

海岸護岸の防波フェンスへの作用波力に関する研究

研究予算：運営費交付金（一般勘定）

研究期間：平 26～平 29

担当チーム：寒冷沿岸域チーム

研究担当者：上久保勝美, 酒井和彦, 中嶋雄一,
増田亨

【要旨】

水深が浅い海岸付近に整備された護岸では、背後の施設を高波から守る対策の1つとして、防波フェンスの設置が実施されている。防波フェンスに作用する主要外力である波力の算定に当たっては、直立壁に作用する合田式を用いることが多い。しかし、この合田式による波力に基づき設計、設置された防波フェンスの中には波浪により防波フェンスが損壊した事例が見受けられ、現地の水深が浅い条件を考慮した合理的な波力算定法が求められているところである。こうした背景を踏まえ、水理模型実験により護岸に設置した防波フェンスに作用する波圧特性や波力を設定する際の留意点について検討を行った。護岸構造としては、消波工付護岸（以下、消波護岸とよぶ）および消波工無護岸（以下、直立護岸とよぶ）を対象とした。その結果、消波護岸では消波工を拡幅することで波力を低減することが可能である一方で、波高に比べて天端高が低い場合には、拡幅するとかえって波圧が増大する場合があることが分かった。直立護岸では、波圧の作用高は合田式とほぼ同じである一方で、波圧の大きさは合田式と比較して大きく、波高が高くなるほど乖離が大きいことが分かった。

キーワード：海岸護岸、消波護岸、直立護岸、防波フェンス、波力

1. はじめに

水深が浅い海岸付近に整備された護岸では、高波によって背後に位置する道路の交通障害や建物の損壊などの被害が発生している。護岸背後の施設を高波から守る対策としては、消波ブロックの設置のほか、防波フェンスの設置等による対策が実施されてきた。防波フェンスによる対策は、道路護岸天端に越波を遮蔽するフェンスを設置して、道路への越波の侵入を防ぐ工法である。道路用地内で対策可能であり、フェンスが高い場合には透光性のある材質（ポリカーボネイト）を使用することによって、運転者への圧迫感を軽減できる。

防波フェンスの設計に際し、主要外力である波力算定については、海岸施設の現設計法において用いられている直立壁に作用する波力算定式である合田式¹⁾による場合が多い。しかし、写真1～2に示すように、この設計によって実際に設置された防波フェンスの中には波浪により、板材の破損や支柱の折れ曲がり等の被災が発生している。これらの被災事例の要因の一つとして、合田式は防波フェンスに作用する波力を過小評価していることが考えられる。

水深が浅い海岸に整備される護岸では、合田式の適用が困難であり、現地での条件を考慮した合理的な波

力算定法が求められている。これに関して、木村ら^{2) 3) 4) 5)}、山本ら⁶⁾、上久保ら^{7) 8)}が、ある特定の地区を対象として被災事例の分析および水理模型実験を実施し、防波フェンスに作用する波力は合田式による算定波力よりも大きいことを明らかにした上で、防波フェンスの設計においては波圧の割増しを行うことが必要、との提案を行っている。

こうした背景を踏まえ、波力算定に資する提案を行うことを目的として、水理模型実験により消波護岸および直立護岸に設置した防波フェンスに作用する波圧特性や波力を設定する際の留意点について検討した。



写真-1 板材の破損状況

2. 消波護岸における防波フェンスへの作用波力

2.1 実験方法

実験は、道路護岸を有する北海道の A 海岸を想定して実施した。図-1 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）に海底勾配 $i=1/20$ の一様斜面に続く水平床を設けた。道路護岸における水深は $h=4.2\text{m}$ で一定とした。実験波は A 海岸の 50 年確率波である Bretschneider・光易型のスペクトルを有する不規則波とし、波高は $H_0=8.0\text{m}$ 、周期は $T_0=14\text{s}$ で一定として 150 波作用させた。実験縮尺は 1/40 とした。実験模型断面の一例を図-2 に示す。また、護岸の天端高は $h_c=+4.5\text{m}$ 、 $+7.0\text{m}$ および $+8.5\text{m}$ の 3 種類とし、消波工天端高は護岸天端高に合わせた。フェンス部は写真-3 に示す護岸本体の天端上に設置したフェンスに見立てた 5 枚の受圧板の両端に、定格 50N のロードセルを取り付け、サンプリング周期を 0.005s として面的に波圧を計測した。波圧の計測は 10 回繰り返し計測を行い、その平均値を用いた。また、消波工天端幅が波圧に与える影響を調べるために、消波工の天端幅 $B_c=5.5\text{m}$ 、 9.7m および 13.9m とした。

2.2 波の作用状況

写真-4 (1) ~ (3) は、護岸の天端高 $h_c=+4.5\text{m}$ 、 $+7.0\text{m}$ および $+8.5\text{m}$ ごとに、消波工の天端幅を $B_c=5.5\text{m}$ 、 9.7m

および 13.9m に変化させて、防波フェンスに作用する波圧合力が最大となる波の入射~衝突を示したものである。

以下、護岸天端高ごとの波の作用状態について述べる。

2.2.1 $h_c=+4.5\text{m}$

$B_c=5.5\text{m}$ の場合、消波工法面に沿って遡上してきた波頭部が打ち上がる。ここで、消波工天端幅 B_c が十分広い場合には波頭部は、その後落下すると思われるが、この条件では消波工天端幅が狭いために波頭部が最高点に達した状態で水平方向に防波フェンスに衝撃的に衝突している。

$B_c=9.7\text{m}$ では、消波工天端幅は $B_c=5.5\text{m}$ の場合と比較して広いため、打ち上がった波頂部がやや落下して衝突している。

$B_c=13.9\text{m}$ の場合は、衝突時にさらに波頭部が落下している。ここで、衝突時（各写真の最下段）の消波工天端から水面までの流体部分を水脈と呼び、その厚さを水脈厚と呼ぶことにすると、消波工天端幅が広いほど、フェンスに衝突する際の水脈厚が薄くなるといえる。

2.2.2 $h_c=+7.0\text{m}$

$B_c=5.5\text{m}$ では $h_c=+4.5\text{m}$ と同様の衝突形態を示す。ただし、消波工天端高が高いため、水脈厚は $h_c=+4.5\text{m}$



