

白老海岸における越波要因に関する研究

Factors of Wave Overtopping in the Coast of Shiraoi

北海道大学大学院工学院 正会員 山下俊彦 (Toshihiko Yamashita)
北海道大学大学院工学院 ○学生員 有賀海老蔵 (Ebizo Ariga)

1. はじめに

苫小牧市から白老町にかけての太平洋に面した地域は海岸に宅地や道路が迫り、人口リーフ・緩傾斜護岸の整備が進められてきた。しかし平成28年台風第10号をはじめとした大型の低気圧の影響に伴う高波浪によって護岸の破壊や越波が確認されており、その解決が求められている。

また、地球温暖化に代表される気候変動によって日本を取り巻く大気場に変化が起きて、沿岸の波浪特性に変化が起きていることが示唆されている¹⁾。このような外力の変化に対して持続可能な沿岸構造物を整備するために、本研究では白老海岸で越波が発生した際の海象・気象状況を解析し、未知な部分の多い越波要因について検討した。越波要因として海水位の上昇と波浪の影響が考えられるが、前者の海水位上昇の要因には潮位および低気圧の吸上げ効果・吹き寄せ効果、サーフビート等が挙げられる。

本研究で扱った高波浪イベントは2例で、1例目は平成28年台風10号に伴う高波浪で、白老海岸において越波被害が確認されている。2例目は同年台風7号による高波浪で、胆振海岸における越波被害は確認されていない。これら2つの台風による高波浪イベント発生時の海象・気象的物理量を比較することによって越波要因の検討を行った。

2. 解析方法

2.1 解析に用いたデータ

波浪データは、白老の東南東沖合い5kmに位置する全国港湾海洋波浪情報網NOWPHAS(苫小牧)で0.5秒ごとに観測されている水位データである。通常波については20分間の水位データからゼロアップクロス法により有義波高・有義波周期を求め、長周期波については2時間のデータから後述する方法により波高と周期を求めた。

また、気象データとして海上風の風速と風向および海面気圧をメソ数値予報モデルによるGPVデータから取得した。

2.2 長周期波の算出

a) 長周期波高

高速フーリエ変換FFTによって求めた周波数スペクトルから有義波高に相当する波高 H_{m0} を算出する式として式(1)が知られている。

$$H_{m0} = 4.0 \sqrt{\int_0^{\infty} S(f) df} \cong H_{1/3} \quad (1)$$

ここで、 $S(f)$ はパワースペクトル密度、 f は周波数を表す。

式(1)において積分範囲を全周波数帯で取るとその値は有義波高と等しくなるが、任意の積分範囲を取ることで特定の周波数成分の波のエネルギーだけを取り出して、それを波高へ換算可能であることが知られている^{2), 3)}。そこで本研究における長周期波の周期帯は30~600秒($3.33 \times 10^{-2} \sim 1.67 \times 10^{-3} \text{ Hz}$)と定義した。また合田(2008)によって式(1)を現地観測結果に対応するために、および長周期波高を算定するために補正した式が式(2)で示される²⁾。

$$H_{1/3,L} = (3.3 \sim 3.6) \sqrt{\int_{f_{\min,L}}^{f_{\max,L}} S(f) df} \quad (2)$$

ここで下付き添え字Lは長周期波に関する量を表している。これらから、長周期波高 H_L は式(3)によって求めた。

$$H_L = 3.6 \sqrt{\int_{1/600}^{1/30} S(f) df} \quad (3)$$

b) 長周期波周期

前項と同様に式(4)で示されるように2次モーメント周期 T_{02} が平均波周期 $\bar{T}$ と等しいことが知られている。

$$T_{02} = \sqrt{\frac{\int_0^{\infty} S(f) df}{\int_0^{\infty} f^2 S(f) df}} \cong \bar{T} \quad (4)$$

また有義波周期と平均波周期の関係を表す経験式として式(5)がある。

$$T_{1/3} \cong 1.2 \bar{T} \quad (5)$$

これら式(4)、式(5)および前項で述べた周波数成分の取り出しを用いて、本研究では長周期波周期 T_L を式(6)のように定義して求めた。

$$T_L = 1.2 \sqrt{\frac{\int_{1/600}^{1/30} S(f) df}{\int_{1/600}^{1/30} f^2 S(f) df}} \quad (6)$$

3. 結果と考察

3.1 波浪・潮位の比較

平成28年台風第10号の影響(事例①とする)により2016年8月30日深夜から31日未明にかけて越波被害が生じた際の通常波・長周期波の推移を図1・図2に示してい

る。これによると通常波・長周期波ともに越波が生じた時間帯に波高・周期の両方がピークを迎えていることが分かる。また図3・図4に示した潮位・海上風の推移によると、同時時間帯に潮位は満潮となっているが、海上風は30日正午ごろに最大となっており、越波が生じた時間帯には極大ではあるが風速10m/s程度に減衰している事が分かる。

