

費用便益分析による最適防潮堤高さの設定手法に関する研究

関東学院大学 学生会員 ○山上健太郎
 関東学院大学 学生会員 矢嶋 悠也
 関東学院大学 正会員 福谷 陽

1. はじめに

津波や高潮に対する防災対策として沿岸部に建設される防潮堤だが、建設には建設費用、規模、景観保守などの問題が存在する。現状、防潮堤高さはL1津波高が基本となり設定されるが、この設定では、陸域の被害リスクとは無関係に高さが決まってしまう。そこで本研究では、対象地域で最大クラスの地震が発生したと仮定し、防潮堤高さの変化に対する陸域の被害リスクの変化に着目した防潮堤建設の費用便益分析を行い、最適な防潮堤高さを評価することを目的とする。今回は、相模湾沿岸の真鶴町を対象とした分析を行う。

2. 費用便益分析

海岸防潮堤の最適高さを、対象地域で想定される被害を算出し、費用便益分析を用いて決定することを検討する。費用として、建設・維持費、景観破壊費用、などが挙げられる。便益として、浸水軽減便益、残存価値などが挙げられる。防潮堤建設には減災効果の向上が必要で、減災効果とは、減災対策を講じることで軽減される被害額のことであり、以下の通りである。

浸水軽減便益 = (減災対策を講じない場合)の被害額
 - (減災対策を講じた場合)の被害額
 今回は、簡略化のため避難訓練等のソフト対策による減災効果は考慮しない事とする。

3. 対象地震

神奈川県が公表する9つの地震データから、相模トラフ沿い海溝型地震（西側モデル）を用いる。

4. 津波数値計算手法

真鶴町での津波浸水分布を求めるために、津波の遡上の一連の過程を連続して数値計算する津波浸水シミュレーションを用いる。津波浸水シミュレーションの支配方程式は以下のとおりである。

【連続式】

$$\frac{\partial \eta}{\partial t} + \frac{\partial M}{\partial x} + \frac{\partial N}{\partial y} = 0 \quad (1)$$

【X 方向の運動方程式】

$$\frac{\partial M}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{M^2}{D} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{MN}{D} \right) + gD \frac{\partial \eta}{\partial x} + \frac{gn^2}{D^{7/3}} M \sqrt{M^2 + N^2} = 0 \quad (2)$$

【Y 方向の運動方程式】

$$\frac{\partial N}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{MN}{D} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{N^2}{D} \right) + gD \frac{\partial \eta}{\partial y} + \frac{gn^2}{D^{7/3}} N \sqrt{M^2 + N^2} = 0 \quad (3)$$

ここで、 η は静水面からの水位変化量、 D は水底から水面までの全水深、 g は重力加速度、 n はマニングの粗度係数、 M 、 N は X、Y 方向の全流量フラックスという。

5. 防潮堤設定と津波被害

真鶴港で防潮堤高さを変化させた場合の津波被害の変化を確かめる為に、対象地点で地形データの防潮堤高さ（図1）を北船揚場と南船揚場を除いて一律で5m、8m、10m、12mと変更した場合と防潮堤高さを全て一律で変更した場合で津波数値計算を行う。今回は紙面の都合上、より真鶴港の形に近い南北船揚場を除いて一律に設定した結果だけを扱うとする。図2に現状の防潮堤高さ（図2(a)）と防潮堤高さ10mに設定した（図2(b)）場合の津波浸水深分布を示す。この浸水深分布を基に被害額を算出する。

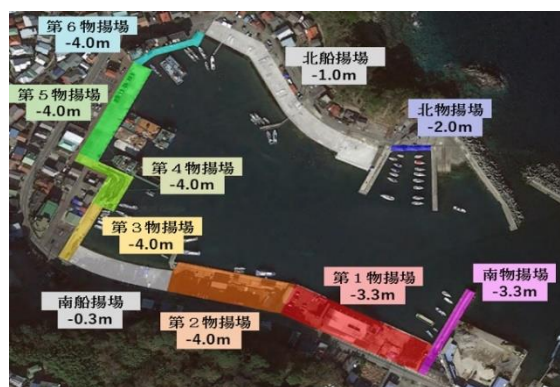


図1 真鶴港の現状の防潮堤高さ

キーワード 津波、防潮堤高さ、費用便益分析、津波浸水シミュレーション

連絡先 〒236-8501 神奈川県横浜市金沢区1-50-1 関東学院大学 TEL:045-786-7146 E-mail:fukutani@kanto-gakuin.ac.jp

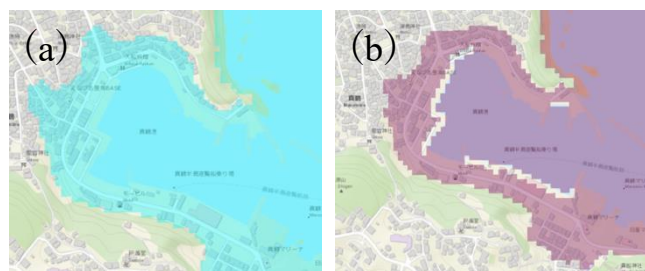


図2 真鶴港の津波浸水分布 ((a)現状の防潮堤, (b)10mの防潮堤に設定した場合)

