

# 十勝沖地震津波調査報告

堀口孝男\*・横田基紀\*\*

## 1. まえがき

1968 十勝沖地震の発生にともない、運輸省港湾局、港湾技術研究所、第 2 港湾建設局の共同作業により東北、北海道地域の現地踏査調査を実施し、筆者らは東北地区（岩手県、青森県）の津波調査を担当した。

今回の地震においては、1964 年の新潟地震にかんがみ、港湾関係者の努力によって各所に設置された強震計が地震の強さを記録している。それによると 200 ガルをこえる所が二、三みうけられ、地震の規模が大きかったことを物語っている。

地震津波においては、津波による直接被害は比較的少なかったが、これは津波来襲時刻がほぼ大潮の干潮時に一致したことと、チリ地震津波以後、ほぼ 7 年をかけて実施されたチリ津波対策事業によって建設された防災施設の効果によるもので、津波自体の現象規模としては既往のビッグ 3 の一つと目し得るものと思われる、つきにかかげるような海岸工学上興味あるいくつかの問題を提起している。

- ・津波防波堤効果の実証
- ・防波堤の締切り効果と津波防災
- ・近地地震津波の来襲特性
- ・津波に重畳した波浪の性質
- ・津波による防波堤の倒壊

これらの問題については今後それぞれの関係者によって、その基礎となる検討、解析がなされると思われるが、調査結果の概要と港湾地域を中心とした津波来襲時の現地の実態について報告する。

## 2. 1968 十勝沖地震津波来襲時の自然状況

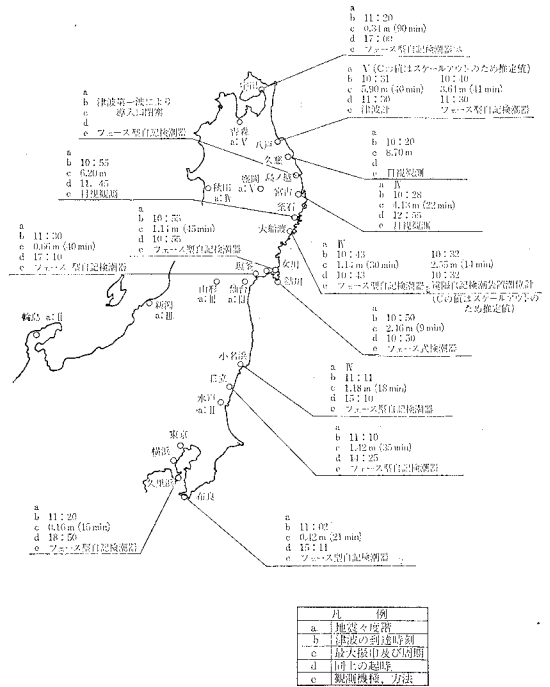
### (1) 地震

1968 十勝沖地震は、昭和 43 年 5 月 16 日 9 時 49 分頃、青森県八戸市東南東約 150 km を震源地として発生したもので、震源の深さは 20 km、規模はマグニチュード 7.8 であった。

この地震は東北地方はもちろん、北海道、関東地方の全域においてもかなりの地震として感ぜられるほど大規模なもので、北海道、東北地方のほぼ全域が震度 IV 以上

\* 正会員 運輸省第二港湾建設局 横浜調査設計事務所  
\*\* 正会員 同 上

図-2.1 津波の分布図



を示し、構築物の被害が各地に発生した。

各地の震度階分布、観測された津波の諸元ならびに関連観測機器の所在を図-2.1 に、強震計による本震の観察記録例を表-2.1 に示す。

### (2) 気象（降雨および波浪）

地震津波来襲前の気象状況（昭和 43 年 5 月 13 日 15

図-2.2

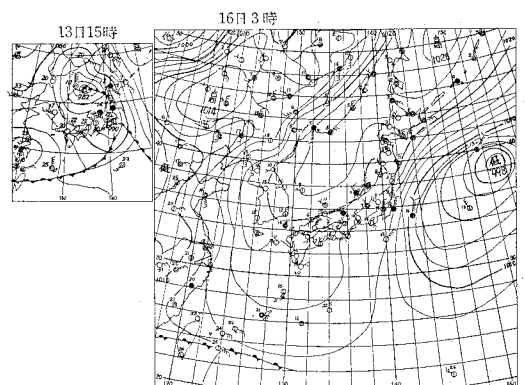


表-2.1 強 震 観 測 表

観 測 地 点				記録番号	NS 成 分 最大加速度 (gal)	EW 成 分 最大加速度 (gal)	UD 成 分 最大加速度 (gal)	摘 要
港 名	地震計所在地	設置点の状況	真北との偏差					
室 蘭-S	建設事務所構内	地 盤 上	0	S-234	209	140	70	UD 振幅の微小のため
青 森-S	青森市第2埠頭	〃	0	235	213	180	131	
宮 古-S	工事事務所工事課構内	〃	0	236	118	95	31	
秋 田-S	工事事務所構内	〃	7.12°W	237	24	33	26	
酒 田-S	光ヶ丘宿舍構内	〃	0	238	27	25	16	
鹿 島-S	防波堤背後	〃	29.15°W	239	11	16	—	
品 川-S	品川埠頭背後	〃	2.30°W	240	9	7	13	
京 浜 事-S	工事事務所構内	〃	33.20°E	246	15	10	4	
京浜山下変-S	山下埠頭変電所構内	〃	33.20°E	247	6	5	1	
新 潟-S	工事事務所構内	〃	0	250	9	15	1	
八 戸-S	八戸工場構内	〃	0	252	235	188	80	
釧 路-S	中央埠頭	〃	14.40°E	262	34	36	15	
小 樽-S	小樽市築港2番2号	〃	0	267	17	17	11	
大船渡防-S	大船渡港口防波堤	構造物上	40.41°E	269	89	148	36	
小 名 浜-S	第二埠頭構内	地 盤 上	20.25°E	299	—	9	3	

