

1983年日本海中部地震

港湾施設の被害と復旧

昭和59年 9 月

秋田県土木部港湾課

は じ め に

「1983年日本海中部地震」は、83人の尊い人命を奪うとともに、長年にわたって建設してきた公共施設を瞬時のうちに破壊し、県土に大きな被害をもたらしました。

港湾関係では、特に秋田港・能代港に大きな被害を受けました。秋田港においては岸壁の8割、荷役施設のほとんどに、また能代港では建設中の石炭火力用地造成護岸に著しい被害を生じました。

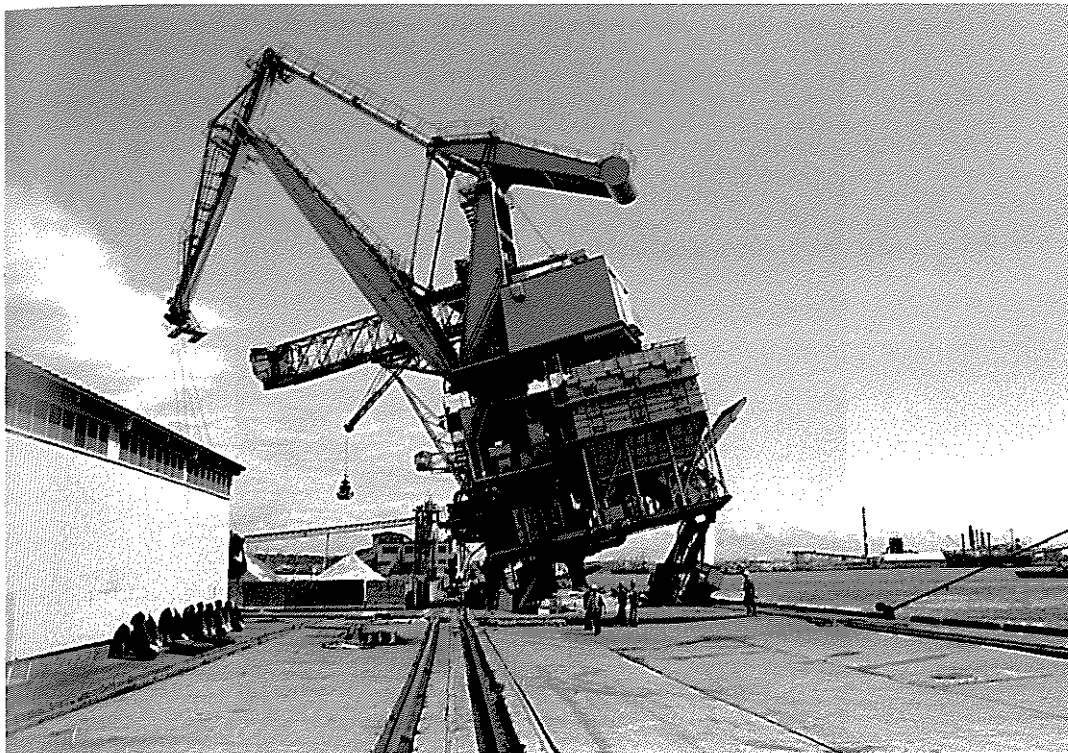
この地震から1年4ヶ月を経過した現在、災害復旧作業も順調に進み、ほぼ元通りの港湾活動ができるまでとなり、港にも活気を取りもどしています。

この地震は私共に多くの教訓を与えてくれました。その主なものは、地震により発生する津波への再認識、砂地盤のもろさ、情報伝達体制の不備、および施設整備の重要性等であり、今後はこの教訓を十分に生かし、安全で信頼される港湾施設を建設していく所存です。

本報告書は、この地震による港湾施設の被害と復旧についての概要を記したものであり、地震対策に対する関係各位の参考となれば幸いです。

昭和59年9月

秋田県土木部港湾課



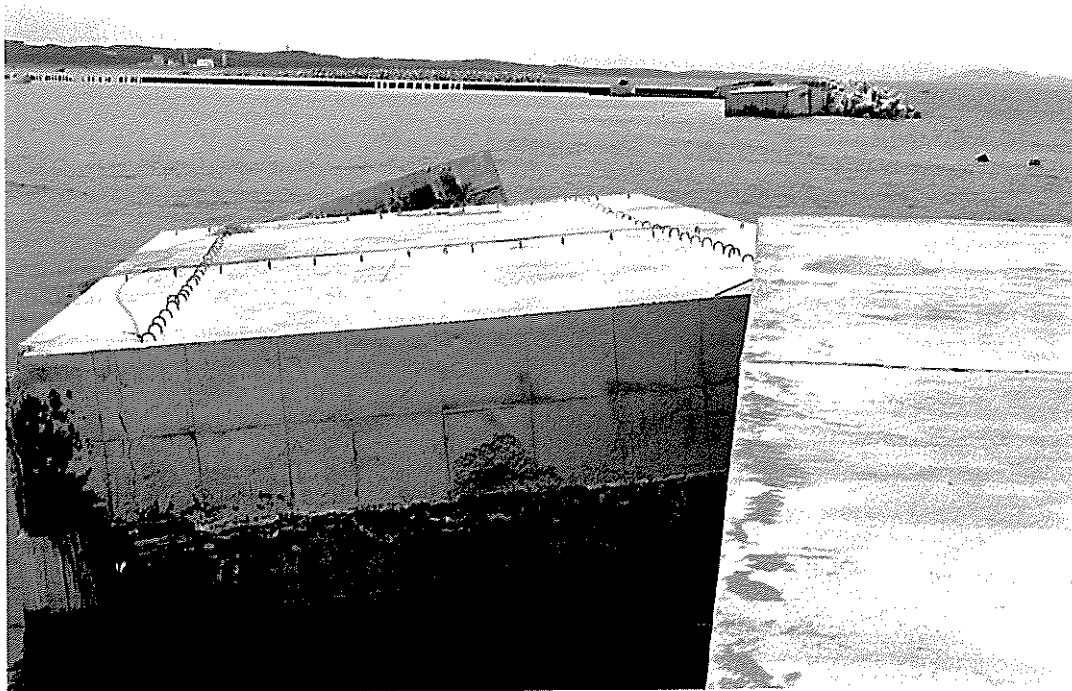
秋田港本港地区、中島 2 号アンローダー



秋田港本港地区、-4.0 m 物揚場



能代港新南防波堤への津波の第一波



能代港火力用地造成工事，津波により傾いたケーソン

総 目 次

第 1 章	地震の概要	1
第 2 章	地震被害の概要	11
第 3 章	秋田県地盤	14
第 4 章	地震動	21
第 5 章	砂地盤の液状化	36
第 6 章	港湾施設の被害と復旧	45
第 7 章	津波の概要	81
第 8 章	津波による港湾施設の被害と復旧	83

目 次

第1章 地震の概要	1	1) 船川港の沿革	62
1-1 日本海中部地震の概要	1	2) 各施設の被害	63
1-2 過去の地震	3	3) 被害の特徴	65
第2章 地震被害の概要	11	(3) 能代港	66
2-1 被害の概況	11	1) 能代港の沿革	66
2-2 被害の特徴	11	2) 各施設の被害	66
第3章 秋田県地盤	14	3) 被害の特徴	71
3-1 秋田県北西部の地形・地質	14	(4) 本荘港	71
3-2 秋田市周辺の地盤	16	(5) 戸賀港	72
3-3 八郎潟周辺の地盤	18	6-5 復旧工法	73
3-4 能代市周辺の地盤	19	(1) 復旧の基本方針	73
第4章 地震動	21	(2) 秋田港	73
4-1 各地の強震記録	21	1) 岸壁	73
4-2 墓石の転倒率調査	23	2) 物揚場	76
4-3 アンケート調査	26	3) 臨港道路	76
第5章 砂地盤の液状化	36	4) 荷さばき施設	76
5-1 液状化発生地点の分布と 地形・地質との対応	36	5) ふ頭用地	77
5-2 噴砂の土質特性	38	(3) 船川港	77
5-3 液状化の解析・検討	42	(4) 能代港	78
第6章 港湾施設の被害と復旧	45	6-6 まとめ	79
6-1 被害の概要	45	第7章 津波の概要	81
6-2 被災後の対応	46	第8章 津波による港湾施設の被害と復旧	83
(1) 被害施設の復旧への対応	46	8-1 津波の概要	83
(2) 港湾機能低下への対応	48	8-2 津波による被害の概要	86
6-3 経済的影響	48	(1) 一般被害の概要	86
6-4 各港の被害	50	(2) 港湾の被害概要	86
(1) 秋田港	50	8-3 各港への津波の来襲状況	87
1) 秋田港の沿革	50	(1) 能代港	87
2) 被害の概要	52	1) 来襲状況	87
3) 各施設の被害	52	2) 被害状況	89
4) 被害の特徴	62	3) 捜索活動	91
(2) 船川港	62	(2) 秋田港	92
		(3) 船川港	95
		(4) 戸賀港	95
		(5) 本荘港	96
		8-4 まとめ	96

尚、本文は秋田県土木部発行の「昭和58年日本海中部地震 土木施設等災害記録」より引用したもので、第1章～第4章のなかの付図説明は、そちらを参照願いたい。

第1章 地震の概要

1-1 日本海中部地震の概要

昭和58年日本海中部地震の諸元および各地の震度を(図1-1)に示す。震央は、能代沖約100kmで震源の深さ14kmの極浅発地震であった。有感範囲は、北海道から山陰地方まで及んでおり、最も遠く有感を記録した気象官署は米子(約750km)であった。秋田・深浦・むつの3地点では震度Vを記録した。各地の震度と震央距離の関係を

(図1-2)に示したとおりである。

この地震により発生した津波は、秋田県・青森県を中心として日本海沿岸全域におよび、大被害をもたらした。検潮儀では最高2m程度の波高しか記録されていないが、秋田県峰浜村では遡上高が約15mに達したと推定されている。

気象庁の発表によれば、今回の地震の前震は、5月14日22時49分のマグニチュードM5.0のものを最大として、

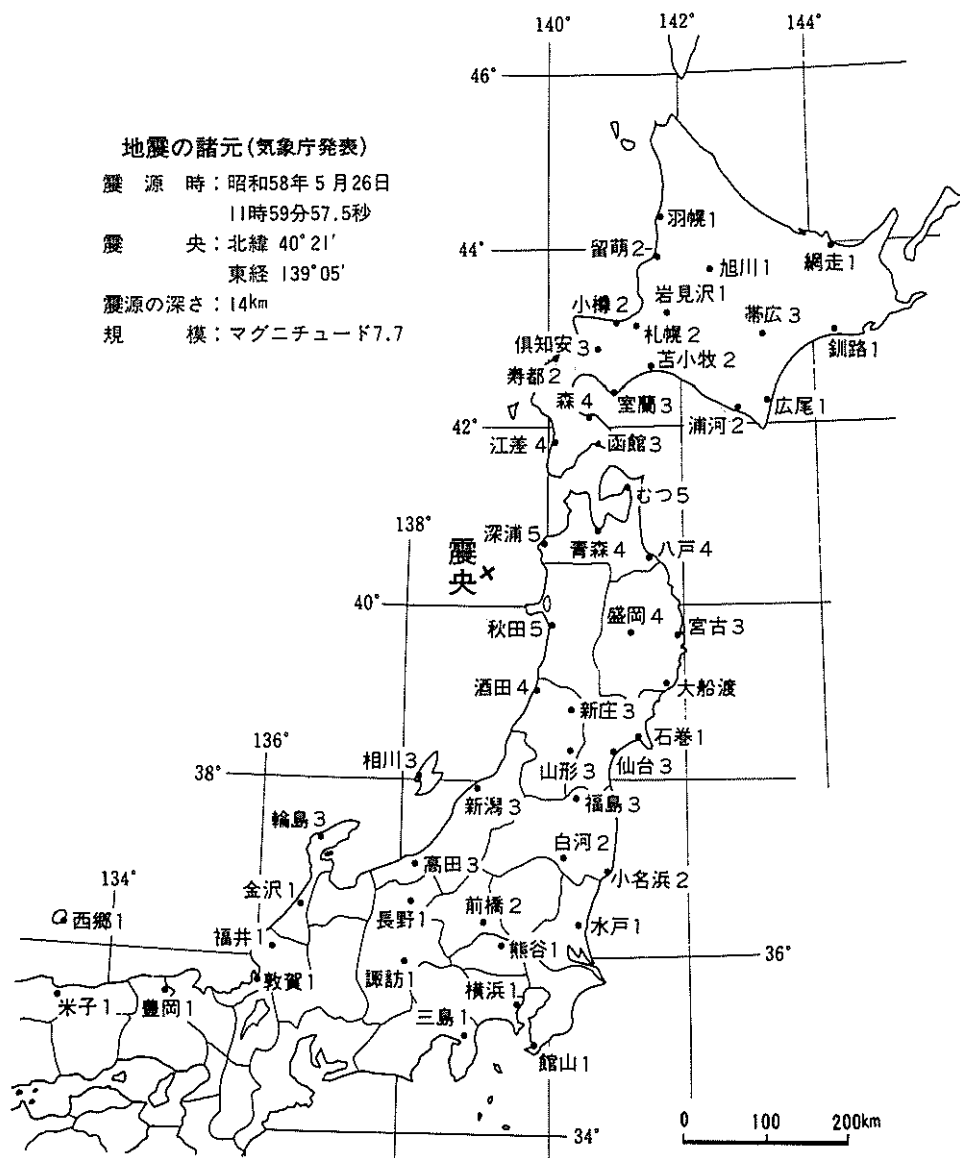


図1-1 各地の震度

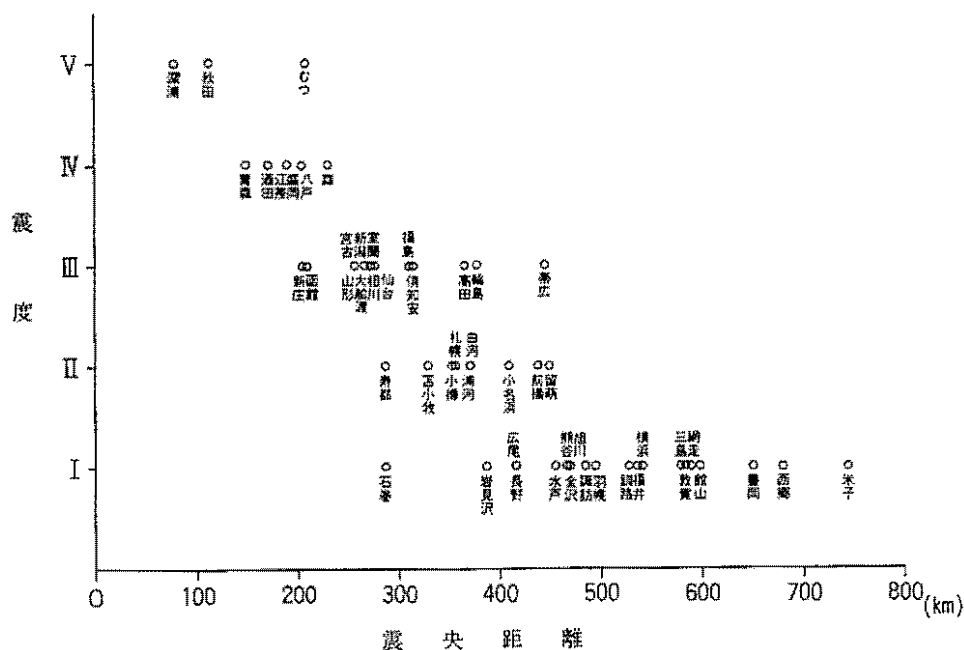


図1-2 各地の震度と震央距離

顕著な地震活動が本震とほぼ同じ位置に認められた。また余震活動は、(図1-3)のような日別推移を示した。最大余震は、6月21日15時25分(震央 $41^{\circ}16'N$, $139^{\circ}00'E$, $M7.1$)に発生し、深浦・青森・江差・森で震度IVを記録した。2番目に大きい余震は、6月9日21時49分(震央 $40^{\circ}13'N$, $138^{\circ}54'E$, $M6.1$)に発生し、秋田で震度IVを記録した。余震は、(図1-4)のような震央分布を示し

た。余震域は、逆「く」の字型の形状を示し、その大きさは、南北に長さ約160km、東西に幅約70kmである。本震は余震域の南端近くで、6月9日の余震は南端で、また、6月21日の最大余震は北端で発生した。

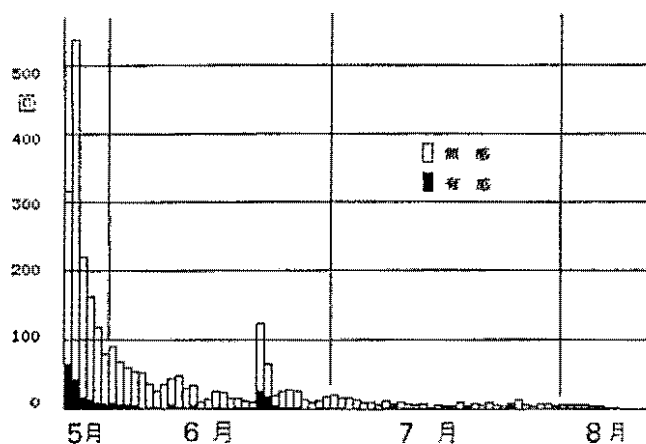


図1-3 余震回数(5月26日～8月8日)
(気象庁地震課による)

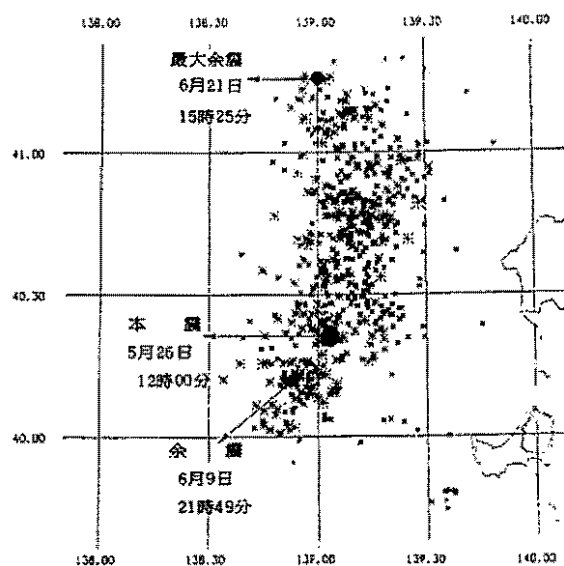


図1-4 余震の震源分布
(気象庁地震課による)

1-2 過去の地震

(図1-5)に、秋田市および青森市の有感地震回数の年別推移を示す。青森市では、太平洋で発生する地震の影響により、秋田市に比較すると有感地震回数が多い。

(図1-6)は、有感地震回数のデータをもとに、総観測年間での一定震度以上の地震の発生回数を得て、平均的再来年数を求め、震度と再来年数の関係を示したものである。同図によれば、秋田市で震度IV以上が期待される再来年数は約6年、青森市では約3年となる。ちなみに、同じ方法で算出した、仙台市での震度IV以上が期待される再来年数は約2年であり、太平洋側に比べると、秋田市などの日本海側に影響を与える地震の発生は少ないことがわかる。

(表1-1)は、有史以来、秋田市に影響を与えたと考えられる地震の一覧表である。これは、宇佐美(1975)により整理された被害地震リストに最近のデータを補充して作成された有史以来の記録に残された総被害地震数約950個のリストから、秋田市における地震基盤での速度振幅を次に示す金井の公式によって計算し、速度振幅が0.3Kine以上となる地震を抽出したものである。

$$\log_{10} v_0 = 0.61M - (1.66 + \frac{3.60}{r}) \log_{10} r - (0.631 + \frac{1.83}{r})$$

v_0 : 基盤の速度振幅 (kine)

M : マグニチュード

r : 震源距離 (km)

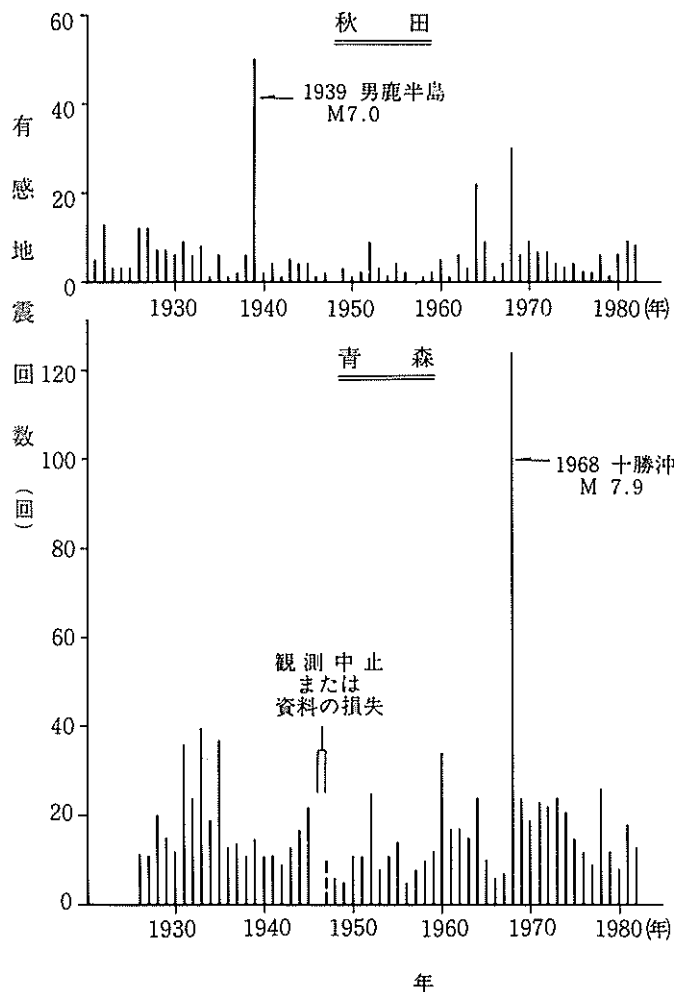


図1-5 有感地震回数の年別推移

地点	統計期間	有感地震回数					
		I	II	III	IV	V	不明
秋田	1921~1982年 計62年間	235	78	31	8	2	12
青森	1926~1982年 計57年間	561	301	91	21	1	22
							計
							366
							997

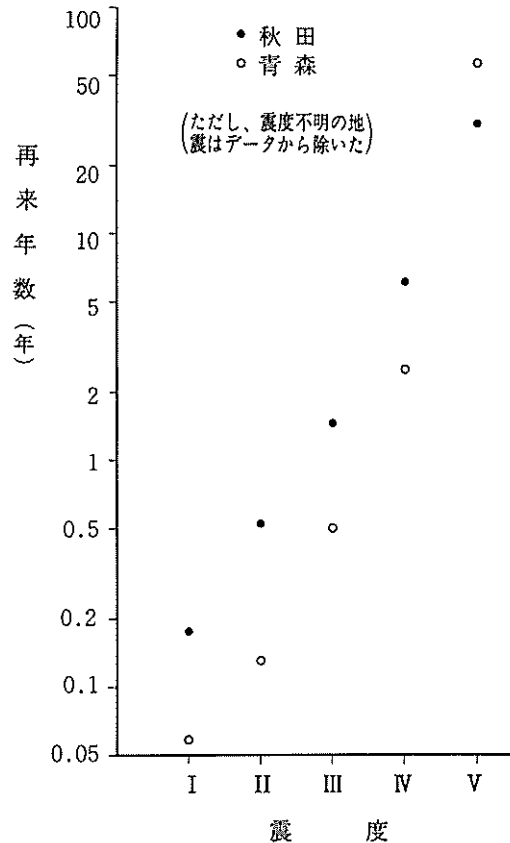


図1-6 有感地震回数の期待値分析

ただし計算地点としては、秋田市を代表させて秋田県庁の地点を設定した。(図1-7)は、こうして得られた既往の影響地震すべての震央分布である。

また(図1-8)は、これらの地震について、基盤速度振幅と震央距離の関係を描いたものである。

以上の結果から、秋田市に大きな影響を与える地震は、地域的にみて次の3つのグループに大別できる。

A 日本海に発生する地震

青森県から新潟県にかけての沖約100kmまでの日本海に発生するM6.5~M7.5程度の地震。津波を伴う。

1964年新潟地震や今回の地震がこれに含まれる。

B 秋田県内陸に発生する地震

秋田県を中心に、青森県西部、山形県北部に発生

するM6.0~M7.0程度の地震。局地的に大被害となる。1914年秋田仙北地震や1955年ニッ井地震などである。

C 太平洋に発生する地震

三陸沖などの太平洋に発生するM8クラスの地震。

東北地方日本海側での被害は少ない。1933年三陸地震津波や1968年十勝沖地震などである。

(表1-2)は、A、Bに属する過去の地震についての被害の概要をまとめたものである。また、(図1-9)には、この震央分布を示した。

今回の日本海中部地震は、先述のようにAに属するが、その中でも最大クラスの地震である。

表1-1 秋田市付近への影響地震一覧表

期 間		1,304年間 (西暦679~1982)									
計算地点名		秋 田 市									
位 置		北緯39.21度 東経140.11度									
速 度 振 幅		Vo ≥0.3 kine									
番号	発 生 年 月 日 (年) (月) (日)	マグニチュード	北 緯 (度)	東 経 (度)	深 度 (km)	震央距離 (km)	震源距離 (km)	速度振幅 (kine)	地域 (地震名)		
1	684 11 29	8.4	32.50	134.00	---	970	971	.33	土佐	諸海道	
2	745 6 5	7.9	35.50	136.60	---	561	561	.40	美濃	諸 国	
3	818 8 0	7.9	35.20	139.30	---	506	507	.47	出羽	比内	
4	830 2 3	7.4	39.80	140.10	---	10	32	14.60	出羽	比内	
5	850 0 0	7.0	39.00	139.90	---	81	86	2.11	出羽	比内	
6	857 4 4	7.0	40.30	140.60	---	78	83	2.22	出羽	比内	
7	869 7 13	8.6	38.50	143.80	---	346	348	2.32	三京	畿内	
8	887 8 26	8.6	33.00	135.30	---	860	861	.54	信濃	内海	
9	887 8 26	7.4	36.60	138.10	---	388	389	.36	畿内	北土	
10	1096 12 17	8.4	34.00	137.50	---	675	676	.60	畿内	北土	
11	1361 8 3	8.4	33.00	135.00	---	874	875	.39	畿内	北土	
12	1423 11 23	6.7	39.20	140.10	---	57	64	2.12	出羽	比内	
13	1433 11 6	6.7	37.70	139.80	---	225	227	.32	出羽	比内	
14	1498 9 20	8.6	34.10	138.20	---	645	646	.85	東海	北陸	
15	1586 1 18	8.1	36.00	136.80	---	504	505	.63	東海	北陸	
16	1605 2 3	7.9	34.30	140.40	---	601	602	.36	会津	陸奥	
17	1611 9 27	6.9	37.50	139.70	---	248	250	.36	会津	陸奥	
18	1611 12 2	8.1	39.00	144.50	---	386	388	.96	三越	陸奥	
19	1614 11 26	7.7	37.50	138.00	---	307	308	.79	三越	陸奥	
20	1616 9 9	7.0	38.10	142.00	---	243	244	.43	陸奥	本荘	
21	1644 10 18	6.9	39.40	140.10	---	34	46	4.49	陸奥	本荘	
22	1646 6 9	7.6	37.70	141.70	---	263	264	.88	陸奥	本荘	
23	1667 8 22	6.4	40.60	141.60	---	161	164	.35	陸奥	本荘	
24	1677 4 13	8.1	40.00	144.00	---	334	336	1.21	陸奥	本荘	
25	1677 11 4	7.4	37.00	141.50	---	324	326	.48	陸奥	本荘	
26	1678 10 2	7.4	38.60	142.30	---	226	228	.84	陸奥	本荘	
27	1683 6 18	7.3	36.75	139.65	---	331	332	.40	日能	陸奥	
28	1694 6 19	7.0	40.20	140.20	---	55	63	3.34	江能	陸奥	
29	1703 12 31	8.2	34.70	139.80	---	557	558	.62	江能	陸奥	
30	1704 5 27	6.9	40.40	140.00	---	77	83	1.94	江能	陸奥	
31	1707 10 28	8.4	33.20	135.90	---	815	815	.44	江能	陸奥	
32	1717 5 13	7.6	39.40	142.40	---	200	202	1.34	江能	陸奥	
33	1731 10 7	6.6	37.90	140.60	---	205	208	.32	江能	陸奥	
34	1739 8 16	7.1	40.70	142.30	---	216	219	.59	江能	陸奥	
35	1741 8 28	6.9	41.60	139.40	---	218	220	.44	江能	陸奥	
36	1763 1 29	7.4	41.00	142.50	---	248	250	.72	江能	陸奥	
37	1763 3 11	7.7	40.50	143.50	---	302	304	.81	江能	陸奥	
38	1766 3 8	6.9	40.80	140.60	---	128	131	.97	江能	陸奥	
39	1770 5 27	7.4	38.60	142.00	---	205	207	.98	江能	陸奥	
40	1772 6 3	7.4	39.30	142.70	---	227	229	.83	江能	陸奥	

番号	発生年月日 (年) (月) (日)	マグニチュード	北緯 (度)	東経 (度)	深度 (km)	震央距離 (km)	震源距離 (km)	速度振幅 (kine)	地域〔地震名〕
41	1793 2 8	6.9	40.85	139.95	--	127	131	.98	西津軽
42	1793 2 17	7.1	38.25	142.10	--	237	239	.51	陸前 陸中
43	1804 7 10	7.1	39.05	139.95	--	75	80	2.69	羽前 羽後〔象潟〕
44	1810 9 25	6.6	39.90	139.90	--	28	41	3.42	羽後 岩手山
45	1823 10 23	5.9	40.00	141.10	--	91	95	.39	陸中 陸奥
46	1828 12 18	6.9	37.60	138.90	--	257	259	.34	越中 越後
47	1833 12 7	7.4	38.90	139.15	--	122	126	2.10	羽前 羽後〔仙台〕
48	1835 7 20	7.6	37.90	141.90	--	254	256	.93	陸前 根室
49	1843 4 25	8.4	42.00	146.00	--	558	559	.82	釧路 〔善光寺〕
50	1847 5 8	7.4	36.70	138.20	--	374	375	.38	信濃 〔安政〕
51	1854 12 23	8.4	34.00	137.80	--	666	667	.61	東海 〔安政〕
52	1854 12 24	8.4	33.00	135.00	--	874	875	.39	西日本 〔安政〕
53	1856 8 23	7.7	40.50	143.50	--	302	304	.81	日高 胆振 渡島
54	1861 10 21	6.4	38.55	141.10	--	155	158	.37	陸前 陸中
55	1891 10 28	8.0	35.60	136.60	--	551	552	.47	愛知 岐阜 〔濃尾〕
56	1894 3 22	7.9	42.50	146.00	--	584	584	.38	根室 釧路沖
57	1894 10 22	7.0	38.90	139.90	--	92	97	1.78	酒田 〔庄内〕
58	1896 8 23	5.5	39.70	140.80	--	59	66	.37	秋田県北部
59	1896 8 31	7.2	39.50	140.70	--	56	63	4.35	秋田岩手 〔陸羽〕
60	1897 2 20	7.4	38.10	141.90	--	237	239	.78	岩手県沖
61	1897 5 23	6.9	39.00	142.80	--	245	247	.37	岩手県沖
62	1897 8 5	7.7	38.30	143.30	--	318	319	.75	三陸沖
63	1898 4 23	7.2	38.60	142.00	--	205	207	.74	岩手県沖
64	1900 5 12	7.0	38.70	141.10	--	141	144	.97	宮城県北部
65	1901 8 9	7.2	40.50	142.50	--	222	224	.65	八戸近海
66	1901 8 10	7.4	40.60	142.30	--	211	213	.93	八戸近海
67	1901 9 30	6.9	40.20	141.90	--	162	165	.69	富士川河口沖
68	1902 1 30	7.0	40.50	141.30	--	134	137	1.05	青森県三戸
69	1906 10 12	5.4	40.00	140.50	--	46	55	.42	秋田県北部
70	1906 10 12	5.6	40.00	140.50	--	46	55	.56	秋田県北部
71	1907 12 7	6.7	40.10	142.30	--	192	195	.40	青森県東方沖
72	1912 6 8	6.6	40.50	142.00	--	183	186	.38	青森県東方沖
73	1914 3 15	7.1	39.50	140.40	--	34	45	5.99	〔秋田仙北郡〕
74	1914 3 28	6.1	39.20	140.40	--	62	69	.83	秋田平鹿郡
75	1915 11 1	7.5	38.30	142.90	--	288	289	.66	石巻沖
76	1923 9 1	7.9	35.10	139.50	--	514	515	.46	〔関東南部〕
77	1927 8 6	6.9	38.00	142.00	20	251	252	.36	宮城県沖
78	1928 5 27	7.0	40.00	143.20	--	266	268	.37	宮古北東沖
79	1931 3 9	7.6	41.20	142.50	0	262	262	.89	青森県東方沖
80	1933 3 3	8.3	39.10	144.70	10	401	401	1.21	〔三陸〔津波〕〕
81	1933 6 19	7.1	38.10	142.40	0	267	267	.43	金華山東方沖
82	1935 10 13	7.2	40.00	143.60	--	300	302	.41	宮古北東沖
83	1936 11 3	7.7	38.20	142.20	55	247	253	1.09	金華山沖
84	1937 7 27	7.2	38.20	142.00	50	234	240	.59	金華山東方沖
85	1938 11 5	7.7	37.10	141.70	20	321	322	.74	〔福島県沖〕
86	1938 11 5	7.6	37.20	141.70	15	311	312	.68	〔福島県沖〕
87	1938 11 6	7.5	37.50	141.80	0	286	286	.67	〔福島県沖〕
88	1938 11 7	7.1	37.00	141.70	0	331	331	.30	〔福島県沖〕
89	1939 5 1	7.0	40.00	139.80	0	42	42	5.83	〔男鹿半島〕
90	1939 5 1	6.7	40.00	139.80	--	42	51	2.89	男鹿半島
91	1939 5 2	6.4	39.90	139.70	--	41	51	1.93	男鹿半島
92	1943 6 13	7.1	41.10	142.70	5	269	269	.42	三陸沖
93	1945 2 10	7.3	40.90	142.10	30	215	217	.79	青森県東方沖
94	1952 3 4	8.1	42.15	143.85	45	415	418	.86	〔十勝沖〕
95	1955 10 19	5.7	40.30	140.20	5	66	66	.50	秋田県北部
96	1960 3 21	7.5	39.80	143.50	20	291	291	.66	三陸沖
97	1960 7 30	6.7	40.20	142.60	--	220	222	.33	岩手県沖
98	1962 4 30	6.5	38.73	141.13	0	140	140	.50	〔宮城県北部〕
99	1964 5 7	6.9	40.33	139.00	0	117	117	1.16	男鹿半島沖
100	1964 6 16	7.5	38.35	139.18	40	171	176	1.45	〔新潟北方沖〕
101	1964 12 11	6.3	40.42	138.93	40	128	134	.41	男鹿半島沖
102	1968 5 16	7.9	40.73	143.58	0	316	316	1.01	〔十勝沖〕
103	1968 5 16	7.5	41.42	142.85	40	300	302	.62	十勝沖
104	1968 6 12	7.2	39.42	143.13	0	261	261	.51	岩手県沖
105	1970 10 16	6.2	39.20	140.75	0	79	79	.78	秋田県南東部
106	1978 2 20	6.7	38.75	142.20	50	210	215	.34	宮城県沖
107	1978 6 12	7.4	38.15	142.17	40	249	252	.72	〔宮城県沖〕
108	1981 1 19	7.0	38.60	142.97	0	276	276	.35	東北中央部東方沖

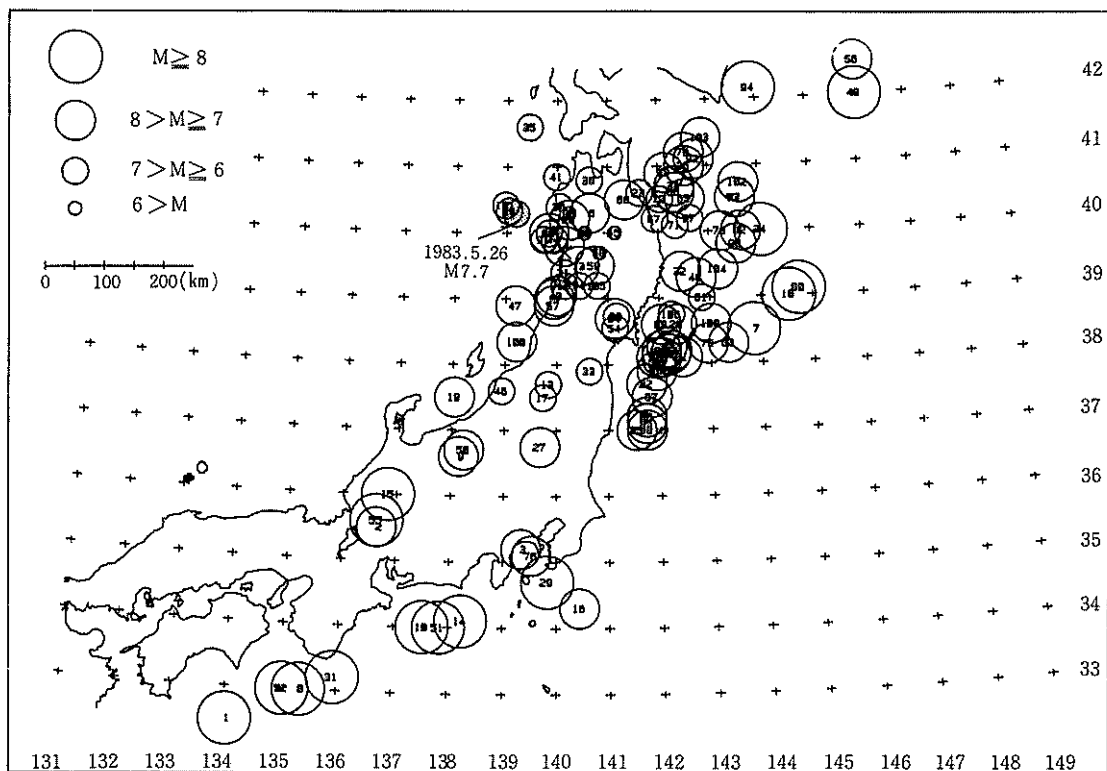


図 1-7 秋田市付近への影響地震の震央分布

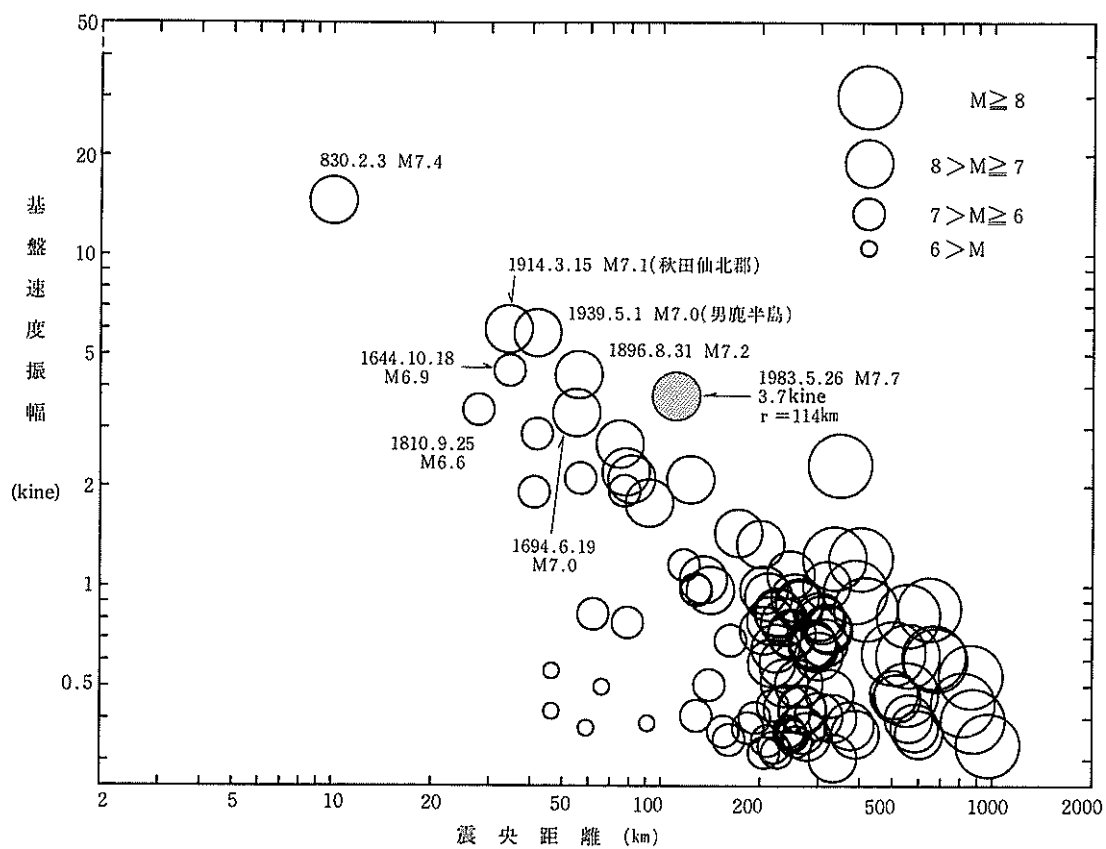


図 1-8 既往影響地震の基盤速度振幅と震央距離

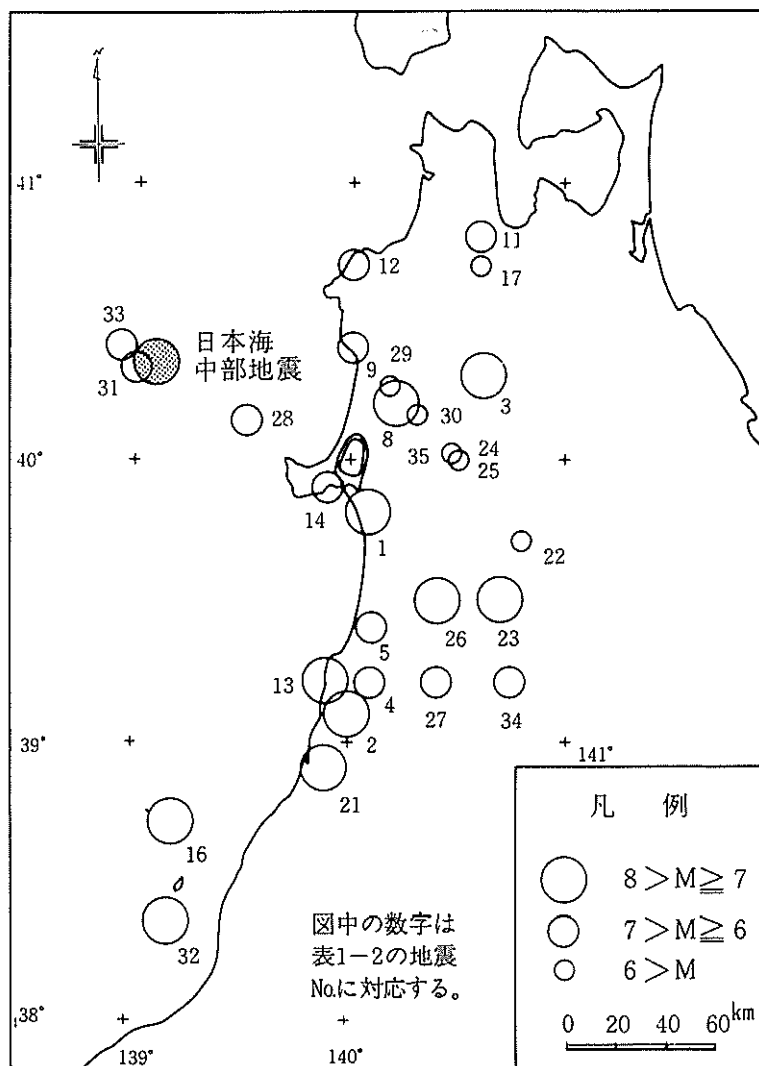


図1-9 東北地方の日本海側で発生した被害地震の震央分布

表 1 - 2 東北地方の日本海側で発生した被害地震

No.	発生年月日	地 域	震 源			規模 M	被 害 概 要
			北 緯	東 経	深さ(km)		
1	830. 2. 3	出 羽 (秋田県西部)	39.8°	140.1°		7.4	秋田の城郭・官舎・四王堂寺丈六仏像・四天堂舎悉く倒れる。城内の家屋も倒れ、圧死15、支体折損せるもの 100余名。地割れ多くその大なるものは長さ60~90m。雄物川の水涸れて溝のごとなり、添川(現旭川)、霜別(現大平川)の河岸崩れ、川を塞ぎ河水が氾濫した。
②	850.11.27	出 羽 (山形県北西部)	39.1°	140.0°		7.0	地裂け、山崩れ、国府(山形県飽海郡本楯村樋ノ口)の城柵は傾斜し、圧死者多数。最上川の崖崩れ、海水は国府から4 kmのところまで迫った。
3	857. 4. 4	出羽比内 (秋田県北東部)	40.3°	140.6°		7.0	大館地方の松峰山伝寿院の堂舎揺り崩れ、山崩れて仏像谷底に埋まる。
4	1423.11.23	羽 後 (秋田県南部)	39.2°	140.1°		6.7	人畜死傷し、建物倒壊多数。
5	1644.10.18	羽後本荘 (秋田県南部沿岸)	39.4°	140.1°		6.9	本荘城郭大破し屋倒れ人死す。市街もまた多く焼失す。石沢村にも潰家および死傷者あり。院内村では地裂け水湧出す。
6	1677. 6. 27	津 軽					天水溢れる。
7	1682.11.14	津 軽					大風大地震あり。ところにより痛家あり。被害は風によるものか地震によるものか不明。
8	1694. 6. 19	能 代 (秋田県北西部)	40.2°	140.2°		7.0	能代・森岡・檜山・駒形・飛根等42か村で合計死者394名、負傷者198名、家屋の震崩1,273戸などの被害。特に能代では潰滅的打撃を受けた。秋田城下で侍屋敷・町屋少し破損。弘前付近でところどころ地割れ石砂を噴出し、弘前城中ならびに城の石垣破損。若木山の岩石崩れ落ち、硫黄平に火を発す。大間越等で山崩れあり。
9	1704. 5. 27	羽後・津軽 (秋田県北西部)	40.4°	140.0°		6.9	能代の被害が最大。戸数1,400~1,500のうち被害家屋1,193。内訳は焼失758、潰435。土蔵の被害116のうち焼失61、潰55。寺院の焼失7、潰4、死58(98)。また八森村では、総戸数150~160のうち5~6戸残ったという。また米代川沿いの川口付近も被害が大で、潰れたという。八森から北方深浦に至る海岸も被害多く、とくに山崩れが多かった。崩れ山の崩壊は谷を埋め、今日十二湖として知られている大小多数の湖を生じた。この海岸は隆起し、岩館付近で最大で190cm、それから南北に離れるにつれて隆起量が減っている。弘前でも家の破損があった。
10	1732.12.21	津 軽				6.2	津軽城とところどころ破損。
11	1766. 3. 8	津 軽 (津軽半島中部)	40.8°	140.6°		6.9	弘前から津軽半島にかけて被害大。津軽藩の被害は弘前城櫓・門等、破損12か所、潰堂社27、潰寺33、潰家6,940、焼失寺40、焼失家252、土蔵の潰焼失267、死1,027、焼死308、傷153。青森で全半潰547、焼失175、圧死101、焼死91。また松前でも強かった。各地に地割れ、青砂を噴出した。
⑫	1793. 2. 8	西津軽 (青森県西部)	40.7°	140.0°		6.9	鰯ヶ沢、深浦で被害はなはだしく、被災地全体で潰154、半潰261、大破43、土蔵潰8、同破損104、死12、船の被害23。追良瀬川山崖のため数日通せず。小津波あり。大戸瀬を中心に約12kmの沿岸が最高3.5m隆起。
⑬	1804. 7. 10	羽前・羽後 (秋田県南部沿岸)	39.2°	139.9°		7.1	〔象潟地震〕酒田藩で潰れた家3,367、潰れた蔵182、死者150名など現在の秋田県南部から山形県北部で被害。全体で潰れた家5,500、死者333人。象潟湖(径約2km、深さ2m)隆起して乾陸あるいは沼となる。金浦で1.3m隆起、小瀧で1m沈下したという。酒田付近では地割れ多く、井戸水が約3mも噴出。津波あり。
⑭	1810. 9. 25	羽 後 (男鹿半島)	39.9°	139.9°		6.6	寒風山を中心に被害。寒風山で山崩れ多し。地割れより泥を噴出す。全潰(寺を含む)1,018、半潰400、大破387、焼失5、死57、傷116(他破あり)。八郎潟西岸の松木沢、弘戸間約1m隆起。小津波を伴ったらしい。秋田で強く感じ、角館・大館・津軽で有感。

