
 示サン

第十一圖ニ於テハ平面圖ヲ示シタル渠系ニ對シ遲滯圖表ヲモ示セルモノ
 ナリ

第十圖ニ於テハ II 及 III 圖共ニ横距トシテ I 圖ノ平面圖ニ示セルト同様ノ
 縮尺ヲ用ヒ下水渠ノ長サヲ米突ニテ表ハシタレトモ下水渠中ヲ流ル、平均
 流速ヲ知レハ長サノ代リニ時間ニテ表ハスコトヲ得ヘシ仍テ第十一圖ニハ
 横距ニ時間ヲ探ルコトトセリ

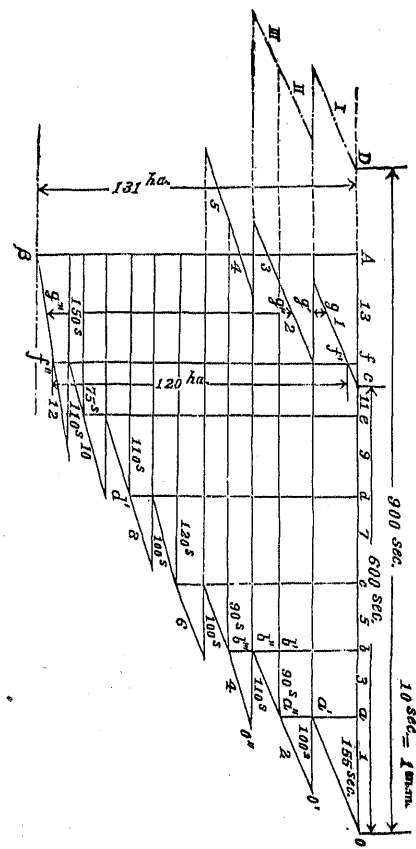
先ツ最上端ノ渠ニ就テ考フルニ l 渠ノ上端ヨリ終端マテ流ル、ニ要スル
 時間ヲ 155 秒トセハ o ヨリ左ニ任意ノ縮尺度此場合ニハ一耗ヲ十秒ト假定セ
 リニテ測リ a 點ヲ定メ a ヨリ縦距 aa' ヲ探ル aa' ハ l 渠ノ排水面積ヲ表ハスモ
 ノニシテ第十圖ノ場合ニハ排水々量ヲ用ヒタレトモ排水々量ハ標準雨量ノ

平面圖



Fig. 5

運漕圖表



縦距ノ縮尺 $\times 10^{ha} = 3.3^{mm}$.
 横距ノ縮尺 $\times 10^{sec} = 1.0^{mm}$.

選定異ルニ從ツテ變スルノ不利アルニヨリ此場合ノ如ク面積ニ就テ考フルヲ便トス而シテ排水面積ヲ表ハス任意ノ尺度ヲ以テaa'ヲ測ル(此場合ニハ十「ヘクター」ヲ表ハスニ三三三耗ヲ以テセリ)

次ニ1渠ノ終端ト支渠2ノ終端トカ合流スル時ニハa'ヨリ更ニ横距a'o'ヲa'ノ右ニトリa'a''ナル縦距ハa'ノ下ニトリ横距ハ前ト同様ニ2渠ヲ流下スルニ要スル時間ヲa'a''ハ2渠ノ排水スル面積ヲ前ト同シ尺度ニテ表ハス次テ1及ヒ2渠ノ終リハ3渠ノ始點ナレハabノ長サヲ以テ3渠ヲ通過スルニ要スル時間トシb'b''ナル縦距ハ3渠ノ排水面積ヲ表ハスモノトス又3渠ノ終端ニ4渠ノ合流スル場合ハ前掲2渠ト同様ニ取り扱ヒ以テb''o''及ヒb''b'''等ヲ求ムヘシ以下之ニ準シ13渠ノ終端迄進ミタル時ニハ屈曲線o'a'o'a''b''o''b'''...f'''Bナルモノヲ得ベシABナル縦距ハ13渠ノ終端ニ於ケル全排水面積ヲ表ハス扱テ或任意ノ強度ノ降雨カ十分間繼續シタル場合ニ於テ降雨ノ止ミシ瞬間ニ於ケル渠系中ノ任意ノ點ノ流量ヲ知ルニハ次ノ如クス十分間即チ六百秒ニ相當スル長サヲヨリ左ニOA線上ニ探リC點ヲ求メCヨリ屈曲線o

$a' o' a'' b'' o''' : f'' B$ 二平行ニ $c 1 2 3 4 5 : :$ ノ屈曲線ヲ引ク時ハ此ニ屈曲線間ニ夾マレタル縦距ニヨリテ渠系中ノ任意ノ點ニ於ケル降雨止ミシ瞬間ノ流量ヲ知ルニ標準トナル所ノ排水面積ヲ得ルナリ例ヘハ7渠ト8渠トノ合流點ニ於テハ dd' ナル縦距ヲ以テ表ハシ得ヘク13渠ノ中央ニ於テハ縦距 $gg' t g'' g'''$ トノ和ニヨリテ排水面積ヲ表ハシ得ヘシ

