

平野部に遡上する津波の水粒子の速度

東北工業大学工学部建設システム工学科 ○ 佐々木卓博 阿部恭大 木村誠
東北工業大学工学部都市マネジメント学科 正 澁谷陽 正 相原昭洋 正 新井信一

1. はじめに

平成 23 年 3 月 11 日に最大震度 7 である東北地方太平洋沖地震が起こった。宮城県内だけで、死者・行方不明者数が 11,725 人、全壊・半壊した建物が 237,051 棟と大きな被害を受けた。特に津波による被害は甚大であった¹⁾。そのため、津波による構造物に働く力を算出する為には津波の水粒子速度を正しく推定する必要がある。津波の流速についての先駆的研究^{2),3)}があるものの、水粒子速度はさらに詳細な調査が必要と思われる。そこで本研究では、PIV(Particle Image Velocimetry)システムをもちいて、造波水槽内で遡上する津波の水粒子速度を調べた。

2. 実験方法

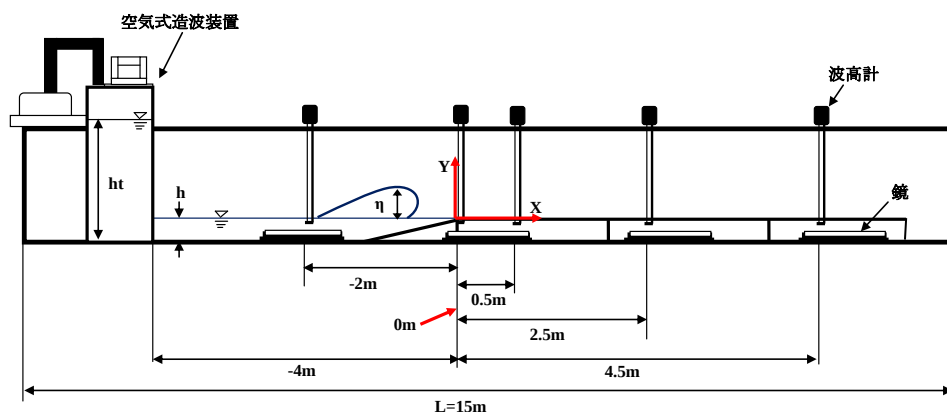


図-1 実験状況(縦断面図)

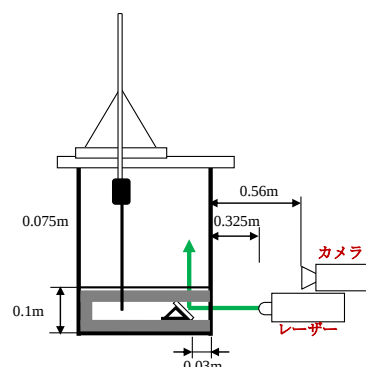


図-2 実験状況(横断面図)

実験状況を図-1 と図-2 に示す。実験水路は全長 15m、幅 0.3m、高さ 0.6m の両面ガラス張りの造波水路である。水路内の一端に空気式造波装置を設置し、その造波装置前面から 6m の位置に海岸線がくるように、海底傾斜部(1/10、1/20)を設け、海岸線から内陸側は平野部(長さ 6m)とした。沖部の水深 h は 0.1m である。空気式造波装置内の水位は、40cm、60cm、70cm(以下 ht_{40} 、 ht_{60} 、 ht_{70})とし、3 種類の津波を発生させた。海岸線を基準($X=0m$)とし、水粒子速度の測定箇所は沖側-2m、海岸線 0m、平野部 0.5m、2.5m、4.5m の 5 箇所である。水粒子の速度 u の測定には PIV システムを用いた。また、流速測定と同じ箇所、波高計を用いて水位 η の測定も行い、水位変化と水粒子の速度がどのような関係にあるかを調べた。

3. 実験結果

図-3 は、 ht_{40} の場合の $X=0m$ 地点での水粒子速度 u と波高 η の計測結果を一例として示したものである。流速の計測高さ Y は、陸地面から上に 0cm、1cm、2cm、3cm、4cm、とした。また、図 3 には参照のための基準速度 $\sqrt{g\eta}$ も示す。流速の変化をみると、流速は津波の先端部で最大となり、その後は η と関係なく減速する。また各計測点での水粒子の速度は、時間の経過と共に $\sqrt{g\eta}$ の値に近づいている。

キーワード：PIV 計測、流速の時系列、瞬間的断面流速分布、最大流速の分布

宮城県仙台市太白区八木山香澄町 35 番 1 号 TEL:022-305-3540 FAX:0.22-305-3540

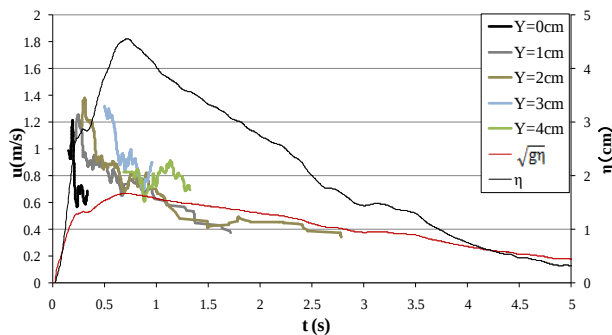


図-3 遡上津波の水位と流速の変化
(ht=40, X=0m, 傾斜 1/20)

