

港湾施設の減災効果に関する地盤高モデル による数値シミュレーション

NUMERICAL SIMULATION BY THE GROUNDHEIGHT MODEL ABOUT
MITIGATION OF DISASTER BY FACILITIES OF PORT AND HARBOUR

岡本修¹・小田勝也²・石川健二³・田中聡⁴

Osamu OKAMOTO, Katsuya ODA, Kenji ISHIKAWA and Satoshi TANAKA

¹正会員 工修 国土技術政策総合研究所 沿岸海洋研究部 (〒239-0826 横須賀市長瀬三丁目1-1)

²正会員 工修 国土技術政策総合研究所 沿岸防災研究室長 (〒239-0826 横須賀市長瀬三丁目1-1)

³非会員 前 財団法人 沿岸技術研究センター (〒102-0092 千代田区亀町三丁目16)

⁴正会員 工修 株式会社 エコー (〒110-0014 台東区北上野二丁目6-4)

Disasters caused by coastal hazards such as tsunami and storm surge tend to exceed protection targets for structural design. Such disasters, whose frequency of occurrence is very low, cause severe damage. In case of considering countermeasure for preventing disasters, mitigation of disasters by facilities of port and harbor is important. Therefore, this paper describes the results of two-dimensional simulation by ground height model.

This results suggest a possibility of mitigation of disasters by facilities of port and harbor.

Key Words : *Tsunami, Storm surge, Facilities of port and harbor, Mitigation of disaster*

1. はじめに

近年、インド洋大津波やハリケーン・カトリーナによる高潮被害等に見られるように、計画外力を上回る規模の災害が発生している。我が国においても、東海地震、東南海・南海地震をはじめとする巨大地震やそれらに伴う大規模な津波、また地球温暖化に起因する台風の強大化に伴う高潮などの被害が懸念されており、対策が急務となっている。本研究に着手するにあたり、まず港湾における陸上構造物である倉庫や上屋、植栽などが有する減災効果に着目した。既往の研究等によれば、インド洋大津波の際、沿岸に生息しているマングローブ林が津波による被害低減に貢献していることや、高潮防潮堤が津波被害低減に貢献していることが記述されている。しかしながら、港湾に立地する建物などによる減災効果の検証は事例が少ないといって差し支えないほどである。このため、本研究では、港湾施設による津波、高潮に対する減災効果について、建物の影響を地盤高さに置き換える方法により3次元性を考慮したモデル港湾における数値シミュレーションと室内模型実験により検証することを目的としており、港湾での陸上構造物による減災効果について、数値シミュレーションを行った結果、ならびに平面水槽による室内実験結果の一部について記述することとする。

2. 沿岸域巨大災害のシナリオ設定

本研究では、発生が懸念される沿岸域巨大災害として津波、高潮を想定し、各々について災害のシナリオを想定した。

(1) 津波災害のシナリオ設定

津波災害のシナリオを想定するモデル港は、津波による大規模な被害発生の可能性および臨海部への資産集積状況を考慮して、中央防災会議で検討されている「東南海・南海地震津波」が来襲するおそれのある徳島県の橘港を対象としている。なお、地震発生の可能性が今後30年以内で50～60%であることから、地球温暖化による海面水位上昇については考慮しないこととした。

(2) 高潮災害のシナリオ設定

高潮災害のシナリオを想定するモデル港は、臨海部への都市機能の集積が大きく、災害の発生によって大規模な被害発生の可能性が高い東京港およびその背後地を対象とした。現在、東京湾では、伊勢湾台風級を想定外力として高潮の防護水準を設定しているが、ここでは、伊勢湾台風級より強い勢力の室戸台風級とした。また、IPCC報告によると、21世紀末には海面水位が最大38～59cm上昇すると予測されており、想定台風の来襲と海面水位上昇の両方を想定する。海面水位上昇のシナリオはIPCC報告¹⁾のなかから、予測値が他と比較して大きく異なるB1およびA1FIシナリオを除き、A1T～A2シナリオのうち最大となる0.5m程度の海面水位上昇が起

