

下水管ノ雨水流下量

工學士米 元 晋 一

從來歐米諸國乃至我國諸市ニ於ケル下水道設計ニ採ラレタル雨水流下量ノ計算方法ハ概ネ歐米諸市ニテ得ラレタル實驗的公式ニ準據シタルカ如シト雖モ近時衛生工學者ノ輩出ト雨量觀測ノ方法進歩シタルトニヨリ雨水流下量ニ對シ合理的の研究ヲ重ヌルモノ多キヲ加ヘ次第ニ計算方法ニ對スル從來ノ方式ニ改良ヲ加フルニ至レリ抑モ下水管ノ雨水流下量ヲ支配スル要素ハ(一)降雨ノ性質(二)雨水ノ分布(三)土質ノ滲透度(四)雨水遲滯ノ有無狀況ナルヲ以テ本論文ハ先ツ此等四要素ニ付キテ記述シ次ニ(五)雨水流下量ニ付キテノ概論ヲ掲ケ進ンテ(六)雨水流下量ノ合理的計算法ヲ掲クルモノトス

(一) 降雨ノ性質

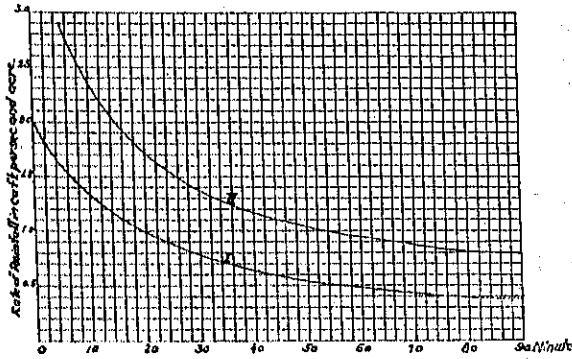
降雨ノ最大強度ハ其繼續期通例數分若クハ十數分間ニ過キス而シテ時ニ降雨ノ初期ニ起ルコトアリ又ハ其中間若クハ終期ニ起ルコトアリ且又最大強度ノ降雨ノ面積ハ通例限定セラレ屢々一地區内ノ異ナレル部分ニ位置スルモノトス永續セル乾魃ノ後大強度ノ降雨ヲ見ルコト稀ナラスト雖モ往々雨天連續シテ地表既ニ濕氣ヲ以テ飽和セラレ雨水既ニ事實上下水管内ニ流下シツ、アル時期ニ於テ強雨俄ニ襲來スルノ現象ハ屢々吾人ノ目撃スル所ナリ如斯場合若シ下水管ノ排

水能力普通ノ降雨ニ對スルヨリモ一層大ナルニアラスンハ氾濫ヲ惹起スルニ至ルヘシ而シテ若シ慎重ニ乾燥地方ニ於ケル降雨ノ記録ヲ研究セハ其降雨ノ強度ハ濕潤地方ニ比シテ一般ニ大ナルコトヲ發見スルナラン

(第一圖表)及(第二圖表)ハ降雨強度ノ性質ヲ説明スル所ノ曲線ヲ表ハスモノニシテ(第一圖表)ニ於ケル(第一曲線)ハ英國バトミンガム市(Birmingham)ノえつちぼすとん(Edgbaston)ニ於テ觀測セラレタル普通降雨量ヲ表示ス此曲線ハわりんぐ

とんばと氏(Walington Butts)ニ依リテ調製セラレタルモノヲ複寫シタルモノニシテ同氏ハ該曲線ハ英國内地ニアリテハ他ノ地方ニモ稍々適用スルニ足リ且之ニ依リテ下水管ヘノ雨水流下量ヲ計算シ得ヘシト説ケリ

Diagram 1.



(第二曲線)ハ獨逸國ニ於テ觀測セラレタル平均最大降雨ヲ表示シ且一般ニ同國ニ於ケル平均最大降雨強度トシテ採用セラル、カ如シ

(第二圖表)ハ東京市ニ於テ觀測セラレタル結果ヲ(第一圖表)ト同一ナル方法ニ依リ表示セルモノトス

今之カ調製方法ヲ説明センニ

明治二十四年ヨリ同四十四年ニ至ル二十一年間ニ亘ル中央氣象臺降雨量觀測ノ結果ヲ(附圖表一)ニ於ケル如ク記標シ次ニ一時間ノ降雨量

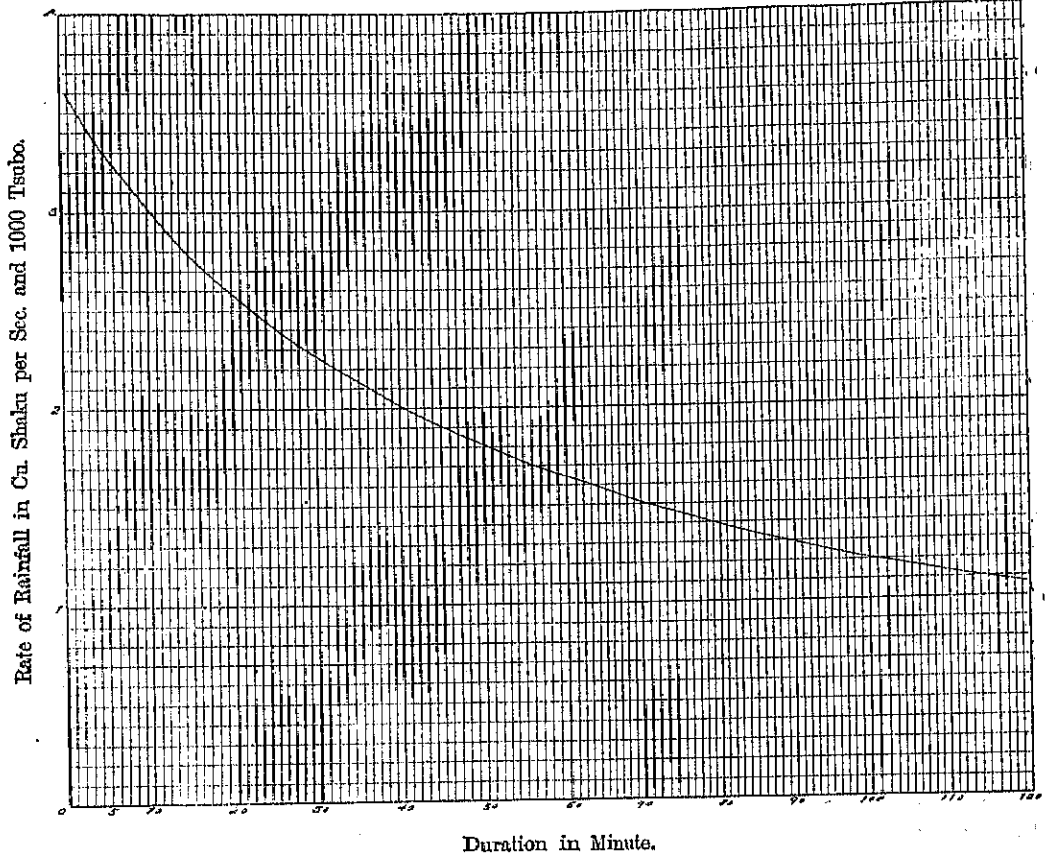
耗ノ點ヲ取リ一時間以下ハ大凡第四位ノ降雨ノ點ヲ撰ヒ此等ヲ連結シタル曲線式ハ大略

$$y = \frac{5500x}{(50+x)^{60}}$$

【式中 y = 降雨量(英寸), x = 降雨時間(分)】ニ近似ナルヲ以テ本公式ニヨリテ表ハサルル曲線ヲ以テ東京市ニ於ケル標準最大降雨量トナシタリ(Available curve passing through 50 in. 1 hr.)

STORM-WATER DIAGRAM IN TOKYO.

Diagram 2.



論説 下水管ノ雨水流下狀

Rate of Rainfall in Cm. Shaku per Sec. and 1000 Tsuho.

Duration in Minute.

之ナリ蓋シ該標準最大降雨量ハ任意ニ定メタルモノナレトモ降雨期間一時間以内ニテハ之ヲ超過スル降雨ハ僅カニ三回一時間以上ニテハ一、二回ヲ出テス即チ一時間以内ニテハ平均七年間一回ニ過キサレヲ以テ外國諸都市ノ例ニ見ルモ敢テ不當ナラスシテ之ヲ標準最大降雨ト見做シテ支障ナキモノト信ス

(而シテ本圖表ハ技師工學士殿谷真作氏ノ慎重細心ナル努力ニ成レルモノナルコトヲ茲ニ附記ス)

次表東京市標準最大降雨量表ハ本公式ト及ヒ之ヲ基礎トシテ更ニ

$$q = \frac{5500 a}{(50+a)60} \times \frac{1.98}{s} = \frac{5500 \times 1.98}{(50+a) \times 60} \text{ノ公}$$

式(式中 $\frac{1.98}{s}$ ハ降雨期間 s 分ノ場

合 1000 坪ニ對シテ降雨 r 耗ノ雨量 (立方尺(公)トス)ヲ作リテ算出シタル結果ナリ而シテ第二圖表ハ此結果ヲ圖示シタルニ外ナラス

東京市標準最大降雨量表

降雨期間(分)	降雨量(毫)	1秒1,000坪ニ對スル降雨量(立方尺)
x	$y = \frac{5500 \times x}{(50+x) \times 60}$	$q = \frac{5500 \times 1.98}{(50+x) \times 60}$
5	8.33	3.300
10	15.28	3.027
20	26.19	2.594
30	34.38	2.270
40	40.74	2.018
50	45.83	1.816
60	50.00	1.651
70	53.47	1.513
80	56.41	1.397
90	58.93	1.298
100	61.11	1.211
110	63.02	1.135
120	64.71	1.068

是等三個ノ曲線ニ就キテ見ルニ降雨強度ハ降雨繼續期間ニ反比例シテ變化スルコトヲ示スニ足ル例ヘハ繼續期間ニ分間ノ降雨ハば一ミンガむニテハ毎秒毎エーカ一ニ付キ一立方呎獨逸國ニテハ一七三立方呎ニシテ東京市ニテハ毎秒毎千坪2594立方尺ナリ又繼續期十分間ノ降雨ハ前者ニ

テハ 133 立方呎中者ニテハ 236 立方呎ニシテ後者ニアリテハ 3.027 立方尺ナリ

上記ノ圖表ハ充分ノ精度ヲ以テ降雨強度ノ因子ヲ確定スルニ足ル圖示法トシテ極メテ有用ナリト雖モ之ヲ作製スルニハ信賴スルニ足ル自記雨量計ヲ用ヒ或特殊地方ニ就キ其々ノ強度ヲ確ムルコト必要ナルハ論ヲ俟タサルナリ

積雪甚タシク且春期融解スル地方ニ於テハ其融解ニ付キ慎重ナル考慮ヲ廻ラスコト殊ニ肝要ナリ何トナレハ此ノ如キ地方ニ於テハ氣温上昇スル時期ニ及ヒテ降雨アリ爲メニ屢々容易ナラサル氾濫ヲ惹起スルコトアルヲ以テナリ

(二) 降雨ノ分布

降雨ハ一地方ヲ通シテ同時ニ一様ナラサルコト實際確實ナリ殊ニ土地ノ面積廣大ナル場合ニ然リトス之ニ付キ興味アル實例トシテ次ノ事實ヲ掲ケン先キノ倫敦市技師長もーりす、ふ、つ、もーりす氏 (Sir Maurice Flis Maurice) ハ嘗テろいどだー、す氏 (Lloyd-Davis) ノ論文ヲ討議シタル時甚シキ豪雨ハ極メテ局部的ノ性質ヲ帶フルモノナルコトヲ説キ且ツ曰ク「先年倫敦はむすて、ど (Hamstead) ニ於テ甚シキ豪雨アリ其狀況ヨリ察スレハ下流さんぐすくる、す (King's Cross) ニ於ケル下水管ハ爲メニ著シキ氾濫ヲ惹起シ多數ノ人命ヲ損スルニ至ラスヤト思ハレタルカ事實其處ニハ何等ノ降雨ナク住民ハ平然トシテ作業ニ従事シツ、アリタリ而シテ此二地點間ノ距離ハ僅ニ約三哩ニ過キスシテ強大ナル降雨ノ分布狀況極メテ局部的ナルヲ證スルニ足ル」ト此事ニ就キテハ又獨逸國ニ於テ慎重ナル觀測遂行セラレタリ即チ一ノ面積ニ於ケル降雨平均強度ハ排水面積大ナル程即チ下水管ノ延長大ナル程最高度ノ降雨ノ點ヨリ或圏外ニ至ルニ從ヒ漸次減少スルコト發見セラレタリ

獨逸國ぶれすらう市 (Breslau) ニテ 1,700 毫米 (700 へくたーる) ノ面積内ニ於テ出來得ル丈ケ相

隔離シタル三地點ヲ選ビ比較降雨強度ヲ確メンカ爲メニ施行セラレタル觀測ニ依レハ降雨繼續期 700 分間中二地點ニテ同時ニ降リタル期間ハ 80 分ヲ出テス又三地點ニテ同時ニ降リタルハ僅ニ 80 分ニ過キサリキ此事實ヲ見ルニ大ナル排水面積上ノ降雨強度ヲ一樣ト見做スハ正當ニアラス尙ホ如何ナル狀態ニト點ニ於テ觀測セラレタル最大強度 Q_{max} カ變化セラル、カヲ確メンカ爲メナサレタル研究ノ結果強度ハ觀測地點ヲ距ル約 10,000 呎 (3,000 米) ノ地點ニ於テ $Q_{r/2}$ ニ減シタルコトヲ發見セリ

單ニ雨カ同時ニ三地點若クハ二地點ニ降リタル場合ノ如キ僅少ノ觀測事實ニ於ケル結論ヲ基礎トシテ其他ノ多數ノ地點ニ起リタル大多數ノ降雨ヲ無視スルコトハ餘リニ不都合ナリト反駁シ能ハサルニアラスト雖モ降雨ハ決シテ固定的ノモノニアラスシテ種々ナル方向ニ移動シ或ハ地方ヲ横斷シ或ハ斜斷シ或ハ又排水面積ノ長軸線ニ沿ヒテ移動スルモノナルノ事實ニ鑑ミハ敢テ全ク不合理ノコトニアラス但此變化ノ狀態ハ地方ニ依リ一樣ナラサルコトナキヲ保シ能ハス上ニハ降雨強度 $Q_{r/2}$ ニ減退スル距離ハ最大強度ノ地點ヨリ 10,000 呎ナリト說キタレトモ特殊ノ地方ニ於テハ 10,000 呎ニ代フルニ降雨強度ニ應シテ變化スル所ノ特殊ノ數ヲ採用スルヲ以テ一層正確ナリトセン又其變化ノ狀態ハ地方ニ依リテ相違スヘケン然レトモ觀測ノ結果ハ到底精密ニ降雨ノ強度ト面積トノ間ノ關係ヲ確ムルニ足ラサルヲ以テふれすらう市ニテハ簡單ニ一地方ノ降雨ノ最大強度 Q_{max} ヨリ遠キ部分ノ強度 $Q_{r/2}$ ニ減少スル狀態ヲ表ハス曲線ヲ一ノ拋物曲線ト假定シ且ツ是等ノ距離ヲ 10,000 呎トシ之ニ依リテ一雨ノ強度及範圍ハ其軸ニ沿ヒテ水平廻轉ニヨリテ生セラレタル廻轉實體ニヨリ表ハサルモノトセリ然ラハ此軸ニ沿ヒテノ截斷面ハ(第三圖表)ニ表ハサル、カ如ク $TANOP$ ニシテ其頂點ハ二個ノ拋物曲線ニテ限定セラルヘシ