斯ノ如ク考ヲ進メ此渠系中何レノ點ニ於テ最大流量ヲ生スヘキカヲ知ルニハ最大縦距ノ位置ヲ搜索スルヲ要スヘク此場合ニ於テハ $f' f''$ ナル最大縦距ヲ得ヘク其値ハ120「ヘクタール」ニ當ル而シテ其最大流量ノ流過シツ、アル位置ハ11渠ト12渠トノ合流點ナリ故ニ13渠ニモ此流量ヲ流シ去ルヘキ大サヲ與ヘサルヘカラズト雖モ之レヨリモ上流ノ各點ニ於テハ各點ノ縦距ヲ測リ以テ流量ヲ決定シ得ヘシ

之ニ由テ觀ルモ13渠ノ終リニテハ百三十一「ヘクタール」ノ排水面積ヲ有スルニ拘ラス設計ニハ120ヲ標準トナシ得ルコトヲ知リ得ヘシ否ナ11及ヒ12渠合流點ノ最大流量ヲ與フル點ニ於テサヘ縦距 $f' f''$ ナル面積ハ遲滯サル、ナリ

此遲滯部ハ1渠ノ始端ヨリ稍下流迄ノ小排水面積ニ相當ス

〔I〕上述ノ如クニシテ最大縦距ノ唯一丈ク存スルカ如キ場合モアラシカ大ナル渠系ニ於テハ數多ノ最大縦距ヲ有スヘシ換言スレハ各點ノ縦距即第十一圖ノ如キ兩屈曲線間ニ夾マレタルモノヲ第十二圖ノ如ク横距上ニトリテ曲線ヲ畫ク時ハ $a b c d$ ノ如キ數多ノ最大縦距ヲ有スル點 $A B C D$ ノ如キ點ヲ得ヘシ第一ノ最大縦距 aA ヲIトスレハ此流量ニ相當スル様ニ下水渠ノ大サヲ定ムヘキハ AE ノ間ニシテ次テ第二最大縦距 bB 即チIIヲ標準トシテ下水渠ノ大サヲ決定スヘキ區間ハ EF ノ間タルヘシ以下之ニ準シ FG 間ハ第三縦距IIIヲ標準トシテ渠ノ大サヲ定ムヘキモノトス

〔II〕前述セル所ハ皆縦距ニ面積ヲ置キタルカ單位面積ノ流下量ヲ之ニ乘スレハ流水量ヲ得ヘキコト明ナリ又本計算ニハ單ニ十分間繼續ノ降雨ニ就テノミ考ヘタルモ更ニ他ノ繼續時間ヲ採リテ考フル時ニハ最大縦距ノ位置ノ變動スルコト明カナリ今例ヘハ十五分間ノ降雨繼續ヲ考フル時ハ第十一圖ニ於ケル $DIII$: ナル屈曲線ヲ得ヘク13渠ノ終端ニテハ縦距 AB ヲ最大トナ

スヘク其上流ノ全排水面積ヲ採ルコトトナル

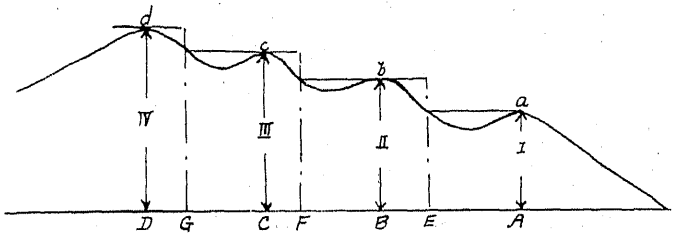
之ニ由テ觀レハ渠ノ短キ部分ヲ考フル時ニハ遲滯現象ハ毫モ見出シ得サルヘク長キ下水渠系ヲ考フルニ當リ遲滯ハ頗ル重要ナル考慮ヲ要スル因子トナルヲ知ルヘシ

然レトモ此ノ如ク遲滯ヲ起スヘキ範圍カ果シテ何處ニ存スルカラ知ルハ必要ノ事項ナルモ從來此範圍ヲ明確ニ研究シタルモノアルヲ聞カス

仍テ吾人ハ第十一圖ニ示セルカ如キ作圖法ニヨリテ諸種ノ異リタル降雨繼續時間ト之ニ對スル強雨ヲ考ヘ各點ニ於ケル數種ノ最大流量ヲ求メ後是等ノ最大値ヨリ絶對最大値ヲ發見スルナリ

而シテ諸種ノ降雨ヲ考フルニ當リテハ通常最強度最短時間ノ降雨ヨリ次第ニ弱度ノ長時間ノ降雨ニ及ホシ

第二十圖



テ最大流量ヲ發見スルナリ

扱テ斯ノ如クニシテ下水渠中各部ノ流量ヲ定メ得ヘシトシテ或一區ノ(第十一圖ノ如ク123等ト名ケタル番號ハ皆一區ヲ表ハスモノトス)渠長ニ對スル斷面ヲ定ムルニハ流量ヲ選フニ二法アリ

其一ハ渠長ノ中央點ニ於ケル流量ヲ採リ其二ハ渠長ノ終端ニ於ケル流量ヲ採ルナリ

小都市ニ於テハ第一法ニ從ヒ大市ニテハ第二法ニ據ルヲ常トス

斷面ノ決定ニ當テハ水ガ全斷面ニ充滿スルモノトシテ計算スルヲ可トス何トナレハ茲ニ定メタルカ如キ最大流量ハ一年ニ一度カ又ハ數年ニ一度起ルカ如キ稀ナル降雨ヲ標準トスルヲ常トスルカ故ニ毫モ斷面ニ餘裕ヲ見積ルノ必要ナカラシ且ツ渠内ニ下水カ充滿セル時ハ下水瓦斯ハ排氣管ニヨリテ外氣中ニ逃逸セシメラレ永久ニ一箇處ニ停滯スルカ如キ憂ヲモ除キ得ヘケレハナリ

