

内部水流振動型浮消波堤の設計と台風災害時の被災状況 - 鹿児島県幣串地区 -

荒見敦史*・河野 豊**・高木儀昌***

The design of the floating breakwater of new type and its damage situation in the typhoon disaster -A nursery at Hegushi area of Kagoshima Prefecture-

Atsushi ARAMI*, Yutaka KOUNO**, Norimasa TAKAGI***,

Abstract The new type of floating breakwater was installed for a renewal nursery construction at Hegushi area of Kagoshima Prefecture. In 1999, after its installation, a large typhoon hit Western Japan, and brought many damages to various places. The floating break water was also damaged partly; however, the nursery was still safe. Though the floating breakwater was considered reliable, the authors propose the improvement of the design in this report because of its partial damage.

Key words: Floating breakwater Influence of a typhoon A problem in a design

1. はじめに

浮消波堤は海水交換に優れ、大水深域で経済性に優れている等の理由から1977年頃より多くの海面養殖場

の消波施設として採用されている。初期の浮消波堤は耐用年数を15年として設計されており、近年では耐用年数経過後の補修工事や更新工事が行われるようになってきている。

ここで紹介する幣串地区の養殖場は、1981年に浮消

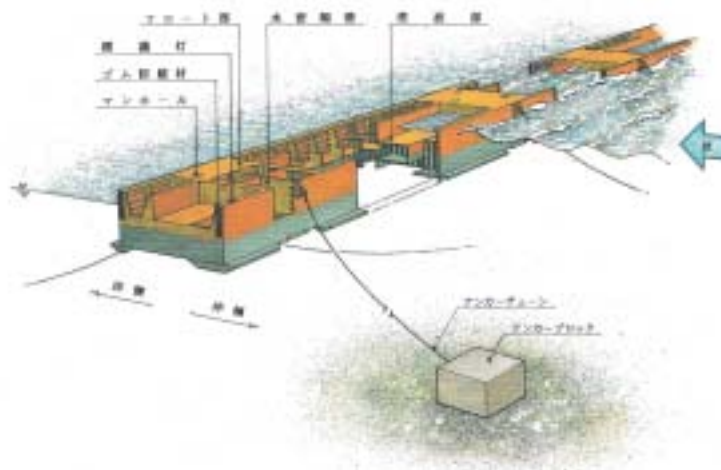


Fig. 1 内部水流振動型浮消波堤概観図

2006年2月7日受理 水産総合研究センター業績水工研C第38号

* 石川島播磨重工業(株) 環境・プラント事業部プラント設計部

** 石川島播磨重工業(株) 鉄構事業部設計部

*** 水産工学研究所 水産土木工学部 漁場施設研究室(Aquaculture Facilities Section)

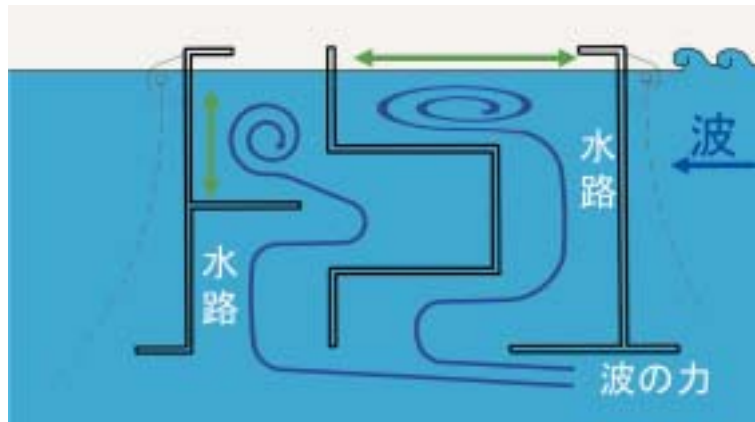


Fig. 2 内部水流振動型消波装置の断面

波堤が設置されたことによって造成されたもので、当初設置された浮消波堤が老朽化したことに伴い代替機種として内部水流振動型浮消波堤が採用された。

内部水流振動型浮消波堤は長周期波浪に対応するため、水産工学研究所と浮消波堤製造会社の間で共同研究された新しいタイプの浮消波堤であり、長崎市網場地区の養殖場造成用に開発されたものである。このタイプを内海向けに改良したものが、鹿児島県幣串地区養殖場に代替機種として採用され、1998年に設置工事が行われた。