此廻轉實體及 $TANOP$ 均等ナル降雨ヲ表ハス所ノ圓筒トノ比ハ係數トニシテ即チ降雨ノ平均強度ヲ

得ルカ爲メニハ最大強度ニ「ヲ乗スヘシテ」ヲ強度係數 (Coef. of intensity) ト稱ス今「ヲ」起點

トスル時ハ拋物曲線ノ符數 (Parameter) $P \sim 10,000 \times P = \left(\frac{qr}{2}\right)^2$ 即チ $P = \frac{(qr)^2}{40,000}$ 依

リテ見出サル即チ拋物曲線ノ平等式ハ $y^2 = \frac{(qr)^2}{40,000} x$ ナリ

重心點ノカ「ヲ」中心トシテ水平ニ廻轉スル「ト」ニ依リテ畫カルノ圓周ハ $2 \times 0.6 \times \pi \times \pi$ ナルヲ以テ影線ヲ施シタル面積ニ相當スル廻轉實體ノ容積〔圓錐〕—〔接吻母線〕

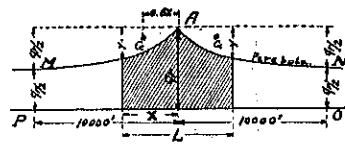


Diagram 3.

$$\frac{2}{3} \pi q r - \frac{2}{3} \pi q y 1.2 \pi \alpha \pi = \alpha^2 \pi (q r - 0.8 y)$$

而シテ $I = \frac{\alpha^2 \pi (q r - 0.8 y)}{\alpha^2 \pi q r} = 1 - 0.8 \frac{y}{q r}$, $\frac{y}{q r} = \sqrt{\frac{\alpha}{40,000}}$ ナルヲ以テ

$$I = 1 - \frac{0.8 \sqrt{\alpha}}{\sqrt{40,000}}$$

トカ考ヘラレタル排水面積ノ中心ニ位置スル場合ニ於テ其驟雨量ハ最大トナリ而シテ此場合ニ於テハ「ハ」下水管長ノ二分ノ一ナラサルヘカラサルヲ以テ

$$I = 1 - 0.0028 \sqrt{L} \quad \text{トナル}$$

式中 L = 下水管ノ延長 (尺) トス

若シ「ハ」ヨ「ハ」ニ等シク取ル時ハ即チ $L = 0$ ナルハ拋物曲線ノ平等式ヨリシテ $\alpha = 40,000$ 尺トナリ又 $L = 2\alpha = 80,000$ 尺トナルヲ以テ此範圍即チ直徑約十五哩ノ面積ヲ以テ上記「ノ」平等式適用ノ限度トス而シテ極メテ廣大ナル下水系統ニ於テモ此範圍ニ達スル「ト」ハ殆ントアラサルヘシ以上ハ

758

ぶれすらうニ於テ観測セラレタル結果ヨリ歸納セラレタル推定ナリトス
 次表ハ公式 $L=1-0.0028 \sqrt{L}$ ヲ用ヒテ得タル降雨強度ノ係數トヲ算出シタルモノニシテ

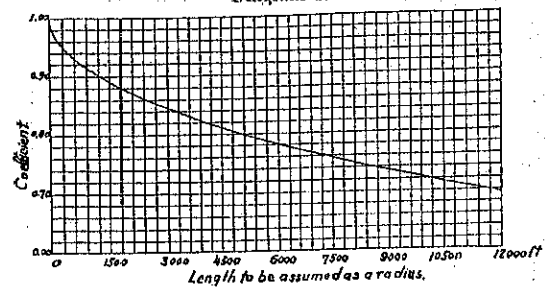
L (呎)	降雨平均強度係數	L (呎)	降雨平均強度係數
500	.937	5,000	.802
750	.923	5,500	.793
1,000	.9115	6,000	.783
1,250	.900	7,000	.766
1,500	.892	7,500	.758
1,750	.883	8,000	.750
2,000	.875	9,000	.733
2,500	.860	10,000	.720
3,000	.847	12,000	.692
3,500	.835	15,000	.660
4,000	.823	20,000	.605
4,500	.813		

又第四圖表ハ上表ヲ圖表ニテ表示シタルモノナリ

上記及圖表ノ解説トシテ計畫下水系統ニ屬スル管徑ノ計算ヲ高度ノ降雨例ハ毎秒毎千坪 3.025
 立方尺ヲ基礎トシ而シテ下水管ノ延長 3,000 呎トセハ其排水面積内ノ平均降雨強度ハ表及圖表ニ
 参照シテ 0.875 ヲ得ヘク從テ $3.025 \times 0.875 = 2.647$ (立方尺/秒/1,000 坪) ヲ以テ吐口下水管ノ寸法ヲ計算ス
 ル雨水流量トナスナリ

是等ノ計算ニ關シテハ降雨量ヲ每秒1000坪ニ付キ何立方尺ニ換算スルノ必要アルコト勿論ニシテ1000坪ノ面積上ニ一分間ニ付キ一耗ノ降雨量ハ實際上ニハ每秒毎千坪ニ付キ1.38立方尺ニ等シキヲ以テ換算ニハ毫モ煩瑣ナキナリ

Diagram 4.



降雨ノ強度係數ニ就キテ尙ホ一言センニ上記ノ如ク一排水區域ノ平均降雨強度ヲ用ヒテ雨水ノ排流量ヲ定ムルコトハ固ヨリ理論的ニシテ且ツ經濟的ナリト雖モ其地ノ降雨ノ性質ニシテ自記雨量計ヲ用ヒテ慎重精密ニ調査セラレタル曉ニアラサレハ此方法ハ或ハ却テ過少ナル雨水流下量ヲ與フルコトナキヲ保シ能ハサルヲ以テ一般ニ漫リニ應用スルコトヲ避ケサルヘカラス又公式中ノ係數モ亦土地ニ依リテ變化セサルナキヲ斷言シ難シ故ニ本公式ノ形式ト雖モ尙ホ研究ノ餘地アルモノト信ス

(三) 土質ノ滲透度

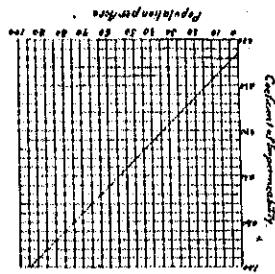
地表ニ降ル雨水ハ土質ノ滲透度ニ應シテ或割合ヲ以テ吸收セラル、コト明カナリ即チ砂質地盤上ニテハ極メテ少量ノ雨水排流セラル、モ地盤堅粘土若クハ粒子緻密ナル岩石ヨリ成立ツトキハ多量ノ雨水地表ヲ排流スヘシ若シ地盤既ニ水ヲ以テ飽和セラレタル時ハ如何ナル降雨ノ場合ニテモ多量ニ自然流下作用ニ依リテ最低地ニ排流スヘシ又地盤ハ豪雨ノ時緩雨ノ場合ニ於ケルト同一ノ割合ヲ以テ雨水ヲ吸收シ能ハサルヲ以テ排流量比較的大ナルモノトス

此論法ニ從ヘハ能ク舗石セラレタル街路庭及稠密ニ建設セラレタル家屋ヲ有スル都市ノ場合ニ於テハ雨水流下量ハ多ク吸收性材料ヲ以テ築造セラレ若クハ街路完全ニ築造セラレサル都市ノ場合ニ於ケルヨリモ自ラ多量ナルヘキコトヲ期待スヘシ反之家屋カ一層敷在シ且ツ滲透度一層

大ナル場合ニハ取扱フヘキ流量ハ一層少量ナルヘシ
又雨水流下量ハ大氣並ニ地表ノ温度ニ原因スル蒸發ニ依リテ支配セラルト雖モ單獨ニ之ヲ測定
シ難ク且其影響極メテ些少ナルヲ以テ通例之ヲ無視ス

一九〇七年わりんぐとんばつと氏ハ雨水流下量ノ計算ト云フ題目ニ付キテ論シタル論文中ニ「都市
ノ面積家屋ヲ以テ建設セラレタル程度ハ同時ニ或程度ニ於テ不滲透面積ノ指示ナリ換言スレハ

Diagram 5.



住民ノ密度ハ其土地ニ於ケル不滲透面積ト或關係ヲ有ス」ト云ヘリ同時ニ彼
ハ此因子ヲ確ムルニ助トナラント考ヘシ圖表ヲ提出セリ(第五圖表之ナリ本
圖表ハ雨水流下係數 (Run off Coefficient) ヲ示スモノナリ本圖表ノ限度ハ一
一かニ付キ一〇〇人ノ住民ナレトモ或都市ニテハ之ヨリモ以上ノ密度ノ
人口ヲ有スルモノアリ即チ紐育ノまんはつたん市 (Manhattan) ノ如キハ一
一かニ付キ一二〇〇人ニ上ホレルヲ見ル然レトモ一かニ付キ一〇
〇人ヲ超過スル場合ニハ其土地ハ殆ント全然建築セラレ流下係數ハ殆ント
一ニ達スヘキモノトセラル如斯雨水流下係數ヲ人口ノ密度ニ關係ヲ保タシムル觀念ハ英米諸市
ニ行ハル、コト稀ナラスシテ人口ノ密度ヲ見出サントセハ一排水面積ヲ小サキ地區ニ分割シ其
地區ニ於ケル家屋數ヲ計算シ各家屋ニ或數ノ住民アルモノトシ以テ一かニ付キ一〇〇ノ面積上ノ住民
ヲ確メサルヘカラストセラル

獨逸國ニ於テハ地表ノ狀況ニ應シテ雨水流下係數ヲ數階ニ區別スルコト一般ニ行ハル次ニ雨水
流下係數ニ關スル英獨兩國標準ノ比較ヲ示サントス

第一表

地面ノ獨逸的 分類	同量ナル英國標準 (但一カ一内ノ住民ヲ 以テ示ス)	雨水流下係數
(イ) 稠密ニ建築セラレタル面積	75	0.7-0.9 平均 0.80
(ロ) 廣キ庭ヲ有シ建築稠密ナラザル面積	55	0.5-0.7 平均 0.60
(ハ) 一層廣キ庭園ヲ有スル家屋アル面積	45	0.50
(ニ) 散在シテ建築セラレタル別荘地域等ノ如キ面積	25-35	0.30-0.40
(ホ) 花園、收場等ヲ有スル村落地方	15	0.20
(ヘ) 公園、森林等	5	0.10

[備考] 上表ハ地表カバニ充分濕潤セラレタル場合ニ於ケル係數ヲ示スモノトス

我國ニ於テハ都市ノ舗道未タ普ネカラス又東京大阪ノ如キ一二ノ都市ヲ除キテハ西洋ニ於ケルカ如ク人口稠密ナラサルモノ多キヲ以テ直ニ西洋都市ノ例ニ倣ヒテ流下係數ヲ定ムルコト能ハスト雖モ其標準ハ寧ロ獨逸諸市ノ例ニ倣ヒ之ニ多少ノ參酌ヲ加フルノ實際的ナルヲ認ム
 先年東京市臨時下水改良課ニ於テ本係數ニ就キテ調査シタルコトアリ第二表ハ該調査ノ結果ニ成レルモノニシテ工學士殿谷技師ノ勞ニ出テタルモノトス

東京市各區雨水流下係數算出表

第二表

區名	面積			有效面積內際				將來ニ於ケル想定百分率				平均流下係數百分	
	全面積 千坪	河川滲透 千坪	有效面積 千坪	道路 千坪	家屋 千坪	空地 千坪	道路ニ對スル百分率	家屋	空地	道路ニ於ケル想定百分率	家屋		空地
麹町	2,565	180	2,386	189	290	1,907	8	12	80	10	20	70	46.0
神田	1,112	48	1,072	247	328	497	23	31	46	23	50	27	69.6
日本橋	887	144	743	178	411	154	24	55	21	24	60	16	76.8
京橋	1,230	84	1,176	261	355	560	18	30	48	18	50	32	68.6
芝	2,286	24	2,262	185	428	1,649	8	19	73	10	30	60	53.0
麻布	1,166	12	1,154	104	213	837	9	18	73	10	30	60	53.0
赤坂	1,260	26	1,234	84	164	986	7	14	80	9	25	66	49.3
四谷	793	11	782	79	138	565	10	18	72	11	30	59	53.2
牛込	1,353	30	1,223	156	337	830	12	25	63	13	35	52	57.1
小石川	1,866	17	1,849	145	293	1,411	8	16	76	10	25	65	49.5
本郷	1,400	12	1,388	119	312	957	9	22	69	10	35	55	56.5
下谷	1,493	15	1,478	137	428	913	9	28	12	10	40	50	60.0
淺草	1,400	86	1,314	165	497	652	13	38	49	14	50	36	67.8
本所	1,773	153	1,620	177	483	960	11	29	59	12	40	48	60.4
深川	2,286	194	2,092	133	404	1,555	9	19	74	11	35	54	56.7
全市	22,909	1,036	21,873	2,359	5,081	14,433	11	23	66	13	37	50	58.5

[備考] (1) 河川家屋及全面積ハ明治四十四年刊行東京市統計年表明治四十二年現在ニ依ル

(2) 道路面積ハ東京市土木課道路掛最近ノ調査ニヨル

(3) 全面積ヨリ河川面積ヲ控除シタルモノヲ有效面積トス

(4) 有效面積ヨリ道路及家屋面積ヲ控除シタル殘リヲ總テ空地ト假定ス

(5) 將來ニ於ケル道路面積ハ市區改正新設等ニ依リ現在ヨリ約二割増加スルモノト假定セリ

(6) 家屋面積ノ増加ハ大略人口ヨリ想定セリ即チ統計年表ニ依レハ明治四十二年現在人口 1,623,079 ニシテ下水設計ノ標準人口 3,000,000 ニ達スルハ約 90% ヲ増加スル割合ナリト雖モ家屋面積ハ必ラスシモ人口増加ニ比例スルモノニアラザラ以テ家屋面積ハ約 60% 増加スルモノト假定シ之ヲ各區ノ狀況ニ應シテ割施テ之ヲ以テ人口 3,000,000 ニ達シタル時ノ家屋面積ト假定セリ

(7) 平均流下係數ハ道路ノ不透透率 50%、家屋 100%、空地 30% トシ之ヲ面積ノ百分率ニ依リ平均シタルモノナリ

本表ニ依リ全市ノ流下係數ハ平均約 60% ト考フル事ヲ得故ニ下水管ノ雨水流下量計算ニ對シテハ次ノ如ク假定ス

- 第一種(家屋最モ密ナル部分) 75%
- 第二種(家屋稍々粗ナル部分) 60%
- 第三種(屋敷町ノ部分) 50%
- 第四種(公園、墓地等) 20%

(四) 懸滯 (Retention (英) or Verzögerung (獨))

一面積上ノ雨水排流方法ヲ左右スルコトニ就キテハ上記ノ事實ノ外ニ尙ホ他ノモノノアリテ存

スルコトヲ忘ル可カラス或下水系統ノ上端ヨリ或與ヘラレタル地點迄雨水ノ流達スルニ要スル時間若シ降雨時間ヨリモ長キ時ハ其最上端ヨリ流下スル雨水ハ前記下流ノ一地點ノ附近ノ雨水既ニ流下シタル後ニ及ヒテ其地點ニ達スヘシ如斯場合ニ於テハ全面積ノ雨水ハ同時ニ集流セサルヘシ換言スレハ排水面積ノ最モ遠キ部分ヨリスル雨水ハ考ヘラレタル地點ニ到達スル距離ノ爲メニ下流ノ地點ニ近キ部分ヨリスル雨水ト合シテ同時ニ排流セラル、コトナク茲ニ遲滯即チ水流ノ輕減ヲ惹起スモノトス