こると想定し、地球温暖化による海面水位上昇分を潮位上昇分として考慮した。

3. 数値シミュレーションモデルについて

津波、高潮の被害予測においては、2次元平面の長波モデルによるシミュレーションやレベル湛水法による浸水域の予測結果をもとにして評価が行われている。前者は構造物や森林など津波や高潮の流体運動の抵抗としてマニングの粗度係数を与えて流体のエネルギー減衰を考慮している。また、油屋・今村による建物の影響を考慮した合成等価粗度モデルの研究²⁾、富田らによる STOC モデル等の研究³⁾により臨海部での港湾構造物や建物の影響を3次元的に考慮した例がある。本研究においては、2,500分の1程度の地盤高情報や住宅地図データをもとに、**図-1**に示すように構造物や建物の影響について地盤高を与える形で考慮したモデルを構築し、本モデルと従来モデルである粗度を与えるモデルとの結果を比較することにより港湾構造物や建物の減災効果を評価した。この評価結果からは、粗度モデルを用いた場合に建物による減災効果が表現できなかったため、ここでは合成地盤高モデルによる評価結果をもとに記述することとする。

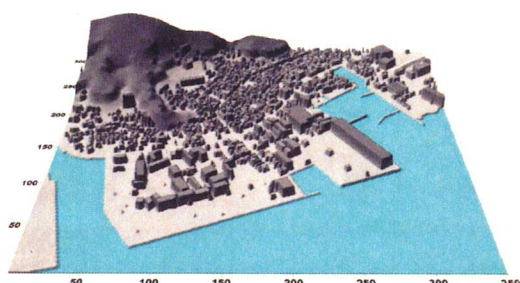


図-1 3次元性を考慮した地形モデル

4. 津波数値シミュレーション

津波シミュレーションの計算条件を表-1に示す。また、震源域を図-2に、初期水位分布を図-3にそれぞれ示す。室戸岬から南側に至るまでと南側に平行に走るラインでは水位が上昇し、高知沖から足摺岬に至る部分とその西側では水位が低下する。また今回の検討では、港湾背後地の路地幅を考慮し最小2.5mの計算メッシュを用い、減災効果を詳細に確認した点が特徴的である。

表-1 津波シミュレーションの計算条件

領域	A	B	C~D	E	F~G
範囲	外洋領域	波源領域	橘港周辺領域	接続補助領域	橘港
計算格子間隔	1350m	450m	150~50m	25m	12.5~2.5m

計算時間間隔	$\Delta t=0.10(s)$	
基礎方程式	非線形長波理論式	
沖側境界条件	外洋水位入射自由透過	他領域と水位・流量を結合
陸側境界条件	完全反射 (100m格子以上)	浸水計算 (150m格子以下)
海底摩擦	考慮 ($n=0.025$)	土地利用に合わせて設定
潮位条件	H. W. L. =T. P. +1.130m (=D. L. +2.074m)	
初期条件	中央防災会議による東南海・南海地震同時発生モデルによる海底地盤変位	
計算時間	津波発生後180分 (3時間)	

