

山梨大学大学院 ○学生員 張 新華
 山梨大学工学部 正会員 竹内 邦良
 山梨大学工学部 正会員 石平 博
 山梨大学工学部 正会員 大石 哲

1. はじめに

洪水災害を防ぐために、人類はさまざまな工夫を重ねてきたが、現在洪水氾濫の被害を完全に無くすまでには至っていない。

一方、洪水と共存する治水対策を前提として考えると、堤防等のハード面だけでなく、ソフト面での対策が重要である。ソフト面での対策とは、各流域における洪水ハザードマップを作成するとともに、それに基づき、洪水リスクを解析し、その上で、被害軽減策を立てることである。したがって、洪水氾濫シミュレーションによる湛水域の評価などがソフト対策の基礎として極めて重要である。

本研究では、笛吹川と荒川に挟まれた領域を対象として、さまざまな確率降雨、堤防位置を想定した洪水シナリオに対する二次元氾濫計算を行い、地形・粗度の影響、当該地域における水災害ポテンシャル評価のための基礎的検討を行う。これに加え、ポンプによる排水を考慮した氾濫計算も行い、ポンプの稼動条件ならびに配置の違いによる湛水域、水深の変化、ならびに洪水災害軽減の可能性についても検討を行う。

2. 二次元氾濫解析の基礎方程式

基礎方程式として、以下に示す浅水方程式を用いる。

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial uM}{\partial x} + \frac{\partial vN}{\partial y} = 0 \quad \dots(1)$$

$$\frac{\partial M}{\partial t} + \frac{\partial (uM)}{\partial x} + \frac{\partial (vM)}{\partial y} = -gh \frac{\partial H}{\partial x} - \frac{\tau_{bx}}{\rho} \quad \dots(2)$$

$$\frac{\partial N}{\partial t} + \frac{\partial (uN)}{\partial x} + \frac{\partial (vN)}{\partial y} = -gh \frac{\partial H}{\partial y} - \frac{\tau_{by}}{\rho} \quad \dots(3)$$

ここに、M、N：x、y 方向の単位幅流量フラックスで $M=uh$ 、 $N=vh$ 、u、v：x、y 方向の流速、h：水深、H：水位 $H=h+Z_b$ 、 Z_b ：基準面からの地盤高である。 τ_{bx} 、 τ_{by} ：x、y 方向のせん断応力。Manning の抵抗則を用いると、せん断応力項は：

$$\tau_{bx} / \rho = gn^2 u \sqrt{u^2 + v^2} / h^{1/2} \quad \dots(4)$$

$$\tau_{by} / \rho = gn^2 v \sqrt{u^2 + v^2} / h^{1/2} \quad \dots(5)$$

3. 氾濫流基礎方程式の差分化

岩佐等(1995)に倣い、二次元一層流れモデルに対して陽型式(Explicit)の Staggered Scheme を用いて差分化した。

運動量式：時間に関しては前進差分、移流項については第1次

風上差分、圧力項は中心差分、摩擦項には不安定を避けるため陰形式(implicit)にした中央差分を用いる。

連続式：時間に関して前進差分、空間に関して中央差分とし、leap frog 的に計算を進める。

4. 富士川における氾濫解析

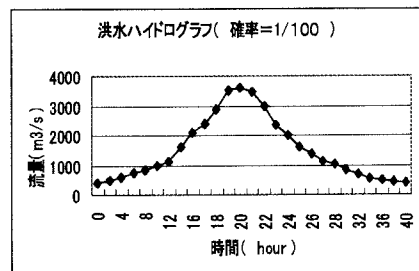
4.1 計算対象領域とブロック分割

本研究では笛吹川と荒川に挟まれた領域を計算対象とした。座標は東西方向を X 軸、南北方向を Y 軸とし、堤内地の二次元流れについては $\Delta x=282.942\text{m}$ 、 $\Delta y=231.152\text{m}$ 、 $\Delta t=2\text{sec}$ で計算を行った。なお、対象領域内の格子数は 1180、面積 77.2km^2 である。

4.2 氾濫原の粗度係数 氾濫原における地目別マニングの粗度係数は宅地:0.040、水田・畑:0.025、山林:0.060 とし、各メッシュの粗度係数の値は地目別の面積率による重みつき平均とした。

表 1 破堤条件と確率別洪水

No.	断面	堤点 天端高 (m)	数高 (m)	流量 (m^3/s)	水位 (m)	確率別のピーク流量 と計算するかしない		
						1.00%	2.00%	3.33%
						3,600	3,100	2,500
1	F110(中道橋)	258.8	254.4	2,827	256.0	○	○	×
2	F145(豊見橋)	263.3	259.6	2,881	261.4	○	○	×
3	F166(石和橋)	269.8	264.3	2,117	267.6	○	○	○



図一 対象洪水ハイドログラフ

キーワード：二次元、氾濫解析、湛水域、湛水深、洪水災害

連絡先：〒400-8511 山梨県甲府市武田 4-3-11 Tel: 055-220-8588 Fax: 055-253-4915

4.3 破堤位置の想定と確率規模別の流量配分

本検討では対象領域内の破堤位置として、笛吹川の3箇所を選定した(表1)。破堤開始水位はH.W.Lに達した時の値とし、破堤幅は一つのメッシュの幅に等しいと仮定する。破堤敷高は堤内地盤高と高水敷高の高い方とする。破堤地点からの流量フラックスは以下の式で算出する。

$$\text{完全越流時}(h_2/h_1 \leq 2/3): M_{i,j+1/2} = \mu_1 \sqrt{2gh_1} \quad \dots(6)$$

$$\text{潜り越流時}(h_2/h_1 > 2/3): M_{i,j+1/2} = \mu_2 h_2 \sqrt{2g(h_1 - h_2)} \quad \dots(7)$$