No.	発生年月日	地 域	震 源			規模 M	被 害 概 要
			北 緯	東 経	深さ(km)		
15	1821. 9. 12	津軽・青森				5.9	青森で小店の屋根落ち、子供1人死亡。
⑬	1833.12. 7	佐渡・羽前 (新潟県沖)	38.7°	139.2°		7.4	庄内地方で家屋全潰 475、半潰 176、破損 1,352、死者42、負傷者12など。長岡藩、新発田藩、佐渡、象潟でも被害。新発田藩では地裂け、水砂を噴出した。津波が沿岸を襲った。相川では 220～ 330m、鯉ヶ沢では 550～ 660m潮が引いた。函館・福山でも感じ、津波あり、福山では1時間後に波高 1.2mとなった。飛騨有感。能登でも津波ありという。
17	1848. 1. 13	津 軽	40.7°	140.6°		5.9	弘前で蔵の壁落ちした家、梁の落ちた家、商店の瀬戸物の痛んだ家あり。黒石・猿賀（弘前の北東）辺でとくに強く、潰家あり。青森で棚の上のものが落ちた。
18	1851.12. 30	津 軽					棚の上の物落ちる。
19	1858. 9. 29	青 森					青森安方町にて米蔵潰る。
20	1860. 7. 27	青 森					青森で米蔵1棟潰れ、大木56本倒る。
21	1894.10. 22	山形県北部沿岸	38.9°	139.9°		7.0	〔庄内地震〕被害範囲は最上川沿いに新庄から山形まで、北は本荘まで及んでいるが、主として庄内平野に被害集中。飽海郡・西田川郡・東田川郡で総戸数21,988のうち、全焼 2,148、全潰 3,858、半潰 2,397、破損7,863、また、死者726、負傷者 987。庄内平野では土地の亀裂や陥没が多く、土砂を噴出した。西田川郡黒森村の砂丘では幅約 110mの土地が 9 m沈下し、浜中村では高さ 3 mの小丘ができた。山崩れも各所に生じた。
22	1896. 8. 23	秋田県東部	39.7°	140.8°		5½	壁・土地亀裂などの軽被害。
23	1896. 8. 31	秋田県東部	39.5°	140.7°		7.2	〔陸羽地震〕被害は秋田県仙北郡・平鹿郡・岩手県西和賀郡・稗貫郡で大きい。秋田県では死者 205、負傷者 736、家屋焼失32、全潰 5,682、半潰 2,889、破損24,064。また道路破損4,059か所、橋梁破損 288か所、堤防破損 167か所、山崩れ 9,899か所。岩手県では死者 4、負傷者43、家屋全潰 110、半潰 156、大破 768、小破 2,598など。千屋・川舟両断層を生じた。千屋断層は生保内から横手に至る約60km、東側が最大 2.5 m隆起した。川舟断層は長さ約15km、西側が最大 2 m隆起。
24 25	1906.10. 12 "	秋田県中部 "	40.0° 40.0°	140.5° 140.5°		5.6 5.4	2回の地震により壁・土地亀裂などの軽被害。北秋田郡阿仁合町で石塚の崩壊等の小被害あり。最大震度は2回の地震とも秋田Ⅳ。
26	1914. 3. 15	秋田県中部	39.5°	140.4°		7.1	〔秋田仙北地震〕秋田県全体で死94、傷 324、家屋全潰 640、半潰 575を生じた。激震地域は横手盆地とその西の雄物川沿い。強首・宇留井谷地・刈野での最大推定加速度は 450 gal に達した。住家全潰率は、大曲町東川で50%、神宮寺村宇留井谷地86%、強首村強首52%、大沢郷村北野目74%など。大沢郷村、南橋岡村では山崩れ多く、一時的に池を生じたところも多い。
27	1914. 3. 28	秋田県南部	39.2°	140.4°		6.1	No26の最大余震。金沢西根村で家屋小破18戸、藤木村で住家全壊1戸（本震で半潰状態になっていた）。
⑳	1939. 5. 1	秋田県沖	40°08'	139°31'	0	6.8	〔男鹿半島地震〕男鹿半島頸部に被害。死者27、負傷者52、住家全壊479、半壊 858など。部落によっては全滅したところもある。概して土蔵の被害が少なかった。家屋全潰率が40%以上のところは砂地が多い。水平移動した家も多く、移動量が40cmに及ぶものもあった。北浦町では海岸に沿って約 1 kmの長さの土地が海に向かって走り、同地域内の約50戸が全部全潰した。寒風山の北麓には地泣りを生じ、湯西（五明光・釜谷地間）でも地割れがあり、この付近の土地が沈降した。半島の北西部は隆起した。小津波が震後20～40分で観測され、第1波の最大全振幅は、能代で+5 cm、土崎で+17cmなどだった。
29	1955.10. 19	秋田県北西部	40°16'	140°11'	0	5.9	〔二ッ井地震〕被害はほとんど二ッ井町・響村に限られる。死者および住家全壊はなく負傷者 4、住家半壊 3、傾斜81、一部破損174、非住家全壊 1、半壊310、傾斜・破損878、公共建物一部破損 4、鉄橋墜落 1、破損 4。地割れがところどころに生じ、七座山南方の嶺山で崖崩れあり、その他落石があった。

No.	発生年月日	地 域	震 源			規模 M	被 害 概 要
			北 緯	東 経	深さ(km)		
30	1957. 3. 1	秋田県北部	40°10'	140°19'	0	4.3	二ツ井・荷上場で震度Ⅳ。二ツ井付近でごく軽微な被害。
㊦	1964. 5. 7	秋田県沖	40°20'	139°00'	0	6.9	被害は青森・秋田・山形3県に及ぶ。民家全壊3、半壊5、一部破損51以上。主として八郎潟西岸に多く、不同沈下による。五明光で湧水・噴泥があった。八郎潟の干拓堤防に沈下や破壊を生じた。とくに西部堤防では最大沈下1.7mに及び、軟弱地盤上にある部分は全般的に約1mほど沈下した。津波が江差から直江津の間で記録され、波高は深浦90cm、岩船47cm、江差22cm、土崎19cm。
㊧	1964. 6. 16	新潟県沖	38°21'	139°11'	40	7.5	〔新潟地震〕被害は新潟・山形を中心として9県に及んだ。死者26、負傷者447、全壊住家1,980、半壊住家6,640、全焼住家290、道路被害1,007、橋被害78、山(崖)崩れ188、堤防決壊63、鉄軌道被害130など。とくに住家全壊の多かったのは新潟市・村上市・中条町・水原町と山形県の酒田・鶴岡・遊佐・温海の各市町村である。津波が本震の約15分後から日本海沿岸各地を襲った(直江津で最大全振幅280cm)。また新潟市や酒田市等の低湿地で砂の液状化現象による被害が顕著だった。
㊨	1964. 12. 11	秋田県沖	40°25'	138°56'	40	6.3	八郎潟干拓堤防約1kmが20cm沈下、亀裂2。津波は深浦で全振幅10cm。
34	1970. 10. 16	秋田・岩手県境	39°12'	140°45'	0	6.2	傷6、住家全壊1、半壊20、一部破損446、非住家被害33、道路損壊36、山(崖)崩れ19。被害は主として秋田県東南部(東成瀬町・山内村)と岩手県湯田町に大きかった。
35	1982. 1. 8	秋田県北部	40°01'	140°29'	0	4.9	北秋田郡阿仁町で棚上の器物落下、窓ガラス破損。校舎の床・壁に亀裂などの被害。

注 1. 地震の諸元は「被害地震の表と震度分布図」(気象庁、1983)による。

注 2. 被害概要は、主として「日本被害地震総覧」(宇佐美、1975)による。

注 3. 番号を○で囲った地震は、津波を伴ったものである。

第2章 地震被害の概要

2-1 被害の概況

今回の地震の被害は、秋田県・青森県を中心に北海道南部・山形県・新潟県におよび、さらに津波による被害は日本海沿岸一帯におよんでいる。

警察庁のまとめた被害状況は（表2-1）に示したとおりで、死者・行方不明者は104人に達した。また全壊家屋は全体で934棟、半壊家屋は2,115棟である。このうち秋田県では全壊家屋757棟、半壊家屋1,514棟で、被害全体の約7割から8割を占めている。

また、秋田県での被害額は（表2-2）に示したとおりで、約1,500億円（昭和58年7月20日時点）に達している。

2-2 被害の特徴

今回の地震被害は（表2-1）に示したように、地震動に起因するものと津波によるものに大別される。

地震動に起因する被害は、秋田市から能代市にかけての平地部一帯で特に大きく、家屋・道路・鉄道・橋梁・河川堤防・干拓堤防・港湾施設などの被災がみられた。

道路の被害は国・県・市町村道をあわせると箇所数で713箇所に及び、過去の秋田県の災害のなかでも最大級のものとなった。被害は、秋田市・男鹿市・大潟村・若美町・能代市など日本海沿岸の平地部に集中しており、特に盛土部における被害が顕著であった。

被災地点は、沖積低地・砂丘間低地・砂丘縁辺部に多く、それらの地点では液状化現象が多くみられた。特に被害の大きかったのは、国道7号能代南バイパス、主要地方道能代男鹿線の五明光で、路盤の沈下・フェーシングの亀裂・隆起などが著しかった。

橋梁の被害は、能代市周辺・八郎潟・秋田市でみられ、国道101号能代橋、主要地方道秋田男鹿線の男鹿大橋等計84橋梁に達した。但し、落橋にいたるような大きな被害はなく、一時通行止めの処置程度で済み、交通に対して重大な支障となるところはほとんどなかった。

表2-1 1983年(昭和58年)日本海中部地震の被害状況一覧表

警察庁調べ(58.7.6現在)

区分	県別	合計	小計		北海道		青森		秋田		山形		新潟		石川		京都		鳥根	
			地震	津波	計	地震	津波	計	地震	津波	計	地震	津波	計	地震	津波	計	地震	津波	計
人	死者	人	104	4	100	4		4	17		17	83	4	79						
	行方不明	人																		
	負傷	人	163	89	74	24	5	19	22	18	4	107	66	41			2	2	3	3
建	全壊	棟	934	934	10	9		9	167	167		757	757				1	1		
	半壊	棟	2,115	1,616	499	12		12	587	587		1,514	1,029	485			2	2		
	流失	棟	52		52							52		52						
物	全焼	棟	1	1				1	1											
	半焼	棟	4	4				1	1			3	3							
	床上浸水	棟	313		313	27		27	61		61	69		69			1	1	3	3
地	床下浸水	棟	747	4	743	28		28	160		160	268	4	264			2	2	10	10
	一部破損	棟	3,258	3,066	202	55	55	1,265	1,265		1,937	1,735	202	1	1					
	非住家損壊	棟	2,739	943	1,796	35	5	30	757	757		1,935	181	1,754			12	12		
橋	流失・埋没	ha	265	119	146			129	107	22	136	12	124							
	冠水	ha	579	62	517			7	7	554	62	492							18	18
	流失・埋没	ha	2		2						2		2							
道	冠水	ha	13	2	11						2	2							11	11
	道路損壊	箇所	616	616		2	2	77	77		535	535		1	1		1	1		
	橋梁流失	棟	22	16	6			1	1		20	15	5						1	1
堤	堤防決壊	棟	25	23	2			1	1		22	22							2	2
	山(崖)くずれ	棟	43	43		3	3				40	40								
	鉄道被害	箇所	65	44	21	1	1	5	5		59	38	21							
通	通信施設被害	回線	437	437		136	136				301	301								
	木材流失	m ³																		
	山林焼失	ha																		
船	沈没	隻	255		255	42		42	21		21	60		60	9		9		12	12
	流失	隻	451		451	180		180	65		65	136		136			8	8	6	6
	破損	隻	1,187		1,187	289		289	228		228	483		483			24	24		
罹	うかい害による命	人	15		15														15	15
	罹災世帯数	世帯	3,418	2,545	873	48		48	817	756	61	2,385	1,789	606			3	3	3	3
	罹災者数	人	12,086	9,500	3,186	190	5	187	3,451	3,207	244	8,529	6,288	2,241			2	2	3	3

表 2 - 2 秋田県の被害（日本海中部地震）

都道府県		秋 田 県		区		被 害		
報告番号	災 害 集 計 速 報			そ の 他	治 山 箇所	49		
	(昭 和 58 年 7 月 20 日 現 在)				農 業 水 路 km	582		
					堤 防 km	(大 濁 54km 周 辺 堤 防 を 含 む)		
報告者名								
区 分		被 害		被 害 額				
人 的 被 害	死 者	人	83	農 業 施 設		千円	24,477,000	
	行 方 不 明 者	人	—	漁 港 施 設		人	1,486,000	
	負 傷 者	重 傷	人	54	水 産 施 設		人	4,195,000
軽 傷		人	211	林 業 施 設		人	5,557,330	
住 家 被 害	全 壊	棟	1,132	商 工 施 設		人	10,106,508	
		世帯	1,189	公 共 土 木 施 設		人	59,252,732	
		人	4,610	そ の 他 の 公 共 施 設		人	3,957,970	
	半 壊	棟	2,632	住 宅 等		人	26,666,350	
		世帯	2,713	文 教 施 設		人	1,732,959	
		人	10,125					
	一 部 破 損	棟	2,875	農 業 被 害		人	2,411,000	
		世帯	2,943	畜 産 被 害		人	7,000	
		人	10,662	林 産 被 害		人	399,550	
	床 上 浸 水	棟	65	商 工 被 害		人	5,488,759	
		世帯	65					
		人	220	国 鉄 被 害		人	2,200,000	
	床 下 浸 水	棟	277	そ の 他		人	301,117	
		世帯	275	計			148,238,275	
		人	932					
	非 住 家	全 壊	棟	587	都 道 府 県 災 害 対 策 本 部	名 称	秋 田 県 災 害 対 策 本 部	
一 部 破 損		人	2,108	設 置		5 月 26 日 12時50分		
床 上 浸 水		人	71	解 散		— 月 — 日 — 時		
床 下 浸 水		人	123					
そ の 他	田	流 失 ・ 埋 没	ha	災 害 置 市 町 村 本 部 名	秋 田 ・ 男 鹿 ・ 本 荘 ・ 能 代	代 濁 本 川		
		冠 水	人		和 王 ・ 五 城 目 ・ 昭 和 ・ 八 郎	川 ・ 山 本		
	畑	流 失 ・ 埋 没	人		天 八 八	竜 ・ 峰 浜 ・ 大 合	川 ・ 湯 川	
		冠 水	人		森 ・ 琴 丘			
	文 教 施 設		箇所	計	19 団 体			
	病 院		人	災 害 適 用 市 救 助 村 法 名	若美町	5/26 20:30	昭和町	6/3 12:00
	道 路		人		能代市	5/28 8:00	井川町	6/6 17:00
	橋 梁		人		男鹿市	人	山本町	6/11 15:00
	河 川		人		八森町	人	人	人
	港 湾		人		八竜町	人	人	人
	砂 防		人		秋田市	5/31 10:00	人	人
	電 力		世帯	17,563	計		9 団 体	
	ガ ス		人	14,905	消 防 職 員 出 動 延 人 数		人	人
	水 道		人	22,187	消 防 職 員 出 動 延 人 数		人	人
	清 掃 施 設		箇所	9	備 考	火災 2		
	崖 く ず れ		人					
	鉄 道 不 通		人					
	船 舶 被 害		隻					
	通 信 被 害		回線					
	石 べ い 等		箇所					
	自 動 車		台					
	林 道		箇所					

堤防の被害は、河川では雄物川・米代川の下流部の被害が主なもので、雄物川では河口から13km、米代川では河口から10km程度の区間に集中した。被害は堤防天端の開口・亀裂・法肩の沈下などが主で、樋管・樋門の周辺でも横断亀裂などが認められた。

また、特筆される被害は八郎潟干拓堤防で、周辺堤防を含む全堤防区間の延長約99kmのうち、約70%が被災するという大きな被害となった。被災は、主として堤体基礎地盤の置換砂・沖積砂層の液状化によるもので、被災区間のほとんどで堤体が沈下するという被害を生じた。

港湾施設の被害は、特に秋田港と能代港で顕著であった。秋田港ではほとんど全域にわたり被害を受けており、岸壁の崩壊・法線の移動・地盤の陥没・大型荷役機械の破損などがみられた。特に液状化の現象が広範囲にみられ、埋立による新造地ではいたるところで噴砂口がみられた。また旧港でも埋立により、岸壁を補強してきたためか、直接的には液状化による被害が多い。能代港では秋田港とは対象的に、液状化による被害は比較的軽微であった。これは、能代港が掘込み式により建設されたためと考えられ、むしろ津波による被害が顕著であった。

建築物の被害は、特に住宅に多く全壊家屋1,132棟、半壊家屋2,632棟に及んでいる。

被害は、秋田市から能代市に至る県西部に集中しているが、被害率が高いのは能代市・八竜町・若美町・男鹿市など日本海沿岸の砂丘の発達する地域である。被害は地震動の揺れそのものよりも住宅基礎をなす盛土地盤の液状化によるものが顕著で、地域的にも限られたところに集中する傾向がみられる。鉄筋コンクリート造りの建物被害としては県立男鹿工業高校があげられるが、これも基礎地盤の液状化に伴う被害である。しかし全般的には、鉄筋コンクリート建物被害は少ない。

その他に、1978年宮城県沖地震で多くの死傷者を出したブロック塀の倒壊も、石塀倒壊と併わせて1,295箇所と

かなりの件数に達しているが人的被害にはいたっていない。

石油タンクの被害としては、秋田市で火災が発生したが、大事にはいたっていない。

秋田市・能代市などの都市域では電力・ガス・水道などのいわゆる供給施設にも被害があり、市民生活にも影響を及ぼした。

地震による火災は4件と少なく、はや程度で済んだことは不幸中の幸いであった。地震の時にはまず火の始末からという意識が浸透していたためと考えられる。

個々の構造物の被害の詳細については、第III編^{*}で述べるが今回の地震では、いずれの被害も液状化に起因したものが多く、しかも被害規模を大きくしているのが特徴的である。

一方、津波は日本海の沿岸全域に達し、被害は男鹿半島から竜飛崎にかけての海岸一帯および北海道奥尻島で大きかったが、遠くは隠岐島や韓国においても発生している。秋田県では、男鹿市青砂海岸での合川南小学校の児童や、能代港での能代石炭火力発電所造成現場の作業員らが津波で亡くなっており、秋田県での死者83名中79名が津波で死亡するという大きな人的被害をもたらし、改めて津波の恐しさを思い知らされた。また、土木施設・船舶・家屋・水田などにも被害をもたらした。なかでも能代港では火力発電所建設予定地でのケーソンの移動や、作業船の転覆、階段護岸の崩壊など最も大きな被害が生じた。家屋・水田などの被害は能代以北の海岸で顕著であり、水田の被害は地震によるものを上回る被害規模となっている。

以上のように今回の地震による被害は、陸上では液状化、海岸では津波による被害の両者が複合し、大規模なものとなった。

^{*}秋田県土木部発行「昭和58年日本海中部地震土木施設災害記録」を参照

第3章 秋田県の地盤

今回の地震による被害の多くは地形・地質と密接な関連がみられる。本章では、本県の地形・地質・地盤状況について主に既存調査資料や文献をもとにまとめた。

3-1 秋田県西部の地形・地質

秋田県地域は、地形・地質的に次の5地帯に大別される。これらの地帯は東から順に並び、それぞれ南北方向ののびをもって分布している。

①奥羽山脈地帯②内陸盆地地帯③出羽丘陵地帯④日本海沿岸の海岸平野地帯⑤男鹿半島の山地

本項では、今回の地震でとくに大きな被害を生じてい

る④の日本海沿岸の海岸平野，すなわち，秋田市周辺，八郎潟周辺および能代市周辺を中心に秋田県西部の地形・地質について述べる。

秋田県西部の地形は、(図3-1)に示すように、西から順に男鹿半島の山地、海岸沿いに砂丘を伴う沖積平野・台地および出羽丘陵の山地となっている。この台地・丘陵地を開析して米代川、雄物川等の河川が西流し日本海へ注いでいる。そして、この河川の下流域には、能代平野・八郎潟低地・秋田平野と呼ばれる沖積平野が発達している。

沖積平野は、洪積世後期(約18,000年前)の氷河性海面低下に伴って形成された河谷が、沖積世の海水準上昇

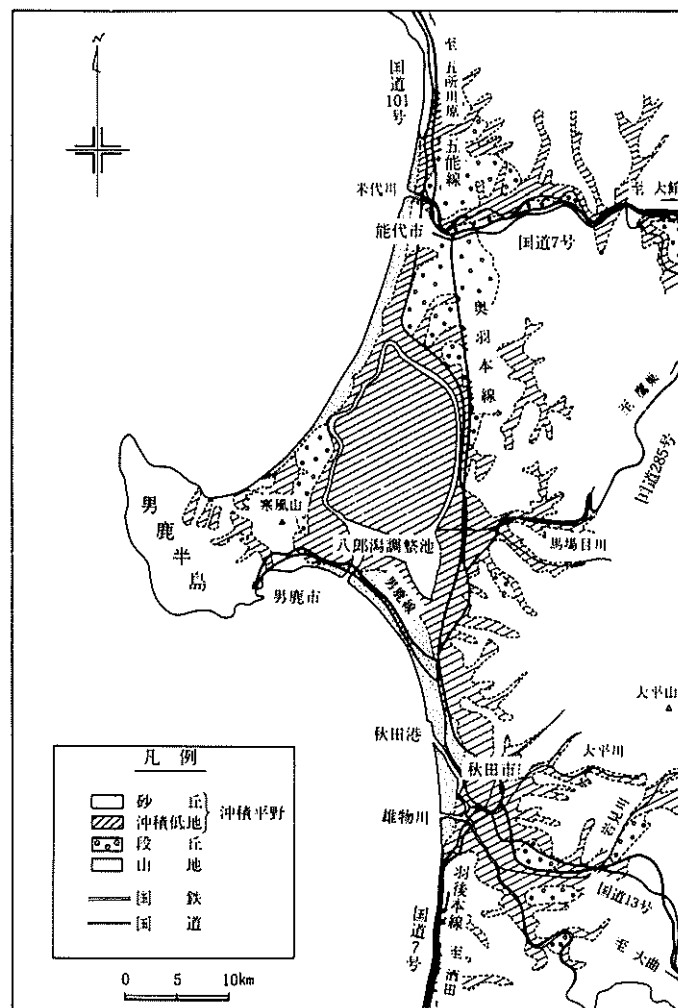


図3-1 秋田県西部の地勢

によって埋積された地層（沖積層）からなる。このうち表層部は、主としていまから6,000年程前の縄文海進後の河川の堆積作用でつくられたもので、地形としては、海岸沿いの砂丘（浜堤・砂州を区別せず一括した表現として用いる）や後背湿地、河川沿いには河川の氾濫による自然堤防や旧河道、後背湿地等の微地形が形成されている。地質としては、砂丘および自然堤防にはゆるい砂を主体とした地質が、後背湿地は主に腐植物や粘土からなる地質が堆積して、軟弱地盤となっている。

海岸沿いには砂丘の発達が著しい。この砂丘は、男鹿半島を境にして、米代川河口の能代を経て北の八森町まで連続する北部砂丘と雄物川河口へ連なる南部砂丘とに区別される。

沖積層の下位には、潟西層と呼ばれる洪積層が分布する。（図3-2）は潟西層の上面の深度を示したもので、ほぼ沖積層基底の深さを示していると考えてよい。この

図によれば、最深部は八郎潟中央部および八郎潟南部の船越付近にあり、深度はそれぞれ50m、70mとなっている。それらの中間には深度10mの高まりが存在し、秋田市北西部に連続している。琴浜海岸（五明光から釜谷地付近）には40mの深まりがある。この深まりと能代の間には連続する深度10mの高まり（能代・釜谷～福来沢・大谷地沖）があり、この高まりの西側は急激に深くなっている。

台地は、洪積層および段丘礫層からなる。米代川流域や雄物川流域に、数段の面をなして発達する。これらの台地の段丘礫層下位には第四紀洪積世の潟西層が分布することが多い。潟西層は下末吉期（洪積世後期）における内陸湖盆の堆積物とされており、主に粘土、砂の互層よりなるが礫に富む地域もある。この潟西層は沖積平野にも広く分布している。この洪積層基底の深度は（図3-3）から読みとれる。これによると、最も深い所は米代

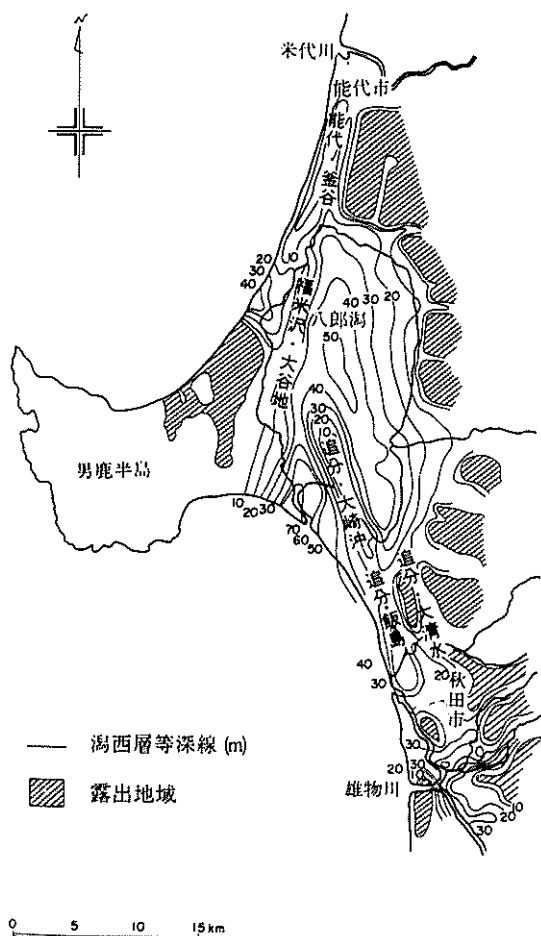


図3-2 潟西層上面の等深線
(狩野豊太郎1968原図にもとづいて作成)

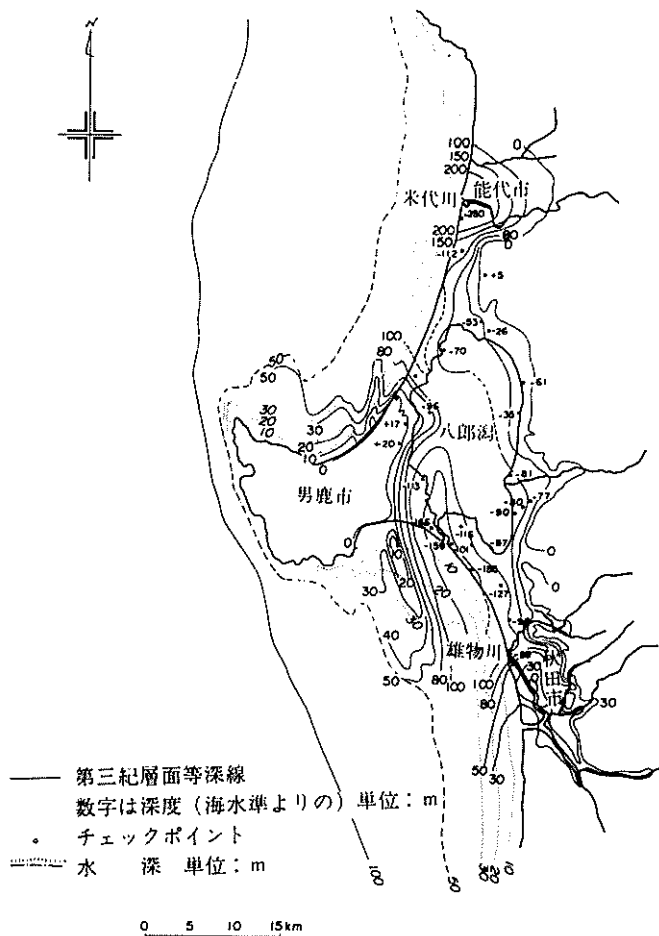


図3-3 新第三系上面の等深線図
(狩野豊太郎1968による)

川河口で200m以上、雄物川河口から八郎湯南部の天王町にかけて150～160mの深度である。

山地は、男鹿半島と出羽丘陵であり、主として新第三系の砂岩・泥岩・火山碎屑岩・火山岩等の地質で構成されている。

以上の地形・地質状況から秋田県北西部域の表層地盤を分類し、表層地盤図として（付図－1）に示す。

3－2 秋田市周辺の地盤

秋田市周辺は、標高5～8mの低平地で秋田平野と呼ばれている。秋田平野の地質は、新第三紀鮮新世の天徳寺層（シルト岩・泥岩）を基盤岩とし、この上位に未固結な洪積層（主として潟西層）と沖積層が分布する。（表3－1）に秋田平野の地質構成を示す。

秋田市周辺の地質の分布状況を、（付図－3）の地質断面図に表わした。

基盤岩は、秋田平野周辺の山地を形成している地層（天徳寺層）であるが、断面図に示すとおり秋田平野の地下にも伏在した高まりや凹地があり、その一部が地表部に現われている所がある。それは新屋の雄物川放水路や千秋公園地域である。

洪積層も同様に、凹凸をもって地下に伏在しているが、

その一部が市街地の川尻総社町、中通4丁目、千秋公園、八橋運動公園付近、清水公園付近などで地表に現われている。断面図で表現した洪積層の分布は、地表に現われている洪積層の部分で行なわれたボーリング柱状図と対比しながら推定したものである。

（付図－10）①、②は、このような作業を通して作成した沖積層基底面の深度分布と基盤岩の上面の深度分布を示したものである。これによると、秋田市周辺で基盤岩上面の最も深い所は、牛島－山王十字路－泉－外旭川－飯島を結ぶ線上にあり、その深さは50～60mである。これに対して基盤岩の局所的な高まりが、川尻総社町、中通3丁目、八橋運動公園、千秋公園付近に存在する。沖積層基底面の深さは、平均的に20mであるが、最深部は30mと推定される。現在の雄物川とはほぼ一致する地下に深度20～30mの凹地があり、これが雄物川の洪積世後期の河道に相当するものと思われる。

なお、萩島－檜山－広面－秋田大学医学部を結ぶ所にも深度30mの深まりがあるが、ここは太平川の旧河道であろう。

表層地盤は、（表3－1）に示した上部の地質より構成されるが、その分布は微地形に対応している。微地形は、海岸沿いの砂丘の形成と、雄物川・太平川・旭川等の河川からの運搬土砂の堆積作用とが互に干渉し合い、複雑

表3－1 秋田平野の地質構成一覧表

地質時代	地層区分	記号	地質	層厚 (m)	N 値	堆積環境
第四紀	沖積世	Ap2	有機質土層	2～10	0～5	後背湿地 旧河道
		Ac2	シルト・粘土層	2～12		
		As2	砂層	5± 5～20	5～10	自然堤防
		Ag2	砂礫層	5±	3～50	砂丘
					30以下	自然堤防
		Ap1	有機質土層	～4	5～10	内湾および内陸湖
		Ac1	シルト・粘土層	5～20		
		As1	砂層	2～10	10～30	
		Ag1	砂礫層	5±	20～40	
	洪積世	Dc	粘土層	5～25	10～20 (平均15)	内陸湖
		Ds	砂層	5～20	30～50	
		Dg	砂礫層	5～15	50以上	
新第三紀	鮮新世	T	泥岩・シルト岩		岩盤 (一軸圧縮強さ 20kgf/cm ² 程度)	浅海および内湾

な状況を呈している。(図3-4)は、秋田市周辺の微地形の概要を示したものである。

(付図-2)に、秋田市周辺の表層地盤の分布状況を示した。地盤区分は、(表3-2)の分類表によっている。各地盤の主な性状は次のようである。

① 有機質土を主体とする地盤：(表3-1)に示した Ap_2 層が表層に分布する地盤である。秋田駅東側の谷底平地や奥羽本線北東側の沖積平野に発達する。分解の進んでいない腐植物を多く含む地層である。この地層の最大層厚は10mであり、桜付近で5~7m、広面で2~4m、仁井田付近で1~2m程度と内陸側程厚い傾向を示す。自然含水比は600~800%、間隙比は一般に12~13であるが、20を超えることもある。一軸圧縮強度は0.3kgf/cm²以下を示すことが多い。

② 粘性土を主体とする地盤：(表3-1)に示した Ac_2 層が表層に分布する地盤である。砂丘と丘陵地に挟まれた低平地(沖積平野)の主体をなす地盤で、県庁付近・泉付近・仁井田付近に広く発達する。砂を伴うことが多いが、内陸側程腐植物を伴い軟弱である。層厚は変化に富み、最大で15m、一般には7~10mである。標準貫入試験値(N値)は2未満が多く、5を超えることは少ない。

③ 砂質土を主体とする地盤：(表3-1)に示した As_2 層が表層に分布するもので、海岸砂丘・自然堤防などで代表される地盤である。自然堤防と砂丘の周縁部ではN値3~10程度とゆるく、地下水位も高い。また、腐植物を伴うこともあり、やや不均質である。砂丘中央部の地盤は均等な細砂~中砂で構成され、N値は30~50を示しよく締まっている。

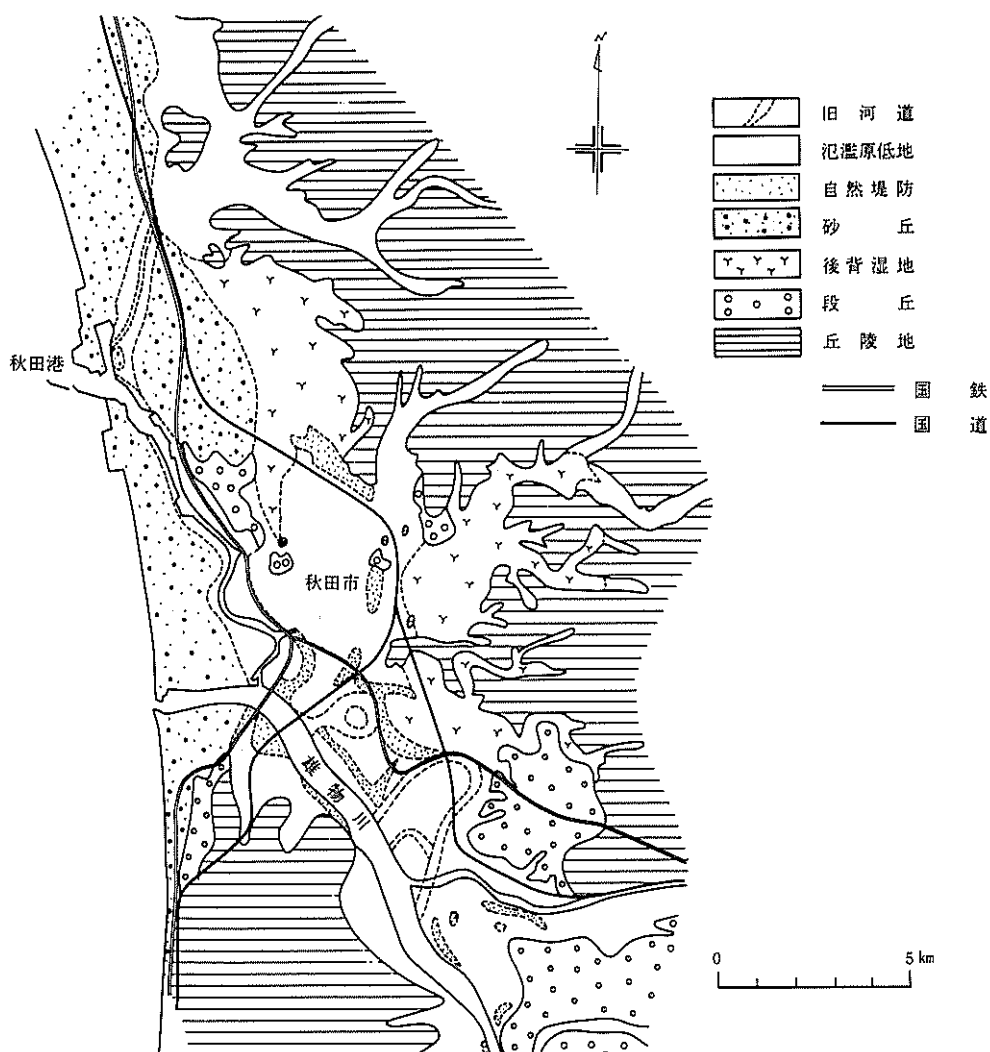


図3-4 秋田市周辺の地形概要図

表 3-2 表層地盤分類表

地 盤 分 類		構 成 地 質	記 号
平地部 (沖積平野)	埋立地盤(海浜・湖沼部)	砂・礫・粘土	R _l
	平地部造成地盤(切土・盛土)	砂・礫・粘土	C _m
	氾濫原・海岸平野堆積物および 谷底平地堆積物を主とする地盤	有機質土を主体とする	A _p
		粘性土を主体とする	A _c
		砂質土を主体とする	A _s
		有機質土・粘土・砂・礫	A _v
	砂丘・浜堤堆積物を主とする地盤	砂 質 土	A _{sd}
台地部	段丘および洪積層を主とする地盤	砂・礫・粘土	D
山地部	山地部造成地盤(切土・盛土)	砂・礫・粘土	C _{sz}
	新期火山性堆積物を主とする地盤	熔岩・火山砕屑岩等	V _d
	新第三紀層地盤	砂岩・泥岩・凝灰岩・火山岩等	T
	中生層及び古生層地盤	砂岩・粘板岩等	M, P

る。なお、表層部はゆるく、N 値は 3 前後が多い。

- ④ 埋立地盤および平地部造成地盤：旧雄物川沿い、秋田港、および宅地・工業団地等の人工的に作られた地盤である。厚さは旧雄物川沿い、秋田港では 10m 未満、宅地・工業団地では、2～5 m 程度である。埋立土は一般に砂丘の砂が用いられているが、内陸側の平地部造成地では、泥岩の掘削土も多く用いられている。なお、N 値は前者が 5～10、後者は 10 以下が多い。
- ⑤ 山地部造成地盤：手形山団地にみられるごく局部的な人工造成地盤であり、切土・盛土によっている。
- ⑥ 段丘および洪積層を主とする地盤：(表 3-1) に示した D_s 層、D_g 層が表層に分布する地盤である。川尻、千秋公園付近に露出する。褐色を呈している砂層・礫層で、N 値は前者が 30～50、後者は 50 以上を示す。
- ⑦ 第三紀層地盤：(表 3-1) に示した T 層が表層に分布する地盤である。天徳寺、手形付近の地表に露出している。軟かいシルト岩～泥岩からなり、表層部は風化が進み軟質化している。一軸圧縮強度は 20kgf/cm² 程度を示すことが多い。

3-3 八郎潟周辺の地盤

八郎潟の西側には潟西層よりなる台地が発達する。東側には定高性の丘陵地があり、新第三紀層の船川層と洪積層の潟西層よりなる。この前面には一日市、大久保等の集落が発達する沖積平野が広がり、八郎潟へ続く。この低地には馬踏川・豊川・井川・馬場目川等大小 9 河川があり、八郎潟へ注いでいる。一方、八郎潟の北部および南部には砂丘が発達し、北部の砂丘は琴浜海岸、八竜海岸へ連続する。八郎潟の南部に発達する砂丘は、男鹿市脇本に始まり、秋田市浜田に至る延長約 30km の砂丘群である。この砂丘は南部砂丘と呼ばれ、内列砂丘、中列砂丘、外列砂丘の 3 つに区分され、内陸側程生成年代は古い。

自然堤防は、八郎潟に流入する中小河川によって作られたものであるが、山地に近い程自然堤防の形状を保ち、潟湖に近い大久保、一日市などでは砂州との区別が難しい所もある。

後背湿地帯は、砂丘・自然堤防等の背後地である。国道 7 号より東側によく発達する。大久保周辺では、国道 7 号昭和バイパスが通過する区間と、国道 285 号より北東側が典型的な後背湿地であり、谷の奥深くまで非常に軟弱な有機質土が厚く堆積している。

このような微地形に対応した表層の地盤の分布は、(付

図-1)に示している。

(付図-4)は、八郎潟干拓地内の軟弱層の厚さの分布も併せ示した表層地盤図で八郎潟干拓地中央では、均質で非常に軟弱な粘土層が最大50mの厚さで分布しているが、周辺部に向ってこの粘土層が漸次薄くなる傾向を

示し、周辺域では砂がちの地盤となる。八郎潟およびその東側の沖積平野の地盤状況については、(付図-4)の断面線に沿って作成した(図3-6)の代表的な地質断面図に示した。

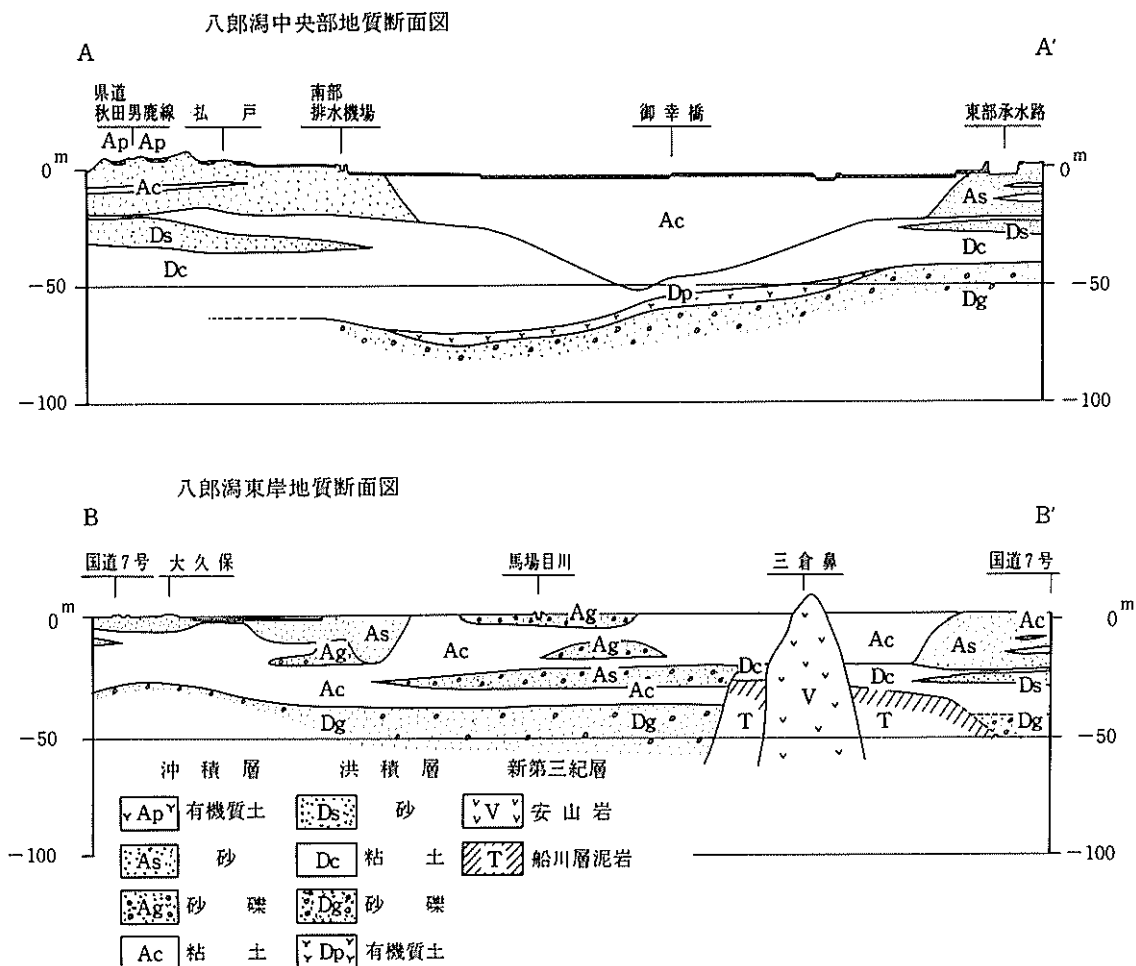


図3-6 八郎潟付近の地質断面図

3-4 能代市周辺の地盤

能代市周辺の地形は、沖積平野と洪積世の段丘および丘陵地よりなる。

能代市周辺の地質の分布状況を(付図-5)の地質断面図に示した。(表3-3)は能代平野の地質構成を表わしたものである。

沖積層は、上部層と下部層に区分される。上部層は表層地盤を形成する地層で、層厚は15m未満、有機質土層

(Ap₂)、粘性土層(Ac₂)、砂層(As₁)および砂礫層(Ag₂)から構成される。N値は、それぞれ0~5、5~10、3~50、30程度で、砂層にばらつきが大きい。砂丘間低地や砂丘の周縁部に発達する砂層では、概してN値は5~10である。砂丘主部の砂層は、表層部で3前後であるが、ほとんどが30以上のN値を示している。

下部層は、全体にN値は高く、粘性土層(Ac₁)で5~10、砂層(As₁)では10~30、砂礫層(Ag₁)で20~40を示している。沖積層の厚い地域は、米代川下流の中川

原地区および浅内地区（国道7号能代南バイパス付近）である。

洪積層は、海岸段丘を構成する段丘堆積物と、その下位の潟西層相当層からなっている。段丘堆積物は東雲開拓地や南部の北金岡が位置する高台をなす地層で、礫・砂より構成される。潟西層相当層は、粘土層(Dc)、砂層(Ds)、砂礫層(Dg)が互層をなす。地層は、東西方向によく連続する。各地層のN値は、粘土層が平均15、砂層で30～50、砂礫層で50以上を示している。なお、新第三紀層までの深さは、能代市街地付近で200mといわれている。河口から6kmの地点で新第三紀層が露出しているので、この間で急激に深くなっているようである。(図3-3参照)。

河口部には、男鹿半島浜間口から連なる海岸砂丘が発達し、これに閉ざされた後背湿地帯が認められる。向能

代の落合沼やサニーランド付近は、これを代表する地域である。また、浅内沼、能代南バイパスが横断する赤沼等の小規模な沼沢も典型的な後背湿地帯である。これらの地域は、有機物を多く含む粘土や、ゆるい砂層を介在する粘土が発達する軟弱地盤となっている。

砂地盤は、砂丘や自然堤防地帯である。能代市街地は砂地盤であるが、その性質は地域によって大きく異なる。すなわち、砂丘主部はよく締った砂地盤であるが、周縁地は、全体にゆるい堆積状態となっている。黒岡・浜浅内・河戸川等の集落は、この砂丘周縁部に位置している。

粘土地盤は、谷底平地あるいは氾濫原低地に認められ、層相の変化に富む。内陸部では有機物を多く含み、米代川本流に近づく程砂がちになってくる。なお、旧河道部は、米代川本流沿いに多数認められ、ゆるい砂層、軟かい粘性土層、有機質土などで埋積されている。