(注) 1. 「真北との偏差」とは、地震計の NS 成分と真北とのなす角をいう。

2. 記録番号の S は SMAC による記録を示す。

3. この資料は港湾技術研究所耐震構造研究室で観測整理したものである。

時、16日3時)を 図-2.2 に示す。

5月13日頃より日本付近は日本海北部にある発達した低気圧(980 mb)と、関東南岸にある低気圧(996 mb)をともなった深い気圧の谷の中にあり、近畿以北の天気は大きくくずれて全般的に雨となっていた。その後、北方高気圧の張り出しにより日本海低気圧は停滞、衰弱したが、関東南岸の低気圧は急速に発達しながら北上し、14日には986 mb となって宮古沖に達した。

このため三陸沖では北高型の強い北東風が連吹し、東北地方北部を通過中の寒気塊の影響も加わって集中豪雨となり、低気圧は三陸沖に停滞して15日中降り続き、八戸市における3日間の降雨量は162.5 mm を示し、5月における月雨量を上まわる前例のない降雨量であった。

この豪雨の影響は青森県東部にとくに顕著に現われ、内陸部における地すべり、山津波等が地震によってじゃっ起され、一部に悲劇的災害を招くとともに、鉄道、道路等の被災は倍加し、復旧も遅滞した大きな原因の一つと説明されている。

一方、このような気象状況下で、三陸沖は大荒化となり、八戸港付近の波は13日夕刻より波高1 m を越し、夜半より15日の日中は4 m 以上の高波が継続し、最高波高は7 m を越えるほどになった。その後低気圧の東進、衰弱にしたがって波も徐々に減衰し、津波来襲直前の16日10時の観測では波高2.91 m(最高波高4.24 m)、周期9.8 sec、波向 NE となった。

また宮古港では、津波警報の発令と同時に連続して波浪観測が実施され、津波と波浪の重畳した波形記録が得られている。この種の波高計は周期20秒程度以下の波浪を忠実に測定することを目的とし、長周期の水位変動は自動的に消去する機構を有するため、津波のような中間的周波数に対する応答特性はあらかじめ求められていないので、この記録からただちに定量的な結論を得るこ

とはできないが、津波の山に相当するところでは波浪が大きく、谷に相当するところでは小さくなる相対的な傾向が明らかに認められる。

以上述べたごとく、津波来襲の一兩日前より三陸沿岸は相当な荒化状態であったことは明らかである。このため三陸沿岸の小型漁船は、港内あるいは海岸にしっかりとけい留され、あるいは十分安全な背後地に引き上げられていたため、津波による流失、打上げ、座礁等による被災をまぬがれたものが少なくない。しかしながら比較的防波効果がよいとされていた港では、港内にけい留されていた船が港外へ退避の機会を失い、津波の来襲にともなう港内の擾乱によって、流失、座礁、あるいは衝突により被害を増大した場合もある。

### (3) 津 波

1968十勝沖地震津波の状況を 図-2.1 に示す。水位については自記録、目測、痕跡等による各地で得られた調査法の異なる資料を一括表示しているため局地的影響も多分に含まれている。また初動の傾向については、記録上の判定による場合でも現地聴取による場合でもきわめて主観性の強いものであることはいままでもない。

#### a) 規 模

いままで三陸地方に襲撃した顕著な津波と、今回の十勝沖地震津波の規模を比較すると、表-2.2 (a), (b) のごとく示される。

津波の規模は、現象の偶発性と観測法の不備により、従来の調査においては災害の程度によってその規模が判断され、現象は被災にともなう追跡調査の域を出ない場合が多かったと思われるが、防災施設の整備により災害は当然減少するであろうし、今後の防災施策を適切に促進するためにも現象に忠実な調査がなされる必要がある。

ここに収集された資料からその規模を比較しようとす

表-2.2 (a) 三陸沖の過去の津波における最高潮位最低潮位

漁 港 名	発 生 年 月 日					備 考
	明治29年6月15日	昭和8年3月3日	昭和35年5月24日	昭和43.5.16 十勝沖津波		
	三陸沖津波	三陸沖津波	チリ津波	最高潮位	最低潮位	
吉里吉里	D.L. 4.00	D.L. 4.20	D.L. 4.10	D.L. 3.80	D.L. -4.00	
大 雄 (赤浜)				2.70	-3.30	
〃 (安渡)	8.50	5.80	4.80	3.00	-4.00	第4波 11時30分 (検潮所)
〃 (白石)				3.00	-4.00	
片 岸				4.00	-4.20	
室 浜			4.50	5.10	-5.50	
箱 崎 (根浜)				4.70	-5.20	
〃 (箱崎)			4.50	5.00	-5.50	
(鍋) 白 浜	7.40	5.80	3.70	2.60	-3.00	
仮 宿				2.00	-3.00	
桑 の 浜	13.00	10.54	3.60	1.80	-2.50	
西 石	13.00	10.54	5.00	2.60	-3.50	
釜 石	7.90	5.40	4.00	3.70	-4.00	第4波 11時44分 (税関前)
嬉 石	7.90	5.30	4.00	3.50	-4.00	
平 田	7.50	5.90	4.00	3.80	-3.00	
(釜) 白 浜	7.40	5.80	4.00	2.60	-3.00	
佐 須				2.50	-2.80	
花 名 辺	13.80	9.70	4.00	2.50	-3.00	
本 郷	13.50	10.93	3.00	3.30	-3.00	
小 白 浜	15.00	8.00	4.00	3.00	-3.20	
大 石				2.80	-3.00	

安渡以外は目測またはこん跡  
 西石以南 D.L.±0=T.P.-0.69 (m)  
 釜石以北 D.L.±0=T.P.-0.71 (m)

