

II-63

堤防決壊に伴う木造家屋の流失危険範囲の予測

京都大学防災研究所 正員 ○中川 一
 京都大学防災研究所 正員 高橋 保
 大阪ガス 正員 西崎丈能

1. まえがき 洪水氾濫危険区域に多くの住宅が建設されつつある現状から見て、防災上、ハードな対策のみならず、氾濫による木造家屋の流失・全壊および冠水等の危険範囲とその規模を予め知っておくことは、今後の適切な土地開発の方向や現状を認識しておく意味においても重要となろう。ここでは、家屋群が存在する場での洪水氾濫の数値解析と家屋の流失危険度の判定とを結合した解析法を示し、これを実流域に適用して、木造家屋の流失危険範囲の予測を行う。

2. 家屋の流失危険指標 在来軸組工法による木造家屋では、土台Pと柱の接合部は図1に示すように、ほぞ構造で、水平外力に対してここが塑性ヒンジとなって挙動し、過度の変形によって破壊に至るものと考えられる。高橋ら¹⁾は、流体力によるほぞ周りのモーメントを用いて、木造家屋の流失危険指標として次式を提案している。

$$uh \geq \sqrt{M_v / (h_c / h \cdot C_D / 2 \cdot \rho)} / \sqrt{B} \quad \dots\dots(1)$$

ここに、u;断面平均流速, h;水深, M_v ;家屋の耐力モーメント, h_c ;作用高さ, C_D ;抗力係数, ρ ;水の密度, B;家屋幅である。これを二次元洪水氾濫場に適用し、家屋の流失・全壊危険度を評価する。なお、高橋らと同様に、 $M_v=418730$ (Nm), $C_D/2=1.064$, $h_c/h=0.732$, $B=10$ (m) を用いれば、 $uh \geq 7.3$ (m^2/s) が流失危険度指標となる。

3. 基礎方程式 用いた基礎方程式は、以下に示す水深方向に積分された二次元の流体運動を表す運動量方程式と連続式である。

$$\partial M / \partial t + u \partial M / \partial x + v \partial M / \partial y = -gh \partial H / \partial x - \tau_x / \rho \quad \dots\dots(2)$$

$$\partial N / \partial t + u \partial N / \partial x + v \partial N / \partial y = -gh \partial H / \partial y - \tau_y / \rho \quad \dots\dots(3)$$

$$\partial h / \partial t + \partial M / \partial x + \partial N / \partial y = 0 \quad \dots\dots(4)$$

ここに、M, Nは各々X, Y方向の流量フラックスで、 $M=uh, N=vh$ と定義される。h;水深, H;水位, τ_x, τ_y ;それぞれX, Y方向の底面せん断応力で、Manningの抵抗則を用いるとnを粗度係数として各々次式で表される。

$$\tau_x = \rho g n^2 u \sqrt{u^2 + v^2} / h^{1/3}, \quad \tau_y = \rho g n^2 v \sqrt{u^2 + v^2} / h^{1/3}$$

基礎方程式を有限差分法により数値解析するが、この際、慣性項については風上差分を、その他の項には中央差分を用いた。

家屋群の影響を考慮する場合、図2に示すような格子を考え、次式で示されるような流量フラックスの補正を行う。

$$\begin{aligned} \tilde{M}_{i,j+\frac{1}{2}}^{n+2} &= \beta_{a,j+\frac{1}{2}} M_{i,j+\frac{1}{2}}^{n+2} & \tilde{N}_{i+\frac{1}{2},j}^{n+2} &= \beta_{i+\frac{1}{2},b} N_{i+\frac{1}{2},j}^{n+2} \\ (M_{i,j+\frac{1}{2}}^{n+2} \geq 0; a=i\pm\frac{1}{2}) & \dots\dots(5) & (N_{i+\frac{1}{2},j}^{n+2} \geq 0; b=j\pm\frac{1}{2}) & \dots\dots(6) \end{aligned}$$

