

水理模型実験による沿岸域の減災に関する検討

Experiment on Mitigation Effects of On-Land Buildings

小田勝也¹・岡本修²・宮崎和行³・杉浦淳⁴

Katsuya ODA, Osamu OKAMOTO, Kazuyuki MIYAZAKI and Sunao SUGIURA

This paper discusses effects of on-land buildings with hydraulic model experiment for reducing disasters caused by tsunamis and storm surges. The experiments were conducted with modifying arrangement of buildings and varying spaces between buildings. Their results identify that a layout of front buildings facing the seaside make the most effective for reducing a runoff height through measurement of water levels and flow velocity between buildings. Maximum flow rate of wave runoff, Q_{max} , which is defined as a product of water depth at highest water level, maximum velocity and net width of wave runoff, correlates closely with maximum wave runoff distance, L_{max} . It is noted that due to combined effects on damping water levels and flow velocity, buildings are effective in reduction of disasters from tsunamis and storm surges.

1. はじめに

沿岸域に來襲する津波・高潮被害の想定は一定のシナリオに基づき検討される。しかしながら、想定地震の不確実性や地球温暖化による海面水位上昇および台風規模等への影響により、防護レベルを上回る外力による被害も想定される。これらの災害に対しては海岸保全施設による対策が行われているが、計画外力を上回る災害に対してはハード対策に頼るのでは莫大な投資が必要となる。そこで、平常時には港湾施設として利用され、巨大災害発生時には減災機能を発揮することが港湾機能の有効活用として注目されつつある。すなわち、津波防波堤や防潮堤等の施設のほか、岸壁や上屋・倉庫等さらに臨海部の緑地や植生等により津波・高潮エネルギーの減災効果や到着時間の遅延効果等を考慮した減災対策およびこれらを考慮した配置計画を導入することが有効である。

構造物等による減災効果を検討した研究としては、劉ら(2001)の家屋群を不透透性の地形の一部として扱う研究、油屋ら(2002)の底面摩擦力と家屋の抵抗力の合力として合成等価粗度モデルを検討した研究、シマモラら(2007)の水理実験から建物模型に作用する津波波力を計測し、その近傍の水位や流速を検討した研究がある。本研究では、港湾の第一線に整備されている各種施設による津波や高潮に対する減災性能を、背後域の浸水状況に着目して3次元の水理模型実験を行い、構造物間およびその陸域側の水位や流速の分布を測定して遡上波の減衰状況を検討した。なお、本研究の成果は、岡本ら(2008)による3次元性を考慮した数値シミュレーションによる津波・高潮のエネルギー減衰効果の検証として用いる。

2. 水理模型実験の方法および条件

(1) 実験装置および実験方法

実験は、50m×40mの平面水槽を用い、造波板1ユニット5.4mを使用した。模型縮尺は1/100を想定しているが、本論文の表記は原則として模型量とした。図-1に模型の配置状況を示す。陸上構造物を設置する部分は幅1.8mの水路となるように仕切り、表面の粗度をできるだけ現地縮尺に合うように、水性塗料で滑面仕上げとした。また、遡上波が排水し易いように、1/100勾配のよう斜路とした。水深は30cmのよう、岸壁の地盤高は1cmとし、水深は発生する孤立波や長周期波の諸元を考へて深めに設定した。構造物模型は、岸壁から50cm離れたところに、幅30cm、奥行30cmの木製模型を設置した。

