

海底地盤の変位特性と発生する海面の変位特性に関する研究

中央大学大学院

中央大学大学院

中央大学 理工学部 フェロー会員

○多田 総介

銭 潮潮

山田 正

1. はじめに

津波は海底面の地盤変位によって海水面を隆起または沈降させることにより発生する。津波発生時の水面形は明確には観測されておらず、津波計算に用いられるモデルは様々あるがそれらの計算に用いられる初期条件は断層モデルから求められる海底面の地盤変位量の鉛直成分を初期条件としているものがほとんどである。津波発生時の初期条件について詳しく計算を行った研究は少なく津波発生時の初期条件を明確にすることは重要である。本研究は後述に示す理論を用いて地震発生時における海底地盤の変位による海面の変位に関する検証を行った。

2. 計算方法

海面の変位を求めるにあたり、高橋⁽¹⁾は基礎式を速度ポテンシャルの連続式と運動方程式とし初期条件に $t=0$ における海底面と海水面が一様に水平で変位及び変位の速度が 0、境界条件に運動学的条件と力学的運動条件から海底地盤の円区域が一様な変位を行ったときに発生する海面の変位についての式(1)(2)を導いておりこれを用いて計算を行なう。

$$\zeta(r, t) = Da \int_0^\infty \frac{\cos(\omega t)}{\cosh(kH)} J_0(kr) J_1(ka) dk \quad \cdots(1)$$

$$\omega = \sqrt{gk \tanh(kH)}$$

$$\xi(r, t) = Da \int_0^\infty \frac{\sin(\omega t)}{\omega \cosh(kH)} J_0(kr) J_1(ka) dk$$

$$\zeta(r, t) = (\xi(r, t) - \xi(r, t-T)) / T \quad \cdots t < T$$

$$(\xi(r, t) - \xi(r, 0)) / T \quad \cdots t > T \quad \cdots(2)$$

ここに ζ [m] : 海面の変位, H [m] : 水深, g [m/s²] : 重力加速度, r : 伝播方向の座標, k : 波数, ω : 角周波数, T [s] 海底面の変位にかかる時間, t [s] : 時間座標条件 J : ベッセル関数とし、水平で一定に広がる海底面が半径 a [m] の円形領域が鉛直方向に D [m] 変動した場合とする。海底面の変位が一瞬にして行われた場合の海面の

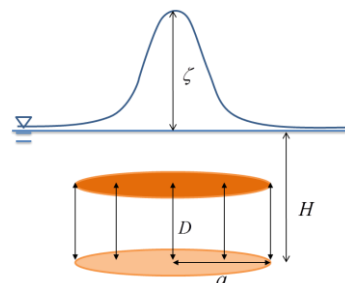


図-1 計算の概念図

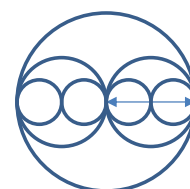
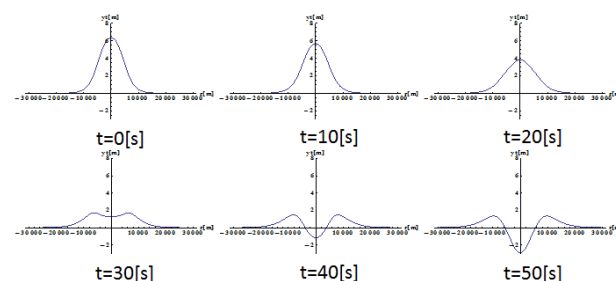


図-2 計算 3-2-2 における変位する範囲の配置図

図-3 計算例, 海面の時系列変化
 $D=10$ [m], $H=4000$ [m], $a=5000$ [m], $T=0$ [s] の場合

変位は(1)より求めることができ、海底面の変位にかかる時間 T [s] を考慮した場合は(2)より求めることができる。計算概念図を図 1 に計算結果の例を図 2 に示す。

3. 計算

3-1. 海底面の変位にかかる時間と海面の変位との関係

地変にかかる時間と水面の変位の関係を調べるために $T=0 \sim 100$ [s] から 10 ケースを選び計算を行った。また、海底面の鉛直変位を $D=10$ [m] 水深 $H=4000$ [m]、海底面の変位する範囲を $a=5000$ [m] とした。

3-2. 海底面の変位する範囲と海面の変位との関係

3-2-1. 地変を起こす面積と波高との関係

地変が起きる範囲の半径 a [m] を 25 ケースで計算を行い求めた。波高の最高点を水深 H で除することで無次元化を行い、地変の起きる範囲の面積と発生する海面上昇の最大値との関係を検証した。

3-2-2. 地変を起こす領域が複数の場合

地変の範囲 a [m] を 10000[m], 5000[m], 2500[m] の計算結果を図-2 のように配置し足し合わせをすることで

複数の円区域で変位が起きた場合の計算を行った．海底面の鉛直変位を $D=10[m]$ 水深 $H=4000[m]$ ，海底面の変位かかる時間を $T=0[s]$ とした．

