

# 周辺に複数の障害物を有する建築構造物の津波力に関する実験的検討\*

秋田工業高等専門学校 種倉 栞, 上田 晴也, 進藤 颯人, 寺本 尚史, 丁 威  
 秋田県立大学 小幡 昭彦

## 1. 背景・目的

2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震では、地震動による構造被害よりも津波による被害が圧倒的に多かったことから、建築構造分野において耐津波設計の確立は早急に取り組むべき課題となっている。建築学会の「建築物荷重指針・同解説(2015)」<sup>[1]</sup>においては、構造物前面の浸水深と流速を用いた合理的な津波力評価方法が示されているが、設計においてはそれぞれ単棟での設計が前提とされており、建築構造物が複数棟となった場合に対応する考え方は示されていない。これらを背景に、既往研究<sup>[2]</sup>などでは津波の進路方向に対して複数棟の障害物を有する建築構造物の受ける津波の影響の把握を目的として、2棟、3棟の配置による水理実験を行い、障害物が前方に配置された場合や側方に配置された場合など、棟の位置関係が津波力に影響を及ぼすことが確認された。一方、密集して建てられた建築構造物を想定した、前方及び側方同時に配置された場合については検討が行われていなかった。

本研究では、構造物を4棟に増やすことでより現実に近い建築構造物群を想定し、前方及び側方同時に配置して水理実験を行った。配置パターンによって建物が受ける津波荷重がどう変化するかを確認することで、周辺に複数の障害物を有する建築構造物の津波力に関する実験的検討を行う。

## 2. 実験概要

### 2-1. 実験水路概要

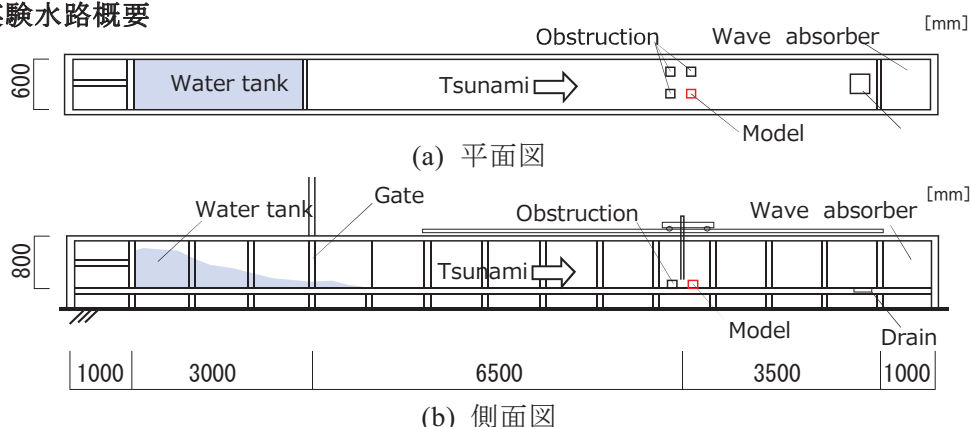


図1 水路図概要

\* Experimental study on Tsunami loads on Structures in Case of Multiple Surrounding Objects by Shiori Tanekura, Haruya Ueda, Hayato Shindo, Naofumi Teramoto, Wei Ding and Akihiko Obata

本実験は、秋田工業高等専門学校が所有する水理実験室で行った。図1に実験水路の概要を示す。水路の全長は約15m、断面形状は長方形であり、水路の幅は0.6m、高さは0.8mである。水路の上に板を敷き、その上に模型を配置する二重床とし、模型は二重床上に計測用1体、津波の流れに影響を与える障害物用3体の計4体を配置する。実験手法は水路先頭にある貯水槽に一定量の水を溜め、遮水壁を瞬間的に開放することで津波の押し波を再現するダムブレイク式とした。