凡ツ渠内ノ流速ヲ定ムルニ當ツテハ渠ノ大小又ハ地形ニ基ク勾配ノ緩急

ニヨリテ之ヲ變更スヘキモノニシテ各區共ニ其流速ヲ必スシモ均一ナラシムルノ必要ナシト雖モ流速ノ減損スルニ於テハ沈澱物ノ堆積ヲ起スカ故ニ此點ニ就テ十分ノ注意ヲ拂フノ要アリトス

以上説述セル下水道流量決定ノ方法ハ頗ル理論的ニシテ降雨滴ノ徑路ヲ辿リテ進ミシモノナリシカ從來下水道設計ノ任ニ當リタル技師又ハ學者ニシテ豊富ナル經驗ヲ基トシテ各地ニ於テ種々ノ下水流量公式ヲ案出セルモノアリ是等ノ公式ハ之ヲ定ムルタメニ研究調査セラレタル地方ニ於テハ信賴ノ度大ナランモ之ヲ他ノ地方風土ノ異リタル都市ニ其儘應用シテ果シテ誤リナキヤ否ヤハ甚タ疑フヘキコトタルベケレド檢算等ニ參考トナスモ亦タ必要ナレハ次ニ之ヲ掲出スルコトトセリ

流量ヲ求
ムル
諸公式

(I)「ビルクリー、チークレル」氏公式(Bürgli Ziegler)

$$Q = CR \sqrt[4]{\frac{S}{A}}$$

式中Qハ排水面積一「ヘクタール」ニ就キテ下水渠ニ達スル雨水量ヲ毎秒「リートル」ニテ表ハス

Cハ乗數ニシテ最大〇.六最小〇.二五平均〇.五トス

Rハ最大降雨量ニシテ一「ヘクタール」ニ一秒時間降リシ水量ヲ「リートル」ニテ表ハス

Sハ排水區ノ勾配ヲS:1000ナル形ニテ表ハス時ノSノ値ナリ

Aハ排水面積ヲ「ヘクタール」ニテ表ハス

本式ハ瑞西國「チューリッヒ」(Zürich)市ニ於ケル「ビルクリー」氏ノ觀測ヨリ出テタルモノニシテ本公式ヲ作りシハ倫敦市ノ技師タル「ホークスレー」(Hawksley)氏ノ公式ト獨逸國技師「アイテルワイン」(Eyelwein)氏ノ公式ヲ基トセルモノナリ而シテ本式ハ勾配ノ緩ナル處ニ用フルニ適スト謂フ

(II)「マツク、マス」氏公式(Mc. Math)

米國「セント、ルイス」市(St. Louis)ニ於ケル觀測ヲ基トシ「マツク、マス」氏ノ案出セル公式ハ次ノ如シ

$$Q = CR \sqrt[5]{\frac{S}{A}}$$

QCRSA等ノ符號ノ意味ハ前ト同シ但シCノ値ハ〇.七五ナリ

(三)ブリックス氏公式(Brix)

獨逸國「オーフェン」市(Ofen)ニ於ケル觀測ヲ基トシ「ブリックス」教授ハ次式ヲ與フ

$$Q = \frac{0.5R}{\sqrt{A}}$$

本式ハ勾配急ナル處ニ用フルニ適スト謂フ

Q R Aノ意味ハ前顯ノ如シ

其他種々ノ人々ニヨリテ作ラレタル公式アレトモ概數ヲ與フルニ過キサレハ寧ロ實用上ニハ簡單ナル公式ヲ可トスルノ故ヲ以テ以上示セルカ如キ公式ハ屢々用ヒラル

是等ノ公式ヲ用フルニ當リテハ皆強雨量ヲ知ルノ必要アリ故ニ各國都市ニ於テ自記雨量計ニヨリテ之ヲ觀測シ記錄ノ豪雨量ナルモノヲ知ラル然レトモ記錄的ノ強雨ハ必スシモ設計標準雨量タラサルコトハ既述シタルカ如シ

有名ナル豪雨

今參考ノタメ記錄的強雨ナルモノ、有名ナルモノヲ次ニ記サン

市名	西曆年號	降雨量 リートル「每秒」ヘクタールニ就キ
米國「テキサス」市(Texas)	一八八四	四二一
米國「ニューヨーク」(New York)同		四〇〇
瑞西「バーゼル」(Basel)同		三八三
瑞西「チューリッヒ」(Zurich)	一八七六	二五三
獨逸「フランクフルト・アム・マイン」(Frankfurt a. M.)	一八九一	三三三
同「マンハイム」(Mannheim)	一九〇三	三三三