続いて平成28年台風第7号の影響(事例②とする)による高波浪の推移を図5(通常波)・図6(長周期波)に示しており、通常波高、長周期波高ともに17日22時に最大となっている。事例①と比較すると、長周期波高が著しく小さくなっていることが分かり、通常波高についても事例①の方が大きくなっている。なお、事例②で長周期波高が最大となった時刻における有義波高と長周期波高の比 $H_L/H_{1/3}$ は0.096であり、事例①における $H_L/H_{1/3}$ は0.196であった。

また潮位・海上風の推移を図7・図8に示している。図7から波高が最大となった17日22時ごろは満潮ではないが潮位偏差は正であることが分かる。一方で図8の海上風の推移によると同22時前後には風は概して収まっており吹き寄せ効果は小さいものと考えられる。

3.2 スペクトルの比較

図9・図10に事例①・②の波浪ピーク時刻周辺の周波数スペクトルを2例示しており、また比較のため相対的に波浪の小さな時刻の周波数スペクトルも1例示している。長周期波の領域において、概して事例①のスペクトルが卓越している事は、前節で述べた長周期波高の比較とも一致している。ピークについては、事例①は広い周波数帯に亘っている事が確認できるが、事例②は100s程度であることが読み取れる。

4. 結論

本研究では基本的諸量である通常波、長周期波、潮位、気圧低下、海上風の高波浪イベント時における変動を把握した段階である。事例①におけるこれらの諸量は大きな値を示しており、定性的に事例②より越波が発生しやすい条件であることが分かった。今後、平均水位上昇の諸条件と考えられる海上風による吹き寄せ効果、サーフビートの影響を考慮し越波が発生するかを検討する必要がある。しかし、サーフビートの影響は実験・解析が困難なことが多いため、現地観測による把握も必要と考えられる。



