

# 国道231号浜益海岸における防波フェンスの設計について

(独法) 土木研究所 寒地土木研究所 寒冷沿岸域チーム ○上久保勝美  
 山本 泰司  
 北海道開発局 札幌開発建設部 滝川道路事務所 河手 雅行

海岸道路では、越波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り、越波対策工の一つとして防波フェンスがある。しかしながら、越波による防波フェンスの設計法は、波高、水深および海底勾配などの限られた条件下においては確立しているが、標準的な設計法に至っていないのが現状である。本報告では、現地における越波観測および水理模型実験結果に基づいた防波フェンスの設計について報告する。検討の結果、防波フェンスの所要高さは、現地における10年確率波相当の越波観測結果を用いて求めた。浜益海岸幌地区の防波フェンスへの作用波圧を対象とした実験結果は、合田準用式による波圧分布の傾きにはほぼ等しく、波圧の作用高さおよび静水面における波圧は合田準用式のおよそ1.6倍になった。

キーワード：消波護岸、防波フェンス、波圧、越波

## 1. まえがき

海岸道路では、越波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。写真-1は国道231号浜益海岸幌地区における海岸道路に打ち上がる越波の瞬間を撮影したものである。当該地区ではこのような防波を防止する対策として、防波フェンスの設置を考えている。防波フェンスの設置区間については、過去の越波観測データから越波頻度が高い箇所を優先的に整備することとしている。防波フェンスに関しては、木村ら<sup>1), 2), 3), 4)</sup>、山本ら<sup>5)</sup>が、個別の事例に対する検討を行っている。また、上久保ら<sup>6) 7)</sup>は防波フェンスの被災事例を分析し、現設計法よりも波圧が増大することを明らかにし波圧の割増しを行った防波フェンスの設計法を提案している。しかしながら、波高、水深および海底勾配など限られた条件においては確立しているが、標準的な設計法に至っていないのが現状である。また、防波フ

ェンスの所要高さについては、許容越波流量または越波の打ち上げ高さの現地観測により設定するのが一般的である。

本報告では、国道231号浜益海岸において、現地における越波観測および水理模型実験結果に基づいた防波フェンスの設計について報告する。

## 2. 防波フェンスの高さおよび設置区間

### 2-1 防波フェンスの高さ

防波フェンスの構造計算に用いる設計沖波の確率年は50年確率とし、防波フェンス高さの算定に用いる設計沖波の確率年は10年確率としている。設計波算出の基になる留萌港沖の50年確率波は $H_0=8.4\text{m}$ 、 $T_0=14\text{s}$ 、10年確率波は $H_0=7.0\text{m}$ 、 $T_0=12\text{s}$ である。

表-1 留萌港の波浪観測結果 (2009~2011年)

観測年月日	観測時刻	波浪値 (留萌港)			観測値 打上高 $R_{1/20}$ (m)
		波高: $H_0$ (m)	周期 $T_0$ (S)	波向	
平成21年12月7日	12:00	4.07	8.8	WNW	13.3
平成22年1月1日	10:00	4.31	9.1	WNW	13.3
平成22年11月29日	11:00	3.82	8.4	W	13.3
	12:00	5.14	9.0	W	15.3
	13:00	4.67	9.2	W	15.4
平成23年11月21日	14:00	4.68	8.9	WNW	14.8
	8:00	3.77	9.3	WNW	13.8
	9:00	3.57	9.4	WNW	12.6
平成23年11月25日	10:00	3.48	9.2	WNW	14.2
	9:00	4.7	9.0	NW	12.5
	10:00	4.21	8.9	WNW	11.6
平成23年12月25日	11:00	4.6	9.0	NW	12.6
	12:00	4.17	8.7	NW	13.3



写真-1 海岸道路の越波状況

防波フェンスの高さは、現地において越波観測を実施してその結果を用いて行うこととし、表-1に示す平成21～23年の越波の現地観測結果をもとに決定した。越波の打ち上げ高さは、1波ごとのばらつきが大きいため過去の設計事例を参考に統計値を用いることとし、1/20 最大値  $R_{1/20}$  で整理した。

図-1は、越波観測データから得られた越波の打ち上げ高さ  $R_{1/20}$  と留萌港沖の同時刻に観測された波高データ  $H_0$  との相関を図った結果である。10年確率波相当となる越波の打ち上げ高さは、路面上 5.05m となる。防波フェンス部材の寸法から 10cm 単位として 5.1m とした。