勾配ニ就テ 排水工ノ主ナル目的ハ衛生上有害ナル汚水汚物ヲ成ルヘク短時間ニ市外住民ノ無キ地方ニ流シ去ルニ在リ故ニ成ルヘク高速力ニテ下水ヲ下水道中ニ流スヘキモノニシテ流速ノ大小ハ水面勾配ノ大小ニヨリ從テ渠底勾配ノ急緩ニ由ルヘシ而シテ流速ノ最小限トシテハ少クトモ下水中ニ沈澱物カ停留スルコトナキ程度ニ大ナルヘシ之カ爲メニハ流速ハ每秒〇・六米突以上タルヲ要ス

最小流速

渠内ノ流速

小ナル下水渠ニ於テハ流深(英Hydraulic mean depth)小トナルヲ以テ大渠ニ比

許容最小
深

シテ勾配ヲ大ニナサルヘカラス又茲ニ考フヘキハ大渠ニ大ナル平均流速ヲ與フル時ハ水深小トナリ浮游及ヒ沈澱物カ渠底ニ停滯スルニ至ルヘシ故ニ最小水深ハ少クトモ三乃至四糎以上タルヘキヲ要ス且ツ流速ヲ餘リニ大ニナス時ニハ沈澱砂礫ノ類カ渠底ヲ流下スル爲メ其渠底ヲ磨損スルコトアルヘク又勾配ヲ大ニスル爲メ下水道最下端カ放流水面ニ比シ著シク低下シ爲メニ揚水唧筒ノ設置ヲ必要トスルニ至ルコトアリ故ニ是等ノ點ヲモ考慮シテ勾配ヲ定ムルノ要アルナリ

最大流速

最高流速トシテ許容シ得ル程度ハ一〇乃至二五米(每秒)トス極メテ短時間ニシテ且ツ極メテ稀ニ起ル流速ノ大ナルモノニ於テハ每秒六米ノ如キ大流速ヲ許スゴトモアリ

下水道勾配カ地形ノ關係上甚シク急トナル處ニ在リテハ階段ヲ造リ以テ一般勾配ヲ緩トスヘシ

勾配ノ緩急カ流水能力ニ大關係ヲ有スルコトハ次式ノ關係ヲ考フレハ一見明カナラン

水理學ノ教フル所ニヨレハ

$$Q = C \sqrt{R_s J} F$$

$$Q^2 = C^2 R_s J F^2$$

式中Qハ每秒ノ流量ヲ立方米ニテ表ハス時ニハCハ流速係數ヲ米突單位ニテ表ハシRハ水深ヲ米突ニテ表ハシJハ水面勾配ヲ表ハス數ニシテFハ下水道中ノ流水斷面積ヲ平方米ニテ表ハスモノナリ本式ヲ檢スレハ同一斷面積及ヒ水深ヲ有スルモJカ増セハQハ二乗ニ由テ變スルニヨリテモ如何ニ勾配カ流量ト密接ノ關係ヲ有スルヤヲ推知スルヲ得ヘシ

勾配ヲ決定スルニハ先ツ最下端ノ下水放流口ヨリ始メ漸次上流ニ向ツテ進ムヘシ

次に勾配ヲ決定スルニ當リテ注意スヘキハ成ルヘク施工費ヲ少カラシメントスルニ在リ前述ノ方針ヲ以テ水面ノ高サ從テ渠頂ノ高サヲ定ムヘキモ渠頂カ地表下深キニ從ツテ土工費ヲ増スヘク又之ニ反シ高キニ失スレハ路面通貨ノタメ渠カ害ヲ蒙ムルコトナシトセス此制限ヨリ渠頂ハ土被約一米

乃至一、二米トナスヲ要ス
 又本渠ト支渠ノ連絡ニ就テ考フルニ本渠ハ常ニ支渠ヨリモ低ク造ラサル
 ヘカラス

以上記述セル所ハ勾配選定ニ當リテ考慮スヘキ條件ヲ理論的ニ記セル所
 ナリト雖モ何レノ場合ニ於テモ全條件ヲ満足セシムルコトハ期スヘカラス
 仍テ現存セル各下水渠ヲ調査比較スルハ必要ナル事ニ屬セストセス次ニ其
 標準ヲ記サン

實用勾配

- 人ノ通行シ得ヘキ下水渠 二千分ノ一乃至四十分ノ一
 - 人ノ通行シ得サル下水渠徑六十糎以下 三分分ノ一乃至四十分ノ一
 - 各戸ノ排水管徑約二十五糎 五十分ノ一乃至二十分ノ一
- 要スルニ經濟的ニ下水渠勾配ヲ定ムルニハ次ノ二要點ニ注意スヘキモノ
 ト考ヘ得ヘシ
- 一、渠ノ断面ヲ小ナラシムルタメ勾配ヲ大ニスルコト
 - 二、渠ノ深サヲ成ルヘク小ニシテ土工量ヲ減ズルコト

交叉

断面變更

凡シ渠ノ断面方向ヲ變スル點ニ於テハ下水道監視ニ便スルタメ出入人孔
 ヲ要ス而シテ之ヲ數多築造スルハ工費増嵩スヘケレハ成ルヘク渠ノ接合點
 ニテ渠断面及ヒ勾配ノ變更ヲナスニ努ムヘシ強キ勾配ノ變更點ニハ階段ヲ
 造ルヲ便トスヘク特ニ構造ヲ複雑ニスル所ノ曲線ヲ入ル、ノ要ナシ

