# 津波の遡上形態を考慮した沿岸建築物に作用する津波荷重の評価法について

On an Estimation Method of Tsunami Loads on Coastal Architectures in Consideration of Behaviors of Tsunamis Washed onto Shore

> ○増田光一<sup>1</sup>, 居駒知樹<sup>1</sup>, 大河原靖徳<sup>2</sup> \*Koichi Masuda<sup>1</sup>, Tomoki Ikoma<sup>1</sup>, Yasunori Ohkawara<sup>2</sup>

Abstract: The present paper is concerned with the prediction method of tsunami load on coastal architectures considered the pattern of tsunami washed onto coastal region. The objectives of present paper is clarified the applicability of Asakura's formula from comparison of numerical calculation results with the MPS method and the experimental results. From the comparisons, the results by Asakura's formula are good agreement with results of the MPS method and the experiment.

# 1. 緒言

津波の溯上高さや溯上後の流速の一般的な指標 は、陸上における津波ハザードマップに反映されて おり、関係する自治体がそれを作成しているが単な る浸水マップである。また、海から陸上へ遡上した 津波による構造物への波力の算定方法は幾つかの検 討が見られる。中でも朝倉ら<sup>[1]</sup>の評価の特徴は、(1) 式で示すように浸水深さの3倍の静水圧によって衝 撃圧や流速の影響も含んだ最大津波波圧を評価でき るとしている点である。阪田ら<sup>[2]</sup>は開口部のない建 築物への津波荷重の評価に朝倉らの評価法が十分に 適用できることを数値計算から確認した。しかしな がら,陸上へ遡上した津波による建築物を含む構造 物への波力算定や評価法は必ずしも十分に研究され ているとは云えない。例えば、これまでの遡上津波 の波力評価の基本は,護岸を溢れるように越流して, ある浸水深で遡上流が建築物等に押し寄せる状況の みが評価の対象とされていた。つまり、強い砕波を 伴うような状況はここでは議論されていない。さら にいえば、津波による被害は固定された構造物だけ でなく、自動車等の移動可能物体や場合によっては 津波によって崩れた構造物自体が漂流物となって, 他の構造物へ衝突することも考えられる。このよう に、沿岸建築物に作用する津波波圧及び荷重の評価 法は、十分でないのが現状である。鈴木ら<sup>[3]</sup>は、遡 上の形態によって遡上流速が異なり、結果として構 造物への津波荷重特性が大きく異なることを指摘し た。その際、朝倉ら<sup>[3]</sup>の津波荷重評価は、多くの場 合には十分に安全側となるが, 砕波を伴って遡上し た場合には、最大値評価の余裕が極めて小さいこと を指摘している。

現実問題として,平成23年3月11日の東日本大 震災に伴う大津波では,これまで考えていたよりも はるかに大きな津波に沿岸地域がのみ込まれ,甚大 な被害をもたらされた。これらの災害の調査結果を 整理して,予想できる津波被害と状況を考慮した津 波荷重評価法を確立していくことが,今後の復興の 在り方や東北地方での津波防災対策の見直しへの重 要な足がかりとなる。

本研究では、津波の遡上形態と、それに伴う建築 物に作用する津波荷重の特性を明確にすることを目 的とする。今後、護岸を越流する津波において、堤 防を越波して背後の住宅に津波が流れ込む状況につ いても考察する。最後に、漂流物による建築物への 激突の様子や荷重特性を考察する。

本報では先ず第1報として,水槽実験結果、MPS 法によるシミュレーション結果との比較により、日 本建築センターの提案式、すなわち朝倉ら<sup>[1]</sup>の評価 方法の適用範囲を再検討することを目的とする。