表3-3 能代平野の地質構成一覧表

地質時代	地区	層分	記号	地質	層厚(m)	N値	堆積環境
第四紀	沖積世	沖積層	A _{p2}	有機質土層	2～6	0～5	後背湿地・旧河道
			A _{c2}	シルト・粘土層	4～5		
			A _{s2}	砂層	4～8 7～15	5～10 3～50	自然堤防・旧河道 砂丘
			A _{g2}	砂礫層	2～6	30以下	自然堤防
			A _{p1}	有機質土層	—	5～10 10～30 20～40	内湾および内陸湖
			A _{c1}	シルト・粘土層	5～8		
			A _{s1}	砂層	2～10		
			A _{g1}	砂礫層	4～7		
	洪秀世	洪積層	T _r	段丘堆積層	4～	50以上	海岸段丘および河岸段丘
			D _c	粘土層	2～22	10～20 (平均15)	内湾および内陸湖
			D _s	砂層	2～26	30～50	
			D _g	砂礫層	4～	50以上	
新第三紀	中新世	新第三紀層	T	泥岩・シルト岩		岩盤	浅海・内湾

第4章 地震動

今回の地震による各地の地震動の大きさとして、第1章で示した気象庁の震度分布が発表されている。ここでは、今回調査を行なった範囲における、より詳細な地震動分布について検討する。詳細な地震動分布を得るためには、種々の方法が考えられるが、ここでは、強震観測記録の検討、基石転倒状況の調査、アンケート調査、および第3章の地形地質解析結果をもとにしての地震時地盤応答計算などを行なった。

4-1 各地の強震記録

今回の地震では、各地の構造物や地盤上に設置された強震計によって地震波形が観測され、多くの貴重な加速度記録が得られた。これらの成果は、科学技術庁・建設省・運輸省などから発表されている。こうした記録のなかから、地盤上および地盤に相当すると思われる地点での観測記録を選び、各観測成分の最大加速度を(表4-1)にまとめた。このうちから、水平最大加速度(水平2成分のうちの大きい値)の分布を示すと、(図4-1)のようになる。観測記録は、北は札幌から南は横浜までの広範囲におよび、多くの記録が得られているが、そのなかで最大の加速度値は、北海道上磯郡知内町の七峰橋における275galである。震源に近い秋田県内では、秋田港での205gal、また青森県内では、北津軽部の津軽大橋での270galが最大の加速度値となっている。これらの値は、河角(1943)以来の経験的な震度階と加速度の関係に照らしてみると、気象庁震度階の震度V~VIに相当する。(図4-2)には、観測記録の水平最大加速度と震央距離の関係を示した。同図には、気象庁発表の各地の震度と震央距離の関係も併記した。全般に、観測された加速度値と気象庁震度階はよく対応しており、また距離に応じた減衰のしかたも、幅はあるものの比較的一定している。

各地点の観測値および震度には、当然のことながら、その地点の地盤状況や周辺構造物の影響が含まれており、こうした影響を取り除くことによって、図の分布の平均的な傾向に収束するものと期待される。

過去の地震観測記録をもとにして、震央距離(あるいは震源距離)、マグニチュードと最大加速度との関係を求める試みはよく行なわれており、すでにいくつかの加速度予測公式が提案されている。(表4-2)に代表的な予測公式を示すとともに、(図4-3)には今回の観測値(水

平最大加速度)と各予測公式による距離減衰曲線とを比較して示した。同図に示した曲線では、田村他(1979)によるものが比較的一致しているようである。

表4-1 強震観測記録一覧

市 郡 区 名	設 置 対 象	設置箇所	震央距離 km	最大加速度 (gal)				備 考
				水平1	水平2	上下		
室 蘭 市	室蘭港湾建設事務所構内	地 盤	270	26	21	11		NS, EW **
小 樽 市	小樽港湾建設事務所	地 盤	354	6	6	5		NS, EW **
北海道 上 磯 郡	七峰橋付近	地 盤	173	260	275	88		HA, HB
札 幌 市	札幌市庁舎	地下2階	355	微小	微小	微小		NS, EW
札 幌 市	住友生命札幌ビル	地下3階	355	微小	微小	微小		NS, EW
北海道 茅 渚 郡	上島崎橋付近	地 盤	231	125	128	50		HA, HB
札 幌 市	札幌新道高架橋付近	地 盤	358	20	19	20		HA, HB
宮 城 県 宮 城 郡	仙台火力発電所	1 階	283	4	6	3		NS, EW
秋 田 市	秋田港工事事務所構内	地 盤	107	190	205	41		NS, EW **
山形県 西村山郡	河北橋付近	地 盤	238	19	15	8		LG, TR
福島県 伊 達 郡	伊達橋付近	地 盤	307	12	14	4		LG, TR
酒 田 市	光ヶ丘宿舎構内	地 盤	173	36	45	15		NS, EW **
宮 古 市	宮古港工事事務所工事課構内	地 盤	259	8	8	3		NS, EW **
秋田県 平鹿郡	雄平橋付近	地 盤	174	27	35	12		LG, TR
仙 台 市	国鉄	地下1階	279	10	10	10		NS, EW
青 森 市	青森港工事事務所構内	地 盤	156	95	116	—		NS, EW
八 戸 市	八戸火力発電所	1 階	205	18	18	3		NS, EW
青森県 上 北 郡	国鉄妙沼高架橋付近	地 盤	193	119	110	63		NS, EW
秋田県 南秋田郡	八郎岡	地 盤	93	138	168	100		NS, EW
八 戸 市	八戸港工事事務所八戸工場構内	地 盤	204	20	22	14		NS, EW
仙 台 市	東北大学工学部建築学科建物	1 階	277	11	14	5		NS, EW
仙 台 市	第2合同庁舎	地下2階	277	12	12	微小		NS, EW
福島県 河 沼 郡	塩光寺橋付近	地 盤	315	微小	微小	微小		LG, TR
仙 台 市	住友生命仙台ビル	地下2階	277	6	4	4		NS, EW
秋田県 仙 北 郡	宝風橋付近	地 盤	148	42	50	25		TR, LG
〃	〃	地 盤	148	90	100	30		TR, LG
盛 岡 市	盛岡駅	地下1階	190	9	8	6		NS, EW
仙 台 市	竹中工務店東北支店ビル	地下1階	276	12	6	10		NS, EW
鶴 岡 市	三川橋付近	地 盤	186	微小	微小	微小		TR, LG
宮城県 加 美 郡	津沢ダム	堤体(底)	239	微小	微小	微小		LG, TR
新 庄 市	国立防災科学技術センター 新庄支所構内	地 盤	205	10	11	8		NS, EW
八 戸 市	八戸市役所	地下1階	205	19	17	9		NS, EW
名 取 市	樽水ダム	ダム(地盤)	285	3	微小	微小		TR, LG
東京都 中央区	日本建築センター	地下1階	521	4	5	3		NS, EW
東京都 渋谷区	NHK放送センタービル	地下1階	522	5	6	5		NS, EW
横 浜 市	神奈川県庁構造物	地下1階	542	3	3	1		NS, EW
新 潟 市	昭和火災付近	地 盤	270	12	9	3		LG, TR
小 千 谷 市	魚沼橋付近	地 盤	338	2	2	1		LG, TR
新 潟 市	関屋分水路新田大堰	地 盤	272	15	10	微小		LG, TR
新潟県 岩 船 郡	大石ダム	地下3階面	260	微小	微小	微小		LG, TR
新 潟 市	信濃川水門跡切堤付近	地 盤	270	微小	微小	微小		TR, LG
〃	〃	地 盤	270	微小	微小	微小		TR, LG
長 岡 市	国立防災科学技術センター 寄寄実験棟附所	地 盤	322	8	5	2		NS, EW
青森県 北津軽郡	津軽大橋	地 盤	131	270	245	180		HA, HB *
札 幌 市	札幌1.C.	地 盤	356	19	20	20		LG, TR *
函 館 市	函館港湾建設事務所	地 盤	211	59	59	44		NS, EW **
岩手県 和 賀 郡	湯田ダム	岩 盤	194	72	59	52		TR, LG *
宮城県 玉 巻 郡	鳴子ダム	岩 盤	225	6	7	8		TR, LG *
〃	〃	ギャラリ	225	14	6	6		TR, LG *
山形県 西置賜郡	白川ダム	橋 杭	273	12	11	9		TR, LG *
〃	〃	ギャラリ	273	6	8	3		TR, LG *
青森県 南津軽郡	浪岡ダム	—	141	128	77	62		NS, EW ***
大 船 渡 市	大船渡港防波堤	地 盤	272	6	6	4		NS, EW **

注1) データは基本的に「強震速報No.23 (国立防災科学技術センター)」による。ただし、*印は「土木技術資料25-7」、**印は「港湾技術資料No.458」、***印は「土木学会誌 1983年9月号」による。

注2) 備考欄中のNSは南北方向、EWは東西方向、LGは構造物主軸方向、TRは構造物主軸直交方向の水平成分であることを示し、左から右へ水平1、水平2の成分に対応する。基本的に水平1はNSに近い成分である。ただし、HA、HBは方向不明。

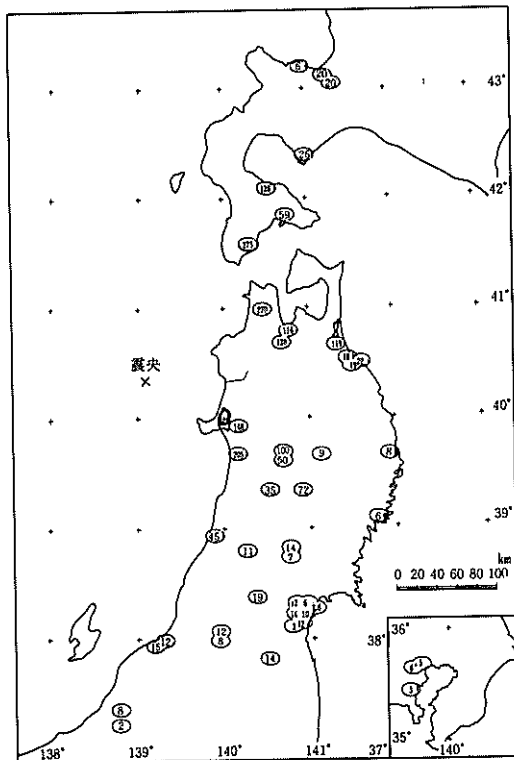


図 4-1 強震観測記録による
水平最大加速度分布
(単位: gal)

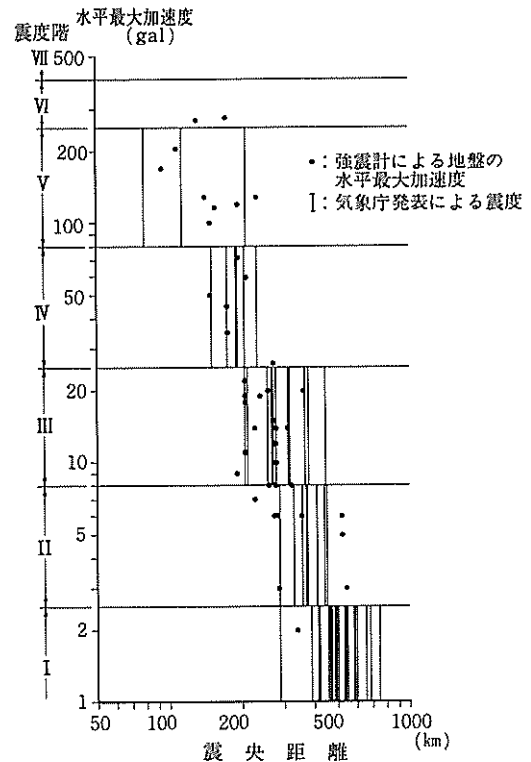


図 4-2 水平最大加速度および
震度と震央距離の関係

表 4-2 各種最大加速度予測公式一覧表

提 案 者	最大加速度予測公式	適用地盤	使用したデータ		備 考
			マグニ チュード	震央距離(km)	
田村、岡本 加藤 (1979)	$\log \frac{A}{1000} = \frac{\Delta + 50}{100} (-4.93 + 0.89M - 0.043M^2)$	地中基盤内	$M < 5$	20~150	
			$5 \leq M < 6$	70~250	
			$6 \leq M < 7$	130~280	
			$7 \leq M$	170~250	
建設省土木研究所 (1978)	$A = 18.4 \times 10^{0.302M} \times \Delta^{0.600}$	平均地盤	$M < 6$	20~50	他に第 I、II、III 種地盤の予測式 有。
			$6 \leq M < 7$	40~210	
			$7 \leq M$	100~690	
片山 (1975)	$\log A = 2.308 - 1.637 \log (R + 30) + (R + 30) + 0.411M$	平均地盤			
大崎、渡部 (1977)	$\log A = 0.472M - (1.97 - \frac{1.8}{R}) \log R + (2.2 - \frac{11.1}{R})$	硬質地盤			
勝又 (1972)	$\log A = \log 400 - (2.4 - 0.125M) (\log R - 0.5M + 2.25)$	平均地盤			統計分析で求めた 公式ではなく、各 種公式から導いた 予測式
Donovan (1973)	$A = 1080 \cdot e^{0.0M} \cdot (R + 25)^{-1.32}$	平均地盤	$M < 5$	3~200	使用した 678 データ のうち日本での データは 100 ケ。 他はアメリカのデ ータ。
			$5 \leq M < 6$	4~250	
			$6 \leq M < 7$	5~400	
			$7 \leq M$	20~400	

M: マグニチュード
R: 震源距離 (km)
Δ: 震央距離 (km)
A: 加速度 (gal)

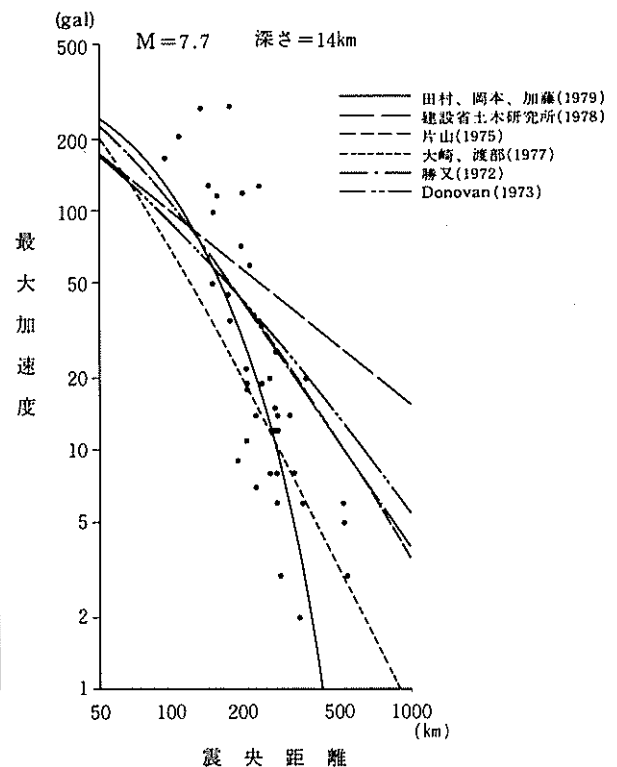


図 4-3 既存の加速度予測公式と
観測値(水平最大加速度)

4-2 墓石の転倒率調査

墓石の転倒率調査は、秋田県西部の特に被害の顕著な地域で行なった。調査地点数は、(表4-3)の墓石転倒状況一覧に示したように、26地点である。調査から求められた墓石転倒率分布を(図4-4)に示した。能代市周辺で墓石転倒率が高いことがわかる。

墓石転倒率から最大加速度を推定する方法としては、大橋他(1978)、岩崎他(1981)、殿内他(1981)などの研究がある。それぞれによる最大加速度推定式は、最大加速度を $A_{max}(\text{gal})$ 、墓石転倒率を $R(\%)$ とすれば次のとおりである。

$$\begin{aligned} \text{大橋他} & A_{max} = 2.67R + 200 \\ \text{岩崎他} & A_{max} = 3.50R + 100 \\ \text{殿内他} & A_{max} = 1.25R + 210 \end{aligned}$$

これらの式による推定加速度は、(表4-3)に併記している。前節で示した秋田港での強震観測記録の加速度値と比較すると、大橋他の式による推定加速度が比較的一致しているようである。大橋他の式による調査地点での推定加速度の分布は、(図4-5)に示すとおりである。同図によれば、能代市、男鹿市脇本では、気象庁震度階で震度VIに相当する250galを越える値を示している。墓地によっては盛土地盤上にあったり、また多くが古い墓石で構成される墓地であったりするため、転倒率が過大に現われる場合もあると思われるが、後述する各地の被害状況と対応させると、被害の大きいところほど推定加速度も大きくなるという傾向がみられる。

表4-3 墓石転倒状況一覧表

No	地 名	寺 院 名	全墓石数	転倒墓石数	転倒率(%)	推定加速度 (gal)			備 考
						大橋他	岩崎他	殿内他	
1	仁賀保町琴浦		150	0	0				
2	本荘市松ヶ崎町神沢		100	0	0				
3	秋田市浜田滝ノ下		100	0	0				
4	秋 田 市 水 口	天 徳 寺	30	0	0				
5	秋 田 市 水 口	天 徳 寺	277	28	10	227	135	223	古い墓のみ転倒
6	秋田市旭北栄町		390	8	2	205	107	213	4か所合計
7	秋田市川元開和町		200	0	0				
8	秋田市旭北錦町		1500	10	1	203	104	211	
9	秋 田 市 野 添		100	0	0				
10	秋 田 市 将 軍 野		60	7	12	232	142	225	
11	八 郎 湯 町 羽 立		27	0	0				
12	八 郎 湯 町 羽 立		32	0	0				
13	八 郎 湯 町 川 崎		5	0	0				
14	五 城 目 町 西 野		70	3	4	211	114	215	
15	男 鹿 市 脇 本		30	5	17	245	160	231	
16	男 鹿 市 脇 本		200	37	19	251	167	234	
17	大湯村総合中心地東		330	0	0				
18	八 竜 町 大 口		260	16	6	216	121	218	
19	八 竜 町 大 曲		80	3	4	211	114	215	
20	八 竜 町 鶴 川		145	21	15	240	153	229	
21	山 本 町 逆 川		15	0	0				
22	能 代 市 赤 坂		13	4	31	283	209	249	
23	能 代 市 浜 浅 内		190	40	21	256	174	236	
24	能 代 市 河 戸 川		71	25	35	293	223	254	
25	能 代 市 須 田		100	25	25	267	188	241	
26	八 森 町 八 森		96	9	9	224	132	221	

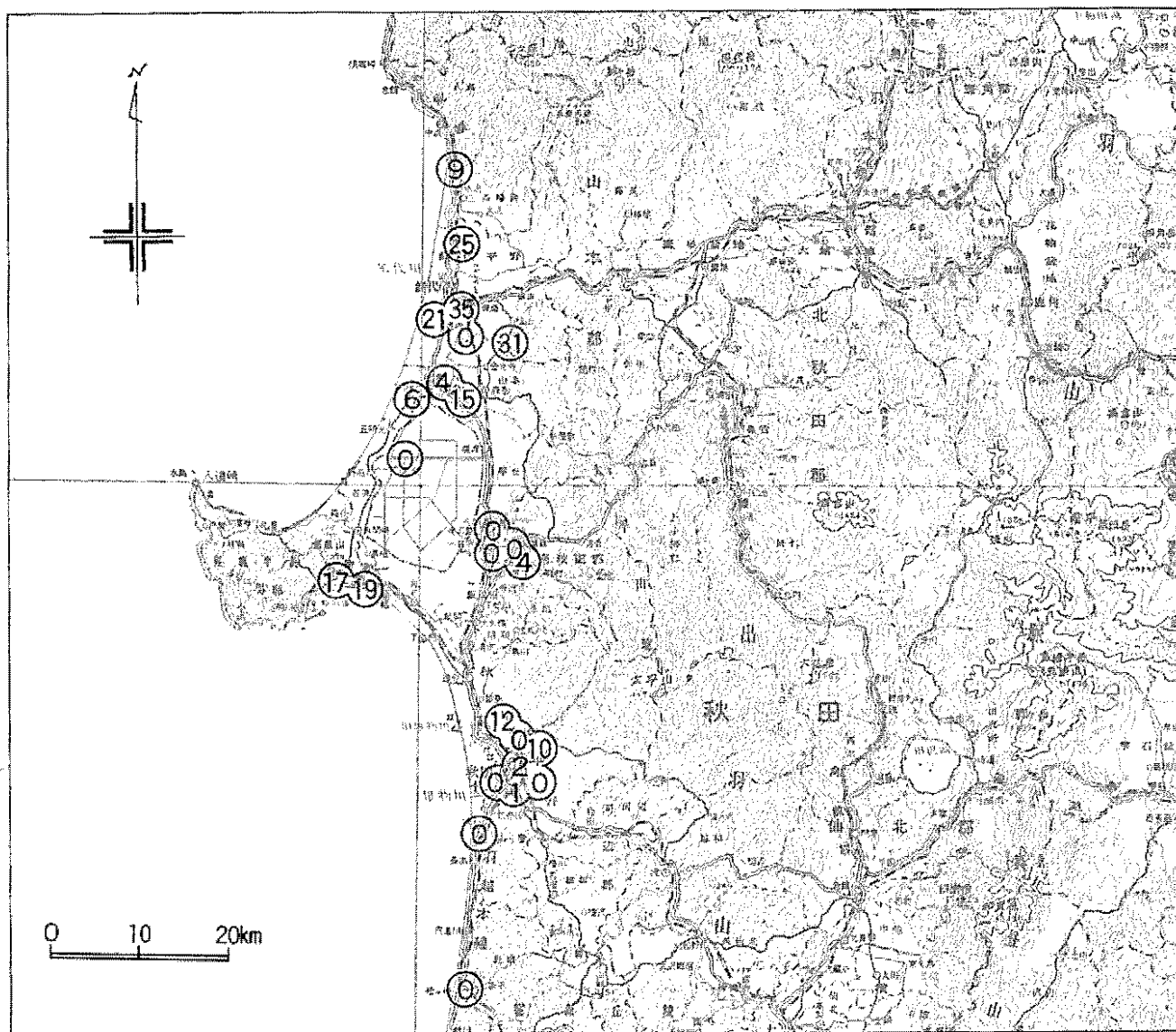


図 4 - 4 基石転倒率分布 (単位: %)



図 4 - 5 基石転倒率から推定した加速度分布 (単位: gal)

4-3 アンケート調査

局地的な震度推定のために、秋田県西部の地域で、一般市民の方々の御協力を頂いて、アンケートによる調査を行なった。アンケート形式による震度の推定は、古くからいろいろな研究者の手により行なわれており、そのアンケート方式も様々である。ここでは、太田他が川崎市(1979)および北海道(1974)で実施した方式のものを用いた。(表4-4)にアンケートの内容を示した。なお、津波に関する設問(33)は、今回に限り付け加えたものである。

太田他の震度推定の方法では、まず回答者の居た場所(室内にいる場合：建物の種類、階数、新旧など)によって補正する“条件係数”と、各質問の関係付けあるいは対応付けを示す“震度係数”を決定しなければならない。ある1人の各質問に対する回答から得られた“震度係数”の平均をとり、“条件係数”で補正することによって、1地点のアンケート震度が決まる。ここで、震度係数・条件係数は、太田他が川崎市・北海道で決定した値をそのまま用いた。なお、アンケート震度と気象庁震度との関係は(図4-6)に示したとおりで、両者を混同しないよう注意が必要である。

アンケート震度	1	2	3	4	5	
気象庁震度	II	III	IV	V	VI	VII

図4-6 アンケート震度と気象庁震度の関係
(太田・1979による)

アンケートの回答数は、(表4-5)に示すように、合計443件である。このうちアンケート震度の推定可能なものは、318件となっている。これらの回答結果を集計し、市郡あるいは町村ごとに求めた平均のアンケート震度も(表4-5)に併記した。平均のアンケート震度の分布を(図4-7)に示した。

同じ市郡の中でも、値のバラツキは大きいですが、データ数の多い3つの市についてみれば、その平均のアンケート震度は、大きい方から男鹿市、能代市、秋田市の順となる。

次に、(図4-8)には、多くの回答が得られた秋田市・能代市について、(図4-6)に示した関係により、アンケート震度を(図4-9)よりわかりやすい気象庁震度

階に変換して表現し、詳細な震度分布図として示した。同図は、地盤条件を考慮しながら、同一震度のところを統合するなどして描いたものである。

なお、気象庁震度階は(図4-2)でも明らかなように、加速度との対応をみた場合には、1つの震度に対する加速度にかなりの幅があり、詳細な地震動分布を表現するには粗すぎるため、ここでは各震度を+ (強い方) と- (弱い方) とに2分割している。(図4-8)において、気象庁震度階がVIとなる地域は、秋田駅から秋田県庁にかけての地域や、新屋元町付近となっている。V+となる地域は、雄物川・旧雄物川・太平川の流域や、市街地北方の外旭川などに見られる。

また(図4-9)の能代市域では気象庁震度階が(VII)となる所は、青葉園・豊祥岱付近であり、VI+となる所は、柳町・末広町・景林町・松美町・昭南町・追分町・河戸川・向能代の一部などになり、秋田市よりもその分布域が広い。

なお、参考資料として応答解折の結果から(図4-10)に秋田市域の加速度分布、(図4-11)に秋田市の変位分布、(図4-12)に能代市域の加速度分布、(図4-13)に変位分布を示した。

表4-4 アンケート（太田等による）

記入上の注意

- 1 おおのの質問には、ただ1つの答をえらんで下さい。
どれとも決めにくいときでもよく考えて、あなたの感じに近いほうの番号に○をつけて下さい。
 - 2 記入もれのないようにして下さい。
 - 3 記入に際して他の人に相談されるのは構いませんが、この地震のときあなたのまわりにいた人に限って下さい。
- (1) あなたは、この地震を感じましたか。 1 感じた 2 感じなかった
 - (2) あなたはその頃、どこにいましたか。 1 家(建物)の中にいた 2 屋外にいた 3 その他 ()
 - (3) あなたは、そこで何をしていましたか。(1～3をえらんだ人は()内の適当な言葉を○で囲んで下さい)
 - 1 動いて(働いて、歩いて、運動して)いた
 - 2 静かにして(横になって、座って、腰かけて、立って)いた
 - 3 乗物(電車、バス、自動車、その他)に乗っていた
 - 4 ねむっていた 5 その他 ()
 - (4) あなたは、地震の頃どこにいましたか、その場所を出来るだけ詳しく書いて下さい。
 県 市・郡 町・村 大字・小字・番地(丁目)号
 郵便番号 () 電話 市外局番 () 局番 ()
- (1)で(1 感じた)に○を付けた方は、以下の質問にお答え下さい。
 また(2 感じなかった)をえらんだ方は、このままお返し下さい。
- (5) その場所の地形は、次のどれにあてはまると思われますか。
 - 1 平坦地 2 丘の上 3 斜面 4 崖の上 5 谷あいの土地 6 その他 ()
 - (6) その場所の地盤の様子は、次のどれにあてはまると思われますか。
 - 1 岩盤とか砂利のような、よく締った地盤
 - 2 シラス地盤
 - 3 粘土、砂からなる、どちらかといえばゆるい地盤
 - 4 埋立地、泥炭地、湿地のような軟弱な地盤
 - (7) 地震のとき家(建物)の中にいた方いかがいます。その家(建物)の構造は次のどれですか。
 - 1 木造 2 ブロック(レンガ造) 3 鉄筋コンクリート造 4 鉄骨コンクリート造 5 その他 ()
 - (8) その家(建物)は何階ですか。
 - 1 平屋建 2 2階建 3 3～5階建 4 6～9階建 5 10階建以上
 - (9) あなたは、地震のときどの階にいましたか。
 - 1 地階 2 1階 3 2階 4 3～5階 5 6～9階 6 10階以上
 - (10) その家(建物)が造られたのはいつ頃でしょうか。
 - 1 最近1～2年 2 数年前 3 かなり古い 4 非常に古い
 - (11) あなたは地震のとき、電灯とかスイッチのひも、カレンダーなど吊してあるものがゆれ動くのを認めましたか。
 - 1 注意しなかった 2 見たが動きは認められなかった 3 かすかにゆれた
 - 4 かなり激しくゆれた 5 非常に激しくゆれた
 - (12) 台所の洗い桶、水盤、金魚鉢等の水、又はガラスビンの中のモノの動きはいかがでしたか。
 - 1 注意しなかった 2 見たが動きは認められなかった 3 わずかに動いた
 - 4 かなり動いた 5 激しく動いた 6 あふれる程に、激しく動いた
 - (13) 食器類とか、窓ガラス・戸・障子などの動きは認められましたか。
 - 1 気が付かなかった 2 かすかに音を立てた 3 ガタガタと音を立てて動いた
 - 4 激しく音を立てて動いた
 - 5 非常に激しく動き、食器・皿・ガラスなど割れたり、戸障子がはずれたものもあった
 - 6 食器類、ガラスなどの破損が目立った 7 殆んどこわれた
 - (14) すわりの悪いもの、たとえばコケシ・花びんとか、棚に雑にのいた品物、ビン類などの動きは認められましたか。
 - 1 殆んど認められなかった 2 わずかに動いた 3 かなり激しく動いた
 - 4 一部が倒れたり、ズリ落ちたりした 5 殆んど全部が倒れ、または落ちた
 - (15) タンス・戸棚・本箱など、重い家具の動きは認められましたか。
 - 1 動かなかった 2 わずかにゆれ動いた 3 かなりゆれた 4 多少ズリ動いた
 - 5 大きくズレたり、倒れたものもあった 6 殆んど全部が倒れた
 - (16) 家(建物)全体としてのゆれはいかがでしたか。
 - 1 認められなかった 2 わずかにゆれた 3 かなりゆれた 4 激しくゆれた
 - 5 非常に激しくギシギシゆれた 6 倒れんばかりにゆれた

- (17) 家（建物）には、なんらかの被害がありましたか。
 1 幸い、全然なかった 2 額がはずれたり、掛物が傾いたりした程度 3 壁かけ、額などが落ち、または花びん・ガラス器具が割れた 4 わずかながら壁にヒビ割れが入った。
 5 かなりヒビ割れが入り、柱の継ぎ目の喰い違いも目につく程度
 6 被害はかなり大きく、修理の必要がある 7 家の傾きが目立った
- (18) あなたは、地震のゆれている時間をどのように感じましたか。
 1 非常に短かった 2 短かった 3 どちらともいえない 4 長かった
 5 非常に長かった 6 いつ終るとも知れなかった
- (19) あなたが、地震をもっとも強く感じたのは、どのようなゆれのときですか。
 1 ドンと突き上げてくる感じのゆれ 2 かなり速い繰り返しの横ゆれ
 3 ゆっくりとした横ゆれ 4 特に区別できなかった 5 その他（ ）
- (20) あなたは地震に気がついたときは驚きましたか。
 1 全然驚かなかった 2 少々驚いた 3 かなり驚いた 4 非常に驚いた 5 このうえなく驚いた
- (21) それでは、こわさの程度はいかがでしたか。
 1 なんとも思わなかった 2 少々こわいと思った 3 かなりこわいと思った
 4 非常にこわいと思った 5 絶望的になった
- (22) あなたはそのときどのような行動に出ましたか。
 1 なにもする必要を感じなかった 2 意識的に身の安全を考えた 3 意識して戸外へのがれた
 4 ほとんど知らない間に戸外へとび出していた 5 全く本能的に行動したので、よく覚えていない
- (23) あなたは、地震のとき火気（ガスコンロ、石油ストーブ等）をどうしましたか。
 1 使用していなかった 2 使っていたが消す必要を感じなかった 3 危険だと思ったので消した
 4 無意識のうちに消していた 5 とても余裕がなかった
- (24) 地震のとき、家（勤め先）で、ねていた方にうかがいます。
 1 眠っていなかった（または、他に誰もいなかった）ので、答えられない 2 目覚めた人は少々
 3 かなりの人が目覚めた 4 殆んどの人が目覚めた 5 全部の人が目を覚ました
- (25) 地震のとき動いていた方にうかがいます。
 1 行動に少しも支障を感じなかった 2 やや支障を感じた 3 動き続けるのは困難であった
 4 立ってもおれない程であった 5 はいづくばってしまった 6 体をすくわれて倒れた
- (26) 戸外にいた方にうかがいます。樹木とか近くに停車中の自動車の、地震による動きを認めましたか。
 1 注意を向けなかった 2 見たが動きは認められなかった 3 かすかにゆれていた
 4 かなり激しくゆれていた 5 音がする程ゆれ動いていた
- (27) 自動車を運転していた方にうかがいます。運転に支障を感じましたか。
 1 全然なんともなかった 2 やや支障を感じた 3 かなり困難を感じた
 4 運転不能を感じて止まった 5 事故（道路をはずれる、ぶつかる）を起した
- (28) 停車中の自動車に乗っていた方にうかがいます。
 1 かすかにゆれを感じた 2 かなり激しくゆれるのを感じた
 3 音がする程ゆれ動いた 4 車がこわれんばかりにゆれ動いた
- (29) あなたのまわりで地震に気がついた人がいますか。
 1 他に誰もいなかった 2 わずかな人が気がついた 3 かなりの人が地震とわかった
 4 殆んどの人が気がついた 5 全員が確かに地震だと感じた
- (30) あなたのまわりで板塀、ブロック塀、石垣、集合煙突、サイロなどの被害がありましたか。
 1 全くなかった 2 塀のねじれ、継ぎ目に沿った割れ、石垣、煙突、サイロのゆるみなどがわずかにみられた
 3 塀のねじれ、割れ目、石垣、煙突、サイロのゆるみなどかなり目立ち、くずれ落ちそうなものもあった
 4 一部割れたり、ズリ落ちたりしたものもあった 5 かなりのものが壊れた 6 ほとんど壊れた
- (31) あなたのまわりで家屋の大きな被害（半壊、全壊）とか、地突（地割れ、地すべり、道路のキレツ）などがありましたか。
 1 全くなかった 2 わずかにあった 3 かなり目についた 4 非常に多かった
- (32) あなたのまわりでこの地震が原因の停電・給水停止などがありましたか。
 1 全くなかった 2 短時間あった 3 かなり長時間にわたった
- (33) あなたは津波を見ましたか： 見た 見ない
 ①高さ（ ）m位 ②地震後（ ）分位してきた ③はじめに海水が（ひいた おしよせた）
 ④何回きましたか（ ）回 ⑤（岸に上った、家屋が浸水、家が流れた、舟が流れた）
- (34) あなたの年齢は、いくつですか。
 1 19才以下 2 20～29 3 30～39 4 40～49 5 50～59 6 60才以上
- (35) あなたは、 1 男性 2 女性

御協力大変ありがとうございました。

表 4 - 5 アンケート回答数およびアンケート震度

県および市郡・町村名	回 答 数	震度決定可能な 数	平均アンケート震度
秋 田 市	238	170	3.88
能 代 市	91	60	4.22
男 鹿 市	19	17	4.36
本 荘 市	4	2	3.65
大 曲 市	3	2	4.00
南 秋 田 郡	五 城 目 町	8	3.63
	天 王 町	3	3.86
	大 潟 村	3	4.73
	そ の 他	9	—
	小 計	23	3.82
北 秋 田 郡	鷹 巣 町	3	4.17
	そ の 他	3	—
	小 計	6	4.40
山 本 郡	二 ッ 井 町	13	4.16
	山 本 町	12	4.03
	琴 丘 町	8	4.36
	八 竜 町	6	4.62
	峰 浜 村	4	3.63
	そ の 他	10	—
	小 計	53	4.13
そ の 他	6	5	—
計	443	318	—

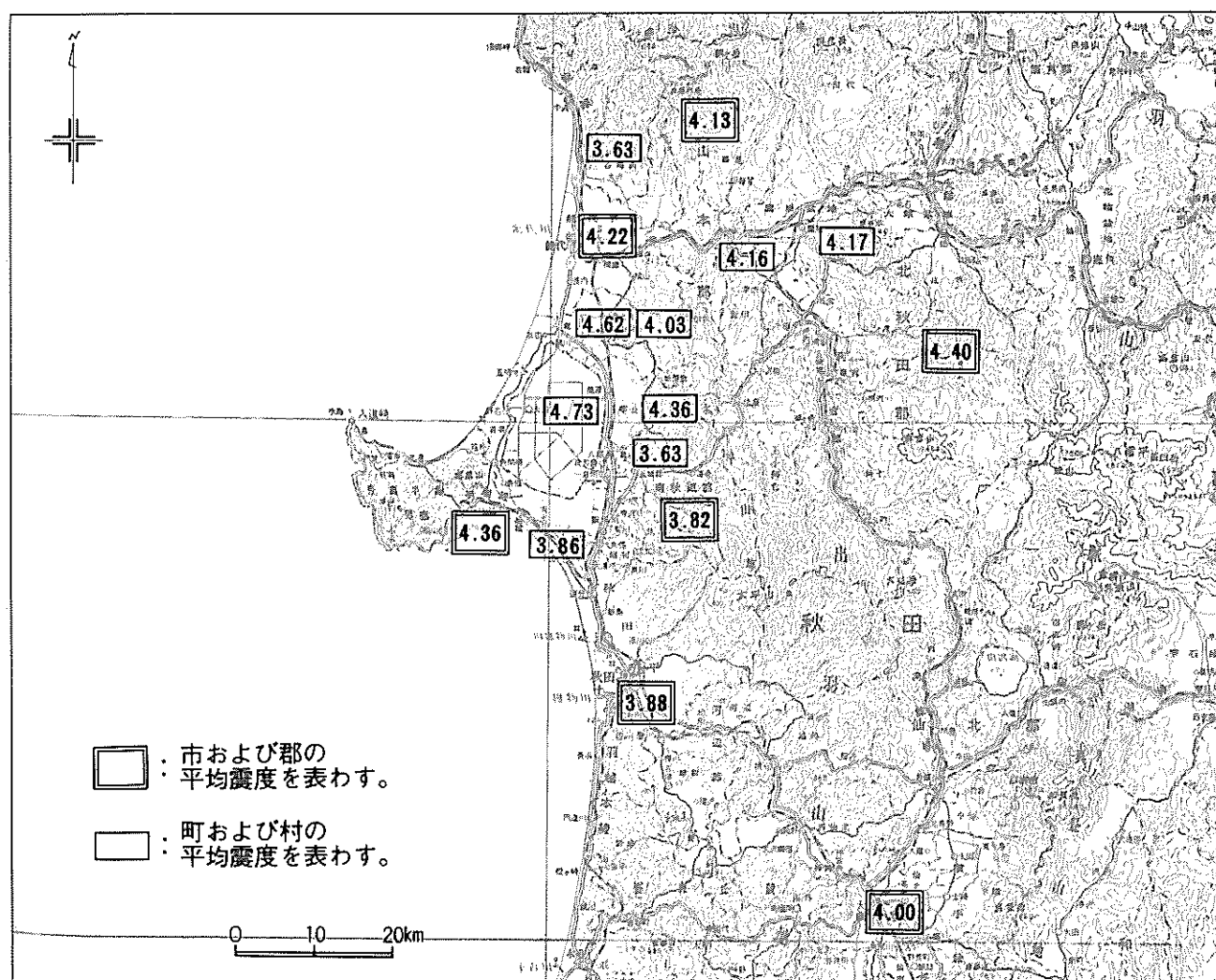


図 4 - 7 市郡町村別アンケート震度の分布

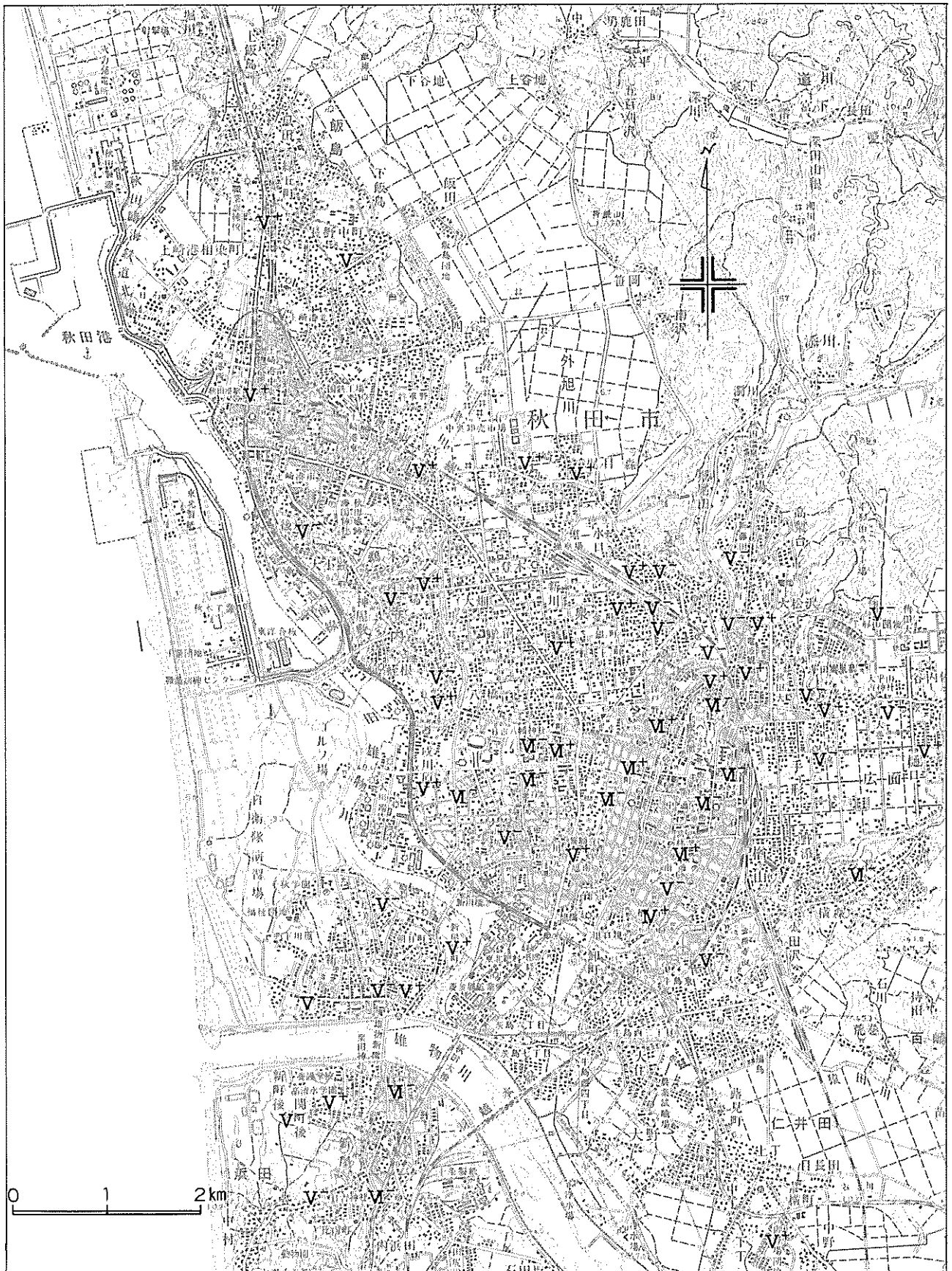


図4-8 秋田市におけるアンケート震度の分布
(表現は気象庁震度階とし、各震度を+と-に2分している)

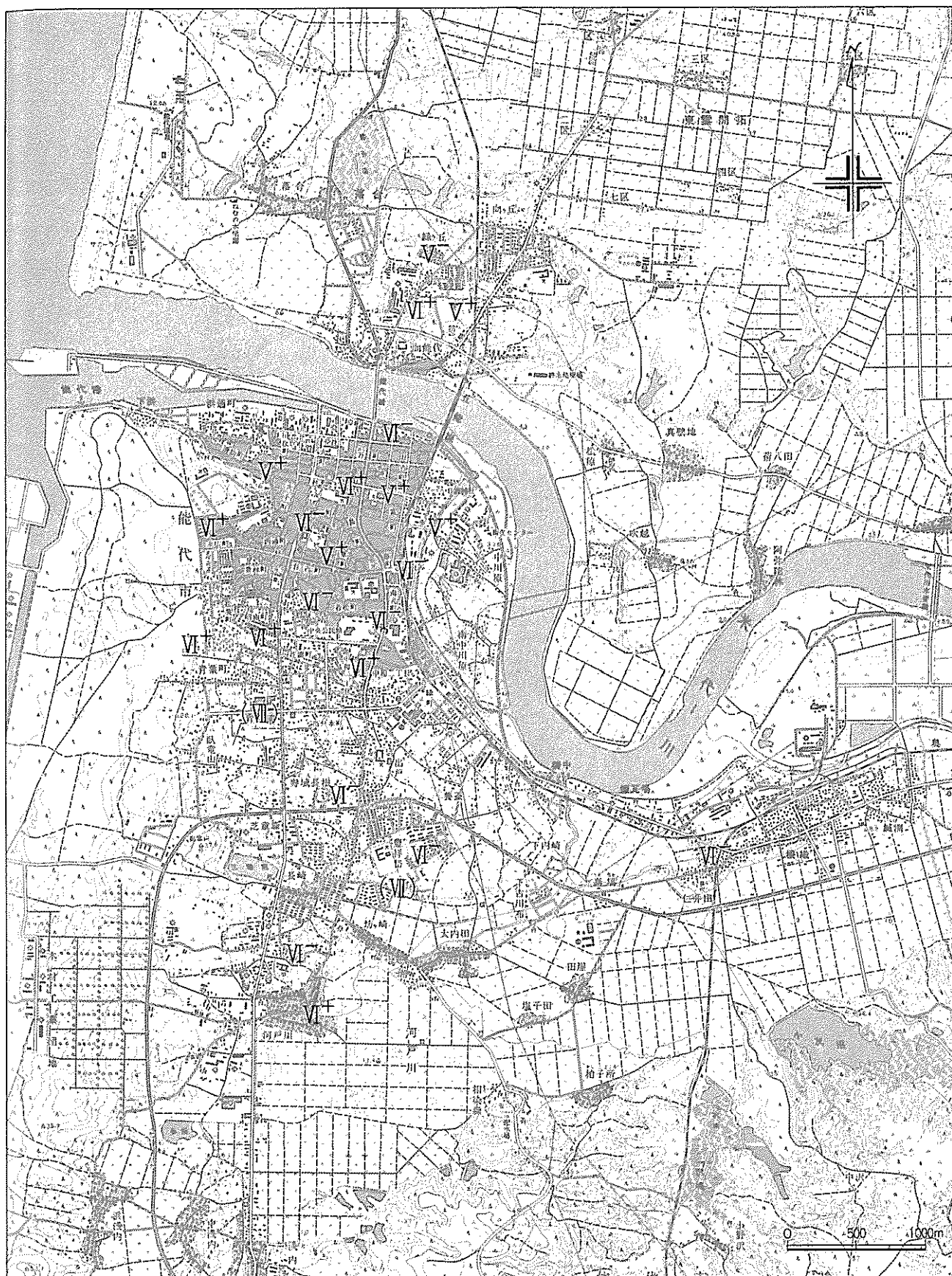


図 4 - 9 能代市におけるアンケート震度の分布
 (表現は気象庁震度階とし、各震度を+と-に2分している)

