

簡易津波陸上流速推定法の2次元場での適用性

秋田大学 学員 ○飯塚 秀則

秋田大学 正員 松富 英夫

1. まえがき

津波被害想定に必要な、流木を代表とする漂流物の衝突力や津波に対する家屋強度を知るためには、津波の陸上流速を推定する必要がある。

これまでに、実験と理論および現地調査の結果を通して陸上流速の特性を検討し、沿岸までの津波伝播計算により求まる津波諸元から、面倒な陸上遡上計算を行わなくても陸上流速を簡便に推定し、被害想定に結びつけることができる一つの方法を提案した。しかし、その推定法の適用性の検討は、理想的な地形での一次元計算でしか行われていない。

そこで、秋田県沿岸を例にとり、実際の地形上を二次元的に伝播してきた津波を対象に推定法の適用性の検討を行った。

2. 対象陸上流速

陸上流速として、最大沿岸津波高時の波先端部とその背後の準定常的な部分の2つが考えられるが、全波力や浮力が大きく、時間積分効果もあり、漂流物の移動速度に対しても危険側である波先端背後の流れを対象とする。

3. 簡易推定法の概要

これまでに、理論および実験などから陸上流速の推定式として次式が得られている。

$$u/(gR)^{0.5} \doteq \{2C_v^2 F_r^2 / (F_r^2 + 2C_v^2)\}^{0.5} (h_r/R)^{0.5} \quad (1a)$$

$$u/(gR)^{0.5} \doteq F_r (h_r/R)^{0.5} \quad (1b)$$

ここで、 $F_r = u/(gh_r)$ はフルード数、 R は津波打ち上げ高、 C_v はフルード数と家屋などの開度で決まる流速係数、 h は浸水深で添字 f と r は家屋などの前面と背面の区別を示す。(1)式から理解されるように浸水深 h_r とフルード数 F_r が判れば、陸上流速 $u = u_r$ が推定できる。よって、浸水深やフルード数が沿岸津波諸元から推定されれば、陸上氾濫計算を行うことなく陸上

流速が推定できることになる。これまでに、入射津波高 a_r と沿岸津波高 a_o が判る場合（推定法Ⅰ）、および沿岸津波高と浸水深が判る場合（推定法Ⅱ）の2通りの推定法を考案した。

推定法Ⅰは、まず沿岸津波高が推定される地点において、沿岸での流速 u_o と流量 Q_o を次式から求める。

$$u_o = 2\{g(h_o + a_r)\}^{0.5} - 2\{g(h_o + K_r a_r)\}^{0.5} \quad (2)$$

$$Q_o = H_o u_o \quad (3)$$

ここで、 $K_r = a_o/a_r - 1$ は反射率、 H_o 、 h_o は沿岸津波高が推定される地点での全水深と静水深である。次にエネルギーと質量の保存則から導かれた陸上流速式

$$u \doteq \{2g(H_o - z - h_r) / (1 + 2g\pi^2 \delta / h_r^{4/3} - h_r^2/H_o^2)\}^{0.5} \quad (4)$$

の h_r を $(H_o - z) \rightarrow 0$ と変化させ、流量 Q を求める。

$$Q = h_r \{2g(H_o - z - h_r) / (1 + 2g\pi^2 \delta / h_r^{4/3} - h_r^2/H_o^2)\}^{0.5} \quad (5)$$

ここで、 z は陸上と沿岸地盤の高低差、 n はマンニングの粗度係数、 δ は初期汀線から対象陸上地点までの距離である。そして流量連続条件 $Q_o = Q$ から、 h_r と u を特定する。流量が等しくなる浸水深が存在しない場合、本方法は適用外である。

推定法Ⅱは、浸水深が既知であるから、フルード数のみを推定する。最大の沿岸津波高が生じたときの波峰から陸上部を考え、この部分の流れが定常的であると仮定し、エネルギーと質量の保存則からフルード数の評価式として次式を得る。

$$F_r \doteq \{2(H_o - z - h_r) / h_r (1 + 2g\pi^2 \delta / h_r^{4/3} - h_r^2/H_o^2)\}^{0.5} \quad (6)$$