表-2.2 (b) 八戸港の既往の津波

西 歴	月	日	時 分		震 央 地 点	津波波高
			時	分		
1933	3	3	2	31	三 陸 沖	21 cm
1942	3	6	4	49	青 森 県 東 方	小津波
1945	2	10	13	58	〃	30
1952	3	4	10	23	十 勝 沖	280
1952	3	10	2	4	襟裳岬南東沖	微 少
1952	11	5	1	58	カムチャッカ	178
1958	11	7	7	58	エトロフ沖	74
1960	3	21	2	7	三 陸 沖	80
1960	5	24			チリ	531
1962	4	12	9	53	金 華 山 沖	20
1963	10	13	14	19	エトロフ沖	120
1964	3	28			アラスカ	137
1965	2	4			アリューシャン	75
1966	10	18			ベ ル	43
1968	5	16	11	38	十 勝 沖	280

るとき、既往資料の高水位は、局部的な痕跡あるいは遡上高によって決定され、比較的高目な値が得られている場合が多いと思われ、それぞれの時点における周囲の自然条件が明らかにされる必要があるが、今回の津波は過去数十年間におけるビッグ3にあげうる規模と思われる。

**b) 来襲状況**

津波の初動は、浪源に比較的近い八戸～宮古の間では

“押し”によって津波の来襲が認められ、八戸以北および宮古以南においては明らかに“引き”によって始まったとみられる。しかしながら“押し”という判断はすべて目撃者からの状況聴取によるものであり、記録に現われた“引き”が数十 cm 以下の小さいものであることと当時の波浪状況を考えあわせると、全般的に弱い“引き”で始まったと見るべきであろうと考える。

最高水位は一般に第3波目までに現われているが、地域的な一定の傾向よりはむしろ個々の地点の地形、地物等の影響が現われている。

たとえば宮古湾においては、湾口近く位置する地区では第1波の初動に顕著な“引き”が現われ、この時点で神林貯木場の木材はすでに大量に流失を始め、けい留杭の倒壊が起こり、最高水位は第1波(10時28分頃)によって示されている。ただし推算潮位上の偏差としては、第7波(12時55分頃)が最高で、第2波(10時50分頃)がこれについている。しかしながら湾奥の高浜、赤前地区において、初動の“引き”は感知されておらず、最高水位も第4波(あるいは第3波ともいう)によってもたらされたと観察されている。

また八戸港における初動の傾向は、港内新井田川河口

の検潮儀(偏差, 約-60 cm), 港外蕪島前面の津波計(偏差, 約-20 cm)のいずれにおいても“引き”と判断されるが, 八太郎地区において津波警報発令と同時に観測を実施していた専従観測員の報告では“引き”は全然感知されず, 突発的ともいえる“押し”によって津波の来襲を認めたとされている。

全般的にみて三陸沿岸における今回の津波の来襲状況は, 浪源が比較的近かったため沿岸部における局地的な屈折, 回折の影響が顕著に現われ, 浪源に向かって湾口を開く大槌湾, 宮古湾, 釜石湾に大きな津波現象が現われているが, 津波常襲地帯と目されていた, 田老, 両石湾, 綾里湾等においては浪源と湾口方向の関係上比較的小さな津波現象に止まった。

陸奥湾内への津波の伝播は地形の影響を大きく受け, 宇田検潮所の記録上明らかに認められる津波波形はわずか3波程度であり, 東京湾口の久里浜より小さい。しかしながら津波によってじゃっ起された湾内の副振動は, 数日間にわたって明瞭に記録されている。

#### c) 構造物(防波堤, 護岸等)の津波防災効果

津波防災を目的として築造された大船渡湾の防波堤は, 今回の津波によって計画当初の計算結果と傾向の一致した締切り効果を示したようにみうけられる(詳細後述)。

また津波防災を直接目的としない一般の防波堤であっても津波に対する締切り効果は大きく, 八戸港, 久慈港に見られるように, 天端高+5mの防波堤を越波した場合でも港内背後地への遡上, 浸水高はそれを1m余り低い水位に止まっている。しかしながら開口部よりの流入量や堤体の越流量に対し堤内水面積が狭い場合には, 港内の副振動が増幅され, あるいは予想外の水理現象を呈し被災を招いたのではないかとと思われる場合もある。一方背後地の津波防災としては有効な場合でも, 船舶の立場からすると, 港口部における流速の増大, 渦流の発生が在港船舶が港外へ退避する際の問題となり, とくに今回のように津波警報伝達後30分程度で津波が来襲したため時間的余裕がなく, 退避時に港口部で危険にさらされ, あるいは退避不能のまま漂流状態となり被災した船も少なくない。

海岸堤防, 防潮壁の類はその直接背後地に対し有効性を発揮したことはいうまでもないが, 前面海域あるいは無防備の隣接地域に対しては重大な問題を提起しており, その一例が宮古湾に見られる。すなわち, 湾奥赤前地区より左岸(金浜, 高浜)は防潮堤の築造により今回の津波に対しては完全な防災効果が得られたが, 反射波の干渉によって湾内の海面擾乱は激化したと目され, 宮古湾右岸の釜ヶ沢(防災施設なし)における家屋の倒壊や, 堀内に至る間のすべての棧橋の損壊, 小型漁船の打上げ等の被災は, 赤前地区および左防潮堤からの反射波

が強く作用し, その被害を大きくしたと思われ, 一貫した防災施策の必要性を示している。

### 3. 津波の記録

調査で得られた資料の中から主なものとして検潮記録と浸水面を示す。

それぞれの検潮記録が図-3.1~図-3.11である。また今回の津波では多くは干潮時であったため, 津波の規模の割には浸水箇所が少なかったが, 八戸港, 久慈港, 釜石港で浸水がみられたのでそれらの浸水範囲を示したものが図-3.12~図-3.14である。

図-3.1 検潮記録(宇田)

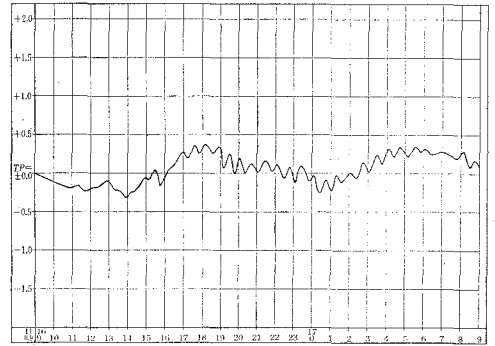


図-3.2 津波計記録(八戸)