写真-2 支柱の折れ曲がり状況

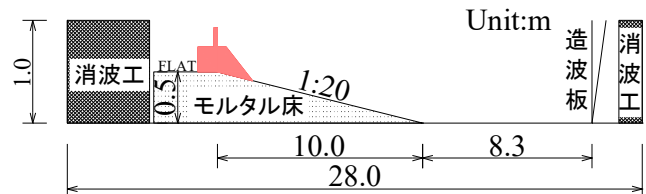


図-1 2次元造波水路（消波護岸に関する実験）

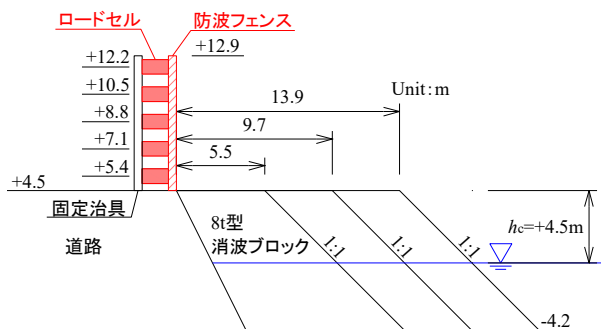


図-2 実験模型例 ($h_c=+4.5\text{m}$)

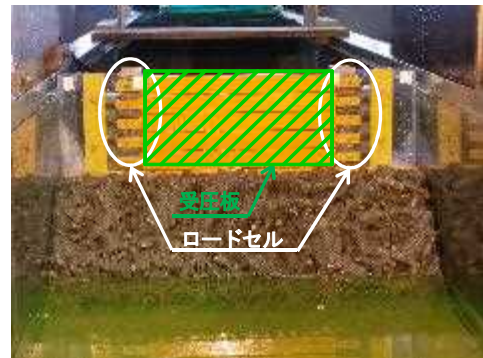


写真-3 実験模型設置状況（正面）

の条件と比較して薄い。

$B_c=9.7\text{m}$ では打ち上がった波頭部が消波工天端上に落下した後に流れとなって衝突している。

$B_c=13.9\text{m}$ では、遡上した波は消波工天端上で水脈を形成するまでには至らず、打ち上がった波頭部が分離して、気泡を含む水塊となって衝突している。衝突範囲はフェンス基部が中心であるが、水塊の一部は防波

フェンス上方に達している。

2.2.3 $h_c=+8.5\text{m}$

$B_c=5.5\text{m}$ では、ほかの消波工天端高と同様の衝突形態を示す。ただし、消波工天端高が最も高いため、水脈厚は最も薄い。

$B_c=9.7\text{m}$ では、 $h_c=+7.0\text{m}$ 、 $B_c=13.9\text{m}$ と同様の衝突形態である。なお、消波工天端高が $h_c=+7.0\text{m}$ と比較して

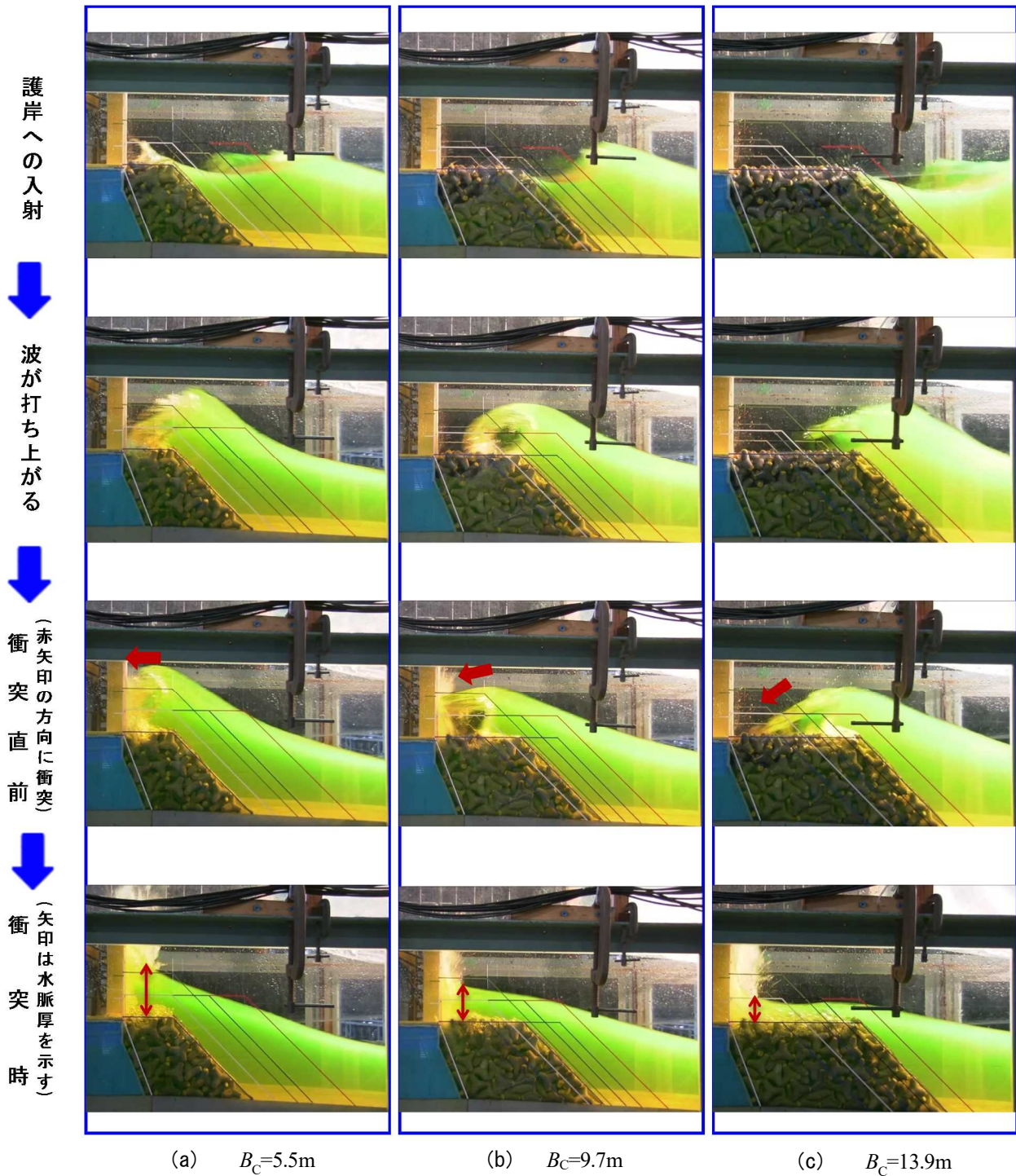


写真-4 (1) 波の作用状況 ($h_c=+4.5\text{m}$)

