

(II-2) 波源の位置、形状及び方向による津波の最大水位分布特性

防衛大学校土木工学教室 学生員 堂 蘭 良一
同 上 正 員 藤 間 功司
同 上 正 員 重 村 利幸
同 上 正 員 林 建二郎

1. はじめに

現在、津波危険度評価は主として数値計算により実施されている。沿岸域を震源として地震が起こった場合、そこから発生する津波は波源の位置、形状及び方向によって変化し、最大津波高及び津波遡上高分布が大きく異なる可能性がある。しかし、計算に長時間を要するため、波源の想定は数種類程度しかできないのが実情である。そこで、本研究では妥当性のある波源域選定の指標を与えることを目的とした理論解析を実施する。手法としては、理論解析により一様勾配斜面上に形成された任意形状波源からの津波の伝播を計算し、それにより得られたデータを整理し、波源形状と津波の規模の関係を簡明に表す評価式を求める。

2. 理論解析方法

(1) 理論解

本研究でのモデルとなる地形は図1のように海底形状が一様勾配の直線海岸である。理論解は線形長波理論を基礎方程式として以下の式で与えられる。

$$\eta = 2 \sum_{m=1}^M \sum_{n=0}^N A_{nm} L_n(2|k_m|x) e^{-|k_m|x} e^{ik_my} \times (e^{-i\sigma_{nm}t} + e^{i\sigma_{nm}t}) \dots\dots\dots (1)$$

となる。ただし、

$$A_{nm} = |k_m| \int_0^\infty e^{-|k_m|x} L_n(2|k_m|x) c_m(x) dx$$

$$\sigma_{nm} = \sqrt{(2n+1)g\alpha|k_m|}$$

ここで、 η は平均水面からの水位変動、 t は時間、 g は重力加速度、 L_n は n 次のラゲール関数、 A_{nm} は初期波形から決定される複素定数、 σ_{nm} は角周波数、 k_m は y 方向の波数、 $c_m(x)$ は初期水位分布 $\eta_0(x, y)$ の y 方向のフーリエ係数、 M は考慮するフーリエモードの次数、 N は考慮するラゲール関数展開の次数である。

(2) 波源の設定

波源として、図2のような楕円形状の初期水位を与えた。ただし、最高初期水位 η_{0max} は2.0mとした。また、図中のパラメータは、それぞれ、 a :波源の短軸方向の長さの2分の1(30km~50km)、 b :波源の長軸方向の長さの2分の1(60km~160km)、 d :波源内の最高水位地点と汀線の最短距離(0km~200km)、 θ : x 軸と波源短軸のなす角度(0~90度)、 a_{50} :波源水位1.0mコンターの短軸方向の長さの2分の1(0.5a~0.7a)、 b_{50} :波源水位1.0mコンターの長軸方向の長さの2分の1(0.5b~0.7b)である。

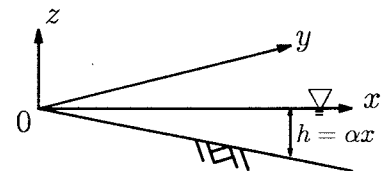


図1 海底形状

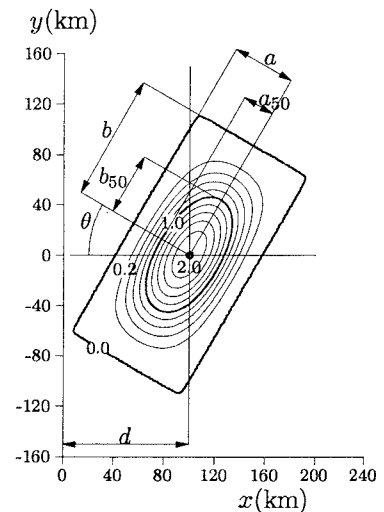


図2 波源形状

キーワード：津波災害、波源形状

〒239 横須賀市走水1-10-20 TEL0468-41-3810 (内線3524) FAX 0468-44-5913

3. 解析結果と考察

(1) 汀線上で最大の水位変動が記録される地点 y_{MX}

図3は、汀線上で最大の水位変動が記録される地点（以後 y_{MX} ）の波源の位置 d による変化を表したものである。 $\theta=0$ の場合、 $y_{MX}=0$ となるが、それ以外では d と共に増大しているのが分かる。また、 θ によってその増加率が明確に異なることが分かる。図3中の実線は次式をプロットしたものである。

$$y_{MX} = d \left\{ \theta / \sin^2 \theta - 1 / \tan \theta \right\} \dots\dots\dots (2)$$

