# 平成20年2月の入善漁港海岸の高波災害について

Damages of Coastal Protection Facilities at Nyuzen Fishing Port by High Waves in February, 2008

## 齋藤正文<sup>1</sup> · 片山裕之<sup>2</sup> · 窪野 修<sup>3</sup> · 市井昌彦<sup>4</sup> · 橋本 牧<sup>5</sup> · 石井 馨<sup>5</sup> Masafumi SAITO, Hiroyuki KATAYAMA, Osamu KUBONO, Masahiko ICHII Osamu HASHIMOTO and Kaoru ISHII

The main objects of this study are to investigate the causes of the damaged coastal protection facilities on February 24, 2008 and to verify the effects of sub sea walls, by using two specific numerical simulations; shallow water wave simulation with the Boussinesq model and two-dimensional numerical wave flume, CADMAS-SURF. In a result, the long-period waves, such as swells, caused high tide and high wave heights. The wave setup was estimated to be 80cm around submerged breakwater and wave height was estimated to be over 8.0m in front of submerged breakwater. The wave overtopping over seawall happened once 3minuts. In addition, the sub seawalls, which will be installed between main sea walls and colonies, are expected to be effective to reduce the total amount of wave overtopping quantity into colonies.

## 1. はじめに

平成20年2月23日~24日にかけて,発達した冬型の低 気圧によって北日本から西日本の日本海側では大荒れの 天気となり,高波や暴風による被害が相次いだ.富山県 入善漁港海岸においてもこの低気圧に起因する高波浪に より,日本海側特有の「寄り回り波」と呼ばれるうねり 性波浪が発生し,甚大な被害が発生した.写真-1に入善 漁港海岸の施設配置を示す.緩傾斜護岸や潜堤では被覆 ブロック,離岸堤では消波ブロックの沈下や散乱,護岸 からの越波・越流により背後集落においては家屋の損壊 等の甚大な被害が発生した.

本研究は,被災時の気象・海象条件や富山湾の地形的 特徴を整理し,富山湾全域および入善漁港海岸周辺の波 浪変形計算を行い,被災要因を明らかにすることを目的 として行なった.

被災後,入善漁港海岸では,緩傾斜護岸や離岸堤・潜 堤の海岸保全施設の災害復旧工事が行なわれた.さらに 水産庁主催の「平成20年2月の日本海高波浪に関する技 術検討委員会」(以下,技術検討委員会)の提言をうけ, 今後想定を超える高波浪により越波・越流が発生した場 合に備え,背後集落への2次災害を最小限に留めるフェ ール・セーフの観点から,海岸護岸と集落との間に副堤 (胸壁)が計画されている.本研究では,数値波動水槽 (CADMAS-SURF)((財)沿岸開発技術研究センター,

| 1<br>2 | 正会員<br>正会員 | 工修<br>博(工) | (財)漁港漁場漁村技術研究所<br>(財)漁港漁場漁村技術研究所 |
|--------|------------|------------|----------------------------------|
| 3      |            |            | 入善町建設下水道課                        |
| 4      |            |            | 富山県土木部砂防課                        |
| 5      | 正会員        |            | 水産庁漁港漁場整備部                       |



写真-1 入善漁港海岸施設配置

2001)による不規則波の数値計算により副堤背後への越 波流量および作用波力の検討を行なったので,得られた 結果を報告する.

## 2. 被災要因の推定

## (1) 気象海象の特性と波浪推算

技術検討委員会によると、2月23日に日本海を低気圧 が東進するにつれて、日本海の西部から中部の沿岸へ移 動した強風域と、北海道西方海上から秋田沖へ継続した 強風域がともにあわさるように新潟沿岸へ到達した. さ らに翌24日、低気圧は太平洋側の北部で停滞し冬型の気 圧配置が強まった.図-1にMM5モデルによる2008年2月 23日6時および24日3時の海上風の模式図を示す.

このような気圧配置によって、富山県沿岸の海域では



図-1 2月23日6時と24日3時の海上風模式図

強風域が重なり北〜北西方向からの強風が長時間継続 し、長い吹送距離と吹送時間により周期の長いうねり性 高波浪が発生したものと推定される.実測の波高記録と しては、国土交通省河川局田中観測所において、24日 14:00に過去最大となる有義波高6.62m,有義波周期13.9s を記録している.

