

### 3.5 地球温暖化に対応した沿岸防災対策に関する研究

(独)港湾空港技術研究所 海洋・水工部高潮津波研究室 富田孝史 (tomita@pari.go.jp)

#### 1. 研究の目的

近年、海流の変化などに伴った異常潮位に台風による高潮が重なって、高潮被害が発生している。今後起こりうる地球温暖化による海面上昇は、この異常潮位と同様に、高潮や津波の被害を増大させる。本研究は、地球温暖化影響を防災の観点から捉え、海面上昇による高潮や津波の被害を軽減するために、地域に対応した高潮や津波の危険性評価手法の開発およびその危険を回避するための対策の開発・体系化を行うことを目的としている。

#### 2. 研究の方法

高潮や津波による浸水被害を推定し被害防止・軽減対策を検討するために、本研究では、まず高潮や津波による流動の3次元性を考慮できる非静水圧の3次元モデルの開発を進めた。この数値モデルにより、高潮や津波の詳細な流れ構造や構造物に作用する流体力の評価が可能となるので、海面上昇による影響の規模や強さが把握できるだけでなく、構造物整備などのハード的な対策と避難対策などのソフト的な対策を具体的に検討できるようになる。

また、海面上昇すると、これまで臨海部を高潮や津波から守ってきた防潮堤等の防護構造物の高さが相対的に低くなる。浸水等に対して現状と同じ防護性能を構造物に求めるのであれば、現状の構造物をかさ上げして高くするか、あるいは新たな防護構造物形式を考える必要がある。本研究では、沿岸域の利用や環境に配慮できる防護構造物として、港湾の入り口を高潮時などの危険の時だけ可動式高潮防潮堤によって閉め切る対策について水理模型実験と数値計算から検討した。

#### 3. 研究の成果

##### 3.1 高潮津波シミュレータの開発

3次元モデルは、詳細な流動構造や流体力の解析ができる反面、計算格子を細かくする必要があるので計算時間が増大する。一方、津波の現象を理解するためには数時間、高潮の場合には数日間にわたる現象の解析が必要である。このようなコンフリクトを解消するために、静水圧近似を用いた平面2次元モデルと3次元モデルを組み合わせた高潮津波シミュレータ(STOC)を開発した。ただし、平面2次元モデルでは、密度変化などに対応できるように鉛直

方向に多層化できるレベルモデルとしている。

高潮に対するモデル検証として、前後を鉛直壁で挟まれた長さが1kmの水路に一定の風応力を与えたときに生じる吹送流を対象に、3次元モデルの計算値と理論解を比較した結果を図-1に示す。上図が水面の空間変化、下図が500m地点における水平方向流速の鉛直構造である。同図に示されるように、3次元モデルは、海面風に起因した水面および流速変化を精度よく再現しているため、高潮の主要な成分である吹き寄せ(台風による風応力に起因した海面上昇で、東京湾などの内湾域で顕著になる高潮成分)の解析に適用可能である。

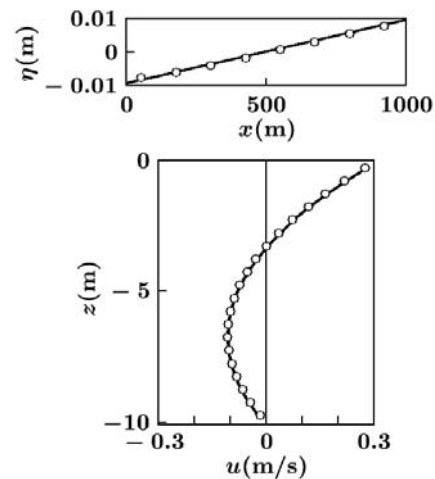


図-1 吹送流に関するモデル検証結果(○:数値計算値、実線:理論値)

つぎに、津波に対するモデルの精度を検証するために、津波防波堤を対象とした3次元模型実験の結果と比較した。図-2は、防波堤開口部中央を通る流れ方向の水位の空間変化を示したものである。この現象には、防波堤開口部における津波エネルギーの減衰が重要であるため、数値計算は渦動粘性係数を変えて実施した。図中の例えば  $Ca1(-2, -4)$  は、水平および鉛直方向の渦動粘性係数として  $1.0 \times 10^{-2}/s^2m$  および  $1.0 \times 10^{-4}/s^2m$  という定数を用いた計算結果、 $Ca1(SGS)$  はSGS渦動粘性係数(モデル定数  $Cs=0.2$ )を適用した計算結果である。同図における比較から、津波防波堤のように開口部に潜堤(水深1.2mの開口部に高さ0.82mの潜堤)があって鉛直方向の渦による乱れが発生するような場合には、鉛直渦動粘性係数を大きくしないと実験結果をうまく再現できないこと、SGS渦動粘性係数を使