## 2-2. 試験模型と配置パターン

実験に用いる計測用模型および障害物模型は、アクリル板で制作した。幅×奥行き×高さが80mm×80mm×120mmの矩形構造物とした。また、計測用模型の各側面に波圧計を取り付けた。取り付け箇所は津波の進行方向に対して正面と左側面に上部と下部の二点、背面と右側面に下部のみ一点の計六点とした。図3に計測用模型の寸法図と計測模型の波圧計取り付け位置の概要を示す。実験は4つの模型の配置パターンを変化させて行った。実験変数は、計測用模型の前方に設置する2つの障害物模型の横間隔(L)と、前方障害物模型と計測用模型間の縦間隔(H)とし、この2方向の間隔をそれぞれ変える事により配置パターンを変化させる。また、流速計と波高計を、水路の端から150mm、後方の模型の中心から385mmの位置に設置した。流速計は水路の前方と後方にも1か所ずつ設置した。模型および計測器の配置状況を図4に示す。

模型幅および奥行き（いずれも80mm）

をDとして、横間隔(L)は、1.0Dから3.0Dまでの0.5D刻みで5通り、縦間隔(H)は、2.0Dと3.0Dの2通りで、計10パターンの配置とした。なお、後方2つの模型間の距離はいずれのパターンも2.0Dとした。図5に各配置パターンを示す。なお閉塞率は26%~40%である。

