

# 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について

(独)寒地土木研究所 寒冷沿岸域チーム ○上久保勝美  
菅原 健司  
山本 泰司

2006年10月の低気圧により、消波護岸に設置されていた防波フェンスの被災事例を分析した。当該低気圧がもたらした高波と異常潮位によって、消波ブロックが不完全となっている箇所において衝撃的な波圧が作用して防波フェンスが被災した。再現実験の結果、静的な荷重による防波フェンスの破壊限界値の約3.3倍に相当する波圧では防波フェンスの損傷はなく、約4.0倍に相当する波圧が作用した箇所において、防波フェンスの損傷による被災が生じたことが明らかになった。

キーワード：海岸道路，消波護岸，防波フェンス，水理模型実験

## 1. はじめに

海岸道路では、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防波フェンスがある。木村ら<sup>1)2)3)4)</sup>は、海岸道路の越波対策として、個別の事例に対する検討を行っている。しかしながら、越波飛沫による防波フェンスの標準的な設計法は確立しておらず、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。

北海道日高管内の国道336号、通称「黄金道路」は越波の多発地帯である。その越波対策として、防波フェンスの設置、覆道部にはポリカーボネードパネルおよびアラミドパネル板が設置されるなどの対応がなされていた。2006年10月の低気圧による高波により、目黒地区の道路護岸において、防波フェンスの損傷、覆道部のポリカーボネードパネルおよびアラミドパネル板が破損した。現地における防波

フェンスは、有孔型折曲鋼板を用いた自立型の構造であった。現地の道路護岸は、当該低気圧がもたらした50年確率波に相当する高波と異常潮位によって、消波ブロックが不完全となっている箇所において衝撃的な波圧が作用して防波フェンスが被災したものと推察される。

本研究では、防波フェンスが設置されている区間を対象にして、水理模型実験による被災再現実験を行うとともに、防波フェンスに作用する波圧特性について考察を行う。

## 2. 現地の被災状況

現地の覆道海側開口部にはポリカーボネードパネルおよびアラミドパネル板が設置されており、覆道部以外には有孔型折曲鋼板を用いた自立型防波フェンスが施工されていた。被災場所における損傷範囲を写真-1に示す。覆道部①は防波板の損傷、



写真-1 被災場所におけるフェンスの損傷箇所

フェンス部①およびフェンス部③は自立型防波フェンスの損傷が生じている。写真-2は自立型防波フェンスが陸側にたわんでいる状況である。フェンス部①およびフェンス部③では、被災した箇所と被災していない箇所がある。被災した護岸形状は、フェンス部①およびフェンス部③ともに、消波ブロックの天端幅は2個並び程度で天端高さは、被災が発生したと考えられる有義波高  $H_{1/3}$  の約  $0.6H_{1/3}$  程度であり、消波ブロックの法面勾配が 1:1 である。被災していない護岸形状は、消波ブロックの天端幅が 3個並び程度で天端高さは約  $0.6H_{1/3}$ 、消波ブロックの法面勾配が 1:2 である。フェンス部②については、防波フェンスの損傷はないが、消波ブロックの天端高さは水面付近まで沈下しており、法面勾配は 1:2 である。また、覆道部においては、消波ブロックが被覆されていない護岸形状であった。本研究では、防波フェンスが設置されている護岸に着目して検討を行う。