図1 事例①の通常波推移

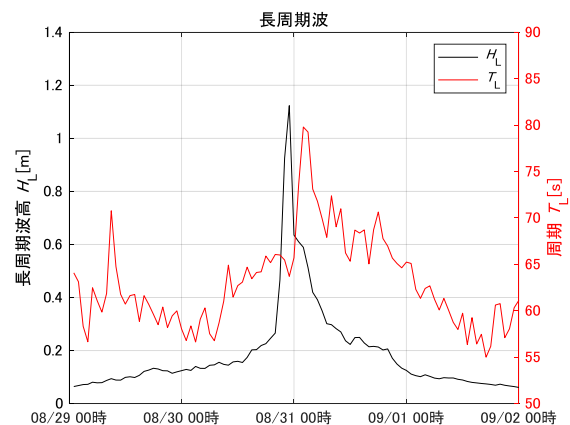


図2 事例①の長周期波推移

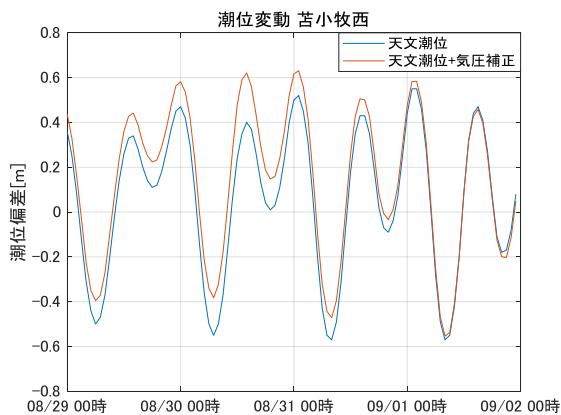


図3 事例①の潮位推移

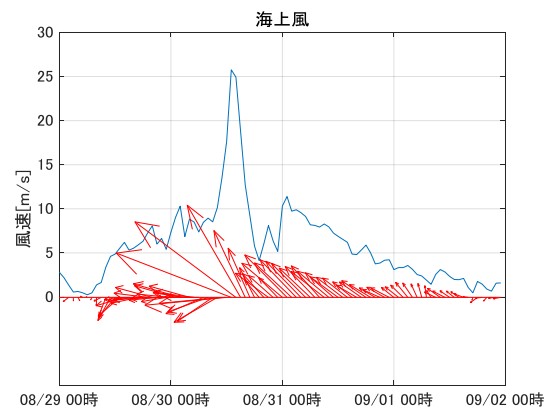


図4 事例①の海上風推移

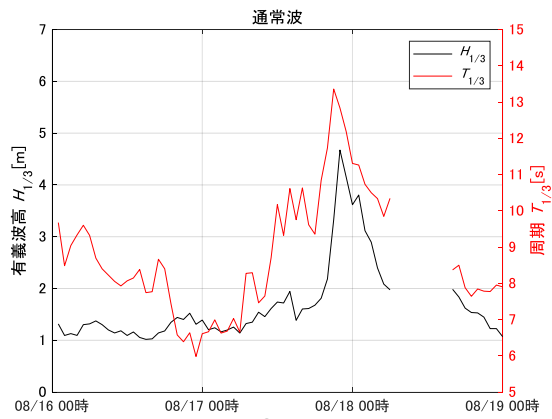


図5 事例②の通常波推移

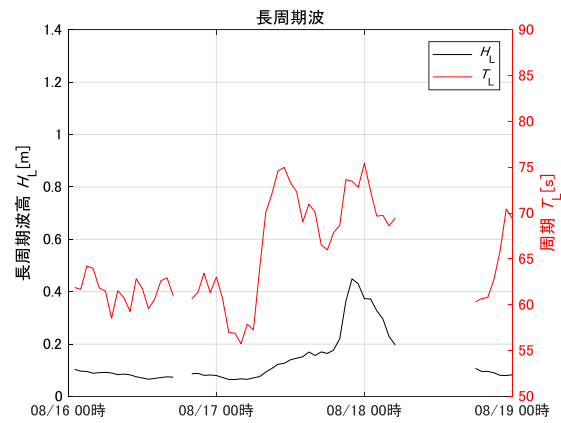


図6 事例②の長周期波推移

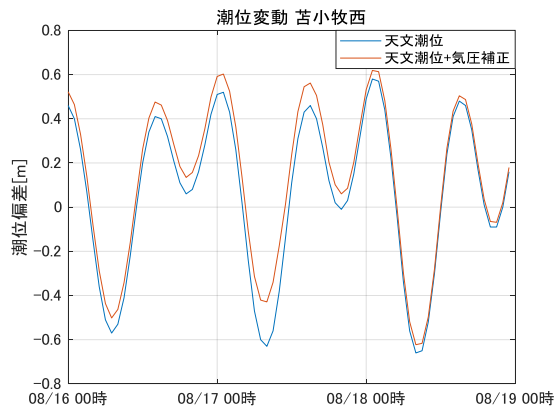


図7 事例②の潮位推移

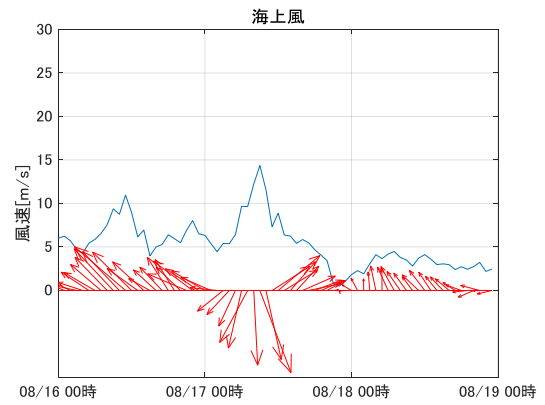


図8 事例②の海上風推移

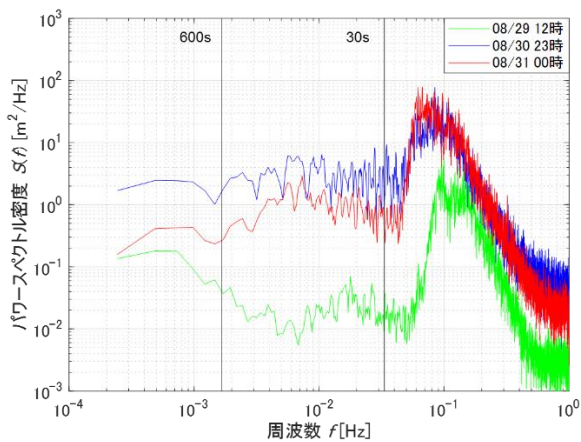


図9 事例①の周波数スペクトル

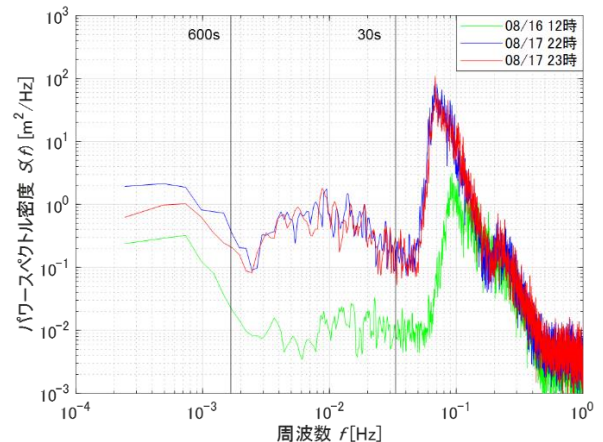


図10 事例②の周波数スペクトル

謝辞：本研究の波浪を解析する上で使用した水位データは、国土交通省北海道開発局室蘭開発建設部苫小牧港湾事務所より提供して頂いた。ここに記し謝意を表する。

参考文献

- 1) 山下俊彦, 佐橋優也, 押田亮祐: 気象変化による北海道沿岸における中長期波動変動特性, 土木学会論文集 B2 (海岸工学), Vol.72, No.2, pp.1513~1518, 2016.
- 2) 合田良實: 耐波工学, pp.11~35, 鹿島出版会, 2008.
- 3) 沿岸開発技術研究センター: 沿岸波浪・海象観測データの解析・活用に関する解説書, pp.30~46, 2000

(2017.12.1 受付)