

津波防潮堤の費用対効果について

正会員 ○神田 順 1*

防潮堤	津波波高	極値分布
総期待費用最小化	損失費予測	費用対効果

はじめに

東日本大震災からの復興の取り組みの一環として、三陸沿岸地帯にあっては、津波被害を減ずるための防潮堤の建設が議論されている。比較的早い時期に、たとえば岩手県においては、15m前後の防潮堤建設が示唆され、各市町村において具体的な整備が検討された。

防潮堤によって期待される効果は、被害の低減であるが、建設費との関係で論じられる必要があるとともに、被害の推定評価についても検証される必要があろう。景観としての評価や漁業生活における得失など、金銭的な定量化の難しい要素も存在するが、ここでは、想定しやすい建設費と損害低減としての効果との関係を考察する。なお、本報は、7th International Forum on Engineering Decision Making, Shoal Bay, Australia 2013年12月での発表¹⁾の一部を取りまとめたものである。

津波波高の評価

建物にとっての津波波高は、局所地形の影響などもあり、被害に直接影響する波高の評価は被害調査を前提とすることとなるが、ここでは、改訂版被害地震総覧が、地区ごとに数値を整理してあることから、200年間における上位5位までの年最大波高データとして扱った。それらは、安政地震 1856年、明治三陸地震 1886年、昭和三陸地震 1933年、チリ地震 1960年、東日本太平洋沖地震 2011年の5例である。

地区としては、岩手県の田老、山田、唐丹小白浜を対象とし、グンベル確率紙にプロットした。確率モデルとして、上下限値を有する神田分布²⁾を用いた。すなわち、

$$F(x) = \exp\left[-\left(\frac{w-x}{ux}\right)^k\right] \quad (1)$$

数m程度の波高は高潮でも生ずるものでありが、形式的には津波の生じない年については、0mとして扱った。上限は、その存在が想像されるが、値を特定することは、必ずしも容易ではない。しかし、その値が不確定性をもつことを認めたうえで、モデルとしては、全体的な適合性を考えて、与えた。上位2つの津波、すなわち東日本と明治の津波波高に、大きな差のある場合（田老、山田）とあまり差のない場合（唐丹小白浜）があることを考えると、上限値の設定が、結論に大きく影響しないよう

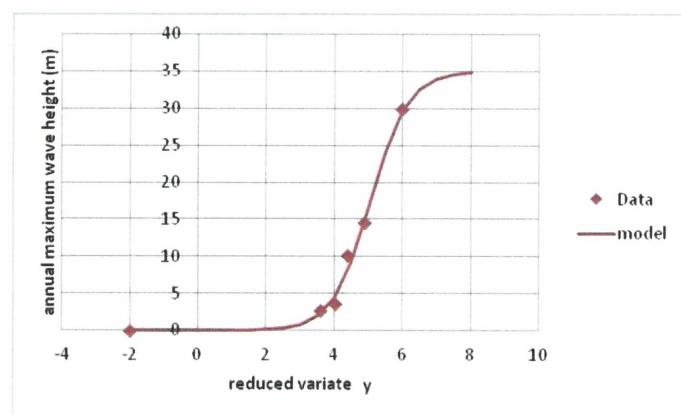


Figure 1 岩手県田老町の年最大津波波高の極値分布モデル
(1) 式の $w=35, u=10000, k=0.55$

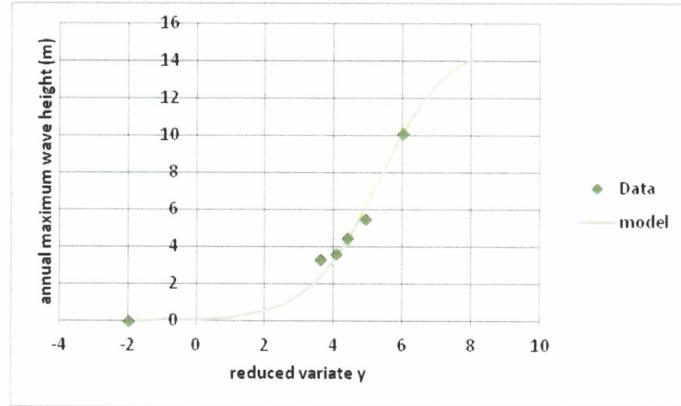


Figure 2 岩手県山田町の年最大津波波高の極値分布モデル
(1) 式の $w=15, u=200, k=1.0$

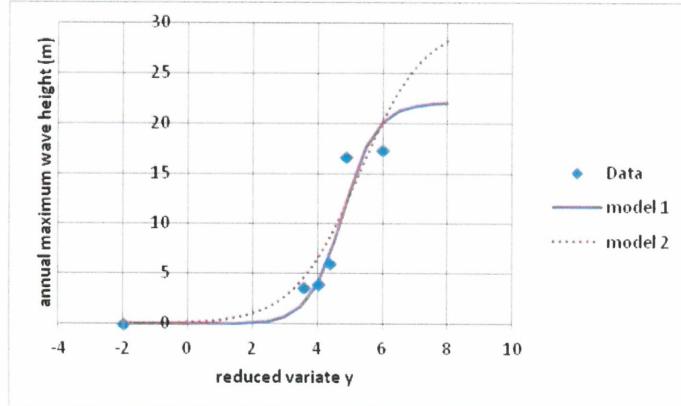


Figure 3 唐丹小白浜の年最大津波波高の極値分布モデル
model 1: $w=22, u=10000, k=0.52$, model 2: $w=30, u=200, k=1$

配慮が必要であろう。

結果を Figure 1 から 3 に示す。横軸は、グンベル確率の規準化変数であり、近似的に、再現期間の自然対数に対応している。上限値の設定には、恣意性があるものの、全体としてデータの良い近似となっている。

