

II-71

93年北海道南西沖地震による津波の波力について

室蘭工業大学大学院	学生員	木村 祥明
室蘭工業大学工学部	正 員	近藤 徹郎
苫小牧工業高等専門学校	正 員	浦島 三朗

1. はじめに

1993年7月12日22時17分、北海道南西の海底、北緯42度47分、東経139度12分、深さ34kmを震源(図-1)とした、マグニチュード7.8の大規模な地震が発生した。この地震によって地盤の液状化現象や斜面崩壊、土木構造物の破壊等の被害が北海道および東北地方の各地に生じた。この地震は北米プレートにユーラシアプレートが潜り込んで発生したと言われ、震源の深さが比較的浅かったため津波も発生させた。この津波の被害は日本海沿岸一帯の広い地域に及んでいる。特に奥尻島は物的被害の他に地震発生の数分後には津波が来襲したため、日本海中部地震津波の倍以上の犠牲者を出した。過去の津波の研究を見ると、主に津波の伝播計算や遡上高等について行なわれており、津波波力に注目したものはほとんど見られない。そこで本研究は1993年8月2日～4日および1993年9月27日～29日の2回行なった現地調査結果をもとにして津波波力を計算し、津波の来襲方向もついても考察する。

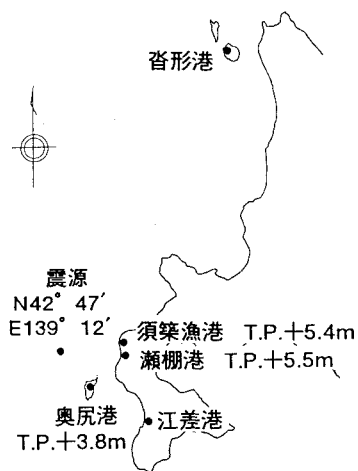


図-1 震源・港湾の位置および遡上高

2. 現地調査結果

2回に渉り海岸構造物および港湾施設についての津波の被害を中心に調査した。今回はそのうちの図-1に示す奥尻港と須築漁港について述べる。

2.1 奥尻港

奥尻島は北海道の西方の東西11km、南北27km、周囲84kmの南北に長い三角形の離島である。島の東側海岸は単調な海岸地形をしており、西側海岸は岩礁海岸となっている。奥尻港は震源の島影になる東側海岸に位置する地方港湾である。図-2に奥尻港を示す。津波による被害としては北防波堤の岸側のケーソンが写真-1に示すように約14函、港の内側方向(南方向)に滑動または流失していた。また、東防波堤および南防波堤の津波による滑動、流失は見られなかった。但し、南防波堤の一部が破壊され港外に落下していた。これらから津波は北側より来襲したと考えられる。その他としてはフェリー用岸壁は地震と津波によって破壊され、フェリーターミナルビルの1階が津波によって建物本体以外は流失し

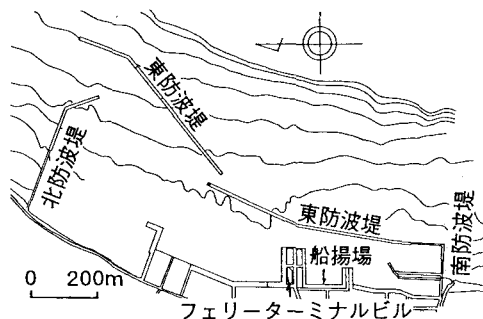


図-2 奥尻港平面図

Tsunami Wave Force of 1993 Earthquake off South Western Hokkaido
by Yoshiaki KIMURA, Hideo KONDO and Saburou URASHIMA