4. 計算結果及び考察

3-1 の結果を示す．地変終了時の水面形を図-4 に示す．海底面の変位にかかる時間が長くなるほど海面の変位の最高点は低くなる．また図-2, 図-3 より $T=40[s]$ までは変位終了時に海面の変化が最高点を示しているが， $T=40[s]$ 以降は地変終了前に最高点を示していない．海底面の変化が終了する前に波が進行を始めてしまうため地変にかかる時間が長くなるほど海面の変化における最高点は低くなるということが言える．また，波の波速は $\sqrt{gH}$ で表され水深に比例することから水深が浅い場合，波の進行が遅くなることより計算される波形の最高点高くなることがわかる．

3-2 の結果を示す．図-6, 図-7 より海底面の変位が起きる円形区域の面積が広いものほど海面の変位する高さや体積は増加することがわかる．最高点の高さの増加は最大値である $D[m]$ になるまで 指数関数的に増加することがわかる．

5. まとめ

海底面の地盤の変化による海面の変化について検証を行った．以下に知見を示す．

(1)地変にかかる時間が長くなるほど海面の変位における最高点は低くなり，地変終了時に最高点になる場合と地変終了前に最高点になる場合がある．

(2)海底面の変位を起こす円区域の面積が広がるほど海面の上昇する体積は増加し最高点の高さは高くなる，海底面の変位を起こす円区域の面積の増加することにより波高の最高点は海底の変位の最大値である $D[m]$ まで 指数関数的に増加する．

参考文献

- (1)高橋龍太郎:海底の變動に因つて生ずる津浪について，東京帝国大学地震研究所集報. 第 20 冊第 4 号，1943.6.20，pp.375-400
- (2)土木系大学講義シリーズ⑬海岸工学 服部昌太郎，コロナ社
- (3)日野幹夫:流体力学，朝倉書店

謝辞

本研究は文部科学省(課題番号:2465297)から支援を受けている．ここに記して謝辞を表します．

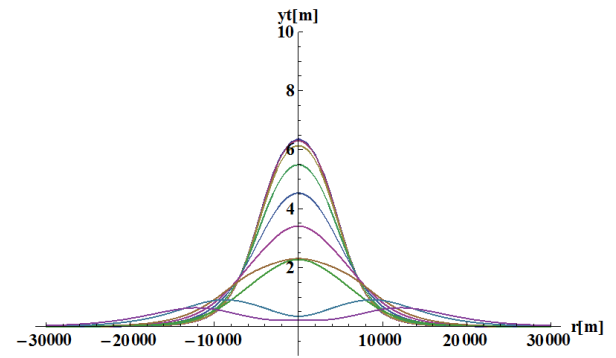


図-4 海底面の変位終了時の海面の変位
 $T=0, 1, 5, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 80, 100$ [s] の比較

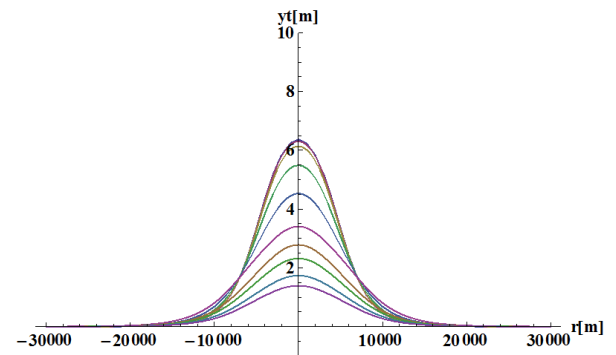


図-5 最大波高時の海面の変位
 $T=0, 1, 5, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 80, 100$ [s] の比較

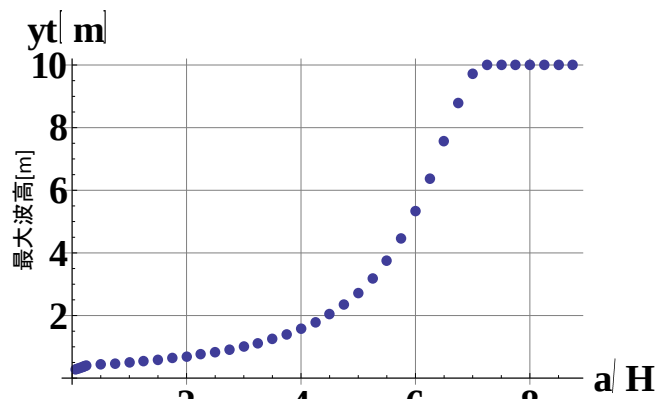


図-6 変位を起こす円区域の半径 $a[m]$ と
水面の変位の最高点との関係

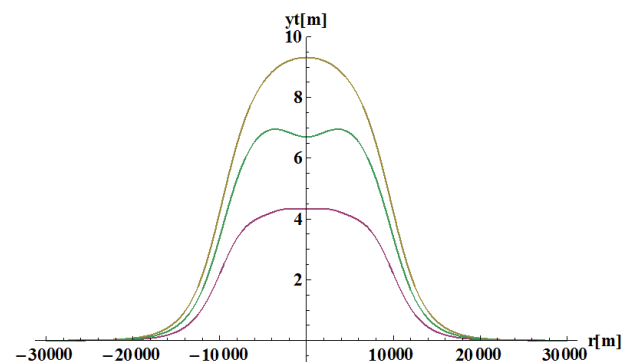


図-7 複数の円区域が変位した場合の海面の変位