遲滯ノ影響ノ認識ヲ得ンカ爲メニハ本問題ヲ次ノ如ク考フルヲ便トス

$L = \text{下水管ノ長}$ $V = \text{雨水ノ下水管内ヲ流ル、平均流速トセヨ}$

今下水管ノ上端ニ流入スル少量ノ雨水ヲ考フルニ其雨水カ下流ノ一地點若クハ吐口ニ達スルニ要スル時間ハ $\frac{L}{V}$ ナリ若シ D ヲ降雨時間トセハ降雨ノ始期ヨリ下水管内ニ雨水ノ流下カ事實上停止スルニ至ルマテノ全時間 T ハ次ノ如シ

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

即チ雨水カ開渠若クハ暗渠ヲ流ル、ニ關セス排流ニ對スル時間ハ降雨ノ實際期間ヨリモ長大ナリ乍併此事實ハ直ニ以テ下水管ノ断面寸法ノ減少セラル、コトヲ保證スルモノニアラス何トナレハ如斯減少ハ下水管ヲ通シテ雨水ノ流過スルニ要スル時間ニ比シテ降雨時間短キ場合即チ $D > \frac{L}{V}$ ナルカ或ハ $L > V \times D$ ナル場合ニ於テノミ可能ナレハナリ即チ遲滯トハ排水全面積ニ降レル雨水カ同時ニ下流ノ一地點ニ流集セスシテ徐々ニ流下スル時ニ始メテ惹起サル、現象ナリトス

強度大ニシテ繼續期間短キ降雨ノ時ハ下水管ノ延長短キ時ニ於テモ遲滯惹起サル、コトアルヘシト雖モ其繼續數時間ニ及フ場合ヲ考フル時ハ下水管ノ延長著シク大ナル場合ニ於テモ遲滯ハ

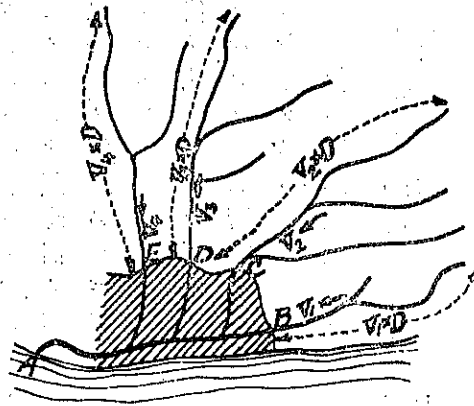


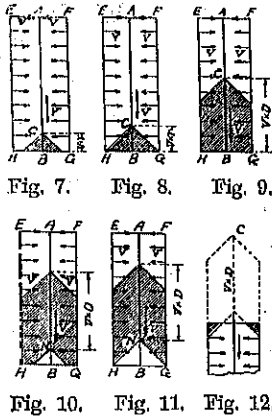
Fig. 6.

惹起サレサルコトアルヘシ然リ遲滞ハ主トシテ想定セラレタル最大降雨ノ繼續期間及下水管内ニ於ケル流速並ニ管長ノ上ニ關係ヲ有スルモノトス

考ヘラレタル排水面積若シ家屋櫛比セル市街ノ内部ニ位スル時ハ管内一地點ニ雨水ノ流達スル時間ハ單ニ下水管ニ附シタル勾配ニ依リテ起ル所ノ流速ニヨリ定マルモノト見做シテ可ナリ何トナレハ屋根庭及舗設道ヨリスル雨水ノ下水管ニ集注シテ流入スルニ要スル時間即所謂流入時間 (Inlet concentration time) ハ一般ニ管内ノ雨水カ吐口ニ達スルニ要スル時間ニ比較スル時ハ殆ント無視スルモ支障ナキ程度ニ短カケレハナリ殊ニ長大ナル下水管ノ場合ニ於テ然リトス然レトモ村落地方若クハ都市ニ在リテモ家屋散在セル地區ニ於テハ前記流入時間ニ對シテ二三分若クハ十分時間ノ餘裕ヲ有セシムルコト必要ナルヘシ今第六圖ニ依リテ表ハサレタル如キ家屋櫛比セル市街面積ヲ考ヘンニ各下水管ノ上部延長ニ對スル $N \times D$ ノ價ヲ計算シタルトキ B, C, D, E 依リ取圍マレタル線ハ遲滞ノ惹起サル、限度ヲ示スモノニシテ此限度ハ B 及 M ノ價ニ依リテ變化セラル、ヲ以テ此等ノ價ニハ大ニ考慮ヲ加ヘサル可カラス相當ニ廣キ面積ヲ有スル普通都市ノ下水道ニアリテハ最モ多クノ場合ニ於テ下水管ノ吐口ニ於テ最高率ノ流下量ヲ生セシムル所ノ大雨ノ期間ハ恐ラク 30 分乃至 30 分即チ $1,200$ 秒乃至 $1,800$ 秒ヨリ大ナラサラン然レトモ一層廣大ナル面積ヲ排水スルモノニアリテハ一時間若クハ夫以上ノ期間ノ大雨ニ因リ反之一層狭小ナル地區ノ下水管ニアリテハ繼續期間僅ニ 10 分若クハ 5 分ニ亘レル大雨ニ依リテ最高率ノ流下量ヲ惹起スモノトス而シテマハ通例

3(R/2h)ヨリ大ナルヲ以テ流下量ノ計算ニハ排水面積ノ大小ニヨリテ延長約3,000尺乃至5,000尺ヨリ短キ下水管ニテハ遲滯ハ除外トシテ考へ得ルコトアリ又延長10,000尺ニ亘ルモ些ノ遲滯起ラサルコトアリ或ハ又延長僅ニ1,000尺乃至2,000尺ヲ超過スルカ爲メニ遲滯ヲ惹起スコトアリ即チ遲滯ハ管内一定ノ流速ニ對シテハ一ニ降雨強度ノ撰定ト下水管長ノ上ニ懸リテ左右セラル、モノニシテ短時間ノ高強度ノ降雨ヲ標準ニ取ルトキハ遲滯ハ管路ノ延長スルニ從ヒテ増大シ反之管路ノ延長スルニ從ヒテ降雨強度ノ標準ヲ減少スルトキハ遲滯ハ殆ント惹起サレサルモノト知ルヘシ

備テ然カモ尙ホ雨水ノ排流ノ上ニ及ホス遲滯ノ影響トハ如何ナルモノナリヤトノ疑問ハ水解セラレサラン如斯影響ハ次ノ圖ニ於ケル矩形面積EFGHヲ考フル時ハ簡單ナル方法ニヨリテ明瞭ニ理會シ得ヘシ



AB線ハ矩形EFGHニ依リテ取圍マレタル面積ヲ排水スル所ノ下水幹線ヲ表ハス降雨期間Dノ初期ニ於テハB點附近ヨリスル雨水ハ先ツ吐口ニ達スルモノニシテ(第七圖)及ヒ(第八圖)ニ於テハ其面積ヲ影線ヲ施シタルHCGヲ以テ表示ス降雨期間中ハ(第九圖)ニ示セル如ク漸次之ニ接續スル上流面積排水セラレ排水面積漸次廣大スト雖モ一旦降雨歇マハB點附近ヨリスル雨水ハ先ツ流下ヲ止メ其面積ハ第一〇圖及ヒ(第一一圖)ニ於ケル影線ヲ施サ、ルHNG三角形ニヨリテ表ハサル而シテ影線ヲ施セル部分ノ長サハV×Dニ等シ若シ影線ヲ施シタル部分ノ〇點排水面積ノ最上限界ニ推移シタル以後ニ至ラハ流量ハ(第一二圖)ニ示スカ如ク遂ニ雨水ノ最後ノ部分カ排泄セラル、迄漸次減少セラルヘシ此等ノ關係ヲ式ヲ用ヒテ表ハサンニ

q = 排水面積中單位面積ノ雨量

A = 全排水面積

a = 同時ニ集流スル最大排水面積

トスル時ハ

$$\frac{q \times a}{q \times A} = \frac{a}{A} = R$$

R ハ或與ヘラレタル降雨強度ノ場合雨量ノ實際流下量ヲ得ンカ爲メニ $q \times A$ ニ乘スヘキ係數ニシテ之ヲ遲滯係數 [Coef. of Retardation (英), Verzögerung Koef. (獨)]ト稱シ其價大ナル程遲滯ハ少ク反之其價小ナル程遲滯多キモノトス

例一

$$L = 12,000 \text{ 尺}, V = 3 \text{ (尺/秒)}, D = 1,200 \text{ 秒}$$

然レトキハ

$$R = \frac{a}{A} = \frac{V \times D}{L} = \frac{3 \times 1200}{12,000} = 0.3$$

右ノ公式ヲ吟味スルニ R ハ一定ノ A 若クハ L ニ對シテ V 及 D ノ大小ニ應シテ變化セラル、モノニシテ V ノ價一定セル場合ニハ遲滯ハ D ノ價小ナルモノ即チ繼續期短キ高度ノ降雨ヲ考フル程其量増大シ反之 D ノ價大ナルモノ即チ繼續期長キ低度ノ降雨ヲ考フル程其量減少ス又單一ノ D 即チ一定ノ降雨強度ヲ探ランカ V ノ價一定セル場合ニハ管路長キ程遲滯量増加シ管路短キ程其量減少シ又 V 及 L ノ價一定セル場合ニハ管内ノ流速大ナル程遲滯量ニ減少ヲ來シ流速小ナル程其量ヲ増加スルコト明ナリ但降雨強度ハ D ニ反比例シテ増減スルヲ以テ下水管徑計算ノ爲メニ標準トスヘキ實際流下量ハ必ラスシモ遲滯ノ大小ニ應シテノミ左右セラル、モノニアラス即チ一定ノ排水面積若クハ L ニ對シテ如何ナル價ノ D 及 V カ最大流下量ヲ與フルカヲ決定スルコト最モ必要ナレトモ茲ニハ唯遲滯ノ意味ヲ解説スルニ止メタリ

上來説キ來リタル説明ニ依リ遲滯ノ意味及ヒ其雨水流下量ニ及ホス影響ヲ了解スルヲ得ヘシ而シテ尙ホ排水面積ノ地勢廣袤及ヒ形狀並ニ下水管内ニ於ケル流速ハ遲滯ヲ左右スル所ノ主要因子ニ關係ヲ有スルヲ以テ左ニ之ヲ略説セントス

(イ) 排水面積ノ地勢

雨水ノ滲透ハ明ニ程度ノ問題ニシテ緻密ナル粘土スラ假スニ時間ヲ以テセハ水ヲ吸收スヘク若シ排水面積極メテ平坦ナルトキハ雨水自ラ長時間地表ニ殘留シ徐々ニ吸收セラレ蒸發セラレ若クハ排泄セラレヘシ又雨水ノ地表ヲ流下スルニ要スル時間ハ勾配及ヒ一般地勢ニ關係ス即チ小丘及ヒ涯地ヨリ成リ立ツ地方ニテハ雨水ハ平坦ナル地方ニ於ケルヨリモ迅速ニ流下スヘシ即チ排水面積ノ地勢ハ稍流下係數ヲ左右スルノミナラス雨水ノ流入時間及下水管ノ勾配從テ管内ノ流速ニ大關係ヲ有ス

(ロ) 排水面積ノ廣袤

排水面積ノ廣袤ハ遲滯ニ關係ヲ有スル範圍即チ遲滯カ其長サノ爲メニ惹起サル、限リハ重要ナル事柄ナリ何トナレハ或任意ノ一地點ニ雨水集流スルニ要スル時間ハ其流下スル距離ニ關係シ又既ニ説明シタルカ如ク下水管ヘノ雨水流下量ヲ計算スルカ爲メニ探ル所ノ降雨ノ強度ハ通例下水管ノ長サニ反比例シテ變化セシムヘキモノナレハナリ即チ排水面積ノ廣袤ハ下水管ノ長短從テ探ルヘキ降雨強度ノ大小ニ大關係ヲ有ス

(ハ) 排水面積ノ形狀

排水面積ノ形狀モ亦考ヘラレサルヘカラサル一因子ナリ何トナレハ同大ノ面積ニ於テモ形狀細長キ時ハ其方形ナル場合ニ於ケルヨリモ雨水集注時間長ケレハナリ即チ排水面積ノ形狀モ亦遲滯ニ對スル關係(ロ)ト同様ナリ

(二) 下水管内ニ於ケル流速

遲滯ノ因子ハ雨水ノ流速ヲ以テ直ニ集流時間ヲ決定シ得ル限リハ下水管内ニ於ケル流速ニヨリテ支配セラル即チ若シ下水管急勾配ヲ以テ埋設セラル、時ハ其緩勾配ヲ以テ埋設セラル、場合ヨリモ管路ノ一地點ニハ一定時間内ニ大面積ノ雨水集流スヘシ故ニ高度ノ流速ハ遲滯ヲ消滅セシメ反之遲緩ナル流速ハ遲滯ヲ助長シ易シ

(五) 雨水流量計算ニ付キテノ概論

抑モ住居地域ニ雨水氾濫防止ノ方法ヲ講スルコトハ極メテ必要ナリ何トナレハ雨水氾濫ハ住民ニ極メテ不快ノ感覺ヲ與フルハ論ヲ俟タスシテ尙ホ雨水氾濫ハ公衆衛生ニ對スル一ノ威嚇ダレハナリ然リト雖モ工師カ下水道ノ計畫ヲ立ツルニ當リ絕對ニ雨水氾濫ヲ防止スルニ足ル程度ノ大下水管築造ノ爲メニ莫大ナル工費ヲ投セントスルハ決シテ賢明ナル方法ニアラス即チ若シ從來或地方ニテ觀測セラレタル絕對最大降雨強度ヲ管徑計算ノ標準ニ採ル時ハ其下水管ハ全排水能力ニ働クコト極メテ稀ナル如キ非常ノ大管トナリ且ツ財政上實行不可能ナル程莫大ナル工費ヲ要スヘシ反之低位ノ降雨強度ヲ採用スルトキハ工事ノ實行ニ對シテハ甚タ容易ナルヘシト雖モ續々氾濫ヲ惹起スニ至ルヘシ故ニ雨水管若クハ合流式下水管ノ斷面計算ノ基根トシテノ標準雨量ノ決定ニハ極メテ慎重ナル考慮ヲ用非サルヘカラス

獨逸國ニテハ毎秒毎へくたゝる約 10 り 1 た 1 (毎秒毎 1 坪約 0.832 立方尺)ノ降雨ハ下水系設計ニ對スル最低限度ノ標準ヲ示シ伯林ニテナサレタル觀測ニ依レハ此強度ヲ超過スルモノ毎年約五回以上ニ及フ而シテ毎秒毎へくたゝる 150 り 1 た 1 (毎秒毎 1 坪約 1.782 立方尺)ノ如キ高度ノ降雨ハ極メテ稀ニ採用セラル、ヲ見ル

年雨量伯林ニ於ケルヨリモ大ナル瑞西國ば 1 ぜる市(Baselstadt)ノ如キ地方(前表、 597 日/年)發給ハ

770

840 m/m.) ニ在リテハヨリ大ナル強度ノ降雨ヲ標準ニ採レリ例ヘハびゆるくりーちーぐれる氏 (Brinkli-Ziegler) ハ毎秒毎へくたーるニ付キ 125 (毎秒毎十立方尺) 乃至 200 (りーたー) (毎秒毎十立方尺約 2.376 立方尺) ヲ以テ瑞西國ニ適スト考ヘタルカ如シ

如斯降雨強度ノ標準ハ地方ニ依リテ經濟上最大ナルモノヲ判斷決定セサルヘカラス又排水面積廣大ナル場合ニハ枝線ト幹線トハ自ラ降雨ノ標準ヲ異ニシ管徑ヲ計算スルヲ至當トス

曩ニ一排水區内ニ於ケル降雨ノ分布ハ實際一様ナラサルヲ以テ最大降雨ヲ標準ニ採ル場合ニハ固ヨリ其地區内ノ平均降雨強度ヲ見出シ以テ雨水流下量ヲ計算スルヲ以テ理論的ナリト説ケリ然レトモ平均強度ヲ見出スハ其地區ニ於ケル雨水分布ノ狀況ヲ些細ニ觀測調査シ且ツ變化ノ狀態ヲ確知シタル後ニアラスンハ可能ナラス漫リニ他ニ倣ヒテ公式ヲ設定スルハ結果ノ危險ニ陥リ易キ恐アリ故ニ平均強度係數ハ通例之ヲ無視シ一排水區ノ降雨ハ同時刻ニハ均等ニ分布サル、モノト假定シテ流下量ヲ算出スヘシ蓋如斯假定スルコトニ依リテ得ラル、流下量ハ稍々多大ニ偏スルヲ以テ結果スル誤差ハ多少安全ノ方面ニアルモノトス