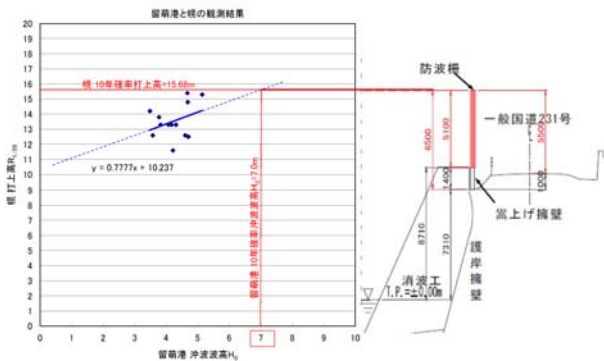


図-1 越波の打ち上げ高さ

表-2は、平成24年12月6日19時～22時40分までの留萌港沖の波浪観測結果を示している。21時付近の幌地区における越波撮影時の留萌港沖の波高  $H_0=6.75m$  を観測している。この値は10年確率波高に近い値となっている。

表-2 留萌港の波浪観測結果 (2012年)

年	月	日	時	分	波数	有義波高	周期	1/10波高	周期	最大波高	周期
2012	12	6	19	0	104	5.22	9	6.71	9.2	8.7	8.3
2012	12	6	19	20	128	4.8	8.7	5.85	8.9	7.38	8.3
2012	12	6	19	40	126	4.99	9	5.99	8.5	6.88	8.8
2012	12	6	20	0	95	5.4	8.8	6.92	8.8	7.98	9.8
2012	12	6	20	20	100	6.36	9.9	7.82	9.9	9.09	9.7
2012	12	6	20	40	103	6.89	11	8.87	10.5	11.9	10.5
2012	12	6	21	0	—	—	—	—	—	—	—
2012	12	6	21	20	87	6.75	11.6	8.25	11.4	9.91	11
2012	12	6	21	40	84	6.8	11	8.34	11	9.76	10.5
2012	12	6	22	0	78	6.72	11	7.78	11.1	8.55	10.7
2012	12	6	22	20	126	6.43	10.5	8.2	11.1	10.48	10.9
2012	12	6	22	40	114	5.92	10.9	7.02	10.2	7.93	9.7

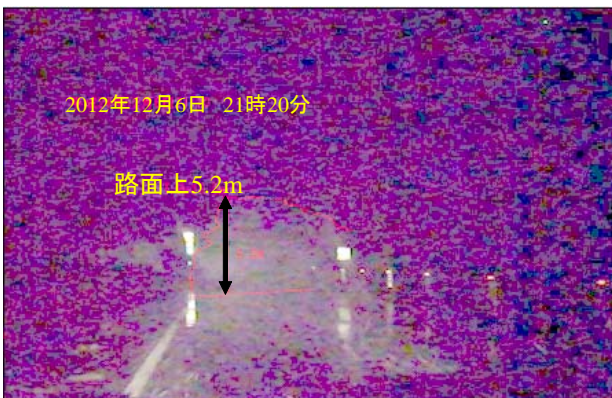


写真-2 観測中の最高波の越波状況

写真-2は、留萌港沖の波高  $H_0=6.75m$  を観測した時に幌地区の路面に打ち上がった越波状況を示したものである。路面からの高さは 5.2m に達していることから、図-1 から求めた越波の打ち上げ高さと概ね一致している。

### 2-2 防波フェンスの設置区間

防波フェンスの設置区間については、過去の越波観測データから越波頻度が高い箇所を優先的に整備することとし、平成25年度は  $KP=78.705\sim78.827$  の  $L=122m$  および  $KP=78.852\sim78.913$  の  $L=61m$  の区間を整備する。防波フェンスの設置箇所を図-2に示す。

