

2011年東北地方太平洋沖地震津波の痕跡調査と遡上計算

八戸工業高等専門学校 学生会員 ○館山 恵実
八戸工業高等専門学校 正会員 南 将人

1. 目的

平成23年3月11日14時46分頃、東北地方太平洋沖地震が発生した。この地震に伴い発生した津波によって東北地方を中心に広い地域で大規模な被害が生じた。この津波は過去に発生した津波の中でも非常に大きな規模のものである。この様な被害を繰り返さないためには、港湾構造物設計や住宅地形成の際、津波の被害を最小限にとどめる事を考慮しなければならない。そのため、本研究ではこの津波に関して現地調査と数値計算を行い、津波の遡上計算と現地測定結果の比較による計算の再現性の検討を目的とした。

2. 調査方法及び数値計算

2.1. 調査方法

本研究の手順を図-1と以下に示す。

- (1) 津波遡上痕跡（地盤高 G と浸水深 E）の測定
- (2) 浸水痕跡を測定した地点の緯度経度を GPS で測定
- (3) 痕跡高を求める（痕跡高 T = 浸水深 E + 地盤高 G）
- (4) 測定ポイントを地図上にプロット
- (5) 測定ポイントに地盤高 G と浸水深 E のグラフを作成



図-1 津波痕跡調査の基準

(気象庁 HP より引用・一部修正)

2.2. 遡上計算¹⁾

非線形浅水方程式による津波伝播および遡上計算を行った。平面2次元の流体運動を表す基礎方程式は非線形方程式であり、式(1)、(2)、(3)、(4)のように表される。ここで、x、y座標の水平座標、tは時間、hは水深、ηは水位、M、Nはそれぞれx、y方向の線流量、MD、NDは減衰項、gは重力加速度、z*は地盤標高を示す。式(5)のτ_xとτ_yはx、y方向の海の摩擦力、nはマニング係数、ρは流体密度、u、vは断面流速であり、それぞれM、Nを水深で除して求めた。計算に用いた地形データは、海側は海図(海上保安庁発行)をデジタルリーダーで読み取り、陸側は国土地理院発行の電子標高データ(DEM)を用いて作成した。

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial M}{\partial x} + \frac{\partial N}{\partial y} = 0 \tag{1}$$

$$M = u(h + \eta) \quad N = v(h + \eta) \tag{2}$$

$$\frac{\partial M}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{M^2}{h} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{MN}{h} \right) + MD = -gh \frac{\partial (z^* + h)}{\partial x} + A \left(\frac{\partial^2 M}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 M}{\partial y^2} \right) - \frac{\tau_x}{\rho} \tag{3}$$

$$\frac{\partial N}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{MN}{h} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{N^2}{h} \right) + ND = -gh \frac{\partial (z^* + h)}{\partial y} + A \left(\frac{\partial^2 N}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 N}{\partial y^2} \right) - \frac{\tau_y}{\rho} \tag{4}$$

$$\frac{\tau_x}{\rho} = \frac{gn^2}{h^{1/3}} u \sqrt{u^2 + v^2} \quad \frac{\tau_y}{\rho} = \frac{gn^2}{h^{1/3}} v \sqrt{u^2 + v^2} \tag{5}$$

3. 調査と計算結果の考察

3.1. 現地調査

現地調査では平成23年3月から7月にかけて、種差海岸から五戸川河口までおよそ100箇所の地盤高Gと浸水深Eを測定した。この際、3月18日に撮影した写真を参考に浸水深を測定した。また、測定する標高データを高精度にするために、一部の領域でDGPSを用いた。

キーワード：東北地方太平洋沖地震、浸水深、遡上計算

青森県八戸市田面木字上野平16の1 八戸高専建設環境工学科・e-mail: minami-z@hachinohe-ct.ac.jp

図-2 に遡上痕跡を示す。調査地域の北側に位置する五戸川河口付近は最大浸水深が 3.4m となっていた。この地区は津波が住宅地まで浸水していた。防波堤で囲まれている地域は最大浸水深 2.5m、平均して 1.2m 程度であった。津波によって沖防（北防波堤、第一中央防波堤、第二中央防波堤）の一部が滑動・滑落したが、これらの耐波性によって侵入の勢いが弱められたものと考えられる。また、南に位置する種差海岸周辺では、浸水深は 1.5m 程度であるが、地盤高を考慮すると痕跡高は 15m となり、調査した範囲では最も高い痕跡であった。この地区は海岸線の背後に急傾斜地となっており、来襲した津波が集中したために痕跡高が高くなったものと考えられる。