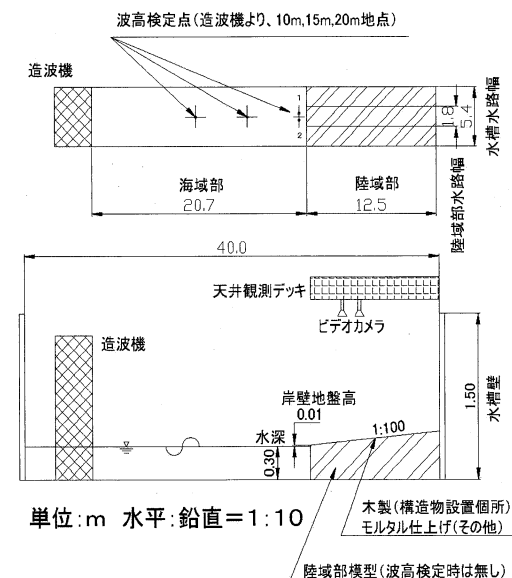


図-1 造波機および模型の配置状況

- | | | |
|-------|----|------------------------------|
| 1 正会員 | 工修 | 国土交通省国土技術政策総合研究所沿岸海洋研究部長 |
| 2 正会員 | 工修 | 国土交通省国土技術政策総合研究所沿岸海洋研究部主任研究官 |
| 3 | 工修 | (株) エコー |
| 4 | | (株) エコー |

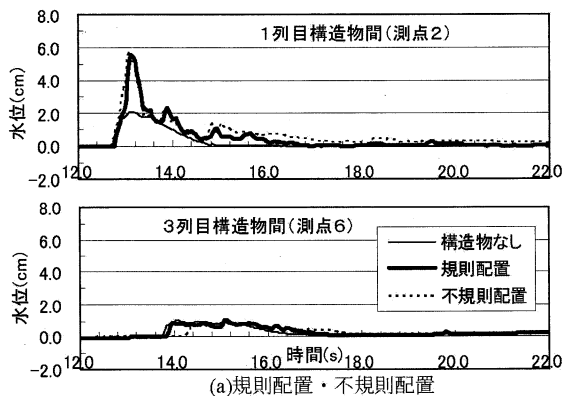


図-4 孤立波5cmにおける構造物間の水位の経時変化

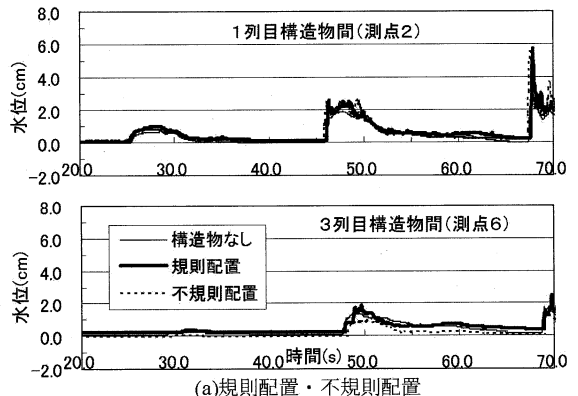


図-5 長周期波4cmにおける構造物間の水位の経時変化

(2) 長周期波

図-5(a)(b)に、同様に長周期波4cmの水位の経時変化を示す。有効波1～2波でみた場合、孤立波にみられた構造物前面の鋭いピークはみられず、多重反射による小さなピークがみられる程度である。3列目をみると、規則配置に比べ不規則配置で水位が低減している。一方、密集配置では構造物間隔を狭くする効果はあまりみられない。

4. 流速の経時変化

(1) 孤立波

図-6(a)(b)に、孤立波5cmの1列目および3列目の構造物間の流速の経時変化を示す。1列目をみると、水位変化にみられた鋭いピークはなく、規則配置・不規則配置ともピークの位相がやや遅れ、構造物がない状態に比べて小さくなる。16s～17s付近から流速が負に転じるのは、海側への戻り流れであり、流れに対して抵抗の大きい不規則配置、密集配置で遡上波のエネルギーが減衰し、戻り流れが急に大きくなる。3列目をみると、位相が遅れ流速が低減し、とくに不規則配置で明らかとなる。密集配置をみると、構造物のない状態に比べて1列目から流速は低減するが、3列目まではほぼ同程度となる。