翌1999年の台風18号は西日本に記録的な被害をもたらしたが、更新された浮消波堤も被災を免れなかった。しかし、浮消波堤によって養殖場に災害が及ぶことはなかったことで、浮消波堤の信頼性は高まった。

本報告では、浮消波堤の被災状況と被災箇所の点検から設計上の課題を検討し、今後の浮消波堤の設計の改善について提言する。

2. 内部水流振動型浮消波堤の概要

内部水流振動型浮消波堤は入射波と浮体動揺の位相差により入射波を反射させる形式である。限られた面積の断面内に2つの長い水流経路が屈曲して設置され、水流経路の下端は開放されている。内部水流振動型浮消波堤は、このような形態により浮体の動揺と水流経路を流れる水との相対運動を利用した浮消波堤である。すなわち、水流経路の長さが適切に設定されることにより振動流の固有周期が調節され、振動流が励起される結果、浮体動揺が干渉を受けてその位相差に急激な変化が生じ、全反射の条件が実現し、その周辺で透過波高が低下するという原理である。以下に消波性能曲線を示す。

3. 幣串地区浮消波堤の設計

鹿児島県北西部、天草諸島南端に位置する出水郡東

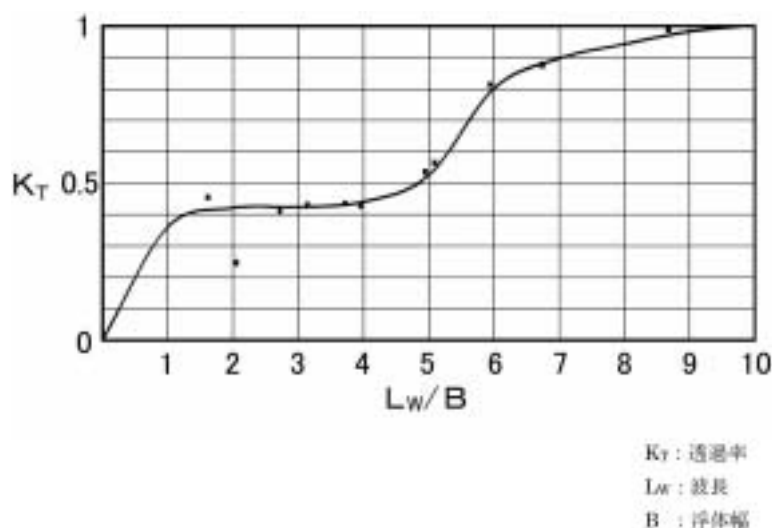


Fig. 3 消波性能曲線

K_T : 透過率
 L_w : 波長
 B : 浮体幅



Fig. 4 幣串地区の位置

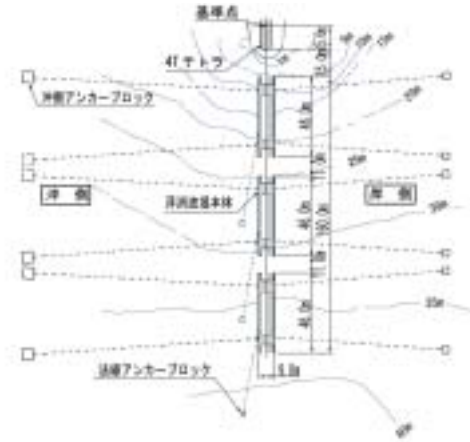


Fig. 5 浮消波堤平面配置図

町は日本有数の養殖ブリの生産地として知られている。幣串地区は東町獅子島の東岸の幣串漁港前面に展開されたブリ養殖場である。この養殖場には約350台の生簀が設置されており、前面に消波施設を設置して、波浪から防御している。水深10m以浅は4t型消波ブロックによる傾斜堤、深いところは浮消波堤となっている。

