

仙台平野における遡上津波のエネルギー減衰の特性

防衛大学校 学生会員 ○木本敦博

防衛大学校 正会員 多田毅, 宮田喜壽

1. はじめに

2011年3月11日に日本の三陸沖を震源とした東北地方太平洋沖地震によって発生した大津波は岩手県、宮城県、福島県、茨城県、千葉県など三陸沿岸から関東地方沿岸の集落に対して壊滅的な被害を及ぼした。この被害を受けて構造物の耐津波性能を向上させる重要性が指摘されている。構造物が被災しない、さらには津波防護構造物として機能するためには、津波の要因となる地震動に対して安定を保つことはもちろん、津波作用に対する十分な耐力性能が重要になる。震災後、多くの研究者が現地調査を行い、約6千カ所の痕跡地における浸水深・遡上高の調査結果が公表されている。本研究ではそれらの調査結果を用いて、遡上の進行にともなう津波のエネルギーの減衰と地理的条件との関係を調査し、浸水深と流速の空間分布を推定することで、津波による外力の推定のための基礎的な資料とすることを目的とする。

2. 基礎データの作成

東北地方太平洋沖地震津波合同調査グループにより公開されたデータに含まれるのは主に地名、緯度経度、測定日時、そして浸水深または遡上高の4種類である。まず始めに、各地点の汀線からの距離を地図上で測定した。続いて、各地点の地盤高を、国土地理院の基盤地図情報数値標高モデル5mメッシュ基本測量を用いて調査した。ただし、合同調査グループによるデータに地盤高が含まれている場合は、その値を優先した(図1)。

汀線からの距離や地盤高を算定する際、緯度経度座標のみで位置の特定を行うと、位置のずれや観測者の意図した地盤でないなどの問題が多々生じることとなった。そこで地形図、数値標高モデル、google マップ・ストリートビューなどを照らし合わせ、1つ1つの地点の状況を確認しながら作業を行った。

全ての地点の状況を確認し、本研究の目的に合致しない窪地などのデータの排除を行い、有効なデータを地域ごとに分けて整理をした。それらの中から、地上のみならず海底もほぼ様な地形を持ち、広い範囲に多数の観測点が散財し、入射波も一様とみなせる地域として、宮城県仙台平野の宮城野区から亘理町までの範囲の約100点を抽出し、以降の解析に用いた。

3. エネルギーの減衰特性

遡上する津波が持つエネルギーとして、式(1)に示す全水頭 H を考える。

$$H = \frac{v^2}{2g} + h + z \quad (1)$$

ここで v は流速、 h は浸水深、 z は津波発生時の潮位からの地盤高である。圧力水頭、速度水頭および位置水頭の和である全水頭 H は、遡上する津波が進行するにしたがい、摩擦損失によって徐々に減少していくはずである。調査結果にある遡上高は、遡上する津波が最終的に到達した地点の地盤高 z であり、その時点で流速 v

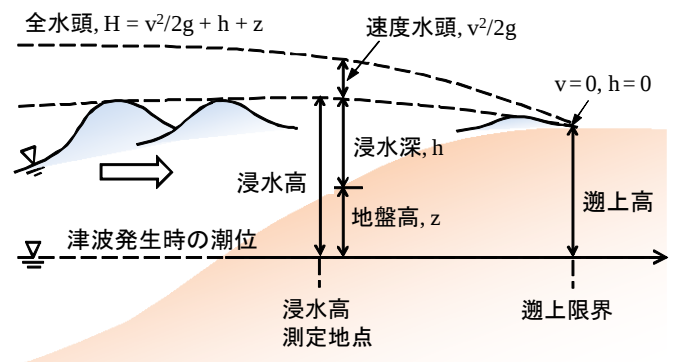


図1 浸水深および遡上高の定義

キーワード 津波 遡上 エネルギー減衰

連絡先 〒239-0811 神奈川県横須賀市走水1-10-20

防衛大学校システム工学群建設環境工学科 TEL 046-841-3810

も水深 h もゼロであることから、そのまま全水頭を表す。そこで遡上高と汀線からの距離との関係をグラフ化した(図2)。その結果、遡上高は汀線からの距離に対してほぼ指数関数的に減衰することがわかった。

次に、浸水高のデータから全水頭を推定することを試みた。浸水高は式(1)において $h + z$ に相当する。この値から全水頭を推定するためには、速度水頭を推定する必要があるが、一般に流速の推定は困難である。そこで、流速よりも値の範囲が限定的なフルード数 $Fr = v/\sqrt{gh}$ を用いて式(1)を書き換えると

$$H = \left(\frac{Fr^2}{2} + 1 \right) h + z \quad (2)$$

となる。フルード数は汀線ではほぼ 1.0、その後は遡上とともに減少してゆき、遡上地点に達した時点で 0 となっていると考えるのが自然である。そこで、全域で $Fr=0.5$ と仮定して浸水高から全水頭を推定し、遡上高と併せて片対数グラフにプロットしたものを図3に示す。全水頭は汀線付近で約 8m、その後指数関数的に減衰することがわかる。また、場所によるばらつきは、全域で 1/2 倍から 2 倍の範囲であることがわかる。

