

青苗漁港周辺の津波遡上とその防止対策に関する模型実験

武内 智行*・中山 哲 巖**・小柳 一 利***・脇 長 正****

1. はじめに

1993年7月12日の北海道南西沖地震において、奥尻島青苗地区は津波と火災による壊滅的被害を受けた。青苗岬の付近は西寄りからの第1波、青苗漁港背後域は東寄りからの第2波の津波により家屋の流失や損壊などの被害を受けた。また、尊い人命も多数失われた。

この北海道南西沖地震を教訓にし、今後の津波対策を中心とした漁港・海岸施設整備方策を検討するための資料を得ることを目的に、青苗漁港を対象とした水理模型実験を行った。その結果をもとに、津波に対して漁港・海岸施設が果たす役割、有効な施設配置計画を検討した。

本論文では、東寄りからの第2波を想定した平面実験を行って、漁港の施設配置とその背後の津波の遡上との関係を把握し、津波遡上を防止するための対策について検討した結果を報告する。なお、西寄りからの第1波については、漁港の背後域への影響はごく一部に限られるのでここでは考慮しなかった。

2. 実験内容

(1) 実験装置

水槽は水産工学研究所波浪平面水槽の一部(9m×34m)を使用した。地形模型はモルタル製固定床とした。模型縮尺は1/200、模型製作範囲は現地換算で1,800m×5,000m程度とした。10m以浅は深浅測量図に基づいた海底地形とした。それ以深は当該海域の平均的な勾配の斜面とした(図-2参照、図中の等深線間隔は1m、等高線間隔は2m、格子間隔は200m)。

また、家屋を模擬するための煉瓦ブロック(長さ5cm×幅6cm×高さ5cm)を配置した(写真-1)。

津波の発生方式は真空ポンプを用いた方式とし、空気圧式造波装置(長さ8.7m×幅2.0m×高さ1.2m)を製作して段波的な孤立波を造波した。なお、波向きはほぼ東とした。

(2) 作用波の決定

被災前の漁港の防波堤等の施設配置(以下、単に施設配置という)を用いた実験を波形を変えて数ケース行い、東北大学(首藤, 1994)および東京大学(都司ら, 1993)などの現地踏査による青苗漁港周辺の遡上高(痕跡高)データに最も適合すると思われる波形を実験に使用する波形とした。

(3) 施設配置ケース

防波堤の有無による遡上高の違いや防潮堤などの施設の津波遡上低減・防止効果を把握するため、基本的には次の5つの施設配置について実験した。

①被災前の施設配置(現況)

②防波堤の無い場合(①から防波堤を除いた施設配置、模型製作の都合上、護岸と用地は残したまま)

③防潮堤を設置した場合(天端高は東護岸基部を境に港内部分6m、港外部分11.8m)

④第9次漁港整備長期計画の施設配置(防潮堤も含む)

⑤港口部に島堤(長さ300m、天端高6m)を設置した場合

(4) 測定項目

a) 波形(水位変化)

14地点で容量式波高計を用いて計測した(図-2)。測点1~3は港の沖合の地点である。測点9~14の6地点は陸上部に位置し、その標高はそれぞれ4.0m, 4.0m, 4.0m, 3.0m, 3.0m, 1.7mである。

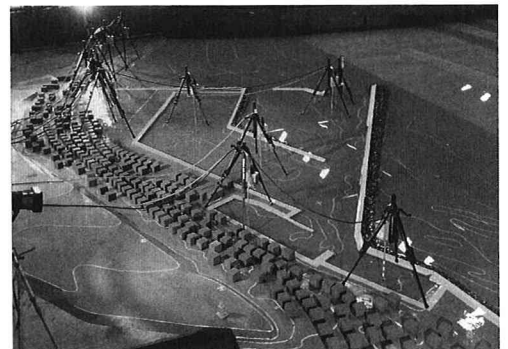


写真-1 地形模型の状況(被災前の施設配置)

