

港 灣 技 研 資 料

TECHNICAL NOTE OF
PORT AND HARBOUR RESEARCH INSTITUTE
MINISTRY OF TRANSPORT, JAPAN

No. 58

Sept. 1968

被 災 防 波 堤 集 覽.....(編 集)設 計 基 準 部 設 計 基 準 課

運 輸 省 港 灣 技 術 研 究 所

要 旨

この集覧は、過去において防波堤がどのような災害を受け、それを如何に復旧したかを図面を中心に収録したもので、改修工事による断面変化も収録してあるので、1つの防波堤の断面の現在に至る変遷もわかるようになっていく。

防波堤の災害については、災害のたびに報告書など出る例もあったが、それらをまとめたものがなく、古い記録特に図面などは散逸しがちであった。そこで設計基準課において昭和41年から防波堤断面の変遷をトレースし、外力に対し如何に対処して来たかを調べ、それらの記録からできるだけものを汲み取り、できれば新しく設計なり施工なりに反映させたいと考えた。

調査範囲は原則として直轄港湾工事年報の昭和24年度版～39年度版に記載の災害復旧工事とした。ただし、北海道は数が多いので主なもの7港とした。調査対象港27港に対し各建設局、北海道開発局に調査を依頼し、その際災害復旧工事以外の手戻り工事も出来るだけ調査願えるよう依頼した。回答のあったものの中から図面の比較的揃っているものを選び、古い事例では気象、海象、構造物などのデータに不明点の多いものもあり精粗さまざまになったが、最終的に20港68ケースを収録した。なお、集覧の最後に「とりまとめ」としてここに収めた被災例の整理および収録した事例から調査担当者の感じたものを取りまとめておいた。

設計法が進んだとはいえ、やはりまだ過去の経験に頼ることも多く、計算どおりゆかないものも多い。災害は残念なことであるが、これはまた貴重な経験でもある。過去の貴重な経験を集めたこの集覧が今後の防波堤の設計、施工にいくらかでも参考になれば幸いである。しかし、いかにせん事例が少ないので、今後うずもれている貴重な経験が公にされ、同じ轍を踏むことがないようにその経験が生かされることを願うものである。

最後に厄介な調査に当って、多大の御協力を賜った皆様方に厚く御礼申し上げます。

昭和43年6月

編集担当者	設計基準部設計基準課
	北 島 昭 一 中 野 拓 治
	堀 井 修 身 柿 崎 秀 作
	降 旗 健 一 花 木 芳 雄

収録方法

1. 港を単位として北海道から順に配列した。主なものについては港の最初のところで対象防波堤の築造および被災の歴史を略述してある。港の中では防波堤別に古い被災例から順に収録し、改修工事による断面変化あるいは防波堤に延長工事などがある場合はその断面もできるだけ収録した。
2. 各ケースについて原則として原断面、被災断面、被災位置、復旧断面がわかるようにしてあるが、港を単位に収録し図面が重複するのを避けているため、古いケースに関係図面が入っている場合もある。
3. 調査表中の「被災断面の寸法」のところでは、できるだけ被災時の断面を扱ったが、適当な図面のない場合はそれに近いと思われる当初断面、原形復旧の場合は復旧断面について記入した。また、施工中の災害で被災時の完成状況不明の場合は完成断面について記入した。なお、調査表右肩の構造様式は、ここで扱った断面について記入してある。
4. 断面の寸法は原則としてメートル単位とし、その場合は単位を省略してある。
5. 調査表中に使っている β は波の入射角で、防波堤法線にたてた垂線から測った角度である。
6. 「被災数量」の欄では、直立部の被災数量は比較的是っきりしているが、捨石部の被災数量は復旧数量との区別のつかないものが多かった。しかし、大体においてこの量は等しい場合が多いので復旧施工量で被災数量に代えたものが多い。
7. 「被災時の自然条件」では、潮位は波浪最強時のものを記入して貰った。波高は観測、推定方法のわかるものはできるだけそれを記入したが、推定法不明のものも多かった。風速記録は大体においてその地方の気象台の記録をあげてあるが、一部事務所で観測値があげてある場合がある。

防波堤の被災年月一

年度 港名	21	22	23	24	25	26	27	28	29
小樽					25. ○南防波堤				
岩内					25. 西防波堤		27. 西防波堤	28.8(11号) ○西防波堤 28.11 ○西防波堤	29.5 ○西防波堤 29.9(15号) 西防波堤 30.2 西防波堤
網走					25.9(キジ ア) 乙部防波堤 丁部防波堤 甲, 乙突堤		27.10 甲部防波堤 ○乙部防波 堤		29.12 甲突堤
留萌		22.9 ○南防波堤	24.2 東防波堤 西防波堤 南防波堤	24.9(キテ イー) ○南防波堤					29.9(15号) ○南防波堤
根法華									
稚内							27.10 北防波堤		29.5 北防波堤 29.9(15号) 中防波堤
秋田	21.12 南防波堤 北防波堤		23.10 北防波堤		25.9(ジエ ーン) 25.12 ○南防波堤		28.1 南防波堤		29.9(15号) 南防波堤
酒田		23.1 南防波堤		24.10 南防波堤 北防波堤	25.9(ジエ ーン) 北防波堤		28.1 南防波堤		29.9(15号) ○北防波堤
新潟				24.10 西防波堤	25.12 西突堤		28.1 西突堤	28.12 29.1 西突堤	29.9(15号) 西突堤 30.2 西突堤
富山					25.10(ルビ ー) 25.12 東防波堤			28.9(13号) 東防波堤	
輪島									
八戸						26.4 西防波堤 27.3(津波) 北防波堤		28.9(13号) 西防波堤	
小名浜			23.9(アイ オン) 内防波堤 中防波堤	24.8(キテ イー) 東外防波堤 西外防波堤					
名洗									

覧 表 (昭和24年度版～39年度版の直轄港湾工事年報に依る)

30	31	32	33	34	35	36	37	38	39
				34.9(14号) 南防波堤 島防波堤 高島防波堤	36.2 島防波堤	37.1 島防波堤 ○貯木場防 波堤			
	31.9(12号) ○西防波堤		33.5 ○西防波堤	34.9(14号) 西防波堤	35.11 西防波堤	37.1 西防波堤		38.11 西防波堤 甲防波堤	39.11 甲防波堤
					35.12 丁部防波堤 36.1 ○東防波堤				
30. 北防波堤		32.11 南防波堤		34.9(14号) ○南防波堤 北防波堤	35.12 ○南防波堤 ○北防波堤	36.9(18号) ○南防波堤	37.11 ○北防波堤	38.11 南防波堤	
				34.9(15号) ○東防波堤	35.10 (24 号) ○東防波堤	36.10 (26 号) ○東防波堤		39.2 東防波堤	
	31. ○中防波堤					36.9(18号) 北防波堤 中防波堤			
	32.2 南防波堤	32.12 南防波堤				36.9(18号) 北防波堤			
						36.9(18号) 南防波堤			
30.10 (22 号) 西突堤 31.2西突堤		32.12 西突堤 33.2 西突堤	33.12 西突堤 34.2 西突堤						
	31.8(9号) 第一防波堤 31.12 ○第一防波 堤								
30.12 西防波堤 31.2 西防波堤	32.2 西防波堤				35.5(津波) ○河口防波 堤 35.10(24号) 河口防波堤	36.10 (24 号) 西防波堤			
					35.10 (24 号) ○西防波堤				
							37.8(12号) 防波堤	38.10(17, 19号) 防波堤	

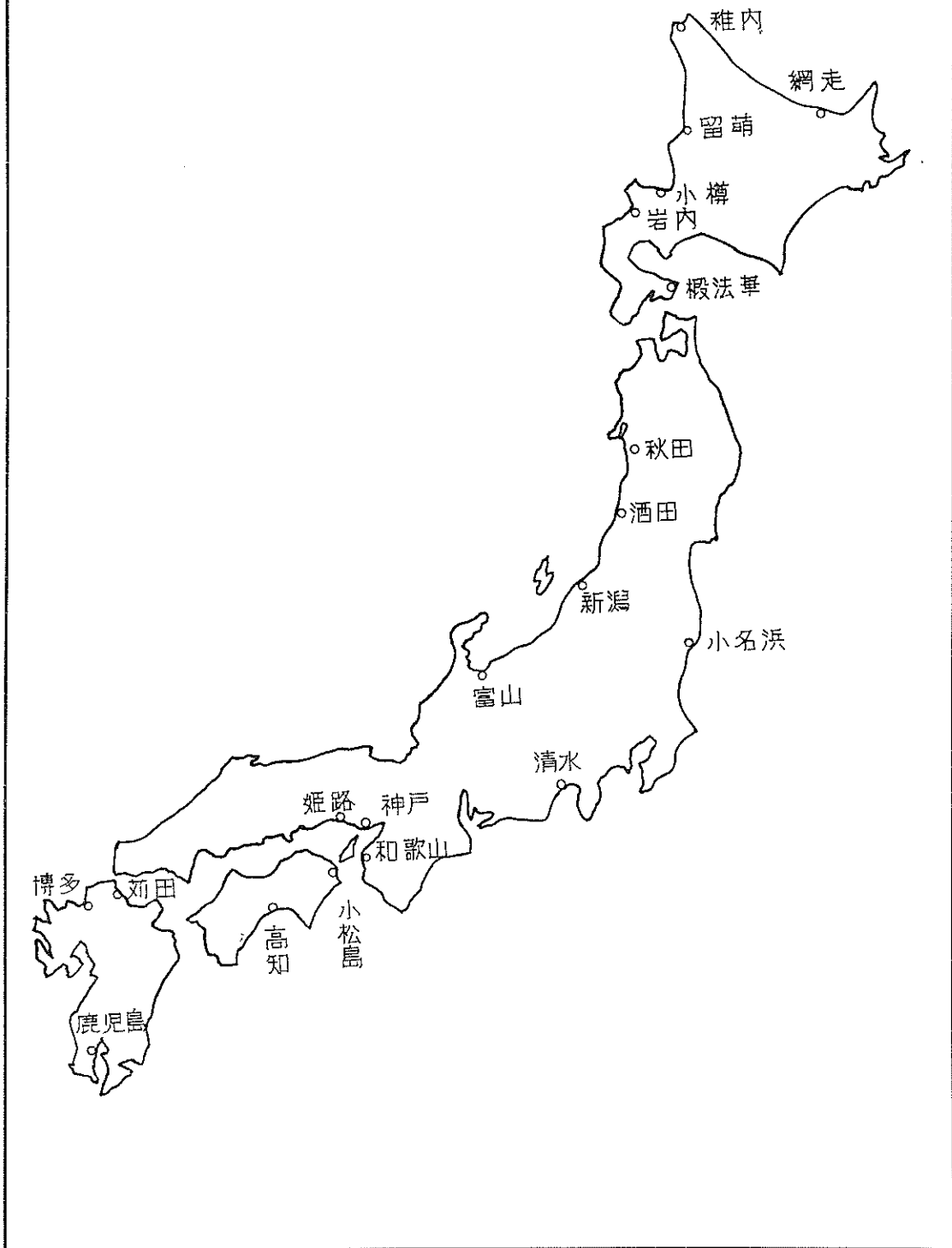
年度 港名	21	22	23	24	25	26	27	28	29
横 浜				24.8(キテ イー) ○外防波堤 内防波堤					
横 須 賀			23.9(アイ オン) ○久里浜防 波堤	24.8(キテ イー) ○東北防波 堤 ○久里浜防 波堤					
清 水				24.8(キテ イー) 江尻防波堤					
神 戸					25.9(ジェ ーン) 第一防波堤 第二防波堤 第三防波堤	26.10(ルー ス) 第一防波堤 第三防波堤			29.9(15号) 船溜防波堤
和 歌 山	21.12(津 波) 南防波堤 北防波堤				25.9(ジェ ーン) 南防波堤 北防波堤	26.10(ルー ス) 南防波堤 ○北防波堤			29.9(12, 14, 15号) 南防波堤 ○北防波堤
小 松 島					25.9(ジェ ーン) 北防波堤				29.9(12, 15号) 東防波堤 南防波堤 北防波堤
高 知						26.7(ケイ ト) 竜頭岬防波 堤			
宇 部					25.9(キジ ア) ○南防波堤				
菊 田					25.7(グレ イス) ○東波除堤	26.10(ルー ス) ○東波除堤			
若 松				24.6(デラ) 防波堤 24.8(ジュ デイス) 防波堤		26.10(ルー ス) 防波堤			
博 多					25.9(キジ ア) 船溜防波堤				
鹿 児 島						26.10(ルー ス) ○三五郎波 止場 ○新波止場			

注 この表は直轄港湾工事年報(24年度~39年度)のなかの防波堤の災害復旧工事を全部拾ったものである。た
に○印の附してあるのは堤体が移動あるいは破壊したもので、○印のないのは捨石、根固などが散乱した被災

30	31	32	33	34	35	36	37	38	39
	31.9(15号) ○東北防波堤								
			33.9(22号) 江尻防波堤						
									39.9(20号) 第一防波堤 ○第五防波堤
		32.8(7号) 南防波堤 北防波堤	33.(17, 21号) ○北防波堤	34.9(15号) 南防波堤 北防波堤	35.8(16号) 南防波堤 北防波堤	36.9(18号) 南防波堤 北防波堤			39.9(20号) 南港防波堤
30.(7, 8, 22, 23号) 竜頭岬防波堤									
								38.8(9号) 東防波堤	

だし、北海道は6港についてのみ拾った。表中で防波堤名をゴチックで書いたものが収録したもの、防波堤の頭を示す。また、防波堤の名称の下にアンダーラインを付したのは沈船防波堤を示す。

記載港湾位置図



被災防波堤集覽

目次

1	小樽港	9
1-1	島防波堤	10
1-2	北防波堤	14
2	岩内港	17
2-1	西防波堤	18
3	網走港	35
3-1	北防波堤	36
3-2	東防波堤	46
4	留萌港	48
4-1	南防波堤	49
5	榎法華港	61
5-1	東防波堤	62
6	稚内港	73
6-1	北防波堤	74
7	秋田港	78
7-1	南防波堤	79
8	酒田港	94
8-1	北防波堤	95
8-2	南防波堤	104
9	新潟港	121
9-1	西防波堤	122
9-2	西突堤	125
10	富山港	137
10-1	東防波堤	137
11	小名浜港	142
11-1	西防波堤	147
12	清水港	151
12-1	興津防波堤	151
13	神戸港	154
13-1	第一防波堤	157
13-2	第三防波堤	165
13-3	第五防波堤	170

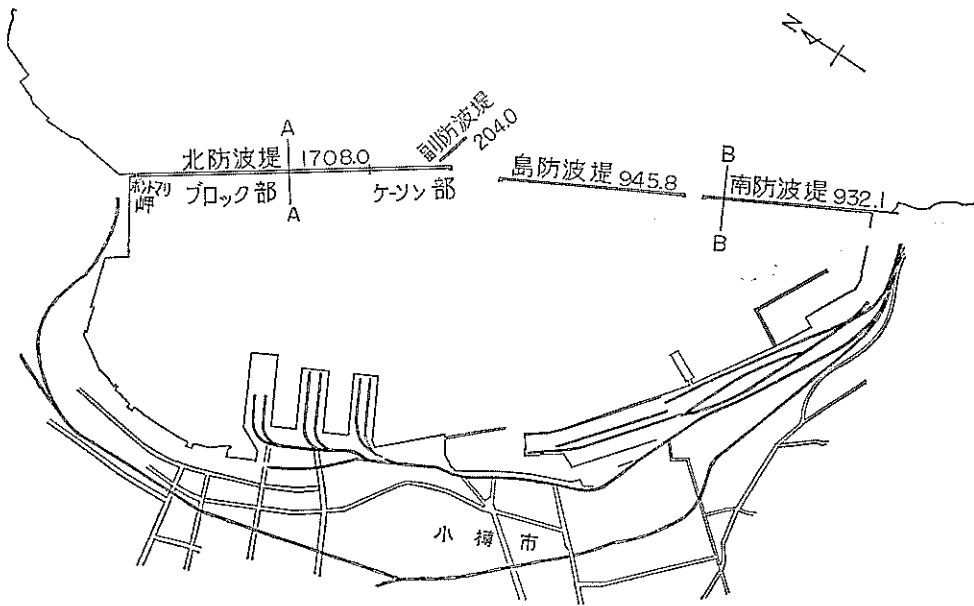
13—4	長田防波堤	173
14	和歌山下津港	177
14—1	本港南防波堤	178
14—2	本港北防波堤	181
14—3	北港西防波堤	183
14—4	本港副防波堤	191
14—5	南港防波堤	194
15	姫路港	196
15—1	飾磨東防波堤	196
15—2	妻鹿西防波堤	200
16	小松島港	203
16—1	北防波堤	203
17	高知港	206
17—1	竜頭岬防波堤	206
18	博多港	209
18—1	船溜防波堤	209
19	荻田港	212
19—1	東防波堤	212
20	鹿兒島港	215
20—1	新波止場	216
20—2	三五郎波止場	218
	とりまとめ	221

小樽港

小樽港の防波堤は、明治30年～41年の第一期工事により、まずブロック積構造の北防波堤が完成した。その延長は1,289m、壁体幅7.27m、天端高+1.97mである。続いて明治41年～大正11年の第一期拓殖計画工事により、ケーソン構造の島防波堤945.76m、北防波堤延長部419.06m、ブロック積構造の南防波堤932.12mが完成した。昭和4年からは北防波堤の先端から副防波堤が築かれ、昭和12年ケーソン構造で204mが完成した。

北海道諸港の工事は昭和26年度までは道工事、27年度から一部直轄になったので、それまでの詳しいことは不明であるが、小樽港の防波堤はほとんど災害らしい災害はなく、35年になって初めて南防波堤、島防波堤の根固の散乱を復旧した。39年12月の冬期風浪で、北防波堤の根固が散乱したが、その復旧と同時に昭和40年度から北防波堤、北副防波堤、島防波堤、南防波堤の嵩上工事(+3.00m)に着手し、42年度に完成している。

図一 小樽港平面図



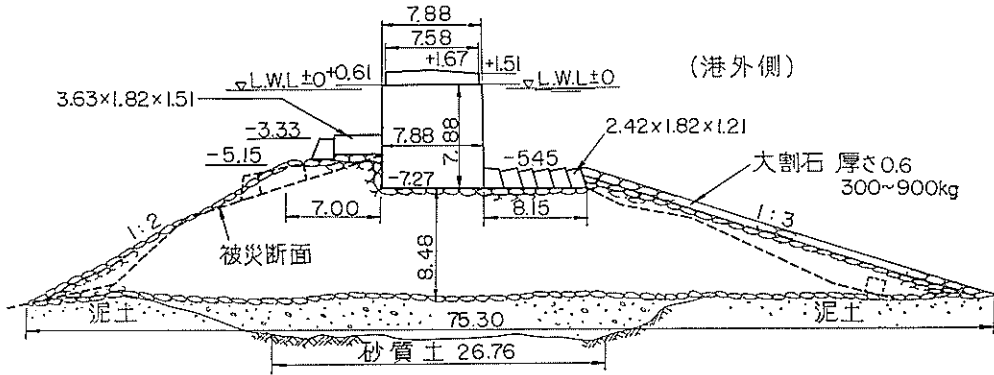
小 樽 港

混成防波堤(ケーソン)

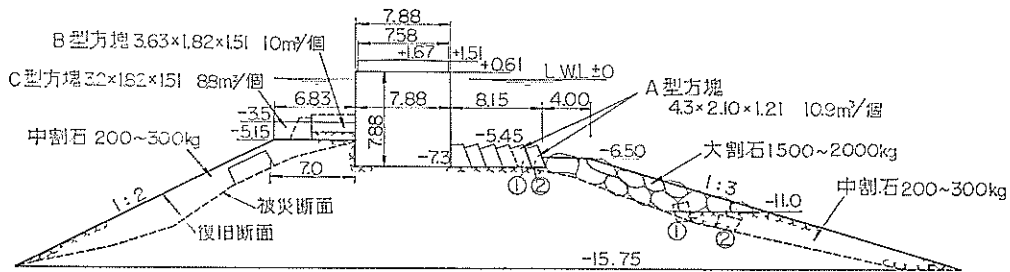
防 波 堤 名	島防波堤	完成年月日	大正10年		被災年月日	昭和34年9月18日		
被災原因とその状況	昭和34年9月12日に発生した台風14号の日本海北上により、小樽地方は最大風速30m/secを記録、波浪も5m(推定)に達した。この時化により島防波堤の南端から300mにわたり根固ブロックの散乱、被覆捨石流出の被害を受けた。							
被災断面の寸法 (図-2)	水深	-15.75	天端高	+1.67	L.W.L	±0.00	H.W.L	+0.40
	断面の全高	17.42		捨石高	8.48		壁体高	8.94
	捨石	底幅	75.3			天端高	-7.27	
		天端幅				ノリコウ配	外側	1:3
壁体	底幅	7.88	天端幅	7.58	底面高	-7.27	前面捨石 肩幅	外側 8.15 内側 7.00
直立部	ケーソン	寸法	幅7.88×高さ7.88×14.85					
		配合	1:0.8(火山灰):3.2:6.4					
		中詰	1:0.5():4:8					
	上部場所打	1:2.5:5						
捨石部	捨石	50kg以上						
	張石	1,800kg以下、復旧工事で300~900kg						
	根固ブロック	外側 2.42×1.82×1.21 内側 3.63×1.82×1.51						
	その他	延長560mは底幅27.2m、深さ3.64mをくず石で置換						
設計資料	広井式による碎波 波高不明							
被災数量	直立部	堤体のすべり						
		堤体の傾斜						
	捨石部	被覆捨石の散乱	4,220 m ³ 延長300m					
		基礎捨石の散乱	4,750 m ³ "					
		根固ブロックの散乱	351個 (内側330個(300m) 最大30m 散乱 外側 21個(51m))					
消波工の散乱								
その他								
被災時の自然条件	潮位	+0.6m			波高	H _{1/3} = 5m (S.M.B法)		
	最大平均風速	30m/sec (SW)			瞬間最大風速	40m/sec (SW) (測候所)		
復旧方法	原形復旧。なお、島堤築造当初、港外側に24tのブロックを4,5列に設置したが、散乱することがあり、図-2のような斜塊に変更、以後安定した。							

小 樽 港

图—2 復旧断面图 (34年災)



图—3 島堤復旧断面图 (37年災)



小 樽 港

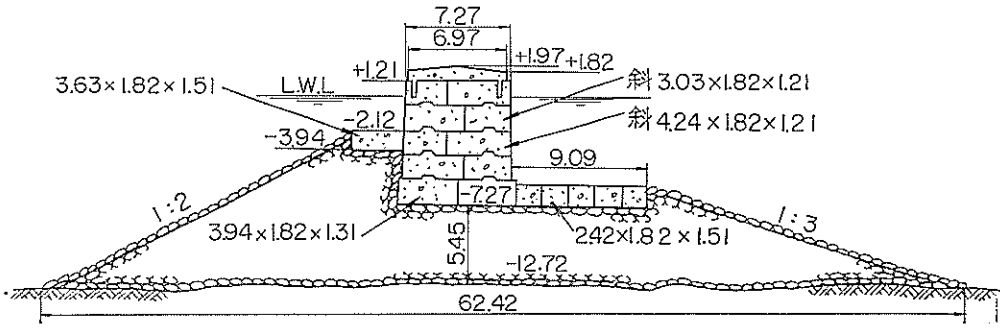
混成防波堤(ケーソン)

防波堤名	島防波堤	完成年月日	大正10年		被災年月日	昭和37年1月20日		
被災原因とその状況	昭和37年1月19日夜半より東の風が強くなり翌20日の午前1時頃には北～北々西に変わり暴風中心示度960mb, 瞬間最大風速20.8mに達し防波堤の越波が甚しく, 延長315m(北端側)にわたり捨石(基礎捨石10,510㎡, 被覆捨石12,880㎡)が散乱流失し, 根固方塊483個が移動する被害をうけた(中間部300mは36年2月災で復旧)。							
被災断面の寸法 (図-2)	水深	-15.75	天端高	+1.67	L.W.L	±0.00	H.W.L	+0.40
	断面の全高	17.42		捨石高	8.48		壁体高	8.94
	捨石	底幅	75.3			天端高	-7.27	
		天端幅				ノリコウ配	外側	1:3
	壁体	底幅	7.88	天端幅	7.58	底面高	-7.27	前面捨石
							幅肩	内側 7.0
直立部	ケーソン	寸法	幅7.88×高さ7.88×14.85					
		配合	1:0.8(火山灰):3.2:6.4					
		中詰	1:0.5("):4:8					
	上部場所打	1:2.5:5						
捨石部	捨石	50kg以上						
	張石	1,800kg以下, 復旧工事で200~2,000kg						
	根固ブロック	外側2.42×1.82×1.21	復旧工事で				外側4.3×2.1×1.21	内側3.2×1.82×1.51
	その他							
設計資料	広井式による碎波							
被災数量	直立部	堤体のすべり						
		堤体の傾斜						
	捨石部	被覆捨石の散乱	12,880㎡	(大割石4,410㎡) 中 " 8,470㎡)延長315m				
		基礎捨石の散乱	10,510㎡	(中割石) " 315m				
		根固ブロックの散乱	483個	{内側 353個 外側 130個				
		消波工の散乱						
その他								
被災時の自然条件	潮位	+1.03m			波高	H ^{1/3} =4.5m(S.M.B法)		
	最大平均風速	13.2m/sec(NNW)			瞬間最大風速	20.8m/sec(NNE)(測候所)		
復旧方法	原形復旧(図-3参照)。							

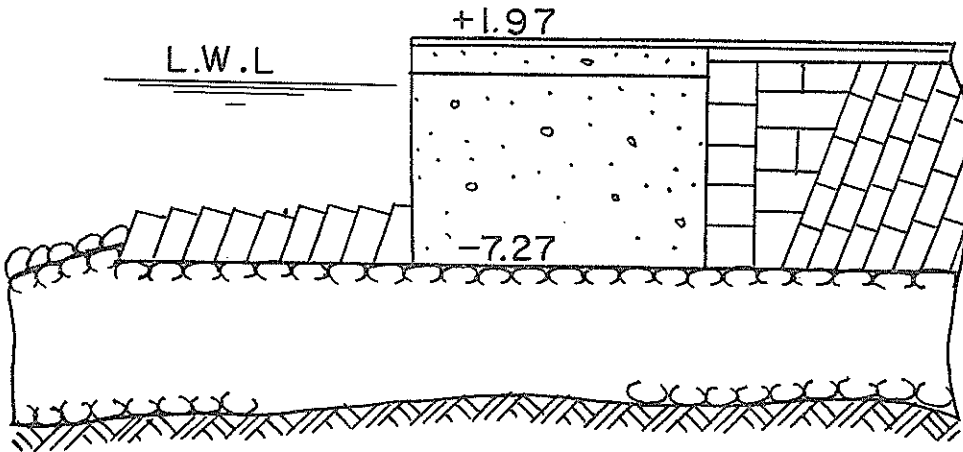
小 樽 港

南防波堤の当初断面は図一4に示すとおりである。ブロックは図一5に示すように傾斜積みになっている。35年度に先端から730mの災害復旧工事（原形復旧）を行なったが、図一6は工事前の断面である（図一1参照）。

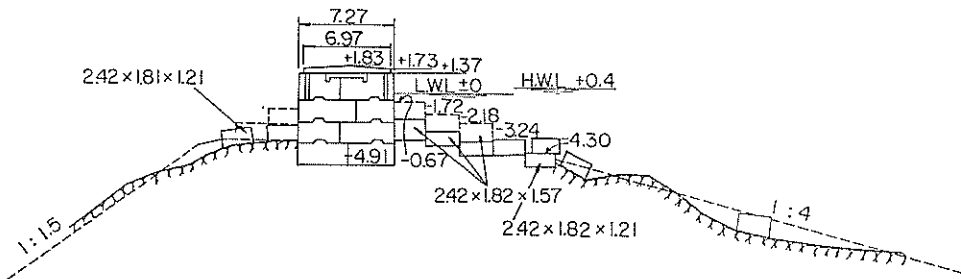
図一4 南防波堤標準断面図



図一5 南防波堤先端側面図



図一6 B-B断面図



小 樽 港

混成防波堤(ブロック)

防波堤名	北防波堤	完成年月日	明治41年	被災年月日	昭和39年12月1日				
被災原因とその状況	昭和39年12月1日優勢な低気圧970 mbの上陸により(平均風速14.5m, 瞬間20.5m)波高4.1mに達する激浪となり, 防波堤延長1,392mにわたり内側捨石3,100㎡外側17,600㎡が流出され, また内外側の根固ブロック1,822個が移動または流失し防波堤基礎部が非常に不安定となった。								
被災断面の寸法 (図-7)	水深	-14.10	天端高	+1.97	L.W.L	±0.00	H.W.L	+0.40	
	断面の全高	16.07		捨石高	8.50		壁体高	7.57	
	捨石	底幅	78.18			天端高			
		天端幅				ノリコウ配	外側	1:4	内側
壁体	底幅	7.88	天端幅	6.97	底面高	-5.60	前面捨石肩幅	外側 12.10 内側 7.0	
直立部	ブロック	寸法	斜塊4段積 3.03×1.82×1.21, 14.7t 3.94×1.82×1.21, 19.1t 4.24×1.82×1.21, 20.5t						
		配合	1:0.8(火山灰):3.2:6.4						
		中詰							
	上部場所打	1:0.25(火山灰):3:6							
捨石部	捨石	比重2.5以上の安山岩 100kg~1,000kg							
	張石								
	根固ブロック	2.42×1.82×1.21 (5.3㎡) 2.42×1.82×1.52 (6.1㎡)							
	その他								
設計資料	広井式								
被災数量	直立部	堤体のすべり							
		堤体の傾斜							
	捨石部	被覆捨石の散乱	17,600㎡						
		基礎捨石の散乱	3,100㎡						
		根固ブロックの散乱	外側958個, 内側864個						
	消波工の散乱								
その他									
被災時の自然条件	潮位	+1.21m			波高	H ¹ / ₃ =4.1m(S.M.B法)			
	最大平均風速	14.5m/sec(SW)			瞬間最大風速	20.5m/sec(SW)(測候所)			
復旧方法	原形復旧。図-7,8は当初断面, 図-9はブロック部の被災断面で, その位置は図-1に示してある。								

小 樽 港

図-7 幹部ブロック積断面図

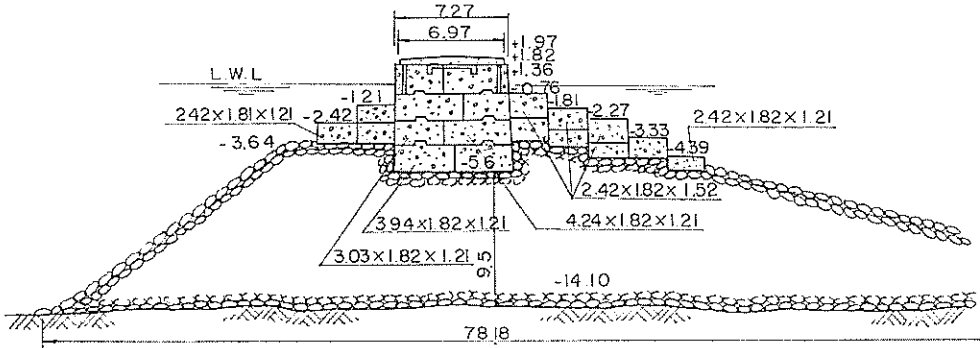


図-8 ケーソン部断面図

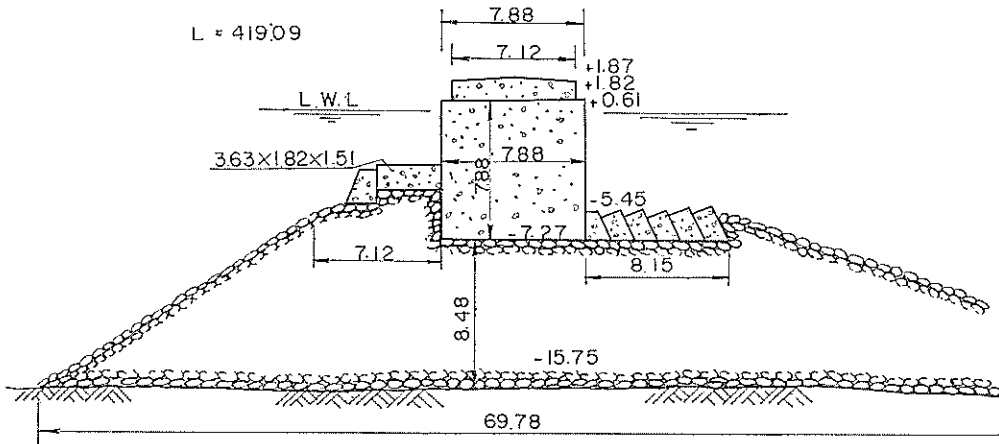
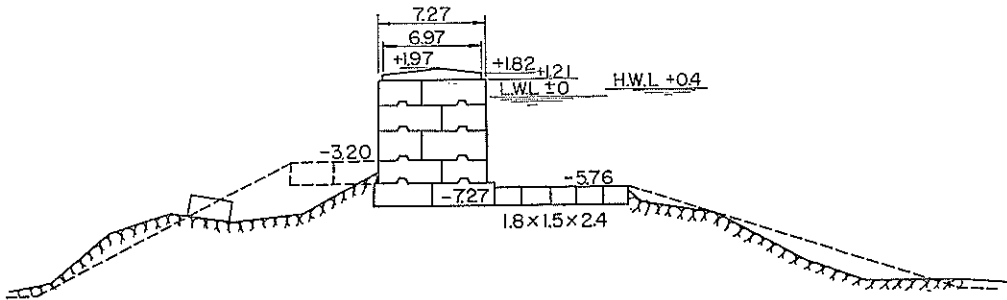


図-9 A-A 断面図



小 樽 港

小樽港の防波堤は40年度から改修工事で嵩上げが行なわれた。北防波堤は40, 41年度で1,300m, 島防波堤は41, 42年度で905m, 南防波堤は先端部を除く776mが42年度に, 北副防波堤(当初断面を図-10に示す)は41年度に全長204mが, それぞれ+3.00mに嵩上された。島防波堤, 北防波堤の嵩上工事の設計条件は, 波高5mの広井式による破波, その入射角は45°に15°の余裕を見て $\beta=30^\circ$ とし, 堤体背後の捨石も滑動に対し抵抗するものとしている。図-11に島防波堤の嵩上標準断面を示す。

図-10 北副防波堤断面図

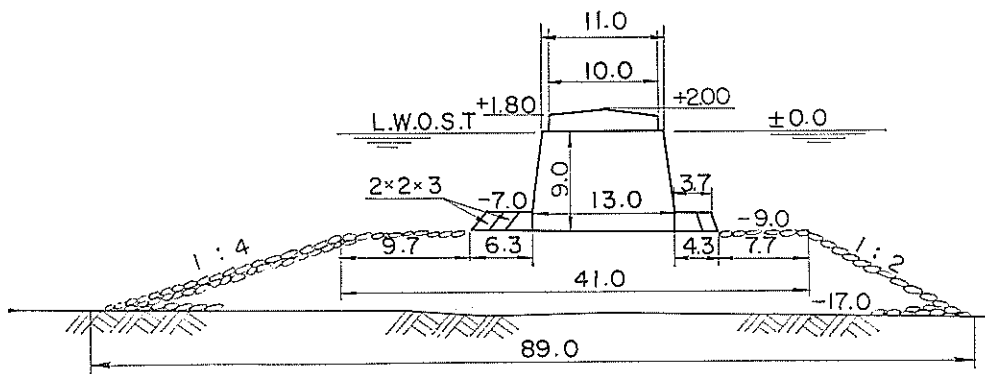
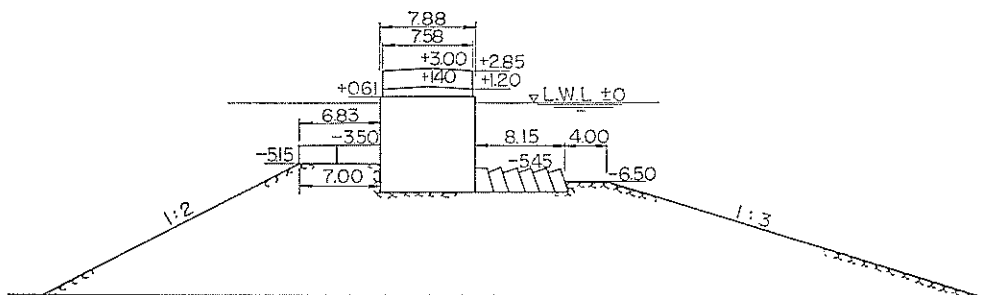


図-11 島防波堤嵩上標準断面図



岩 内 港

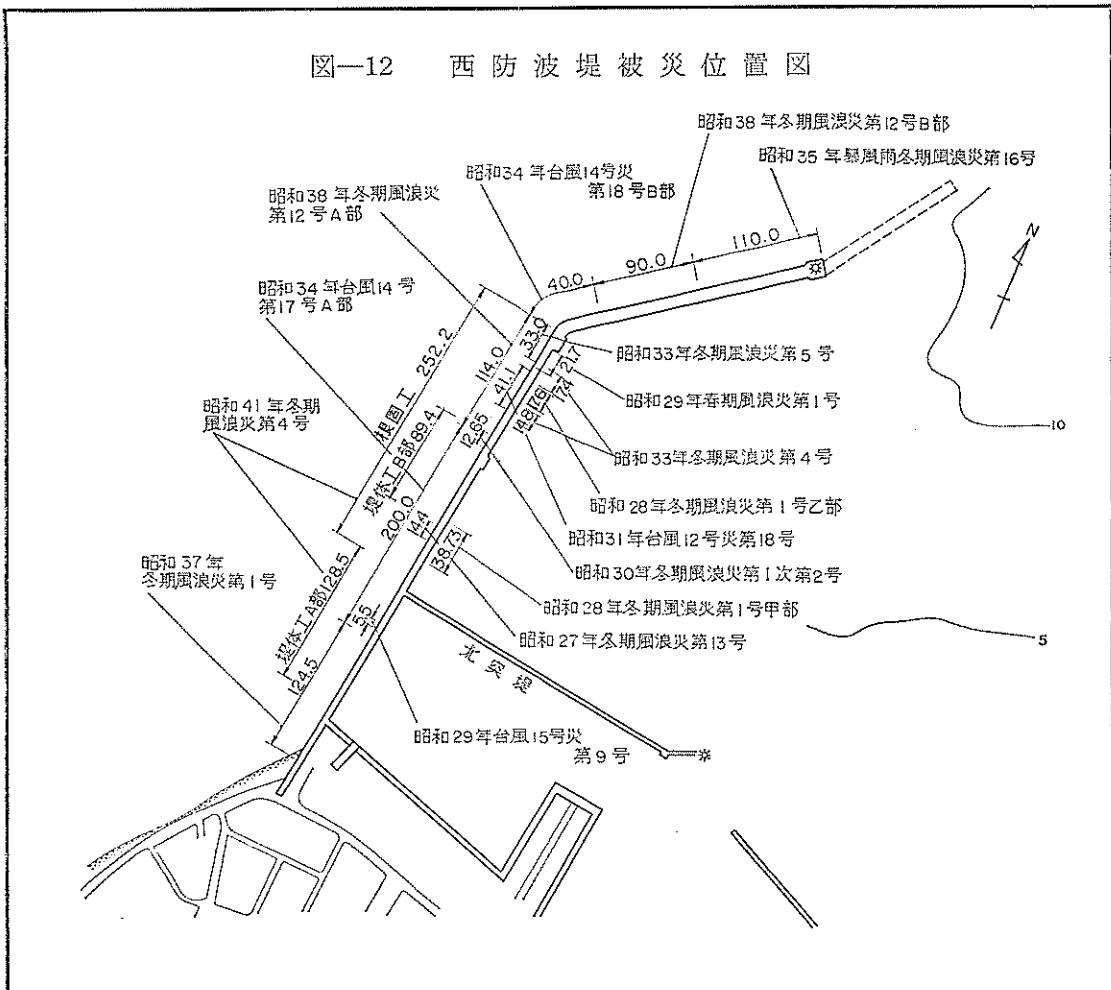
岩内港西防波堤は南北に伸びるA部484.8mが、明治40年～43年にブロック積構造で造られた。ブロックの大きさは20トン内外で、2～5層に積み重ね、上下方向に直径40cmの穴を通してコンクリートを詰めるほか、各ブロックには凹凸が附してあった。工事中から再三被害を受けたようだが、戦前に3回補修工事を行なっている。戦後は毎年のように被害を受け、順次ブロック積みからケーソン式に変えている。その過程で片側断面をブロック、片側をケーソンにする形式とか、ケーソンを2函並列に置くなどしたが、いずれも再度の災害を受け、最終的にケーソン1函にした。これで堤体の被災は少なくなったが、根固が散乱するため35年度からはテトラポッド（重量8トン）が使用された。しかし、このテトラポッドも41年3月にはほとんど飛散したので、16トンに増量するとともに堤体の嵩上工事（+3.5m）が行なわれ42年度に完成した。

A部から北東に折れたB部は、ケーソン構造で昭和2年に着工され、同9年242.4mが完成した。B部は完成以来ほとんど被害を受けず、35年になって基礎の洗掘を原形に復旧しているが、ケーソンが滑動するような被災はない。B部も嵩上（+3.50m）されるが、前面に消波工は用いられない。

39年度からはB部に続いて、C部260mの延長工事が施工されている。

なお、岩内は29年に大火があったため、それ以前の資料の詳細は不明である。

図—12 西防波堤被災位置図



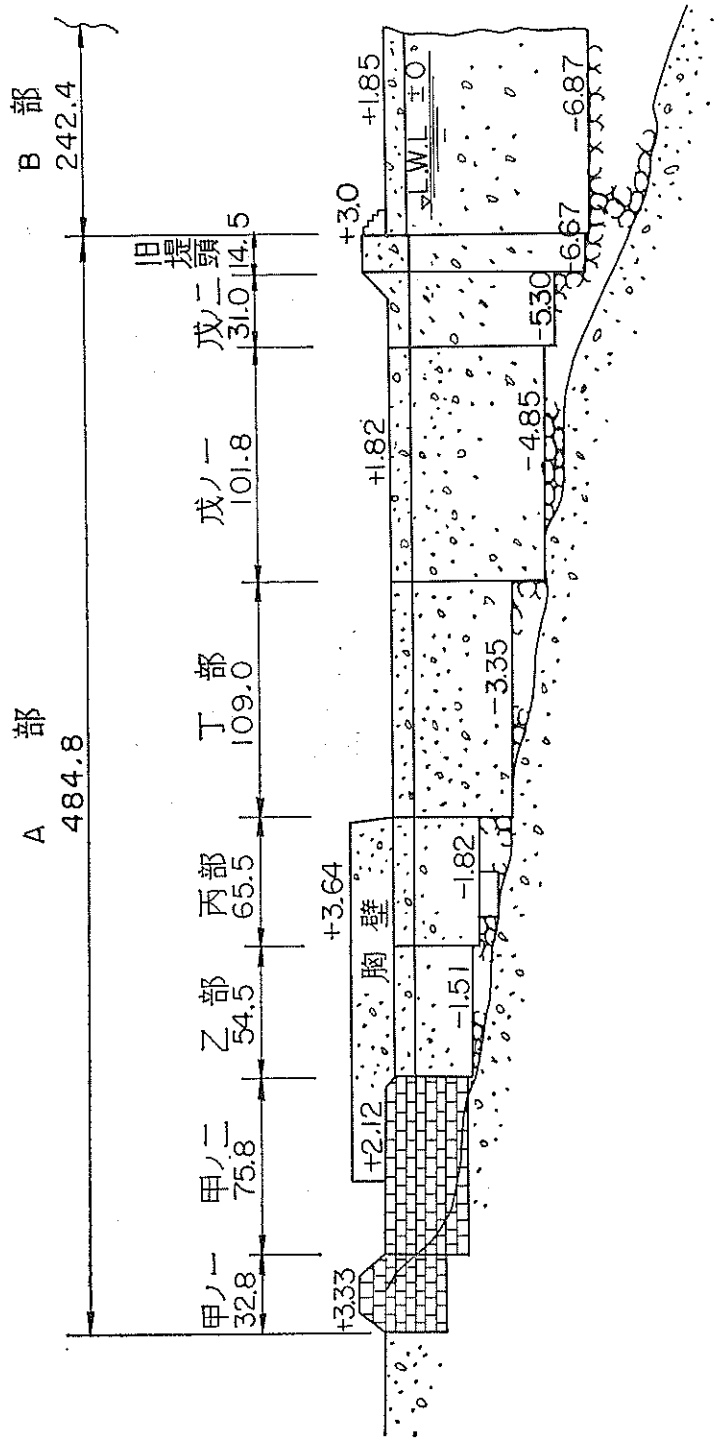
岩 内 港

混成防波堤(ケーソン)

防波堤名	西防波堤	完成年月日	明治43年	被災年月日	昭和28年11月22日				
被災原因とその状況	<p>昭和28年11月の冬期風浪により西防波堤甲部38.73m、乙部17.6mの堤体の傾斜および捨石流出の被害を受けた(図-12参照)。</p> <p>なお、28年災乙部は当初ブロック積みであったのを小型ケーソン2函の並列で復旧し、今回大型ケーソン1函としてさらに断面変更した(なお、27年災の復旧でケーソン6函36mを工事中、28年の11号台風で滑動した)。</p>								
被災断面の寸法 (図-18) 詳細不明	水深	-6.15	天端高	+1.80	L. W. L	±0.00	H. W. L	+0.40	
	断面の全高	7.95		捨石高	1.60		壁体高	6.35	
	捨石	底幅				天端高	-4.55		
		天端幅				ノリコウ配	外側内側		
壁体	底幅	7.2	天端幅	7.0	底面高	-4.55	前面捨石 肩幅	外側 内側	
直立部	ケーソン	寸法	幅3.6×高さ5.45のケーソンを並列						
		配合							
		中詰	貧配合コンクリート						
	上部場所打								
捨石部	捨石								
	張石	300~2,000kg(復旧)							
	根固ブロック	外側 3.0×2.0×1.5(復旧) 内側 $2.2 \times 2.2 \times 1.0 \times 2.0$ (復旧)							
	その他								
設計資料									
被災数量	直立部	堤体のすべり							
		堤体の傾斜	延長 17.6m 傾斜 17°(乙部)						
	捨石	被覆捨石の散乱	285 m ³ 延長 56.33m (甲部,乙部)						
		基礎捨石の散乱							
		根固ブロックの散乱	38個 延長 56.33m (甲部,乙部)						
		消波工の散乱							
その他									
被災時の自然条件	潮位	+0.6m				波高	H=4.0m(目測)		
	最大平均風速	20m/sec				瞬間最大風速	30m/sec		
復旧方法	西防波堤の当初断面は図-14~16に示すものである。図-16の断面は、昭和24,5年頃図-18に示す3.6m幅のケーソン2函を並列に置いたが、今回7.2m幅のケーソンに置きかえた。								

岩 内 港

图-13 西 防 波 堤 纵 断 图



岩 内 港

図-14 乙部断面図

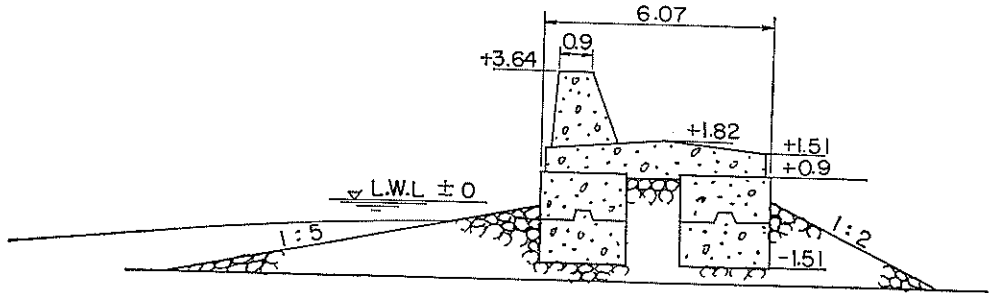


図-15 丁部断面図

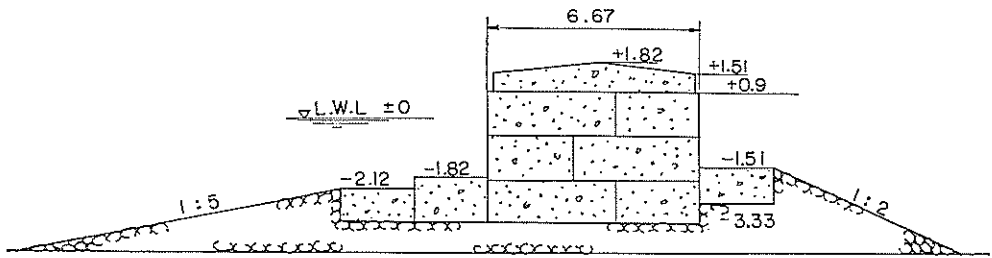
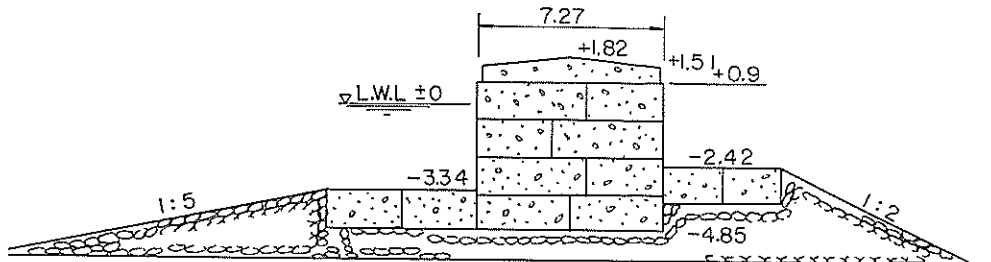
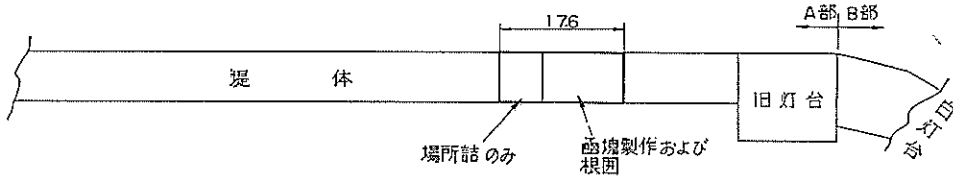


図-16 戊部の一断面図

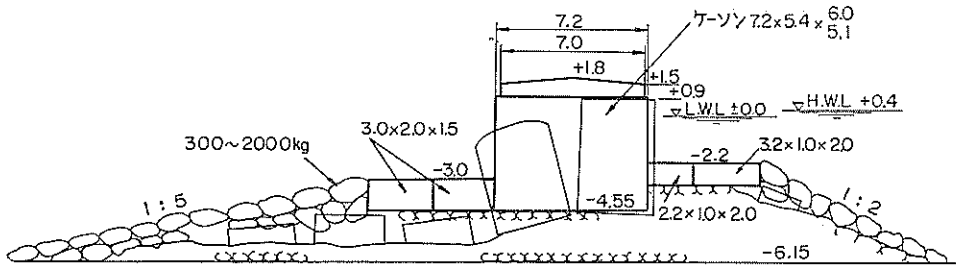


岩 内 港

図一17 昭和28年災冬期風浪乙部平面図



図一18 復旧断面図



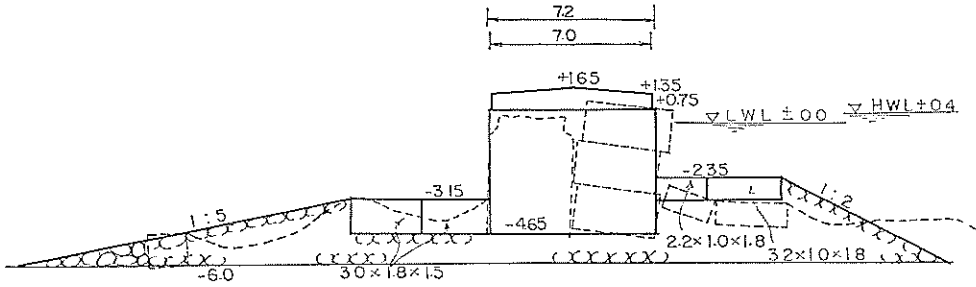
岩 内 港

混成防波堤(ケーソン)

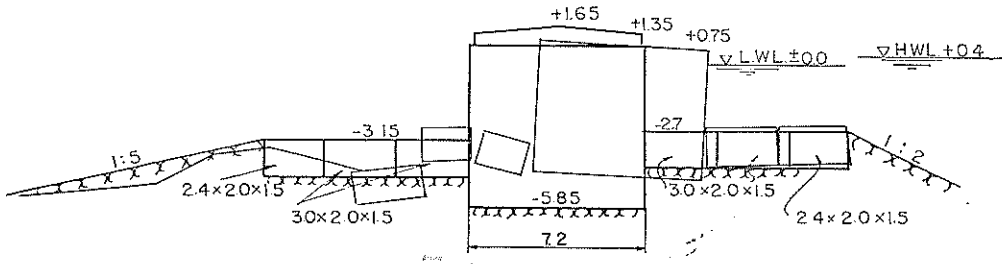
防波堤名	西防波堤	完成年月日	施工中	被災年月日	昭和31年9月11日				
被災原因とその状況	30年2月21日の冬期風浪で、ケーソン並列式部分および片側ケーソン、片側ブロック式の部分を7.2×5.4×6.2のケーソンで置きかえ、上部工ほか一部を残し完成していたところ、9月10日夜半からの12号台風による波浪のためケーソンが滑動した。								
被災断面の寸法 (図-19) ただし完成断面	水深	-6.0	天端高	+1.65	L. W. L	±0.00	H. W. L	+0.40	
	断面の全高	7.65		捨石高	1.35		壁体高	6.30	
	捨石	底幅				天端高	-4.65		
		天端幅				ノリコウ配	外側	1:5	内側
	壁体	底幅	7.2	天端幅	7.0	底面高	-4.65	前面捨石肩幅	外側 6.0 内側 5.4
直立部	ケーソン	寸法	幅7.2×高さ5.4×6.2						
		配合							
		中詰	コンクリート						
	上部場所打								
捨石部	捨石								
	張石								
	根固ブロック	外側 3.0×1.8×1.5, 内側 2.2×1.0×1.8 3.2×1.0×1.8							
	その他								
設計資料									
被災数量	直立部	堤体のすべり	41.1m (ケーソン個数不明)						
		堤体の傾斜							
	捨石部	被覆捨石の散乱	656㎡ 延長41.1m						
		基礎捨石の散乱							
		根固ブロックの散乱	114個 延長41.1m						
	消波工の散乱								
その他									
被災時の自然条件	潮位					波高	H=4.5m(目測)		
	最大平均風速					瞬間最大風速			
復旧方法	図-19に示す高さ5.4mのケーソンが図-20に示すように被災したので、同じく図-20に示すように高さ6.6mに増高、据付直した。								

岩 内 港

图—19 30年2月災復旧断面图



图—20 31年9月災復旧断面图



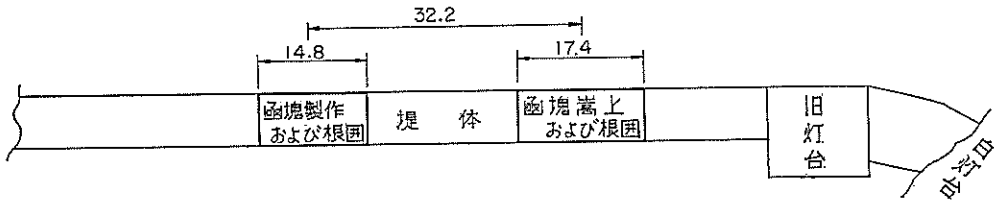
岩 内 港

混成防波堤(ケーソン)

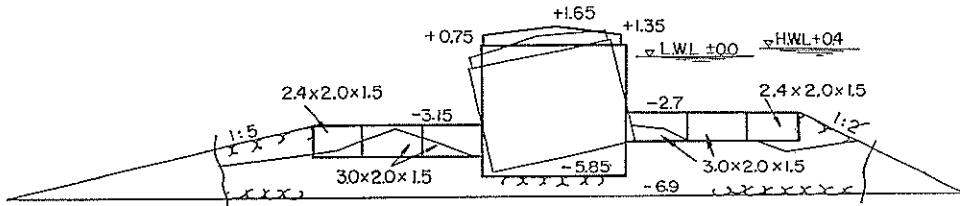
防波堤名	西防波堤	完成年月日	明治43年(ブロック部) 昭和31年頃(ケーソン部)	被災年月日	昭和33年5月13日						
被災原因とその状況	30年災を復旧のところ31年の12号台風により新たに被災したので、28年災の残工事を合併し、新しく31年災として復旧工事中、33年5月13日の風浪で隣接するブロック積堤部14.8m、ケーソン部17.4mが被災、31年災の残工事と合わせて33年災として復旧した。										
被災断面の寸法 (図-18)	水深	-6.15	天端高	+1.80	L.W.L	±0.00	H.W.L	+0.40			
	断面の全高	7.95		捨石高	1.60		壁体高	6.35			
	捨石	底幅				天端高	-4.55				
		天端幅				ノリコウ配	外側	1:5	内側	1:2	
壁体	底幅	7.2	天端幅	7.0	底面高	-4.55	前面捨石 肩幅	外側	6.0	内側	5.4
直立部	ケーソン	寸法	幅7.2×高さ5.4×6.0								
		配合									
		中詰	コンクリート								
上部場所打											
捨石部	捨石										
	張石	300~2,000kg									
	根固ブロック	外側	3.0×2.0×1.5		内側	2.2×1.0×2.0		3.2×1.0×2.0			
	その他										
設計資料											
被災数量	直立部	堤体のすべり	ブロック部14.8mが約10m移動、散乱								
		堤体の傾斜	ケーソン部17.4mが外側に15°傾斜								
	捨石部	被覆捨石の散乱	560㎡ 延長32.2m								
		基礎捨石の散乱									
		根固ブロックの散乱	48個 延長32.2m								
		消波工の散乱									
その他											
被災時の自然条件	潮位					波高	H=5m(目測)				
	最大平均風速					瞬間最大風速					
復旧方法	図-21に示す14.8m部分は、図-16に示すブロック積構造を図-23のように、17.4m部分は図-18のケーソンを增高して図-22のように復旧。										

岩 内 港

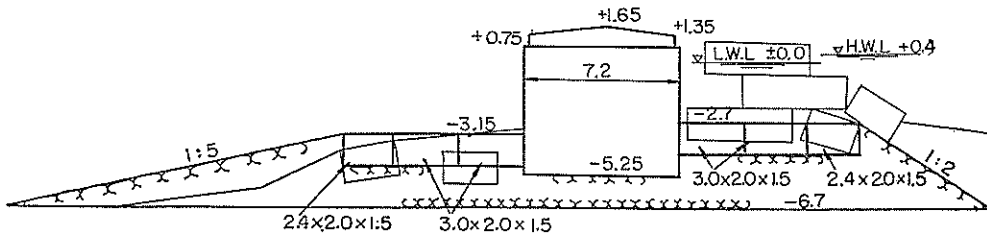
図一21 昭和33年災冬期風浪第4号平面図



図一22 復旧断面図



図一23 復旧断面図



岩 内 港

混成防波堤(ケーソン)

防波堤名	西防波堤	完成年月日	明治43年(ブロック部) 昭和31年頃(ケーソン部)	被災年月日	昭和34年9月18日				
被災原因とその状況	昭和34年9月18日日本海を北上してきた台風14号の積丹沖通過により正午すぎから西～南西の風が次第に強まり最大風速20m/secに達する暴風雨となり潮位も80cmをこえる異状高潮となった。このため波浪は推定5mを越え、西防波堤に激突延長200mにわたり堤体基礎の根固ブロックならびに捨石大割石が流出される被害をうけた。								
被災断面の寸法 (図-25)	水深	-7.00	天端高	+1.65	L.W.L	±0.00	H.W.L	+0.40	
	断面の全高	8.65		捨石高	2.15		壁体高	6.50	
	捨石	底幅				天端高	-4.85		
		天端幅	19.2		ノリコウ配		外側	1:5	
壁体	底幅	7.2	天端幅	7.0	底面高	-4.85	前面捨石肩幅	外側 6.0 内側 6.0	
直立部	ケーソン	寸法	幅7.2×高さ5.6						
		配合							
		中詰	コンクリート						
	上部場所打								
捨石部	捨石								
	張石								
	根固ブロック	外側	3.0×2.0×1.5						
	その他								
設計資料	34年当時の設計波 H=4.0m, 入射角 $\beta=23^\circ$ (西防波堤A部)								
被災数量	直立部	堤体のすべり							
		堤体の傾斜							
	捨石部	被覆捨石の散乱	延長 200m						
		基礎捨石の散乱							
		根固ブロックの散乱	延長 200m						
消波工の散乱									
その他									
被災時の自然条件	潮位	+0.8m			波高	H=5.0m (目測)			
	最大平均風速	20m/sec			瞬間最大風速	30m/sec			
復旧方法	前面に8tテトラポッドを置いて復旧。								

