

# 津波室内実験システムを用いた津波に強い建築物・防災都市構造の研究

理工学研究科 海洋土木工学専攻 浅野敏之

## 1. 研究の背景

これまでの津波防災研究は、津波防波堤や津波堤防に対する耐波設計など、津波が大きくは越流しない状態を想定した研究がほとんどであった。今年の東北地方太平洋沖地震津波では、津波が市街地に流れ込み、多数の建物を損壊・流出させた。また、市街地内の幹線道路が津波の流れとなり、街路網の形状が津波の流れを強めたり弱めたりすることがわかった。こうした津波が市街地に流入した後の、街路内の津波流動特性や建物の津波耐力について、現状の知見はきわめて不十分であり、模型実験による解明が強く望まれている。

東北地方太平洋沖地震津波の大きな被害を受けて、わが国の沿岸各地で津波避難ビルの整備や指定が進められている。こうした避難ビルの津波安定性を確保するためには、基礎部や柱等の構造強度を大きくする一方で、窓などの開口部を大きくしたり津波耐力が小さい外壁部材を使用して津波の抜け道となる構造とすることも有力で、研究課題は多い。また防災都市構造については、沿岸域の前面に大きな鉄筋コンクリートの建物を配置して背後の住宅の被害を緩和すること等が提案されている。沿岸域の幹線道路の配置を海岸線と直交させるのか否か、線形を直線状とするのか屈折させるのかは、市街地に流れ込んでくる津波流れの強さを変えると考えられ、安全な避難路の選定にも影響を与えるであろう。

鹿児島大学が平成24年度概算要求で、地域防災教育研究センターを申請部局として申請した平成24年度特別経費(プロジェクト分)「南九州から南西諸島における総合的防災研究の推進と地域防災体制の構築」が採択され、地震・津波室内実験システム一式が導入されることになった。この装置は、鹿児島大学海洋波動実験棟内にある、長さ26m、幅14m、最大水深1.2mの平面造波水槽内に設置され、実際の津波に近い波高の大きな孤立波を造波することが可能なものである。この水槽内に一様海浜部を造成し、その上に建築物模型群を配置し街区を作成する(図-1)。この模型街区に造波した津波を遡上させ、街区の道路網内の流れの特性、建築物周辺の流れの特性を明らかにすることを最終的な研究の目標とした。

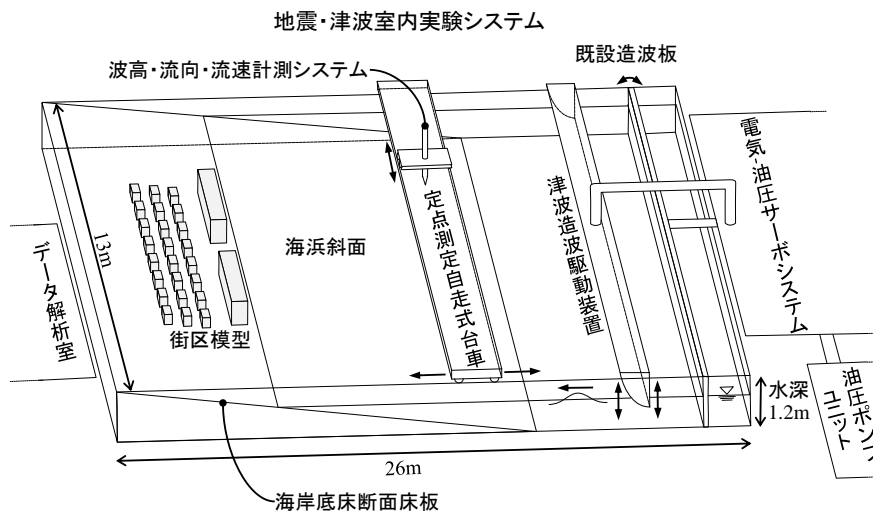


図-1 実験概要の模式図

## 2. 事業実施構成員

|     |        |          |       |
|-----|--------|----------|-------|
| 代表者 | 理工学研究科 | 海洋土木工学専攻 | 浅野敏之  |
| 分担者 | 理工学研究科 | 海洋土木工学専攻 | 柿沼太郎  |
| 分担者 | 理工学研究科 | 海洋土木工学専攻 | 齋田倫範  |
| 分担者 | 理工学研究科 | 建築学専攻    | 澤田樹一郎 |

### 研究協力者

|        |     |      |
|--------|-----|------|
| 理工学研究科 | 技術部 | 愛甲頼和 |
| 理工学研究科 | 技術部 | 中村達哉 |

