

下水道計画における降雨と流出の実測的研究 (オ 1 報)

宮崎大学工学部 正会員 工博 石黒政儀

宮崎大学工学部 学生員 岡田 豊

宮崎大学工学部 学生員 ○広瀬忠夫

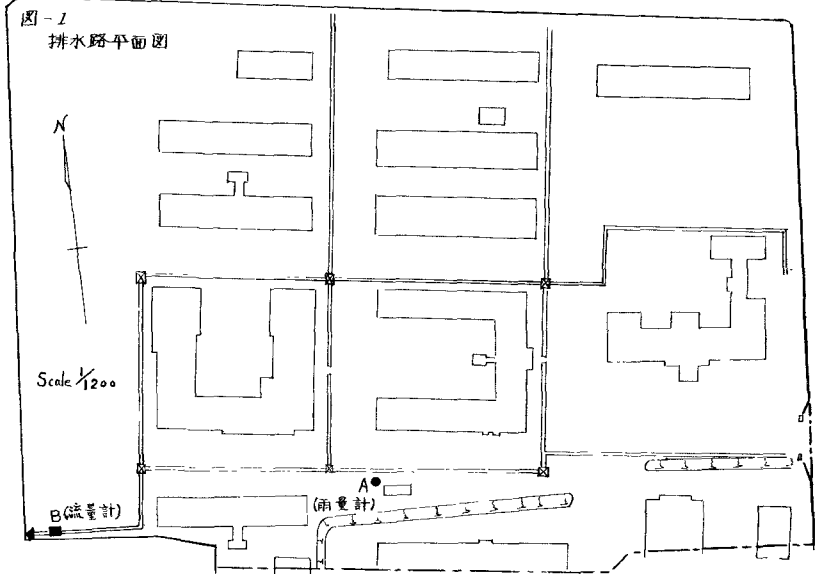
1 はしがき

都市下水道計画において排水管渠の断面を決定するには先ず降雨からの雨水流出量を算定しなければならない。本研究は宮崎大学工学部構内の全排水渠を利用して、その末端部に設けたパーシャルフリウムと自記水位計にて流出量を測定し、同時に自記雨量計にて降雨量をも実測して下水道計画での降雨と流出に肉する諸問題を解明せんとするものである。本文では昭和 41 年度に観測した約 60 回の降雨と流出量の記録を基礎資料として、わが国の都市下水道計画に広く用いられているビュルクリ系実験式とラシヨナル式の両者による計算値と実測との差異について検討し、若干の考察を加えオ 1 報として報告する。

2 流域特性と実測装置

宮崎大学工学部構内の約 3.5 ha に昭和 39 年度に図-1 に示すような排水渠が建設された。この排水溝は宮崎市における 5 年確率降雨強度式； $I_5 = 650 / (\sqrt{t} + 2.0) \text{ (mm/hr)}$ を採用して^{12) 3)} 流入時間 10 分、Manning 流速公式にて流下時間ととり、矩形断面開渠（一部有蓋渠）、コンクリート製、水路底勾配は $1/250 \sim 1/500$ として石黒によって設計されたものであり、総延長は約 700 m でその最下流端での計画流出量は $0.8 \text{ (m}^3\text{/sec)}$ となっている。流域内の建物面積は 0.86 ha で全域の 25% をとし、その他は芝地と砂

利道であり、最上流端と下流端の平均地表勾配は $1/200$ 、土質はローム層である。図-1 の A 点に氣象ガ型サイフォン式自記雨量計（1 日巻）を設置し、B 点にコンクリート製のパーシャルフリウム（3-4t, 9144 cm^2 ）を設け、その水位と流量とを自己



計にて実測する。パーシャルフリウムの寸法は図-2 に示す通りである。^{4) 5)} なお自記水位計は水道機エ

Kにて特別に作製した日巻き自記流量計でフロート式流量積算計、流量指示目盛板と自記流量計を有しており概要を図-3に示す。この3フールフリュウムの水位流量公式は次式で示されている。

$$Q = 4 \cdot W \cdot H_a^{1.522} \cdot W^{0.026} \text{ (ft}^3\text{/sec)} \text{-----(1)}$$

$$Q = \frac{3.711}{115.66 \cdot W^{0.026}} \cdot W \cdot H_a^{1.522} \cdot W^{0.026} \text{ (l/sec)} \text{---(2)}$$

