

# 地域防災教育を目的とした 津波実験公開の試み

小竹 康夫<sup>1</sup>・荒木 進歩<sup>2</sup>・松村 章子<sup>3</sup>・三宅 達夫<sup>4</sup>

<sup>1</sup>東洋建設株式会社 (〒658-0082兵庫県西宮市鳴尾浜1-25-1)

E-mail:kotake-yasuo@toyo-const.co.jp

<sup>2</sup>大阪大学大学院工学研究科 (〒565-0871大阪府吹田市山田丘2-1)

E-mail: araki@civil.eng.osaka-u.ac.jp

<sup>3</sup>東洋建設株式会社 (〒658-0082兵庫県西宮市鳴尾浜1-25-1)

E-mail:matsumura-akiko@toyo-const.co.jp

<sup>4</sup>東洋建設株式会社 (〒658-0082兵庫県西宮市鳴尾浜1-25-1)

E-mail:miyake-michio@toyo-const.co.jp

実在の埋立地を1/100模型で再現した平面水槽での津波造波実験を一般公開し、実験見学の前後における防災意識の変化について調査した。実験では、波浪検定により地元自治体で想定する津波(想定津波)を再現する手法を検討した。また当該地区には防潮堤が整備されており、想定津波による浸水被害は予測されていない。そこで、被害が発生する最低規模の津波(越波津波)を推定した。また平面的な構造物配置の影響を考慮することで、越波津波により局所被害が発生し得る箇所を特定した。一般公開では、想定津波と越波津波および当該地区周辺に浸水被害をもたらした台風相当の高波浪を再現した。その結果、水理模型実験は津波のイメージ把握に有効で、想定津波に備えるための動機付けとなったことがわかった。

**Key Words :** *Tsunami disaster prevention, Wave Basin Experiment, Disaster awareness*

## 1. はじめに

津波防災においては、ソフト対策とハード対策を適切に組み合わせることが重要であり、スマトラ沖地震津波による被災の教訓から、地域住民の津波に対する正しい理解が不可欠であることが指摘されている。

最近では、津波の特性を具体的にイメージするための手法として、解析に基づくアニメーション画像など様々な技術が開発されている。このような数値解析技術は、既往の津波痕跡調査結果により精度検証されるが、十分なデータがあるとは言えない。一方で水理模型実験は、模型縮尺や側壁による境界の影響などの制約条件を正しく理解した上で、常に真値を得ることができることから、数値解析の検証データを提供することが可能である。また、アニメーション画像と同様に、直感的に現象を把握するには優れたツールであるが、特に平面実験では上記の制約の影響が大きく、また費用も高いことから、防災教育に利用されることは少ない。

本研究では、数値計算の検証データ取得を主目的とし

た平面水槽での津波実験を、防災目的で一般公開し、実験の見学前後における防災意識の変化について調査した。そこでまず、一般公開を念頭に、実在する埋立地の1/100縮尺模型を平面水槽に設置し、当該地区の地方自治体が想定する津波(想定津波)を再現するための造波手法について検討した。次に、当該地区では防潮堤が整備されており、想定津波による浸水被害が予測されていないことから、被害が発生する最低規模の津波(越波津波)を推定し、平面的な構造物配置の影響で局所被害が発生し得る箇所を特定した。最後に、一般公開では想定津波、越波津波と共に、当該地区周辺で浸水被害をもたらした台風相当の高波浪を再現し、アンケート結果による見学前後の参加者の意識変化から、水理模型実験が津波防災教育に有効な手段であることを確認した。