うと定数の渦動粘性係数よりも実験結果の再現性が向上することが判明した。

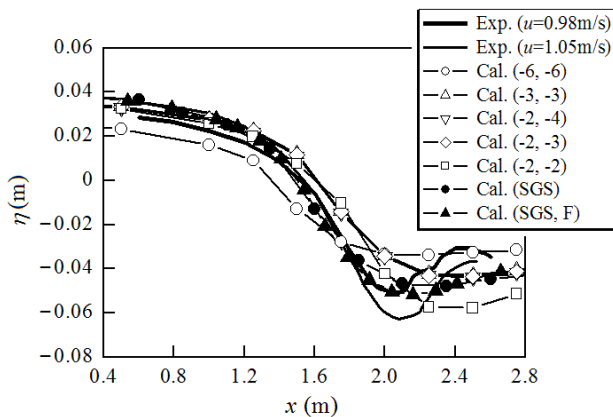


図 - 2 津波防波堤開口部潜堤周りの津波に関するモデル検証結果（印なし実線：実験結果、印有り実線：計算結果）

また、臨海部における浸水計算の例として、極めて簡単な地形を対象に試計算した結果を図 - 3 に示す。同図に示すように、3次元モデルにより陸上構造物周りの流れが詳細に検討できる。ただし、この計算結果では、自由表面をより精度高く表現するためにVOF法を適用している。

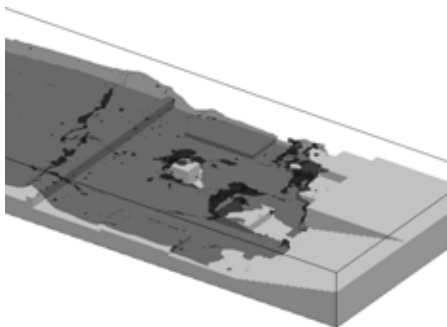


図 - 3 3次元モデルによる陸上浸水の計算例

### 3.2 可動式防潮堤の開発

可動式防潮堤の形式として、フラップゲートを取り上げた(写真 - 1 参考)。通常時は海底に格納される形式であるので、環境や利用の妨げにならない。

フラップゲートに作用する波力は、港外側に傾斜する場合に防波堤に作用する波力算定に使用される合田の波圧式による計算値よりも2割～4割大きくなること、しかしゲート背後へ伝達する波はゲートが港外側に傾斜している場合に低く抑えられること(図 - 4 参照)が定量的に明らかになった。

また、フラップゲートによる高潮や高波の防護性能を評価するために既存の数値モデル CADMAS-SURF を改良したモデルは、高潮時の高波によるフラップゲートの越波現象や作用波力を計算でき、フラップ

ゲート式高潮防潮堤の性能照査ツールとして適用できることが確認できた。さらに、試設計を行って、我が国の内湾域でフラップゲート形式の可動式高潮防潮堤が構造的に実現可能であることと、そのコストが判った。

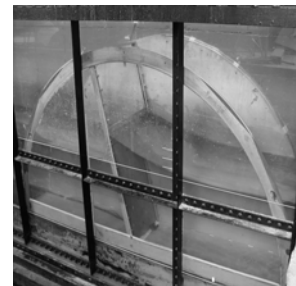


写真 - 1 模型実験で使用したフラップゲート

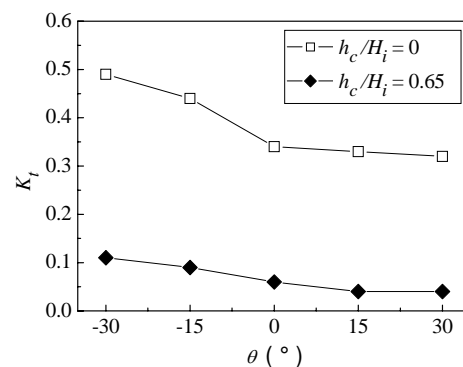


図 - 4 フラップゲートの傾斜角による波高伝達率の変化（ $\theta$ ：傾斜角、正值が港外側に傾斜、 $h_c$ ：ゲート前面水面上のゲート高さ、 $H_i$ ：入射波高、 $K_t$ ：波高伝達率）

### 4. 今後の課題

これまでは浸水の危険性を評価するためのツール開発が主なテーマであったが、今後は海面上昇等による浸水等の危険増大について検討する予定である。

また、防護対策構造形式として異なる形式についても更に検討を進めて、対策の選択肢を増やし体系化したいと考えている。

### 5. 成果文献

柿沼太郎・富田孝史・秋山実, 2003: 海水流動の3次元性を考慮した高潮・津波の数値計算, 海岸工学論文集, 50, pp.286 - 290.

川崎浩司・富田孝史・下迫健一郎・高野忠史・熱田浩史, 2003: フラップゲート型高潮防潮堤の越波と作用波力, 海岸工学論文集, 50, pp.791 - 795.

富田孝史・柿沼太郎・島田昭男, 2004: 3次元流動モデルによる津波防波堤の防護効果に関する数値計算, 海岸工学論文集, 51, pp.296-300.