護岸への入射



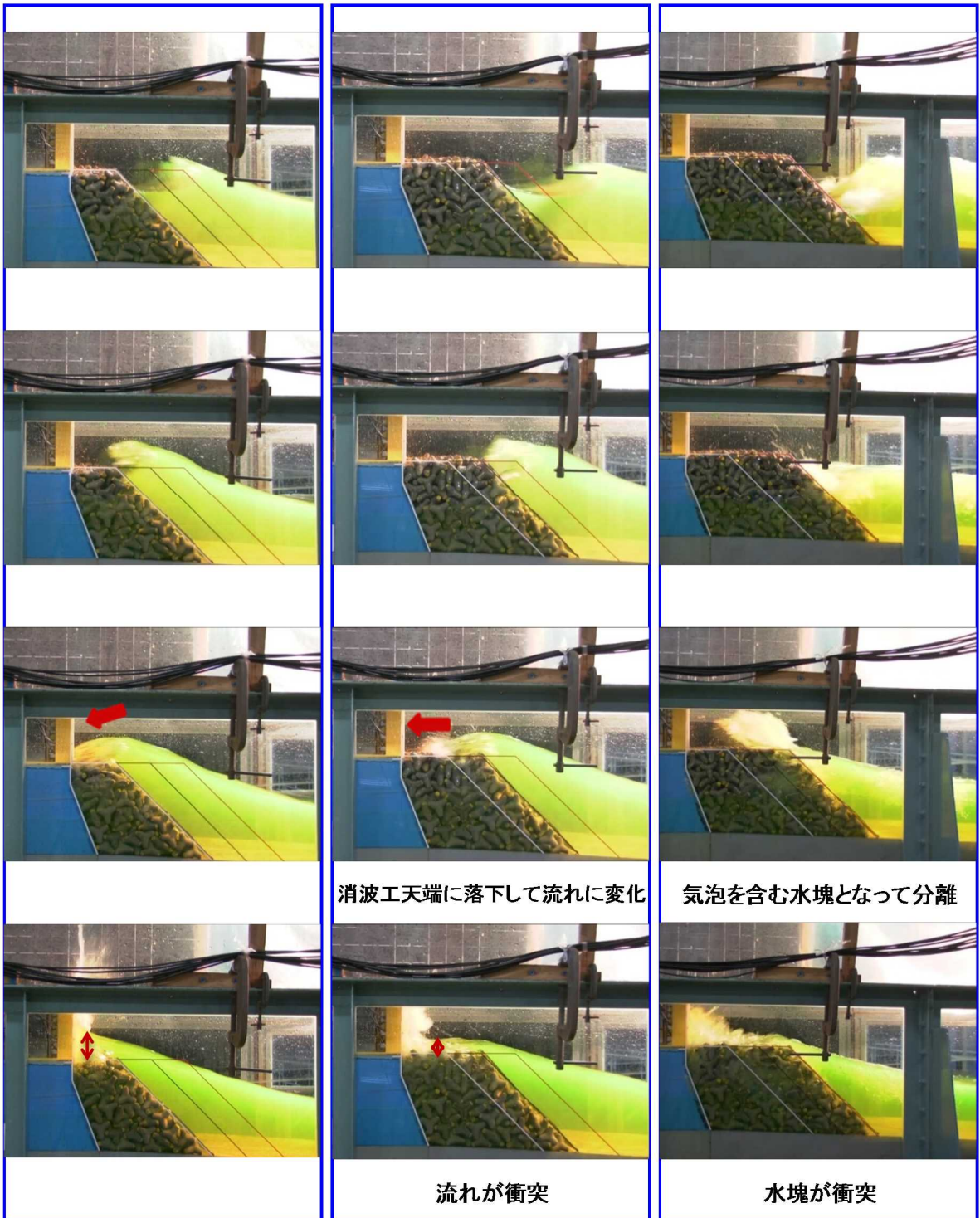
波が打ち上がる



(赤矢印の方向に衝突)
衝突直前



(矢印は水脈厚を示す)
衝突時



(a) $B_c=5.5\text{m}$

(b) $B_c=9.7\text{m}$

(c) $B_c=13.9\text{m}$

写真-4 (2) 波の作用状況 ($h_c=+7.0\text{m}$)