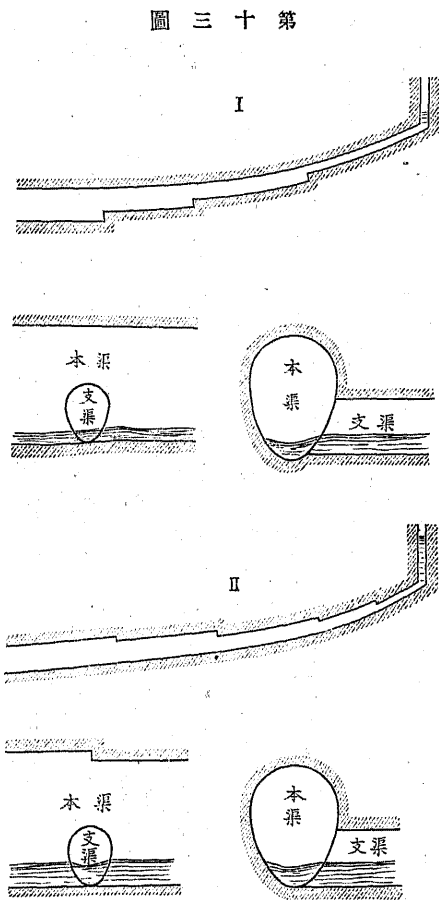
細キ管渠ノ方向ヲ變スルニハ渠底ニ於テ曲線ヲ以テ徐々ニ轉流セシムヘ
 シ直徑五十糎以上ノ管渠ニテハ少クトモ三米ノ半徑ニテ變向セシム

下水ノ流下中停滯ノタメ汚物ノ沈滯スルヲ避クル様ニ本渠支渠ノ合流點
 ニテ雙方ノ汚水面ハ同高ナルカ又ハ支渠ノ方ヲ高クスル様ニ築造スヘシ此
 事タル小管渠ニテ管頂カ同高ナル時ニハ満足セラレト渠底高ノ異ル時ニ
 ハ斜面ヲ形成シ以テ本支渠ノ接續ヲナス

断面ノ大サヲ變更スルニハ渠頂或ハ渠底ニ於テ之ヲ變スルノ二法アリ第
 十三圖 I 及ヒ II ニ示スカ如シ

I ハ渠底ニ於テ變スル方法ヲ示シ到處全断面ヲ流水ノタメニ利用シ得レ
 トモ II ノ如キ構造ニ於テハ下水渠カ一部分内部壓力ニ暴露セラル、ニ非レ

ハ全断面ヲ利用スルヲ得サルヘシ又地形ノ關係上十分ナル勾配ヲ保チ得ル所ニテハ階段又ハ斜底ニテ勾配ノ損失ヲナスモ敢テ辭スル所ニアラサレト然ラサル所ニテハIIノ如キ方法ヲ採ルヲ可トス



圖三十第

位置

勾配ノ變更ハ街路ノ交叉點ニ於テ行フヲ常トス是レ此處ニハ出入人孔ヲ築造シ以テ渠ノ監視掃除ニ便ナルニヨルモノナリ
 下水渠ヲ街路ニ沿フテ築造スルニ當リ如何ナル位置ヲ占メシムヘキヤハ

既埋設工作物即チ瓦斯、上水鐵管、電信電話ノ線纜等ニ障害ヲ及ホサ、ラシムルヲ要スルカ故ニ態々之ヲ避クルコトアレトモ然ラサル場合ニハ街路中心線ニ沿フテ之ヲ築設スルヲ常トス若シ路幅大ナル處或ハ小公園等ニ於テハ歩道ノ下ニ路側ニ之ヲ築造スルコトモアリ

抑モ地下埋設物ニハ其種類多ク現今文明都市ニハ諸種ノ管線アリ是等ノ占有スヘキ適當ナル位置ニ就テハ別ニ附録「地下埋設物ニ就テ」ナル題下ニ説ク所アラン

既說セル所ニ據リテ或點ヲ通過スル最大流量ヲ知り勾配ヲ決定シタル後ハ渠ノ斷面積ヲ決定スルノ順序トナル之レカ爲メニハ流速ノ計算ヲナサ、ルヘカラス

断面ノ決定

流速公式

(1) シエジール、クッテル氏公式

$$V = \frac{23 + \frac{1}{n} + \frac{0.00155}{J}}{1 + (23 + \frac{0.00155}{J})^{\frac{n}{2}} \sqrt{R.J.}} \dots (1)$$