1998年度に老朽化したFRP製浮消波堤の更新工事としてコンパクトな断面で経済的な内部水流振動型浮消波堤が採用され設計が行われた。浮消波堤の配置を以下に示す。

- 内部水流振動型浮消波堤の諸元
- 浮体寸法：長さ46m × 幅9m × 高さ4.6m
- 形式：内部水流振動型浮消波堤

- 材質：鋼製（JIS G3101 SS400）
- 係留：チェーン式5点係留
（66mm JIS 3種）
- 基数：3基
（浮消波堤総延長160m）

(1) 設計条件

- 設計波：波高2.6m，波周期5.1sec，波向SE
（構造設計波Hmax = 4.8m）
- 所要透過率：Kt = 0.5
- 設計風速：30m / sec
- 潮位：HWL3.7m，LWL0.0m
- 適用基準：沿岸漁場整備開発事業施設設計指針
（平成四年度版）



Photo. 1 幣串地区養殖場の全景

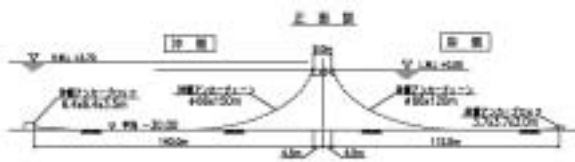


Fig. 6 浮消波堤係留横断面図

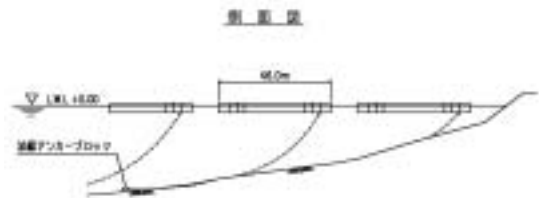


Fig. 7 浮消波堤係留縦断面図

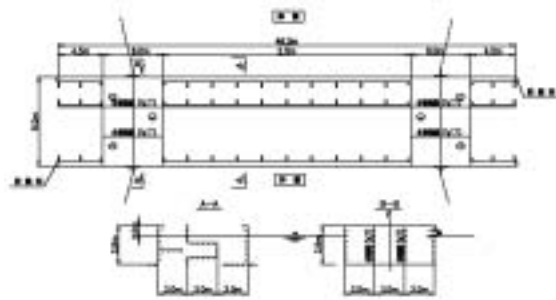


Fig. 8 浮消波堤構造一般図

(2) 係留設計概要

浮消波堤のチェーン係留にはアンカーから浮体の間にシンカーブロックや中間ウエイトを取り付ける方法やアンカーだけを用いる単純カタナリー方式がある。

前者は中間ウエイトの重量で係留系のバネ係数が大きくなりチェーンの径を小さくできることや、シンカーブロックが付いていることで平常時の浮体の移動量を少なくできることから多くの浮消波堤で採用されている。しかし、中間ウエイトの重量分だけフロート部を大きくしなければならないことや、シンカーブロックが埋没してしまった場合、想定外の荷重がチェーンに働いてしまう等を十分理解したうえで採用しなければ

ならない。今回の設計ではフロート部を最小にして、内部水流振動型断面を少しでも多くすることで消波性能の低下要因を作らない。また、海底質が砂質であることから埋没の可能性があること、海底が傾斜しているためシンカーブロックが一度浮き上がった後、元の位置に戻らない可能性があることを考慮し、単純カタナリー方式を採用した。

さらに、隣接して固定式の4t傾斜堤（テトラポッド）があることから、Fig.7に示すようにN方向に法線チェーンを設置し波浪時の堤間隔を保つように設計している。

設計条件以上のことを考慮する必要は無いが、万一設計波以上の波が発生した場合の破壊モードについては、まずアンカーブロックを滑動させチェーンは決して破断させないようにアンカーブロックの滑動安全率2.0、チェーンの安全率3.0としている。（沿岸漁場整備開発事業施設設計指針による）

