

大船渡湾における防災と環境の両立のための防波堤及び付加設備に関する研究

The Research of Breakwater and Additional Device for Compatibility with Disaster Prevention and Water Preservation in Ofunato bay

学籍番号 47126671 清水 真之

指導教員 佐藤 徹 教授

(平成 26 年 2 月 3 日発表予定)

Keyword: 大船渡湾,防波堤,水理模型実験,MEC モデル,密度流拡散装置

Keyword: Ofunato bay, Breakwater, Hydraulic model Experiment, MEC model, Density Current Generator

1. 序論

岩手県大船渡市にある大船渡湾では、湾口防波堤が外洋との海水交換を阻害することで、海水の水質が兼ねてから問題視されていた。その状況下、平成 23 年の東日本大震災が生じ、その際の大津波によりマウンド部だけは残ったものの、湾口防波堤は大きく破壊された。結果、海水交換は以前より促進され、底層水の低酸素化がみられなくなるという報告がある。[1]また Fig.1 は湾内の COD75% 値の推移を表すが堤防崩壊後は国の基準値を満たしたことを表している。

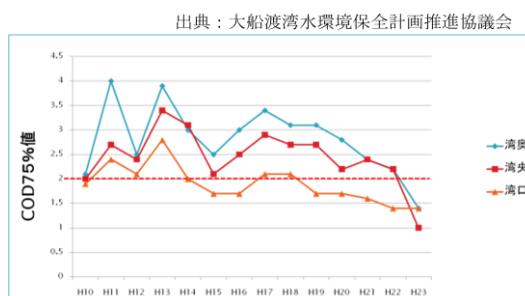


Fig.1.COD75% value at inner, mid and entrance part of bay[2]

湾内の水質という観点からは海水交換を阻害する防波堤は障害となるが、防災という観点からは必要不可欠なものである。そこで現在国土交通省は防波堤の新たな構造を考案し、防災と水質保全を両立させる防波堤建設を進めている。これからの防波堤としては水質保全と防災の両方を満たす機能が有ることが必要である。

2. 目的

本研究の目的は大きく防災（高波抑制）と環境（水質保全）の 2 つに分かれる。防災（高波抑制）部では、震災後地形（堤防無し）・旧堤防・新堤防・考案堤防の各堤防に対し水理模型実験で高波抑制効果を測定する。環境（水質保全）では、それらの堤防に対し潮流モデルによる数値計算で水質を予測する。また国交省新堤防に対しては同数値モデルを用いて密度流拡散装置の効果を 6 月と 7 月で予測することとした。

3. 水理模型実験による種々の堤防の防波効果の予測

3.1 実験概要

本実験は、現在の堤防崩壊後の地形（堤防無し）や旧堤防、現在建設が予定されている新堤防、それに加えて新たに考案する様々な形の堤防を設置して波を起こし、このときの波の波及・動揺状態から、堤防の防災効果を評価するというものである。評価は波の波及していく状況をビデオカメラで観察し高波の発生時刻から陸域への浸水とのタイムラグの測定と、陸域での波高を波高計で測りその動揺を計測することで行った。

3.2 実験目的

本実験の目的は以下の二点となっている。震災後の地形（堤防無し）・旧堤防・新堤防での高波の波及動揺を水理模型で実験で計測すること。海水交換と高波抑制の両方の達成が期待できる新たな仕組みの堤防を考案し、それらに対し実験により高波の波及状態を計測すること。

3.3 実験条件

歪地形模型中に震災後の地形,旧堤防,新堤防,上方だけ堤防になっている上方障壁型堤防(開口部大と開口部小の二種),円管を密集させたハニカム構造型堤防,断続的に障壁板を設置する断続障壁板型堤防の計7種類を実験対象地形とした。歪地形模型は水平スケールが1/4000で直径2.5m,鉛直スケールが1/252となっている。造波方法は地形模型にアクリル板で蓋をし,模型内外に水位差を作り出した状態で瞬発的に引き抜くという行程とした。

3.3 測定方法

ビデオカメラ撮影によるタイムラグの測定は
 タイムラグ=点Aに水が到達した時間-点Tに波が到達した時間
 or 点Bに水が到達した時間-点Tに波が到達した時間
 として算出した。
 また,波高計での水位の測定は点Bに波高計を設置し,
 陸域への波のせり上がりの動揺を計測した。