V ハ秒速ヲ米突ニテ表ハス

J ハ勾配ヲ表ハス

R ハ流深ヲ米突ニテ表ハス

ρ ハ水路面粗滑ノ度ニヨリテ變ヌル係數ニテ其值次ノ如シ

ρ ノ值 水路面ノ性質

0.015 釉藥ヲ施セル土燒管渠

0.012 大混凝土渠ニテ秒速19種以上ノ速力ヲ有セシムル善良ナル下水渠

0.013 混凝土渠ノ普通ノ状態ノモノ

0.014 釉藥ヲ施セル煉瓦又ハ燒過煉瓦ニテ田地ノ薄キ善良ナル工

0.015 普通ノ煉瓦渠

0.017—0.020 煉瓦渠ニテ勾配緩ニシテ粗雜ナル煉瓦工渠

(1) 式ニ對スル略式モ亦弘ク用エラハズ次ノ如シ

$$V = \frac{100 \sqrt{R}}{m + \sqrt{R}} \sqrt{R.J} \dots\dots(2)$$

V, R, 及 ρ J ハ前記ノ如ク ρ ハ水路面ノ性質ニヨリテ異ル常數ニシテ其值

ハ次ノ如シ

ρ ノ值 水路面ノ性質

0.12—0.15 釉藥ヲ施セル滑カナル土燒管又ハ滑カナル「セメント」管

0.20—0.27 清潔ナル切石工又ハ煉瓦工渠

0.35—0.45 普通ノ煉瓦工又ハ粗石工渠

ρ ノ值ニ就テハ諸種ノ説ヲナスモノアリ下水渠ニ於テハ清水ノ場合ト多少流下ノ趣ノ異ナルモノアルカ故ニ滑カナル「セメント」管ニテモ〇.三五ヲ用フハシトナスモノアリ「バウマイスター」(Baumeister) 教授ハ釉藥ヲ施セル土燒管ニ對シテ ρ ノ值ヲ〇.二七ニナルハシトナス

(二) ミュンヒッゲン「氏公式

$$V = \frac{8.7}{1 + \frac{1}{\sqrt{R}}} \sqrt{R.J} \dots\dots(3)$$

式中 V, R, J ハ前顯ノ如シ(以下之ニ準ス)

ρ ハ水路面ノ粗度ニ從テ變スル係數ニシテ其值次ノ如シ

γノ値

水路面ノ性質

0.16

滑面ヲ有スル渠

0.46

粗ナル石工渠

0.20

使用後年月ヲ經タルセメント渠

(三)クナウフ(Knauth)氏ハ公式(3)ヲ變シテ次式ヲ用フル時ハ自己ノ經驗ニ徴シ實際ニ近シトナス

(イ)積疊工渠ニテハ

$$V = \frac{103.7 \sqrt{R}}{0.3 + \sqrt{R}} \sqrt{R.J} \dots\dots(4)$$

(ロ)管渠ニテハ

$$V = \frac{114 \sqrt{R}}{0.265 + \sqrt{R}} \sqrt{R.J} \dots\dots(5)$$

前記セル公式中Rハ未ダ断面形ノ決定セラレズ且ツ流速ノ未定ナルニ之ヲ見出シ得ヘキノ理ナシト雖モ本計算ハ假定セルRニ對シVヲ出シ次テ與ヘラレタル流量Qヲ除スルニVヲ以テシテFナル流水斷面積ヲ定ムルヲ得ヘシ茲ニ於テカ始メテ此Fニ對スルRヲ定メ得ヘク前ニ假定セルRト甚タ

断面形

シキ差ナキニ於テハ計算ヲ再ヒスルノ要ナシト雖モ差ノ大ナル時ハ今求めタルFニ對スルRノ値ヲ前ニ假定セルRト同様ニ取扱ヒ計算ヲ繰リ返スナリ此ノ如クスルコト數回ノ後決定的ノ断面形ヲ得ヘシ勿論本計算ニ先チテ水路面ノ性質及ビ断面形ハ定メラレサルヘカラサルモノトス

混合式ニ於ケル下水道渠ノ横斷形ハ卵形(第十四圖A)トナスモノ多シ之降雨ナキ際ニ少量ノ汚水ヲシテ成ルヘク水深ヲ大ナラシメ汚物ノ停滯セサランコトヲ期スルモノナリ抑モ卵形渠ヲ案出セルハ「ジョン・フィリップ」(John Philip)氏ニシテ英京倫敦市ニ之ヲ應用セルヲ嚆矢トナシ爾來之ニ類似セル種々ノ断面形ヲ各市ニ於テ用フルニ至レリ卵形渠ハ又道路幅員ノ小ナル處ニ築造スルニ便ニシテ且ツ容易ニ渠中ヲ步行スルニ適スル高サヲ得ルノ利アリト雖モ步行ニ便ナル點ヨリ謂ヘハ同高ノ卵形渠ニテハ之ヲ上下轉倒セルモノ、方可ナリ構造ノ容易ニシテ水理上經濟的ナルハ圓形渠トス故ニ圓形渠ハ小管渠ヨリ大ナル步行シ得ヘキ渠ニ至ル迄之ヲ應用スルモノ多シ第十四圖Aハ卵形渠Bハ圓形渠ヲ示ス

以上ノ二種ノ外高サカ幅ヨリモ小ナルカ如キ断面形ヲ有スル種々ノ形ヲ應用セラル、アリ此種ノ構造ハ最モ不經濟ナルモノナレト幅員ヲ増シテ断面ヲ大ニシテ地下水位ヨリモ渠ヲ高ク造ルノ必要ニ迫ラレ或ハ下水渠ノ上又ハ下ニ既設工作物ノ動カスヘカラサルモノ、存スルカ如キ場合ニハ此種ノ形ヲ採ラシムルコト必要トナルナリ第十四圖Cハ其一例ナリ