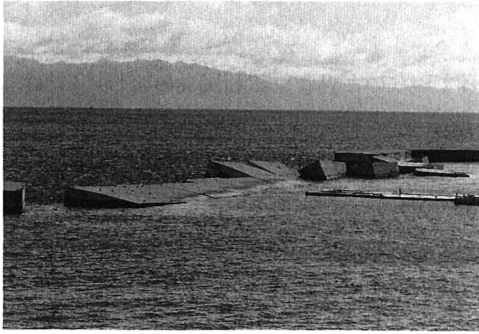


写真-1

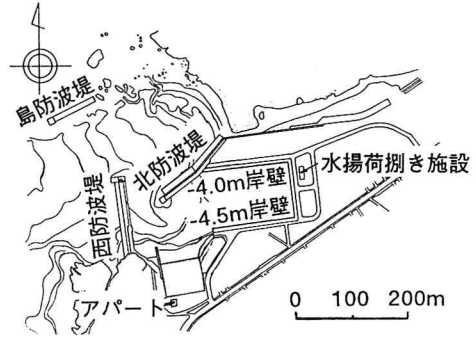


図-3 須築漁港平面図

ていた。

2.2 須築漁港

須築漁港は瀬棚港の約20km北側、茂津多岬の南側に位置する第4種漁港である。漁港周辺の地形は岩礁海岸となっている。図-3に須築漁港を示す。津波の遡上高は漁港奥の水揚げ荷捌き施設の位置で1階天井まで達していた。漁港の南方向にあるアパートでは2階の床上まで達していた。また、-4.5m岸壁横の斜面上にある民家には津波は遡上しなかったようだ。岸壁は他の港湾と同様地震によって海側にはらみだしていた。津波によるものか特定出来なかったが島防波堤に海藻が大量に打ち上げられていた。現地の聞き取り調査によると、南側の-4.0m岸壁に繋留していた漁船は津波によって沈んでしまったが北側の-4.0m岸壁に繋留していた漁船は被害を免れた、と言われている。これは岸壁方向より津波が来襲し波を被ったためと考えられる。

3. 伝播図

現地の調査結果より奥尻港については北側より津波が来襲したと考えられるが分かったが、須築漁港における津波の来襲方向は未知である。また奥尻港も実際に北側方向から来襲したかどうかは未知である。そこで奥尻島と須築漁港を含む日本海沿岸一帯の津波の伝播の傾向を調べるために波峰線法によって伝播図を描いてみた。図-4に波源域を南北方向に直線を仮定したもの、図-5に三日月状の余

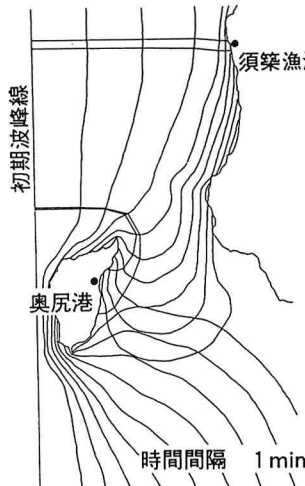


図-4 伝播図（直線）

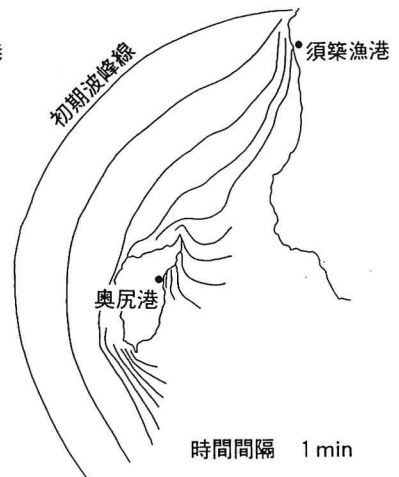


図-5 伝播図（扇形）

震密集域²⁾から扇形を仮定したもの、以上の2種類について描いた。これら2つの伝播図はともに同じ傾向を示した。まず、須築漁港についてはエネルギーの分散が少なく岸に対しては直角に入射することが分かった。奥尻港には波の屈折現象により北側から時計回りに、少し遅れて反時計回りに共に岸に平行に入射することが分かった。但し、この伝播図だけで考えると須築漁港と違いエネルギーがかなり分散し、入射する方向は現地調査の結果とは一致しない。