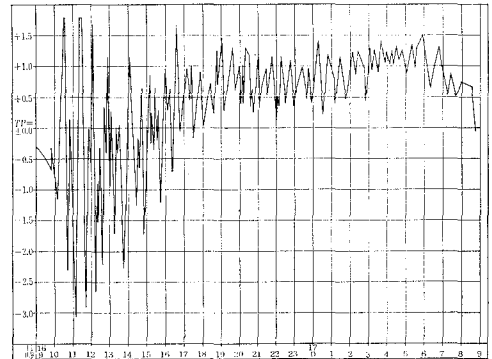


図-3.3 検潮記録(八戸)

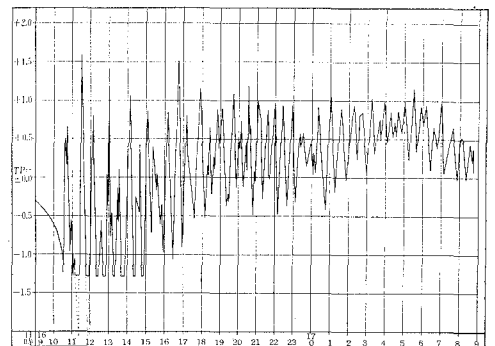


図-3.4 検潮記録 (大船渡港)

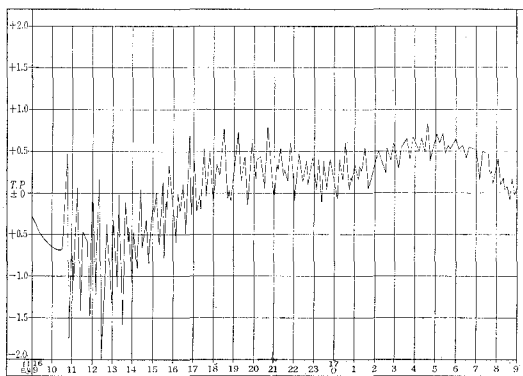


図-3.8 検潮記録 (小名浜)

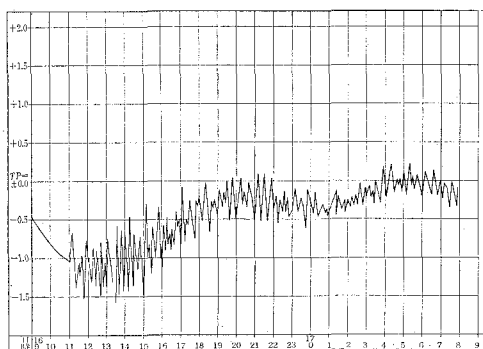


図-3.5 検潮記録 (大船渡長崎漁港)

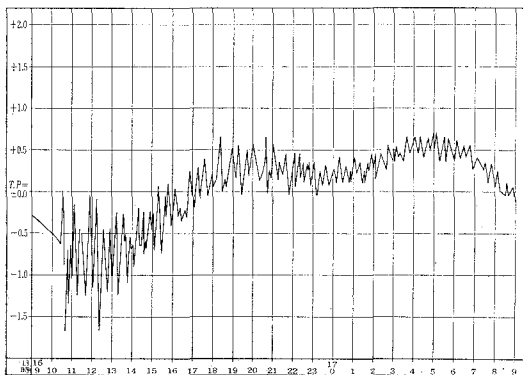


図-3.9 検潮記録 (日立)

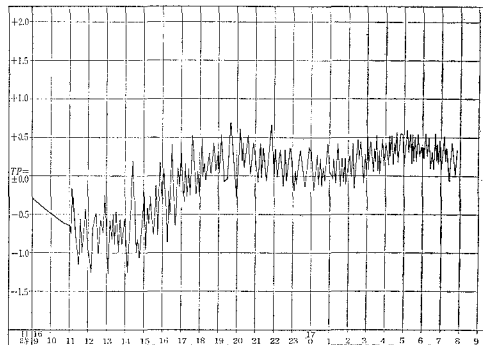


図-3.6 検潮記録 (鮎川)

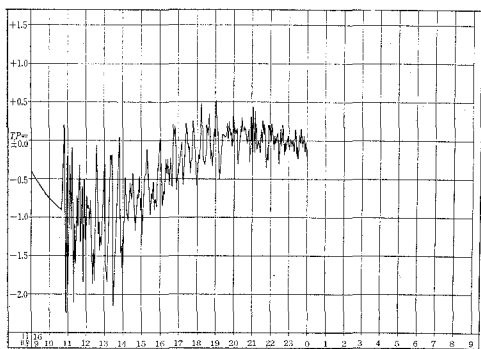


図-3.10 検潮記録 (布良)

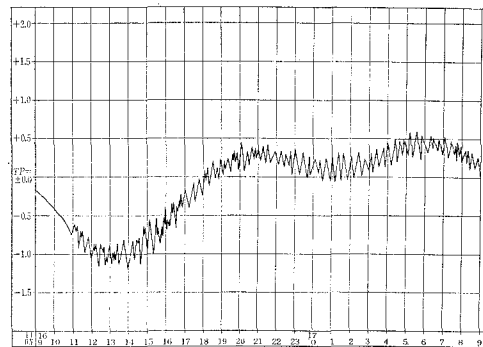


図-3.7 検潮記録 (女川)

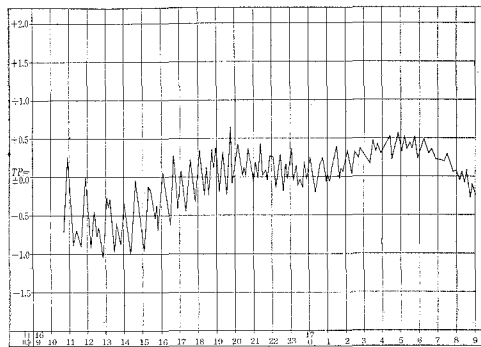


図-3.11 検潮記録 (久里浜)