これは、波源内の最高水位地点から波源の短軸方向に進行した波向線が屈折変化を経て到達する地点を表す。 d が大きいときには、式(2)が y_{MX} を良好に近似している。しかし、 $d=0$ をはじめ $d \leq 60\text{km}$ の場合、式(2)では過小評価となっているケースが多く見られる。これは、①波源の最高水位地点より若干沖にある地点から伝播した波の方が汀線上では大きくなった、②汀線方向に伝播するエッジ波が発生した、ということが理由として考えられる。

(2) 汀線上での最高水位 η_{MX}

最高水位 η_{MX} は、図4のように波源の位置 d/a 、波源の方向 θ 及び波源の長軸及び短軸の長さの比 b/a により変化する。ただし、図4では、 $a_{50} = 0.5a$ 及び $b_{50} = 0.5b$ の場合のみプロットしている。一般に津波は、湾や入り江などの狭小地に進入した場合や島まわりにおいて捕捉された場合、遡上高が増大することが知られている。しかし、この図から、そのような特別な地形変化がない場合でも波源の状況によって津波の大きさが異なることが分かる。ここでは、波源の短軸方向に進行した津波は、 d/a が大きいと浅水変形の効果により波高が増大し、 θ が大きいと方向分散により波高が減少するため、 η_{MX} が変化したものと考えられる。また、 b/a が大きいと津波の短軸方向への集中度が大きくなるため η_{MX} は b/a の増加に伴って大きくなるものと考えられる。図5の傾向を整理すると次式のようになる。

$$\eta_{MX} / \eta_{0max} \simeq 1.1 (d/a)^{0.3} (b/a)^{0.5} (\cos(\theta/2))^{0.9} \dots\dots (3)$$

ただし、式(3)では、前節で述べた①、②のような現象が起こった場合、適切な評価はできない。

(3) 波源の短軸及び長軸方向の断面積の違いの効果

図5は a_{50} 及び b_{50} による η_{MX} の変化を表したものである。ただし $d \neq 0$ である。図から $a_{50}/a \times b_{50}/b$ の増加に伴い η_{MX} が増加しているのが分かる。ここでは、 $(4 \frac{a_{50}}{a} \frac{b_{50}}{b})^{0.6}$ の割合で η_{MX} が変化するという結果が得られた。

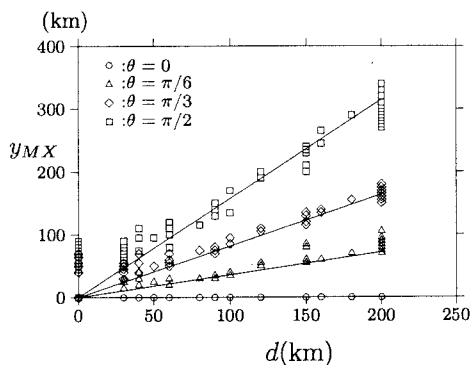


図3 波源の位置及び方向による y_{MX} の変化

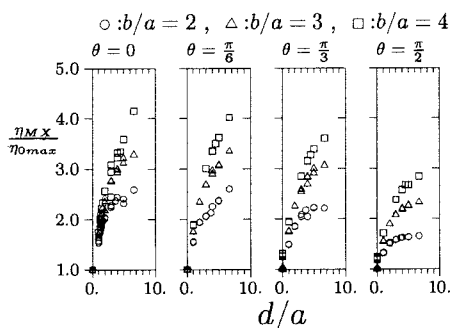


図4 d/a による η_{MX} の変化

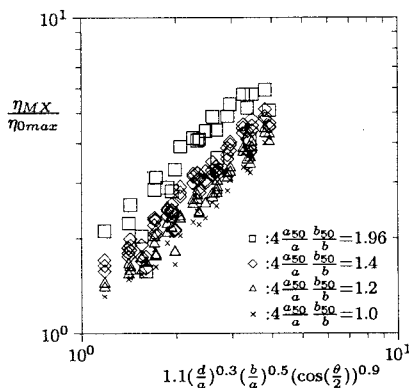


図5 a_{50} 及び b_{50} による η_{MX} の変化