(2) 長周期波

1波目については、規則配置、不規則配置および密集配置とも、構造物のない状態と有意な差はみられない。両振幅の大きくなる2波目では、不規則配置、密集配置で低減効果がみられ、不規則配置で位相が遅れる。

5. 水位および流速の低減効果

(1) 最高水位の分布

図-7に、孤立波5cmおよび長周期波4cm（2波目）の構造物のない状態に対する各構造物配置の最高水位の比（以下、無次元水位という。）を示す。横軸は測点を示すが、規則配置、不規則配置は密集配置より構造物間隔が10cm広く、岸壁からの位置は異なる。ただし、測点2は1列目構造物間、測点4は2列目構造物間、測点6は3列目構造物間に位置する。

孤立波をみると、1列目前面の無次元水位は2.2程度となる。規則配置や不規則配置では1列目間を遡上する際には2.7程度と大きくなるが、密集配置では次第に低減している。規則配置や不規則配置も、1列目の陸側では次第に低減し、低減効果は不規則配置の方で大きくなる。不規則配置の測点3で大きいのは、遡上波が2列目に直接

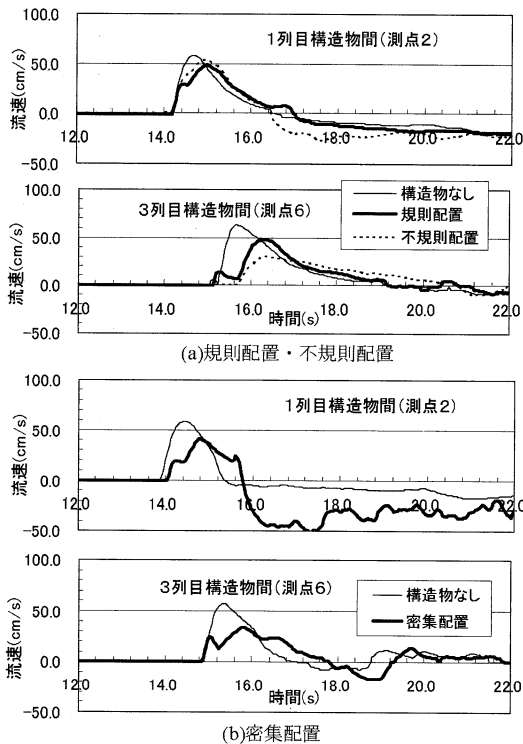


図-6 孤立波5cmにおける構造物間の流速の経時変化

当たったためである。規則配置をみると、構造物間を通過した測点5, 6で大きくなるが、これは他の構造物間からの遡上波の回折波が合成されるためであり、したがって、不規則配置の方で低減効果が見られる。密集配置は、規則配置ほど回折波の影響がないことや、測点が岸壁側に近いこと(5:6の比)を考慮すると、低減効果は不規則

