

極値統計による茨城県の再現確率津波高の推定

茨城大学 学生会員 ○鍋谷 泰紀
茨城大学 正会員 信岡 尚道

1. 背景と目的

平成 23 年 3 月の東北地方太平洋沖地震を受け、土木学会の津波特定テーマ委員会(2011)は海岸構造物で人命と資産を守る津波防護レベルと、人命を守るために海岸構造物での防護以外に最大限の措置を行う津波減災レベルに津波を分類し、今後の海岸堤防高等の高さを決定するための指標とした。しかし、茨城県沿岸に来襲する津波は少なく、津波レベルを設定できるほどの津波記録が残っていない。更に、茨城県沿岸には原子力発電所があるため、高度な安全対策を考える上で津波減災レベル以上の津波も考慮する必要がある。

本研究では茨城県大洗町の過去の津波高記録をもとに、極値統計を用いた茨城県の津波防護レベルと津波減災レベルに準ずる再現確率津波高を求めるとともに、高度な安全対策を考慮する上で必要と思われる再現期間 10^6 年や 10^7 年の再現確率津波高まで推定する。

2. 茨城県の津波高記録と極値統計の計算方法

茨城県大洗町に実在する 0.5m 以上の津波高の記録を表-1 に整理した。津波高の出典については、延宝房総津波は竹内ら(2007)の研究で推定されていた浸水高 5~6m のうち海岸線の津波高は浸水高よりも低くなることを考慮して 5m を使用した。2 度のチリ地震は水戸地方気象台の資料をまとめた気象庁(1961, 2010)の報告、東北地方太平洋沖地震は水戸地方気象台の資料をまとめた茨城県(2011)の報告、その他の津波高は日本被害津波総覧(渡辺, 1998)の値を用いた。

また、19 世紀以前の津波高の記録は延宝房総津波のみであり、津波高のデータが不足していると言える。その不足分による算定結果の影響を極力排除するため、津波高 0.5m 未満の記録は解析対象から除外した。対象期間は「1677 年の延宝房総津波から 2011 年の東北地方太平洋沖地震」の 335 年間とした。

極値分布は I ~ III 型があり、極値 II 型分布関数は式(1)の通りである。

$$F(x)=\exp\left[-\left(1+\frac{x-B}{kA}\right)^{-k}\right] \cdots \cdots (1)$$

ここで、 x は極値を表す確率変数、 $F(x)$ は x の分布関数、 A は尺度母数、 B は位置母数、 k は形状母数である。式(1)で $k \rightarrow \infty$ の極限値を求めると極値 I 型となる。更に、極値 III 型は確率変数 x に上限値があり、津波高の再現期間に対する極値計算には適さないと言えるため、本研究では極値 II 型分布を用いた。

そして、再現確率津波高の計算には最小 2 乗法による推定を用いた。縦軸に津波高 y を、縦軸に式(2)で表される基準化変数 x を置き、図-1 のようにプロットした点に対する回帰直線を引き、最小 2 乗法を適用した。

表-1 大洗町の津波高の記録

地震津波名	発生年[年]	津波高[m]
延宝房総津波	1677	5
東北地方太平洋沖地震	2011	4.1
チリ地震津波	1960	2.5
北海道東方沖地震	1994	0.9
チリ地震	2010	0.9
福島東方沖地震	1938	0.88
昭和三陸津波	1933	0.64
三陸はるか沖地震	1994	0.54
関東大地震	1923	0.53

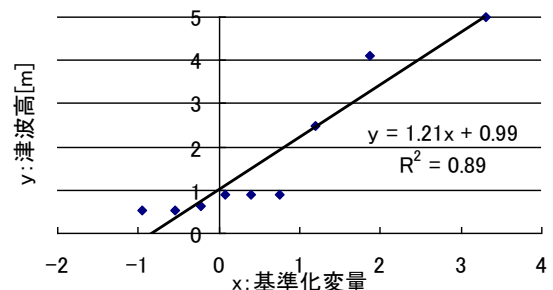


図-1 津波高と基準化変数の回帰直線

キーワード 津波 再現期間 極値統計 推定 茨城

連絡先 〒316-8511 茨城県日立市中成沢町 4-12-1 茨城大学工学部都市システム工学科 TEL 0294-38-5173

$$x = k[(-\ln(F_m)^{1/k} - 1)] \dots\dots\dots (2)$$

ここで、 F_m は非超過確率である。回帰直線から得られた係数 A 、 B を位置母数の推定値 A' 、 B' とすることにより、再現確率津波高 y_R は平均発生率 λ と再現期間 R [年] による式(3)から求められる。