総費用推定による費用対効果の考察

総期待費用は、初期建設費と損失費の期待値との和で求められ、津波に対しては、防潮堤高さを変数として見ることにより、費用対効果の考察が可能となる。年最大津波波高モデルは、上限値 30m を用いて検討する。

ここでは、唐丹小白浜の場合を例として費用推定を行う。1990 年に高さ 12.5m 長さ 420m の防潮堤が 10 億円で建設されたことを参考に、4m で 10 億円、20m で 50 億円と仮定し、線形モデルを設定した。損失は、津波波高が防潮堤を越流したことによって生じるが、地形の標高と住戸の分布による。被害実態を参考にして、4m では 5 億円、20m では 50 億円と仮定した。それぞれ、1 戸あたり 2000 万円とすると、25 戸と 250 戸に相当する。結果を Figure 4 に示す。防潮堤高さを増加させることによる建設

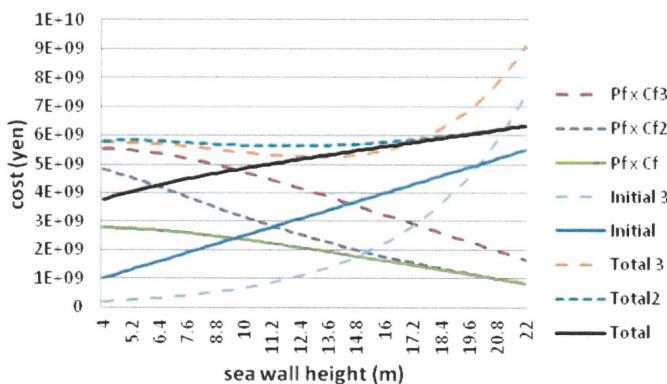


Figure 4 防潮堤整備による総期待費用の変化、複数の想定モデルによる唐丹小白浜の事例検討

費増に比べて損失費は、浜が比較的狭いこともあり、あまり大きな額とならず、最適値は定まらない (Total の線)。仮に損失費を 50 億円一定とすると、総費用はほとんど横ばいで 12mあたりがやや低い値をとる (Total 2 の線)。

比較のために、陸前高田市について類似の定量分析が行われた例³⁾のデータを参考に、損失費と建設費を変化させてみる。津波波高の確率モデルは、400 年分のデータをもとに作られ、浸水検討対象地区人口 8400 人、平均世帯人数 3.2 人である。防潮堤整備費用としては、指數関数が用いられている。高さ 12.5m、長さ 1977m で 200 億円という試算値を参考にしており、社会的最適値として防潮堤高さ 10m という結果を導いている。Initial 3 で示す建

設費モデルとし、損失費想定としては 4m で 10 億円、20m で 100 億円とすると、陸前高田の場合と同様に、高さ 13mあたりに最適値が見つかる (Total 3 の線)。

次に、唐丹小白浜の場合のように、すでに防潮堤が存在し、一部損壊している条件からの検討を行った。すなわち、損壊部長さを考慮し、高さ 12.5m までは、初期建設費の 7 分の 1 プラス損壊部処理費とし、そこから 1 億円加えた後、当初の建設費と同様に高さとともに増加するモデルとした (Initial R の線)。結果を Figure 5 に示す。現状の 12.5m を若干嵩上げしても、津波波高がその間にに入る確率は小さく、効果は認めにくい。さらに、損失費として、一律 50 億円の場合でも、同様に、12.5m に復旧することで、総費用の最適値となることが示される。

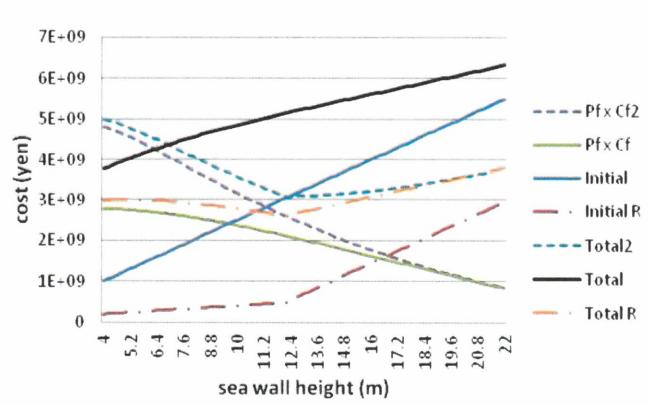


Figure 5 防潮堤嵩上げ整備による総期待費用の変化
唐丹小白浜のデータをあてはめた例

まとめ

三陸沿岸地区の津波波高の年最大値の確率モデルとして、上下限を有する神田分布を用いることができるることを示した。防潮堤建設費と損失費の期待値を考えると、大規模な市街地が広がる地域でない場合は、費用対効果の観点から有効性が認められないことが明らかとなった。さらに数 m のかさあげに至っては、景観等の考慮なくしても、その効果は建設の意義を裏付けるものにならない。生活に大きな影響を与える防潮堤建設という事業については、さまざまな視点からの公開された議論が必要であり、住民の合意を形成する努力が求められる。

参考文献

1. Kanda, J., "Consideration for effective height for sea wall against tsunami", 7th IFED, Shoal Bay, Australia, 2013.
2. Kanda, J., "A new extreme value distribution with lower and upper limits for earthquake motions and wind speeds", *Theoretical and Applied Mathematics*, 31, pp351-360, 1981.
3. 河野達仁他、「防災インフラ整備における動学的不整合の定量分析：陸前高田市防潮堤整備を例として」*RIETI Discussion Papers Series* 13-j-045, 2013.

*所属 1 日本大学理工学部建築学科

*Organization 1 Dept. Architecture, CST, Nihon University