4. 他の地域における特性

仙台平野以外での特性を確認するため、仙台平野の南部に位置し似た地形を持つ福島県松川浦、北部の比較的近い場所に位置する平野の宮城県石巻市、リアス式海岸であり仙台平野とは大きく異なる地形である岩手県三陸海岸南部の3つの地域と比較を行った(図4)。松川浦、石巻市のデータは仙台平野のデータとほぼ同じ範囲に散在した。しかし岩手県南部のデータは全水頭の値が全体的に高く減衰特性も仙台平野とは大きく異なる結果となった。したがって、平野部以外ではエネルギー減衰以外の要因が遡上高や遡上距離に影響を与えていることが予想される。

5. おわりに

実際の遡上高・浸水高の調査結果より、平野部における全水頭が遡上距離に対して指数関数的に減衰することを明らかにした。同時に、それらの空間的なばらつきが、遡上域全域にわたっておよそ 1/2 倍から 2 倍の範囲であることが確認された。全水頭の減衰率は摩擦損失勾配そのものであることから、この勾配と土地利用などを結びつけることで、全水頭の空間分布を事前に推定することが可能となる。さらに、フルード数の分布を推定することで、浸水深と流速の分布に換算し、それらの値から外力およびその確率的なばらつきを推定する手法を開発する予定である。

謝辞：本研究は科学研究費補助金（基盤研究(B)24360195）を用いて行った。ここに感謝します。

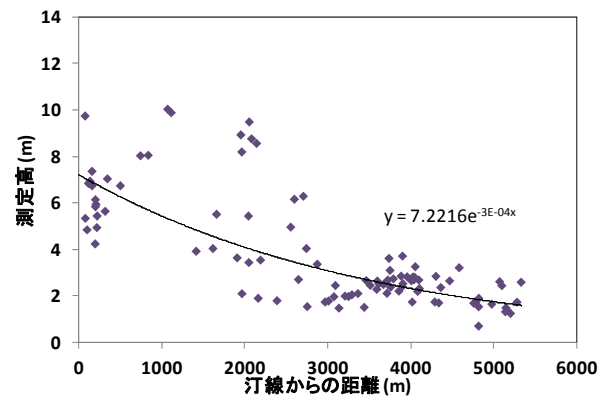


図2 遡上高と汀線からの距離の関係（仙台平野）

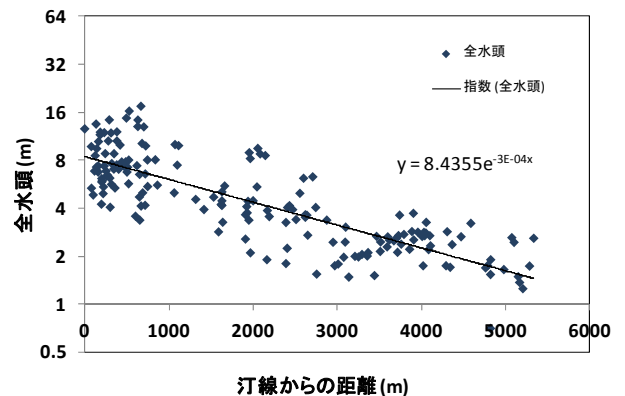


図3 全水頭と汀線からの距離の関係（仙台平野）

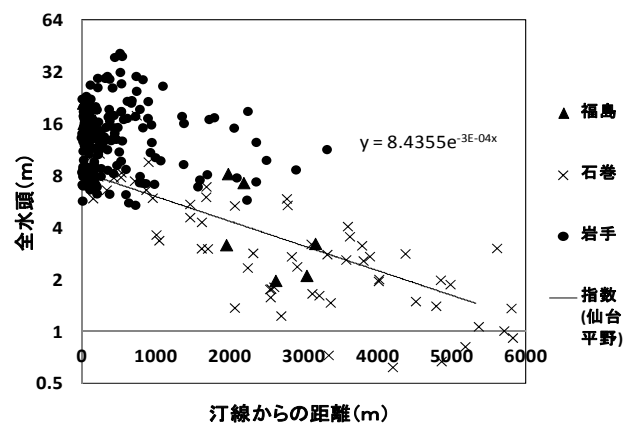


図4 3つの地域と仙台平野との比較