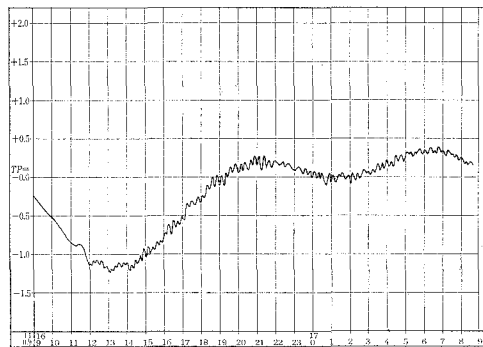


図-3.12 久慈港浸水図

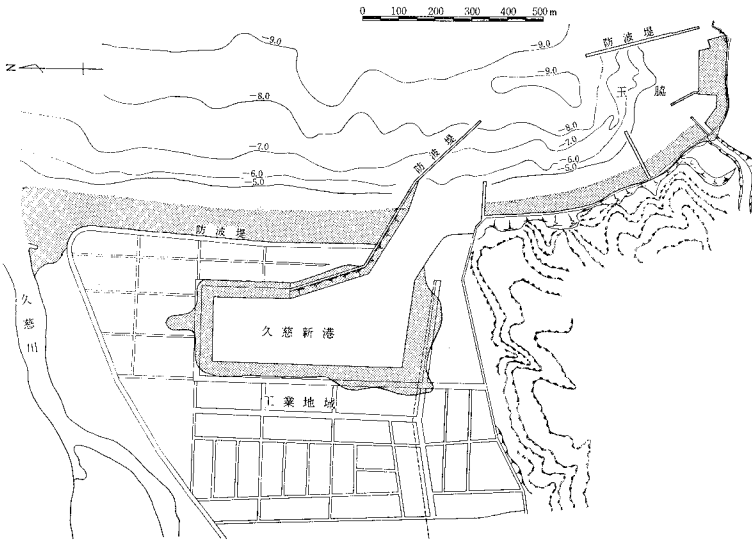
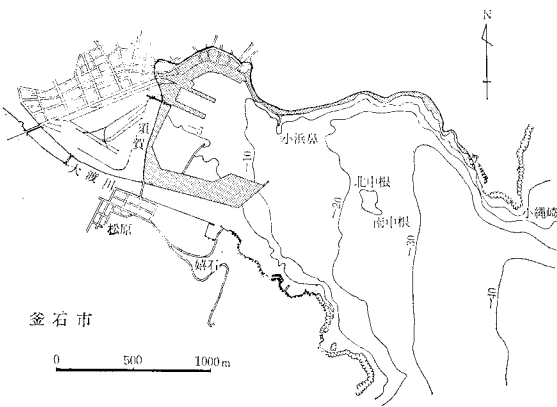


図-3.13 釜石港浸水図

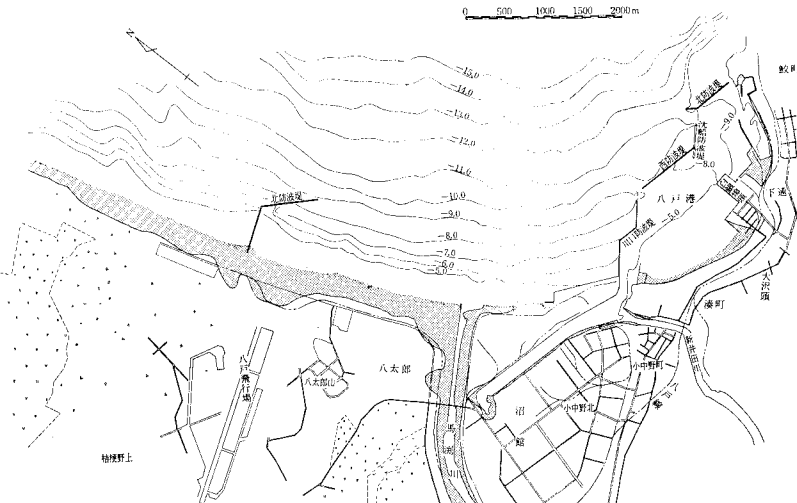


げていた。

津波によって被災した主な地区はつぎのとおりである。

1. 青森県八戸港……河原木防波堤の倒壊  
 鮫地区の浸水  
 船舶の流失, 座礁, 転覆
2. 岩手県久慈港……玉の脇, 諏訪下地区の浸水  
 船舶の流出, 座礁, 転覆
3. 野田漁港……防波堤先端ケーソン1函流失  
 漁船の転覆  
 背後上屋の倒壊
4. 宮古湾……神林地区木材繫留杭の倒壊および貯木の流失  
 釜ヶ沢の家屋の倒壊

図-3.14 八戸港浸水図



#### 4. 津波による港湾被災

今回の調査で収集し得た記録からみると、地震による港湾被害は青森港, 野辺地港, 下北埠頭, 八戸港など多くは青森県側に発生したが、津波による被害は八戸港以外、地形の複雑な岩手県三陸海岸に多くみられた。しかしこの十勝沖地震津波は最大振幅の起時が各地とも干潮時であったことが幸いして、規模の大きな津波であるにもかかわらず被害は少なかった。それに昭和35年以降のチリ地震津波対策事業の一環として三陸沿岸の主な所に天端高5~10m程度の防潮堤が建設されており、宮古湾奥部などでは相当の効果をあ