岩 内 港

図-24 北突堤より10m基部側断面図

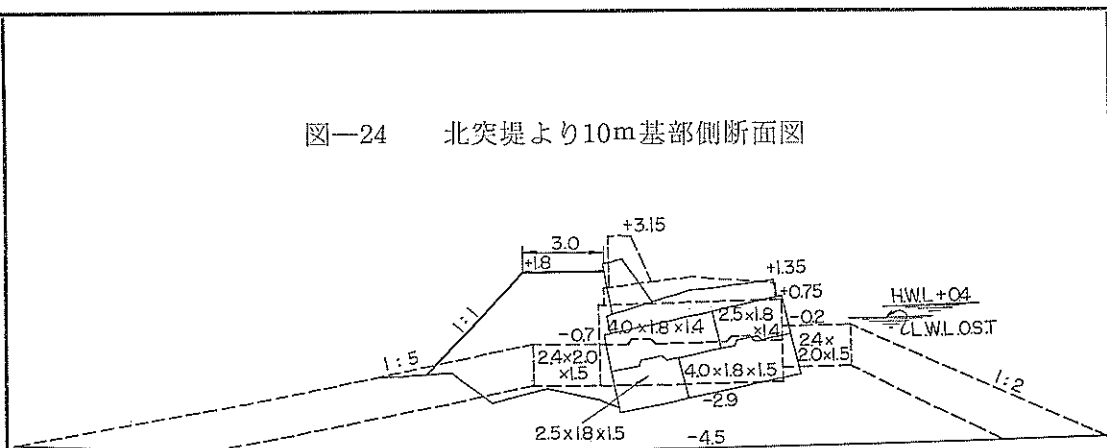
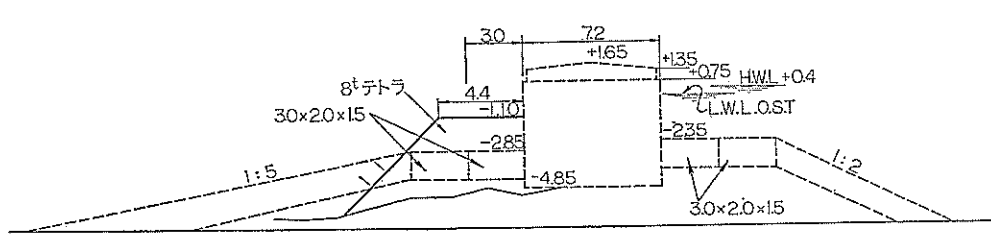


図-25 北突堤より120m沖側断面図



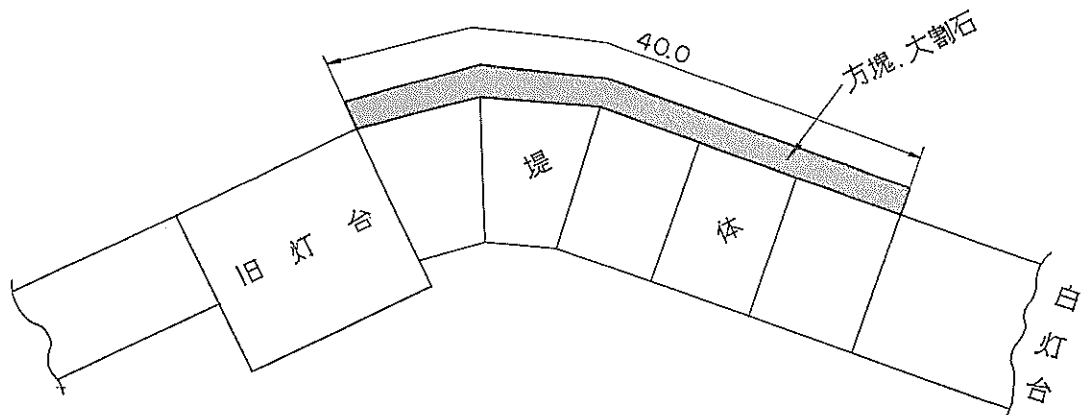
岩 内 港

混成防波堤(ケーソン)

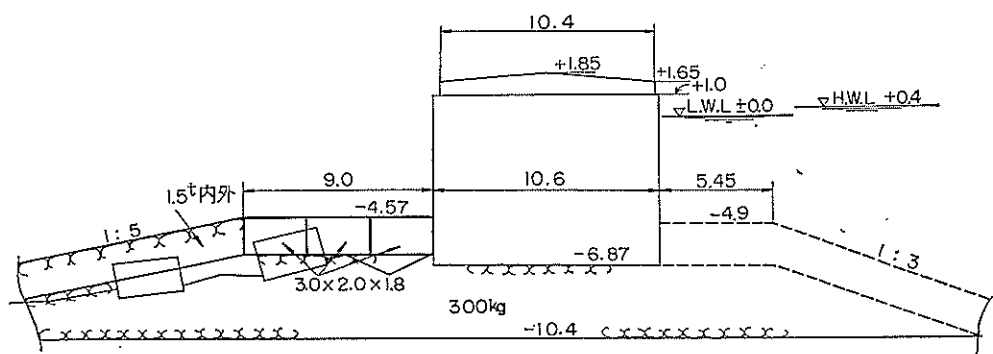
防波堤名	西防波堤	完成年月日	昭和9年		被災年月日	昭和34年9月18日		
被災原因とその状況	9月18日、日本海を北上してきた台風14号の積丹沖通過により西～南西の風が強まり最大平均風速20m/secとなり、潮位も80cmを越える異常高潮となった。波浪も推定5mを越えるものが西防波堤に激突し、延長40mにわたって堤体基礎の根固ブロックならびに捨石大割石の流出する被害を受けた。							
被災断面の寸法 (図-27)	水深	-10.4	天端高	+1.85	L.W.L	±0.00	H.W.L	+0.40
	断面の全高	12.25		捨石高	3.53		壁体高	8.72
	捨石	底幅				天端高	-6.87	
		天端幅	25.05		ノリコウ配	外側	1:5	内側
	壁体	底幅	10.6	天端幅	10.4	底面高	-6.87	前面捨石肩幅
直立部	ケーソン	寸法	幅10.6×高さ7.87×7.5 コンクリート量237.8m ³ 、鉄筋量9.5t					
		配合	1:2:4					
		中詰	1:5:10 コンクリート量387.9m ³					
	上部場所打	1:3:6						
捨石部	捨石	300kg						
	張石	1.5t						
	根固ブロック	3.0×2.0×1.8						
	その他							
設計資料	34年当時の設計波 H=5.0m, β=0° (西防波堤B部)							
被災数量	直立部	堤体のすべり						
		堤体の傾斜						
	捨石部	被覆捨石の散乱	2,396m ³ 延長40m					
		基礎捨石の散乱						
		根固ブロックの散乱	67個 延長40m					
		消波工の散乱						
その他								
被災時の自然条件	潮位	+0.8m			波高	H=5m (目測)		
	最大平均風速	20m/sec			瞬間最大風速	30m/sec		
復旧方法	原形復旧。35年災、38年災(図-12参照)も同様の復旧方法である。							

岩 内 港

图—26 34年災B部被災位置图



图—27 復旧断面图



岩 内 港

混成防波堤(ケーソン)

防波堤名	西防波堤	完成年月日	昭和20年以後	被災年月日	昭和38年11月29日				
被災原因とその状況	昭和38年11月29日西の風が強くなり最大風速 16m/sec (瞬間最大27m/sec) を記録し波浪も推定 5.0mを越える激浪が西防波堤に激突し、このため根固用捨石 204m および方塊の流出114mの甚大な被害をうけた。このためA部114mは 8t テトラポッド、 B部90mは方塊および大割石で復旧した。								
被災断面の寸法 (図-22)	水深	-6.90	天端高	+1.65	L.W.L	±0.00	H.W.L	+0.40	
	断面の全高	8.55		捨石高	1.05		壁体高	7.50	
	捨石	底幅				天端高			
		天端幅				ノリコウ配	外側	1:5	内側
壁体	底幅	7.2	天端幅	7.0	底面高	-5.85	前面捨石 肩幅	外側 8.4 内側 8.4	
直立部	ケーソン	寸法	幅7.2×高さ6.6						
		配合							
		中詰	コンクリート						
	上部場所打								
捨石部	捨石								
	張石	300~2,000kg							
	根固ブロック								
	その他								
設計資料									
被災数量	直立部	堤体のすべり							
		堤体の傾斜							
	捨石部	被覆捨石の散乱	5,400㎡ 延長 204m (A部, B部)						
		基礎捨石の散乱							
		根固ブロックの散乱	171個 延長 114m (A部)						
消波工の散乱									
その他									
被災時の自然条件	潮位	+ 0.5m			波高	H=5m (目測)			
	最大平均風速	16m/sec(WSW)			瞬間最大風速	27m/sec(事務所)			
復旧方法	被災前断面は図-22である。前面8t テトラポッドを置いて復旧(図-28)。 図-29はB部の復旧断面図である。								

岩 内 港

図-28 38年災A部復旧断面図

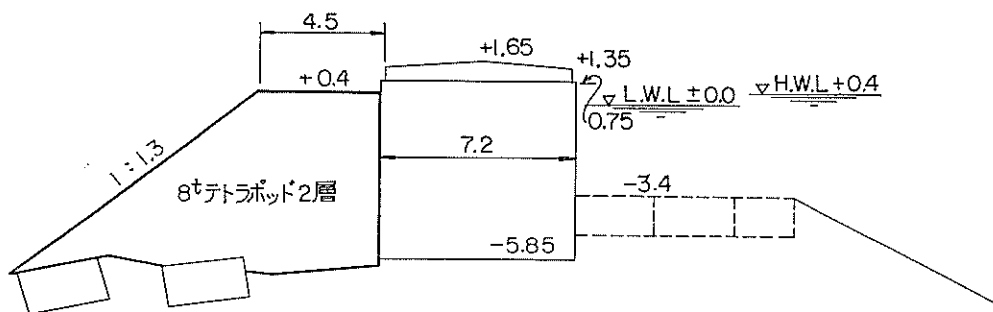
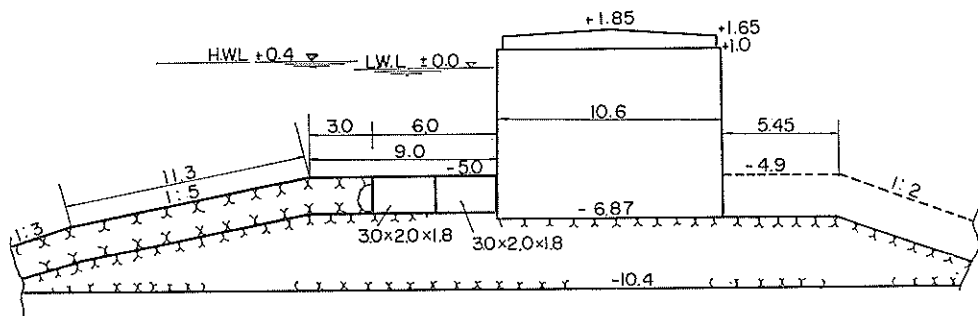


図-29 B部復旧断面図



岩 内 港

混成防波堤(ケーソン)

防波堤名	西防波堤	完成年月日	施工中	被災年月日	昭和40年12月15日				
被災原因とその状況	40年度から西防波堤C部の延長工事が始まり、40年8月12日には6函のケーソン据付けが完了していたが、12月の冬期風浪によりケーソン2函が最大83cm港内側に移動した。この時は蓋コンクリートまで完成し、根固も完了していた(なお、図-31のケーソン据付天端は+0.8だが、No.1~No.16ケーソンは+0.5に据付けられていた)。								
被災断面の寸法 (図-31)ただし完成断面	水深	-12.0	天端高	+0.5	L. W. L	±0.0	H. W. L	+0.4	
	断面の全高	12.5	捨石高	3.5	壁体高	9.0			
	捨石	底幅	46.0		天端高	-8.5			
		天端幅	20.5		ノリコウ配	外側	1:3		内側
	壁体	底幅	11.5	天端幅	11.5	底面高	-8.5	前面捨石肩幅	外側 6.5 内側 3.0
直立部	ケーソン	寸法	幅11.5×高さ9.0×7.5 (高さ9.3mのケーソンのコンクリート量259㎡, 鉄筋量16.3t)						
		配合							
		中詰	鉋さい 単位体積重量1.93t/㎡						
	上場部	打							
捨石部	捨石	30~100kg							
	張石	300kg以上							
	根固ブロック	外側 3×2×1.5							
	その他								
設計資料	$H_0=5.3m$, $H=4.48m$, $T=12.0sec$, 波向WNW, $\beta=0^\circ$, 重複波								
被災数量	直立部	堤体のすべり	2函が最大83cm						
		堤体の傾斜							
	捨石部	被覆捨石の散乱							
		基礎捨石の散乱							
		根固ブロックの散乱							
消波工の散乱									
その他									
被災時の自然条件	潮位					波高	$H_{1/3}=3.94m$, $H_{max}=5.0m$, 波向W (スタジア式)		
	最大平均風速	16.7m/sec(W) (事務所)				瞬間最大風速			
復旧方法	No.1~No.4ケーソンの背後に補強工としてブロック, 捨石を施工(図-32)。								

岩 内 港

図-30 西防波堤 C 部被災平面図

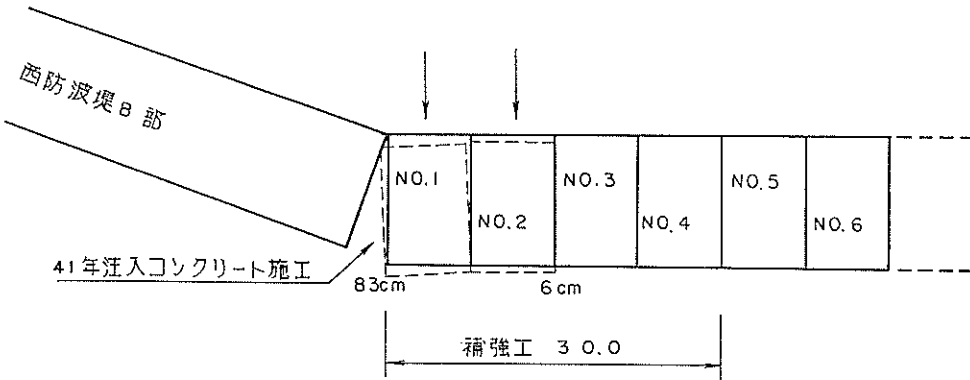


図-31 西防波堤 C 部標準断面図

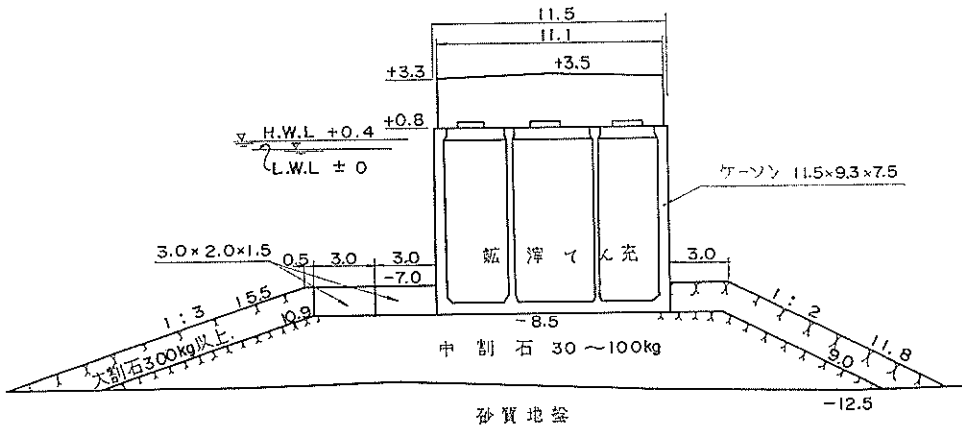
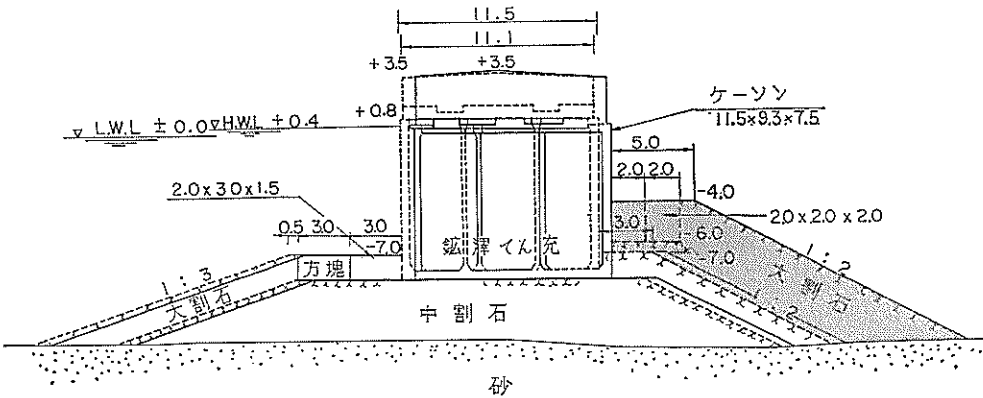


図-32 No.1 ケ-ソン復旧断面図



岩 内 港

西防波堤A部は、8 tテトラポッドがほとんど飛散したので、16 tテトラポッドに変えるとともに（41年3月災復旧工事）、改修工事と合併で北突堤から先端までの252mは上部工幅を6.4mと7.0mの2種にして、図-33、34に示すように施工している。これらの設計条件は沖波波高 $H_0=5.3\text{m}$ 、前面波高 $H=5.4\text{m}$ 、入射角 $\beta=0^\circ$ とし、背面根固も抵抗すると考え、 $P=1.0wH=5.7\text{ t/m}^2$ の波圧をかけている。

B部は $H=5.3\text{m}$ が $\beta=0^\circ$ で作用するとして広井式による碎波圧を働かせている（図-35）。

図-33 A部嵩上標準断面図（基部側）

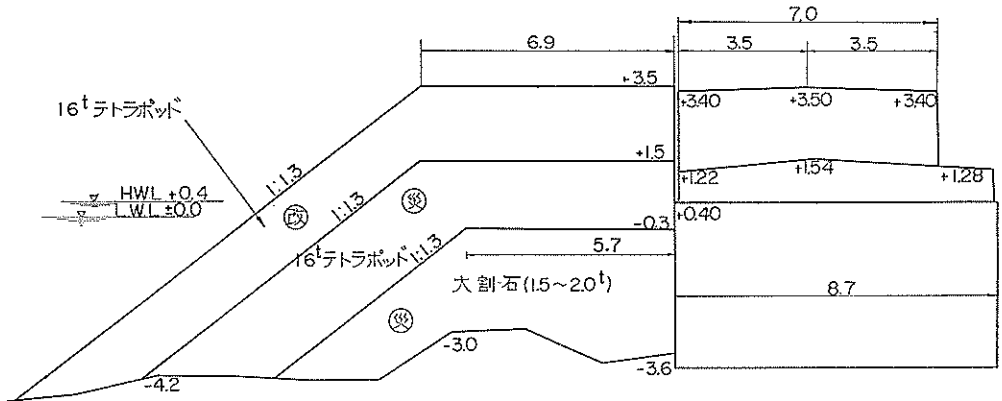


図-34 A部嵩上標準断面図（B部側）

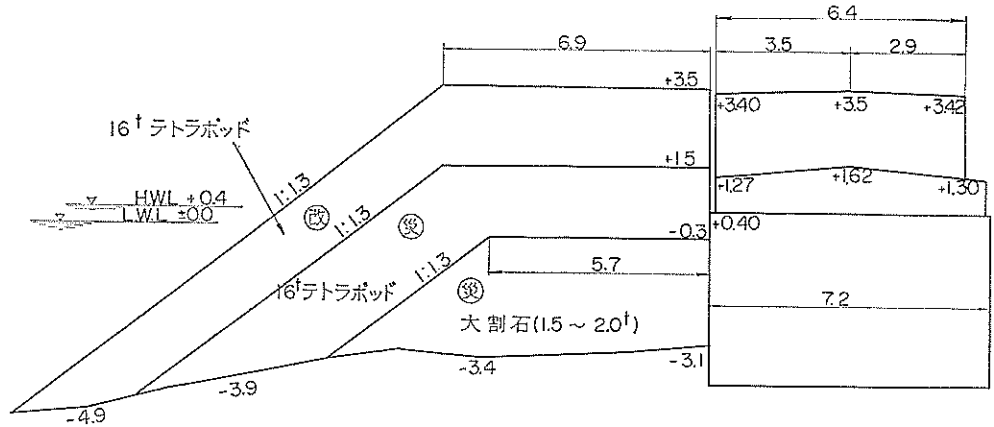
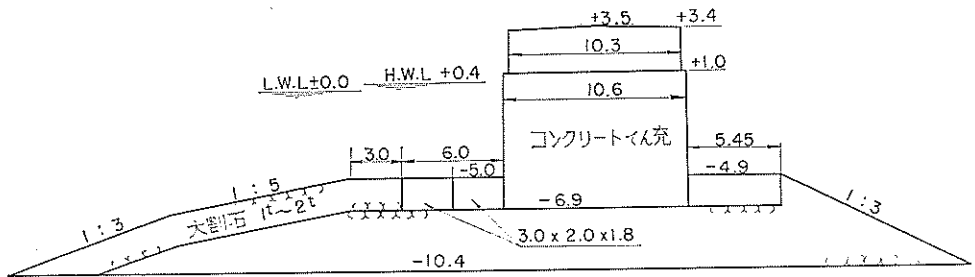


図-35 西防波堤B部嵩上計画図



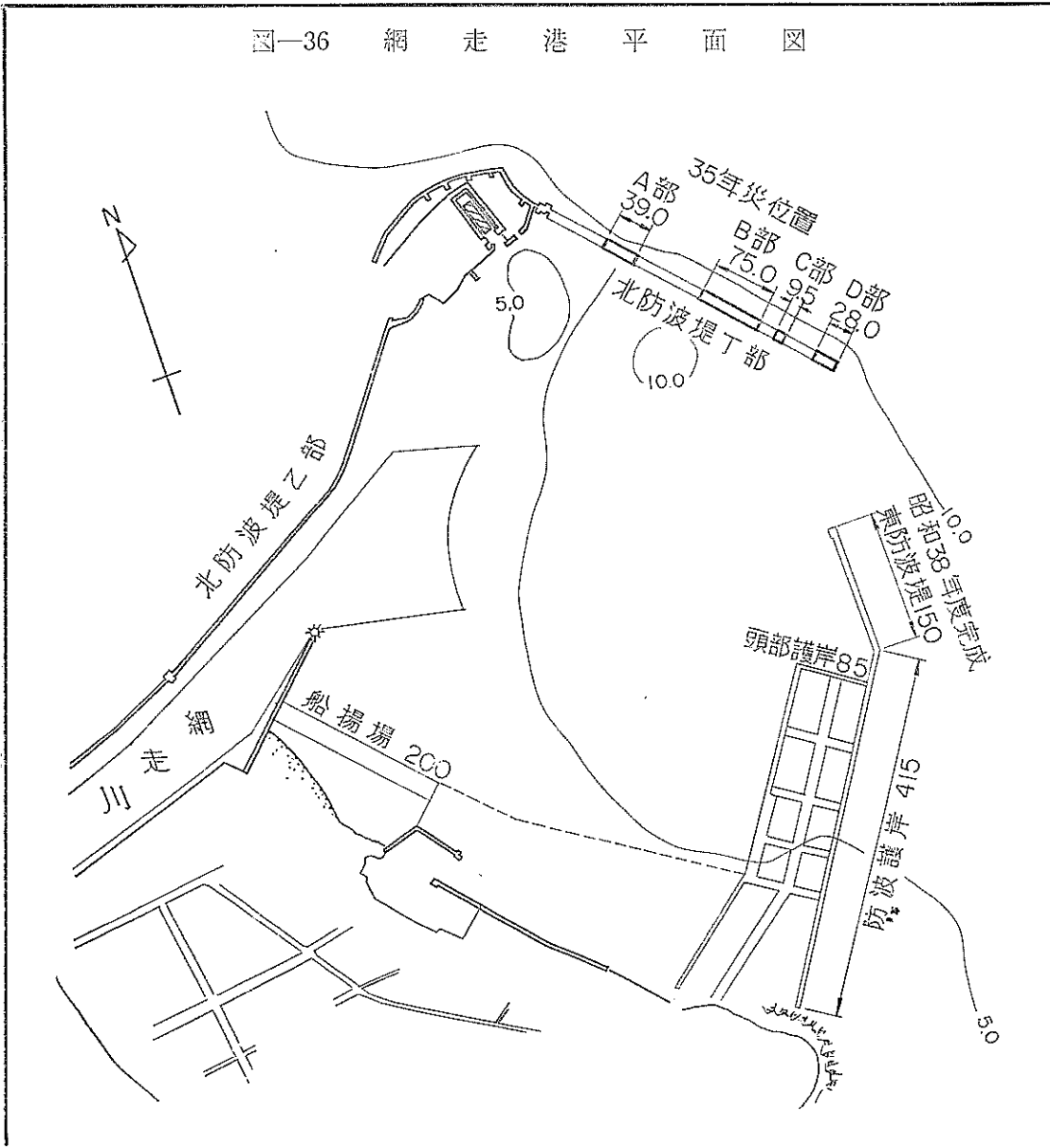
網 走 港

網走港の防波堤は大正8年に起工された修築工事により、昭和3年頃までに甲部防波堤682m、乙部防波堤485m、丙部防波堤156m、丁部防波堤400mが完成した。このうち深海部にある丁部は、大正13年着工以来工事中から再三被害を受け工事が遅れたのであるが、昭和2年全長400mが完成した。しかし、同年12月24日および3年1月4日の激浪により一挙に2～6m滑動、このため昭和3年～5年に大々的に復旧工事を行なった。

戦後は甲、乙、丁部とも被害を受けているが、そのたびに場所打、根固ブロックなどで復旧している。乙部は39年災以後、丁部は42年災以後前面にテトラポッドを使っている。なお、丁部は42年度から+1.5mの高上工事が実施されている。

また、昭和33年から東防波堤の築造工事が始まり、38年度145mが完成した。

図一36 網 走 港 平 面 図



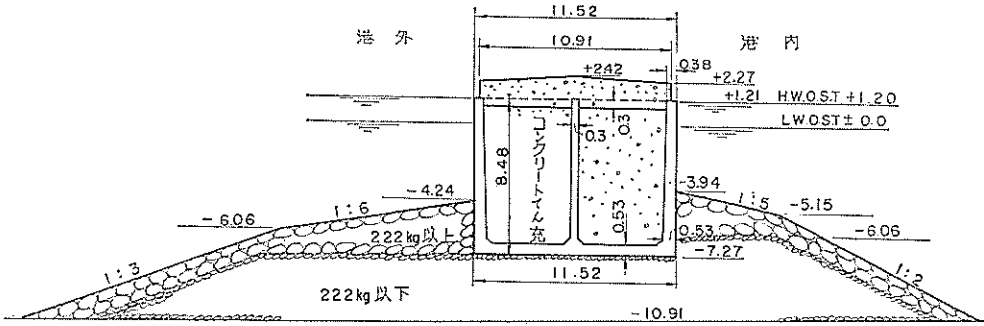
網 走 港

混成防波堤(ケーソン)

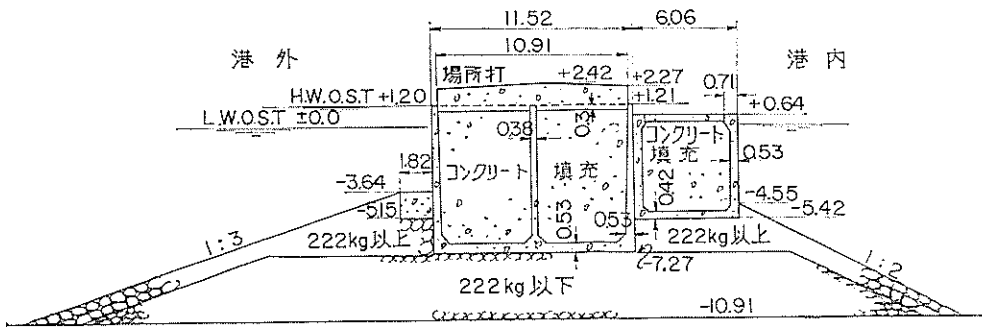
防波堤名	北防波堤丁部	完成年月日	昭和2年		被災年月日	昭和2年12月～ 3年1月		
被災原因と その状況	大正13年から施工していた丁部防波堤は、工事中から再三被害を受けていたが、2年12月24日および翌年1月4日を最強とする前後10数日の激浪で、一挙に2～6mケーソンが滑動した。							
被災断面の 寸法 (図-37)	水深	-10.91	天端高	+2.42	L.W.L	±0.00	H.W.L	+1.20
	断面の 全高	13.33		捨石高	6.97		壁体高	9.69
	捨石	底幅	55.00			天端高	-7.27	
		天端幅				ノリコウ配	外側	1:6, 1:3
							内側	1:5, 1:2
壁体	底幅	11.52	天端幅	10.91	底面高	-7.27	前面捨石 肩幅	外側 内側
直立部	ケーソン	寸法	幅11.52×高さ8.48×9.09 重量900t コンクリート量375m ³ 鉄筋量13.6t					
		配合	1:2:4					
		中詰	1:7.5:15					
	上場 部打	1:2.5:5						
捨石部	捨石	60～1,500kg						
	張石	222～1,500kg						
	根固ブロック							
	その他							
設計資料	不明							
被災数量	直立部	堤体のすべり	全長にわたり2～6m					
		堤体の傾斜						
	捨石部	被覆捨石の散乱						
		基礎捨石の散乱						
		根固ブロックの散乱						
消波工の散乱								
その他								
被災時の 自然条件	潮位				波高	昭和2年11月23日～25日 H=6.5m (目測最大波), 2年12月24日～3年1 月5日 H=7.0m(目測最大波)		
	最大平均風速				瞬間最大風速			
復旧方法	既設ケーソンの背後にケーソン副堤を設け、前面に28t方塊を一例据付けた(図-38)。							

網 走 港

図一37 陸防波堤丁部断面（昭和2年完成時）

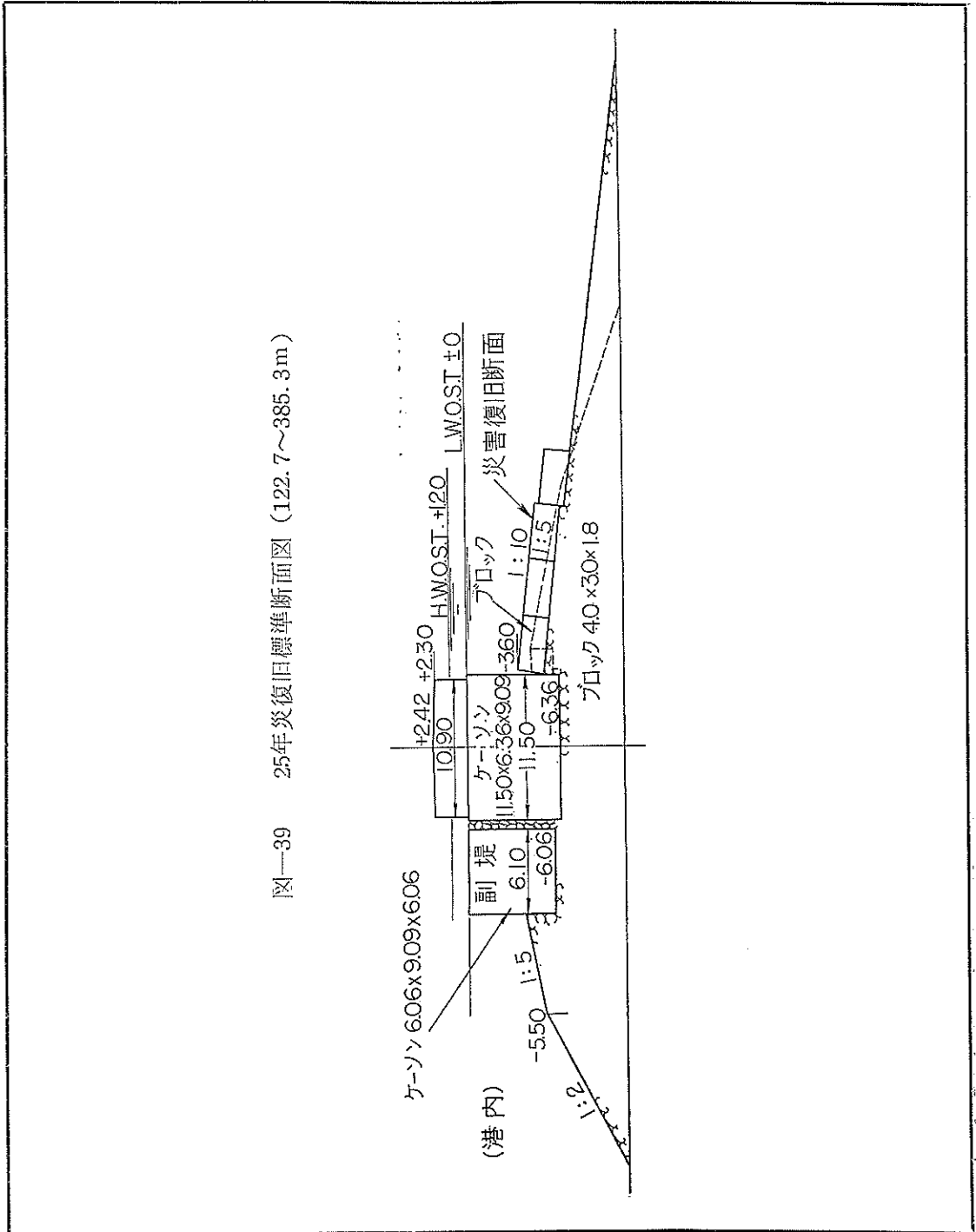


図一38 北防波堤丁部復旧断面図



網 走 港

北防波堤丁部は昭和5年に復旧工事完了後、そのままに放置されていた。戦後昭和25年にキジア台風により全延長が、堤体の破壊、移動、捨石洗掘の被害を受けた。このため昭和30年度までに全長復旧したが、その方法は小型ケーソン、ブロックなどで根固を施工するものであった(図—39)。



網 走 港

混成防波堤(ケーソン)

防波堤名	北防波堤丁部	完成年月日	昭和5年	被災年月日	昭和 35年12月25～28日				
被災原因と その状況	昭和35年12月25～28日に北海道を通過した低気圧により網走地方は北々西の風最大風速24.9m(瞬間最大32m)を記録し、海上も推定6mを越える大時化が続いた。このため北防波堤丁部の上部場所打コンクリートが数箇所にあたって破壊された。								
被災断面の 寸法 (図-38)	水深	-10.91	天端高	+2.42	L. W. L	±0.00	H. W. L	+1.20	
	断面の 全高	13.33		捨石高	3.64		壁体高	9.69	
	捨石	底幅	54.0		天端高	-7.27			
		天端幅			ノリコウ配	外側	1:3		内側
壁体	底幅	11.52	天端幅	10.91	底面高	-7.27	前面捨石 肩幅	外側 内側	1.82
直立部	ケーソン	寸法	本体ケーソン 幅11.52×高さ8.48×9.09 副ケーソン 6.06× 6.06×9.09 コンクリート量 375㎡ 鉄筋量 13.60 t 132㎡(副) 4.20 t(副)						
		配合	1:2:4						
		中詰	1:7.5:15						
	上部 場所打	1:2.5:5							
捨石部	捨石	安山岩割石 60～1,500kg							
	張石	割石222～1,500kg							
	根固ブロック	4.55×1.82×1.52, 28 t ブロック							
	その他								
設計資料									
被災数量	直立部	堤体のすべり							
		堤体の傾斜							
	捨石部	被覆捨石の散乱							
		基礎捨石の散乱							
		根固ブロックの散乱							
		消波工の散乱							
その他	上部工の破壊(A部よりD部まで計151.5m, 図-36参照)								
被災時の 自然条件	潮位				波高	H=6m(目測), H=4m(スタジア式) 波向NNW			
	最大平均風速	24.9m/sec(NNW)			瞬間最大風速	32.0m/sec			
復旧方法	原形復旧。図-41は25年災復旧後の堤頭部断面である。								

網 走 港

図-40 復 旧 平 面 図

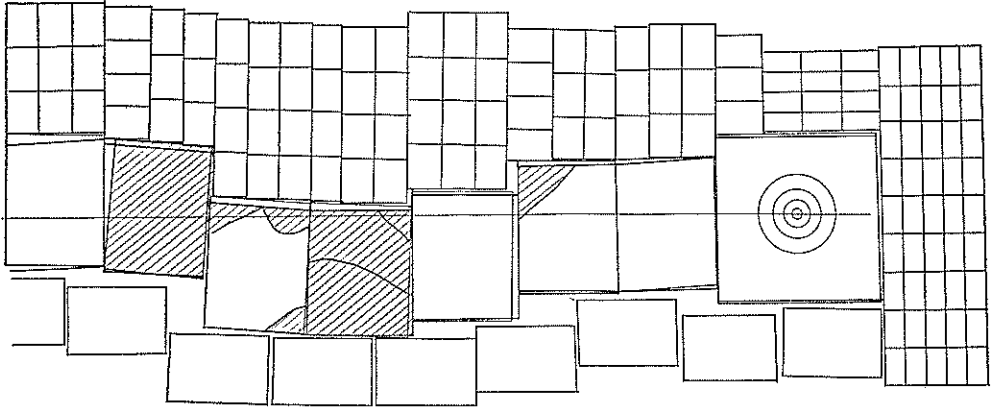
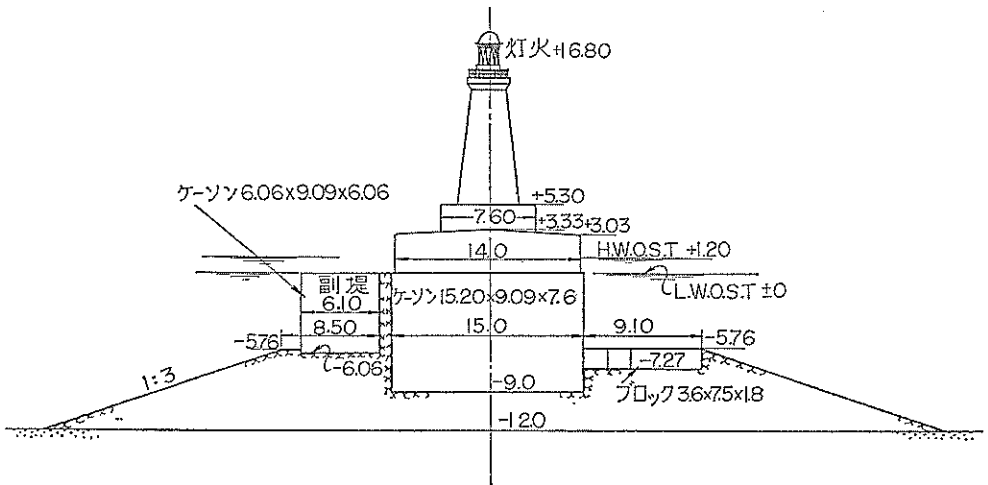


図-41 堤 頭 部 断 面 図



網 走 港

混成防波堤(ケーソン)

防波堤名	北防波堤丁部	完成年月日	昭和4年	被災年月日	昭和40年1月9日					
被災原因とその状況	昭和40年1月8日、日本海中部と本州南岸にあった2つの低気圧が9日三陸沖で1つになり、中心示度972mbと異状に発達して根室東方海上に抜けた。この異状低気圧のため網走地方は北東の風平均最大風速16.0m/sec(瞬間最大風速24.2m)に達し、海上も波高推定5.5m以上の大時化となり、北防波堤丁部の上部延長104.4m、根固工369.8mが破壊された(25年災の復旧で据付けた50tブロックは、ほとんど飛散した)。									
被災断面の寸法 (図-39)	水深	-11.0	天端高	+2.42	L.W.L	±0.00	H.W.L	+1.20		
	断面の全高	13.42		捨石高	4.64		壁体高	8.78		
	捨石	底幅				天端高	-6.36			
		天端幅				ノリコウ配	外側	1:10	内側	1:5
壁体	底幅	11.5	天端幅	10.9	底面高	-6.36		前面捨石肩幅	外側	内側
直立部	ケーソン	寸法	幅11.5×高さ6.36×9.09 (副ケーソン 幅6.06×高さ6.06×9.09) コンクリート量262㎡, 鉄筋量9.30t							
		配合	1:2:4							
		中詰	1:7.5:15							
	上場部打	1:2.5:5								
捨石部	捨石	222kg以下								
	張石									
	根固ブロック	外側 4.0×3.0×1.8								
	その他									
設計資料	復旧の設計波 H=4.4m, β=0°30', テトラポッド消波率33%, 砕波									
被災数量	直立部	堤体のすべり								
		堤体の傾斜								
	捨石部	被覆捨石の散乱	根固石の散乱 延長369.8m							
		基礎捨石の散乱								
		根固ブロックの散乱	50tブロックほとんど飛散							
		消波工の散乱								
その他	上部工の破壊 延長104.4m									
被災時の自然条件	潮位				波高	H _{1/3} =4.4m (S.M.B法)				
	最大平均風速	16m/sec			瞬間最大風速	24.2m/sec (NE)				
復旧方法	前面に25tテトラポッドを置く。									

図-42 北防波堤丁部復旧平面図

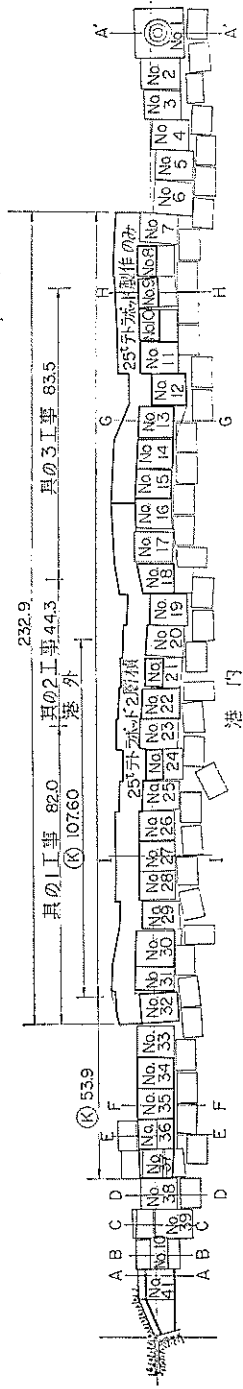
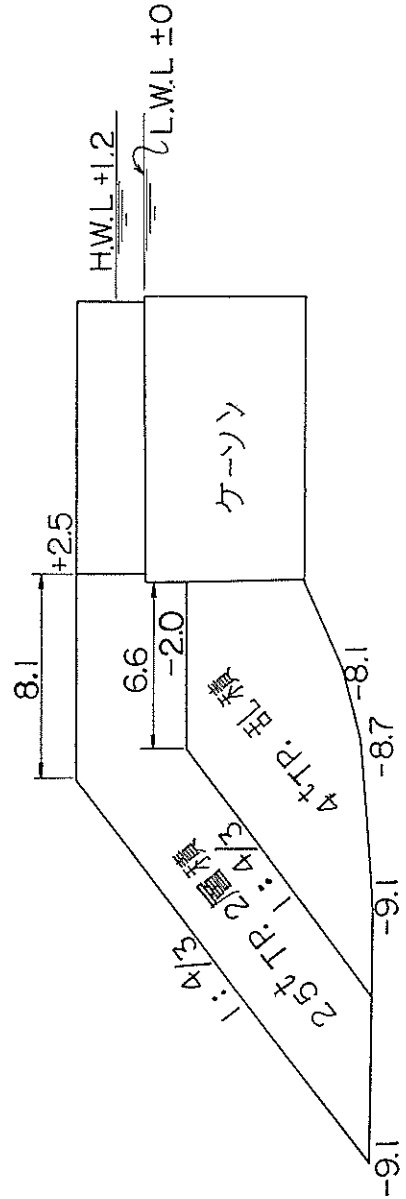


図-43 I ~ I 部復旧断面図



網 走 港

嵩上工事の設計条件は、前面波高 $H=4.0\text{m}$ 、 $\beta=0^\circ$ とし、 $1.0\omega H=4.12\text{ t/m}^2$ の波圧をかけている。また、テトラポッドは $H_1/10=5.2\text{m}$ の波より25tの重量のものを使っている。

図-44 20.9~122.7m 部標準断面図

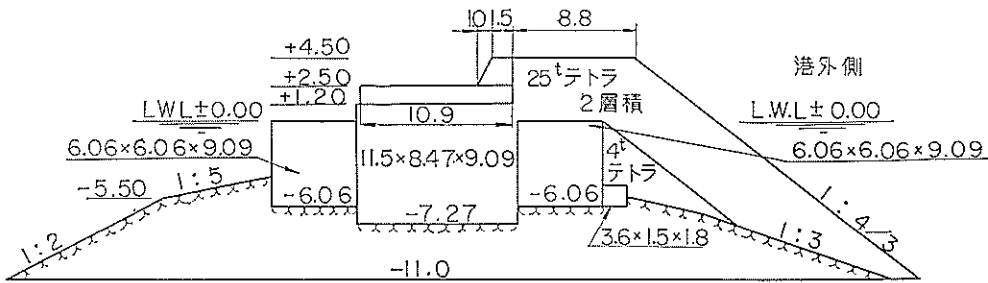
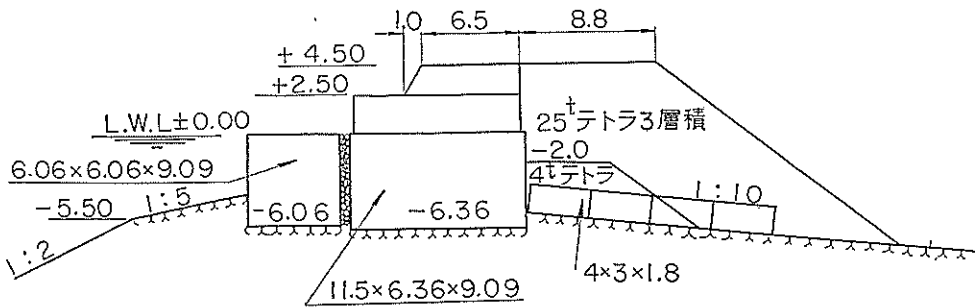


図-45 122.7~385.3m 部標準断面図



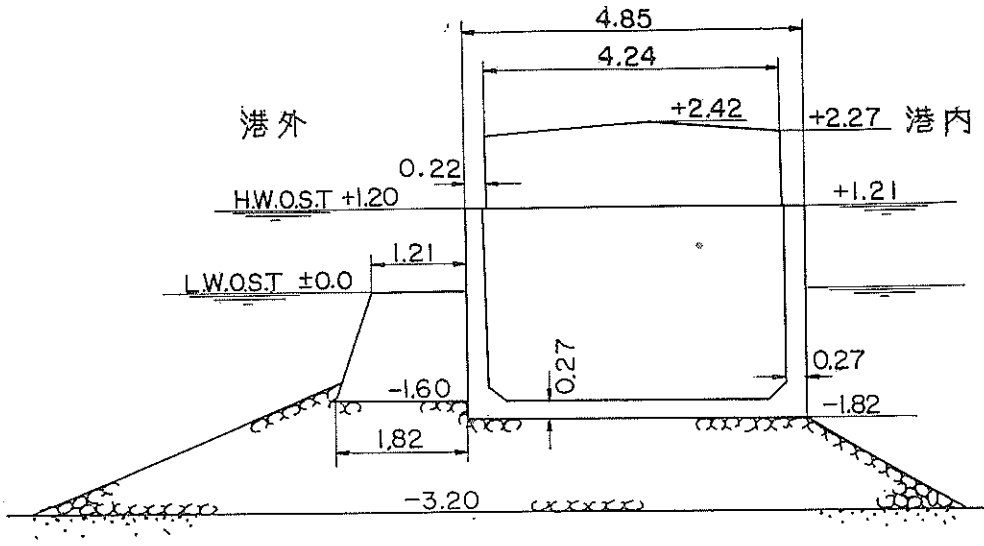
網 走 港

混成防波堤(ケーソン)

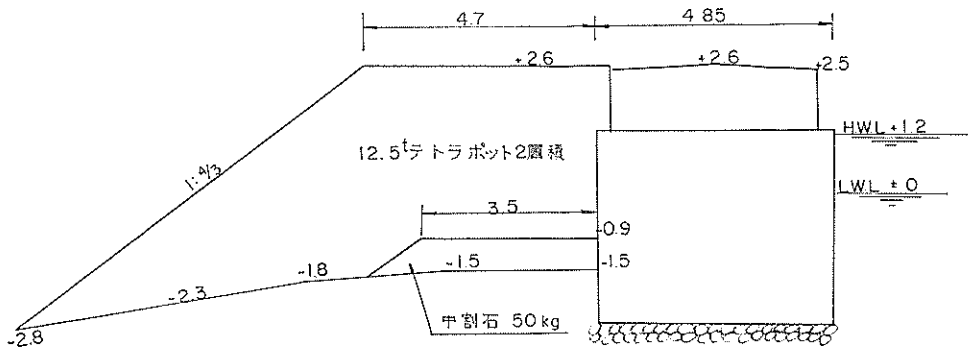
防波堤名	北防波堤乙部	完成年月日	昭和3年	被災年月日	昭和39年11月13日				
被災原因とその状況	昭和39年11月13日、日本海および太平洋南部にあった低気圧は15日には中心示度990mbに発達しながら毎時20kmの遅い速度で根室東方海上に抜けた。この異状低気圧により網走地方は東～北東の風が強まり瞬間最大風速16.6mを記録した。このため海上は大時化となり最大波高は推定3m以上となった。この激浪のため北防波堤乙部延長約480mにわたって基礎捨石が流出、根固ブロックが破壊された。								
被災断面の寸法 (図一46)	水深	-3.20	天端高	+2.42	L. W. L	±0.00	H. W. L	+1.20	
	断面の全高	5.62		捨石高	1.38		壁体高	4.24	
	捨石	底幅	13.90		天端高	-1.82			
		天端幅			ノリコウ配	外側	1:3	内側	1:2
	壁体	底幅	4.85	天端幅	4.24	底面高	-1.82	前面捨石 肩幅	外側 内側
直立部	ケーソン	寸法	幅4.85×高さ3.03×4.85 重量54.7t コンクリート量22.8m ³ 鉄筋量1.10t						
		配合	1:2:4						
		中詰	1:7.5:15						
	上場部打	1:2.5:5							
捨石部	捨石	222kg以下							
	張石								
	根固ブロック	4.55× $\frac{1.21}{1.82}$ ×1.60 コンクリート配合1:3.5:7							
	その他								
設計資料	不明								
被災数量	直立部	堤体のすべり							
		堤体の傾斜							
	捨石部	被覆捨石の散乱	延長479.5m						
		基礎捨石の散乱							
		根固ブロックの散乱	外側1列延長479.5m						
消波工の散乱									
その他									
被災時の自然条件	潮位				波高	H=3.0m(目測), 波向N			
	最大平均風速	11.3m/sec			瞬間最大風速	16.6m/sec (NE)			
復旧方法	25年のキジア台風により延長480mが、27年10月にもケーソンに被害があったが、昭和28年度場所打コンクリートなどで全長復旧した。今回の復旧は前面に12.5tテトラポッドを設置した。								

網 走 港

図—46 北防波堤乙部断面図



図—47 中間部復旧断面図



網 走 港

混成防波堤(ケーソン)

防波堤名	東防波堤	完成年月日	施工中	被災年月日	昭和36年 1月4～6日				
被災原因とその状況	昭和36年1月4日発生した低気圧は、北海道西海上を東北東に進み、オホーツク海を経て千島南部に去った。このため網走地方は暴風雪となり最大風速19m/secに達し流氷を伴う波浪も推定4.0mを越え、このため当港東防波堤堤頭函は各所にき裂を生じ中詰砂の一部が流出し、ケーソン蓋コンクリートが約10cm沈下した。なお、堤頭函は34年の据付け、上部工は打ってなかった。								
被災断面の寸法 (図-49) ただし完成断面	水深	-8.9	天端高	+3.5	L. W. L	±0.00	H. W. L	+1.20	
	断面の全高	12.4	捨石高	1.4	壁体高	11.0			
	捨石	底幅	38.8			天端高	-7.5		
		天端幅	21.4		ノリコウ配	外側	1:3		内側
	壁体	底幅	10.0	天端幅	9.8	底面高	-7.5	前面捨石	外側
							肩幅	内側	5.7
直立部	ケーソン	寸法	幅10.0×高さ8.5×9.0 (堤幹部ケーソン 幅8.5×高さ9.0×14.1 コンクリート量322.2㎡ 鉄筋量10.414t)						
		配合	セメント320kg/㎡						
		中詰	当初砂、復旧で粗石コンクリート						
	上場部打	セメント 270kg/㎡							
捨石部	捨石	中割石 200kg							
	張石	大割石							
	根固ブロック	注入コンクリート 幅5.0×高さ1.5							
	その他								
設計資料	H ¹ / ₃ =5.2m, β=40° 広井式による砕波								
被災数量	直立部	堤体のすべり							
		堤体の傾斜							
	捨石部	被覆捨石の散乱							
		基礎捨石の散乱							
		根固ブロックの散乱							
その他	消波工の散乱								
その他	ケーソン側壁にき裂を生じ、中詰流失(延長9m) 蓋コンクリート沈下約10cm								
被災時の自然条件	潮位	+2.14m				波高	H ¹ / ₃ =4.0m (S.M.B法)		
	最大平均風速	19m/sec				瞬間最大風速	欠測		
復旧方法	当初中詰が砂であったが、粗石コンクリート打込にて復旧。								

留 萌 港

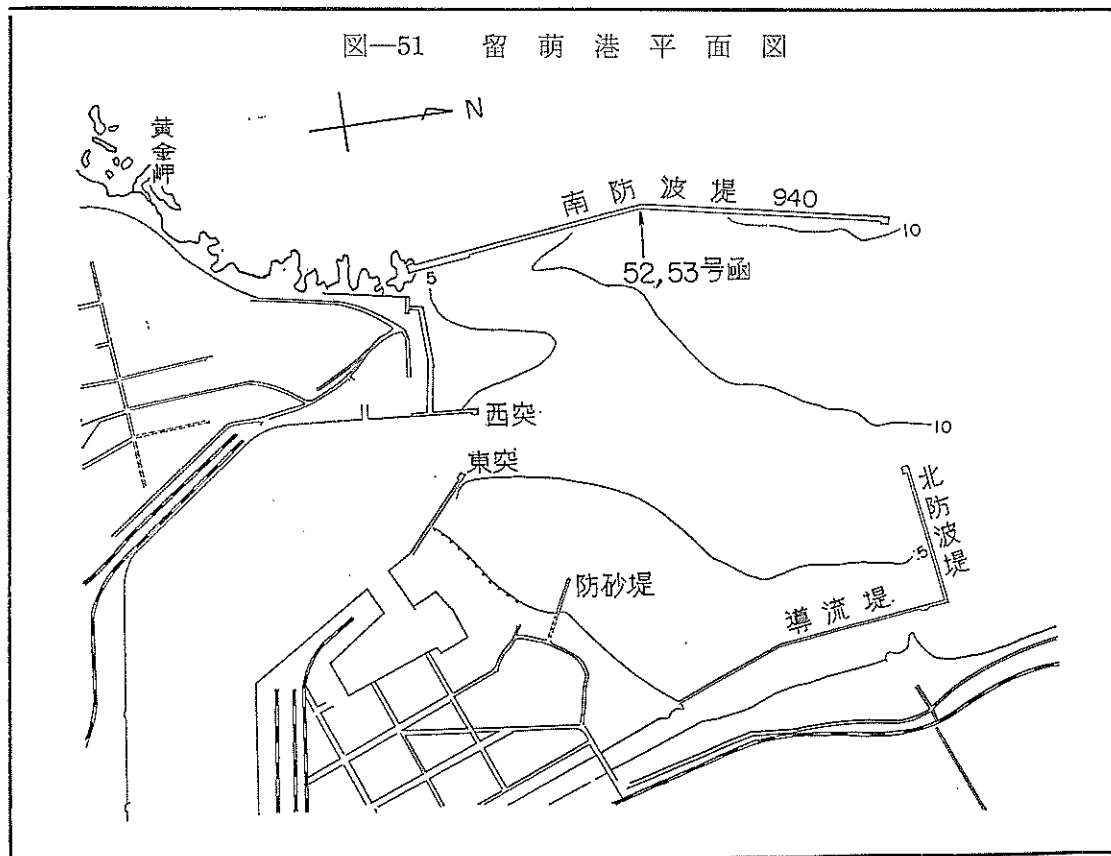
留萌港の防波堤は明治43年4月に第一期工事が始まり、南防波堤と北防波堤の築造にかかった。南防波堤は延長940m (3,100尺) のもので、岩盤基礎の基部側455m (1,500尺—A部) は、袋詰コンクリートで均した岩盤面に1個11 m^3 (400尺 3) 内外のブロックを積み、ブロック上面の凸部とケーソン下面の凹部をはめ合わせてケーソンを据えている。捨石基礎部の485m (1,600尺—B部) は、36kg (0.5尺 3) 以上の割栗石を15%余盛りしてケーソンを据え、落着きを見てから根固ブロックを施工している。

ケーソンの据付け間隔は、約3cm~15cm (1寸~5寸) であったが、その間げきには上部工施工前に、ケーソン上面から深さ2.4m (8尺) に至る袋詰コンクリートを詰めている。また、上部工とケーソン中詰の間には古レール数本が埋めこまれている。

昭和3年度に南防波堤は完成したが、大正9年の災害以外はほとんど放置されたままになっていた。戦後になってB部は、ケーソン番号 No.60~No.70 附近が絶えず被災し、そのたびに原形復旧あるいはケーソン並列式の復旧を繰り返したが、32年災からテトラポッドによる復旧を行なった。その後、嵩上工により堤体天端+3.0m、テトラポッド天端+4.5mと断面が変わった。

A部は築造以来ほとんど被災しなかったが、昭和29年の洞爺丸台風で No.29~No.37 の基礎ブロックが崩壊したので、袋詰コンクリート、ブロックなどで復旧したが、その後基礎ブロックの崩壊、ゆるみが激しくなったので、38年災以後テトラポッドで復旧している。なお、A部も嵩上と同時に前面に+4.5mまでテトラポッドを積んでいる。

40年度からは既設南防波堤先端から、延長300mの防波堤工事が始まっている。

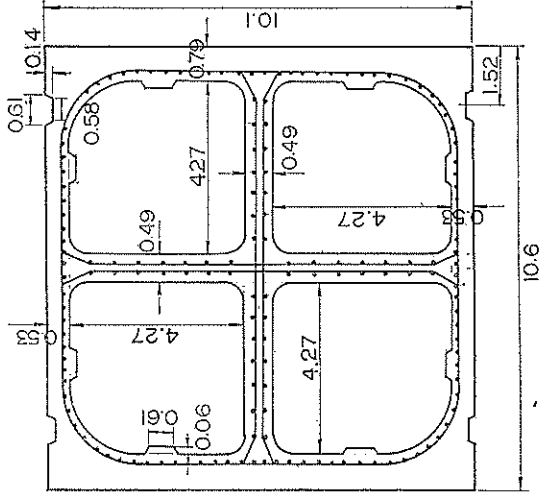


留 萌 港

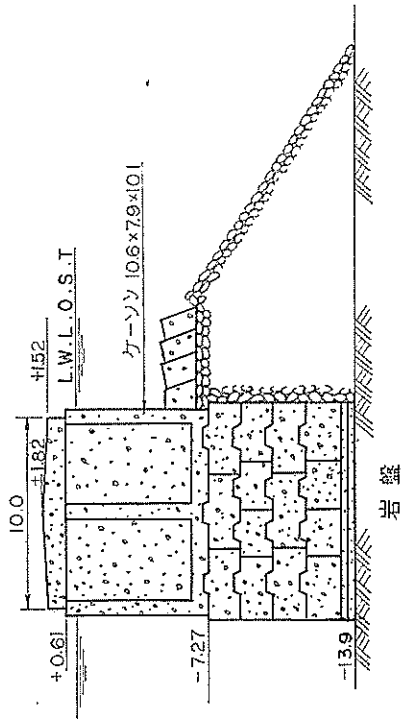
混成防波堤(ケーソン)