護岸への入射



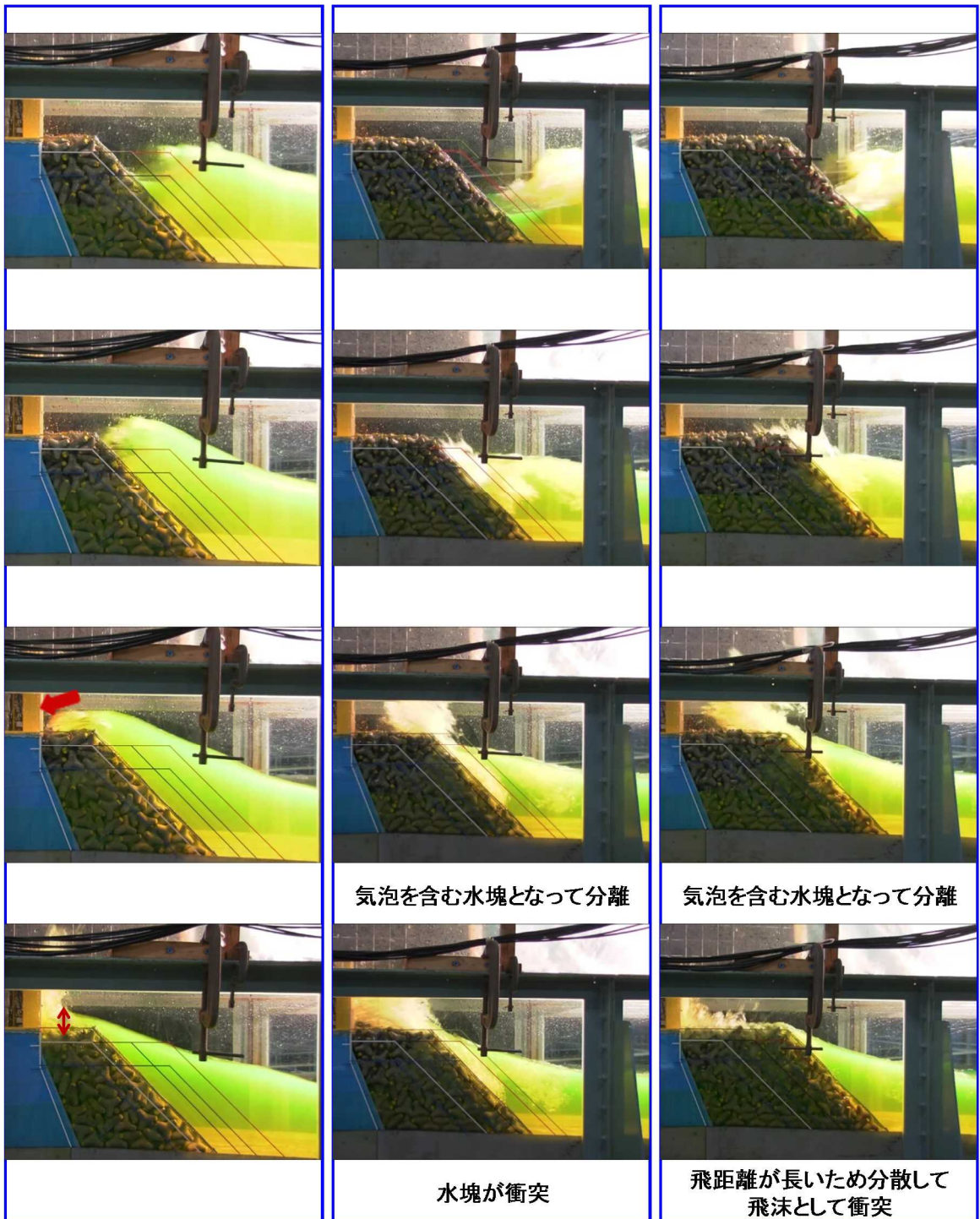
波が打ち上がる



衝突直前
(赤矢印の方向に衝突)



衝突時
(矢印は水脈厚を示す)



(a) $B_c=5.5\text{m}$

(b) $B_c=9.7\text{m}$

(c) $B_c=13.9\text{m}$

写真-4 (3) 波の作用状況 ($h_c=+8.5\text{m}$)

高いため、水塊の大きさは小さい。

$B_C=13.9\text{m}$ では水塊が形成されるものの、消波工天端幅が広いので、水塊が分散して飛沫となって衝突する。

2.3 波圧特性

図-3 (1) ~ (3) は、高さ方向における波圧強度を示している。縦軸に静水面からの高さ z と護岸位置における模型に作用させた 150 波の内、最大の波高 H_{\max} との比である $z^*=z/H_{\max}$ を示している。横軸に単位面積当たりの無次元波圧強度 $p^*=p/\rho_0 g H_{\max}$ を示している。

また、実験条件として護岸天端高を $h_c=+4.5\text{m}$, $+7.0\text{m}$ および $+8.5\text{m}$ ごとに、消波工天端幅を $B_C=5.5\text{m}$, 9.7m および 13.9m に変化させている。なお、プロットは防波フェンスに作用する合成波力が最大となる瞬間の各受圧板の値を示しており、その値は 10 回の測定値の平均値である。無次元高さは各受圧板の中央の高さとした。最下段および下から 2 番目の測定点に作用する波圧には標準偏差も示している。また、図中には合田式により求めた波圧を実線で示している。一方、既往研究として、上久保ら⁸⁾は、条件が $H_{\max}/h=1.14\sim 1.42$, $h_c/H_{\max}=1.0$ 以上という限られた条件の下、防波フェンスに作用する波圧は合田式よりもその大きさと作用高さが增大するとして、波圧の作用高さおよび静水面における波圧は合田式のおよそ 1.6 倍とすることを提案している。本実験条件は $H_{\max}/h=1.96$, $h_c/H_{\max}=0.545\sim 1.030$ であり、上記、上久保らの実験条件の範囲外であるが、参考として上久保らの手法による計算結果を点線で示す。

以下、護岸天端高ごとの波圧特性について述べる。

2.3.1 $h_c=+4.5\text{m}$ (図-3 (1))

$B_C=5.5\text{m}$ の場合 (図中、○印)、波が最高点に打ち上がった状態で防波フェンスに衝突するため、水脈厚が最も厚い。このため、波圧の作用高は防波フェンスの天端 $z^*=1.56$ 付近に達し、全ケースの中で最も高い。波圧の大きさはフェンス下部ほど大きいことが分かり、 $z^*>1.0$ における波圧は合田式と比較して大きく、上久保らによる提案手法と比較して同値以下である。一方で、 $z^*<1.0$ では合田式および上久保らによる提案手法と比較して大きい。波の作用状況を確認すると、写真-5 (1) に示すようにフェンス下部に位置する受圧板 A および B には波の胴部が衝突していることに対して、受圧板 C には波頭部が衝突している。両者の衝突時における水平方向の質量は胴部の方が大きいため、防波フェンスの下部ほど大きなエネルギーを受け、したがって、防波フェンス下部の波圧の増加割合が大きくなったものと考えられる。

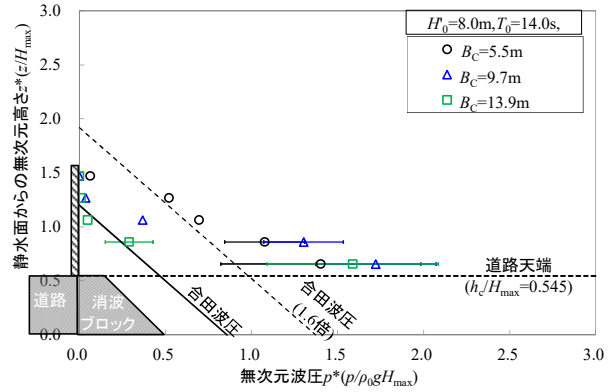


図-3 (1) 無次元波圧分布 ($h_c=+4.5\text{m}$)