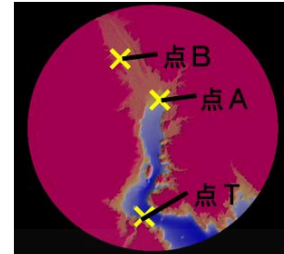


Fig.2 Position of point T,A,B

3.3 実験結果

各堤防におけるタイムラグに関する結果は Fig.3 のようになり,
 陸域での最大波高は Fig.4 のようになった。

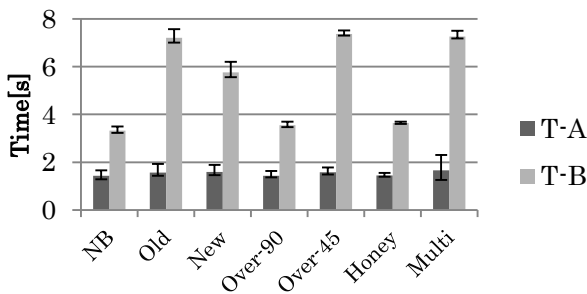


Fig.3 Time lag of [T-A] and [T-B]

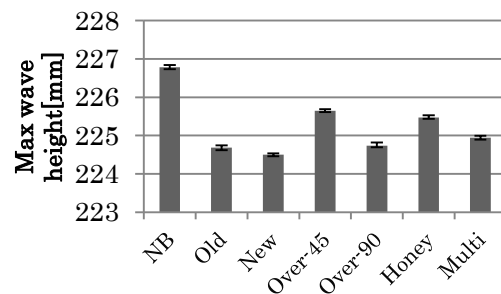


Fig.4 Max wave height of point B

タイムラグの結果から,水際までの到達時間は堤防の形状にほとんどよらないが,陸域へのせりあがりは多いに関係することが分かった。試行した堤防のうち,新堤防は旧堤防よりタイムラグという観点からは少し劣るという結果となった。開口部を45mmとった上方障壁型堤防(開口部小)と障壁板を断続的に設置した断続障壁板型は旧堤防と同程度のタイムラグを記録し,また,陸域での最大波高に關しても,タイムラグの序列とほぼ同様な結果が得られ,旧堤防,新堤防,上方障壁型堤防(開口部小),断続障壁板型堤防が比較的最大波高を抑えるという結果になった。以上から施行した堤防においては上方障壁型堤防と断続障壁板型堤防が旧堤防と同等の防災効果を持つと本実験からは考えられる。

4. MECモデルによる水質予測計算

4.1 MECモデル

本研究では大船渡湾内の水質計算に MECモデルを用いた。支配方程式はナビエ-ストークス方程式と連続の式となっている。本研究では潮流モデルのみを使用した。

4.2 種々の堤防における水質計算

4.2.1 堤防無しの場合における水質再現

まず7月を対象時期として堤防無しの場合で計算を行い観測値との比較を行い再現性を確認した。結果は Fig.5 のように示され,概ね湾内の水温は再現できたと考えられる。この時の初期条件・境界条件を以下の計算に用いた。

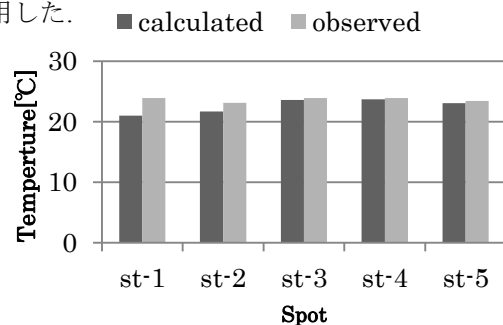


Fig.5 Time lag of [T-A] and [T-B]

4.2.2 旧堤防・新堤防における水質予測

次に旧堤防と新堤防において水質予測計算を行った。同タイミングにおける湾央部での鉛直分布は Fig.6 のようになった。

グラフより堤防がある場合,堤防無しの場合に比較し表層水温が上昇していることが分かる。

また新堤防の場合の水温鉛直分布は水深 0~8m までは旧堤防の鉛直分布に近い値をとり,水深 8~22m は堤防無しの場合の鉛直分布に近い値をとり,水深 22m~は再度旧堤防と同様の鉛直分布をとることが分かった.つまり水深 8~22m の新堤防の水温鉛直分布は成層が旧堤防に比べ弱くなっている.これは新しい仕組みである通水管と堤防両サイドに設けられた開口部に起因するものと言える.

4.2.3 新堤防における密度流拡散装置の効果予測計算

新堤防の場合においても表層水温は旧堤防と同等であり,また躍層は堤防無しに比較して強く表れていることから,通水管と堤防両サイドの開口部を設けても将来水質の改善が求められると考えられる.本研究では水質浄化効果を持つ密度流拡散装置の効果も新堤防の場合において予測した.

