

南海トラフ地震の確率津波波高を用いた浸水リスク評価

関東学院大学 学生会員 ○草野 大輔

関東学院大学 学生会員 吉田 優汰

関東学院大学 正会員 福谷 陽

1. はじめに

令和2年1月24日に地震調査研究推進本部が公表した J-THIS 津波ハザードステーション¹⁾では、今後30年以内に南海トラフ沿いで発生する大地震の確率論的津波ハザード評価を実施している。しかし、これらは沿岸波高を対象とした評価であり、陸域の浸水リスクを具体的に知ることができない。そこで本研究では、沿岸の確率津波波高のデータを用いて、エネルギー保存法により陸域の再現期間毎の浸水深分布を簡易的に評価する。エネルギー保存法は非線形長波方程式を用いた浸水評価手法と比較して、計算コストが各段に小さいという利点がある。静岡県、浜松市、沼津市、御前崎市を評価対象とし、評価結果から、各市のハザードマップの再現期間が何年程度に相当するかを推測することを目的とする。

2. 使用データ

J-THIS 津波ハザードステーションが公表している津波ハザードカーブから、静岡県沖の代表3地点（浜松市、沼津市、御前崎市）の最大水位上昇量と30年超過確率を読み取り、使用した（表1参照）¹⁾。

表1 代表3地点の使用データ

浜松市		沼津市		御前崎市	
最大水位上昇量(m)	30年超過確率(%)	最大水位上昇量(m)	30年超過確率(%)	最大水位上昇量(m)	30年超過確率(%)
0.5	73.93	0.5	41.97	0.5	72.67
1	72.56	1	39.08	1	71.14
1.5	65.3	1.5	30.05	1.5	64.02
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

3. 再現期間に対応する最大水位上昇量の算出

再現期間 T を算出する為、1年に1回発生する確率 x (%) を算出する為に次式(1)を使用した。

1年で1回発生する確率 x を次式(1)で算出した。

$$x = 1 - \{(1 - f)\}^r \quad (1)$$

ここで、今後 X 年の評価を考える場合、 f は X 年超過確率、 r は X 年を表す。再現期間 T は、次式(2)で算出した（表2参照）。

$$T = \frac{1}{x} \quad (2)$$

表2 最大水位上昇量と30年超過確率の関係
(静岡県浜松市の例)

静岡県 浜松市			
最大水位上昇量(m)	30年超過確率(%)	1年に1回発生する確率(%)	再現期間(T)
3.000	31.250	0.012	80.566
3.500	23.400	0.009	113.040

各再現期間（100年、500年、1000年）の最大水位上昇量は、線形補間して評価をした。

4. 津波遡上計算

エネルギー保存則を用いた浸水評価²⁾では、あるメッシュにおける水のエネルギー E_1 が隣接メッシュにおける水エネルギー E_2 と底面摩擦エネルギー E_τ の和に等しいという関係式(3)を使用する（図1参照）。

$$E_1 = \alpha E_2 + E_\tau \quad (3)$$

E_1 , E_2 , E_τ は、次式(4)(5)(6)により算出する。

$$E_1 = \rho g l^2 \left(Z_1(Z_1 - H_2) + \frac{1}{2}(Z_1 - H_1)(Z_1 - H_2) \right) \quad (4)$$

$$E_2 = \rho g l^2 \left(Z_2(Z_2 - H_2) + \frac{1}{2}(Z_2 - H_2)^2 \right) \quad (5)$$

$$E_\tau = \rho g^2 n^2 l^3 (Z_1 - H_1)^{\frac{2}{3}} \quad (6)$$

式(4)、式(5)、式(6)を式(3)に代入すれば、隣接するメッシュの水位 Z_2 に関する2次方程式が得られ、解は以下の通りとなる。

$$Z_2 = \frac{2}{3}H_2 \pm \sqrt{\frac{1}{9}H_2^2 - \frac{2}{3\alpha}\left\{gn^2l(Z_1 - H_1)^{\frac{2}{3}} - \frac{1}{2}(Z_1 - H_2)(3Z_1 - H_1)\right\}} \quad (7)$$

