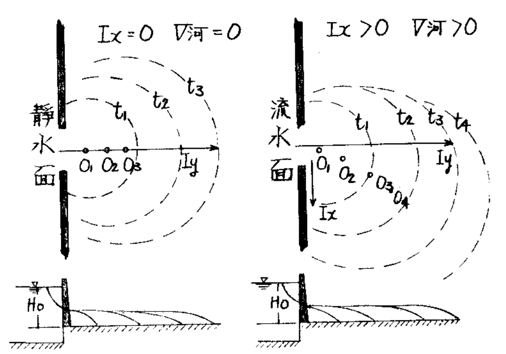
II-157　はんらん水の拡りに関する一考察

東海大學　正員　有賀世治

1. まえがき

河川堤防が破堤した場合、堤内地に向ってはんらん水が刻々拡かって行く状況を推測するため、諸条件を単純にした場合について、多くの実験を行って来ているが、解析的手法を用いないで、図形的なアプローチによって、はんらん水の拡り範囲や拡り速度などの概略な値を求める方法の1つについて述べる。(昨年の講演会では別の方法について述べておいた。)会場ではスライドを用い補足説明をする。



2. 実験の種類と方法

実験は河川の流速を0とした静水面実験と河川に流れを與えた流水面実験に分かれる。前者は更に給水のある場合（溢流深一定、或いは漸変）とない場合に分かれる。また実験規模の点より、規模の基準を溢流深の大きさにおき、これが0.1 M以下の場合を小規模、0.1 M～0.2 Mの場合を中規模模型実験，0.3 M以上を大規模野外実験として区分し、溢流深0.84 Mの場合が最大規模であった。

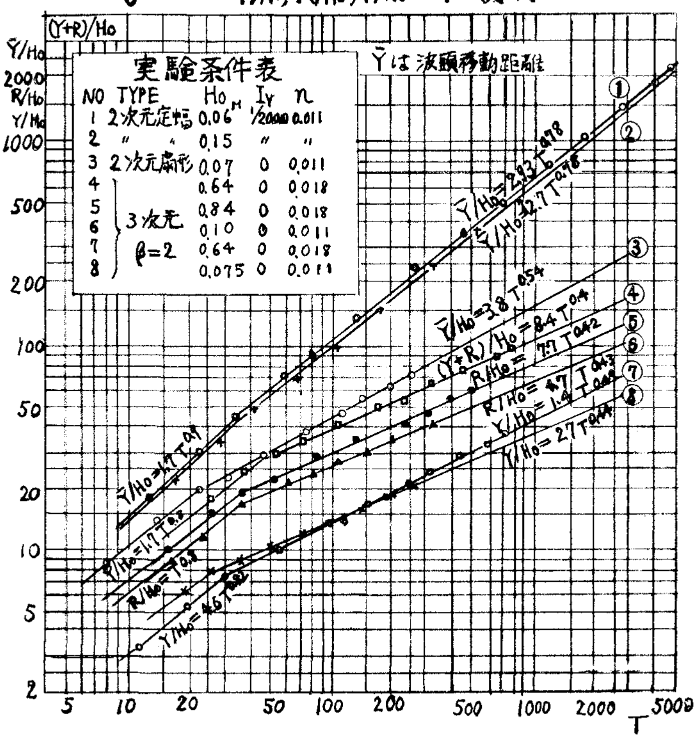
実験は土砂を含まぬ清水のみを対称とし溢流はんらんとは堤内地平面の一側に水面積の大きい水槽をおき、壁面に所定幅のゲートを設け、これを急激に上方にもち上げて水槽内の水を溢出させる。堤内地平面には事前湛水をさせていない。

実験条件として、河川水面流速，溢流深，破堤幅，堤内地地盤勾配（X，Y方向），地盤粗度（模型による家屋瘞へいを含む。）を種々変えて組合せせた。実験の標準条件として、設備の関係もあって、静水面、破堤幅比2，(B_0/H_0) 地盤勾配0，(二方向とも），地盤粗度マニング粗度係数 $n=0.01$，（平坦な銅鈑ばり。）を選び、他の条件の場合はこれに対比させた。はんらん水の拡りは色素で染った状態をカメラで、水位は針量水板で肉視、或いはカメラでうつした。

3. 溢流深一定の場合の拡り

(1)、静水状態からの溢流、模式図(a)に示すような場合、破堤幅B_0が溢流深H_0の

Fig-1　$\bar{Y}/H_0$, R/H_0, Y/H_0とTの関係



実験条件表

NO	TYPE	Ho (M)	Iy	n
1	2次元定幅	0.06	1/2000	0.011
2	〃	0.15	〃	〃
3	2次元扇形	0.07	0	0.011
4	3次元 β=2	0.64	0	0.018
5	〃	0.84	0	0.018
6	〃	0.10	0	0.011
7	〃	0.64	0	0.018
8	〃	0.075	0	0.011

8倍程度以下に対し、破堤直后の僅かな範囲を除き、拡り図形は近似的に中心座標の移動する円とみられ、はんらん区域は円群の包絡線と堤防線のかこむ区域とみられる。行った実験の範囲（H_0=0.05～0.84 M）内で、Fig-1に示すように $Y/H_0=K_1T^{m_1}$，$R/H_0=K_2T^{m_2}$ の関係があるとみられるようである。但し、Yはy方向の中心

