

津波損傷度曲線の作成

(その1) 津波波力算定式の一般化

損傷度曲線, 津波, フラジリティ

正会員 ○矢代晴実*
正会員 佐藤一郎*
正会員 林孝幸*
正会員 大峯秀人*

1. はじめに

近年, 津波に対する防災やリスク管理が注目されており, 津波に対する構造物の設計法に関する提案が行われつつあるが, 合理的なリスクマネジメントに資する確率的リスク分析としてのアプローチは, 十分とはいえない状況といえる。

本研究では, 既存の評価式に含まれている不確実性や保守性に着目し, リスクマネジメントに適切な情報として資するための津波損傷度曲線の作成を行う。

2. 津波波力算定の基本的考え

津波荷重の算定式には, 津波波圧を評価するものと, 津波波力を評価するものが複数あり, それぞれの提案式は実験や解析に基づいている。ビルディングレターNo.465¹⁾では, 朝倉らによるソリトン分裂しない陸上浸水津波の波圧算定式²⁾を参照して津波波圧算定式を提案している。

朝倉らの提案式によれば, 構造設計用の進行方向の津波波圧は, 次式によって与えられる。

$$q_x = \rho g(3h - z) \tag{1}$$

ここに, q_x : 構造設計用の行方向の津波波圧 (kN/m²)
 ρ : 水の単位体積質量 (t/m³)
 g : 重力加速度 (m/s²)
 h : 設計用浸水深 (m)
 z : 当該部分の地盤面からの高さ (0 ≤ z ≤ 3h) (m)

構造設計用の進行方向の津波波力は, (1)式の津波波圧が同時に生じると仮定し, 津波受圧面について津波波力を積分することで得られる。これを示すのが次式である。

$$Q_x = \rho g B \int_{z_1}^{z_2} (3h - z) dz \tag{2}$$

$$= \frac{1}{2} \rho g B [6h(z_2 - z_1) - (z_2^2 - z_1^2)]$$

ここに, Q_x : 構造設計用の行方向の津波波力 (kN)
 B : 当該部分の幅 (m)
 z_1 : 受圧面の最低高さ (0 ≤ z₁ ≤ z₂) (m)
 z_2 : 受圧面の最高高さ (z₁ ≤ z₂ ≤ 3h) (m)

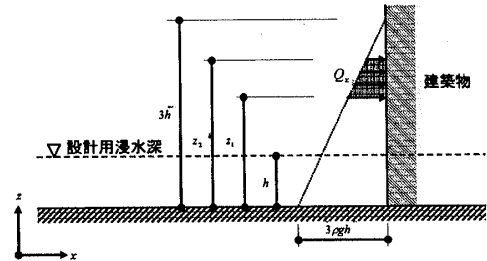


図1 (2)式における津波波力

実際の建築物は様々な形状をしており, 津波浸水深との関係が一定ではない。ビルディングレターNo.465¹⁾では, 以下のパターンについて津波波圧分布を設定している。

パターン① (図2)

耐圧部材が z = 0 ~ 3h に全て配置されている場合

パターン② (図3)

建築物の高さが 3h 以下の場合

パターン③ (図4)

耐圧部材が, x 方向にずれている場合

パターン④ (図5)

耐圧部材が, z 方向に 0 から h の間で抜けている場合

パターン⑤ (図6)

耐圧部材が, z 方向に 0 から h にない場合

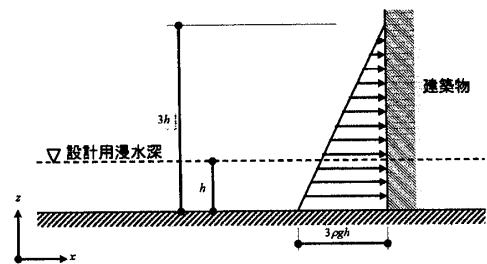


図2 津波波圧分布 (パターン①)

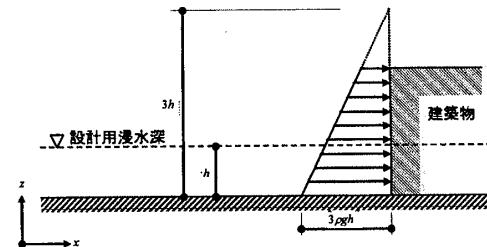


図3 津波波圧分布 (パターン②)

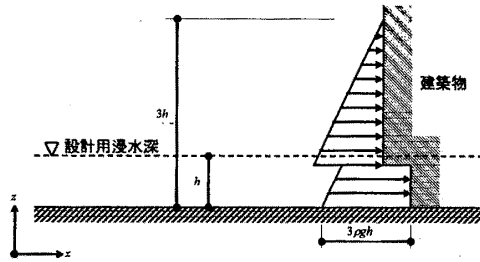


図4 津波波圧分布 (パターン③)