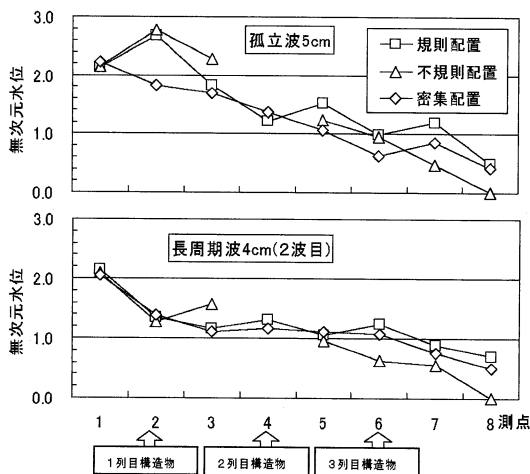


図-7 孤立波5cmおよび長周期波4cmにおける無次元水位

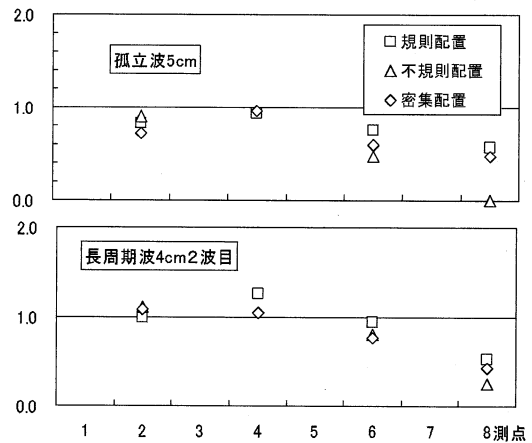


図-8 孤立波5cmおよび長周期波4cmにおける無次元流速

配置と同等またはそれ以上となる。

長周期波をみると孤立波と同様に、1列目前面の無次元水位は2.2程度となるが、1列目間では1.3程度に低減するものの、3列目間を通過するまではほとんど変化しない。不規則配置は、2列目に遡上波が直接当たったため、1.6程度となっているが、その後の低減効果は大きい。ただし、密集配置は測点が岸壁側に近いことを考慮すると、背後域の低減効果は不規則配置と同程度とみられる。

(2) 最大流速の分布

図-8に、孤立波5cmおよび長周期波4cm(2波目)の構造物のない状態に対する各構造物配置の最大流速の比(以下、無次元流速という。)を示す。孤立波をみると、無次元流速は1.0以下となり低減している。規則配置や密集配置をみると、1列目よりも2列目間で縮流により流速は大きくなるが1.0以下である。低減効果は、不規則配置で最もみられ、次いで密集配置となる。長周期波をみると、不規則配置と密集配置の低減効果に差はない。

6. 推定最大流量と最大遡上距離

図-9に、孤立波および長周期波(2波目)の遡上波の最大遡上距離を示す。孤立波をみると、構造物による遡上距離の低減は明らかで、とくに不規則配置でみられる。規則配置と密集配置の差はみられず、格子配列の場合は構造物間を遡上波が這い上がり易いことがわかる。長周期波を孤立波と比較すると、密集配置の低減効果は不規則配置と同程度と高くなる。

孤立波のように衝撃的に構造物に当たった場合は不規則配置で低減効果は高く、長周期波のように徐々に水位が上昇する場合は、密集配置のように縮流の比率が大きいとエネルギー損失が大きくなり、遡上距離が短くなる傾向にある。

次に、構造物の背後域に浸水した遡上波の最大流量

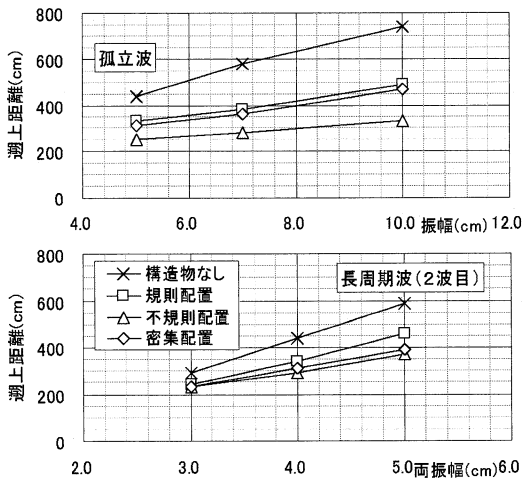


図-9 遡上波の最大遡上距離

$Q_{\max}$ を、式(2)を用いて推定した。

$$Q_{\max} = \eta_{\max} \cdot B \cdot V_{\max} \quad (2)$$

ここに、 $\eta_{\max}$ は3列目の構造物間(測点6)の最高水位、 $V_{\max}$ は同じく最大流速、 B は陸域部水路幅から構造物の幅を除いた遡上の有効幅である。

図-10に、実験を行った全条件について、式(2)で求めた最大流量 $Q_{\max}$ と測定した最大遡上距離 $L_{\max}$ との関係を示す。孤立波の相関係数 R^2 は0.78、長周期波の R^2 は0.92