又彼ノ流下係數ハ土地ノ建設セラレタル狀況鋪道ノ有無等ニヨリテ略ホ一定セルヲ以テ獨逸國諸市ニ於ケル標準若クハ東京市ニテ調査セシ結果等ヲ參酌スル時ハ甚シキ誤謬ナキモノト信ス從テ此流下係數ニ關シテハ深キ疑問起ラサルヘシ

然ルニ彼ノ雨水遲滯ノ狀態ニ至リテハ其攻究最モ困難ニシテ明瞭ナラサルモノ多シ蓋前ニ記述シタルカ如ク之ヲ支配スル因子極メテ複雑ナルヲ以テナリ而シテ雨水流下量ヲ算定スルニ用ヒラル、諸公式ニ就キテ見ルニ最モ明亮ヲ缺ケルモノハ此遲滯ヲ支配スル因子ナリトス乞フ之ヨリ聊カ公式ノ批評ヲ試ミシメヨ

現今歐米諸國ニ於テ行ハル、都市下水道ノ雨水流下量ヲ見出ス公式多種多樣ニシテ其數恐ラク

十數種以上ニ出ツルナラン就中獨英米諸市ニ於テ廣ク採用セララルハ彼ノびゆるくり、ちりぐれる氏公式 $(q = cr \sqrt[4]{S})$ 、びゆるくり、ちりぐれる氏 (Brix) 公式 $(q = cr \sqrt[6]{S})$ 及ヒビゆるくり、ちりぐれる氏 (McMath) 公式 $(q = for \sqrt[5]{S})$ [式中 q = 單位面積ノ排水量, $c, l =$ 流下係數, $r =$ 單位時間內ノ降雨量, $A =$ 排水面積, $S =$ 地表ノ勾配] ナレトモ此等スラ決シテ完全ニ合理的ノモノニアラス況ンヤ其他ノ諸公式ニ至リテハ廣ク漫リニ應用スヘカラス何トナレハ公式ハ凡テ其組成ノ根底悉ク實驗的ナルカ若クハ任意斷定的ノモノニ屬シ夫々特殊ノ地方ニ於テ多年ニ亘リテ觀測セラレタル結果其地方ノ雨量、面積、土地ノ勾配並ニ在來下水管渠ニ於ケル流下量トノ間ノ關係ニ流下係數ヲ交ヘテ組立テタルモノナレハナリ例ヘハびゆるくり、ちりぐれる氏公式ハ英ノぼり、ちりぐれる氏 (Hawley) 公式ニ多少ノ變改ヲ加ヘテ成立テタルモノニシテ初メテちり、ちりぐれる市 (St. Louis) ニ應用セラレ其應用ノ範圍ハ毎秒毎ヘクたゝるニ付キ 125 乃至 200 ちり、ちりぐれるノ降雨ノ場合ナリトセラル又びゆるくり、ちりぐれる氏公式ハ、雨水流量ノ實際過少ナルヲ發見シタルヲ以テ任意ニ公式中ノ面積ノ指數ハ 0.5ニ増加シ又まぐれす氏公式ハ同氏カ米國せん、ちりぐれる市 (St. Louis) ノ下水道ヲ設計スルニ當リ降雨量一時間 2.76 吋ヲ標準ニ採リ又地表ノ勾配ヲ千分ノ十五ニ取リテ組立テタルモノナリ此等ノ公式ハ其編成セラレタル都市ニアリテハ實際上支障ナク應用シ得ルコトアリト雖モ決シテ一般的ノモノナラサルヲ以テ土地ノ狀況並ニ降雨ノ性質ヲ異ニスル都市殊ニ其懸隔甚シキ我國ニ於テ漫リニ模倣スルトキハ不測ノ失敗ヲ惹起スルコトナキヲ保シ能ハス而シテ詳細ニ此等ノ公式ヲ查覈スルニ雨水ノ流集ニ大關係ヲ有スル下水管内ノ流速ヲ除外シテ代フルニ單ニ雨水ノ下水管取入口ニ流達スル時間ヲ支配スル所ノ地表ノ勾配ノミヲ考慮ニ採レルハ果シテ適切ナル用意ナリヤ何トナレハ下水管ノ勾配ハ必スシモ地表ノ勾配ニ一致セシメ能ハサレハナリ又雨量ハ著者ノ知レル範圍ニ

於テハ何レモ降雨期間ト降雨強度トノ關係ヲ無視シテ唯一單位時間內ノ降量ノミヲ考ヘ且面積ニ何等應用ノ範圍ヲ設定セルモノアルヲ見ス且ツ又諸公式ノ與フル結果ハ悉ク一致セサルノミナラス其懸隔實ニ甚シキモノアル(諸參考書ニ比較圖表掲ケラル、ヲ以テ此處ニハ示サス)ヲ以テ應用者ニ取リテハ其選擇ニ當リ最モ方途ニ迷フ所ナリ既ニ屢々論述シタルカ如ク下水管ノ雨水流量ハ通例排水面積小ナル時ハ短時間內ノ強雨ノ影響ヲ受ケ反之面積大ナル時ハ長時間ニ亙レル強度比較的低キ降雨ノ影響ヲ受クルヲ以テ一單位時間內ノ降雨量ト大サニ何等制限ナキ任意ノ面積トヲ公式中ニ連結セシムルハ不合理甚シキモノトス故ニ此兩者ノ關係ヲ單ニ $\frac{Q}{A}$ 包含セラル、モノナリト見做シテ無差別ニ之ヲ使用スルハ決シテ賢明ナル處置ニアラス而シテ此等ノ公式ニ依レハ小面積ニアリテモ自ラ遲滯惹起サル、コト、ナレトモ之ハ實際有リ得ヘカラサルコトナリ又大面積ニアリテハ過大ノ遲滯ヲ來シ理論上不合理ナルノミナラス實際ニ於テモ從來之カ爲メニ雨水氾濫ノ不幸ヲ見タル場合勘ナカラス即チ之ニ依リテ見ルモ公式應用ニ面積ノ制限アルヘキコト明ナリ若シ強テ此等型式ノ公式ヲ採用セントセハ降雨強度ヲ表ハストコロノ、ニハ極メテ短時間ノ大強度ノ降雨量ヲ適用セサルニ於テハ遲滯ノ關係ニ不都合ヲ來スヘシ何トナレハ降雨期間長キニ亙レル強度比較的低キ降雨ハ實際遲滯ヲ惹起スコト些少ナルニ拘ハラズ公式ハ却テ過大ノ遲滯ヲ與フルニ至ルヲ以テナリ尙ホ以上三公式中ノ、及ヒ $\frac{Q}{A}$ ハ流下係數ニシテ多ク問題トスルニ足ラス又 $\frac{Q}{A}$ 若クハ $\frac{Q}{A}$ ハ單位面積上ノ雨水純排泄量ヲ意味シ $\frac{Q}{A}$ ハ雨水遲滯ノ係數ヲ意味スルモノニシテ $\frac{Q}{A}$ ノ價ノ定メ方ニヨリ雨水流量ニ大小ヲ來スモノトス去レハ獨國 $\frac{Q}{A}$ につぜるどるふ市 (Düsseldorf) ノ如キハ同一排水區域内ニアリテモ土地ノ傾斜ニ依リテ之ヲ或ハ $\frac{Q}{A}$ 或ハ $\frac{Q}{A}$ 或ハ $\frac{Q}{A}$ ニ分別採用セリト雖モ之唯單ニ技師ノ任意的決定ニ止マリ何等標準トスヘキモノナシ而シテ降雨ノ期間及ヒ強度排水面積若クハ下水管ノ延長流下係數並ニ管

内ノ流速ノ諸因子ヲ適宜ニ實際的ニ相連結セシメタル公式ニアリテハ遲滯ハ多ク考フルノ必要ナク從テ在來諸公式ニ於テ見ル如キ不明亮ノ點ヲ一掃シ而カモ精確ニ流量ヲ算定シ得ヘシ今後斯ノ如キ公式ノ工夫セラル、コトアラハ其幸福トスル所當ニ技師ノミナラサルナリ要スルニ雨水流下量ヲ計算スル在來ノ諸公式ハ克ク其成因並ニ組成ヲ考究シ實際應用スルモ敢テ不都合ナキ見込立チタル上ニアラサレハ漫リニ模倣スヘカラス單ニ簡便ヲ貴フノ見地ヨリスレハ寧ロ英國ニ於テ屢々行ハル、カ如ク土地ノ大小ニ應シテ變化スル流下係數ヲ一單位時間内ノ降雨量及ヒ排水面積ニ乗シタルモノヲ以テ下水管ノ雨水流下量ヲ定ムルニ如カスト思惟ス即チ公式ヲ用ヒテ見出シタル流下量ニハ明快ナル判斷ヲ加フルノ必要アリ而シテ其判斷タルヤ蓋經驗ニ乏シキ技師ノ最モ困難トスル所ナリ

如斯論シ來レハ著者ハ雨水流下量ヲ最モ合理的ニ且比較的精確ニ計算スル方法ハ次ノ二途ニ出テサルヘシト信ス第一方法ハ英ノろいどだジャス氏 (Lloyd Davis) 及ヒわーりんぐとんばと氏 (Wallington Butts) 又ハ獨ノぶりくす氏 (Brick) 等ニ依リテ提唱セラレタル如ク下水管内ノ平均最大流速ヲ假定シ之ヲ以テ下水系ノ雨水流過延長ヲ除シタル時間ニ相當スル繼續期間内ノ最大降雨ヲ探リ之ニ該下水系ノ支配スル排水面積及ヒ流下係數ヲ乘シタルモノヲ以テ最大流下量トナスコト第二方法ハ初メテ獨ノふりーりんぐ氏 (Pritchings) ニ依リテ唱導セラレ後ニはうふ氏 (Eaufray) ニ依リテ改良セラレタル如キ流水面積圖若クハ流量曲線ヲ畫キ且雨水量圖表ヲ用ヒテ最大流下量ヲ見出スコトナリ以下順次之カ説明ヲ試ミントス

(六) 雨水流下量ノ合理的計算法

(イ) 第一方法

此方法ハ下水系ノ一地點ニ雨水ノ最大流下量ノ生スルハ降雨期間カ其地點ニ雨水流集スル時間

ニ等シキ場合換言スレハ該地ヨリ上部ノ排水面積ノ雨水カ全部流集スル場合ナリトノ假定ヲ基礎トス故ニ遲滯ノ觀念ハ全ク加フルノ必要ナキナリ此假定ハ多クノ場合ニ不合理ナラス何トナレハ雨水流下量ハ通例排水面積小ナル程繼續期間短キ高度ノ強雨ノ影響ヲ受クル事實の經驗ト及ヒ雨水ノ下水管内ニ於ケル流速ヲ考慮ニ加ヘタレハナリ先ツ下水管内ノ平均最大流速 V ヲ假定シ下水系ノ起點ヨリ下流ノ考ヘラレタル一地點ニ至ル長サヲ L トスルトキハ L/V 二點間ノ雨水流過時間ナリ故ニ該地點ニハ此 L/V ニ相當スル期間ノ最大降雨カ最大流下量ヲ與フ故ニ雨水流過區域ノ延長及流過時間ニ依リ降雨強度表ニ準據シテ次表ノ如ク單位排水面積ノ雨水流下量ヲ定ムルコトヲ得ヘシ

下水管長並ニ各種流速ニ對スル單位面積ノ最大雨水流下量表

下水管長 (L) (尺)	平均最大流速 V (尺/秒)ニ對スル流過時間 (T) (分)			最大流下量 (Q) (立方尺/秒/1,000坪)		
	$V=3.0$	$V=3.5$	$V=4.0$	$V=3.0$	$V=3.5$	$V=4.0$
600	3.3	2.9	2.5	3.41	3.43	3.45
900	5.0	4.3	3.8	3.30	3.33	3.37
1,200	6.7	5.7	5.0	3.19	3.25	3.30
1,500	8.3	7.1	6.3	3.11	3.17	3.23
1,800	10.0	8.6	7.5	3.02	3.09	3.15
2,400	13.3	11.4	10.0	2.83	2.94	3.02
2,700	15.0	12.9	11.3	2.78	2.87	2.95

3,000	16.7	14.3	12.5	2.71	2.81	2.89
3,600	20.0	17.1	15.0	2.59	2.70	2.78
4,200	23.3	20.0	17.0	2.47	2.59	2.68
4,800	26.7	22.9	20.0	2.36	2.49	2.59
5,400	30.0	24.8	22.5	2.27	2.42	2.50
6,000	33.3	28.6	25.0	2.17	2.31	2.42
7,200	40.0	34.3	30.0	2.02	2.15	2.27
8,400	46.7	40.0	35.0	1.87	2.02	2.13
9,600	53.3	45.7	40.0	1.75	1.89	2.02
10,800	60.0	51.4	45.0	1.65	1.79	1.91
12,000	66.7	57.1	50.0	1.55	1.69	1.81

〔備考〕 上表ニ於ケル流過時間ハ雨水ノ管内ヘノ流入時間ヲ考ヘスシテ計算シタルモノニシテ最大流過量ハ東京市標準降雨圖表(第二圖表)ヨリ探ラタルモノトス

上表ヨリシテ平均關係トシテ排水區域ノ下水系中任意ノ一箇モリ上流最モ遠キ起點ニ至ル距離ニ應シテ次ノ如キ最大雨水流下量ヲ得ヘシ

下水管渠ノ延長	流下係數ヲ參ニ入レサル雨水流下量
(尺)	(立方尺/秒/1,000坪)
600迄	3.5
1,200 "	3.3
2,400 "	3.1
3,600 "	2.8

5,400 "	2.6
7,200 "	2.3
9,600 "	2.1
12,000 "	1.9

故ニ下水系統ノ路線中任意ノ地點ニ於ケル最大雨水流下量ヲ見出サントセハ該地點ヨリ上流所屬排水區域ノ境界ニ至ル迄最モ長キ線路ノ延長ヲ計リ前掲表ニ依リテ此道程ヲ合致セシメテ得タル流下量ト該地點ヨリ上部ノ排水面積(1,000坪ヲ假定スル)ト及流下係數トヲ相乘スヘシ例ハ線路ノ延長 $(L) = 2,400$ 尺 排水面積 $(A) = 52,000$ 坪 流下係數 $(C) = 0.5$ トスルトキハ 流下量 $(Q) = 3.1 \times 52 \times 0.5 = 80.6$ 立方尺 トナルナリ但此場合下水管内ノ平均最大流速ハ每秒三乃至四尺ヲ與フルモノトス

若シ雨水下水管ノ入口ニ流集スルニ要スル時間即チ流入時間ヲ考フル必要アルトキハ其時間ニ流過時間ヲ加ヘタルモノニ等シキ期間ノ降雨ノ場合始メテ全面積ノ雨水下流ニ流集スルヲ以テ管内雨水ノ流過時間流入時間ニ等シキ距離丈ケ下水管延長シタルモノトシ此等距離ノ道程ニ合致スル流下量ヲ見出シタル後上記ノ方法ヲ適用スヘシ例ハ上記ノ例題ニ於テ流入時間ヲ以テ分トシ且管内ノ流速ヲ每秒三尺ト假定スルトキハ管内雨水ノ流過時間之ニ等シキ下水管長ハ 900 尺ニシテ總道程ハ $2,400 + 900 = 3,300$ 尺 ナルヲ以テ雨水流下量ハ 2.8 (立方尺/秒/1,000坪) ナリ即チ $Q = 2.8 \times 52 \times 0.5 = 72.8$ 立方尺 トナルナリ