ここにQは流量、Wはスロート中で91.44 cm, H_a (ft, cm) は水位である。

図-4に H_a -Q 曲線とその代表値を示す。なおパーシャルフリュウム横の自記水位測定槽は排泥弁、排泥井などを取りつけ、自記観測装置と共に約 3.3 m² の独立家屋の中におさめられている。

3. 実測記録

41 年 4 月より 12 月までの降雨記録は一雨々量で 10 mm 以上が 60 回, 30 mm 以上が 38 回でこの中には台風 13, 15, 16, 17, 19 号なども含まれている。なお本年度の最大雨量は 1 日最大が 8 月 14 日の 379 mm, 1 時間最大が 8 月 14 日の 74 mm, 10 分間最大が 10 月 7 日の 18.5 mm であり、実測流量の最大は 10 月 7 日の 0.63 m³/s であった。降雨と流量の最も代表的なものを図-5に示す。この排水渠の設計当初の到達時間は理論的には 16 分となっているが、実測では一般にこの到達時間の付近である。このように実測記録から降雨と流出量とを 5 分間ごとにすべて整理した。

4. 合理式と実験式による流出量の検討

わが国の下水道計画での雨水流出量算定では降雨強度式を算出して合理式を用いるものが全都市数の中の約 40%, 降雨強度式を算出せず 1 時間雨量のみで行なうピュルクリス実験式を用いるものが約 60% であり、従前より実験式によるものは合理式によるものに比べて少ない流量が算出されるとなわれていた。その原因は実験式は計画降雨として 1 時間雨量のみを用いているからで、下水道のように小区域のものでは雨水の到達時間は 1 時間以内の短時間であり、短時間の降雨に大きく左右されるからである。そこで本実

図-2 パーシャルフリュウム

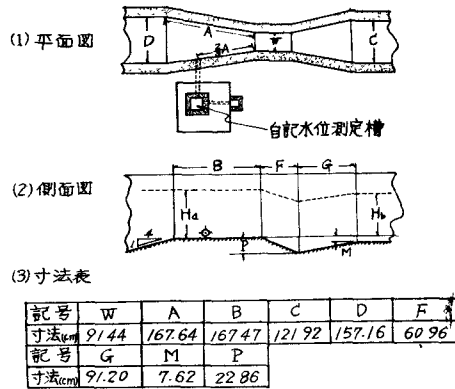


図-3 自記水位流量計

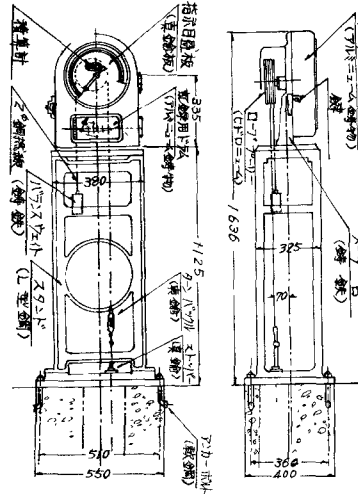
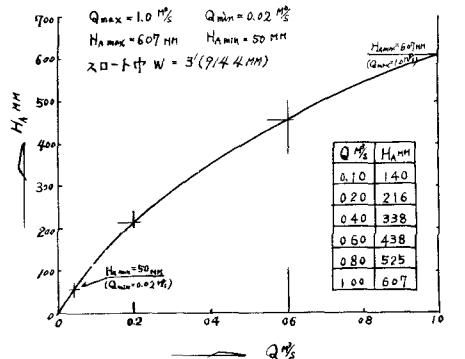


図-4 3Ft パーシャルフリュウム H_a -Q 曲線図



測装置での降雨と流量の両実測値を用いて両式の計算結果を比較検討する。両式の基本式は周知のように下記のとおりである。

合理式；

$$Q = \frac{1}{360} \cdot f \cdot I \cdot A \quad (\text{m}^3/\text{sec}) \quad (3)$$