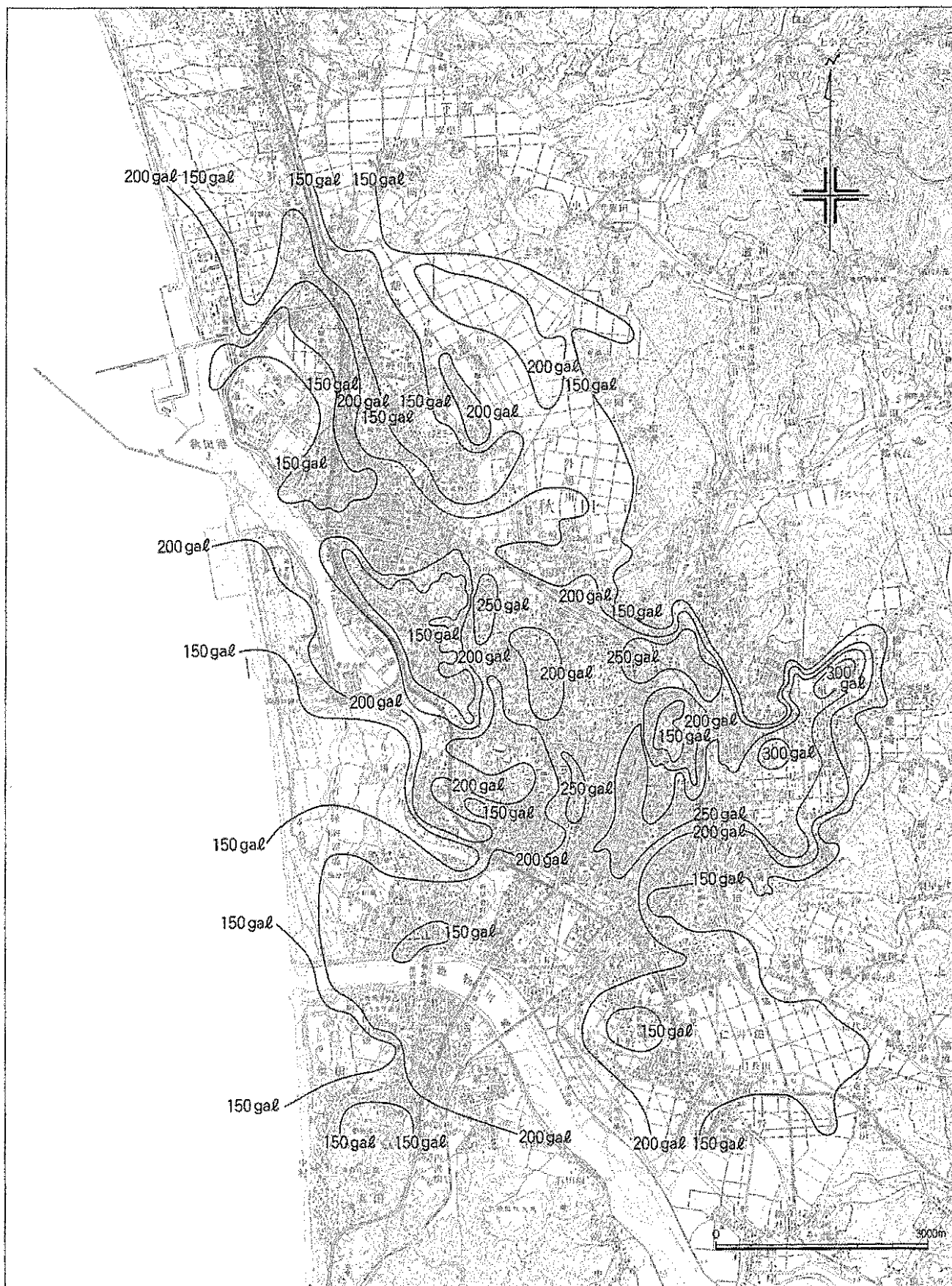


図 4-10 応答解析による推定最大加速度分布図（秋田市）

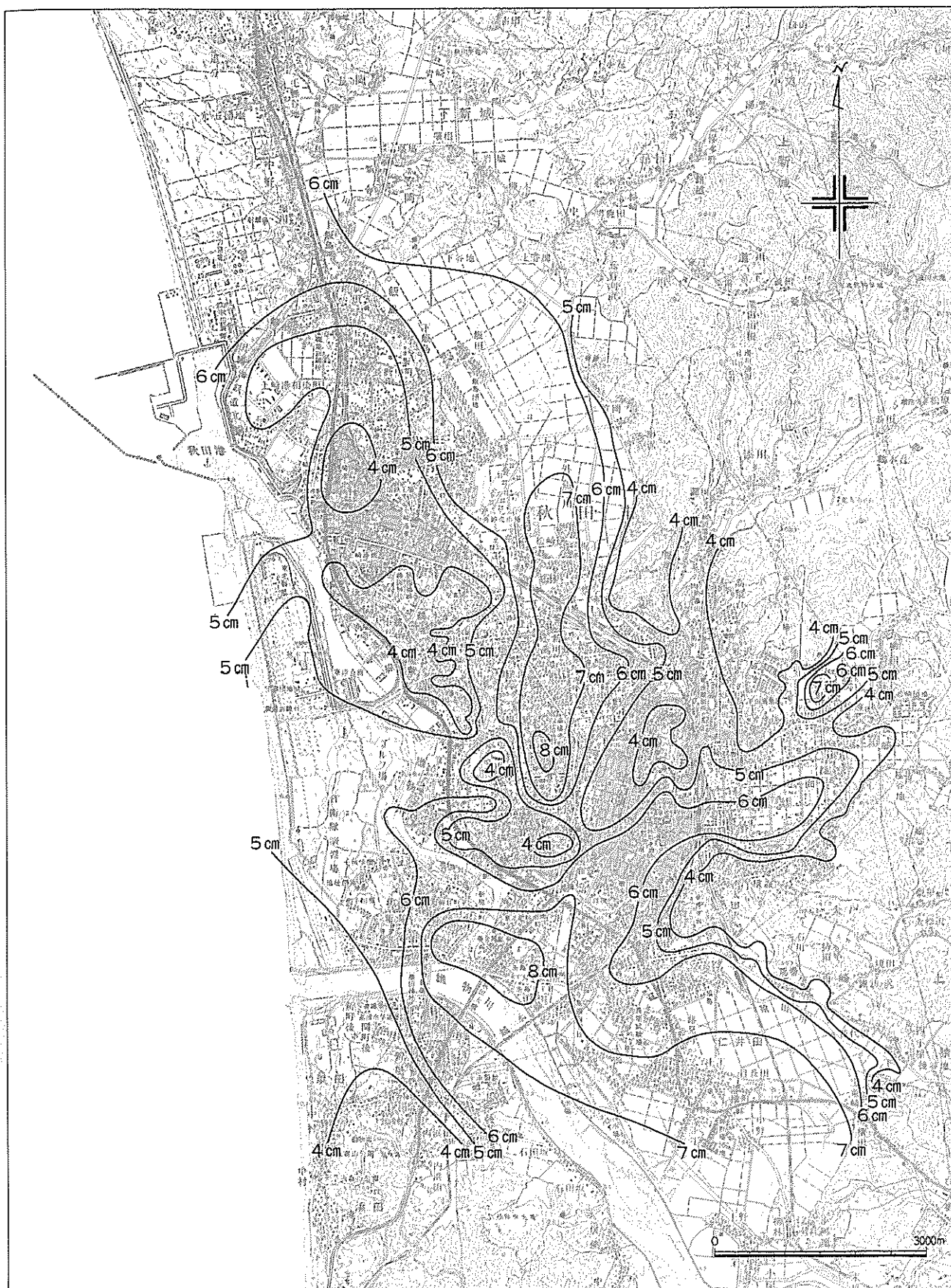


図 4 - 11 応答解析による推定最大変位分布図 (秋田市)

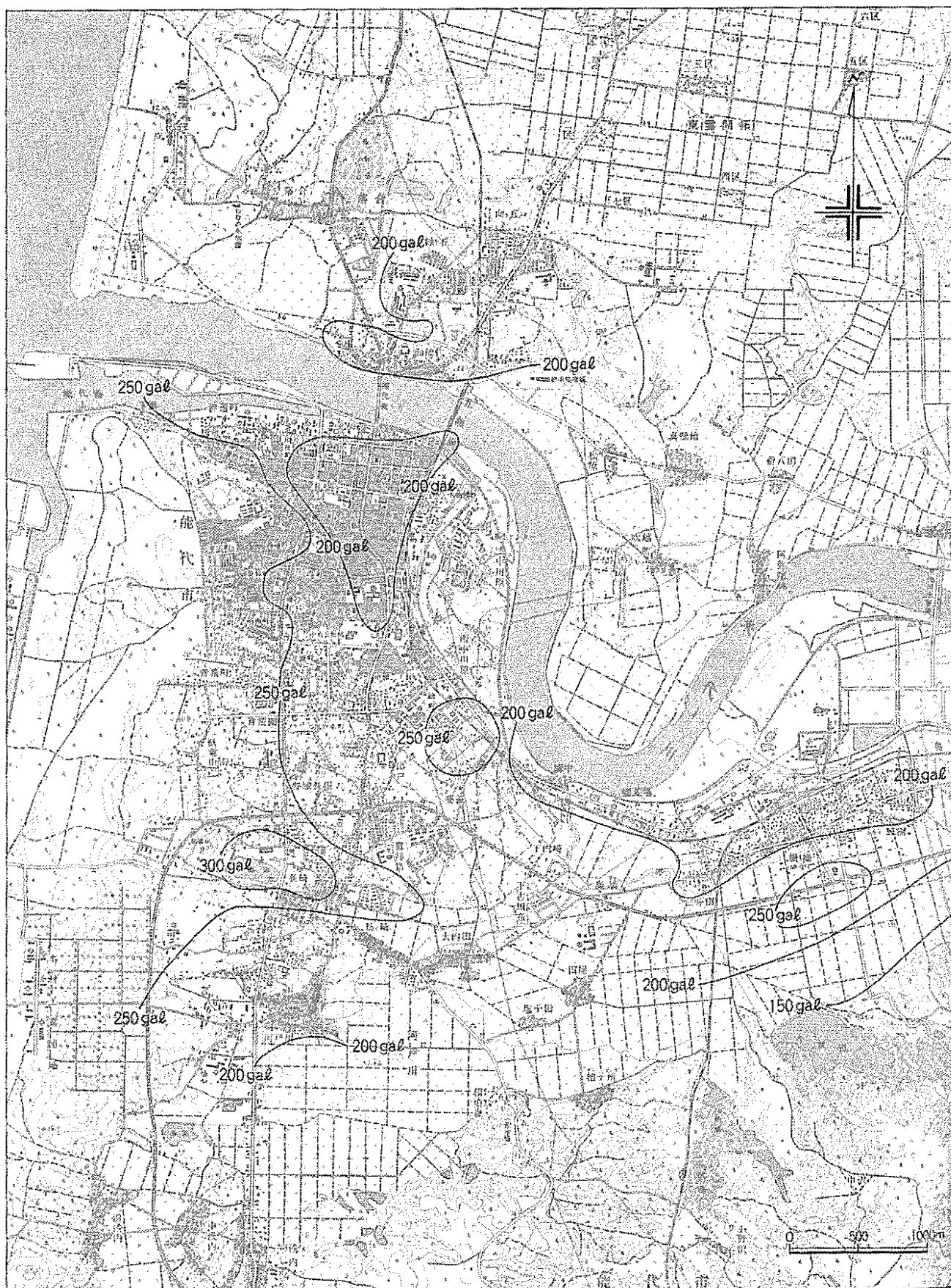


図 4 - 12 応答解析による推定最大加速度分布図（能代市）

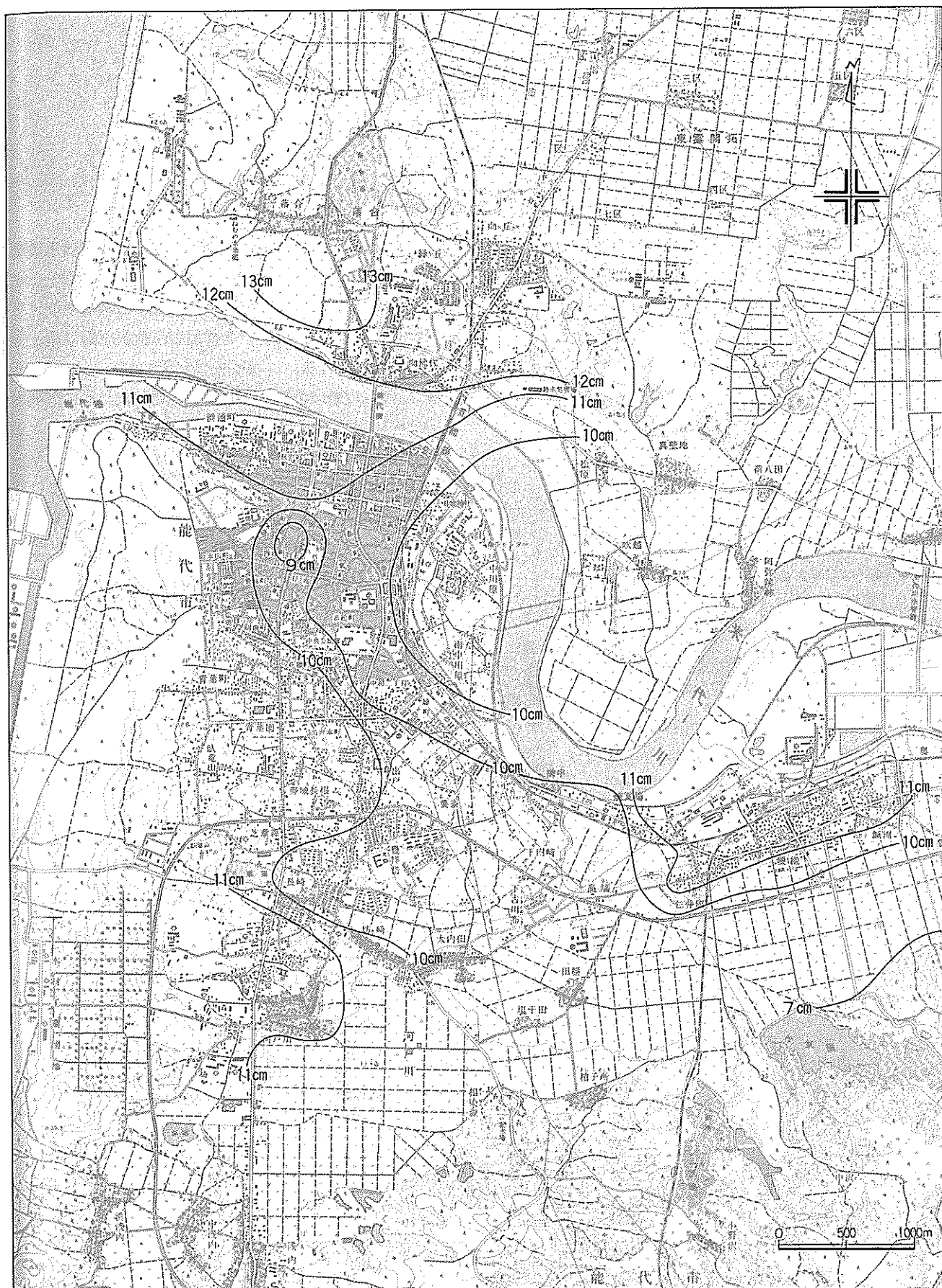


図 4 - 13 応答解析による推定最大変位分布図（能代市）

第5章 砂地盤の液状化

日本海中部地震では、津波とともに砂地盤の液状化による被害が顕著であった。本章では、とくに地盤の液状化をとりあげ、解析・検討を行なった。

まず、今回の現地調査結果をもとに、液状化発生地点の分布、液状化地点の地形・地質の特徴をまとめた。次に、今回の噴砂試料を用いた土質試験結果から動土質特性を概略明らかにし、既存の簡易液状化判定手法を用いて液状化に関する解析を実施した。さらに、液状化現象が顕著であった代表的な地点を選び、地盤特性と液状化による構造物被害との関係について二、三の検討を行なった。

5-1 液状化発生地点の分布と地形・地質との対応

(1) 液状化発生地点の分布

(図5-1)は、日本海中部地震による液状化現象が、今回の調査で確認された地点を地形区分図上に示したものである。液状化地点は、日本海沿岸の能代平野、八郎潟干拓地およびその周辺、秋田平野に広く分布している。

これらの地域の震度は、4章で述べたように、震度V⁺~VIと推定される。また、(図5-1)に示したように、液状化地点の周辺で強震記録も得られており、各地点での水平成分の最大加速度として県内では、138~205galの値が記録されている。(表5-1参照)。

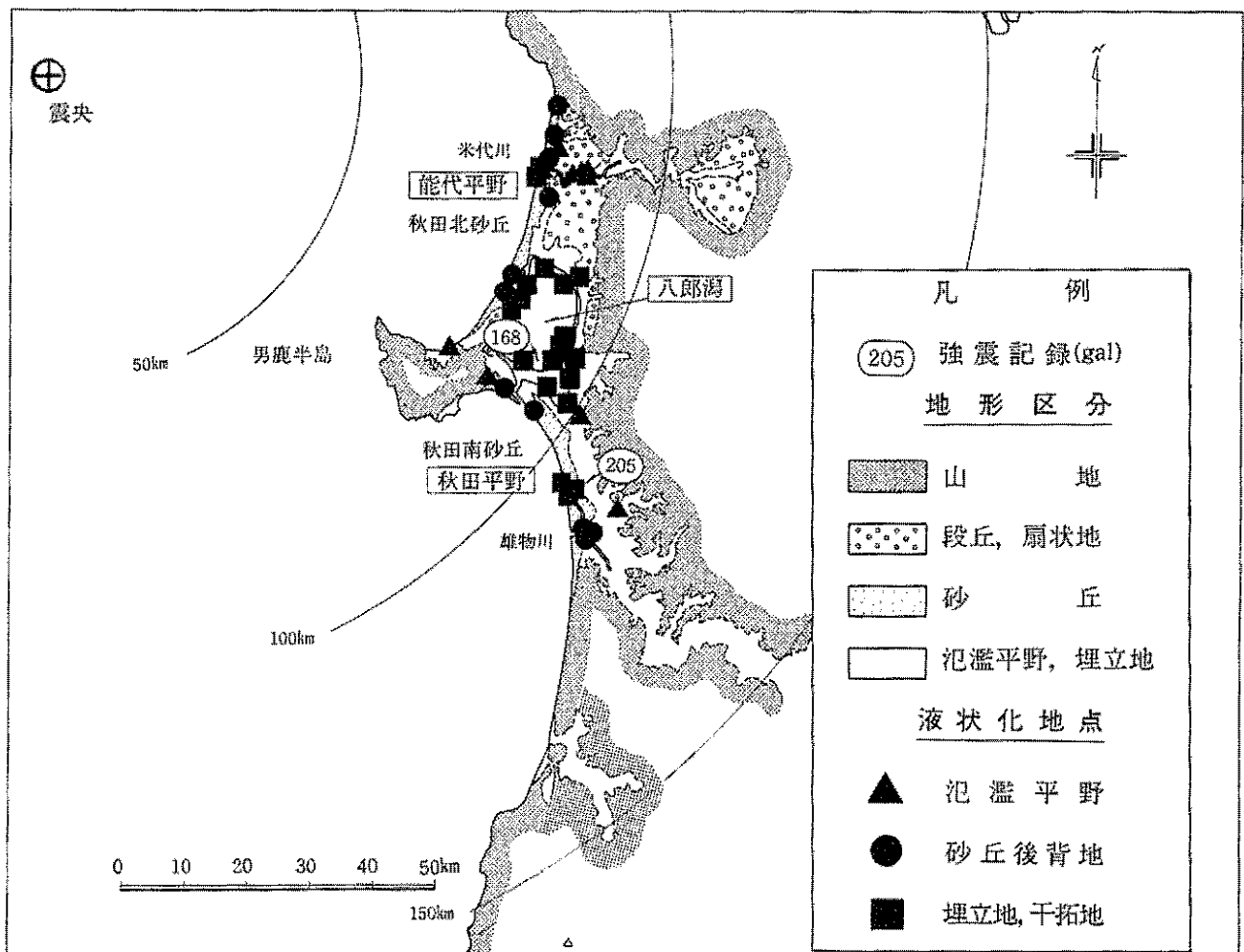


図5-1 日本海中部地震による液状化地点の分布

表 5 - 1 液状化地点周辺の強震観測記録

市郡区名	設置対象	設置箇所	震央距離 (km)	最大加速度 (gal)			出典
				NS	EW	UD	
秋 田 市	秋田港工事事務所構内	地 盤	107	190	205	41	運輸省「港湾技研資料458号」
秋田県南秋田郡	八郎潟正面堤防	地 盤	93	138	168	100	国土防災科学技術センター「強震速報No.27」

(2) 液状化地点の地形、地質的特徴

今回の地震による液状化は、ある限定された地形・地質条件下で発生している。液状化は、能代平野・八郎潟周辺・秋田平野で主に発生しているが、地形・地質的には、次のようにまとめられる。

- ① 砂丘地帯（砂丘間低地、砂丘内陸側周縁部）
- ② 干拓地
- ③ 海岸・河川に沿った埋立地
- ④ 沖積平野、とくに河川氾濫原地域

（図 5 - 2）は、これらの液状化発生地点を模式的に示したものである。以下に各地点について説明を加える。

① 砂丘地帯

砂丘地帯で液状化現象が多く見られたのは、砂丘内陸側周縁部・砂丘間低地および砂丘背後地である。

秋田県の日本海沿岸には能代平野から男鹿半島北端にかけて秋田北部砂丘、そして男鹿半島南端から秋田平野にかけて秋田南部砂丘が発達する。

液状化現象は、まずこれらの砂丘内陸側周縁部の多くの地点で発生している。

一般に、砂丘では砂層が比較的締まっており、また地下水位も低く、液状化は起こりにくいと考えられている。しかしながら、砂丘内陸側周縁部では、砂丘斜面から侵食運搬された砂や、冬期の日本海からの強い季節風による飛砂が潟・湖沼などに二次堆積した部分があり、砂はゆるい堆積状態にあるものと考えられる。これに加えて、地下水が砂丘より供給され、地下水位も高いことが想定される。また、砂丘砂は粒径のそろった、きれいな砂であることが多い。したがって砂丘内陸側周縁部の堆積物は、堆積環境、地下水位、密度、粒度とも液状化発生の条件を備えているといえる。砂丘間低地も同様の条件下にあるものと考えられる。

また、砂丘間低地、砂丘背後湿地にある沼・湿地などを埋立て、または造成した点でも、埋土材・盛土材の液状化により大きな被害が生じている。

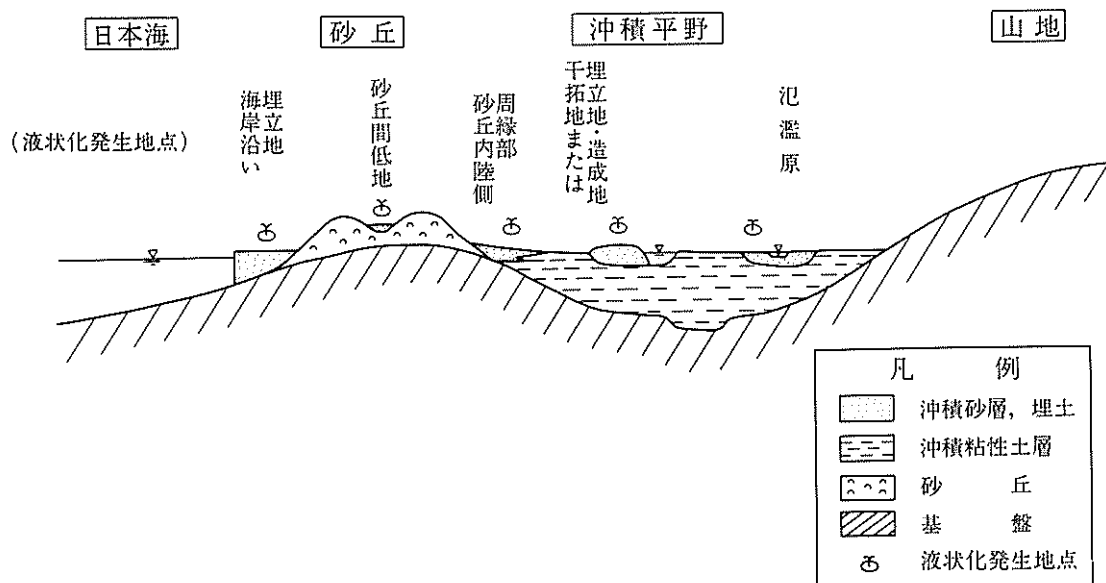


図 5 - 2 液状化発生地点模式図

砂丘に近接した地域では、埋土材・盛土材として砂丘砂が用いられることが多く、地下水位も高いことから液状化の生じやすい場所といえる。

以上の地形、地質的条件のもとで液状化地点としては、次のようなところがあげられる。

能代平野に沿った秋田北部砂丘では、八森町浜田、峰浜村、能代市の竹生・落合・昭南町・松美町・青葉町・河戸川・中浅内・黒岡が主な液状化地点である。

八郎潟周辺の秋田北部砂丘周縁部では、八竜町浜田・大口、そして若美町五明光・石田川原・玉の池・野石地区が含まれる。

秋田平野における秋田南部砂丘では、男鹿市浜間口・脇本地区・男鹿工業高校、秋田市の新屋松美町・新屋元町が代表的な液状化地点である。砂丘周縁部には古くから集落が存在し、また砂丘間低地・砂丘後背地における沼・湿地などは造成されて新しい住宅地として利用されていることにより、家屋、およびそれに付帯する施設、たとえば道路・水道・ガスなどの公共施設の被害が特徴的である。また、村落周辺の田畑でも噴砂・亀裂・湧水などにより被害が生じている。

② 干拓地

八郎潟干拓地での堤防被害は、今回の地震で生じた液状化による被害のうち、最も規模の大きいものの一つであった。被害は、干拓地を囲む中央干拓堤防・周辺干拓堤防で生じており、堤体の陥没・沈下・すべり・亀裂、そして周辺地盤の陥没・沈下・亀裂・噴砂などが液状化による現象として発生している。護岸・排水溝・ポンプ場なども、堤体および地盤の変状の結果として被害を受けている。

堤体および基礎処理（置換・サンドベッド）には砂質土が使用されていて、主に水路内の砂質土地盤から浚渫した材料が用いられている。堤体を支持している基礎地盤は、沖積世の粘性土層および砂層である。このうち、液状化層として、堤体・置換部を構成する浚渫砂および沖積世の砂層が考えられる。堤防の被災形態・程度は、基礎地盤特性に大きく影響を受けている。

③ 海岸・河川に沿う埋立地

海岸・河川沿いの埋立地で生じた液状化としては、秋田港・能代港のものが挙げられている。とくに秋田港での被災が顕著であり、旧雄物川河道

を埋立てた地盤、また海岸に沿った埋立地で液状化が広範囲に発生し、港湾施設に大きな被害を与えている。

④ 沖積平野、とくに河川氾濫原地域

沖積平野、とくに河川の新旧の流路に沿って液状化が発生しており、河川堤防に被害が生じている。液状化層は、主に自然堤防や旧河道部などに堆積した河成堆積物であり、噴砂現象・堤体被災が旧河道部に多く発生しているのが特徴的である。このような現象は、米代川・雄物川流域で多く見出すことができる。

また、氾濫原の造成地においても液状化は発生している。秋田市山王では、盛土部での液状化により、地盤沈下が生じている。

5-2 噴砂の土質特性

著しい液状化現象が生じた地点のうち、男鹿工業高校、秋田港埋立地、秋田市内の数カ所、能代平野の各地点、および八郎潟において噴砂を採取し、粒度分析・振動三軸試験装置を用いた液状化試験を実施した。

男鹿工業高校は砂丘間低地の沼地の埋立地、秋田港は海岸に沿った埋立地、秋田市内および能代平野の各地点は砂丘間低地または砂丘後背地、そして八郎潟は干拓地であり、いずれの地点においても液状化した地盤は、砂丘起源の二次堆積物が主であると考えられる。

（表5-2）は粒度試験結果を一覧にしたものであり、（図5-3）は地域別にまとめた粒径加積曲線である。噴砂は地表に流出したとき細粒分が分離されているおそれもあり、採取した試料は必ずしも原位置の状態を代表しているとはいえないが、ここでの細粒分含有率は、男鹿工業高校のものを除き、10%以下であり、また均等係数 U_c も2.0~3.0の範囲のものが多く、そして、いずれも粒径のそろったきれいな砂であり、平均粒径 D_{50} も0.1~0.3 mmのものが多く、液状化しやすい条件を備えていることがわかる。（図5-3）には、1964年新潟地震時に液状化した新潟砂の粒径加積曲線の範囲を示しているが（Seed and Idriss, 1976）、今回採取した噴砂試料のほとんどのものがこの領域に入っている。

平均粒径 D_{50} が0.21~0.52 mmの範囲にある3試料を選び、相対密度試験、および振動三軸試験装置による液状化試験を実施した。噴砂試料は空中まき出し、打撃による締め固めで所要の密度に調整している。（図5-4）に、用いた試料の粒度特性、相対密度試験結果をまとめた。

表 5 - 2 噴砂粒度試験結果一覧

試料 No.	採 取 場 所	日本統一土質 分類	土粒子 の比重 Gs	粒 度 試 験							
				レキ分 %	砂分 %	シルト分 %	粘土分 %	最大粒径 (mm)	D ₅₀ (mm)	均等係数 U _c	曲率係数 U _{c'}
1	男鹿工業高校	S-M	2.67	0.0	90.0	8.0	2.0	2.00	0.19	2.9	1.2
2	"	S M	2.69	0.0	81.0	14.0	5.0	2.00	0.10	2.7	1.7
3	"	S-F	2.69	0.0	92.0	8.0		2.00	0.15	2.3	0.84
4	"	S-M	2.70	0.0	90.0	8.0	2.0	2.00	0.14	2.3	1.0
5	"	S M	2.69	0.0	82.0	12.0	6.0	0.85	0.11	3.3	1.8
6	"	S M	2.67	0.5	80.0	13.5	6.0	4.76	0.14	5.3	2.1
7	"	S-F	2.66	0.0	92.0	8.0		2.00	0.18	2.4	1.2
8	秋 田 港	S-F	2.69	0.5	94.5	5.0		4.76	0.21	2.6	1.0
9	"	SPu	2.68	0.5	95.5	4.0		4.76	0.32	2.4	1.3
10	"	S-F	2.67	0.5	94.5	5.0		4.76	0.26	3.1	1.0
11	"	SPug	2.68	7.0	92.0	1.0		9.52	0.52	2.3	1.0
12	"	S-C	2.68	0.0	89.0	5.0	6.0	2.00	0.28	5.2	2.4
13	" , 向 浜	SPug	2.68	3.0	95.0	2.0		9.52	0.28	2.4	0.88
14	"	S-M	2.68	0.5	88.5	7.0	4.0	4.76	0.16	2.8	1.1
15	秋田市, 新屋元町	S-F	2.67	0.0	95.0	5.0		2.00	0.33	2.4	1.5
16	"	SPu	2.71	0.0	99.0	1.0		2.00	0.17	1.9	1.0
17	"	S-M	2.67	0.0	87.0	9.0	4.0	2.00	0.14	3.0	1.4
18	"	SPu	2.68	0.0	98.0	2.0		2.00	0.26	2.0	1.2
19	秋 田 市, 秋 田 大 橋 下 流	SPu	2.68	0.0	96.0	4.0		2.00	0.27	2.2	1.2
20	"	S M	2.66	0.5	82.5	13.0	4.0	4.76	0.15	4.0	1.9
21	能 代 市, 落合サニール	SPu	2.68	1.0	97.0	2.0		4.76	0.55	2.3	0.98
22	能代市, 朴瀬	SPu	2.68	0.0	99.0	1.0		2.00	0.55	2.3	0.98
23	" , 内浅内	SPu	2.74	0.0	98.0	2.0		2.00	0.30	2.1	1.3
24	" , 浅内沼	SPu	2.77	0.5	96.5	3.0		4.76	0.28	2.1	1.1
25	" , 金 拓	SPu	2.68	0.5	97.5	2.0		4.76	0.30	2.4	1.2
26	"	S-Fg	2.50	3.0	91.0	6.0		4.76	0.26	2.7	0.91
27	"	S-F	2.70	0.5	93.5	6.0		4.76	0.26	2.7	1.3
28	" , 能代港	S-F	2.52	1.0	92.0	7.0		4.76	0.19	2.1	1.2
29	" 河 戸 川	SPu	2.79	0.5	99.0	0.5		9.52	0.34	1.9	1.3
30	八 郎 潟	SPu	2.67	0.5	96.5	3.0		4.76	0.33	2.3	1.2
31	"	SPu	2.67	0.5	98.5	1.0		4.76	0.29	2.0	1.1
32	"	SPu	2.69	0.0	99.5	0.5		2.00	0.24	1.9	0.99
33	"	SPu	2.68	0.0	98.0	2.0		2.00	0.33	1.9	1.5
34	"	SPu	2.67	0.0	99.0	1.0		2.00	0.25	1.8	0.89
35	"	S-F	2.69	0.0	93.0	7.0		2.00	0.14	2.1	1.0

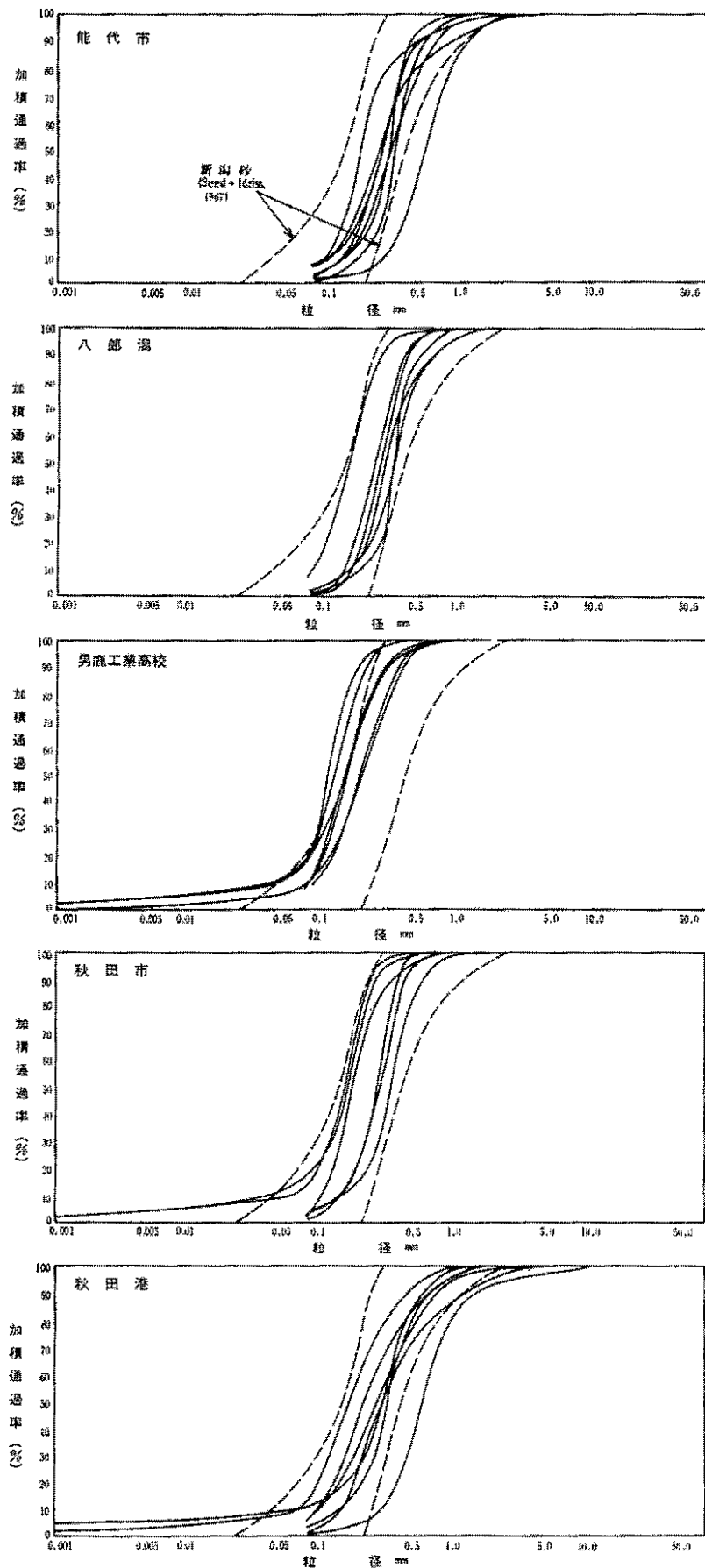
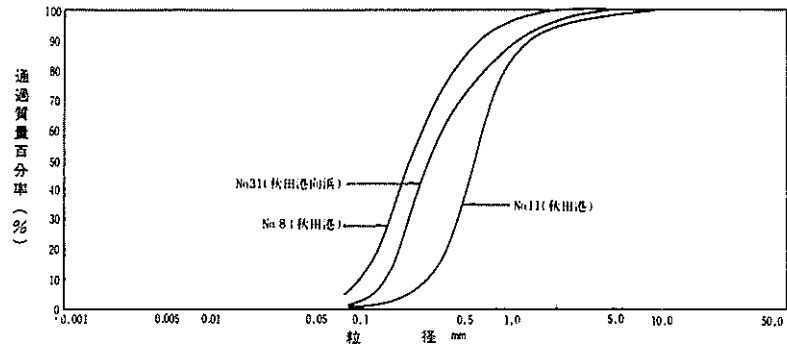


図 5 - 3 液状化地点噴砂の粒度分布特性



試料No.	位置	細粒分 (%)	平均粒径 D_{50} (mm)	均等係数 U_c	最大間ゲキ比 e_{max}	最小間ゲキ比 e_{min}
8	秋田港	5.0	0.21	2.6	1.29	0.75
11	秋田港	1.0	0.52	2.3	0.92	0.55
13	秋田港向浜	2.0	0.28	2.4	0.90	0.54

図 5-4 液状化試験に用いた試料の粒度特性

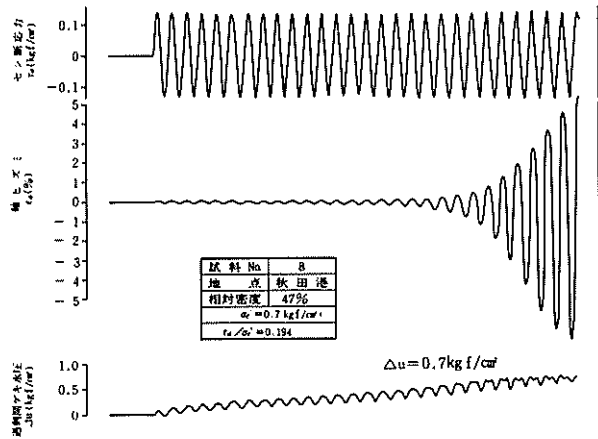


図 5-5 液状化試験結果の一例

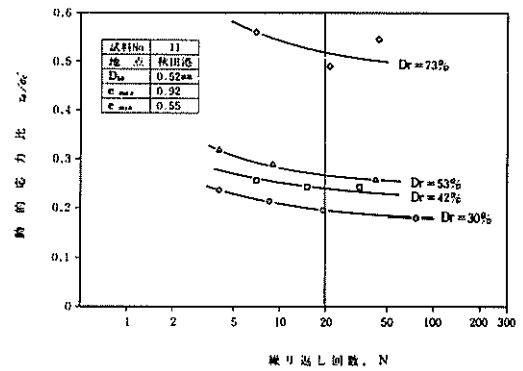


図 5-6 両軸ヒズミ振幅 5% に達するときの繰返し回数と動的応力比との関係

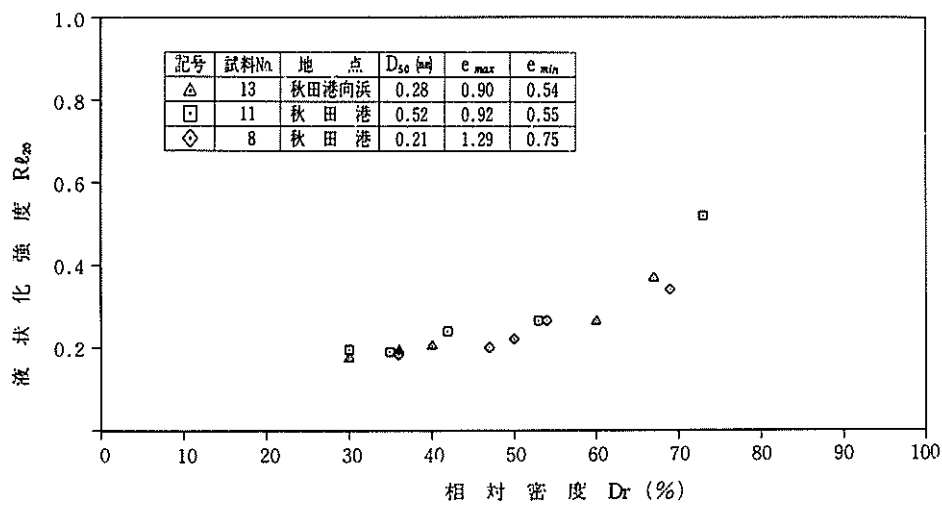


図 5-7 液状化強度と相対密度との関係

液状化試験は、有効拘束圧 $\sigma'_c = 0.7 \text{ kgf/cm}^2$ で等方圧密した後、載荷周波数 0.25 Hz を用い、非排水条件で実施した。

(図 5-5) は、正弦波の繰り返し載荷を与えたときの過剰間ゲキ水圧の上昇、それに伴うヒズミ増加の一例を示したもので、この試料の相対密度は $Dr = 47\%$ である。液状化強度 R_{l20} は、繰り返し回数 20 回で両軸ヒズミ振幅が 5% に達するときの繰り返し応力比 τ_d / σ'_c で定義している。ただし、ここで τ_d は繰り返しせん断応力である。

(図 5-6) は、両ヒズミ振幅 5% に達したときの繰り返し回数と繰り返しせん断応力比との関係の一例を示したものである。(図 5-7) は、各試料ごとの液状化強度 R_{l20} と相対密度との関係を示したものであり、 N 値と有効上載圧より推定した多くの液状化層の原位置で相対密度は $40 \sim 60\%$ のものが多く、この範囲での R_{l20} は $0.2 \sim 0.25$ となっている。

5-3 液状化の解析・検討

液状化地点、およびその近傍の非液状化地点において、液状化ポテンシャルの評価を試みた。八郎潟周辺および秋田平野において、土質データが利用可能な箇所を選定した。これらの箇所の地盤は、埋土・三角州および河成の沖積砂層・砂州・砂丘・砂浜などである。判定地点の地表の最大加速度は、強震記録(表 5-1)、第 4 章で述べた地震応答解析結果または墓石の転倒率より推定したものをを用いている。(表 5-3) は各地点の地盤データ・地震力データをまとめたものである。

判定手法としては、 N 値を含む原位置での地盤データをもとに、水平地盤の液状化の可能性を簡易的に判定する岩崎・龍岡の手法(1978)を用いた。

岩崎・龍岡の手法は、(1.1)・(1.2) 式を用いて地震時に地盤内で発生するせん断応力比、液状化抵抗比をそれぞれ求め、両者を比較することにより、液状化に対

$$R = \frac{\tau_d}{\sigma'_v} = 0.0882 \sqrt{\frac{N}{\sigma'_v + 0.7}} + 0.225 \log \left(\frac{0.35}{D_{50}} \right) \quad (D_{50} < 0.6 \text{ mm})$$

$$-0.05 \quad (D_{50} \geq 0.6 \text{ mm}) \dots\dots\dots (1.1)$$

$$L = \frac{\tau_d}{\sigma'_v} = \frac{\alpha_{max}}{g} \frac{\sigma_v}{\sigma'_v} \gamma_d \dots\dots\dots (1.2)$$

$$F_L = R / L \dots\dots\dots (1.3)$$

表 5-3 液状化発生、非発生地点データ

地点番号	液状化	最大地表 加 速 度 (gal)	土 質	D ₅₀ (mm)	地下水位 (m)	限界深度 (m)	N 値	σ'_v (kgf/cm ²)
1	無	205	埋 土	0.55	1.50	4.5	16	0.56
2	有	250	埋 土	0.20*	1.60	14.0	9	1.28
3	無	250	砂 浜	0.50**	1.57	5.0	22	0.61
4	無	250	砂 丘	0.33	3.75	4.5	12	0.78
5	有	170	埋 土	0.33	2.70	8.0	9	0.91
6	有	200	河 成	0.15*	0.80	7.3	10	0.66
7	無	200	砂 丘	0.30**	4.30	5.3	21	0.84
8	有	168	埋 土	0.30	1.03	13.0	10	1.14
9	無	180	砂 州	0.30	2.40	7.0	22	0.87
10	有	270	三 角 州	0.15*	1.80	5.0	9	0.48
11	有	250	河成または三角州	0.15*	1.60	3.4	9	0.38

* 噴砂試料 ** 土質より推定

する安全率 F_L を計算するものである。 $F_L < 1$ のとき液状化発生の可能性あり、また $F_L > 1$ のとき可能性は小さいものと判定する。

ここで、 R : 液状化抵抗比
 L : 地震時発生せん断応力比
 τ_e : 地震時せん断強度
 τ_d : 地震時発生せん断応力
 N : N 値
 σ_v' : 有効上載圧
 σ_v : 全上載圧
 D_{50} : 50%粒径

α_{max} : 地表最大加速度
 g : 重力加速度
 r_d : 低減係数

この手法で求めた F_L の深度方向の分布を液状化地点と非液状化地点に分けて描くと、(図 5-8) のようになる。液状化地点では、 $F_L < 1$ となるものが多く、非液状化地点ではほぼ $F_L > 1$ となっている。

同様に、秋田港における F_L の分布を (図 5-9) に示す。これより、外港地区では $F_L < 1$ となるのが深く、向浜地区ではより浅くなる傾向になる。