* 正会員 農博 水産庁水産工学研究所 漁港水理研究室長

** 正会員 工修 水産庁水産工学研究所 漁港水理研究室主任研究官

*** 北海道開発局農業水産部水産課 企画係長

**** 正会員 (財)漁港漁村建設技術研究所主任研究員

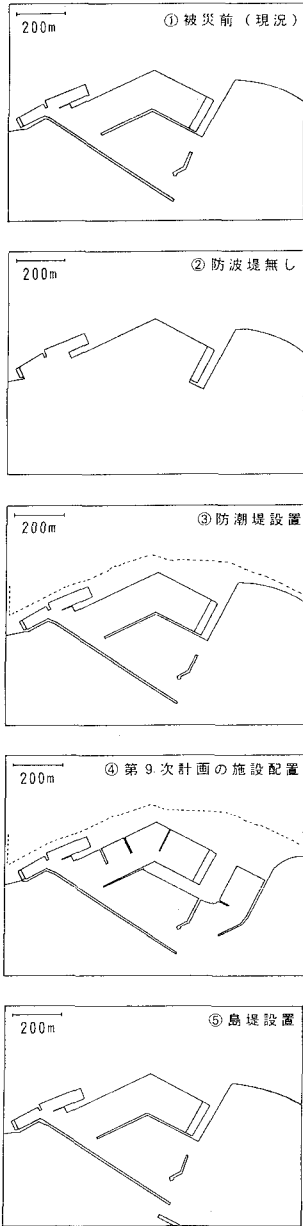


図-1 実験に用いた施設配置

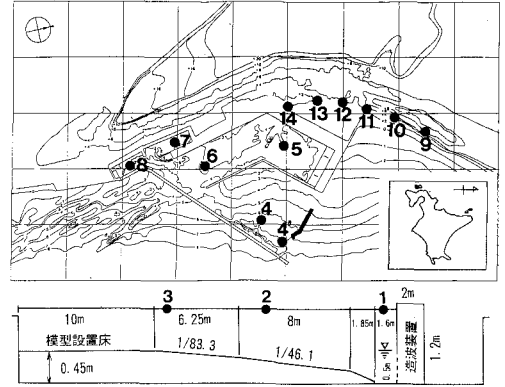


図-2 波形，流速計測の測点配置図

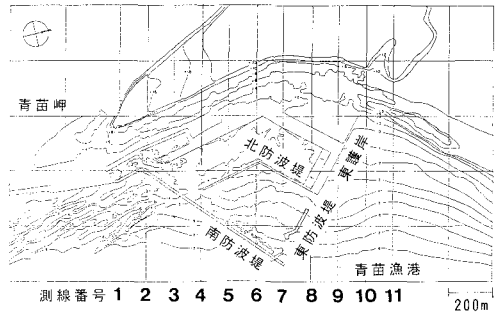


図-3 津波最大遡上高の測線配置図

算0.5mピッチで上記で撮影した写真より判読した(図-3)。なお、同じ実験を2~3回実施し、その平均をとった。

3. 実験結果

(1) 作用波の決定

第2章に述べた決定方法により、図-4の波形を作用波として選定した。なお、できるかぎり碎波しない波形を選定しようとしたが、選定した波は水深約14m(現地換算)地点で崩れ波型の碎波をしている。ここでは、造波装置に最も近い位置(測点1)の波形と碎波直後(測点3)の波形を示した。

また、この作用波による遡上高は測線1~5付近で現

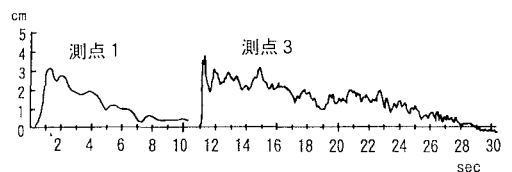


図-4 実験に用いた波

b) 流速

港内の港口部付近の1地点(測点4)で電磁流速計を用いて計測した。

c) 津波遡上状況

モータードライブカメラとビデオカメラを用い、写真撮影(0.4秒毎36枚)及びビデオ撮影により模型のほぼ全域の遡上状況を記録した。

d) 津波最大遡上高

11測線を設定して津波の到達した最大標高を現地換

地データより1~2m程度高めである。しかし、これらの測線の付近は津波の被害を免れた、または被害の小さかった区域である。東護岸からの津波侵入による被害が大きかったことを考慮し、今回の実験にあたっては、北半分の測線での最大遡上高の適合性の確保に重点をおいた。したがって、以下の結果についてはこのことを考慮して解釈する必要がある。

