

土佐清水港の湾水振動特性に関する現地観測と予測手法に関する基礎的検討

東北大学大学院 学生会員 ○田野邊 睦 国立研究開発法人海洋研究開発機構 正会員 今井 健太郎
気象研究所 正会員 林 豊 元新潟歯科大学 非会員 阿部 邦昭
東北大学災害科学国際研究所 正会員 今村 文彦

1. はじめに

津波を伴うような大規模地震災害の際には、波源付近の沿岸部をはじめとして広域で甚大な被害が発生する可能性がある。特に、沿岸部での道路交通網には、強震動被害、津波による損傷、あるいは瓦礫堆積により一時的な寸断・閉塞が生じる可能性は高い。このような状況を踏まえると、陸路が復旧するまでの間、救命・救急や救援の活動経路としての海路はきわめて重要な役割を担うと考えられるが、津波来襲時には利用できない。そのため、津波の来襲から減衰し、安全に海域での活動を再開できる時間を正確に把握する必要性が指摘されている。

本研究では、津波の終息を判断するための明確で科学的な基準策定の第一歩として港湾部における応答特性を明らかにするため、既往研究によってその副振動特性がある程度明らかにされている、高知県土佐清水港を対象として港内外で潮位観測を実施し、土佐清水港内外で発生する副振動の特性について解析を行う。更に、Green 関数を利用した津波波形予測手法の基礎的検討として観測データから各地点間で相互山間関数を算出、その特徴に関して検討を行った。

2. 研究手法

本研究は本研究では図-1に示す土佐清水港内外のPTT01-07まで計7地点に水圧計を設置し、2014年9月10日から2014年12月9日までの期間、計測間隔15秒で潮位観測を行った。上記の7地点で記録された観測データに対し、8-128minのバンドパスフィルターを用い波浪・潮汐成分を除去したものを解析に使用した。土佐清水港内外の副振動特性を把握するために、それぞれの解析点でMEMによりスペクトルを求めた。その際、フィルタリング処理を施したデータを気象擾乱(気象イベント)による影響を受けていない期間(以下、平時と称す)と気象擾乱の影響を受けている2期間(以下、イベント時①、②と称す)の計3期間に分割しそれぞれ個別の解析対象とした。本研究では、各期間で12時間毎にMEMスペクトルを算出し、その平均値を該当期間におけるMEMスペクトルとして扱う。

また、土佐清水周辺においての波の伝播状況を把握するためGreen関数の算出を行った。ここで、Saito・Kawahara(2012)によって、海洋において2地点間の相互相関関数

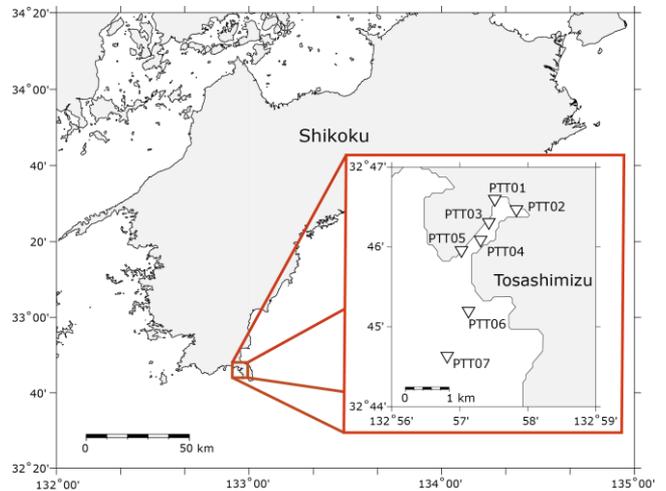


図-1 潮位観測を行った観測点の位置

が、該地点間におけるGreen関数とみなせることが示されているため、本研究においては相互相関関数を求め、それをGreen関数として扱い検討を行った。突発的なイベントにおける影響を軽減し、2地点間の位相情報のみで相互相関関数を算出するため二値化処理を観測波形に施し、時間窓24hr、ラグタイム2minで相互相関関数を算出した。

3. 解析結果

(1) 各観測点におけるMEMスペクトル

平時、イベント時①及び②における各観測点でのMEMスペクトルを図-2に示す。平時においてPTT01からPTT04までの港内の観測点に着目すると、平時は周期20min付近でスペクトルのピークを持つことがわかる。また、港奥から港口部に近づくにつれ、周期20min程度でみられたピークは弱くなる。一方、PTT05-07の港口・港外に着目すると、港内の観測点でみられた20min程度でのピークはみられず、更には明瞭なピークも認められない大局的な傾向として、周期20min以下の比較的短周期成分や、周期60min以上の比較的長周期成分においてにおいて港外観測点は港内観測点に比して大きなエネルギーを持つ様子が認められる。一方、周期30-50min程度の周期帯は港内外でエネルギーの差は小さく、周期20minは港内が港外に比して大きなエネルギーを持つ様子が認められた。

イベント時においてPTT01-04までの港内の観測点に着目すると、イベント時①、イベント時②を通じて、平時同様に港内観測点では20min程度にピークを持ち、加えて、

港内では周期 40 min 程度にもピークを持つ。一方港外においては、明瞭なピークが認められなかった平時とは異なり、周期 50 min を強いピークを持ち、更に、周期 50 min 以下の短周期成分で複数ヶ所ピークが認められた。大局的には平時同様に港外観測点は港内観測点に比してエネルギーが大きい。周期 20 min 程度において港内観測点の持つエネルギーは大きくなり港外観測点と同等のエネルギーを持つ。