技術検討委員会の入善漁港海岸の波浪推算によると、2 月24日頃から長周期成分が支配的になって、うねりが卓 越していたと報告されている.波浪推算による被災時の 沖波波浪の諸元は、H<sub>0</sub>=6.2m、T<sub>0</sub>=13.8s、波向はNとなっ ており、田中観測所の実測値とおおよそ一致している.

以上より被災発生時の富山湾の波浪は、方向集中度の 高いうねり成分が卓越していたと推定され、入善漁港 海岸等でも波高は現行の設計沖波波高(H<sub>0</sub>=6.2m)と同 程度となっているものの、周期については設計沖波周期 (T<sub>0</sub>=10.7s)を越えていた、周期の長い波浪の影響により 波高の減衰が小さかったことも、被害を助長した要因の 一つと推定される.

### (2) 潮位及び潮位変動

技術検討委員会によると、日本海全域において気圧低 下,吹き寄せに伴う高潮が発生していた.図-2は伏木富 山における観測潮位データを示している.23日から24日 にかけて激しい潮位変動が起こっていたことがわかる.

さらに図-3は、富山湾内の伏木富山(NOWPHAS:港 湾局)における観測潮位偏差時系列データのパワースペ クトルを示しており、数分から数十分の長周期波が発現 していたことがわかる.60分の周期は湾口から湾奥まで の湾長(約90km)の副振動モードに相当する.また有義 波高に換算すると30cm程度となっており、高い水位が 形成されたことが推測される.

#### (3) 富山湾全域の来襲波浪の推定

畑田・山口(1998)は、富山湾内周辺における寄り回 り波による過去の被害を調査し、被害が頻繁に生じてい る場所(入善,滑川,新湊,氷見など)と、被害の頻度





が少ない場所に分けられることを報告している.この違 いを明らかとするために,富山湾全域についてエネルギ ー平衡方程式による波浪変形計算を行い,富山湾沿岸の 来襲波浪を調べた.入射波浪条件は,外洋に近い宮崎漁 港の被災時の沖波条件として,波高7.36m,周期13.71s, 沖波向はNとし,波向特性を調べるためN+11.25°Eおよ びNNEも検討した.潮位は富山湾周辺の被災時の観測潮 位(約D.L.+0.30m)に技術検討委員会の高潮推算結果 (約30cm)を考慮して,D.L.+0.60mとした.計算格子間 隔は40mとした.

沖波向Nの計算結果について,波高分布および波向ベ クトル図を図-4に示す.これによると,海底谷のある吉 原,富山,四方,海老江,富山新港および新湊周辺では, 波が収斂して波高が大きくなる傾向が見られることが分 かる.



図-4 富山湾全域の波高分布・波向ベクトル図(沖波向N)



図-5は、水深20mにおける有義波高分布の結果を示している.これによると、吉原から水橋あたりまでは、波向NもしくはN+11.25°Eで最大を示しているが、富山を 過ぎるあたりからは傾向が変わり、海老江以西ではNNE が最大となっている.このように同じ波高・周期の諸元 であっても、波向きによって波高が増大する位置が変わ ることが明らかとなった.

#### (4) 入善漁港海岸周辺の来襲波浪の推定

入善漁港海岸周辺の前面の海底勾配は1/4と非常に急 勾配であること,被災時には水位上昇量が大きかったこ となどが報告されている(技術検討委員会).これらよ り,来襲波浪を詳細に推定するため,ブシネスク方程式 を用いた不規則波による波浪変形計算を行った.

波高,周期の条件は,前述の波浪推算による $H_0$ =6.2m,  $T_0$ =13.8sとし,潮位は,被災時の観測潮位(生地)と被災した潜堤や離岸堤背後の局所的な水位上昇量を考慮するため,長周期波成分としてサーフビートの振幅(合田, 1975)を加えてD.L.+0.85mとした.

波浪変形計算に使用した海底地形データは、国交省黒 部河川事務所より提供頂いた海岸地形データをもとに作 成し、計算格子間隔は5mとした.なお海底地形データ のうち、潜堤および副離岸堤は基礎マウンドの高さのみ を再現し、到達波を評価した.

波浪変形計算の結果の一例として、平均水位および波 高分布を図-6に示す.入善漁港に近い急勾配の海底斜面 に設置された潜堤周辺では80cmを越える水位上昇が見ら れ、一部の潜堤や副離岸堤前面で有義波高は8mを越える 結果となった.このことより、来襲波高は潜堤や副離岸 堤の設計波高7.3mを上回り、被覆・消波ブロックは質量 不足となって、沈下・散乱が発生したと推定される.