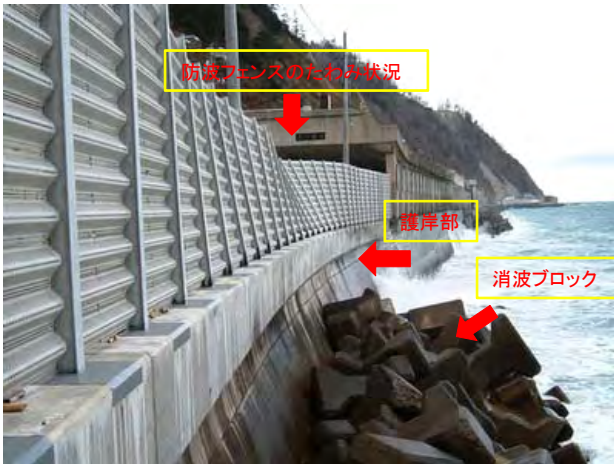


写真-2 自立型防波フェンスの損傷

### 3. 被災時の海象変化

図-1は、被災発生当時、被災箇所から約 60 km 北に位置する大津漁港沖の波浪観測地点（水深 22 m）における 2006 年 10 月 7 日 0 時～10 月 8 日 0 時までの波高、周期および潮位の時間変化を示している。10 月 8 日 3 時に最高波高  $H_{max}=11.66m$ 、有義波高  $H_{1/3}=7.44m$ 、有義波周期  $T_{1/3}=14.2 s$ 、潮位は十勝港において最高潮位 D.L.+1.54m が観測された。実験に用いる波浪条件は、この観測結果を参考にして決定した。

### 4. 実験方法

実験は、図-2に示す不規則波発生装置を備えた 2 次元造波水路（長さ 28.0m、幅 0.8m、深さ 1.0m）

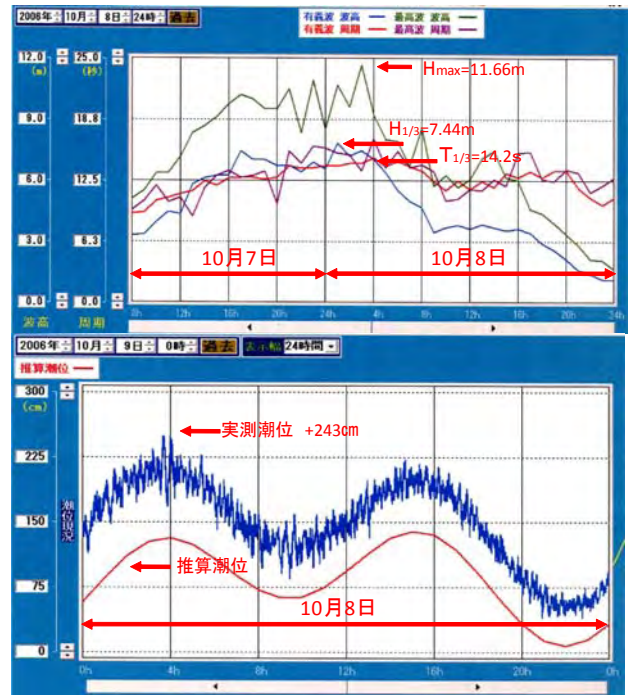


図-1 被災時の海象条件

で行った。実験は縮尺 1/30 の条件で行った。水路内の水平床の上に図-3に示す堤体模型を設置した。消波ブロックの設置形状は現地の消波ブロック配置図の横断面を参考にして、図-4に示す断面①～⑤を再現した。また、消波ブロック無しの断面⑥についても実験を行った。前面の海底勾配は  $i=1/30$  の一様斜面で行った。フェンス部には左右 6 台のロードセルを取り付けた。水深は 8.1cm 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。波浪条件は周期を  $T_{1/3}=1.83s, 2.19s$  および  $2.56s$  の 3 種類、波高  $H'_0=16.7 cm, 20.0 cm$  および  $23.3 cm$  とした。1 波群の作用波数は 150 波とした。波圧データのサンプリング周期を 0.005 s で取得し、これを統計解析した。