$$qz = \rho g (3\eta - z) \tag{1}$$

#### 2. 水槽実験概要

水槽実験は日本大学理工学部が所有している2次 元水槽において実施した。実験器具配置図を Fig.1 に示す。水槽内には高さ 0.50m の仮底と斜路が存在 し、造波位置の水深は 0.73m である。なお、模擬津 波には孤立波を適用し,理論的に求めた流速を時間 積分してピストン式造波板の変位とした。斜路直後 5.0m 地点に設置した岸壁模型は0.01m ほど水に浸っ ている。建築物の設置位置は遡上した孤立波の砕波 地点とその前後 0.75m であり、本研究では岸壁先端 から建築物までの距離をxと定義する。圧力センサ ーP1 の設置位置は、建築物の前面かつ最下部から 0.01m, 0.03m, 0.05mの3地点であり、この設置位 置の高さをzと定義する。計測項目は入射波高,岸 壁遡上水位,模擬建築物に作用する津波波圧である。 入射波高はH1の容量式波高計,岸壁遡上水位はH2 ~H4の容量式波高計,津波波圧は P1の圧力センサ ーを用いて、計測した。

日大理工・教員・海建
Ceanic Architecture and Engineering/CST/ Nihon University
2:日大理工・院(前)・海建
Oceanic Architecture and Engineering/CST/ Nihon University



水槽実験に伴う2次元 MPS 法による数値計算を 行った。計算負荷を軽減するため,造波板から岸壁 の始点までの距離を3.0mとした。MPS 法における 造波板方法は、V1で計測した水平流速データを時間 積分することで造波を行った。総粒子数は32,365 個 であり,粒子間距離は0.005mである。

#### 4. 結果および考察

3. 数值計算概要

Fig.2~Fig.4 は水槽実験結果,津波波圧算定式,数 値計算結果の建築物に作用する津波波圧の最大値を 静水圧の3倍で無次元化した値を比較したものであ る。横軸は、津波波圧を静水圧の3倍で無次元化し た値を示す。また、縦軸は、津波圧の計測位置を津 波高で無次元化した値である。まず、水槽実験結果 と数値計算結果を比較する。これらのグラフを見る と、両者は良好な一致を示していることが確認でき る。僅かな差異の原因として、MPS 法には圧力振動 が存在することが挙げられる。しかしながら、この 圧力振動を考慮しても、近い値を示しているため, この程度の差異は実用上問題ないと考えられる。さ らに、これらの結果と算定式の津波波圧を比較する と、浸水深さの3倍の静水圧を超えている部分も確 認できるものの、この程度の差異ならば(1)式の適用 範囲内であるといえる。

## 5. 結言

- 本研究によって以下のような知見を得た。
- 1) 水槽実験との比較により, 建築物に作用する津波 波圧の推定における 2 次元 MPS 法の適用性を確 認することができた。
- 2) 今回,本研究で取り扱った現象については、(1) 式で建築物に作用する津波波圧は算定できるといえる。今後は、建築物の設置状況及び3次元的 性質が強い現象についても更なる検討が必要であり、今後適用範囲をさらに明確する必要がある。

#### 謝辞

本研究を進めるにあたって,数値計算のご支援を して頂いた増田光弘先生(東京海洋大学 助教)に 深く感謝を申し上げます。

## 参考文献

 [1] 朝倉良介,岩瀬浩二,池谷毅,高尾誠,金戸俊道, 藤井直樹,大森政則;護岸を越流した津波による波 力に関する実験的研究,海岸工学論文集 第47号, pp911-915, 2000.

- [2] 阪田升,奥田泰雄;建築物に作用する津波のシミュレーション その3 波圧分布,日本建築学会学術 講演梗概集(東北),pp131-132, 2009.
- [3] 鈴木雄太,増田光一,居駒知樹;津波遡上後の流速 特性及び流体力に関する基礎的研究,日本沿岸域学 会論文集 第20号,pp202-205,2007.
- [4] S. Koshizuka and Y. Oka, Moving-Particle Semi-implicit Method for Fragmentation of Incompressible Fluid, Nucl. Sci. Eng, 123, pp.421-434, 1996.
- [5] 増田光弘;津波中の浮体挙動解析への粒子法の適用 性に関する研究,日本大学博士論文,2009.



Fig. 2 The comparison of maximum tsunami pressure on the facility on apron by tsunami (x/h = 1.08)



Fig. 3 The comparison of maximum tsunami pressure on the facility on apron by tsunami (x/h = 4.35)



Fig. 4 The comparison of maximum tsunami pressure on the facility on apron by tsunami ((x/h = 7.61))