堀内の小型栈橋の流失  
 その他湾内かき棚の破損

- 5. 大槌湾……………箱崎漁港浸水
- 6. 釜石港……………市街地に浸水
- 7. 大船渡湾……………かき棚の破損

つぎにこの中で興味の多い、八戸港河原木防波堤倒壊原因、および大船渡湾口防波堤の効果について若干の考察を加えてみる。

(1) 八戸港河原木防波堤の倒壊原因

八戸港は三陸海岸とやや様相が異なり、南方に大須賀、種差など岩の多い海岸線を有するものの、北方は八太郎、小川原湖前面など北半島の尻屋崎まで平坦な砂浜である。しかしながらチリ地震津波および今回の十勝沖地震津波にみられるごとく、前面の海底地形の影響からか、昔から比較的大きな津波災害を受ける地域である(図-4.1.1 参照)。

津波による港湾災害は、背後地域への浸水、泊地内の船舶および木材の漂流等が今までとりざたされているが、今回の河原木防波堤のように延長340mにわたって外郭施設が倒壊した例ははじめてである。したがって、ここに河原木防波堤の倒壊原因を究明してみたい。

まず考えられる原因をあげると、つぎようになる。

- ① 津波によって生じた港外、港内の水位差による静水圧
- ② 津波の寄せ波時の水流による動水圧
- ③ 津波の引き波時の水流による港内側の基礎マウンドの洗掘
- ④ 津波の越流による基礎マウンドの洗掘
- ⑤ 当時の風浪による波圧

① 津波によって生じた港外、港内の水位差による静水圧：八戸港では八戸港工事事務所が燕島の北側に設置した津波計の記録と、八戸測候所の新井田川河口の検潮所の記録が得られている。

津波は図-4.1.1に示されるように震源地の方向から襲来したものとすると記録に現われた津波の初動(第1

図-4.1.1 八戸港平面図

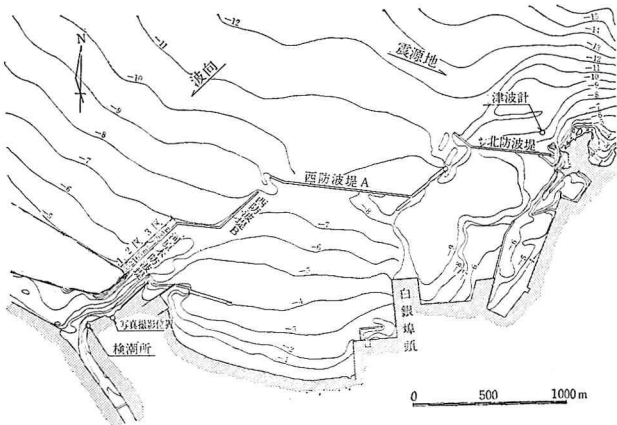


図-4.1.2

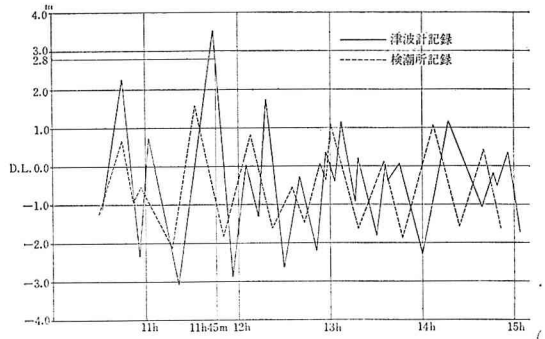


写真-4.1.1 八戸港河原木

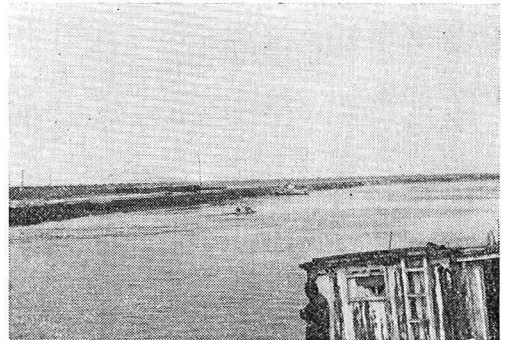
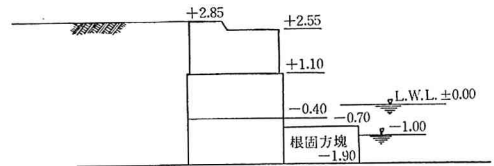


図-4.1.3 河原木護岸の水位推定



引き波ピーク)の時刻差が12分、第1波(第1寄せ波ピーク)の時刻差が14分である。河原木防波堤の港内水位を検潮記録、港外水位を津波計記録より判断すると、検潮記録には防波堤の影響、津波計記録には津波の変形などいくつかの時間差を生ずる要因はあるだろうが、両記録の間には14分程度の時間差はあったと考えられる。14分の時間差をつけて両記録をかき合わせたものが、図-4.1.2である。

これによると、11時45分、第3波が押し寄せた時に港内側-1.0m、港外側+2.6mの水位差を生じている。当時の写真記録(目撃者により撮影された防波堤倒壊までの連続写真、写真-4.1.1)をみてもこの程度の水位差があったと思われる。

なおこれらの現象から八戸港防波堤付近の津波の水塊の進行速度を考えると、約4m/secとなる。

- ② 津波の寄せ波時の水流による動水圧：津

波が直立壁に衝突する場合の圧力については、福井・中村ら、あるいは Cross によって検討されているが、河原木防波堤の場合と前提条件が異なっているため、そのまま利用することは困難である。しかしながら Cumberbatch の Water wedge 理論を用いた Cross の見解によれば、比較的 flat な surge の場合では静水圧と動水圧を含めた全圧力は

$$\frac{p}{\gamma} = \frac{1}{2g} u^2 \cdot C_F \left( 1 - \frac{\lambda^2}{\lambda_w^2} \right)$$

$C_F$ : 圧力係数

$\lambda_w$ : 直立壁面のはい上り

$u$ : 流速

と圧力分布を仮定したとき、

$$F = \frac{\gamma}{2} h^2 + C_F \frac{\gamma}{g} u^2 h$$

$F$ : 全圧力

$h$ : 水深

の表現がかなりの適合性を有するといっている。

ここで

$$C_F = \frac{1}{\tan \theta} \int_0^{\lambda_w} C_p \left( 1 - \frac{\lambda^2}{\lambda_w^2} \right) d\lambda$$