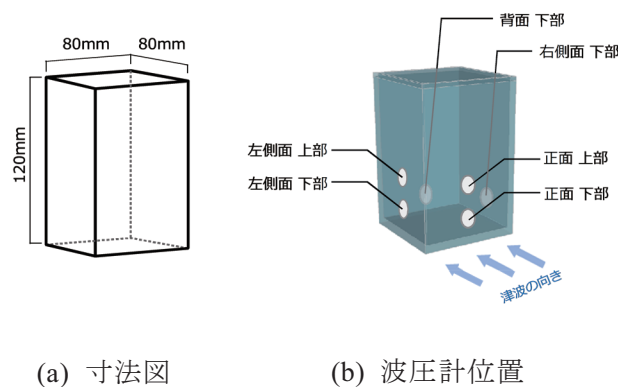


図3 試験模型概要

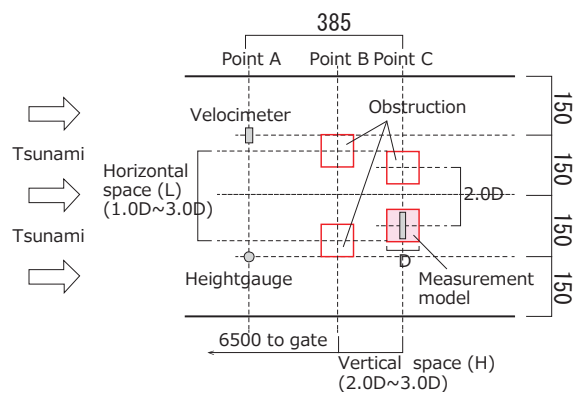


図4 模型および計測器の配置状況

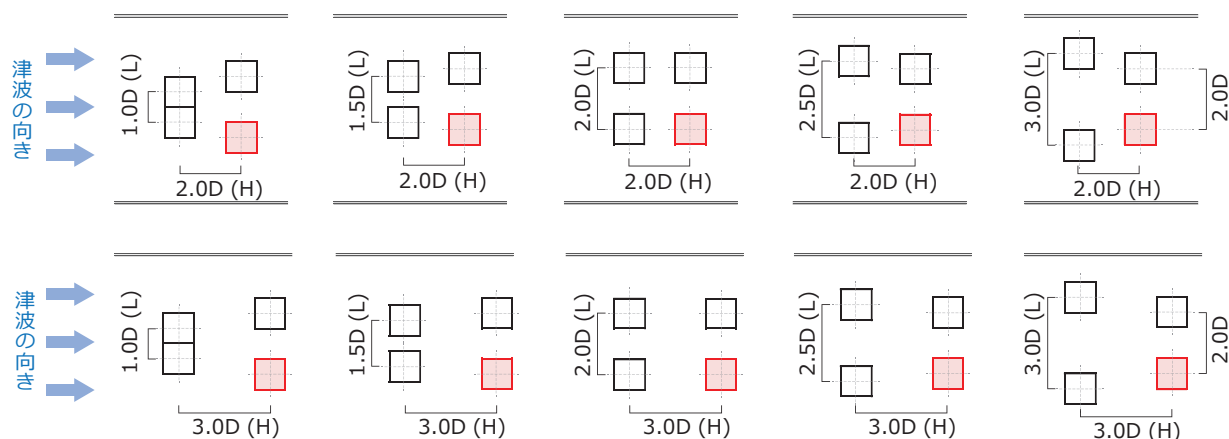


図5 実験の各配置パターン

また、遮水壁後方の貯水槽の貯水高さ  $h_w$  を 140mm, 180mm と変化させた 2 パターンで実験を行い、配置の 10 パターンと組み合わせて計 20 パターン、各ケース 5 回の実験を行った。なお実験結果は 5 回の実験のアンサンブル平均値を用いる。

なお 4 棟実験結果との比較を行うため、1 棟のみおよび下流側 2 棟のみでの実験や、フルード数の計測を行うことを目的に水路に模型を設置しない状態での実験も併せて行っている。

津波力は計測用模型を吊るした鋼板に作用する曲げモーメント勾配より計測し、波圧は計測模型に取り付けた波圧計で計測する。図 6 に計測模型側面の詳細図を示す。

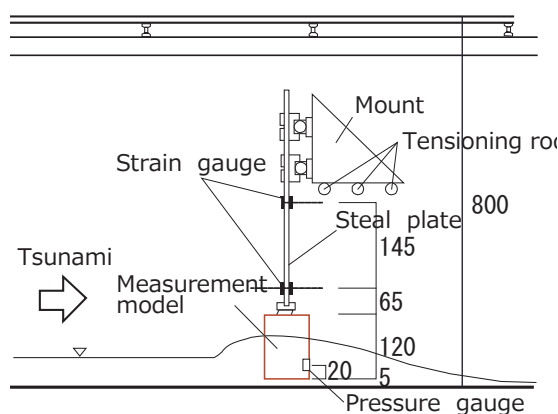


図6 計測模型側面図詳細

### 3. 結果および考察

貯水高さ 140mm および 180mm 時における、横間隔と最大津波力の関係を図 7 および図 8 に示す。なお、図中の実線は縦間隔が 2.0D および 3.0D の結果を示し、併せて前方に障害物がない配置パターン (1 棟のみおよび 2 棟) の最大津波力を破線で示す。前方に障害物がない配置パターンについては、貯水高さ  $h_w$  が 140mm および 180mm のいずれにおいても、2 棟よりも 1 棟のみの方が最大津波力は小さくなった。これは 1 棟のみよりも 2 棟の方が津波を堰き止める効果 (堰き止め効果) が大きくなるためだと考えられる。また 4 棟配置と前方に障害物がない配置パターンの比較では、4 棟配置いずれの配置パターンも、前方に障害物がない配置パターンの 1

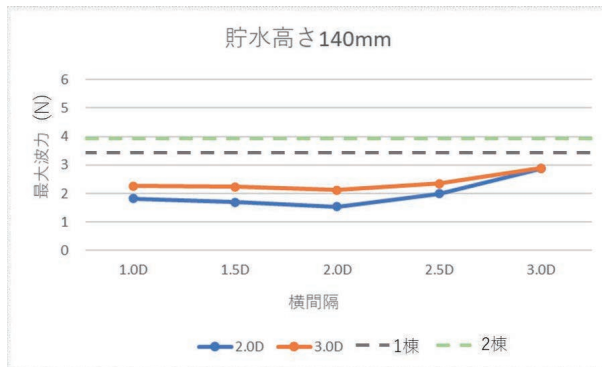


図7 各配置ごとの最大津波力関係  
(貯水高さ 140mm)