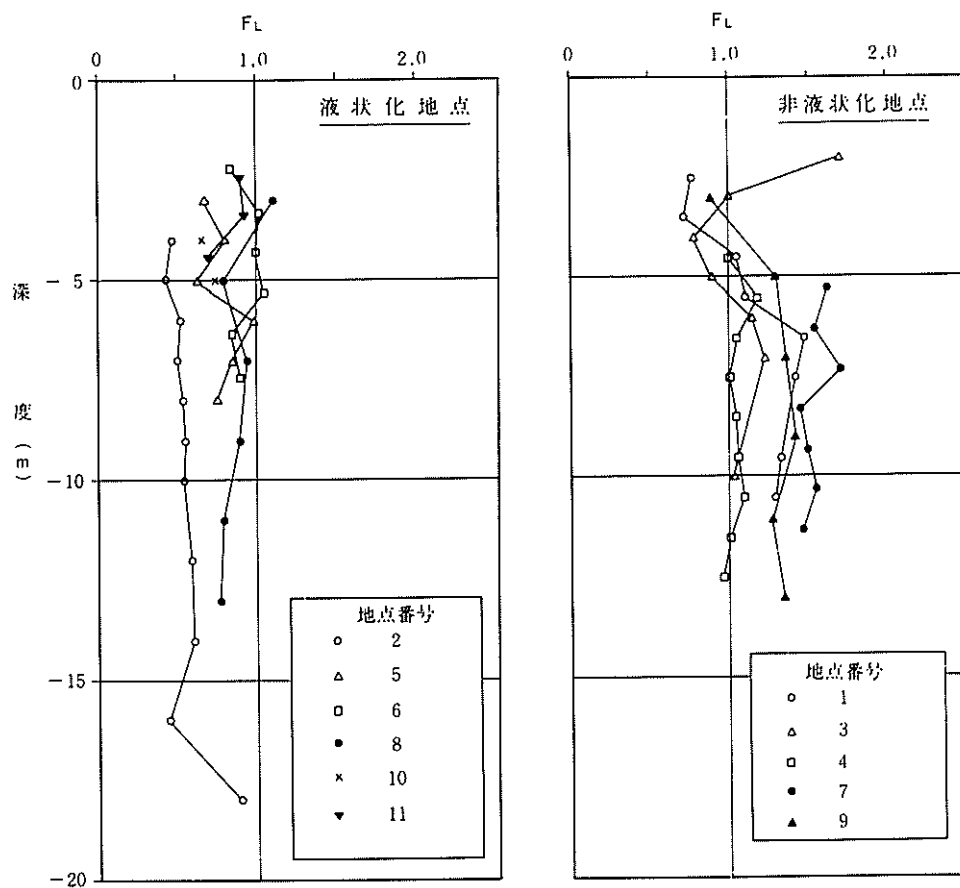


図 5-8 岩崎・龍岡の手法による液状化判定

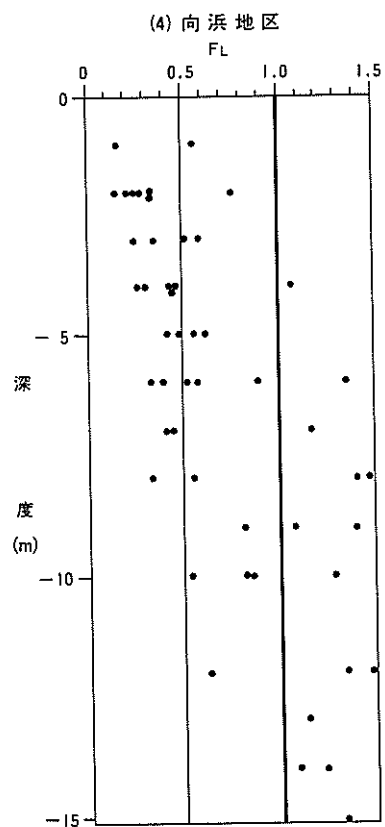
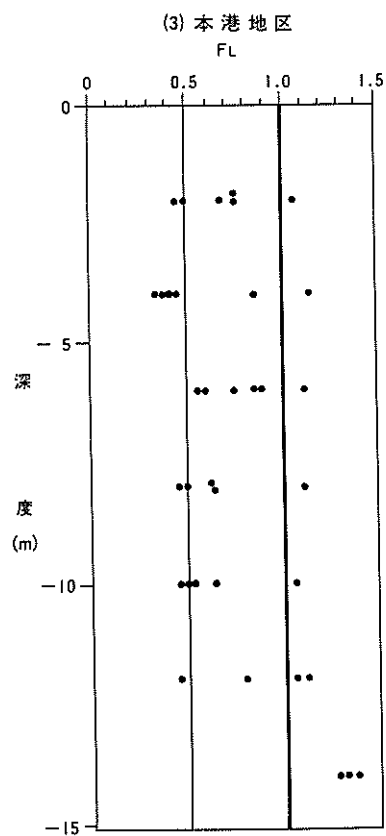
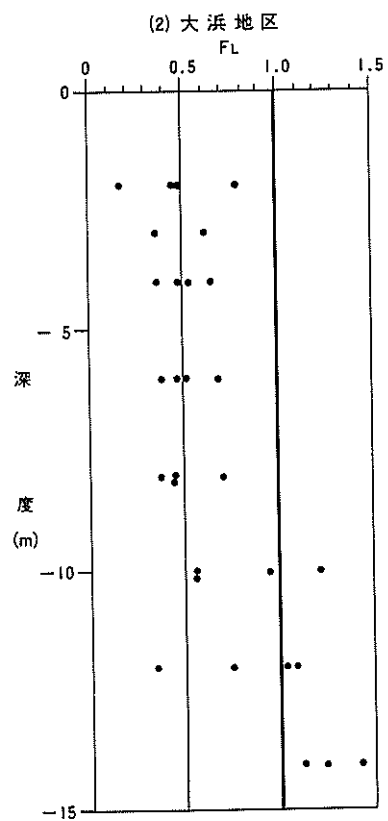
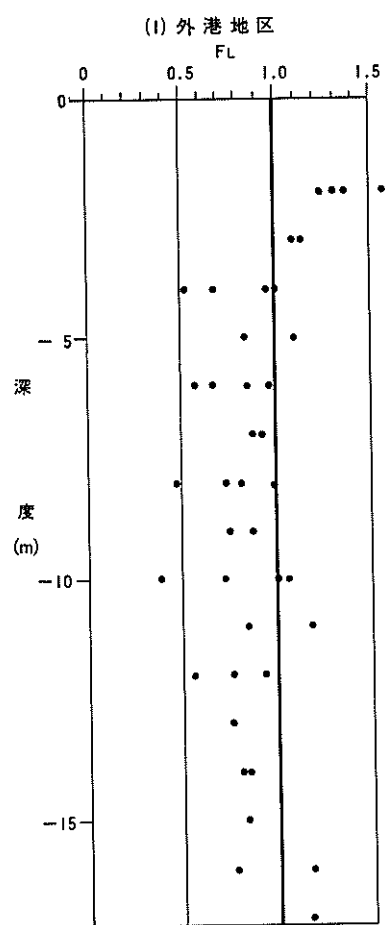


図 5 - 9 秋田港のFL 分布

第6章 港湾施設の被害と復旧

6-1 被害の概要

港湾の被害は、秋田港・能代港を主に県内全港に及び、現在まで123ヶ所、約97億円にのぼっている(表6-1)。重要港湾としては秋田港、船川港、能代港の3港、地方

港湾として、本荘港、戸賀港の2港があり、それぞれの機能分担のもとに、地域発展の中核としての整備が進められている。(図6-1)のうち秋田港は、県内港湾取扱貨物の約8割を占めており、本県の海の玄関として、また臨海工業の集積地として県内経済にとって重要な役割

表6-1 港湾の被害復旧額

	直轄災		補助災		県単災		合計	
	箇所数	被害額(千円)	箇所数	被害額(千円)	箇所数	被害額(千円)	箇所数	被害額(千円)
秋田港	5	4,769,020	33	1,263,090	34	2,389,000	72	8,421,110
船川港	0	0	14	267,779	3	15,000	17	282,779
能代港	0	0	23	666,398	6	282,000	29	948,398
本荘港	0	0	1	13,097	0	0	1	13,097
戸賀港	0	0	3	57,765	1	9,000	4	66,765
計	5	4,769,020	74	2,268,129	44	2,695,000	123	9,732,149

* 直轄災、補助災は査定額、県単は復旧予定額

を担っている。しかし地震により、岸壁を中心にほぼ壊滅的な被害を受け、またこれにより港湾機能が麻痺し、県内経済活動、とりわけ港湾関連企業に深刻な影響をもたらした。また、能代港は、震源地に一番近いこともあって、地震後わずか26分で大きな津波が来襲し、当時最盛となっていた能代石炭火力発電所建設事業(以下、火力造成工事)などの作業員に多くの犠牲を出した。このほかの港湾も、物揚場やふ頭用地などに大小の被害を受けた。

これら被害の特徴としては、地盤の液状化と津波によるものが際立っている。秋田港では、被害岸壁・ふ頭用地のほとんどに、噴砂現象や地盤の陥没・沈下などの液状化発生の特異現象がみられた。また、他港の被害箇所も含め、これら現象は埋立地などの新造成地に多くみられた。

津波は日本海側全域を襲ったが、なかでも男鹿半島から八森にかけての秋田県北部地域で、全く過去の記録にない程の波高となった。このため、能代港では港湾作業員が34人も犠牲となったのをはじめ、最大5千トンもの護岸ケーソンが35箇所も移動、転倒した。また秋田港では、男鹿半島の遮蔽効果のためか、波高は低かったものの、本港が旧河口港で、港奥が深くなっていることから急激な流れが発生し、水面貯木中の原木が約2万3千本も流出した。これにより約1週間にわたり入港規制がおこなわれた。

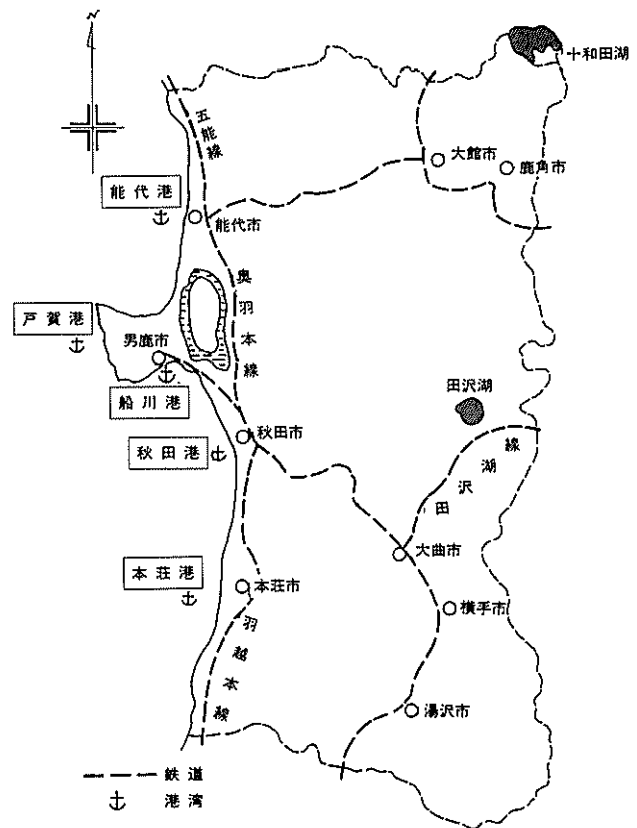


図6-1 港湾の位置

津波については、歴史上明らかにこれを原因とする被害が本県ではほとんどなく、むしろ、直下型地震の多発から「地震があったら海に逃げろ」との言い伝えがあったほどであり、こうした住民意識が人的被害をより多くした。

6-2 被災後の対応

今回の災害は、物流拠点港である秋田港が壊滅的な状態になったのをはじめ、能代港では34人もの港湾作業員が犠牲になっており、これら被害規模、および社会的影響の大きさから、地震直後から迅速な対応が求められた。これら対応は大きく3つに分けられる。

- ① 行方不明者の捜索活動
 - ② 被害施設の復旧への対応
 - ③ 港湾機能低下への対処
- (1) 被害施設の復旧への対応

これは（図6-2）に示すとおりで、まず地震翌日の27日には県と運輸省第一港湾建設局（以下一建）との協議により、直轄災の施工が決められた。該当箇所

については、その後の調整により、水深9m以上の被災岸壁8バースとした。また、臨港道路の災害については、28日より直ちに応急工事を実施し通行の確保につとめた。約1週間後の6月3日には復旧条件策定など、（表6-2）の派遣要領にもとづき、運輸省港湾局・港研・第一港湾建設局よりなる調査団が来秋し、構造班と津波班に分かれて被害調査と復旧工法の検討がおこなわれた。この報告をもとに、6月9日には港湾局局議を開催し、主に直轄災について、（表6-3）のとおりの復旧の方針が決められた。と同時に、補助災の作業も進められ、地震後25日目という異例のスピードで6月19日から1回目の災害査定が行なわれた。その結果、8月上旬には工事発注にまでこぎつけることができた。

復旧の方針は設計震度を現行の0.1とし、液状化対策をおこなうこととした。これは、前項に述べたように、液状化した施設のみ被災していることから、液状化対策が不可欠であるという考えからである。また8月から順次工事発注し、早期復旧に努めており、直轄災は58・59年の2か年で、補助災は58・59・60年の3か年

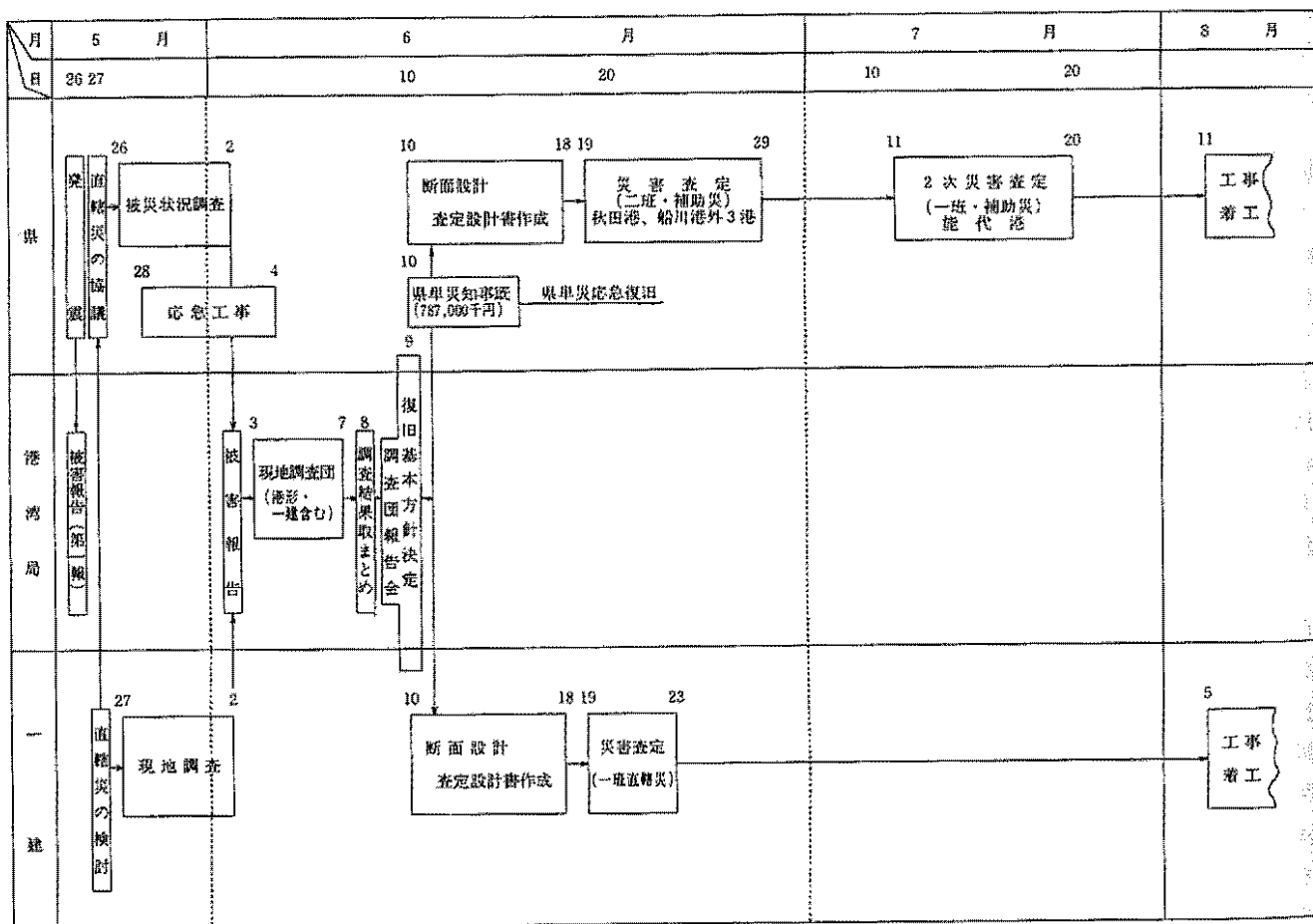


図6-2 地震発生から工事着工まで

表 6-2 派遣要領

1. 調査目的 1983年日本海中部地震港湾施設等被害調査 58. 5.31防 災 課
 1983年日本海中部地震に起因する港湾及び海岸の施設の被害状況等を調査することによって、災害査定及び災害復旧の円滑な実施を図るとともに、港湾及び海岸施設の耐震性の強化のための研究に資する。

2. 調査内容及び分担

調 査 内 容	分 担
港湾及び海岸の施設の被害状況の把握 港湾及び海岸の施設の被害原因の究明 復旧に当たっての基本的設計条件の設定 復旧工法の概略決定	一建、秋田県及び港研 一建及び港研 一建及び秋田県 ただし、港研は、一建及び県に対して助言・指導を行う。 同 上

注) 復旧に当たっては、応急的な復旧及び恒久的な復旧について検討すること。応急的な復旧の箇所決定は一建及び県が行う。

3. 調査地点及び対象施設

調査は、構造物被害調査班（構造班）及び津波こん跡調査班（津波班）を編成し、次のとおり行う。

班 名	調 査 地 点 及 び 対 象 施 設
構 造 班	秋田及び船川港の港湾の施設
津 波 班	秋田及び青森県下の海岸並びに能代港の海岸施設

- 注) 1. 船川港の復旧工法等の検討は、物揚場（－3 m）の施設のみである。
 2. 津波班が能代港の海岸施設の調査を行うことになっているのは、津波調査の結果を踏まえて、上記海岸の復旧の基本的設計条件を、津波班で設定するためである。

4. 調査日程

月 日	構 造 班	津 波 班
6. 3	旅行及び既況の把握	
6. 4	秋田港調査	津波こん跡調査（秋田―船川）
6. 5	秋田及び船川港調査	〃（船川―能代）
6. 6	基本的設計条件及び復旧工法等検討	〃（能代―深浦）
6. 7	〃	〃（能代―深浦）
	旅 行	
6. 8	14時から防災課において、本省・一建・県及び港研のメンバーからなる調査結果の確認を行う。	

5. 調査員

部 局	構 造 班	津 波 班
本 省	建設課 宇野港湾工事安全調査官 防災課 野上係員 機材課 中園専門官	
港 研	設計基準部 外山自動設計研究室長 構造部 土田構造部長・稲富耐震構造研究室長・井合主任研究官 土質部 梅原動土質研究室長	水工部 谷本防波堤研究室長 海洋水理部 白石研究官
一 建	本 局 御代田技術次長・大間知工事課長・斉藤工事課補佐官・ 中尾企画課補佐官 新潟調設 中田所長・池田次長・寺内次長・岩崎建設専門官・清水建設専門官	新潟調設 及川調査課長

6. その他 (略)

表 6 - 3 復旧の基本方針

日本海中部地震被害復旧の基本方針について

— 秋 田 港 —

58.6.9 港 湾 局

1. 復旧手順及び全体工程計画(注-1)については調査団の報告に示された原案を基本として今後細部をつめる(注-2)。
2. 復旧法線及び復旧構造型式については調査団の報告に示された原案を基本として災害査定のための準備を進める。
3. 今回の被害が主として液状化によりもたらされたものであると考えられることから、復旧に当たっては液状化対策を講じる。
4. 早期復旧のため、港湾局・建設局が協力し、所要の手続きを進める。
5. 復旧工事の早期着工に最大限の努力をする。

注-1. 向浜3号岸壁の工程については、利用者と十分調整すること。

2. 北埠頭A岸壁については補助災とする。

で、および県単災は予算の関係から58～62年の5か年ですべて復旧の予定となっている。

(2) 港湾機能低下への対応

広い背後圏を有し、県内物流の中心になっている秋田港が、岸壁被害に加え、荷役機械・上屋など荷捌施設のすべてが使用不能になり、物流機能の低下が著しいことから、港を利用している企業への経済的影響が懸念され、これら企業の実情の把握及び対応が必要となった。秋田港は、地震直後発生した津波による木材の流出によって5月31日午後4時までの6日間にわたって入港規制がおこなわれたため、セメントや石油類取扱企業の一部に在庫不足が生じ、陸送に振り替えたところもあった。また周辺工場の原料の在庫もほぼ1か月ぐらしかなく、無被害岸壁のみ(現有岸壁25バース中5バース)の供用ではとうてい捌ききれないことから、6月7日には県と一建と打合せの上、(表6-4)の条件を付して、約20バースを使用させることとした。

6-3 経済的影響

物質的被害による物流機能の低下は、港湾関連企業に経済的影響をもたらした。特に秋田港においては、従来機能の大半が麻痺したため、輸送体系及び荷役体系の大幅な変更が余儀なくされた。

この実態を把握するため、運輸省が主体となり、アンケート及びヒアリング調査を実施した。経済的影響の概要は以下のとおりである(調査期間は、地震直後から8月上旬まで)。

調査の範囲は、(1)港湾依存産業28社(秋田港を利用し

て原材料・燃料・製品の搬入を行なっている製造業・商業の産業とする。)、(2)港湾関連産業の12社(船舶の出入港・荷役・保管等に関するサービスを行う産業とする。)の合計40社を対象に調査を行なった。

特に、(1)の港湾依存産業調査28社が、秋田港取扱貨物の80%以上を占めているため、経済的影響については以下に述べる。

① 輸送手段・ルートの変更によるもの

○大型船が入港不能になったため、他港に入港し、小型船に積み替え二次輸送したもの及び他港へ入港後陸送に変更したもの等の輸送費の増大(鉱産品・化学肥料・原木等)。

○荷役専用施設の被災により、在庫量確保のため陸送に変更した事による輸送費の増大(セメント等)。

○輸送費の増加は9,100万円以上となった。

② 入港船舶及び港内貨物流動の変化によるもの

○利用可能岸壁の制限に伴ない、船型を小型に変更したことによる費用増。

○背後荷捌施設の被災による荷役能率の低下、及びシフト・横持ちの発生等による荷役料の増加。

○費用増は3億5,000万円以上。

③ その他

○入港禁止期間(6日間)の滞船料、又、保管貨物の仮置等による費用増(1,800万円以上)。

以上の総額は約4億5,900万円以上となり、企業への影響も計りしれないものと思われる。

一方、(2)の港湾関連産業については、被害を集約し得る十分なデータが得られていない。

なお、本調査は短期間であるために、完全復旧まで追跡調査を行なう予定である。

表 6 - 4 地震後の秋田港使用可能な岸壁状況（6月7日現在）

施設名	水深 (m)	施設 階級 (D/W)	使用 可能 ス イス	延 長 (m)	条 件	取扱い予定品目
外 港 - 13 m 岸 壁	-13	50,000	1	270	エプロン補修及び法線凹部に仮設防舷材を使用することで接岸及び荷役が可能。けい船曲柱・ボラードの使用は問題ない。使用制限はないアンローダー・上屋及び野積場が被害を受けており、荷役は不可能)	
大 浜 1 号 岸 壁	-10	15,000	1	185	従来通り使用可能	鉱産品、木材製品、紙製品等
中 島 2 号 岸 壁	-10	15,000	1	185	エプロン補修及び2号アンローダーを撤去すればけい船と荷役は可能である。ただし、エプロンの上載荷重は1 t/m ² に制限する。	セメント、木材（南洋材）
向浜-10m 1号岸壁	-10	15,000	1	185	けい船には直柱を必ず利用し、曲柱は補助的に用いればけい船可能である。ただし、沖出しの風向で風速10m/S以上の時はけい船不可能である。対象船舶はチップ専用船及び木材運搬船のみとし、エプロン上にはチップ運搬用仮設ベルトコンベアの設置を行い、他の荷重を載荷させてはならない。従って木材は水面投下しなければならない。	原木（南洋材）チップ
向 浜 1 号 岸 壁	- 7.5	5,000	1	130	係留可能階級は 3,000 t、エプロンは沈下しているが、木材の水面投下は可能	原木（南洋材・北洋材・米材）
向 浜 2 号 岸 壁	- 7.5	5,000	1	130	係留可能階級は 3,000 t、陸揚げ可能	〃
北 ふ 頭 B 岸 壁	- 7.5	5,000	2	220	岸壁背後のエプロンが沈下しているが、木材の水面投下は可能 係留可能階級は 3,000 t、エプロンを確認後荷役可能	原木（南洋材） 鉱産品等
寺 内 ふ 頭 岸 壁	- 7.5	5,000	2	200	被害小、けい船・荷役可能	飼料、セメント、 鉱産品等
南 ふ 頭 C 岸 壁	- 5.5	2,000	1	110	背後エプロンが沈下しているが、けい船・荷役可能	地金、鉱産品等
大浜-4.5m 1号岸壁	- 4.5	700	1	60	けい船・荷役可能	機械製品
下 浜 - 5 m 岸 壁	- 5.0	1,000	4	345	官庁船・漁船の船だまりとして使用	水産品
大 浜 3 号 岸 壁	- 1.0	15,000	1	185	けい船には直柱及び曲柱を利用するが、曲柱には利用できないものもある（2号寄りから1基目、4基目、5基目の3基が使用不可）。また、けい船のため仮設防舷材を取り付けることが必要で、エプロン上にはセメント運搬用ダクトの設置を行い、他の荷重を載荷させてはならない。対象船舶はセメント運搬船のみである。	セメント
中 島 1 号 岸 壁	- 9.0	10,000	1	161	2号寄り60mは水中部の調査の結果で問題がなければけい船可能である。ただし、対象船舶はセメント運搬船のみである。	セメント
中 島 3 号 岸 壁	-10	15,000	1	185	けい船には直柱を必ず利用し、曲柱は護岸部寄りから6基目の1基のみを利用する。ただし、沖出しの風向で風速10m/S以上の時はけい船不可能である。対象船舶はセメント運搬船のみで、エプロン上にはセメント運搬用仮設ダクトの設置を行い、他の荷重を載荷させてはならない。	セメント
北 ふ 頭 A 岸 壁	- 7.5	5,000	1	122	エプロン補修を行えば、けい船及び荷役が可能。ただし、北ふ頭B岸壁寄り隅角部曲柱の1基は使用可能である。	木材（南洋材）
計			20			

6-4 各港の被害

(1) 秋 田 港

1) 秋田港の沿革

秋田港は県の中央部に位置し、地元経済の物流の拠点として、また臨海工業型企業の集積地として重要な役割を果たしてきた。

秋田港が近代港湾として本格的な整備がなされたのは、昭和40年に秋田湾地区新産業都市の指定を受

けてからである。

中島地区の10,000トン岸壁（-9 m）の完成を第一歩にして大浜地区の掘込港湾建設・向浜地区の木材専用ふ頭の建設及び都市再開発用地（流域下水道）造成等の整備が進められた。それと並行して背後地には木材関連工業・製紙工業・火力発電所などの企業が相次いで立地し、さらに昭和52年には、外港地区の50,000トン岸壁（-13m）が整備されるに至った。現有の秋田港の主要施設を（表6-5）に示す。

表6-5 秋田港現有施設（昭和57年3月現在）

(1) けい留施設

施 設 名	階 級 (D/W)	バース数	水深 (m)	延長 (m)	管 理 者
外 港 - 13 m 岸 壁	50,000	1	-13.0	270.0	秋 田 県
大 浜 - 10 m 1 号 岸 壁	15,000	1	-10.0	185.0	"
大 浜 - 4.5 m 1 号 岸 壁	700	1	- 4.5	60.0	"
大 浜 - 4.5 m 2 号 岸 壁	700	1	- 4.5	60.0	"
大 浜 - 10 m 2 号 岸 壁	15,000	1	-10.0	185.0	"
大 浜 - 10 m 3 号 岸 壁	15,000	1	-10.0	185.0	"
中 島 3 号 岸 壁	15,000	1	-10.0	185.0	"
中 島 2 号 岸 壁	15,000	1	-10.0	185.0	"
中 島 1 号 岸 壁	10,000	1	- 9.0	161.0	"
北 ふ 頭 A 岸 壁	5,000	1	- 7.5	122.0	"
北 ふ 頭 B 岸 壁	5,000	2	- 7.5	220.0	"
南 ふ 頭 C 岸 壁	2,000	2	- 5.5	210.0	"
南 ふ 頭 D 岸 壁	2,000	1	- 5.5	90.0	"
下 浜 - 5 m 岸 壁	1,000	4	- 5.0	345.0	"
寺 内 ふ 頭 岸 壁	5,000	2	- 7.5	200.0	"
向 浜 - 7.5 m 1 号 岸 壁	5,000	1	- 7.5	130.0	"
向 浜 - 7.5 m 2 号 岸 壁	5,000	1	- 7.5	130.0	"
向 浜 - 10 m 1 号 岸 壁	15,000	1	-10.0	185.0	"
向 浜 - 10 m 2 号 岸 壁	15,000	1	-10.0	185.0	"
秋 田 - 3 m 物 揚 場			- 3.0	142.0	"
下 浜 - 4 m 物 揚 場			- 4.0	133.0	"
下 浜 - 3 m 物 揚 場			- 3.0	60.0	"
下 浜 - 2 m 物 揚 場			- 2.0	120.0	"
草 生 津 川 - 2 m 物 揚 場			- 2.0	120.0	"
向 浜 - 2 m 物 揚 場			- 2.0	200.0	"
東北電力3号ドルフィン	45,000	1	-13.0	89.0	東 北 電 力 ㈱
東北電力1.2号ドルフィン	5,000	2	- 7.5	92.0	"
秋 田 製 錬 ド ル フ ィ ン	3,000	1	- 6.5	40.0	秋 田 製 錬 ㈱、シ ョ ー ル 石 油 ㈱
日 本 石 油 加 工 ド ル フ ィ ン	3,000	1	- 6.5	35.0	日 本 石 油 加 工 ㈱
丸 善 石 油 ド ル フ ィ ン	3,000	1	- 6.5	22.0	丸 善 石 油 ㈱
出 光 石 油 ド ル フ ィ ン	3,000	1	- 6.5	39.0	出 光 石 油 ㈱
四 日 市 石 油 ド ル フ ィ ン	1,000	1	- 5.0	32.0	四 日 市 石 油 ㈱
エ ッ ソ 石 油 ド ル フ ィ ン	1,000	1	- 5.0	25.0	エ ッ ソ 石 油 ㈱
マ ル ハ 産 業 ド ル フ ィ ン	3,000	1	- 6.5	26.0	マ ル ハ 産 業 ㈱
東 北 製 紙 ド ル フ ィ ン	15,000	1	-10.0	41.0	東 北 製 紙 ㈱

(2) 軌道走行式荷役機械

施 設 名	揚力(トン) 能力(T/H)	台数	管 理 者	施 設 名	揚力(トン) 能力(T/H)	台数	管 理 者
水平引込式クレーン付アンローダー	$\frac{8}{315}$	1	秋 田 県	水平引込式クレーン付アンローダー	$\frac{15}{500}$	1	秋 田 県
〃	$\frac{6.3}{200}$	1	〃				

(3) 上 屋

種 別	棟 数	室 数	床面積 m ²	構 造 様 式	管 理 者
営 業 用	1	3	2,520	鉄筋鉄骨コンクリート平屋建	秋 田 県
〃	1	1	1,680	鉄 骨 平 屋 建	〃
〃	1	1	940	鉄 筋 塩 ビ 鋼 板 平 屋 建	〃
〃	1	2	6,450	鉄 骨 コ ン ク リ ー ト 平 屋 建	〃
〃	1	1	638	木 造 平 屋 建	日 本 国 有 鉄 道
計	5	8	12,228		

(4) 野 積 場

所 在 地	面積 (m ²)	主たる用途	備 考	管 理 者
外 港 ー 13 m 地 内	16,034	鉱 産 品	アスファルト舗装	秋 田 県
大 浜 ー 10 m 1 号 地 内	12,009	製材品・鋼 材	〃	〃
大 浜 ー 10 m 2 号 地 内	14,914	製材品・鋼 管	〃	〃
大 浜 ー 10 m 3 号 地 内	12,737	〃	〃	〃
大 浜 ー 4.5 m 地 内	10,869	鋼 材	〃	〃
中 島 3 号 地 内	3,475	亜 鉛 鉱	〃	〃
中 島 2 号 地 内	8,076	〃	〃	〃
北 ふ 頭 地 内	10,938	石 炭・肥 料	〃	〃
南 ふ 頭 地 内	11,309	肥 料・地 金	アスファルト舗装 8,004m ²	〃
下 浜 ー 5 m 地 内	11,309	鋼 管	〃	〃
寺 内 ふ 頭 地 内	6,922	石 膏・鋼 材	〃	〃
向 浜 ー 2 m 地 内	12,380	木 材	〃	〃
向 浜 ー 7.5 m 地 内	19,006	〃	〃	〃
向 浜 ー 10 m 地 内	122,154	〃	〃	〃
計	272,132			

(5) 臨港道路

路線名	延長 (m)	幅員 (m)	車線数	歩道	管理者	路線名	延長 (m)	幅員 (m)	車線数	歩道	管理者
1号線	4,431.44	15.0~33.0	4	有	秋田県	18号線	47.44	7.95	2		秋田県
2 "	251.37	15.0	2		"	19 "	37.07	10.95	2		"
3 "	222.25	15.0	2		"	20 "	51.28	11.30	2		"
4 "	190.10	15.0	2		"	21 "	88.93	10.82	2		"
5 "	155.94	15.0	2		"	22 "	93.26	10.82	2		"
6 "	109.37	15.0	2		"	23 "	60.76	10.0	2		"
7 "	106.21	15.0	2		"	30 "	251.91	10.0	2	有	"
8 "	492.53	8.30~15.60	2		"	31 "	115.81	10.0	2	有	"
9 "	743.23	11.0~11.90	2		"	50 "	66.08	10.90	2		"
10 "	118.02	15.0	2		"	51 "	67.09	10.90	2		"
11 "	118.65	10.90	2		"	52 "	75.48	10.90	2		"
12 "	118.0	15.10	2		"	53 "	82.80	10.90	2		"
13 "	5,328.56	16.02~20.0	4	有	"	54 "	72.62	10.90	2		"
14 "	106.83	8.80	2		"	55 "	73.39	10.90	2		"
15 "	256.17	14.80	2		"	56 "	72.81	10.90	2		"
16 "	51.45	11.45	2		"	57 "	245.74	9.40	2		"
17 "	49.20	11.45	2		"	58 "	64.28	10.0	2		"
合 計							14,416.07				

2) 被害の概要

港湾のうち最も深刻な被害を受けたのは秋田港であり、(表 6-6)に示すように72か所で約83億円に達した。被害箇所は(図 6-3)に示す。

被害は、港内の全域に広がっており、また種類も公共施設のほぼすべてにわたって発生した。特に外港地区・中島地区の利用度の高い地区の被害が大きく、以後の復旧にあたっては、港湾利用者への影響をできるだけ少なくするよう努めた。

3) 各施設の被害

① 岸壁

岸壁の被害概要を(表 6-6~7)に示す。

岸壁は、外港-13m 岸壁、大浜-10m 2・3号岸壁、中島1・2・3号岸壁、向浜-10m 1・2号岸壁など、現有25バースのうち20バースになんらかの被害が生じ、特に需要の多い7.5m 以上の大型岸壁は、16バースのうちほとんどが被害を受けた。したがって、使用可能な岸壁は、野積場や給水施設に被害のなかった大浜-10m 1号岸壁のみとなった。

被害状況は、前面鋼矢板が傾斜あるいは崩壊し

た岸壁が8バース、ケーソン式でケーソン移動した岸壁が1バース、セルラーブロック式で1部が崩壊し傾斜した岸壁が1バース、上部工がわずかにはらんだりエプロン部の沈下などの生じた岸壁が10バースであった。

a. 外港-13m 岸壁

構造はケーソン式岸壁であるが、地震により自体が前面にすべり出し、約1.6°傾斜し岸壁両端がはみ出している。これに伴い上部工も一体となっているため同様の現象が生じている。エプロン部はケーソン背面との境界部で全長1.0~1.5m 陥没している(図 6-4~6-6 参照)。

b. 大浜-10m 2号岸壁

大浜-4.5m 岸壁側より約40mの範囲で上部工が前傾水没し、他の区間は陸側に傾斜している。鋼矢板は約6mの水中部で海側に大きく湾曲しており、一部鋼矢板の折損している箇所がある。控え工の鋼管杭は海側に前傾しており、このためタイロッドは約60cmほどの撓みが生じている。またエプロンは全延長にわたり1mほど陥没している(図 6-7に示す)。

c. 中島1・2・3号岸壁

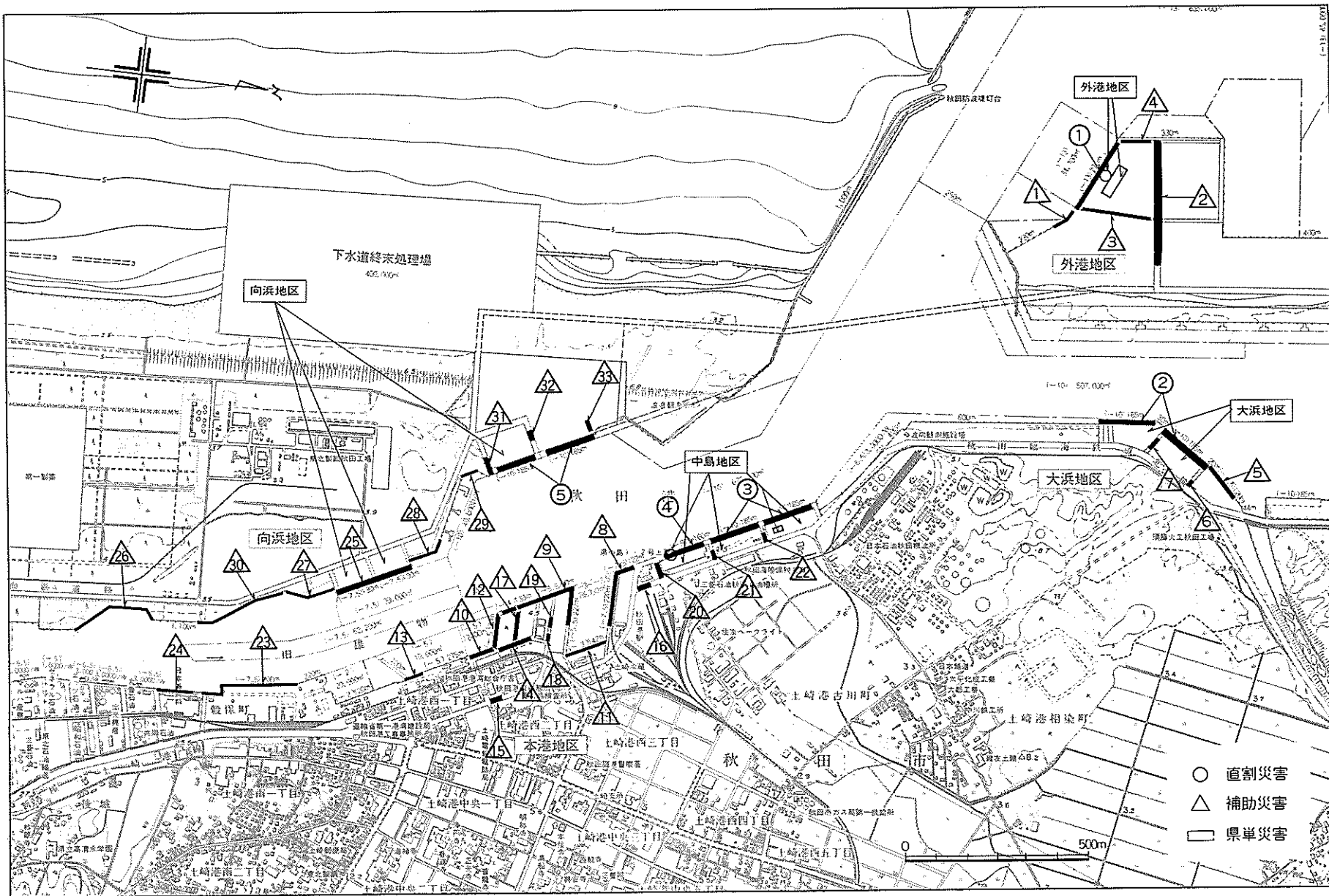


图 6-3 秋田港被害箇所図

表 6 - 6 秋田港被害概要表

種別	番号	地区名	施設名	構造形式	被害数量	査定額(千円)	被害状況
直轄	1	外港	外港-13m岸壁	ケーソン式	352.90 ^m	353,937	ケーソン前傾、移動、上部工両端はらみ出し
	2	大浜	-10m 2号岸壁	鋼矢板式控え直杭	209.60 ^m	1,611,067	鋼矢板海側に大きく湾曲、水中で切断、控え工海側へ
			-10m 3号岸壁	"	240.46 ^m		傾斜エプロン全面的に沈下、上部工水没または傾斜
	3	本港	中島2号岸壁	鋼矢板式控え直杭	190.00 ^m	974,146	鋼矢板海側に傾斜、控え工海側に傾斜
			中島3号岸壁	"	187.00 ^m		エプロン全面的に沈下
	4	本港	中島1号岸壁	セルラブロック式	177.63 ^m	695,347	一部崩壊、残りは前傾或いは滑動、エプロン全面的に沈下
	5	向浜	向浜-10m 1号岸壁	鋼矢板控え直杭	217.74 ^m	1,134,523	鋼矢板前面に湾曲、控え工前面に傾斜、エプロン全面的に
			向浜-10m 2号岸壁	"	185.40 ^m		沈下
補助	1	外港	-13m泊地護岸	鋼矢板式控え直杭	50.65 ^m	155,669	鋼矢板傾斜・海側に矢板移動、控え工海側に移動
	2	"	道路(13号線)	アスファルト舗装	388.00 ^m	43,313	著しい陥没・蛇行・ひびわれ・法線のずれ
	3	"	道路(30号線)	"	248.00 ^m	18,050	"
	4	"	道路(31号線)	"	102.20 ^m	7,768	"
	5	大浜	大浜-4.5m岸壁	鋼矢板式控え直杭	80.00 ^m	90,095	鋼矢板海側に大きく湾曲、控え工海側に傾斜、エプロンが全面的に沈下
	6	"	道路(21号線)	アスファルト舗装	31.80 ^m	2,832	沈下、段差あり
	7	"	道路(22号線)	"	34.40 ^m	2,991	"
	8	本港	北ふ頭A岸壁	鋼矢板式控え直杭	123.50 ^m	55,570	一部傾斜、中央部わずかのはらみ出し、控え工被害なし
	9	"	南ふ頭C・D岸壁	"	229.40 ^m	154,839	C岸壁中央部一部はらみ出し、エプロン全面的に沈下
	10	"	下浜-5m岸壁	"	398.20 ^m	36,291	エプロン部沈下・亀裂
	11	"	秋田-3m物揚場	前面コンクリート杭 背後バットレス堤	139.50 ^m	121,282	前面海側に傾斜、エプロン部陥没
	12	"	下浜-4m物揚場	鋼矢板式控え直杭	139.00 ^m	180,518	鋼矢板全面的傾斜、一部矢板切断、上部工傾斜または水没 控え工海側に傾斜、エプロン部全面的に陥没
	13	"	下浜-3m物揚場	直立消波堤	59.50 ^m	3,390	エプロン部沈下・亀裂
	14	"	道路(8号線)	アスファルト舗装	113.00 ^m	6,244	道路両端部陥没・ひびわれ・側溝沈下
	15	"	道路(9号線)	"	220.02 ^m	11,737	"

種別	番号	地区名	施設名	構造形式	被害数量	査定額(千円)	被害状況
補	16	本 港	道路 (13号線)	アスファルト舗装	169.00 ^m	19,553	全体にわたり沈下・ひびわれ
	17	〃	道路 (14号線)	〃	107.00 ^m	5,648	〃
	18	〃	道路 (15号線)	コンクリート舗装	10.00 ^m	1,116	目地間で段差
	19	〃	道路 (15号線)	〃	38.00 ^m	3,574	全体にわたり目地ごとの段差・ひびわれあり
	20	〃	道路 (16号線)	アスファルト舗装	51.50 ^m	4,044	全体にわたり沈下・ひびわれあり
	21	〃	道路 (17号線)	〃	51.00 ^m	4,471	〃
	22	〃	道路 (18号線)	〃	47.70 ^m	2,729	〃
	23	〃	寺内ふ頭岸壁	本体プレバクトコンクリート 上部現場打コンクリート	237.00 ^m	16,265	エブロン部沈下・ひびわれあり
	24	〃	寺内護岸	自立式鋼矢板護岸	324.80 ^m	46,604	鋼矢板傾斜、空石積ブロック一部崩壊
	25	向 浜	向浜一7.5メートル1・2号岸壁	鋼矢板式控え直杭	260.00 ^m	32,319	エブロン全面的に沈下
	26	〃	向浜公園護岸	自立式コンクリート矢板護岸	682.00 ^m	109,152	海側に傾斜、矢板法線蛇行
	27	〃	〃	〃	454.50 ^m	105,470	〃
	28	〃	護岸	自立式鋼矢板護岸	104.00 ^m	7,090	水叩沈下、鋼矢板わずかに傾斜
	29	〃	〃	〃	30.00 ^m	1,159	水叩沈下
	30	〃	道路 (1号線)	アスファルト舗装	106.00 ^m	13,302	車道部一部沈下、側溝部沈下により段差あり
	31	〃	道路 (52号線)	〃	15.00 ^m	1,558	岸壁との境界部で沈下
助	32	〃	道路 (53号線)	〃	20.00 ^m	1,951	〃
	33	〃	道路 (57号線)	〃	15.00 ^m	1,499	〃
県	1	外 港	荷役機械 (3号アンローダー)	軌条式荷役機械	1 基	57,000	アンローダー脚部電機系統の損傷
	2	〃	荷役機械レール基礎	海側レールケーソン基礎 陸側レール独立基礎	210.00 ^m	199,500	レール蛇行、陸側独立基礎杭は海側に傾斜
	3	〃	ベルトコンベアー		2 基	104,000	基礎の移動に伴い蛇行
	4	〃	給電ケーブル		1 式	57,500	各所で切断
	5	〃	上屋	鉄骨コンクリート平屋建	1 棟	393,000	地中梁基礎杭陸側に傾斜、柱・梁・壁・プラットホーム等に被害
	6	〃	ふ頭用地	アスファルト舗装	16,000 ^{m²}	185,000	全体にわたり著しい陥没・ひびわれ
	7	〃	給水施設		270.00 ^m	22,500	各所で切断・移動
	8	〃	仮護岸	自立式鋼矢板護岸	140.00 ^m	144,000	著しい傾斜・矢板法線蛇行
	9	大 浜	ふ頭用地 (大浜一10m 2・3号岸壁)	アスファルト舗装	7,400 ^{m²}	64,300	岸壁側に被害集中、段差ひびわれ陥没あり

表 6-7 岸壁の被害概要と復旧方法

施設名	被害箇所数	被害の大小	液状化の有無	液状化防止策	復旧方法	復旧年度	摘要
外港-13m岸壁	1	大	有	有	原形復旧	昭和58年度	
大浜-4.5m2号岸壁	1	〃	〃	〃	〃	〃	
大浜-10m2号岸壁	1	〃	〃	〃	改良復旧	58~59	控え工を直杭から組杭
大浜-10m3号岸壁	1	〃	〃	〃	原形復旧	59	
中島3号岸壁	1	〃	〃	〃	前面矢板2m前出し	58~59	既設の控え直杭の背後に新規の控え直杭
中島2号岸壁	1	〃	〃	〃	改良復旧	59	
中島1号岸壁	1	〃	〃	〃	〃	58	前面鋼管矢板控え直杭
北ふ頭A岸壁	1	小	〃	無	原形復旧	58	
南ふ頭C岸壁	1	大	〃	〃	〃	58	
南ふ頭D岸壁	1	小	〃	〃	〃	58	
下浜-5m岸壁	4	〃	2バース有 2バース無	〃	〃	58	
寺内ふ頭岸壁	2	〃	無	〃	〃	58	
向浜-7.5m1号岸壁	1	〃	有	〃	〃	58	
向浜-7.5m2号岸壁	1	〃	〃	〃	〃	58	
向浜-10m1号岸壁	1	大	〃	有	前面矢板2m前出し	58~59	控え工を控え組杭
向浜-10m2号岸壁	1	〃	〃	〃	〃	58	
合計	20バース	大10バース 小10バース	有16バース 無4バース	有9バース 無11バース	改良4バース 原形16バース		

施設の構造は中島1号岸壁がセルラブロック式岸壁で前面水深は-9mとなっており、中島2・3号岸壁が控え直杭式鋼管矢板岸壁で前面水深は-10mとなっている。当施設のエプロンには2基のアンローダーが設置されており、さらに背後のふ頭用地には3棟の上屋が建っている。

地震後には、これらすべての施設が被災を受

けた。中島1号岸壁については取付部を含む55m区間が完全に崩壊し(図6-8、写6-1)、その他の区間も一部を除いて上部工が前傾し法線のはみ出ししている。エプロンは50cm程度沈下し、亀裂等も著しい。中島2号岸壁については、前面鋼管矢板が海側に前傾したものの法線のはみ出しは少ない(写6-2)。またエプロンは30~40cm沈下している。中島3号岸壁について

