

高潮のはんらん特性と数値モデル

京都大学防災研究所 正会員 土屋義人

" " " 山下隆男

京都大学大学院 学生会員 杉本 浩

1. 緒言

高潮のはんらんに関する研究は、高潮に伴う災害を予測するうえで非常に重要な研究テーマである。ここでは高潮のはんらん現象を把握し、それを数値的にモデル化するために、まず多くの資料がある伊勢湾台風時の高潮のはんらんに関する調査報告からその特性を明らかにし、ついで数値モデルを提案し、数ケースについて数値実験をした結果を述べる。

2. 伊勢湾台風時の高潮はんらんの特性

高潮のはんらん特性は単に高潮の規模や破堤地点からの距離のみに依存せず、地形や地物により大きく影響されていた。例えば、(i)埋立地による減衰効果は大まい、(ii)堤防の平面形状により減衰、増幅効果が明確に見られた、(iii)市街地域においては、地物によりはんらん水の挙動が規定され、河川、道路網によってはんらんする。また、はんらんは高潮および洪水によるもので、まず高潮により破堤、はんらんしたのち洪水によるはんらんが起きている。とくに高潮の河川への型上は大規模スケールで生じており、かなり上流の河川堤防までその大部分が高潮により破壊されていた。

3. 高潮はんらん数値モデル

図-1に示す座標系と記号を用いて、次式を基礎方程式とする数値モデルを試みる。

$$\partial M / \partial t + \partial (M U) / \partial x + \partial (N V) / \partial y = -\rho g (\eta - d) \cdot \partial \eta / \partial x - T_{bx}$$

$$\partial N / \partial t + \partial (M V) / \partial x + \partial (N V) / \partial y = -\rho g (\eta - d) \cdot \partial \eta / \partial y - T_{by}$$

$$\partial \eta / \partial t + \partial M / \partial x + \partial N / \partial y = 0$$

ここに、 U 、 V は x 、 y 方向の平均流速、 ρ は海水の密度、 g は重力の加速度で、 $M = \rho(\eta - d)U$ 、 $N = \rho(\eta - d)V$ と定義した。また底面せん断応力としては、 $T_{bx} = \rho g n^2 U \sqrt{U^2 + V^2} / (\eta - d)^{1/3}$ 、 $T_{by} = \rho g n^2 V \sqrt{U^2 + V^2} / (\eta - d)^{1/3}$ 図-1 座標系および記号
を用いた。なお、 n はManningの粗度係数である。これらの基礎式と松野の差分スキームとloop-frog法とを併用して差分化し、数値計算を行うことにし、その初期・境界条件として、次のように仮定した。1)破堤長は一定で拡張はないものとする。2)破堤は瞬時にして起こったと考える、破堤による海水への影響は無視する。3)破堤時の水面形および流速成分として、ダム破壊時の完全流体を仮定した段波の理論を用いた。4)先端条件は、スレシヨルド水位 η_c として0.001mを与えた。以上のような方法で、(a)一様勾配モデル、(b)埋立地モデル、(c)市街地モデルおよび(d)複数破堤モデルの4ケースの地形条件について行った数値実験の結果を、流速ベクトル、水位変化について図-2～図-5に示した。

(a)一様勾配モデル このモデルは勾配が1/1000で一様の場合で、破堤は堤防中央部に長さ

TSUCHIYA YOSHITO

YAMASHITA TAKAO

SUGIMOTO HIROSHI

700 mにわたる、2次元の場合を想定した。本モデルは $T=27\text{min}$ で発散したが、これは先端条件を水位で規定したことによるもので、計算を安定に行うためには先端条件はFroude数で与えた方がよいと考えられる。

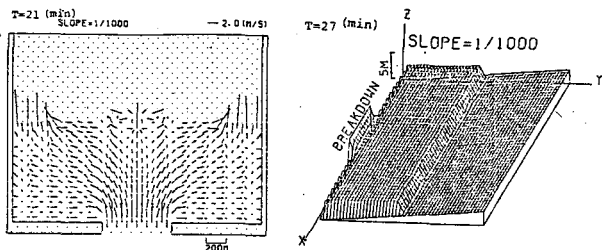


図-2 一様勾配モデル

(b)埋立地モデル 埋立地による減衰効果を調べるために行ったもので、埋立地の地盤高は1.0mとした。本モデルの場合には、破壊箇所からの遡上距離および横方向への拡散も他のケースに比べて小さい、という様子がシミュレーションされている。

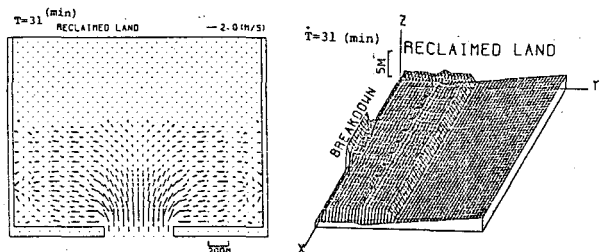


図-3 埋立地モデル

(c)市街地モデル 市街地ではビル群や道路網などの地物により、はんらん水の遡上特性が規定されるが、それに対応する簡単なモデルである。ビル群の条件としては、ビル群の密集度によらず、粗度をかえる方法もあるが、ここでは各メッシュ毎に、地物の密集度に比例して $M=\alpha H$ として流量を規制する方法を用いた。ここでは、 $\alpha=0.3$ とした。

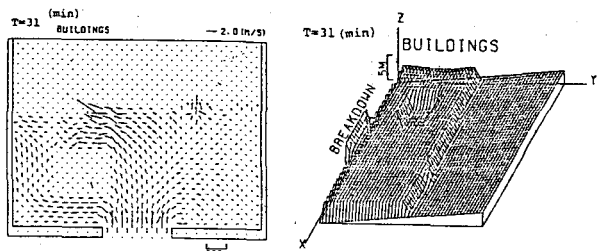


図-4 市街地モデル

(d)複数破壊モデル 高潮のはんらんは必ずといえず、よいほど複数破壊によるものであり、また河川からのはんらん水との衝突も考えられるので、高潮はんらんの数値モデルを作るうえで重要な条件である。本モデルでは、はんらん水の衝突とシミュレートするような条件は考慮していないが、衝突条件ともいえるべき付加条件を導入することができればより高精度の計算が可能になるものと考えられる。

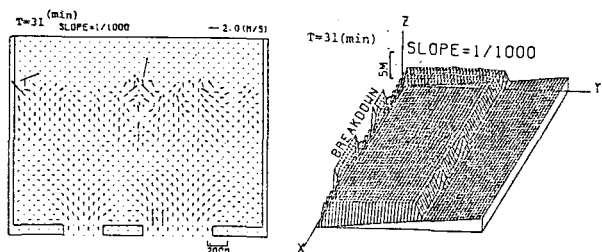


図-5 複数破壊モデル

4. 結 語

先端条件、境界条件および地物の影響の評価については今後、基礎的な検討を行って、逐次数値モデルに組み込んでいく必要があるが、計算上の手法は確立することができた。次の段階として、水理実験および災害資料の検討による基礎的な研究を通じて、諸条件とより的確に与える方法を考えていきたい。