(ロ) 第二方法(一名圖式法)

第一方法ハ排水區域ノ形狀比較的規則正シキ場合ニハ通例實際的精確ナル結果ヲ得ヘシト雖モ排水區域ノ形狀甚タ不規則ナルトキハ下水系ノ下流ノ一地點ニ於ケル雨水ノ最大流下量ハ全城

ニ互レル降雨ノ流集ニ依ルヨリモ寧ロ繼續期間短キ大強度ノ降雨ニ依リテ排水區ノ一部ノ雨水カ流集スル場合ニ生スルコトアリ例ヘハ不規則ナル形狀ヲ有スル地區ニシテ吐口ニ接近セル面積之カ主要部分ヲ占ムル時ハ強烈ナル降雨ノ間其部分ヨリスル雨水ハ迅速ニ吐口ニ流集スレトモ遠キ部分ヨリスルモノハ長時間ノ後初メテ其所ニ達スヘシ若シ如斯場合不幸ニシテ第一方法ノ如ク全排水區域ヨリ雨水流集スル時間ヲ計リ之ニ相當スル期間ノ降雨ヲ基礎トシテ定ムルトキハ流下量ハ過少ニ陷ルコトアルヘシ又排水面積不規則ナラサル場合ト雖モ地區ノ任意ノ一部ヨリ集注スル大強雨カ却テ全域ヨリ集注スル比較的強度ノ降雨ヨリモ大ナル流下量ヲ與フルコトナキヲ保シ能ハス或ハ又高強度ニシテ短時間ノ降雨ハ已ニ其以前ノ降雨ノ流量ニ依リテ下水管大ニ排流セラレツ、アル時期ニ於テ往々發生スルコトアルヲ以テ又決シテ之ヲ無視シ能ハス故ニ重要ナル場合ニハ如何ナル種類ノ降雨カ果シテ最大流下量ヲ惹起スヤヲ確定スルコト大ニ願ハシキコトニシテ數年前物故セシ獨逸ノふりーりんぐ博士(Dr. Fritling)ニ依リテ主唱セラレタル如キ流水面積圖(Flow area)ヲ畫クコトニ依リテノミ獨リ之ヲ遂行シ得ヘシ而シテ此方法ハ全ク遲滯ノ觀念ヲ加味セサル第一方法ニ之ヲ加味シタルモノトヲ連結シタル萬全ノモノニシテ所謂流水面積圖ハ方眼紙上ニ畫キ得ヘク其水平線(橫距)ハ分ヲ以テ時間ヲ表ハシ垂直線(縱距)ハ立方尺ヲ以テ雨水量ヲ表ハスモノトス

以下其方法ヲ説明スルニ當リ先ツ次ノ公式ヲ掲グルコト必要ナリ

Q = 雨水全排水面積ヨリ流達スル場合ニ於ケル雨水流下量(立方尺/秒)

Q_1 = 大雨中若クハ大雨後任意ノ時刻ニ於ケル雨水流下量(立方尺/秒)

P = 圖表若クハ表ヨリ取レル雨水流下係數

R = 1,000ノ面積上ニ降レル雨水量(立方尺/秒)

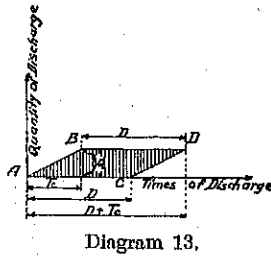
- I = 降雨ノ平均強度係數(圖表若クハ表ヲ参照ノコト)
- A = 1,000坪ヲ以テ單位トスル排水面積
- T₀ = 延長 Lノ下水管ノ下端ニ雨水ノ流集スルニ要スル時間(分)
- L = 下水管ノ延長(尺)
- V = 下水管ニ於ケル平均最大流速(尺/秒)
- D = 降雨期間(分)
- T = 任意ノ時間(分)

然ルトキハ

$$T_0 = \frac{L}{V} \dots \dots \dots (1)$$

$$Q = P \times I \times B \times A \dots \dots \dots (2)$$

$$Q = P \times B \times A \dots \dots \dots [I \text{ヲ無視シタル場合}] \dots \dots (3)$$



下水系統ノ初次設計ニ於テハ任意ノ區間長ハ設計圖上ヨリ求メ又流速ハ假定シテ可ナリ例ヘハ雨水カ管内下半分ヲ流ル、場合若クハ満水シテ流ル、場合ニ毎秒〇呎トナスカ如シ故ニ如斯狀況ノ下ニテ一點ヨリ他ノ點ニ雨水ノ流下スルニ要スル時間 T₀ハ公式(1)ヨリ容易ニ見出し得ヘシ
 流水面積圖ヲ畫ク場合降雨期間ハ Dニシテ降雨始マリテヨリ以後任意ノ時間 Tニ對スル雨水量 Q_tヲ表ハス所ノ縦距ハ次ノ如クナル

若シ T > 0, T < T₀ ナルトキハ $Q_t = \frac{T}{T_0} \times Q$

然ルニ若シ T > T₀ ニシテ T < D ナルトキハ $Q_t = Q$

又若シ T > D ニシテ T < D + T₀ ナルトキハ

若シ(D+E)ノナルトキハ

$$Q_1 = \frac{(T_1 + D) - T}{T_1} \times Q$$

(第十三圖ヲ見ヨ)

(第十三圖)ノ流水面積圖ノ左方傾斜A-Bハ右方傾斜C-Dニ並行ス

雨水流下量ハ並行四邊形ヲナス流水面積圖ニ依リテ表ハサレ而シテ(第十三圖)ノ圖表ハ延長ニ有スル任意ノ下水管ノ下端ニ任意ノ降雨期間Dノ降雨ニ際シ雨水ノ流集スル時刻並ニ流量ヲ明亮ニ表示スルモノナリ但此場合ニ於テ流ハ右ヨリ左ニ向ヒ又吐口ハト點ニアルモノトス以上述ヘ來リタル諸説ヲ綜合シテ任意ノ地方ニ於テ取扱ハルヘキ雨水流下量ヲ計算スル最モ合理的ナル方法ヲ具體的ニ解説センニ設計者ハ先ツ次ノ如クナスヘシ

- (一) 假リニ降雨ノ性質充分ニ觀測セラレサル地方ニアリテハ最大流下量ヲ與フル見込アル降雨ノ期間及強度ヲ決定スルコト
 - (二) 遲滯力惹起サル、ヤ否ヤヲ確ムルコト
 - (三) 若シ遲滯力惹起サレサル時ハ公式(2)若クハ(3)ヲ用フルコト
 - (四) 若シ遲滯力惹起サル、時ハ流水面積圖ヲ畫クコト
- (第十四圖)ニ示シタル平面圖ハ雨水ニ對スル下水系統ノ標準的組成ヲ例示シタルモノニシテ排水セラルヘキ十一個ノ面積ヲ有スル六分區(一人孔毎ノ排水面積ヲ假リニ分區トス)アリ

假定

降雨期間=5分=300秒, 降雨量=3.3(立方尺/秒/1,000坪)
流水面積ノ縮尺: 時間1寸=10分 流量 $\frac{1}{20}$ 寸=1立方尺

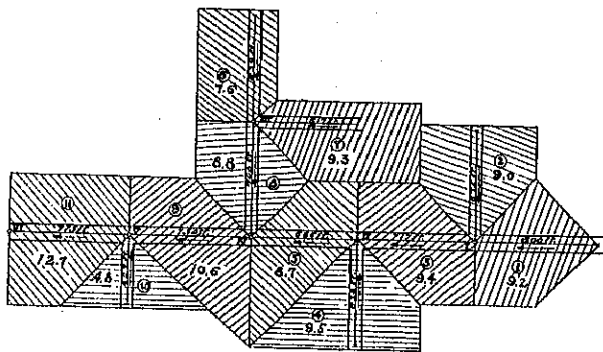


Fig. 14.

數字ハ 1000 坪ヲ單位トセル坪數トス

180

強度係數ハ考ヘス之ヲ無視スルモノトス
第一排水區ヨリ始メテ

$L=800$ 尺, $V=3.0$ (尺/秒)

流集時間 $= \frac{L}{V} = \frac{800}{3} = 266$ 秒 $= 4$ 分 26 秒

流下係數 $= 0.6$

第一排水區ノ面積 $= 9.2$ (1,000 坪ヲ單位トス)

故ニ雨量 $Q = A \times R \times P = 9.2 \times 3.3 \times 0.6 = 18.216$ (立方尺/秒) $= 18.2$ トス

如斯流集時間及ヒ流量ヲ確メバ時ハ流水面積ハ(第十五圖)ノ圖表ノ上部右方ニ畫カル
他ノ十個ノ排水面積ニ對スル流量ハ上ノ方法ト同様ノ計算ニヨリテ求メラレテ次ノ結果ヲ得ヘシ

排水區 1 = 對シテハ 流量 18.2 (立方尺/秒)

2	"	"	17.8	"
3	"	"	18.6	"
4	"	"	18.8	"
5	"	"	17.2	"
6	"	"	15.1	"
7	"	"	18.4	"
8	"	"	17.4	"
9	"	"	21.0	"
10	"	"	9.5	"
11	"	"	25.2	"

合 計 197.2 "

$$\begin{aligned}
 T_6 &= \frac{684}{3} = 211 & " & = 3 & " & = 31 & " \\
 T_7 &= \frac{617}{3} = 206 & " & = 3 & " & = 26 & " \\
 T_8 &= \frac{700}{3} = 233 & " & = 3 & " & = 53 & " \\
 T_9 &= \frac{750}{3} = 250 & " & = 4 & " & = 10 & " \\
 T_{10} &= \frac{422}{3} = 141 & " & = 2 & " & = 21 & " \\
 T_{11} &= \frac{775}{3} = 258 & " & = 4 & " & = 18 & "
 \end{aligned}$$

故ニ人孔 VI ニ於ケル全流量ハ些ノ遲滯ナキ場合ニハ每秒 197.2 立方尺ニ上ホルヘシ
 (第十五圖)ハ(第十四圖)ニ示シタル各分區及ヒ各排水面積ニ對スル流水面積圖ヲ表ハス

本法ニ依リテ圖表ヲ畫カントスルニ當リ準據トスヘキ法則ハ次ノ如ク極メテ簡單ナリ

- (1) 先ツ流下量ヲ見出サントスル下水管(此場合ニ於テハ排水區ノ吐口ニ最モ近ク位置スル下水管)ニ屬スル排水區ノ流水面積圖ヲ畫クコトヨリ歩ヲ進メ次ニ順次上流ノ排水區ニ對シテ流水面積圖ヲ畫クコト

- (2) 一人孔ニ會合スル下水管ノ流水面積ハ同一ノ横距ヲ有ス即チ之等ノ上リ勾配ノ趾點(Toe-point)ハ互ニ同一垂直位置ニアルモノトス

- (3) 二個ノ人孔間ニ位置スル下水管ノ排水區ノ流水面積圖ハ其趾點ヲ下流人孔ト同一點ニ置キ上リ勾配線ノ終點ヲ其下水管ニ對スル流集時間ニ相當スル距離ニ止メ下部排水區ノ流水面積

積圖ノ直上ニ畫カルノコト

(4) 幹線ニ接續スル枝線下水管モ亦上ト同様ニ取扱ハルノコト

(第十五圖)ニ示シタル圖表ハ上記ノ規則ニ從ヒテ畫カレタルモノニ外ナラス

諸テ圖表ハ降雨初マリテヨリ後 \square 時ニ人孔 ∇ ヲ通過スル雨水流下量ハ縱軸ヨリ \square ノ距離ニ於テ立テタル縦距カ流水面積 \square 乃至 \square ヲ切ル所ノ部分(即チ陰線ヲ施シタル部分)ノ和數ニヨリテ表ハサル此縦距ノ流水面積 \square 乃至 \square ヲ切ラサルハ \square 乃至 \square ノ排水面積ヨリスル雨水ノ尙ホ未タ流達セサルカ爲メナリ

之ニ反シテ \square 時ニ於テハ流水面積 \square 乃至 \square ニヨリテ表ハサレタル排水區ノ雨水ハ正ニ人孔 ∇ ニ流集シツ、アルニ流水面積 \square 乃至 \square ニヨリテ表ハサレタル排水區ノ雨水ハ已ニ流過セルモノトス

(第十六圖)ハ流水面積ノ左方ニ於ケル點ヲ下ケ右方ニ於ケル點ヲ高メテ上下ノ陰線部ヲ接續セシメ以テ全排水面積ニ對シテ任意ノ時ニ於ケル雨水流下量ニ對スル左右流量曲線(Flow curve)ヲ得タルモノトス而シテ本曲線ヲ作ルニハ唯上リ曲線 $ABC'D'E'G'H'K'M'N'R'$ ヲ畫ケハ充分ナリ何トナレハ下リ曲線 $AB'CD'.....M'N'R'$ ハ必ラス前者ニ並行スヘキモノナレハナリ

全流量面積中ニ含マル、最大縦距ハ降雨期間 \square 分ノ降雨ノ場合下水管徑ノ大サヲ計算スルノ基礎ニ取ルヘキ最高率ノ流下量ヲ與フルモノニシテ本例題ニ於テハ縦距 S_2 ハ此最高率ノ流下量毎秒 82.0 立方尺ナルコトヲ示シ此量ハ排水區 $7, 8, 9, 10$ 及ヒ 11 ニ對スル下水管ニハ凡テ用意セラレサルヘカラサル雨水流下量ナリトス R_1X 及ヒ S_2 ノ差ハ降雨期間 \square 分ノ場合雨水流下量カ如何ニ多ク遲滯ニヨリテ影響セラル、カヲ指示シ此場合此差ハ實ニ 115.2 (立方尺/秒)ナリ之ト同様ニ S_2 及ヒ R_1U ノ差ハ排水區 \square 乃至 \square ニ於ケル遲滯ニ原因スル雨水流下量ノ減少ヲ表ハス

得ヘシ次ニ此方法ヲ説カントス

先ツ與ヘラレタル排水面積内ノ各下水管ニ付キテ上記ノ如キ方法ニ依リテ一定ノ流量及時間ノ縮尺ヲ用ヒテ流量曲線圖表ヲ畫クコト(假リニ $\frac{1}{10}$ 分間ノ降雨ニ付キテ畫キタルモノトス)(第十六圖)若クハ(第十九圖)(第十九圖)ハ(第十八圖)ヲ基礎トシテ(第十六圖)ト同様ニ調製シタルモノニシテ相違ノ點ハ唯流下係數 $\parallel 0.5$ トナシタルノミトス)ノ如クシ次ニ透視紙上ニ縱橫軸ヲ畫キ其交點ヲ起點トシテ橫軸上ニ同一縮尺ヲ以テ種々ナル降雨期間(例ヘハ $\frac{1}{10}$ 分、 $\frac{1}{20}$ 分、 $\frac{1}{30}$ 分、 $\frac{1}{45}$ 分、 $\frac{1}{60}$ 分)ニ相當スル長ヲ切り其各切點ヨリ垂直線ヲ立テタル上流量ノ縮尺ヲ用ヒテ縱軸ニ最モ近キ垂直線(即チ此場合ニハ $\frac{1}{10}$ 分間ノ垂直線ニ對スルモノ)上ニ流量ノ目盛ヲ \parallel 立方尺毎若クハ $\frac{1}{10}$ 立方尺乃至 10 立方尺毎ニナスヘシ之ヲ標準流量縮尺トス而シテ其他ノ垂直線ニ對シテハ(縮尺 $\parallel 1$)(立方尺 $\parallel 1,000$ 坪)ノ比例ヲ以テ單位流量ノ縮尺單位トシテ \parallel 立方尺若クハ $\frac{1}{10}$ 立方尺乃至 10 立方尺毎ニ流量ノ目盛ヲナスコト前ノ如クシ更ニ各垂直線上ニ畫キタル同一數量ノ目盛ノ點ヲ互ニ結ビ付クヘシ此連結線ハ降雨ノ強度曲線ノ性質ニ應シテ或ハ曲線タルコトアリ或ハ直線タルコトアルヘシ之ヲ雨水量圖表(Rain water discharge diagram)ト稱ス(第二十圖)ハ如斯シテ調製シタル雨水量圖表ナリ