以上の結果から、平時イベント時間問わず、土佐清水港において港内観測点は類似したスペクトルの特徴を持つ一方で、同じ期間内であっても港内・港外では、スペクトルの特性は大きく異なり、両者から影響を受ける港口観測点もまた、異なるスペクトル特性をみせる。

(2) 各観測点間の相互相関関数

各観測点間における相互相関関数を図-3 に示す。図中の PTT0x-0y は観測点 PTT0x と PTT0y の観測波形を用いた相互相関であることを意味する。

港内観測点間における相互相関関数に着目すると約 20 min 毎に振幅が大きく変動している様子が認められる。港内-港口観測点間の相互相関関数をみると、港内観測点間と同様に約 20 min 毎に振幅の変化が見られるものの、港内観測点間のもとは比べその変化は小さい。港内-港外観測点間の相互相関関数をみると、同様に約 20 min 周期で振幅の変化が認められ、加えて約 40 min 周期での振幅の変化も認められる。港外観測点間の相互相関関数をみると、港内観測点間や港内-港口観測点間でみられた約 20 min 周期の振幅の変化は認められない、一方で約 40 min 周期の振幅の変化が認められた。

ここで土佐清水港を矩形に近似した場合、その固有周期は 14-21 min 程度であり、これは既往研究によって述べられている土佐清水港の固有周期とも調和的である。そのため、港内のスペクトルや港内観測点間の相互相関関数で見られた約 20 min 周期の特徴は土佐清水港の地形条件によって励起された可能性が示唆される。また、外海に存在する長周期波の特性を決定する要因の 1 つに陸棚セイシュ、エッジ波がある。イベント時のスペクトルで見られた約 50 min のピークや、港外観測点間の相互相関関数でみられた約 40 min 周期の振幅の変動はこの周期帯の範囲内であるため、大規模な海底地形による影響で励起された可能性が考えられるが、更なる検証が必要である

4. 結論

本研究では土佐清水港内外で観測を行い、その湾水振動及び伝播特性を明らかにするため、潮位記録から MEM スペクトル、相互相関関数の算出を行い以下の結果を得た。

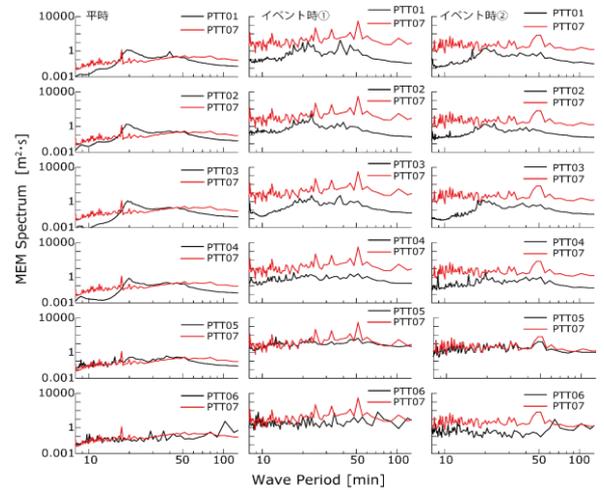


図-2 各観測点における MEM スペクトル

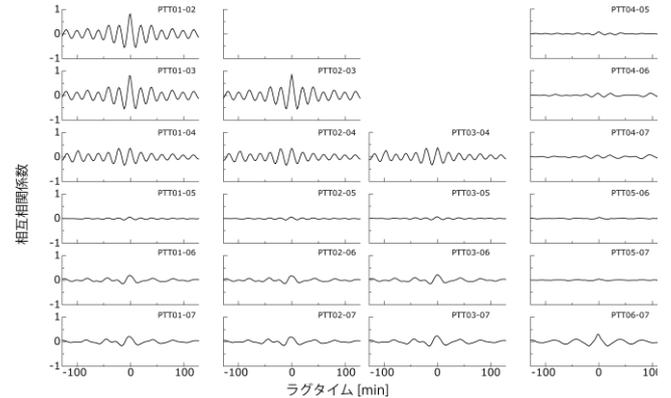


図-3 各観測点間における相互相関関数

- ① スペクトル解析の結果から、平時・イベント時共に、港内部では固有周期の基本モードに起因すると考えられる周期 20 min 付近でのピークが、港外ではイベント時のみ約 50 min 付近でピークが認められた。以上の結果から、土佐清水港においては、平時イベント時間問わず港内で周期 20 min のエネルギー、港外では外力を受けた際に周期 50 min の波が卓越する、一方港口部では、港内港外の影響を強く受け複雑な特徴を持つ。
- ② 相互相関関数の結果から、港内観測点間では周期 20 min 程度、港外観測点間では周期 40 min 程度での振幅の変動が認められた。固有周期である 20 min 周期で振幅の変動が見られることから港内部の波の伝播特性を支配するのは港の地形条件であると推察される、一方、港外間の伝播特性はイベント時に励起されたる周期帯が伝播特性を定義する可能性が考えられ、この励起源については更なる検証が必要である。

謝辞：本研究は JSPS 科研費(代表:林豊, 基盤研究(B):研究課題番号 24310132)の補助を受けました。ここに記して、謝意を表します。

参考文献

- 1) Tatsuhiko Saito, Jun Kawahara(2012) : Retrieval of long-wave tsunami Green's function from the cross-correlation of continuous ocean waves excited by far-field random noise sources on the basis of a first-order Born approximation, Earth Planets Space, doi:10.5047/eps.2011.08.020