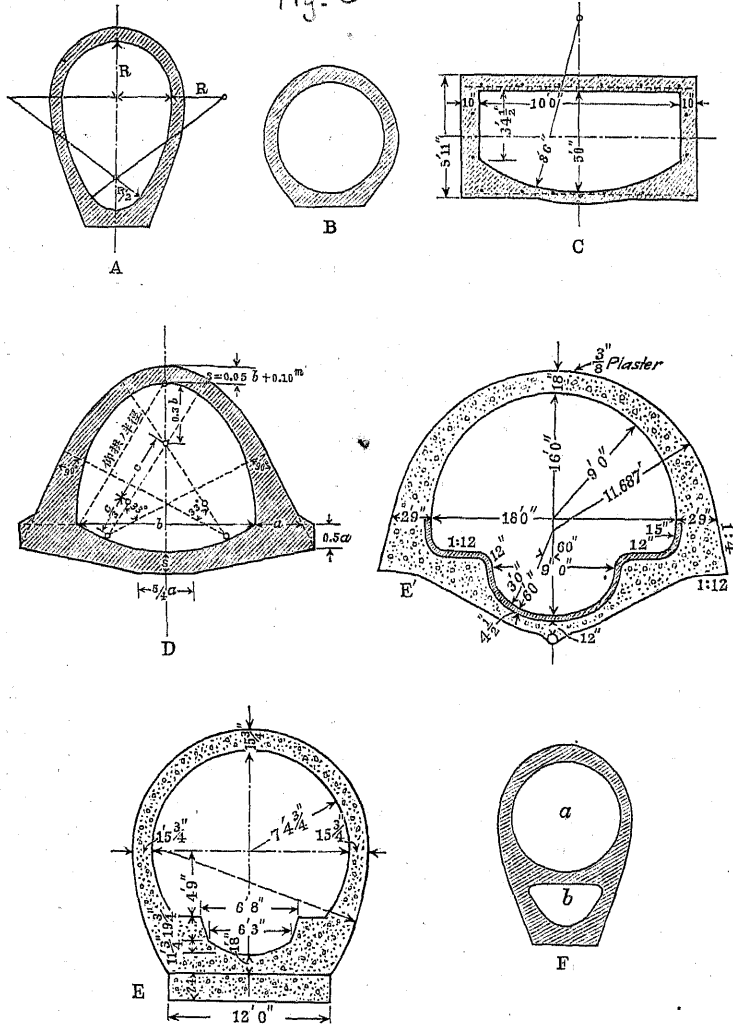
又大渠ニシテ歩行ニ便ニ且ツ水量ノ多キ場合ニハ馬蹄形断面ヲ與フルコト多シ第十四圖Dハ其一例ニシテ地下水壓ノ底面ヨリ働ケル場合ニ設計セラレタル形ヲ示セルモノナリ

渠内歩行ニ便スルタメ特ニ一側又ハ兩側ニ殆ント水平ナル歩行シ得ヘキ幅員ヲ有スル段ヲ附スルモノアリ此段ノ高サハ汚水位以上ニ位セシム第十四圖Eハ此種ノ構造ヲ示スモノナリ

分離式下水道ヲ築造スルニ當リ二渠ヲ別々ニ築設スルハ別ニ記スルノ要ナシト雖モ二渠ノ高サ甚タシク異ナラスシテ同一ノ線ニ沿フテ二渠ヲ埋設スルカ如キ場合ニハ第十四圖Fニ示スカ如ク二渠ヲ一體トナシルナル部ニ

第十四圖

Fig. 6



雨水ヲ通シタル部ニ汚水ヲ流スノ方法ヲ採ルモ亦便ナリトス
終リニ圓形断面ノ粘土燒管ノ最大直径ハ幾許トスヘキヤニ就テモ區々ノ
說ヲナスモノアレト直径六十糎トナシ夫レ以上ハ混凝土鑄管ヲ用フヲ常ト
スルモノ、如シ又最小ナルモノハ徑二十糎ヲ以テ制限トス
断面形ノ決定ハ下水道設計上極メテ重要ナル事ノ一ニ屬スト雖モ渠ノ勾
配幅員地下ニ於ケル渠ノ高サ其他ノ關係上必スシモ流量及ビ水理學上經
濟的ノ断面ノミニ拘泥シテ之ヲ決定シ得サルモノアリ要ハ各種ノ場合ニ適
應シ經濟的ニ築造シ得ルヲ期セサルヘカラサルナリ

下水渠築造ニ用フル材料ノ選擇ハ大ニ工費ニ影響ヲ有スルモノニシテ地
方的ニ豐富ナル安價ニ施工シ得ラル、モノヲ利用スルノ必要アリ、一般ニ用
ヒラル、モノトシテ次ノ諸種ノ材料及ヒ工法アリ

- 一、裝石工
- 二、粗石工
- 三、煉瓦工
- 四、混凝土及ヒ鐵筋混凝土工
- 五、粘土燒管
- 六、鐵管

今次ニ是等ニ就テ簡單ニ記述セン

一、石工下水渠

都市ニ於テハ一般ニ石材ハ其材料ヲ得難ク工費ノ増スコト大ナルガ故ニ
使用セラル、コト稀ナリト雖モ其材料ハ強度大ニ耐酸力强ク吸水性少ク磨
損ニ對シテノ抵抗大ナルヲ可トシ下水渠築造用トシテハ如何ナル種ノ石材
モ其用ニ供セラレテ缺點ハ少ナシト雖モ多クハ工費ノ點ヨリ之ヲ用ヒサル
ナリ由テ特ニ強度ヲ要スルノ個處等ニ他ノ材料ト混用スルコト多シ即チ煉
瓦ト混用シテ拱環或ハ仰拱ニノミ石材ヲ使用スルカ如キ場合之レナリ石材
ノミニヨル時ニハ渠内面ノ滑ナルヲ要スル時ニハ裝石工ヲ用フレト其工費
ヲ増スカ故ニ粗石工ヲ用ヒ其表面ノ滑度ヲ増スタメ「モルタル」ヲ塗ルヲ可ト
ス