ここに、 h_1 : 越流上流側の水位、 h_2 : 越流下流側の水位で、この場合の水位の基準は破堤口の敷高であり、 μ_1 、 μ_2 は流量係数である。

確率規模別の流量配分は表1に示す通りである。昭和34年8月洪水をもとに、形状拡大法により確率別洪水のハイドログラフ($p=1.0\%$ 、 2.0% 、 3.33%)を推定した。ハイドログラフの形状を図-1に示す。なお、8月14日の6時から16日の6時まで48時間を対象時間とした。対象領域内で氾濫解析にあたり、三つの確率別洪水を用い、各破堤地の破堤条件を考えた上で、幾つか洪水の氾濫シミュレーションを行った。計算の対象期間については、河道内の洪水水位が上昇して破堤条件を満たした水位に対応する時間から洪水水位を退水して破堤口の敷高に達した時間までの間を計算期間とした。

4.4 氾濫解析の結果と考察

笛吹川と荒川に挟まれた対象領域内の氾濫数値解析を笛吹川の3箇所の破堤位置と3種類の確率洪水($p=1\%$ 、 2% 、 3.33%)の洪水ハイドログラフを用い、各破堤条件による氾濫シミュレーションを行った。解析結果を表2に示す。

なお、表2に示したのは、ポンプによる排水を考えなかった場合の結果である。これらの結果によると、対象領域における最低点の湛水深は2mから3mとなった。笛吹川における3箇所の破堤位置(F110、F145、F166)は釜無川の合流点からそれぞれ12.1km、16.0km、18.3km離れている。最も上流のF166断面からの氾濫流が最低点へ到達する時間はF145断面の場合より少し速くなっており、湛水深も高くなった。その原因としては、F166断面の敷高から氾濫原に引き流れた洪水水位が高く、破堤状態の継続時間が長くなったためと考えられる。

計算結果を平面的に見るため、笛吹川F110断面、確率 $p=1\%$ の洪水発生した時の氾濫状況を図-2に示す。この条件下では、破堤開始から2時45分後に最大の湛水域に達し、その時145個メッシュ点、約9.48km²の領域が湛水した。

氾濫原に最低点の湛水深変化を図-3に示す。この図より、ポンプによる排水の作用は非常に大きいことが分かる。ここに示したのは、F110断面から確率1/100の洪水氾濫した場合の結果であるが、ポンプにより大体2m湛水深を軽減されている。

5、おわりに

今回は、対象領域の地形資料、水文資料から洪水氾濫解析を行ったが、今後はこの結果をもとに洪水のリスク解析を進める予定である。

参考文献

- 1) 岩佐 義朗等(1995): 数値水理学、丸善株式会社。
- 2) 井上 和也等(2000): 河川網が発達した領域での氾濫解析法とそのメコンデルタへの適用、水工学論文集、第44巻、pp485-490。
- 3) 末続 忠志等(1998): 改良した氾濫モデルによる氾濫流の再現と防災への応用に関する研究、土木学会論文集No.593/II-43, pp 41-50。
- 4) K. Inoue, T. Toda & O. Maeda(2000): Overland inundating flow analysis for Mekong Delta in Vietnam, Hydrossoft 2000, Hydraulic Engineering Software, VII, WIT press, pp 123-132。

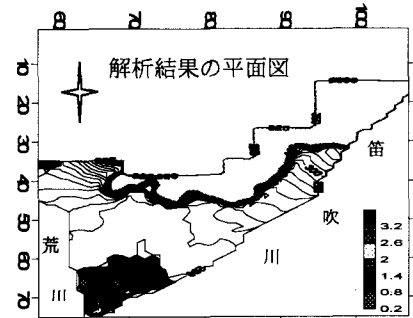


図-2、対象領域と解析結果

表2、対象領域内の氾濫解析結果

断面	洪水の確率=1/100				
	開始時刻	終了時刻	最低点に到達時刻	最大湛水深と時刻	時刻
F110	7:45	15:00	8:30	2.90	10:45
F145	8:01	14:55	10:45	2.35	12:30
F166	6:07	23:52	8:30	2.72	11:30
断面	洪水の確率=1/50				
	開始時刻	終了時刻	最低点に到達時刻	最大湛水深と時刻	時刻
F110	8:40	14:18	9:30	2.48	10:30
F145	8:45	14:15	11:30	2.34	13:30
F166	7:07	22:43	9:30	2.70	12:30
断面	洪水の確率=1/30				
	開始時刻	終了時刻	最低点に到達時刻	最大湛水深と時刻	時刻
F110					
F145					
F166	8:17	20:38	10:45	2.67	13:15

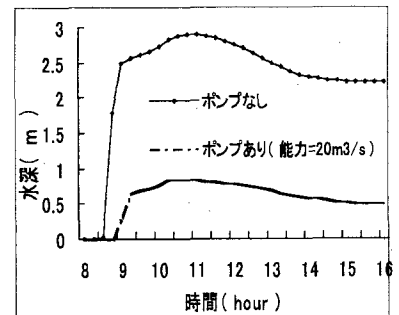


図-3 ポンプの作用