

東北大学工学部 学生員 永野修美
 東北大学大学院 学生員 今村文彦
 東北大学工学部 正会員 首藤伸夫

1. はじめに

わが国は、沿岸部および近海で発生した津波だけではなく、太平洋かなた向こうの地震による津波によっても多くの被害を受けている。約1万7千kmも離れた沿岸で発生した1960年チリ地震の津波は、約24時間を経て日本に伝播し、野田(岩手県)において8.1mの遡上高を記録した。日本沿岸に被害を起こした代表的な遠地津波の例であり、その検潮記録、遡上高、被害状況は詳細に調査され、多くの報告書にまとめられている。しかし、一般的に遠地津波に言えることであるが、災害対策のために数値計算により沿岸付近の挙動を再現しようとする場合、外海境界条件をどのように与えるのかが問題になってくる。過去、代表的な振幅や周期を合わせた規則波や伊豆大島などの検潮所での記録を代用して境界条件としてきたが、これらの方法には多くの疑問が残る。そこで本研究では、1960年チリ地震津波を例に、発生から日本沿岸に到る津波の伝播を数値計算により再現し、近海計算の境界条件としての妥当性について検討する。

2. 外洋伝播計算

本研究は、断層パラメータによる地盤変動を初期条件に与え、地球座標系を用いた線形長波理論により計算を実施する。次に、太平洋各地における検潮所での記録と比較し、本計算結果の再現性について検討する。図-1には津波発生30分後の空間水位分布を表す。この津波の特徴として、海岸線に垂直な方向にエネルギーを多く射出するという指向性を持つことが上げられる。特に、波源形状が楕円に近似され、長軸と短軸との差が大きく、その長軸および等深線が海岸線に平行であったためである。更に、時間が経過した水位分布図を図-2に示す。波はほぼ同心円状に広がっているが、先ほど述べた指向性のため第一波の中央付近に波高のピークが見られる。このピークはその後、少しずつ減衰しながら、ハワイ諸島を目指し伝播を続ける。

ここで、津波発生問題における動的特徴を表すパラメータ(立ち上がり時間 T 、破壊進行速度 V)の影響について調べる。この問題について理論解析や数値計算により検討が行われているが、実際の波源や海底地形を用いた例はほとんどない。図-1中に示した地点で、長周期地震動記録から推定した T 、 V を考慮した場合と、動的変動は無視して始めから最終変位を与えた場合について時間波形を比較した。図-1中の4地点についての結果を図-3に示す。震源に近いTalcahuanoでは波形の差はほとんど見られず、遠ざかるにつ

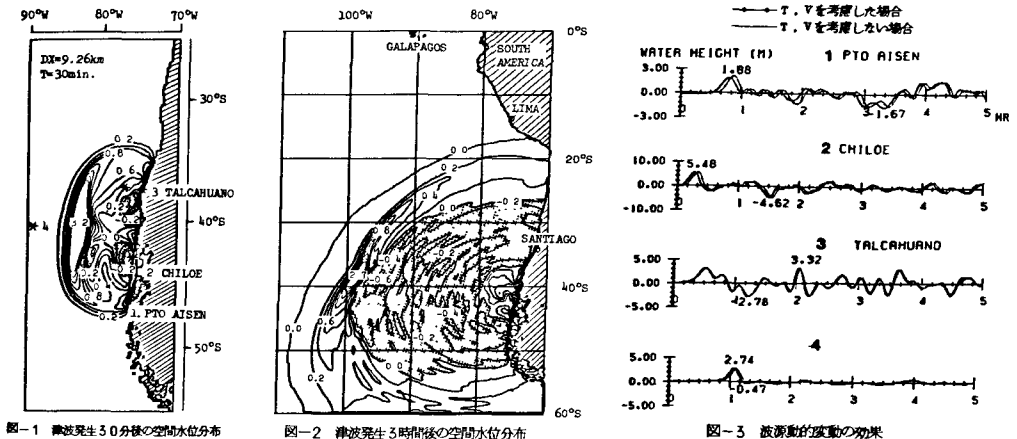


図-1 津波発生30分後の空間水位分布

図-2 津波発生3時間後の空間水位分布

図-3 波源動的変動の効果

れ2分から5分程度の位相遅れが生じるが、振幅の変化は小さい。この遅れはほぼ破壊進行時間に等しいようである。チリ沿岸部だけでなく外海に放出される波についての結果も2分程の遅れはあるが波高の差は小さい。この程度の遅れは、長い伝播時間を考えると無視出来るとして良い。

