高潮氾濫による死亡リスクの予測に関する研究

岐阜大学工学部　正会員　安田孝志
岐阜大学工学部　○内司佳幸

1. 緒　言　ここでは，家屋の流失は高潮氾濫水の破壊力に依っているとの観点から，既往災害記録を基にして氾濫水と家屋の流失との関係の定量化を試みると同時に，氾濫水の挙動に及ぼす堤防破堤条件，氾濫域地形および障害物としての家屋の影響を伊勢湾台風災害記録から明らかにする。さらに，これらの成果を基に，都市化が急速に進んでいる三重県長島町の高潮災害の危険度評価を行うため，長島輪中を高潮氾濫のモデル地区とした氾濫水の数値シミュレーションを試みる。

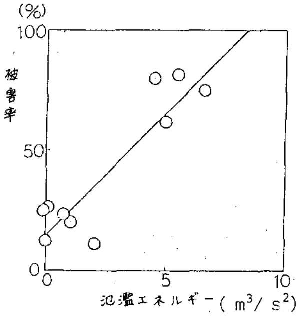
2. 家屋の流失率と氾濫エネルギーとの関係　家屋の流失や全壊には，氾濫水の浸水高よりも，むしろその流速が支配的であり，湛水型の河川氾濫に比べて津波や高潮氾濫が危険であることの所以はここにある。氾濫水の破壊力Fを家屋に作用する抗力として評価すれば，家屋の幅Bおよび浸水高をhとし，氾濫水の水平流速をVとすることにより，

$$F_i=\rho B h_i V_i^2 \quad (1)$$

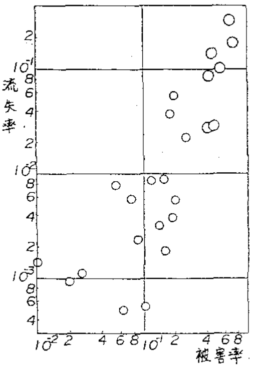
の関係が導かれる。今，各家屋の幅Bは一定であるとすれば，式(1)に戸数Nを乗じることにより，氾濫地域の全破壊力Fが求められる。これは，流失家屋数Mに比例するものと考えられ，

$$F=\Sigma F_i=N\rho B h V^2 \propto M \Rightarrow \rho h V^2 \propto M/N \text{ (流失率)} \quad (2)$$

の関係が導かれよう。ここで，$\rho h V^2$を単位面積当りの氾濫エネルギーと定義すれば，流失率は氾濫エネルギーを評価することによって決定される。したがって，氾濫エネルギーと流失率の関係を既往災害記録から明らかにし，回帰式を導けば既に求めた死亡リスクと流失率の関係式より，直ちに氾濫エネルギーの関数として死亡リスクが評価されることになる。しかしながら，氾濫水の水平流速に関する記録は皆無であるため，相田による土佐市宇佐における南海地震津波氾濫水の数値シミュレーション結果を基にして，氾濫エネルギーと相田によって定義された家屋の被害率との関係を明らかにする。ここに，被害率は，{流失数＋全壊数＋半壊数/2}/全家屋数　によって与えられる。図－1は，相田の計算結果を基にして求めた氾濫エネルギーと被害率との関係を示したものであり，両者の相関係数は0.88に達している。図中の実線は，その決定係数が0.78の回帰式によるものである。図－2は，伊勢湾台風災害時の浸水地域における各区市町村ごとの被害率と流失率の関係を示す。このときの相関係数は0.76と高く，高潮氾濫水の直撃を受けるような地域では，家屋の損失はほとんど流失に依っており，被害率と流失率の間に差はないものと判断される。以上より，氾濫エネルギーを入力値とする流失率推算式は次式で与えられる。



図－1　被害率と氾濫エネルギー

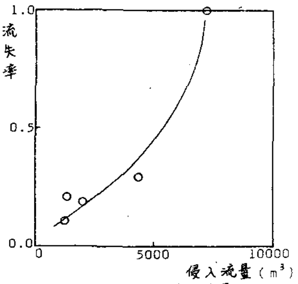


図－2　被害率と流失率

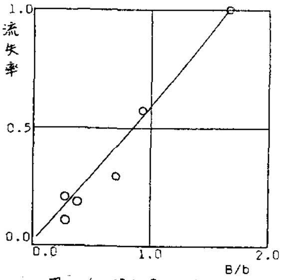
$$\text{流失率}(\%)=14.35+10.32\times h V^2 \ (m^3/s^2) \quad (3)$$