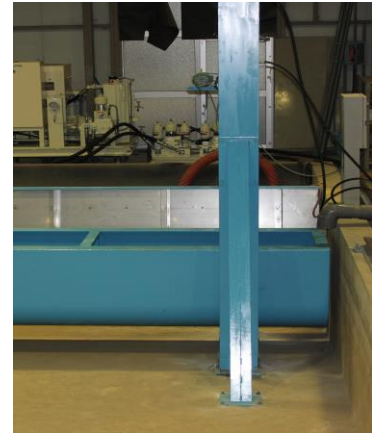


図-2 プランジャーの形状

## 3. 事業実施の経過

### (1) 津波造波装置の設計

本事業は、新しい津波造波装置を導入して実験を行おうとするものであるが、まず第一に目的とする実験を行うためには、必要とする波高と周期の孤立波を発生できる造波装置の設計から行う必要がある。津波造波装置は、既設の不規則波造波装置の前面に設置するものであるが、既設の造波装置も学生実験や津波以外の通常波の研究に使用するため、本装置を使用しない場合は上方に懸架する構造とする必要があった。検討の結果、造波方式は上方から柱状体を水中に押し込むプランジャー型とし、電気-油圧サーボシステムにより所定の波を発生させるものとした。一樣斜面部の街路模型に津波を作用させるためには、造波地点前面において波高 30cm 以上の波高と、周期としては 3 秒以上の確保が必要であり、プランジャーの形状と押し込みの変位を与えたときにどのような波が発生するか、いわゆる造波特性について様々な論文を調査し、設計を行った。これについては、造船工学で喫水  $d$ 、船幅  $2b$  の物体を深さ  $s$  で押し込んだときの遠方場の発生波の振幅  $a$  を速度ポテンシャルを用いて記述する理論が確立されている(例えば田才 1960)。円柱などの規則的な形の物体であれば理論解もあるが、一般形状の船形に対する造波特性は Porter (1965) の論文に図表で提示されているので、その知見からプランジャーの押し込み量と発生波の波高の関係を計算した。

目的とする波高・周期を発生させるためのプランジャーの押し込み量が求まり、次いでその押し込み量を達成できる油圧アクチュエーターの能力の設計を行った。鋼製プランジャーは水中での浮力を差し引いても大きな重量を有しており、それを駆動できる機械の能力を設計した。プランジャーを所定の加速度で駆動するときの付加質量も考慮した。プランジャーの断面が造波時に変形しないための機械的強度、造波装置を支える鋼製フレームの機械的強度、支柱基礎の強度なども検討した。アクチュエーターを駆動する油圧ポンプユニットの能力についても計算を行った。



図-3 津波造波装置を搬入した後の平面波動水槽の全景

## (2) 一様海浜部の造成

実験水槽の一様勾配海浜部に建築物模型を配置するための床版を設ける。床版の面積は7.2m×9.0m、勾配は1/9と設計した。当初、一様勾配斜面は、耐水合板製の床版とし勾配を設定できる鋼製枠で支持される構造とする予定であったが、津波造波水槽をはじめ高度な港湾関係の実験水槽を有する（独法）港湾空港技術研究所を訪問したところ、水中では長期間にわたる合板や鋼材の防錆・防錆は難しいとの指導・助言を受けた。港湾空港技術研究所では、一様勾配の砂地盤を形成し、その表面にモルタル塗装を行うことで一様海浜部を造成することが通例で、その実績と作業性や経済性を評価し、この方法をとることとした。

一様海浜断面の製作は、理工学研究科技術部の愛甲頼和技術長と中村達哉技術職員にお願いした。この実験水槽には、過去の実験で別の勾配のコンクリート床版が設置されており、またいくつかの装置や間仕切りを除去した上で作業を進める必要があった。水槽幅14mにわたって一様勾配の砂地盤を人力で造成する作業は、愛甲・中村技術職員の指揮の下、多数の研究室の学生を動員して行ったが、多大な労力と時間を必要とし事業実施スケジュールに遅れが生じた。



図-4 街区模型対象の候補地（青地は想定津波）

## (3) 街区模型製作の予備調査

街区模型を使用した実験は、必ずしも実際にある街の建物や道路を再現する必要はないと考えるが、建物のスケールや密集度、道路の幅員や直線性などは現実のものに即した形でその特性を取り込む必要があると考えた。そこで鹿児島県で津波災害が危惧される市街地として、志布志市有明地区の街区に対して、国道220号線をはじめとする主要道路の線形や標高の分布を現地踏査にGoogle Mapなどの地図情報を交えて調査した。2012年8月に内閣府中央防災会議(2012)「南海トラフ巨大地震対策検討ワーキンググループ」の発表した津波高・浸水域等(第2次報告)によれば、志布志市では最大津波高7m、浸水面積(浸水深1m以上)420haが予想されている。本研究では、実験水槽内に津波を起こし、建物周辺や街路上を伝搬・遡上する津波の水位や流速を測定するが、そのための水位計や流速計は平成24年度特別経費による津波室内実験システム一式の中で購入している。街区模型についても対象は決められており、実験準備は整っている。

## 4. 結びに

本報告書執筆時点（平成25年1月31日）では、当初計画した津波に強い建築物・防災都市構造の研究の具体的成果をあげるまでには至っていないが、津波造波装置が製作完了し受け渡しがあったのが平成25年1月31日であり、その間、装置の設計・製作や平面造波水槽棟への搬入にも時間を要した。砂地盤の作成と一様海浜断面の製作も多大な労力を要することに加え、造波装置の搬入の合間に多数の学生を動員して作業をする必要があり、実験・研究は予備的な検討だけで実質的な進展には至らなかった。今後、新規に導入された津波造波水槽を用いて実験を行い、研究成果を挙げることで遅れを取り戻したいと考えている。

## 【参考文献】

田才福造(1960)：Plunger type造波機の特長、九州大学応用力学研究所所報、第15号、pp. 73-78.

Porter, W.R. (1966): Added-mass, damping, and wave ratio coefficients for heaving shiplike cylinders, *Journal of Ship Research*, December, pp.223-241.

内閣府中央防災会議・南海トラフの巨大地震モデル検討会(2012)：津波断層モデルと津波高・浸水域などについて(第2次報告)、平成24年8月29日