右雨水量圖表ノ調製ニ必要ナル流量縮尺決定方法ヲ述ヘンニ先ツ種々ナル期間ニ對スル標準降雨量ヲ定ムルコト次ノ如シ

標準雨量表 (第一計算表)

I.....	5 分間	3.300 (立方尺/秒/1,000坪)
II.....	10 ” ”	3.027 ” ”
III.....	20 ” ”	2.594 ” ”

IV.....	30	”	2,270	”
V.....	40	”	2,018	”
VI.....	50	”	1,816	”
VII.....	60	”	1,651	”
VIII.....	70	”	1,513	”
IX.....	80	”	1,397	”
X.....	90	”	1,298	”
XI.....	100	”	1,211	”
XII.....	110	”	1,135	”
XIII.....	120	”	1,068	”

[備考] 上表ノ價ハ雨量強度曲線ヨリ採ラタズモノトス

次ニ考ヘラレタル最短期間ノ降雨ニ對スル流量即チ本問題ニテハ期間ハ分ノ降雨ニ對スルモノ
 ヲ1吋=30(立方尺)トシ其他ノ期間ノ降雨ニ對スル流量縮尺ヲ前述ノ如キ方法ニ依リテ定ムルニ
 ト次ノ如クスヘシ而シテ其理由ハ後段ニ於テ之ヲ述ヘントス

雨量圖表調製ニ關スル縮尺表 (第二計算表)

Iノ雨量ニ對スル縮尺	10立方尺=0.5寸
II	$\frac{3,300}{3,027} \times 0.5 = 0.545$ 寸
III	$\frac{3,300}{2,594} \times 0.5 = 0.636$ 寸

IV	"	"	"	"	"	$\frac{3.300}{2.270} \times 0.5 = 0.727$	"
V	"	"	"	"	"	$\frac{3.300}{2.018} \times 0.5 = 0.818$	"
VI	"	"	"	"	"	$\frac{3.300}{1.816} \times 0.5 = 0.909$	"
VII	"	"	"	"	"	$\frac{3.300}{1.651} \times 0.5 = 1.000$	"
VIII	"	"	"	"	"	$\frac{3.300}{1.513} \times 0.5 = 1.091$	"
IX	"	"	"	"	"	$\frac{3.300}{1.397} \times 0.5 = 1.179$	"
X	"	"	"	"	"	$\frac{3.300}{1.298} \times 0.5 = 1.273$	"
XI	"	"	"	"	"	$\frac{3.300}{1.211} \times 0.5 = 1.363$	"
XII	"	"	"	"	"	$\frac{3.300}{1.135} \times 0.5 = 1.456$	"
XIII	"	"	"	"	"	$\frac{3.300}{1.068} \times 0.5 = 1.545$	"

時ノ藩尺：5分=1寸

此圖表ノ縱橫軸ノ交點即チ〇點ヲ前ノ流量曲線上ニ移動セシメツ、種々ナル期間ニ對スル垂直線即チ流量線カ其橫軸ト流量曲線トノ間ニ合マル、分量ヲ比較シ(雨水量圖表ハ透視紙上ニ畫カ
ル、ヲ以テ之ヲ流量曲線ノ上ニ重ヌルモ上ヨリ透視シ得ヘシ)其内最大ナルモノカ即チ絶對的最

788

高率ノ流下量タルナリ

更ニ此實例ニ就キテ雨水流量圖表ノ用法ヲ説明センニ(第二十一圖a)ノ如ク該圖表ノ縱橫軸ノ交點
 ○ヲ流量曲線中ノ△點ニ置キタル場合ニ於テ第一種ノ降雨ニ對スル流下量ハ320立方尺第二種
 ノモノニ對スル流下量ハ628立方尺第三種ノモノニ對スル流下量ハ1530立方尺第四種ノモノ
 ニ對スル流下量ハ1353立方尺ナリトセハ此内ニテ△點ニ對スル最高率ノ流下量ハ第三種ノ降雨
 ヨリスル1530立方尺ニシテ下水吐口ニ於テハ降雨始マリテヨリ30分間後ニ此流下量到達スルコ
 トヲ示ス

次ニ圖表ノ○點ヲ他ノ任意ノ點□ニ移動シテ(第二十一圖b)更ニ前ト同様ニ各種ノ降雨ニ對スル
 流下量ヲ見出スニ第一種ノ降雨ニ對シテハ58立方尺第二種ノ降雨ニ對シテハ116.6立方尺第三
 種ノ降雨ニ對シテハ110.8立方尺ナリ而シテ此内最大ナル價ハ第二種ノ降雨ニ對スル116.6立方尺
 ニシテ降雨始マリテヨリ10分ノ後□點ニ又18分38秒ノ後吐口△ニ流達スヘシ(△ノ横距ハ8分38
 秒ノ位置ニアリ)如斯○點ヲ種々ナル點ニ移動シテ各場合ノ最大流下量ヲ見出シタル上此等ノ内
 更ニ最大ナル價カ即チ吐口ニ於ケル絶對的最高率ノ流下量トナルナリ例ヘハ圖表ノ○點ヲ△ニ
 置キタル時ノ第三種ノ降雨ニ對スル流下量153(立方尺/秒)ヲ以テ絶對的最高率ノ流下量ナリト
 セハ人孔△及▽ノ間ノ下水管ハ此價ヲ基礎トシテ管徑ヲ決定スヘキナリ而シテ此場合第三種
 ノ降雨量ハ2504(立方尺/秒)ナルヲ以テ之ニ全排水面積99.6(1,000呎)並ニ流下係數0.6ヲ乘シタル
 價即チ $99.6 \times 2.594 \times 0.6 = 155.02$ ヨリ153.0ヲ差引キタル殘數2.02(立方尺/秒)ハ遲滯ニ依ル雨水流下
 減量ニシテ其量極メテ些少ナリトス

次ニ他ノ例ニ就キテ雨水流量圖表ノ用法ヲ説明センニ(第二十二圖)ハ理會シ易カラシメンカ爲メニ
 (第十九圖)ノ流量曲線ノミヲ表ハシタルモノニシテ(第十八圖)ニ於ケル吐口人孔△▽□以下ノ下水

管ノ最大流下量ヲ見出サントセハ雨水量圖表ノ〇點ヲ合成流量曲線 (Resultant flow curve) ニ沿ヒテ移動セシムルコト前例ノ如クシ各點ニ於テ各種降雨ノ與フル流下量ヲ互ニ相比較シタル内最大ナルモノ即チ絶對的最高率ノ流下量タルナリ(第二十三圖)ハ圖表ノ〇點ヲ曲線ノ起點上ニ重ネタル場合第一種降雨ハ 600 立方尺第二種降雨ハ 1120 立方尺第三種降雨ハ 2180 立方尺第四種降雨ハ 1908 立方尺ノ流下量ヲ與ヘ此場合第三種降雨否寧ロ第二種及第三種ノ中間ノ降雨カ最高率ノ流下量(此價 2957 立方尺)ヲ與フルコトヲ示スモノトス

而シテ(第十八圖)ニ於ケル下水管14ノ吐口ニ於ケル絶對的最高率ノ流下量ヲ見出スニハ(第二十二圖)ニ於ケル第一排水區ニ對スル流量曲線 [(Flow curve for drainage district (I))] 上ニ又下水管29ノ吐口ニ於ケルモノハ(第二十二圖)中第二排水區ニ對スル流量曲線 [(Flow curve for drainage district (II))] 上ニ移動セシメテ夫々前法ノ如ク行フモノトス例ヘハ下水管29ノ流下量ハ雨水量圖表ノ〇點ヲ曲線ノ起點上ニ重ネタル場合第一種降雨ハ 205 立方尺第二種降雨ハ 770 立方尺第三種降雨ハ 945 立方尺第四種降雨ハ 836 立方尺ヲ與ヘ恐ラク 945 立方尺ハ絶對的最高率ノ流下量タルナリ

以上ノ諸例ニハ凡テ雨水ノ流入時間ヲ無視シタレトモ若シ之ヲ考フルノ正當ナル場合ニハ自ラ降雨繼續期間中ヨリ此時間ヲ差引キタル期間丈ケ雨水集注スルコト、ナルヲ以テ此時間ニ相當スル距離丈雨水量圖表ヲ左方ニ水平ニ移動セシメタル上前法ノ如クシテ流下量ヲ見出スヘシ即チ〇點ノ左方ニ横軸上ニ流入時間ニ相當スル距離ヲ切り之ヲ起點トシテ假流量曲線ヲ本流量曲線ニ並行ニ畫キタル上之ニ沿ヒテ雨水量圖表ノ〇點ヲ移動セシメツ、本流量曲線ト横軸トノ縦距ヲ測ルヘシ而シテ此場合ニハ流下量ハ流入時間ヲ無視シタル場合ヨリモ稍々少量ナルハ勿論ナリトス

以上ノ諸例ヲ照査スルニ下水系ノ任意ノ一地點ニ於ケル絶對的最高率ノ流下量ハ通例雨水下水系ノ最上部ヨリ該地點ニ到達スルニ要スル時間ニ略ホ等シキ繼續期間ノ大雨ニ依リテ惹起サル、ヲ見ル故ニ曩ニ説キタル合理的計算法ノ第一方法ハ大ニ信賴スルニ足ル一簡便法ナルコト亦自ラ明亮ナルヘシ

但以上ノ場合ニ於テハ凡テノ降雨ニ對シ管内ノ流速ハ最大流量ノ場合常ニ同一ナラシムルノ假定ニシテ本例題ニハ之ヲ毎秒〇尺トセリ

雨水流量圖表ニ於テ流量ノ縮尺ヲ上ノ如ク定ムル理由ニ就キテ説明センニ下水管内ノ流速ハ最大流量ノ場合種々ナル期間ノ降雨ニ對シテ常ニ同一トナスノ假定ヲナシタルヲ以テ流量曲線ノ各點ノ横距ハ如何ナル場合ニ於テモ同一ナレトモ凡テノ場合ニ於ケル流水面積圖ヲ畫キタリトセハ其任意ノ部分ノ水平幅員ハ降雨期間ノ増加ニ正比例シテ右方ニ延長スルト同時ニ縱幅ハ降雨期間ノ延長ニ伴ヒテ減少スル雨量ニ比例シテ短縮スルモノナリ然ルニ本問題ニ於テハ標準流量即チ考ヘラレタル最短期ノ降雨ニ對シテノミ流量曲線ヲ畫ケリ而シテ各流水面積ノ水平幅員ハ常ニ其降雨期間ノ長ニ等シキヲ以テ唯種々ナル期間ニ對スル雨量ノ縮尺ヲ(標準流量(立方尺/1,000呎) : 任意ノ期間ノ降雨ニ對スル流量(立方尺/1,000呎))ノ比例ニ依リテ膨大セシムルトキハ

單ニ一流量曲線ヲ用ヒテ任意ノ期間ノ雨水流下量ヲ同時ニ見出し得ルナリ

はうふ氏ノ此圖式法ハ下水管内ノ最大流量ニ對スル流速ヲ如何ナル期間ノ降雨ニアリテモ同一ナリト假定セリト雖モ實際高度ノ強雨ノ場合ニ於テモ又低度ノ強雨ノ場合ニテモ之ヲ同一ナラシムルコトハ地勢其他ノ關係上ヨリシテ必ラスシモ可能ナルモノニアラス何トナレハ所謂流量曲線ヲ畫カントセハ先ツ一ノ考ヘラレタル期間ノ降雨ニ對シテ各下水管ニ流入スル雨水流量ヲ計算シ次ニ其管内ニ於ケル流速ヲ決定セサルヘカラス然ルニ他ノ任意ノ期間ノ降雨ヨリスル管内

雨量ニ對シテハ自ラ流量ニ相異ヲ來タヌヲ以テ同一勾配ヲ以テシテハ勿論又管徑及ヒ勾配ヲ變化セシムルモ尙精確ニ同一流速ヲ出サシムルコト通例困難ノコトナレハナリ即チ此意味ヨリスレハ本圖式法ハ敢テ理論的完全ナルモノト言ヒ難シ然レトモ如斯缺點ハ下水管ニ流入スル雨水流量ヲ計算スル凡テノ公式其他ノ方法ニ於テ到底排除シ能ハサルモノニシテ凡テニ共通ナル此缺點ヲ除カハはうゑ氏圖式法ハ諸多ノ公式等ニ見出ス如キ何等諸種ノ不合理ノ點ナキヲ以テ實際上ニ於テハ雨水流量ヲ見出スニ理論上最モ完全ナルモノナリト云フヲ憚カラサルナリ

(完)

FLOW AREA DIAGRAM.

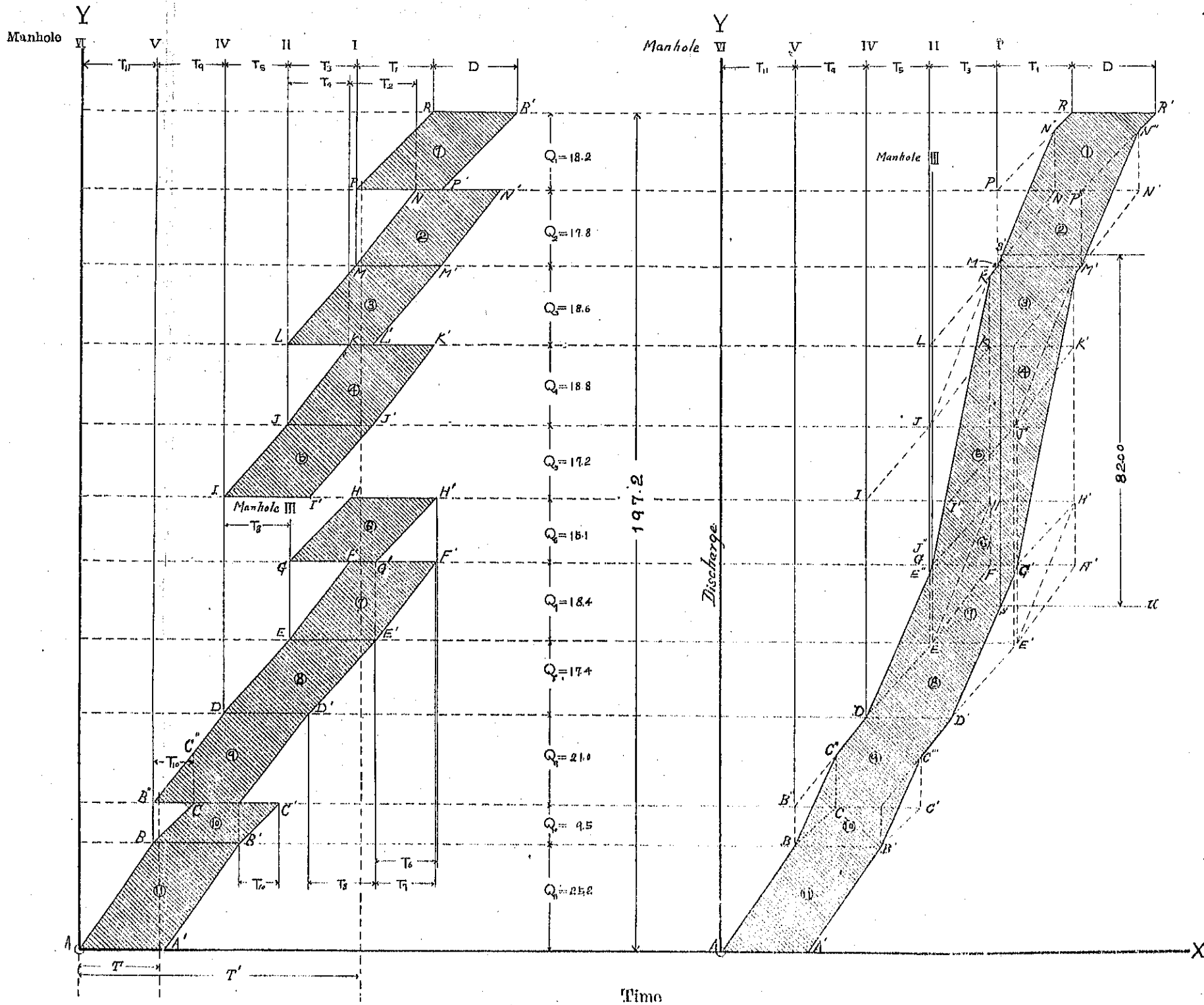


Fig. 15.