二、煉瓦工下水渠

用材トスル煉瓦ハ燒過キ又ハ釉藥ヲ施シタル堅硬ニシテ耐酸性強ク吸水
性少キ強度大ナル表面ノ滑カニシテ容易ニ磨損セラレサルモノタルヘシ普
通煉瓦ハ吸水性比較的多キト砂礫ノタメ磨滅ニ耐フルノ性乏シキカ故ニ仰

拱丈ケハ石材又ハ堅燒煉瓦即チ「テラコッタ」材ヲ用フルコトアリ

煉瓦工ノ内側又ハ外側表面モ水密タラシメ且ツ平滑ナラシムルタメニ

一 二或ハ一 一三ノ「セメント、モルタル」或ハ「アスファルト」或ハ之ニ類スル水密塗料ヲ施スコトアリ

三、混凝土及ヒ鐵筋混凝土下水渠

下水渠築造ニ用ヒラル、混凝土ハ水密ナルヲ要スルモノニシテ「ポルトランド、セメント」或ハ火山灰ヲ混用スルコトアリ其比例ハ一 一 二 一 五 一 一 二 五

六 一 一 三 一 六 ノ如キ配合ヲ用フ混凝土ハ煉瓦ニ比シ更ニ砂礫ノタメ磨損セラル、コト多ク粗製又ハ不良「セメント」ガ耐酸性著シク小ナルカ故ニ仰拱ノ如キ最モ汚水砂礫ニ接スル部丈ケ石材又ハ煉瓦材即チ板煉瓦ヲ貼用スルヲ可トス第十四圖Eハ其一例ナリ混凝土渠ヲ築造スルニ二法アリ一ハ現場ニテ築造スル方法ニシテ二ハ既ニ工場ニテ製造シタル所謂鑄管ヲ現場ニテ接合スルニ在リ鑄管ノ長サハ一定セスト雖モ三乃至四米ニ及フモノモ少カラス内徑一米突以下ノモノハ鑄管法ニヨルノ外ナシ第一法ニヨルモ

ノ、優レル點ハ接合點タル弱點ヲ存セシテ大ナル下水渠築造ニ適スルニアリテ第二法ハ第一法ニヨルヨリモ厚サヲ小ニナシ得又鑄管ノ際十分ナル注意ヲ拂ヒ得ルノ利アレト運搬中ノ破損及ヒ接合點ノ多キハ其缺點ナリトス

鑄管ニモ亦タ内面ニ瓦ヲ貼用シ又ハ土燒管ヲ挿入シ以テ既記ノ如キ耐酸耐磨ノ性ヲ増サシムルコトアリ混凝土材ヲ用フルモノハ一般ニ煉瓦ヲ用フル場合ニ比シ廉價ニシテ煉瓦ニ比シ約三割乃至五割ノ工費ヲ節約シ得ヘシト謂フ

鐵筋混凝土ヲ用フル時ハ單ニ混凝土ヲ用フルモノニ比シ遙ニ厚サヲ減スルヲ得ヘク煉瓦ニ比シ約五割ノ工費ヲ減シ得ト謂フ

鑄管ノ接合ハ挿接法英 Spigot & Socket joint) 或ハ交錯法英 Interlocking) ヲ用フ

四、粘土燒管下水渠

粘土燒管ノ有セサルヘカラサル性質ハ既述煉瓦ノ場合ノ如シ此種ノ管ハ

製造法ニヨリ著シク堅硬平滑ニシテ下水道用トシテ賞スヘキ性質ヲ具備スルモノアリ即チ石土管(英 Stoneware pipe)ト稱セラル、モノ之レナリ管ハ挿接法ニヨリ目地ハ必ス水密性ノセメント、モルタル又ハ「アスファルト」等ヲ用フベシ

良工カ注意シテ接合ヲ施工スルモ尙ホ一籽ニ就キ一秒時二十八「リートル」ノ漏水ハ免レ得サルモノト見做サル但シ最善ヲ盡セハ其量ノ半ハニナシ得ヘシト謂フ、接合ヲ水密ナラシムルタメ種々ノ考案アリ(詳細ヲ知ラントセハ Moore & Silcock:—Sanitary Engineering Vol. 1 ヲ参照スヘシ)

五、鐵管渠

下水渠ニ用フル鐵管ハ鑄鐵鍊鐵鋼鐵ニシテ之ヲ以テ全下水渠ヲ築造スルハ「シヨーン」式 (Shone) 排水法ニヨルカ如キ場合アレト之レ特殊ナル例ニシテ多クハ下水渠系中ノ一部分ニ用ヒラル、モノナリ例ヘハ唧筒ノ吸管送水管、上彎及ヒ下彎管等ノ如シ但シ邸宅排水管ニハ小徑ノ鐵管ヲ用フ

鐵管ノ接合法ハ挿接法「フランヂ」接合法 及ヒ鉋留ニシテ水底ニ深ク埋

設サル、鐵管ノ如キハ可撓接合法ヲ用フ