右辺の変数はすべて既知なので、式(7)を用いて隣接するメッシュの水位 Z_2 が算出できる。

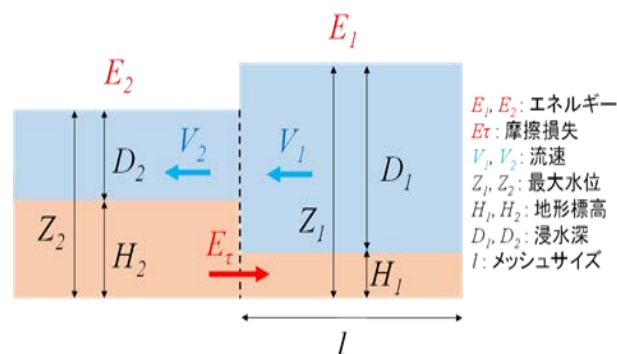


図1 エネルギー保存則を用いた浸水評価の概念図

キーワード 南海トラフ巨大地震、確率津波波高、エネルギー保存則

連絡先 〒236-8501 神奈川県横浜市金沢区六浦東 1-50-1 関東学院大学 TEL : 045-786-7146 E-mail : fukutani@kanto-gakuin.ac.jp

エネルギー保存法で計算をする際、流速 v を変えて計算をすることができ、式(8)を用いて、フルード数 Fr も変更できる。

$$Fr = \frac{v}{\sqrt{gh}} \quad (8)$$

5. 計算結果

今回は、紙面の都合上、浜松市のフルード数が 1.0 の場合の解析結果のみを示す（図 2 参照）。

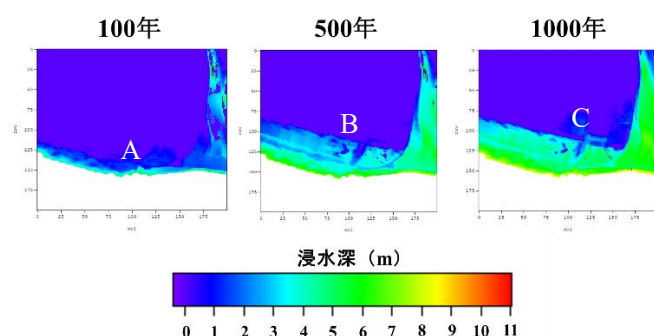


図 2 津波遡上の計算結果（浜松市）



図 3 津波ハザードマップ（浜松市公表）

図 2 の計算結果と図 3 のハザードマップを比較してみると、浸水深の違いはあるものの、ハザードマップの浸水領域は、再現期間 500 年程度の場合に相当する結果であることが分かる。

6. 考察

フルード数が 1.0 の場合、再現期間が 100 年のときは、図 2 の A 地点付近が図 4、図 5³⁾にあるテトラポットや沿岸堤防等により、波の威力が抑えられ、被害を抑えることができています。再現期間が 500 年のときは、図 2 の B 地点付近にも堤防があり、堤防部分まで浸水域が広がっていることが分かる。また、再現期間が 1000 年のときは、図 2 上の C 地点付近から堤防を越え、再現期間が 500 年のときと比較して、浸水域が拡大し、大きな被害が生じる可能性があることが分かる。これによりハザードマップでは想定できていない、より低頻度の浸水領域を評価することが出来ている。



図 4 浜松市沿岸のテトラポット



図 5 浜松市沿岸の堤防の状況

今回は紙面の都合上、浜松市の計算結果のみ示したが、沼津市、御前崎市での計算結果では、ハザードマップの再現期間は 500 年と 1000 年の間であり、1000 年に近い傾向であった。また、フルード数を 2.0 にした場合、フルード数 1.0 の計算結果よりも浸水深の上昇と浸水域が拡大し、陸域に対する被害が広範囲に広がる可能性のある結果が得られた。

まとめ

本研究では、エネルギー保存法を用いて津波の遡上計算を行い、確率論的に津波の浸水リスクを評価した。エネルギー保存法を用いる利点は、浸水深を計算する場合に、非線形長波方程式で計算するよりも、計算コストが極端に小さくできることである。この利点を活用し、より多くのパターンの計算結果を得ることができる。今後、非線形長波方程式を用いた計算も実施し、結果を比較することを予定している。

参考文献

- 1) 国立研究法人防災科学技術研究所：津波ハザードステーション（J-THIS） - <http://www.j-this.bosai.go.jp/> (2020 年 4 月 24 日参照)
- 2) 福谷 陽・徳永英・佐藤一郎・今村文彦：エネルギー保存則による浸水評価を用いた広域に亘る施設群の津波リスク評価，土木学会論文集 B2(海岸工学)，Vol.71(2)，pp.I_1549-I_1554，2015。
- 3) 浜松市の地形写真
<https://maps.google.co.jp/> (2020 年 9 月 28 日参照)