実験式（ビュルクリチグラー式）；

$$Q = f \cdot r \cdot A \cdot \sqrt{S/A} \quad (\text{l}/\text{sec}) \quad (4)$$

または

$$Q = \frac{1}{360} \cdot f \cdot i \cdot A \cdot \sqrt{S/A} \quad (\text{m}^3/\text{sec}) \quad (5)$$

ここに Q は流出量（ m^3/sec , l/sec ）， f は流出係数， I は降雨強度（ mm/hr ）， A は排水面積（ ha ）， r は降雨量（ $\text{l}/\text{sec}/\text{ha}$ ）， i は降雨強度（1時間雨量 mm/hr ）， S は地表の平均勾配を $\%$ で表わした分子数である。なお式(4)(5)の実験式で $\sqrt{S/A}$ を5乗根にしたものがマックス式，6乗根がブリックス式と呼ばれ同一系列に属する。

上式を用いて Q , I , A , i , S が実測値として既知であるから，逆に f を求めて両者を比較検討する。ところで流出係数 f は一般河川洪水では（全流出量）／（全降雨量）であるが，下水道計画では（最大雨水流出量）／（降雨強度）×（排水面積）である。図-6に合理式による実測15分間雨量と流量から求めた f が1例として示してあるが $t=15\text{min}$ では平均 $f=0.53$ ， $t=10\text{min}$ では $f=0.44$ となっている。

式(5)のビュルクリチグラー式によるものは図-7であるが， $f=0.72$ であり結局合理式によるものに比べて実験式では約40%の流出係数増大を行なわねば流量は同値とならず同一の流出係数を用いるのは危険であると云える。これは前述のように実験式の計画雨量に原因があり，もし1時間雨量を用いるならば合理式よりも確率年をあげるか，または10～20分間の降雨強度を取るべきである。今式(5)について実測15分雨量を用いて f を求めると， $f=0.48$ となって合理式の値に近似してくる。ところで図-6，図-7をみると R が大きくなれば f も大きくなるのが通念であるが，一連降雨中の短時間（流達時間）の降雨と単

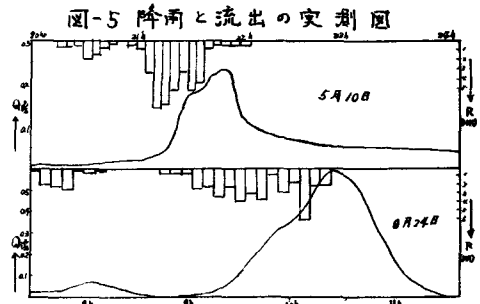


図-6 合理式による降雨量，流出量と流出係数

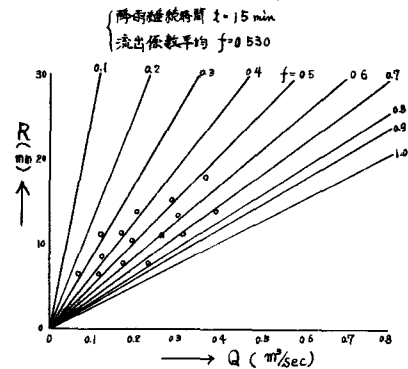


図-7 ビュルクリチグラー式による降雨量，流出量と流出係数

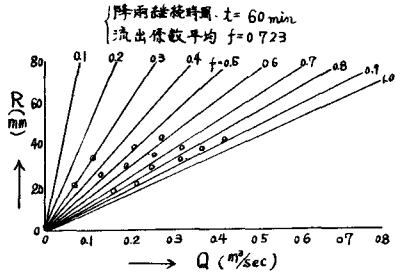
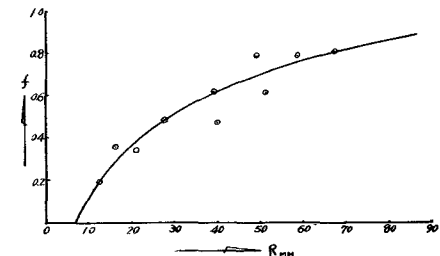
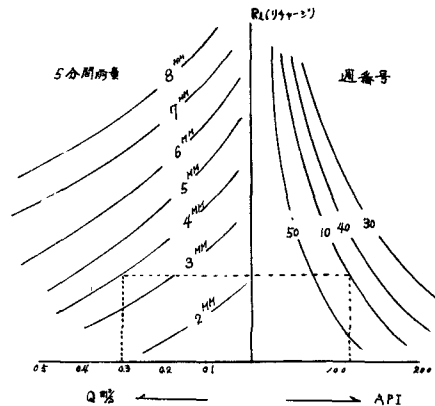