(2) 遡上状況

遡上状況の一例を写真-2に示す。現況、防波堤無し、9次計画の施設配置のそれぞれについて、全体的に見て遡上高が最大に達したと思われる時点の写真を示した。黒い線で示した所まで遡上している。防波堤が無い場合はほぼ全域で丘のふもとまで達している。9次計画の施設配置では、若干の越流が一部であるが、極めて少量で

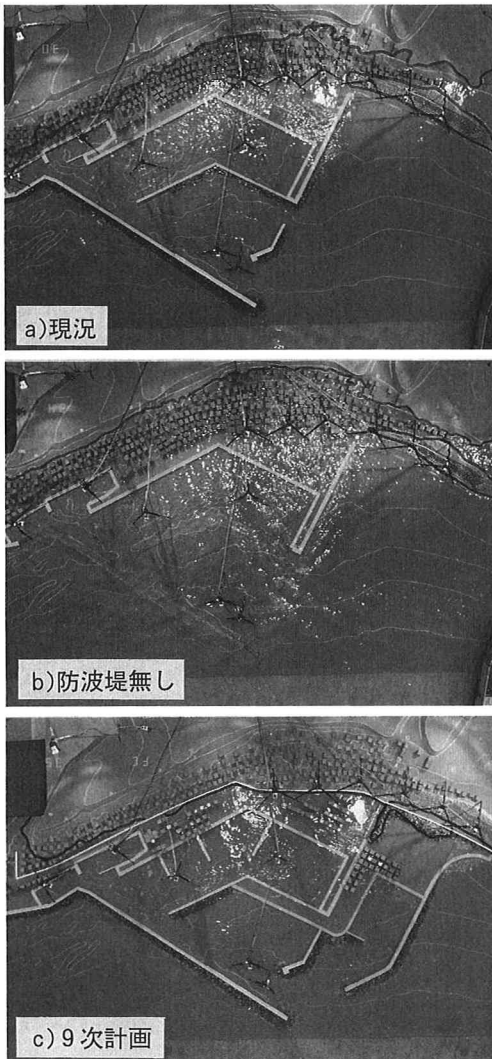


写真-2 津波の遡上状況の一例

ある。なお、当然のことながら、各測線での最大遡上に達する時刻は異なるので、場所によってはすでに引き始めている所もある。

(3) 最大遡上高

図-5は現況と防波堤が無い場合の最大遡上高を比較した図である。図-6は5つの施設配置すべての場合の比較をした図である。

港外に位置する測線11を除くと、現況では4~8.5mであるが、防波堤が無い場合は8.5~10mであり、現況と防波堤が無い場合とで有意な差が認められた。

防潮堤、9次計画と施設整備が進むにつれて低くなっている。完成時には防潮堤背後の地域への津波の侵入はほとんどないといって良い。

島堤は、東護岸の隅角部からの侵入低減対策の一つとして考えた。現況と比較して、全ての測線で低くなっており、効果は認められるが、防潮堤や9次計画の施設配置と比較すると相対的には劣っている。

(4) 流速

図-7は現況における測点4での流速の時系列変化である。港内に進入する流速の最大値は63 cm/sに達し、これは現地換算で8.8 m/sに相当する。

(5) 波形(水位変化)

以下の水位変化の図で港内については、造波装置に水を吸い込んでから造波しているため、縦軸の0は平均水面から5 mm(現地換算1 m)下がった位置である。また、陸上部についてはその地点の標高からの水位、すなわち津波の厚さである。

図-8は現況における港内での水位変化の状況である。測点7と8では、最高水位は8の方が早く高い。いずれの地点も一旦最高水位に達した後、二次的な若干の水位上昇はあるが、港内の貯留効果により徐々に水位がさがっている。

図-9は現況における陸上部の水位変化である。港外側の測点9~11の津波の最大厚さは4~4.5 cmに急激に達し、その後急激に減少する。一方、港内側に位置する測点12~14では最大でも2 cmである。

