

# 津波の伝播による日生港の共振現象

愛媛大学大学院 学生会員 ○門田純一  
愛媛大学大学院 フェロー 伊福 誠

## 1. はじめに

入口の狭い港湾では、何らかの要因で海水面の昇降が生じると、長波の形で伝播し護岸で反射して、一定の周期を持った自由振動が発生することはよく知られている。また、湾の一端が開放され外海との海水の出入りが自由な場合にも、湾固有の振動が起るが、この水位変動をとくに副振動(secondary undulation)と呼んでいる。この振動の原因としては、気象攪乱の通過、気圧の急変、津波、高潮、潮汐などがあげられる。湾内水の共振現象は、津波による海水の越流・浸水被害の問題をはじめとして、港湾における荷投作業等にも支障をきたすものであり、湾水振動現象を把握してそれに対する適切な対策を講ずることが被害の防止・軽減にとっては極めて重要なことである。

内閣府(2010)によれば、2010年2月27日15時34分(日本時間)に発生したチリ中部沿岸地震による津波が伝播し、岡山県玉野市で2月28日23時26分に0.2mの津波が観測されている。岡山県では、日生、牛窓、高島、玉野、児島、水島、玉島および笠岡の8つの港において潮位を観測している。これら8つの港の潮位記録をみれば、前述したチリ中部沿岸地震による津波の伝播に伴って日生港では共振が生じ、0.4m程度の水位上昇が起っている。前述したように津波の伝播に伴う湾水の共振現象は、海水の越流による浸水被害をもたらす可能性があることから、30年以内に60~70%の確率で起こるといわれている東南海・南海地震による津波はかなりの規模で瀬戸内海へも伝播してくることが推察される。

こうしたことから、本研究では岡山県日生港を対象とし、津波の伝播に伴う湾水の共振現象について潮位の観測結果に基づいた解析を行うとともに数値モデルを用いて解析し、津波の伝播に伴う港湾の副振動についての基礎的資料を得ようとするものである。

## 2. 潮位の観測記録

図1および図2は、それぞれ2010年2月27日15時34分に発生したチリ中部沿岸地震および2011年3

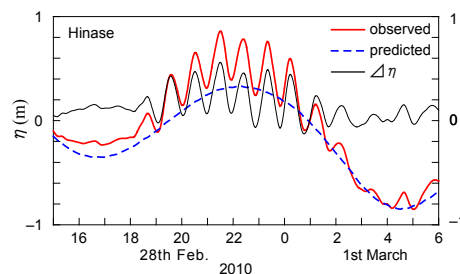


図1 日生の潮位変動(2010)

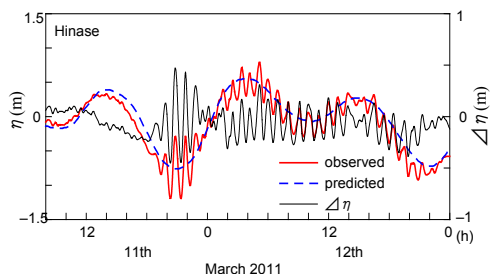


図2 日生の潮位変動(2011)

月11日14時46分に発生した東北地方太平洋沖地震に起因した津波の伝播による日生における潮位の時系列について示したものである。図中の赤実線、青破線および黒実線は、それぞれ観測潮位、天文潮位および潮位偏差 $\Delta\eta$ である。

図1をみると、日生において、地震発生時の約27時間後から約9時間にわたって副振動が生じていることが確認でき、その周期は約1時間である。また、最大潮位偏差は2月28日21時30分の0.57mである。

図2をみると、日生において、地震発生時の約3時間30分後から24時間以上副振動が生じていることが確認でき、その周期は約1時間である。また、最大潮位偏差は3月11日20時50分の0.47mである。

## 3. 数値解析法

非線形浅水方程式(コリオリ力を含む)を用い特性曲線法で数値解析を行う。

### (1)解析モデル

解析対象領域地形および水深は、海図W1114(縮図1:45000)に基づいて作成した。図3は、解析対象領域であり、南北方向に11,610m、東西方向

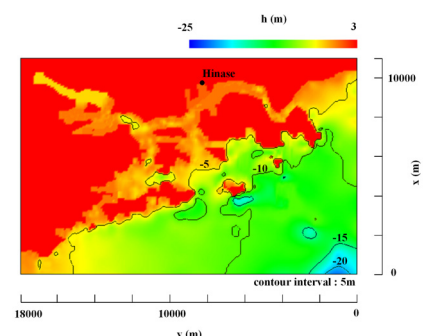


図3 日生周辺の海底地形図

に 18,000m の範囲である．南北および東西方向の格子間隔は 90m である．日生周辺は細長い水道が形成され，閉鎖性の強い海域である．

#### (2)境界条件

南側境界：南側境界においては Sommerfeld の放射境界条件を課す．

東側境界：東側境界においては姫路の潮位を境界条件として入力する．図 4 は，チリ中部沿岸地震津波による姫路の潮位記録を示す．

### 4. 数値解析結果

#### (1)潮位の再現性

図 5(a)および(b)は，それぞれチリ中部沿岸地震および東北地方太平洋沖地震に起因した津波による日生周辺における潮位の解析結果を観測結果と比較し，海岸の形状が共振に及ぼす影響について調べた．