計算時期は 4.2.1 節と同様の 7 月と,6 月で行った.6 月は湾内海水が成層状態を形成することがあるが,このとき密度流拡散装置を稼働させると,表層水温の低下を促すことによって活動可能水温に表層水が達し,貝毒プランクトンを増加させてしまう可能性がある.よって 6 月においても密度流拡散装置の効果も新堤防の場合において予測した.

7 月において密度流拡散装置を稼働させた場合の湾中央部の鉛直分布を堤防無しと密度流拡散装置無しの場合と共に Fig.7 に示す.また密度流拡散装置を稼働させた場合の水温の変化を Fig.8 に示す.ただし,図中の値は (DCG 導入時水温) - (DCG 未導入時水温) を表す.

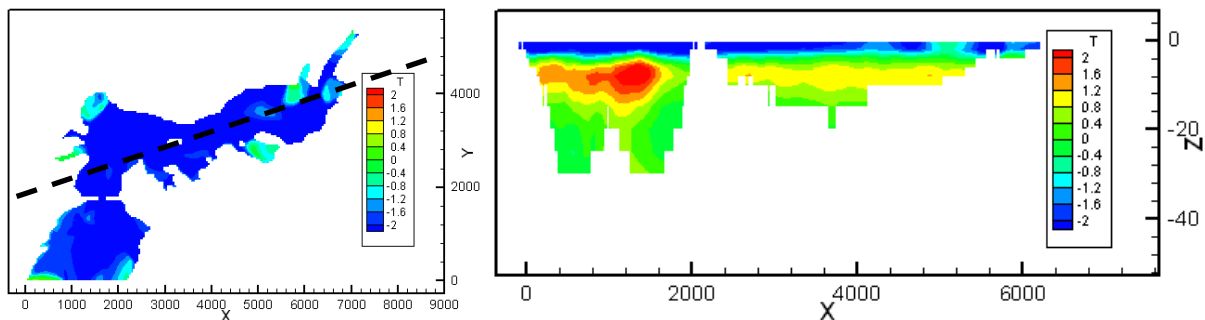


Fig.8 Horizontal(left) and vertical(right) distribution of temperature difference in July

密度流拡散装置導入の場合の表層温度は導入しない場合に比べ 2°C 程度低下していることが分かる.また逆に中層においては水温が 2°C 程度上昇している場所が確認できる.これは密度流拡散装置の効果により中層に中密度の海水が浸入したことを表し,その結果鉛直混合を促進させ表層の水温を低下させたことを表している.また Fig.7 から密度流拡散装置を新堤防で稼働させた場合,堤防が無い場合よりも成層が崩れることが分かる.

次に 6 月の場合の結果を以下に示す.

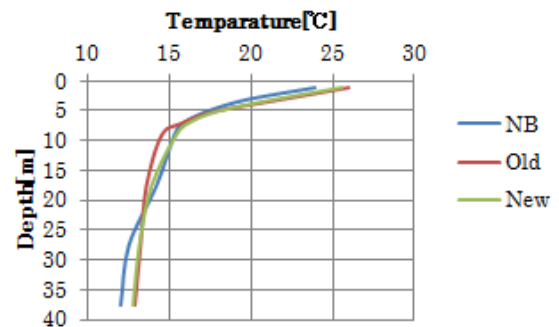


Fig.6 Calculated temperature vertical profiles of no, old and new breakwater condition.

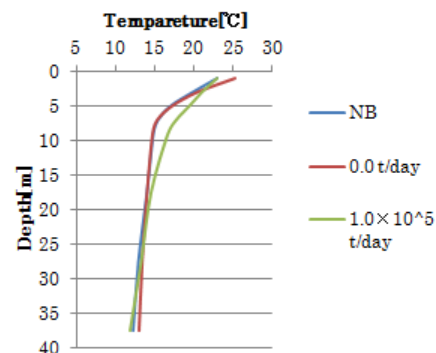


Fig.7 Calculated temperature vertical profiles of no, new and new+DCG breakwater condition in July

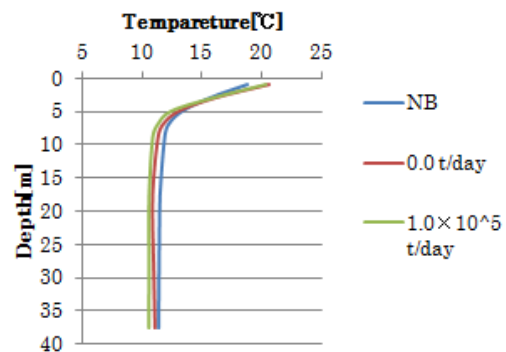


Fig.9 Calculated temperature vertical profiles of no, new and new breakwater+DCG condition in June