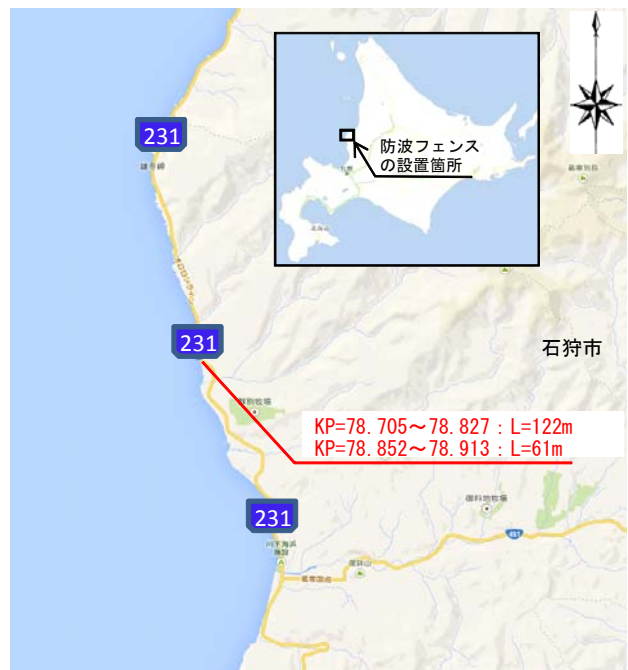


図-2 防波フェンスの設置箇所

### 3. 越波特性

越波実験は、図-3 に示す長さ 22m、幅 0.8m、深さ 2m の 2次元造波水路を用いて行った。海底勾配  $i=1/20$  の一様斜面に続く水平床を設けた。水深は  $h=4.2m$  で一定とした。実験波は Bretschneider・光易型のスペクトルを有する不規則波を用いた。周期を  $T_{1/3}=14s$  で一定とした。波高  $H_0'=4.0m, 5.0m$  および  $6.0m$  の3種類とした。防波フェンス高さは 0, 2,

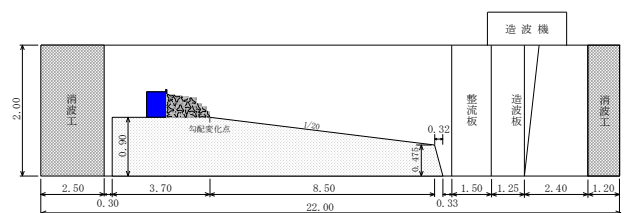


図-3 2次元造波水路

3, 4, 5, 6, 7 および 8m に変化させて行った. 実験断面を図-4 に示す. 防波フェンスの天端上に設置した導水樋で背後の集水桶に集め, 単位時間あたりの越波流量を算出した. 越波流量の計測は3回繰り返して行いその平均値を用いた. 1 波群の作用波数は 150 波とした. 実験縮尺は 1/40 とした.

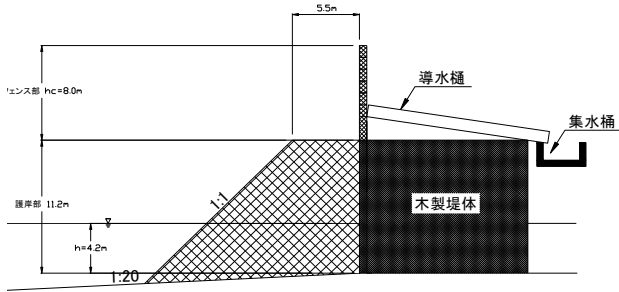


図-4 越波実験模型

実験結果を図-5 に示す. 合田ら<sup>8)</sup>による単位時間当たりの越波流量  $q$  を推定する方法を用いて, 防波フェンス高さの検討を行った. 各軸の越波流量  $q^*$  と天端高さ  $hc^*$  は, 堤前の有義波高  $H_{1/3}$  を用いて無次元化して示してある. パラツキはあるものの, 対数表示した  $q^*$  および  $hc^*$  は, 概ね直線的な関係にある. 図中の実線は, 次式に示す近似線である.

$$q^* = Q_0 \exp(-b \cdot hc^*) \quad (1)$$

ここに,  $Q_0$ ,  $b$  は定数であり, この条件の場合,  $Q_0=0.18$ ,  $b=2.14$  である. この図から, 許容越波流量を  $1 \times 10^{-4} \text{m}^3/\text{m} \cdot \text{sec}$  とすると, 10 年確率波相当にあたる  $H_0'=6.0\text{m}$  では,  $hc=14.9\text{m}$  以上必要である.