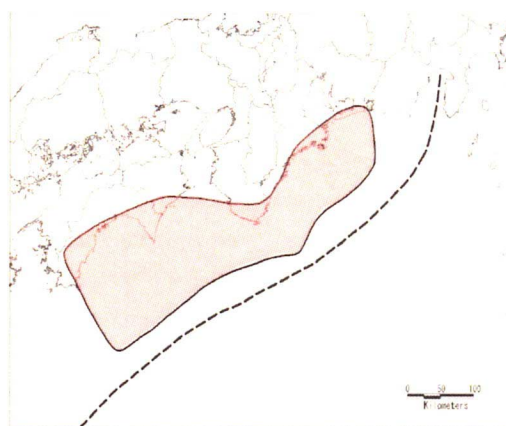


図-2 想定東南海・南海地震の震源域

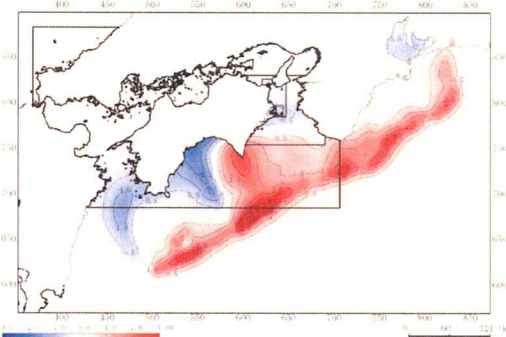


図-3 想定東南海・南海地震の初期水位分布

シミュレーション結果として、最大浸水深分布を図-4、図-5にそれぞれ示す。図-4は建物なしの場合の結果で、図-5は合成地盤高モデルによる建物ありの場合の結果である。上側部分で若干色が薄くなっていることからわかるように、最大浸水深について陸域部での低下傾向がみられ、浸水域も減少傾向がつかめる。最大浸水深の差分図を図-6に示す。

海岸線直背後では浸水深の減少があまり見られないが、左右を横断する道路より背後の部分で浸水深の減が顕著であり、最大で3.0m程度の低減がある。図面で色の濃く出ている部分が浸水深の低減効果が顕著に出ている部分であることを申し添えておく。

