

津波と地震の重畳現象の発生確率の検討

中央大学 学生会員 ○志賀典親, 正会員 佐藤尚次

1. はじめに

2011年に発生した東北地方太平洋沖地震の影響で、より多様な地震被害に注目されるようになった。その被害には、津波や液状化現象、原子力発電所事故等の二次災害、もしくは複合災害が挙げられる。その中でも、岡田らは津波の波力と地震力が同時刻に構造物に作用する、津波と地震の重畳現象(以下、重畳現象)の危険性を主張している。¹⁾しかし、重畳現象がどの程度の頻度で発生するかについての研究がなされておらず、どれ程のコストをかけて注意すべき課題であるか明確でない。また、地震断層の性質によって発生確率が異なることが予想されるため、本研究では重畳現象の発生確率を地域別に検討する。なお、発生確率は、津波解析と地震のモンテカルロシミュレーションを組み合わせることで算出する。

2. 検討手法

重畳現象は構造物に想定外の力を作用させるため、本震後の被害をより拡大させやすい、原子力発電所や防潮堤への被害が懸念されている。そのため、本研究では防潮堤を対象構造物に設定する。

具体的な対象構造物は下記の通りである。

- (1) 青森県八戸港の防潮堤
- (2) 宮城県気仙沼魚町の防潮堤
- (3) 静岡県浜岡原子力発電所隣接の防潮堤
- (4) 高知海岸の防潮堤
- (5) 宮崎県青島漁港海岸の防潮堤

対象地震には津波を発生させやすい海溝型地震を設定する。(1)は三陸沖北部地震、(2)は宮城県沖地震、(3)～(5)は南海トラフ巨大地震を想定し、検討を行う。

重畳現象発生の離散的時系列モデルの例を図-1に示す。時間間隔 dt を5分とし、その間に水位と震度

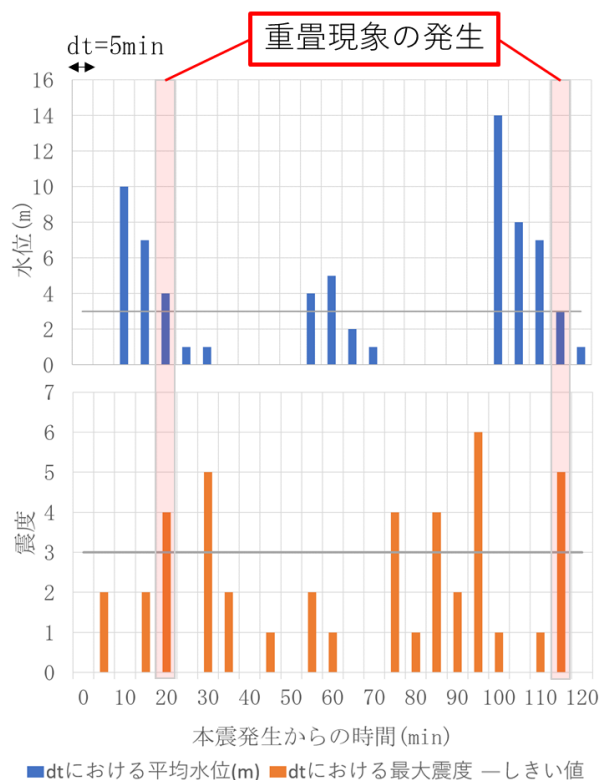


図-1 重畳現象発生の離散的時系列モデルの例

が共にしきい値を超えるとときに重畳現象が発生すると定義する。ここで、水位は対象構造物に作用する波の時間平均水位[m]、震度は dt 内において対象構造物に作用する最大震度とする。しかし、実際には地震計算の簡略化のため、しきい値以上の震度の地震確率のみを求め、シミュレーションを行う。

3. 津波の解析手法

波力は衝撃波力と持続波力の二つに分かれるが、重畳現象を考えるにあたり、より波力の与える時間が長い持続波力のみを考慮する。持続波力の鉛直分布は、静水圧分布と良い近似を見せることが明らかとなっている。²⁾そのため、本研究では波力でなく、水位を発生確率算出のパラメータとして用いる。

キーワード 複合災害, 重畳現象, 津波被害, 南海トラフ巨大地震, 防潮堤

連絡先 〒112-8551 東京都文京区春日 1-13-27 Tel 03-3817-1816 Fax 03-3817-1803

解析には2次元流体シミュレータであるSTOCを用いる。3)(1)～(2)には、日本海溝・千島海溝周辺海溝型地震に関する専門調査会、(3)～(5)には内閣府の南海トラフ巨大地震モデル検討会のデータを地形データ、及び津波波源として用いる。