次に、検潮記録との比較について述べる。図-4は数値計算による伝播図で、各検潮所での数字は測定された到達時間を表す。計算による波先端は波高が1cm変化したものと定義したため、かなり伝播が早くなっている。そこで、検潮記録と同じ操作として、目で見て判断できる5~10cm程度の変化が生じた時を波の到達とすることとし、各検潮所で水位を出力して記録と比較した。表-1に各検潮所での記録と数値計算による到達時間および最大振幅の比較を示す。本計算は外洋伝播計算であるため最小水深を100mとしており、計算格子間隔も粗い(9.26~18.53km)。そのため、記録に比べ計算結果は到達が早く、波高も小さくなるはずである。実際、到達時間に関して、記録との差は平均28分ほど早くなっている。しかし、全体の伝播時間に比較すればこの差は小さい。最大振幅に関しては、平均53%の差が生じ、記録に対し逆に大きくなる場所も若干ある。ただし、沿岸域での局所的な波の変形効果を入れていないことを考慮すれば、外海境界条件としての所要の精度は得られていると考える。

3. 日本沿岸での津波波形

図-5には、日本沿岸の4点を選びその時間波形を示す。第一波による水位上昇の後に大きく水位が下降するという共通の特徴が見られるが、周期および波高は場所により異なっている。特に、振幅は北から南へ行くにつれ減少するようである。さらに、各測点に最も近い検潮所での記録と比較すると、第一波の周期はほぼ等しいが計算結果の波には高波数成分は少ない。これは、複雑な地形を考慮していないためである。最大波高を見ると、沖合いの伊豆大島では湾などの海岸地形による増幅効果が小さかったためか、記録との差は約10cm程度であったが、他の測点では2~3倍ほど計算値の方が過小評価になっている。

4. おわりに

以上、外洋伝播計算を実施し、その再現性および日本近海での境界条件としての妥当性について検討した。その結果、外洋伝播計算において、津波発生問題における動的特徴を表すパラメータの影響は小さいことが分かった。また、外洋計算結果は日本近海における津波の挙動特性をほぼ表していると思われ、場所による波形の差を生じることも明らかとなった。したがって、従来用いられた単一の波形を境界条件として与える方法に比べ、より精度の高い結果が得られると考える。ただし、この妥当性をさらに検討するには、外洋伝播計算結果を用いた近海計算を行う必要がある。

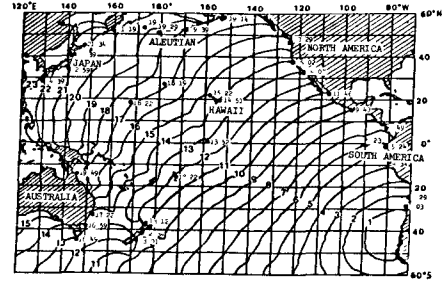


図-4 津波伝播図

表-1 検潮記録と計算値との比較

検潮所名	到達時間		最大振幅	
	記録	計算	記録	計算
La Punta, Peru	4hr 34min	5 40	2.80m	1.48m
La Libertad, Ecuador	6 05	9 24	1.80	0.47
San Jose, Guatemala	9 24	9 20	0.90	1.12
Acapulco, Mexico	9 49	9 40	1.80	0.53
Mazatlan, Mexico	11 46	11 20	1.10	0.68
Santa Monica, Calif	14 11	14 00	3.10	1.87
Crescent City, Calif	15 29	15 10	3.00	0.68
Sitka, Alaska	18 22	18 00	1.10	0.98
Utalaska, Alaska	19 39	18 30	1.90	2.66
Attu, Alaska	20 19	20 00	3.30	2.12
San Cristobal, Galapagos	6 29	6 10	1.20	0.64
Hilo, Hawaii	14 47	14 20	3.30	1.44
Honolulu, Hawaii	15 12	15 10	1.70	1.74
Midway Is	18 19	17 40	0.60	1.44
Johnston Is	16 19	15 50	1.00	1.98
Pago Pago	12 32	12 10	1.90	0.32
Nuke Is	18 22	17 50	1.00	0.56
Kauai Is	18 09	17 40	0.80	0.50
Eniwetok Is	17 52	17 40	0.40	0.47
Noei Is	19 25	18 40	0.40	0.69
Apra Harbor, Guam	21 29	20 40	0.40	0.34
Kusiro, Hokkaido	22 29	22 10	2.10	4.60
Nachinohe, Honshu	23 04	22 10	3.50	3.09
Niyako, Honshu	22 36	22 10	1.17	2.19
Osase, Honshu	24 09	23 00	3.36	1.63
Hosojima, Kyushu	23 32	22 40	1.34	1.49

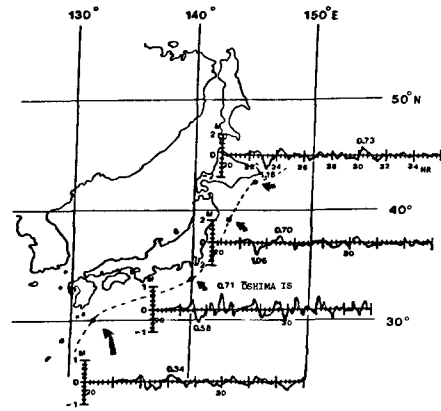


図-5 日本沿岸での波形変化