防波堤名	南防波堤	完成年月日	施工中	被災年月日	大正9年 秋, 冬					
被災原因とその状況	明治43年起工された南防波堤は大正9年までにブロック基礎部分が完成し、捨石基礎部も一部完成していた。このうち62号～66号ケーソン（基点距545～595m）は図-56のとおりでき上がっていたが、大正9年の冬期風浪により移動、傾斜した。67, 68号の当時先端部のケーソンは中詰未施工のためケーソンが破壊した。									
被災断面の寸法 (図-56)	水深	-14.5	天端高	+0.61	L. W. L	±0.00	H. W. L			
	断面の全高	15.15		捨石高	7.27		壁体高	7.88		
	捨石	底幅	49.7 (164尺)		天端高	-7.27 (24尺)				
		天端幅	24.2 (80尺)		ノリコウ配	外側	1:2	内側	1:1.5	
壁体	底幅	10.6	天端幅	10.6	底面高	-7.27	前面捨石肩幅	9.09	外側内側	4.54
直立部	ケーソン	寸法	幅10.6×高さ7.88×10.1 (35尺) (26尺) (33.31尺)							
		配合	1:0.2 (火山灰):2.1:4.2							
		中詰	1:1.0 (#):5.5:11.0							
上場部打	1:2.5:5.0									
捨石部	捨石	40kg(0.5尺 ³)以上の割栗石								
	張石									
	根固ブロック	幅1.2m×長さ4.2mの異型ブロック, 24.4t (11.2m ²)								
	その他									
設計資料	不明 (捨石とケーソンの摩擦係数は0.7を考慮していたと思われる)									
被災数量	直立部	堤体のすべり	施工中のケーソン5函の滑動, 傾斜							
		堤体の傾斜								
	捨石部	被覆捨石の散乱								
		基礎捨石の散乱								
		根固ブロックの散乱								
消波工の散乱										
その他										
被災時の自然条件	潮位	+1.53m (5尺)			波高	H=7.5m (25尺), 波向NW (12月4日実測)				
	最大平均風速				瞬間最大風速	50m/sec (最強風)				
復旧方法	ケーソン新設はめこみ。									

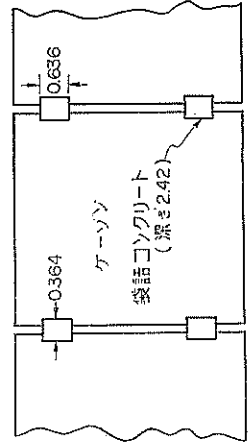
図—54 ケーソンの平面図



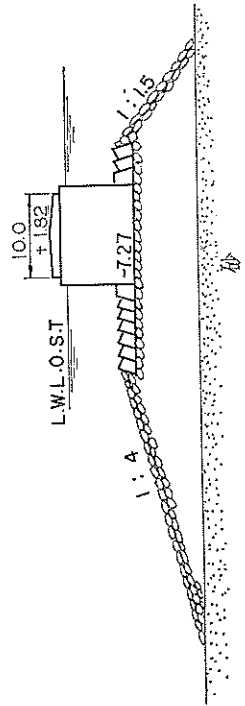
図—52 ブロック基礎部標準断面図



図—55 ケーソンの据付平面図

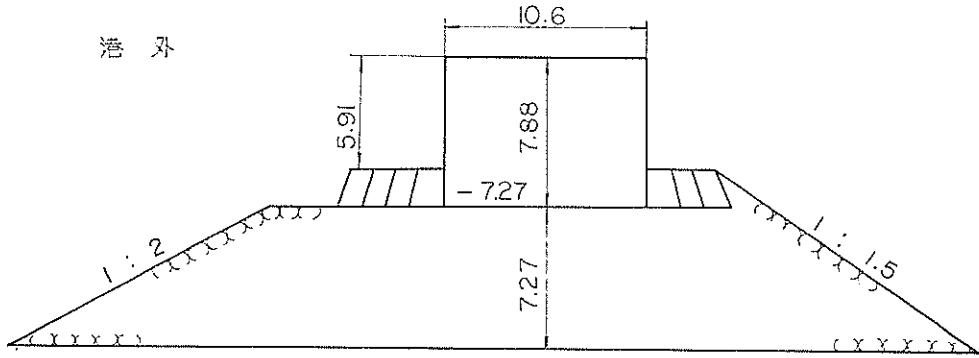


図—53 捨石基礎部標準断面図



留 萌 港

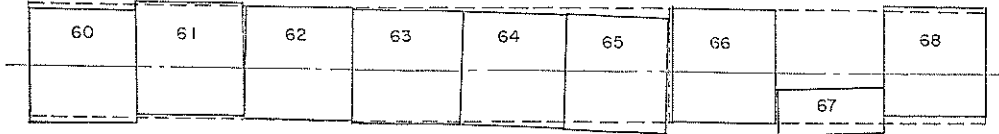
図—56 被災時竣工断面図



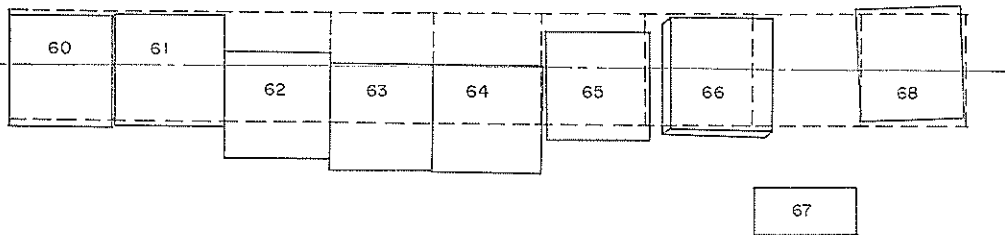
図—57 ケーソン滑動平面図

外 側

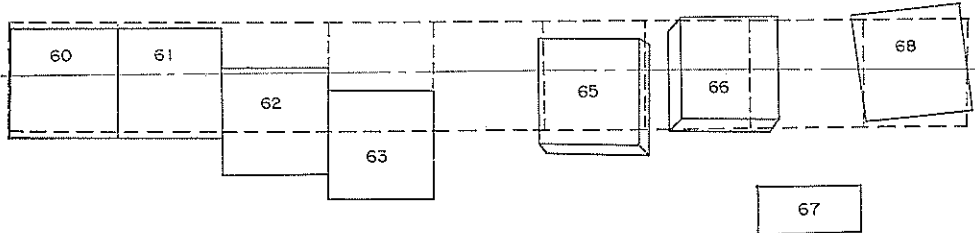
大正9年11月12日突測



大正9年12月18日突測



大正10年3月18日突測



留 萌 港

混成防波堤(ケーソン)

防波堤名	南防波堤	完成年月日	昭和3年		被災年月日	昭和34年 9月18~19日			
被災原因とその状況	昭和34年9月18~19日台風14号により堤体第56号より第60号に至る50m区間の堤体基礎部の根固方塊、捨石の散乱、洗掃等の災害をうけ、また場所打コンクリートも破壊され、堤体が一部滑動した。								
被災断面の寸法 (図-53) 当初断面	水深	-14.5	天端高	+1.82	L.W.L	±0.00	H.W.L	+0.30	
	断面の全高	16.3		捨石高	7.2		壁体高	9.1	
	捨石	底幅	65.0			天端高	-7.3		
		天端幅	24.2		ノリコウ配	外側	1:4		
	壁体	底幅	10.6	天端幅	10.0	底面高	-7.3	前面捨石 肩幅	外側 内側
直立部	ケーソン	寸法	幅10.6×高さ7.9×10.1						
		配合	1:0.2(火山灰):2.1:4.2						
		中詰	1:1():5.5:11.0						
	上場所打								
捨石部	捨石	40kg以上の割栗石							
	張石								
	根固ブロック	幅1.2m×長さ4.2mの異形方塊24.4t							
	その他								
設計資料									
被災数量	直立部	堤体のすべり	5箇延長50mが約0.5~1.5m						
		堤体の傾斜							
	捨石部	被覆捨石の散乱							
		基礎捨石の散乱							
		根固ブロックの散乱	17箇延長50m, 散乱最大28m						
		消波工の散乱							
その他	上部工の破壊								
被災時の自然条件	潮位	+0.6m			波高	H _{1/3} =4.0m(S.M.B法)			
	最大平均風速	30.5m/sec			瞬間最大風速	37m/sec(留萌港事務所)			
復旧方法	延長50mの前面に8tテトラポッド687個, 25tテトラポッド330個を据える。								

留 萌 港

混成堤部において、テトラポッド被覆前になされた復旧工事は下表のとおりである。

年度別	延長	工費	工事内容
25年度	100m	千円	68~71号ケーソン4函据付, 61~66号捨石補充
26年度	20		65~66号ケーソン3函, ブロック据付捨石補充
27年度	44		60, 64号場所打, 62号ケーソン据付
28年度	40		68~70号ケーソン据付
32年度	100		61~70号根固ブロック

図-58 復旧平面図

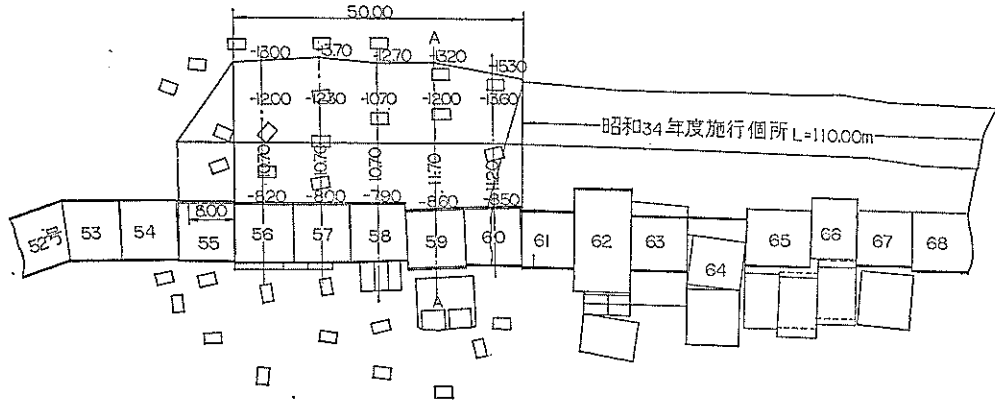
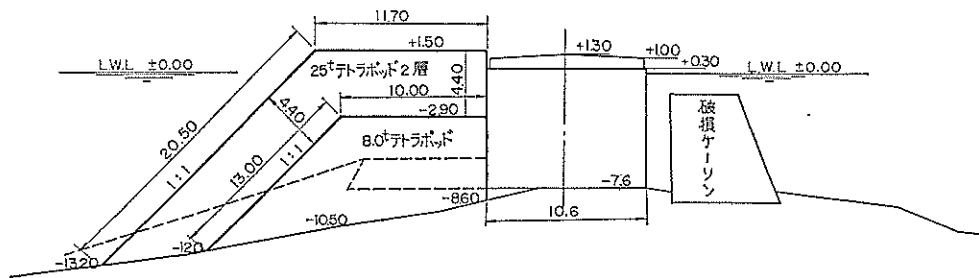


図-59 A-A 部復旧断面図



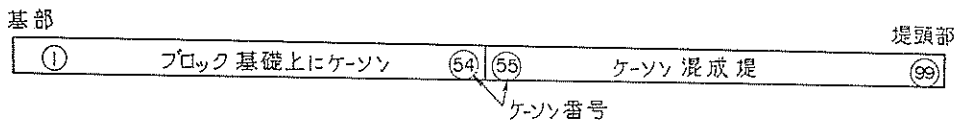
留 萌 港

混成防波堤(ケーソン)

防波堤名	南防波堤	完成年月日	昭和3年	被災年月日	昭和36年 9月17～18日
被災原因とその状況	台風18号の留萌沖通過により最大平均風速18.7mを記録、波も高まり最大波高6mを記録した。このためケーソンNo.84～No.99の堤体前面根固ブロックが散乱、堤体の沈下、滑出の被害を受けた。また越波により堤体背後根固ブロックも散乱した。No.57～No.70ケーソン区間は堤体および上部工コンクリートが破壊された。				
被災断面の寸法 (34年災参照)	水深	天端高	L.W.L	H.W.L	
	断面の全高	捨石高	壁体高		
	捨石	底幅	天端高		
		天端幅	ノリコウ配	外側	内側
壁体	底幅	天端幅	底面高	前面捨石	外側
直立部	ケーソン	寸法			
		配合			
		中詰			
	上場所	打			
捨石部	捨石				
	張石				
	根固ブロック				
	その他				
設計資料					
被災数量	直立部	堤体のすべり	16函、延長163mにわたり約0.7m		
		堤体の傾斜			
	捨石部	被覆捨石の散乱			
		基礎捨石の散乱			
		根固ブロックの散乱			
	消波工の散乱				
その他	上部工の破壊				
被災時の自然条件	潮位	+0.94m	波高	H _{max} =6.0, β=0°(推定)	
	最大平均風速	18.7m/sec	瞬間最大風速	26m/sec	
復旧方法	前面に8t, 25tテトラポッドを施工。				

港 萌 留

図-60 南防波堤被災状況説明図



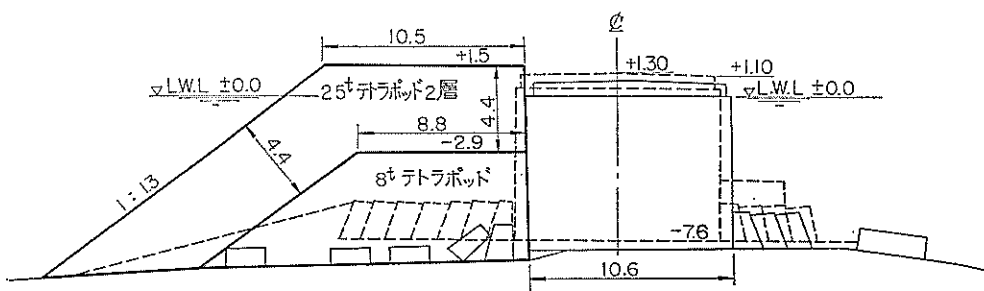
被災状況

災害年度	査定箇所	実施年度
昭和24年	キヲ台風 No. 60~71	25年~28年
“ 29“ 9月15号台風	“ 55~89	30 ~32
“ 32“ 11月風浪	“ 61~71	33 ~34
“ 34“ 14,15号台風	“ 56~60	35 ~36
“ 35“ 12月風浪	“ 72~83	37 ~38
“ 36“ 第二室戸台風	“ 84~99	37 ~38
“ 38“ 11月風浪	“ 50~55	39 ~40
“ 39“ 11月 “	“ 37~49	40 ~41
“ 40“ 2月 “	“ 0~36	41 ~

テトラポッド製作ならびに掲付状況

施工年度	災 害				年間掲付個数
	8t	16t	25t	25t	
34年度	507		512		1019
35 “	687		330		1017
36 “	793		449		1010
37 “	909		454		1321
38 “	915		624	224	2037
39 “	875		224	678	1777
40 “	1221		656	642	2501
41 “	429	356	957	1184	2923

図-60 36年災復旧断面図 (ケーソンNo.86)



留 萌 港

直立防波堤(ケーソン)

防波堤名	南防波堤	完成年月日	昭和3年		被災年月日	昭和38年 11月26~27日		
被災原因とその状況	11月の冬期風浪により、南防波堤中央部ケーソン No.50~No.55 間において堤体下部の基礎ブロックが放出、ブロック相互にゆるみが生じた。また、49~53号間では港内側の根固石、ブロックが散乱した。なお、南防波堤はケーソンNo.52とNo.53の間で法線が折れるが、構造は54号と55号の間で変わる(図-60)。							
被災断面の寸法 (図-52)	水深	-13.9	天端高	+1.82	L.W.L	±0.00	H.W.L	+0.30
	断面の全高	15.72		捨石高	0		壁体高	15.72
	捨石	底幅				天端高		
		天端幅				ノリコウ配	外側 内側	1:1.5
壁体	底幅	10.6	天端幅	10.0	底面高	-7.27	前面捨石 肩幅	外側 0 内側 5.5
直立部	ケーソン	寸法	幅10.6×高さ7.9×10.1					
		配合	1:0.2(火山灰):2.1:4.2					
		中詰	1:1.0(*):5.5:11.0					
上場部打	1:2.5:5.0							
捨石部	捨石							
	張石							
	根固ブロック	内側24.4tの異型方塊						
	その他							
設計資料								
被災数量	直立部	堤体のすべり						
		堤体の傾斜						
	捨石部	被覆捨石の散乱						
		基礎捨石の散乱	延長50.4m					
		根固ブロックの散乱	内側 延長47.4m					
	消波工の散乱							
その他	堤体下部基礎ブロックの放出							
被災時の自然条件	潮位				波高	H _{1/3} =4.0m, H _{max} =6.5m, T _{1/3} =8.4sec β=0° (港研水圧式)		
	最大平均風速	22m/sec			瞬間最大風速	26.1m/sec		
復旧方法	基礎ブロックの放出箇所は袋詰コンクリートで復旧し前面に25tテトラポッドを施工、港内側は注入コンクリートで復旧。							

留 萌 港

図-62 A部復旧前の断面図

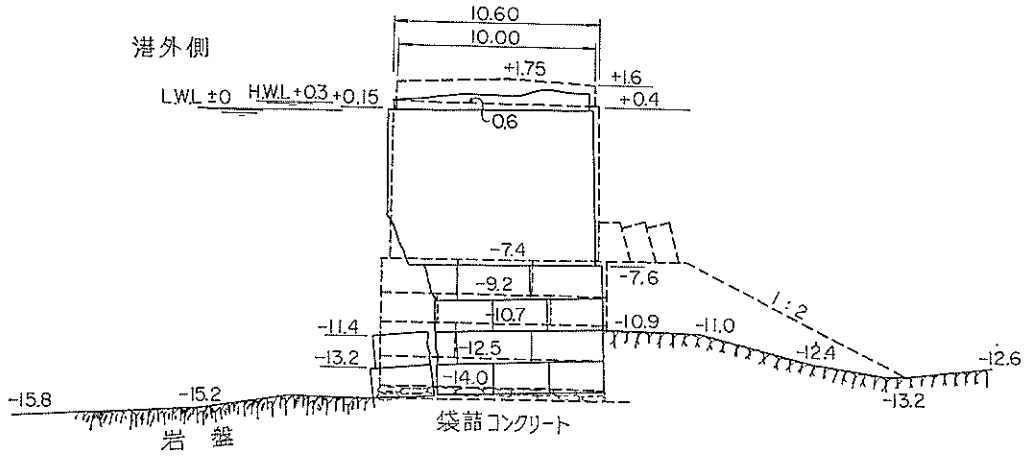
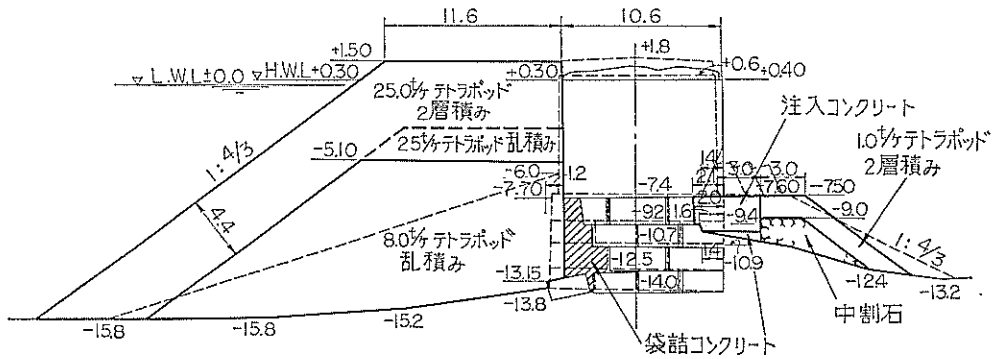


図-63 38年災復旧断面図 (ケーソンNo.52)



留 萌 港

・被覆嵩上断面の設計

混成堤部

沖波 $H_0=7.0\text{m}$, $T=10\text{sec}$, $L_0=156\text{m}$ とし、堤体前面の波は水深 -12.0m として $H=6.7\text{m}$ としている。テトラポッドによる波圧減殺率は、土木試験所の実験結果より、天端(+3.0m)で50%, ケーソン底面(-8.0m)で81%, 平均で63%を考え滑動に対し安全率は次のようになっている。

$$f = \frac{\mu W}{P} = \frac{0.6 \times 134.0}{42.1} = 1.91$$

(図-66, 図-67参照)

直立堤部

堤体前面の波は水深 -13.5m として $H=6.5\text{m}$, テトラポッドによる波圧減殺率は天端(+3.0m)で54%, ケーソン底面(-7.4m)で78%, 平均で64%を考え滑動に対し安全率は次のようになっている。

$$f = \frac{\mu W}{P} = \frac{0.5 \times 126.2}{37.8} = 1.67$$

(図-64, 図-65参照)

- ・昭和40年度から始まった南防波堤延長部(C部)の断面は図-68に示すとおりである。その設計波高は $H=7.0\text{m}$, 入射角 $\beta=0^\circ$, 波圧式は浜田の実験式で滑動に対し安全率は次のようになっている。

$$f = \frac{\mu W}{P} = \frac{0.6 \times 175.4}{86.5} = 1.22$$

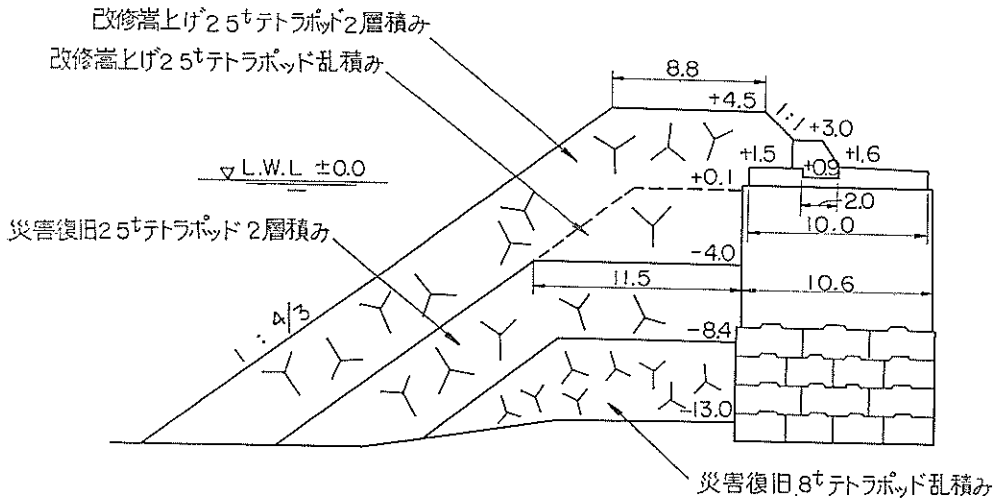
- ・参考までに南防波堤前面(スタジア式)および先端から800m北方の水深11m地点(港研水圧式)で測られた波高資料を以下に示す。

波 浪 観 測 資 料

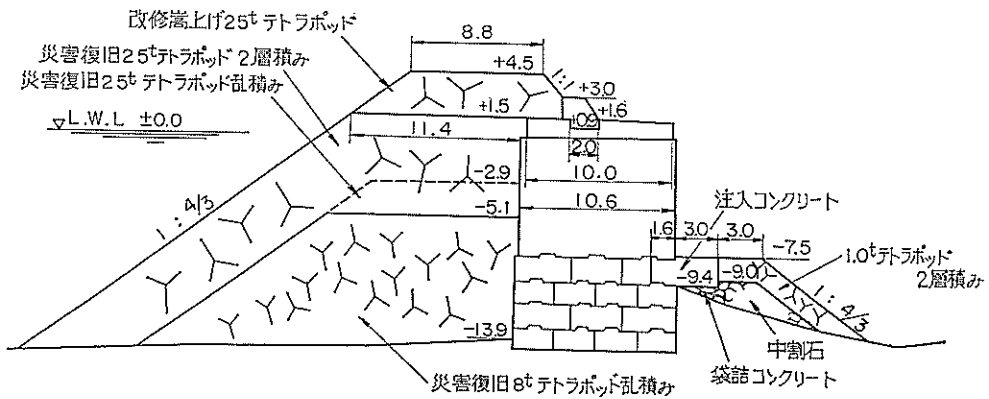
年 月 日	最大波高	周 期	風 向	風 速	備 考
32. 10. 13	9.80m	6.7sec	WSW	13.2 m/sec	スタジア式
33. 5. 14	5.83	5.1	WSW	11.2	"
36. 11. 9	7.02	8.5	SW	10.0	水 圧 式
37. 10. 14	7.01	5.7	S	7.3	"
38. 9. 20	7.80	6.1	W	7.3	"
水圧式の記録のうち有義波の最大は					
36. 11. 9	5.01	10.5	W	10.0	水 圧 式

留 萌 港

図一64 No.46~50 断面図



図一65 No.51~54断面図 (ただし背後補強はNo.49~53)



留 萌 港

図-66 No.56~83 断 面 図

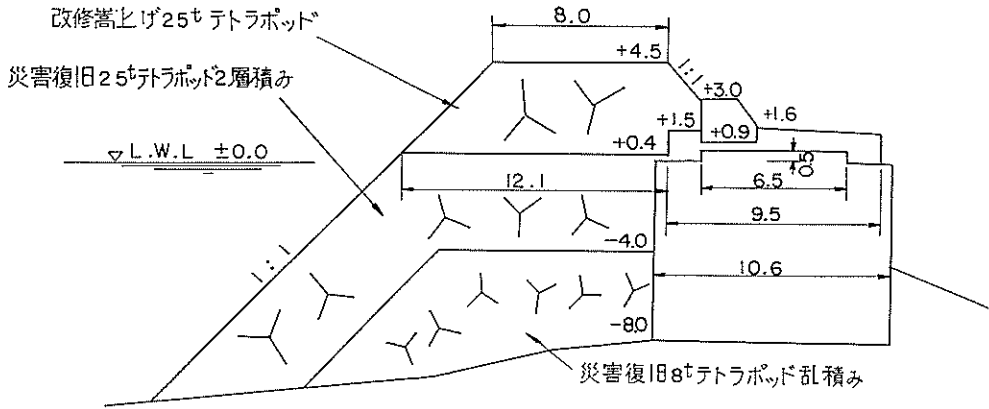


図-67 No.55, No.84~98 断 面 図

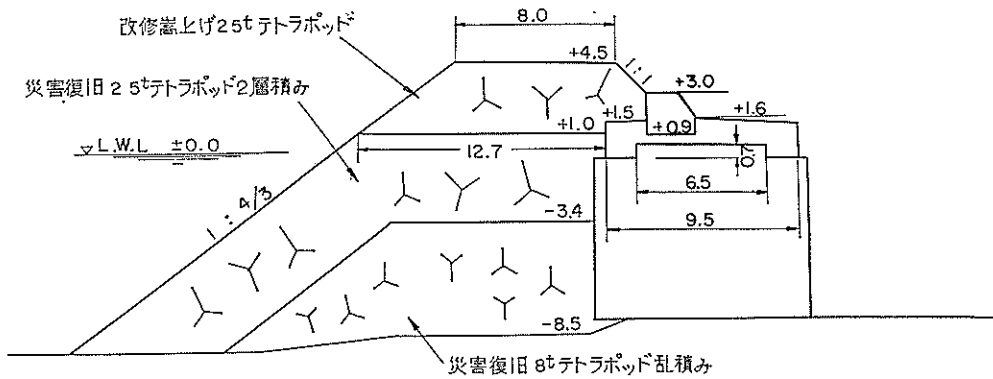
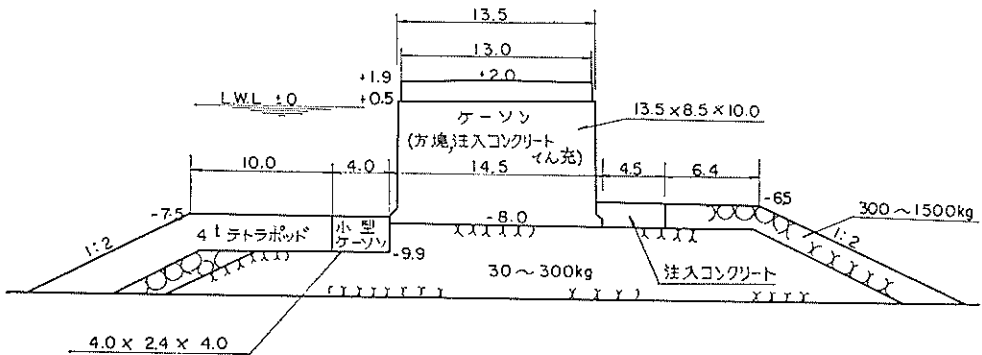


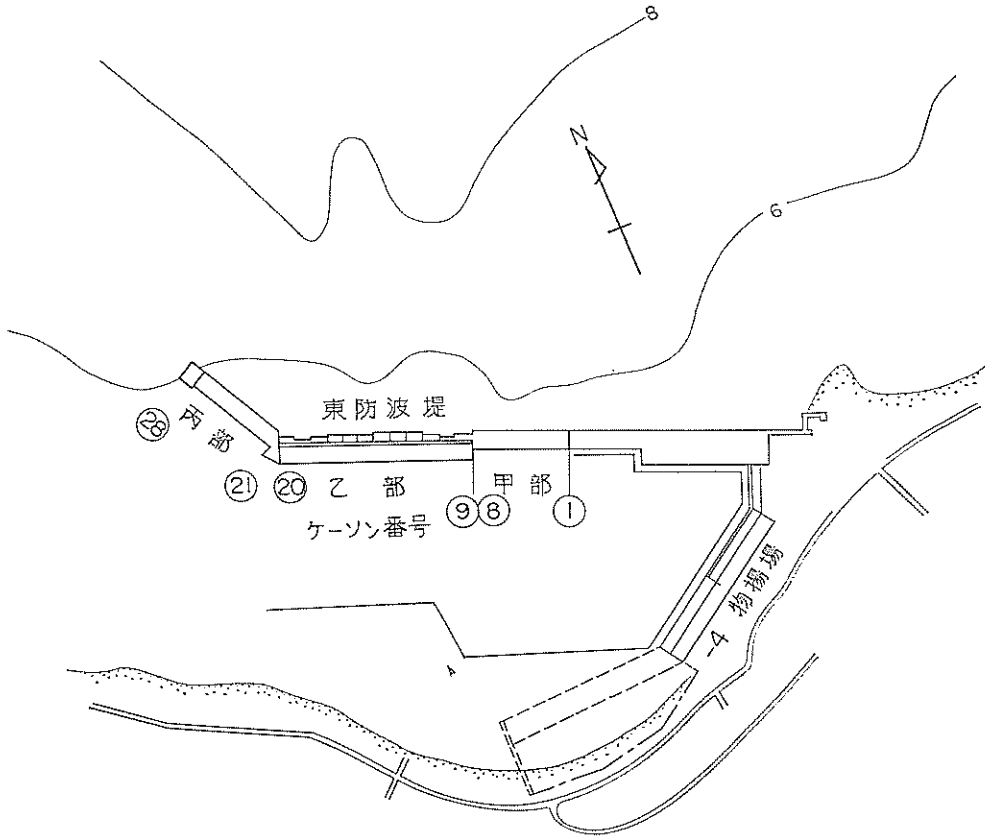
図-68 C 部 断 面 図



椴法華港

椴法華港東防波堤は、漁村振興事業として昭和7年から9年にわたり築造された(132m)。その後、昭和27年から延長工事が始まり、昭和30年度までに甲部が完成し、34年度までに乙部12函のケーソンが据付けられ、36年度までに丙部8函のケーソンが据付けられた。しかし、34、35、36年とケーソンが滑動する被害を受けた。35年からは補強工事が始まり38年度に完成したが、39年にはほとんど全長にわたって災害復旧工事が行なわれた。現在は前面に12.5tテトラポッドを積んで一応安定している。

図-69 椴法華港平面図



椴 法 華 港

混成防波堤(ケーソン)

防波堤名	東防波堤	完成年月日	昭和34年		被災年月日	昭和34年 9月26～27日			
被災原因とその状況	9月26日18時より台風15号の影響により南東の風が次第に強まり27日3時～4時には風速20m/secとなり、激浪が東防波堤に押し寄せた。このためケーソン3函が滑動、胸壁コンクリート18mが崩壊、場所打コンクリート9mにき裂を生じた。(ケーソン No.15～19号は33年度、20号は34年度に据付、被災時は全断面完成していた)								
被災断面の寸法 (図-71)	水深	-7.5	天端高	+4.2	L.W.L	±0.00	H.W.L	+1.4	
	断面の全高	11.7	捨石高	2.5	壁体高	9.2			
	捨石	底幅			天端高	-5.0			
		天端幅			ノリコウ配	外側	内側	1:1.5	
壁体	底幅	7.5	天端幅	7.3	底面高	-5.0	前面捨石 肩幅	外側 内側	2.0
直立部	ケーソン	寸法	幅7.5×高さ6.0×9.0						
		配合	1:2:4						
		中詰	砂石						
上場所打									
捨石部	捨石	中割石 30～60kg							
	張石								
	根固ブロック								
	その他	前面に1t五脚コンクリートブロック							
設計資料	H=3.1m, $\beta=0^\circ$, 広井式による砕波圧								
被災数量	直立部	堤体のすべり	ケーソン3函(No.18, 19, 20)が0.5～2.1m						
		堤体の傾斜							
	捨石部	被覆捨石の散乱							
		基礎捨石の散乱							
		根固ブロックの散乱							
消波工の散乱									
その他	パラベットの破壊18m, 上部工の一部にき裂								
被災時の自然条件	潮位	+0.93～+1.25m			波高	H ₀ =6.5m, T=9.7sec, 前面波高4.0m(推算値)			
	最大平均風速	20m/sec			瞬間最大風速				
復旧方法	移動のまま前面に注入コンクリートで拡幅、根固として2tテトラポッドを施工。復旧施工中に再被災。図-70は滑動していない甲部の断面図である。								

檣 法 華 港

混成防波堤(ケーソン)

防波堤名	東防波堤	完成年月日	昭和34年	被災年月日	昭和35年 10月21～22日
被災原因とその状況	35年10月13～15日の低気圧に伴う波浪と、10月22日の台風24号の襲来により東防波堤108m間(ケーソン番号 No. 9～No. 20)にケーソン1函9mを除くケーソン11函が内側に移動する大被害を受けた(このうち8函72mが査定を受ける)。				
被災断面の寸法 (図-71) 34年災参照	水深	天端高	L. W. L	H. W. L	
	断面の全高	捨石高	壁体高		
	捨石	底幅	天端高		
		天端幅	ノリコウ 外側 内側		
壁体	底幅	天端幅	底面高	前面捨石 肩幅	外側 内側
直立部	ケーソン	寸法	(34年災参照)		
		配合			
		中詰			
	上場所打				
捨石部	捨石				
	張石				
	根固ブロック				
	その他				
設計資料	H=3.1m, $\beta=0^\circ$				
被災数量	直立部	堤体のすべり	11函が0.2～0.8m		
		堤体の傾斜			
	捨石部	被覆捨石の散乱			
		基礎捨石の散乱			
		根固ブロックの散乱			
消波工の散乱					
その他	上部工の破壊67㎡				
被災時の自然条件	潮位	+1.25m	波高	H=5.0m(推定) 波向NNE	
	最大平均風速	6.0m/sec	瞬間最大風速		
復旧方法	移動の激しかった4函の据付直しを行ない、根固として8tテトラポッドで被覆。復旧施工中に再被災。				

檣 法 華 港

東防波堤の設計の概略を示すと以下のとおりである。

乙部当初断面（図一71）

$$H=3.1 \quad f = \frac{\mu W}{P} = \frac{0.6 \times 71.3}{36.7} = 1.16$$

乙部34年災復旧断面（図一73）

$$H=4.0 \quad f = \frac{\mu W}{P} = \frac{0.6 \times 86.2}{41.4} = 1.24$$

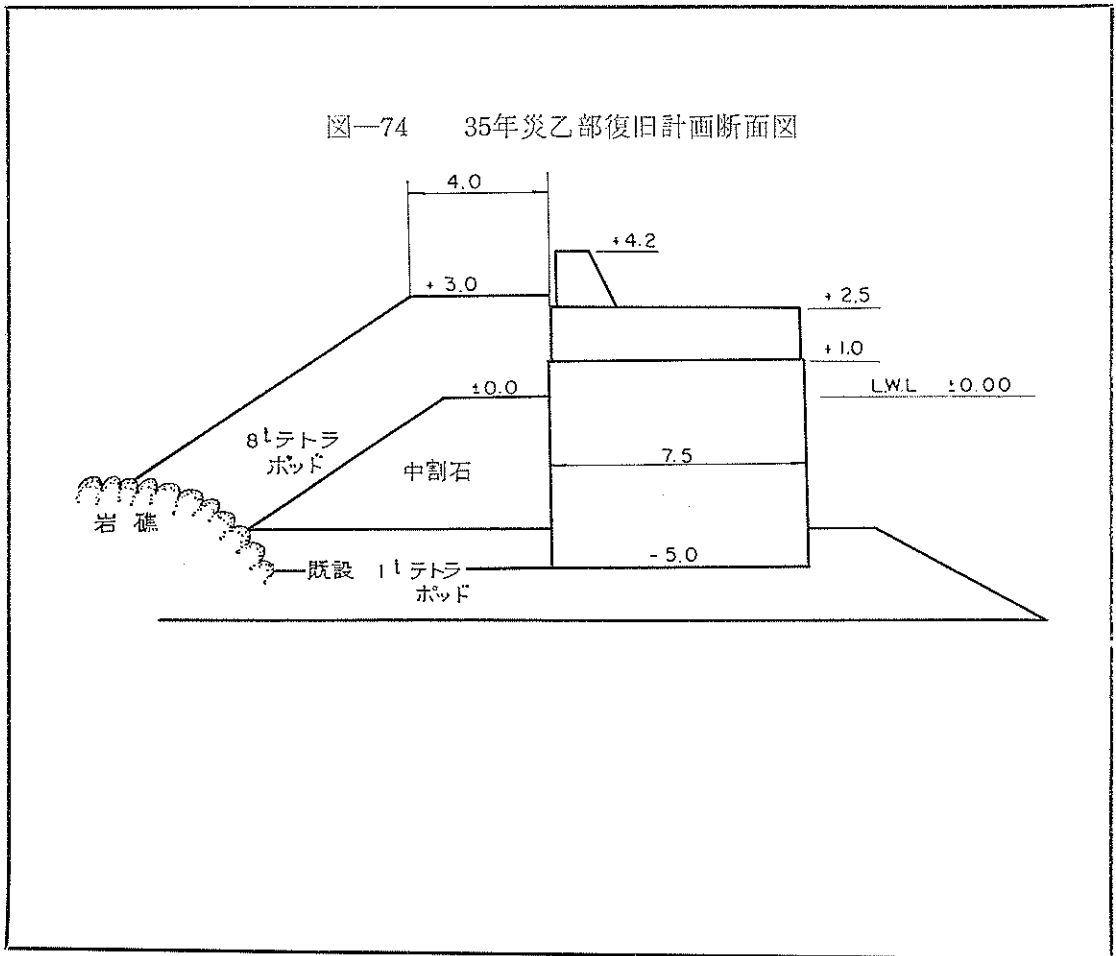
乙部35年災復旧断面（図一74）

$H=5.0$, テトラポッドの波圧減殺率33%

$$f = \frac{\mu W}{P} = \frac{0.6 \times 73.1}{43.8} = 1.00$$

甲部当初断面（図一70）

$$H=3.1 \quad f = \frac{\mu W}{P} = \frac{0.6 \times 88.3}{42.8} = 1.24$$



樞 法 華 港

直立防波堤(ケーソン)

防波堤名	東防波堤	完成年月日	施工中	被災年月日	昭和36年10月29日			
被災原因とその状況	昭和35年災を復旧中昭和36年10月28日台風26号は中心示度975mbで房総半島東方洋上を北上し、これに伴い、うねりが東防波堤に押し寄せ(波高5m, 周期10~15secと推定), その間60時間にわたるうねりのため35年災に加えケーソン3函が大きく港内に滑動し(乙部), また, 丙部の改修工事中の堤頭部にも被害を受けた(堤頭函は中詰を施工中であった)。							
被災断面の寸法 (図-77)ただし完成断面	水深	-6.6	天端高	+2.6	L.W.L	±0.00	H.W.L	+1.4
	断面の全高	8.6		捨石高			壁体高	8.6
	捨石	底幅			天端高			
		天端幅			ノリコウ配	外側	内側	
壁体	底幅	10.0	天端幅	9.8	底面高	-6.0	前面捨石層幅	外側 内側
直立部	ケーソン	寸法	幅10.0×高さ7.5×9.0 重量545 t					
		配合	320kg/m ³					
		中詰	砂石					
	上場所打	270kg/m ³						
捨石部	捨石	30~300kg						
	張石							
	根固ブロック	外側 1.5×2×3, 内側 2×2×3						
	その他							
設計資料	H=5.0m, β=30°(丙部)							
被災数量	直立部	堤体のすべり	改修施工中堤頭ケーソン1函滑動(側壁1個所隔壁2個所破損)災害復旧施工中, 乙部ケーソン3函滑動					
		堤体の傾斜						
	捨石部	被覆捨石の散乱						
		基礎捨石の散乱						
		根固ブロックの散乱	改修施工中, 根固ブロック4個, 基礎ブロック6個					
消波工の散乱	8tテトラポッド30個(乙部)							
その他								
被災時の自然条件	潮位	+1.53m			波高	H ₀ =6.5m, T=10sec 波向ESE, 前面波4.9m(推算値)		
	最大平均風速	8.3m/sec			瞬間最大風速			
復旧方法	乙部は注入コンクリートによる拡幅, 丙部は注入コンクリート, ブロックで復旧した。							

港 華 法 榎

図-75 36年災乙部復旧断面図

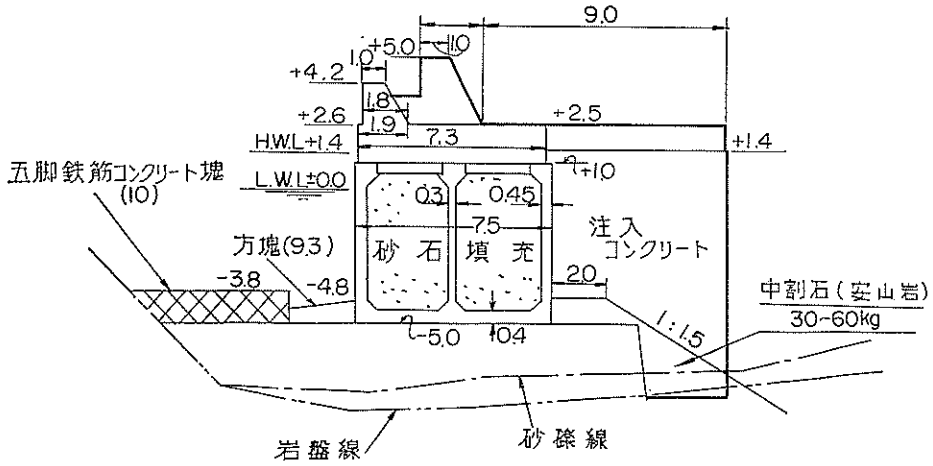


図-76 No.25 ケーソン部計画断面図

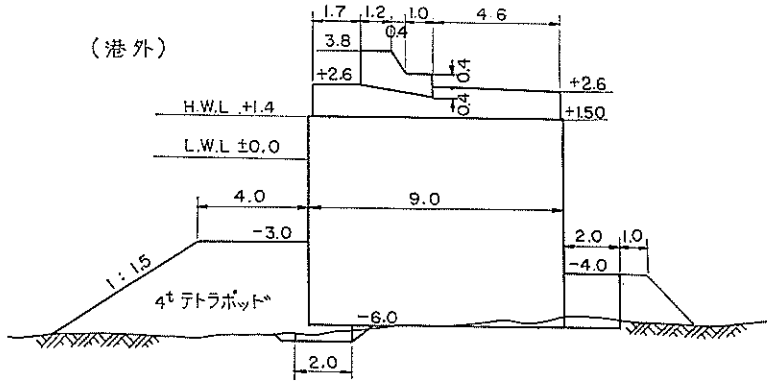
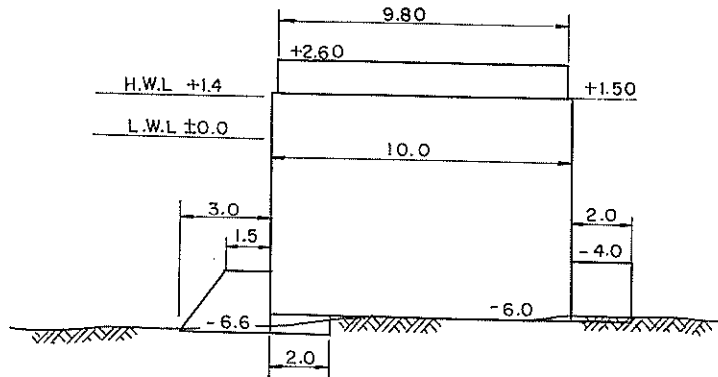


図-77 堤頭部断面図



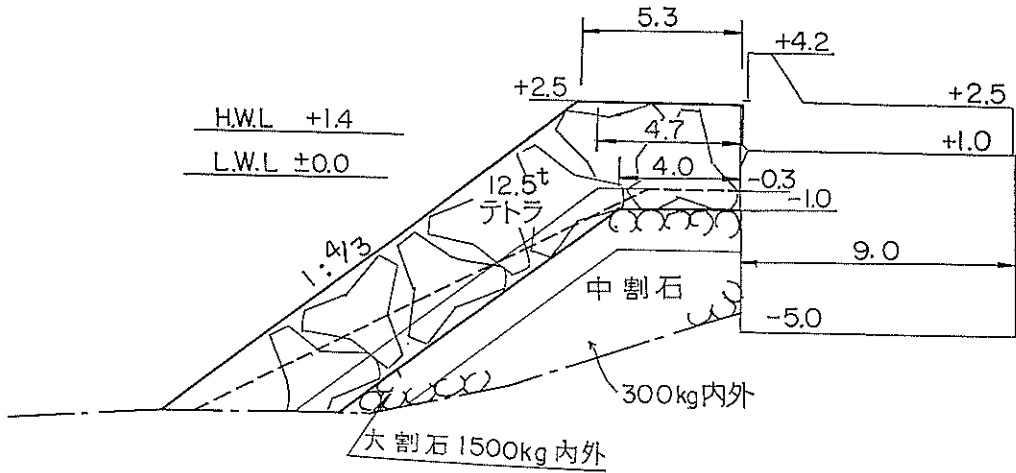
櫻 法 華 港

混成防波堤(ケーソン)

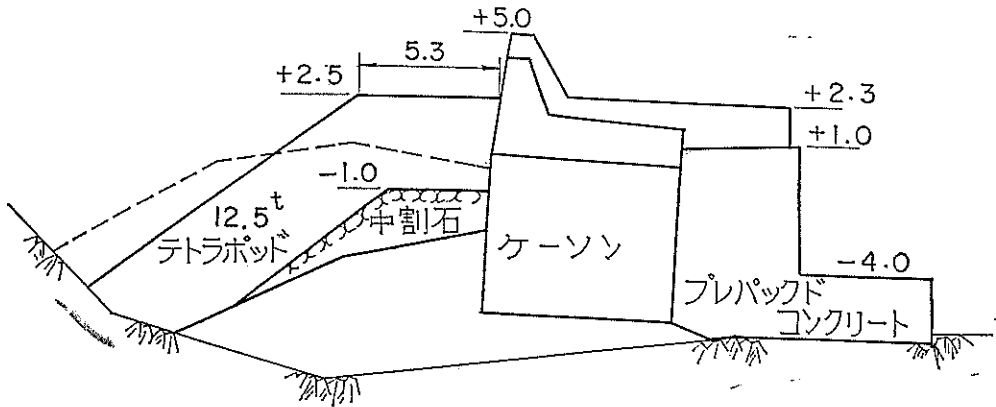
防波堤名	東防波堤	完成年月日	昭和30年	被災年月日	昭和39年2月 1~2日				
被災原因とその状況	39年2月1日, 986mbの低気圧のため, 瞬間風速30mを越え, 高潮を伴う激浪は5mを越えた。このため東防波堤基点から乙部まで延長300mにわたり堤体侵蝕, テトラポッド, 捨石の散乱, パラベットの破壊など大きな被害を受けた。なお同年10月16~18日には丙部の上部工, 基礎工が被害を受けた。								
被災断面の寸法 (図一70)	水深	-6.5	天端高	+4.2	L.W.L	±0.00	H.W.L	+1.4	
	断面の全高	10.7		捨石高	1.5		壁体高	9.2	
	捨石	底幅	20.0			天端高	-5.0		
		天端幅	14.5		ノリコウ配		外側	1:2	
	内側							1:1.5	
壁体	底幅	9.0	天端幅	8.8	底面高	-5.0	前面捨石 肩幅	外側 3.5 内側 2.0	
直立部	ケーソン	寸法	幅9.0×高さ6.0×7.5						
		配合							
		中詰	砂石						
	上場所打								
捨石部	捨石	30~60kg							
	張石								
	根固ブロック	前面, 幅2.5×高さ $\frac{0.7}{1.0}$							
	その他								
設計資料	H=3.1m, $\beta=0^\circ$ (甲部) 36年以前 H=5.0m, $\beta=30^\circ$ 36年以後 H=4.9m, $\beta=0^\circ$ (丙部)								
被災数量	直立部	堤体のすべり							
		堤体の傾斜							
	捨石部	被覆捨石の散乱	2,000 m ³ (300kg~2,000kg) 延長102m						
		基礎捨石の散乱							
		根固ブロックの散乱							
消波工の散乱	4t, 8t テトラポッド								
その他	パラベット破壊延長74.75m								
被災時の自然条件	潮位	+1.7m			波高	H=5.0m(推定), 波向ENE			
	最大平均風速	17m/sec			瞬間最大風速	32m/sec			
復旧方法	前面12.5t テトラポッドで被覆。								

港 華 法 榎

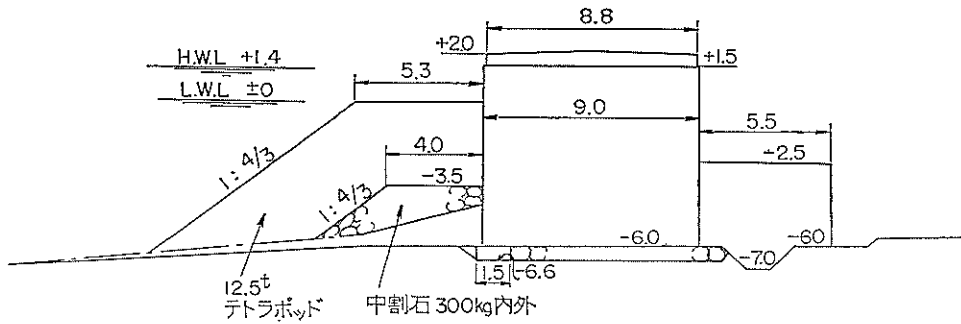
図—80 39年災甲部復旧断面図



図—81 39年災乙部復旧断面図

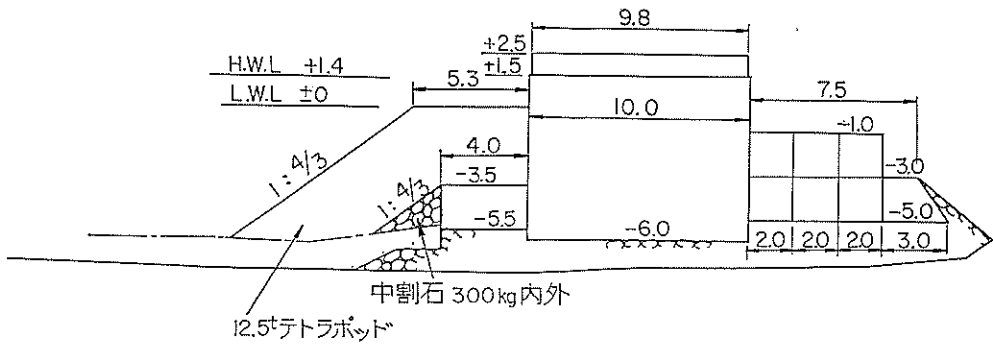


図—82 39年災丙部復旧断面図

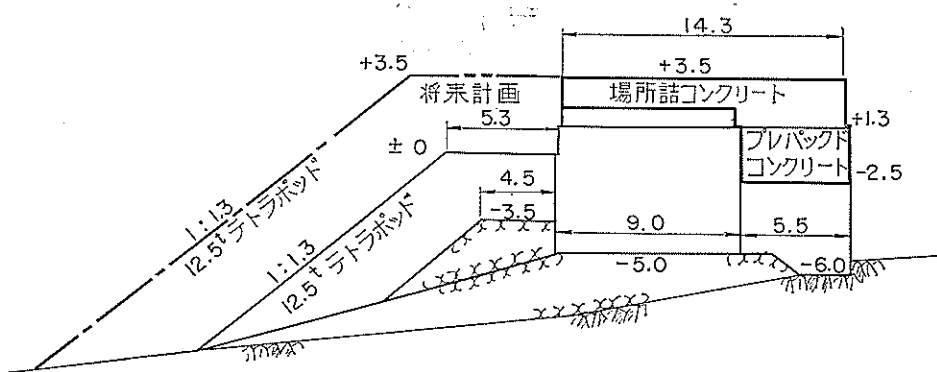


港 華 法 榎

図一83 39年災堤頭部復旧断面図



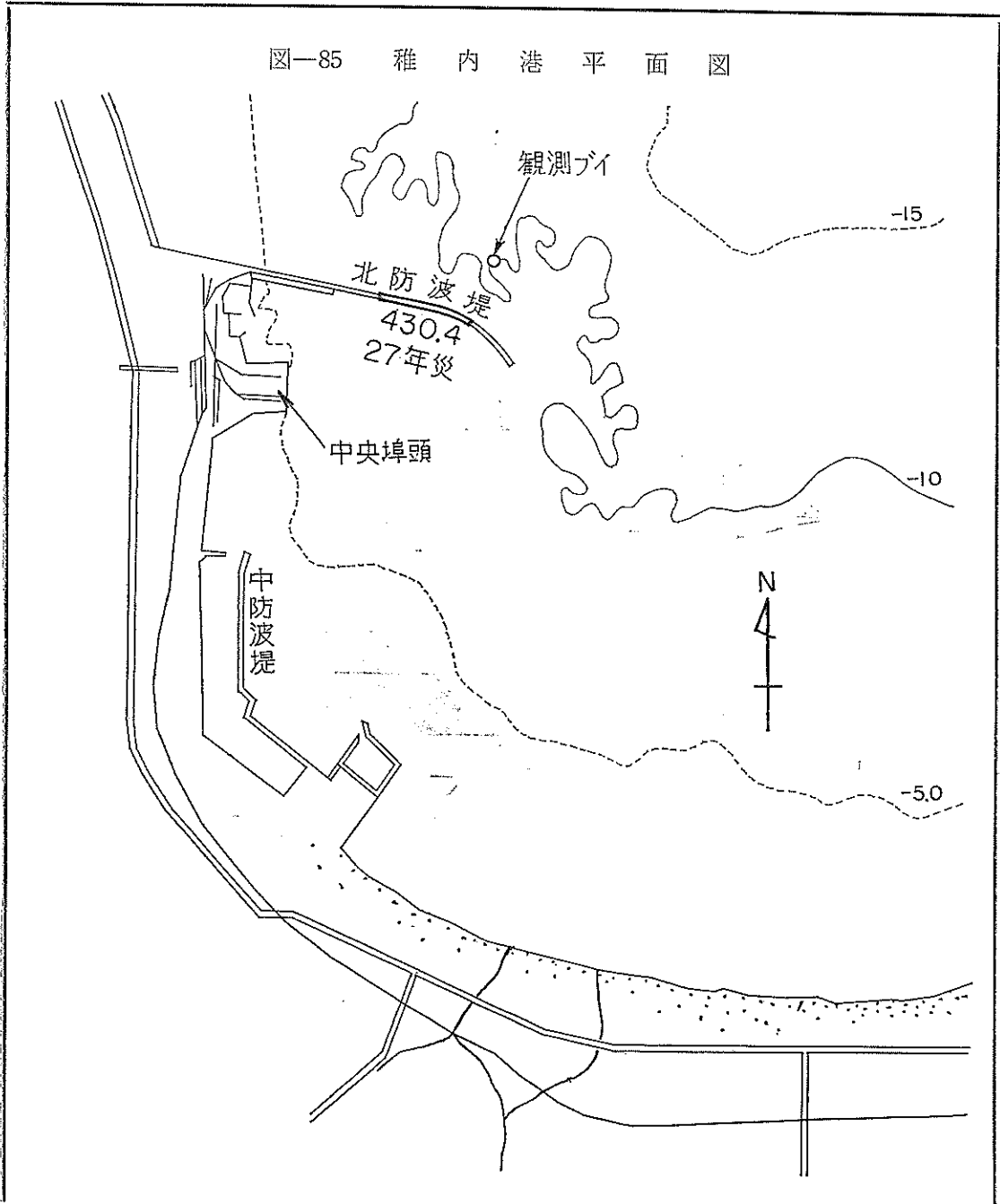
図一84 42年度丙部改修済断面図



稚 内 港

稚内港の防波堤は、大正9年第一期拓殖計画が始まり昭和2年完成をめぐり、北防波堤1,330m(4,400尺)が築造されたが、さらに121mの増築計画が加わって昭和11年度に完成した。戦後は27年、29年に二度基礎の原形復旧を行ない、36年に初めて根固として4tテトラポッドを使用した。39年度からは、北防波堤の延長工事(幅10.0×高さ9.3×10.0のケーソン、 $H_{1/3}=4.0\text{m}$ 、 $\beta=0^\circ$)が始まり、また既設北防波堤の嵩上(+3.0)も計画されている。

図-85 稚内港平面図



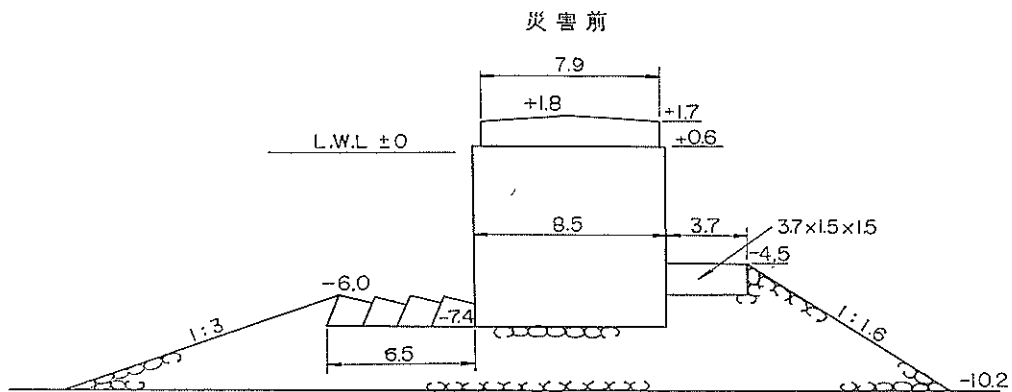
稚 内 港

混成防波堤(ケーソン)