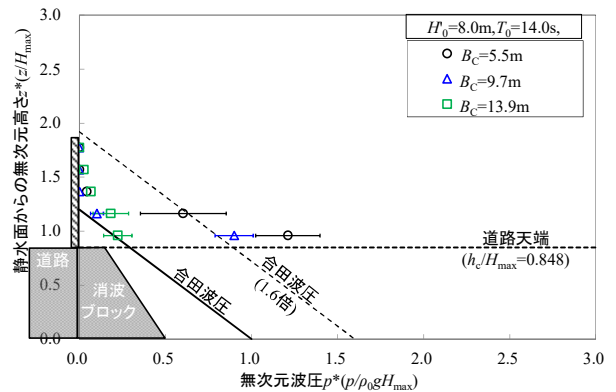


図-3 (2) 無次元波圧分布 ($h_c=+7.0\text{m}$)

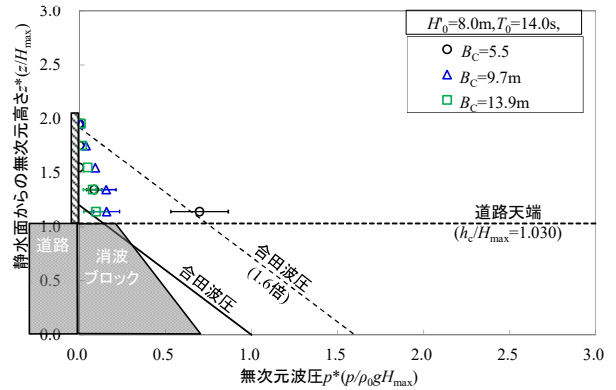


図-3 (3) 無次元波圧分布 ($h_c=+8.5\text{m}$)

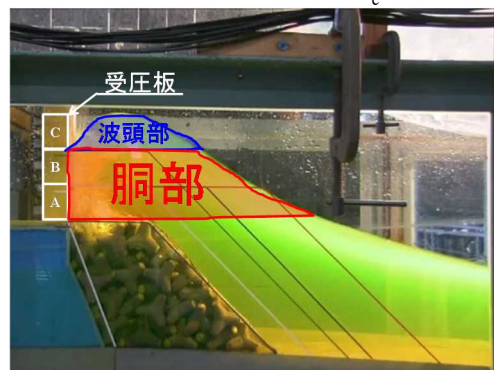


写真-5 (1) 波の作用状況と受圧板位置 ($h_c=+4.5\text{m}$, $B_C=5.5\text{m}$)

$B_c=9.7\text{m}$ の場合 (図中, \triangle 印), 波圧の作用高は $z^*=1.27$ 付近であり, 合田式を若干上回る一方で, 上久保らの手法よりも低い. 波圧の大きさはフェンス下部ほど大きいことが分かり, $z^*>1.0$ における波圧は合田式よりも大きい, 上久保らによる提案手法と比較して小さい. 一方で, $z^*<1.0$ では合田式および上久保らによる提案手法と比較して大きい. また, 最下段および下から2番目に作用する波圧は $B_c=5.5\text{m}$ の場合と比較して大きい. これは, $B_c=5.5\text{m}$ の場合では受圧板 A および B に作用するのは波の胴部だけであるが, $B_c=9.7\text{m}$ では写真-5 (2) に示すように胴部だけではなく落下してきた波頭部も同時に衝突することから, 衝突時のエネルギーが集中するためであると考えられる.

$B_c=13.9\text{m}$ の場合 (図中, \square 印), 波圧の作用高は $z^*=1.06$ 付近であり, 合田式とほぼ同じである. 一方, 上久保らの手法よりも低い. 波圧はフェンス下部ほど大きいことが分かり, $z^*>1.0$ における波圧は合田式とほぼ同じであり, 上久保らによる提案手法と比較して小さい. $z^*<1.0$ では合田式および上久保らによる提案手法と比較して大きい. また, 最下段の測定点に作用する波圧を $B_c=5.5\text{m}$ の場合と比較すると大きい. これは, $B_c=7.9\text{m}$ と同様に落下してきた波頭部も同時に衝突することから, エネルギーが集中するためであると考えられる. また, $B_c=9.7\text{m}$ の場合と比較すると小さい. この理由は, $B_c=9.7\text{m}$ と比較して天端幅が広いため, 波の胴部が消波工天端上を通過する際に生じる消波工天端面との摩擦によるエネルギー損失が大きいことが考えられる.

以上より, $h_c=+4.5\text{m}$ の条件における波圧の大きさは合田式と比較して大きく, 上久保らによる提案手法と比較するとフェンス上部においては小さく, フェンス

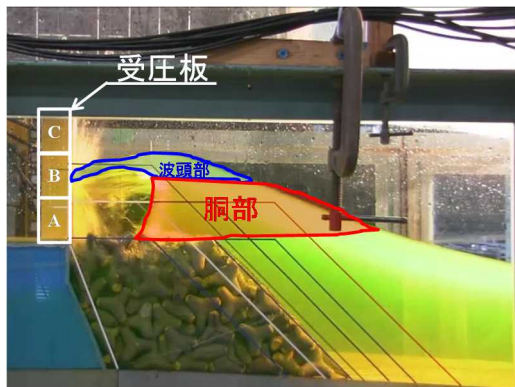


写真-5 (2) 波の作用状況と受圧板位置
($h_c=+4.5\text{m}$, $B_c=9.7\text{m}$)

下部では大きいことが分かった. また, フェンス下部の波圧は消波工天端幅が広い方が大きくなる場合もあることが分かった.