## 2. 平面水槽実験

### (1) 想定津波の概要

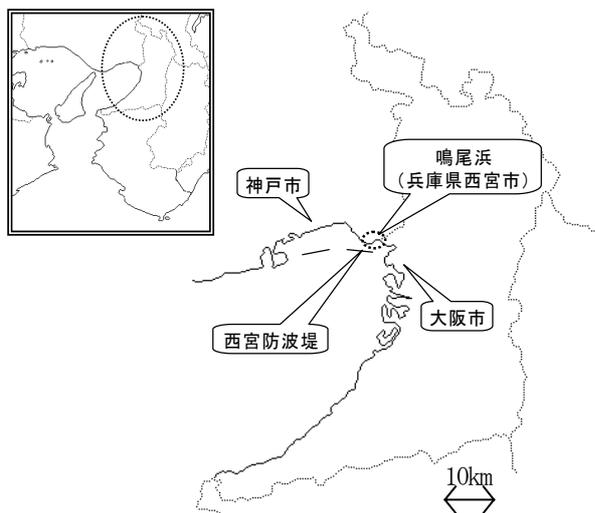


図-1 対象地区位置図

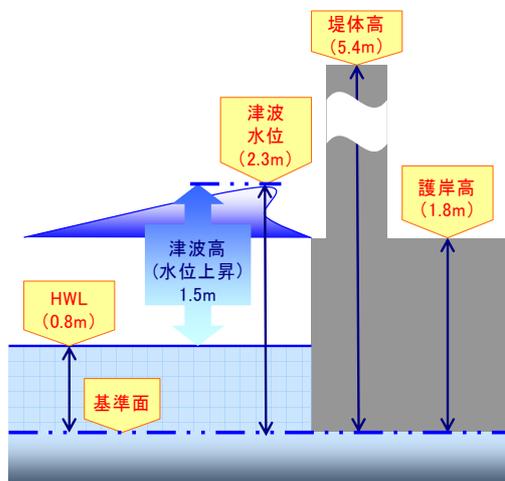


図-2 津波高と地盤高の関係

実験は、公開の対象となる地域住民に理解しやすい地形条件であることを考慮して、実験施設の立地する兵庫県西宮市鳴尾浜での津波作用状況を再現するものとした。鳴尾浜の位置を図-1に示す。大阪湾沿岸地区では、南海地震あるいは東南海地震による津波が被害想定の対象となることが多く、いずれの場合でも、津波は紀淡海峡から大阪湾奥部に向けて進入するものと想定される。一方、鳴尾浜の沖合には西宮防波堤が設置されており、これが正常に機能すれば、南側からの早い流速を伴う津波の進入は防がれ、防波堤背面に沿ったゆっくりとした水位上昇が神戸方面から伝播するものと考えられる（例えば、海上保安庁海洋情報部HP<sup>1)</sup>）。

また、当該地区を管轄する兵庫県では平成11年度に「津波災害研究会」を設置し、兵庫県沿岸域で想定される津波（想定津波）を算定しており、それによると鳴尾浜海側護岸部では、朔望平均満潮位から1.5mの水位上昇

