

臨海道路を対象とした防波フェンスの必要高さと作用波力について

Wave force and necessary height of splash barrier for coastal highway

室蘭工業大学院

○ 学生員 柳川尚吾(Shogo Yanagawa)

室蘭工業大学建設システム工学科

正会員 木村克俊(Katsutosi Kimura)

北日本港湾コンサルタント(株)

正会員 土井善和(Yoshikazu Doi)

1. まえがき

臨海道路では、越波飛沫によって運転者の視界障害や車両被害が生ずる危険性がある。越波の対策工の一つとして図-1のような防波フェンスがある。北海道内の国道においても既に3路線で採用実績があり、その効果が確認されている。しかしながら防波フェンスの標準的な設計法は確立されておらず、これまでの経験に基づいて各部の諸元を決定しているのが現状である。

そこで本研究では、消波護岸を対象として水理模型実験を行い、防波フェンスの設計に必要な越波飛沫の飛散特性と作用波力を明らかにする。



図-1 防波フェンス

2. 越波飛沫の飛散特性

越波飛沫には図-2に示すとおり、phase1とphase2の2種類がある。phase1はブロック法面に衝突した際に斜め上方に飛沫が発生するパターンで、外力を重力のみに限定すると質点の放物運動により、越波飛沫の軌跡を推定することができる。図-3に示すとおり飛沫の初速度および、打ち出し角度がわかれば、越波の最大打ち上げ高さや、水平飛散距離を求めることができる。木村ら¹⁾の研究により、飛沫の打ち出し角度は式(1)のように定式化されている。

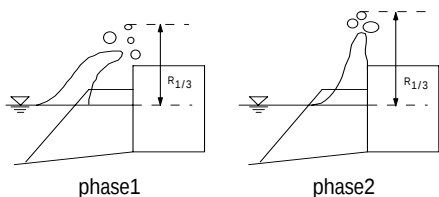


図-2 越波飛沫の発生パターン

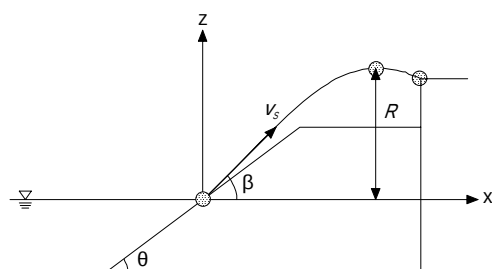


図-3 phase1における打ち出し角度と初速度の関係

一般的な消波護岸の法面勾配である1:4/3勾配の場合には $\beta = 65^\circ$ になる。ここでは海底勾配を1:30と1:100の2種類とした実験データ¹⁾を用いて越波飛沫の初速度について検討する。

図-4は、法面勾配が1:4/3の条件における水深波高比と越波飛沫の初速度の関係を示している。水深波高比が小さくなるにつれて越波飛沫の初速度は大きくなる。海底勾配および波形勾配の影響は小さいことから実験値の平均的な傾向に着目して、phase1における越波飛沫の初速度を式(2)~(4)のように定式化した。

$$v_{s1/3} = k_D \cdot k_B \sqrt{gH_{1/3}} \quad (2)$$

$$k_D = 5.974 \exp(-0.23 \cdot h/H_0') \quad (0 \leq h/H_0' \leq 4.0) \quad (3)$$

$$k_B = 0.74 \quad (4)$$

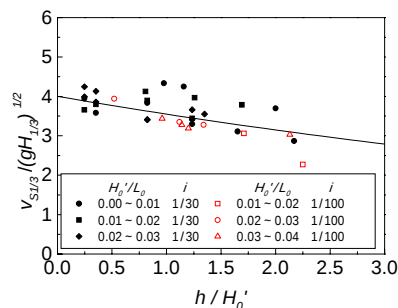


図-4 phase1における越波飛沫の初速度

図-5は法面勾配が1:4/3の条件におけるphase2の越波飛沫の初速度 $v_{s2/3}$ と消波ブロックの相対天端高さ $h_{cb}/H_{1/3}$ の関係を示したものである。 $h_{cb}/H_{1/3}$ が小さくなるにつれて初速度が大きくなる。実験値の平均的な傾向を図中の曲線で表し、 k_B の値を式(5)のように定式化した。

$$k_B = \sqrt{0.8 \{0.6 + p \cdot \exp(-q \cdot h_{cb}/H_{1/3})\}} \quad (5)$$

$$\begin{cases} p = 0.806 \ln(B/L_{1/3}) + 0.873 \\ q = 27.8(B/L_{1/3}) + 1.98 \end{cases}$$

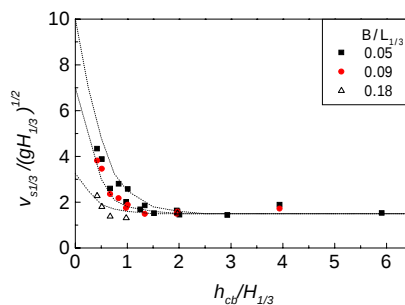


図-5 phase2における越波飛沫の初速度

3. 現地との比較

算定式の妥当性を検討するために、宗谷港において越波飛沫の現地観測を行った。なお、現地の護岸形状や波浪条件等については、山本²⁾を参照されたい。越波飛沫の打ち上げ高さ $R_{1/3}$ を用いて解析したところ、phase1が卓越していた。図-6は、phase1における飛沫の打ち上げ高さの算定式と、現地観測値を比較したものであり、両者は概ね一致していることがわかった。