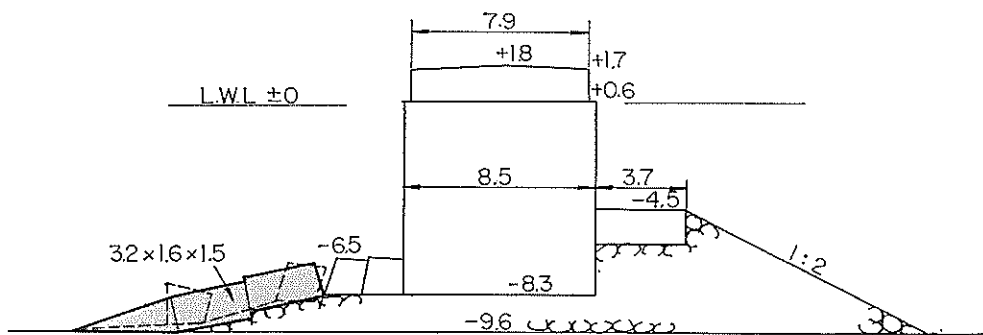
防波堤名	北防波堤	完成年月日	昭和11年	被災年月日	昭和27年10月23日			
被災原因とその状況	10月23日の低気圧により、風速は最大平均風速19.9m/secを記録、これに伴い、激浪が北防波堤に激突、堤体上部工が破壊、根固ブロック、根固石が散乱する被害を受けた。							
被災断面の寸法 (図-86)	水深	-10.2	天端高	+1.8	L.W.L	±0.00	H.W.L	+0.5
	断面の全高	12.0		捨石高	2.8		壁体高	9.2
	捨石	底幅	39.0		天端高	-7.4		
		天端幅			ノリコウ配	外側	1:3	内側
壁体	底幅	8.5	天端幅	7.9	底面高	-7.4	前面捨石肩幅	外側 6.5 内側 3.7
直立部	ケーソン	寸法	幅8.5×高さ8.0×7.5					
		配合						
		中詰						
	上場所打							
捨石部	捨石	60~100kg (小割石)						
	張石							
	根固ブロック	外側 異型方塊, 内側 18t (3.7×1.5×1.5)						
	その他							
設計資料	不明							
被災数量	直立部	堤体のすべり						
		堤体の傾斜						
	捨石部	被覆捨石の散乱	1,161㎡延長430m					
		基礎捨石の散乱						
		根固ブロックの散乱	204個延長430m, 6~22m飛散					
消波工の散乱								
その他	上部工	18㎡延長7.1m						
被災時の自然条件	潮位				波高	H=3.5m (推定)		
	最大平均風速	19.9m/sec(NNE)			瞬間最大風速	26.4m/sec(NNE)		
復旧方法	旧方塊100個, 新しく104個を造って据付(28年度施工)。29年5月にも被災し, 27年災と合併で復旧している。							

稚 内 港

图—86 標 準 断 面 图



图—87 27, 29年災復旧断面图



稚 内 港

混成防波堤(ケーソン)

防波堤名	北防波堤	完成年月日	昭和11年	被災年月日	昭和36年9月16日				
被災原因とその状況	マリアナのガム島南東海上にあった台風18号は示度920mbから960mbに弱まりながら、日本海を北上し、17日稚内の西沖を通り宗谷海峡を北東に進んだ。このため16日朝より風速が次第に強まり、夕刻には風速10m/sec以上となり、暴風化し波高4.0mの激浪が北防波堤に当たり、延長513.75mにわたり、基礎工の捨石およびブロックが散乱した。								
被災断面の寸法 (図-87)	水深	-9.6	天端高	+1.8	L. W. L	±0.00	H. W. L	+0.5	
	断面の全高	11.4	捨石高	1.3	壁体高	10.1			
	捨石	底幅				天端高	-8.3		
		天端幅				ノリコウ配	外側	内側	1:2
壁体	底幅	8.5	天端幅	7.9	底面高	-7.9	前面捨石肩幅	外側 内側	3.7
直立部	ケーソン	寸法	幅8.5×高さ8.9						
		配合							
		中詰							
	上場部	打							
捨石部	捨石	60~100kg							
	張石								
	根固ブロック	外側		3.2×1.6×1.5		内側		3.7×1.5×1.5	
	その他								
設計資料									
被災数量	直立部	堤体のすべり							
		堤体の傾斜							
	捨石部	被覆捨石の散乱	2,300個延長514m						
		基礎捨石の散乱							
		根固ブロックの散乱	460個延長514mが5~10m散乱						
消波工の散乱									
その他									
被災時の自然条件	潮位	+0.80m				波高	H=4.0m(推定)		
	最大平均風速	15.2m/sec(E)				瞬間最大風速	22.8m/sec(E)		
復旧方法	4tテトラポッド捨込みにて復旧。								

港 内 稚

図-88 被災位置図

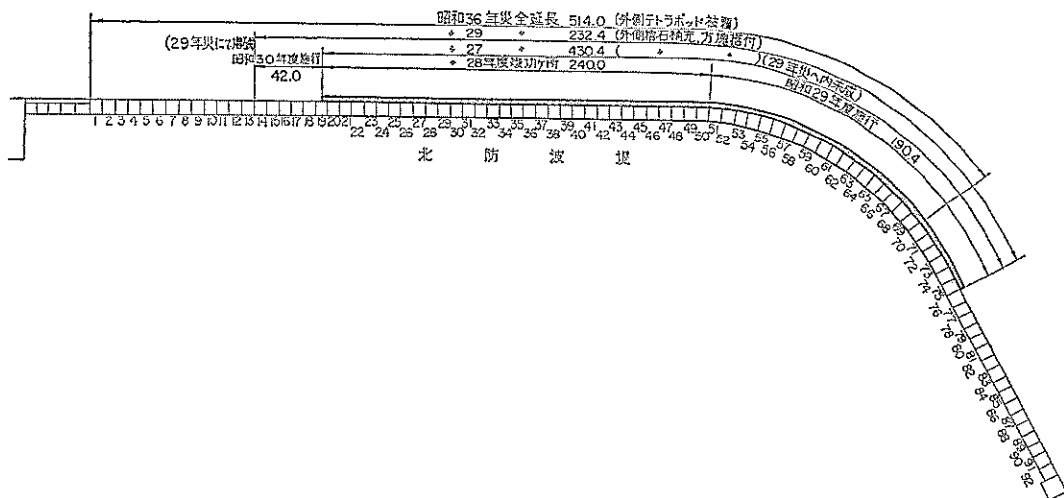
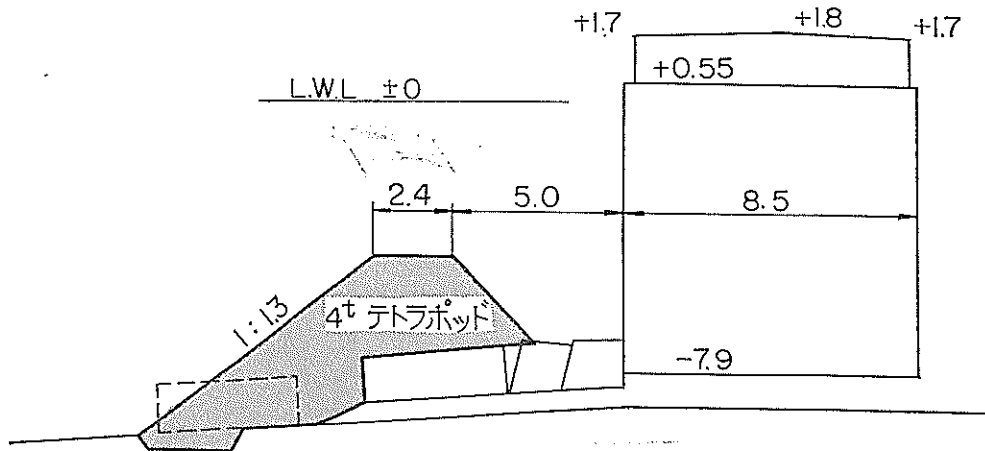


図-89 昭和36年災復旧断面図



秋 田 港

秋田港はもと土崎港と称していたが、土崎の秋田市への合併以来秋田港となる。

大正6年に雄物川の改修工事が始まり、この時河口防波堤の一部が完成した。昭和4年からは一期工事が始まり、14年には一応完成、引き続いて21年までの継続事業が始まったが戦争で中断、昭和21年に打ち切り竣工とした。この時、南防波堤延長822mは完成（その断面は図-92～図-100）、北防波堤は一部未完成であった。

戦後、23年より北防波堤に沈艦式の防波堤を築き、26年度にその完成を見た。沈艦部は施工中も完成後も被災している。南防波堤は基部からの越波が多いため、26、7年度に（25+170）mの延長工事を行ない、南防波堤の延長846m、元付堤延長170mとなる。

31年度からは漂砂、浸入波を防止するため、南防波堤の延長工事が始められ、41年度180mが完成した（先端屈曲部）。また、39年度からは既設南防波堤の嵩上工事（+4.0m）が始められた。南防波堤は戦後5～6回被災しているが、いずれも根固ブロック、捨石の散乱で、ケーソンが滑動、転倒する被害は受けていない。



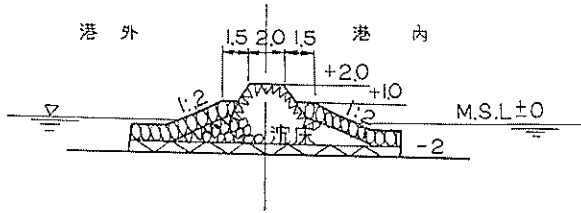
秋 田 港

石張式防波堤

防波堤名	南防波堤	完成年月日	昭和14年	被災年月日	昭和21年12月8日		
被災原因とその状況	12月8日の大暴風浪を初めとして数次にわたる激浪により南防波堤の基礎捨石が延長515mにわたり洗掘、移動し、本堤石張コンクリートの下部に空洞を生じ方塊が移動した。						
被災断面の寸法 (図-92)	水深	-2.0	天端高	+2.00	基準面	T. P	H. W. L
	断面の全高	4.0	捨石高		壁体高		
	捨石	底幅		天端高			
		天端幅		ノリコウ配	外側 1:2 内側 1:2		
	壁体	底幅		天端幅	2.0	底面高	
直立部	石張	寸法					
		配合					
		中詰					
	上部場所打						
捨石部	捨石	100kg					
	張石	1,000kg					
	根固ブロック						
	その他						
設計資料							
被災数量	直立部	堤体のすべり					
		堤体の傾斜					
	捨石部	被覆捨石の散乱	捨石 3,725 m ³ 延長 420m (24年度施工量)				
		基礎捨石の散乱					
		根固ブロックの散乱					
消波工の散乱							
その他	上部場所打コンクリート	245 m ³					
被災時の自然条件	潮位		波高				
	最大平均風速		瞬間最大風速				
復旧方法	原形復旧(図-102)。南防波堤基部に元付堤、突堤を築造。図-92～図-100は完成時の標準断面図である。						

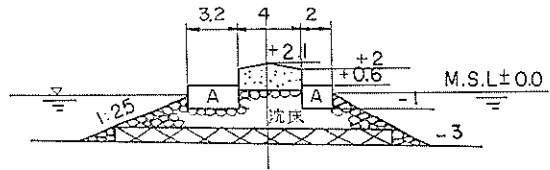
秋 田 港

图—92 A部断面图
南 0 ~ 142
北 0 ~ 112



图—93 B部断面图

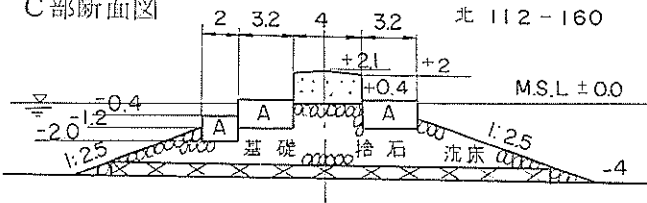
南 142 - 200



图—94 C部断面图

南 200 - 300

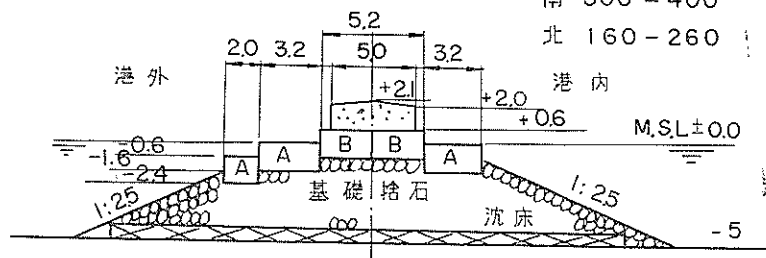
北 112 - 160



图—95 D部断面图

南 300 - 400

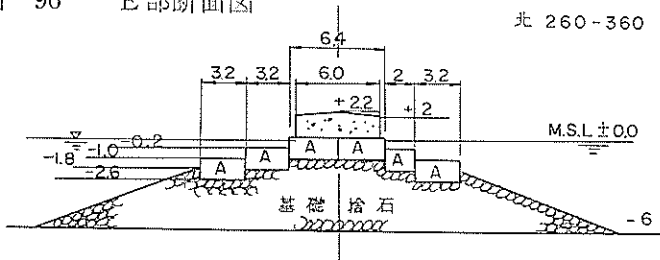
北 160 - 260



图—96 E部断面图

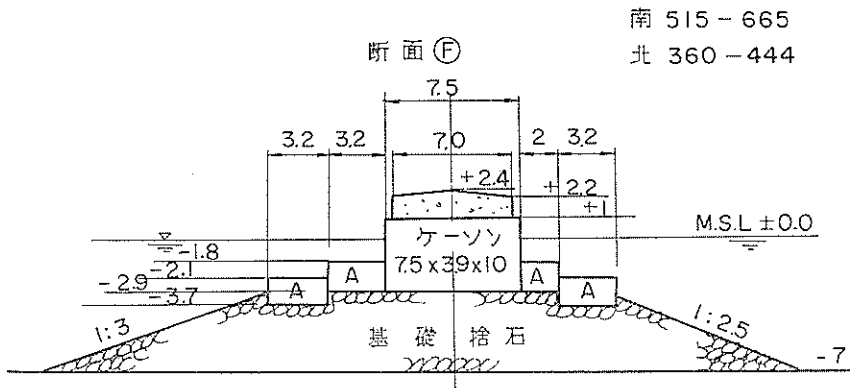
南 400 - 515

北 260 - 360

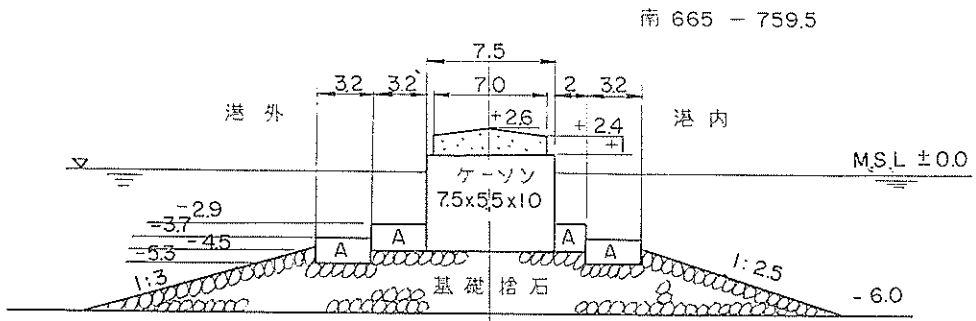


秋 田 港

図一97 F 部 断 面 図



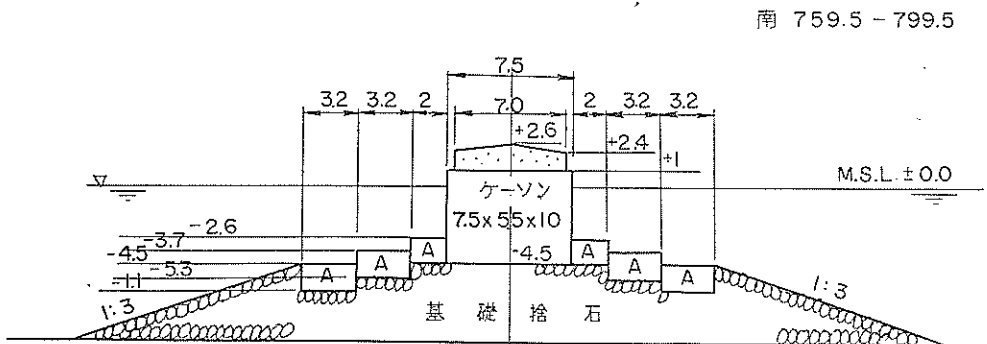
図一98 G 部 断 面 図



A 型 3.2 x 2.0 x 1.6
B 型 2.6 x 2.5 x 1.6

被覆石 500~1000 kg

図一99 H 部 断 面 図



方塊形状寸法 A 型 3.2 x 2.0 x 1.6
B 型 2.6 x 2.5 x 1.6

秋 田 港

図-100 先端 3 函断面図

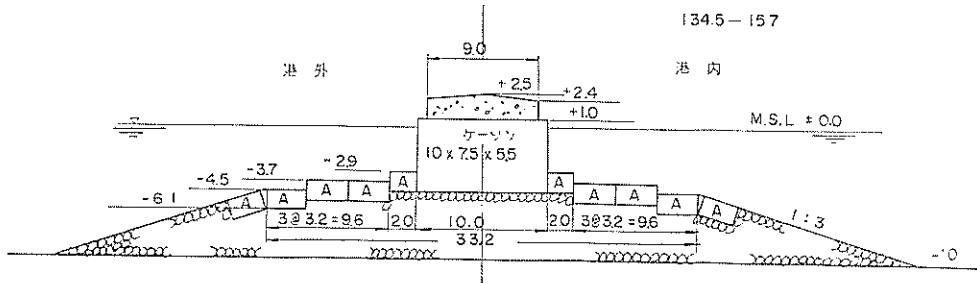


図-101 被災位置図

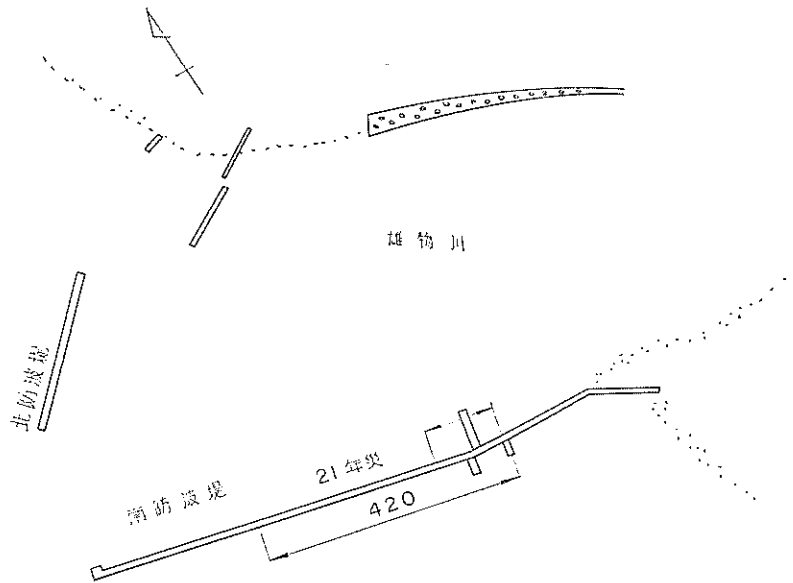
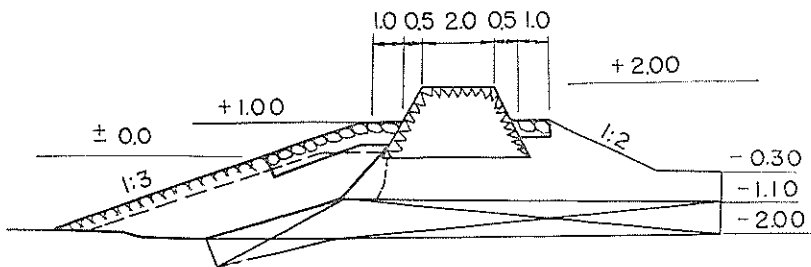


図-102 南防波堤基点から131.5部復旧断面図



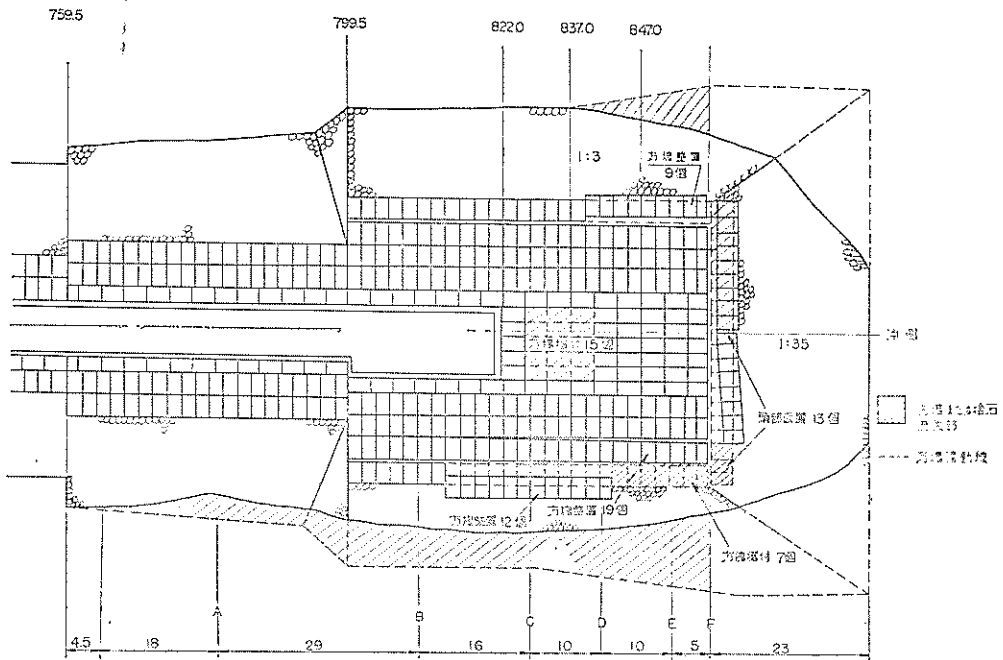
秋 田 港

混成防波堤(ケーソン)

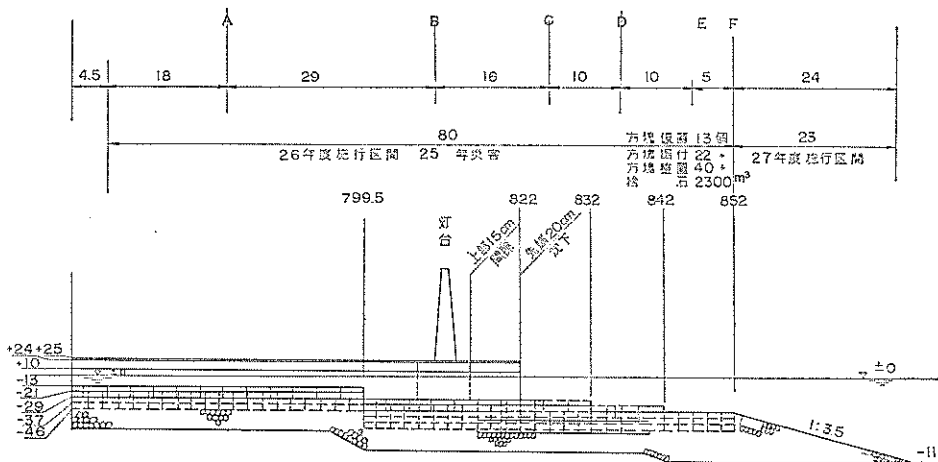
防波堤名	南防波堤	完成年月日	昭和14年	被災年月日	昭和25年12月30日		
被災原因とその状況	25年12月初旬より26年1月末にかけては、風浪激しく波高5mの波がたびたび来襲した。そのため、9月のジーン台風で被災していた南防波堤先端ケーソンは前面へ傾斜し、頭部は111mにわたり方塊、捨石の流失の被害を受けた。						
被災断面の寸法 (図-100)	水深	-10.0	天端高	+2.50	基準面	T. P	H. W. L
	断面の全高	12.5	捨石高	5.5	壁体高	7.0	
	捨石	底幅	65.0	天端高	-4.50		
		天端幅	33.2	ノリコウ配	外側	1:3	内側
壁体	底幅	10.0	天端幅	9.0	底面高	-4.50	前面捨石層幅 外側 11.6 内側 11.6
直立部	ケーソン	寸法	幅10.0×高さ5.5×7.5				
		配	合				
		中	詰				
	上部場所打						
捨石部	捨石						
	張石	500~1,000kg					
	根固ブロック	A型 3.2×2.0×1.6, 23t					
	その他						
設計資料							
被災数量	直立部	堤体のすべり					
		堤体の傾斜	先端ケーソンが法線方向に傾斜				
	捨石部	被覆捨石の散乱	2,300㎡ 延長 83m				
		基礎捨石の散乱					
		根固ブロックの散乱	22個製作据付, 40個整置, 頭部13個仮置				
消波工の散乱							
その他							
被災時の自然条件	潮位	+0.80m			波高	H=5.0m	
	最大平均風速	26.3m/sec(WNW)			瞬間最大風速	32.4m/sec (秋田測候所)	
復旧方法	原形復旧。						

秋 田 港

图—103 被災平面图



图—104 25年災南防波堤縦断面图



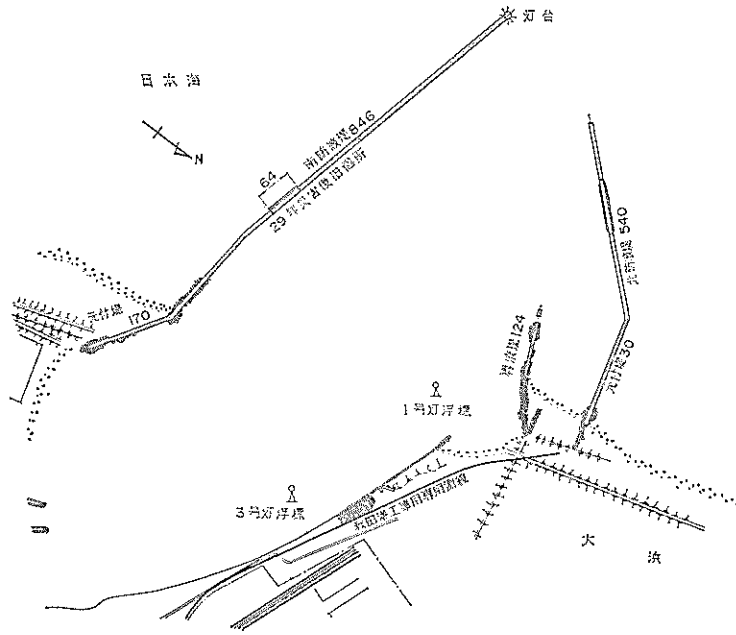
秋 田 港

混成防波堤(単塊)

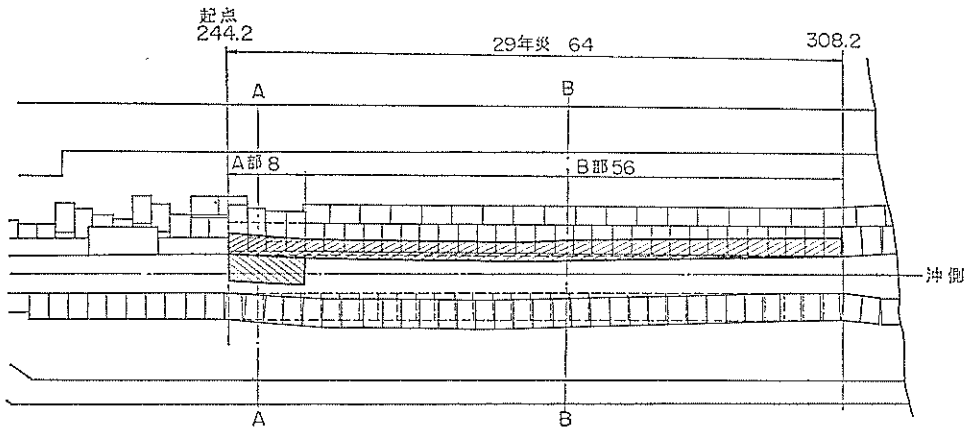
防波堤名	南防波堤	完成年月日	昭和14年	被災年月日	昭和29年9月26日						
被災原因とその状況	台風15号により、最大風速は30m/secを越え、異常高潮を伴う大暴風浪となり、波高は最大5mに達した。このため、南防波堤基点距244.2mより区間64mは、コンクリート堤体および根固方塊の滑動、傾斜が甚しく、一部捨石が流失、散乱した。										
被災断面の寸法 (図-94)	水深	-4.0	天端高	+2.10	基準面	T. P	H. W. L				
	断面の全高	6.1	捨石高	4.0	壁体高	2.1					
	捨石	底幅	30.0		天端高	±0.00					
		天端幅			ノリコウ配	外側	1:2.5	内側	1:2.5		
壁体	底幅	4.0	天端幅	4.0	底面高	±0.00	前面捨石肩幅	外側	5.2	内側	3.2
直立部	場所打	寸法	幅4.0×厚さ2.1のコンクリート単塊								
		配合									
		中詰									
	上部場所打										
捨石部	捨石										
	張石	500~1,000kg									
	根固ブロック	A型ブロック 3.2×2.0×1.6									
	その他										
設計資料											
被災数量	直立部	堤体のすべり	64mにわたってすべり、傾斜、沈下を起こしているが、上部工の復旧は延長8mのみ。								
		堤体の傾斜									
	捨石部	被覆捨石の散乱									
		基礎捨石の散乱	75㎡ 延長 64m								
		根固ブロックの散乱									
		消波工の散乱									
その他	本体および根固ブロック移動個所に129㎡(延長64m)の場所打コンクリート。										
被災時の自然条件	潮位								波高	H=5.0m	
	最大平均風速	30m/sec以上 ¹⁾						瞬間最大風速			
復旧方法	捨石、場所打コンクリートで復旧。										

秋 田 港

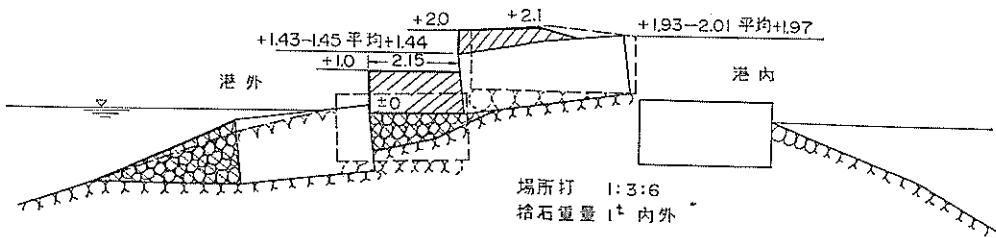
图—105 29年災復旧工事平面図



图—106 被災平面図



图—107 A-A部復旧断面図



秋 田 港

混成防波堤(単塊)

防波堤名	南防波堤	完成年月日	昭和14年		被災年月日	昭和32年2月～4月					
被災原因とその状況	2月11日～14日, 3月30日～4月2日までの異常な冬期風浪により, 南防波堤基点距165.5m～258m間, 延長92.5mにわたり基礎捨石の散乱および根固コンクリートの欠壊, 流出の被害を受けた(21年災を24年度に復旧したところである)。										
被災断面の寸法 (図-93)	水深	-3.0	天端高	+2.1	基準面	T. P	H. W. L				
	断面の全高	5.1	捨石高	3.3	壁体高	1.8					
	捨石	底幅	2.0		天端高	+0.30					
		天端幅			ノリコウ配	外側	1:2.5				
	壁体	底幅	4.0	天端幅	4.0	底面高	+0.3	前面捨石層幅	外側	3.2	内側
直立部	場所打	寸法	コンクリート場所打 幅4.0m 厚さ1.8m								
		配合									
		中詰									
	上部場所打										
捨石部	捨石										
	張石										
	根固ブロック	3.2×2.0×1.6									
	その他										
設計資料											
被災数量	直立部	堤体のすべり									
		堤体の傾斜									
	捨石部	被覆捨石の散乱	497㎡ 延長92.5m								
		基礎捨石の散乱									
		根固ブロックの散乱	港外側16個 延長33m								
		消波工の散乱									
その他											
被災時の自然条件	潮位				波高						
	最大平均風速	15m/sec以上(W～NW)			瞬間最大風速						
復旧方法	場所打コンクリートなどで原形に復旧。										

秋 田 港

図-108 被災平面図

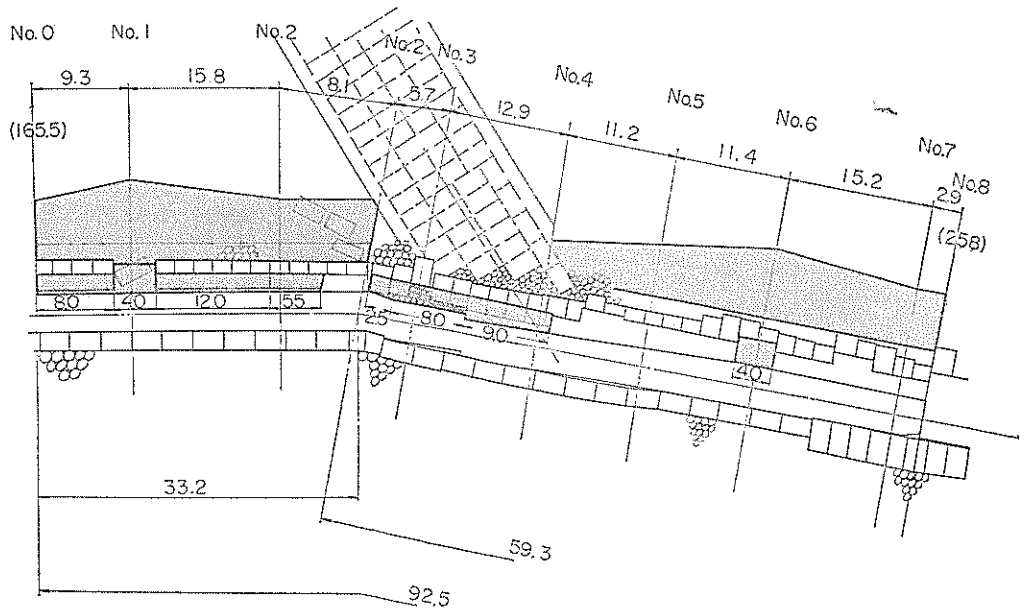
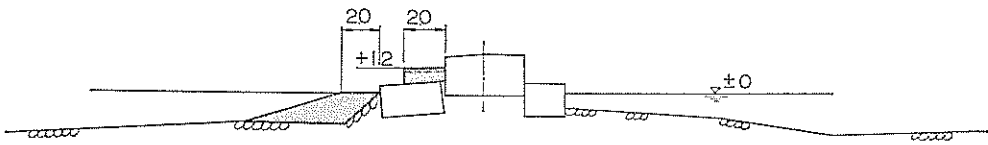


図-109 No.2部復旧断面図



秋 田 港

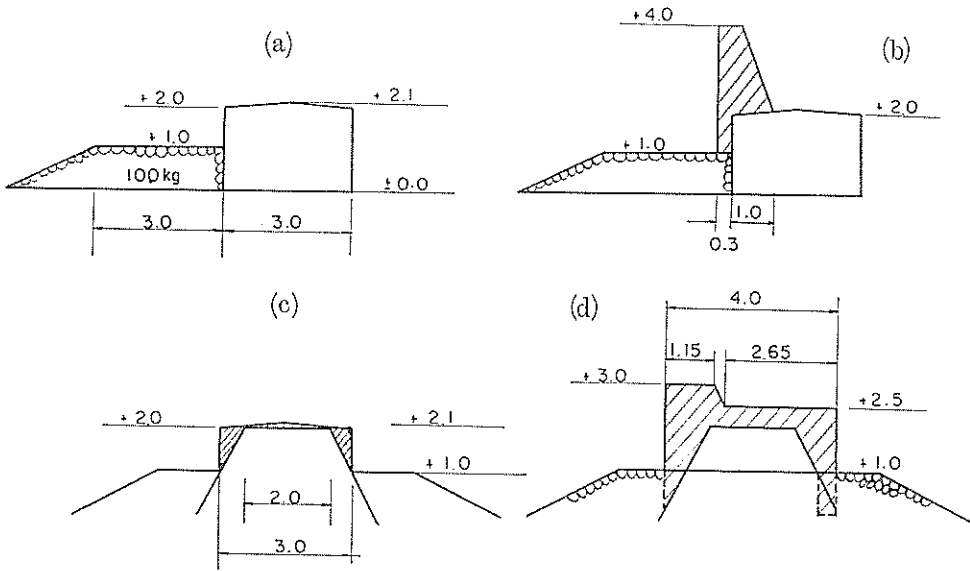
混成防波堤(単塊)

防波堤名	南防波堤	完成年月日	昭和29年	被災年月日	昭和32年12月13日		
被災原因とその状況	980mbの低気圧による冬期風浪のため、南防波堤基点距130.5mより35m区間にわたり根固捨石が散乱、流失した。						
被災断面の寸法 (図-111)	水深	天端高	+3.0	基準面	T. P	H. W. L	
	断面の全高	捨石高		壁体高	3.0		
	捨石	底幅			天端高		
		天端幅			ノリコウ配	外側	1:2
	壁体	底幅	4.0	天端幅	1.15	底面高	±0.0
					前面捨石 外側	5.0	
					肩幅 内側		
直立部	場所打	寸法	石張式の旧堤(図-92)をコンクリートで巻いて図-110のd図とした。幅4.0m				
		配合					
		中詰					
	上部場所打						
捨石部	捨石						
	張石						
	根固ブロック						
	その他						
設計資料							
被災数量	直立部	堤体のすべり					
		堤体の傾斜					
	捨石部	被覆捨石の散乱	210㎡ 延長 35.0m				
		基礎捨石の散乱					
		根固ブロックの散乱					
		消波工の散乱					
その他							
被災時の自然条件	潮位	+0.80m		波高	H=6.0m		
	最大平均風速	34.4m/sec		瞬間最大風速	38.5m/sec		
復旧方法	原形復旧。						

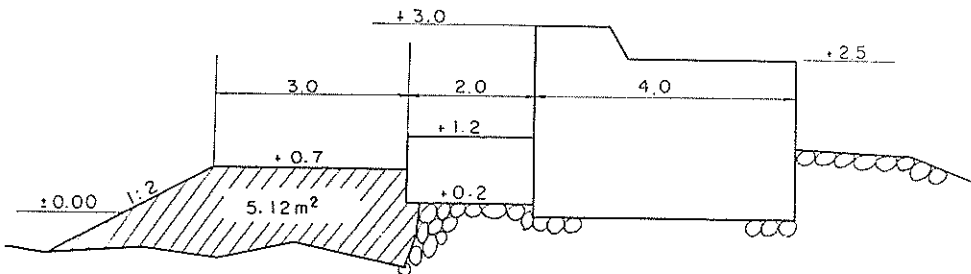
秋 田 港

昭和26,7年に図—110に示す断面(a)で195mの南防波堤の基部延長工事を行ない, 続いて28,9年に断面(a)を断面(b)のように嵩上げた。また, 29年に基点距51mから33.9mと基点距130.5mから35mの区間を断面(d)のように嵩上した。基点距25~51m区間は, 昭和27年頃から断面(c)のように施工し, 29年に断面(b)のように嵩上げを行なっている。

図—110 嵩上断面図



図—111 基点距145.5部復旧断面図



秋 田 港

既設南防波堤の嵩上工事が39年度から始まったが、その形状は従来の上部工幅で+4.00mまでベタに嵩上している。南防波堤延長部は図-112に示すもので、先端部128mは当初+2.50mで施工し ($H_{1/3}=6.0\text{m}$, $\beta=0^\circ$, 基準面=T.P, H.W.L.=+0.90m), 後に+4.50mに嵩上している。その構造はケーソンを1個おきに置いて、その間げきをプレパックドコンクリート構造としている。先端部ケーソンのみはその中詰を重組骨材 ($r=3.0\text{ t/m}^3$) コンクリートにしている。既設南防波堤との閉塞部は、ブロック積みおよびプレパックドコンクリート構造で、設計波はいずれも $H_{1/3}=6.0\text{m}$ である。各部の断面を以下に示す。

図-112 南防波堤延長部分平面図

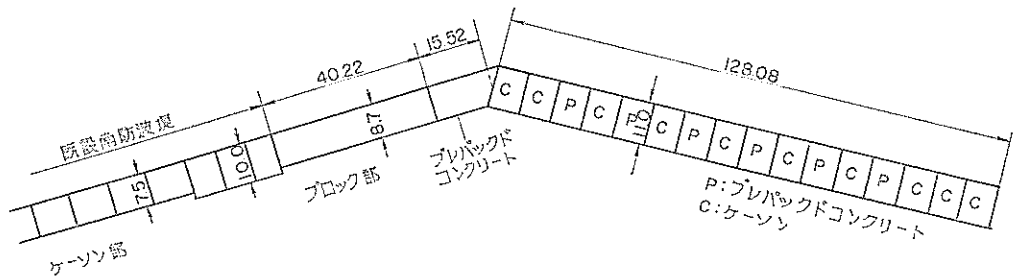
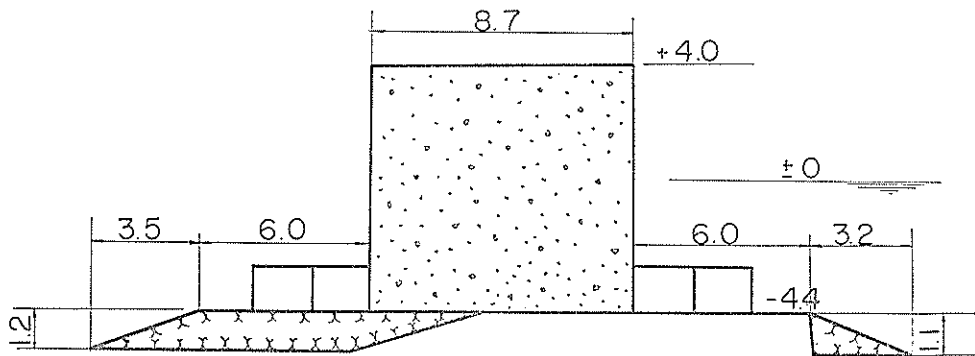


図-113 プレパックド部断面図



根固ブロック 2x1.5x3.3

秋 田 港

図-114 南防波堤先端部嵩上標準断面図

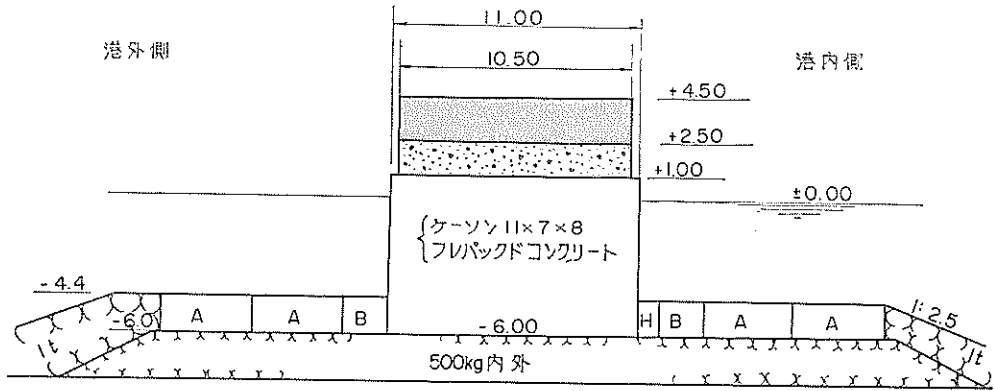


図-115 異型ブロック詳細図

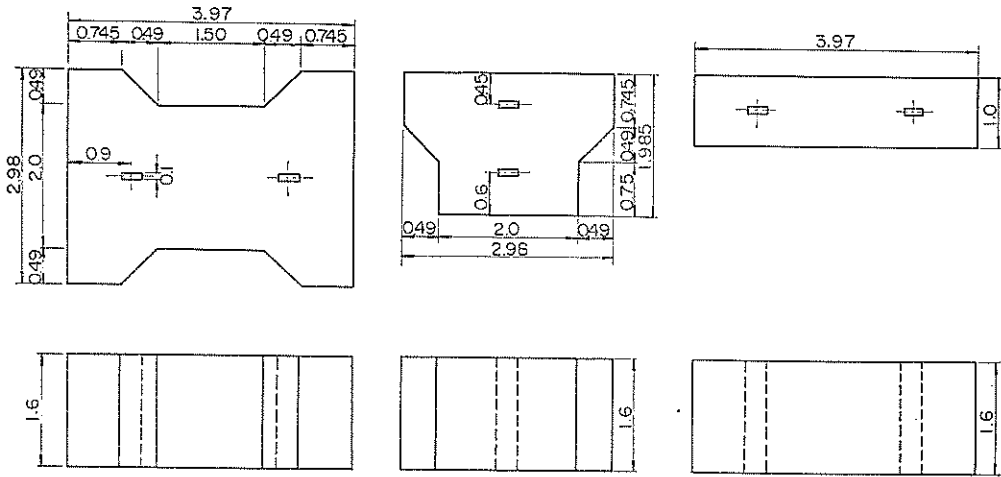
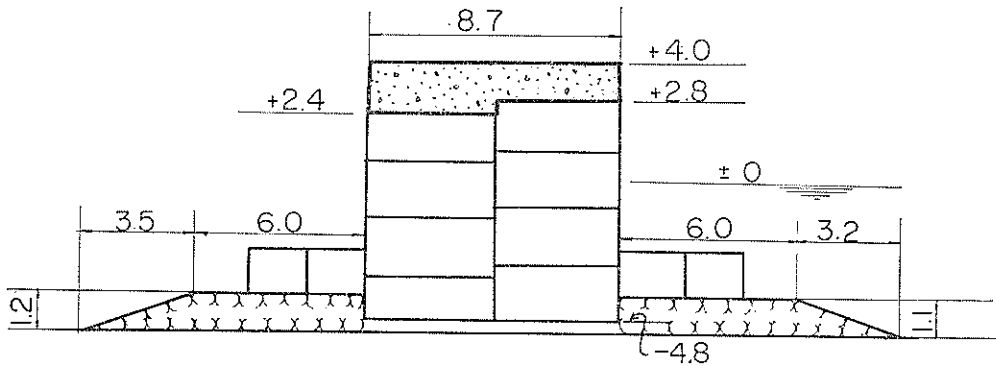


図-116 ブロック部断面図



根固ブロック 2×15×33

酒 田 港

酒田港は明治17年からの最上川低水工事、29年からの河口改良工事に続き、大正6年から最上川改修工事が起工され、河口左岸堤に700mの防波堤、これと相対して港口約250mを隔てて北突堤が築かれ、港としての形態が整った。昭和5年には防波堤をさらに148m延長し、北突堤も80m延長し昭和17年一応修築計画が完了した。戦後、26年から南防波堤延長工事が始まり、38年に延長200mが完了した。

北防波堤は屈曲部までがブロック積み、それより先端はケーソン構造である。24年、25年、29年の3回災害を受けているが、いずれもブロック構造部分の捨石散乱でそのつど原形に復している。

南防波堤は先端部の8函以外はブロック積みである。この防波堤も数回被災しているが、ほとんどが基礎部分の散乱である。先端部150mは昭和40年からテトラポッドで補強している。南防波堤の延長部分は施工中のケーソンが滑動することが2、3回あったが、全断面完成後は被災もなく、41年度からは嵩上工事が始まり堤体天端が+4.5mになるとともに前面に25tテトラポッドを積んでいる。

図—117 酒 田 港 平 面 図



酒 田 港

混成防波堤(ブロック)

防波堤名	北防波堤	完成年月日	不明(昭和初期)	被災年月日	昭和24年10月30日				
被災原因と その状況	24年10月30日台風による激浪のため北防波堤基部から300mの箇所が延長100mにわたり、捨石および根固のブロック散乱の被害を受けた。								
被災断面の 寸法 (図-119)	水深	-4.10	天端高	+2.70	L.W.L	±0.00	H.W.L	+0.70	
	断面の 全高	6.80		捨石高	1.60		壁体高	5.20	
	捨石	底幅	34.0			天端高			
		天端幅				ノリコウ配	外側	1:3	内側
	壁体	底幅	5.46	天端幅	4.90	底面高	-2.50	前面捨石 肩幅	外側 6.50 内側 5.00
直立部	ブロック	寸法	甲 1.52×1.83×1.83, 公称 12t ブロック 乙 1.52×2.73×1.83, 公称 18t ブロック						
		配合							
		中詰							
	上部場所打	1:3:6							
捨石部	捨石	375kg							
	張石	750kg							
	根固ブロック	1.52×1.83×1.83							
	その他								
設計資料	不明								
被災数量	直立部	堤体のすべり							
		堤体の傾斜							
	捨石部	被覆捨石の散乱	2,100 m ² (750kg石) 延長100m						
		基礎捨石の散乱	1,584 m ² (375kg石) "						
		根固ブロックの散乱	30個 (1.83×1.83×1.52) "						
		消波工の散乱							
その他									
被災時の 自然条件	潮位				波高				
	最大平均風速				瞬間最大風速				
復旧方法	原形復旧。								

酒 田 港

图-118 被 灾 位 置 图

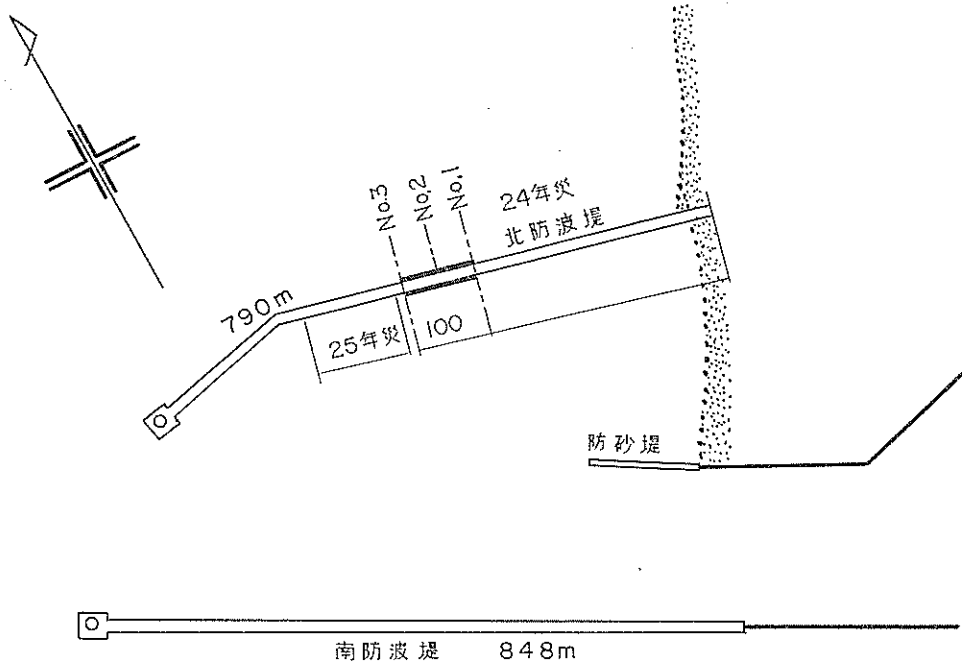
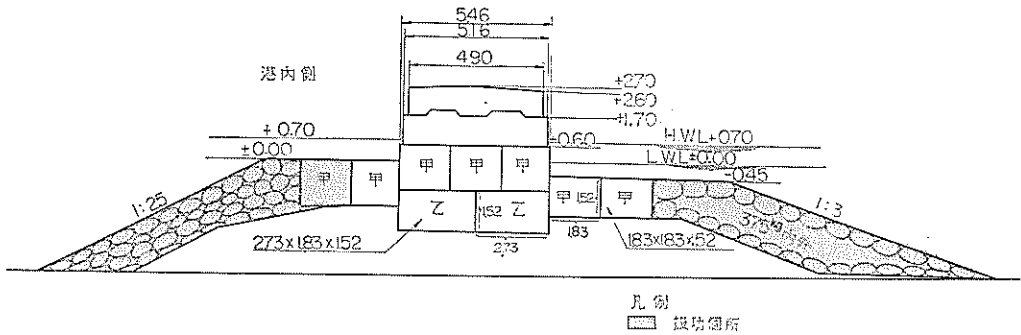


图-119 No.2 部 復 旧 断 面 图



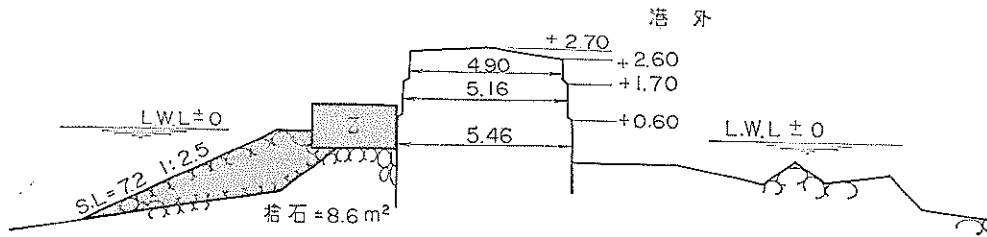
酒 田 港

混成防波堤(ブロック)

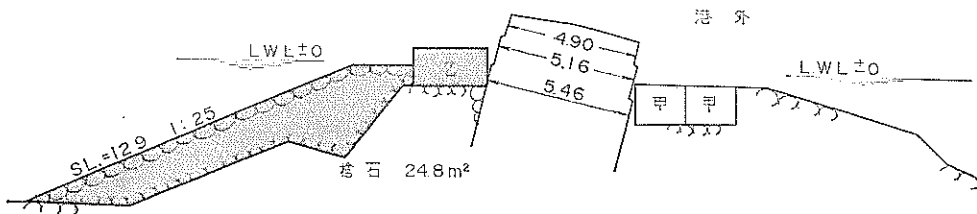
防 波 堤 名	北防波堤	完 成 年 月 日	昭和初期	被 災 年 月 日	昭和25年 9 月 3 日				
被災原因と その状況	25年9月3日から4日にかけて、ジェーン台風の激浪のため北防波堤基部より410mの箇所から延長120mにわたり捨石および根固ブロック散乱の被害を受けた。								
被災断面の 寸 法 (図-119)	水 深	-7.50	天端高	+2.70	L. W. L	±0.00	H. W. L	+0.70	
	断面の 全 高	10.20		捨石高	2.00		壁体高	8.20	
	捨 石	底 幅	36.76			天端高	-5.48		
		天端幅	17.29		ノリコウ配	外側	1:3		内側
	壁 体	底 幅	7.28	天端幅	7.00	底面高	-5.48	前面捨石 肩幅	外側 5.46 内側 4.56
直 立 部	ブ ロ ッ ク	寸 法	甲 1.83×1.83×1.52 (6尺×6尺×5尺) 乙 2.73×1.83×1.52 (9尺×6尺×5尺)						
		配 合							
		中 詰							
	上部場所打								
捨 石 部	捨 石	75~375kg							
	張 石	375kg以上							
	根固ブロック	甲, 乙ブロック							
	そ の 他								
設計資料									
被災数量	直 立 部	堤体のすべり							
		堤体の傾斜							
	捨 石 部	被覆捨石の散乱	1,250 m ³ (750kg石) 延長120m						
		基礎捨石の散乱	998 m ³ (375kg石) "						
		根固ブロックの散乱	61個 延長120m						
消波工の散乱									
そ の 他									
被災時の 自然条件	潮 位					波 高			
	最大平均風速					瞬間最大風速			
復旧方法	図-121は図-125に示すF部の標準断面である。したがって、図-124はF部のうち最も基部よりの断面である。								

酒 田 港

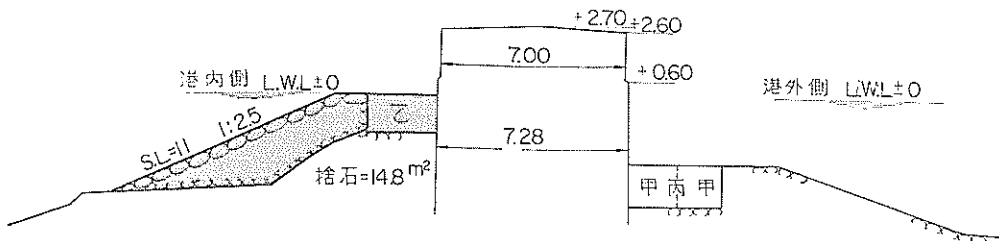
图—122 No.2 部 復 旧 断 面 图



图—123 No.4 部 旧 復 断 面 图



图—124 No.6 部 復 旧 断 面 图



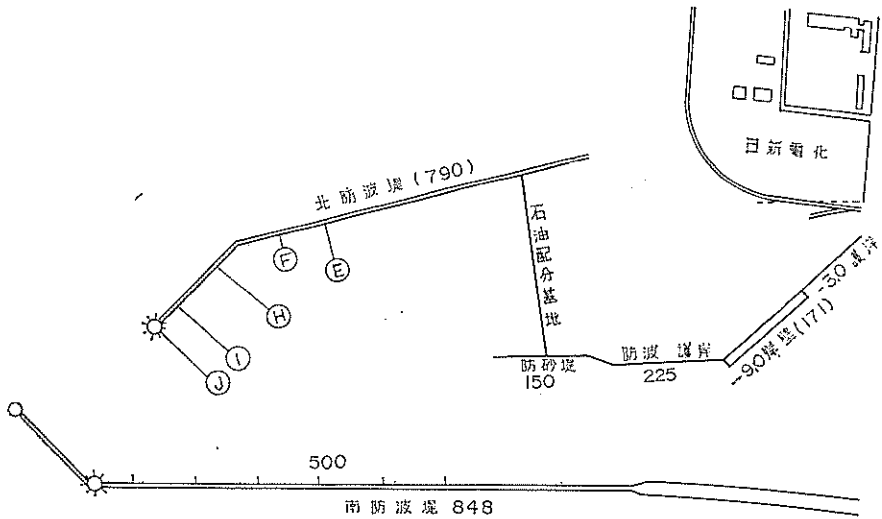
酒 田 港

混成防波堤(ブロック)

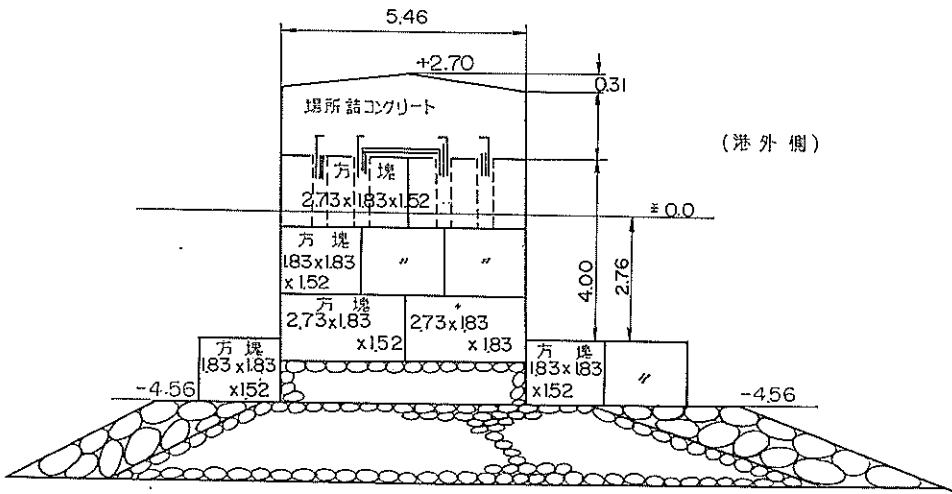
防 波 堤 名	北防波堤	完 成 年 月 日	昭和初期	被 災 年 月 日	昭和29年 9月26日				
被災原因と その状況	台風15号のため9月26日から27日にかけて10m/sec以上の風が吹き、最大24.8m/secを記録、波高は5.2mと推定された。このため北防波堤は基部から451.8mのところが23.9mにわたり堤体が移動、傾斜し、上部工コンクリートが一部はく離した(25年災未査定部分の増破)。								
被災断面の 寸 法 (図-126)	水 深	-6.30	天端高	+2.70	L. W. L	±0.00	H. W. L	+0.70	
	断面の 全 高	9.00		捨石高	2.70		壁体高	6.30	
	捨 石	底 幅				天端高	-4.56		
		天端幅				ノリコウ配	外側	1:2.5	
	壁 体	底 幅	5.46	天端幅	5.46	底面高	-3.60	前面捨石 肩幅	外側 4.8 内側 2.8
直 立 部	ブロック	寸 法	甲 1.83×1.83×1.52 乙 2.73×1.83×1.52						
		配 合							
		中 詰							
	上 部 打								
捨 石 記	捨 石								
	張 石								
	根固ブロック	1.83×1.83×1.52							
	そ の 他								
設 計 資 料									
被災数量	直 立 部	堤体のすべり							
		堤体の傾斜	延長23.9mにわたり港外側へ1.5m程傾斜						
	捨 石 部	被覆捨石の散乱	捨石20㎡						
		基礎捨石の散乱							
		根固ブロックの散乱							
		消波工の散乱							
そ の 他	上部工コンクリート37㎡								
被災時の 自然条件	潮 位	+0.6m			波 高	H=5.2m, T=6sec(スパー・ドラップ・ムンク法による推定)			
	最大平均風速	26.7m/sec			瞬間最大風速	33.5m/sec			
原形旧方	場所打コンクリート, 捨石で復旧。								