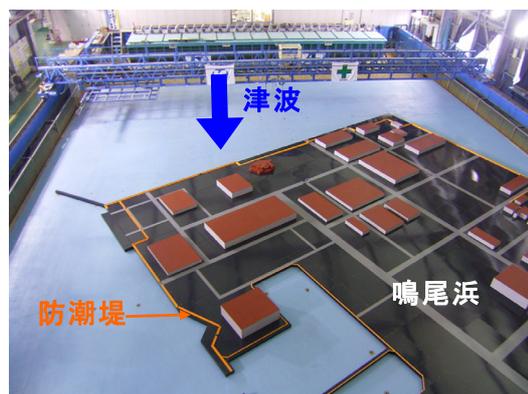


図-3 模型設置状況

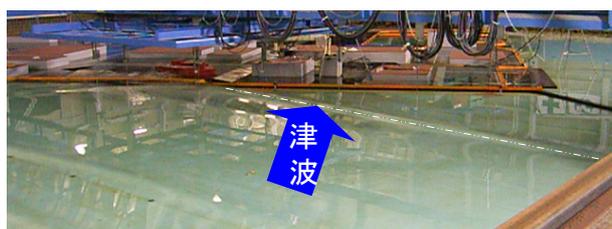


図-4 津波実験状況

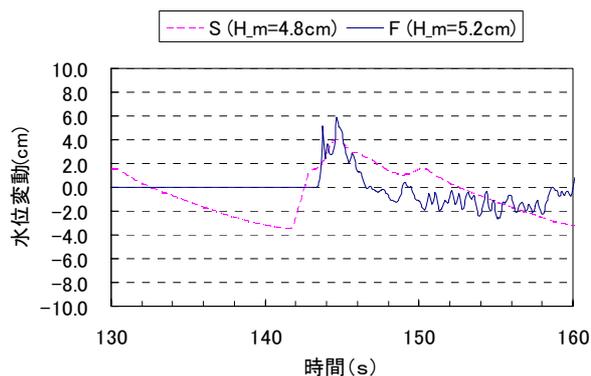


図-5 擬似津波の水位変動例

を伴う津波が想定されている<sup>1)</sup>。護岸部での水位上昇と地盤高および構造物の高さの関係を図-2に示す。

## (2) 想定津波の再現

平面水槽実験では、1/100スケールの鳴尾浜模型を造波板が神戸方向に一致する向きに設置し、擬似津波を作用させるものとした。模型の設置状況を図-3に、実験状況を図-4に示す。平面水槽は、幅19m、奥行き30mで、1辺に造波板幅50cmの造波機が30台設置されており、コンピューター制御により任意の高波浪を再現することができる。

そこで出口ら<sup>2)</sup>の津波造波方法を用いて、周期20秒の規則波および段波を用いた波浪検定により、想定波の再現を試みた。擬似津波の水位変動例を図-5に示す。図の縦軸は静水位を基準とした水位変動で、横軸は計測開

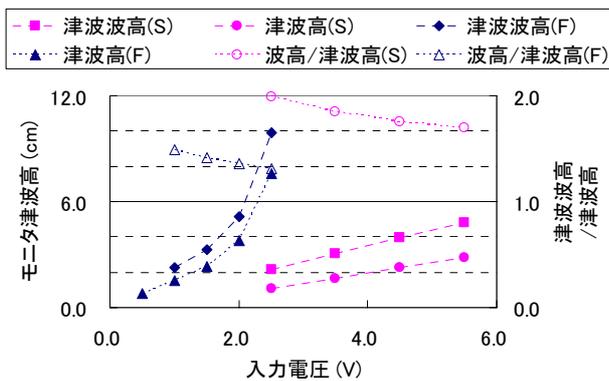


図-6 入力電圧と津波波高・波高の関係

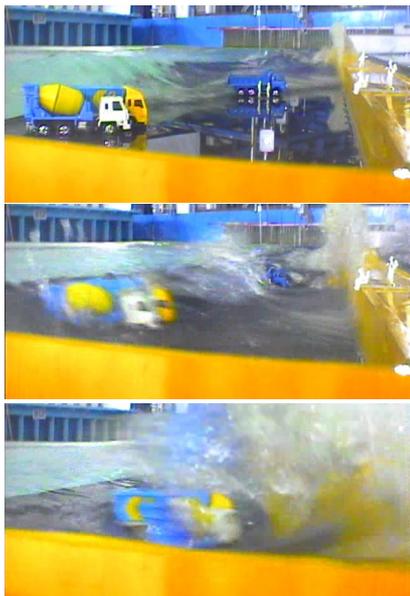


図-7 津波作用状況

始からの時刻であり、凡例では、周期20秒の規則波をS、段波をFと表記した。この図より、急激な水位上昇を伴う段波（F波）は、想定津波の再現には適切でないと判断した。また図-6は、造波板を駆動するための入力電圧と津波波高あるいは津波高の関係を示したものである。ここで津波高とは図-2に示す通り、静水面からの最大水位上昇量、津波波高とは最高水位と最低水位の水位差として定義し、水深10cm（現地換算10m）地点に設置したモニタ波高計での測定値である。入力電圧に比例して造波板のストロークが変化するため、発生する津波の規模も異なる。規則波（S波）は、F波に比べて津波高、波高共に小さいが、想定津波の条件を満足することから、津波の造波方法としてはS波を採用した。