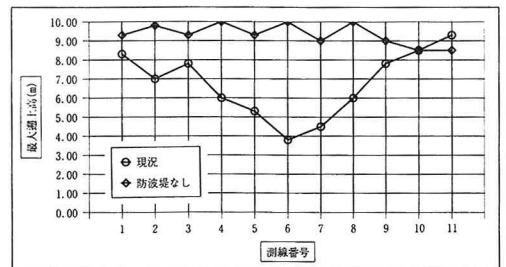


図-5 最大遡上高の比較(現況と防波堤無し)

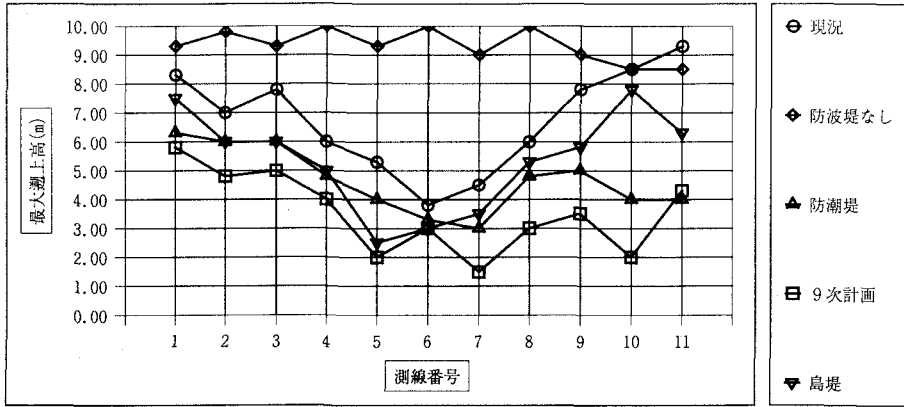


図-6 最大遡上高の比較 (5つの施設配置)

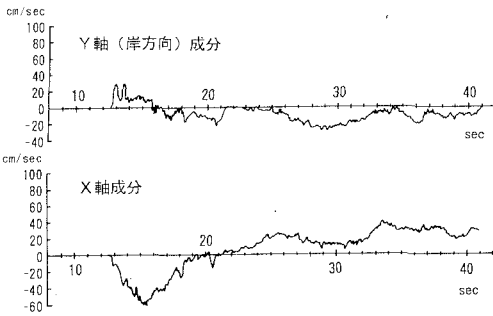


図-7 流速測定結果の一例

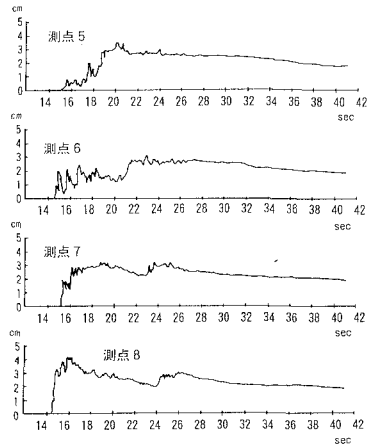


図-8 波形 (水位変化) 計測結果 (現況, 港内部)

図-10は9次計画の施設配置における港内の水位変化である。波除堤のため測点5及び6では現況に較べて、水位の上昇は遅く、また若干低い。測点7及び8については大差がない。

4. 考 察

ここでは、施設配置の違いによる最大遡上高の違いについて比較検討し、施設整備の進展による津波遡上防止効果を把握する。

- ①前章で述べたように、港外に位置する測線11を除くと、現況と防波堤が無い場合とでは漁港背後の遡上高に明らかな差があり、防波堤による津波遡上低減効果が認められた。なお、この効果については港の水面積および港口の断面積と津波による水の流入量との関係が大きな決定要因であることが報告されている(谷本ら, 1984)。したがって、本実験結果を直ちに他の漁港に適用することはできないので注意が必要である。
- ②東護岸基部(測線10付近)からの津波の侵入は、現況と防波堤無しの場合とでほとんど差はなかった(模型製作の都合上護岸は残したままであったからである)。

また、東護岸基部付近での遡上高が大きいのは事実であるが、防波堤が無い場合の他の測線での遡上高から考えて、護岸が無い場合には同程度又はそれ以上の遡上があったであろうと推定される。したがって、東護岸基部が津波遡上を助長したとは言えない。