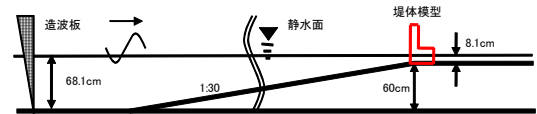


図-2 2次元造波水路

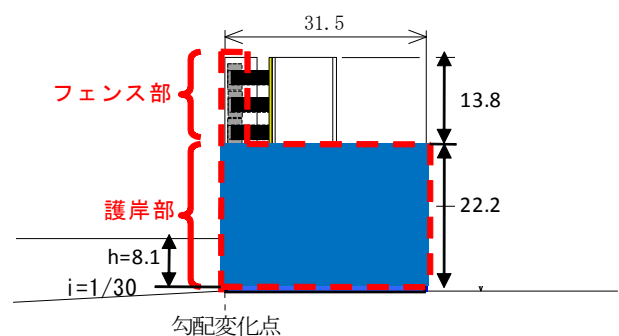


図-3 堤体模型



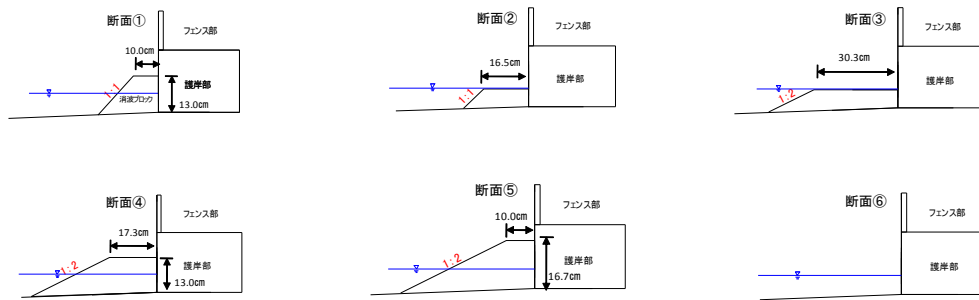


図-4 消波ブロックの形状

### 5. 消波ブロック形状による波の作用状況

写真-3は、断面①および⑤について、1波群中の最高波に相当する波がフェンス部に作用した状況を示したものである。写真-3(1)では、天端幅2個並び程度で天端高さは約 $0.8H_{1/3}$ 、法面勾配が1:1の形状である。先行した波の反射波と、その後続の進行波とが重複し、水塊となってフェンス部に衝撃的に作用する波面の形態が見られる。写真-3(2)は、天端幅は2個並び相当で天端高さは約 $0.8H_{1/3}$ 、法面勾配が1:2の形状である。法面上で砕波が生じて、空気を巻き込みながらフェンス部に波面が衝突しているのが確認できる。また、消波ブロックの天端高さが水面付近に位置する消波ブロック形状においても同様の波面形態が見られた。実験した消波ブロック形状①～⑤のフェンス部に作用する波面の形態は、概ねこの2パターンに分けられる。また、消波ブロックを設置しない場合は、断面①の波面の形態が見られる。

### 6. フェンス部の波圧特性

図-5は、フェンス部に作用する1波群中の最大合成波圧を①～⑥の断面をパラメータにして示したものである。被災が発生したと考えられる $H_{max}/h=1.420$ の条件に着目すると、断面①が最も大きい波圧を示している。消波ブロックの天端幅は、2個並び相当で天端高さは約 $0.8H_{1/3}$ 、法面勾配は1:1である。次に大きな波圧を示している断面⑤については、天端幅および天端高さともに、断面①と同じ条件ではあるが、法面勾配が1:2である。一方、断面④では、消波ブロックの天端幅は、3個並び相当で天端高さは約 $1.0H_{1/3}$ 、法面勾配は1:2であり、消波工を設置していない断面⑥とほぼ同じ波圧を示している。消波ブロックの法面勾配、天端幅および天端高さの条件によって、フェンス部に作用する波圧が異なることがわかる。何れの断面においても概ね、 $H_{max}/h$ が大きくなるとともに波圧も大きくなる傾向を示している。

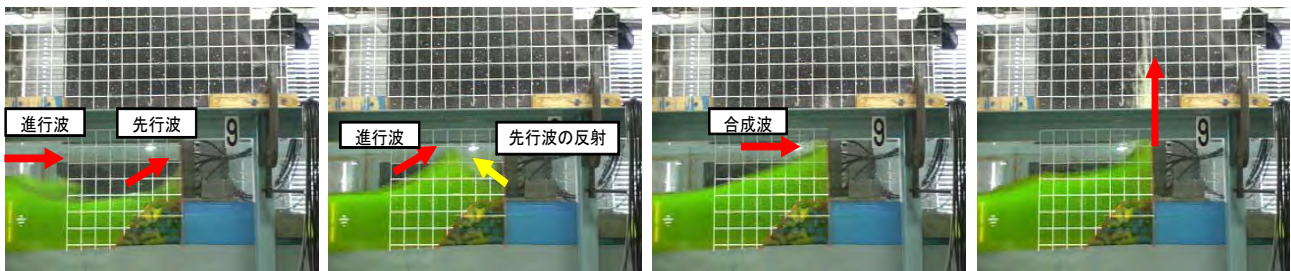


写真-3(1) 波の作用状況 (断面①)