酒 田 港

図一125 防波堤断面説明図

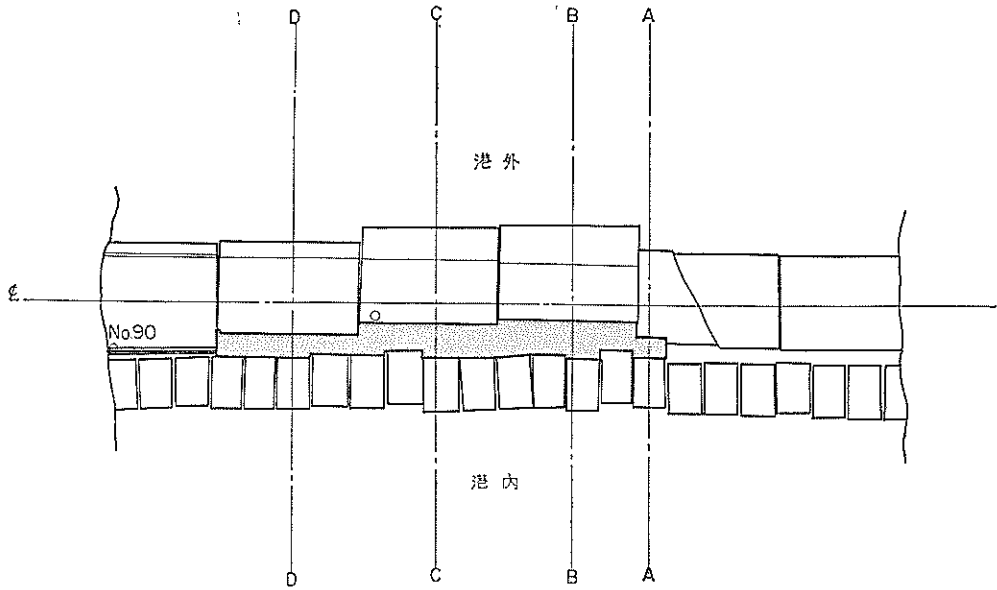


図一126 E部断面図 (400~500)

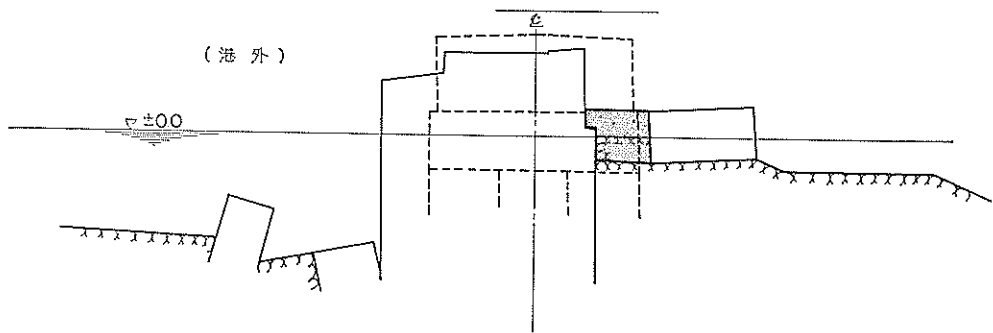


酒 田 港

图—127 復 旧 平 面 图



图—128 C~C 部 復 旧 断 面 图



港 田 港

災害を受けていない北防波堤の屈曲部から先端までの断面は下図のとおりで、昭和12~16年度に完成したものである(図-125参照)。

図-129 頭 部 J 部 断 面 図

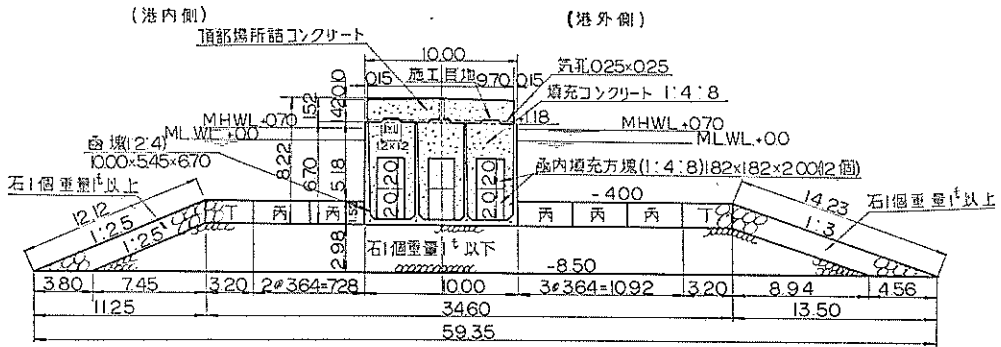


図-130 幹 部 I 部 断 面 図

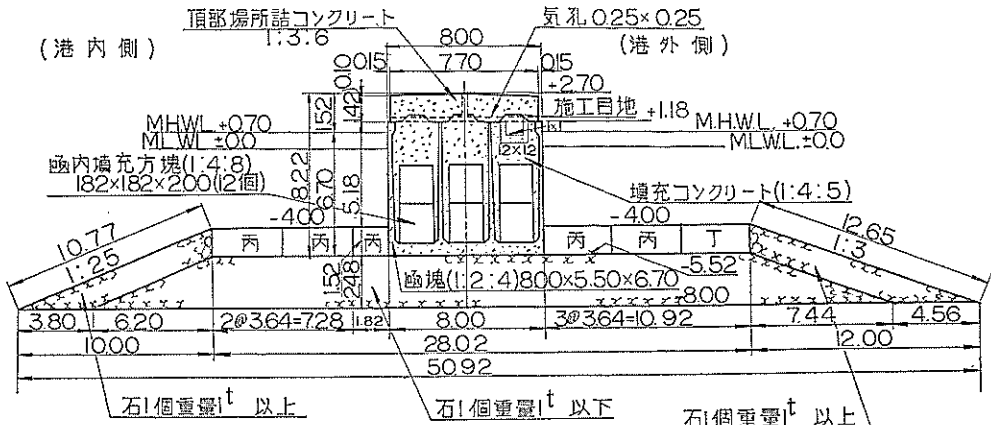
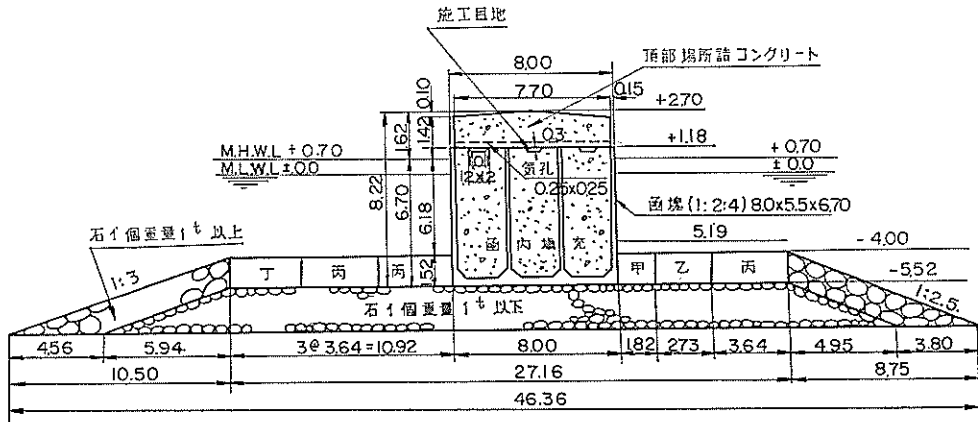


図-131 H 部 断 面 図



酒 田 港

混成防波堤(ブロック)

防波堤名	南防波堤	完成年月日	昭和初期		被災年月日	昭和23年 1月7～8日			
被災原因とその状況	暴風による激浪のため、南防波堤延長848mのうち、延長590mにわたって捨石および根固ブロックが散乱した。								
被災断面の寸法 (図-134)	水深	-7.70	天端高	+2.70	L.W.L	±0.00	H.W.L	+0.70	
	断面の全高	10.40		捨石高	3.70		壁体高	6.70	
	捨石	底幅				天端高			
		天端幅				ノリコウ配	外側	1:3	
	壁体	底幅	5.46	天端幅	5.46	底面高	-4.00	前面捨石	外側
					内側			3.66	
直立部	ブロック	寸法	甲 1.83×1.83×1.52 乙 2.73×1.83×1.52						
		配合							
		中詰							
	上場部打								
捨石部	捨石								
	張石								
	根固ブロック	甲, 乙ブロック							
	その他								
設計資料									
被災数量	直立部	堤体のすべり							
		堤体の傾斜							
	捨石部	被覆捨石の散乱	1,478㎡(750kg石) 延長 197m(27年度施工量)						
		基礎捨石の散乱	283㎡(375kg石) " 197m "						
		根固ブロックの散乱	104個 延長 100m "						
消波工の散乱									
その他	上部工コンクリート30㎡								
被災時の自然条件	潮位				波高				
	最大平均風速				瞬間最大風速				
復旧方法	原形復旧。								

酒 田 港

図-132 被災位置図

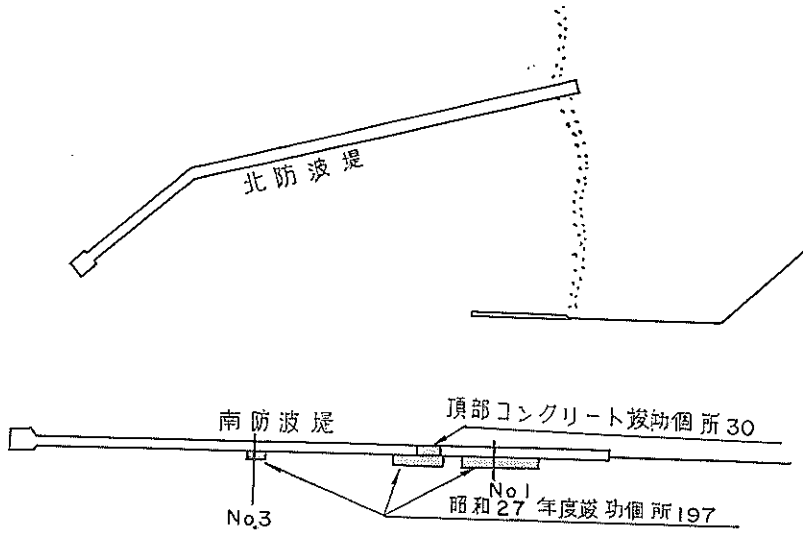


図-133 No.1部復旧断面図

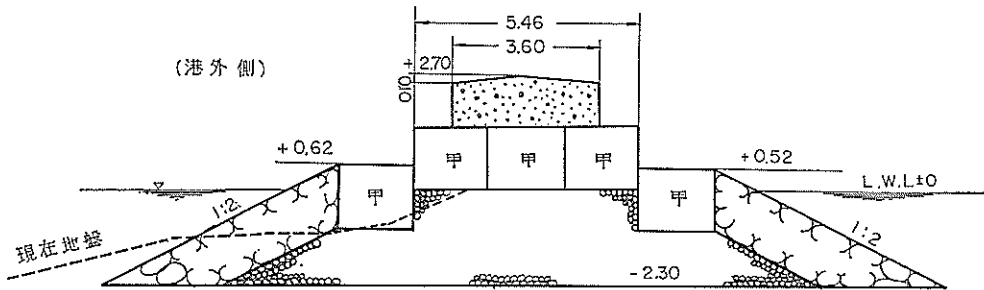
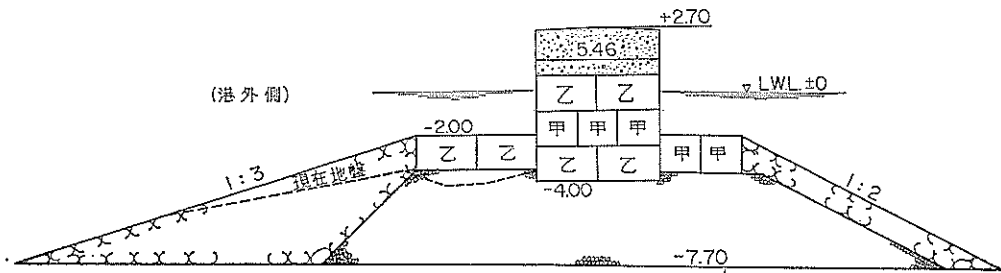


図-134 No.3部復旧断面図



酒 田 港

混成防波堤(ブロック)

防 波 堤 名	南防波堤	完成年月日	昭和初期	被災年月日	昭和24年10月30日				
被災原因とその状況	昭和24年10月30日の台風による激浪のため、南防波堤基部から420mの個所が延長60mにわたり、捨石ならびに12t方塊の散乱、上部工コンクリートの一部が破壊した。また、港内側も捨石が散乱したので捨石を補給した。								
被災断面の寸法 (図-136)	水深	-6.00	天端高	+2.70	L.W.L	±0.00	H.W.L	+0.70	
	断面の全高	8.70		捨石高	2.00		壁体高	6.70	
	捨石	底幅				天端高	-3.96		
		天端幅				ノリコウ配	外側	1:3	内側
壁体	底幅	5.46	天端幅	5.46	底面高	-3.96	前面捨石層幅	外側 5.64 内側 3.82	
直立部	ブロック	寸法	甲 1.83×1.83×1.52 乙 2.73×1.83×1.52						
		配合							
		中詰							
	上部場所打								
捨石部	捨石								
	張石								
	根固ブロック								
	その他								
設計資料									
被災数量	直立部	堤体のすべり							
		堤体の傾斜							
	捨石部	被覆捨石の散乱	457 m ³ (750kg)	延長28m	(27年度施工量)				
		基礎捨石の散乱	821 m ³ (375kg)	" 28m	"				
		根固ブロックの散乱	7個	" 28m	"				
消波工の散乱									
その他	上部工コンクリート105 m ³								
被災時の自然条件	潮位					波高			
	最大平均風速					瞬間最大風速			
復旧方法	原形復旧。								

酒 田 港

図-135 被災位置図

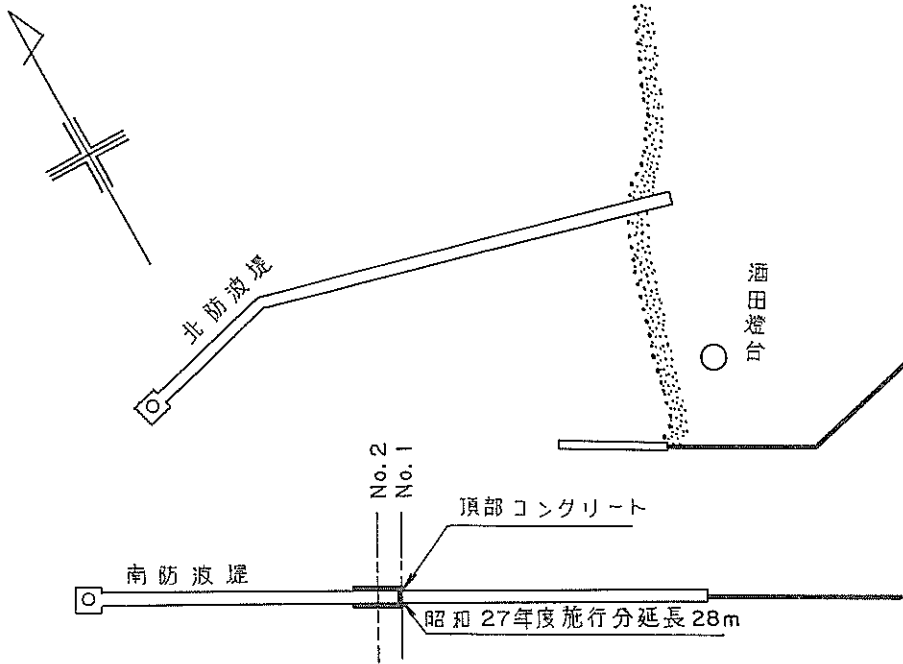
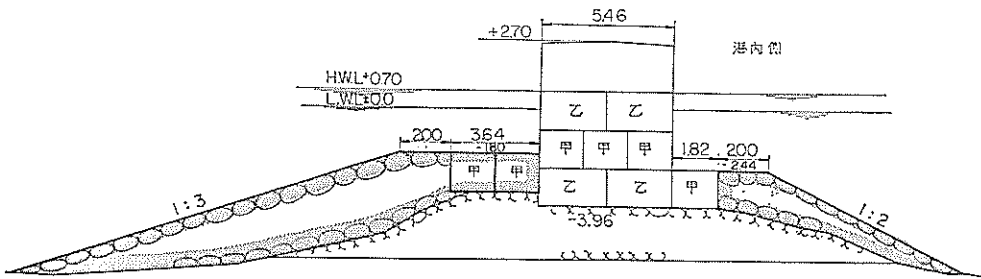


図-136 No.2 部復旧断面図



酒 田 港

混成防波堤(ケーソン)

防波堤名	南防波堤	完成年月日	施工中	被災年月日	昭和28年1月 12~15日				
被災原因と その状況	次頁参照								
被災断面の 寸法 (図-137)	水深		天端高	+1.15	L.W.L	±0.00	H.W.L	+0.70	
	断面の 全高		捨石高		壁体高	5.15			
	捨石	底幅		天端高					
		天端幅		ノリコウ配		外側 内側			
壁体	底幅	9.00	天端幅	9.00	底面高	-4.00	前面捨石 肩幅	外側 内側	25.0 11.0
直立部	ケーソン	寸法	幅9.00×高さ5.15×9.00, 重量258 t コンクリート量103 m ³ , 鉄筋量7,548kg						
		配合							
		中詰	コンクリート						
	上場 部打	(被災時上部工未施工)							
捨石部	捨石								
	張石								
	根固ブロック								
	その他								
設計資料	H=7.00m, 入射角 $\beta=34^\circ$, マサツ係数0.6以上								
被災数量	直立部	堤体のすべり	ケーソン1函が8.6m						
		堤体の傾斜							
	捨石部	被覆捨石の散乱	440 m ³ (75~375kg) 延長18.5m (既設部)						
		基礎捨石の散乱							
		根固ブロックの散乱	11個 延長18.5m (既設部)						
その他	上部工コンクリート205.7 m ³								
被災時の 自然条件	潮位	+0.90m			波高	H=4~6m			
	最大平均風速	26.2m/sec(W)			瞬間最大風速	30.3m/sec(NW)			
復旧方法	新らしくろ'型ケーソンを造って, 間げきにはめ込んだ。								

酒 田 港

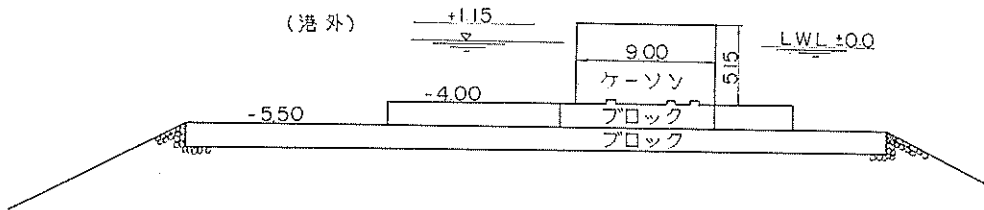
被災原因とその状況

28年1月11日東支那海に発生した低気圧が発達しながら北東に進み、13日0時には酒田においてWNW22.8 m/sec、波高4 m、潮位+0.90mの時化模様となった。その後も風速衰えず、14日には最大風速W26.2m/secに達し、波高も6 mに達した。

南防波堤延長部は26年度に㊶、㊶-1号の2函を据えたが、2函目の㊶-1号は26年8月のマージ台風（推定波高4 m）により、13 tの中詰方塊を7個入れたまま滑り出した（この時、図-137のケーソン底面のホゾはかなり破壊したようである）。このため一旦浮揚させて据付直した。こうして27年7月12日には㊶-2号ケーソンまでの据付を完了していた（蓋コンクリートまで完成し、上部工未施工）。ところが27年8月のキャレン台風、9月のメアリー台風により港内側に移動し弱体化していた㊶-1号ケーソンは、28年1月13～14日の激浪によりその移動量は7 mに達した（㊶-2号ケーソンは滑動していない）。

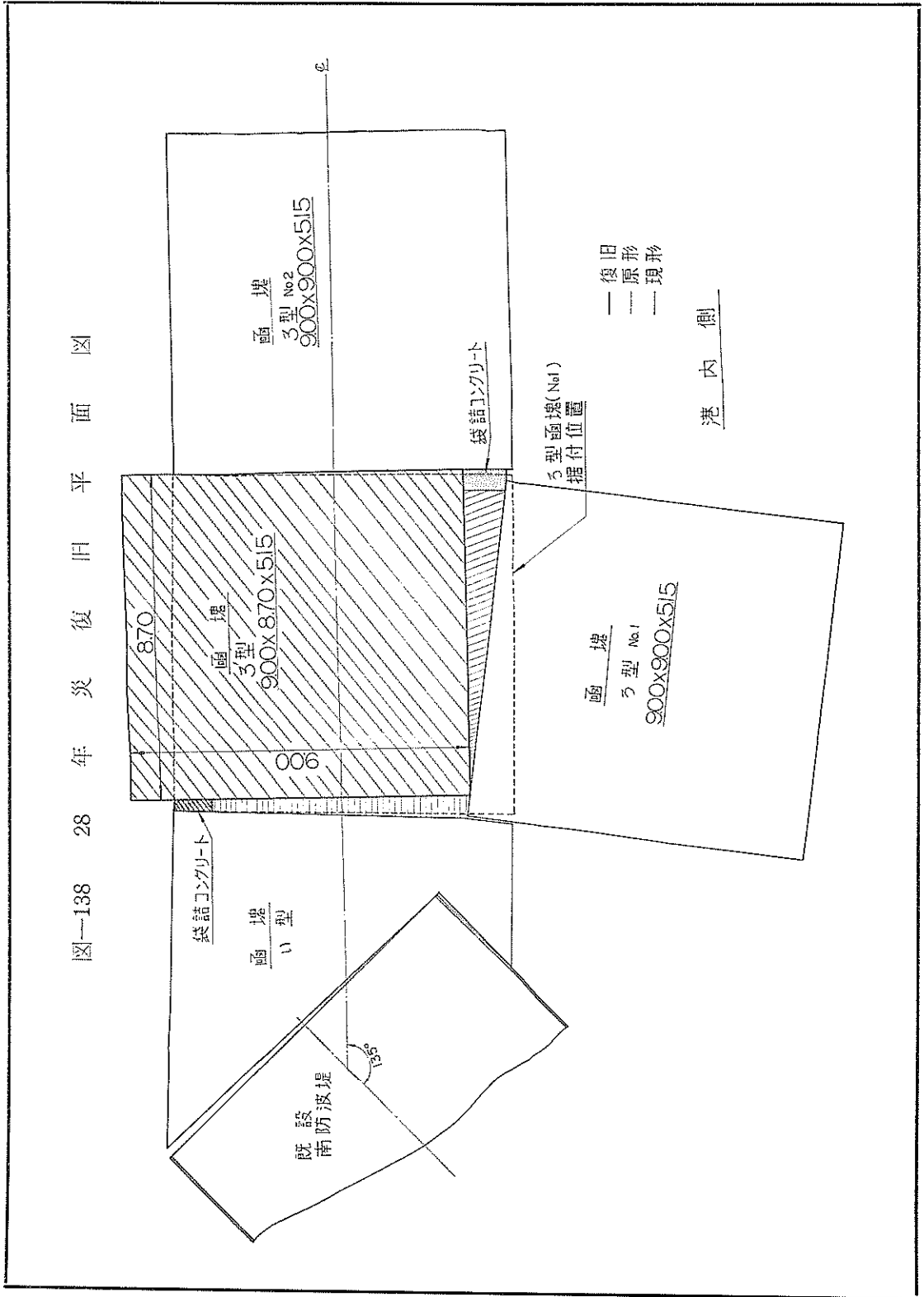
また、既設南防波堤は基点から269.8mの個所より延長18.5mが、堤体の沈下、頂部コンクリートの一部はく離の被害を受けた。

図-137 ろ₁号ケーソン滑動前断面図

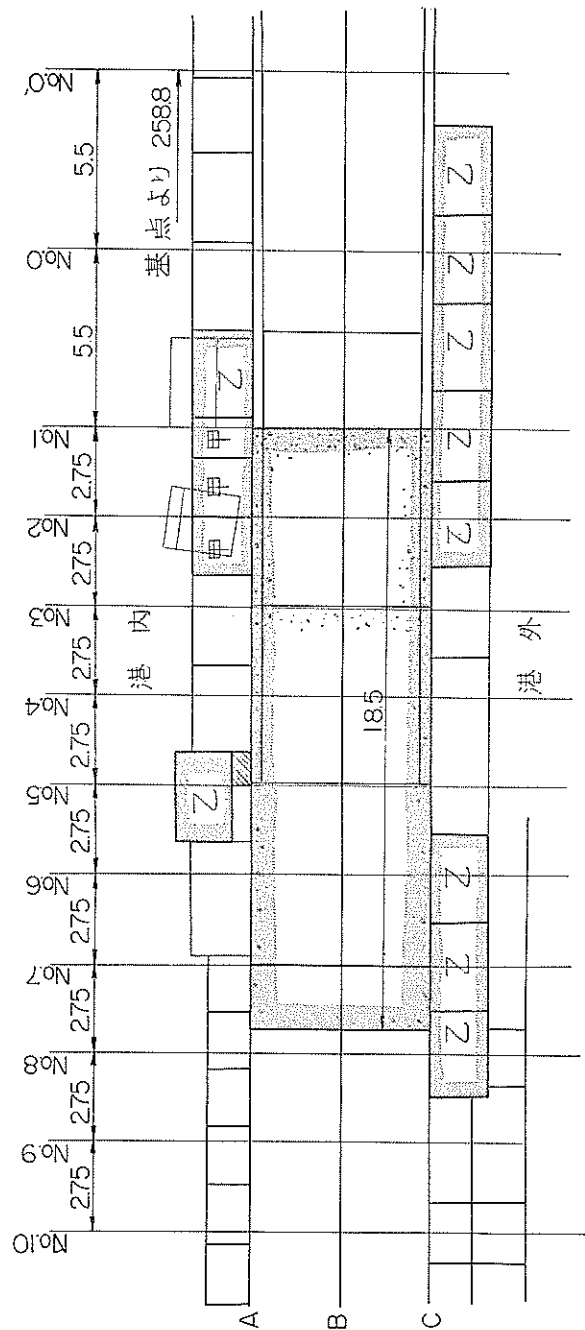


酒 田 港

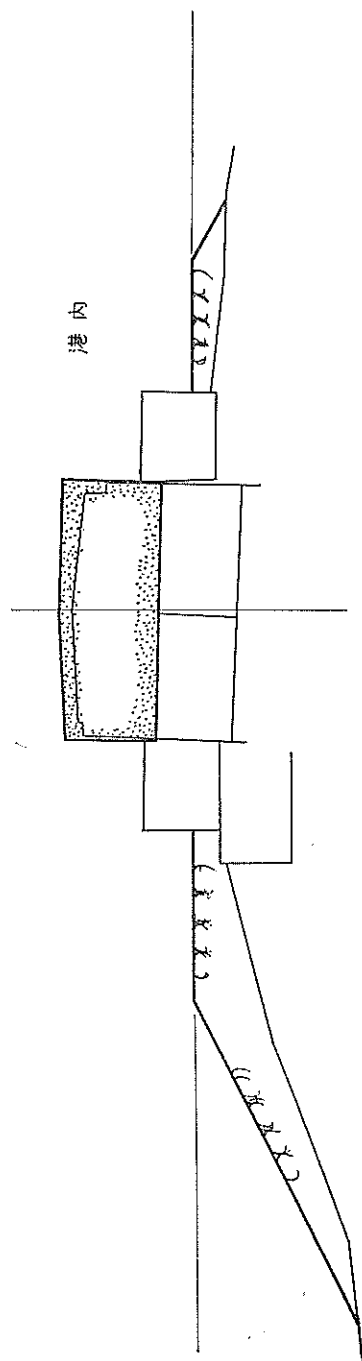
図一138 28年災復旧平面図



图一139 28年災復旧平面図



图一140 No.4-4部復旧断面図



酒 田 港

混成防波堤(ケーソン)

防波堤名	南防波堤	完成年月日	施工中	被災年月日	昭和29年9月26日				
被災原因とその状況	28年1月の冬期風浪で港内側に移動した㊦-1号ケーソンの後には異型のろ'ケーソンをはめこむとともに㊦-3号, ㊦型3函の計5函を28年度に据付けた。29年度は7月14日に㊦型を据付け8月3日にろ'ケーソンの上部工を施工した(㊦-2号以北のケーソン上部工は未施工)。しかし, 9月の15号台風によりろ'ケーソン上部工41.7㎡がはく離するとともに㊦型ケーソンは上部工および根固一部未施工の段階で港内側に約34cm移動した。								
被災断面の寸法 (図-144)ただし完成断面	水深	-8.5	天端高	+2.00	L. W. L	±0.00	H. W. L	+0.70	
	断面の全高	10.5		捨石高	2.5		壁体高	8.00	
	捨石	底幅	50.0			天端高	-6.00		
		天端幅				ノリコウ配	外側	1:3	
壁体	底幅	10.0	天端幅	7.0	底面高	-6.0	前面捨石肩幅	8.75	
直立部	ケーソン	寸法	に型 幅 ^{9.0} 10.0×高さ7.0×8.0, 下面に凸起 ほ型 幅 ^{10.0} 11.0×高さ8.0×8.0, 下面に凸起						
		配合							
	中詰	ブロックに割石コンクリート							
	上場所打								
捨石部	捨石	75~375kg							
	張石	1,000kg							
	根固ブロック	IV, V, イ型(図-148参照)							
	その他								
設計資料	H=7.0m (に, ほ型ケーソン), 入射角 $\beta=11^{\circ}45'$, 背後根固を考慮								
被災数量	直立部	堤体のすべり	ケーソン1函34cm						
		堤体の傾斜							
	捨石部	被覆捨石の散乱							
		基礎捨石の散乱							
		根固ブロックの散乱							
		消波工の散乱							
その他	上部工コンクリートのはく離41.7㎡								
被災時の自然条件	潮位	+0.60m			波高	H=5.2m, T=6sec (スパーードラップ・ムンク法による推定)			
	最大平均風速	24.8m/sec			瞬間最大風速	33.5m/sec (SSW)			
復旧方法	根固部のみ復旧。図-142~図-145は南防波堤の標準断面である。								

酒 田 港

図-143 は 型 部 標 準 断 面 図

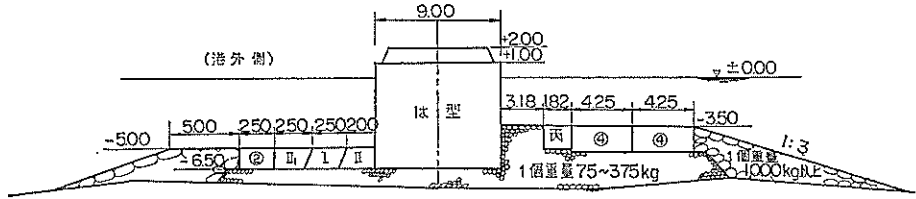


図-144 に 型 部 標 準 断 面 図

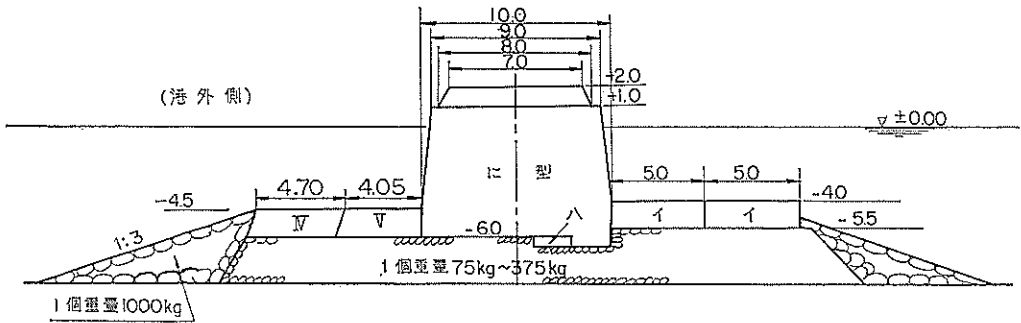
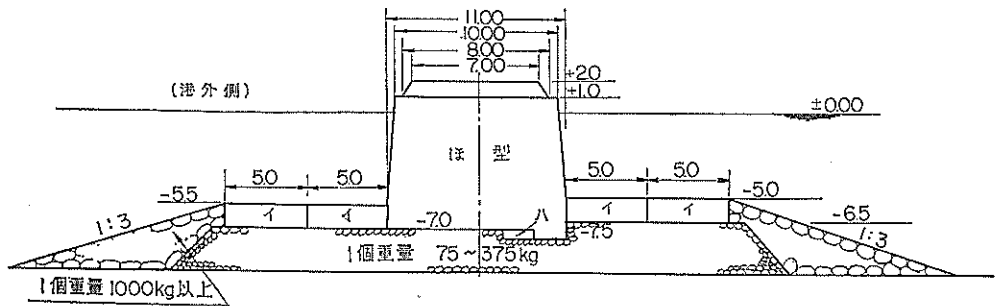


図-145 ほ 型 部 標 準 断 面 図



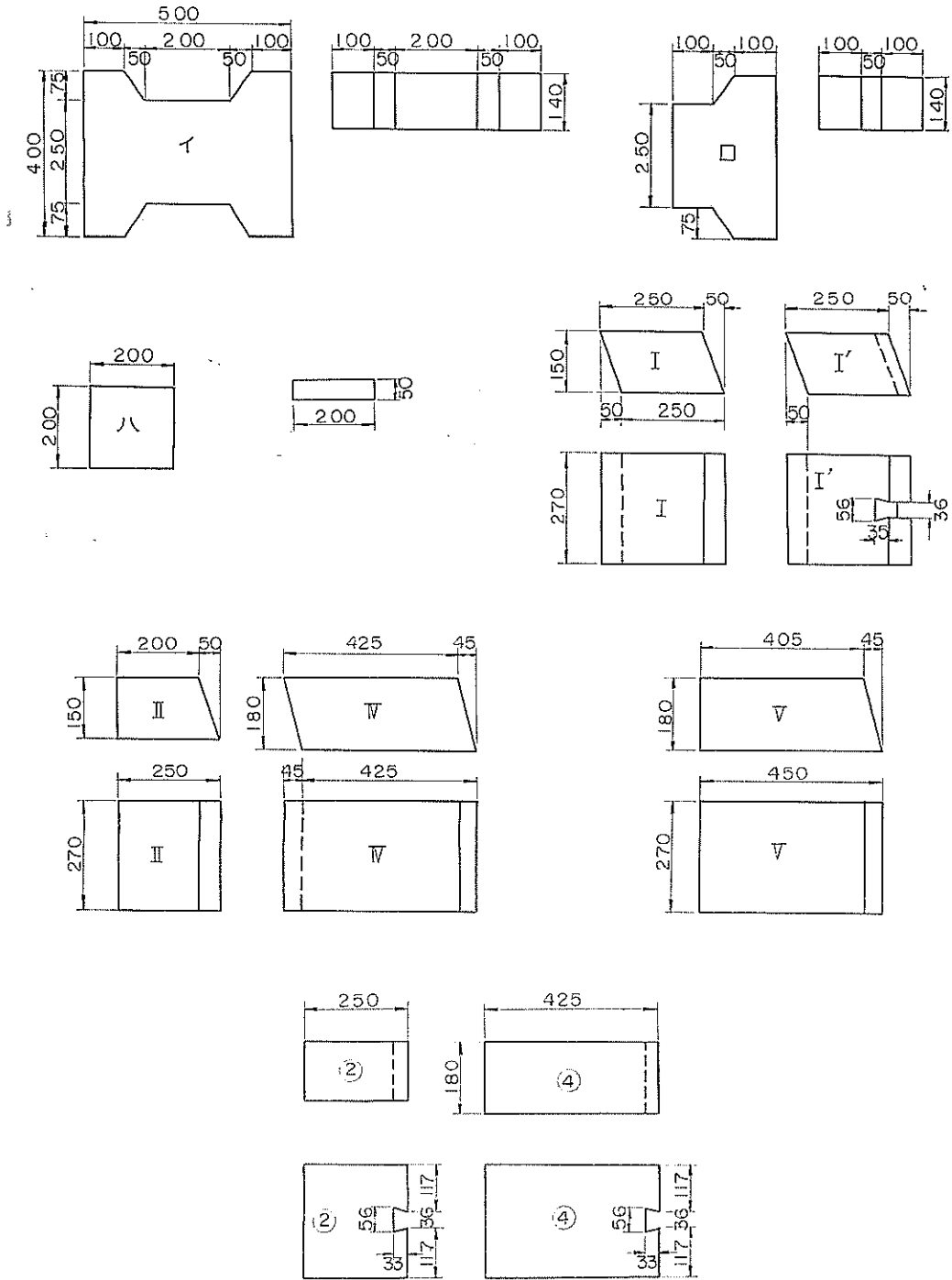
酒 田 港

混成防波堤(ケーソン)

防波堤名	南防波堤	完成年月日	昭和30年頃		被災年月日	昭和36年9月16日		
被災原因とその状況	第二室戸台風により、16日10時頃より風が強まり22時50分には最大風速 37.7m/sec を記録した。波高計は故障したが6m前後の波と推定された。このため南防波堤延長部基点から4~63.5mにわたり港外側の捨石、根固ブロックが散乱した。							
被災断面の寸法 (図-143)	水深	-8.0	天端高	+2.0	L.W.L	±0.00	H.W.L	+0.70
	断面の全高	10.00		捨石高	1.50		壁体高	8.50
	捨石	底幅			天端高			
		天端幅			ノリコウ配	外側	1:3	内側
	壁体	底幅	9.00	天端幅	7.00	底面高	-6.50	前面捨石外側
							内側	13.50
直立部	ケーソン	寸法	幅9.0×高7.5×9					
		配合						
		中詰	コンクリート					
上場所打								
捨石部	捨石	75~375kg						
	張石	1,000kg						
	根固ブロック	外側 I, II, II ₁ , ㊸型ブロック (図-148参照) 内側 ㊹, 丙型ブロック						
	その他							
設計資料								
被災数量	直立部	堤体のすべり						
		堤体の傾斜						
	捨石部	被覆捨石の散乱	950 m ³ (1 t 石) 延長59.5m					
		基礎捨石の散乱	150 m ³ (75~375kg) " 59.5m					
		根固ブロックの散乱	33個(23 t /個) " 26.2m					
消波工の散乱								
その他								
被災時の自然条件	潮位	+1.05m			波高	H=6m (推定)		
	最大平均風速	37.7m/sec			瞬間最大風速	49.0m/sec		
復旧方法	根固ブロックの増量とともにかみ合わせ型として復旧(図-148参照)。I, II, II ₁ , ㊸を改め、I, ㊹型その他の異型ブロックを据付ける。							

酒 田 港

図—148 方 塊 詳 細 図



酒 田 港

南防波堤は既設の700mに引き続き148mが昭和8年～11年に完成した(図-151, 152, 153)。この部分はH=6.0mの広井式で設計しているが(β は不明)、今までに本体の移動する被害はなかった。昭和40年度からはこの部分150mの補強工事が始められ、図-154, 155, 156に示すように基部側から8t, 12.5t, 25tのテトラポッドでそれぞれ被覆した。

南防波堤の延長部分は、41年度から嵩上工事が実施され、図-149, 150に示す断面となった。その設計条件は、 $H_{1/3}=7.0\text{m}$, $\beta=17^\circ 30'$, テトラポッドの消波率を33%としている。

図-149 ろ型ケーソン部嵩上断面図

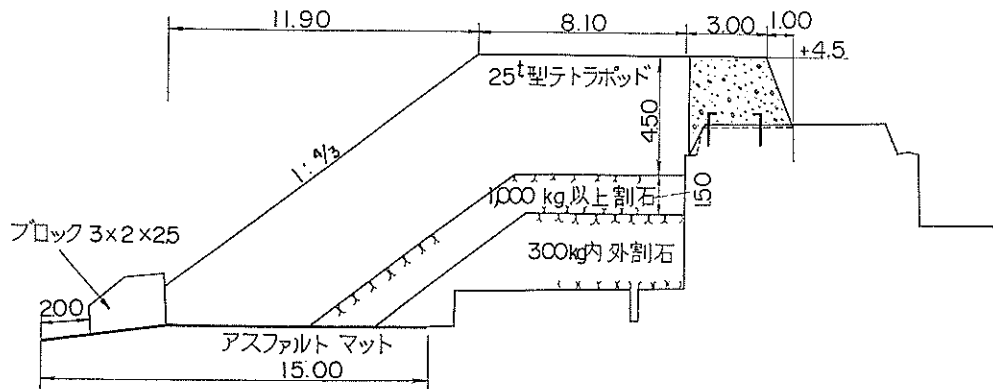
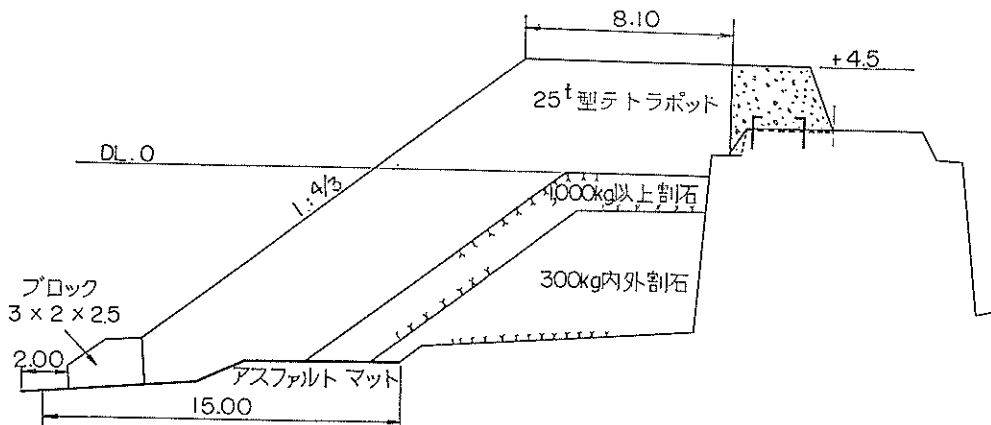
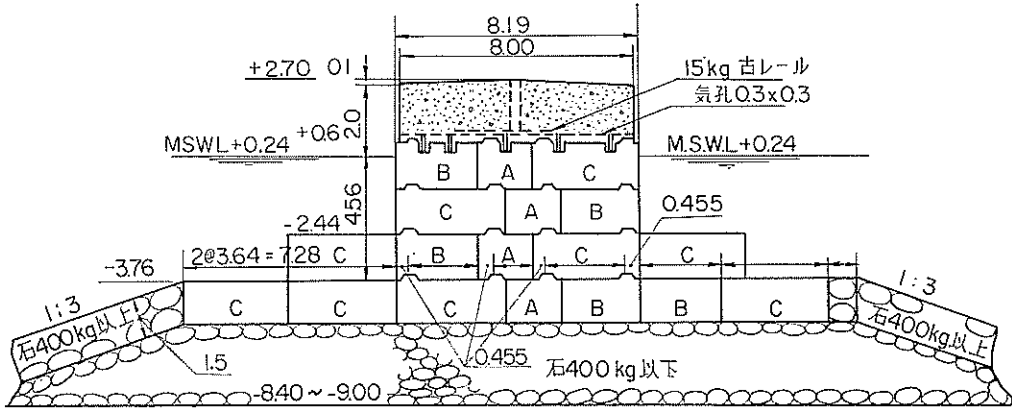


図-150 ほ型ケーソン部嵩上断面図

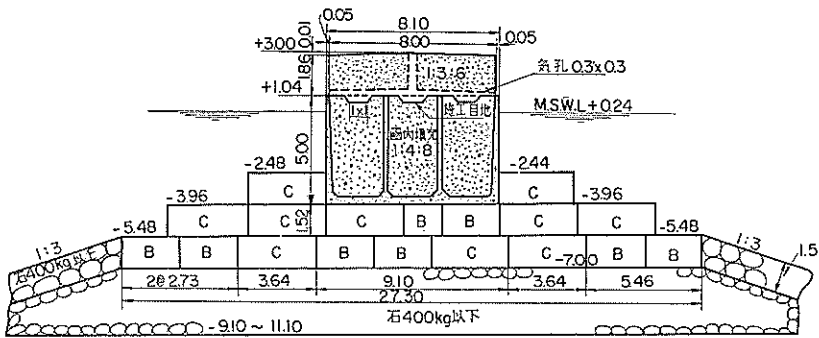


酒 田 港

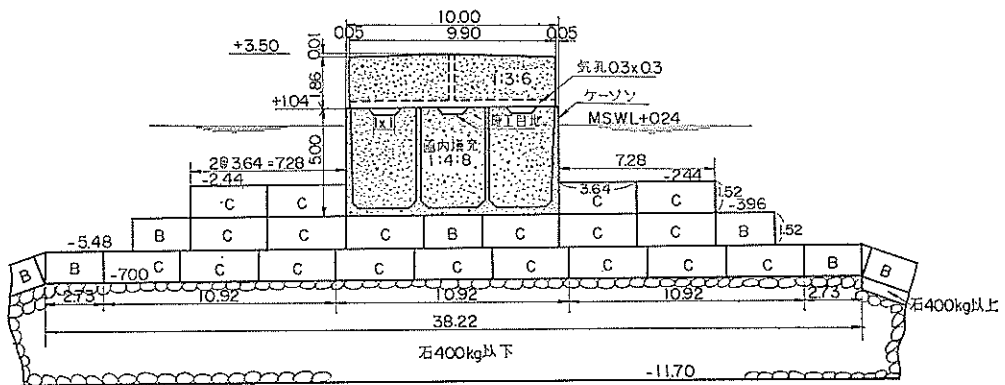
図—151 700 ~ 804 部 断 面 図



図—152 804 ~ 826 部 断 面 図



図—153 826 ~ 848 部 断 面 図



酒 田 港

図-154 8t テトラポッド部断面図

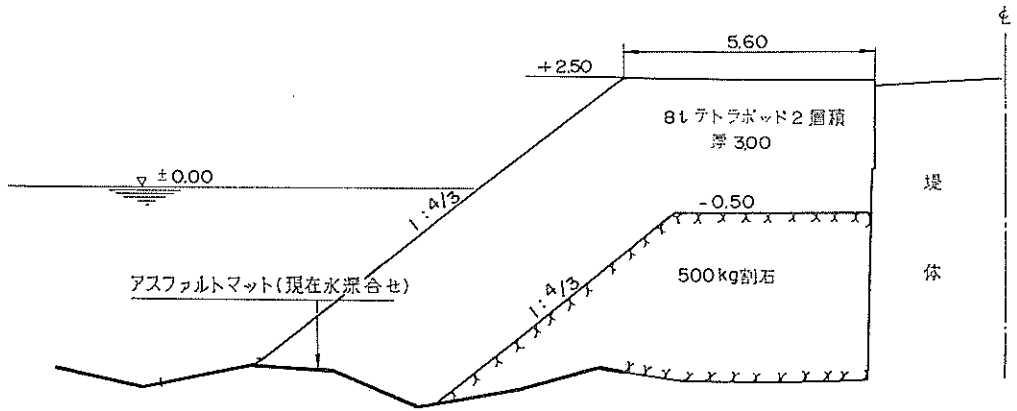


図-155 12.5t テトラポッド部断面図

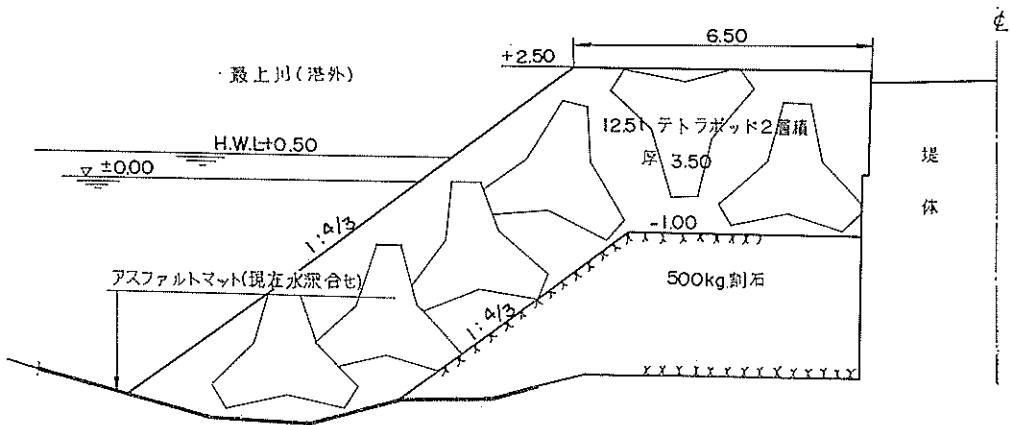
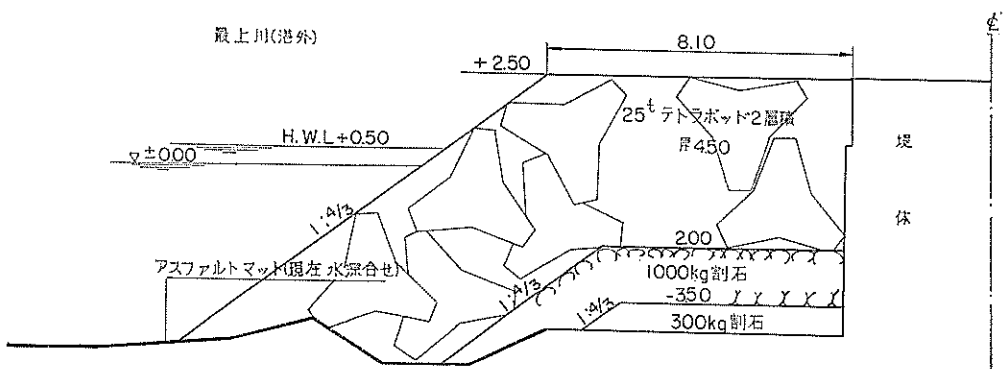


図-156 25t テトラポッド部断面図



新潟港

新潟港の防波堤は、明治29年～36年の信濃川河口修築工事により、東西2本の突堤が完成した。東突堤は長さ1,749m(962間)、高さは低水面まで、西突堤は長さ1,465.5m(806間)でそのうち元付堤が410.9m(226間)で、高さは低水面上1.52m(5尺)であった。明治40年からは信濃川改修工事が始まり、東西2つの突堤が、旧堤を補修、延長することにより完成した。

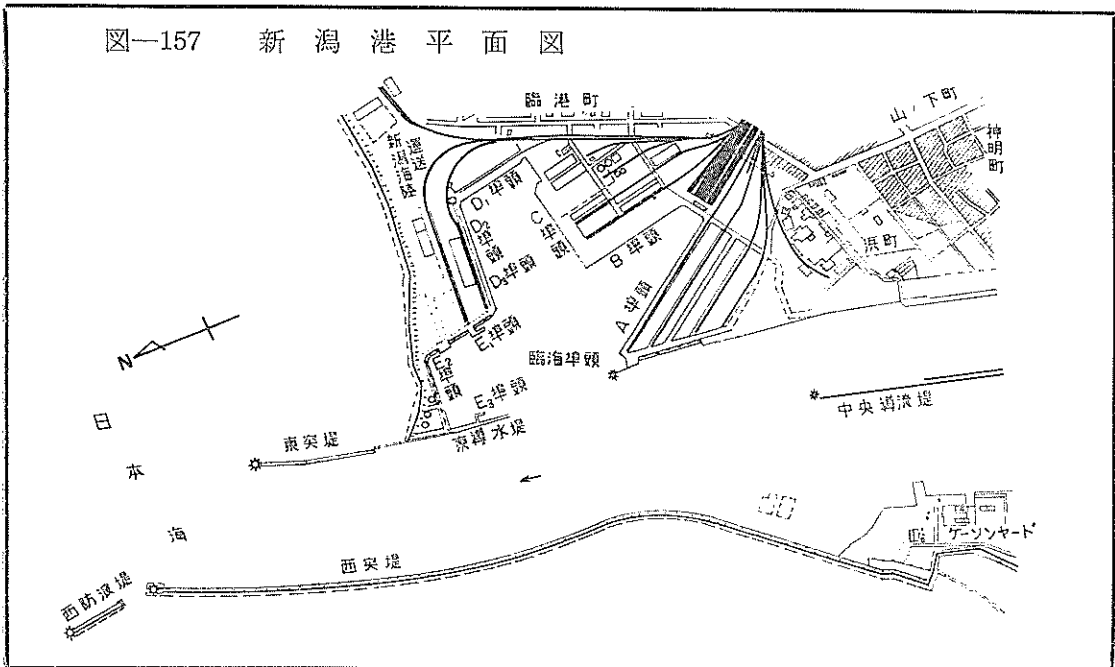
西突堤は長さ1,517mで、その構造は500kg内外の天然石を上幅9.09m、両ノリコウ配1割5分とし袋詰コンクリートで均して堤体基礎とした(捨石天端は低水面上0～0.6m)。上部工は0～763.6mは、両側に場所打コンクリートの直壁を築き、中央部に割石をてん充、あるいは割石を併列しその間げきにコンクリートをてん充した。763.6m～先端は、10t、24tのコンクリートブロックを2段ないし3段に積上げた。根固として海側は14t、24tのブロックを捨て、捨ブロックの据置基礎の不完全な所には112.5kg～375kg前後の割石を投入した。河側は基点から中央部までは75kg～112.5kgの割石、それより先端は14tブロックを捨てた。工事は明治42年に始まり大正13年11月、高さ低水面上3.64m、幅7.27m、延長1,517mが竣工したが、その間、激浪のため手戻、復旧、補強すること再三で、直壁と海側捨ブロックの間げきにはコンクリートをてん充した所も多い。

東突堤は高さ1.21m、上幅1.82m、長さ1,291mの張石式で大正6年～14年に竣工。しかし、14年の冬期風浪で先端173mが破壊したので、外側に7tブロックの設置、あるいはコンクリート練石張とし、上部は場所打コンクリートで被覆し昭和2年修理工事を終つた。

昭和14年からは、西突堤の先端部に延長132mの西防波堤が築かれ、昭和23年一応の完成を見た。

西突堤は戦後ほとんど毎年のように災害を受け、そのたびに捨石の補充、場所打コンクリートによる原形復旧を行なつて来た。昭和30年頃より地盤沈下が激しくなり、33年からは地盤沈下応急対策工事(33年度～35年度)が始められ、西突堤の必要天端高+3.70に対し、+4.20の嵩上工事が行なわれ4tテトラポッドが投入された。昭和36年からは地盤沈下恒久対策工事が始まり、5年間の予想沈下量63cmを考慮して、天端高+4.33に嵩上され、前面に8tテトラポッドが投入された。なお、33年以後の西突堤の災害は、改修工事、地沈工事で合併して復旧が行なわれた。

図一157 新潟港平面図



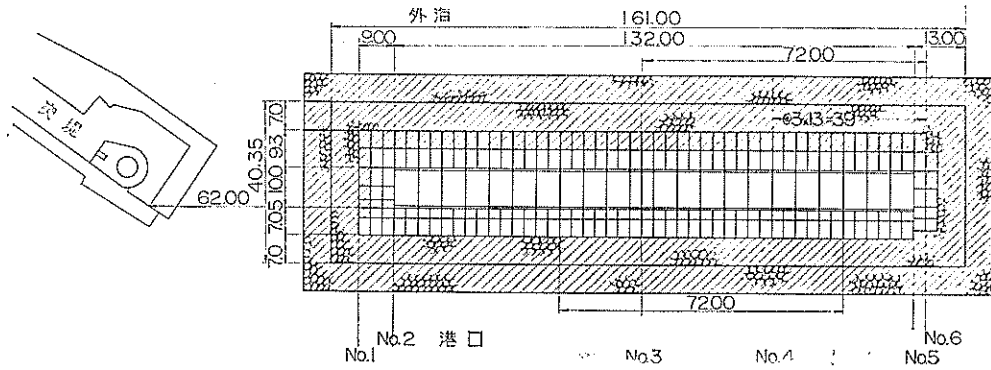
新 潟 港

混成防波堤(ケーソン)

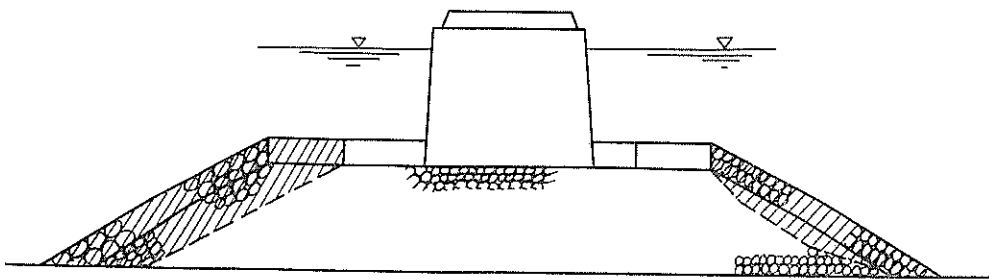
防波堤名	西防波堤	完成年月日	昭和23年	被災年月日	昭和24年10月30日						
被災原因とその状況	10月29日に日本海中央部に発生した低気圧が北東に進むにつれて、新潟港では暴風連続し、30日午前6時には瞬間最大34m/secとなり、波高も7mとなった。このため延長132mの西防波堤(昭和14年に起工したが、ケーソン4函だけ完成、他は上部工未施工)はその基礎を大きく洗掘された。										
被災断面の寸法 (図-158)	水深	-13.0	天端高	+2.00	基準面	T. P	H. W. L				
	断面の全高	15.0		捨石高	-6.2		壁体高	8.8			
	捨石	底幅	52.35		天端高	-6.8					
		天端幅	26.35		ノリコウ配	外側	1:2	内側	1:2		
壁体	底幅	10.0	天端幅	6.84	底面高	-6.8	前面捨石	外側	9.30	内側	7.05
直立部	ケーソン	寸法	幅 $\begin{matrix} 9.0 \\ 10.0 \end{matrix}$ ×高さ7.8×6.0, 重量333.6t コンクリート量139㎡, 鉄筋量12.01t								
		配合	1:2:4								
		中詰	1:5:10								
	上場所打	1:3:6									
捨石部	捨石	1t以下(750kg)									
	張石	1t以上									
	根固ブロック	4.65×3.0×1.3(40t) 2.4×3.0×1.3(20.6t) (1:3:6)									
	その他										
設計資料	H=6.5m, 広井式										
被災数量	直立部	堤体のすべり									
		堤体の傾斜									
	捨石部	被覆捨石の散乱	5,400㎡								
		基礎捨石の散乱	9,000㎡								
		根固ブロックの散乱	54個(40t)								
消波工の散乱											
その他											
被災時の自然条件	潮位				波高	H=7m					
	最大平均風速				瞬間最大風速	34m/sec					
復旧方法	原形復旧。										

新 瀉 港

圖—159 被 災 平 面 圖



圖—160 No.3 部 復 旧 断 面 圖



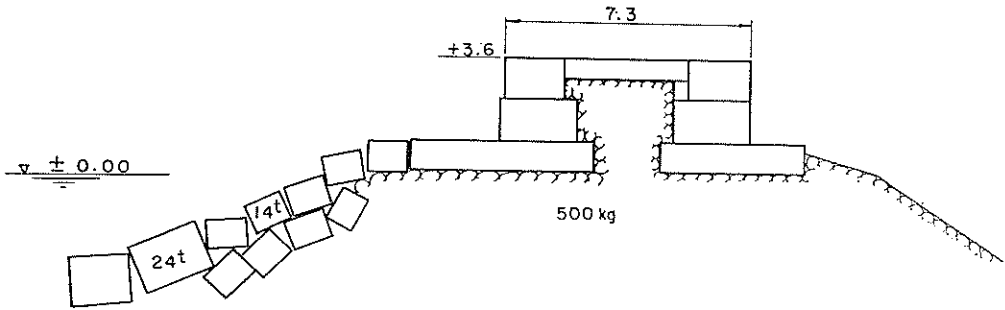
新 潟 港

混成防波堤(ブロック)