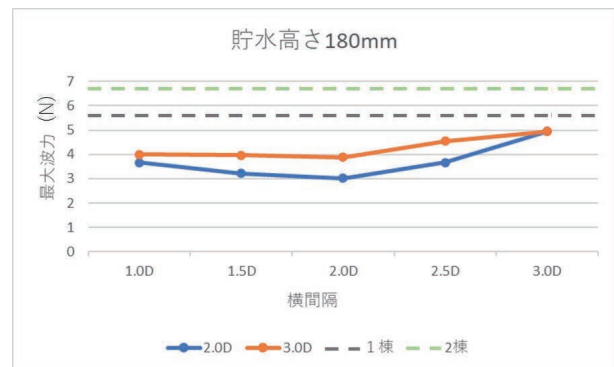


図8 各配置ごとの最大津波力関係  
(貯水高さ 180mm)

棟と2棟の最大津波力を超えるものではなく、障害物模型が測定模型の前方に配置されることで津波力が低減される効果（シールド効果）で最大津波力が低減される事が確認された。

前方障害物と測定模型間の間隔（縦間隔）については、横間隔 3.0D の場合を除き、縦間隔 2.0D よりも縦間隔 3.0D の方が、最大津波力が大きくなった。これは、縦間隔が狭い方がシールド効果の影響が大きく表れるためであると考えられる。

次に前方障害物の横間隔の違いにおける最大津波力の影響については、縦間隔 2.0D, 3.0D のいずれも場合も横間隔 2.0D で最大津波力が一番小さくなり、横間隔が広がる（もしくは狭まる）につれて最大津波力は増大した。津波力が最大となったのは横間隔 3.0D となった。この傾向は貯水高さ  $h_w=140\text{mm}$ ,  $180\text{mm}$  いずれの場合も同様となったが、 $h_w=180\text{mm}$  の方が津波力が全体的に大きくなった。

各横配置の波の動きの概要図を図9に示す。横間隔 2.0D の場合、計測模型の真正面に障害物があるため津波力が最小となる。横間隔 1.0D と 3.0D は、計測模型との被り具合は同じであるが、1.0D の場合、前方の障害物模型が閉じているため水が侵入できず津波は横へ逃げるように動くのに対し、3.0D の場合は前が大きく開いているためそこから模型の間に波が侵入し、さらに後方の模型の横間隔が前方に対して狭まっているため波が滞留しやすいことから津波力がより大きくなったことが考えられる。この滞留効果は、横間隔 2.5D よりも 3.0D の方が大きいと考えられ、また横間隔 3.0D の場合は縦間隔の違い（2.0D, 3.0D）に関わらず最大津波力はほぼ同じ値となった。