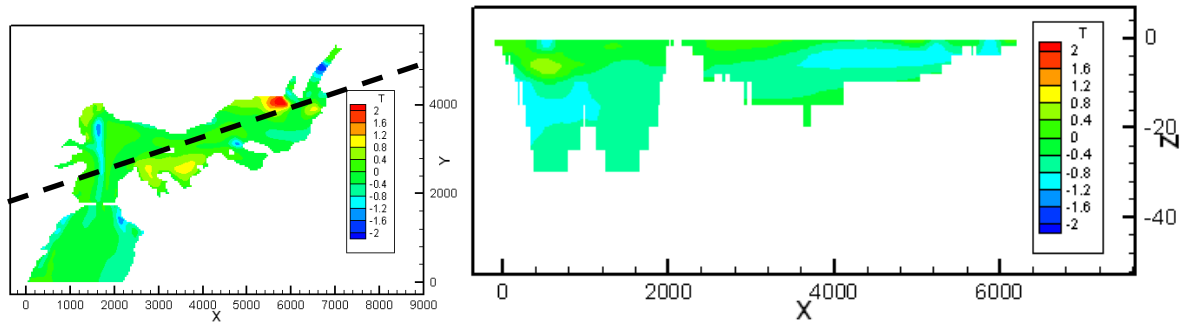


Fig.10 Horizontal(left) and vertical(right) distribution of temperature difference in June

Fig.10からほとんどの場所で水温に変化がないことが分かる。また Fig.9から成層も崩れないことも分かった。6月においては、躍層が形成されているものの7月と比較して弱い躍層であったため密度流が形成されず効果はあまり見られなかった。しかし、6月における表層水温低下は以前から問題視されている貝毒プランクトンの増加につながるため、6月においては密度の飛躍の軽減効果と貝毒プランクトンの増減の両観点から見ても稼働させないべきであると判断できる。

4.2.4 考案堤防における水質予測

最後に実験部で防波効果を示した上方障壁型（開口部小）と断続障壁板型の二種類の堤防を大船渡湾に設置したときの水質予測を行った。

考案した2種の堤防の湾外の流れの遮蔽効果が強く、湾内の流速を低下させることが分かった。これにより表層水温は約27℃まで上昇し、躍層は非常に強く形成されてしまった。実験部で防波効果を発揮した2種であったが、海水交換も阻害してしまうという結果になり、本研究では津波と海水交換の両立を達成する新たな堤防の考案に至ることはできなかった。

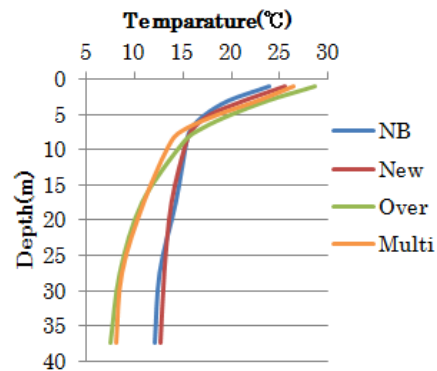


Fig.11 Calculated temperature vertical profiles over-wall and multi breakwater

5. 結論

本研究では環境と防災の両立を目標とし大船渡湾を対象に防波効果計測実験と水質予測計算を行った。新堤防・上方障壁型堤防・断続障壁板型堤防を旧堤防と比較した結果は以下のようにまとめられる。

Table.1 Comparison with old breakwater in case of new breakwater, over-wall breakwater and multi breakwater

	High wave suppression	Stratification
New breakwater	Less time lag	Increasing temperature at middle part
		DCG : effective
Over-wall breakwater	Almost equal	Form severer stratification
Multi breakwater	Almost equal	Form severer stratification

本研究では水質保全に関して成層の形成と貝毒プランクトンの増加というものに焦点を当てた。成層の形成においては新底部は旧堤防に比べ緩和し、7月において密度流拡散装置を導入するにより更なる成層緩和効果が期待できることが分かった。また貝毒プランクトンの増加に関しては堤防建設による表層水温上昇によって抑制されることと、密度流拡散装置による影響はないということが示された。

以上のことから、本研究で研究対象とした堤防においては新堤防と密度流拡散装置を用いることが大船渡湾の水質と防災の両立においては最適だと結論づけられる。

参考文献

[1]平成23年度 環境関連調査業務報告書 大船渡市