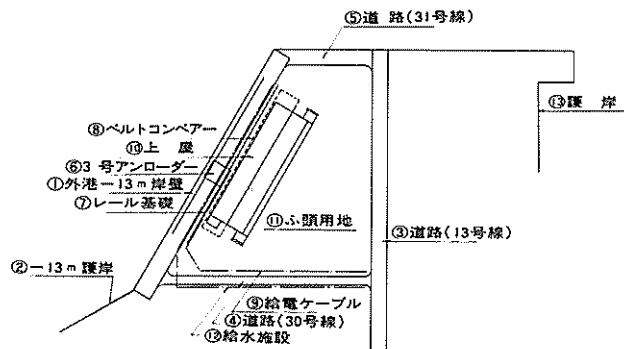


図 6-4 秋田港外港地区被害箇所図

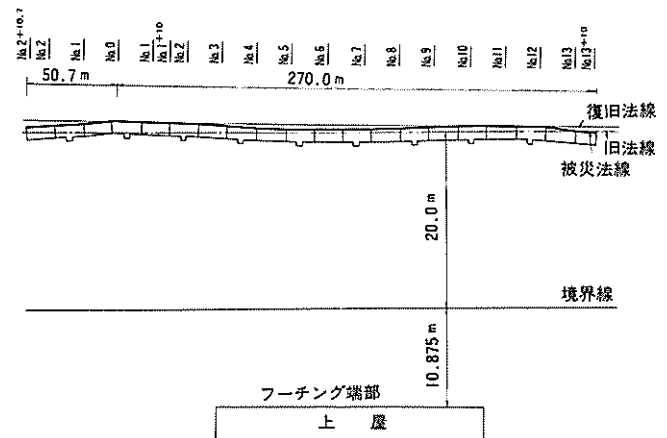


図 6-5 外港-13m岸壁変位図

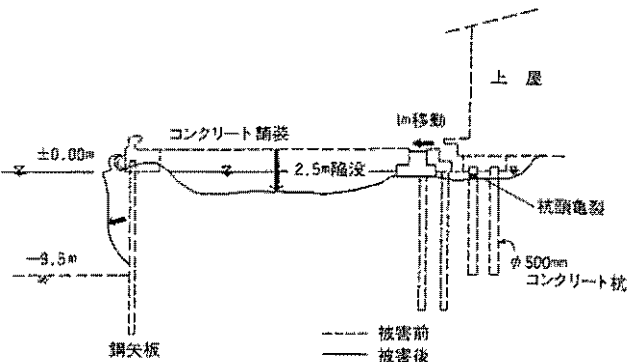
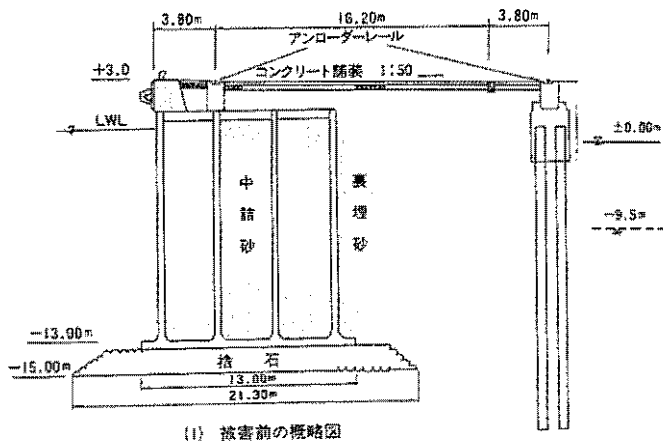


図 6 - 6 外港-13m 岸壁被害図

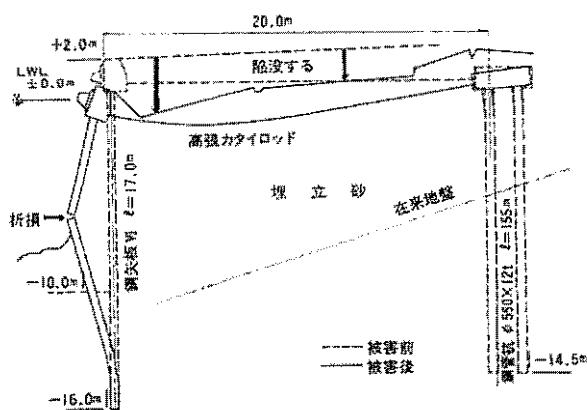
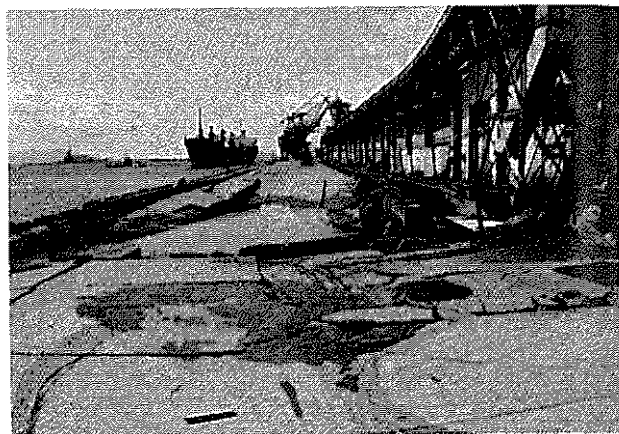


図 6 - 7 大浜-10m 2号岸壁の被害状況

は、鋼矢板法線が最大で50cmほどはらみ出しており、上部工には全延長にわたり、貫通亀裂が発生している。また、鋼矢板も湾曲し、エプロ

図 6 - 8 中島 1 号岸壁の被害状況



写 6 - 1 秋田港中島 1 号岸壁の被害状況



写 6 - 2 秋田港中島 2 号岸壁の被害状況

ンも全体的に30cmほど沈下している。

d. 向浜-10m 1・2・3号岸壁

当施設は控え直杭式鋼矢板構造で、地震後鋼矢板は上部工と海底部の間で海側に一様に湾曲しており、結果として上部工は陸側に傾斜している。上部工には無数の貫通亀裂が発生している。エプロンは中央部が最も大きく陥没しており、最大で1 m 程度である。全体的な被災状

況は2号岸壁ともほぼ同様の状況を呈している
(図6-9)に2号岸壁を示す。

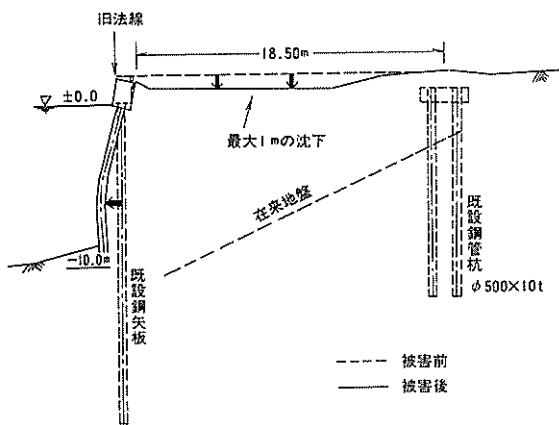


図6-9 向浜-10m 2号岸壁の被害状況

② 物揚場

a. 秋田-3m 物揚場

当施設は下浜地区の北ふ頭B岸壁及び南ふ頭C岸壁の間の掘り込み部最奥部に位置しており、築造年度も1939年と戦前のものであり、秋田港においても最も古い施設の中の1つである。被災前の構造は本體工として、Lブロックを用いてあり、その前面には消波効果を期待したと思われる現場打コンクリート杭が直線に一列に並べられてあった。被災後に、Lブロックと現場打コンクリートを一体化させている上部コンクリートが、全体にわたり約20cm程度の亀裂が入り、さらに上部コンクリートと水叩コンクリートとの間にも、約20cm程度の間隙が生じた(図

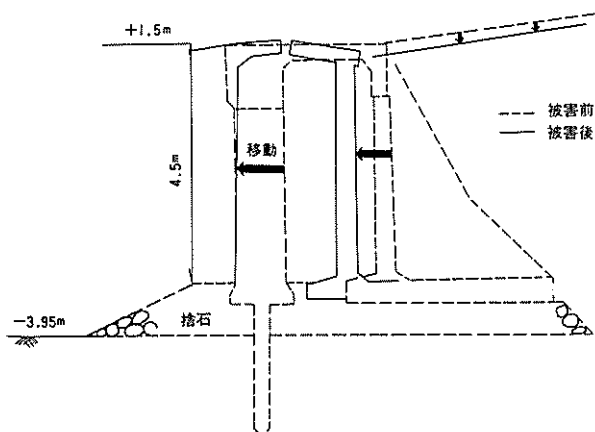


図6-10 秋田-3m 物揚場被害状況

6-10及び写6-3～4)。



写6-3 秋田港秋田-3m 物揚場



写6-4 同上

b. 下浜-4m 物揚場

当施設は控え直杭式鋼矢板構造で、地震により全延長にわたって前面鋼矢板が海側に前傾している。また、特に被害の大きい箇所は前面鋼矢板だけでなく、控え直杭までも海側に滑動したような状況を呈している(図6-11)。他の施設における鋼矢板の被災状況は、上部工と海底部の中間において曲げや折損が発生していたが、当施設の被害状況はさらに大規模で、鋼矢板底部がはね上がりを起こしたような状況が見られる。また、エプロンは前面鋼矢板と控え直杭にひきずられたように、前面に滑動を起こしている。このような状況から判断すると、秋田港における地震災害の中では最も激しく被災を受けた箇所といえよう(写6-5～6)。

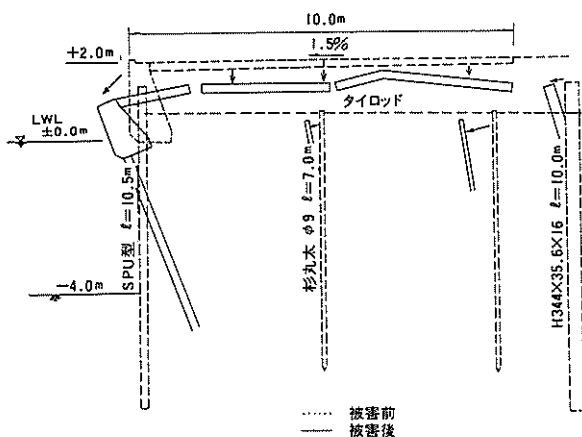


図 6-11 下浜-4 m 物揚場被害状況



写 6-6 秋田港下浜-4 m 物揚場

③ 臨港道路

臨港道路については、全36路線のうち、16路線1.8kmに被害が発生した。このうち臨港道路1～13号線は、生活道路にもなっていることから、仮応急工事により早期開通を図った。被害状況は、路面の陥没・隆起・ひび割れ等で地盤の液状化を要因とするものが多く見られた。

④ 荷さばき施設

秋田港には軌道走行式荷役機械(アンローダー)が3基設置されているが、これらすべてに被害を受けた。このうち中島地区に設置されている1号アンローダーと2号アンローダーについては、軌道レールの被害が大きく、新規に設置しなければならなくなること、及び機械本体も補修が不可能であることなどから、これらを取り止め、新規に自走式タワークレーンを導入することにした。また外港地区の3号アンローダーについては、レール基礎杭を増杭補強し、本体は補修により復旧することとした。

上屋についても、県有の4棟すべてに被害を受け、特に中島2号上屋は全面的に解体を余儀なくされた。その他の外港上屋・中島1号上屋・中島3号上屋については、補修により復旧を行うこととした。ただし外港上屋は規模が大きいため、補修とはいえ多額の費用を必要とした。

a. 外港3号アンローダー

被災レールの変形状況は、ストッパーのある両端付近で最も大きく、アンローダーの車輪の上載点で最も小さい。この現象は-13m岸壁の法線の動きとほぼ同様である。また基礎杭については、レールに対して法線直角方向の変位が極めて大きく、鋼管杭杭長 $L=18.00m$ で天端が海側に向かって変位している。変位量はレールや岸壁の動きとは関係なく50～80cm程度で、傾斜角は3～5°である(写6-7～8)。テレビカメラによる内部観察の結果、損傷はみられない。

アンローダー本体は外見上は損傷がみられなかったが、実際は海側レールと陸側レールの間に、約10センチ程度の段差が生じ、被災時の衝撃によりヒンヂ部に歪みが生じたり脚部に損傷を受けたりした。また、受電設備として地下ケーブルが埋設されていたが、地盤の隆起や陥没等により、ケーブルが切断された。

b. 中島・2号アンローダー

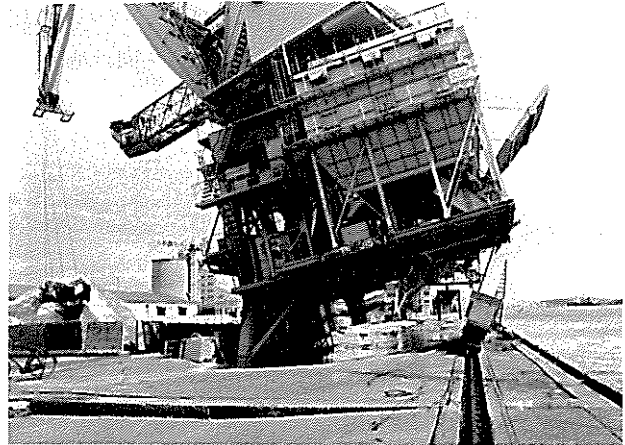
アンローダー本体については、1号アンローダーは外見上の被害は見うけられないものの、接合部やヒンヂ部に歪みが蓄積しており外見以上に被害は大きなものとなっている(写6-9)。



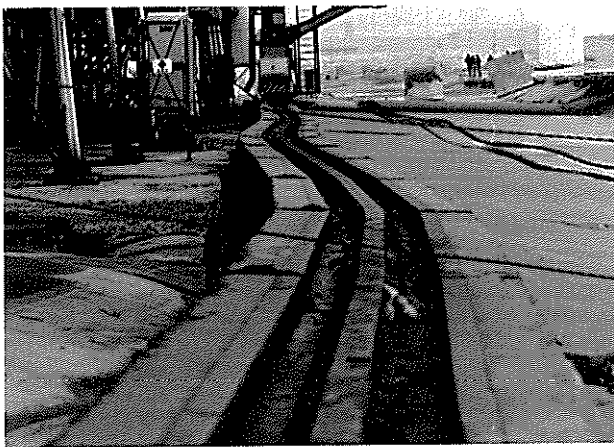
写 6-5 秋田港下浜-4 m 物揚場



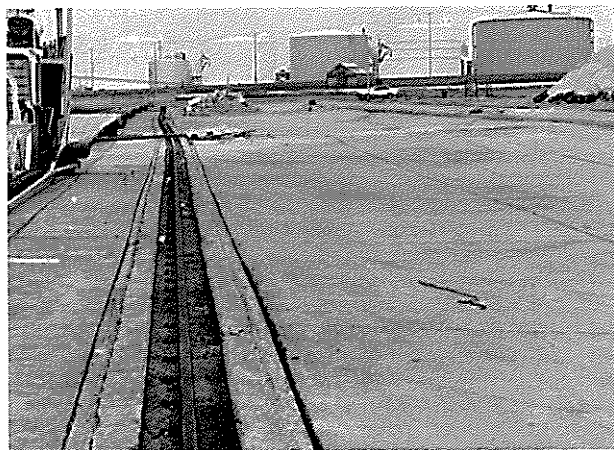
写 6 - 7 秋田港外港 3 号アンローダー



写 6 - 10 秋田港中島 2 号アンローダー



写 6 - 8 同 上



写 6 - 9 秋田港アンローダーレールの被害

2 号アンローダーは（写 6 - 10）に見られるように脚部が海側に倒れ、本体は陸側に大きく傾斜している。

レールの基礎は、中島 1 号岸壁については海側レールの南端部が岸壁本体のセルラースト

クの崩壊に伴って海中に水没し、それ以外のレール面もほぼ 1 号岸壁全体にわたって、数 cm から数 10 cm 沈下している。また、陸側レールは松丸太杭に支えられてはいるものの、杭長が 6 m と短いため、周囲の地盤の移動に伴い、水平方向に局部的に 10 cm 程度変形しているところもみられたが、基礎が下端で -14.5 m と深い場所に支持されているためか、全体には水平方向に 2 ~ 3 cm、鉛直方向に 1 cm 程度の変位である。

（図 6 - 12）に変位状況を示す。中島 3 号岸壁については、アンローダーレールが海側・陸側共に南端より 20 m 付近で最大 40 数 cm 海側に向かって移動している。また 3 号岸壁の基礎は P・C 杭を使用しているため、エプロン上の外見だけからその被害程度を推測することは危険なことから、特にレールの水平変位の大きい箇所の橋台を掘り出し抗頭の調査を行なった。結果は、4 本の杭すべてが橋台コンクリート下端でせん断破壊し、再利用不可能な状態となっている。

⑤ ふ頭用地

秋田港には 14 箇所総面積 272,000 m² のふ頭用地があり、大浜 - 10 m 1 号岸壁、向浜 - 2 m 物揚場を除いた 12 か所 76,650 m² に被害が生じた。被害の特徴は岸壁との関連が強く、被害岸壁背後が同時に被災しており、かつ岸壁寄りの側の被害が大きい。

被害状況は、陥没・隆起・ひび割れ等で、ほとんどの所で噴砂現象が顕著に見られた。

⑥ その他

その他の被害としては、寺内地区・向浜地区の護岸が合せて約1,500mにわたり傾斜や崩壊した。また給水施設も各所で切断された。これら施設の復旧にあたって、護岸は前面に新規に矢板を設置し、給水施設はふ頭用地等の復旧に合わせて施工することとした。

4) 被害の特徴

秋田港の被害の特徴としては、本港が旧河口港でこの川の両側を埋立てしながら岸壁を整備してきたためか、こうした新造地に広範囲な地盤の液状化が発生したことである。

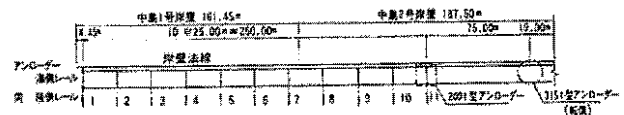
地震被害にとって、液状化が発生するか否かにより復旧額がケタ違いになるといわれている。今回の地震において、能代港の津波被害を除くと、液状化発生が顕著に見られなかった他港と比較して、秋田港の被害は格段に多かった。

とくに被害は、けい留施設・荷さばき施設・ふ頭用地などあらゆる施設および、荷さばき施設の荷役機械と上屋が全滅状態となるなど、港湾機能の極端な低下を招いたことも特徴の一つである。このような荷さばき施設・ふ頭用地は、公共災害の対象になっておらず、これらの復旧にあたっては県の多額の負担を余儀なくされた。

(2) 船 川 港

1) 船川港の沿革

船川港は男鹿半島南部に位置し、港内地盤は軟岩で漂砂がなく、男鹿半島が季節風を阻止し、天然の



中島1～2号岸壁
アンローダーレールの変位

測定位置	海側、陸側レール間の距離 (m)	海側、陸側レール面高低差 (mm) (陸側－海側)
1	17.040	+ 918
2	14.110	+ 324
3	13.140	+ 285
4	12.900	+ 164
5	12.570	+ 131
6	12.600	+ 150
7	12.600	+ 103
8	12.500	+ 86
9	12.520	+ 90
10	12.510	+ 98
11	12.520	+ 102
設計値	12.500	+ 90

但し、レール面標高：海側+2.02m、陸側+2.11m

図6-12 中島1～2号岸壁のアンローダーレールの変位状況

良港として発展してきた。昭和40年に秋田湾地区新産都市に指定されたことから、木材コンビナート工場用造成に着手し、昭和43年7千トン岸壁、昭和45年木材コンビナート埋立、昭和50年には1万5千トン岸壁が完成した。また昭和57年には国家石油備蓄基地に本港が適地として立地決定され、昭和58年度から着工し、防波堤などエネルギー港湾とし整備中である。現有施設を(表6-8)に示す。

表6-8 船川港現有施設(昭和57年3月現在)

(1) けい留施設

施設名	階級(D/W)	バース数	水深(m)	延長(m)	管理者
5,000トン岸壁	5,000	2	-7.5	227.0	秋田県
7,000トン岸壁	7,000	1	-8.0	155.0	"
15,000トン岸壁	15,000	1	-10.0	185.0	"
けい船浮標	15,000	1	-10.0		"
-1m物揚場			-4.0	355.0	"
-2m物揚場			-2.0	308.0	"
-3m物揚場			-3.0	172.0	"
-4m物揚場			-4.0	80.0	"
-4m物揚場			-4.0	200.0	"
-3m物揚場			-3.0	245.0	"
荷立物揚場			-2.0	91.0	"
日笠ドルフィン	10,000	1	-9.0		日本鉱業㈱

(2) 臨港道路

路線名	延長(m)	幅員(m)	構造	歩道	管理者
木材コンビナート幹線	2,735.5	15.0	アスファルト舗装	片側歩道有	秋田県
"支線	1,043.98	7.7~14.8	"		"
岸壁道路	1,038.18	9.0~11.0	"		"
本港臨港道路	1,059.6	15.0	"	片側歩道有	"
ふ頭道路	679.42	10.0~18.0	"		"
生鼻崎道路	2,421	6.7	"	片側歩道有	"

2) 各施設の被害

船川港の被害は、17箇所で約282百万円となっている。被害箇所は(図6-13)に示し、その内容を(表6-9)に示す。



写6-11 船川港-4m物揚場の被害

表6-9 船川港被害概要表

番号	地区	種別	施設名	構造形式	被害数量	査定額(千円)	被害状況
1	本港	補助	物揚場(-3m)	重力式	177.40m	113,880	本体工の前傾(最大1.2m) 132m エプロンの沈下
2	"	"	岸壁(-10m)	" (プレバクト)	160.00m	6,546	本体工天端に亀裂、エプロンの沈下
3	"	"	物揚場(-4m)	" (L型ブロック) (プレバクト)	380.00m	104,113	本体工(プレバクト)の前傾(最大0.25m) 87.7m、エプロンの沈下
4	"	"	護岸	" (プレバクト)	55.70m	604	水叩工の沈下(最大0.15m)
5	"	"	船揚場		11.00m	2,506	斜路の沈下0.16m
6	"	"	防波堤	ブロック式直立堤	40.00m	7,387	上部工に亀裂40m
7	"	県単	ふ頭用地 (-10m岸壁)	アスファルト舗装	557㎡	2,000	沈下
	"	"	" (-4m物揚場)	"	50㎡		"
8	"	"	" (-4m物揚場)	"	1,700㎡		"
9	金川	補助	道路	"	88.3m	921	橋梁前後の路肩部の沈下
10	"	"	"	"	21.00m	353	"
11	"	"	物揚場	重力式	91.2m	4,407	エプロンの沈下(最大0.09m) 亀裂
12	"	"	防砂堤	ブロック式直立堤	45.75m	791	内陸側に沈下傾斜(最大0.34m)
13	"	"	護岸	もたれ式	189.7m	19,690	本体工の前傾(最大0.18m) 189.7m エプロンの沈下
14	"	"	"	"	37.10m	3,155	本体工の前傾、エプロンの沈下
15	"	"	"	自立式矢板	32.50m	1,797	護岸・法面張ブロックの崩壊
16	"	"	道路	重力式擁壁	10.00m	1,629	土留擁壁工の前傾(天端で0.68m) 10.0m
17	"	県単	護岸		28.00m	1,000	
補助小計			14ヶ所			267,779	
県単小計			3ヶ所			15,000	
合計			17ヶ所			282,779	

① 岸壁

被害は本港地区の-10m岸壁1箇所、本体工(プレバクト)の先端に亀裂が入り、エプロンが沈下した。

② 物揚場

被害は、本港地区2箇所、金川地区1箇所である。本港-3m物揚場は、本体工が132mにわた

り最大1.2mも前傾した。本港-4m物揚場は(図6-14、写6-11)プレバクトによる本体工が87.7m区間において、最大0.25m前傾した。

③ 防波堤

被害は、本港地区1箇所、金川地区1箇所である。本港地区の防波堤は、40m区間で上部コンクリートに亀裂を生じた(図6-15、写6-12~13)

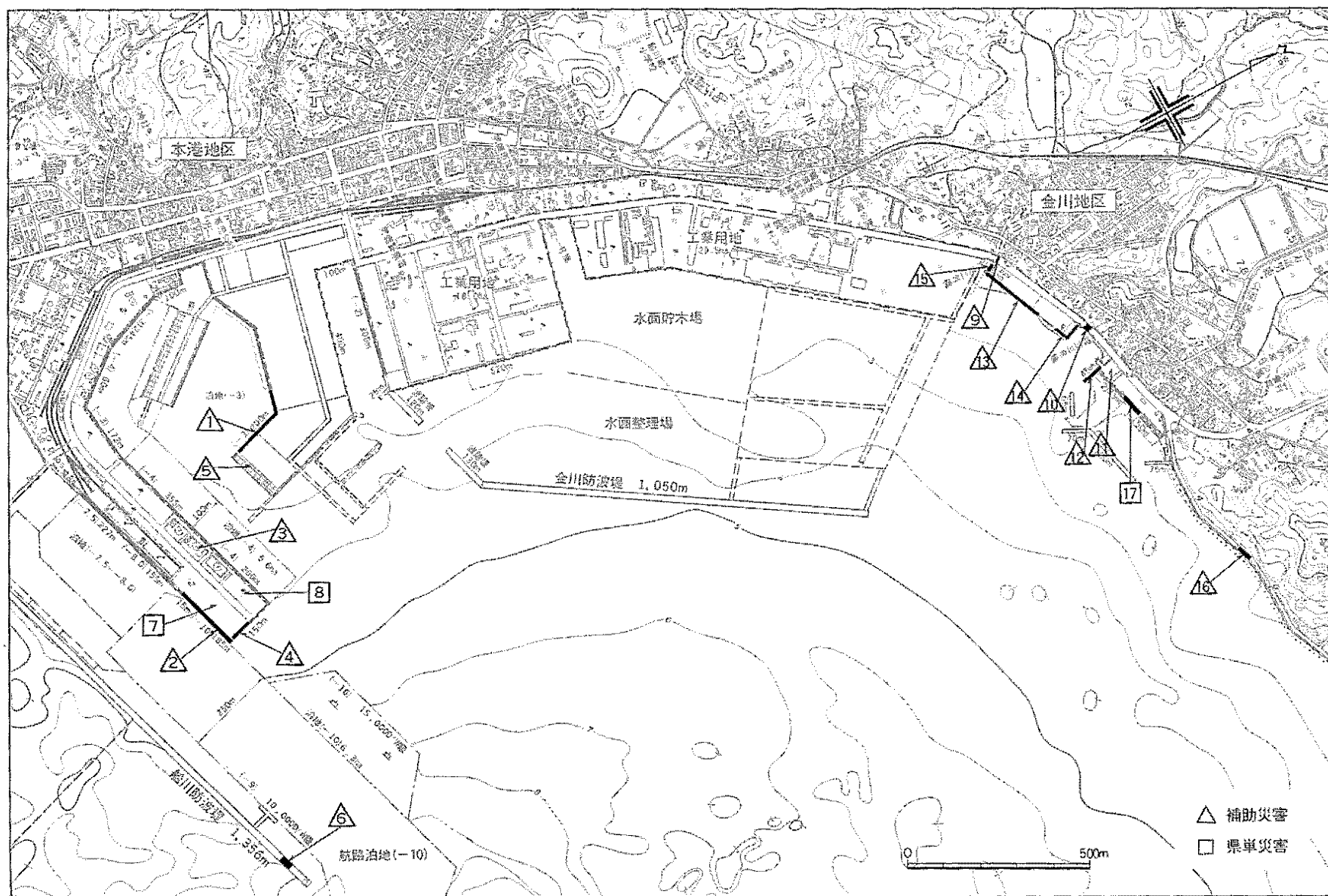


図 6-13 船川港被害箇所図

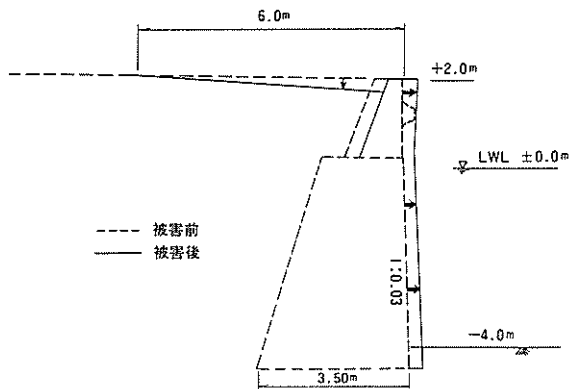


図 6-14 船川港本港地区 4 m 物揚場の被害状況

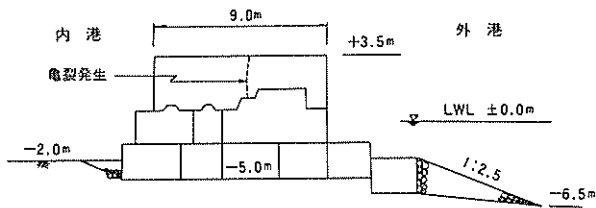


図 6-15 船川港本港地区防波堤の被害状況



写 6-12 船川港防波堤の亀裂状況



写 6-13 同上 拡大部

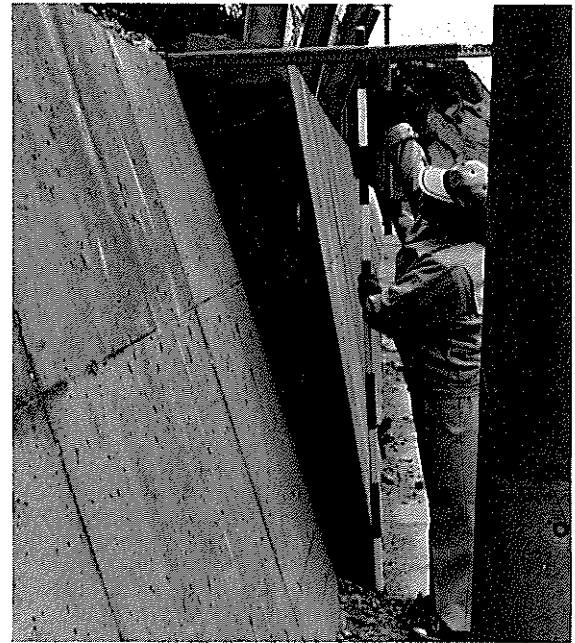
金川地区も45m 区間が最大0.34m 沈下した。

④ 護岸

被害は、本港地区 1 箇所、金川地区 4 箇所である。金川地区のもたれ式護岸は、189.7m 区間において最大0.18m 前傾した。

⑤ 臨港道路

被害は、金川地区の 3 箇所である。その状況は、



写 6-14 船川港金川地区道路擁壁の被害

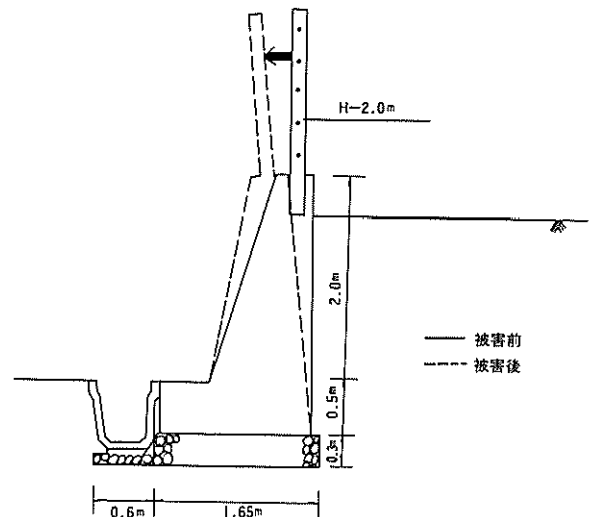


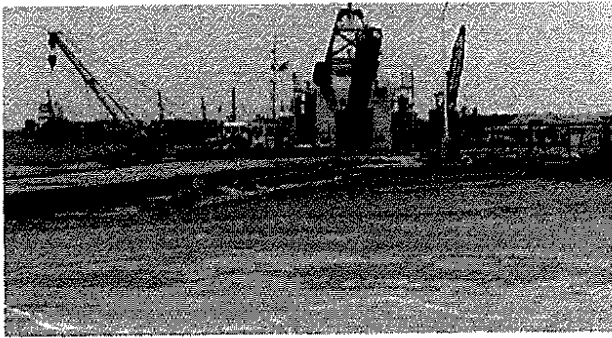
図 6-16 同 上

重力式コンクリート擁壁が10m 区間において最大0.68m前傾した(図 6-16, 写 6-14), その他橋梁取付部の路肩部が沈下した。

3) 被害の特徴

船川港は震源域からは男鹿半島により遮蔽される位置にあったためか、押し寄せた津波波高も 2 m 以下であった。浸水域もほとんどなく津波による被害も、ひき波による盛土の吸い出しが若干みられた程度である。

また港内地盤は軟岩であり、浅い所にある。このため、施設の構造形式は重力式の直接基礎となっている。とくにけい船岸は、プレキャストコンクリートの重力式が多く、これに被害が集中している。



写 6-15 能代港中島1、2号岸壁被害状況

(3) 能 代 港

1) 能代港の沿革

能代港は秋田県北部の米代川河口に位置し、その背後地域は鉱産・農産・林産物に富み、特に秋田杉の産地として有名である。港はこれら産物の積出しのため、米代川を航路とし発展してきたが、たび重なる洪水により土砂が堆積し、安定した機能を発揮できなかった。そこで昭和40年からの港湾整備計画

に基づき米代川と分離し航路を掘込み、昭和48年、中島1号岸壁（5千トン）、翌年に中島2号岸壁（5千トン）が完成し、新しい能代港として開港した。さらに臨海部に木材工業団地造成工事の完成（昭和51年）、大森1号（1万5千トン）岸壁の完成（昭和52年）、ふ頭用地の完成と整備が進められてきた。また第3次全国総合開発計画の柱である定住圏構想に基づく能代・山本地区の定住圏指定、能代市の高次都市機能整備計画策定のモデル都市指定など、背後地域の基盤整備計画が策定され、能代港はますます秋田県北部地域の流通拠点として、重要な地位を占るにいたった。こうした中で、昭和56年には重要港湾に昇格し、また同年エネルギー需要に対応した東北電力物能代石炭火力発電所（60万kW 3基）の立地が決定し、エネルギー港湾として整備が進められている。

昭和57年度末の現有施設は（表6-10）に示すとおりである。

表 6-10 能代港現有施設（昭和57年3月現在）

(1) けい留施設

施 設 名	階 級 (D/W)	バ ー ス 数	水 深 (m)	延 長 (m)	管 理 者
15,000トン岸壁	15,000	1	-10	185.0	秋 田 県
中 島 1 号 岸 壁	5,000	1	-7.5	130.0	"
中 島 2 号 岸 壁	5,000	1	-7.5	130.0	"
- 4 m 物 揚 場			- 4.0	180.0	"
- 2 m 物 揚 場			- 2.0	230.0	"
下浜(漁船用)物揚場			- 2.0	144.0	"

(2) 野 積 場

所 在 地	面 積 (㎡)	主 たる 用途	構 造	管 理 者
大 森 地 内	35,670	木材・石灰石	アスファルト舗装	秋 田 県
中 島 1 号 地 内	6,551	"	"	"
中 島 2 号 地 内	13,197	"	"	"
中島-2m物揚場地内	24,412	木 材	"	"
下浜-2m物揚場地内	7,107	水 産 品	"	"
下浜-2m物揚場地内	24,078	木 材	"	"
計	111,015			

(3) 臨 港 道 路

路 線 名	延 長 (m)	幅 員 (m)	構 造	管 理 者
臨 港 中 島 道 路	2,100	10.5	アスファルト舗装	秋 田 県
" 下 浜 "	2,200	"	"	"
" 大 森 "	5,300	"	"	"

2) 各施設の被害

被害箇所は（図6-17）に示し、その内容は（表

6-11）に示す。

被害は29箇所で約948百万円に達し、秋田港に次ぐ

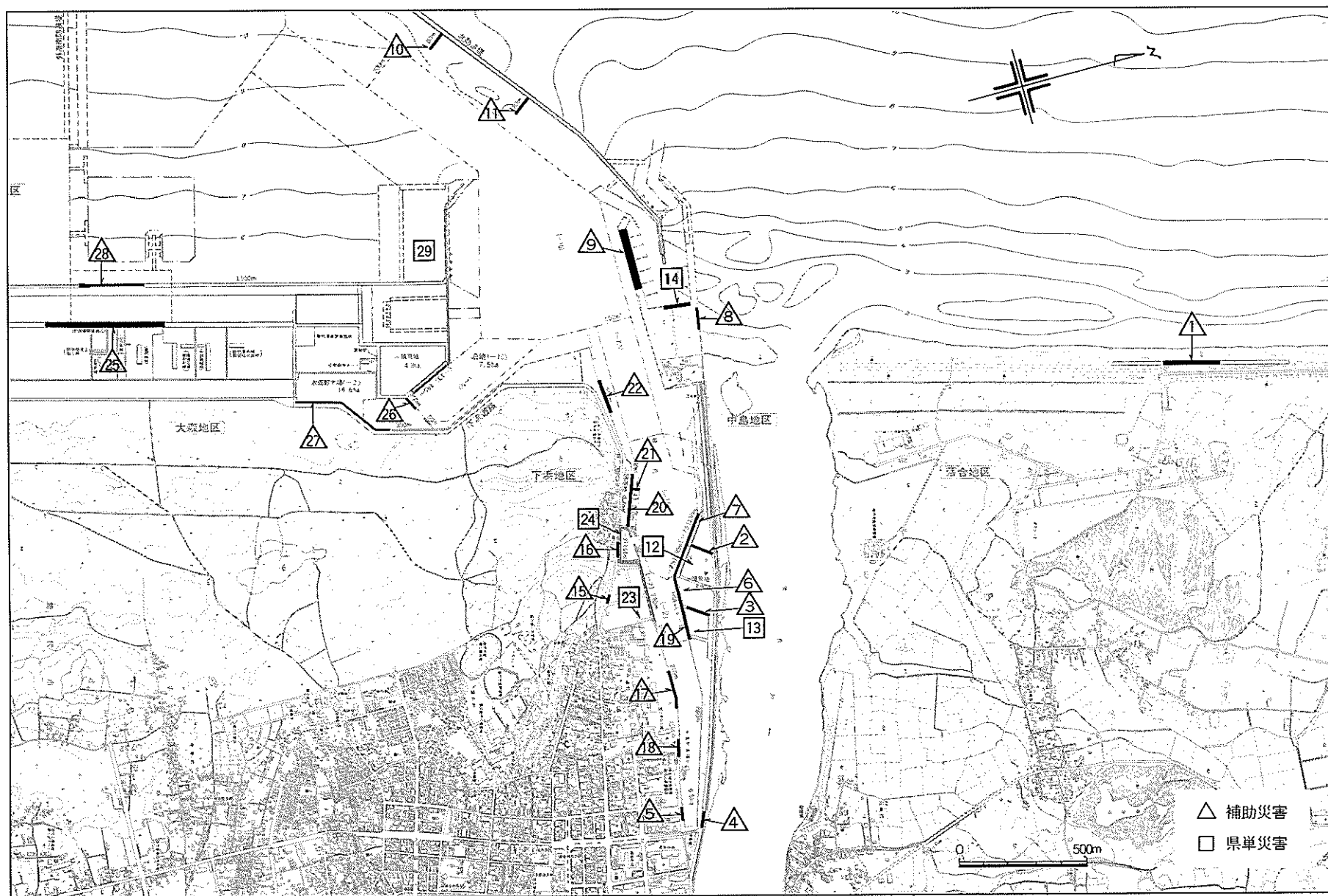


图 6-17 能代港被害箇所図

表 6-11 能代港被害概要表

番号	地区	種別	施設名	構造形式	被害数量	査定額(千円)	被害状況
1	落合	補助	護岸	階段護岸	544.70m	173,185	護岸本体沈下蛇行
2	中島	〃	道路	アスファルト舗装	10.70m	242	路肩部沈下
3	〃	〃	〃	〃	58.00m	3,209	沈下および段差蛇行
4	〃	〃	〃	〃	100.00m	6,433	沈下(最大約60cm) 縦断亀裂 ※直轄河川建設
5	〃	〃	護岸	動力式コンクリート擁壁	15.00m	3,553	コンクリート擁壁の崩壊
6	〃	〃	〃	鋼矢板式、控直抗	20.00m	105,199	本體工の前傾、エプロンの沈下または隆起さらに鋼定工の前傾
	〃	〃	物揚場(-2m)	〃	261.30㎡		
7	〃	〃	岸壁(-7.5m)	〃	290.00m	48,218	エプロン工及び排水工の沈下、隆起
8	〃	〃	防波堤(締切)	アスファルト舗装 一部コンクリート舗装	727.00m	20,903	沈下、縦断方向の亀裂 ※直轄河川の建設
9	〃	〃	護岸	鋼矢板、自立式	168.60m	47,320	矢板前傾、水叩工沈下
10	〃	〃	波除堤	異形消波ブロック堤	80.00m	(11,851) 64,301	沈下・崩壊
11	〃	〃	〃	〃	80.00m	68,923	〃
12	〃	県単	ふ頭用地 岸壁(-2.5m)	〃	5,500㎡	35,000	沈下
13	〃	〃	(物揚場-2m)	〃	7,700㎡	47,000	沈下
14	〃	〃	護岸(持出用)	〃	132.00m	45,000	矢板前傾
15	下浜	補助	道路	アスファルト舗装	15.00m	1,185	亀裂・陥没
16	〃	〃	〃	〃	90.00m	5,104	車道および歩道が沈下し波打状態
17	〃	〃	護岸	鋼矢板式、控鋼矢板	60.00m	20,493	矢板前傾、控え矢板の前傾、背後盛土の流出
18	〃	〃	〃	コンクリート矢板 控鋼矢板	15.00m	4,369	矢板前傾、控え矢板の引抜変形、背後盛土の流出
19	〃	〃	物揚場(-2m)	鋼矢板式、控直抗	212.30㎡	16,824	エプロンの亀裂および目地のずれ
20	〃	補助	物揚場(-4m)	〃	82.60㎡	6,336	エプロンの亀裂沈下
21	〃	〃	波除堤	直立堤(方塊ブロック式)	20.00m	10,078	被覆石・捨石の洗掘、本体の沈下・転倒
22	〃	〃	護岸	直立消波護岸	200.00m	4,396	水叩工の沈下
23	〃	県単	ふ頭用地 (物揚場-2m)	〃	1,100㎡	6,500	沈下
24	〃	〃	(物揚場-4m)	〃	4,700㎡	25,500	沈下
25	大森	補助	道路	アスファルト舗装	710.00m	46,223	車道および歩道が沈下・隆起による波打状態
26	〃	〃	波除堤	異形消波ブロック堤	50.00m	10,882	基礎捨石及び本体ブロックの散乱
27	〃	〃	護岸	コンクリート矢板式	18.00m	3,715	矢板前傾、橋台巻付ブロック倒壊
28	〃	〃	〃	〃	20,500㎡	12,158	水叩工の沈下・亀裂
29	〃	県単	ふ頭用地	〃	22,900㎡	123,000	
補助小計		23箇所				(11,851) 678,249	
県単小計		6 〃				282,000	()は地震直前に査定を受けた額
合計		29 〃				(11,851) 960,249	
地震による被害額						948,398	

被害となった。主な所は、落合地区の階段護岸(173百万円)と中島地区-2m物揚場(105百万円)であ

る。一方、火力用地工事では作業従事者27名の尊い命が奪われ、手戻り復旧額も2,880百万円に達した。



写 6-16 能代港中島 1・2 号岸壁の被害

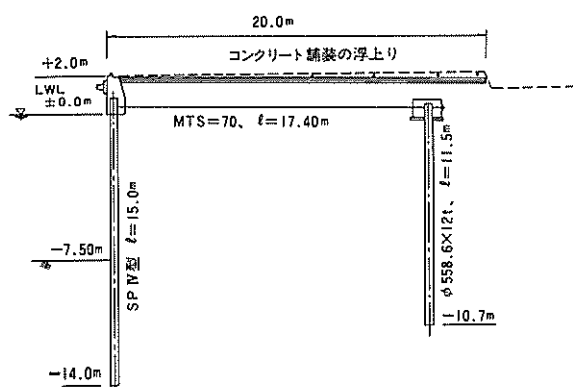
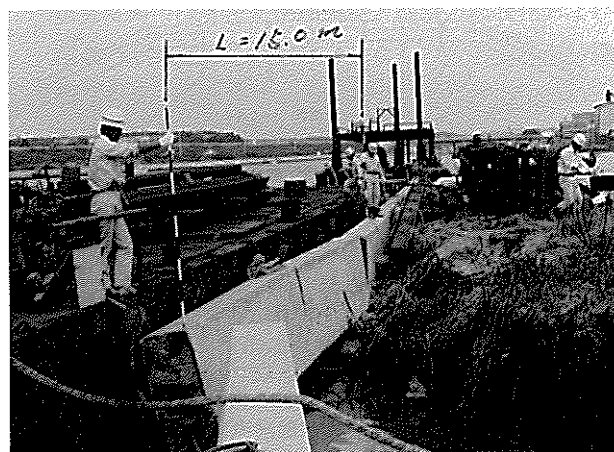


図 6-18 能代港中島 1・2 号岸壁の被害



写 6-17 能代港下浜地区貯木場護岸の被害

① 岸壁

被害は中島岸壁 1 箇所である(図 6-18, 写 6-15~16 に示す)。エプロンのコンクリート舗装に亀裂が入り、沈下や隆起が発生した。

② 物揚場

被害は、下浜地区 2 箇所、中島地区 1 箇所である。下浜地区の -2 m および -4 m 物揚場は、エプロンに亀裂や沈下を生じた。中島地区の -2 m 物揚場は、本體工(鋼矢板)の 261.3m 区間が前傾し、これに伴い錨定工も前傾し、エプロンが沈下や隆起した。

③ 護岸

被害は中島地区 2 箇所、下浜地区 3 箇所、大森地区 2 箇所である。

中島地区の天板式護岸は、全体に海側へ移動し、天板が大きく前傾した。下浜地区の貯木場護岸 2 箇所は、地震動および津波のひき波により本體が大きく前傾し、背後盛土が流出し、控え矢板が引きぬかれ変形した(図 6-19, 写 6-17)。

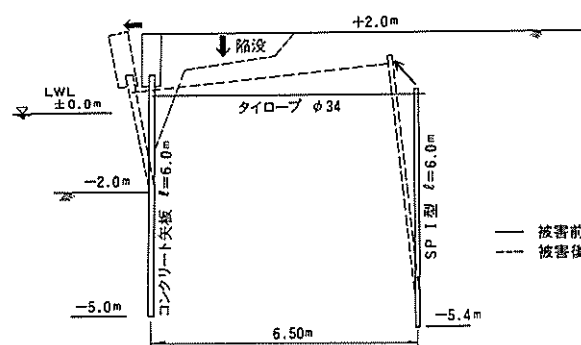


図 6-19 中島貯木場護岸の被害(下浜地区)



写 6-18 能代港中島地区臨港道路の被害

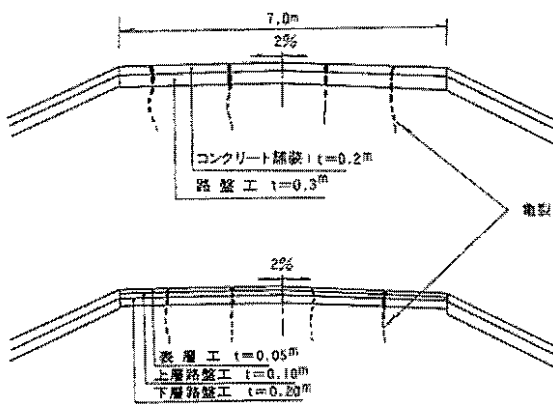


図 6-20 中島地区臨港道路の被害

④ 波除堤

被害は中島地区 2 箇所、下浜地区 1 箇所、大森地区 1 箇所である。

下浜地区以外は、異形ブロックの波除堤であり、地震動と津波によりブロックが飛散した。下浜地区は、方塊ブロック式であり、20m 区間において転倒した。

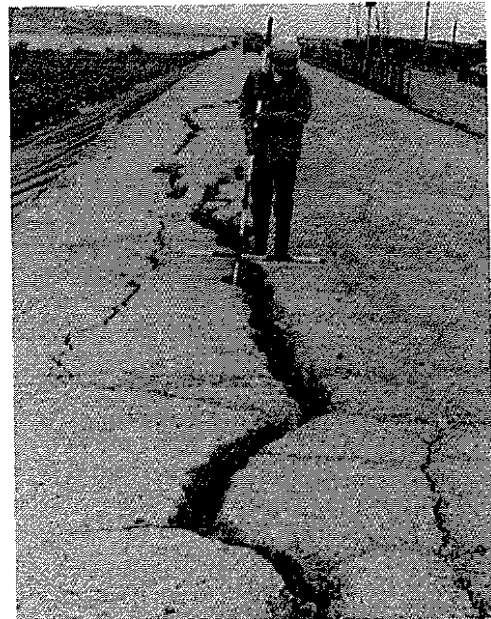
⑤ 臨港道路

被害は、中島地区 4 箇所、下浜地区 2 箇所、大森地区 1 箇所である。

下浜地区の 2 箇所は米代川左岸堤防（建設省管理）天端上の道路である。その 827m の被害は、堤体の沈下・下層路盤工・アスファルト舗装の亀裂・沈下・段差を生じた（図 6-20、写 6-18～19）。上記以外の 5 箇所は、法線の蛇行・沈下や隆起による波打・路面の亀裂・陥没等である。

