

山田湾における津波の数値実験

東北大学工学部 正員 岩崎敏夫
東北大学工学部 正員 真野 明
東北大学工学部 学生員 相河清実

1 はじめに 三陸沿岸の津波対策の一環として山田湾について、1896年 1933年 1968年の津波のモデルを用いて数値実験を行ない、それぞれの津波の記録と比較検討を行なった。

2 数値実験方法

(1) 波源域モデル 津波の特性を表現するため、断層変形のパラメータをそれぞれ水の津波について用いた。1896年三陸津波 1933年三陸津波については、岩崎、真野⁽¹⁾により、又1968年十勝沖津波については金森⁽²⁾により断層パラメータが求められているので、それぞれ水の津波のモデルに適用した。1896年三陸津波と1968年十勝沖津波は逆断層モデル 1933年三陸津波は正断層モデルによる津波である。

(2) 基礎方程式と計算領域 基礎方程式はコリオリ力、摩擦力の効果を含んだ非線型長波の方程式であり、これを Leap frog scheme を用いた差分法により解いている。計算領域は $N37^{\circ} \sim N45^{\circ}$ 、 $E140^{\circ} \sim E147^{\circ}$ とし、これを基本メッシュ $\Delta S = 10 \text{ km}$ で構成し、これを岸に近づくに従って順次細かくし最終的には、山田湾の中で $\Delta S = 10/27 \text{ km}$ で地形を表現している。

(3) 境界条件 今回は3種類の境界条件を用いた。

(i) 外洋境界 計算の便宜上引いた境界であり、無反射の条件を入れた。

(ii) 陸側境界 陸岸で波は完全反射するものとし、陸岸に直角方向の流量を0とする。

(iii) 計算領域接続境界 空間メッシュの間隔 ΔS が異なる計算領域を接続するための境界条件であり境界上での線流量の線型内挿により計算を行なっている。

3 計算結果

(1) 津波記録との比較 大沢、山田、織笠、大浦の4地点で上述の津波記録と数値実験結果を比較する。表1にその結果を示す。ここで a は数値実験計算値、 b は津波実測値であり、その比 $K = b/a$ 、その平均値 $\bar{K}$ と変動係数 CV を相田博士⁽³⁾に従って(1)式(2)式で定義し表1に示してある。

$$\bar{K} = \left(\prod_{i=1}^n K_i \right)^{1/n} \quad (1)$$

$$\log CV = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n [\log(K_i/\bar{K})]^2} \quad (2)$$

CV は K が K のまわりに $CV \times \bar{K} \sim 1/CV \times \bar{K}$ の範囲で変動していることを示す。又山田湾の4つの漁港のうち特に山田港については、その時間波形を地震発生から2時間にわたって図1に示す。尚 大沢、山田、織笠、大浦に相当する波高の出力点は図3に各々示してある。

(i) 1896年三陸津波 表1より $\bar{K}$ は1.15で、ほぼ1896年三陸津波を再現している。 K が他と離れているのは、織笠の0.88のみであり、他の港はどこも、ほとんど等しい K となっている。そのため CV もほとんど1に近く誤差は小さい。図1を見ると1波目と4波目が大きく、海底露出が見られる。

(ii) 1933年三陸津波

表 1

表1より $\bar{K}$ は2.39と大きく計

算値と実測値の差は大きく、実

際の津波のエネルギーレベルが

計算値よりも高かったことが推

測される。しかし CV は1.15

対象津波 地 点	1896年三陸沖津波					1933年三陸沖津波					1968年十勝沖津波				
	a (m)	b (m)	K=b/a	$\bar{K}$	CV	a (m)	b (m)	K=b/a	$\bar{K}$	CV	a (m)	b (m)	K=b/a	$\bar{K}$	CV
大 沢	27	33	1.22	1.15	1.17	09	20	2.22	2.39	1.15	09	15	1.67	1.65	1.15
山 田	39	49	1.26			12	30	2.50			12	22	1.83		
織 笠	50	44	0.88			13	26	2.00			12	22	1.83		
大 浦	33	43	1.30			15	44	2.93			13	17	1.31		