(3) フロート部設計概要

フロートはFig.8に示すように左右2箇所にかけている。各フロートは2枚の隔壁で仕切られた3区画になっており、万一1区画浸水しても沈没しない設計とした。また、浮消波堤四隅には防舷材を配置し、万一

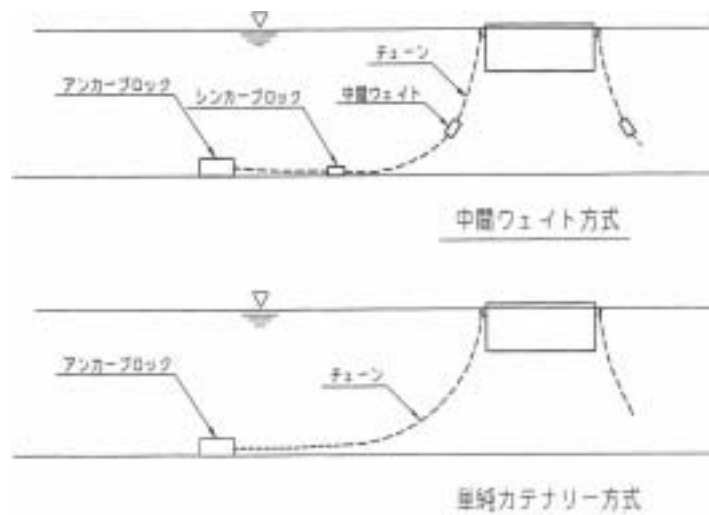


Fig. 9 係留方式の比較



Photo. 2 建造状況

隣堤との軽微な接触があった場合に備えている。さらに大きく衝突した場合でも、フロートを法線方向4.5m内側設置しているので、鋼材の変形でエネルギーを吸収し、フロート部は損傷しないよう配慮している。

(4) 防食設計概要

複雑な内部水流振動型断面を実現するため、浮消波堤の材質は鋼製としている。鋼製の腐食を考慮する期間は20年とし、水中部には電気防食(アルミ陽極2.5A)、飛沫部は腐食しろとして0.3mm/年×17年+塗装3年とし、塗装は以下に示す超厚膜型エポキシ樹脂塗料(ガラスフレーク入り)1500μm仕様としている。

4. 台風被災状況

Table.1 内部水流振動型浮消波堤の塗装仕様

工程	塗料名及び処理内容	膜厚(μ)
素地調整	ブラスト(SIS St3.0)	
ショッププライマー	無機ジンクプライマー	15
表面処理	パワーツール(SIS Sa2.5)	
プライマー	厚膜形ジンクプライマー	25
下塗(1回目)	超厚膜型エポキシ樹脂塗料	750
下塗(2回目)	超厚膜型エポキシ樹脂塗料	750
中塗(3回目)	ポリウレタン樹脂用中塗塗料	100
上塗(4回目)	ポリウレタン樹脂塗料	35

平成11年(1999)の台風18号は宮古島南海上で発生し、その後北西に進み海水温度が高かったこともあり沖縄近海において大型で非常に強い台風に発達した。9月24日未明強い勢力を保ったまま天草諸島に接近し、各所に甚大な被害をもたらした。牛深(熊本県牛深市)では最大瞬間風速66.2m/secを記録し、台風通過時は著しい高潮となり熊本県不知火町では高潮のため12名が犠牲となっている。幣串地区も被災は免れず、4t傾斜堤先端と浮消波堤が衝突し、浮消波堤フロート部が破損浸水した。台風直後の現地調査の結果から