### (3) 越流津波および局所被害の推定

図-7は津波の作用状況を示したもので、護岸天端上に設置された防潮堤（黄色の壁）に、画面左から津波が作用する状況を撮影した連続写真である。また、防潮堤

海側の護岸天端（黒色の床）に駐車中の車両および人の模型も同一縮尺（1/100）である。各写真の右下は防潮堤隅角部となっており、護岸天端に遡上し、防潮堤に沿って伝播した津波が、隅角部に集中し、背後地に越流する状況がよく分かる。なお、この図は撮影用にF波（2.5V）を用いたものであり、想定津波とは越流状況が異なるが、波の種類と入力電圧を変化させた実験の結果から、津波高4.0m（津波水位4.8m）のS波で防潮堤隅角部背後地に浸水被害が発生することが分かった。防潮堤堤体高（5.4m）に対して、津波水位は低いが、隅角部の影響により、越流が発生したものと考えられ、防潮堤隅角部の背後地は、局所的な浸水被害を受ける危険性が高いことが分かる。また図-3に示す通り、鳴尾浜は周囲に防潮堤が設置されており、図-2に示す想定津波に対しては、堤内地への浸水被害は想定されていない。

## 3. 津波実験公開

### (1) 研究公開の概要

実験の公開に際しては、「不必要に不安感を煽らない」、「必要以上の安心感を与えない」の2点に留意する必要がある。そのため公開内容については、当該地区の防災担当者と協議を行った。その結果、再現する津波諸元は、兵庫県で想定する想定津波、防潮堤隅角部で越流被害を発生する最低規模の越流津波および、参加者が経験的に比較しやすい波浪として、平成16年度に阪神地区を含む西日本沿岸域に大規模な浸水被害をもたらした台風16号相当の波浪を再現するものとした。なお、当該台風の鳴尾浜での1/3有義波高は1.6m程度と推定される。

また防災や津波に関する専門知識を持たない、一般の参加者が見込まれることから、正しい知識の共有を目的として、実験の見学前に『津波の基礎知識』と題した講義を行うこととした。ここでは、津波の発生から伝播に関する物理的な機構や特徴、現在実施されている防災対策の例、また水理模型実験で津波を再現する場合の長所、短所や数値解析との関係について説明した。

実験公開の案内は、地区防災担当者の協力を得て、地元の自治会や自主防災組織を中心に送付し、110名の参加があった。参加者の所属構成を表-1に示す。

表-1 実験公開への参加者の所属構成

分類	人数	割合 (%)
一般住民	31	28
行政機関	26	24
近隣企業	34	31
報道機関	19	17
総計	110	100

## (2) 住民意識の変化

防災目的としての平面水槽実験の有効性を確認するため、来場目的や、津波防災に関する意識、また公開で印象に残った項目など、選択肢から回答を選ぶ設問と、自由意見を記述してもらった形式のアンケート用紙を入場時に配布し、退場時に回収する方法でアンケートを実施した。110名の参加者に対して回答数は78名で、結果は設問ごとの総回答数に対する割合で整理した。参加者の年齢構成は表-2 に示す通りで、回答者数の約7割が50代以上の参加者であった。

集計結果の一例として、所属別の来場目的および印象に残った項目を表-3 および表-4 に、水理模型実験が現象把握に役立ったかについてを図-8、公開参加前後での津波防災に対する意識変化を図-9 に示す。

表-3 では、一般住民ならびに近隣企業からの参加者など地域の住民にとって、自分の町がどうなるかに非常に関心が高いことがうかがえる。一方、行政機関からの参加者にとっては、想定した津波が水理模型実験でどの様に再現されるかに興味があった様である。また表-4 に示す公開後の印象に関しては、一般住民の方々には講義内容に対する印象が強く、企業からの参加者には実験

