

○前橋市立工業短期大学 正 梅津 剛
 中央大学 学 畑中 勝守
 中央大学 正 川原 睦人
 東北地建福島工事事務所 西條 一彦

1. はじめに 著者らは、河川流れ問題への有限要素法の適用として、移動境界手法を導入した解析手法を考案している。その目的は、主として洪水問題に対する非定常流れのシミュレーションであるが、そのため本手法では、予め解析領域としての有限要素分割を陸地をも含めて作成することにより、その内部で水域の時間的变化を含めて解析するという手法を用いている。本論では、その応用として、移動境界手法を導入した浅水長波流れ解析への応用例として、霞堤まわりの流れ解析を報告するものである。霞堤は、一般的に急流河川の洪水対策として設けられた不連続堤である。洪水の際に、溢れた水を河川に戻し、氾濫時間の短縮と内水問題を防ぐのがその効果とされている。本研究では、解析対象として実際の河川をモデルに、不連続部の堤防形状の違いによる、戻り流量の違いを検討するものである。

2. 数値解析手法 河川の流れを平面2次元的にとらえ、次の浅水長波方程式を基礎方程式とする。

$$\dot{u}_i + u_j u_{i,j} + g(H + \zeta + Z)_{,i} - A_l(u_{i,j} + u_{j,i})_{,j} + \frac{gn^2 \sqrt{u_k u_k}}{(H + \zeta)^{4/3}} u_i = 0 \quad (1)$$

$$\dot{\zeta} + \{(H + \zeta) u_i\}_{,i} = 0 \quad (2)$$

ここに、上付きの”・”は時間に関する偏微分を、また右下付きの”,”は空間方向に関する偏微分を示している。 i, j, k の添字は、それぞれに水平方向 x, y について示すものである。また、 $u_i(x, y; t)$: 平均流速 (m/sec)、 $\zeta(x, y; t)$: 水位変動量 (m)、 $H(x, y)$: 基準水深 (m)、 $Z(x, y)$: 河床の標高 (m)、 g : 重力加速度、 A_l : 渦動粘性係数 (m^2/sec)、 n : マニングの粗度係数 ($m^{-1/3}sec$) である。

数値解析手法としては、二段階陽的有限要素法を用いるものとし、要素の形状は三角形とする。移動境界手法は、各時間毎の要素内水深の有無を判断し、水深の無い要素を重ね合わせから除外するというような手法により行っている。

3. 解析例 解析対象領域は図-1に示す河川とする。平均河床勾配約 $1/150$ 、河幅は約 $100m$ である。この河川領域の選択理由としては、蛇行等の偏流により霞堤の決壊が考えられ、水理解析の検討がおこなわれていることが挙げられる。本研究では、この領域内の霞堤の一つについて局所的な流況解析をおこなうものである。解析領域は、図-2に示される有限要素分割内である。河川部分と陸地部分が霞堤の切れ目で接合している。この領域分割は、以下の解析目的に対して、堤防部分となるところが細かく分割されている。

1. 現況霞堤の洪水流に対する戻り効果の検討
2. 現況霞堤の堤長を延長し、霞堤の形状変化に伴う戻り水効果の検討
3. 現況霞堤の角度を変化させ、角度の違いによる戻り水効果変化の検討

これらの説明は図-3に示され、図の斜線部分は現況の堤防を示している。堤防長は、各節点の標高値 Z を堤防高に与えることによって表現される。即ち、有限要素分割は変えずに、標高値を変えることによって、複数の場合について解析するものである。図-4は境界条件の概念図を示す。氾濫域より流入する流量 Q_1 は図-5のハイドログラフに従って与えるものとし、河川内の流量としてはこの河川の流下能力である $550 m^3/sec$ を与えるものとする。

各検討ケースは、表-1に示されるように、現況と、現況から堤防を延長、あるいは角度を変えた場合である。これらについて同条件で解析を行い、堤防の切れ目における戻り流量の総和を計算し、現況解析を 1.0 とした場合

