

エネルギー線法による遡上津波解析の東北地方太平洋沖地震津波データを用いた精度検証

防衛大学校 学生会員 ○野中小百合
 防衛大学校 正会員 多田 毅
 防衛大学校 正会員 宮田 喜壽

1. はじめに

津波防災を考える上で、陸上を遡上する津波が構造物に与える波力の推定は極めて重要な問題である。近年は、波力の推定に必要な遡上域における流れの条件を得るために数値シミュレーションが実施されることが多いが、その作業コストは決して小さくなく、またその精度を遡上域全体にわたり検証することは容易でなく過去の被災事例に対する浸水範囲や遡上高などの再現性をもって妥当性を判断しているのが実情である。一方、米国において、津波外力推定のための流況の推定法としてエネルギー線法(Energy Grade Line Analysis, EGLA)¹⁾が提案されており、簡便な手法で任意の遡上境界点から汀線までの最大浸水高の1次元プロファイルを推定することができる。本報告は、エネルギー線法を仙台平野に適用し、東北地方太平洋沖地震における現地調査結果を用いてその有効性を検証する。

2. 解析方法

(1) エネルギー線法

エネルギー線法は、ある遡上境界点から汀線に対し直角な測線を設定し、式(1)から(4)を用いて遡上境界点側から汀線側に向かって1次元的に比水頭 E_g を数値積分してゆく手法である。

$$E_{g,i} = E_{g,i-1} - (\phi_i + s_i) \Delta x_i \quad (1)$$

$$s_i = g n^2 Fr_i^2 / h_{i-1}^2 \quad (2)$$

$$Fr_i = \alpha (1 - x_i / x_R)^{1/2} \quad (3)$$

$$h_i = E_{g,i} / (1 + 0.5 Fr_i^2) \quad (4)$$

$$u_i = Fr_i \sqrt{g h_i} \quad (5)$$

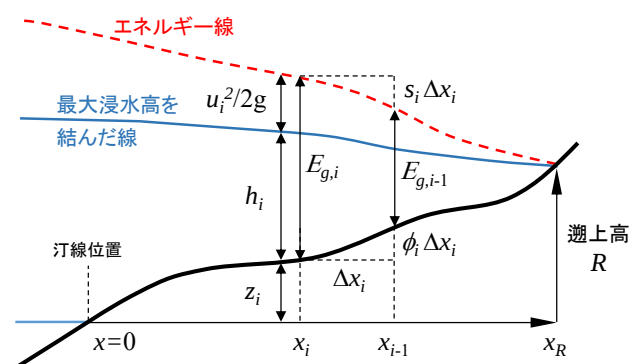


図-1 エネルギー線法の概念

ここで、 E_g は比水頭、 ϕ は底面勾配、 s は摩擦損失勾配、 Δx は x 方向の刻み幅、 n はマンニングの粗度係数、 Fr はフルード数、 α は汀線でのフルード数、 h は最大浸水深である。さらに式(5)を用いて最大浸水深に対応する流速 u を算定し、外力推定に利用することもできる。エネルギー線法の概念を図-1 に示す。

(2) 対象領域および使用データ

本研究は仙台平野を対象とし、領域内に2本の測線を設定した（図-2）。どちらの測線も途中で仙台東部道路の盛土を横切るが、測線近傍に存在する複数のカルバートを通過した水が東部道路の背後まで十分に到達していると判断し、盛土部分を除去した地盤高データを使用した。地盤高は Google Earth の高度プロファイルにより取得した。また、検証のために東北地方太平洋沖地震津波合同調査グループによる痕跡調査の結果を用いた。測線 A は調査データ中の THKE-0070（仙台市環境局今泉工場付近）、測線 B は THKE-0150（県道 137 号線と東部道路の交差点付近）をそれぞれ始点とし、始点の地盤高には調査結果の遡上高の値を与えた。汀線でのフルード数 α は 1.0 とし、粗度係数 n は航空写真より目視で判断し水田・畑は 0.02、工場・住宅地は 0.04、その他は 0.03 とした。

キーワード 遡上津波、エネルギー線法、EGLA、浸水深分布推定

連絡先 〒239-8686 横須賀市走水 1-10-20 防衛大学校建設環境工学科 TEL.046-841-3810 Email : tada@nda.ac.jp

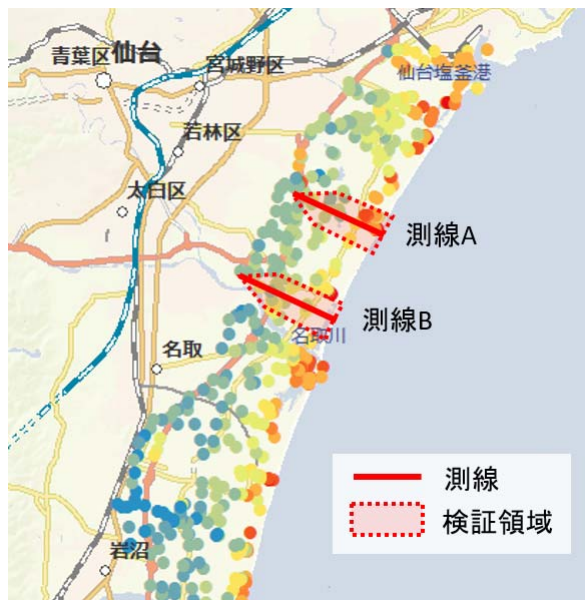


図-2 対象領域(丸印は痕跡調査地点)