表-2 アンケート回答者の年齢構成

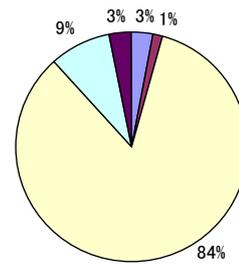
年齢	人数	割合 (%)
20代	5	6
30代	7	9
40代	9	12
50代	21	27
60代以上	31	40

表-3 所属別の来場目的 (複数回答可, %)

来場目的	一般	企業	行政
津波のメカニズムが知りたい	25	21	40
自分の町がどうなるか知りたい	68	53	25
津波の実験が見たい	46	53	75

表-4 所属別の印象に残った項目 (複数回答可, %)

印象に残った項目	一般	企業	行政
講義：津波のメカニズム	32	5	35
講義：津波と高波浪の違い	25	16	30
講義：津波の高さについて	18	5	15
講義：津波の速さについて	25	5	5
講義：ソフト対策とハード対策	7	16	20
講義：津波の数値計算について	21	11	20
講義：水理模型実験の必要性	11	16	20
講義：兵庫県想定波の設定条件	7	0	15
講義：兵庫県想定波による被害	7	11	10
実験見学 (兵庫県想定波)	4	21	10
実験見学 (想定以上の津波)	7	32	40
実験見学 (台風相当波浪)	7	11	20



- 1) 実験は見たことがあり、津波のイメージもよく分かった(3%)
- 2) 実験は見たことがあるが、津波のイメージはよく分からなかった(1%)
- 3) 実験を見たのは初めてで、津波のイメージはよく分かった(84%)
- 4) 実験を見たのは初めてで、津波のイメージはよく分からなかった(9%)
- 5) 無回答(3%)

図-8 現象把握の道具としての水理模型実験

の印象が強いという傾向の違いが現われた。また行政機関からの参加者では、津波メカニズムの講義や想定以上の津波実験に対する選択率が高い。これらは、鳴尾浜では防潮堤の効果で越流被害は殆ど想定されておらず、水理実験でもその状況が再現されたため、「自分たちの町がどうなるか？」の次に興味のある項目が印象に残ったものと推測される。

次に図-8 は、水理模型実験で津波のイメージが直感できたかを確認するため、図に示す4つの選択肢から1つを回答してもらった結果である。ほとんどの人が実験を見た経験がなかったが、実際実験を見たことによって津波のイメージを形作ることができたとの回答を得た。これにより、水理模型実験は津波のイメージ把握に有効なツールとなり得ることがわかる。

また図-9 は、実験公開に参加する前後での津波防災に対する意識を、各図に示す5つの選択肢から一つを回答してもらった結果である。参加前から7割の人が津波に対する備えの必要性を認識していた一方で、1/4は必要性を感じていなかった。また実際の備えの状況に関しては、8割がしていないか、していても不十分だと感じていた。参加後には3/4が備えの必要性を認識し、必要性を認識していない人も1割以下に低下した。また実際に津波に対して備えるつもりのない人はほとんどおらず、今後は備えるつもりの人が7割で、十分備えていると考える人とあわせると8割以上の人が備える意識を持ったことがわかった。自由意見からも、このような公開の取り組みを継続して欲しいと言った意見や、自分の身の回りの具体的事例を示して、対策の必要性を問う意見なども寄せられ、実験公開が想定津波に備えるための動機付けとなり得ることが確認できた。