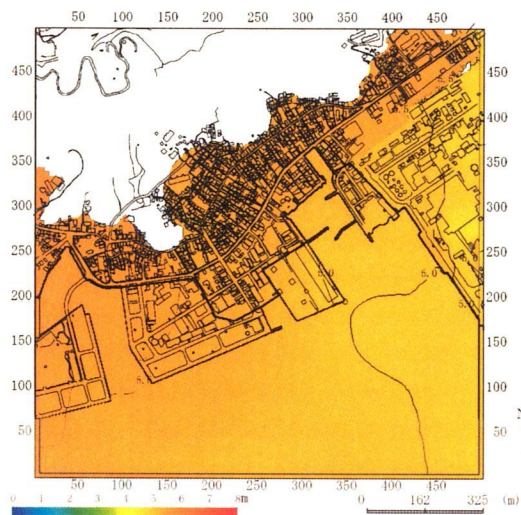


図-4 最大浸水深分布（建物なし）

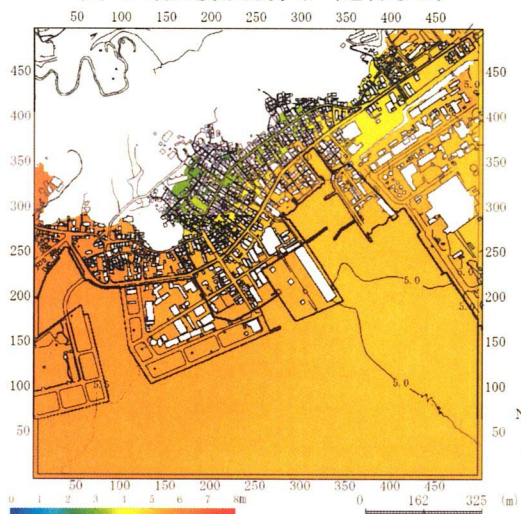


図-5 最大浸水深分布（建物あり）

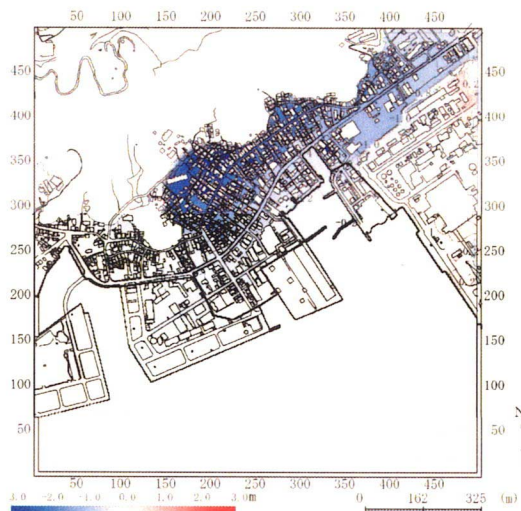


図-6 最大浸水深分布の差分図

また最大流速分布について図-7に建物なしの場合の結果を、図-8に建物ありの場合の結果をそれぞれ示す。この二つの図面からは差が分かりにくく見えるが、次の図-9でその違いが顕著に出ているのでそちらについて記述する。各ケースの差を図-9に示すが、海岸線直背後から浸水エリア全域にわたって、大きいところで2.0m/s程度の低減がみられる結果となっている。色が黒く映っている部分は特に低減効果が強く出ているエリアであることも申し添えておく。

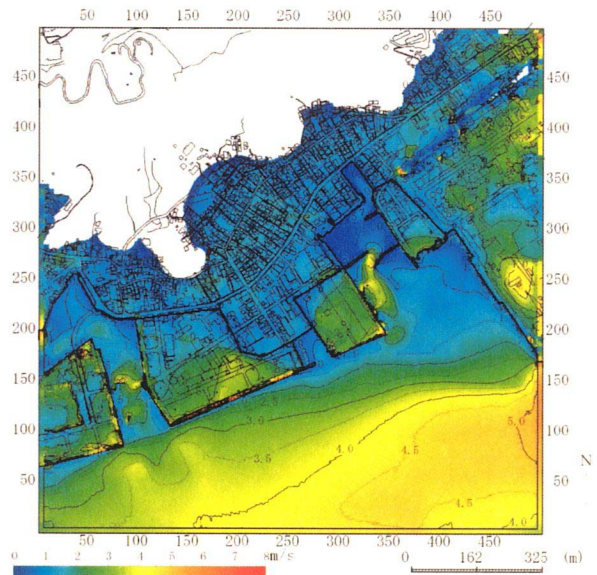


図-7 最大流速分布（建物なし）

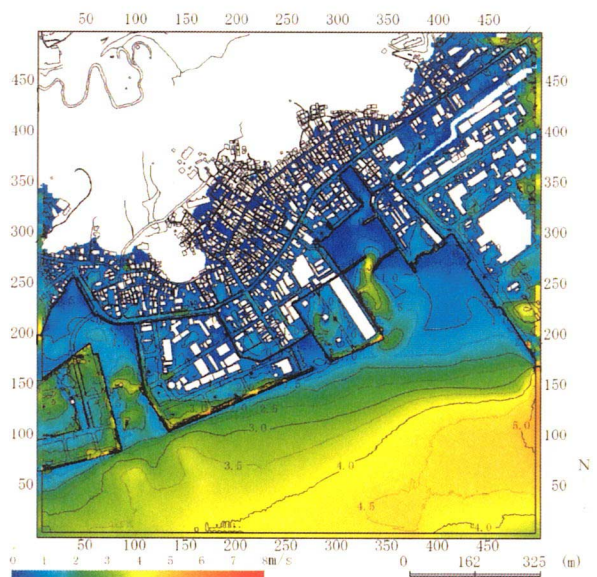


図-8 最大流速分布（建物あり）

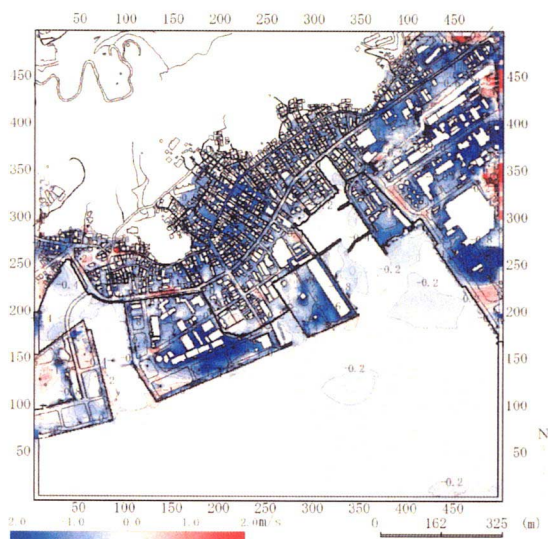


図-9 最大流速分布の差分図

5. 高潮シミュレーション

高潮シミュレーションの計算条件を表-2 に示す。表には現在の東京湾の防護水準の検討条件と想定シナリオを併記しており、想定シナリオでは防護水準に比べ設定潮位が 0.5m 高くなる。また、台風コースは伊勢湾台風やキティ台風等のコースを平行移動させ、モデル地区の偏差が最も高くなるケースを設定した。台風コースを図-10 に示す。