2.3.2 $h_c=+7.0\text{m}$ (図-3 (2))

$B_c=5.5\text{m}$ の場合 (図中, \circ 印), 波圧の作用高は $h_c=+4.5\text{m}$, $B_c=5.5\text{m}$ と同様に $z^*=1.50$ 付近であり, 合田式よりは高いが, 上久保らによる提案手法よりは低い. $z^*>1.0$ における波圧を合田式と比較すると大きく, 上久保らによる提案手法と比較して同値以下である. $z^*<1.0$ では合田式および上久保らによる提案手法と比較して大きい. 最下段 ($z^*=0.96$) における波圧は $h_c=+4.5\text{m}$, $B_c=5.5\text{m}$ の同じ高さの測定点の値と比較すると, $h_c=+7.0\text{m}$ の方がやや大きい. したがって, 消波工天端幅を変えずに嵩上げしても, 同じ高さにおける波圧は低減されずに, かえって大きいことがある場合がある.

$B_c=9.7\text{m}$ の場合 (図中, \triangle 印), 波圧の作用高は $z^*=1.37$ 付近であり, 合田式よりも高いが, 上久保らによる提案手法よりは低い. 波圧はフェンス下部ほど大きいことが分かり, 最下段では合田式よりも大きく, 上久保らによる提案手法よりやや大きい. また, 下から2番目の測定点では合田式よりもやや大きく, 上久保らによる提案手法とほぼ同じである. また, 最下段の波圧を $B_c=5.5\text{m}$ と比較すると小さい. この理由は前節で述べたように打ち上がった波頭部が消波工天端上に落下した後に流れとなって衝突していることから, 波頭部と胴部が直接衝突している $B_c=5.5\text{m}$ と比較して衝突エネルギーが小さいためと考えられる.

$B_c=13.9\text{m}$ の場合 (図中, \square 印), 波圧の作用高は $z^*=1.77$ 付近であり, 合田式よりも高いが, 上久保らによる提案手法よりは低い. また, 作用高は $B_c=5.5\text{m}$ および 9.7m と比較して高い. これは, 前節で述べたように打ち上がった波頭部が分離して水塊となって, 防波フェンス基部を中心に上方まで衝突していることが要因であると考えられる. 波圧はフェンス下部ほど大きいことが分かり, 合田式と比較するとやや大きい, 上久保らの提案手法と比較すると小さい. また, $B_c=5.5\text{m}$ および $B_c=9.7\text{m}$ の条件と比較して, 波圧は大幅に小さい. この理由は, $B_c=5.5\text{m}$ および $B_c=9.7\text{m}$ では波が衝突することに対して, $B_c=13.9\text{m}$ では水塊が衝突するため, 衝突時の水量が最も少なく, 防波フェンスが受ける衝突エネルギーが小さくなることが考えられる.

以上より, $h_c=+7.0\text{m}$ の条件における波圧の大きさは合田式と比較して大きく, 上久保らによる提案手法と

比較するとフェンス上部においては小さく、フェンス下部では大きいことが分かった。また、消波工天端幅を広げることで衝突形態を波の衝突から水塊の衝突に変化させて、フェンス下部に作用する波圧を大幅に低減させられることが分かった。

2.3.3 $h_c=+8.5\text{m}$ (図-3 (3))

$B_c=5.5\text{m}$ の場合 (図中, ○印), 波圧の作用高は $h_c=+4.5\text{m}$ および $+7.0\text{m}$ の $B_c=5.5\text{m}$ と同様に $z^*=1.50$ 付近である。波圧はフェンス下部ほど大きいことが分かり、合田式と比較すると大きく、上久保らによる提案手法と比較するとフェンス上部では小さく、最下段ではほぼ同じ値である。この断面では最下段 ($z^*=1.14$) における波圧は $h_c=+4.5\text{m}$ および $+7.0\text{m}$ の同じ高さの測定点の値とほぼ同じである。

$B_c=9.7\text{m}$ の場合 (図中, △印), 前節で述べたように打ち上がった波頭部分が分離して水塊となって、防波フェンス基部を中心に上方まで衝突していることから、波圧の作用高は $z^*=1.75$ 付近である。波圧はフェンス下部ほど大きいことが分かり、合田式と比較すると大きく、上久保らによる提案手法と比較すると小さい。また、波圧は $B_c=5.5\text{m}$ と比較してすると、20%程度と大幅に小さい。この理由は、打ち上がった波頭部分が波から分離して気泡を含む水塊として衝突しているため、波が衝突する $B_c=5.5\text{m}$ と比較して質量が小さいため、衝突エネルギーが小さいことが要因と考えられる。

$B_c=13.9\text{m}$ の場合 (図中, □印), 水塊が形成された後に飛沫に変形して衝突していることから、衝突範囲が広く、波圧の作用高は $z^*=1.75$ 付近である。波圧はフェンス下部ほど大きいことが分かり、合田式と比較すると大きく、上久保らによる提案手法と比較すると小さい。また、波圧は $B_c=5.5\text{m}$ と比較してすると、15%程度と大幅に小さい。この理由は、 $B_c=13.9\text{m}$ では衝突形態が波から飛沫の衝突に変化しているためであると考えられる。一方、 $B_c=9.7\text{m}$ と比較すると、80%程度であり、衝突形態が水塊から飛沫に変化しても、波圧はあまり低減されない。

以上より、 $h_c=+8.5\text{m}$ の条件における波圧の大きさは合田式と比較して大きく、上久保らによる提案手法と比較すると小さいことが分かった。また、 $h_c=+7.0\text{m}$ の条件と同様に消波工天端幅を広げることで衝突形態を波の衝突から水塊または飛沫の衝突に変化させて、フェンス下部に作用する波圧を大幅に低減させられることが分かった。