$$y_R = A'x_R + B' \dots\dots\dots (3)$$

$$x_R = k[-\ln[1 - 1/(\lambda/R)]^{1/k} - 1] \dots\dots\dots (4)$$

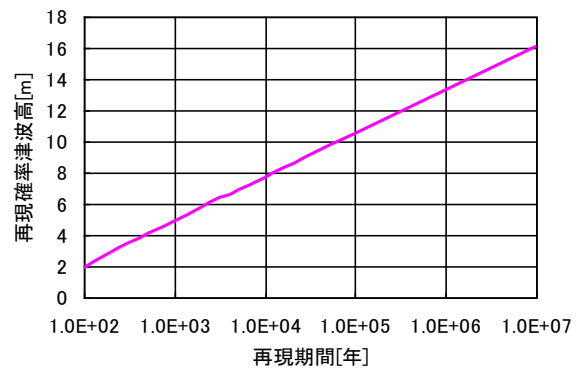


図-2 極値統計による大洗港の再現確率津波高

3. 大洗町の再現確率津波高の算定結果

縦軸に式(3)より求められた大洗町の再現確率津波高を置き、再現期間を横の対数軸に置いたものが図-2である。大洗町における東北地方太平洋沖地震の津波高は 500 年程度の再現期間となり、延宝房総津波は 1050 年程度の再現期間となった。津波防護レベルの上限は百数十年に 1 度の津波を指すが、百数十年に 1 度の津波高は 2.3m 程度となり、高度な安全対策で考慮すべき再現期間 10^6 年の津波は 13m 程度、 10^7 年の津波は 16m 程度となった。

ただし、今回の津波高は海岸線の津波高さであるため、内陸部における浸水高や遡上高は更に高くなることが考えられる。実際に、東北地方太平洋沖地震の大洗町で観測された海岸線の津波高が 4.1m に対し、測量調査により得られた津波高は 5.0m であった。また、この津波高は潮位を考慮していない値であるため、実務で用いる場合には潮位補正が必要となる。

4. 茨城県における再現確率津波高の不確実性

今回得られた津波防護レベルの海岸線上の最高津波高は 2.3m であったが、沿岸部の津波防災を考える場合は津波高のみで判断することはできない。前述した浸水高や遡上高、潮位による影響だけでなく、記録に無い津波により再現確率津波高が上昇する場合もある。また、地質調査(例えば、産業技術総合研究所活断層・地震研究センター、2011)によって 869 年の貞観地震津波や 13 世紀から 15 世紀頃の津波は茨城県沿岸部を浸水した可能性が示唆されているが、今後の地質調査で歴史津波の津波高が明らかになり、その津波高が延宝房総津波や東北地方太平洋沖地震津波以上のものであった場合、今回示した再現確率津波高の値よりも高くなる可能性がある。

5. まとめ

茨城県大洗町の海岸線における津波高の記録をもとに極値統計を用いて再現確率津波高を計算し、津波防護レベルの津波高と高度な安全対策で考慮すべき再現期間 10^7 年までの津波高を示した。だが、極値統計による再現確率津波高を茨城県の津波防災に用いるためには潮位等の補正が必要であるとともに、地質調査による歴史津波の解明により再現確率津波高が上昇する可能性があるため、取り扱いには注意が必要である。

参考文献

津波特定テーマ委員会(2011)：第 3 回報告会資料 <http://committees.jsce.or.jp/2011quake/node/96> 参照 2012-01-19.

合田良実(1990)：港湾構造物の耐波設計[増補改訂], 333p.

竹内仁・藤良太郎・三村信男・今村文彦・佐竹健治都司嘉宣・宝地兼次・松浦健郎(2007)：延宝房総沖地震津波の千葉県沿岸～福島県沿岸での痕跡高調査，歴史地震, 22, 53-59.

気象庁(1961)：昭和 35 年 5 月 24 日チリ地震津波調査報告，気象庁技術報告, 8, p389.

気象庁(2010)：平成 22 年 3 月の地震活動及び火山活動について <http://www.jma.go.jp/jma/press/1004/08a/1003jishin.html> 参照 2012-01-19.

茨城県(2011)：気象概況調査 <http://www.pref.ibaraki.jp/bukyoku/nourin/inatokai/kishougaikyou.pdf> 参照 2012-01-19.

渡辺偉夫(1998)：日本被害津波総覧[第 2 版], 238p.

産業技術総合研究所 活断層・地震研究センター(2011)：連動海溝型地震の履歴とメカニズム解明平成 22 年度報告 http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/gijyutu/gijyutu6/sonota/attach/1289115.htm 参照 2012-01-19