

京都大学工学部 正会員 工博 合田 健
 富山県立短大 正会員 工修 〇寺西靖治

1. 緒言

近年、土木工学分野における空中写真の利用頻度には著しいものがある。航空技術および写真技術の発達に伴って、パングロ写真のみならず、カラー写真、赤外線写真の開発が進み、これによって種々の高度な調査・研究が可能となってきた。講演者は、さきに基礎流出率を用いた市街地雨水流出量算定に関する実験的研究の発表を行ない¹⁾、その方法の過程で、空中写真の利用の有用性を論じた。すなわち、空中写真の解読によって、排水区域の地形および基礎表面工種の分布状態をあらかじめ把握し、地域の現況に即した合理的な雨水排除計画を促そうとするものである。以下に、雨水排除計画を実施するにあたって、雨水流出量計算から雨水管きょ系統の決定まで、実際に空中写真の利用をいかに取り入れていくかについて議論を進めていく。

2. 写真の種類と解読

空中写真は、目的に応じたフィルムを使用することによって、種々の角度からの解読が行な²⁾得る。その代表的な例を一覧にすると表-1のとおりである。

表-1 各種写真による被写体の解読

被写体	パングロ写真	赤外線写真	カラー写真
森林・緑地	全体に黒色、細別は困難	独自の色調に樹種の区別まで可能	発見容易、樹種の区別は困難
水面部	場合によって白色-灰色-黒色になる	明確な黒色	明確、場合によって森林・緑地と類似している
家屋の屋根	形、色調によって識別可能	材質まで識別可能	材質まで識別可能
道路	アスファルト、コンクリートの識別はやや困難	アスファルト、コンクリートの識別はやや困難	アスファルト、コンクリートの識別が容易
裸地	全体に灰色	含水率によって濃度差が多样	識別容易

ここにあげた3種類の写真には、それぞれ長所・短所があるので、排水区域特性に応じて種類を選択し、または同時に2種類以上を用いることが望ましい。また、特殊な場合として、適当なフィルターを使用した写真、あるいは赤外線カラー写真によって、ある特定の被写体を解読することも可能である。

3. 基礎流出係数または基礎流出率の合成への利用

蒸発、浸透、貯留などによって矢をわけるいわゆる損失降雨量を評価する目的で用いられる基礎流出係数または基礎流出率は、本質的には同義のものである。したがって、ここでは、より一般的に使用されている基礎流出係数を取り上げて議論を行なう。

雨水流出量の算定を行なおうとする実際の排水区域の空中写真を撮り、これを縮尺 $1/1,000$ 程度にプリントして原図とする。通常、実際の1排水区域内には、種々の基礎表面工種が雑多に分布しているので、この原図上で、地表こう配、形状、既設雨水管きょ系統、道路網などを考慮した上で、比較

基礎流出係数値の類似した基礎表面工種を集めて、全排水区域を適当な数のブロックに分割する。この理由は、つぎのステップとして、基礎表面工種それぞれに対して基礎流出係数値を与え、分割ブロックごとに基礎表面工種の占有面積比率によって面積加重平均を行ない、合成流出係数の算出を行なった場合、その結果が必ずしも正しい合成値を示すとは限らないからである。つまり、1ブロック内に、たとえば基礎流出係数値の大きい工種と小さい工種とが同時に存在する場合、両者からの流出雨水には時間的なずれが生じ、したがって基礎表面工種自体の流出時間と設計降雨継続時間との大小関係によって、実質的な流出係数値が変化し得る。

4. 流入時間算出への利用

これまでの雨水流出量算定諸法においては、流入時間の算出根拠が不明確であった。これを空中写真の利用によって、より合理化することが考えられる。すなわち、各種基礎表面工種に対して、降雨強度、降雨継続時間、こう配などに応じて定めらるる基礎表面流速を与え、面積比率の大きい工種あるいは基礎表面流速の大きい工種によって分割ブロック内の平均流入流速が支配されるものとみなして、さきに述べた面積比率によってこの基礎表面流速の加重平均を行なう。これによってブロック流入流速が得られれば、流入距離として流出雨水が上流側から雨水管まで到達する流線の平均距離を与えると流入時間が計算できる。しかし、この方法は一種の機械的操作であって、水理学的には問題がある。