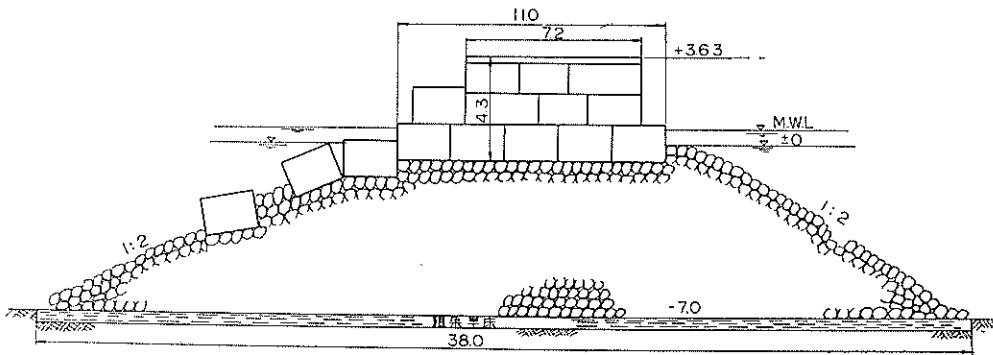
防波堤名	西突堤	完成年月日	大正13年		被災年月日	昭和25年12月31日		
被災原因とその状況	25年12月末より26年1月末に至る間は大暴風が連続したが、12月31日には瞬間最大27m/secを記録し、5mに及ぶ激浪が西突堤に襲撃した。このため延長187m 10数箇所にわたり、基礎および堤体の保護方塊125個、大型割石110㎡、小型割石1,315㎡、場所打コンクリート514㎡が流出した。							
被災断面の寸法 (図-162)ただし当初断面	水深	-7.0	天端高	+3.63	基準面	低水面	H.W.L	
	断面の全高	10.63	捨石高	6.33	壁体高	4.30		
	捨石	底幅	38.0		天端高	-0.67		
		天端幅	11.0		ノリコウ配	外側	1:2	
	壁体	底幅	11.0	天端幅	7.2	底面高	-0.67	前面捨石
肩幅								内側
直立部	ブロック	寸法	ブロックの寸法不明、重量10t, 24t					
		配合						
		中詰						
	上場所打							
捨石部	捨石	500kg内外						
	張石							
	根固ブロック	14t, 24t						
	その他							
設計資料								
被災数量	直立部	堤体のすべり						
		堤体の傾斜						
	捨石部	被覆捨石の散乱	110㎡ (被災量)	75kg以上	90㎡ (27年度復旧量)			
		基礎捨石の散乱	1,315㎡ (")	75kg以下	865㎡ (")			
		根固ブロックの散乱	125個 (")	2.4×2.4×1.8	77個 (")	3.0×2.4×1.45	8個 (")	
消波工の散乱								
その他	場所打コンクリート514㎡ 流出 (") 1:3:6 454㎡ (")							
被災時の自然条件	潮位					波高	H=5.0m	
	最大平均風速					瞬間最大風速	27m/sec	
復旧方法	原形復旧。図-161, 162は完成当時の断面図(推定)である。							

新 瀉 港

圖—161 西突堤標準断面圖(基部)



圖—162 西突堤標準断面圖



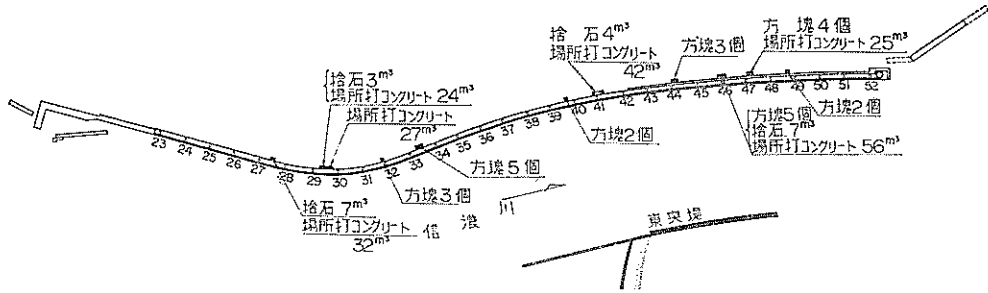
新 潟 港

混成防波堤(ブロック)

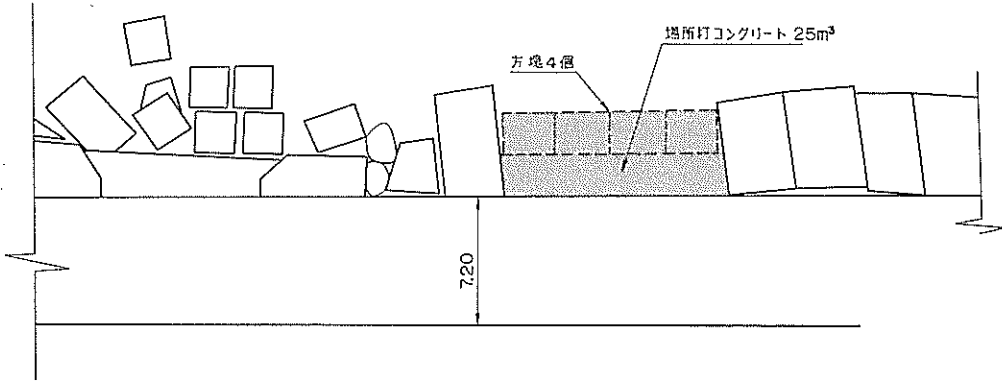
防波堤名	西突堤	完成年月日	大正13年		被災年月日	昭和28年1月 12～16日		
被災原因と その状況	12日から16日にわたって北ないし北北西の強風が連続、このため西突堤は北西方向の波高5mの激浪を受け、11箇所、延長112.6mにわたり捨石、ブロック、上部工に被害を受けた。							
被災断面の 寸法 (図-162) ただし当初 断面	水深	-7.0	天端高	+3.63	基準面	低水面	H. W. L	
	断面の 全高	10.63	捨石高	6.33	壁体高	4.30		
	捨石	底幅	38.0		天端高	-0.67		
		天端幅	11.0		ノリコウ配	外側	1:2	
壁体	底幅	11.0		天端幅	7.2		底面高	-0.67
		前面捨石 肩幅	外側		内側	1:2		
直立部	ブロック	寸法	詳細不明 24、5年度に補強されたブロックの寸法は 3.0×2.4×1.45 2.4×2.4×1.8					
		配合	1:3:6					
		中詰						
	上部 場所打							
捨石部	捨石	500kg内外						
	張石							
	根固ブロック	14t, 24t						
	その他							
設計資料								
被災数量	直立部	堤体のすべり						
		堤体の傾斜						
	捨石部	被覆捨石の散乱						
		基礎捨石の散乱	21㎡(75kg内外)					
		根固ブロックの 散乱	24個					
		消波工の散乱						
その他	上部場所打ちコンクリート206㎡(1:3:6)							
被災時の 自然条件	潮位	+1.36m			波高	H=5m		
	最大平均 風速				瞬間最大 風速	28.2m/sec		
復旧方法	原形復旧。図-163の基点番号は50mピッチ。図-167の平面図の番号は図-163の番号から22を引けば略合致する。							

新 潟 港

図—163 昭和28年災害復旧平面図



図—164 昭和28年災害復旧工事No.47附近平面図



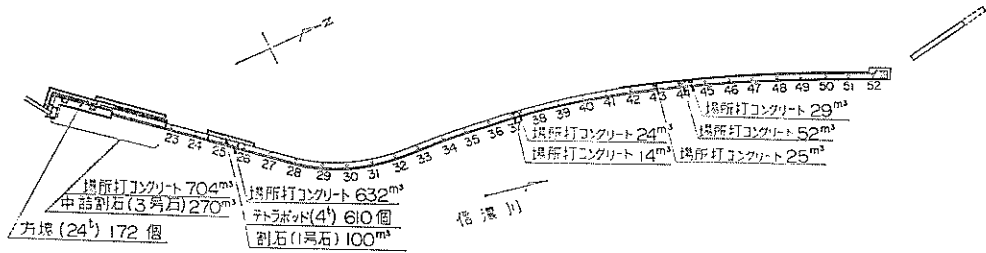
新 潟 港

混成防波堤(ブロック)

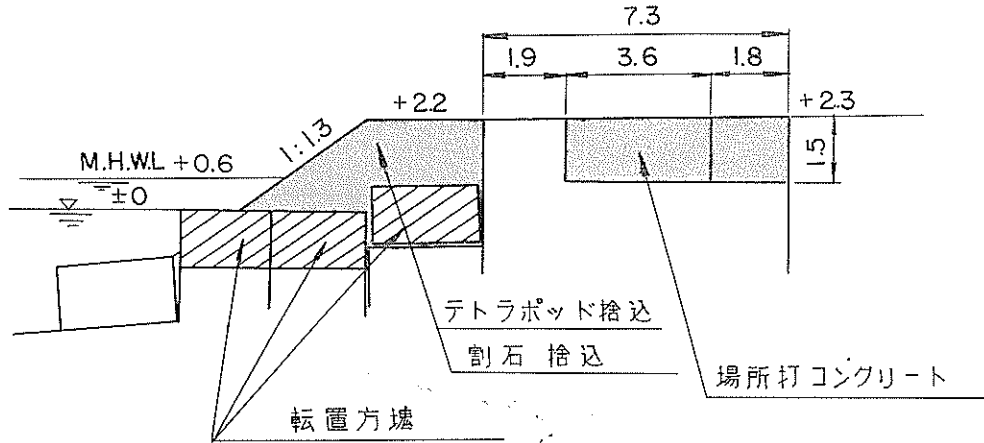
防波堤名	西突堤	完成年月日	大正13年	被災年月日	昭和33年2月13日
被災原因とその状況	山東半島附近に発生した低気圧が12日、佐渡沖を通過(995mb)、このため海上は大暴風となり13日、最大風速28.5m/secを記録、潮位は+1.6mとなり波高は4mを記録した。このため西突堤はNW、WNWの波浪を受け、本堤および元付部5個所に災害を受けた。				
被災断面の寸法 (図-162) 28年災参照	水深	天端高	L.W.L	H.W.L	
	断面の全高	捨石高	壁体高		
	捨石	底幅	天端高		
		天端幅	ノリコウ配	外側 内側	
壁体	底幅	天端幅	底面高	前面捨石 肩幅	外側 内側
直立部	ブロック	寸法	詳細不明		
		配合			
		中詰			
上場所打					
捨石部	捨石				
	張石				
	根固ブロック				
	その他				
設計資料					
被災数量	直立部	堤体のすべり			
		堤体の傾斜			
	捨石部	被覆捨石の散乱			
		基礎捨石の散乱			
		根固ブロックの散乱			
消波工の散乱					
その他	本堤部場所打776㎡, 元付部場所打704㎡				
被災時の自然条件	潮位	+1.6m	波高	H=4.0m	
	最大平均風速	28.5m/sec	瞬間最大風速		
復旧方法	新潟港において32年度より初めてテトラポッド使用, 33年2月災の復旧には4tテトラポッドを使用した。				

新 潟 港

図—165 33年災西突堤復旧箇所平面図



図—166 33年災復旧断面図 No.25附近

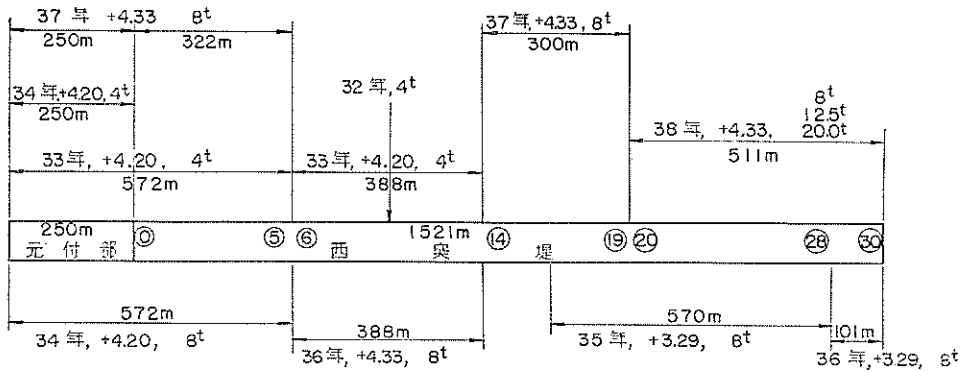


新 潟 港

西突堤の32年以後38年までの工事を図-167に示す。各工事の断面図を図-168～図-172に示す。恒久対策工事の設計波は以下に示すとおりである。

- 元付部(①～⑤); 入射角 $\beta=0^\circ$ 波高H=3.5m
- 大曲部(⑤～⑭); " =45° " 4.5m
- 中央部(⑭～⑳); " =40°～45° " 4.5m
- 先端部(㉑～㉓); " =40° " 4.2m

図-167 新潟港西突堤嵩上工事施工平面図



テ ト ラ 据 付 個 数	改 沈	32 年	
	修 下	33 年	4566(4 ^t), 2455(4 ^t), 1537(4 ^t)
	費 対	34 年	854(8 ^t), 1601(4 ^t)
	策 策	35 年	3814(8 ^t) 図-168
	よ 業	36 年	1863(8 ^t) 図-169, 170
	び 費	37 年	1847(8 ^t), 4707(8 ^t) 図-171
	地 益	38 年	4948(8 ^t), 512(12.5 ^t), 655(20 ^t) 図-172

災 害 復 旧 費	32 年	130(4 ^t)	32年12月災
	33 年	1175(4 ^t)	" 33年2月災*
	34 年		33年2月災*, 12月災*, 34年2月災*
	35 年		34年2月災*
	36 年		* 印
	37 年		左欄の工事と合併地区とされている
	38 年		

新 潟 港

図-168 No.21 部 竣工 断面 図

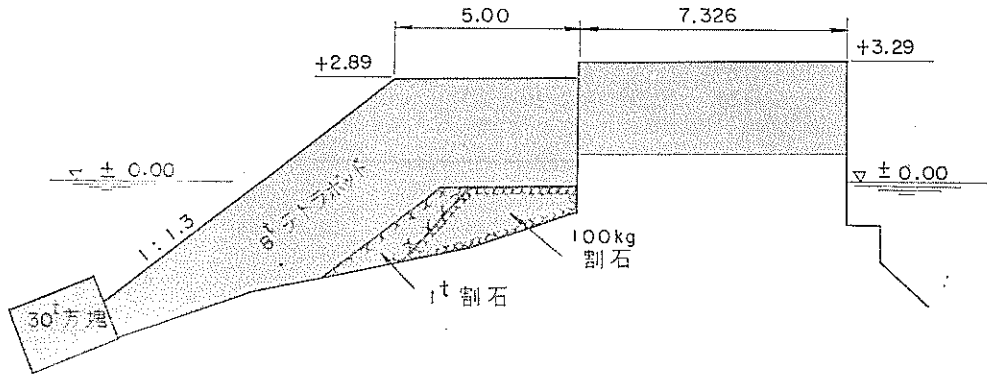


図-169 No.6~No.13 部 標準 断面 図

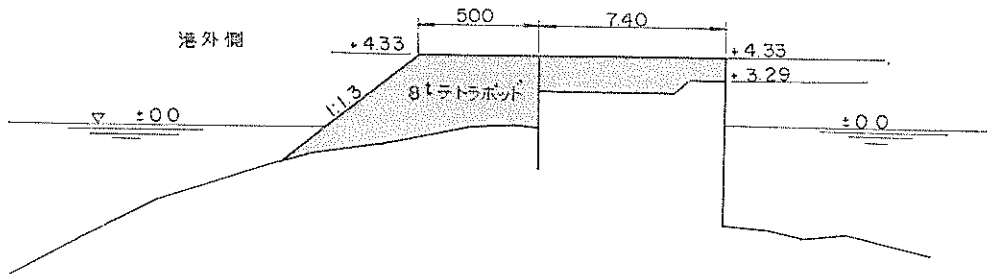
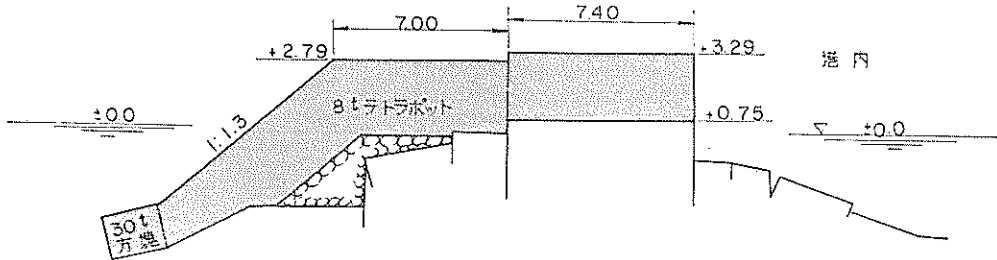


図-170 No. 29 部 断 面 図



新 潟 港

図-171 西突堤320m
" 300m 区間標準断面図

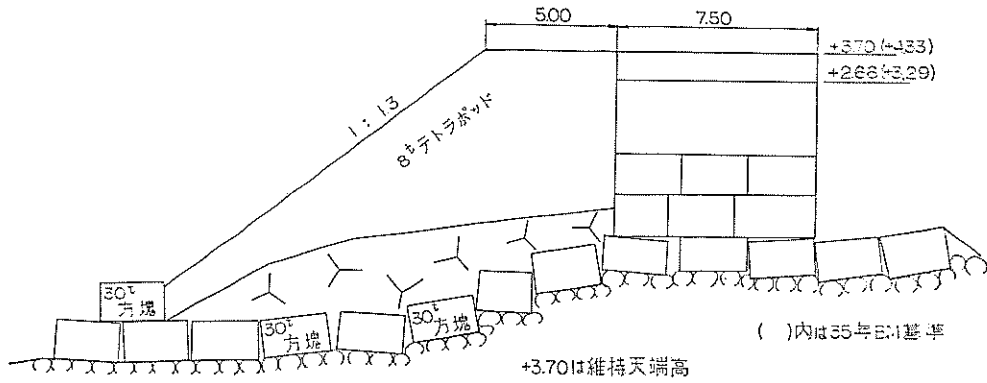
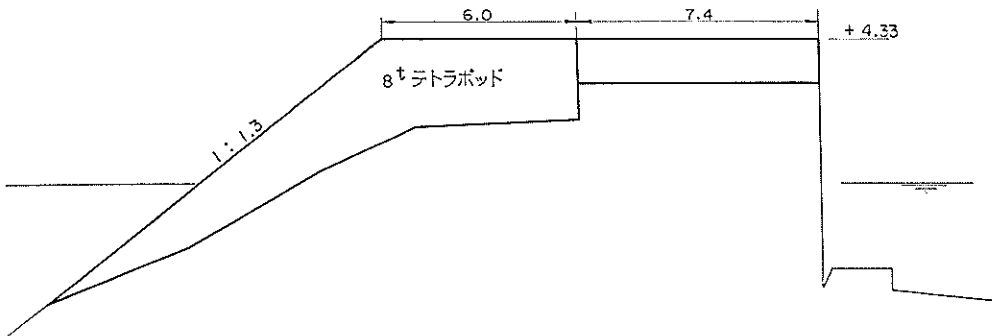


図-172 511m 区間標準断面図



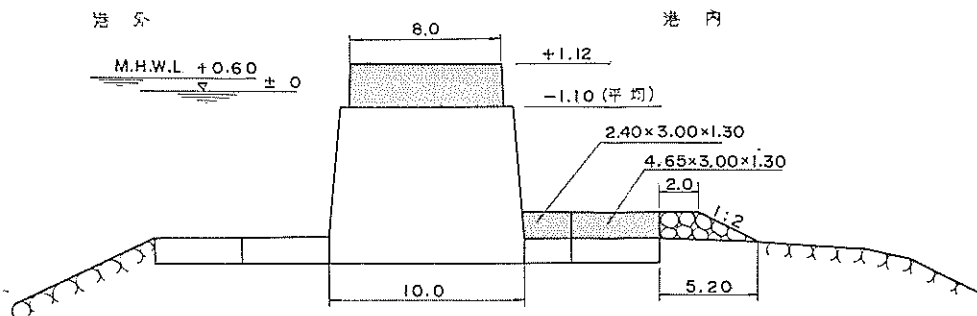
新 潟 港

西防波堤は恒久対策工事（維持天端高+2.00mに対し施工天端高+2.63m）では、入射角 $37^{\circ}30'$ 、設計波高5.5mとし、テトラポッドのある時の波圧は西突堤と同じく、「海底コウ配の急な場所に設けた構造物に働く波圧」（設計要覧14頁）を改良して計算している（詳しくは「新潟の地盤沈下」第3集参照）。当初、下部に8t、上部に12.5tテトラポッドを使って施工していたが、35年1月に堤頭部が被災したため、36年度20tテトラポッドで復旧している。32年度～38年度の工事の概略を下表に示す。

西防波堤テトラポッド据付状況

昭和32年	テトラポッド据付なし（換算20.5m嵩上）	
" 33年	"（" 11.5m "）	図-173 参照
" 34年	443個(8 t), 113個(12.5 t)	
" 35年	120個(20 t)	図-174 参照
" 36年	1,260個(12.5 t), 403個(20 t)	図-175, 176参照
" 37年	1,281個(12.5 t),	図-177, 178参照
" 38年	336個(12.5 t), 198個(20 t)	

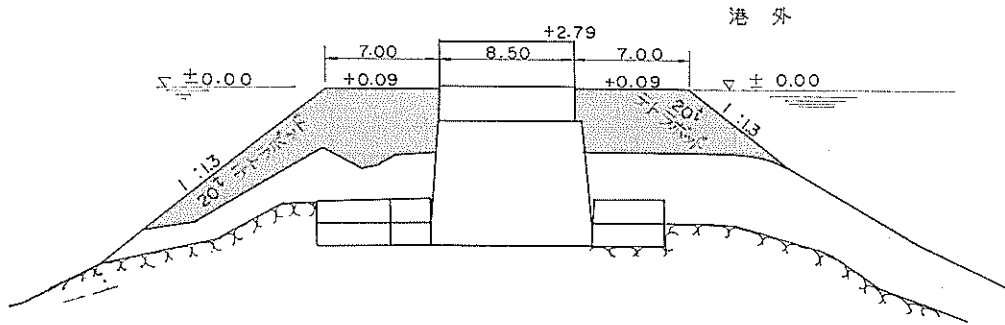
図-173 昭和33年度西防波堤嵩上工事標準断面図



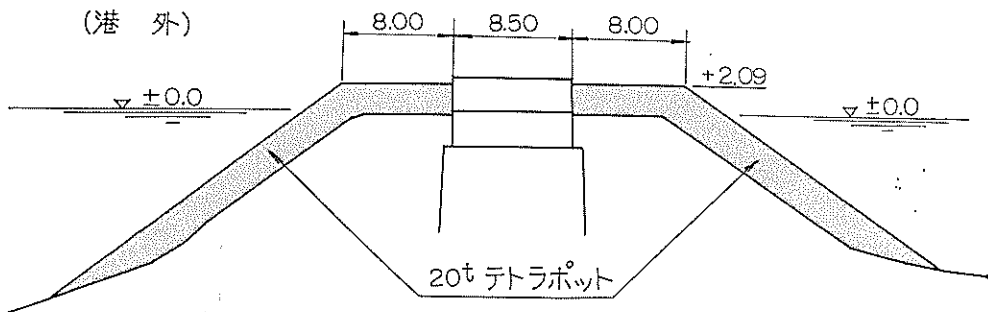
基準面 --- 東京湾中等潮位
昭和33年3月一等水準点 No.6475を不動点とした実測値

新 潟 港

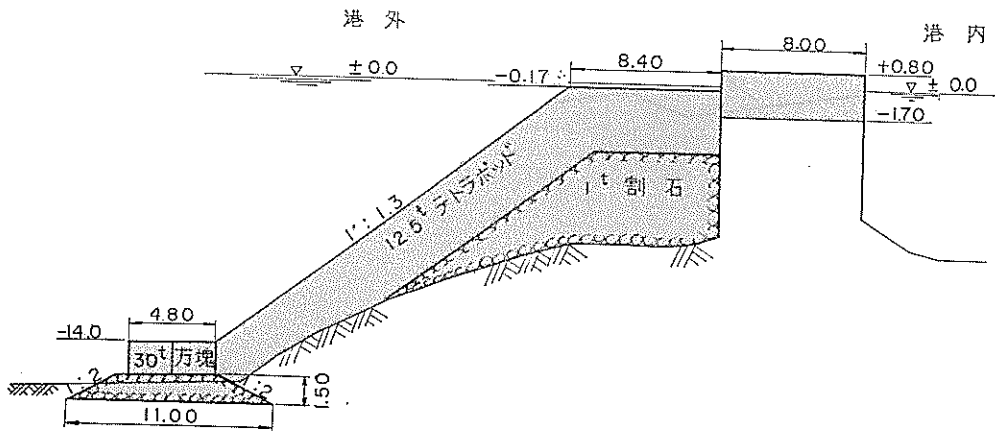
図—174 35年度頭部竣工断面図



図—175 頭部標準断面図



図—176 幹部標準断面図



新 潟 港

図-177 基 部 標 準 断 面 図

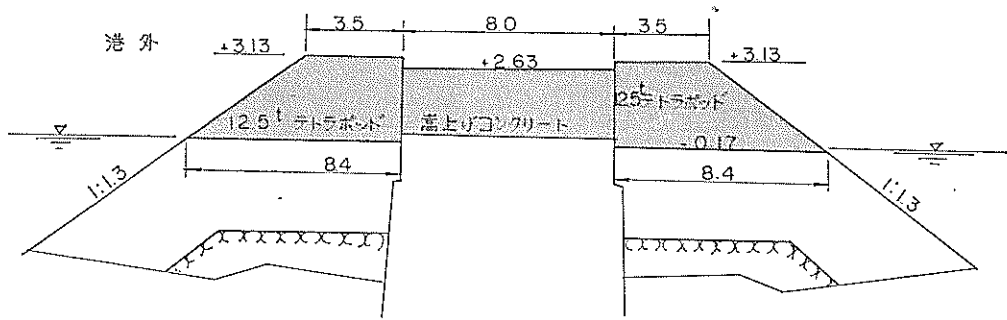
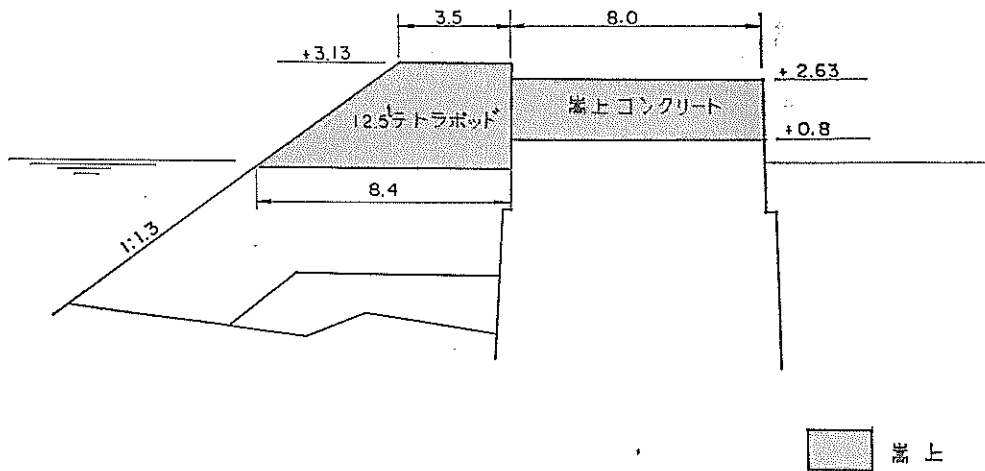


図-178 幹 部 標 準 断 面 図

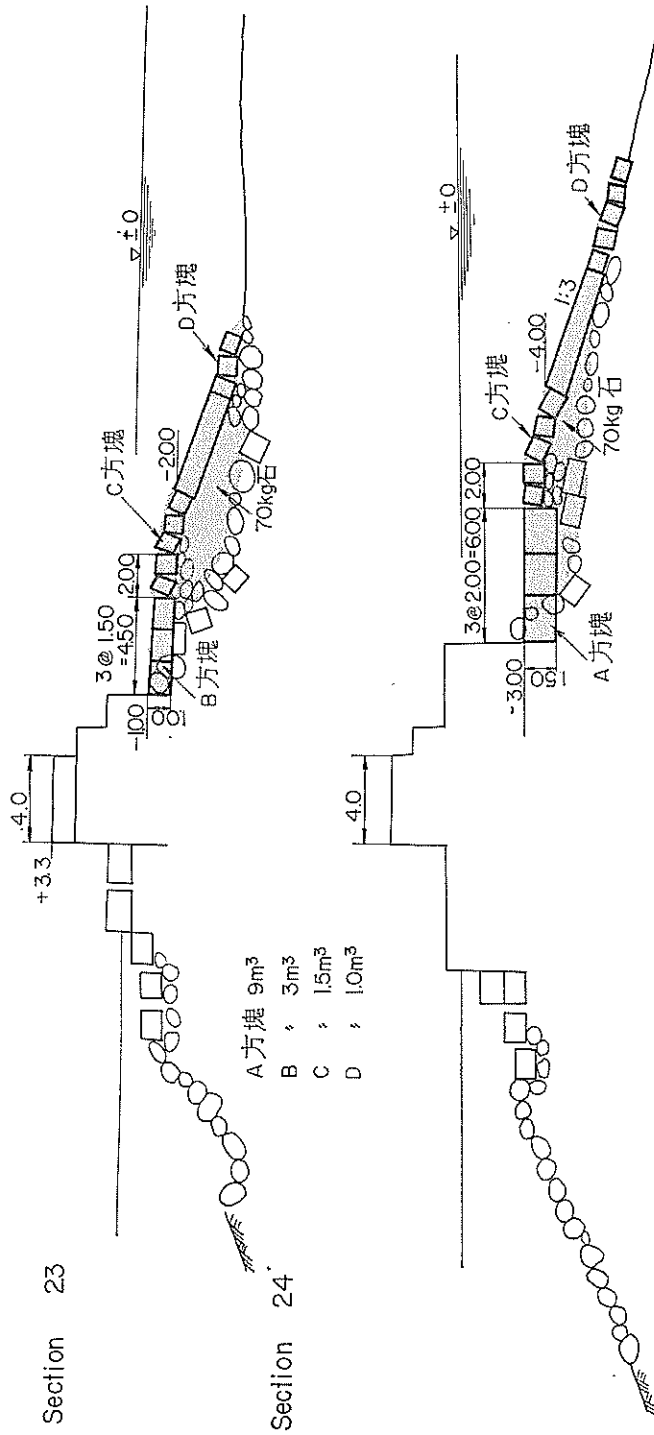


富 山 港

混成防波堤(ブロック)

防波堤名	東防波堤	完成年月日	不明	被災年月日	昭和25年10月31日
被災原因とその状況	ルビー台風および12月16～17日の冬期季節風による高波(2～3m)により、東防波堤頭部の捨石は飛散移動し極めて不安定な状態に立至った。捨石ノリコウ配は3割で施工されていたものが、2～1.5割となりノリ先は-20mまでくずれ落ちた。				
被災断面の寸法(不明)	水深	天端高	L. W. L	H. W. L	
	断面の全高	捨石高	壁体高		
	捨石	底幅	天端高		
		天端幅	ノリコウ配	外側	内側
壁体	底幅	天端幅	底面高	前面捨石	外側 内側
直立部	ブロック	寸法			
		配合			
		中詰			
上場所打					
捨石部	捨石				
	張石				
	根固ブロック				
	その他				
設計資料					
被災数量	直立部	堤体のすべり			
		堤体の傾斜			
	捨石部	被覆捨石の散乱	A号(9㎡)231個 500kg石 2,080㎡ C号(1.5㎡)342個 D号(1㎡)840個	(復旧施工量)	
		基礎捨石の散乱	2,430㎡(70kg内外)	(")	
		根固ブロックの散乱	A号56個, B号(3㎡)35個	(")	
		消波工の散乱			
その他	そだ沈床1,000㎡を沈設	(")			
被災時の自然条件	潮位	+1.00m	波高	H=2.0～3.0m	
	最大平均風速	21.7m/sec(NE)	瞬間最大風速	24.2m/sec(NE)	
復旧方法	原形復旧				

圖一181 復 舊 斷 面 圖



富 山 港

混成防波堤(ブロック)

防波堤名	東防波堤	完成年月日	不明	被災年月日	昭和28年 9月25日	
被災原因とその状況	台風13号により波高3.5mの高波が打ち寄せ、このため東防波堤幹部50.65mにわたり捨石が飛散し、抱方塊が傾斜する被害を受けた。					
被災断面の寸法 (不明)	水深	天端高	L. W. L	H. W. L		
	断面の全高	捨石高	壁体高			
	捨石	底幅	天端高			
		天端幅	ノリコウ配	外側 内側		
壁体	底幅	天端幅	底面高	前面捨石 肩幅	外側 内側	
直立部	ブロック	寸法				
		配合				
		中詰				
上場所打						
捨石部	捨石					
	張石					
	根固ブロック					
	その他					
設計資料						
被災数量	直立部	堤体のすべり				
		堤体の傾斜				
	捨石部	被覆捨石の散乱	1.5㎡ブロック 69個 (施工量) 1㎡ブロック 530個			
		基礎捨石の散乱	340㎡(70kg) (#)			
		根固ブロックの散乱	散乱した3㎡ブロック58個のうち48個を抱方塊,10個を捨方塊に代用			
消波工の散乱						
その他						
被災時の自然条件	潮位		波高	H=3.0~3.5m		
	最大平均風速	26.0m/sec(NNE)		瞬間最大風速		
復旧方法	原形復旧					

富 山 港

図-182 28年災災害復旧平面図

延長 50.65

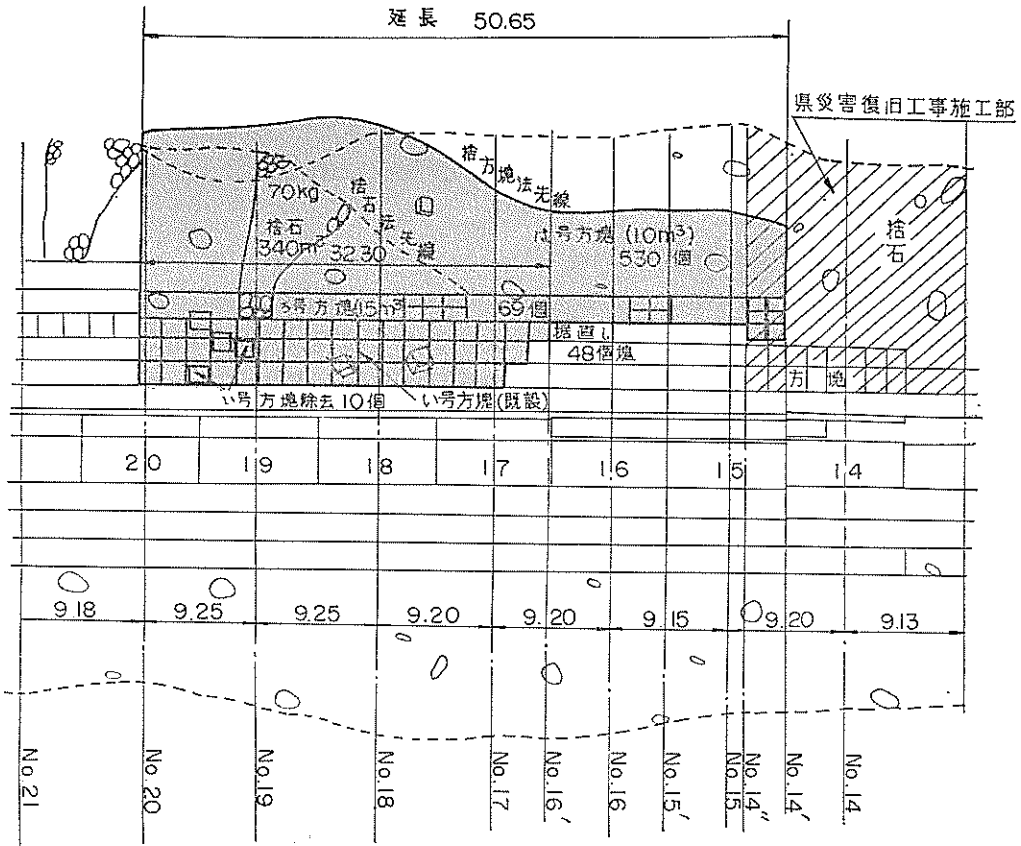


図-183 No.15 部復旧断面図

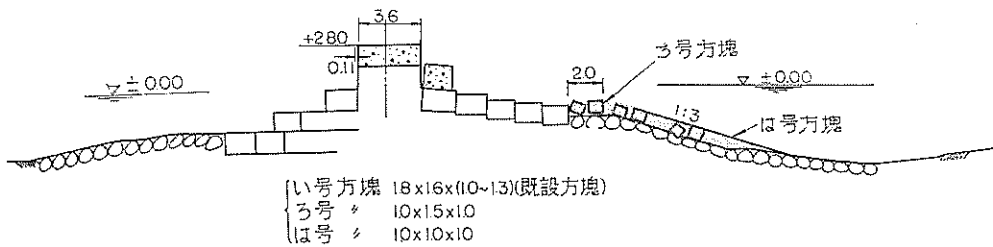
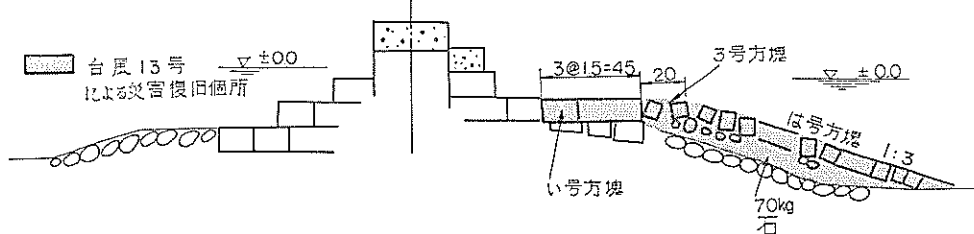


図-184 No.20 部復旧断面図



小 名 浜 港

小名浜港の防波堤は、大正7年～大正12年の漁港修築工事により東外防波堤300m(165間)が完成した。その構造は岩盤を切均したところに袋詰コンクリートを敷き、1個9.4t～15.5tのコンクリートブロックを積み、上部工の厚さ1.52m、その天端高は満潮面上1.52mになっており、基部側80mはその堤体幅7.27m、続く209mは8.48m、頭部は10.9mの方形であった。また、幹部は9.09mごとに一体となるようにブロックが積まれていた。

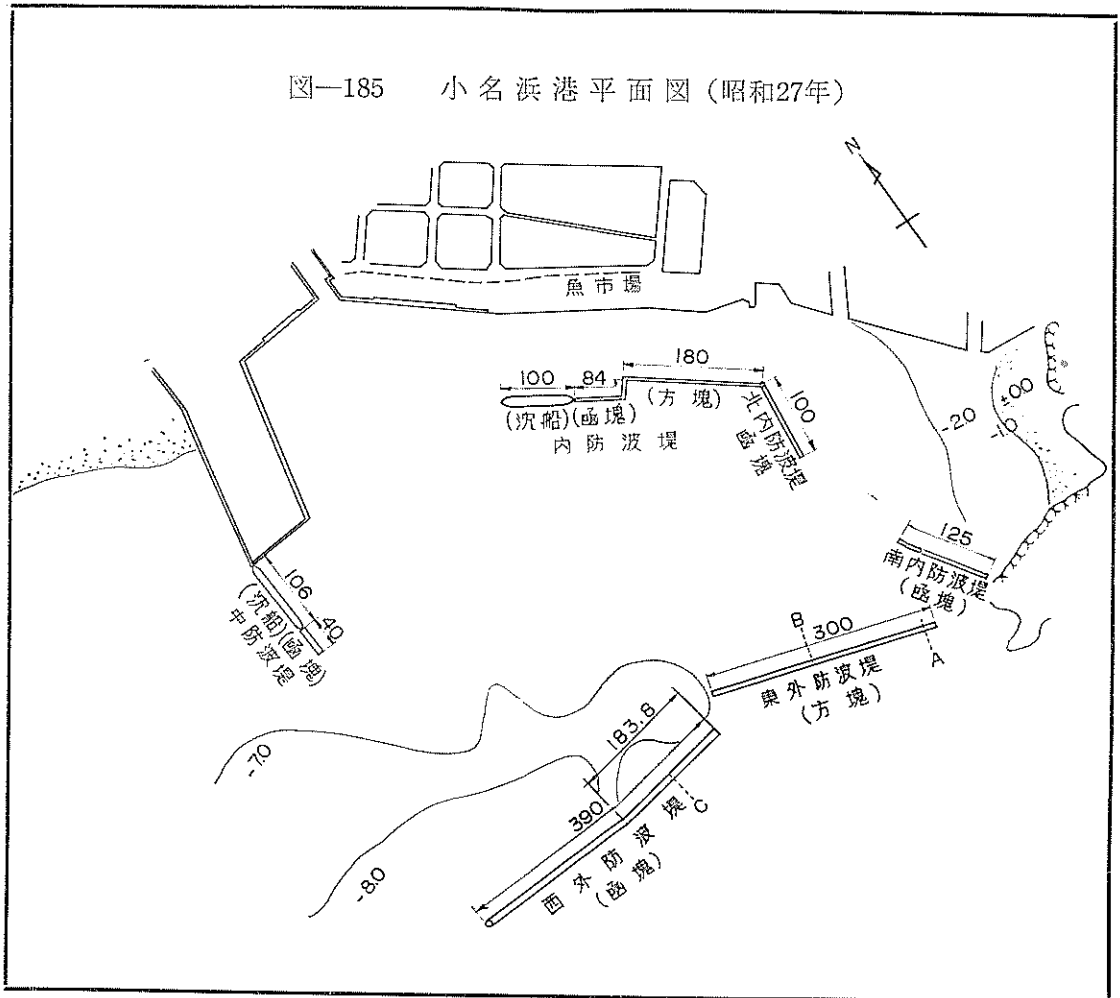
西外防波堤は、昭和4年～13年の第一期工事で築造された(延長390m)。その構造はケーソン混成堤で、基部側183.8mは11.10×6.30×18.75のケーソン(図一186)、残り206.2mには11.10×7.70×18.75のケーソン(図一187)を使用した。

昭和16年から二期工事が予定されていたが中止された。

西外防波堤は完成以来、本体に及ぶ大きな災害はないが越波がひどく(最強風の風向SSE)、昭和24年に西外防波堤を1m(+3.70)、25年に東外防波堤を0.8m(+3.50)嵩上げし、捨石を投入して補強した。

昭和28年からは、既設西外防波堤に接続して西防波堤延長工事が始まり、33年度にA部(図一195参照)が完成するとともにB部の施工が始まり、39年にはC部の施工が始まった。

西防波堤延長部の災害復旧工事としては、昭和35年の台風24号によるものだけである。



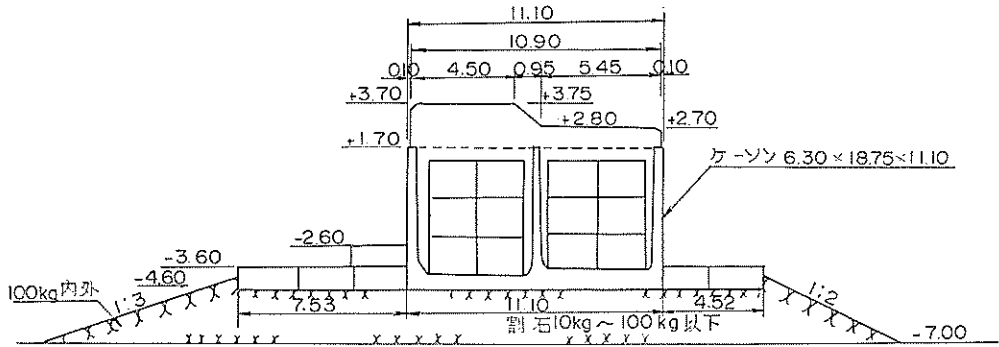
小 名 浜 港

混成防波堤(ケーソン)

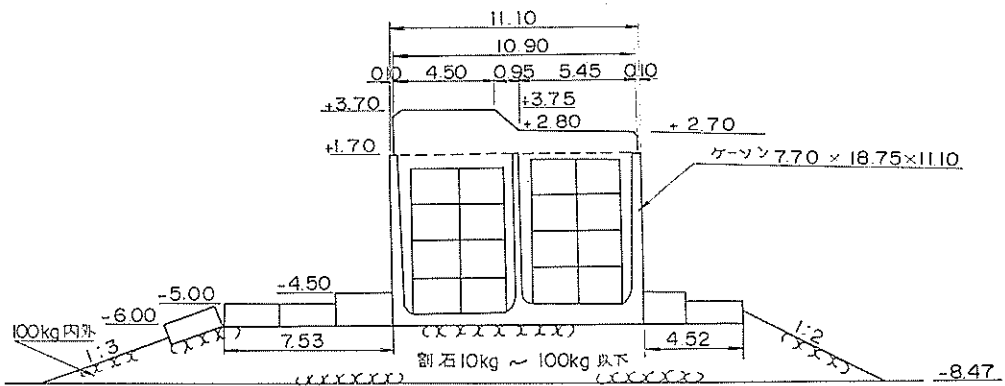
防波堤名	西外防波堤	完成年月日	昭和13年	被災年月日	昭和24年8月31日			
被災原因とその状況	キティー台風により最大風速24.4m/secを記録、このため、海上には大激浪を生じ、港外において6m、港内においても3mの波高となった。このため東外防波堤120m、西外防波堤80mにわたり基礎捨石が流出した。							
被災断面の寸法 (図-188)	水深	-7.10	天端高	+3.70	L.W.L	±0.00	H.W.L	+1.276
	断面の全高	10.8		捨石高	2.5		壁体高	8.3
	捨石	底幅	45.0		天端高	-4.60		
		天端幅			ノリコウ配	外側	1:3	内側
壁体	底幅	11.10	天端幅	11.04	底面高	-4.60	前面捨石 肩幅	外側 10.0 内側 4.4
直立部	ケーソン	寸法	幅11.0×高さ6.30×18.75 重量 916t コンクリート量381.7m ³ 、鉄筋量21.9t					
		配合	1:2:4					
		中詰	ブロック(1:5:10)、割石コンクリート(1:3.5:7)					
	上場所打	1:3:6						
捨石部	捨石	10~100kg						
	張石	1,000kg内外、厚さ0.8						
	根固ブロック	外側2.5×1.0×3.12						
	その他							
設計資料	H=8.50m, 広井式, $\beta=13^{\circ}30'$, 堤上端(+2.80)から3Hのところまで波圧0の三角形波圧 (図-186) H=9.80m, " , $\beta=21^{\circ}$, " (図-187)							
被災数量	直立部	堤体のすべり						
		堤体の傾斜						
	捨石部	被覆捨石の散乱	東西外防波堤延長200mに1,000m ³ の割栗石(復旧)					
		基礎捨石の散乱						
		根固ブロックの散乱						
消波工の散乱								
その他								
被災時の自然条件	潮位				波高	港外H=6m, 港内H=3m		
	最大平均風速	24.4m/sec			瞬間最大風速	25.7m/sec		
復旧方法	原形復旧。西外防波堤の当初断面は図-186, 187で天端高+2.80であった。図-189, 190は東外防波堤の嵩上、補強断面図である。							

小 名 浜 港

図一186 西外防波堤0~183.8部標準断面図

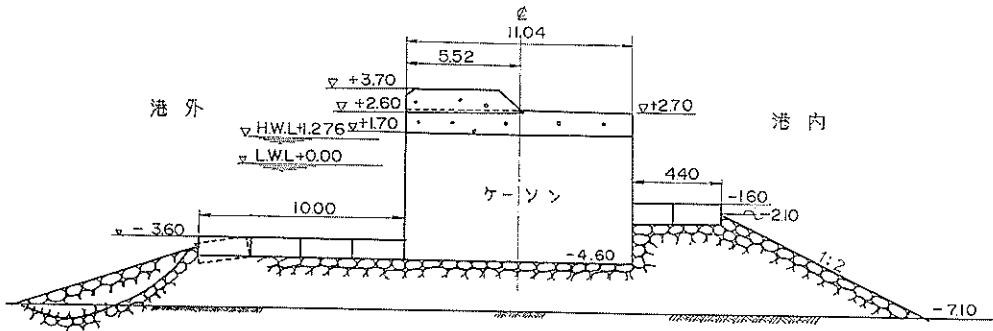


図一187 西外防波堤183.8~390部標準断面図



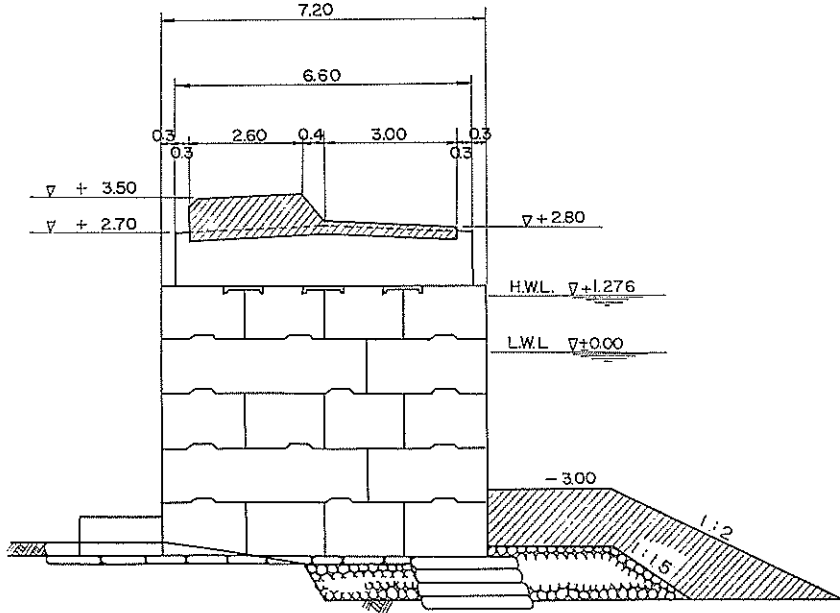
小 名 浜 港

図一188 西外防波堤 C—C 断面図(24年災復旧断面)

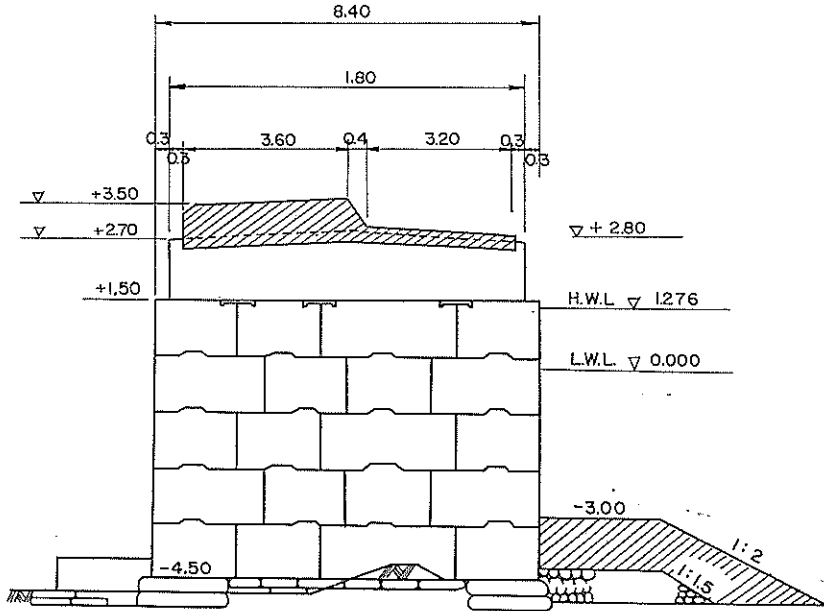


小 名 浜 港

圖—189 東外防波堤 A—A 断面圖



圖—190 東外防波堤 B—B 断面圖



小 名 浜 港

混成防波堤(ケーソン)

防波堤名	西防波堤	完成年月日	施工中	被災年月日	昭和35年10月20日			
被災原因とその状況	台風24号のため、小名浜港では19～20日にかけて大時化となり、激浪が西防波堤に襲撃した。このため延長110.6mにわたり捨石洗掘、本体沈下の被害を受けた。なお、沈下したケーソン11函は1函目を34年3月4日、11函目は35年9月12日据付け、上部工まで完成していた。基礎の施工状況は不明。							
被災断面の寸法 (図-192)ただし完成断面	水深	-9.00	天端高	+3.70	L.W.L	±0.00	H.W.L	+1.40
	断面の全高	12.7		捨石高	2.8		壁体高	9.9
	捨石	底幅	34.0		天端高	-6.2		
		天端幅			ノリコウ配	外側	1:2	
壁体	底幅	12.5	天端幅	12.3	底面高	-6.2	前面捨石肩幅	外側 5.0 内側 3.5
直立部	ケーソン	寸法	幅12.5×高さ8.2×10.0					
		配合						
		中詰	コンクリートブロック					
上場所打								
捨石部	捨石	50～100kg						
	張石							
	根固ブロック	内側2.5×1.5×2.5						
	その他	外側8tテトラポッド、天端高-3.0、天端幅6.0						
設計資料	A部 H=6.1m, $\beta=21^\circ$, 砕波, 天端高+3.70 C部 H=6.1m, $\beta=0^\circ$ 砕波, 天端高+3.70 B部 H=6.1m, $\beta=0^\circ$, 砕波, 天端高+3.70 D, E部 H=6.1m, $\beta=20^\circ$ 砕波, 天端高+5.00							
被災数量	直立部	堤体のすべり						
		堤体の傾斜	ケーソン11函110.6mが20～50cm前傾					
	捨石部	被覆捨石の散乱						
		基礎捨石の散乱	500㎡延長110.6m					
		根固ブロックの散乱						
消波工の散乱								
その他								
被災時の自然条件	潮位	+1.56m		波高	$H\frac{1}{3}=5.23m$, $H_{max}=7.31m$ (港研水圧式)			
	最大平均風速	10.8m/sec		瞬間最大風速	14.9m/sec			
復旧方法	延長90にわたりテトラポッドによる根固を施工(図-193)。							

小 名 浜 港

図-191 被災位置図

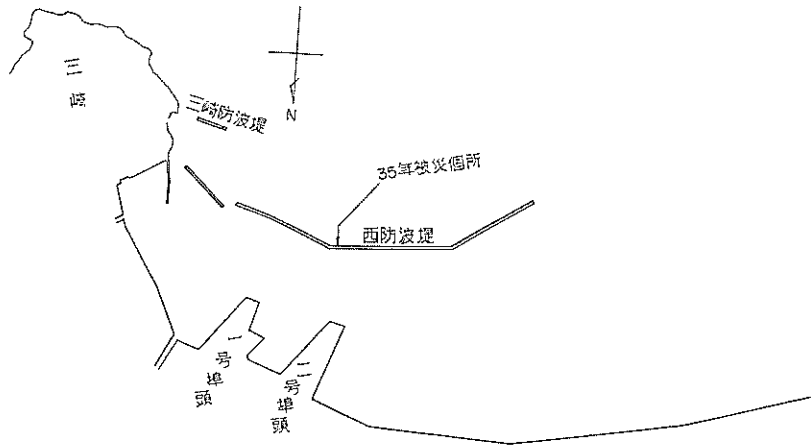


図-192 B部断面図

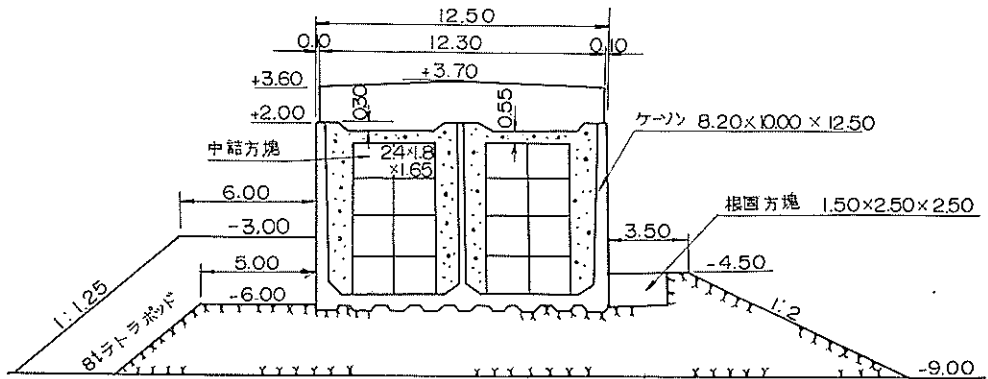
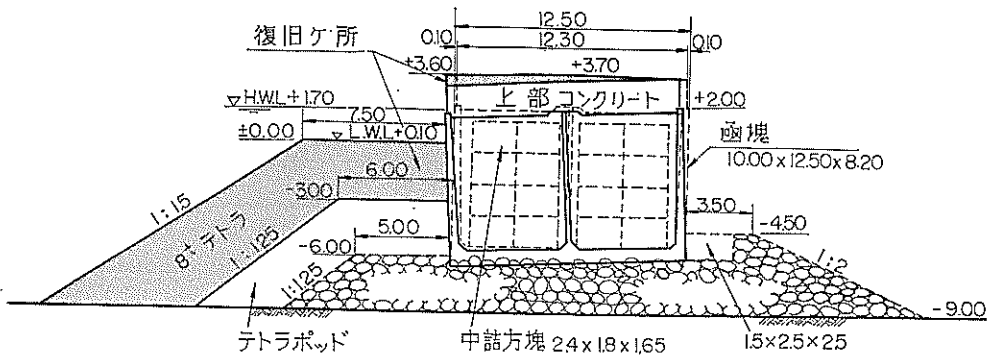


図-193 西防波堤復旧標準断面図



小 名 浜 港

西防波堤延長工事の標準断面を以下に示す。図-199にC部の嵩上断面をあげたが、A部、B部も嵩上げされる予定。各部の設計条件は、35年10月災害調査表に記してある。なお、図-194のEケーソン前方600mの水深-14m地点での波高計による実測最大波は、36年9月16日の $H_{max}=7.94m$ 、 $H_{1/3}=5.74m$ である。