写真-3(2) 波の作用状況 (断面⑤)

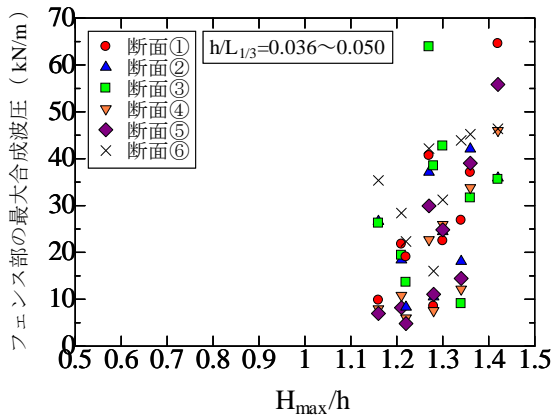


図-5 断面形状によるフェンス部の合成波圧

次に防波フェンスに作用する波圧分布について示す。防波フェンスに作用する波圧を求める手法としては、合田式による波圧算定法が一般に用いられている。また、上久保ら<sup>5)</sup>は消波工と本体工の天端高さが異なる条件での直立部に作用する波圧算定法を提案している。しかしながら、上久保ら<sup>5)</sup>による提案は、 $H_{max}/h$ が約0.8の条件における算定法であるため、本施設的设计波に相当する $H_{max}/h=1.420$ の条件では波圧特性が異なる。図-6は、被災が発生したと考えられる $H_{max}/h=1.420$ の条件において、フェンス部の最大合成波圧時の波圧分布を示したものである。実線は、被災が発生したと考えられる護岸前面での $H_{max}$ を用いた合田式による波圧分布を示している。港湾施設の技術上の基準・同解説<sup>6)</sup>では、水深が換算沖波波高の0.5倍程度以下の地点に合田式を適用する場合、計算に用いる波長、波高ともに換算沖波波高の0.5倍の水深における値とすることが望ましいと記述されているが、本報告では、護岸前面の $H_{max}$ を用いた計算値と実験値との比較を行った。防波フェンスへの作用波圧は合田式による波圧作用高さよりも高い位置に波圧が作用しているこ

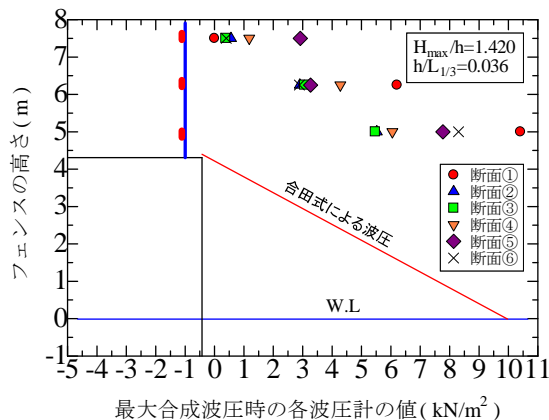


図-6 フェンス部の波圧分布

とがわかる。断面によっては、フェンス下端部においても約10kN/m<sup>2</sup>の波圧が作用しており、合田式による静水面における波圧相当がフェンス下端部に作用している。

## 7. 防波フェンスの被災箇所と作用波圧

現地に設置されていた防波フェンスの耐力を図-7に示す三角形分布を仮定して静的な荷重を作用させた条件で求めた。計算の結果、鋼材の降伏応力度から求めたフェンスの破壊限界値は、フェンス部①では16.0kN/m、フェンス部②では12.7kN/m、フェンス部③では13.9kN/mである。