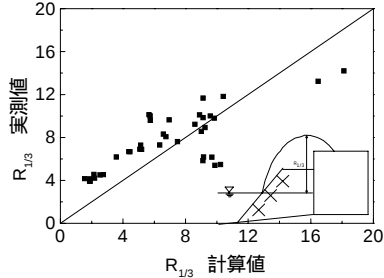


図-6 現地観測値との比較

4. 直立部に働く波力特性

(1) 実験内容

実験は2次元造波水路実験(長さ24m、幅0.6m、高さ1.0m)を用いて行った。堤体前面の海底勾配は1:30とした。水深 $h=17\text{cm}$ 、周期 $T_0=1.90\text{s}$ と一定にし、通過波高 $H_{1/3}$ を2.5～12.5cmに変化させた。消波ブロックの天端幅を一定にし、消波ブロックの天端高を5.1～15.3cmまでの3種類に変化させた。

(2) 直立部に働く波圧分布

図-7は $H_{max}=12.1\text{cm}$ の波浪が作用した際の最大同時波圧分布を示している。消波ブロックで完全に被覆されていない条件では、消波ブロックの天端付近に衝撃的な波圧が作用するとともに、消波ブロックで被覆されている直立部においても、やや大きめの波圧が作用していることがわかる。

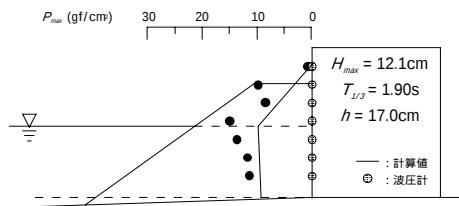


図-7 最大同時波圧分布

図-8は直立部に働く波圧合力に着目して、合田式により計算される波圧合力 P_{CAL} と実験時の波圧合力 P_{EXP} を比較したものである。相対天端高さ h_{CB}/H_{max} が小さくなるにつれて、波圧合力の比 P_{EXP}/P_{CAL} は大きくなる。特に相対天端高さが1.0以下の条件では、衝撃的な波力が作用することがわかった。

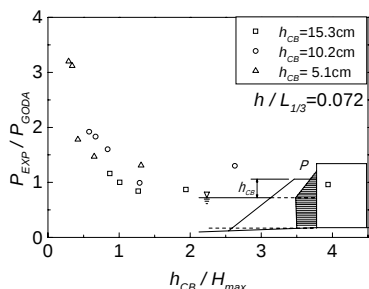


図-8 波圧の計算値との比較

図-9は、相対天端高さ h_{CB}/H_{max} と波圧の作用高さ η/H_{max} の関係を示したものである。図中の点線は、合田式により計算される波圧の作用高さを最大波高で除した値を示しており、図中に示すように実験値と計算値は概ね一致している。以上のことより、直立部に働く波圧の作用範囲は合田式より計算できることが明らかになった。

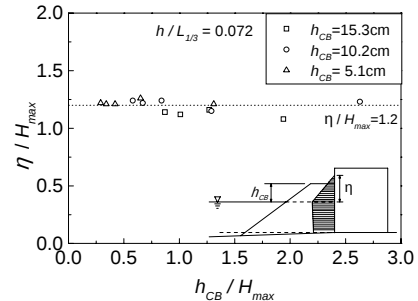
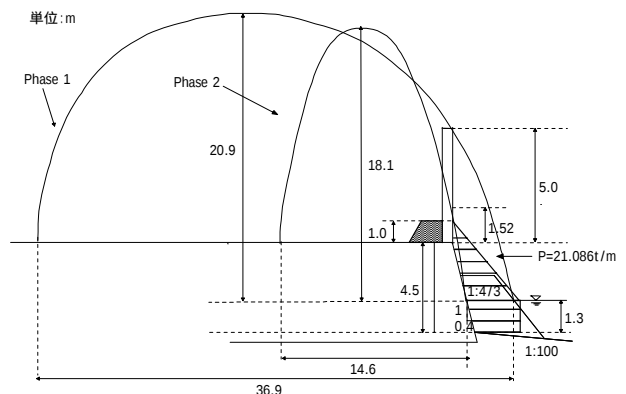


図-9 波圧の作用範囲

5. 防波フェンスの試設計

今回提案した算定式を用いて防波フェンスの試設計を行った。図-10に示す護岸の断面形状に対し越波飛沫の軌跡と波圧分布を求めた。波浪条件は50年確率波に相当する $H_0'=7.0\text{m}$ 、 $T_0=13\text{s}$ とした。越波飛沫はフェンス設計位置では、phase1での飛沫が卓越することが明らかになったので、式(2)を用いてフェンスの必要高さを5.0mと決定した。波圧の作用高さについてはフェンスの作用位置で1.0mの高さにまで及んでいることから、上部工としてコンクリートなどを設置し、フェンス下部の補強を行う必要がある。



6. 結論

本研究で得られた結論を要約すると、以下のようになる。

水理模型実験の結果に基づいて、消波護岸における越波飛沫の飛散特性と、波圧の特性を明らかにした。

現地における防波フェンス設計について検討を行った。

参考文献

- 1) 木村克俊・浜口正志・岡田真衣子・清水敏晶：消波護岸における越波飛沫の飛散特性と背後道路への影響、第50回海講論文集、第50巻、pp.796-800、2003。
- 2) 山本泰司・宮部秀一・木村克俊：親水護岸における越波飛沫の現地観測と利用者の安全性に関する一考察、平成16年度土木学会北海道支部論文報告集