#### (5) 護岸越波の検討

今回の被災では,緩傾斜護岸上を波浪が遡上し,護岸 の背後への越波・越流が発生した.川崎ら(2008)は, 数値波動水槽による規則波の検討により,被災した緩傾 斜護岸周辺の越流・氾濫の計算を行っている.それによ



図-6 ブシネスク方程式による水位上昇と波高分布



ると背後の集落では最大浸水深が1mとなって,現地調 査結果による氾濫流の痕跡高1m強と一致していること を報告しており,数値波動水槽による解析が,被災状況 等を再現する有効な手段であることを示している.

そこで、本研究においても数値波動水槽による不規則 波による数値計算を行い、被災時の護岸越波の検討を行 った.検討断面は図-7に示すとおりである.入射波浪は 水深60m地点において被災波の諸元であるH<sub>0</sub>=6.2m, T<sub>0</sub>=13.8sとした.岸沖方向の格子間隔は沖から離岸堤の 前面までは2.0m,構造物周辺は0.5mとし、水深方向は 0.5mの一定とした.なお、離岸堤は透過性構造物として 空隙率は60%,抗力係数は0.9、質量係数は1.5とした.

図-8は、計算結果のうち、波浪の来襲状況のスナップ を示している.離岸堤背後の緩傾斜護岸では水位が上昇 し、離岸堤を通過した波浪が緩傾斜護岸上を遡上し、護 岸背後へ越波している様子がわかる.

図-9は緩傾斜護岸法先位置における水位変動とその 60s間移動平均水位,および護岸背後の越波流量の時系 列を示している.これによると,緩傾斜護岸法先の平均 水位は+1m~3mの範囲で2~3分間隔の長周期で変動が 見られ,この長周期水位がピークに達する付近で越波が 発生していることがわかる.越波の発生頻度は3分に1 回程度で,さらに10分に1回程度は比較的大きな越波と なっている.この越波の発生頻度は,被災時の現地の目 視観測状況と概ね一致する結果となった.

## 3. 背後集落の2次災害防止へ向けて

今回被災した海岸保全施設の復旧は,被災時の沖波波 浪も加えて新たに波浪推算を行い,設計沖波の見直しか ら新たな設計波に基づいて行った.その結果,離岸堤や 潜堤は消波ブロック所要質量が見直され,護岸は天端嵩 上げが行なわれ,全ての復旧工事は平成20年11月に完 了した.

しかしながら、「寄り回り波」は事前に予測が困難で あり、また想定している波浪よりも波高・周期の大きい 波浪が来襲することもありうる.さらに入善地区は海岸 よりも陸側が低いという地形的特徴を有していることか ら、一旦越波や越流が発生すると背後集落へ水塊が流れ 込む恐れがある.これら入善地区特有の外力と地形的要 因を踏まえ、仮に今後想定を超える高波浪により越波・ 越流が発生した場合においても、背後集落への2次災害 を最小限に留めるフェール・セーフの観点から、護岸と 集落の間に副堤が検討されている.

#### (1) 副堤の概要

副堤の検討については、対象波浪に対して作用する波 力,越波流量を精度良く推算する必要がある.しかしな がら、当該対象地点である入善漁港海岸周辺の地形の特 異性や,さらに副堤は陸上構造物でかつ第2線の防波壁 であることから,既存の越波流量算定式や波力算定式は 適用できない.そこで被災時の越波の検討同様に,水理 模型実験や経験式に代替し得る解析手法として実績があ り,複雑な地形上の構造物に対しても適用可能である数 値波動水槽を使用して,不規則波による数値計算を行い, 護岸および副堤背後への越波流量,副堤に作用する波力 の検討を実施した.





#### (2) 副堤背後への越波流量

第1線の護岸を越波・越流した波は、道路から副堤の背 後集落へと越波・流量することになる.図-10は、副堤の 天端高さを道路より+1.5mとしたときの背後への越波流量 の時系列と累積の越波流量を示しており、図-9の護岸背 後への越波流量と比較すると、越波の発生頻度および越 波流量は明らかに低減していることが分かる.図-10に示 す累積越波流量より平均越波流量を求めると0.01m<sup>3</sup>/m/sと なり、この値は、「海岸保全施設の技術上の基準・同解説」 (海岸保全施設技術研究会編、2004)より「背後に人家、 公共施設等が密集しており、特に越波・しぶき等の侵入 により重大な被害が予想される地区」の許容越波流量で ある0.01m<sup>3</sup>/m/sと同程度となっている.従って、副堤を設 置することにより背後集落への越波・越流の効果的な低 減が期待される.