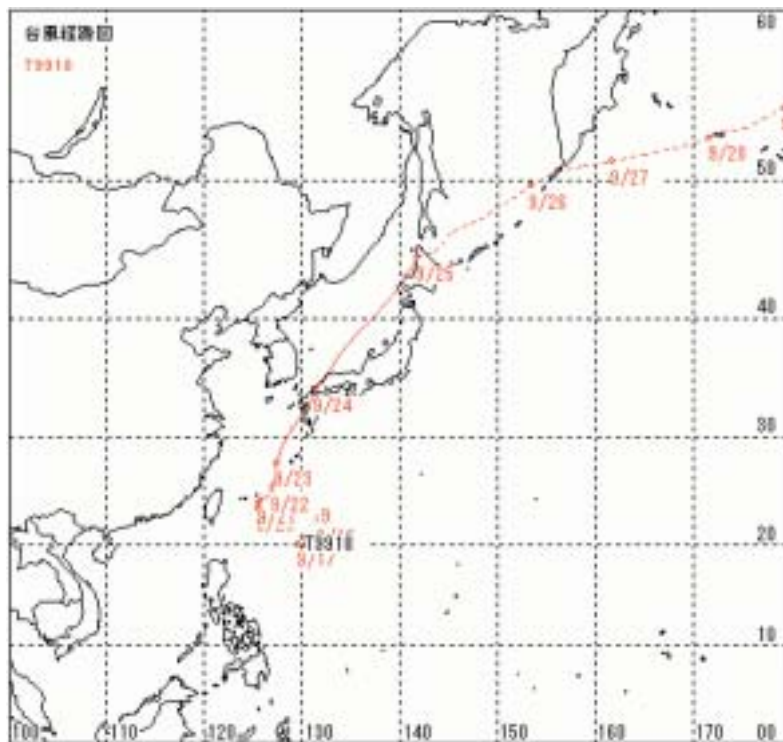


Fig. 10 台風18号経路図

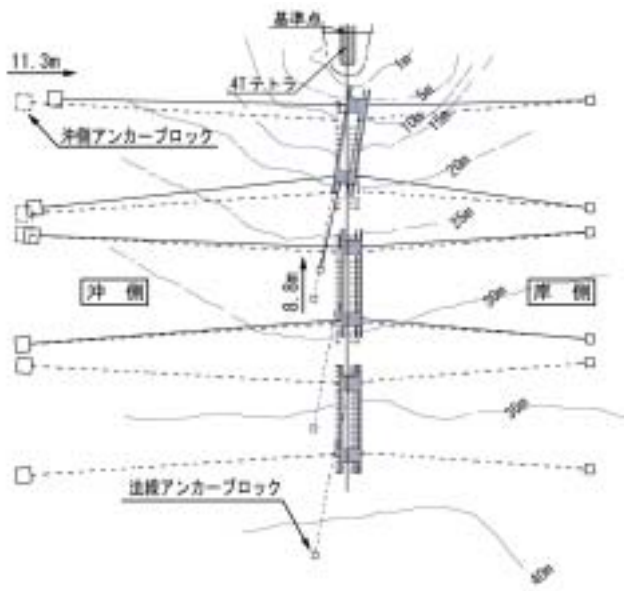


Fig. 11 被災状況平面図

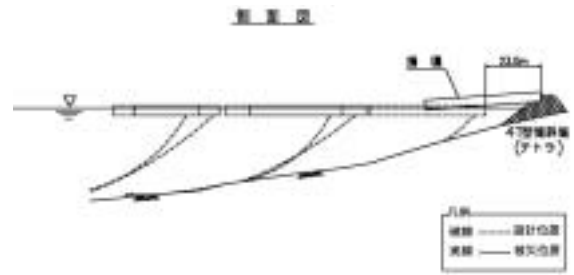


Fig. 12 被災状況縦断面図

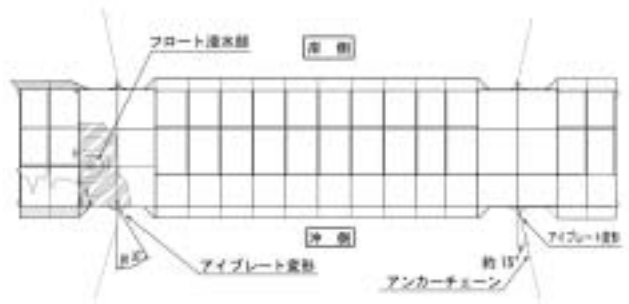


Fig. 13 損傷状況図(底部)



