

清水建設(株)大崎研究室 正会員 ○高梨和光

1.はじめに

近年、石油生産プラットフォーム、人工島や港湾施設等の海洋構造物の建設が、巨大津波を伴う地震の発生する日本近海やアリューシャン列島付近で行われるようになってきている。したがって、海洋構造物の建設予定地点から断層までの海域を対象とした津波の数値シミュレーションによって、海洋構造物の津波に対する安全性を検討する必要があるものと思われる。

現在までに、津波の数値シミュレーションとしては差分法^{1),2)}が用いられ、津波の挙動をかなりの精度で再現している。しかしながら、日本海中部地震津波のような波長の変化する津波の数値シミュレーションでは沿岸部に近付くにつれて、計算格子の大きさを小さくとらなければならない。このために、計算機の容量や計算格子の大きさを変化させた部分での取り扱いが非常に難しくなるという問題が生じる。

本研究は、津波の解析を行う方法の1つとして、修正時間積分法を用いた有限要素法³⁾による津波解析法を提案し、日本海中部地震津波の数値シミュレーションによって、本解析法の有効性を明らかにするものである。

2.数値解析法

浅海長波方程式に重み付き残差法を用いて離散化を行う。このとき、水位上昇量 η 、断面平均流速 u, v と水深 h には1次多項式を用いる。そして、仮想水位上昇量 η^* と仮想断面平均流速 u^*, v^* についても同様に扱う。離散化された方程式をマトリクスを用いて表すと次のようになる。

$$[M] \{\Phi\}_{,t} + [K] \{\Phi\} = \{0\} \quad (1)$$

ここで、 $[M]$ は質量マトリクス、 $[K]$ は剛性マトリクスである。 $\{\Phi\}$ は水位上昇量 η と断面平均流速 u, v によるベクトルである。大規模な計算に適した修正時間積分法を用いると次のようになる。

$$[M_I] \{\Phi\}_{,t} + [K] \{\Phi\} + [X] \{\Phi\} = \{0\} \quad (2)$$

ここで、 $[M_I]$ は集中化質量マトリクス、 $[X]$ は人工粘性マトリクスである。そして、時間方向のスキームとしては2段階ラックス・ヴェンドロフ法を用いる。

3.数値解析結果と考察

250km×250km四方の解析領域を設定し、最小要素幅 $\Delta x = 2.2\text{km}$ 、時間刻み $\Delta t = 1\text{秒}$ で解析を行った。図-1はシミュレーションに用いた要素分割と波源を示したものである。津波は浅海域に進行するに従い、波長が短くなるので、海岸に近付くにつれて要素分割を細かくした。波源は日本海中部地震の余震分布から決定し、最大上昇量は2m、最大沈下量は0.5mとした。図-2はシミュレーションに用いた海底地形である。

表-1はシミュレーションと観測による最高水位を比較したものである。A地点とC地点では、シミュレーションによる最高水位は良く一致している。しかしながら、B地点、D地点、E地点とF地点ではシミュレーションによる最高水位は観測された値の約半分程度である。これはA地点とC地点の水深変化よりB地点、D地点、E地点とF地点での水深変化が非常に大きかったために、津波の非線形性によって水位上昇が大きなものになってしまったと思われる。図-3は津波が発生してから5分後と10分後の津波の伝播を表したものである。複雑な海底形状によって、津波が屈折していることがわかる。

4.まとめ

ここで提案した津波解析法によって、津波の波長の変化に応じた数値シミュレーションが行えることを明らかにした。

参考文献

- 1) 相田勇; 1983年日本海中部地震津波の波源数値モデル, 地震研究所集報 Vol.59, pp.93-104, 1984
- 2) 後藤智明; 北秋田海岸における日本海中部地震津波の計算に関する検討, 第31回海岸工学講演会論文集, 土木学会, pp.233-236, 1984
- 3) 高梨和光・清川哲志; 浅海長波方程式の有限要素法解析における問題点とその解決法, 第31回海岸工学講演会論文集, 土木学会, pp.118-122, 1984

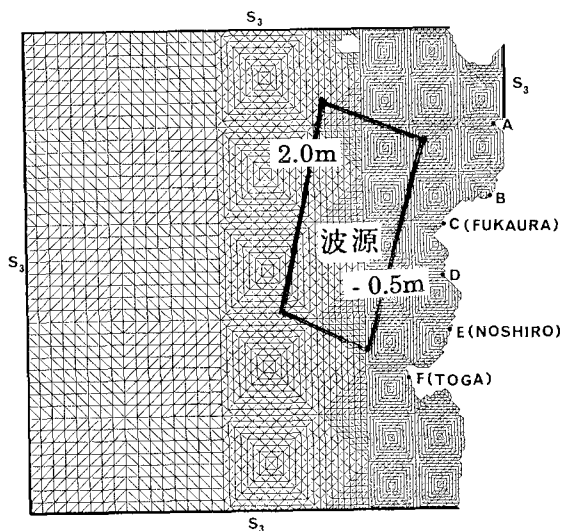


表-1 数値シミュレーションと観測による最高水位

	A	B	C	D	E	F
			深浦		能代	戸賀
解析値	0.7	1.3	2.1	1.7	1.2	0.9
観測値	0.8	2.4	2.8	4.3	3.0	3.5

図-1 数値シミュレーションに用いた要素分割図

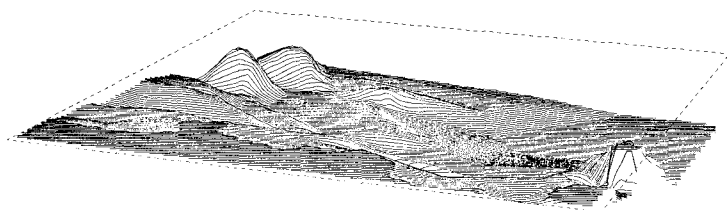


図-2 数値シミュレーションに用いた海底地形図

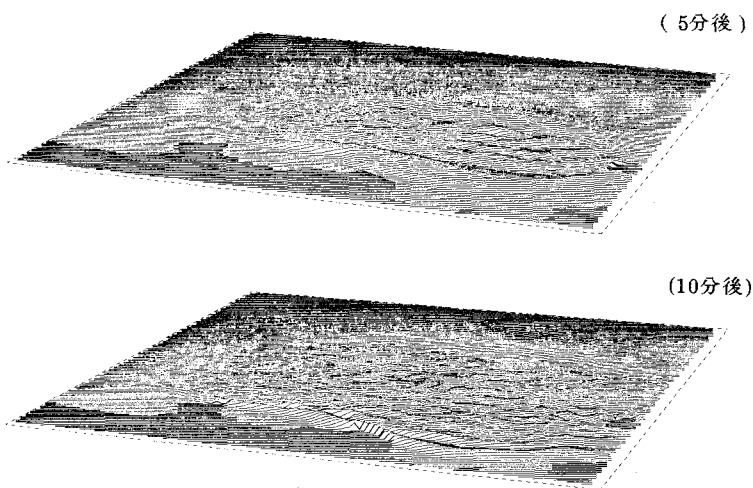


図-3 数値シミュレーションによる津波の伝播図