ここに、 β は通過率で、 $(i+1/2, j+1/2)$ 格子内の1家屋面積を A_k とすると $\beta_{i+\frac{1}{2},j+\frac{1}{2}} = \sqrt{1 - \sum A_k / \Delta X \Delta Y}$ で与えられる。(1)式を適用する場合、水深 h には氾濫計算で求まる $h_{i+\frac{1}{2},j+\frac{1}{2}}^{n+3}$ を、流速としては次式を用いる。

$$u = \sqrt{(\tilde{M}_{i,j+\frac{1}{2}}^{n+2} + \tilde{M}_{i+1,j+\frac{1}{2}}^{n+2})^2 + (\tilde{N}_{i+\frac{1}{2},j}^{n+2} + \tilde{N}_{i+\frac{1}{2},j+1}^{n+2})^2} / (2h_{i+\frac{1}{2},j+\frac{1}{2}}^{n+3}) \quad \dots\dots(7)$$

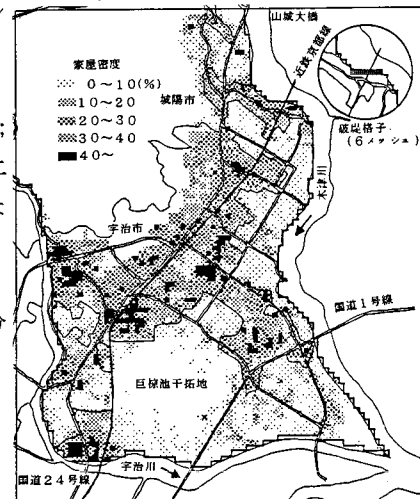
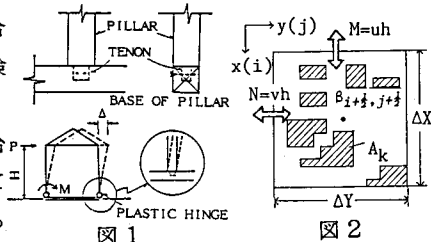


図3

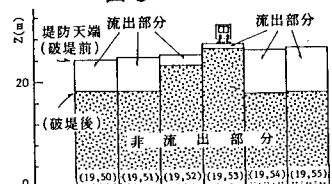


図4

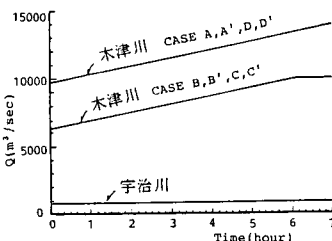


図5

4. 巨椋流域への適用 計算領域および地形図から読み取った家屋密度 ($\sum A_k / \Delta X \Delta Y$)

の分布を図3示す。同図には破堤格子も示されているが、ここは江戸時代より度々破堤を繰り返してきた水衝部にあたる。図4は決壊前の破堤格子の標高と決壊後のそれを示している。なお、破堤後の天端高には隣接する堤内地地盤高を用いた。図5は、計算に用いた山城大橋および天ヶ瀬ダム地点における流入ハイドログラフである。表1に計算条件を示す。空間差分間隔は125m時間差分間隔は5秒である。河道および堤内地の粗度係数をそれぞれ0.025, 0.06とした。以下、CASE AおよびA'すなわち、瞬間に破堤が終了し、堤防を溢水するような大きな流量が与えられた時に、氾濫計算に家屋の存在を考慮する場合としない場合について比較検討する。

表 1

CASE	流量	破堤条件	家屋構造物の有無
A	大	瞬間破堤	有
A'	大	瞬間破堤	無
B	小	瞬間破堤	有
B'	小	瞬間破堤	無
C	小	10分破堤	有
C'	小	10分破堤	無
D	大	10分破堤	有
D'	大	10分破堤	無

図6(a),(b)に各地点の水位の時間変化を示す。CASE Aの方がA'より1m程度水位が高くなっている。また、巨椋池干拓地付近ではAの方が60~90分程度伝播時間が遅れている。これは、家屋群を考慮する場合には、格子内に流入する流量が減少し、その分水深が増加し、伝播速度が遅くなるためである。また、同図より、巨椋池の低平地では氾濫が継続した場合10 m以上もの冠水が予想され、外水氾濫による堤内地水の排除も重要となろう。なお、今回の計算では排水路やポンプによる排水は考慮していない。

