38. 日雨量の度数分布曲線から年流量を推算する方法と検討

林業試験場宮崎分場　白　井　純　郎

水利用の面において、年間の流出量の推測を必要とする場合がしばしばある。流量観測施設のない所で年間の日雨量の分布から年流出量を概算する方法について多少検討を試みた。

その要領は

1. 1年間の日雨量の度数分布曲線を
$N=kl^{-ax^{\frac{1}{2}}}$（x：日雨量、k、a常数）
で表わす
2. 日雨量(x)と増水量(y)の関係式$y=f(x)$を導き、これに度数Nを乗じ積分するすなわち
$\int_0^\infty f(x)\times kl^{-ax^{\frac{1}{2}}}dx$　を求める
3. 上の増水量の積算に基底流量を推定加算する。

ここで問題となるのは日雨量とそれによる増水量を厳密に求めることは容易でなく、実際に求め得られるものは降雨後5、6日間の直接流出量で年流出量を推定するにはこのほかに地下水流出量を加算する必要がある。以下各項の手順について説明する。

1）一般に日降水量は0.1、1、10、30、50、100と不均等な間隔に区分され集計されているので、この資料を用いる場合その度数を間隔（mm）で割り1 mm当りの度数に換算し、これをその区間の中心値の度数と考える。こうして調整された平均雨量の度数をグラフに表わすと明らかに減衰曲線を画く、曲線式としては積分の都合を考えて $N=kl^{-ax}$ と $N=kl^{-ax^{\frac{1}{2}}}$ を想定し比較したが後者の方がより適するようなので後者を採用した。資料としては岡山分場の雨量と流量記録前期（昭12～19年）後期（昭22～31年）を用いた。

念のため日雨量（x）に度数Nを乗じ積分し $\int_0^\infty nl^{-ax^{\frac{1}{2}}}dx$ から年雨量を求めた処実際の値より常にやや多い値が得られた。これは区間の中心値はその区間の実際の平均雨量よりや、大きい傾向があるためと考えられる。

2）日雨量とそれによる増水量との関係は他の因子の影響があり簡単ではないが、他の因子を無視して短期間の一連続降雨量と降雨終了後5日間の増水量を採り上げた。降雨の小さい場合は増水は4～5日で止むが、降雨が大きければ復位するのは10数日を要するのでその誤差が大きくなり調整を必要とする。雨量(x)と増水量（y）との関係式にはいろいろの形のものがあるが 3）の積分の都合を考えて

$y=ax^2+bx$（a、b 常数）

として前後期別に求めると

前　期　$y=0.00196x^2+0.0472x$

後　期　$y=0.00412x^2+0.0653x$

上記の式に度数を乗じて $\int_0^\infty ykl^{-ax^{\frac{1}{2}}}bx$ を水年別に求めると表の値が得られる。

推　定　年　流　量

年	雨　量	推定流量 直接流出量	推定流量 基底流量	推定流量 計	実流量
昭和	mm	mm	mm	mm	mm
12	1,212	152	153	305	273
13	1,267	210	170	380	398
14	616	71	−21 (0)	50 (71)	50
15	969	133	81	214	107
16	1,559	227	258	485	515
17	1,235	186	160	346	386
18	1,294	227	178	405	455
19	834	121	40	161	131
22	914	205	65	270	326
23	1,193	273	148	421	390
24	1,330	474	189	663	640
25	1,236	222	161	383	476
26	1,211	340	153	493	549
27	1,450	370	225	595	621
28	1,553	489	256	745	748
29	1,517	367	245	612	716
30	1,070	243	111	354	328
31	1,202	217	150	367	372

3）上の値をその年の年流出量と比較するとかなり小さい。これは上の増水量は降雨前の流量が平水量に近い場合の値なので当然この基底流量を加算しなければならない。基底流量は個々の雨量より年雨量と関係があるので仮に次のような算出を試みた

（年雨量−基準消失量）×0.3

ただし基準消失量は Koater の $L=0.44Q+123$ Q（年平均温度）から算出、ここでは $L=700mm$ とした。

こうして算出された基底流量を前記の直接流量に加えて年流量と比較すると、年雨量の過小な年を除いては概ね適合すると云える。なお基底流量はその年の雨量のみならず前年の雨量の影響も大きいのでその補正

