

平野部に遡上した津波の浸水深

東北工業大学 学○新藤清憲、学 澁谷陽

東北工業大学 正 相原昭洋、正 高橋敏彦、正 新井信一

1. はじめに

2011 年 3 月 11 日に東日本太平洋沖地震が起き、大津波も発生した。そして、仙台平野部に遡上してきた津波が建物に大きな被害を与えた。この被害には、平野部に遡上した津波の浸水深が大きく関係していると考えられる^{1,2)}。そこで、水槽に設けた平野のモデルに、津波を遡上させ、どのように波の高さが変化していくのかを実験で計測した。さらに別途実施した東日本太平洋沖地震時の浸水深の現地計測結果を引用し、実験結果を考察した。

2. 実験方法

実験状況を図 1 と 2 に示す。波高計を図 1 に示すように沖から陸に並べた。プロペラ式流速計は L₁ の場所に配置した。そして、空気式造波装置により津波を造波し、それぞれの場所で波高、流速を計測した。また、津波の規模は空気式造波装置内の初期水位により調整するが、それを「吸引高さ」と称する事とし、その高さを 70cm, 40cm, 20cm の 3 ケースで変えた。尚、再現性に関しては、十分チェックし、満足できる結果を得ている。

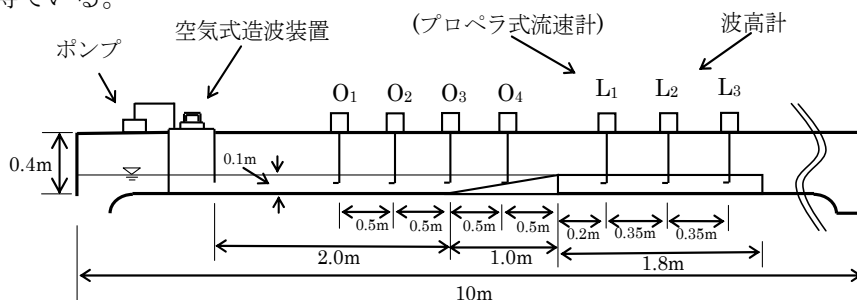


図 1 実験状況(縦断面図)

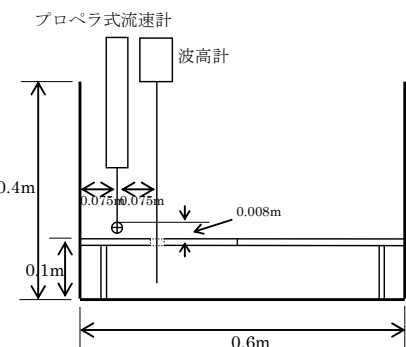


図 2 実験状況(横断面図)

3. 実験結果

3.1 波高

図 3 は沖での、また、図 4 は陸上に遡上した時の津波波形の変化を示している。例として吸引高さ 70cm のものを示した。O₂ と O₃ の間で砕波しているが、津波の進行とともに減少してゆき、遡上後もさらに減少していく。この記録から波速 C も求めることができる。

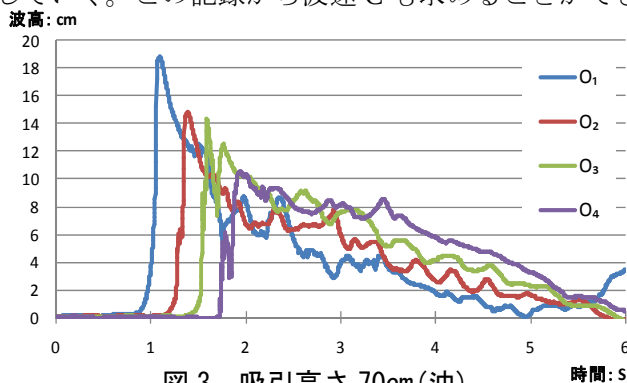


図 3 吸引高さ 70cm(沖)

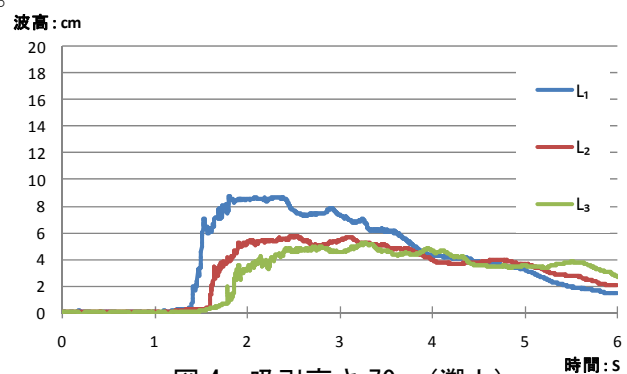


図 4 吸引高さ 70cm(遡上)

表 1 から 3 に、津波の規模を変えた 3 ケースの結果を示す。砕波位置は、表 2 では、O₂ と O₃ の間で、かつ O₃ 寄りであり、表 3 では遡上直後である。これらのことより次のことが分かる。

キーワード： 遡上津波、浸水深、波速、流速

連絡先:宮城県仙台市太白区八木山香澄町 35-1 東北工業大学都市マネジメント学科 新井研究室 TEL 022-305-3540

表 1 波高と波速(吸引高さ 70cm)

波高計の場所	最大波高:m	造波装置内吸引高さ:70cm		
		C:m/s	Hmax:m	$\sqrt{g(h+H)}$
O ₁	0.188	1.866	0.168	1.621
O ₂	0.148	1.923	0.146	1.552
O ₃	0.143	2.315	0.124	1.398
O ₄	0.105			
L ₁	0.088	1.786	0.073	0.844
L ₂	0.058	1.563	0.055	0.736
L ₃	0.053	※Hmaxは補間値		