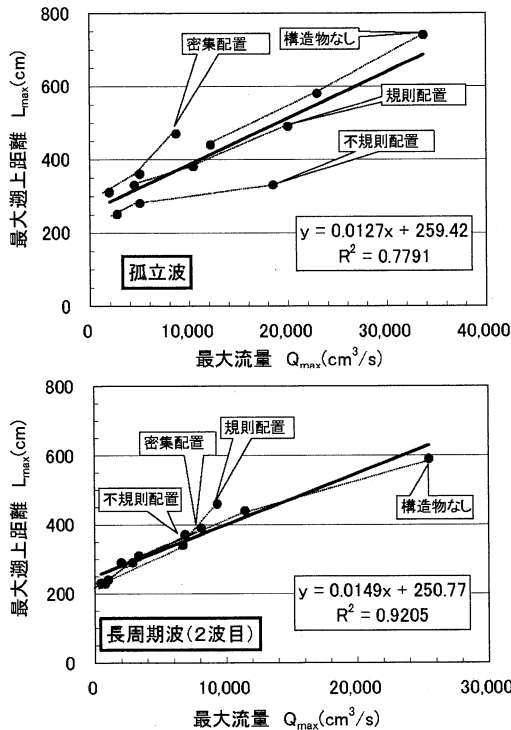


図-10 最大流量と最大遡上距離との関係

と非常に高い値を示す。これは、構造物間を通過する際に、遡上波の最高水位および最大流速は低減し、加えて構造物により遡上幅が狭くなり、これらの積に起因して最大遡上距離 $L_{\max}$ が低減するためである。

7. おわりに

本研究は、計画外力を超える津波・高潮等による低頻度メガリスク型沿岸域災害に対して、平常時には港湾施設として利用されている施設が有する減災効果や遅延効果等を把握するために、背後域の浸水状況に着目して水理模型実験を行った。本研究で得られた知見を以下にまとめた。

- ① 孤立波による遡上波の水位をみると、密集配置の間隔がピークカットに大きく影響する。
- ② 規則配置のような格子配列は、他の構造物間からの回折波が合成され、水位が上昇し易い。
- ③ 孤立波による遡上波の流速は、不規則配置の低減効果が顕著であり、密集配置は1列目で低減するものの、その後はさほど低減しない。
- ④ 最大遡上距離は、孤立波のような衝撃的に構造物に当たる場合は不規則配置で短く、長周期波のように徐々に水位上昇する場合は、密集配置でみられたように、縮流によるエネルギー損失で遡上距離は短くなる。
- ⑤ 構造物間を通過する際に、遡上波の最高水位および最大流速は低減し、加えて構造物により遡上幅が狭くなり最大遡上距離が低減する。

謝辞：本研究にあたり、藤間功司防衛大学校教授、平石哲也独立行政法人港湾空港技術研究所海洋・水工部長、高山司財団法人沿岸技術研究センター理事にご助言を頂きました。ここに記して謝意を表します。

参考文献

- 油屋貴子・今村文彦(2002)：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。
- 岡本修・小田勝也・石川健二・田中聡(2008)：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，海洋開発論文集，第24巻，pp. 63-68。
- チャルレス シマモラ・嶋原良典・藤間功司(2007)：建物群に作用する津波波力に関する水理実験，海岸工学論文集，第54巻，pp. 831-835。
- 原田賢治・油屋貴子・Latief Hamzah・今村文彦(2000)：防潮林の津波に対する減衰効果の検討，海岸工学論文集，第47巻，pp. 366-370。
- 平石哲也・竹村慎治・永瀬恭一(2001)：南太平洋地域における植林による津波対策法の適用性，海岸工学論文集，第48巻，pp.1411-1415。
- 劉曉東・堺茂樹・小原忠和・三上勉・岩間俊二・今村文彦・首藤伸夫(2001)：市街地への津波遡上・氾濫に関する数値解析，海岸工学論文集，第48巻，pp. 341-345。