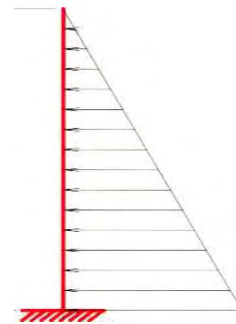


図-7 波圧分布

被災時に防波フェンスに作用した波圧について検証を行うために、図-4に示した断面の実験結果を消波ブロック配置図の横断図をもとに、図-8に示すフェンス部①～③に適用した。黒線が実験値を示し、赤線は鋼材の降伏応力度から求めたフェンスの破壊限界値を示している。フェンス部①およびフェンス部③で、計算値の約4.0～4.6倍の波圧が作用した箇所で防波フェンスが損傷しており、約2.9～3.3倍の波圧では防波フェンスが損傷していないことがわかる。フェンス部②は、計算値の約2.8倍の波圧が作用しているが防波フェンスの損傷は生じていない。防波フェンスには衝撃的な波圧が作用する場合があるが、衝撃的な波圧の動的応答性との関係については未解明であるため、衝撃的な波圧の作用を考慮しない静的な荷重を作用させた場合、約3.0倍に相当する波圧が作用しても防波フェンスの損傷が生じなかったものと考えられる。したがって、静的な荷重を作用させた場合の防波フェンスの破壊限界値の約3.3倍に相当する波圧では、フェンスの損傷は確認されておらず、約4.0倍に相当する波圧が作用した箇所においてフェンスの損傷が生じたことが明らかになった。

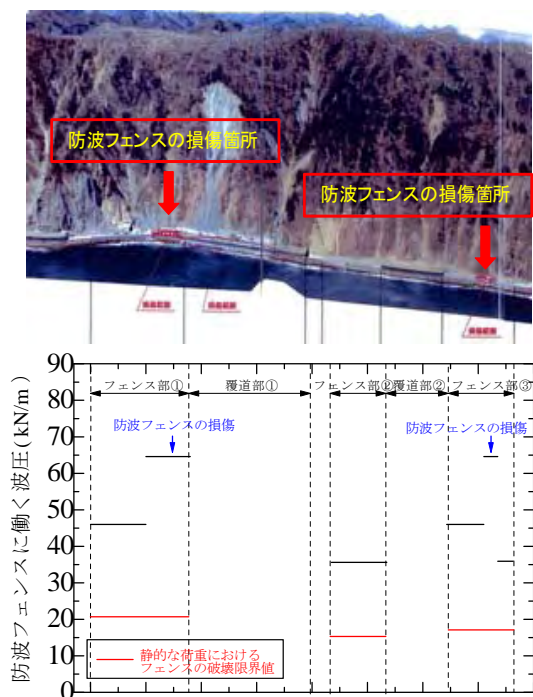


図-8 被災箇所と作用波圧の関係

## 8. まとめ

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に関して得られた主要な結論は以下のとおりである。

- ①消波ブロック被覆形状の違いによる波圧特性について示した。
- ②被災時の波浪条件において、防波フェンスに作用する波圧分布を示した。
- ③静的荷重による防波フェンスの破壊限界値の約 3.3 倍に相当する波圧では防波フェンスの損傷はなく、約 4.0 倍に相当する波圧が作用した箇所において、防波フェンスの損傷による被災が生じたことが明らかになった。

本報告で示した現地における被災事例の検討に際しては、北海道開発局室蘭開発建設部道路 2 課および浦河道路事務所の協力を得た。ここに記して、厚く感謝の意を表する次第である。

## 参考文献

- 1) 木村克俊・安田佳乃子・山本泰司・梅沢信敏・清水敏晶・佐藤隆 (2001)：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.
- 2) 木村克俊・浜口正志・岡田真衣子・清水敏晶 (2003)：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.
- 3) 木村克俊・吉川諭・山本泰司・吉野大仁 (2006)：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.
- 4) 山本泰司・木村克俊・南部裕之・高橋元樹・今村晃久・熊木功治 (2008)：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.
- 5) 上久保勝美・山本泰司・梅沢信敏・木村克俊・土井善和 (2001)：消波工と本体工の天端高さが異なる消波ブロック被覆堤の水利特性，海岸工学論文集，第 48 巻，pp.706-710.
- 6) 国土交通省港湾局監修 (2007)：港湾の施設の技術上の基準・同解説，社団法人日本港湾協会，p.202.