4. 津波波力

4.1 津波の冲合諸元

津波の周期は最も周期が短く海底地形の影響を余り受けていないと思われる利尻島の沓形港の検潮記録の8分を使用し、また奥尻港沖の水深50mの地点での津波波高は5.0m、須築漁港沖で6.0mとした。⁴⁾

4.1 奥尻港

奥尻港における津波波力の計算はケーソンが滑動、流失した北防波堤について行なう。まず、3.伝播図で描いた伝播図を元に岸に平行に波峰線を仮定した場合、北防波堤より東防波堤に波が集中し北

区分け	A	B	C	D	E
被害状況	一部滑動	被害なし	滑動	滑動	流失
計算波高	6.14	5.77	6.79	6.26	8.35
安全率	0.61	0.66	0.59	0.65	0.56

表-1 計算波高と安全率

防波堤には回折波が入射する程度となり現地の状況をうまく説明出来なかった。次にケーソンの滑動状態より初期波峰線を仮定し伝播図を描くと岸に対して直角に近いほど良い結果を示した。ここで表-3に初期波峰線の波高を50m地点での波高から6.29mとして防波堤手前での計算波高の平均値を示した。結果は岸に近いほど高い波高を示しDケーソンでの波高が6.3m程度となった。これをもとにして滑動の安全率を計算するとA～Eのいずれのケーソンも滑動させるのに十分な値となった。Bのケーソンに被害の無かったのは防波堤が曲がった所であると共に安全率が一番高かったためと推測される。

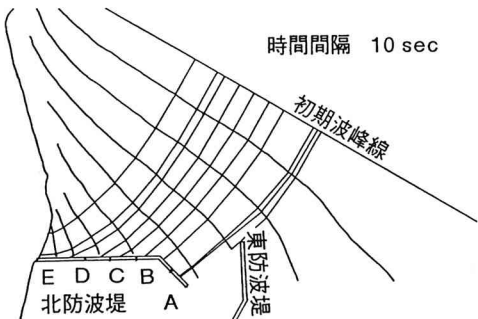


図-6 奥尻港北防波堤付近の伝播図

4.2 須築漁港

アパートと水揚げ荷捌き施設を結ぶ線上の中間に位置し、津波波力によって曲がったと思われる写真-2に示す看板を対象に計算した。この看板は防波堤沿いに2本の長さ約2.6mのパイプによって立てられていたもので看板の大きさは約150cm×90cmとなっている。パイプの強度は0.8t程度の荷重が看板に働くと破壊すると仮定した。津波波力が看板だけに垂直に働いたと仮定すると、看板は孤立構造物と見なせるのでモリソン式を適用して波力計算をした。但し、質量力は小さいとして抗力だけについて考えた。また比較のため長波の波力についても計算した。

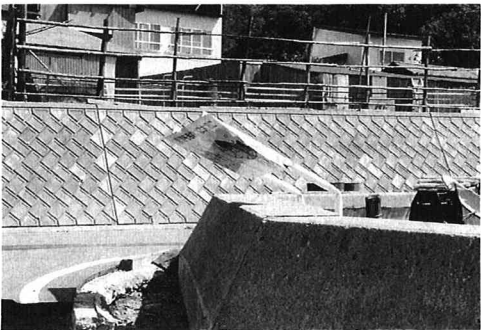


写真-2

$$\text{モリソン式: } F_T = \frac{w_0}{2g} C_D A_n |v| v$$

$$v = \left\{ \sqrt{g(h+H)} - \sqrt{gh} \right\}^{5/2}$$

$$\text{長波の波力: } p = w_0 (H - h)$$

H=波高 h=水深:
 F_T =波力 p =波圧強度
 $w_0=1.03t/m^3$ C_D =抗力係数=2.01
 A_n =投影面積=1.35 m^2

図-7、図-8はその結果およびモデルである。モリソン式を使用した場合、看板を越える程度の波で約

1.8tの波力が働く、現地調査からH=3.0m程度の津波が入射したとすると約2.1tの荷重が働く。これはパイプの破壊強度を大きく超えている。

以上の結果から津波の来襲方向を考える。図-9に示す伝播図だと津波は看板に対して斜め方向から入射している。この角度から入射すると高い波高が必要となり、後部にある擁壁背後の斜面上を遡上してしまう。これは現地の状況と一致しない。次に現地の聞き取り調査よりアパート方向から来襲したとする。この場合看板は、入射する方向が直角であるため比較的低い波高でも破壊する。また、ある程度高い波高の津波が来ても斜面上に遡上することは考えにくい。ため現地の状況をうまく説明することができる。