表-2 高潮シミュレーション計算条件

	東京港の防護水準	想定シナリオ
想定台風規模	伊勢湾台風級	室戸台風級
台風コース	偏差が最大となるコース	偏差が最大となるコース
静水面(朔望平均満潮位)	T. P. +0.97m	T. P. +1.47m

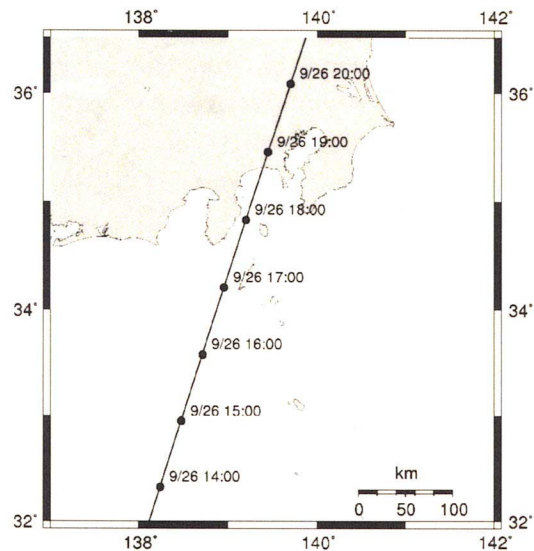


図-10 台風コース

なお陸域での計算格子は 2.5m としている。シミュレーションの結果、室戸台風級の場合、伊勢湾台風級よりも芝浦付近の偏差が 0.57m 高くなる。最大浸水深分布を建物なしの場合につき図-11 に、建物ありの場合につき図-12 に示す。建物なしの場合に比べて建物ありの場合では、横軸 150m から縦のラインで色が濃くなっていることから浸水深が小さくなる結果となっている。建物なしの場合と建物ありの場合との浸水深の差分図を図-13 に示す。ある程度背後地域まで見れば 1.0m 程度浸水深が低減する効果が出ている。おおむね横軸 200m から左側の上側部分と左縦軸 250m から上側の部分で最大値が現れている。