図-8 全降雨と全流出による流出係数



位として考えられる場合は、必ずしもそのようにな
ていない。このことは図5の降雨と流量の実測値
でも明らかに現われている。そもそも流出は降雨
開始後に土壌への雨水浸透や凹地貯留が満たされ
て初めて表面流出となるので、ある降雨のピーク
以前にどれだけの降雨量があり、それがどれだけ
損失となつたかによって左右される。故に合理式
においては任意時間中の降雨強度のみが対称降雨
となっていることに気付くであろう。このことか
ら計画降雨のとり方に一つの向題が出てくる。す
ばわり既に石黒が発表⁹⁾しているような降雨の降り
初めから最強雨部を過ぎて降り終るまでを考慮に

図-9 共 軸 相 関 図



入れたハイレトグラフも計画降雨として取り入れ、それより浸透能、凹地および地表貯留量を差し引
いて有効雨量とし、これに単位図法や特性曲線法、等価粗度係数法、などを応用して計画流出量を決
めるのがより合理的と考えられ、今後の課題と云えよう。

図9は本排水地域での降雨と流出量とを予報、予測するための共軸相関図である。これは計画流出
量には直接関係はないが、下水処理場での雨水放流計画や滞水地計画などに利用されるものであり、
その一例として作図したが、未だ降雨資料数が少ないので今後の実測によって精度の向上をはかりた
い。

5 結 語

本文では昭和41年度に設置した降雨流出観測装置による降雨と流出の実測記録を用いて、主に合
理式とビュルクリ系実験式による算定流出量の比較を行ない、本排水区域では同一流出係数をとるな
らばビュルクリ系が合理式に比べて約40%の流出量減となることを示し、その対策として従来のよ
うに1時間雨量を取らず少くとも10~20分間強度を計画降雨として用いる必要があること、およ
び流出係数はそれ以前の先行降雨量によって変わることを、さらに本実験排水地区での降雨流出の共軸
相関図をも示した。最後に本観測装置の作製と実測に関して御指導と御援助頂いたエバライ・フルコ
ドク、山田正寺・入不二弘道および旭化成工業株式会社の中村春夫、名古屋市水道局奥聚の諸氏に謝意を表
する。なお本研究は昭和41年度文部省科学研究費の補助の一部であることを記す。

参 考 文 献

- 1) 石黒政儀；特性係数法による確率降雨強度式算定法 土木学会論文集第74号 昭和36・5
- 2) 石黒政儀；本邦における確率時間雨量とその分布図 水道協会誌第320号 昭和36・5
- 3) 石黒政儀；本邦における短時間降雨の特性係数とその分布図 水道協会誌第323号 昭和36・8
- 4) 山田、入不二；下水流量計としてのパーシャルフリウム の設計 エハラ時報第10巻37号 1961年
- 5) 水理公式集；土木学会編
- 6) 板倉 誠；滞流式雨水流出量算定の研究 土木学会論文集第28号
- 7) 石黒政儀；本邦下水道計画の降雨強度に関する考察 水処理技術 第4巻2号 昭和38・2
- 8) 石黒政儀；ハイレトグラフに関する2・3の考察 土木学会第19回年次学術講演会 昭和39・5
- 9) 末石富太郎；Estimation of Storm-Water Runoff in Urban Area Using Equivalent Roughness 土木学会論文集91号
- 10) 船津紀久雄；下水道における設計ハイレトグラフ算定法 第1・2 下水道協会誌第3巻22,23号 昭和41・3・4