の移動距離，Rは半径，$T=\sqrt{g/H_0}\,t$，gは重力加速度，tは時間（秒），K_i，m_iは常数，である。図に見られるようにTの値が25~50位のところに折点があり，2つの直線に分かれている。これは射流と常流の境界付近であろうと推察される。この破堤口に近い方の直線は実際上はあまり必要でないもので，はんらん予測の上からはあとの一本の線で足りることとなり，実用上便利である。但し実験で確められないTの大きな領域，たとえば$T>5000$あたりから別の傾斜線がでてくるかも知れない。

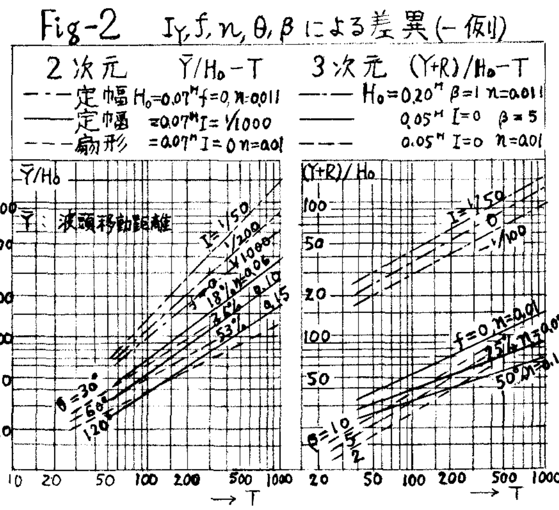


Fig-1には，ほぼ同じ条件で溢流実験を行った二次元定幅水路での測定結果（側壁における抵抗を無視すれば破堤幅無限大の3次元の場合とも見做し得る。）及び水路幅の漸増する扇形水路での測定結果を書き入れてある。何れの場合も拡り縁移動距離$\bar{Y}$に関し（$\bar{Y}$は3次元の場合の$Y+R$に相当する。）、$\bar{Y}/H_0=K_3T^{m_3}$の関係があるようである。さて上記のK_iは地盤粗度，地盤勾配或いはB_0/H_0の値によって変化する。これに対しm_iはいわば次元数によって多く影響されるので筆者はm_iを次元係数，K_iの逆数を抵抗係数と仮りに呼ぶことにする。m_iの値について，3次元拡りの場合（地盤勾配が水平に近いとき）Rに対しては0.3~0.45，Yに対しては0.2~0.45，$Y+R$に対しては0.4~0.5，2次元扇形の場合には0.5~0.7，2次元定幅の場合には0.7~0.9の範囲にある。破堤幅比（B_0/H_0）が大きい場合はもはや円形拡りとは言へず，大体破堤延長の両端から$4H_0$の間を半円拡りと考え，中心部は二次元定幅，或いは扇形の場合として拡り最大距離を求め外縁をなめらかな曲線でつなぐことによって近似させる。なお，x方向に勾配がついていれば当然Xはそれと地盤粗度の影響をうける。

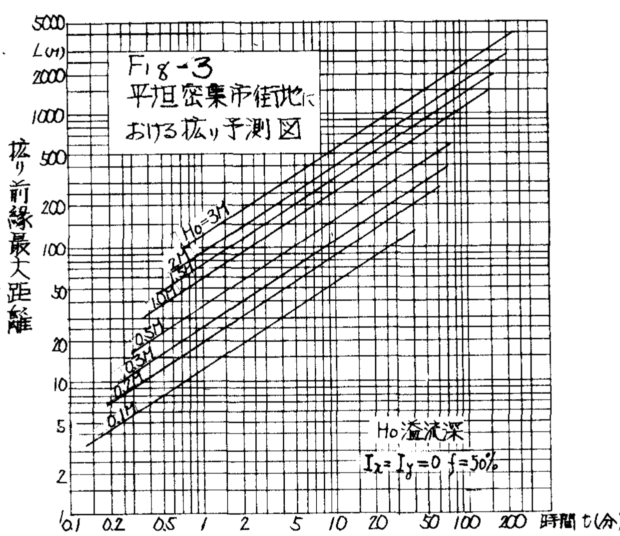


Fig-2には$B_0/H_0=\beta$，I_y，地盤粗度（たとえばマンニングの粗度係数n，或いは家屋遮へい率f）によって，K_i，m_iの値がどう変るかの一例を示す。

なお注意すべき点として，破堤口からの流出量は当初一定に近いが，やがて時間の経過とともに漸減する。

(2)，流水状態からの溢流

貯水がx方向にV_0の一様の流速をもって流れている場合には，拡り円の中心のx方向への移動距離Xに関し，$H_{0x}=V_0^2/2g$とおいて，$X/H_{0x}=K_1T^{m_1}$と考えてよいであろう。

4、溢流深が時間的に変化する場合の拡り　実際には破堤点水深が低下する場合が多いが，このような場合の拡りはいわば履歴現象であって，時刻tでの拡り速度が，その時刻のH_0のみにはよらないので，$\frac{dR}{dt}$，$\frac{dY}{dt}$，$\frac{dX}{dt}$を（たとえばRについて$R=K_2g^{\frac{m_2}{2}}t^{m_2}H_0^{1-\frac{m_2}{2}}$として）求め，数値積分によって求めても厳密には正しくないし，複雑であるので，便法として，時間をいくつかのstepに切り，それぞれの平均H_0について考えることとする。

5、実際河川への適用　実験の相似則が大局的にフルード則に従うものと仮定して，筆者が東京都防災会議の地震水害予測調査に際し，破堤による密集市街地のはんらん予測に用いたグラフをFig-3に掲げておく。