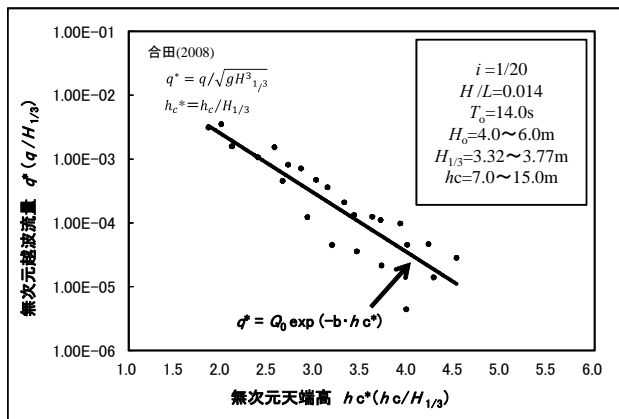


図-5 無次元越波流量

#### 4. 防波フェンスへの作用波圧

波圧実験は越波実験と同じ水路を用いて行った. 水深は  $h=4.2\text{m}$  で一定とした. 実験波は Bretschneider ・ 光易型のスペクトルを有する不規則波を用いた.

周期を  $T_0=14\text{s}$ , 波高  $H_0'=6.0\text{m}$  で一定とした. 実験模型を図-6 に示す. 防波フェンス部は, 図-7 に示す護岸本体の天端上に設置した防波フェンスに見立てた 5 枚の受圧板の両端に, 定格 5kg のロードセルを取り付け, サンプル周期 0.005s で面的に越波波圧を計測した. 波圧の計測は 10 回繰り返して計測を行い, その平均値を用いた. また, 現地の防波フェンスの固有応答数は 10Hz 程度であり, 実験で用いた受圧板の固有応答数も縮尺を考慮して現地に合わせて行った. 実験縮尺は 1/40 とした.

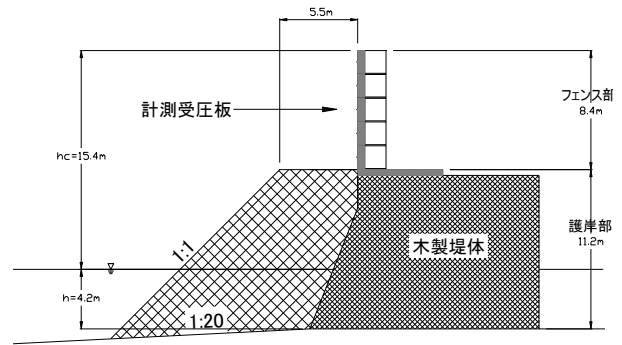


図-6 波圧実験模型

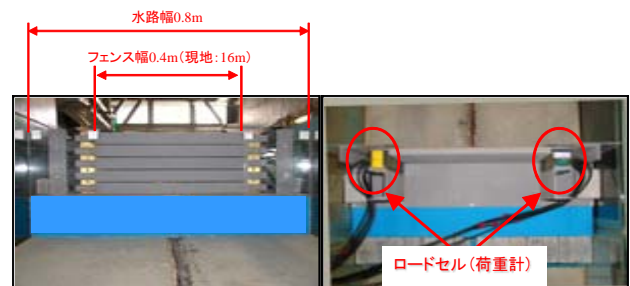


図-7 波圧計測模型

図-8は, 防波フェンス設置箇所に対して, 静水面からの無次元高さ  $z^*/H_{\text{max}}$  および無次元波圧  $p/\rho g H_{\text{max}}$  の関係を示している. 実験結果の傾向を示した実線は, 合田準用式による波圧分布の傾きには

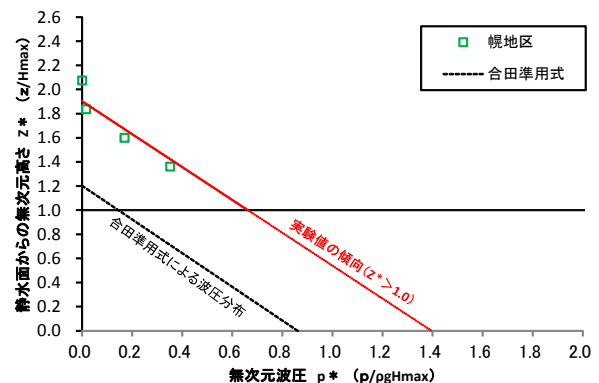


図-8 無次元波圧分布

ば等しく，波圧の作用高さおよび静水面における波圧は合田準用式のおよそ 1.6 倍になることが明らかとなった．よって，合田準用式における波圧の作用高さ  $\eta'$  および静水面における波圧強度  $p_1'$  に割増係数  $a$ 、 $b$  を乗じると以下のように表せる．

$$\eta' = a \cdot \eta^* \quad p_1' = b \cdot p_1 \quad (1)$$

今回の条件では、 $a$ 、 $b \doteq 1.6$  であった。

ここで対象とした海岸道路については、 $a$  および  $b$  の値は 1.6 を用いることとした．なお，波圧の割増は  $z^*=1.0$  以上の条件に適用するものとする．