Photo. 3 損傷状況写真1



変形

Photo. 5 損傷状況写真3



クラック(水中写真)

Photo. 4 損傷状況写真2



Photo. 6 補修完了状況

被災の経緯を推定すると以下の通りである。

高潮により浮消波堤の係留チェーン初期張力が設計値以上に上昇した。

初期張力が上がっている状態で、設計値以上の風速および波浪が発生し、沖側チェーンに過大な張力が発生し、アンカーブロックの滑動安全率2.0を上回りアンカーブロックが最大11.3m移動してしまった。

アンカーブロックが移動したことでチェーンが緩み、浮消波堤の移動量が大きくなった。

台風の通過とともに、波向き、風向きが南～北へ変化し浮消波堤の北側から押され法線方向へ移動。

浮消波堤が4t傾斜堤へ衝突、傾斜堤であるため乗り上げる状況となり浮消波堤底部が損傷し、フロート部2室が破損浸水した。

5. 設計検証と今後の課題

今回の設計で考慮した破壊のモードは想定どおり機能し、アンカーブロックが滑動することでチェーンの破断は免れた。万一チェーンが破断していれば背後の養殖場に甚大な被害をもたらしていたことは言うまでも無いことである。周辺の養殖場で多大な被害を出した台風であったが、幣串地区では年間3000tのブリ生産を支える約350基の養殖生簀は無傷であり、浮消波堤は養殖漁場を守るという本来の目的を十分達成し、当該地区の漁業関係者の信頼を得ることが出来た。しかし、浮消波堤は一部損傷し、損傷個所が底部であったことから応急処置が困難であった。また、底部から想定外に2区浸水してしまったため沈没の可能性があった。緊急の応急復旧工事が行われたが、底部にはバラストコンクリートが打設してあり、浸水個所の応急処置は困難を極めた。

今後の課題として、

傾斜堤等の固定構造物が隣接する場合の堤間隔は十分に開け、間隔を開けたことによる透過波を考慮した透過率決定と配置計画を行う必要がある。万一を考慮して水密隔壁を設ける場合、水深が浅く海底に障害物があるような時には、底部からの損傷も考えフロート内を上下に分けるFig.14のような水密隔壁を考えるべきである。

法線チェーンは隣接する浮消波堤や固定構造物と

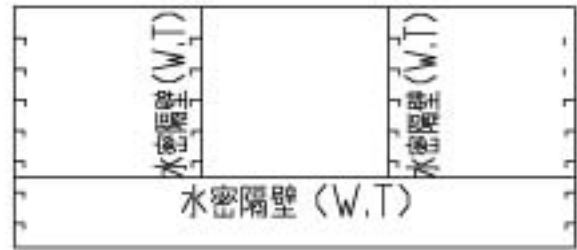


Fig. 14 水密隔壁配置案 (フロート部断面)



Photo. 7 補修完了後の設置状況

の間隔を保つために設置するのであるから、安易にアンカーブロックを滑動させず、チェーンの安全率に近い滑動安全率を有するべきである。

今後、経済的な消波構造物として浅い場所に固定構造物、水深が深くなると浮消波堤という組み合わせが増えることが考えられる。このような場合の設計に、今回の台風災害の教訓が反映されるよう改善されなければならない。

参考文献

- 1) 高木儀昌, 大村智宏, 尾崎雅彦, 磯崎芳男, 荒見敦史, 門野明, 長野章, 1995: 新型浮消波堤の実海域応用に関する実験的研究, 水工研技報16
- 2) 高木儀昌, 荒見敦史, 磯材芳男, 高濱秀正, 1997: 短周期型浮消波堤の開発, 日本水産工学会 学術講演会