4. おわりに

今回、津波波力によって現地での遡上高・来襲方向を考えてみた。その結果、須築漁港では十分な結果が得られたが奥尻港は屈折のみではうまく説明できない。原因としては奥尻港は震源域の中にあるため初期値設定が難しい事、回折や多重反射等の問題が考えられる。今後は被害を受けた他の港湾について同様の手法を用いて調べる所存である。

謝辞

奥尻港の資料を北海道開発局と(株)北日本港湾コンサルタントより提供していただいた事を記して謝意を表わします。また協力してくれた室蘭工大海岸研究室の4年目学生村松道雄さん、院生古沢彰範さんに感謝します。

参考文献

- 1) (株) 鹿島 (1993) : 平成5年北海道南西沖地震被害調査報告書, 42-63.
- 2) 港湾研究室・水産土木研究室 (1993) : 1993年北海道南西沖による津波に関する調査結果概要, 北海道開発局土木試験所月報, 483, 70-81.
- 3) 谷本他 (1983) : 1983年日本海中部地震津波の実態と二・三の考察, 港湾技研資料, 470, 52-79.
- 4) 北海道 (1993) : 北海道南西沖地震津波検討資料 (概要) .
- 5) 室田・村岡・和田 (1961) : 長波の局所変形に関する実験的研究, 海岸工学講演集, 8, 36-40.

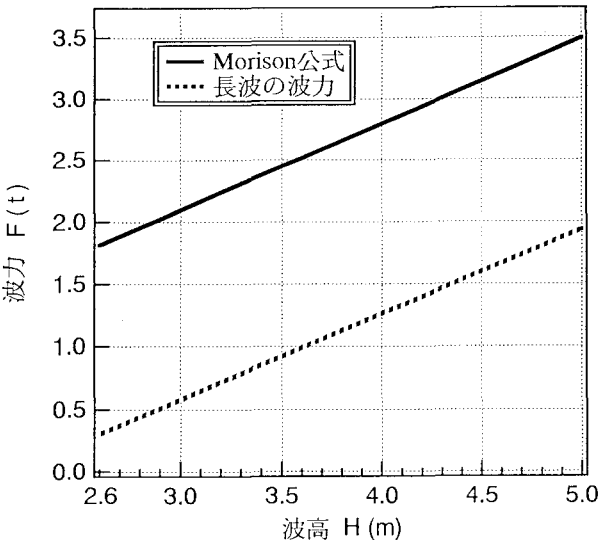


図-7 看板に作用する波力

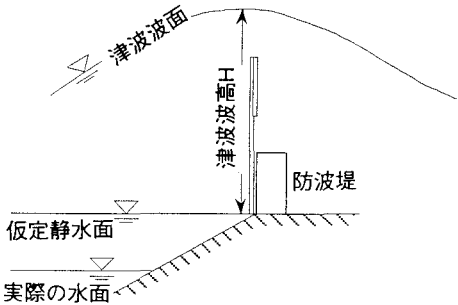


図-8 波力モデル

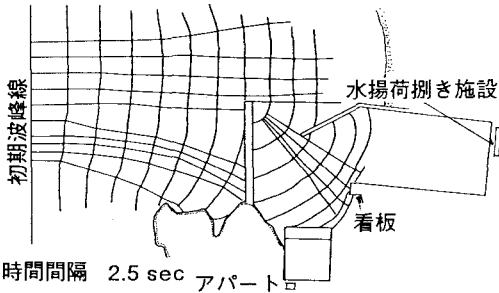


図-9 須築漁港付近の伝播図