2.4 まとめ

本章における水理模型実験の結果から、消波護岸に設置した防波フェンスの波圧特性について、以下に示す。

- 1) 波圧の作用高は合田式と比較すると高く、上久保らによる提案手法と比較すると低い傾向にある。
- 2) 波圧はフェンス下部ほど大きく、合田式と比較すると大きく、上久保らによる提案手法と比較するとフェンス上部においては小さく、フェンス下部では大きいことが分かった。この要因は本研究の実験条件が上久保らによる提案手法の適用範囲外であるためと考えられる。したがって、設計に当たっては水理模型実験を行うことが望ましいと考えられる。
- 3) 消波工天端幅を変えずに嵩上げする場合、フェンス下部に限って、嵩上げ前後で静水面から同じ高さにおける波圧の大きさは、ほとんど変わらないことが分かった。また、消波工天端幅によっては、嵩上げ後に波圧が大きくなるケースもあった。したがって、消波工天端幅を変えずに嵩上げする場合には、水理模型実験により、波圧を確認することが望ましいと考えられる。
- 4) 消波工天端幅 B_c を広げることで衝突形態を変化させて、防波フェンスに作用する波圧を低減させることが可能であると考えられる。ただし、護岸の天端高が $h_c/H_{\max}=0.5$ (本実験では $h_c=+4.5\text{m}$ に相当) 程度と低い場合に消波工天端幅を広くすると、防波フェンス基部に衝突エネルギーが集中することにより、かえって波圧が増大する傾向があった。

3. 直立護岸における防波フェンスへの作用波力

3.1 実験方法

実験は、図-4 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) を用いて行った。海底勾配 $i=1/30$ の一様斜面に続く水平床を設けた。水深は $h=2\text{m}$ 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。周期は $T_0=10, 12$ および 14s の3種類、波

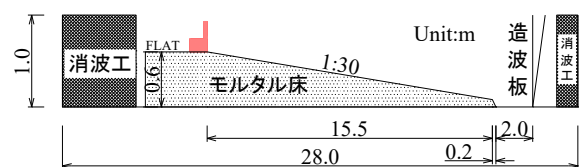


図-4 2次元造波水路 (直立護岸に関する実験)

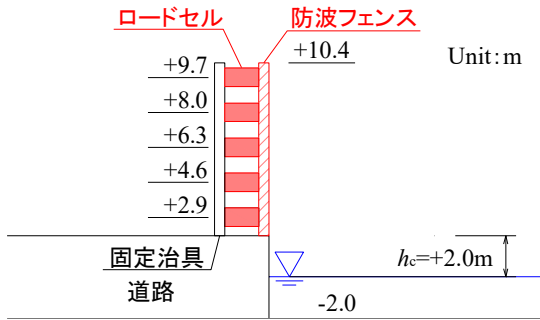


図-5 直立護岸実験模型

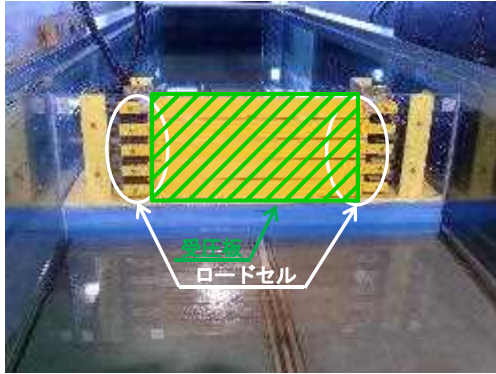


写真-6 直立護岸実験模型設置状況 (正面)

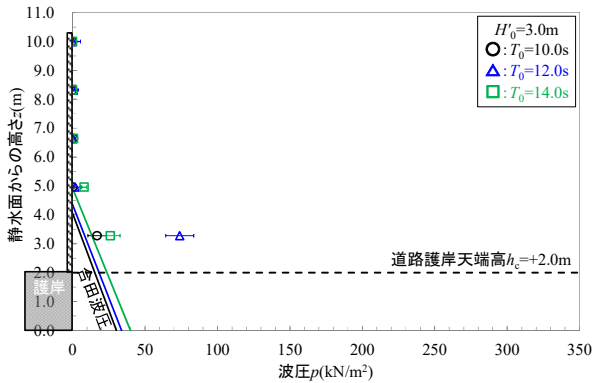


図-6 (1) 波圧分布 ($H_0=3.0\text{m}$)

高は $H_0=3, 4, 5, 6$ および 7m の 5 種類とし、それぞれ 150 波ずつ模型に作用させた。実験模型を写真-6 に示す。実験模型断面図を図-5 に示す。なお、海底勾配や水深、波浪条件は北海道内において、高波浪時に越波や護岸背後の道路における通行止めなどの事象が発生している施設の条件を勘案して決めた。フェンス部は、護岸本体の天端上に設置したフェンスに見立てた 5 枚の受圧板の両端に、定格 50N のロードセルを取り付け、サンプリング周期 0.005s で面的に波圧を計測した。波圧の計測は 5 回繰り返し計測を行い、その平均値を用いた。実験縮尺は $1/40$ とした。

3.2 波圧特性

図-6 (1) ~ (5) は、各換算沖波波高 H_0 の波圧分布を示している。なお、静水面を基準としており、 $z=0$ が

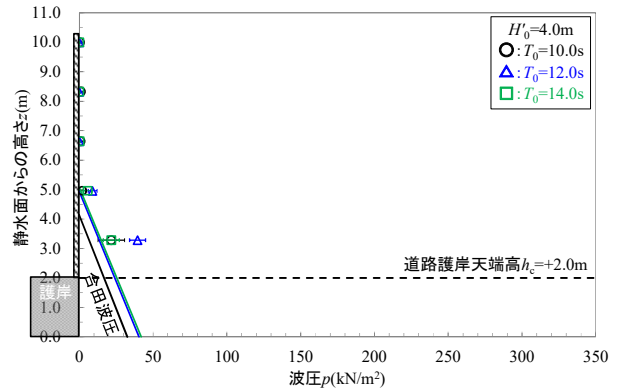


図-6 (2) 波圧分布 ($H_0=4.0\text{m}$)

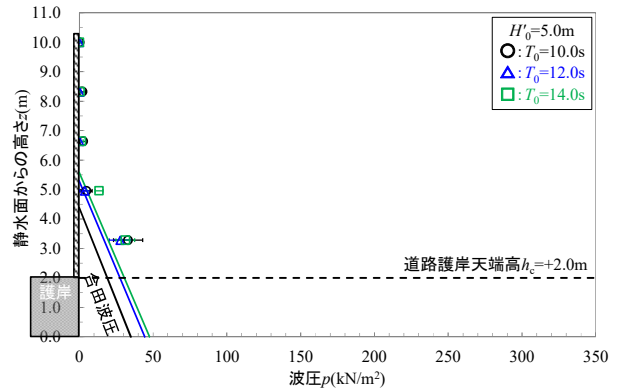


図-6 (3) 波圧分布 ($H_0=5.0\text{m}$)