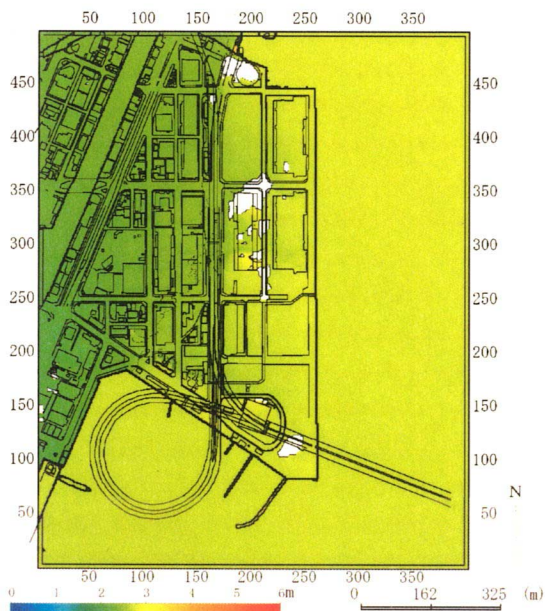


図-11 最大浸水深分布（建物なし）

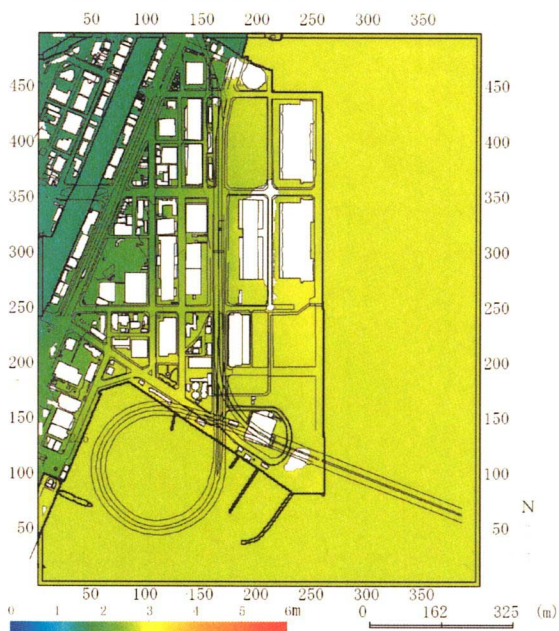


図-12 最大浸水深分布（建物あり）

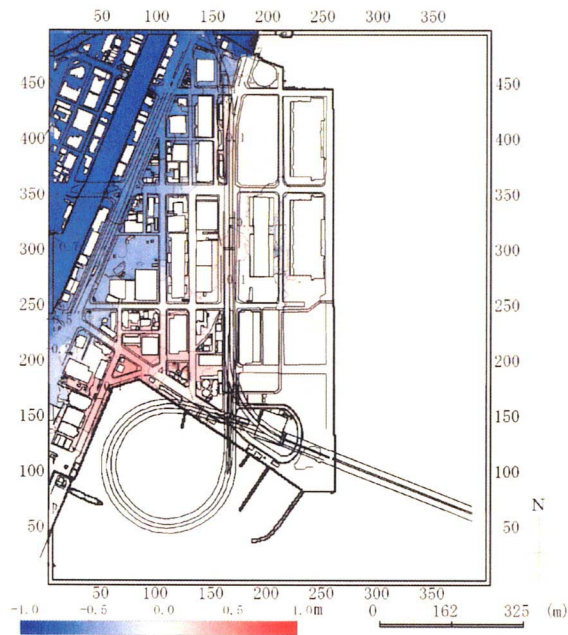


図-13 最大浸水深分布の差分図

また、最大流速分布につき、建物なしの場合の結果を図-14に、建物ありの場合の結果を図-15に、また差分図を図-16に示す。最大流速についても建物ありの場合に低下する結果となっており、差分図においては、横軸 200m より左側において流速低減が幅広く見られており、最大では 2.0m/s 程度の流速低減効果が見られる。