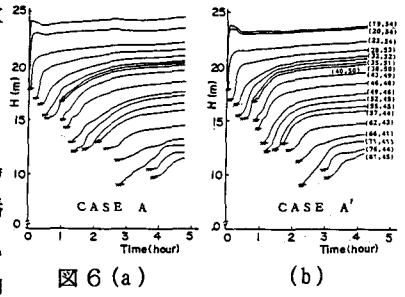


図7(a),(b)は、破堤4時間後の氾濫水の流速ベクトルを示したものである。破堤口付近で二分された氾濫水はその下流で再び合流し、特にCASE A'ではかなり強い流れとなって流下している。巨椋池干拓地の方向へ進んだ氾濫水は、近鉄京都線の盛土を越えることなくこれに沿って流下し、干拓地で湛水している。もし、このまま湛水が進行すれば、盛土を越水して、最近開発が著しい向島地区にも氾濫することが十分考えられる。

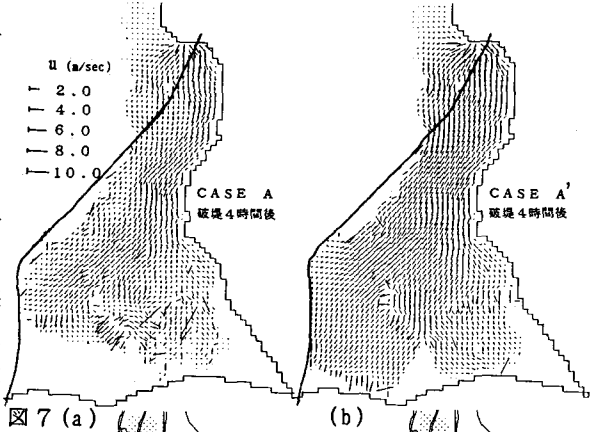
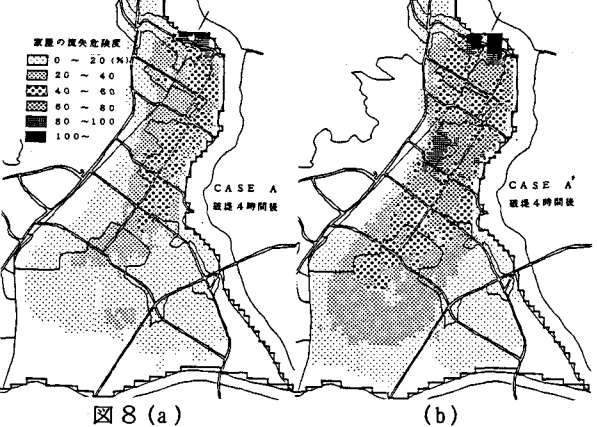


図8(a),(b)に、破堤4時間後の木造家屋の流失危険度分布を示す。ここで、流失危険度が100%とあるのは、氾濫計算で求まるuhが 7.3 (m²/s)を上回る場合であり、それ以下のuhについてはその限界の値を五等分して危険度と定義したものである。同図より、破堤口近傍で流失危険度が100%を越える所が、その直下流に80%の所が存在している。また CASE Aで80%の所がCASE A'では全て100%に増加している。前述した様に、氾濫水が合流する付近でCASE A'では流失危険度が80%になっており、合流後に強い流れを形成していることがこれからもわかる。



5. おわりに 従来、家屋の存在を考慮しないで氾濫計算を行い、流体力の分布から流失危険度が評価されてきたが、この方法ではかなり過大に危険度を評価することになり、今回提案したような方法がより望ましいものと思われる。今後、衝撃力等を考慮した解析も検討する必要がある。なお、本研究の一部は文部省科学研究費(奨励研究(A)課題番号60750483)の補助を受けたものである。関係各位に深謝する次第である。

<参考文献>高橋・中川・加納:洪水氾濫による家屋流失の危険度評価,京大防災研年報,28号B-2,1985.