⑥ 階段護岸

被災した階段護岸は、能代港の海岸環境整備事



写 6-19 能代港中島地区臨港道路の被害

業で昭和53度から整備を進め、昭和58年度で全延長700m が完成であった。被災延長544.7m のうち、79.9m は本体工・水叩工の崩壊、181.2m は水叩工が沈下し陸側に移動し、283.6m 間は本体工が途中で切断し海側に移動し水叩工が沈下した（図 6-21、写 6-20～21）。

⑦ ふ頭用地

ふ頭用地は中島地区 2 箇所13,200㎡、下浜地区 2 箇所5,800㎡、大森地区 1 箇所22,800㎡で計 5 箇所41,800㎡に被害があり、能代港のふ頭用地 111,000㎡の38%にも及んでいる。その被害状況は、ほとんどが舗装工の亀裂・陥没・沈下・隆起などであった。亀裂箇所からは噴砂の痕跡もみられた。

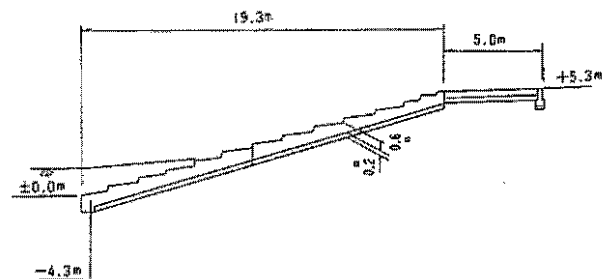


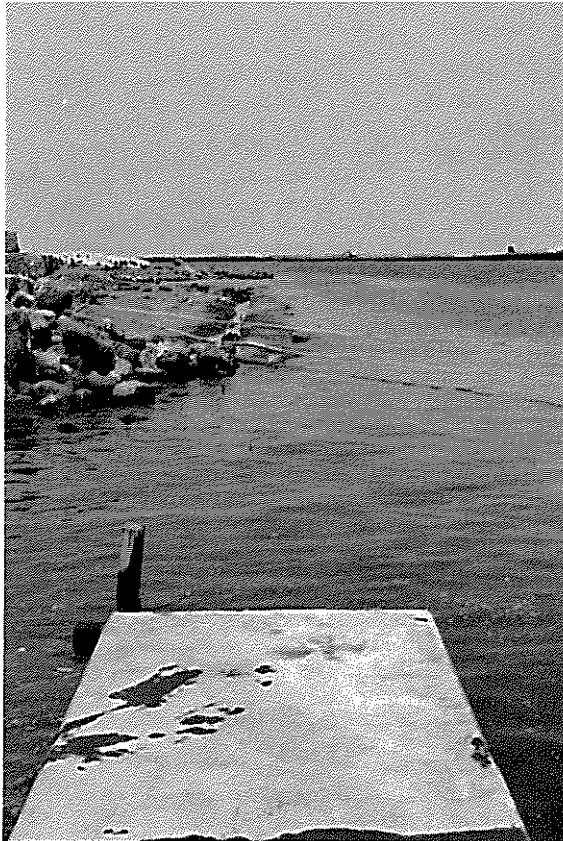
図 6-21 落合地区階段護岸の被害



写 6 - 20 能代港落合地区階段護岸の被害



写 6 - 21 能代港落合地区階段護岸の被害



写 6 - 22 本荘港導流堤流出後

3) 被害の特徴

能代港の被害の状況について述べたが、その被害の特徴は次のとおりである。気象庁によると秋田地方の震度はⅤとされているが、秋田大学の野越氏の調査によると、能代市で5.4～5.5また秋田市で5.2～5.3と報告されている。また能代港の地震動による最大加速度は、東西成分で229galと推定されている。このように地震の強度では秋田港より能代港の方が大きいという状況の下で、岸壁崩壊といった大きな被害に致らなかった。このことは秋田港の多くの施設が埋立地に建設されたのに反し、能代港は掘込み式で建設され、地山だったことから液状化の発生が比較的少なかったためと推察される。さらに被害原因のほとんどが地震動と地盤の液状化および津波のそ上・ひき波が複合したものであるのが特徴的である。

(4) 本 荘 港

本荘港は子吉川の河口港であるが、現在、河口北側の田尻地区に海洋性レクリエーション港湾として整備中である。

本荘港の被害は、河口より上流約500m 左岸側の導流堤が105m にわたり崩壊したものが1箇所、その被害額は13百万円となっている。被害箇所は（図 6 - 22）

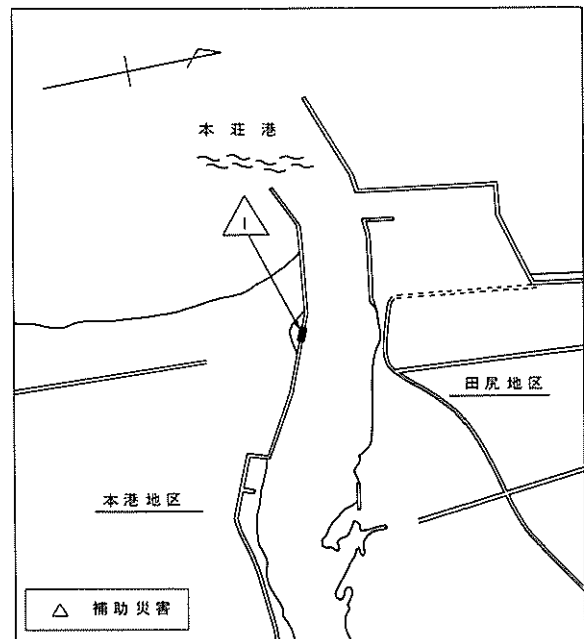


図 6 - 22 本荘港被害箇所

に示し、内容を(表6-12)に示す。(図6-23)には被害と復旧を、(写6-22)には被害状況を示す。

復旧は、方塊ブロックを撤去し、基礎工を施工後、方塊ブロックを据直すこととした。

表6-12 本荘港被害概要表

番号	地区	種別	施設名	構造形式	被害数量	査定額 (千円)	被害状況
1	本港	補助	導流堤	重力式(方塊ブロック)	105.0m	13,097	基礎捨石の洗掘ならびに本体工の転倒

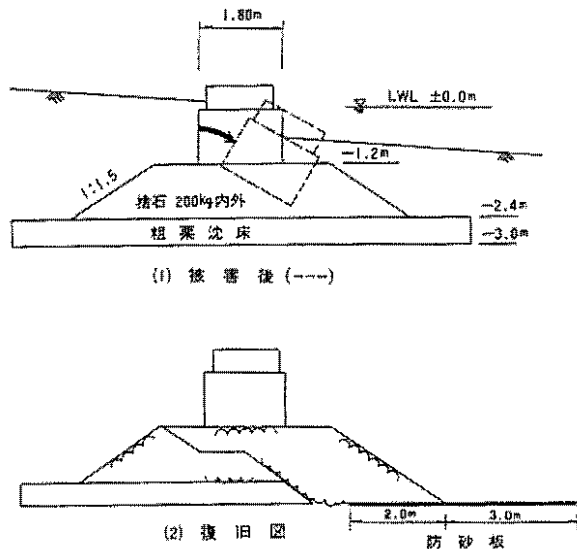


図6-23 導流堤の被害と復旧

(5) 戸賀港

戸賀港は男鹿半島の西北に位置し、漁業や男鹿観光海上ルートの基地として利用され、これに対応した地方港湾として整備が進められている。

戸賀港の被害は、4箇所で66百万である。各施設の被害概要は(図6-24、表6-13)に示すとおりである。被害原因は、地震動と+3.0m前後まで遡上した津波によるものと考えられ、この復旧にあたっては、-3m物揚場は全延長100mにわたり最大0.3m前傾し、エ

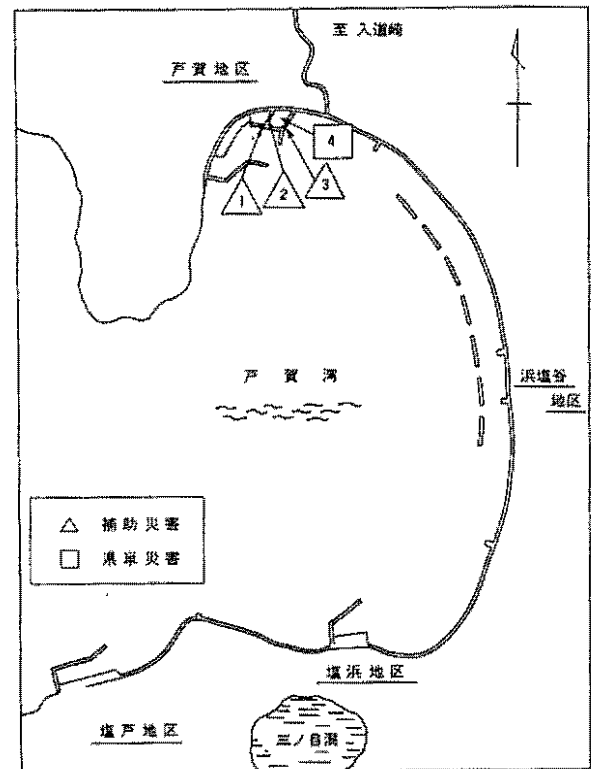


図6-24 戸賀港被害箇所

プロンの沈下している本体方塊ブロックを据え直し、エプロンを打ち替える。その他の道路・ふ頭用地については路床を十分に転圧した後、路盤工・アスファル

表6-13 戸賀港被害概要表

番号	地区	種別	施設名	構造形式	被害数量	査定額 (千円)	被害状況
1	戸賀	補助	物揚場(-3m)	重力式(方塊ブロック)	100.0m	50,073	本体工が全体に30cm前傾およびエプロンの沈下陥没
2	"	"	道路	アスファルト舗装	61.0m	6,276	沈下・陥没(最大41cm)
3	"	"	"	"	10.0m	1,416	" (最大21cm)
4	"	県単	ふ頭用地 (-3m物揚場)	"	500㎡	9,000	沈下
補助小計			3箇所			57,765	
県単小計			1 "			9,000	
合 計			4箇所			66,765	

ト舗装工を施行し復旧する。(図6-25)に-3m物揚場の被害と復旧図とを示す。(写6-23~24)に被害状況を示す。

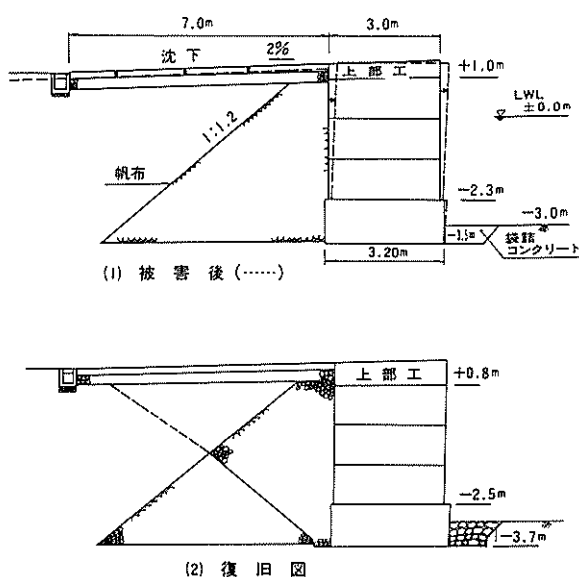
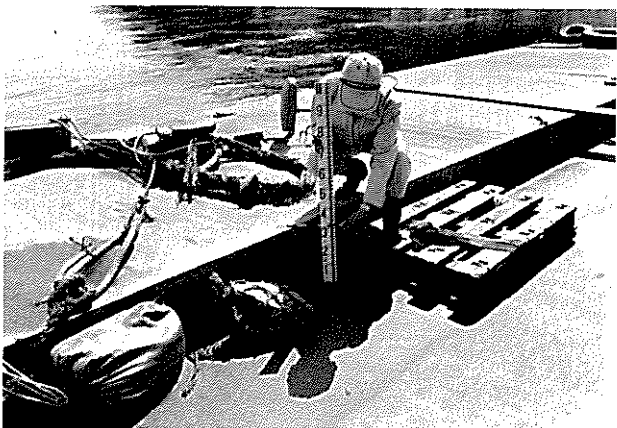


図6-25 戸賀港-3m物揚場の被害と復旧



写6-23 戸賀港-3m物揚場の被害



写6-24 同上

6-5 復旧工法

(1) 復旧の基本方針

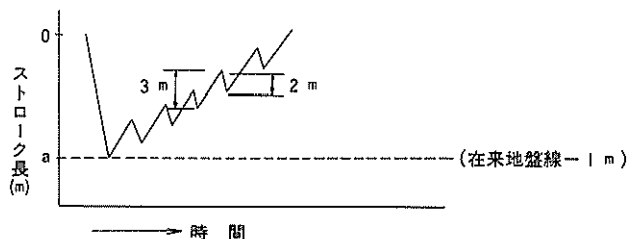
復旧の基本方針は、6-2(1)で述べたように、設計震度を現行の0.1とし、液状化対策を行なうこととした。

岸壁や物揚場は、被害程度が大きく、かつ地震後のボーリング調査でN値の低い所について液状化対策を行うこととした。また、復旧法線を極力変更しないこととしたが、大きくはらんだ所・著しく傾斜した所は、一部変更した。

アンローダーは、被害状況が各地点で異なるために、現地状況に合わせて復旧することとした。

次に、液状化対策工法の施工方針を記す。液状化対策は以下のようにする。

- 1) 旧矢板法線より2mの位置は、本体工への影響の軽減および、地下水位の低下を考慮して、碎石杭とする。
- 2) 旧矢板法線より4m以降は、振動締め固め工法を採用する。この引き抜き時ストロークは、下図のとおりとし、3m~2mを標準とする。



- 3) 振動ピッチは3.2m/本とする。
- 4) 地盤改良の目標平均N値は、N=13以上とし、全体の平均N値を10以上とする。

(2) 秋田港

1) 岸壁

これら岸壁の復旧にあたっては運輸省と県との協議により-9m以上の岸壁8バースを直轄災害復旧事業(直轄災)でおこなうこととし、-7.5m以下の岸壁12バースについては県が補助災害復旧事業(補助災)でおこなうこととした。直轄岸壁については、(表6-14)に示す。

① 外港-13m岸壁

a 被災原因

岸壁背後に多量の細砂が噴出した痕跡がみられることやエプロン部の大きな陥没現象から、地震により埋立地盤内で大規模な液状化が発生したものと推測される。

表 6-14 直轄岸壁の復旧構造型式

施設名	構 造 型 式 の 考 え 方
外港-13m岸壁 及び先端護岸	上部工を張り出し方式で打設し法線を合せる。埋立地盤は液状化防止対策として、振動締固め工法を用いる。マウンドは補修する。
大浜-10m 2号岸壁	鋼矢板式構造とし、背後には土圧軽減策として裏込石を投入する。控工は組杭とする。 又、埋立地盤の液状化防止対策として、振動締固め工法を用いる。
大浜-10m 3号岸壁	既設鋼矢板の前面に鋼矢板を打設し、両者の頭部をコンクリートで剛結する。既設の控工を極力再利用し、埋立地盤の液状化防止対策として、振動締固め工法を用いる。
中島-9m 1号岸壁	既設セルラブロックの前面に鋼管矢板を打設し、控工として直杭を打設する鋼矢板式構造とするが、ブロックの背面は裏込石構造となっており、液状化防止対策は行わない。
中島-10m 2号岸壁	既設鋼矢板の前面に鋼矢板を打設し、両者の頭部をコンクリートで剛結する。控工はアンローダー基礎の背後に直杭を打設する。又、地盤の液状化防止対策として、振動締固め工法を用いる。
中島-10m 3号岸壁	既設鋼矢板の前面に鋼矢板を打設し、両者の頭部をコンクリートで剛結する。又、埋立地盤の液状化防止対策として振動締固め工法を用いる。
向浜-10m 1号岸壁	既設鋼矢板の前面に鋼矢板を打設し、両者の頭部をコンクリートで剛結する。既設の控工を極力再利用し、埋立地盤の液状化対策として振動締固め工法を用いる。
向浜-10m 2号岸壁	既設鋼矢板の前面に鋼矢板を打設し、両者の頭部をコンクリートで剛結する。控工は組杭とし、埋立地盤は液状防止対策として振動締固め工法を用いる。

b 復旧方法

ケーソンは岸壁両端がはらみ出しているが、ケーソンの据付直しはおこなわず、現行法線より10~60cm張り出させ、上部コンクリートにより法線をそろえることとした。またケーソンより背後地盤は、液状化防止対策として振動締固め工法を採用することとし、陥没したエプロンは全面撤去し原形復旧することとする(図6-26)。

② 大浜-10m2号岸壁

a 被災原因

前出の大浜-4.5m岸壁と同様、新城川河口に位置しており、岸壁の背後に埋立土砂を投入し

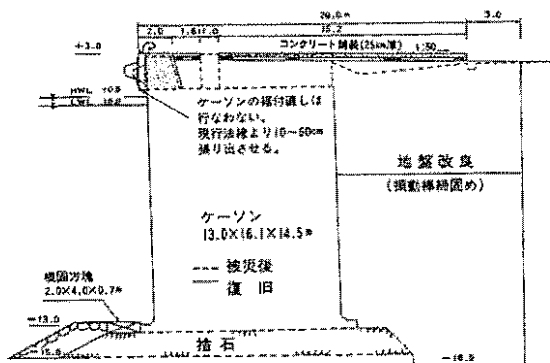


図 6-26 外港-13m岸壁復旧図

築造したためこの土砂が液状化したと考えられる。

b 復旧方法

当岸壁の前面が回頭水域であること、また新城川河口であることから、現行法線より1m内側を復旧法線とし鋼矢板式構造で復旧する。背後には土圧軽減策として裏込石を投入する。控え工は組杭とする。また、背後地盤の液状化防止対策として振動締固め工法を実施する(図6-27)。

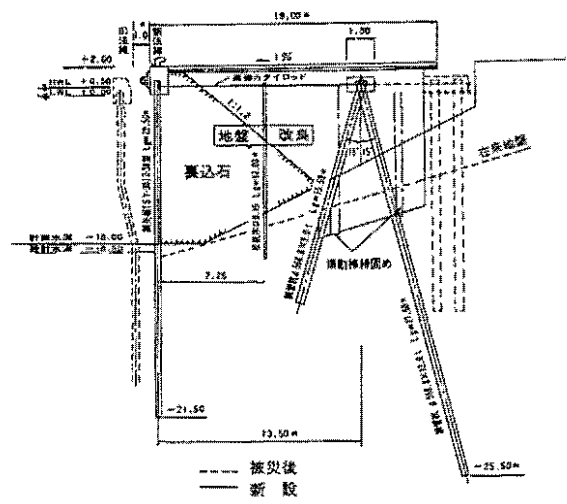


図 6-27 大浜-10m 2号岸壁復旧図

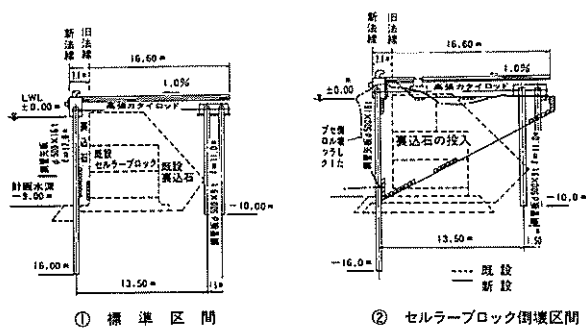
③ 中島1・2・3号岸壁

a 被災原因

エプロン部の沈下、背後ふ頭用地に噴砂の跡がみられることから、岸壁背後の液状化により被害を受けたものと思われる。

b 復旧方法

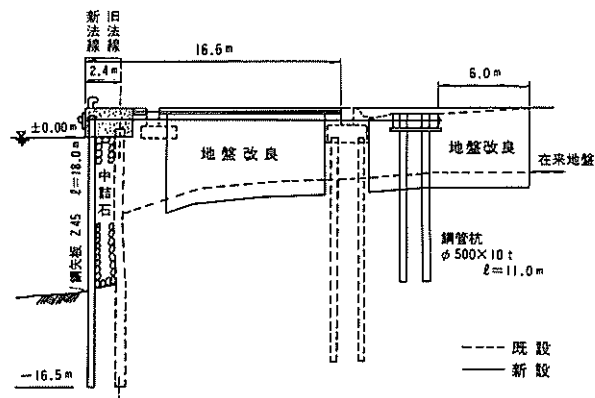
中島1・2・3号岸壁が連続バースとなっているので、岸壁の有効利用を図るためには3岸壁とも同一法線となるのが望ましい。このため、経済性と施工性を考慮して3岸壁とも2mの前出しをおこない、復旧法線とする。これは、前出しをすることにより既設の被災鋼矢板が暫



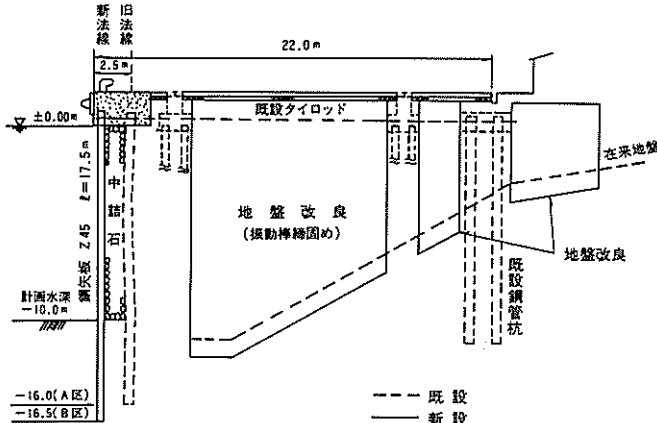
① 標準区間

② セルラブロック倒壊区間

(1) 中島1号岸壁の復旧



(2) 中島2号岸壁の復旧



(3) 中島3号岸壁の復旧

図6-28 中島1・2・3号岸壁の復旧方法

定的土留として利用できるからである。新規鋼矢板打設後は、被災鋼矢板と上部コンクリートにより頭部を一体化させるものとする。なお、中島1号岸壁は、鋼管矢板とし2・3号岸壁はZ型鋼矢板とする。背後については、中島1号岸壁が裏込石を投入するため液状化防止対策はおこなわず、2・3号岸壁については、液状化防止対策として地盤改良をおこなうこととする(図6-28)。

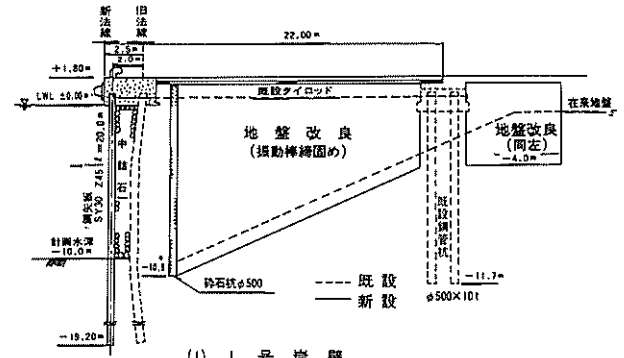
④ 向浜-10m 1・2号岸壁

a 被災原因

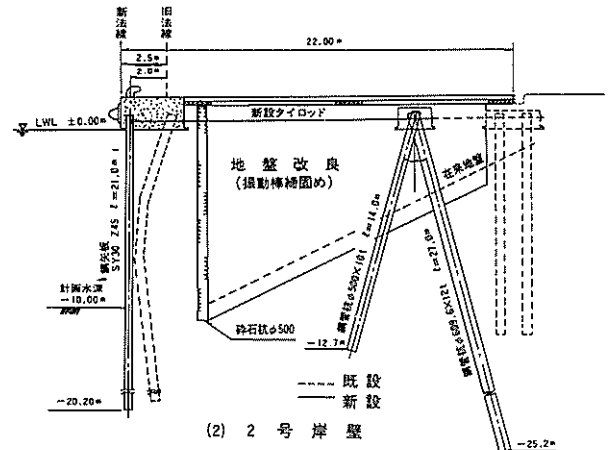
エプロンの陥没や周囲の噴砂現象により液状化現象が発生し、その影響により被害をおよぼしたと思われる。

b 復旧方法

被害を受けた鋼矢板は暫定的土留として利用可能なため、2mの前出しをおこない、新規鋼矢板を打込むこととする。上工部は新規鋼矢板と既設鋼矢板と一体化を図ることとする。控え工は1号岸壁については、既設杭をなるべく利用し、2号岸壁については組み杭構造とする。また背後は液状化防止対策として地盤改良をおこなうこととする(図6-29)。



(1) 1号岸壁



(2) 2号岸壁

図6-29 向浜-10m、1・2号岸壁の復旧

設杭を生かした増杭により復旧することとした。
また、海側レール基礎についてはケーソンの傾斜滑動により前後上下の出入りが生じたので、現地に合せ高さを調整することとする。

アンローダー本体は被災箇所の補修を行なった後、アンローダーの載っていないレール箇所の復旧をおこない、アンローダーの移動後に被災時にアンローダーの載っていた箇所の復旧をおこなうこととする。また、受電ケーブルは破断箇所が多いため、全面的にケーブルを布設しなおすこととする。

② 中島1・2号アンローダー

a 被災原因

1号アンローダー・2号アンローダーは、中島1・2・3号岸壁に建造されており、レール基礎の被災に関しては岸壁の被災と切り離して考えることはむずかしく、岸壁背後の液状化がアンローダーレールにも被災を生じさせたものと思われる。このことは岸壁法線の水平変位とアンローダーレールの水平変位とが一致していることから想定できる。

b 復旧方法

1号アンローダー・2号アンローダーは中島1・2・3号岸壁上にあるため、岸壁の復旧との整合性を考えて復旧をおこなわなければならないが、岸壁の復旧については、現行法線より2m前出しすることになったために、アンローダーレールの法線の移動および基礎の新設が必要となった。

また、本体についても2号アンローダーが修理不能、1号アンローダーも多額の補修費を必要とすることから、原形復旧することは工費的にも困難となり、他の荷役方式を検討した結果、移動式タワークレーンを新規導入することにした。

こうした方針により、2号アンローダーについては倒壊の危険があったため、知事の専決予算により倒壊防止策として早期に解体をおこない安全をはかった。

5) ふ頭用地

復旧にあたっては、道路と同様アスファルト舗装を取り壊したのち、路盤材の使用の可否を目視・ふるい分けにより判定したのち流用を決めた。

(3) 船 川 港

1) 岸壁

本港10m岸壁の本体工は、亀裂の入った天端を取り壊し、エプロンを含めて復旧する。

2) 物揚場

本港3m物揚場は、本体工を取り壊しL型ブロックにより復旧する。本港4m物揚場は(図6-32)に示すように、L型ブロックにより復旧する。

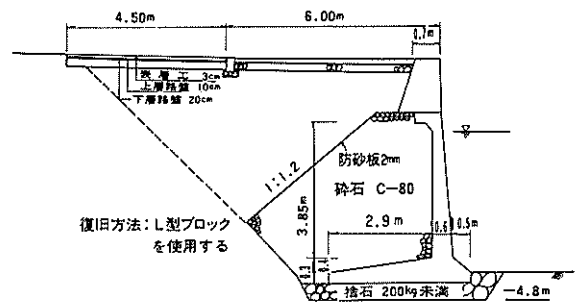


図6-32 船川港4m物揚場の復旧

3) 防波堤

金川地区のは、沈下したものを現場打コンクリートの嵩上により復旧する。本港地区は、亀裂をグラウトにより復旧する(図6-33)。

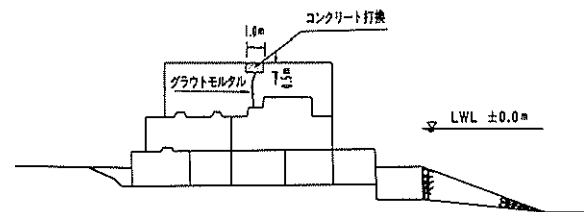


図6-33 船川港本港地区防波堤の復旧

4) 護岸

金川地区の護岸は前傾しており、この擁壁を取り壊し復旧する。

5) 臨港道路

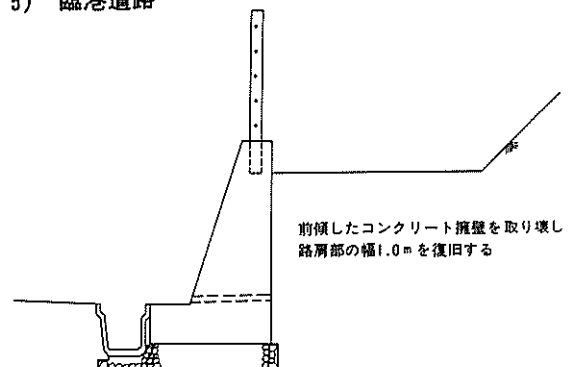


図6-34 金川地区道路擁壁の復旧

(図6-34)に示すように、前傾したコンクリート擁壁は取り壊し、路肩部の幅1.0mを復旧する。

(4) 能 代 港

1) 岸壁

中島1・2号岸壁の復旧方法は(図6-35)に示すように、コンクリート舗装を取り壊し復旧する。

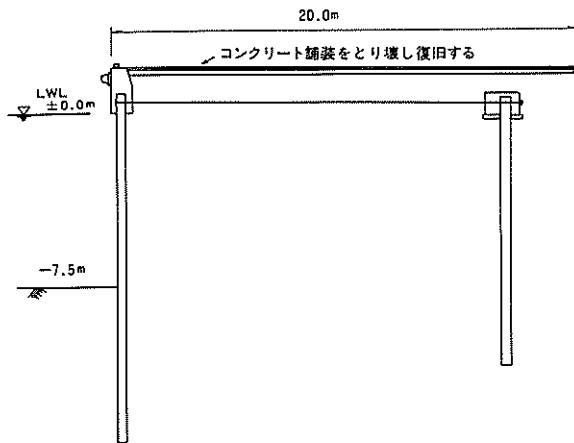


図 6-35 中島1・2号岸壁の復旧

2) 物揚場

下浜地区の-2mおよび-4m物揚場は、エプロンの亀裂や沈下を復旧する。中島地区の-2m物揚場は全面的に取り壊し復旧する。

3) 護岸

中島地区の護岸は、全面的に取り壊し復旧する。下浜地区の貯木場護岸は(図6-36)に示すように、前傾が著しいために、全面的に取り壊し復旧する。

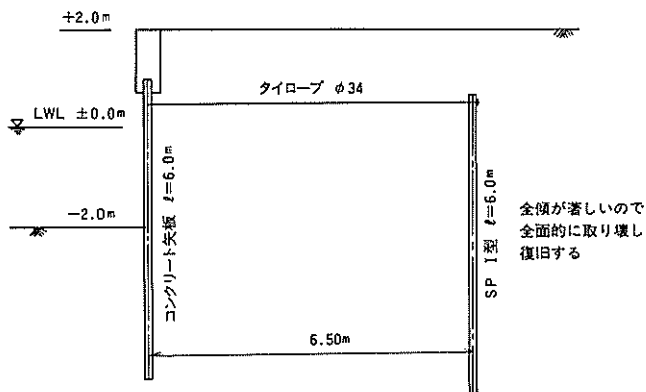


図 6-36 中島貯木場護岸の復旧

4) 波除堤

下浜地区以外の異形ブロック波除堤は、ブロックの積み直しにより復旧する。下浜地区の方塊式波除堤は、20m方塊が転倒したために、基礎工を作り、既設方塊ブロックを据付け、復旧する。

5) 臨港道路

米代川左岸堤防は、建設省の切替え盛土施工、本体転圧仕上げ後、路盤工・舗装工の施工を行う。上記以外の5箇所は、全面打替えにより復旧する(図6-37)。

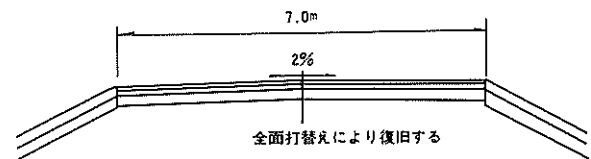


図 6-37 中島地区臨港道路の復旧

6) 階段護岸

復旧方法は(図6-38)に示すように、崩壊した

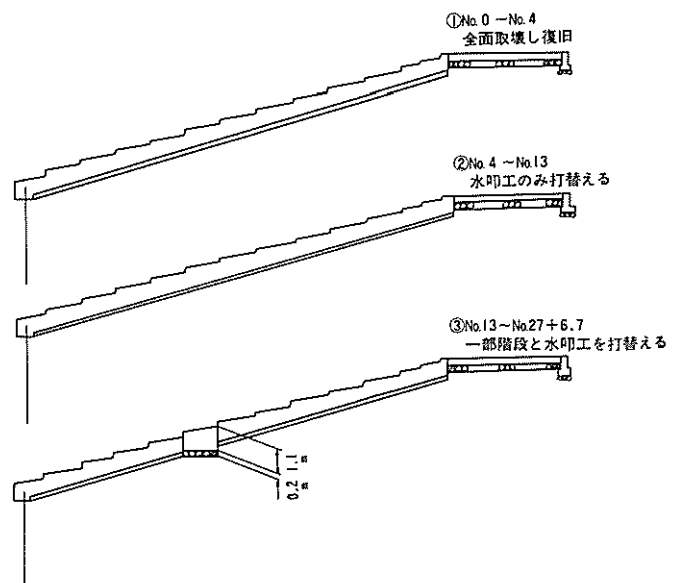


図 6-38 落合地区階段護岸の復旧

79.9m区間を全面的に取り壊す(図の①)。また、181.2m区間は水叩工のみ打替える(図の②)、283.6m区間は一部階段工と水叩工を打替える(図の③)。

7) ふ頭用地

復旧は、舗装および路盤工を撤去し、路床を十分締固めた後、路盤工および舗装工を施工する。

6-6 ま と め

今回の地震による被害状況と復旧概要について述べてきたが、この地震は我々に大きな負担をもたらしたと同時に、数々の教訓と貴重な資料を与えてくれた。

これら特徴と今後の対策について要約すると次のことがいえる。

(1) 港湾被害の特徴

秋田県の公共土木施設被害の中で、港湾被害の占める割合は約20%であり、また、地震被害の報道の中で港湾被害に関するものが多くみられた。これは、①津波により能代港で多数の犠牲者を出したこと、②液状化により秋田港が麻痺する程の大きな被害を受けたこと、③物流機能の低下により背後地域の経済活動に甚大な影響を及ぼしたことなど、代表的な被害形態が港湾に集中したためである。

地盤の液状化については、歴史地震においても、噴砂現象などの形で見出す事ができるが、昭和39年の新潟地震以来注目を集め、その後の研究により、発生メカニズムもかなりの部分が解明され、対策も講じられるようになってきている。現在の「港湾の技術上の基準」では「ゆるく詰まった飽和砂質土は地震により液状化し、構造物に被害を及ぼす事があるので、必要に応じて構造物の設計施工の際に、これを配慮するものとする」となっており（図6-39、図6-40）によ

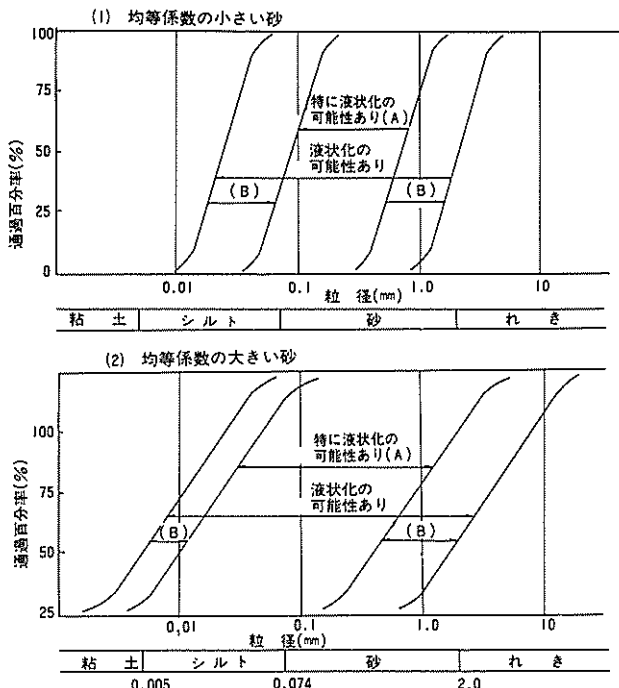


図6-39 液状化の可能性のある土の粒径分布

「港湾技術上の基準・同解説」より

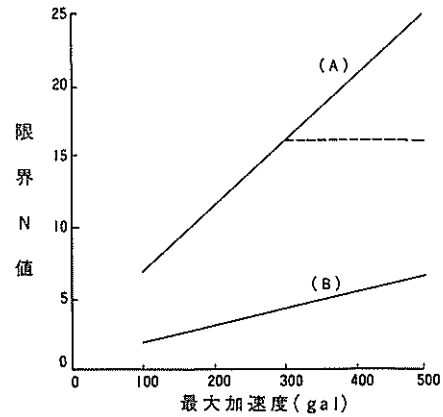


図6-40 液状化に対する限界N値と地震最大加速度

「港湾技術上の基準・同解説」より

り液状化判定をおこない、それによって対策をとることにしている。しかし秋田港の岸壁は1バースを除き、この基準ができる前に設計されたものである。また残り1バースについても液状化が発生しない範囲にN値がある事から、いずれも液状化対策はおこなわれていなかった。こうした状況は液状化による被害をより大きくした要因になっている。

(2) 今後の対策

今回の地震被害の経験を踏まえ、運輸省では全国の港湾を総点検の上、液状化対策をおこなうとともに、耐震強化対策を推進する方針である。

① 液状化対策について

砂地盤の液状化対策については、「港湾の施設の技術上の基準」に、適切な対策を施すことが明記されているが、秋田港の被害箇所のほとんどがこれ以前に設計されたために、大きな被害を受けている。このため、復旧にあたっては液状化対策を講じ、しかるべき工法により対処している。

また、運輸省では全国の港湾に対しても液状化の可能性を点検し、重要性和緊急性を反映して特定観測区域・並びにその周辺の重要港湾の大型けい留施設を対象として、昭和60年度から順次補強工事を実施していくこととしている。

② 耐震性強化対策について

秋田港の施設被害により背後地域への経済的影響は、応急復旧および暫定使用可能バースの選定処置により、最悪の状態を回避することができたものの大変大きなものであった。

運輸省ではこの実態を踏まえ、大規模地震が発生した場合に住民の避難や物資の緊急輸送が確保できるように（港湾施設に被害があっても港湾機能が完

全に麻痺することを回避するため）耐震強化バースの整備方針を打ち出し、液状化対策と同様の地域を対象に昭和60年度から順次事業を図っていくことにしている。

(3) む す び

今回の地震は港湾をはじめ道路・鉄道等の輸送路に大きな被害をもたらした。道路・鉄道については、能代市を中心とした秋田市以北に被害が集中したことや、橋梁などの重要構造物の被害が少なかったことにより、

生活物資の陸送に大きな混乱がなかった。また、港湾についても先に述べたように最悪の事態は回避することができた。しかし、もし陸送が不能になっていたとしたら、秋田港の被害状況からして海上輸送でこれをカバーできたかどうかを考えるとゾッとさせられる。この経験を貴重な教訓として地震に強い、そして緊急時にも頼りになる港湾を目指し、整備を進めていく所存である。

第7章 津波の概要

地震発生当日、日本海沿岸は移動性高気圧におおわれ、ほぼ晴れとなっており、本県の実も完全なナギの状態であった。

地震発生後、仙台管区気象台は東北地方の日本海沿岸に、大津波警報を12時14分に発表した。(表7-1)には気象庁から発表された津波予報を、(表7-2)は参考までに津波予報の種類を示す。

津波の第一波は、深浦(12時07分)、能代(12時26分)、戸賀(12時14分)などで引き波であり、それ以外の所は押し波で始まっている。阿部・石井(1983)により求められた津波浪源域は、南北170km、東西50kmの広大な領域である。

津波の特徴は以下のようになる。

- ① 深浦や男鹿では波源域までの距離は10km未満であり、第一波が6、7分でやってくる原因となった。これは小さな引き波であった。

- ② 次の押し波は振幅が大きかった。
- ③ 八森から男鹿にかけての遠浅海岸では、大振幅の押し波により段波を生じた。
- ④ 津波のエネルギーは、外海に向って放射された。
- ⑤ 島や半島の突端では津波波高が増加した。

津波の波高は、峰浜村で最大遡上高14.93mを記録したが、一般に能代市周辺で6～8m、男鹿半島付近で2～5m、秋田県南部で2m以下と小さくなる。

津波による本県の被害は、八森町から秋田市雄物川河口に至る海岸に集中し、83人の人命を奪うとともに、住宅・農業・漁業・林業・公共施設等におよんだ。(図7-1)に死者・不明者を示す。公共施設等の被害は、秋田港における水面貯木場からの木材の流出、能代港・岩館漁港での護岸や防波堤等の倒壊、峰浜海岸・八竜海岸での離岸堤消波ブロック(重量4t)の飛散などである。

表7-1 発表された津波予報(気象庁による)

沿 岸	北海道太平洋沿岸	北海道日本海沿岸	東北地方太平洋沿岸	東北地方日本海沿岸	新潟県～福島沿岸	福島～福井県沿岸	山陰地方日本海沿岸
津 波 警 報		ツ ナ ミ 発表 12時14分 解除 20時59分		オオツナミ 発表 12時14分 解除 20時58分	ツ ナ ミ 発表 12時13分 解除 21時01分		
津 波 注 意 報	ツナミチュウイ 発表 12時14分 解除 20時59分		ツナミナシ 発表 12時14分 解除 20時58分			ツナミチュウイ 発表 12時13分 解除 21時01分	ツナミチュウイ 発表 13時45分 解除 23時30分
発表気象官署	札幌管区気象台	札幌管区気象台	仙台管区気象台	仙台管区気象台	観測部地震課	観測部地震課	大阪管区気象台

表7-2 津波予報の種類(気象庁による)

予報の種類	予報略文	予 報 文
津波注意報	ツナミナシ	津波の来襲するおそれはありません。
	ツナミチュウイ	津波があるかも知れません。津波の高さは高いところでも数十センチメートル程度の見込みです。
	ツナミチュウイカイジョ	津波の心配はなくなりました。
	ツナミケイホウカイジョ	津波の危険はなくなりました。
津波警報	ツ ナ ミ	津波が予想されます。予想される津波の高さは、高いところで約2メートルに達する見込みですから、特に津波が大きくなりやすいところでは警戒を要します。その他のところでは数十センチメートル程度の見込みです。
	オ オ ツ ナ ミ	大津波が来襲します。予想される津波の高さは、高いところで約3メートル以上に達する見込みですから、今までに津波の被害を受けたようなところや、特に津波が大きくなりやすいところでは、厳重な警戒を要します。その他のところでも1メートルぐらに達する見込みですから警戒が必要です。

(注)「津波の高さ」とは、当該津波の来襲地域において、津波によって潮位が高くなった時点におけるその潮位と、その時点に津波がなかったとした場合の潮位(平滑したもの)との差であって、津波によって潮位が上昇した高さをいう。

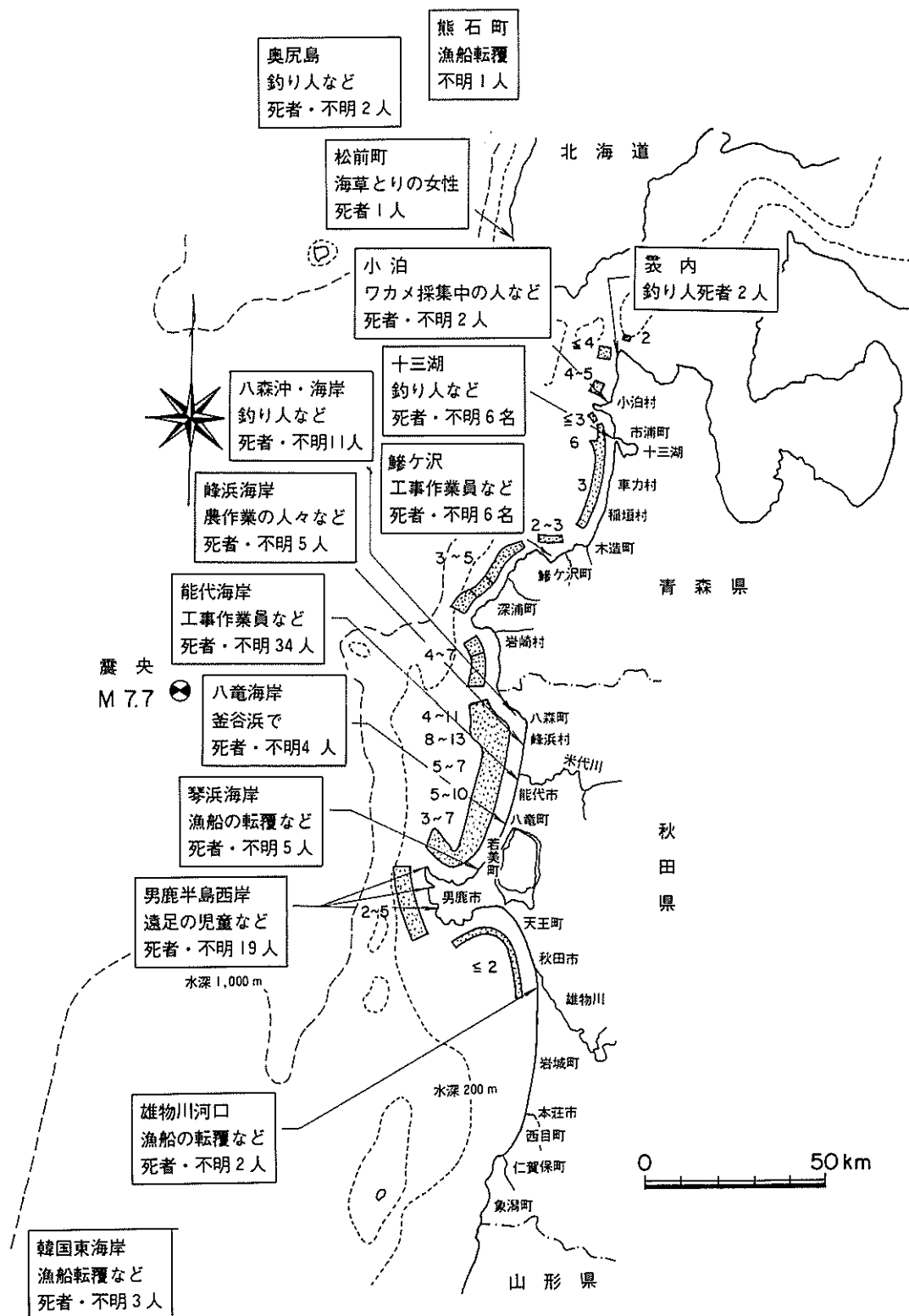


図 7 - 1 津波による死者・不明者（新聞情報等による）
（港湾技研資料、No.470より）

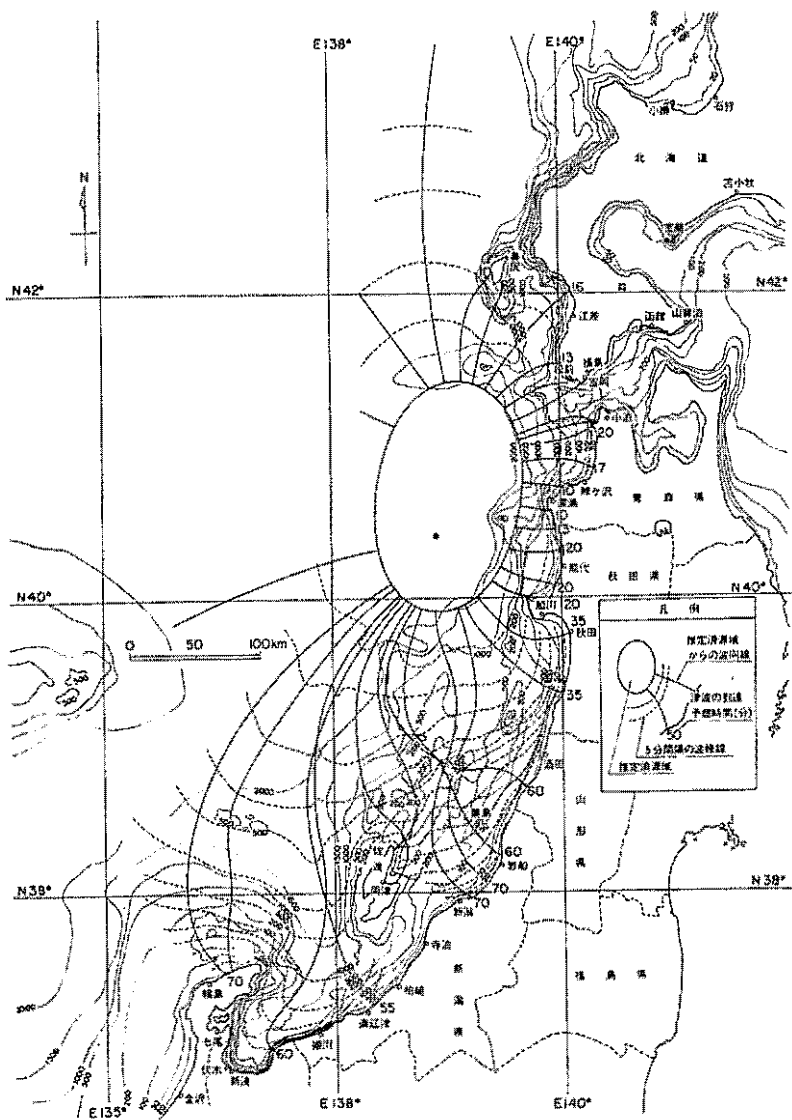


図 8-2 津波の伝播図(20km格子網における屈折計算結果)
(港湾技研資料、No.470より)