図-194 西防波堤平面図

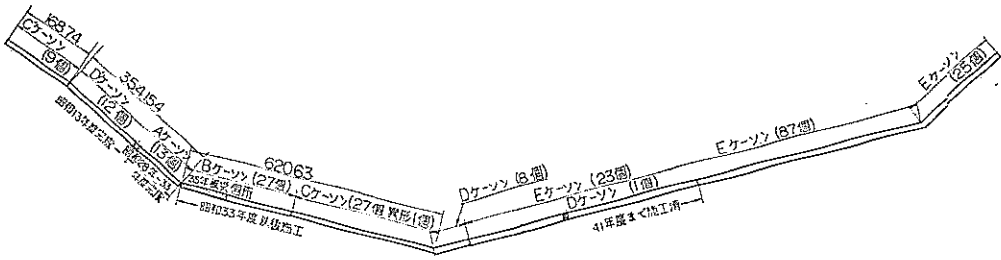


図-195 A部断面図

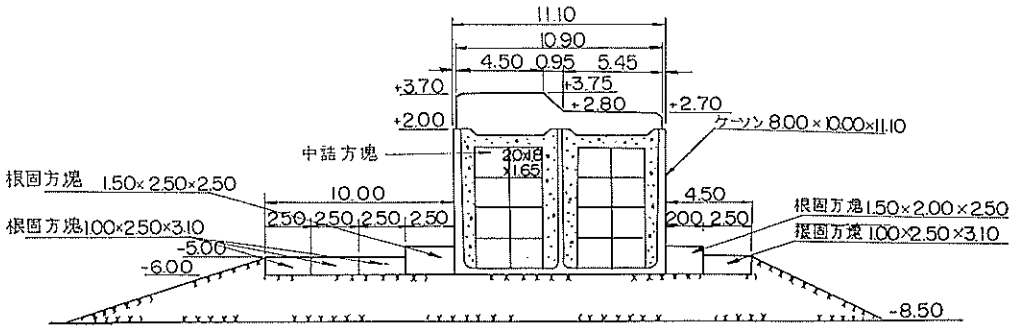
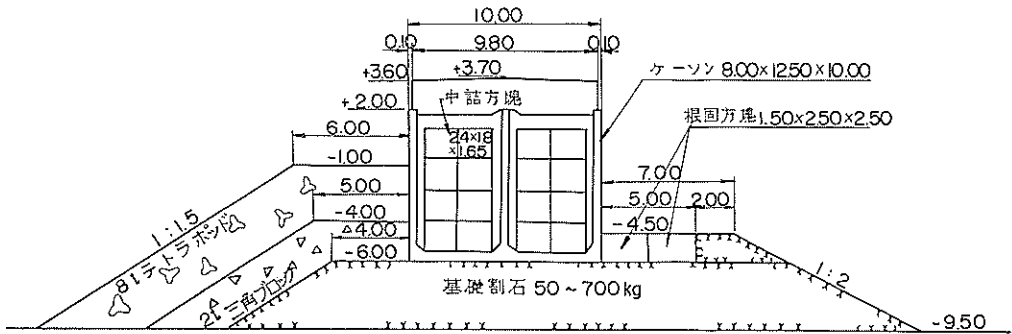
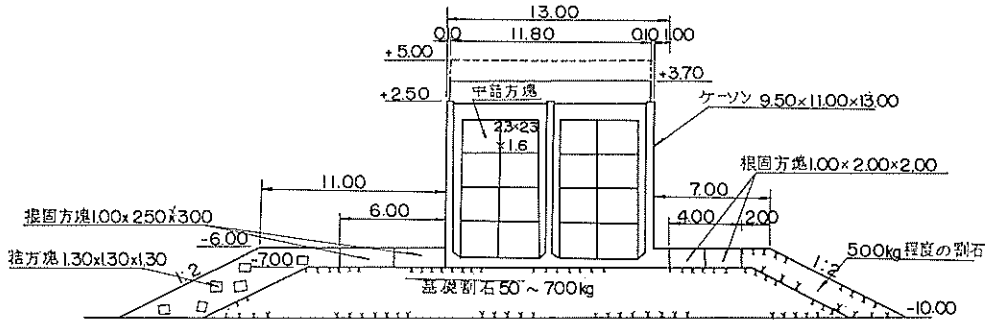


図-196 C部断面図

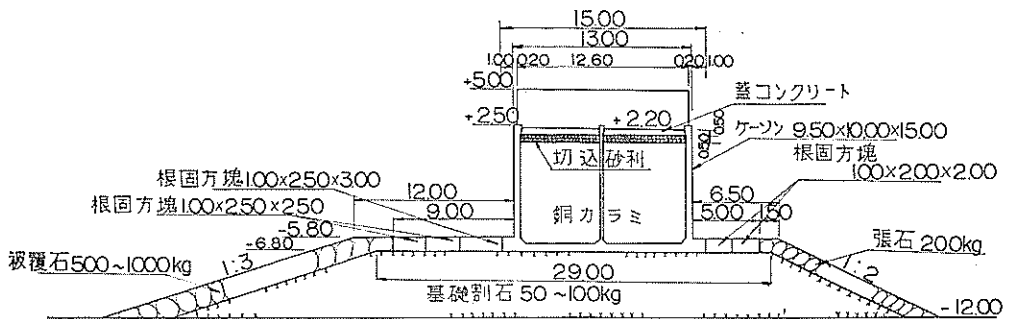


小 名 浜 港

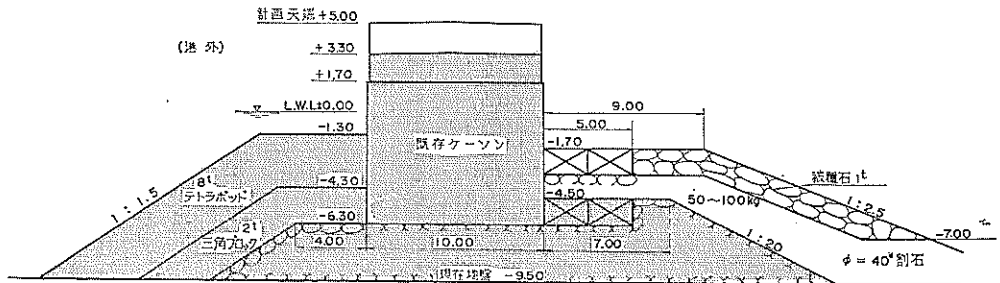
図—197 D 部 断 面 図



図—198 E 部 断 面 図



図—199 C 部 嵩上標準断面図



清 水 港

混成防波堤(ケーソン)

防 波 堤 名	興津防波堤	完 成 年 月 日	昭和40年 8 月	被 災 年 月 日	昭和40年 9 月 17 日			
被災原因とその状況	8月12日に+5.00までのパラベットの打設を完了した興津防波堤は、9月17日台風24号による波浪のため堤頭函のみ約25cm滑動した。その後、41年9月25日の26号台風でも堤頭函のみ滑動しその変位量は1mに達した。							
被災断面の寸法 (図-201)	水 深	-8.50	天端高	+5.00	L.W.L	±0.00	H.W.L	+1.70
	断面の全高	13.5		捨石高	2.0		壁体高	11.5
	捨 石	底 幅	30.0		天端高	-6.5		
		天端幅	18.5		ノリコウ配	外側	1:2	内側
	壁 体	底 幅	9.50	天端幅		底面高	-6.50	前面捨石 肩幅
直 立 部	ケーソン	寸 法	幅9.5×高さ8.5×15.0					
		配 合						
		中 詰	砂利					
	上 部 場 所 打							
捨 石 部	捨 石	30~100kg						
	張 石	外側 400kg以上 先端部1,000kg以上 内側 200kg以上						
	根固ブロック	4.0×2.0×1.0						
	そ の 他							
設計資料	H=4.5m, $\beta=35^\circ$, 砕波圧							
被災数量	直 立 部	堤体のすべり	堤頭函が20~100cm					
		堤体の傾斜						
	捨 石 部	被覆捨石の散乱						
		基礎捨石の散乱						
		根固ブロックの散乱						
消波工の散乱								
そ の 他								
被災時の自然条件	潮 位	24号+1.90m 26号+1.70m			波 高	24号H=6.0m(目測による推定) 26号H $\frac{1}{3}$ =5.8m(他地点の実測波からの推定)		
	最大平均風速	24号 26号33.0m/sec(NE)			瞬間最大風速	24号33.0m/sec(SSE)(清水) 26号47.8m/sec(清水)		
復旧方法	基礎のみ原形復旧。							

清水港

図-200 清水港平面図

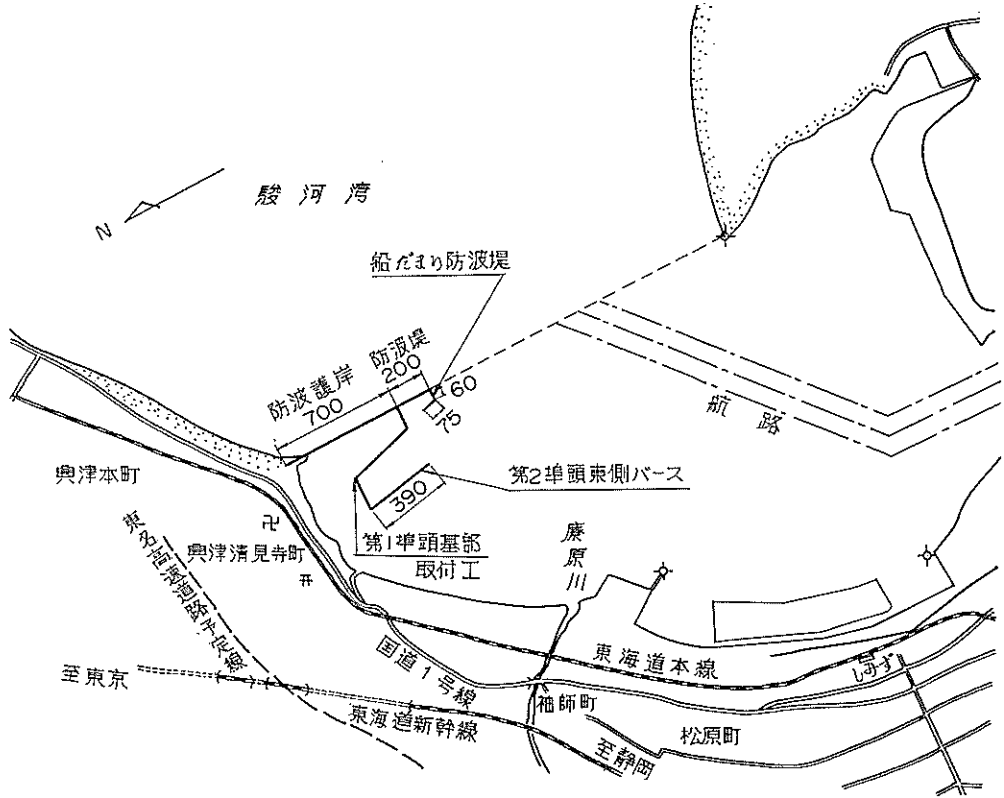
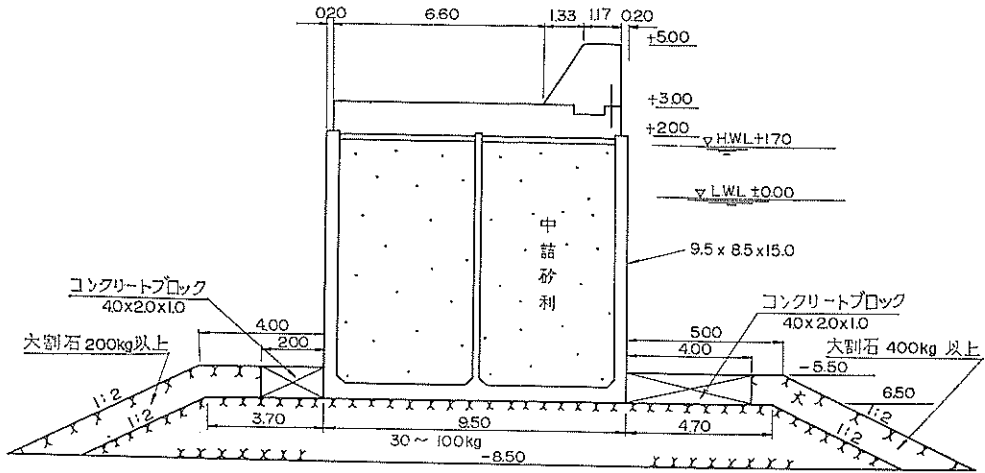
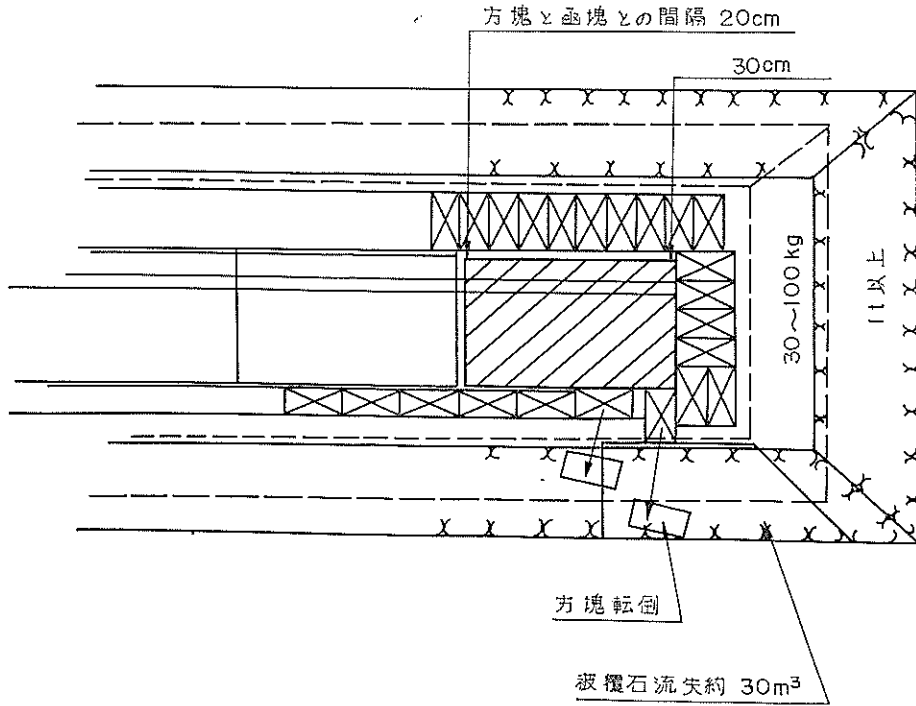


図-201 標準断面図

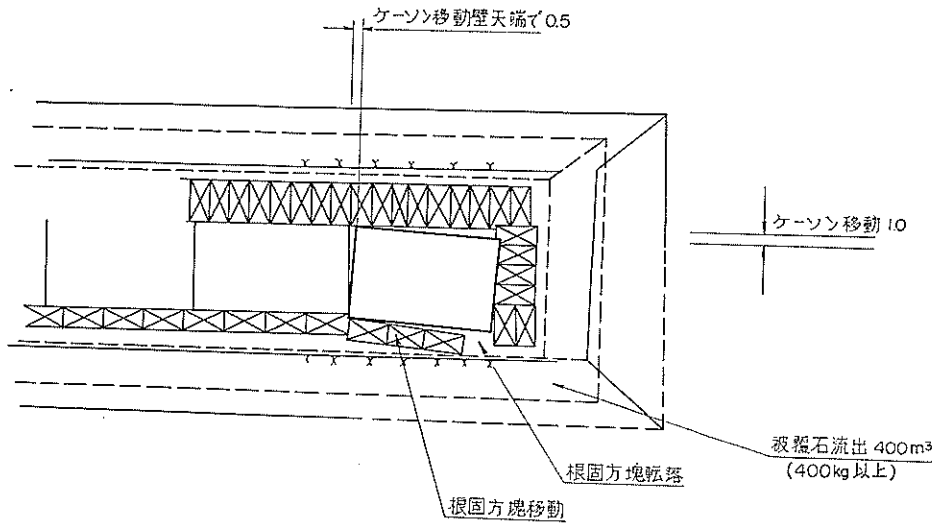


清 水 港

図一202 40年台風24号被災平面図



図一203 41年台風26号被災平面図



神 戸 港

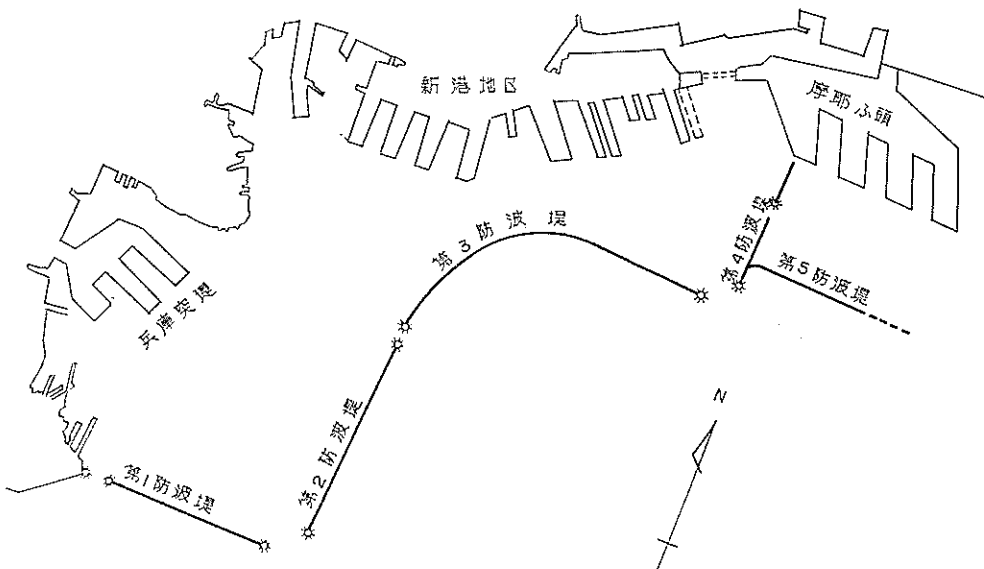
神戸港の防波堤は、明治43年からの第一期工事により南防波堤（現在の第一防波堤）909m、東防波堤の一部（現在の第三防波堤西側）1,149mの工事が始まった。東防波堤の一部1,149mは大正7年に完成したが、その断面は図-221に示すとおりである。大正6年からは内務省工事となり、第一防波堤1,220mが大正6年～昭和9年、第二防波堤1,512mが大正6年～昭和12年、第三防波堤2,481mが大正6年～昭和12年にそれぞれ完成した。これら防波堤の構造は、幅 $\frac{3.64}{6.97}$ ×高さ6.67×長さ $\frac{13.91}{12.12}$ のケーソンを使った混成堤で根固、基礎部が多少変わる以外はほとんど同じ断面である。

第一防波堤は昭和9年9月の室戸台風によりケーソン総数95個のうち63個が移動する被害を受けた。戦後は、25,6年のジェーン、ルース台風で根固部に被害を受け、原形復旧している。昭和35年からは、当初天端高+3.03mに対し、約1mほどの沈下をしていた防波堤の嵩上工事(+4.00m)が始まり、前面にテトラポッドを設置した。嵩上工事中、39年、40年の台風でテトラポッドが散乱する被害を受けた。

第二、第三防波堤は完成以来、断面に変化なく、被災も25,6年に捨石が散乱する程度のものであったが、39,40年の台風では第三防波堤のケーソンが滑動する被害を受けている。

第五防波堤は、35年からP. Cセルで施工していたが、39年の20号台風で大きな被害を受けたため、断面変更し、ケーソン混成堤形式で復旧した。

図-204 神 戸 港 平 面 図



神 戸 港

混成防波堤(ケーソン)

防波堤名	第一防波堤	完成年月日	昭和9年		被災年月日	昭和25年9月3日			
被災原因とその状況	ジェーン台風により神戸附近の最大風速は33.4m/secとなった。このため第一防波堤は延長940mにわたり捨石が散乱し、根固ブロック4個が転落した。 また、第二防波堤は155m、第三防波堤は1,332mにわたり基礎捨石の散乱、ブロックの移動などの被害があった。								
被災断面の寸法 (図-205)	水深	-13.03	天端高	+3.03	L.W.L	±0.00		H.W.L	+1.67
	断面の全高	16.06		捨石高	8.18		壁体高	7.88	
	捨石	底幅	51.35		天端高	-4.85			
		天端幅	22.9		ノリコウ配	外側	1:2		内側
	壁体	底幅	6.97	天端幅	3.64	底面高	-4.85		前面捨石肩幅
直立部	ケーソン	寸法	幅 $\begin{matrix} 3.64 \\ 6.97 \end{matrix}$ ×高さ $\begin{matrix} 6.67 \\ 13.91 \\ 12.12 \end{matrix}$ (12尺×22尺×46尺) (23尺×22尺×40尺)重量329.97 t						
		配合	1:2:4						
		中詰	割石コンクリート						
	上部場所打	1:2.5:5							
捨石部	捨石	10kg, 50kg							
	張石	300kg							
	根固ブロック	2.73×1.82×1.52 2.73×2.73×1.52							
	その他	地盤改良, 砂レキ置換(厚さ3.3m)							
設計資料	H=2.5m, H.W.L+1.67m, [築港工学(横井)]								
被災数量	直立部	堤体のすべり							
		堤体の傾斜							
	捨石部	被覆捨石の散乱	港外側10,700m ³ (300kg石)延長940m						
		基礎捨石の散乱							
		根固ブロックの散乱	4個						
その他	消波工の散乱								
被災時の自然条件	潮位	+3.16m			波高	H ^{1/3} =2.3m, T=5.9sec, 波向SSW(坂本・井島法)			
	最大平均風速	33.4m/sec(NE)			瞬間最大風速	47.6m/sec(NE) (気象台)			
復旧方法	原形復旧。図-206は神戸港第一, 二, 三防波堤の戦後の被災位置図である。								

神戸港

図-205 神戸港第一防波堤被災断面図(ジェーン台風)

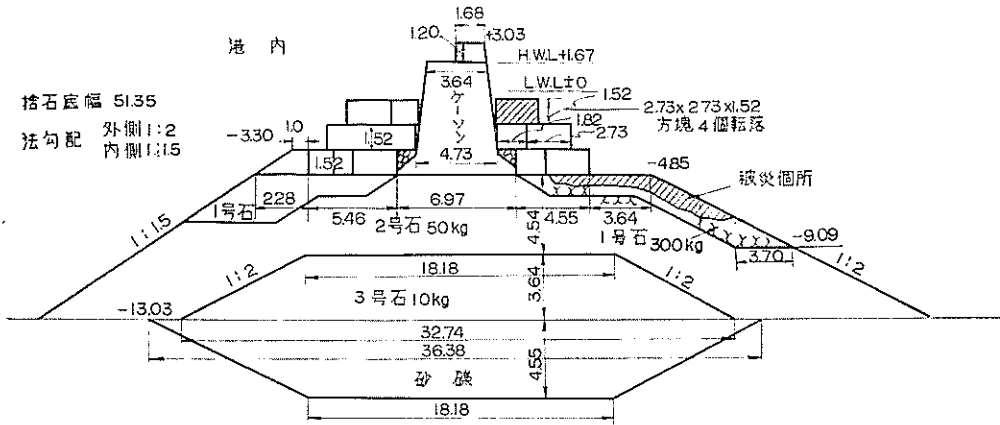
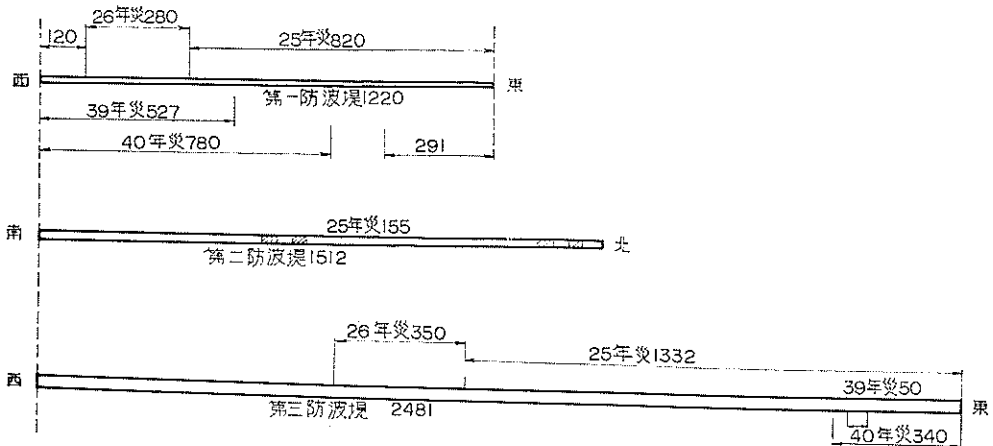


図-206 神戸港防波堤被災位置説明図



神 戸 港

混成防波堤(ケーソン)

防波堤名	第一防波堤	完成年月日	昭和9年		被災年月日	昭和39年9月25日			
被災原因とその状況	災害時の状態は図-207に示すとおりで、第一防波堤22~104mは8t、104~360mは4tテトラポッドが据付けられていた。これが9月25日の20号台風により、堤頭部の根固ブロック転落、8tテトラポッドの散乱(4t部は33個転落したのみ)、上部工嵩上完了終端のケーソン2函の滑動および船舶の撃突によるケーソン13函の移動の被害を受けた。								
被災断面の寸法 (図-210)	水深	-14.0	天端高	+4.0	L.W.L	±0.00	H.W.L	+1.73	
	断面の全高	18.00		捨石高	8.22		壁体高	9.78	
	捨石	底幅	55.0		天端高	-5.78			
		天端幅	32.0		ノリコウ配	外側	1:1.5		内側
	壁体	底幅	6.97	天端幅	3.0	底面高	-5.78	前面捨石	外側
直立部	ケーソン	寸法	幅 $\frac{3.64}{6.97} \times$ 高さ6.67×13.91						
		配合	1:2:4						
		中詰	割石コンクリート						
	上部打	1:2.5:5(旧上部工)							
捨石部	捨石	10kg, 50kg							
	張石	300kg							
	根固ブロック	2.73×1.82×1.52 2.73×2.73×1.52							
	その他	8tテトラポッド、天端高+3.0、肩幅6.00							
設計資料	嵩上工事、 $H^{1/3}=3.0m$ 、砕波圧、消波率33%、背面根固(30.6t/m)も堤体として考慮								
被災数量	直立部	堤体のすべり	2函20~60cm						
		堤体の傾斜	(船舶の撃突により13函が移動、傾斜)						
	捨石部	被覆捨石の散乱	1,690m ³ 延長420m						
		基礎捨石の散乱							
		根固ブロックの散乱	5個(2.73×2.73×1.52)						
消波工の散乱	8tテトラポッド 169個 4tテトラポッド 33個								
その他									
被災時の自然条件	潮位	+3.20m			波高	$H^{1/3}=3.8m$ 、 $T^{1/3}=7.1sec$ 、波向S SW、(坂本・井島法)			
	最大平均風速	26.8m/sec(S SW)			瞬間最大風速	41.3m/sec(S SW)			
復旧方法	8tテトラポッド部は原形復旧、4tテトラポッド散乱区域は8tテトラポッドを+5.3まで積んでいる。復旧工事の設計波($H^{1/3}=3.8m$ 、 $T=10.2sec$)								

神戸港

図-207 第一防波堤平面図

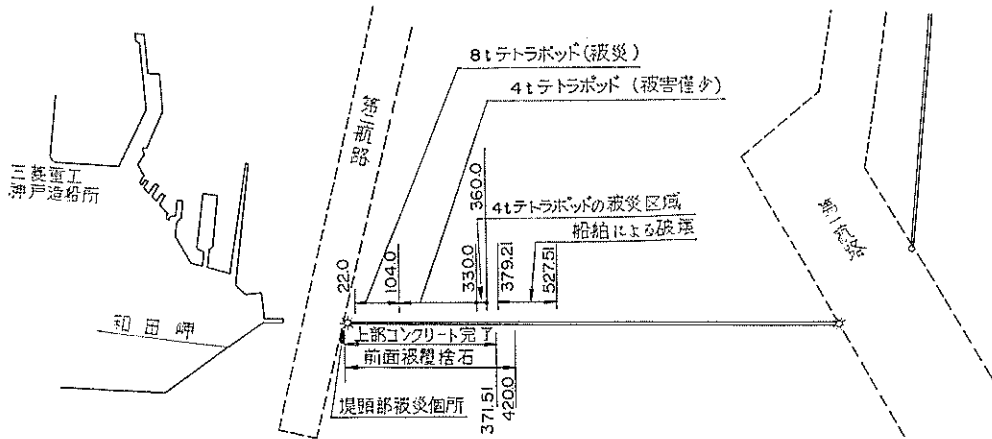


図-208 堤頭部根固方塊の転落図

平面図

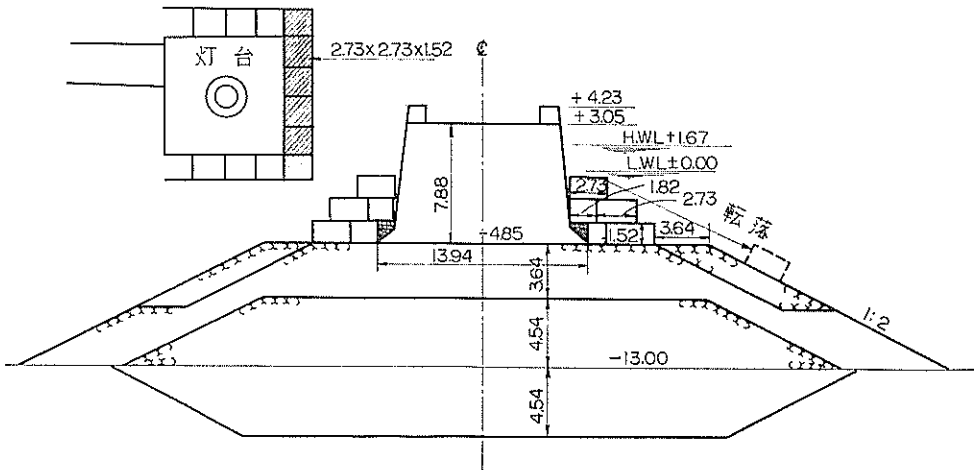
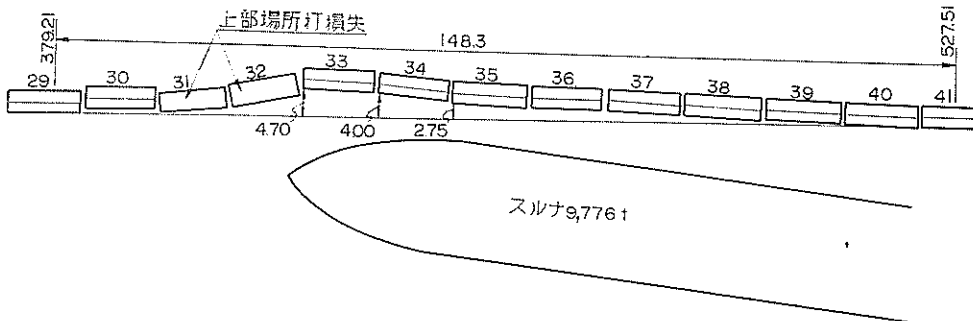


図-209 船舶の衝撃による被害図



神 戸 港

図-210 8tテトラポッド堤断面図

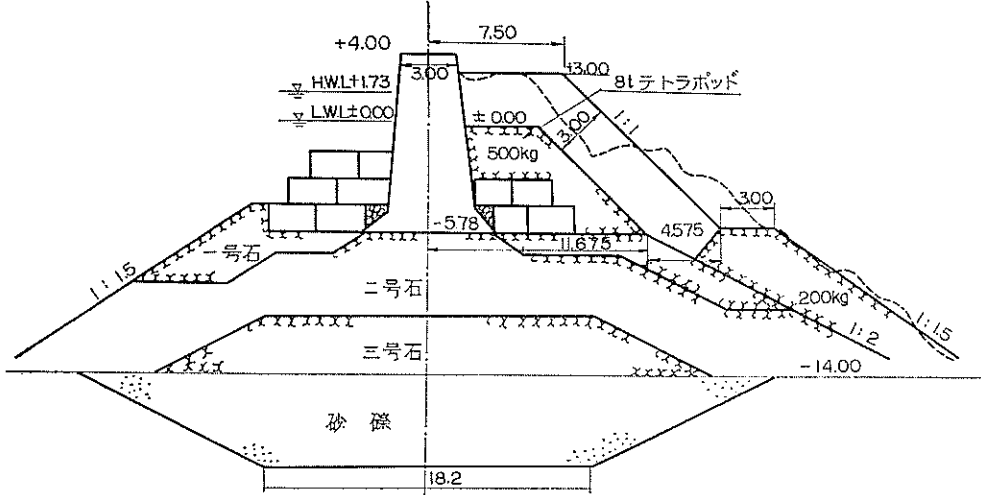
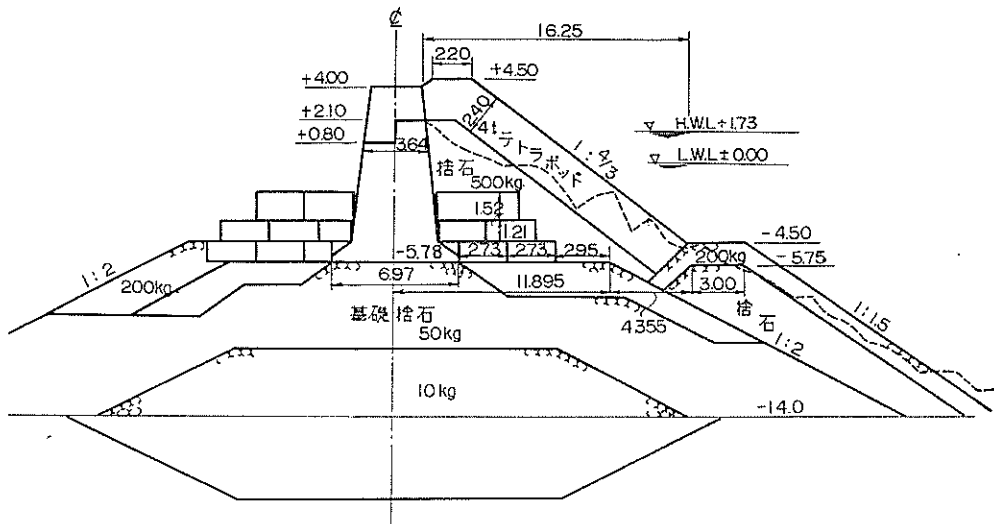


図-211 4tテトラポッド堤断面図



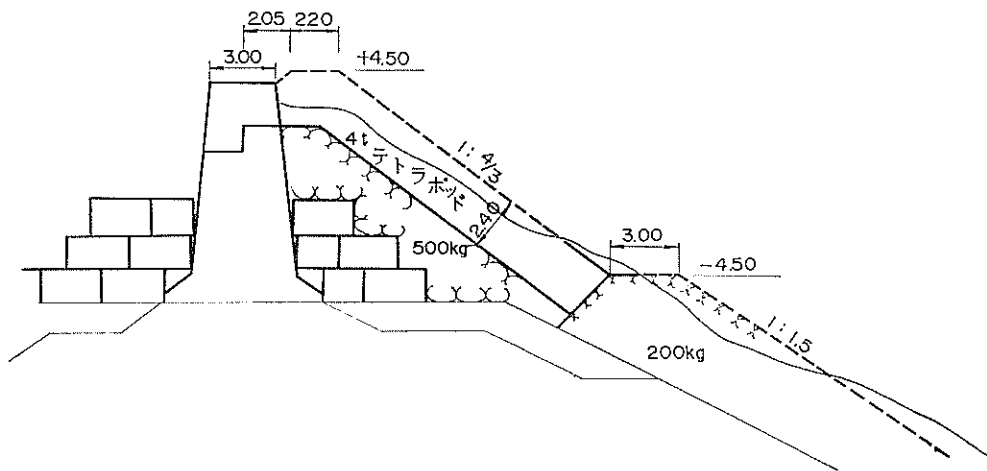
神 戸 港

混成防波堤(ケーソン)

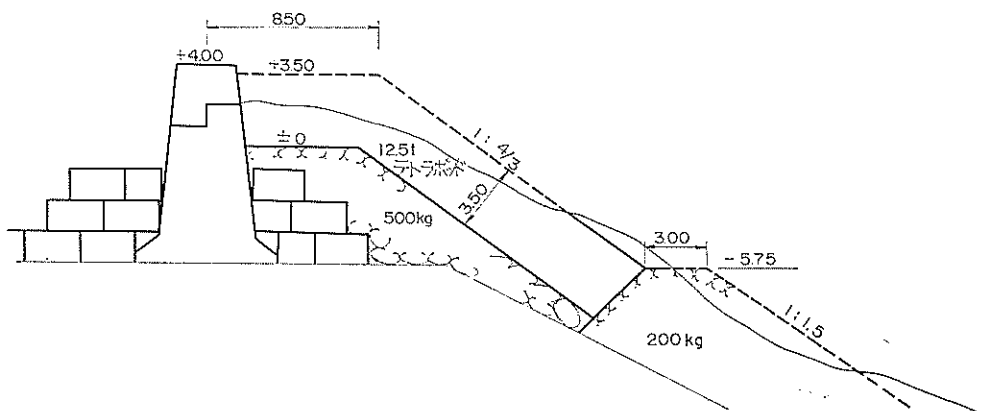
防波堤名	第一防波堤	完成年月日	昭和9年	被災年月日	昭和40年9月10日			
被災原因とその状況	9月10日の23号台風により第一防波堤1,220mのほぼ全長にわたりテトラポッド、基礎捨石が大きく散乱した。23号台風時の施工状況ならびに被害状況は図-212のとおりである。なお、905～1,205m区間の西端のケーソン1函が約88cm移動した。							
被災断面の寸法 (図-213)	水深	-13.0	天端高	+4.00	L. W. L	±0.00	H. W. L	+1.73
	断面の全高	17.00		捨石高	7.22		壁体高	9.78
	捨石	底幅				天端高	-5.78	
		天端幅				ノリコウ配	外側	内側
壁体	底幅	6.97	天端幅	3.00	底面高	-5.78	前面捨石 肩幅	外側 内側
直立部	ケーソン	寸法	第一防波堤25年災, 39年災参照					
		配合						
		中詰						
	上場部打							
捨石部	捨石	10kg, 50kg						
	張石	200kg, 300kg, 500kg						
	根固ブロック	2.73×1.82×1.52 2.73×2.73×1.52						
	その他	4tテトラポッド天端高+4.50, 天端幅2.20						
設計資料	(40年災後)H ¹ / ₃ =4.35m, T ¹ / ₃ =8.0sec, 波向210°							
被災数量	直立部	堤体のすべり	ケーソン1函88cm					
		堤体の傾斜						
	捨石部	被覆捨石の散乱	(図-212参照)					
		基礎捨石の散乱	(")					
		根固ブロックの散乱						
消波工の散乱	(図-212参照)							
その他								
被災時の自然条件	潮位	+2.76m			波高	H ¹ / ₃ =4.35m, T ¹ / ₃ =7.9sec, (坂本・井島法)		
	最大平均風速	30.0m/sec(S)			瞬間最大風速	48.5m/sec(SSE)		
復旧方法	4tテトラポッド散乱部は4tおよび8tテトラポッドで復旧(図-216, 218)未施工部は新たに8tテトラポッドで(図-217), 堤頭部は25tテトラポッドで復旧した(図-219)。							

神 戸 港

図一213 4t テトラポッド部標準断面図



図一214 12.5t テトラポッド部標準断面図



神 戸 港

図-215 第一防波堤災害復旧断面図(昭和39年, 40年災後)

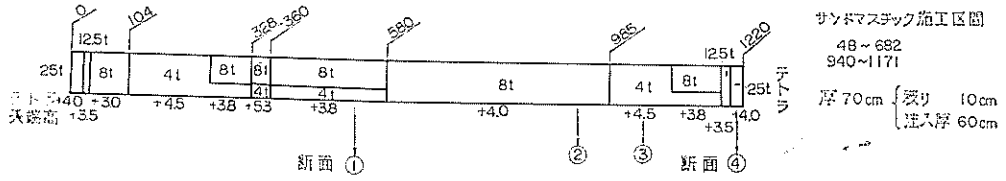


図-216 断 面 (1)

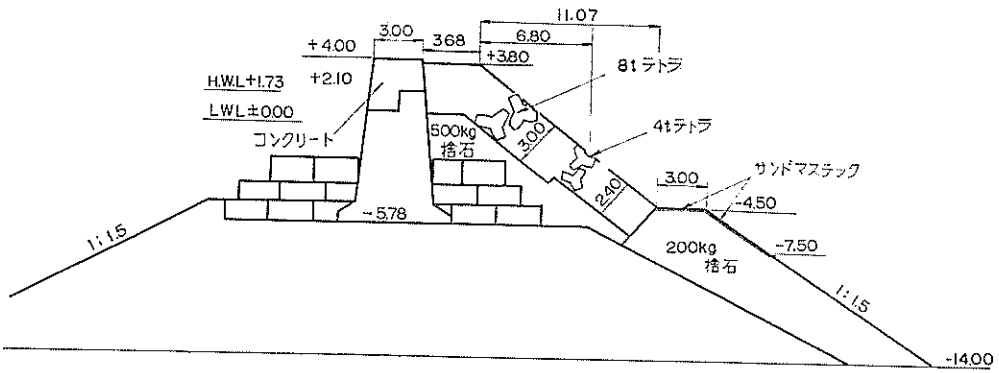
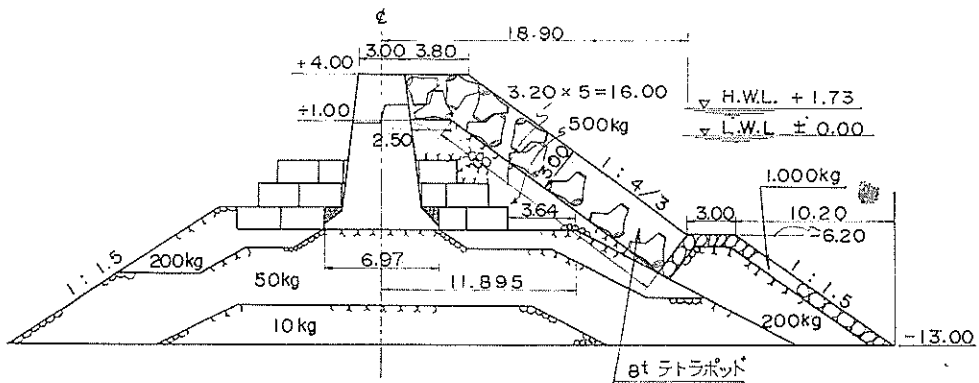
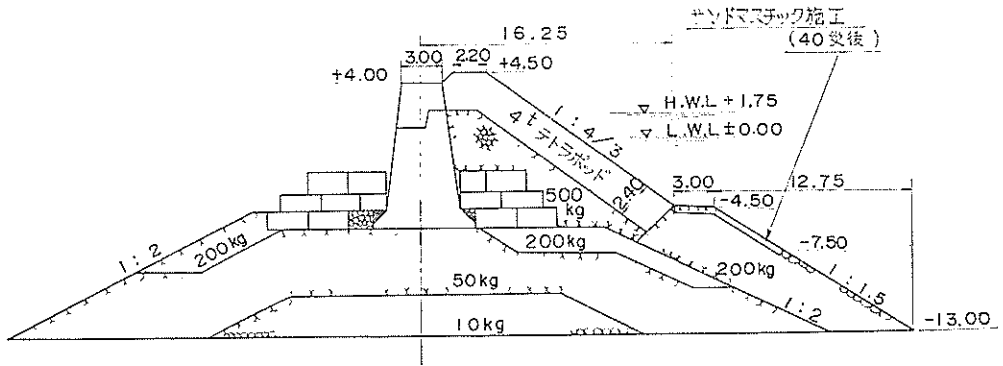


図-217 断 面 (2)

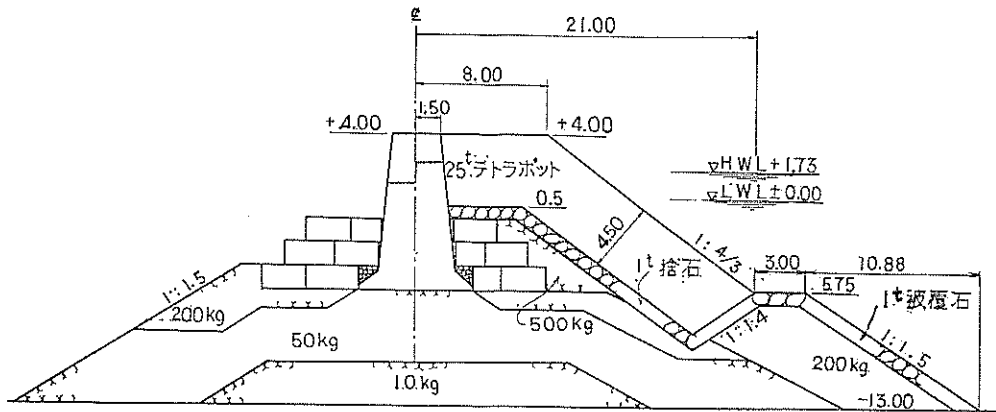


神 戸 港

図一218 断 面 (3)



図一219 断 面 (4)



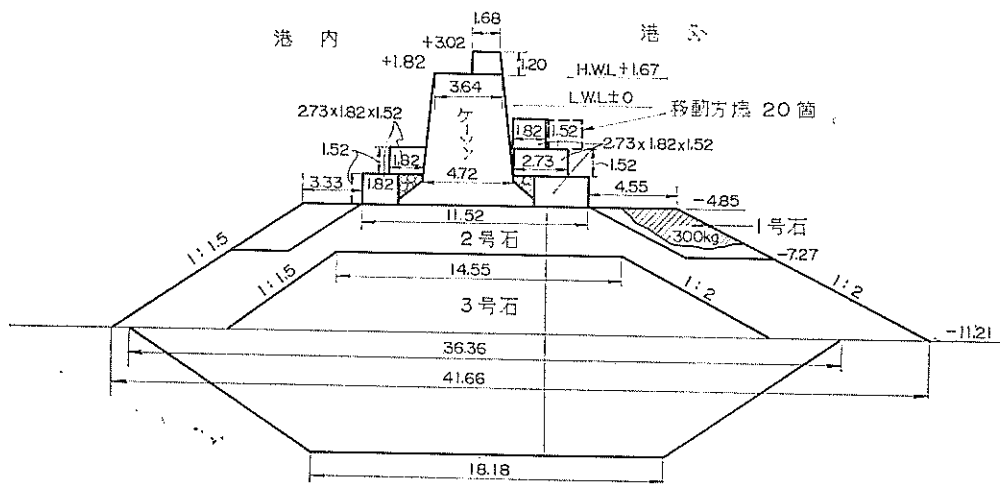
神 戸 港

混成防波堤(ケーソン)

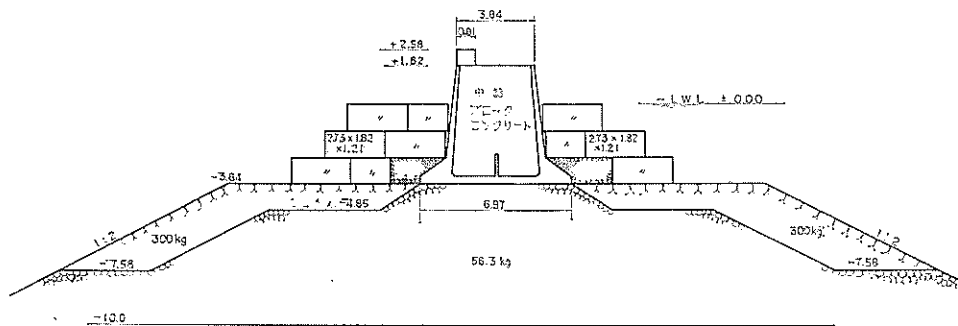
防 波 堤 名	第三防波堤	完 成 年 月 日	昭和12年	被 災 年 月 日	昭和26年10月14日					
被災原因とその状況	10月14日鹿児島に上陸したルース台風により、神戸地区は瞬間最大風速28.4m/secとなった。このため、第三防波堤が延長350mにわたり捨石、根固ブロック移動の被害を受けた。なお、第一防波堤も延長280mにわたり被災した。									
被災断面の寸法 (図-220)	水深	-11.21	天端高	+3.02	L. W. L	±0.00	H. W. L	+1.67		
	断面の全高	14.23		捨石高	6.36		壁体高	7.87		
	捨石	底幅	41.66		天端高	-4.85				
		天端幅	19.40		ノリコウ配	外側	1:2	内側	1:1.5	
壁体	底幅	6.97	天端幅	3.64	底面高	-4.85		前面捨石 肩幅	外側 内側	7.28 5.15
直立部	ケーソン	寸法	幅 $\begin{matrix} 3.64 \\ 6.97 \end{matrix}$ ×高さ $\begin{matrix} 6.67 \\ 5.46 \end{matrix}$ × $\begin{matrix} 13.91 \\ 12.12 \end{matrix}$ (図-220)							
		配合	1:2:3.5(図-221)							
		中詰	ブロック(1:1(火山灰):4:10), コンクリート(1:1(火山灰):4:10)							
	上場所打									
捨石部	捨石	56.3kg(15貫)(図-221)								
	張石	300kg(80貫) (")								
	根固ブロック	2.73×1.82×1.21 (")								
	その他									
設計資料	H=2.5m, H. W. L = +1.67m, [築港工学(横井)]									
被災数量	直立部	堤体のすべり								
		堤体の傾斜								
	捨石部	被覆捨石の散乱	港外側2,794m ³ (300kg石)延長350m							
		基礎捨石の散乱								
		根固ブロックの散乱	20個							
消波工の散乱										
その他										
被災時の自然条件	潮位	+2.75m			波高	H=1.2m, T=4.1sec(推定)				
	最大平均風速	19.6m/sec			瞬間最大風速	28.4m/sec				
復旧方法	原形復旧。なお、図-221は第三防波堤西側の完成当時の断面図である。									

神戸港

図一220 第三防波堤被害図(ルース台風)



図一221 大正3年竣工(胸壁のみ未完成)の第三防波堤幹部454.5mの断面図



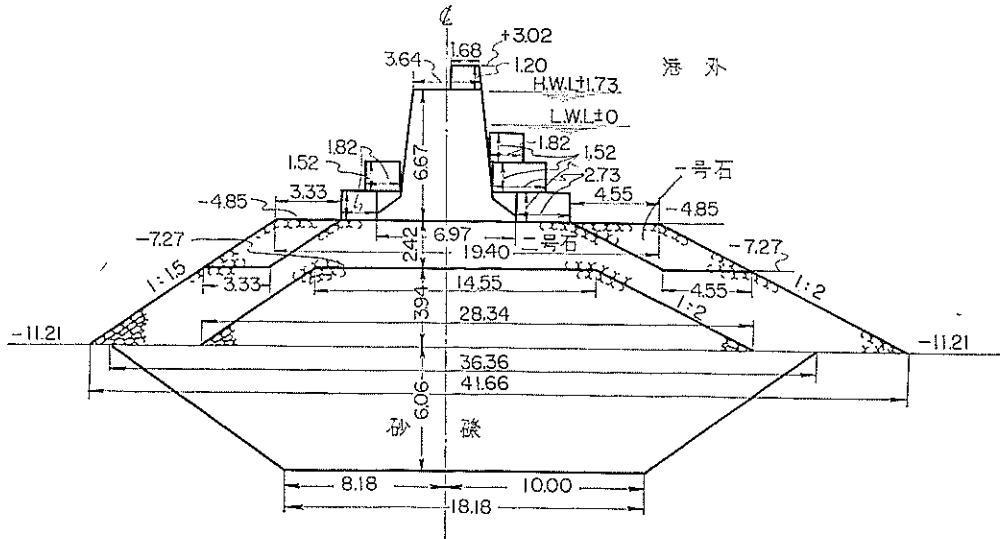
神 戸 港

混成防波堤(ケーソン)

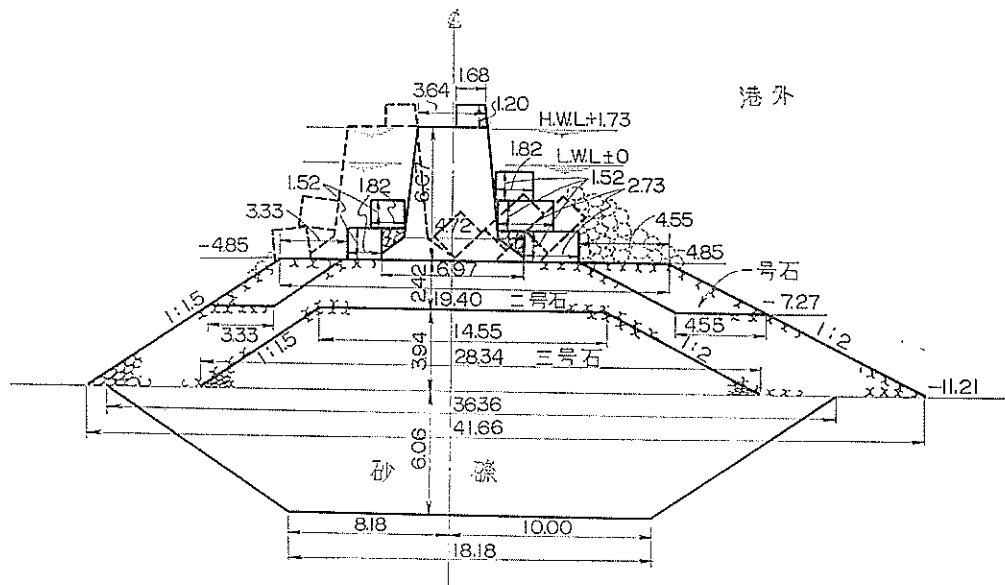
防波堤名	第三防波堤	完成年月日	昭和12年	被災年月日	昭和40年9月10日				
被災原因とその状況	第三防波堤は完成以来、ケーソン滑動という被害はなかったが、39年9月の20号台風でケーソン2函(図-224のNo.19, 20)が最大45cm滑動したが、40年9月の23号台風では33函のケーソンが滑動(最大3.5m)した。このうち滑動量の大きかった3函42m分を40年度復旧した。								
被災断面の寸法 (図-222)	水深	-11.21	天端高	+3.02	L. W. L	±0.00	H. W. L	+1.73	
	断面の全高	14.23		捨石高	6.36		壁体高	7.87	
	捨石	底幅	41.66			天端高	-4.85		
		天端幅	19.40		ノリコウ配	外側	1:2		内側
	壁体	底幅	6.97	天端幅	3.64	底面高	-4.85	前面捨石	外側
							肩幅	内側	5.15
直立部	ケーソン	寸法	幅 $\frac{3.64}{6.97}$ ×高さ6.67×13.91						
		配合	(第一防波堤ケーソンと同じと考えられる) 1:2:4						
		中詰	割石コンクリート						
	上場部打	1:2.5:5							
捨石部	捨石	10kg, 50kg							
	張石	300kg							
	根固ブロック	2.73×1.82×1.52							
	その他								
設計資料	H=2.5m, H. W. L = +1.67m [築港工学(横井)]								
被災数量	直立部	堤体のすべり	33函最大3.5m						
		堤体の傾斜							
	捨石部	被覆捨石の散乱	409m ³ 延長42m						
		基礎捨石の散乱							
		根固ブロックの散乱	128個(2.73×1.52×1.82)延長42m						
		消波工の散乱							
その他									
被災時の自然条件	潮位	+2.76m			波高	H _{1/3} =4.35m, T _{1/3} =7.9sec (坂本・井島法)			
	最大平均風速	30.0m/sec(S)			瞬間最大風速	48.5m/sec(SSE)			
復旧方法	掘付直して図-225のように復旧。								

神 戶 港

图—222 標 準 断 面 图



图—223 A — A 断 面



神 戸 港

図-224 ケーソン移動詳細図(単位:cm)

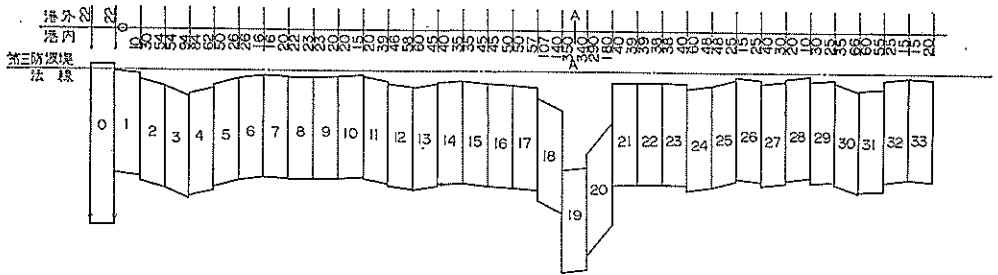
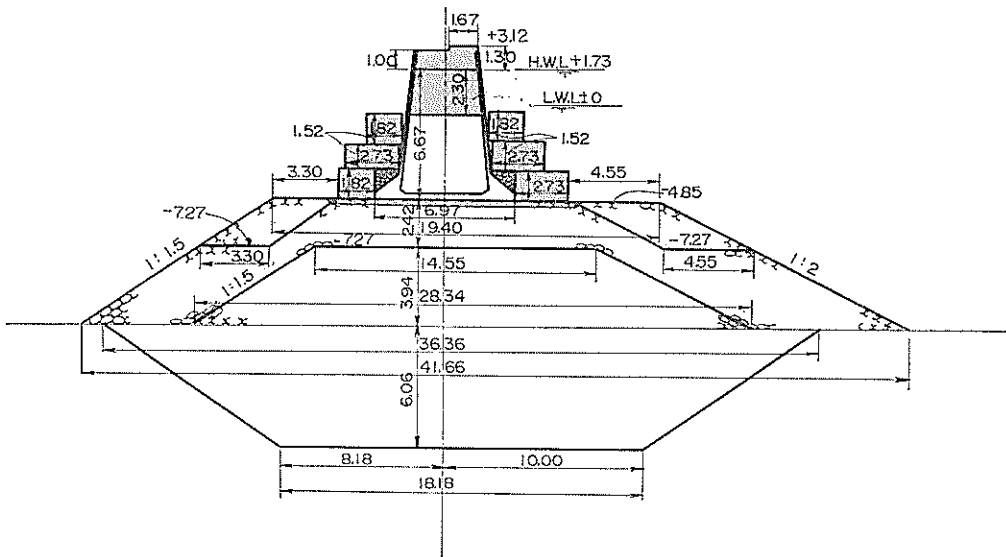


図-225 復旧標準断面図



神 戸 港

直立防波堤(セルラーブロック)

防波堤名	第五防波堤	完成年月日	施工中	被災年月日	昭和39年9月25日				
被災原因とその状況	35年度から工事を始めていた第五防波堤は、20号台風来襲時には上下段セル各48基の据付と上部工37基、間げきの鋼管グイ26箇所(32本)が施工されていたが、20号台風による波浪のため47基の上段セルが主に陸側に倒壊するとともに13基の下段セルが傾斜、間げきの鋼管グイも半数以上が倒壊、傾斜した。								
被災断面の寸法 (図-227)	水深	-11.0	天端高	+5.0	L.W.L	±0.00	H.W.L	+1.73	
	断面の全高	25.0		捨石高	0		壁体高	25.0	
	捨石	底幅				天端高			
		天端幅				ノリコウ配	外側	内側	
壁体	底幅	15.5	天端幅	15.85	底面高	-20.0	前面捨石	外側	内側
直立部	セルラーブロック	寸法	上段P.Cセル 直径15.5、高さ11.0、厚さ0.15 下段P.Cセル 直径15.5、高さ11.5、厚さ0.15						
		配合							
		中詰	上段セルは砂、下段セルは粘土						
	上場所打								
捨石部	捨石								
	張石								
	根固ブロック								
	その他								
設計資料	H=3.0m, T=7.0sec, L=60.0m, 波向 $\beta=0^\circ$, 部分碎波圧								
被災数量	直立部	堤体のすべり							
		堤体の傾斜	47基の上段セルの倒壊 13基の下段セルの傾斜						
	捨石部	被覆捨石の散乱							
		基礎捨石の散乱							
		根固ブロックの散乱							
消波工の散乱									
その他	間げきの鋼管ぐいの倒壊6本、傾斜11本								
被災時の自然条件	潮位	+3.10m			波高	H _{1/3} =3.8m, T _{1/3} =7.1sec (坂本・井島法)			
	最大平均風速	26.8m/sec(S S W)			瞬間最大風速	41.3m/sec(S S W)			
復旧方法	H _{1/3} =3.8mでケーソン混成堤を設計したが、6523号台風以後H _{1/3} =4.35mとして上部工を+5.0mまでベタ打ちするとともに背面捨石を2.5m高くした(図-229)。								