Fig. 16

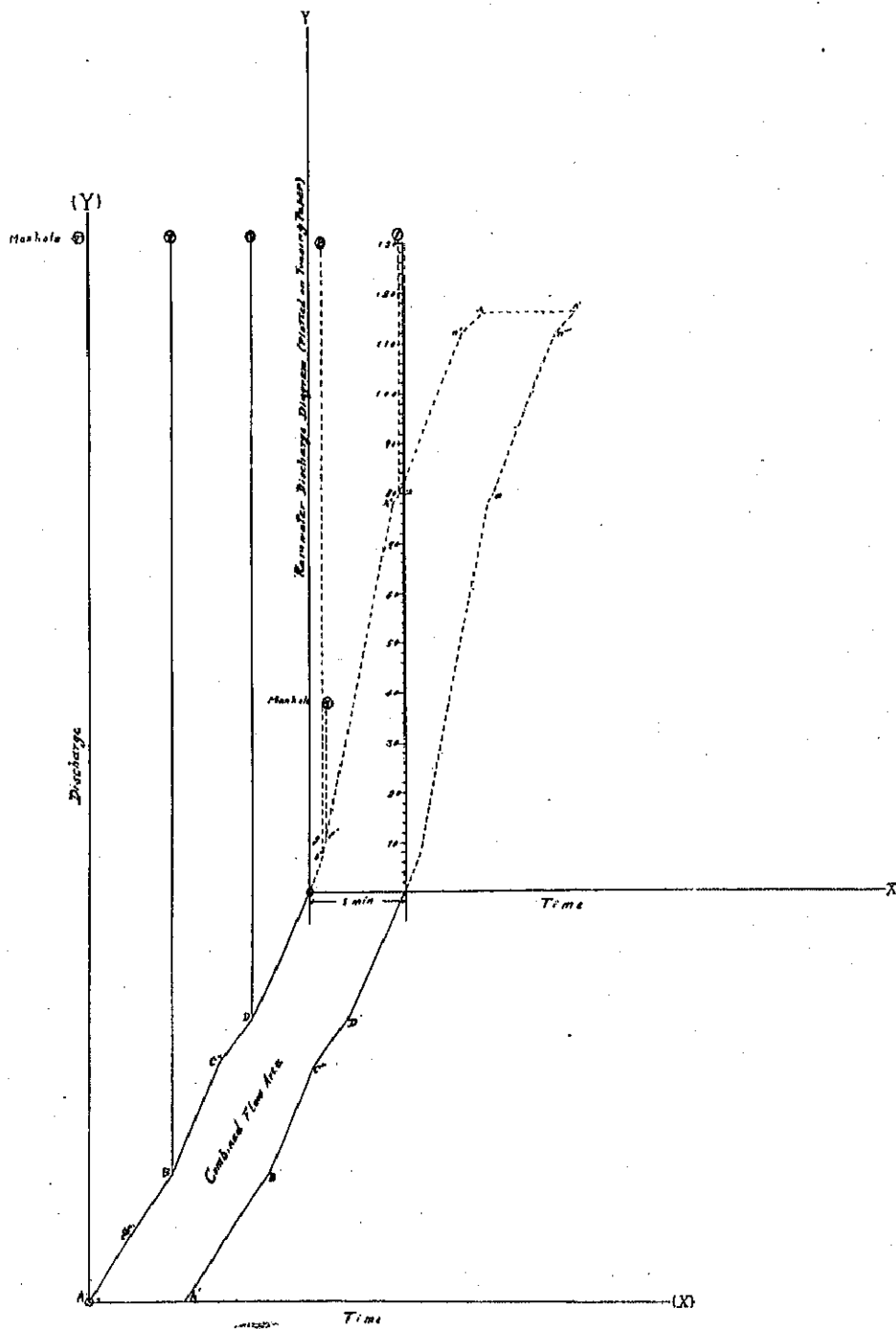


Fig. 17.

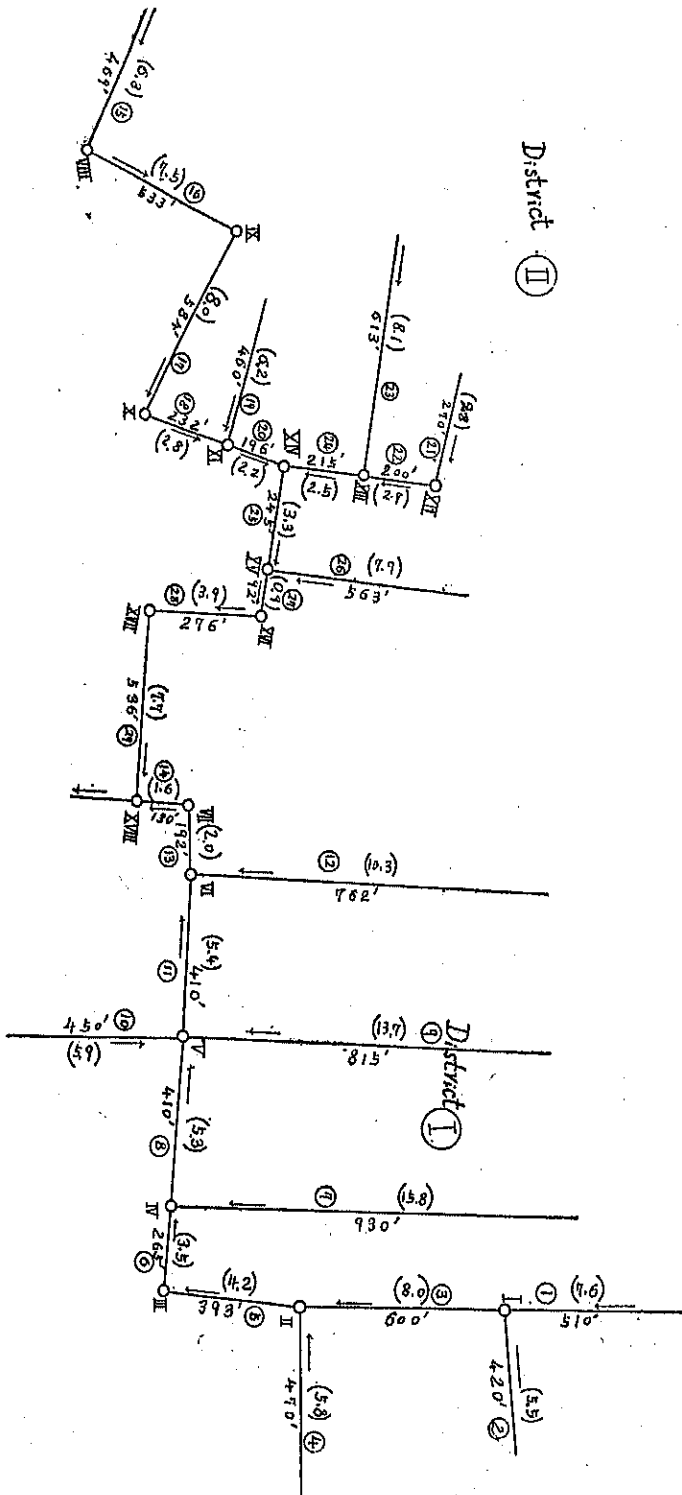


Fig. 18.

() 内ノ数字ハ各下水管ニ關スル排水區ノ面積ヲ千坪ヲ單位トシテ表入シタルモノ
 ① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦ ⑧ ⑨ ⑩ ⑪ ⑫ ⑬ ⑭ ⑮ ⑯ ⑰ ⑱ ⑲ ⑳ ㉑ ㉒ ㉓ ㉔ ㉕ ㉖ ㉗ ㉘ ㉙ ㉚ ㉛ ㉜ ㉝ ㉞ ㉟ ㊱ ㊲ ㊳ ㊴ ㊵ ㊶ ㊷ ㊸ ㊹ ㊺ ㊻ ㊼ ㊽ ㊾ ㊿ 等ハ下水管ノ番號
 I, II, III 等ハ人孔ノ番號

Flow Curve Diagram

Scale: 1 sun = 40 cub. shaku
1 sun = 10 minutes

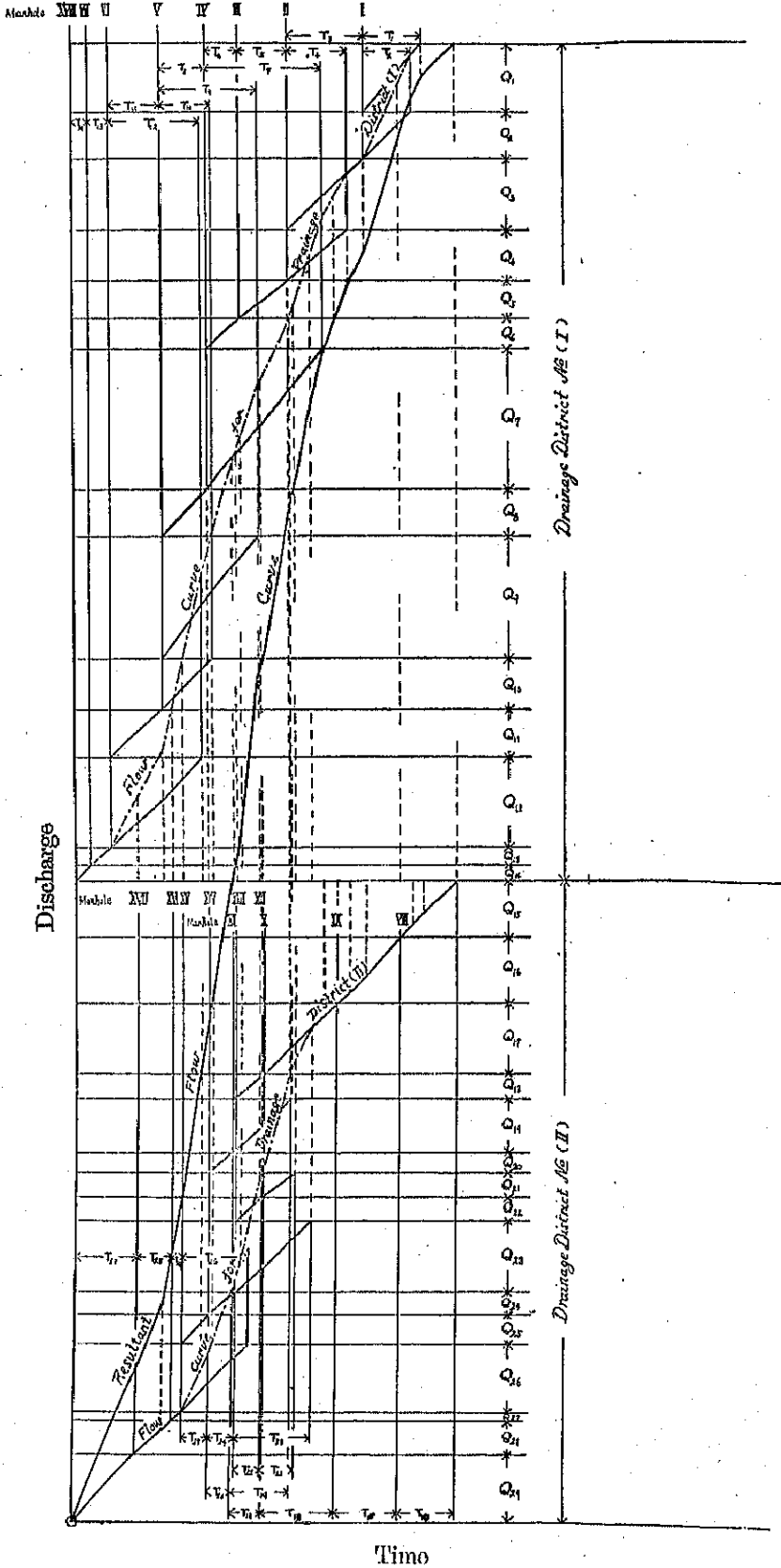


Fig. 19.

Rain Water Discharge Diagram

Rainwater discharge in cub. ft. per second.