3. 結果と考察

測線 A での解析結果を図-3 に、測線 B を図-4 にそれぞれ示す。グラフ中の実測浸水高と実測地盤高は、図-2 の検証領域内に存在する痕跡調査地点における浸水高と、その地点の地盤高を表しており、赤丸は調査地点が測線直上に存在することを表す。

測線 A, B 共に汀線での浸水高が 7m 程度となっており、仙台湾での入射波高と大きな食い違いはないが、各地点の誤差は 2m から 4m に達している。測線 A では測線上に存在する 2 個の痕跡が計算値と一致しているが、測線 B では、浸水高を過大に推定している。測線 B の $x > 2800\text{m}$ の田畑が混在する住宅地に対し $n = 0.04$ が過大であったと考え、住宅地に $n = 0.03$ を与えた計算を実施した結果を図-5 に示す。測線上の痕跡の再現性が向上し、汀線での全水頭が測線 A に近づいたことが確認できる。逆に測線 A の住宅地の粗度係数を 0.03 に変更すると汀線付近で過小評価となることから、粗度係数の値を慎重に与える必要があると思われる。

4. おわりに

本手法は Excel で計算可能な簡便な手法でありながら、最大浸水高の空間分布を比較的良好な精度で推定できることが確認された。ただし、粗度係数の値の設定が重要であり、それを誤ると系統的な誤差が生じることに注意する必要がある。今後は、局所的なばらつきの原因とその補正・換算方法を検討し、測線以外の面的な評価に拡張することを予定している。

参考文献

- 1) Chock, G. Y. K. (2016). Design for Tsunami Loads and Effects in the ASCE 7-16 Standard. Journal of Structural Engineering, 142(11), 4016093. doi:10.1061/(ASCE)ST.1943-541X.0001565

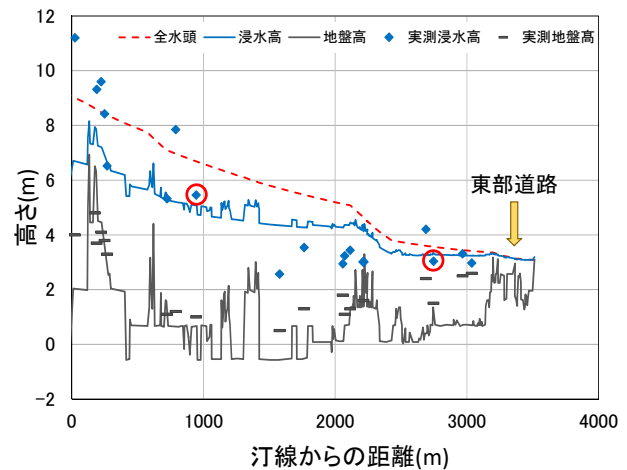


図-3 解析結果(測線 A)

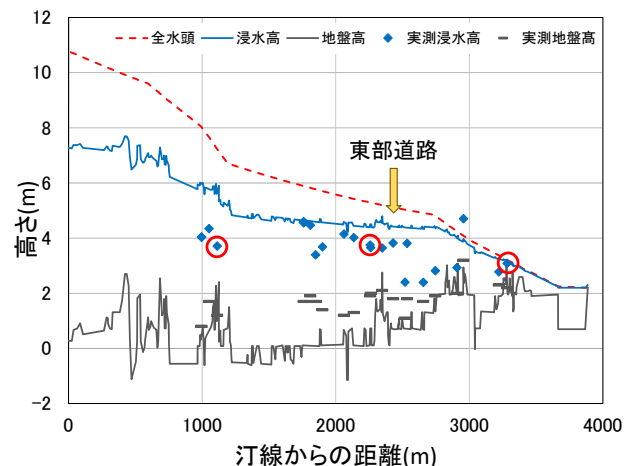


図-4 解析結果(測線 B)

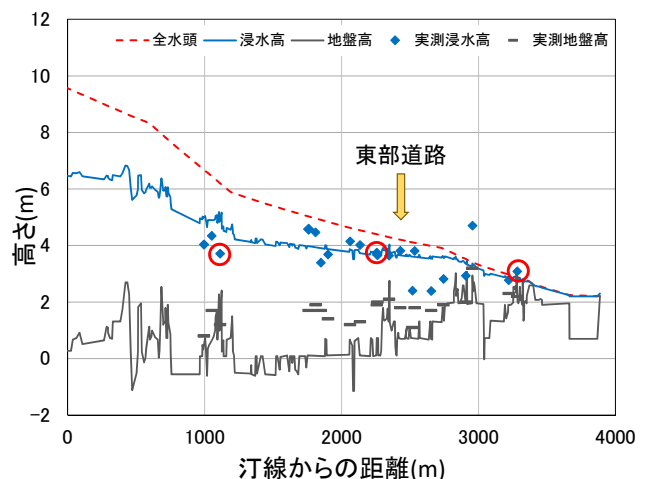


図-5 解析結果(測線 B, 粗度係数調整)