いま、幾何学的な基礎表面工種配置の代表例として、図-1で示すごとく、並列結合あるいは直列結合の状態に分布していることが考えられる。これをそれぞれ一括したブロックとして取り扱うとき、平均的な流速を求めるときには、まず各工種ごとに、流速、流量、表面粗度、こう配、流入距離などを考慮して計算を行なわねばならない。市街地の排水区域で、すでに雨水管きがある程度敷設されている場合、または新たに下水道施設が計画されようとしている場合においては、一般的には並列結合の状態に近いものと考えてよいであろうが、いすかにしても、厳密な解析はかなり困難である。そこでここでは、いくつかの例をあげて検討を行なってみる。まず排水面積2700 m²のモデル・ブロックを考へ、これに基礎表面工種として、屋根、舗装道、間地の3工種が並列結合の状態にあるものとし、表-2で示した設計条件で基礎流出率法を応用して計算を行なう。ハイドログラフは、a)3工種それぞれの基礎表面流速を用いて別々にハイドログラフを作り、最後に合成したもの、b)それぞれの基礎表面流速を、面積加重平均を行なって合成したもの、と分類して両者の比較を行なう。図-2 case1~case3 は3工種等比率で流入距離を変えた場合のハイドログラフ、図-2 case4~case9 は1工種の面積を変えて他の2工種を等比率としてそれぞれ正方形とみなした場合

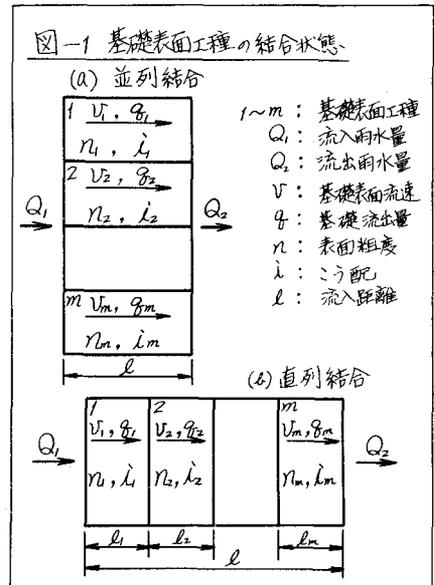
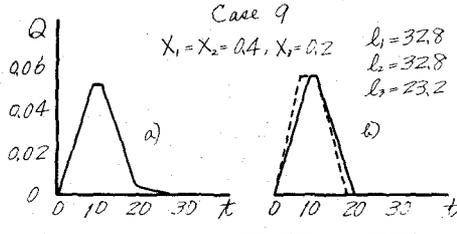
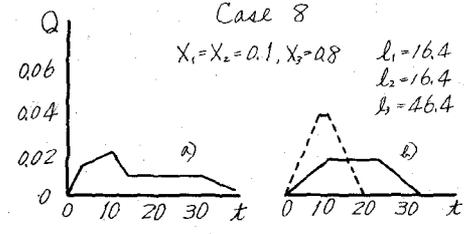
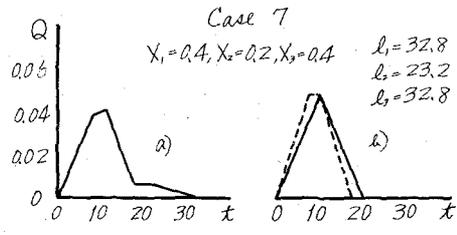
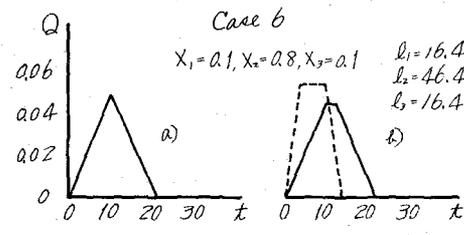
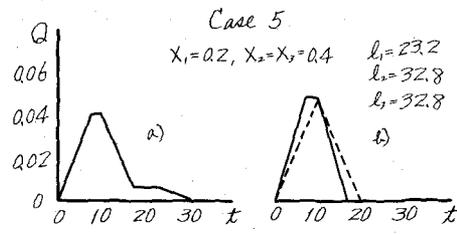
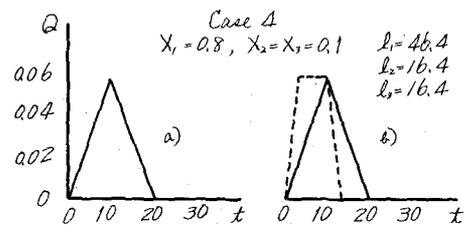
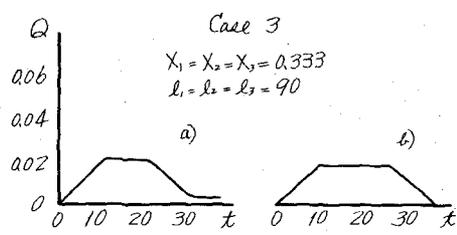
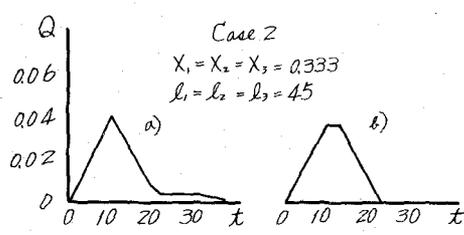
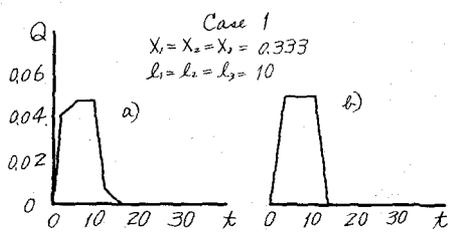
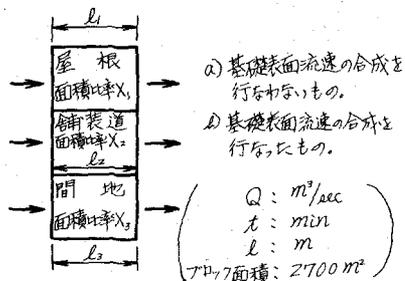