6. 直接被害額の算出

費用便益分析を行う為、真鶴町での直接被害を算出する必要がある。ここで扱う直接被害は、家屋資産、家財資産、事業所償却、事業所在庫資産、農業家償却、農漁家在庫資産、公共土木施設被害が挙げられる。湾内防潮堤の内、北船揚場、南船揚場を除いて一律の高さに設定した場合での直接被害額が表1である²⁾。

表1 直接被害額 (千円)

	現状の高さ	5m	10m	12m
家屋資産	3,083,684	3,031,261	2,648,041	2,638,992
家財資産	806,739	808,425	666,644	658,774
家財資産(自動車)	372,178	395,887	323,866	325,656
事業所償却	283,649	280,465	261,563	261,563
事業所在庫資産	66,625	65,295	62,807	62,807
農業家償却	154,736	154,465	125,306	126,078
農業家在庫資産	68,964	68,745	57,211	56,724
公共土木施設	3,588,740	3,564,973	3,075,918	3,064,903
被害額(千円)	8,425,318	8,369,519	7,221,360	7,195,501

7. 防潮堤建設費用の算出

防潮堤建設費用を算出する為、真鶴港に設置されている防潮堤の価格を算出する必要がある。真鶴港の防潮堤に関してのデータが無かった為、気仙沼市の海岸防潮堤の査定決定額³⁾を元に建設費用の算出を行なった。算出の結果、建設費用は218.9(千円/m²)となり、真鶴港での防潮堤各高さ設定を行なった価格表が表2である。

表2 真鶴港での防潮堤建設費用 (千円)

防潮堤の設定		現状の設定高さ		設定高さ5m		設定高さ10m		設定高さ12m	
名称	総延長L(m)	高さh(m)	L×h(m ²)	高さh(m)	L×h(m ²)	高さh(m)	L×h(m ²)	高さh(m)	L×h(m ²)
第一物揚場	138	3.3	455.4	5	690	10	1380	12	1656
第二物揚場	100	4	400	5	500	10	1000	12	1200
第三物揚場	30	4	120	5	150	10	300	12	360
第四物揚場	78	4	312	5	390	10	780	12	936
第五物揚場	113	4	452	5	565	10	1130	12	1356
第六物揚場	54	4	216	5	270	10	540	12	648
北物揚場	40	2	80	5	200	10	400	12	480
南物揚場	61	3.3	201.3	5	305	10	610	12	732
北船揚場	200	1	200	0	0	0	0	0	0
南船揚場	76	0.3	22.8	0	0	0	0	0	0
合計			2459.5		3070		6140		7368
建設費用(千円)		5,383,846		6,720,230		13,440,460		16,128,552	

8. 考察

費用便益分析を行った結果、図3に示す費用便益曲線が得られた。本研究の目的である最適な防潮堤高さの設定については、建設費用が浸水軽減便益を下回り、純便益が最大となる高さを対象とすると、防潮堤を増設した場合、浸水軽減便益の増加量を建設費用の増加量が大きく上回り、防潮堤を高くするほど純便益が得られない為、最適ではない。よって、今回用いたデータでは、現状の真鶴港の防潮堤高さが最適であると評価した。また、図3(1)(2)の箇所では、防潮堤を増設したにも関わらず、浸水軽減便益が殆ど変化しなかった。(1)は現状の防潮堤から、5mの防潮堤に設定を行った場合であり、ここでは防潮堤高さの変化が少なかった為、浸水軽減便益が殆ど変化しなかった。(2)の10mの防潮堤から12mの防潮堤に設定した場合の結果に関しては、港湾側に多くの事業所があり、事業所償却・在庫資産の評価被害額が大きく変化しない事、また、防潮堤の低い、南北船揚場から一定量の津波が浸水する為、10m以上防潮堤を高く設定しても、沿岸部の陸域被害は変化しない結果となった。

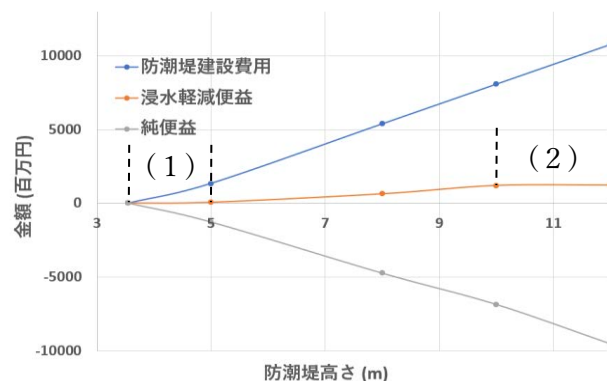


図3 費用便益曲線

参考文献

- 1) 神奈川県ホームページ：津波浸水想定について。
<https://www.pref.kanagawa.jp/docs/jy2/cnt/f532320/p892753.html>
- 2) 国土交通省水管理・国土保全局：治水経済調査マニュアル。
https://www.mlit.go.jp/river/basic_info/seisaku_hyoku/gaiyou/hyouka/r204/chisui.pdf
- 3) 東日本大震災特別委員会：防潮堤設備計画。
https://www.kesennuma.miyagi.jp/sec/s019/010/010/020/026/261111/3100261111iinkai_08.pdf