## 5. 防波フェンスの設計

防波フェンスへの作用波圧は波圧実験結果に基づき合田式により求められた波圧の作用高さおよび波圧強度を 1.6 倍して設計を行った．防波フェンスは，既設護岸擁壁より反力を取る構造とすることが経済性の面などで望ましいが，作用波力が大きいため，ここでは独立した構造とし，**図-9**に示すL型擁壁の構造とした．また，防波フェンスには採光性に優れ景観にも配慮したポリカーボネイト折板を用いた．防波フェンスの設置状況を**写真-3**に示す．

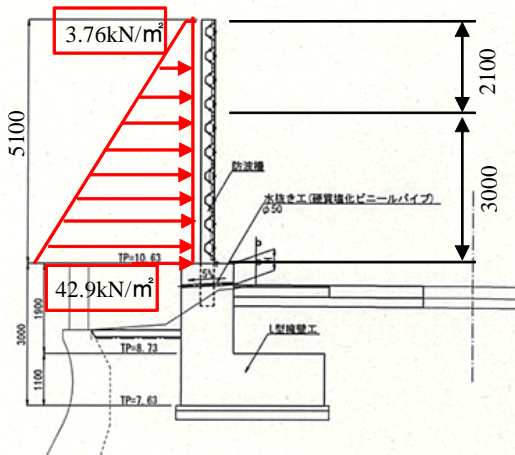


図-9 標準断面図

## 6. まとめ

国道231号浜益海岸における防波フェンスの設計について得られた主要な結論は以下のとおりである．

- ①防波フェンスの所要高さは，現地における 10 年確率波相当の越波観測結果を用いて求めた．
- ②浜益海岸幌地区の防波フェンスへの作用波圧を対象とした実験結果は，合田準用式による波圧分布の傾きにはほぼ等しく，波圧の作用高さおよび静水面における波圧は合田準用式のおよそ 1.6 倍にな

った．



写真-3 25年度に設置した防波フェンス

## 参考文献

- 1) 木村克俊，藤池貴史，上久保勝美，安部隆二，石本敬志：海岸道路における波の打ち上げ特性に関する現地観測，海岸工学論文集，第 45 巻，pp.676-680，1998.
- 2) 木村克俊，安田佳乃子，山本泰司，梅沢信敏，清水敏晶，佐藤隆：道路護岸における越波による通行障害とその対策について，海岸工学論文集，第 48 巻，pp.756-760，2001.
- 3) 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，海岸工学論文集，第 50 巻，pp.796-800，2003.
- 4) 木村克俊，古川諭，山本泰司，吉野大仁：海岸覆道用防波板の高波による被災特性とその再現実験，海岸工学論文集，第 53 巻，pp.871-875，2006.
- 5) 山本泰司，木村克俊，南部裕之，高橋元樹，今村晃久，熊木功治：国道 231 号湯泊地区の海岸道路における越波の観測と対策工の検討，海岸工学論文集，第 55 巻，pp.956-960，2008.
- 6) 上久保勝美，山本泰司，菅原健司，木村克俊，清水敏明：海岸道路を対象とした防波フェンスの被災事例とその再現実験，土木学会論文集 B2 (海岸工学)，Vol.B2-65，pp.821-825，2009.
- 7) 上久保勝美・菅原健司・山本泰司・木村克俊・今井浩平・小原康信・名越隆雄・北上正一：海岸道路用防波フェンスの必要高さ与作用波力に関する検討，土木学会論文集 B3 (海洋開発) Vol.B3-67，No.4，pp.862-867，2011.
- 8) 合田良実：CLASH データベースに基づく統一越波流量推定式の提案，海洋開発論文集，第 24 巻，pp.939-944，2008.