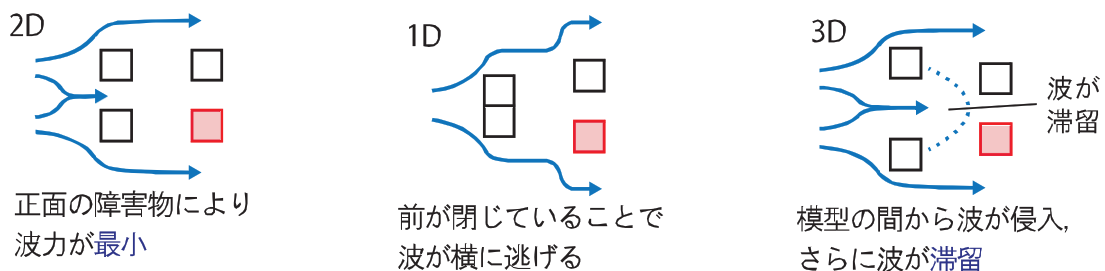


図9 各横間隔の波の動き

計測模型正面の下部と上部の波圧結果の時刻歴を、横間隔ごとに並べて比較したものを図 10、図 11 に示す。図を見ると横間隔 2.0D では、津波力と同様に波圧でも最小となっている。一方、横間隔 1.0D と 3.0D の最大波圧は、正面下部の値(図 10)はあまり変わらないのに対して、正面上部の最大波圧は、横間隔 3.0D の方が明らかに大きい。これは、横間隔 3.0D では滞留があったことで、模型の上部まで波が届き、より大きい波圧となったためであると考えられる。

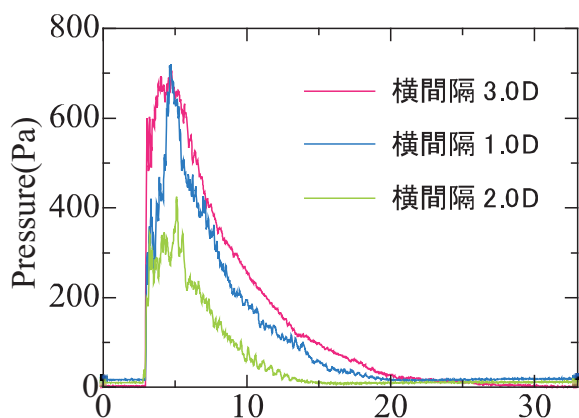


図 10 計測模型正面下部の横間隔ごとの波圧-時間関係

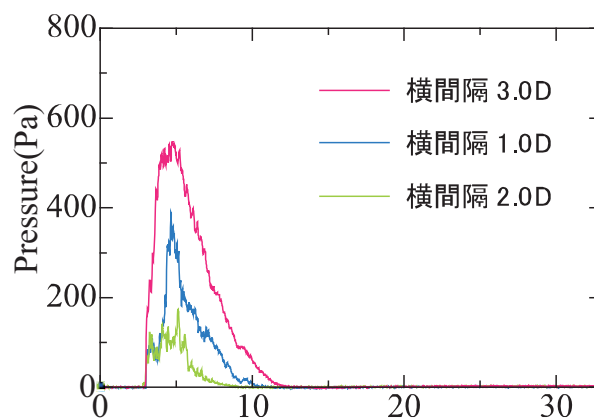


図 11 計測模型正面上部の横間隔ごとの波圧-時間関係

#### 4. まとめ

本研究ではより現実に近い建築構造物群を想定し、前方及び側方に建物が合計 4 棟配置された場合に作用する津波荷重の評価を目的として、ダムブレイク式水理実験を行った。縦間隔および横間隔を変化させながら実験を行った結果、以下の事が分かった。

- ・前方に障害物がない場合と比べ、前方に障害物がある全ての配置パターンにおいて、最大津波力は小さくなり、前方障害物の影響によるシールド効果で最大津波力が低減される事が確認された。
- ・前方障害物と測定模型間の間隔（縦間隔）については、縦間隔が狭い方が最大津波力は小さくなり、シールド効果が大きいことが分かった。
- ・前方障害物の横間隔の影響については、前方の 2 棟の障害物模型の横間隔が、後方の計測用模型と障害物模型の横間隔よりも大きくなると、縦間隔によらず滞留効果により最大津波力も大きくなる傾向が見られた。

#### 謝辞

本研究は、JSPS 科研費 JP 22K04412 の一部によるものです。ここに記して謝意を表します。

#### 参考文献

- [1]日本建築学会:建築物荷重指針・同解説書(2015), 2015
- [2]小幡昭彦, 寺本尚史, 西田哲也:二棟配置された矩形構造物に作用する津波力に関する検討, 日本建築学会技術報告集, 第 2 巻, 第 70 号, pp.1131-1136, 2022