と誤差は小さい。図1より、ほぼ等しい波が3波が約10分間隔で連続しているが、この事は岩手県漁業技術二宮三郎氏の報告に、「地震後約10分にて1回『ドーン』という砲聲に似たる音響を聞き、その後約10分時にして海水の引退を目撃し異常なるを直感するたに、その後再び12~13分を経て津波第1回の波浪が波頭を光らしつつ北東より押し寄せ来たり。而て第2第3の波浪の襲来はその後約10分の間隔をおきたるものの如く、第2回目の波浪の高さが最大なるものの如し。」と記されていて、まさに図1の波の様子と一致する。

(iii) 1968年十勝沖津波 表1より R は1.65で1933年三陸津波と同様に実際の津波のエネルギーレベルが計算値よりも高いことが推測されるが CV は1.75と誤差は小さくこの津波の推定精度は良好である。

(2) 最高水位の分布特性 山田湾全域にわたる各々の津波の最高水位の分布を図2,3,4に示す。図5に山田湾の湾軸方向の最高水位の分布を湾奥(山田港)の最高水位で除して正規化し3つの津波について検討した。湾軸は図4に示した。

(i) 1896年三陸津波 山田湾は湾口が極端にせまくなっているが、この津波の特徴は外海、特に湾入口直前で最高水位に比べて湾内はかなり低くなり減衰が著しいことが図5からわかる。

(ii) 1933年三陸津波 1896年と同じことが言えるがそれほど減衰は著しくない。今山田湾を円形の湾と仮定し半径2.5km 水深40mとし、いくつかの振動モードより湾の固有周期を求めると $T_1=40\sim45$ 分 T_2 は約7分が得られる。この津波の場合図1よりゼロアップクロス法で周期を読みとると約10分で T_2 に近い。図5をみれば、湾の中央を節に湾奥と湾口を腹とする振動を起したと考えられる。

(iii) 1968年十勝沖津波 湾内と外海をくらべて見ると、外海に比べて湾内の水位が高くなっている。この点前記2つの津波と異なっている。そこで図1から(iii)の場合と同じ方法で周期を求めると約45分程である。これは山田湾のもう一つの固有周期 $T=40\sim45$ 分と一致する。図5より湾口(山田港より湾軸にそって約5km)を節とし湾奥を腹とする振動を起したと考えられる。

4 あとがき 図1を見れば津波第1波の波形は波源域モデルの特性を強くうけ3つの津波で各々異なるが、60分以後の波形については、いずれの津波とも山田湾の基本共振周期である40~45分の長周期変動が強くあらわれており入射波の中の共振周期成分により選択的に基本共振振動が励起されていることが推測される。今回の数値実験により津波記録を比較的良く再現することができたが、しかし津波の陸上への遡上は考慮に入れていないので、今後遡上を含めてさらに詳しい検討をする必要がある。

最後に本実験をすすめるにあたり岩手県漁港課の方々から貴重な資料をいただいた。ここに記して厚く感謝の意を表する。

(参考文献) 1) 岩崎敏夫・真野明, 第23回海工論文集, 1976. 2) 岩崎敏夫・真野明・足立有平, 第24回海工論文集, 1977. 3) KANAMORI, H., Tectonophysics, 12, 1971. 4) 相田勇, 農研彙報, 52, 1977. 5) JIIN-JEN, L., J.F.M., 1971.

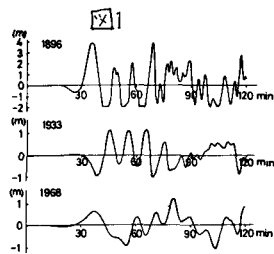


図2 1896

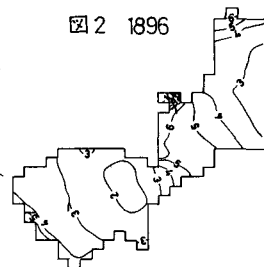


図3 1933

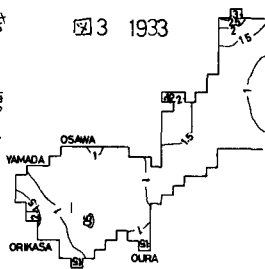


図4 1968

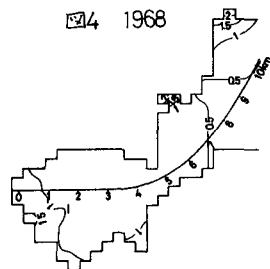


図5