## (3) 副堤に作用する波力

護岸からの越波・越流により副堤に作用する波力およ び波力モーメントは,副堤直前の格子点における圧力の 計算結果より求めた.この圧力には,静水圧と波圧の両 方が含まれているが,胸壁は陸上構造物なので静水圧を 引くことなく,計算された圧力(以下,波圧)で評価し た.波圧の評価点は,道路上から0.5m間隔で3格子とし, 下から波圧1,2および3とした. 図-11は,波圧1~3の時系列の一例を示しており,最 大となる波圧1波を示している.このときの波圧は最大 で33kN/m<sup>2</sup>となっている.

波圧の時系列データより1波ごとの極大値を抽出し、 その最大値、上位1/20、1/10および1/3までの平均値で評 価した.波圧の分布形状は、図-12に示すように副堤の 高さまで水位が達した場合の静水圧より大きく、最下段 の波圧1の位置で最大となり、最上段の波圧3の位置で 最小となる分布形状を示した.

## 4. 結論

平成20年2月23日~24日の富山県入善漁港海岸の被災 要因の推定,および数値波動水槽による不規則波の計算 により副堤背後への越波流量および作用波力の検討を行 なった.主要な結論を以下に示す.

- (1)2月23日~24日にかけての入善漁港海岸における被災は、周期の長いうねり性の高波浪が発生し、高潮や水位の長周期変動が起こり、急勾配な海岸地形によって波の収斂や水位上昇が起こり、到達波高は設計波高を上回っていたと推定される。
- (2) ブシネスク方程式による波浪変形計算によると、被災した潜堤周辺では80cmにも及ぶ水位上昇が発生した.また潜堤の前面における被災時の来襲波高は8mにも達したと推定される.
- (3)数値波動水槽により被災時の護岸越波を推定したところ,越波の発生頻度は3分に1回程度,さらに10分に1回程度は比較的大きな越波となっており,被災時の現地の観測状況を概ね再現することができた.
- (4) 数値波動水槽による副堤背後への越波流量は,護岸 背後への越波流量と比較して発生頻度および越波流量 とも低減することが分かった.副堤を設置することに より背後集落への越波・越流を効果的に低減できるも のと期待される.

(5) 数値波動水槽による副堤への作用波力の分布形状は 最下段の波圧1の位置で最大となり,最上段の波圧3 の位置で最小となる分布形状を示した.

## 5.おわりに

今回の高波浪による被災分析や既往の災害より,今後 の漁港施設の課題について,中泉ら(2009)は次のよう にまとめている.①新たな気象擾乱を検証した沖波の見 直し,②うねりと風波の波浪の重畳効果等の検証,③生 命,財産等への影響を最小限となるよう,施設の計画・ 設計において,必要に応じてフェール・セーフの考え方 を導入する.

特に本研究では,背後集落への越波流量を低減する観 点から副堤の効果を定性的・定量的に示しており,2次 災害を最小限に留めるフェール・セーフの必要性が,よ り具体的に理解できるものと期待される.

#### 参考文献

- 海岸保全施設技術研究会(2004):海岸保全施設の技術上の 基準・同解説, pp.2-63-2-64.
- 川崎浩司・水谷法美・岩田好一朗・小林智尚・由比政年・斎藤 武久・北野利一・鷲見浩一・間瀬 肇・安田誠宏 (2008) : 富山県東部海岸における 2008年2月高波による被害調査,海 岸工学論文集,第55巻, pp.151-155.
- 合田良実(1975) : 浅海域における波浪の砕波変形, 港研報告, 14巻, 3号, pp. 59-106.
- (財)沿岸開発技術研究センター(2001):数値波動水槽の研究・開発,沿岸開発技術ライブラリー,No.12,457p.
- 中泉昌光・中村克彦・黒澤 馨・水上秀樹・窪野 修・齋藤 正文(2009):2008年2月日本海高波浪による漁港・海 岸の被災分析と復旧について,海洋開発論文集, Vol.25, pp.671-666.
- 畑田佳男・山口正隆(1998):富山湾における特異波浪「寄 り回り波」の予測法に関する予備的検討,愛媛大学工学 部紀要,第17巻, pp.261-271.
- 平成20年2月の日本海高波浪に関する技術検討委員会:平成20 年2月の日本海高波浪に関するとりまとめ, http://www.jfa.maff.go.jp/j/study/seibi/index.html