- ③粗度調整のため家屋を模擬した煉瓦ブロックを配置して実験を行ったが、その家屋の一部除去(東護岸基部付近)した実験結果では測線4~7で遡上高が増大しており、家屋等の粗度が津波遡上を低減させる要素の一つであることがわかる。また、9次計画の施設配置については、保管施設や加工場等の建物を配置しない場合についてもあわせて実験を行い同様の効果を確認している。したがって、耐久性のある鉄筋コンクリートの家屋等を前面に配置することは津波遡上を低減する対策として有効と推定される。
- ④東護岸基部のような隅角部からの遡上は大きいので何らかの対策が必要である。そのひとつの方策として島

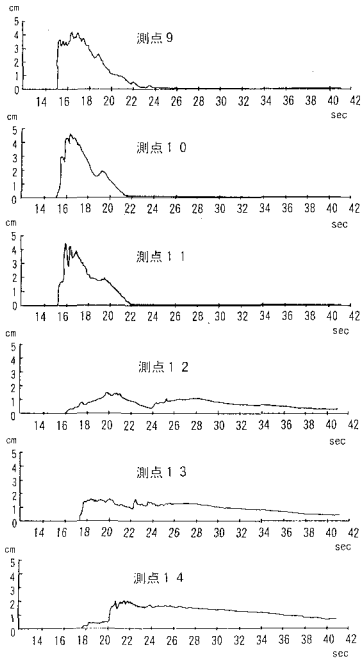


図-9 波形(水位変化)計測結果(現況,陸上部)

堤を設置してみた。若干の効果は認められるが、基本的には堤防・護岸の嵩上げや防潮堤の設置あるいは港内面積の拡大の方が有効であろう。

- ⑤防潮堤を設置した場合、港内側で若干の越流が見られたが、ごく少量であった。第9次漁港整備長期計画の施設が加わるとこの越流はほとんどなくなった。すなわち、これらの施設整備の進展により青苗漁港背後への津波の侵入はほぼ抑えられることがわかった。

5. おわりに

以上より、若干の検討事項が残されてはいるが、青苗漁港の防波堤が津波をある程度防いだこと、また今後の防潮堤の設置や第9次漁港整備長期計画の施設配置により津波をさらに防ぐことのできる事が確認できた。

なお、本研究は津波被害発生による緊急の研究として実施したため、必ずしも十分には実験計画や実験装置を工夫することができなかった。たとえば、波形の継続時

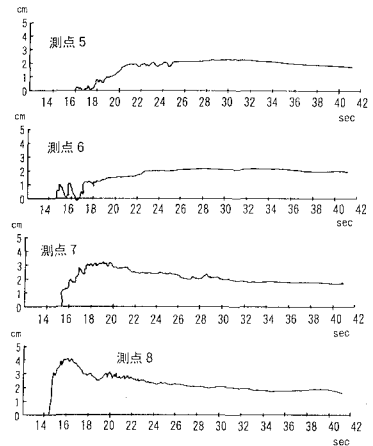


図-10 波形(水位変化)計測結果(9次計画,港内部)

間についてはさらに長くした場合の検討も必要と考えられる。地形模型の粗度についても、難しい事項ではあるが、さらに検討が必要であろう。しかし、現地調査における遡上高にほぼ合わせることで良しとせざるを得なかった。これらのいくつかの問題点については、今後の検討課題としたい。

最後に、本研究は科学技術庁科学技術振興調整費「平成5年北海道南西沖地震に関する緊急研究」の一課題「水理模型実験による津波の伝播現象に関する研究」の一環として、また北海道開発局の「管内津波対策漁港施設整備模型実験業務」の一環として実施したことを付記し、関係各位に深謝する。なお、実験に際しては国際気象海洋(株)の滑川順、千葉義春の両氏の協力を得た。ここに記して謝意を表す。

参考文献

- 首藤伸夫(1994): 1993年北海道南西沖地震津波の痕跡高, 津波工学研究, 9号, pp. 47-166.
 谷本勝利・高山知司・村上和男・吉本靖俊・平石哲也(1984): 日本海中部地震津波の実態と二, 三の考察, 第31回海岸工学講演会論文集, pp. 252-256.
 都司嘉宣・加藤健一・山中佳子・荒井賢一・佐竹明(1993): 北海道南西沖地震の津波による沿岸集落被害, 日本地震学会1993年度秋季大会講演予稿集, 2, p. 45.