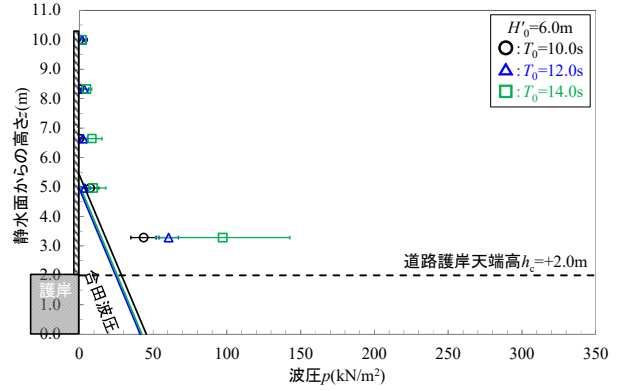


図-6 (4) 波圧分布 ($H_0=6.0\text{m}$)

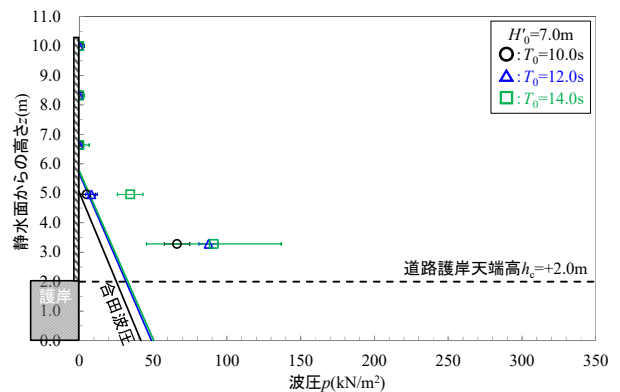


図-6 (5) 波圧分布 ($H_0=7.0\text{m}$)

静水面である。フェンスに作用する波力算定法は、合田式¹⁾を用いているのが一般的であることから、図中には、合田式による計算値を実線で示している。

いずれのケースにおいても、波圧の作用高は合田式とほぼ同じである。波圧の大きさは静水面に近いほど大きくなる傾向にある。また、 H_0 が大きくなるにつれて、合田式からの乖離が大きい。このため、直立護岸の防波フェンスを合田式で設計すると、過小になる。したがって、設計に当たっては水理模型実験を行うことが望ましい。

4. 主要な結論

本研究で得られた主要な結論は以下のとおりである。

4. 1 消波護岸における防波フェンスへの作用波力

- 1) 波圧の作用高は合田式と比較すると高く、上久保らによる提案手法と比較すると低い傾向にある。
- 2) 波圧はフェンス下部ほど大きく、合田式と比較すると大きく、上久保らによる提案手法と比較するとフェンス上部においては小さく、フェンス下部では大きいことが分かった。この要因は実験条件が上久保らによる提案手法の適用範囲外であるためと考えられる。したがって、設計に当たっては水理模型実験を行うことが望ましいと考えられる。
- 3) 消波工天端幅を変えずに嵩上げする場合、フェンス下部に限って、嵩上げ前後で静水面から同じ高さにおける波圧の大きさは、ほとんど変わらないことが分かった。また、消波工天端幅によっては、嵩上げ後に波圧が大きくなるケースもあった。したがって、消波工天端幅を変えずに嵩上げする場合には、水理模型実験により、波圧を確認することが望ましいと考えられる。
- 4) 消波工天端幅 B_c を広げることで衝突形態を変化させて、防波フェンスに作用する波圧を低減させることが可能であると考えられる。ただし、護岸の天端高が $h_c/H_{max}=0.5$ (本実験では $h_c=+4.5\text{m}$ に相当) 程度と低い場合に消波工天端幅を広くする

と、防波フェンス基部に衝突エネルギーが集中することにより、かえって波圧が増大する傾向があった。

4. 2 直立護岸における防波フェンスへの作用波力

- 1) 波圧の作用高は合田式とほぼ同じである。
- 2) 波圧の大きさは静水面に近いほど大きくなる傾向にある。また、 H_0 が大きくなるにつれて、合田式からの乖離が大きい。

参考文献

- 1) 合田良実：「防波堤の設計波圧に関する研究」，港湾技術研究所報告，第12巻 第3号，pp.31-69，1973.
- 2) 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.
- 3) 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.
- 4) 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.
- 5) 木村克俊，古川諭，山本泰司，吉野大仁：「海岸覆道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.
- 6) 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.
- 7) 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.
- 8) 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・上北正一：「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.

STUDY OF WAVE FORCE ACTING ON WAVE SPLASH BARRIERS

Research Period : FY2014-2017

Research Team : Cold-Region Hydraulic and
Aquatic Environment Engineering
Research Group(Port and Coast)

Author : KAMIKUBO Katsumi
SAKAI Kazuhiko
NAKAJIMA Yuichi
MASUDA Toru

Abstract : Wave splash barriers are installed along seashores where the water depth is shallow as a measure to protect facilities behind them from high waves. For the calculation of the wave force, which is the main external force acting on the barriers, the Goda formula, which calculates the force directly acting on an upright wall, has been used. However, some wave splash barriers—which were designed based on the Goda formula—have been destroyed by waves. Therefore, a rational wave force calculating method with due consideration of the shallow water depth condition is required. We carried out hydraulic model experiments to characterize the wave pressure acting on wave splash barriers. Two seawall structures were subject to the experiment: a seawall with a wave dissipating function (hereafter referred to as the "wave dissipating seawall") and a seawall without a wave dissipating function (hereafter referred to as the "upright seawall"). As a result, concerning the wave dissipating seawall, it was found that, although widening the dissipating area can reduce the wave force, the extension of the dissipating area may conversely increase the wave pressure if the crest height of the seawall is lower than the wave height. Concerning the upright seawall, it was found that, although the height of the wave pressure acting on the seawall is almost the same as that obtained from the Goda formula, the wave pressure itself is larger than that calculated by the Goda formula, and the difference increases with wave height.

Key words : seashore seawall, wave dissipating seawall, upright seawall, wave splash barrier, wave force