

津波時の小型漁船の避難水深について

秋田大学 正員○松富 英夫 アルファ水工 正員 加藤 広之
防衛大学 正員 藤間 功司 アルファ水工 正員 佐藤 勝弘

1. はじめに

津波時の漁船の避難水深が話題になって久しい。漁港内の漁船は基本的に沖出ししないように指導されているが、避難可能な来襲津波の大きさやそのときの避難水深を把握しておくことは重要と思われる。一方、出漁中の漁船は安全水域に避難することになるが、この場合は来襲津波の大きさで避難水深が異なるため、各海域で起こり得る最大の津波を想定し、そのときの避難水深を把握すればよからう。

本研究は出漁中止に関する経験則（証言）、仮定と簡単な理論（線形長波理論）に基づいて、小型漁船に対する上記2つの避難水深を検討する。一つの考え方を示していると理解していただきたい。

2. 漁港内小型漁船の避難水深

安全に避難が可能と考えられる最大の津波を対象として避難水深の検討を行う。本検討では波浪成分や港口・港内での複雑現象は考慮しない。

次の経験則と仮定を導入する。

経験則：小型漁船は波浪波高が3m以上になると危険で出漁しない。

仮定：流速が1m/s以下のところに避難する必要がある。

経験則は漁業関係者の証言に基づいている。仮定は養殖筏が被害を受けない条件に基づいている（永野ら，1989）。この条件は避難水域で投錨した小型漁船が漂流物化しない条件と同等と考えたからである。この条件は小型船舶の操船性からの条件でもある（風間ら，2006）。

海底勾配の緩い平滑な海岸の漁港を対象とし、孤立波の砕波条件として $(\eta/h)_b=0.83$ を採用する（岩瀬，2005）。ここで、 η は静水面から波峰までの高さ、 h は波峰での静水深で、下付添字bは砕波を示す。

経験則における波浪波高3mは有義波高と考えてよからう。このときの最大波高はその2倍の6m程度が考えられる。波浪と津波を同一に論じてよいときは、浅い海域に達した津波がソリトン分裂波（波状段波）を形成するときであろう。よって、時間的にも危険側である押し波初動のときは $\eta_b \approx 6\text{m}$ と考えればよく、このときの砕波水深 $h_b \approx 7.2\text{m}$ となる。

波状段波が生じるとき（図-2）、その最大波高 $\eta_m (= \eta_b)$ は入射段波波高 H_b の1.5～2倍程度まで増幅し得る（松富，1989）。よって、Greenの式に従う分裂しない津波としては $\eta_b = 6 / (1.5 \sim 2) = 3 \sim 4\text{m}$ と考えられる。