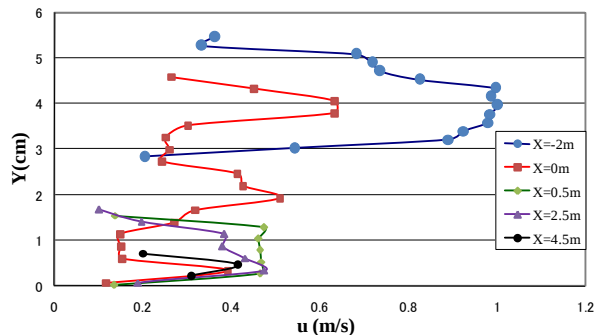


図-4 $\eta_{\max}$ 時の瞬間的断面流速分布
(傾斜 1/20, ht=40)

図-4 に各 X の測定箇所の水粒子の速度分布を示す。最大浸水深 $\eta_{\max}$ 時の水粒子の速度である。X= -2.0m での分布は波高が高いためか、最大流速が大きい値を示している。海岸線に津波が来襲した時の X=0m をみると、X= -2.0m と比べて、流速が小さくなり、分布も変化している。そして、津波の進行につれて浸水深が浅くなり、流速も変化していく。

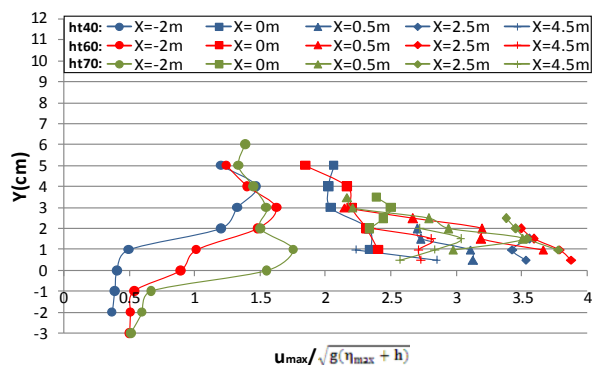


図-5 各高さでの最大流速の
水粒子フルード数(傾斜 1/10)

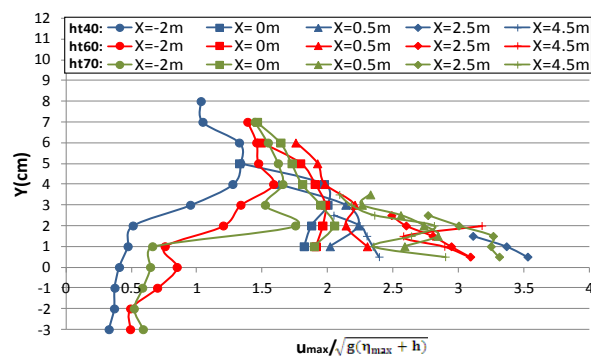


図-6 各高さでの最大流速の
水粒子フルード数(傾斜 1/20)

一方、図-5 と図-6 に、各計測点で記録された最大流速 $u_{\max}$ を $u_{\max} / \sqrt{g(\eta_{\max} + h)}$ の形で示す。ここでは、この値を“水粒子フルード数”と称することとする。

水粒子フルード数は、傾斜 1/10 の沖部では 0.5~1.7 であり、遡上後はほぼ 2 以上の値を示し、最大で約 4 となる。傾斜 1/20 では遡上後、約 1.5~3.5 となる。傾斜 1/10 も傾斜 1/20 も、遡上後は水粒子フルード数の値が多くの場合で 2 を越えて大きくなる傾向をもつことがわかる。

4. おわりに

本研究では、津波の水粒子速度を計測したことにより、以下のことが明らかになった。

遡上津波の水粒子速度は、津波の先端部で最大となり、時間の経過と共に $\sqrt{g\eta}$ の値に近づいていく。 $\eta_{\max}$ 時の瞬間的断面流速の分布は、津波の進行につれて変化していくように見える。進行津波の流体の水粒子フルード数は、傾斜 1/10 の場合の沖部で最大 1.5~1.7、遡上後は 2 を超え最大で 4 となる。傾斜 1/20 の場合では、沖部で最大 1.5、遡上後は 1.5 を超え最大で 3.5 となった。

参考文献

- 1) Shinichi Arai, Toshihiko Takahashi, Akihiro Aihara and Akira Shibuya : Inundation and Damage by Run-up Tsunami of 2011 in the Sendai Plain, Japan, ISOP-2012, 2012
- 2) 松富英夫, 首藤伸夫 : 津波の浸水深, 流速と家屋被害, 海岸工学論文集 Vol.41,1994,pp246-250
- 3) 松富英夫, 飯塚秀則 : 津波の陸上流速とその簡易推定法, 海岸工学論文集 Vol.45,1998,pp361-365