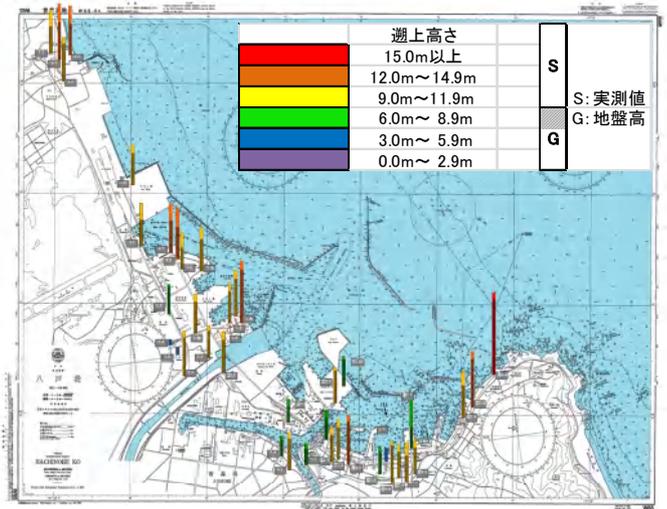


図-2 遡上痕跡

3.2. 遡上計算

八戸周辺の津波伝播及び陸上への遡上計算を行い、津波の再現性について検討を行った。有限差分法 (FDM) を用いて、検潮所で測定された水位変化を境界条件として与え、180 分間計算した。波向きは東方向 (波向 E) と北方向 (波向 N) の 2 つを想定し、地盤の抵抗係数 n を変化させ、実測値と比較を行った。図-3 に計算による浸水深と実測値の比較を示す。同図から、波向 N の場合は $n=0.040$ のときが実測値に近い値になっている。また、東側よりも西側に近くなるにつれて計算値と実測値の誤差は大きくなっている。波向 E の場合では、 $n=0.030$ のときが実測値に近い値になっている。今回の研究では全ての計算地域で地盤の抵抗係数 n を一律で計算したが、土地の利用形態によって抵抗係数値を変えることで、再現性が高まると考えられる。また、津波の波向を北と東だけではなく、波向を変えて計算する事でも再現性が高まると考えられる。

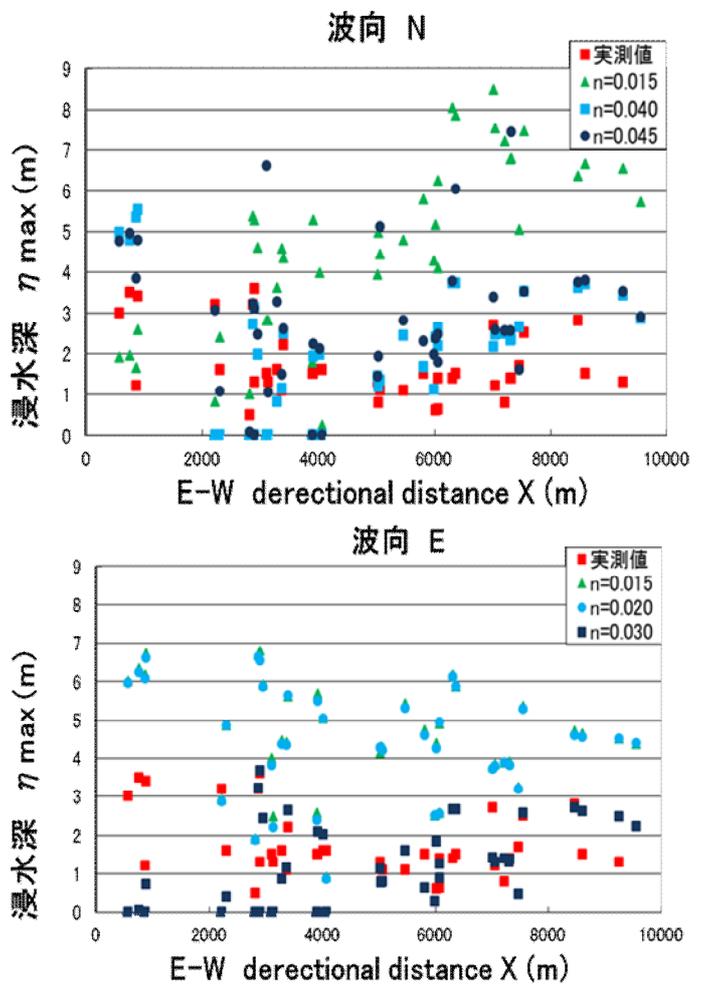


図-3 計算による浸水深と実測値の比較

4. まとめ

現地調査では、河口付近で浸水深が高いという事が判った。また、数値計算では、抵抗係数 $n=0.030 \sim 0.040$ 付近で実測値に近くなる事が判った。波向や抵抗係数を変えることで実測値と計算値の差を小さくできたが、測定ポイントによってばらつきがあることから、改良が必要だと考えられる。そのため今後は、波向の角度を変えて計算することや、抵抗係数の値を領域や標高で変えて計算をすることが必要である。

参考文献

1) 長岡技術科学大学：杓掛亮太、細山田得三 「海岸地形および構造物による津波遡上の阻止効果の把握」