(a)をみると，3 月 1 日 0 時以降観測結果でみられる顕著な潮位変動は再現できていないものの計算結果は観測結果でみられる 1 時間程度の共振周期は再現できているようであり，潮位の再現性は高い．

(b)をみると，共振開始時刻 11 日 18 時 30 分以降は計算結果が観測結果の最低潮位を評価できていないことがわかる．また，12 日の 5 時では，計算結果は観測結果の最高潮位を過大評価している．計算結果をみると，観測結果でみられる 1 時間程度の共振周期は再現できているようである．

#### (2)波の統計解析

チリ中部沿岸地震および東北地方太平洋沖地震に起因した津波による潮位の観測結果をもとに副振動の平均波を計算した．表 1 に姫路および日生の平均波を示す．また，姫路および日生の潮位のサンプリングタイムは，それぞれ 1 分および 10 分である．

日生の平均波高をみると，姫路と比べ 2010 年は 3.8 倍，2011 年は 2.4 倍となっており共振により波高は増幅したものと考えられる．

#### (3)潮位偏差の root mean square

副振動の周期は 1 時間程度で継続時間が 5 時間および 15 時間程度であり，波としての統計解析を行うには対象とする波の数が少なすぎる．そこで，観測潮位と天文潮位との潮位偏差をもとに二乗平均平方根を計算して共振の強さについて検討する．

表 2 より，日生における 2010 年および 2011 年の計算結果と天文潮位との潮位偏差の r.m.s.は，それぞれ姫路におけるそれらの 3 倍および 2 倍程度であることから，共振により増幅されたことがわかる．また，計算して得た潮位に基づいて算出した潮位偏差の r.m.s.は，2010 年では 0.23m および 2011 年では 0.16m であり，観測結果から算出した r.m.s.の 1.15 倍および 1 倍である．すなわち，計算結果は観測結果をほぼ再現し得ているようである．また，波の統計解析の増幅率と潮位偏差の r.m.s.のそれらは比較的似た結果であることがわかる．

図 6 に示すように，日生は比較的単純な形状の湾でありエネルギーの逸散が少ないことから，共振が生じやすく増幅率が大きくなったものと考えられる．

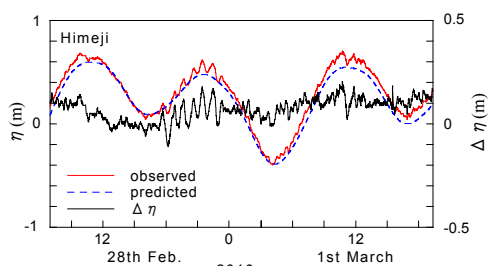


図 4 姫路の潮位変動(2010)

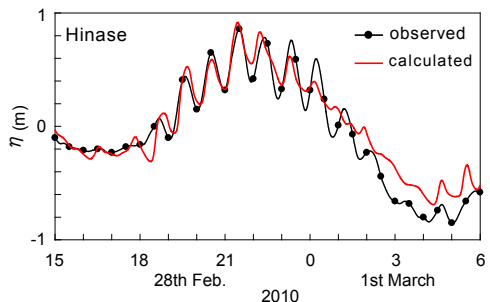


図 5(a) 潮位の比較(2010)

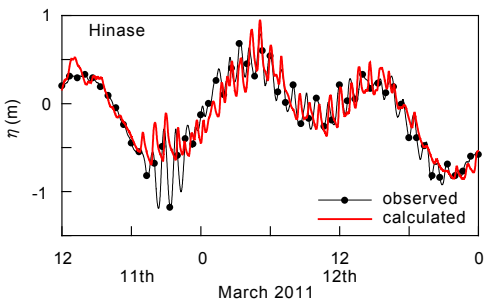


図 5(b) 潮位の比較(2011)

表 1 副振動の平均波

|      | Himeji        |                 | Hinase        |                 |
|------|---------------|-----------------|---------------|-----------------|
|      | $\bar{H}$ (m) | $\bar{T}$ (min) | $\bar{H}$ (m) | $\bar{T}$ (min) |
| 2010 | 0.10          | 49              | 0.38          | 58              |
| 2011 | 0.15          | 47              | 0.36          | 59              |

表 2 潮位偏差の root mean square

|      | root mean square (m) |        |            |
|------|----------------------|--------|------------|
|      | observed             |        | calculated |
|      | Himeji               | Hinase | Hinase     |
| 2010 | 0.07                 | 0.20   | 0.23       |
| 2011 | 0.08                 | 0.16   | 0.16       |



図 6 日生周辺の地形