$\theta$ : くさびの角度の 1/2

で表われ、 $\theta=0 \sim 10^\circ$  の範囲ではほとんど 1 である。

津波の来襲時における水面勾配は、まず大きくても 1/50 程度と想定されるから  $C_F=1$  としてさつしかえないであろう。

問題は  $u$  の値であるが、クノイド波として計算した場合の  $u$  は 6 m/sec 程度となり、検潮記録からの推定では 4 m/sec 程度となる。したがって底面の抵抗、渦乱流、波形の崩壊などもろもろの要素を考慮した場合、 $u$  は概略、

$$u = 4 \sim 6 \text{ m/sec}$$

の範囲にあるのではないかと推察される。

いま仮に  $u=3 \text{ m/sec}$  とした場合、防波堤の安定性が危険となればこの防波堤は倒壊するに至るであろう。

$u=3 \text{ m/sec}$  のときの動水圧  $p$  は、

$$p = \frac{\gamma u^2}{g} = 0.92 t/m^2$$

となる。

③ その他

a) 風浪による波圧

5月16日午前10時、八太郎における波の観測結果は表-4.1.1のとおりである。また波向はNEでは河原木防波堤に平行で波浪自体相当の波力はあっても、防波堤倒壊の原因となるほどの外力は示さなかったと思われる。

表-4.1.1

	最大波	$H_{1/10}$	$H_{1/3}$	平均波
波高	4.24 m	3.66 m	2.91 m	1.83 m
周期	9.8 sec	9.8 sec	9.8 sec	9.8 sec

る。

b) 水流による基礎マウンドの洗掘

津波被災後、八戸港工事事務所で行なった深淺測量の結果(図-4.1.4 参照)をみると西防波堤先端では津波の出入によりかなりの流速を生じ洗掘も最大 10 m にもなっている。しかし、No. 1, No. 3 の箇所にみられるように防波堤にそった流れによる洗掘は少なく、西防波堤より内港側に位置する河原木防波堤では基部の洗掘は倒壊の原因にはなっていないようである。

以上の各原因を完成断面にあてはめ、その安全を検査すると滑動、転倒の安全率は表-4.1.2 のようになり、

図-4.1.4 西防波堤先端深淺図

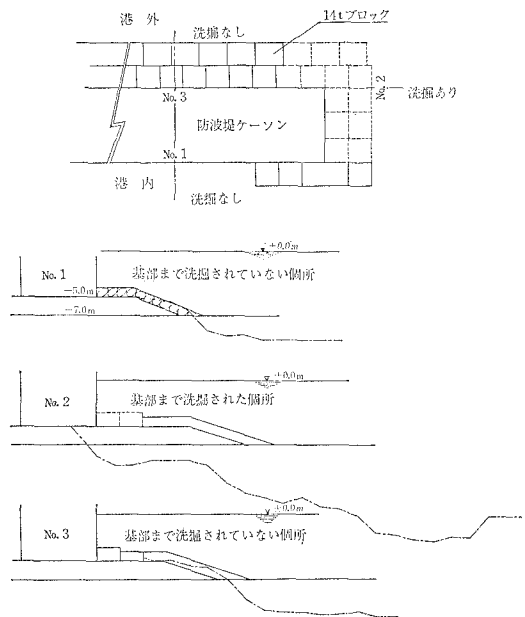


表-4.1.2

	A 1 区	A 2 区	A 3 区
滑動	S.F.=1.04	S.F.=1.01	S.F.=0.93
転倒	S.F.=1.63	S.F.=1.50	S.F.=1.14

図-4.1.5 河原木防波堤断面図

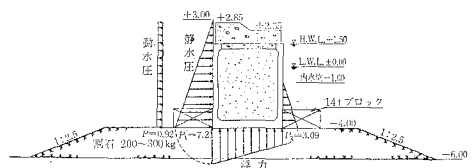
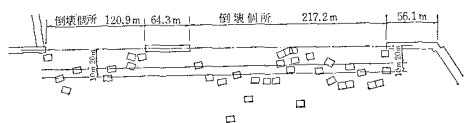


図-4.1.6 河原木防波堤被災後のケーソン散乱





防波堤は滑動の面から倒壊したものと思う。

この試算は調査によって得られた資料から推定したもので不確実な要素が多いうえ、堤体の摩擦係数などにも問題はあ。しかしながらこの不確実な点については今後行なう安定の模型実験、津波の計算等により明らかにしてゆきたいと考えている。

(2) 大船渡湾口防波堤の効果

十勝沖地震は大船渡湾口に最大振幅約2.5 mの津波を起こしており、これが湾口防波堤によってどのような影響を受けたかは興味のある問題である。

大船渡湾は図-4.2.1に示されるように細長い屈曲した湾で湾口での水位変動が周期によっては、湾奥部で5~6倍にも達する津波に不利な地形をしており、過去数回、三陸津波、チリ地震津波でも知られるように大きな

津波の被害を受けている。そのため湾口に延長740 mにわたる巨大な混成堤が建設され、昭和42年3月に完成した。十勝沖地震津波は防波堤完成後、初めての津波である。

大船渡湾で得られた津波記録は気象庁大船渡測候所の長崎漁港と野々田の2検潮所によるものである(図-3.4, 3.5参照)これによると湾口で生じた津波は振幅0.60~2.50 m, 周期15~23 minであり、湾奥部では振幅0.80~2.20 m, 周期16~25 minで振幅を比較すると最大で湾奥は湾口の約0.9%でほぼ一致している(表-4.2.1参照)。また、記録に現われた波形をみると、比較的同じ波形をしており、これが湾独自の振動と、どのような関係にあるかは今後の解析にまちたい。