3. 氾濫エネルギーに及ぼす破堤，地形および地物条件の影響　前述したように，氾濫エネルギー

は家屋の流失率によって，また，破堤条件は破堤箇所からの侵入流量，地形条件は氾濫地の幅に対する破堤長の比および地物条件は人口密度（∝家屋密度）によってそれぞれ評価されるものと考え，図－3，4および5にこれらの関係を示す。考察は字数の都合で割愛する。



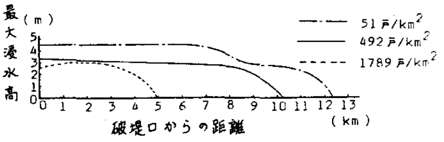
図－3　流失率と侵入流量



図－4　流失率とB/b

4. 長島輪中内の高潮氾濫水の数値シミュレーションの試み

1）地形および地物条件の評価法　破堤箇所，破堤延長および破堤高については，種々の場合を想定して行うことにし，ここでは地形および地物条件の評価を極力正確に行うようにする。このため，伊勢湾台風災害時に高潮氾濫が生じた東海道本線以南を氾濫地域とし，1/2000地形図を基にしてこの地域を50m間隔の正方格子に分割する。地物条件は各格子ごとにコード化することとし，地盤高については各格子内の平均値を代表値とする。また，家屋については，住宅台帳を基に鉄筋コンクリートや木造などの構造様式をコード化すると同時に，各家屋ごとに階数および建ペイ率から容積を求め，さらに各格子内ごとの家屋などの平均容積を計算し，構造様式および平均容積に応じた流量規制を行い，氾濫水に対する障害物としての家屋などの影響を評価する。図－6は各格子ごとにコード化された地物条件の分布図であり，図－7は各格子ごとの地盤高の分布図である。これから，破堤条件に応じた概略の氾濫水の流路が推察でき，危険箇所の規定が可能となろう。



図－5

図－6　地物条件分布図

図－7　地盤高分布図

2）数値計算法　座標および記号を図－8のように定め，氾濫水の支配方程式として，Navier－Stokes式および連続式を長波近似および断面平均した次式を用いる。

$$\begin{cases} \partial Q_x/\partial t + \partial(Q_x U)/\partial x + \partial(Q_y U)/\partial y = -\rho g(\eta - d)\partial\eta/\partial x - \tau_{bx} \\ \partial Q_y/\partial t + \partial(Q_x V)/\partial x + \partial(Q_y V)/\partial y = -\rho g(\eta - d)\partial\eta/\partial y - \tau_{by} \\ \partial\eta/\partial t + \partial Q_x/\partial x + \partial Q_y/\partial y = 0 \end{cases} \quad (4)$$

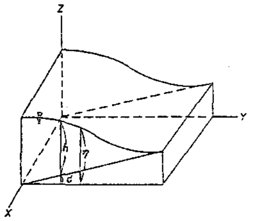


図-8　座標系および記号

ここに，$Q_x = \rho(\eta - d)U$，$Q_y = \rho(\eta - d)V$，$\tau_{bx} = \rho g n^2 U\sqrt{U^2+V^2}/(\eta - d)^{1/3}$ および $\tau_{by} = \rho g n^2 V\sqrt{U^2+V^2}/(\eta - d)^{1/3}$ であり，n はManningの粗度係数である。破堤時の水面形および流速成分については，粘性は無視できるとしたRitterの式によって次式のように与える。

$$\eta = (2 - x/c_0 t)^2 h_0/9,\quad U^2 + V^2 = 4(c_0 + x/t)^2/9,\quad C_0 = \sqrt{g h_0} \quad (5)$$

ここに，h_0 は高潮の最高潮位に基づく越流水深である。先端条件のモデル化は，地形や地物条件の評価とも関連して極めて重要であり，津波やダム破壊段波のそ上計算に関して種々の検討が為されて来ているが，ここでは，氾濫水の先端は数学的特異点であり，何らかの付加条件が必要との観点から，スレショルド水位 $\eta_c = 0.001\,\mathrm{m}$ を用いる。以上の数値計算法に関しては京大山下助手の助言を得た。

5. 結　語

名工大細井教授代表の計画研究の第2年次において，高潮災害の危険度評価の手順がほぼ完成した。最終年度においては，危険度評価を行い，何らかの防災対策の指針を提示したい。