表-2 計算例に用いる設計条件

$i = 79.0 \frac{mm}{hr}, t = 10 \text{ min}$		
工種	基礎比率	基礎表面流速
屋根	21.6×10^{-6}	0.080
舗装道	21.6×10^{-6}	0.067
間地	10.8×10^{-6}	0.025

図-2 モデル・ブロックによるハイドログラフ



のハイドログラフである。この場合、a)の方法では流入距離が2種類得られるので、それぞれについて流入時間を求め、面積比率の異なる1工種の流入距離を用いたものを実線で、他の2工種の流入距離によるものを破線でハイドログラフを描いている。これらの結果から、基礎流出率および基礎表面流速のより小さい工種の面積比率が大きく、また、その流下距離が長くなる時とa)、b)両ハイドログラフの相違が著しくなることがわかる。なおこの例では、降雨継続時間が10minと非常に短いものであったので、大きな相違が現われるケースも起こったが、設計降雨継続時間が十分に長い場合であれば、このような誤差はなくなってくる。したがって、設計降雨継続時間の長・短によって生じる誤差をなくすためには、この場合にもできれば最初のブロック分割の段階において、基礎流出率および基礎表面流速の値の相近い工種を集めて1ブロックを構成することが望ましい。

5. おまけ

以上、雨水流出量算定において重要な要素である、1)排水区域を構成する表面工種の分布状態と面積比率の正確な把握、2)合理的な損失降雨量評価、3)流入時間の正しい見積り、に関して空中写真がどのように利用されるかについて述べてきた。まず、1)および2)については、基礎となる地表の工種を正確に知ることは通常の測量図面では不十分、不正確であり、都市開発による変化のすばやくも容易に知ることができないことから、空中写真の利用は有意義であるといえる。1例を挙げると、図-3a,bは同一地域を4年間のtime lagで撮った空中写真であり、局所的にかかりの様相の違いを示している。試みに両者の空中写真により、表-3で示した基礎流出係数値を用いて全合成流出係数を求めてみると、a)図ではCover all = 0.63であったのが、b)図ではCover all = 0.65となっている。つまり、2)については、例えは合理的法においては、これまで、流入時間として5~15minを経験的直観的に選定するものであったが、この不合理性を改良して、計算による算出を可能とした。この場合、基礎表面流速は、設計降雨条件、こう配などに応じてあらかじめ実験または実験によって定められていなければならない。

表-3 合成用基礎流出係数

工 種	基礎流出係数
屋根、コンクリート舗装	0.90
アスファルト舗装	0.80
無舗装	0.60
緑地、鉄道敷	0.10
裸地、その他	0.35

現在は直観によって空中写真を解読しているが、この方法では判定がわづらわしく、時間もかかるので、将来は電子工学的な方法で機械的な読みとりが望まれる。このことについては、講演時に述べたい。

(参 考 文 献)

- 1) 合田健, 杉富太郎, 若西晴治: 基礎流出率を用いた都市地雨水流出量算定に関する実験的研究, 土木学会第21回年次学術講演会講演概要集, 水工部, 昭41, PP143-1~143-2.
- 2) 西尾元充: 空からわかる, 技術堂, 昭39.

図-3 神戸市A排水区域空中写真

a) 1960年撮影

b) 1964年撮影