が必要である。

またこの方法が他の流域に適用され得るかどうかは日雨量と増水量についての適切な関係式が得られるかどうかによって左右されるだろうと思われる。

なお本報告の前半の考え方については一部荻原東大教授の suggestion を受けたことを附記する。

39, 三次元応力ダムのたわみ量の計算について

九大応力研　遠　藤　治　郎

砂防ダムを設計する場合にダムサイトが良質の岩盤であってしかも谷の幅に比べて高さが大きい時には堤体を片持ばりの群と固定ばりの群とに分けて考える三次元的安定計算の方法がとられている。

この場合に各要素において分担すべき分割荷重は要素数だけの未知数を含む連立方程式の解として得られる。この要素は一つの堤体についてなるべく数多くとることが望ましいがこの方針には計算の時間と労力を多く要するという難点がある。（普通、20元の連立方程式を解くのに数週間～数箇月を要するとされている[1]。）問題はさし当って、具体的な数値計算法にあるが、これは計算を高速かつ自動的に行なう機械的な方法が確立すれば解決するものと考えられる。この意味で筆者は近年発達した電子計算機を利用する方法を研究し分割荷重を求めるプログラムを作った[2]。本報告では、分割荷重を求めるプログラムにおいて各要素の単位荷重によるたわみ量がデータとして与えられ、また各要素に分割した荷重が算出されることに着目して各要素のたわみ量を求めるプログラムを取り扱う。

堤体の各要素の中でダムの中央に接する片持ばり（堤頂の固定ばりの要素数Nが奇数の時は中央の片持ばり）を１辺とし、N箇の要素をもつ固定ばりの半分（Nが奇数の時は$\frac{N+1}{2}$箇の要素を含む長さ）を他の１辺とする長方形を考え、長方形内の全要素に１、２３、……p のように番号をつけると、1. 各要素の固定ばりとしての、また片持ばりとしての番号を計算で出すことができる。2. 外力は堤頂からの距離で定まるがこれを各要素について計算で算出することができる。3. 各要素の厚みも普通は堤頂からの距離できまるので自動的な計算法が可能になる。4. 計算点と荷重点との相互関係が計算できる、などの利点があって結果的には一つのダムの各要素について連続的な計算が許されるようになる。ところで各点のたわみ量はよく知られているように

$$\sum_{j=1}^{p} a_{ij} p_j = y_i,\quad i=1,\ 2,\ \cdots,\ \mathrm{P} \quad \cdots(1)$$

$$\sum_{j=1}^{p} A_{ij} P_j = Y_i,\quad i=1,\ 2,\ \cdots,\ \mathrm{p} \quad \cdots(2)$$

ここで a_{ij}：計算点 i 、荷重点 j の単位荷重による片持ばりのたわみ、A_{ij}：単位荷重による固定ばりのたわみ、p_j：片持ばりに負荷する分割荷重、P_j：固定ばりに負荷する分割荷重、y_i：i についての片持ばりのたわみ量、Y_i：i についての固定ばりのたわみ量、で与えられる。外力を L_j とし $y_i=Y_i$, $p_j+P_j=L_j$ の関係を使えば

$$\sum_{j=1}^{p} (a_{ij}+A_{ij}) p_j = \sum_{j=1}^{p} A_{ij},\ i=1, 2, \cdots, \mathrm{p} \cdots(3)$$

となる。p_j を求めるプログラムでは a_{ij}, A_{ij}, および L_j をデータとして与え(3)式を解くのであるが長方形の要素番地を順次探査し i と j が一つの片持ばりに含まれることを判定して a_{ij} を読みこみ、固定ばりの場合も同様の判定の結果として A_{ij} を読みこむ。この時に dummy の判定を加えて余分な d 箇の要素を除き i ，j の最大値が $p-d$ であるように(3)式を実質的に変える。このようにしてそれぞれのデータはダムに含まれる要素のみについて array の形で計算機のメモリーに記憶されている。また p_j は演算の結果として(3)式右辺の値の入っていた番地に、P_j は L_j-p_j の計算を行って別のメモリー PJ〔I, J〕に格納されている。このように a_{ij}, p_j および A_{ij}, P_j が与えられているのでそれぞれの積和を求めれば(1)式、(2)式のおのおののたわみ量が計算される。

この結果について、はじめに STRAIN と印刷しついで y_i と Y_i との計算結果をならべて印刷させるためのプログラムは次のようになる。

なお、このプログラムは OKITAC-5090A 用の ALGOLIP によるもので計算は九州大学中央計数施設で行ったものであり p_i を求めるプログラム[2]の末尾に付加すべきものである。