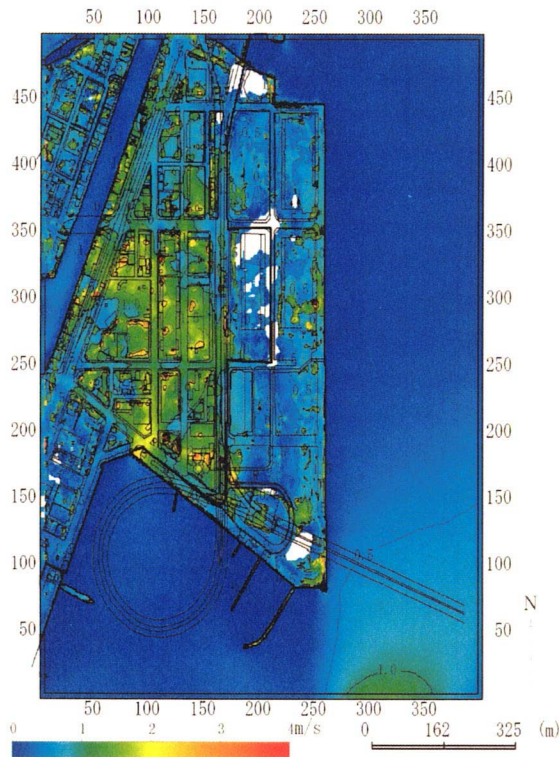


図-14 最大流速分布（建物なし）

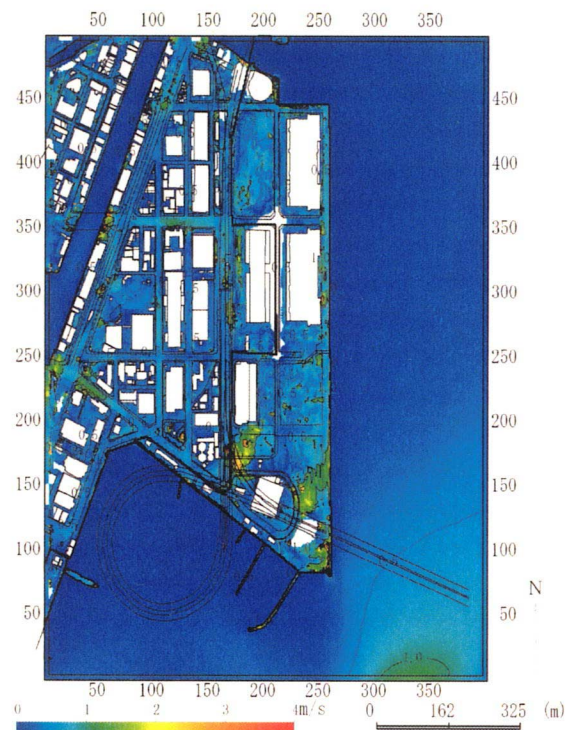


図-15 最大流速分布（建物あり）

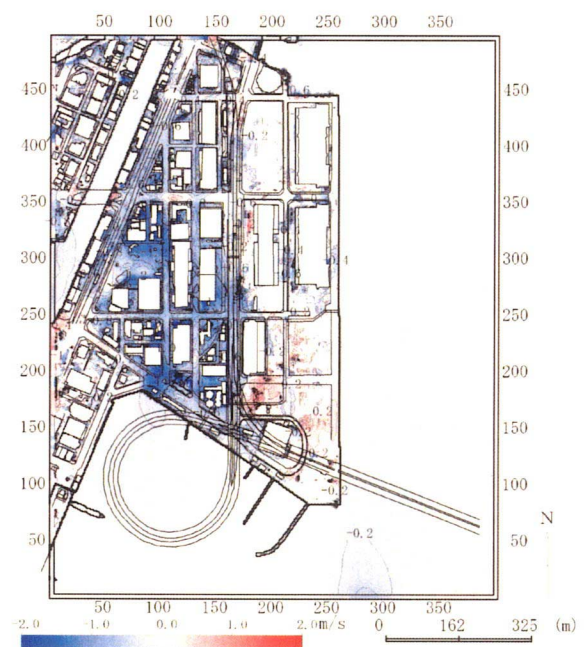


図-16 最大流速分布の差分図

6. 室内実験結果⁴⁾

沿岸域に立地する港湾構造物や陸上の建物などによる減災効果を確認するため、平面二次元水槽を用いた室内模型実験を実施した。図-17に示すように、平面二次元水槽内に幅 5.4m、海域部 20.7m、陸域部 12.5m からなる陸上模型を作製し、倉庫等を想定した構造物の木製の模型を 9 棟規則配置及び密集配置

するとともに、不規則配置で10棟の模型を陸上に設置した。また津波、高潮を想定したことから、実験に用いる波浪として孤立波、長周期波、規則波を採用した。本実験からは、図-18に示すように、建物のある場合と建物のない場合で陸上への遡上距離が30%程度減少するなどの違いが出ていることがわかった。この結果からは、建物による減災効果が一定程度現れているものと考えることが可能である。なお、実験結果については、別途、詳細に報告する予定である。⁴⁾