現地調査で得られた記録を加えて最大振幅の平面分布をみると図-4.2.1に示すようになる。( )の数字は湾口の振幅に対する比率である。永浜の記録は永浜水産試験所で量水標により目視観測したものであり、また、細浦漁港の記録は漁夫から聞き込みによって得たものである。

港湾技術研究所で行なわれた大船渡に関する計算は反射の影響を除くため外海側に移動する境界条件を与え、その波高を1.00 m, 周期10分, 15分, 25分, 40分, 60分としてそれぞれについて防波堤あり, 防波堤なしの合計10ケースを行なっている。図-4.2.2はそのうちから今回の津波の周期16~25 minに適合するものとして周期15分, 20分を選んだ。

計算によると周期15 minの場合で細浦と大船渡の振幅が大きく永浜付近が極度に小さいという傾向があり、今回の津波で得られた記録とよく一致している。周期25 minの場合では湾口と大船渡の比率の違いが少ないが、細浦で実際に生じた振幅が計算に現われていない。しかしこの長周期波の計算は運動方程式の線形計算に基づくもので、また波形も完全正弦波形を与えているにもかかわらず、比較的、今回の津波の記録と傾向が合致しているといえよう。

したがって、もし大船渡湾口防波堤がなかったとしたら、湾奥の大船渡市では湾口における津波の約2~3倍

図-4.2.1 大船渡湾平面図

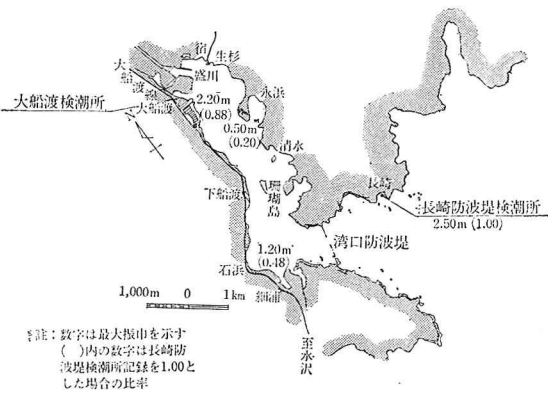


表-4.2.1

波数	湾口				湾奥				起時差(分)
	起時	振幅(m)	周期(分)	起時	振幅(m)	周期(分)			
1	10:23~10:44	2.50	21	10:30~10:55	2.20	25	7		
2	11:00~11:19	1.10	19	11:10~11:30	1.36	20	10		
3	11:47~12:03	1.10	16	11:58~12:14	1.60	16	11		
4	12:03~12:25	1.55	22	12:14~12:37	1.14	23	13		
5	12:25~12:48	0.75	23	12:27~13:00	0.96	23	12		
6	12:48~13:08	0.60	20	13:00~13:17	0.80	17	12		
7	13:08~13:23	1.00	15	13:17~13:36	1.52	19	11		

図-4.2.2 等最大水位線図

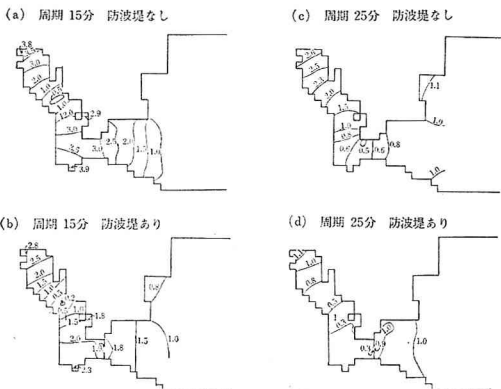
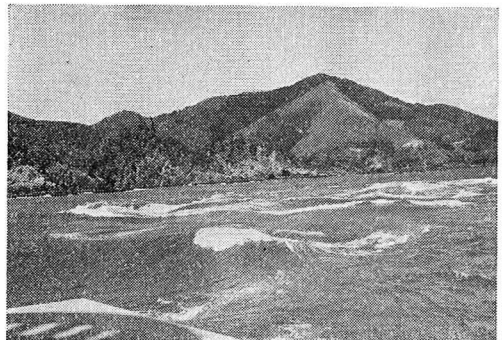


写真-4.2.1 大船渡湾口防波堤



の津波が押し寄せ、たとえ干潮時とはいえ市街地まで浸水し再度大きな被害をもたらしたものと思われる。

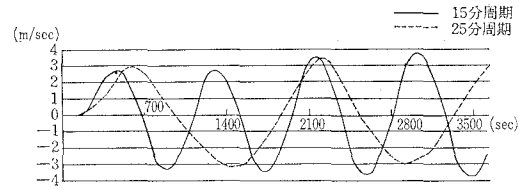
写真-4.2.1 は湾口防波堤の湾口を写したもので、かなりの流速と堤体の影響による盛り上りを示している。聞きこみ調査では漁夫から津波時6ノットの速力の漁船が港外に出られなかったから、6ノット以上の流速があったとなっており、計算で得られている湾口部の平均流速が3 m/sec 程度であるから表面においてこれを越える流速が当然生じていることになろう。

## 5. む す び

今回の津波については、最近観測施設も青森県から神奈川県まで整備されており、得られた記録も多く、またカメラが普及しているため、瞬間をおさえた写真記録が多く調査には強力な助けとなった。

しかし、これらも現況調査および資料収集に熱心だった青森、岩手県を始めとする各管理者の協力があって始

図-4.2.3 大船渡湾口防波堤湾口流速



めて得られたものであり、ここに心からの感謝を表わす次第である。

## 参 考 文 献

- 1) Ralph. H. Cross A.M. ASCE (1967): TSUNAMI SURGE FORCES, Journal of the Waterways and Harbors Division Proceedings of the American Society of Civil Engineers
- 2) 福井芳郎・白石英彦・中村 充・佐々木泰雄: 津波の研究 I, 津波の研究 II, 第9回海岸工学講演会講演集
- 3) 伊藤喜行・土岐祥介・森平倫生: 長周期波に対する防波堤の効果に関する計算(第2報), 港湾技術研究所報告, 第3巻, 第7号