一方で、今回再現対象とした津波諸元は、想定される被害が小さいことから、自分たちの町は大丈夫との安心感を持った自由意見も散見された。

#### 4. 主要な結論

実在する埋立地を1/100模型で再現した平面水槽での津波造波実験を一般公開し、実験見学の前後における防災意識の変化について調査した。地元自治体で想定する津波（想定津波）を再現する準備段階で、護岸天端面に設置された防潮堤の隅角部背後地は局所的な越流被害を受ける危険度が高いことを確認し、被害が発生する最低規模の津波（越波津波）を推定した。一般公開では、想定津波と越波津波および当該地区周辺に浸水被害をもたらした台風相当の高波浪を再現し、同時に実施したアンケート結果から水理模型実験は津波のイメージ把握に有効で、想定津波に備えるための動機付けとなり得ることから、防災ツールとしても有効であることが分かった。

**謝辞：** 今回の実験公開に際して、大阪大学大学院の出口教授に実験のご指導を頂き、また西宮市防災対策課の皆様にご多大なるご協力を賜りました。ここに心より感謝の意を表します。

#### 参考文献

- 1) 海上保安庁海洋情報部：港湾、沿岸域における詳細な津波シミュレーション，海上保安庁海洋情報部HP防災情報 (<http://www1.kaiho.mlit.go.jp/tbosai.html>)
- 2) 津波災害研究会：兵庫県沿岸域における津波被害想定調査報告書，2000.
- 3) 出口一郎，小竹康夫，金澤剛，松村章子，藤原隆一：津波防災のための基礎的平面津波実験，海岸工学論文集，第52巻，pp271-275，2005.

(2007.46 受付)

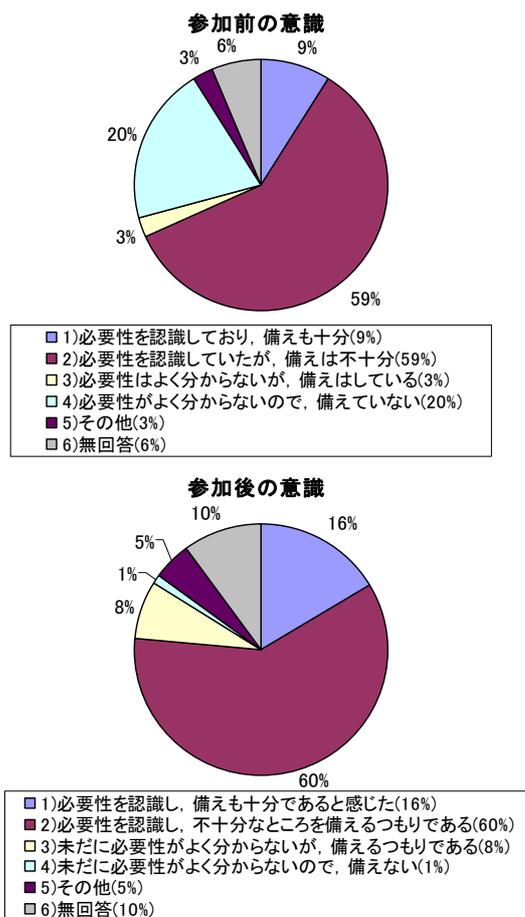


図-9 公開参加前後における防災意識変化

従って、水理模型実験は津波のイメージ把握に有効なツールとなり得るが、再現する津波諸元の選定が重要であり、これは数値解析を可視化する場合と共通する注意点であるが、適切な津波を再現することにより、想定津波に備えるための動機付けとなる有効な防災ツールとなり得ることが分かった。

### TSUNAMI DEMONSTRATION TO EDUCATE REGIONAL DISASTER PREVENTION

Yasuo KOTAKE, Susumu ARAKI, Akiko MATSUMURA and Michio MIYAKE

The wave basin experiment to reproduce assumed tsunami was conducted. It was opened to the public in general, and the change in disaster awareness of the participants was investigated. In the demonstration, tsunami with overflow damage was performed, and the place where damage occurred locally was shown. As a result of questionnaires for the participants, it has been understood that the hydraulic model tests are effective for the grasp of the image of the tsunami and became a motivation to prepare for the tsunami disaster.