4. 津波伝播計算

上記2方法の実地形に対する適用性を検討するために秋田県沿岸において津波伝播計算を行った。基本式は摩擦を考慮した浅水理論で、計算方法はリーブ・フロッグ法である。また、遡上計算は秋田港周辺の地形データを元に行った。マンニングの粗度係数は陸域で0.040、水深150mまでの海域で0.030、水深150m以上の海域で0.025を用いた。初期水位は秋田市西方約100km

の沖合で、M7.7程度の地震が発生した時に生じると想定される水位変動量を元に設定した。計算は第1波の来襲のみで打ち切り、ピーク時を記録する方法で行った。その他の条件は表-1に示す。図-1に計算領域と津波初期波形の概略を示す。

表-1 計算条件

領 域	A	B	C	D
Δx (m)	1350	450	150	50
Δt (s)	3	3	1	1
計算方法	線形	線形	線形	非線形

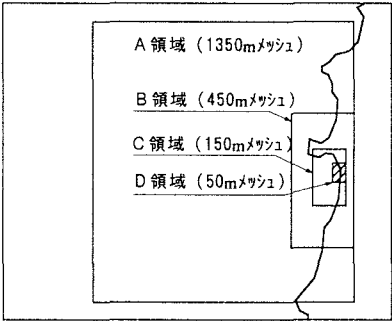


図-1 計算領域

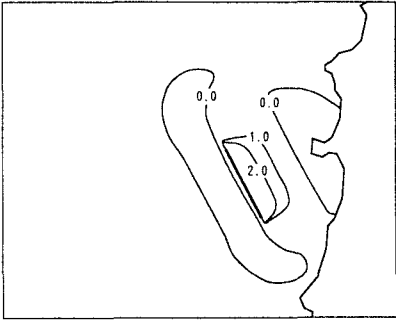


図-2 初期水位

5. 陸上流速推定法の適用性

津波伝播計算の結果を基に、陸上流速推定法Ⅱについてその適用性の検討を行った。入射津波高および沿岸津波高は、陸上流速計算点から汀線に対し直角方向の静水深10m付近のものを使用した。推定法Ⅰは現時点で適用可能なデータが得られていない。

推定法Ⅱについての推定フルード数 F_{rt} と計算フルード数 F_{rc} の比較を図-3に示す。多くの推定値が計

算値に比べて小さい。推定値は危険側を考えると多くのものが適用外であることになる。

推定値と計算値の比と対象陸上地点までの距離との関係を図-4に示す。ばらつきが大きい。図より陸上距離が長いときに推定値が計算値より大きくなる傾向にあることが見て取れる。このことは計算値が陸上部で反射の影響を受けているのに対し、推定値は反射の影響を考慮していないため、計算に比べ流速が大きくなることによると考えられる。

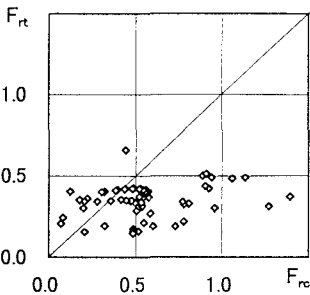


図-3 推定と計算フルード数の比較

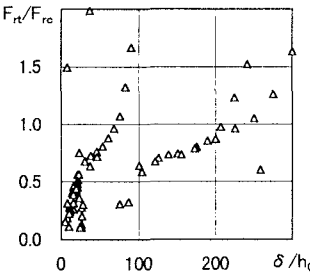


図-4 推定値と陸上距離の関係

6. まとめ

一般的に、津波被害想定時の数値計算から得られる陸上流速は多方向波の合成結果であるのに対し、本推定法による陸上流速は汀線に対し直角方向のみの考慮に留まっている。よって、多方向波に対する陸上流速推定法の検討が必要である。

謝辞：海底地形データの作製にあたり、東北大学の方々から御助力を得た。ここに記して感謝の意を表する。

参 考 文 献

後藤智明・小川由信(1982): Leap-frog法を用いた津波の数値計算法
 秋田県地震被害想定調査報告書 (1997)
 松富英夫・飯塚秀則(1998): 津波の陸上流速とその簡易推定法, 海岸工学論文集, 第45巻, pp.361-365