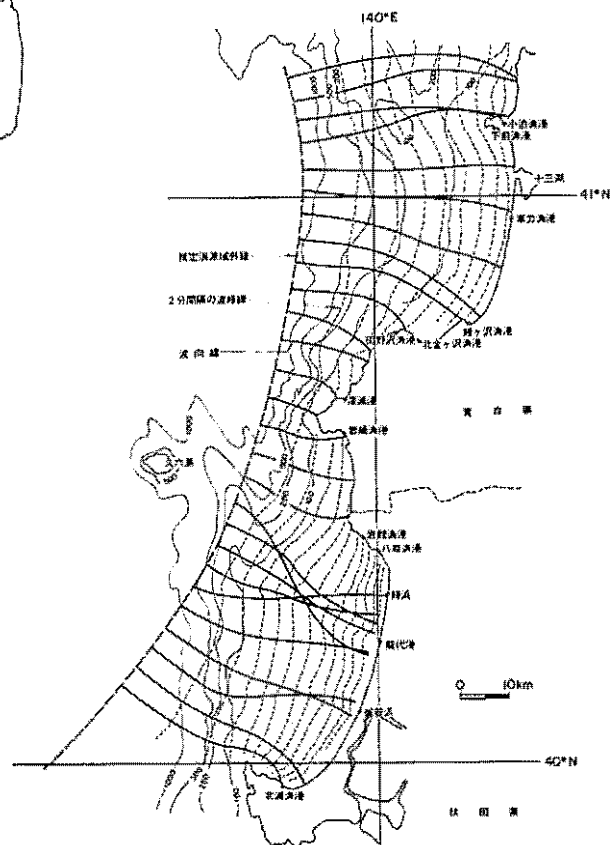


図 8-3 津波の伝播図(4km格子網における屈折計算結果)
(港湾技研資料、No.470より)

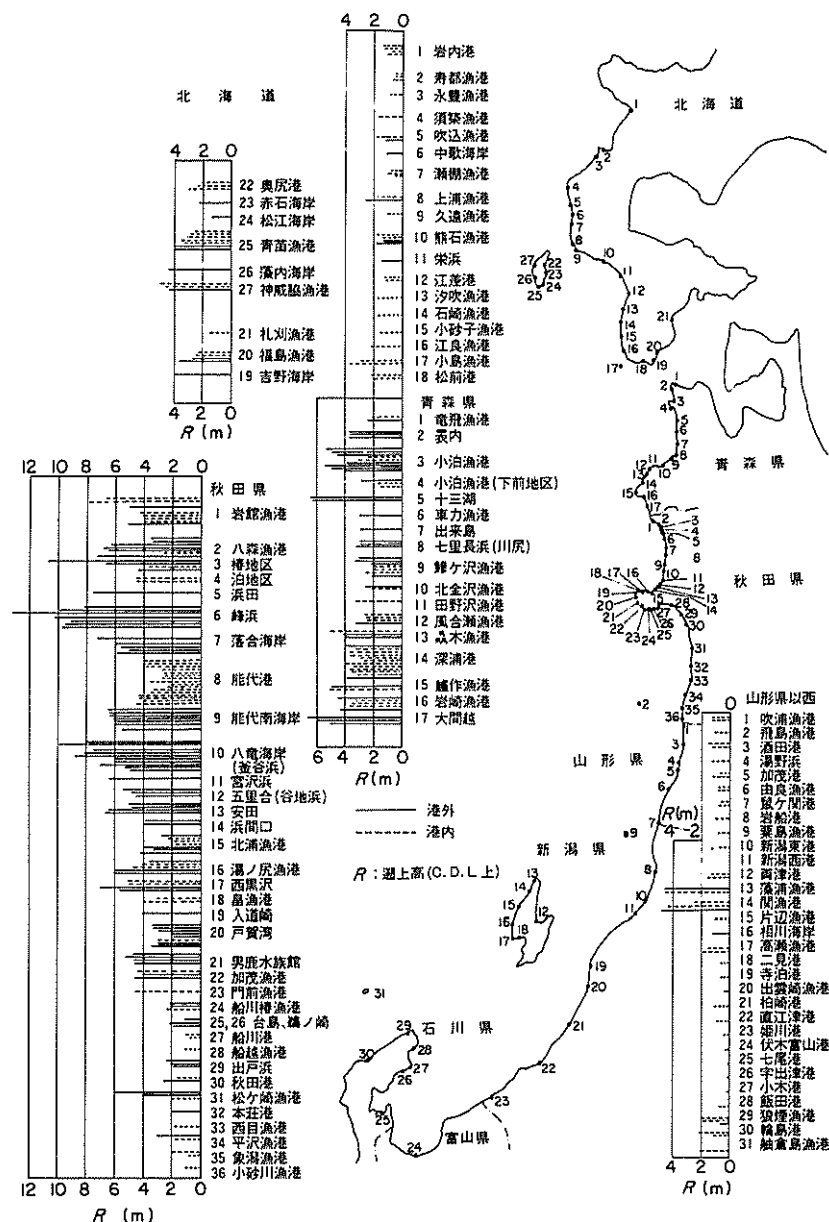


図 8-4 そ上高分布(C.D.L.L上)
(港湾技研資料、No.470より)

今回の津波の特徴として、以下の点が指摘されている。

- ① 検潮記録によると、津波の第一波は、江差・松前・寺岡・深浦・能代・船川では引き波で始まっており、その他の点では押し波で始まっている。これは、地震断層の方向がおおむね南北で、この断層の東側地域が同時に沈降したためと考えられているが、続いて来た押し波に比べて極めて小さな量であった。
- ② 周期は比較的短かく、10分程度であった。
- ③ 遡上高は男鹿半島から八森海岸にかけての非常に単調な海岸で、高い痕跡となっている。
- ④ 秋田県北部において、津波は、長周期波の上に10秒程度の短周期波が重なって段波状に来襲した。

⑤ 現地でのヒアリングによると、第一波目と第二波目とでは、来襲方向が異なって現われたところもあった。

⑥ 今回の津波は、非常に長時間にわたって続いており、警報が解除されたのは地震後約9時間もたってからである。これは、大陸と日本海の間の多重反射によるものとの考えもある。

⑦ 一般に、港内より港外での遡上高が高くなっているのは、今回の津波の周期が比較的短かったため、防波堤の縮切効果がある程度発揮されたものと思われる。

以上7点を掲げたが、各現象の原因のほとんどについて

は、まだ十分に説明がつけられておらず、今後も検討が進められるものと思われる（港研資料No470による）。

8-2 津波による被害の概要

(1) 一般被害の概要

今回の地震による県内の死者83人のうち、地震動による死者は4人で、ほとんどは津波によるものであった。内訳は、(表8-1)に示すように、港湾作業

中の犠牲者が約半数を占めており、その他遺失中の児童が13人・つり人が10人と、たまたま好天に誘われて海あるいは海辺に来た人々の犠牲も目立った。その他、津波による負傷者も115人出ており、大部分は能代港の港湾作業業者である。

人的被害の他、最大遡上高13m以上・浸水延長最大500m・河川遡上距離約4kmという記録的な津波のエネルギーは、様々な物的被害をもたらした。以下にその概要を述べる。

表8-1 原因別死亡者数

市町村		秋田市(名)	能代市(名)	男鹿市(名)	八森町(名)	八竜町(名)	峰浜村(名)	計(名)
地 震	倒壊物の下敷	1	1	0	0	0	0	2
	ショック死	0	1	1	0	0	0	2
津 波	港湾作業等	0	35	2	0	0	0	37
	漁船転覆	0	1	3	3	0	0	7
	船の見回り	0	0	0	2	1	0	3
	漁網修理	0	0	0	0	0	2	2
	魚釣り	2	0	3	5	0	0	10
	農作業等	0	0	0	0	2	3	5
	観光遠足	0	0	14	0	0	0	14
	その他	0	0	0	0	1	0	1
計		3	38	23	10	4	5	83

1) 住宅被害

能代港や八森で床上浸水65棟・床下浸水277棟の被害を出した。

2) 農業被害

峰浜村・能代市では海岸砂丘を越えた津波により、数10ヘクタールの水田が流失・埋没した。

3) 漁業被害

男鹿市や八森町の漁港を襲った津波は、防波堤を乗り越え、港内の漁船だけでなく背後の水産施設にまで大きな被害を与えた。被害は漁船625隻(県漁船総数の18.8%に当たる)と、定置網291統、利網17,394反(1反は約45m)が破損流出したほか、漁業協同組合の共同利用施設14棟22施設におよんだ。

4) 林業被害

被害が最も大きかったのは能代市落合の大開浜国有林で、全域にわたり浸水し、約40haの12年生～25年生のクロマツに倒木・根腐れなどを生じた。その他、能代市・八森町・峰浜村などの県有・民有林54haも同様の被害を受けた。

5) 公共施設被害

河川の被害は、津波の遡上により、米代川・竹生川等で護岸の裏込陥没・流出、堤体の崩壊がみられた。また、峰浜海岸では侵食防止用のブロック堤や離岸堤が散乱・転倒しており、最大4tの異形ブロックが最大135mも飛散した。

漁港の被害は、県管理漁港8港・市町村9港の計17港64か所におよんでいる。機能への致命的影響は出なかったものの離岸堤の散乱・流出や泊地・航路の埋塞などの被害を生じた。

(2) 港湾の被害概要

港湾の津波被害は能代港で著しく、火力造成工事の護岸ケーソンが640mにわたり移動・転倒し、同時に作業船やプレジャーボートなども数多く転覆した。これにより港湾作業員に多くの行方不明者が出、捜索のため21日間にわたり港の利用が禁止された。

・秋田港では急激な流れが発生し、水面貯木中の木が2万3千本も流出し、回収のため6日間にわたり航規制がおこなわれた。また、船川港では漁船が十隻転覆した。

被害のうち特筆すべきものは、能代港の護岸ケー

ンの移動である。まだ未完成断面であったものの据えつけてあった最大5,000tものケーソンが35函(延640m)にわたり最大70mも移動・転倒した。原因としては、津波の波圧力・静水圧・流体力等の作用が考えられるが(港研資料No470)、一波目の引き波による水位低下時に、より高い波高の第二波が来襲し、その波圧と堤内外の水位差により滑動・転倒した可能性が強いとしている。

次に目立つのは、能代港の貯木場内でのプレジャー

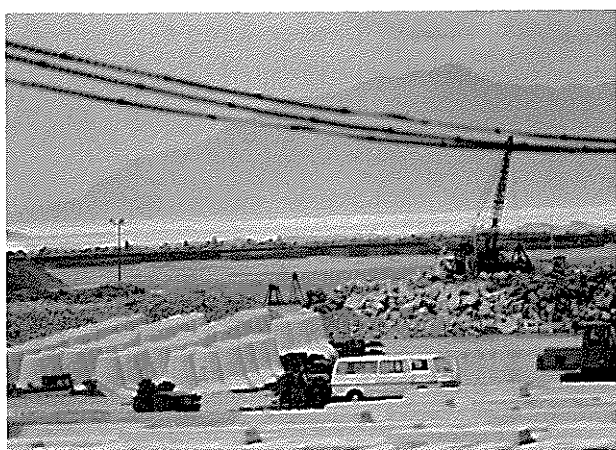
8-3 各港への津波の来襲状況

(1) 能代港

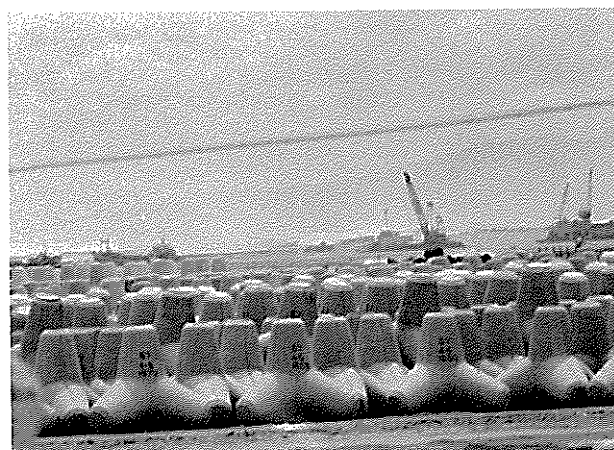
1) 来襲状況

検潮記録によると、能代港の津波襲来時間は地震発生から約26分後である。(写8-1~3)は防波堤に來襲している津波の第一波の状況であり短周期の波が碎波しながら來襲しているのがわかる。(図8-5)は港内での津波痕跡高図であり、港内で2~4m、港外で5~7mにもなっている。浸水区域も広範囲にわたっていた。なかでも、下浜地区は港奥で幅も狭くなっているために波高が増大し、住家21戸が床上・5戸が床下の浸水被害を受けた。

また、米代州右岸の落合地区では、津波が海岸砂丘をはるかに乗り越え砂防林の奥深くまで達し、浸水区域のクロマツが大量に枯れた。津波状況のヒアリング内容および浸水範囲は、(図8-6)に示す。



写8-1 能代港北防波堤への来襲



写8-2 能代港火力造成護岸への来襲



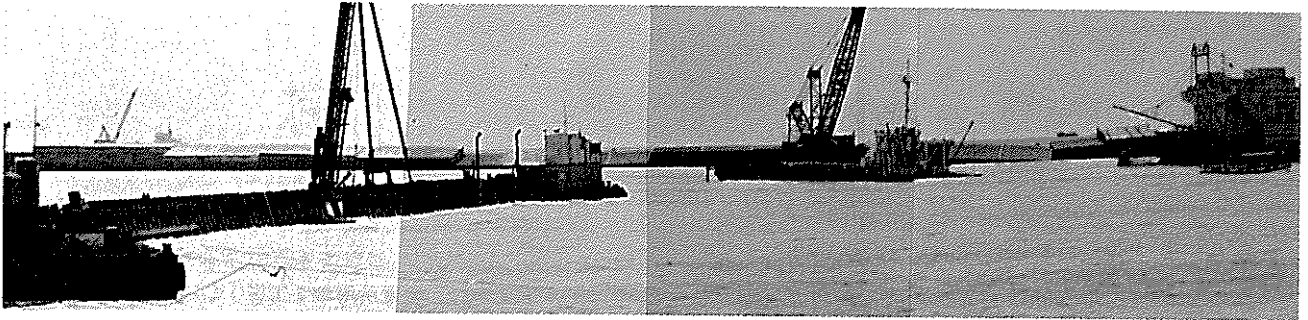
写8-3 能代港新南防波堤への来襲

2) 被害状況

被害が集中しているのは、火力用地造成工事等の現場である(写8-4)。この火力発電所は国のエネルギー政策の一環として、また地元経済の活性化を図ることを目的に立地が決定し、能代港の南側を約110ha埋立てて、180万kWの石炭専燃発電所を建設するものである。工事は昭和56年度に現地着工し、59年6月には埋立完成の予定であった。地震当時は外

周護岸などの海上工事がピークをむかえていた。工事の作業従事者数および犠牲者数は、(表7-2)に示すとおりである。被害者の多くは護岸上にいた陸上作業員で、海になれていない人が多かった事、昼食時で救命胴衣を脱いでいた人も多かった事なども犠牲者を多くした一因とみられている。

また同時に、護岸ケーソンが35函も移動・転倒したが、その状況を(図8-7)(写8-5)に示す。



写8-4 能代港火力用地造成工事の被害

表8-2 日本海中部地震時の能代港稼働状況及び被害状況

事業名 請負者数	状況内容 被害 程度 状況			稼働船舶(隻)			稼働重機類(台)						稼働作業員(名)						津波遭遇作業員(名)					負傷者(名)					不明者及び死亡者(名)				
	被害無	被害有	計	被害無	被害有	計	船上作業	護岸作業	陸上作業	小計	事務作業	計	船上作業	護岸作業	陸上作業	小計	事務作業	計	船上作業	護岸作業	陸上作業	小計	事務作業	計	船上作業	護岸作業	陸上作業	小計	事務作業	計			
火力用地造成工事 (秋田県) 8社	42	48	90	1	3	4	244	86	25	355	37	392	216	78	0	294	0	294	19	30	0	49	0	49	7	20	0	27	0	27			
重要港湾改修工事 (秋田県) 1社	7	6	13	0	2	2	28	24	10	62	17	79	27	19	0	46	0	46	4	3	0	7	0	7	2	5	0	7	0	7			
エネルギー港湾工事 (運輸省) 2社	8	2	10	9	4	13	33	0	105	138	22	160	33	0	0	33	0	33	2	0	0	2	0	2	0	0	0	0	0	0			
合 計	57	56	113	10	9	19	305	110	140	555	76	631	276	97	0	373	0	373	25	33	0	58	0	58	9	25	0	34	0	34			



写8-5 能代港火力用地造成工事におけるケーソンの被害

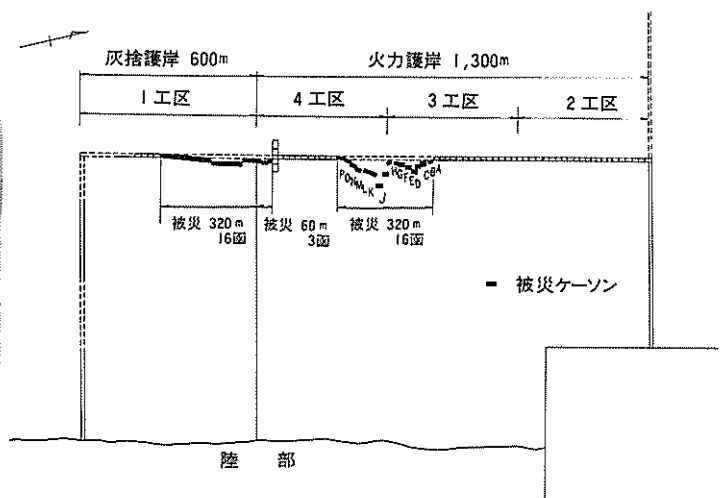


図8-7 移動ケーソン平面図

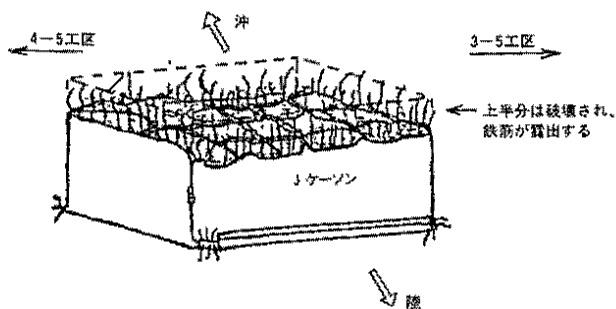


図 8-8 ケーソン状況の略図

最も移動したのは図中Jと示されたケーソンで、約 75 m も移動し、(図 8-8)に示すように、上半分は破壊され、鉄筋が露出している。地震当時のケーソンの施工状況は様々であり、平面と断面は(図 8-9～図 8-19)に示す。被害の大きい所は最も滑動抵抗の低いと思われる 3～4 工区境界の 320m16 函になり、その他として 1 工区の 320m16 函、4 工区の 60 m 3 函も被災した。被害による手戻り額は、火力用地造成工事で約 17 億 2 千万円、灰捨護岸工事で約 11 億 6 千万円の合計 28 億 8 千万円にものぼっている。

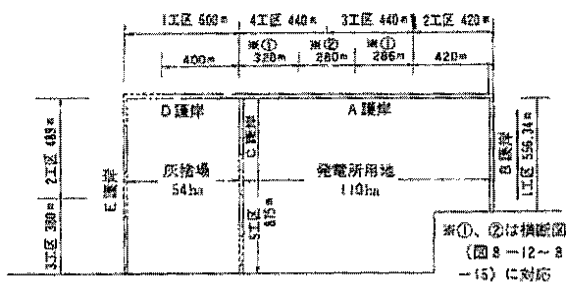


図 8-9 能代火力用地工程図

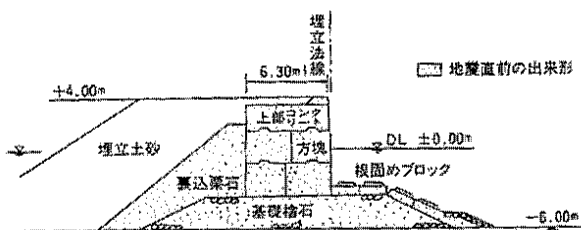


図 8-10 発電所用地 1 工区(B型護岸)横断面

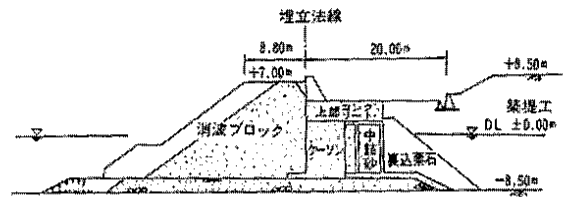


図 8-11 発電所用地 2 工区(A型護岸)横断面

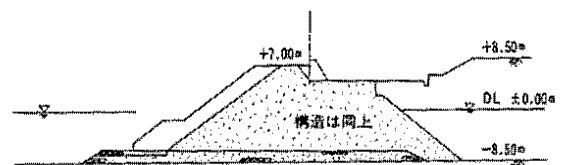


図 8-12 発電所用地 3 工区①(A型護岸)横断面

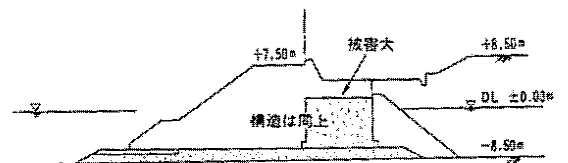


図 8-13 発電所用地 3 工区②(A型護岸)横断面

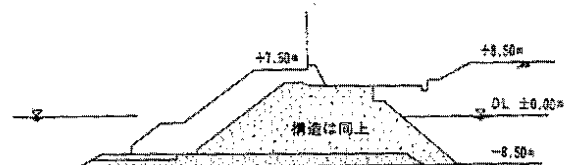


図 8-14 発電所用地 4 工区①(A型護岸)横断面

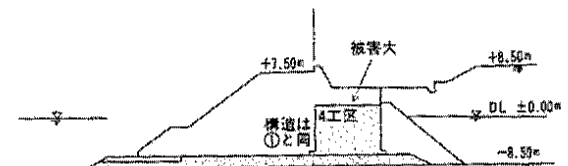


図 8-15 発電所用地 4 工区②(A型岸壁)横断面

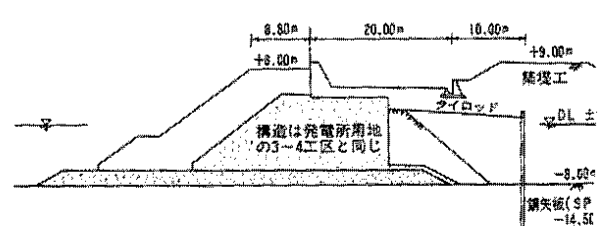


図 8-16 灰捨て場 1 工区(D型岸壁)横断面

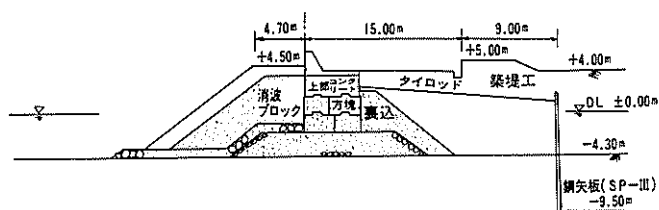


図 8-17 灰捨場 2 工区 (E 型岸壁) 横断面

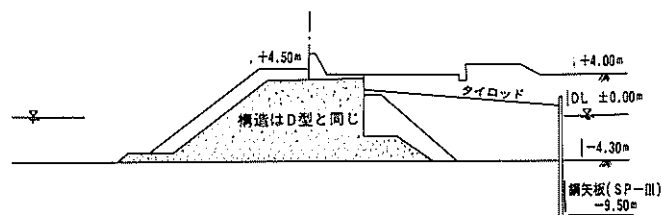


図 8-18 灰捨場 3 工区 (E 型岸壁) 横断面

また、各工区ごとの被害概要は (表 8-3) に示す。

被害の復旧にあたっては、県が東北大学・運輸省

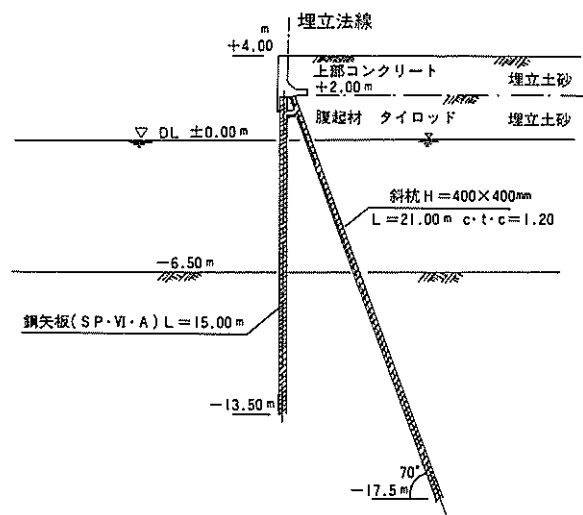


図 8-19 発電所用地 5 工区 (C 型護岸) 横断面

をはじめ各関係機関に依頼し、技術検討委員会を設置し、この議により復旧の基本方針を決定した。その内容を (表 8-4) に示す。

表 8-3 火力用地造成及び灰捨護岸工事の被害概要

工事名	工 区 名 (護岸種別)	被 害 概 要
火力造成工事	1 工 区 (A 護岸)	護岸背後の礫石、帆布及び裏込土が一部流出した。
	2 工 区 (")	護岸背後の礫石、帆布等が流出、散乱した。
	3 工 区 (")	据付けてまもないケーソン 8 函 (160m) が傾斜・転倒したほか、捨石・帆布・マット類・被覆石・根固方塊等が流出・散乱した。
	4 工 区 (")	前年度に据付けたケーソン 5 函 (100m) 及び据付けて間もないケーソン 6 函 (120m) が傾斜・転倒したほか、捨石・帆布・マット類・被覆石などが流出・散乱した。
	5 工 区 (C 護岸)	施工した 570.5m の内 515.5m にわたり鋼矢板・鋼杭、及び腹付工に座屈・切断・歪などの被害があった。
灰岸捨工護事	1 工 区 (D 護岸)	前年度に据付けたケーソン 20 函 (400m) の内、16 函 (320m) が移動・傾斜したほか、前面の消波ブロックの倒壊、帆布・マット類・捨石・被覆石・根固方塊などが流出・散乱した。

今回の被災によって用地工事は 1 年遅れるものの、発電所本体工事を短縮することにより、当初予定どおりの 1 号機運転開始 (昭和 65 年) を確保できる見通しから、全体工程計画への影響はない見込みである。

この他の被害として、浸水した下浜地区では、引き波時に護岸などの背後盛土が吸い出された。また昭和 58 年度中に完成予定であった落合地区の階段護岸が、544.7m にわたり堤体の破壊移動・基礎鋼矢板の切断などの被害を受けた。ここでは津波が護岸を完全に越流していることが主な被害要因であったものとみられている。さらに港内の護岸などに係留中のプレジャーボート 139 隻中 91 隻が転覆・損壊した。

3) 捜 索 活 動

本港は津波により多くの犠牲者を出した (5 月 26 日時点で死者 7 人・行方不明者 27 人・負傷者 58 人)。5 月 26 日午後 7 時には行方不明者捜索のため、能代港災害対策本部を設置し、捜索体制を確立した。

その後、捜索の長期化が予想されたこと、能代・山本地区での捜索の一体化の必要性とから、6 月 2 日には県が主体となった「日本海中部地震、能代・山本地方捜索活動連絡本部」が設立され捜索体制を一層強化した。最後の一名の遺体が発見された 6 月 15 日までの 21 日間にわたって、こうした捜索が続けられた。この間、(表 8-5) に示すとおり、動員された捜索員などは延べ 14,732 人、ダイバー 1,770 人、船艇 99 隻、小型飛行機・ヘリコプター 140 機等にのぼ

① 復旧の基本方針

早急に火力用地を造成すること。及び冬季風浪により、被害箇所が増進しないことも目的として、58年度中に前面護岸部（A-1、A-2 区間）をしめきることとする。

② 復 旧 計 画

施工可能時期が10月末までなので、その限られた工期内で最も効率よく安全な復旧断面を築造できるように施工方法、工程を組む。ケーソンは新規製作2函を行ない、その他は作り置きケーソン(10函)を流用する。

五 洋 工 区：No.15、No.16のケーソンは浮上させ据付直して対応。

(3 工区) No.17～No.22の水没ケーソン 6 函は埋殺しとし、作り置きケーソン 6 函を流用し据付ける。但し工程的に可能であればNo.21を浮上させ、東亜工区に使用する。

西 松 工 区：No.1～No.3、No.15のケーソンは浮上させ据付直して対応。

(4 工区) No.16～19の4 函は再使用不可なので埋殺しとし、作り置きケーソン 4 函を流用し据付ける。

No.20～No.21のケーソンは再使用不可なので埋殺しとし、新規にケーソン 2 函を製作し据付ける。

③ そ の 他

東 亜 工 区：被災後の現状に合せた法線で検討する。但し、基礎マウンドよりはずれたケーソン 7 函について (1 工区) は計画法線に戻すものとする。

No.13～No.1 の13函は消波ブロックを補充しストッパーとして裏込石-3 m まで投入し安定を図る。

前 田 工 区：陸側の矢板は引き抜き仮置し、海側については先端を仮巻き及び捨石で補強し越冬させる。 (1 工区)

三井不動産工区、加藤工区：本年度は先端を仮巻きで補強し越冬させる。

④ 復旧工程について

復旧に要する期間は約 1 年。

った。搜索にあたり、工事業者・海上保安部・地元消防・警察・漁協・不明者の家族等の協力はもとより、陸上・海上自衛隊や東京消防庁のダイバーなども要請した。また、港内全域が搜索範囲となったことから、一般船舶の入港が規制された。

(2) 秋 田 港

秋田港では検潮器が地震と同時に故障したため、正確な津波の来襲時刻は不明であるが、ヒアリング結果などから12時30～40分頃であったと思われる。

港内の津波の高さは、痕跡から1.4～1.8m と観測されている。ヒアリングによると、午後1時頃に海底が見える程水位が下がり、最大水位差は 3 m ぐらいにもなったと言われている。

津波による港湾施設および船舶への被害はなかったものの、水面貯木中の木材が2万3千本も流出した（写 8 - 6）。木材の係留方法は概ね（図 8 - 20）のとおりであった。木材は引き波に伴う急激な流れと渦流により、係留ワイヤーの切断やくさびが抜けるなどして流れ出したと思われる。

（図 8 - 21）に航空写真から求めた26日午後3時40分頃の内港部の流況図を示す。図から、流れの向きが周囲と逆向きになっている部分が数多く見られ、ここでは渦流が発生していたものと考えられる。流れの速さは、ヒアリングによる最大50馬力（61ノット）の船の全速と同程度であったとされている。

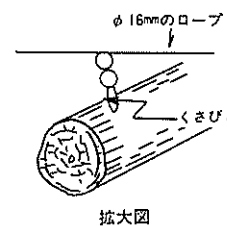
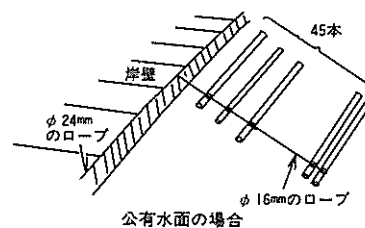
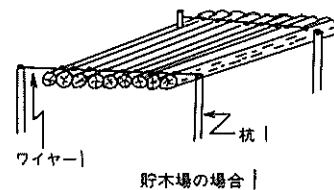


図 8 - 20 貯木場木材の係留方法

表 8 - 5 日本海中部地震能代港関係捜索体制

機 関 名	区 分	単 位	5月26日(木)		27日(金)		28日(土)		29日(日)		30日(月)		31日(火)		6月1日(水)		2日(木)		3日(金)		4日(土)		5日(日)		6日(月)		備 考
			員 数	累 計	員 数	累 計	員 数	累 計	員 数	累 計	員 数	累 計	員 数	累 計	員 数	累 計	員 数	累 計	員 数	累 計	員 数	累 計	員 数	累 計	員 数	累 計	
海上保安庁	巡 視 艇	機	3+4	3+4	5+8	8+12	5+6	13+18	4+6	17+24	4+6	21+30	4+8	25+38	3+6	28+44	2+4	30+48	2+4	32+52	3+6	35+58	3+6	38+64	3+6	41+70	本船+塔船
	小型飛行機	機	6	6	5	11	3	14	3	17	4	21	3	24	3	27	3	30	5	35	5	40	5	45	6	51	
	ヘリコプター	機	5	5	6	11	5	16	5	21	3	24	2	26	3	29	3	32	3	35	4	39	4	43	4	47	
	ダイバー	人	0	0	8	8	8	16	8	24	8	32	7	39	9	48	9	57	9	66	11	77	12	89	11	100	
海上自衛隊	職 員	人	92	92	141	233	133	366	120	486	110	596	114	710	111	821	80	901	80	981	110	1,091	109	1,200	110	1,310	
	自 衛 艦	隻	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1+3	1+3	2+5	3+8	2+5	5+13	2+5	7+18	2+5	9+23	2+5	11+28	2+5	13+33	自艦+塔船
	小型飛行機	機	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	ヘリコプター	機	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
陸上自衛隊	ダイバー	人	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	19	19	19	38	19	57	24	81	24	105	24	129	24	153	
	職 員	人	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	32	32	50	82	50	132	53	185	50	235	50	285	50	335	
	捜 索 員	人	0	0	55	55	50	105	0	105	0	105	3	104	3	111	3	114	2	116	2	115	2	120	2	122	
	車 両	台	0	0	8	8	4	12	0	12	0	12	2	14	2	16	2	18	1	19	1	20	1	21	1	22	
東京消防庁	捜 索 船	隻	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	ヘリ 0	ヘリ 0	2	2	2	4	2	6	2	8	2	10	2	12	
	ダイバー	人	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	8	14	22	14	36	20	56	14	70	14	84	14	98	
	職 員	人	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	3	4	3	7	2	9	2	11	2	13	2	15	
	車 両	台	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	2	1	3	1	4	1	5	1	6	
能 代 警 察 署	捜 索 員	人	50	50	25	75	25	100	25	125	25	150	25	175	25	200	25	225	25	250	25	275	25	300	25	325	
	職 員	人	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	5	10	15	0	15	
	車 両	台	10	10	6	16	6	22	6	28	6	34	6	40	6	46	6	52	6	58	8	66	10	76	5	82	
能 代 消 防 署 団	捜 索 員	人	0	0	30	30	28	58	35	93	0	93	0	93	0	93	0	93	0	93	0	93	0	93	0	93	
	職 員	人	4	4	0	4	0	4	0	4	0	4	1	5	1	6	4	10	4	14	4	18	4	22	4	26	
	車 両	台	2	2	0	2	0	2	0	2	0	2	0	2	0	2	1	3	1	4	1	5	1	6	1	7	
第一建設港湾局	捜 索 船	隻	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	2	1	3	1	4	1	5	1	6	1	7	
	職 員	人	0	0	0	0	2	2	3	5	3	8	13	21	13	34	13	47	13	60	13	73	13	86	13	99	
	車 両	台	0	0	0	0	1	1	2	3	2	5	2	7	2	9	2	11	2	13	2	15	2	17	2	19	
秋 田 県	職 員	人	28	28	29	57	30	87	24	111	21	132	22	154	22	174	22	198	28	226	27	253	28	281	27	308	市職員含む
	車 両	台	3	3	3	6	3	9	3	12	4	16	4	20	4	24	4	28	7	35	7	42	7	49	7	56	
北部漁業協同組合	捜 索 船	隻	0	0	0	0	2	2	2	4	8	12	8	20	10	30	10	40	10	50	10	60	10	70	10	80	浅内漁協含む
	職 員	人	0	0	0	0	27	27	15	42	91	133	96	229	70	299	59	358	64	422	60	482	61	543	62	605	
	車 両	台	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
安 全 協 議 会	捜 索 船	隻	21	21	43	64	60	124	50	174	56	230	62	292	37	329	45	374	48	422	51	473	52	525	57	582	
	ダイバー	人	0	0	18	18	48	66	43	109	45	154	51	205	45	250	57	307	53	360	53	413	50	463	49	512	
	捜 索 員	人	155	155	315	470	351	821	334	1,155	361	1,516	397	1,913	278	2,191	263	2,454	304	2,758	308	3,066	269	3,335	302	3,637	
	職 員	人	138	138	193	331	204	135	182	717	188	905	190	1,095	193	1,288	180	1,468	180	1,648	179	1,827	170	1,997	144	2,141	
そ の 他	車 両	台	42	42	77	119	87	206	89	295	87	382	91	473	87	560	89	649	92	741	90	831	89	920	72	992	
	捜 索 員	人	0	0	41	41	47	88	52	140	39	179	0	179	0	179	0	179	10	189	14	103	16	219	11	230	八竜・八郎潟
合 計	艇・艦	隻	3	3	5	8	5	13	4	17	4	21	5	26	5	31	4	35	4	39	5	44	5	49	5	54	
	小型飛行機	機	6	6	5	11	3	14	3	17	4	21	3	24	3	27	3	30	5	35	5	40	5	45	6	51	
	ヘリコプター	機	5	5	6	11	5	16	5	21	3	24	3	27	3	30	3	33	3	36	4	40	4	44	4	48	
	ダイバー	人	0	0	26	26	56	82	51	133	53	186	85	221	87	358	99	457	106	563	102	665	100	765	98	863	
	捜 索 船	隻	25	25	51	76	68	144	58	202	70	272	82	354	61	415	67	482	70	552	75	627	76	703	82	785	塔船も含む
	捜 索 員	人	205	205	466	671	501	1,172	446	1,618	425	2,043	425	2,468	306	2,774	291	3,065	341	3,406	349	3,755	312	4,067	340	4,407	
	職 員	人	262	262	363	625	396	1,021	344	1,365	413	1,778	469	2,247	463	2,710	411	3,121	424	3,545	450	3,995	447	4,442	412	4,854	
車 両	台	57	57	94	151	101	252	100	352	99	451	105	556	102	658	105	763	110	873	110	983	111	1,194	90	1,184		

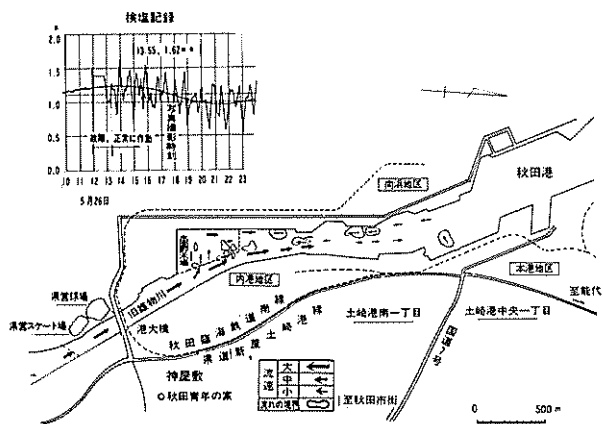


図 8-21 秋田港の津波による流動（空中写真判読による）



写 8-6 秋田港、木材の流出状況

(3) 船 川 港

船川港は、検潮記録によると12時27分頃引き波がはじまり、12時35分に第一波が来襲している。波高は1 m ぐらいであり、港自体が比較的オープンであることから顕著な被害はなかったが、平沢地区の船だまりにおいて漁船の破損および漁網の流出がおこった。なお、平沢地区の船だまりは、(図 8-22)に示すように、幅20m・長さ240m 程の水路により外海と通じている。津波はほとんどエネルギー減衰がなく遡上し船だまり内に侵入している。

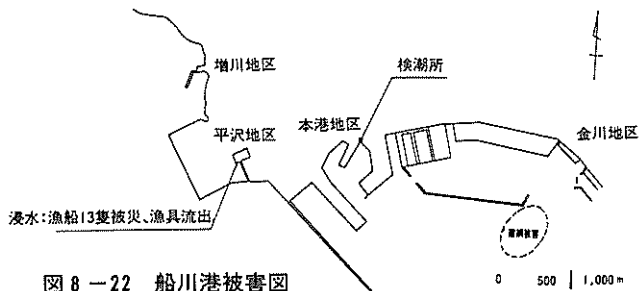


図 8-22 船川港被害図

(4) 戸 賀 港

戸賀港への津波来襲時間は、国土地理院の検潮記録などによると、12時10分前後であり、大津波警報の発令時間(12時14分)よりも前であった。人的被害としては、本港に隣接している男鹿水族館の駐車場において外国人(スイス人女性)1人が犠牲になったほか、本港の4~5 km南にある加茂青砂海岸において、遠足に来ていた小学校児童が津波にのみ込まれ、13人が犠牲になった。

港内での高さは(図 8-23)に示すとおり1.9m~5.4 m である。港内では平均でも約3 m ぐらい、港外の水族館付近では約5 m にも達している。

本港での施設被害は戸賀地区のみに見られ、物揚場・ふ頭用地・道路が傾斜・陥没している。施設は津波で浸水していることから、引き波による背後盛土の吸い出しなどの作用もあったものと思われる。

また、他の被害としては、停泊中の漁船が引き波による水位低下で海底に接触したために6隻の漁船が破損したり、漁網の流出・自動車の流出被害なども多数みられた。

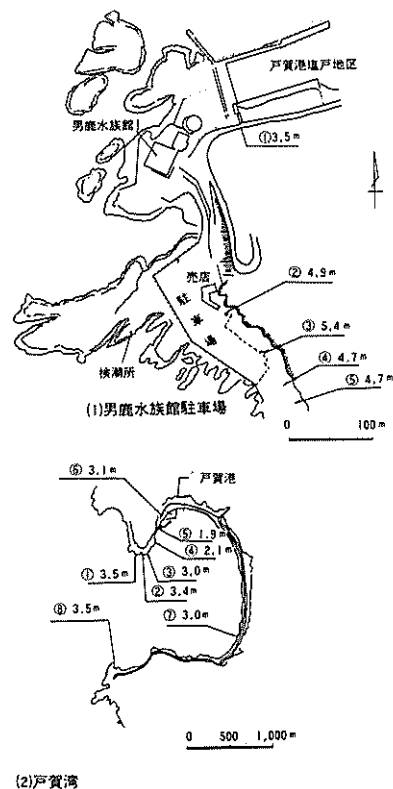


図 8-23 男鹿水族館、戸賀港の波高分布図

(5) 本 庄 港

本庄港での津波来襲時刻ははっきりしないが、周囲の状況から12時30分すぎとみられている。波高が突堤で2.2mまで達しているものの、大きな被害はなかった（図8-24）。

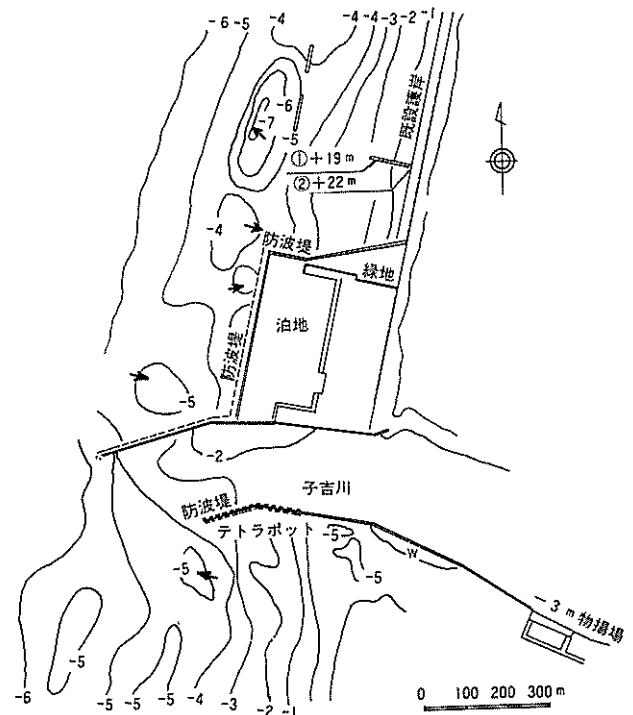


図8-24 本庄港波高分布図

8-4 ま と め

今回の津波は、歴史的にみても日本海側ではほとんど記録にない程の規模であった。今まで巨大津波が歴史的になかった要因としては、日本海を震源とする巨大地震の発生頻度が、太平洋側に比べて極めて少ないこと、またリアス式海岸のような海岸形状が少ないこと、などによるものと思われる。明治以降の三大津波としては、明治29年・昭和8年の三陸津波、昭和35年のチリ地震津波といずれも太平洋側でみられた。今回の津波は浸水高の比較ではチリ津波を上回り、湾形を考えると（V形湾は津波を増巾する効果がある）、二度の三陸津波にも匹敵するものと思われる。人的被害は、明治29年の津波で27,000人、昭和8年の津波で2,900人、チリ津波で119人となっている。

今回の津波は我々にさまざまな教訓を残してくれた。

第一は、津波にまったく無警戒であった県民に、強烈に「地震・即・津波」の意識を植えつけたことである。これは同時に本県のみならず、海に面するところであればどこにでも起こりうる事の証しでもある。

第二は、防災体制の不備が判明したことである。地震後14分で大津波警報が発令されたが、実際は10分から30分の間に第一波が来襲している。現在の連絡体制では警報等が発令された時、気象庁→県→市町村と伝達され、市町村がこれを受けて広報車などで住民に伝えることになっている。今回の場合、こうしたルートでの伝達は時間的に遅すぎ、全く役に立たなかった。このような反省から、海岸への直接的な情報伝達手段の設置が必要とされ、今後、国庫補助事業の中の海岸環境整備事業の一環として、昭和59年度から取り組むことにしている。

第三には、秋田港での木材の流出事故や船川港・能代港でみられた漁船・レジャー船の被害は、長水路での津波の破壊的な力によるものであり、今後港湾整備にあたっての安全面の一要素として検討する必要がある。

今回の津波は、これまで説明してきたように様々な特徴をもっていた。とりわけ規模の大きさ、可能性の低かった場所での発生、人的被害の大きさなどから、自然災害特有の気まぐれさや力の巨大さを、いやというほどみせつけられた。こうした貴重な体験は今後の防災や施設の基準などに十分反映させる必要があろう。

1983年日本海中部地震

港湾施設の被害と復旧

昭和59年 9 月

発 行 秋田県土木部港湾課

編集・印刷 株式会社 応用地質調査事務所

許可なく転載引用を禁ず

本書に掲載の地図は、国土地理院発行の50万分の1 地方図「東北」、5 万分の1 地形図「秋田」、2 万5 千分の1 地形図「能代」を使用したものである。