表 2 波高と波速(吸引高さ 40cm)

波高計の場所	最大波高:m	造波装置内吸引高さ:40cm		
		C:m/s	Hmax:m	$\sqrt{g(h+H)}$
O ₁	0.131	1.506	0.114	1.448
O ₂	0.097	1.553	0.094	1.379
O ₃	0.091	1.553	0.081	1.236
O ₄	0.071			
L ₁	0.050	2.734	0.044	0.655
L ₂	0.038	1.277	0.033	0.567
L ₃	0.028	※Hmaxは補間値		

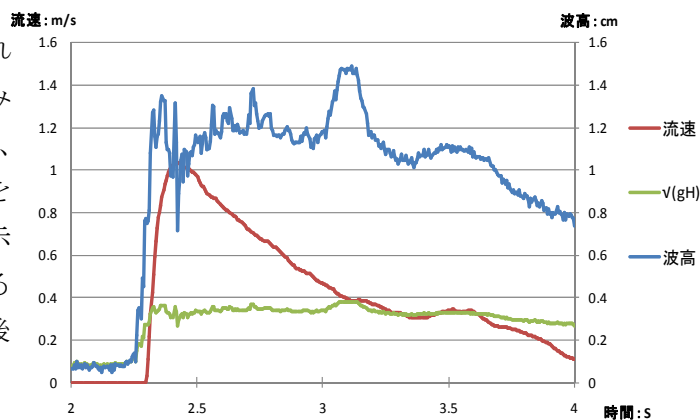
表 3 波高と波速(吸引高さ 20cm)

波高計の場所	最大波高:m	造波装置内吸引高さ:20cm		
		C:m/s	Hmax:m	$\sqrt{g(h+H)}$
O ₁	0.054	1.185	0.051	1.216
O ₂	0.048	1.244	0.051	1.216
O ₃	0.053	1.008	0.052	1.117
O ₄	0.051			
L ₁	0.020	1.882	0.017	0.406
L ₂	0.014	1.563	0.012	0.337
L ₃	0.009	※Hmaxは補間値		

第 1 に、沖の波高は、砕波しない場合(表 3)には進行しても一定であるが、砕波する場合(表 1 と表 2)には減少する。遡上した後は、侵行に伴い全ての場所で波高(浸水深)が減少している。第 2 に、波速は、沖で砕波しない場合はおよそ $\sqrt{g(h+H)}$ で進むと考えて良いが、砕波後はそれよりも速くなる。遡上した後は、全ての場所で、波速は $\sqrt{gH}$ より速い。ここに h は水深であり、 H は波高で遡上時には浸水深である。

3.2 流速と $\sqrt{gH}$

遡上時の津波においては、波速=流速と考えられるので、その流速をプロペラ式流速計で計測してみた。プロペラ式流速計の計測上限値が 1m/s なので、津波は吸引高さ 20cm のものとなった。その結果を図 5 に示す。水位すなわち浸水深 H による $\sqrt{gH}$ も示してある。波前面付近で流速はその 3 倍以上であることが分かる。そして、流速は 3 秒を経過した以後で $\sqrt{gH}$ に近づくことも分かった。

図 5 遡上時の波高と流速と $\sqrt{gH}$ (吸引高さ 20cm)

4. 現地調査結果と実験結果

本研究室では震災後、仙台湾沿いの 4 ヶ所(亶理, 閑上, 荒浜, 仙台港)の被災調査を実施し、図 6 の実線を得ている。これによれば、海岸線で浸水深は高く、そこからの侵入距離が長いほど浸水深は低くなる様子が分かる。この図に実験の結果を破線でプロットした。ただし、見え易いように浸水深を 100 倍、距離を 1000 倍にしている。減少の仕方を見ると、波高の大きい例が現地の例に、より近いと思われる。

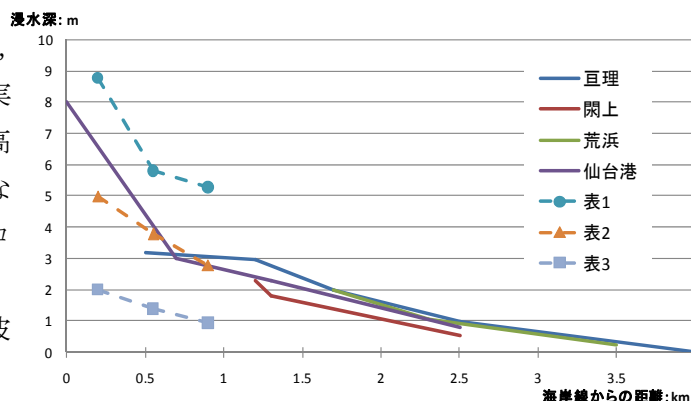


図 6 現地調査結果と実験結果

(http://www.jicoojin.com/CEM/2011_tohoku_earthquake_and_tsunami/)

5. おわりに

津波は、侵入波高が大きいと海岸線の前で砕波し、波高を減少させながら遡上する。遡上した津波の波速は波前面で $\sqrt{gH}$ よりも速く、浸水深の減少率は海岸から離れるほど小さくなると言える。

参考文献

- 1) 有川 太郎 他：遡上津波力に関する大規模実験，海岸工学論文集，53 巻，pp. 796-800，2006.
- 2) 油屋 貴子 他：合成等価粗度モデルを用いた津波氾濫シミュレーションの提案，海岸工学論文集，49 巻，pp. 276-280，2002.