の他ケースの割合をもとめ、グラフに示したものが図-6である。

4. 考察 現況解析では霞堤の戻り量はわずかであり、現況での洪水氾濫の際の戻りの効果は少ないと思われる。現況の霞堤をそのまま延ばした場合、隣接する堤防との距離が短いため、洪水流の戻り水を妨げる場合がある。霞堤の角度を45度にした場合には集水能力の向上がみられる。また延長することによってその効果はより向上する。90度とした場合にも集水効果は現況よりも高い。しかしこの形状では、氾濫した陸地のスムーズな流下を妨げることになる。従って特にこのような急勾配の地形においては水位の上昇や、延ばした堤防の決壊、あるいは土砂の堆積等の弊害を有無可能性があると推測される。

5. おわりに 本論の解析結果においては、霞堤の洪水流に対する戻り効果に着目したものである。しかし、河川部が増水した際に霞堤より河川流が流れ出すような現象も容易に想像される。そのため、複数の霞堤を含め、広範囲に解析領域をとり解析することを検討している。

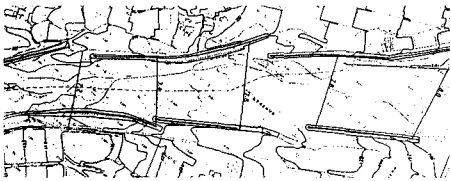


図-1 解析対象河川平面図

表-1 検討ケース

検討ケース名	備 考
現 況	現況堤防の場合
case 1a	現況堤防を 100m 延ばした場合
1b	現況堤防を 200m 延ばした場合
1c	現況堤防を 300m 延ばした場合
case 2a	かすみ堤の角度を 45 度とし、長さを 100m とした場合
2b	かすみ堤の角度を 45 度とし、長さを 200m とした場合
2c	かすみ堤の角度を 45 度とし、長さを 300m とした場合
case 3a	かすみ堤の角度を 90 度とし、長さを 100m とした場合
3b	かすみ堤の角度を 90 度とし、長さを 200m とした場合
3c	かすみ堤の角度を 90 度とし、長さを 300m とした場合

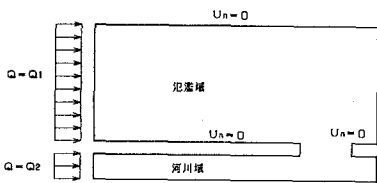


図-4 境界条件説明図

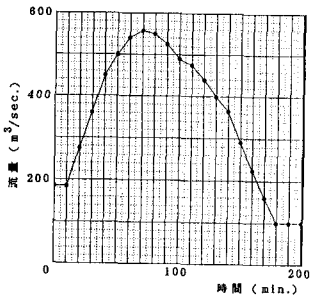


図-5 流入量グラフ

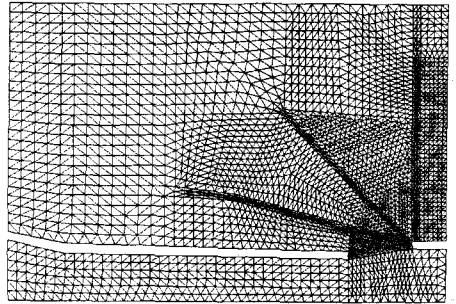


図-2 有限要素分割図

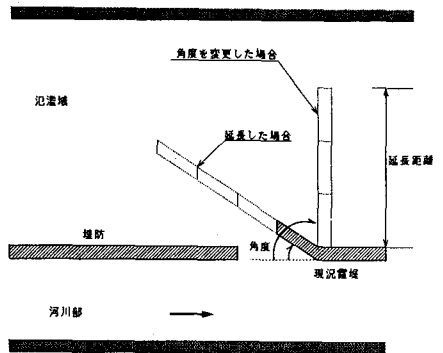
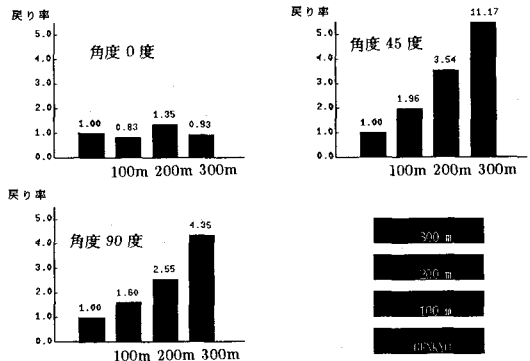


図-3 解析ケース説明図



戻り率：戻り流量／現況解析の戻り流量

図-6 解析結果