4. 地震のシミュレーション手法

時間間隔ごとに非定常的な確率過程を定義し、余震発生シミュレーションを行う。本震の震源位置等は津波断層と整合性の取れた設定とする。余震の震源位置はモデルの単純化のため、本震と同一とする。余震のタイムラグや揺れの減衰を考慮するため、松崎らが提案している距離減衰式の式(1)を採用する。4)

$$I = 1.36M_j - 4.03 \log(X + 0.00675 \cdot 10^{0.5M_j}) + 0.0155h + 2.05 + C_i \quad (1)$$

ここで、 I は気象庁震度階級、 M_j は気象庁マグニチュード、 h [km]は震源深さ、 X [km]は震央距離、 C_i [km]は岩盤相当の地震動に補正する係数である。式(1)を用いて、震度のしきい値からマグニチュードのしきい値 M_{min} を求める。

余震確率の計算式には主に、式(2)の大森・宇津公式と式(3)のG-R式を用いる。 (K, c, p, a, b) : 定数⁵⁾

$$\lambda(t)dt = \frac{K}{(t+c)^p} dt \quad (2)$$

$$n(M) = 10^{a-bM} \quad (3)$$

式(2)の時間積分を $1/k$ 倍したものを $A(T_1, T_2)$ とする。

$$A(T_1, T_2) = \frac{(T_2 + c)^{1-p} - (T_1 + c)^{1-p}}{1-p} \quad (p \neq 1)$$

$$= \ln(T_2 + c) - \ln(T_1 + c) \quad (p = 1) \quad (4)$$

式(3)の $n(M)$ を0から ∞ までの積分値が1に規格化されるよう、式(5)に変換する。

$$f(M) = -b \cdot 10^{-bM} \quad (5)$$

式(2)、(5)を組み合わせ、 t を T_1 から T_2 、 M を M_{min} から ∞ まで積分し、ポアソン分布の公式を用いて求めた式(6)を余震確率 Q とする。

$$Q = 1 - \exp[10^{-bM_{min}} A(T_1, T_2)] \quad (6)$$

ここで、 K, c, p 値は、過去海溝型地震の値が正規分布に従うと仮定し、一様乱数を用いて毎回ランダムに生成する。

5. おわりに

以上より、発生確率算出の流れをまとめたフロー

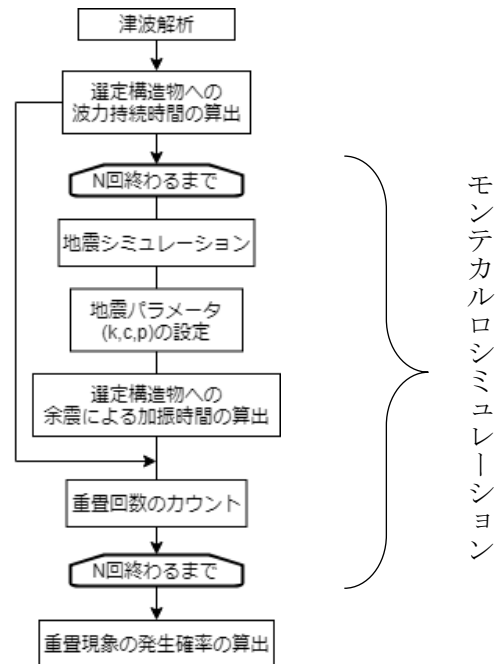


図-2 発生確率算出のフローチャート

チャートを図-2に示す。現状の問題点としては、津波解析と地震シミュレーションの関連性の薄さ、余震確率の妥当性等が挙げられる。津波断層の活発さを余震確率の中に反映させる工夫が必要である。

今後は、解析で地域別の重畳現象の発生確率を算出し、重畳現象のリスクマネジメントにおいて注目すべき度合いや発生確率を上げる要因について言及していく。

参考文献

- 1) 岡田克寛, 地震と津波の重畳時における防波堤の安定性検討手法の構築, 博士課程学位論文, 2018.
- 2) 有川太郎, 佐藤昌治, 下迫健一郎, 富田孝史, 辰巳大介, 廉慶善, 高橋研也, 釜石湾口防潮堤の津波による被災メカニズムの検討, 一水理特性を中心とした第一報一, 港湾空港技術研究所資料, No. 1251, 52p, 2012.
- 3) 富田孝史, 柿沼太郎, 海水流動の3次元性を考慮した高潮・津波シミュレータSTOCの開発と津波解析への適用, 港湾空港技術研究所報告, Vol.44, No.2, pp.83-98, 2005.
- 4) 松崎伸一, 久田嘉章, 福島美光, 断層近傍まで適用可能な震度の距離減衰式の開発, 2006.
- 5) 地震調査研究推進本部, 大地震後の地震活動の見通しに関する情報のあり方, pp.12-14, 2016.