幅（屈折）の効果を無視したときのGreenの式は次式である。

$$h_0 = \left(\frac{\eta_b}{\eta_0} \right)^4 h_b \quad (1)$$

ここで、下付添字0は沖のものであることを示し、 h_0 と η_0 は各々避難水深と避難水深点での静水面から波峰までの高さ（津波高）と考えればよい。

線形長波の流速は次式で評価される。

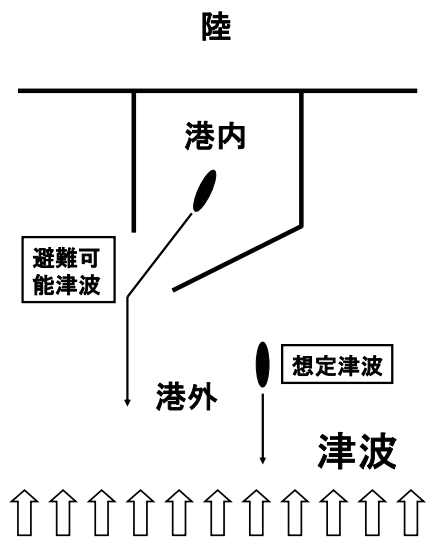


図-1 小型漁船の避難パターン

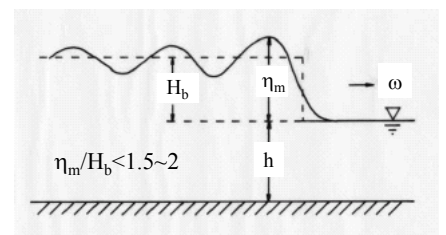


図-2 波状段波波高の増幅

$$u_0 = \sqrt{\frac{g}{h_0}} \eta_0 \quad (2)$$

仮定から、避難水域での流速 u_0 は 1.0m/s より小さくなければならないので、式(2)は次式となる。

$$\eta_0 = \sqrt{\frac{h_0}{g}} \quad (\text{m}, \text{s}) \quad (3)$$

式(3)は避難水域の最も浅い水深での η_0 の許容値を示す。

式(3)を式(1)に代入すると、次式を得る。

$$h_0 = \sqrt[3]{g^2 \eta_b^4 h_b} \quad (\text{m}, \text{s}) \quad (4)$$

式(4)に $\eta_b=3\sim 4\text{m}$, $h_b\cong 7.2\text{m}$ を代入すると、避難水深 h_0 として 38～56m, η_0 として 2.0～2.4m を得る。

以上の議論は、漁港内から避難ができるような津波の大きさのときは、水深 50m 程度以上のところを目指して避難すればよいことを示している。

3. 漁港外（出漁）小型漁船の避難水深

出漁中の小型漁船に対して、 η_b の最大値としてどのくらいを考えればよいであろうか？ 1983 年日本海中部地震津波では秋田県の峰浜・八森海岸沖で 20m 程度の波高が推定されている (Shuto, 1985)。このときの津波は孤立波的だったと考えられる。よって、 η_b は 20m 程度と考えることができよう。

今、 $\eta_b=20\text{m}$ とすると、砕波水深 $h_b\cong 24\text{m}$, Green の式に従う波としては $\eta_b=10\sim 13\text{m}$ となる。よって、式(4)に $\eta_b=10\sim 13\text{m}$,

$h_b\cong 24\text{m}$ を代入すると、避難水深 h_0 として 285～404m, η_0 として 5.4～6.4m を得る。

海域毎で起こり得る最大の η_b は異なるであろう。式(4)の段階における η_b に対する砕波水深 h_b と避難水深 h_0 , 避難水深点での津波高 η_0 の例を表-1 に示す。この η_b はある海域の任意入射津波高に対するもの、 h_b と h_0 , η_0 はそのときの砕波水深、避難水深、避難水深点での津波高とも解釈できる。

表-1 各最大波高に対する避難水深

η_b (m)	h_b (m)	h_0 (m)	η_0 (m)
4	7.2-9.6	56-62	2.4-2.5
5	9.0-12.0	82-90	2.9-3.0
6	10.8-14.5	111-122	3.4-3.5
7	12.7-16.9	143-157	3.8-4.0
8	14.5-19.3	179-196	4.3-4.5
9	16.3-21.7	217-239	4.7-4.9
10	18.1-24.1	259-285	5.1-5.4

4. おわりに

経験則、仮定と簡単な理論に基づき、漁港内と出漁中の漁船の 2 つに分けて、小型漁船の避難水深を検討した。その結果、小型漁船が避難する場合は水深 50m 程度以上の海域に避難する必要がある、これまでの海域での津波高が推定できた経験津波に対して確実に安全な避難水深は 350m 程度以上であることが示された。

参考文献

- 岩瀬浩之：津波発生域から沿岸域までの分散効果を取り入れた数値モデルの研究，東北大学博士論文，168p., 2005.
- 風間隆宏，中村 隆，伊藤敏朗，大塚浩二，佐藤勝弘，今津雄吾：津波による船舶被害軽減のための避難海域に関する検討，海岸工学論文集，第 53 巻，pp.1356-1360, 2006.
- 永野修美，今村文彦，首藤伸夫：数値計算による沿岸域でのチリ津波の再現性，海岸工学論文集，第 36 巻，pp.183-187, 1989.
- 松富英夫：移動跳水（波状段波非）発生条件の検討，第 33 回水理講演会論文集，pp.271-276, 1989.
- Shuto, N. (1985): The Nihonkai-Chubu earthquake tsunami on the north Akita coast, CEJ, Vol. 28, pp.255-264.