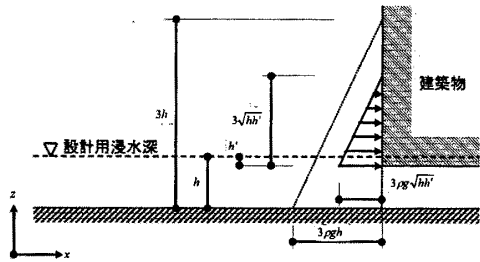


図5 津波波圧分布 (パターン④)

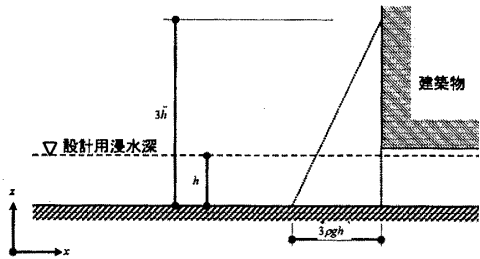


図6 津波波圧分布 (パターン⑤)

3. 津波波圧分布の一般化

図 2-6 では、5 つのパターンに分類して津波波圧の分布を特徴づけている。しかしながら、津波波圧という観点では、以下に示すように、厳密な分類とはなっていない。

- パターン①とパターン③の津波波圧は同一である
- パターン②は、(2)式において z_2 を $3h$ ではなく建物高さとする事で、パターン①の波力式がそのまま採用できる
- パターン①はパターン④の特殊解である
- パターン⑤は、波力算定の条件である

また、ピロティがあり、かつ建物高さが $3\sqrt{hh'}$ 未満である場合は、現実的ではないという判断で触れられていない。

そこで、本研究では、図 7 に示すような変数を導入して、より包括的な波力算定式を設定した。なお、ビルディングレターNo.465¹⁾では、津波波圧を静水圧の見かけ上の増加と考えて、建築物側面での津波高さを $3h$ としているが、より自由度を増すため、係数 3 の代わりに α を導入する。

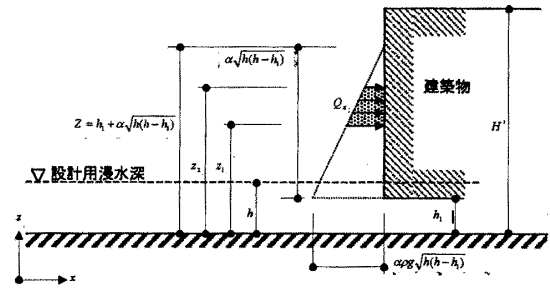


図7 包括的な津波波圧分布 (パターン⑤)

図 7 に基づけば、高さ z における津波進行方向の波圧 $q_x(z, h_1)$ は次式で与えられる。

$$q_x(z, h_1) = \rho g (\alpha \sqrt{h(h-h_1)} + h_1 - z) \quad (3)$$

ただし、 $h_1 < z$ という条件付である。なお、(3)式に、 $\alpha = 3$ 、 $h_1 = 0$ を代入すると、(1)式に等しくなる。

4. 所定の高さにおける層せん断力

建物の耐震性を判断する指標として、層せん断力がある。津波による所与の高さの層せん断力は、当該高さ以上の津波波圧を受圧面について積分することで得られる。

$$\begin{aligned} Q_x(z, h_1) &= B \int_z^Z q_x(z, h_1) dz \\ &= \rho g B \int_z^Z (\alpha \sqrt{h(h-h_1)} + h_1 - z) dz \\ &= \frac{1}{2} \rho g B [(2\alpha \sqrt{h(h-h_1)} + h_1)(Z-z) - (Z^2 - z^2)] \end{aligned} \quad (4)$$

(4)式は、 $\alpha = 3$ 、 $h_1 = 0$ 、 $Z = z_2$ 、 $z = z_1$ とすることで、(2)式に等しくなる。

ピロティ付の建物で $z < h_1$ の部分の層せん断力は、(4)式において $z = h_1$ とすることで求めることができる。また、 $H < Z$ となる場合の層せん断力は、(4)式において $Z = H$ とすることで求めることができる。

すなわち、(4)式は既存の提案式を含んでおり、かつ、様々な建物形状と津波高さの組合せについて、津波波圧を包括的に扱えるものとなっている。本研究においては(4)式を津波波力式として提案する。

参考文献

- 1) 岡田恒男, 菅野忠, 石川忠志, 扇丈朗, 高井茂光, 浜辺千佐子: 津波に対する建築物の構造設計法について—その 2: 設計法(案)—, ビルディングレター第 465 号, pp.1-8
- 2) 朝倉良介, 岩瀬浩二, 池谷毅, 高尾誠, 金戸俊道, 藤井直樹, 大森正則: 護岸を越流した津波による波力に関する実験的研究: 海岸工学論文集第 47 巻 (2000) pp.911-915

*東京海上日動リスクコンサルティング(株)

*Tokio Marine & Nichido Risk Consulting Co.,Ltd