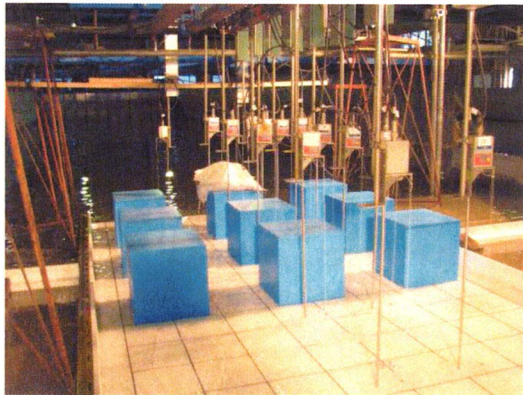


図-17 実験水槽のレイアウト

実験条件		設定振幅 (cm)		
波種類	構造物	5	7	10
孤立波	構造物なし	440	580	740
	規則配置	330	380	490
	不規則配置	250	280	330
	密集配置	310	360	470

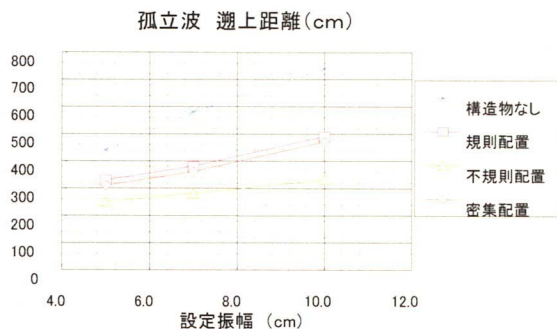


図-18 実験結果の一例（陸上遡上距離）

7. まとめと今後の課題

陸上の建物や構造物を地盤高として表現した地盤高モデルを用いた津波および高潮シミュレーションと通常の粗度モデルによるシミュレーションを比較することによって、建物等による津波、高潮の減災効果の確認を試みた。これより、陸上建物等による津波、高潮の減災効果は、数値シミュレーションでは最大浸水深、最大流速、もしくは浸水域に現れる

ことがわかった。また、室内における模型実験からは、主に浸水域の減少という形で顕著に減災効果が現れることがわかった。

津波による構造物（建物）の破壊も今後考慮する必要があるものと考えられる。既往の研究⁵⁾⁶⁾では、木造家屋については津波高2m未満で部分的被害が、津波高2m以上で全面破壊するとされており、構造物の破壊に要するエネルギー減衰などの効果を考慮することなどで背後地のエネルギー減衰が起こる可能性について検討することが可能となると考えられる。鉄筋コンクリート構造物・ビルの場合には、津波高5mまでは持ちこたえたとされているが、津波高5m以上20m未満については破壊するか否かの事例を示す資料が見当たらない状況でもある。このため、構造物の破壊をどの程度考慮するかについては不明な点が現段階では多いと考えられる。本研究で示したシミュレーションでは、津波浸水深が大きな地点でも5m強であるため、コンクリート構造物については持ちこたえと考えられ、建物等の存在効果を見込むことには特に問題はないと考えられる。

本研究では、地盤高モデルによる減災効果の定量的把握が可能であることを示した。しかしながら、模型実験による検証がまた不十分であり、今後の検討課題である。また、浸水域が減少する等の物理的な減災効果を被害程度の軽減等の評価に適切に反映させる手法の開発も必要である。

参考文献

- 1) IPCC 第4次評価報告書第1作業部会報告書 政策決定者向け要約、気象庁ホームページ
- 2) 油屋貴子、今村文彦：合成等価粗度モデルを用いた津波氾濫シミュレーションの提案、海岸工学論文集、第49巻、pp. 276-280, 2002.
- 3) 富田孝史、柿沼太郎、島田昭男：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、第51巻、pp. 296-300, 2004.
- 4) 岡本修、小田勝也、杉浦淳、宮崎和行：水理模型実験による沿岸域の減災に関する検討、海岸工学論文集、2008（投稿中）。
- 5) 松富英夫、首藤伸夫：津波の浸水深、流速と家屋被害、海岸工学論文集、第41巻、pp. 246-249, 1994.
- 6) 有川太郎：津波力に関する研究、平成19年度港湾空港技術講演会講演集、pp. 21-27, 2007.