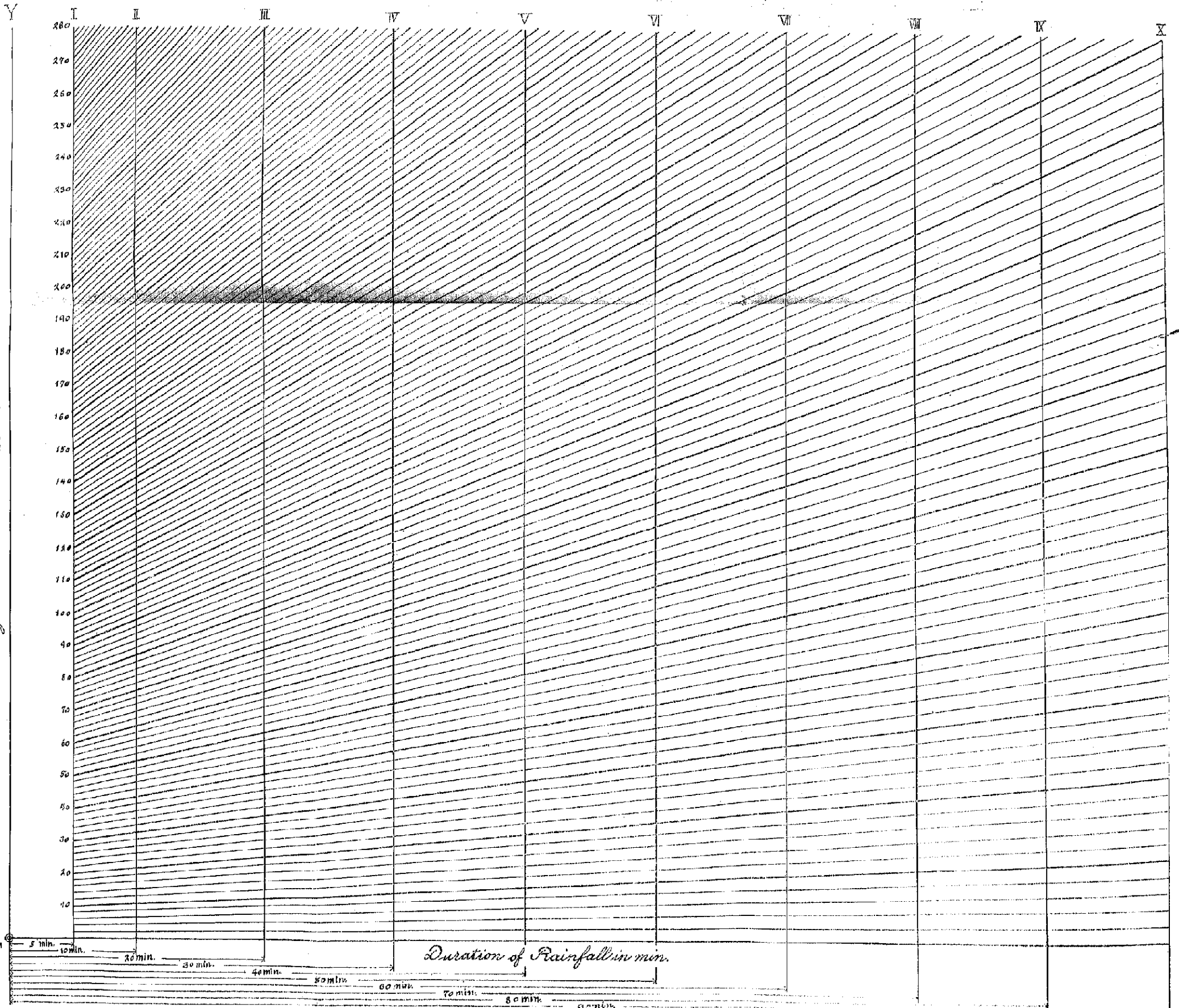
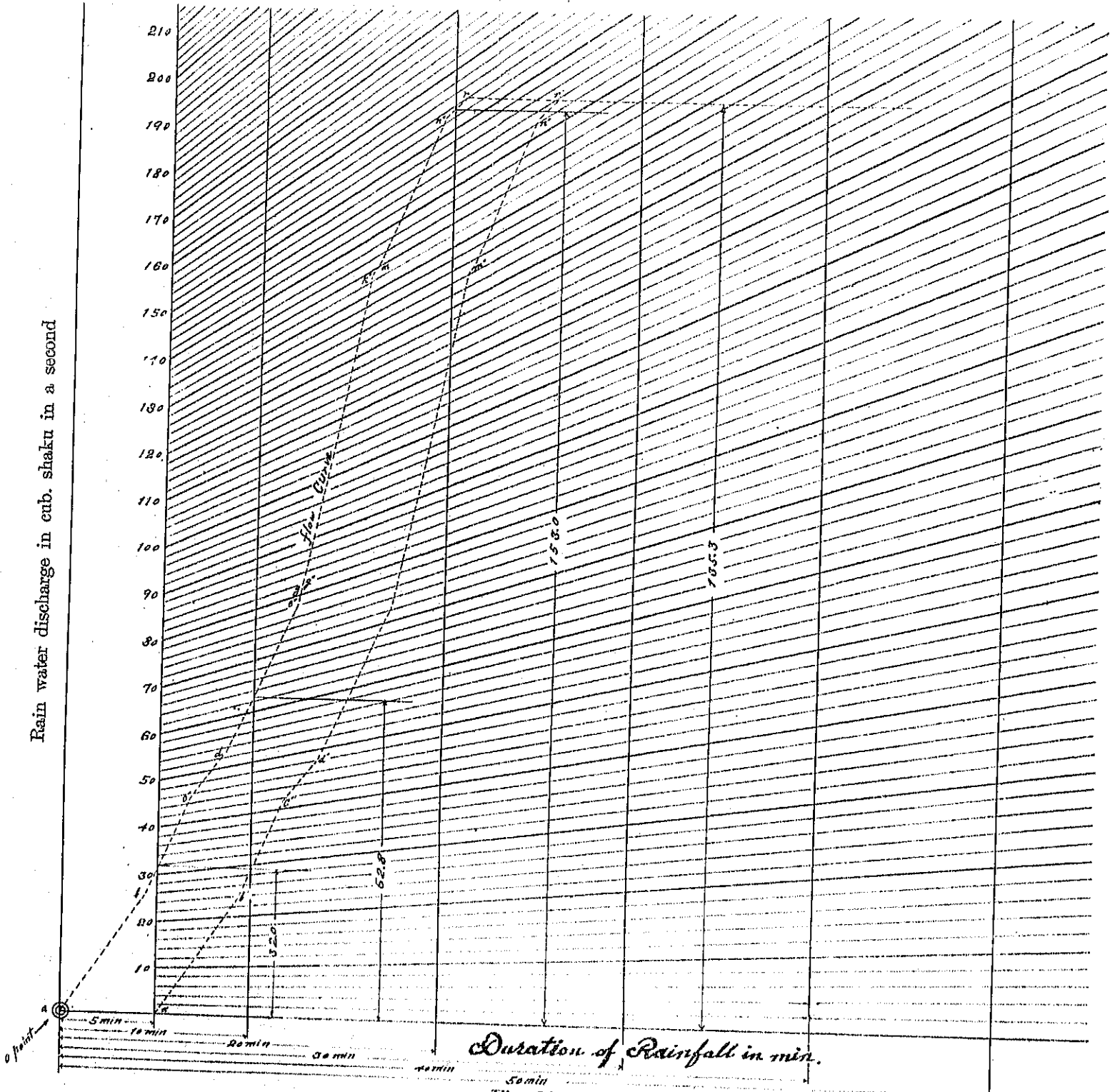


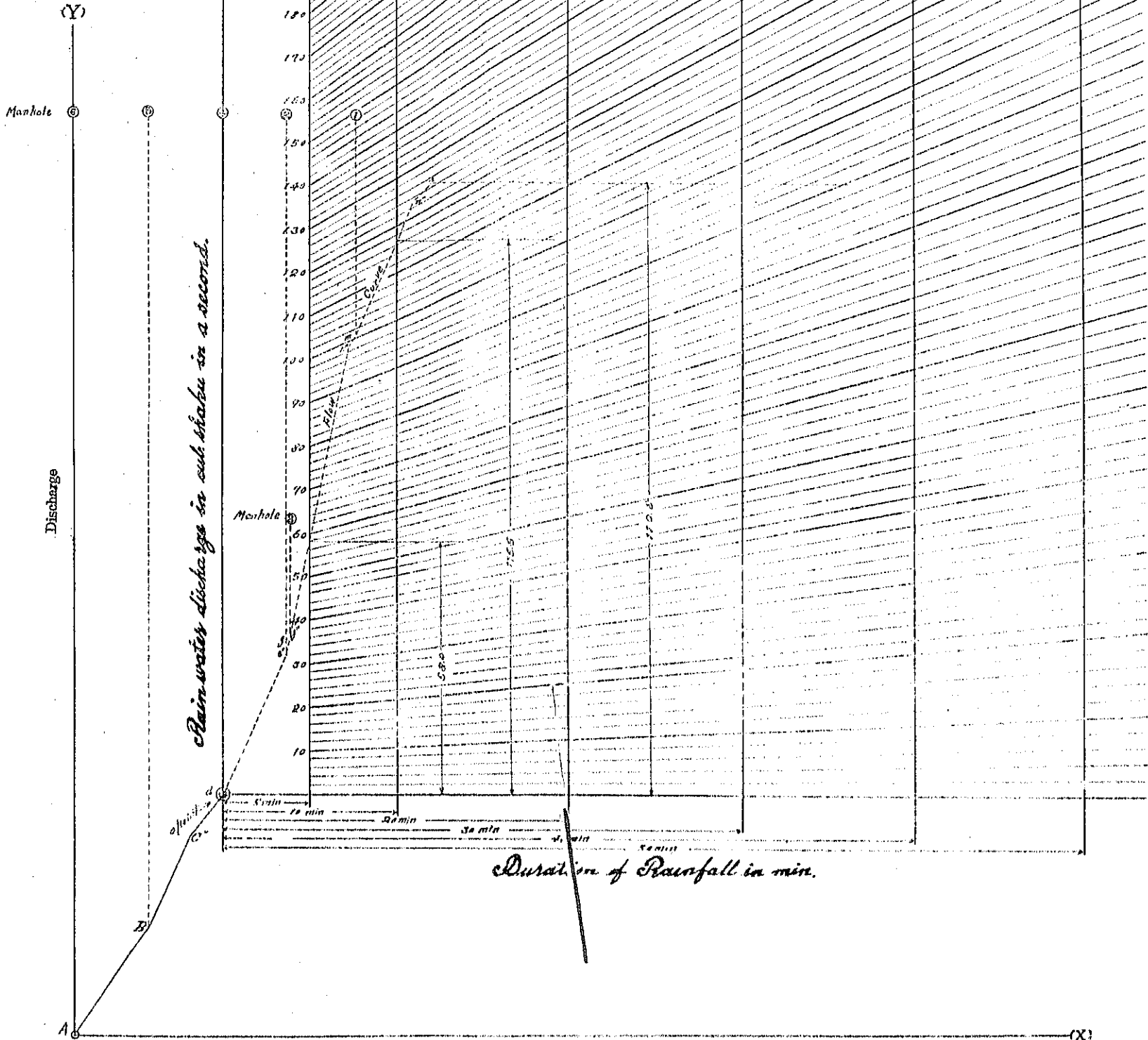
Fig. 20.

Rain water discharge in cub. shaku in a second



Duration of Rainfall in min.

Fig. 21a.



The
Fig. 21b.

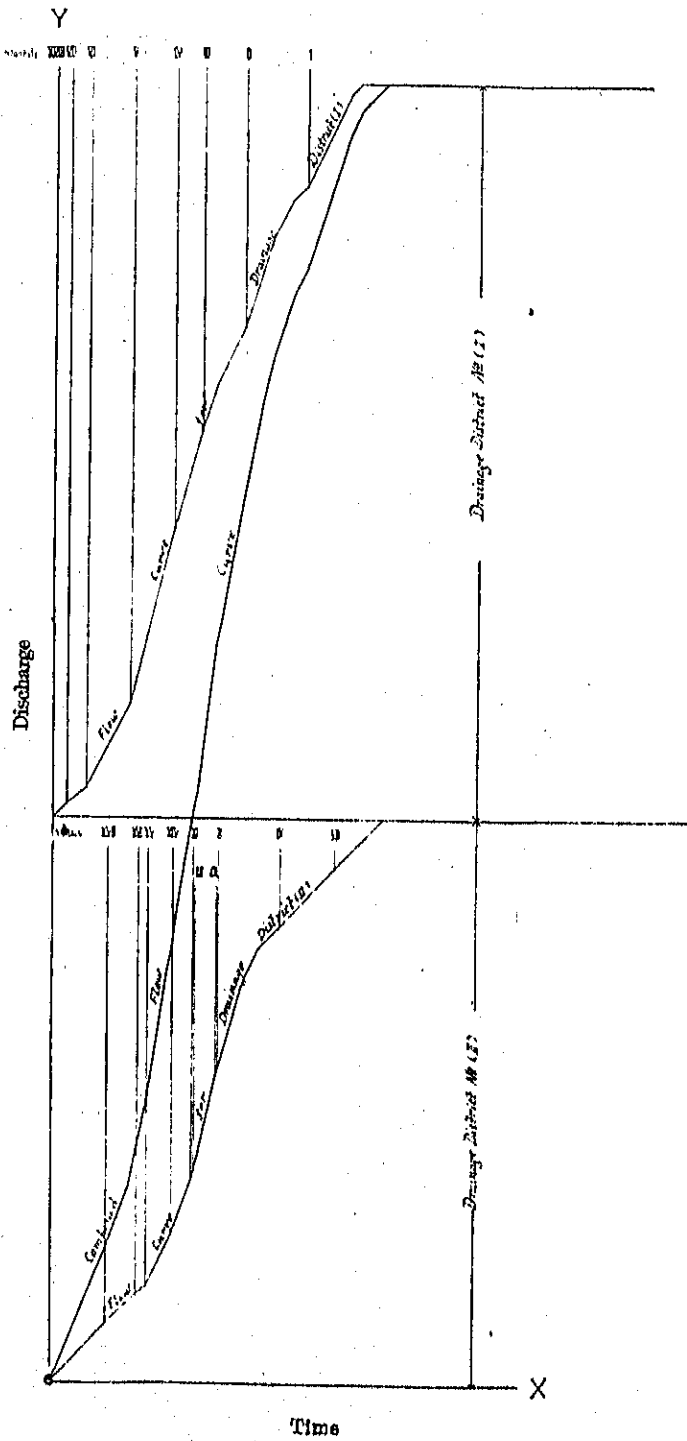


Fig. 22.

Rain water discharge in sub-steps in a second.

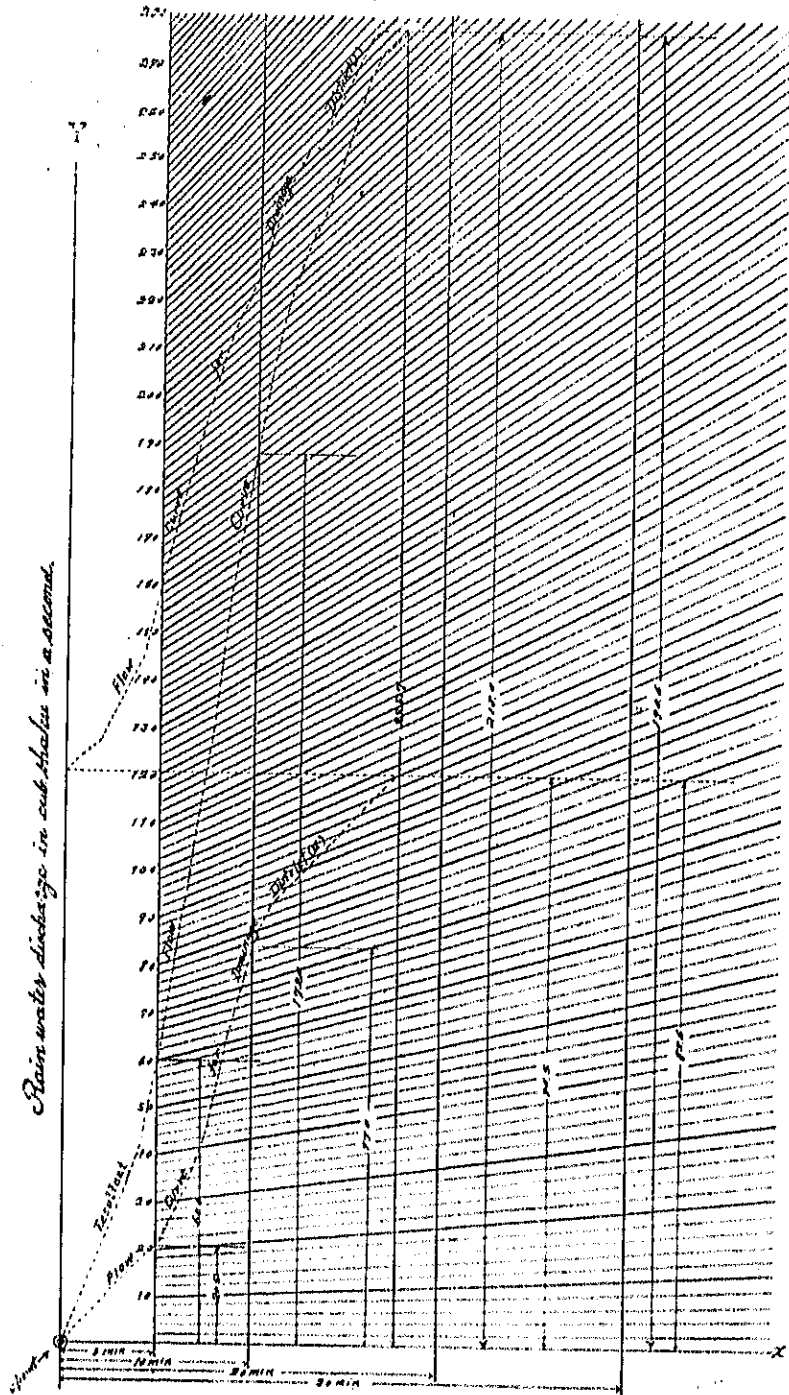


Fig. 23.

STORM DIAGRAM

APPENDIX DIAGRAM.