神 戸 港

図-226 第五防波堤位置図

図-227 被災断面図

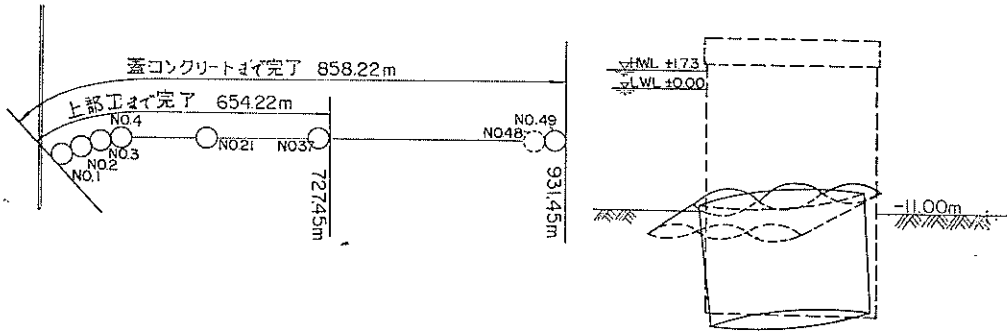
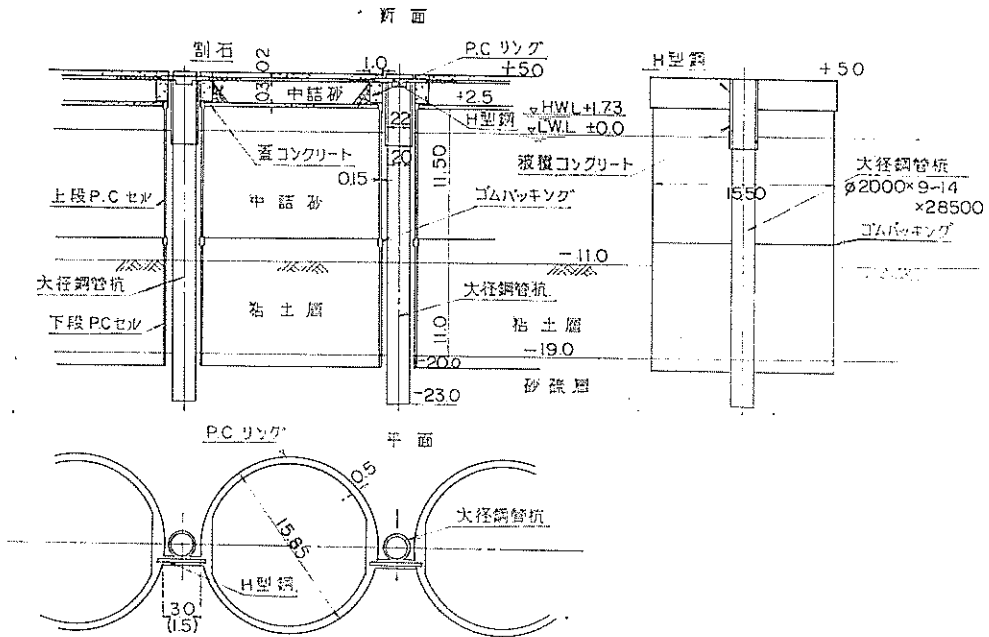
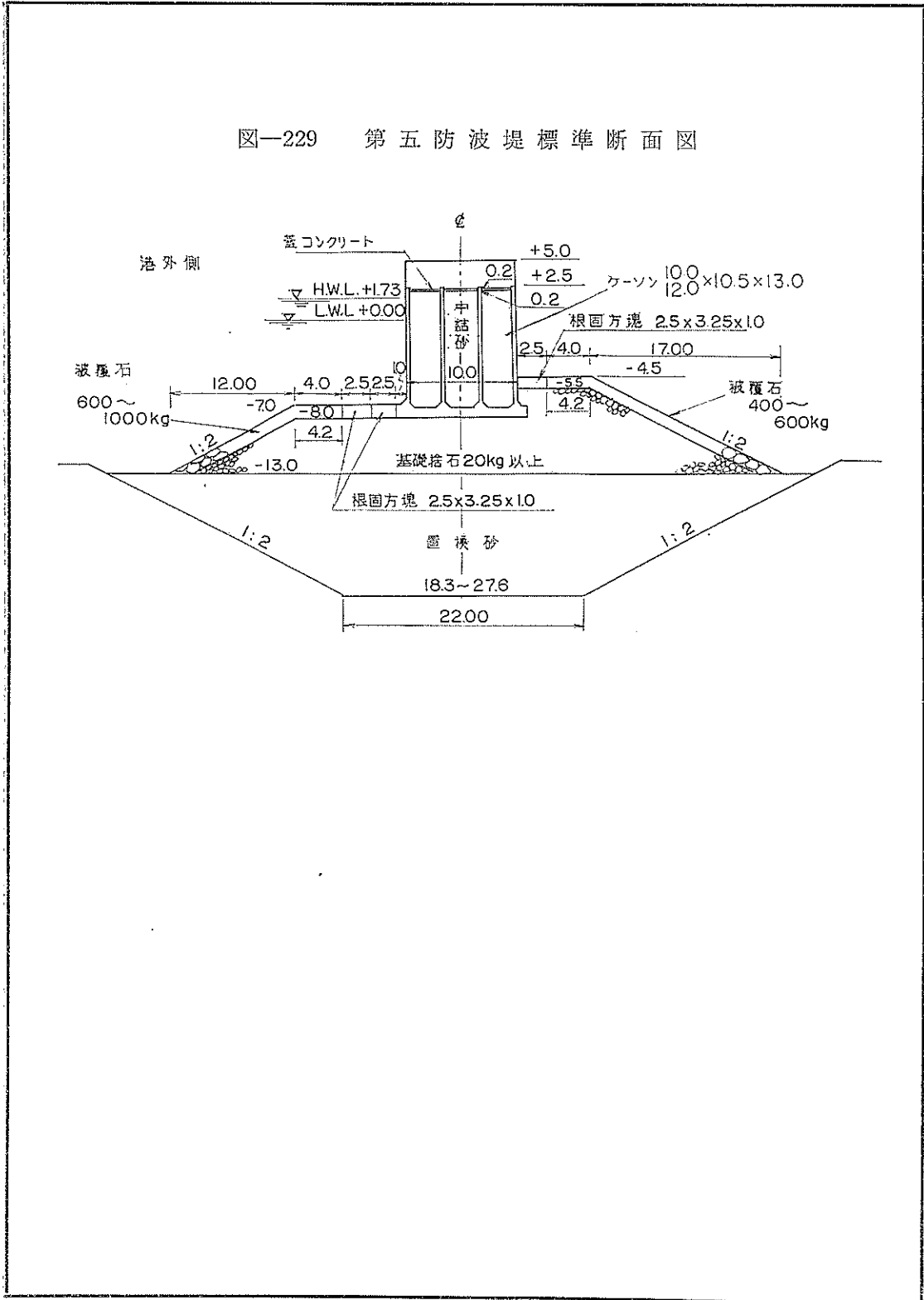


図-228 第五防波堤断面図



神 戸 港

図-229 第五防波堤標準断面図



神 戸 港

混成防波堤(ケーソン)

防 波 堤 名	長田防波堤	完 成 年 月 日	昭和38年度	被 災 年 月 日	昭和39年 9 月 25 日				
被災原因と その状況	全長80mのうち先端45mがケーソン3函からなる混成堤、基部35mは4tテトラポッドで被覆した傾斜堤である。6420号台風により先端ケーソンが横転、次のケーソンが30°傾斜、基部ケーソンは天端で60cm、基部で20cm移動した、傾斜堤部は4tテトラポッドおよび上部場所打コンクリートが飛ばされた。								
被災断面の 寸 法 (図-233)	水 深	-9.4	天端高	+4.5	L. W. L	±0.00	H. W. L	+1.67	
	断面の 全 高	13.9		捨石高	1.9		壁体高	12.0	
	捨 石	底 幅	27.15			天端高	-7.5		
		天端幅	17.0		ノリコウ配	外側	1:2		内側
壁 体	底 幅	10.0	天端幅	8.0	底面高	-7.5	前面捨石 肩幅	外側 内側	4.0 3.0
直 立 部	ケーソン	寸 法	幅 $8.0_{10.0}$ ×高さ11.0×15.0						
		配 合							
		中 詰	砂						
	上 場 所 打								
捨 石 部	捨 石	200~500kg							
	張 石	500~1,000kg							
	根固ブロック								
	そ の 他								
設 計 資 料	H=3.0m, T=7.0sec, 波向S~SW, 重複波								
被災数量	直 立 部	堤体のすべり							
		堤体の傾斜	ケーソン3函が横転、傾斜						
	捨 石 部	被覆捨石の散乱							
		基礎捨石の散乱							
		根固ブロックの散乱							
		消波工の散乱	4t, 1tテトラポッド散乱						
そ の 他	傾斜堤部場所打コンクリート飛散								
被災時の 自然条件	潮 位	+2.98m			波 高	H _{1/3} =3.8m, T _{1/3} =7.1sec, 波向SSW(板本・井島法)			
	最大平均風速	26.8m/sec(SSW)			瞬間最大風速	41.3m/sec(SSW)			
復 旧 方 法	傾斜堤部は図-236, ケーソン部は図-235に示すようにそれぞれ復旧した。								

神 戸 港

図-230 長田港区平面図

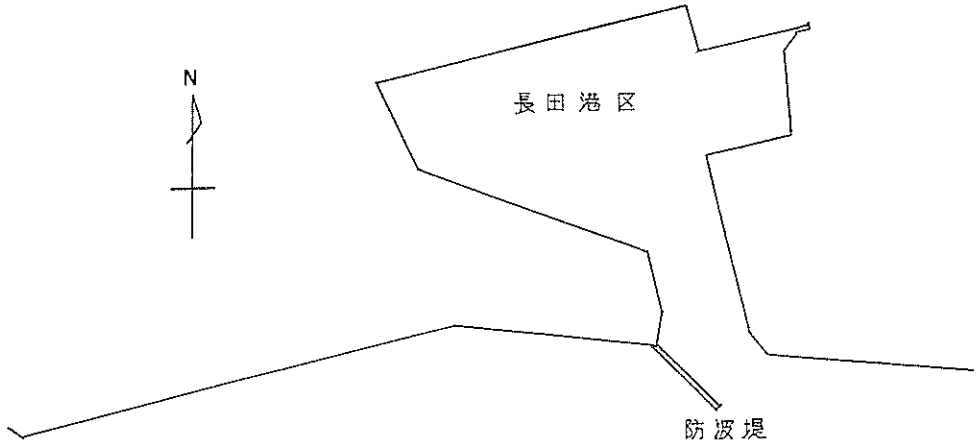
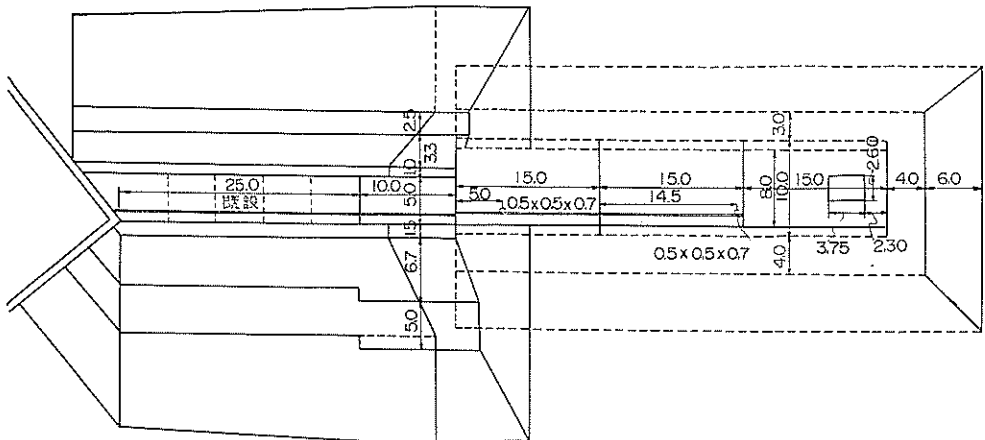


図-231 長田港防波堤平面図



神 戸 港

図-232 傾斜堤部断面図

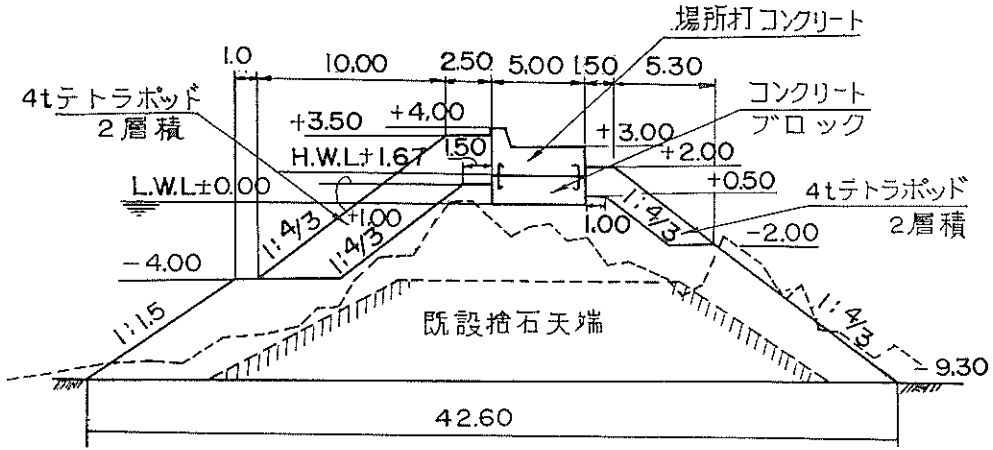


図-233 中間部ケーソン断面図

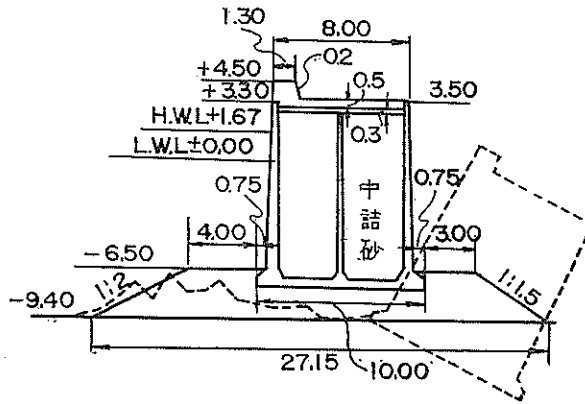
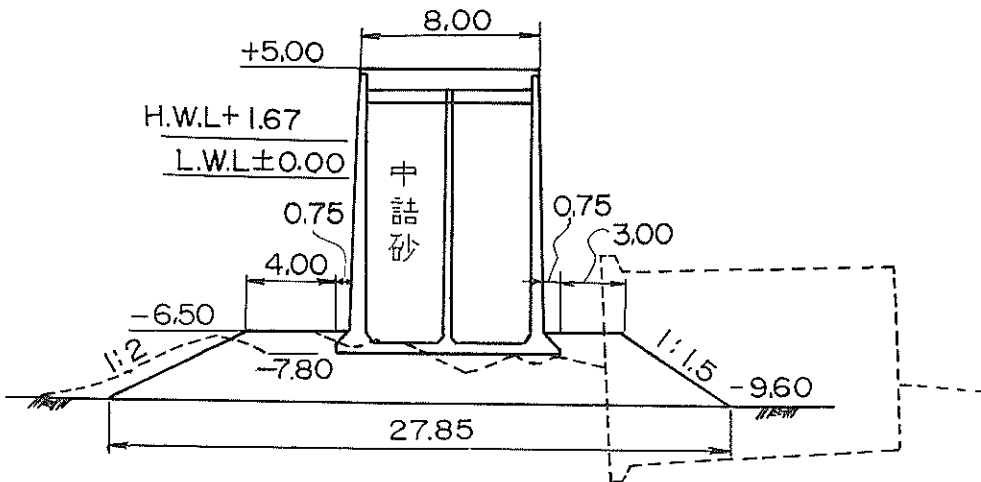


図-234 先端部ケーソン断面図



和歌山下津港

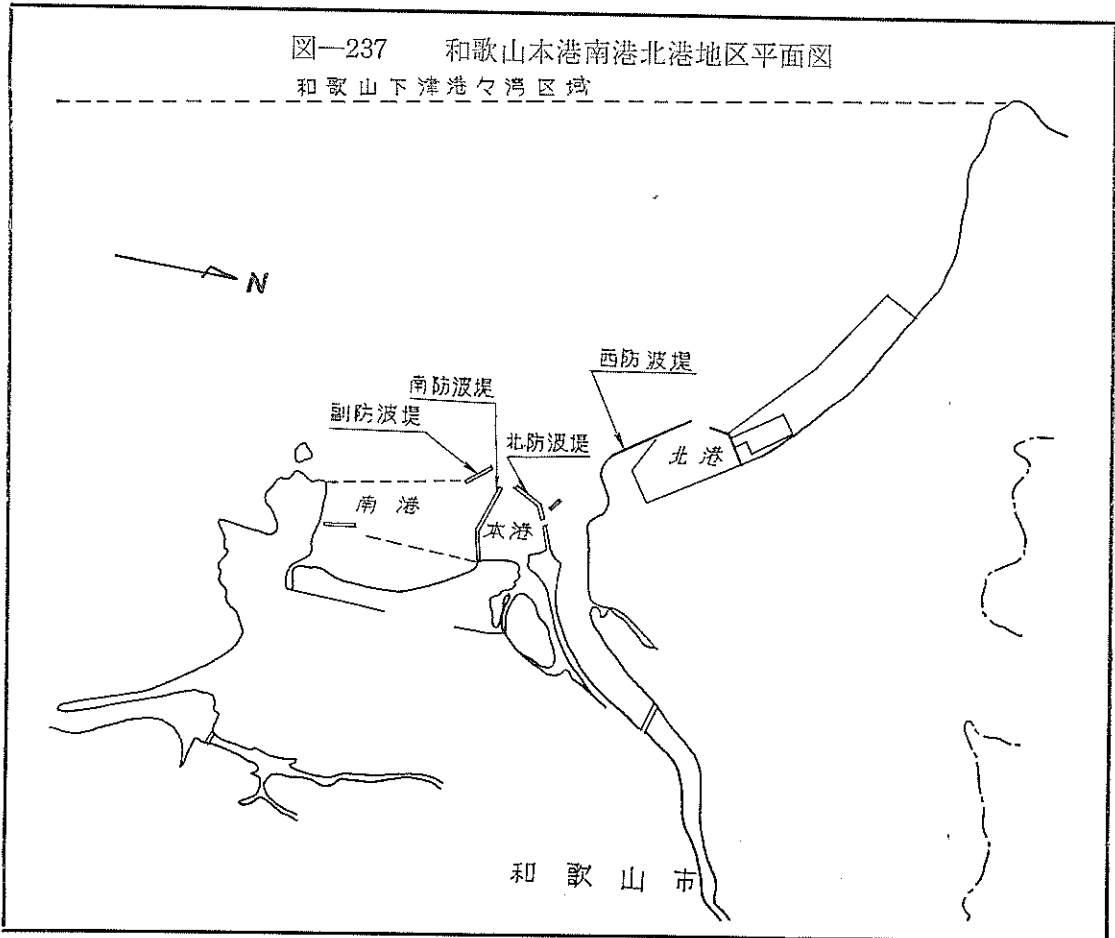
和歌山本港の南、北防波堤は、昭和8年～19年に完成した。南防波堤は、先端から342mまでは幅7.5mのケーソン構造、342m～723mは幅7.0mのブロック積み構造、723m～1,025mは幅6.0mのブロック積み構造、残りは石張式の延長1,175mの防波堤である。完成後、昭和21年の南海地震により地盤沈下に加え堤体まで被害が及んだため昭和27年～30年度に+3.80に嵩上が行なわれた(図-248)。台風による災害は、昭和25年のジェーン台風以後6回ほど被災しているが、根固ブロック、捨石が散乱する程度で本体に被災することはなく、いずれも原形復旧している。36年災の復旧でサンドマスチックを使い、39年災(県工事)の復旧では根固に三方錐ブロックを使っている。

北防波堤は先端から152mは幅6.0mのケーソン構造、152m～786mは幅5.5mのブロック積み構造、786m～901mは幅5.0mのケーソン構造、残りは石張式の全長1,085mの防波堤である。この防波堤も南海地震の被災により先端から300mは+3.80に嵩上している。675m～901m区間は、当初石張式だったものを、26年～35年の間の台風で壊れるたびに順次ブロック積み、ケーソン式に断面を変え復旧した。ブロック部、ケーソン部の捨石、根固の散乱は、被災のたびに原形に復しているが、39年災の復旧に初めて3tの三方錐ブロックが使用された。

本港副防波堤は、昭和33年から工事が始められたが、39年、40年いずれも施工中に台風によりケーソン本体が移動する災害を受けている。しかし、副防波堤の完成に従って、南、北防波堤の被災は減って来ている。

北港西防波堤は昭和36年に、南港防波堤は昭和39年に完成したが、いずれも39年9月の20号台風により被災した。

図-237 和歌山本港南港北港地区平面図
和歌山下津港々湾区域



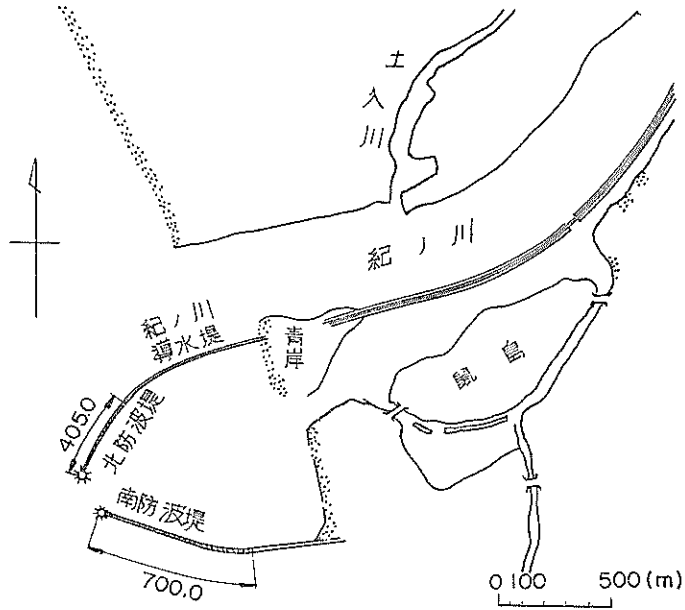
和歌山下津港

混成防波堤(ケーソン)

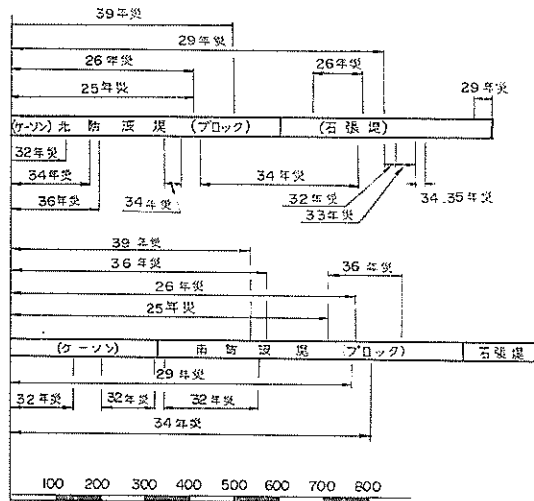
防波堤名	本港南防波堤	完成年月日	昭和17年	被災年月日	昭和25年9月3日			
被災原因とその状況	当初、天端高は+2.80であったが、昭和21年の南海地震により平均55cmほど沈下していた。このため、ジーン台風による越波などで先端から700mにわたり捨石ノリ肩の散乱、根固ブロック散乱などの被害を受けた(実際の被災延長1,100mに対し、700mの査定。26年に75m復旧したがルース台風で再被災したため、771mの再査定を受け27年度竣工した)。							
被災断面の寸法 (図-240)	水深	-6.90	天端高	+2.80	L.W.L	±0.00	H.W.L	+1.80
	断面の全高	9.70		捨石高	3.00		壁体高	6.70
	捨石	底幅	23.95		天端高	-3.90		
		天端幅			ノリコウ配	外側	1:2	
壁体	底幅	7.50	天端幅	7.10	底面高	-3.90	前面捨石肩幅	外側 6.0 内側 5.0
直立部	ケーソン	寸法	ケーソン 幅7.50×高さ5.60×15.0、重量426.8t コンクリート量177.8m ³ 、鉄筋量11.47t					
		配合	1:2:4					
		中詰	1:4:8 コンクリート量433.4m ³					
	上部場所打	1:3:6						
捨石部	捨石	40kg内外						
	張石	40kg以上						
	根固ブロック	3.0×1.8×1.8(1:3:6) 3.5×1.8×1.8						
	その他							
設計資料	H=5.0m, $\beta=22^\circ$, 広井式							
被災数量	直立部	堤体のすべり						
		堤体の傾斜						
	捨石部	被覆捨石の散乱	根固捨石8,500m ³ , 延長1,100m					
		基礎捨石の散乱						
		根固ブロックの散乱	250個, 平均40cmほど移動					
消波工の散乱								
その他	上部場所打コンクリートはく離延長35m							
被災時の自然条件	潮位	+2.34m			波高	港外H=4m, 外港H=3m, 内港H=1m		
	最大平均風速	36.5m/sec			瞬間最大風速	46m/sec		
復旧方法	原形復旧。							

和歌山下津港

図一238 和歌山本港防波堤災害位置図(ジェーン台風)

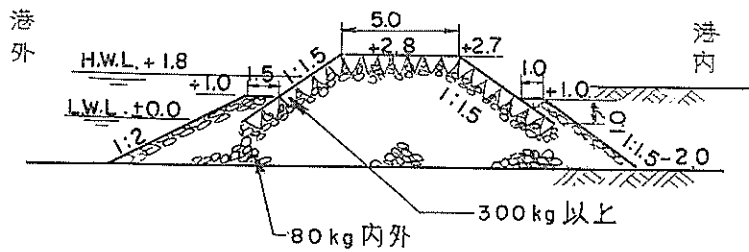
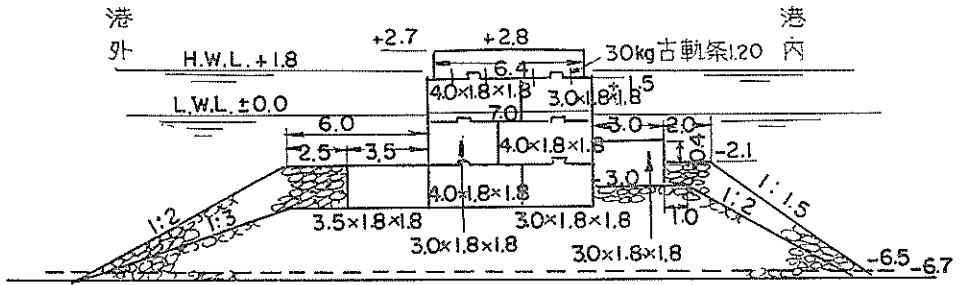
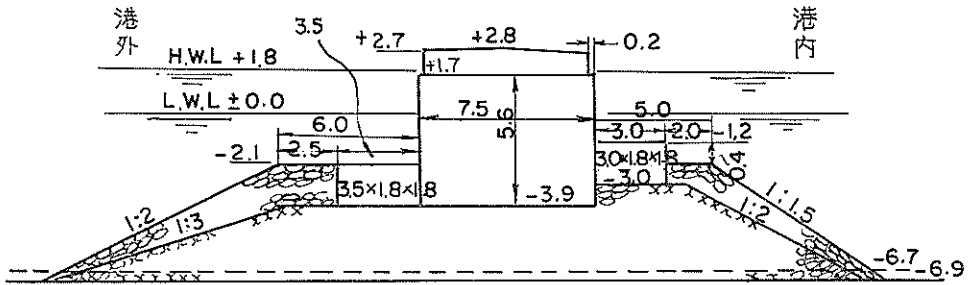


図一239 和歌山本港防波堤歴年被災位置図



和歌山下津港

图—240 本港南防波堤標準断面图



和歌山下津港

混成防波堤(ブロック)

防波堤名	本港北防波堤	完成年月日	昭和19年	被災年月日	昭和26年10月15日			
被災原因とその状況	北防波堤は25年のジーン台風で、南防波堤からの越波、港口からの侵入波で捨石が流失し、先端部の根固ブロック10個が転落する被害を受けたが、復旧が始まらぬ間にルース台風により再被災し、基礎根固ブロック、捨石が散乱、流失した。また、北防波堤基部石張式の堤体が111mにわたり破壊した。							
被災断面の寸法 (図-241)	水深	-5.8	天端高	+2.8	L. W. L	±0.00	H. W. L	+1.80
	断面の全高	8.6		捨石高	2.2		壁体高	6.4
	捨石	底幅	25.0		天端高	-3.6		
		天端幅			ノリコウ配	外側	1:2	内側
壁体	底幅	5.5	天端幅	5.1	底面高	-3.6	前面捨石肩幅	外側 4.0 内側 3.3
直立部	ブロック	寸法	2.5×1.8×1.7 3.0×1.8×1.7					
		配合	1:3:6					
		中詰						
上場所	部打							
捨石部	捨石	40kg内外						
	張石	40kg以上						
	根固ブロック	外側2.5×1.8×1.5, 内側1.8×3.5×1.5						
	その他							
設計資料	不明							
被災数量	直立部	堤体のすべり						
		堤体の傾斜						
	捨石部	被覆捨石の散乱	根固捨石3,000m ³					
		基礎捨石の散乱						
		根固ブロックの散乱	50個					
消波工の散乱								
その他	基部の石張式堤体が111mにわたって破壊							
被災時の自然条件	潮位	+2.74m			波高	H=5.7m(目測, 防波堤附近)		
	最大平均風速	30.1m/sec			瞬間最大風速			
復旧方法	ブロック部の被災および復旧断面図不明。石張部の当初断面は図-245と同じと考えられるが、これを図-242のようにブロック積みで復旧した。							

和歌山下津港

図-241 本港北防波堤断面図

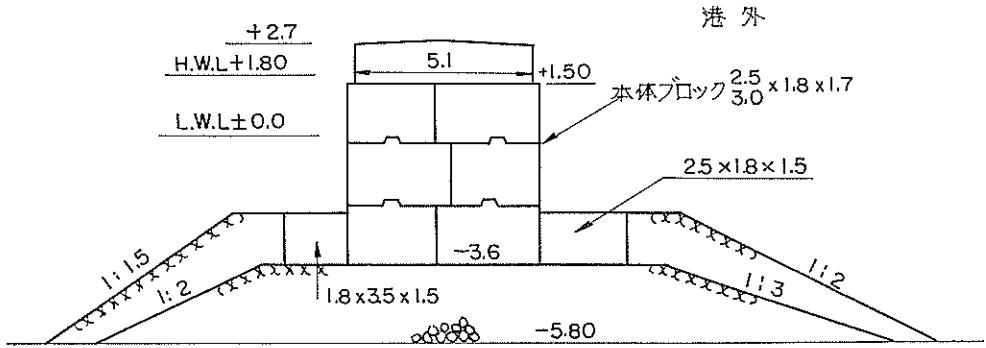
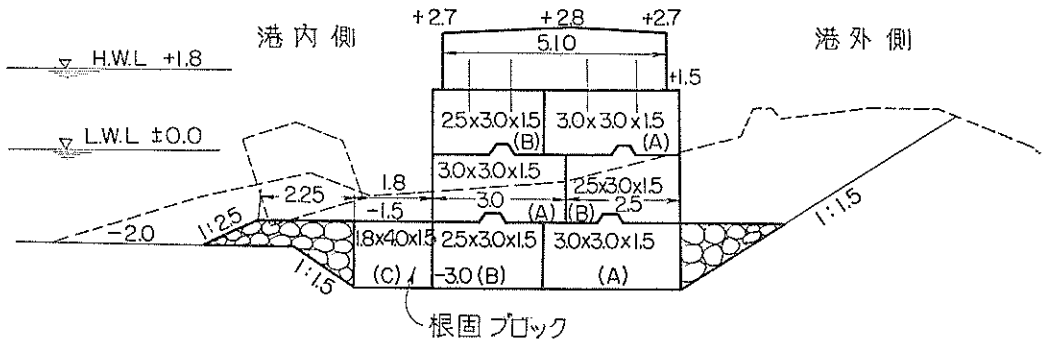


図-242 26年災復旧断面図



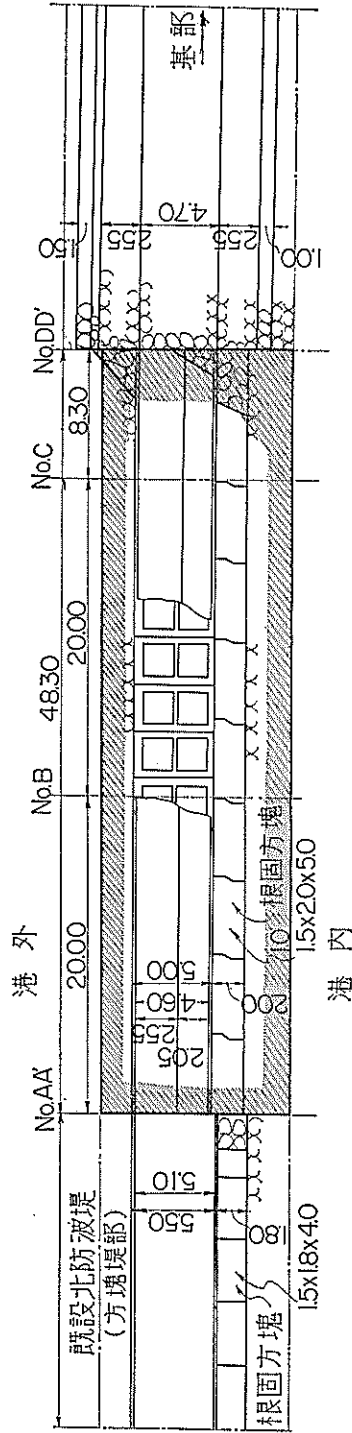
和歌山下津港

石張式防波堤

防波堤名	本港北防波堤	完成年月日	昭和19年	被災年月日	昭和29年9月			
被災原因とその状況	29年9月13日より26日にわたり台風12号, 14号, 15号が連続して来襲した。このため北防波堤の捨石が散乱, 根固ブロックの散乱, 上部工の破壊などの被害を受け, 基部の石張部は堤体が破壊した。							
被災断面の寸法 (図-245)	水深	-1.60	天端高	+2.60	L.W.L	+0.30	H.W.L	+2.10
	断面の全高	4.2		捨石高			壁体高	
	捨石	底幅	19.5		天端高			
		天端幅			ノリコウ配	外側	内側	
壁体	底幅			天端幅	4.7	底面高	前面捨石 外側 肩幅 内側	
直立部	石張	寸法						
		配合						
		中詰						
上場所打								
捨石部	捨石							
	張石							
	根固ブロック							
	その他							
設計資料	昭和30年より基準面を30cm引下げている。							
被災数量	直立部	堤体のすべり	堤体ブロックの転落, 移動36個					
		堤体の傾斜						
	捨石部	被覆捨石の散乱	捨石5, 200m ³					
		基礎捨石の散乱						
		根固ブロックの散乱	32個					
消波工の散乱								
その他	上部工コンクリート破壊延長60m, 石張部堤体破壊82.6m							
被災時の自然条件	潮位	12号, 不明 14号, +2.23m 15号, +2.12m		波高	12号, H=4m(目視) 14号, 不明 15号, H=2.5m(目視)			
	最大平均風速			瞬間最大風速	14号 29m/sec 15号 38.9m/sec			
復旧方法	当初の石張式断面を変えて, 図-246に示すケーソン構造で復旧。							

和歌山下津港

図一243 復旧平面図



和歌山下津港

図-244 No. A 断面

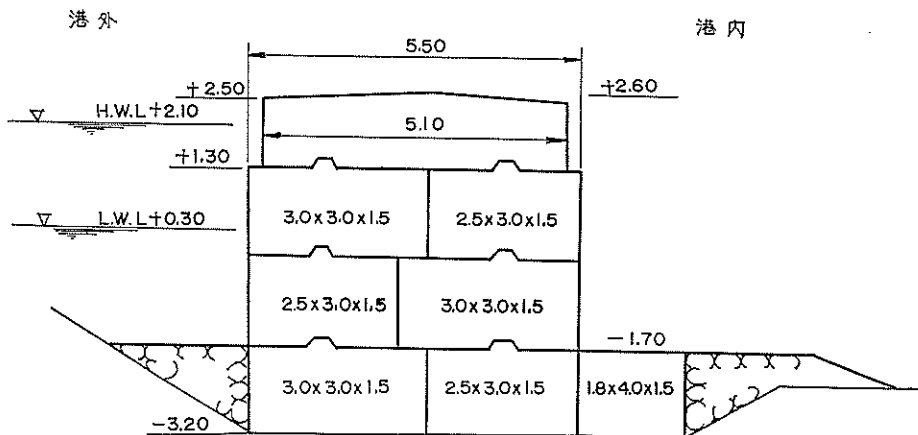
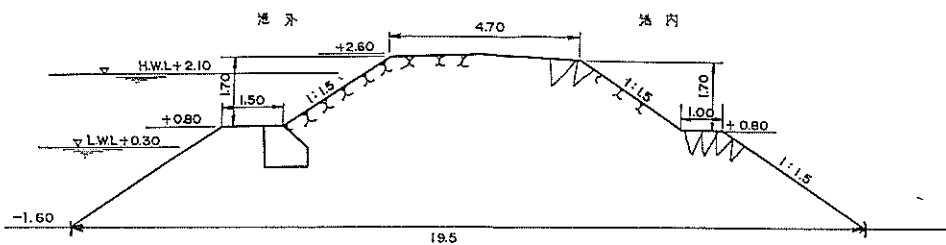
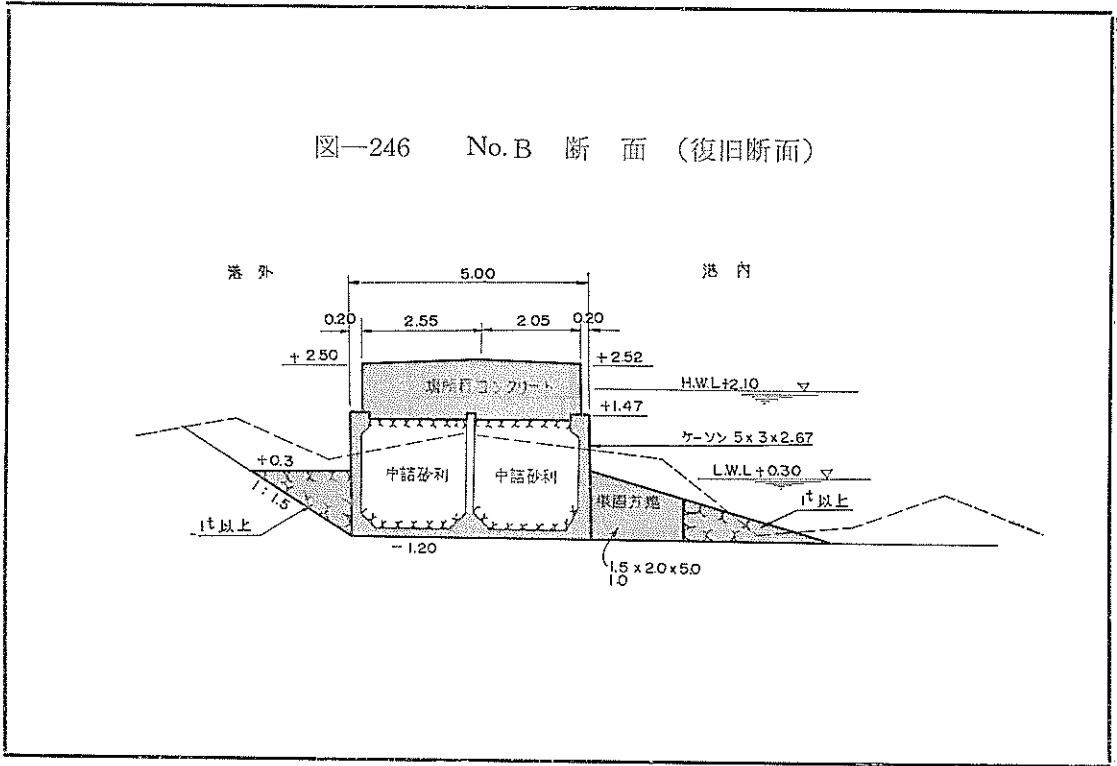


図-245 No. D' 断面



和歌山下津港

図一246 No. B 断面 (復旧断面)



南防波堤の現在の断面は、嵩上工事によりケーソン部分は図一247に示すような断面に、ブロック部分は図一248に示すような断面になっている。このうち先端から733.4mの港内側捨石ノリ肩部に36年災の復旧工事でサンドマスチックが施工され、39年災の復旧では先端から472mまでの捨石部に図一249に示すように3トンの三方錐ブロックが使われている。

北防波堤は先端から300mまでが+3.80に嵩上されており、このうちケーソン部分は図一250、ブロック部分は図一251に示すようになっている。このうち先端から、32.5m~85.0m、159.0m~372mの区間には39年災の復旧で、港外側に図一252に示すように3トンの三方錐ブロックが施工されている。

和歌山下津港

図-247 南防波堤ケーソン部分嵩上断面図(21~342m)

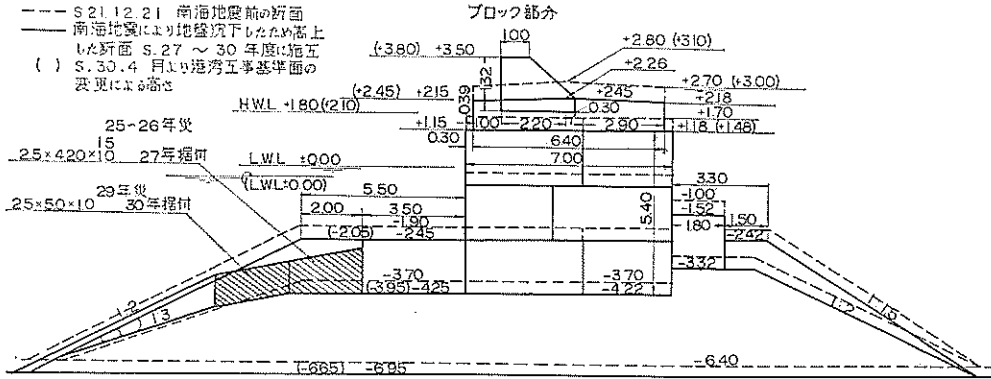


図-248 南防波堤嵩上工事標準断面図(ブロック部分)

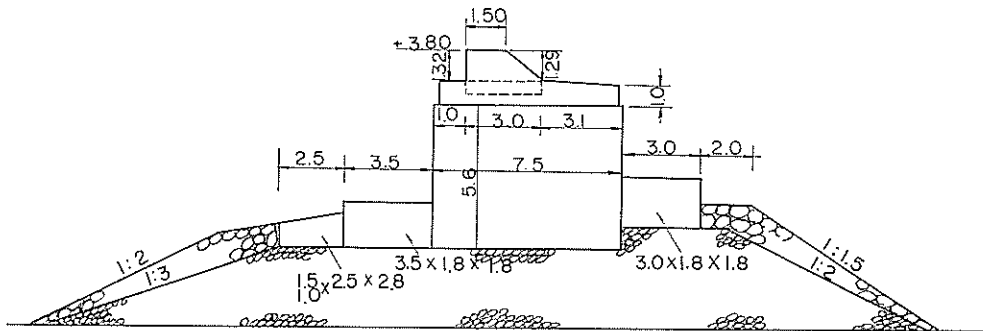
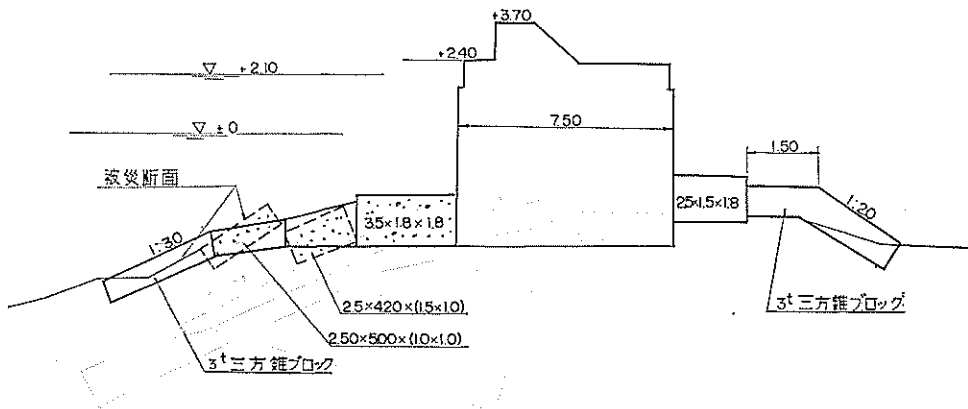


図-249 南防波堤復旧断面図(39年災)



和歌山下津港

図-250 北防波堤ケーソン部嵩上断面図(21~152m)

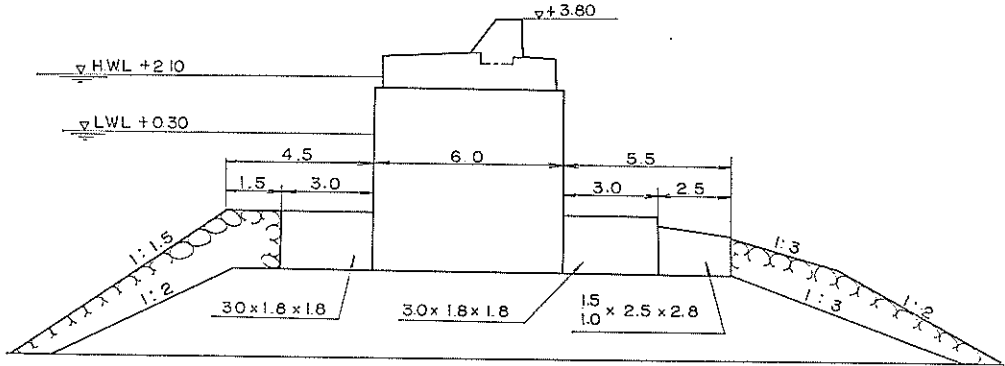


図-251 北防波堤嵩上工事設計図(152~300m)

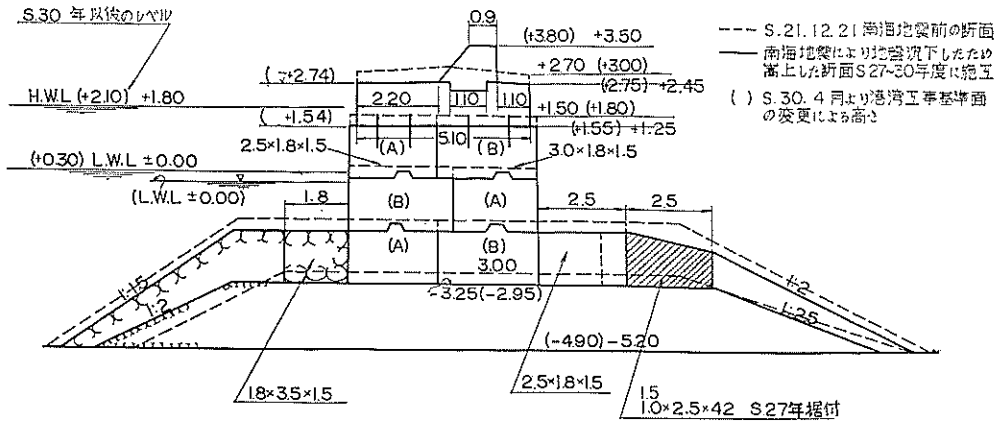
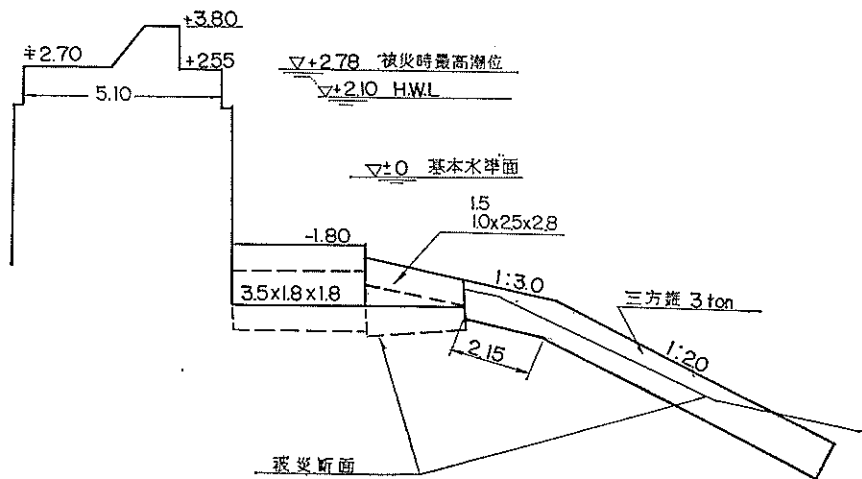


図-252 北防波堤復旧断面図(39年災)



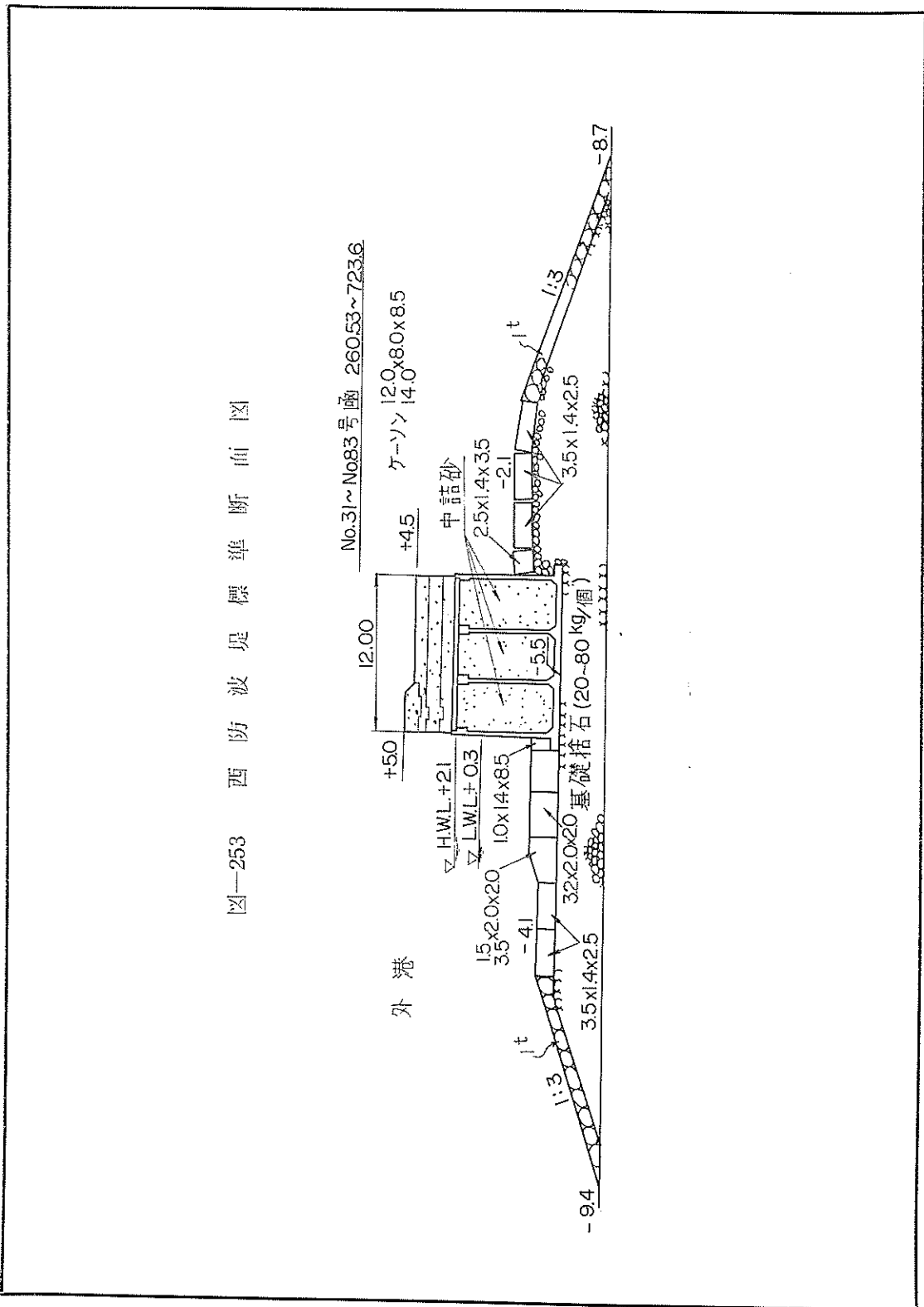
和歌山下津港

混成防波堤(ケーソン)

防波堤名	北港西防波堤	完成年月日	昭和36年		被災年月日	昭和39年9月25日			
被災原因とその状況	39年の20号台風(6420号台風)により先端から5箇目のケーソン1函が、25cmほど内側にずれるとともに沈下し、根固ブロックも押されてはらみ出した。被災時の波高は、波高計のケーブルが切断したため観測記録はないが、6m前後の波と考えられている。								
被災断面の寸法 (図-253)	水深	-9.4	天端高	+5.0	L.W.L	+0.30	H.W.L	+2.10	
	断面の全高	14.4		捨石高	3.9		壁体高	10.5	
	捨石	底幅				天端高	-5.5		
		天端幅				ノリコウ配	外側	1:3	
壁体	底幅	14.0	天端幅	12.0	底面高	-5.5	前面捨石 肩幅	外側 内側	17.0 13.0
直立部	ケーソン	寸法	幅 $\frac{12.0}{14.0} \times$ 高さ 8.0×8.5						
		配合							
		中詰	砂						
上場所打									
捨石部	捨石	20~80kg							
	張石	1t							
	根固ブロック	港外側 $3.5 \times 1.4 \times 2.5$, $3.2 \times 2.0 \times 2.0$, $1.0 \times 1.4 \times 8.5$ 港内側 $3.5 \times 1.4 \times 2.5$, $2.5 \times 1.4 \times 3.5$							
	その他								
設計資料	H=5.0m, 波向S50°W								
被災数量	直立部	堤体のすべり	ケーソン1函25cm						
		堤体の傾斜							
	捨石部	被覆捨石の散乱							
		基礎捨石の散乱							
		根固ブロックの散乱							
消波工の散乱									
その他									
被災時の自然条件	潮位	+2.78m			波高	H=6m(推定)			
	最大平均風速	32.5m/sec(SSW)			瞬間最大風速	46.5m/sec(SSW)			
復旧方法									

和歌山下津港

図-253 西防波堤標準断面図



和歌山下津港

混成防波堤(ケーソン)

防波堤名	本港副防波堤		完成年月日	施工中	被災年月日	昭和40年9月10日		
被災原因とその状況	台風23号により、副防波堤ケーソン14箇のうちNo.1～No.3ケーソンが滑動、No.4、No.5ケーソンは傾斜(No.1～No.5ケーソンは39年の20号台風で上部工施工中に滑動している)、No.6～No.14ケーソンは港外側に傾斜し、基礎地盤中に陥没した。被災当時No.1～No.5のケーソン底面高-8.70、No.6～No.12は-7.70、No.13、No.14は-7.29に沈下しており、上部工天端高はNo.1～No.12まで+2.80、No.13、No.14は+2.21であった。基礎は根固ブロックの施工まで完了していた。							
被災断面の寸法 (図-254) ただし当初断面	水深	-10.30	天端高	+2.80	L.W.L	+0.30	H.W.L	+2.10
	断面の全高	13.10		捨石高	3.30		壁体高	9.80
	捨石	底幅	72.0		天端高	-7.0		
		天端幅	52.0		ノリコウ配	外側 1:3 内側 1:3		
壁体	底幅	14.0	天端幅	13.8	底面高	-7.0	前面捨石 肩幅	外側 18.0 内側 16.5
直立部	ケーソン	寸法	幅14.0×高さ8.5×8.5					
		配合						
		中詰	砂					
上場所	打							
捨石部	捨石	20～80kg						
	張石	1t以上						
	根固ブロック	㊶ 4×2×1.5 ㊷ 4.5× $\frac{2.0}{1.5}$ ×1.5 ㊸ 4.5×1.5×1.8 ㊹ 5.0× $\frac{1.1}{1.5}$ ×1.8 ㊺ 4×1.5×2						
	その他							
設計資料	H=5.0m, $\beta=0^\circ$, 広井式							
被災数量	直立部	堤体のすべり	3箇10～60cm					
		堤体の傾斜	11箇傾斜および沈下					
	捨石部	被覆捨石の散乱						
		基礎捨石の散乱						
		根固ブロックの散乱						
		消波工の散乱						
その他								
被災時の自然条件	潮位	+1.96m			波高	$H^{1/3}=6.25\text{m}$, $T^{1/3}=9.05\text{sec}$ (坂本・井島法)		
	最大平均風速	28.5m/sec(S)			瞬間最大風速	46.0m/sec(S)		
復旧方法	$H^{1/3}=6.30\text{m}$, $T=9.0\text{sec}$, ケーソン下面にアスファルトマットを敷き(マサツ係数0.75), 背後根固天端を-3.50mとして復旧した。							

和歌山下津港

図-254 本港副防波堤標準断面図

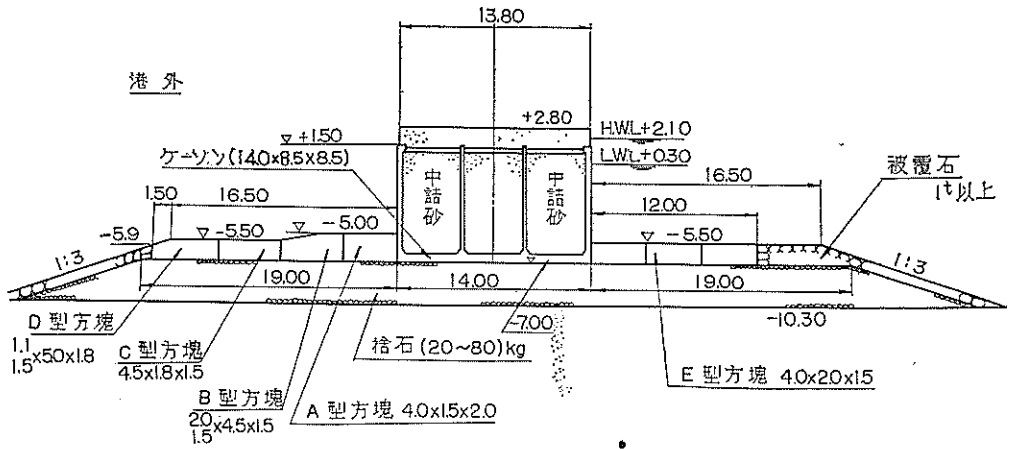


図-255 被災状況平面図

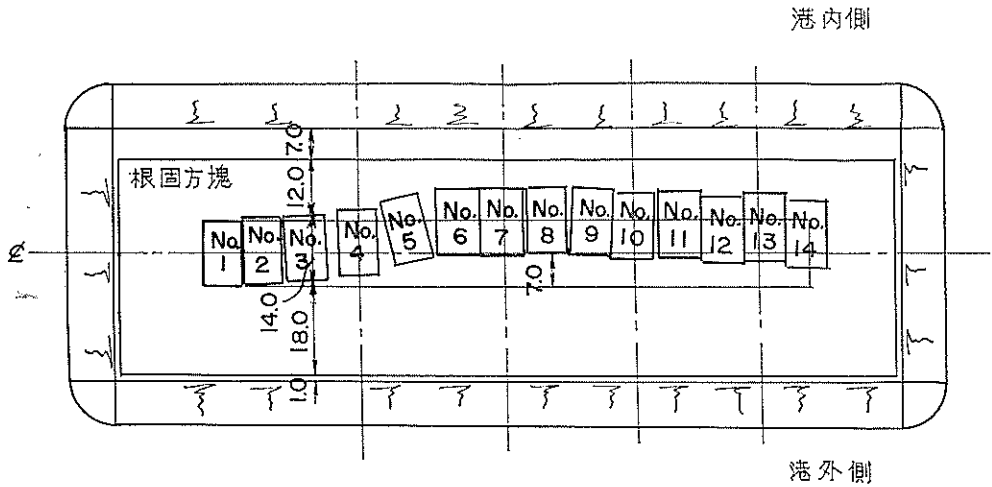


図-256 No.4 ケーソン被災および復旧断面図

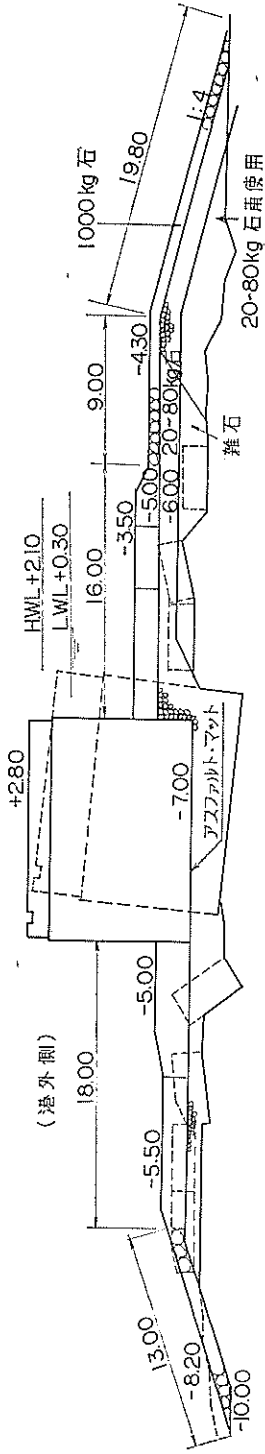
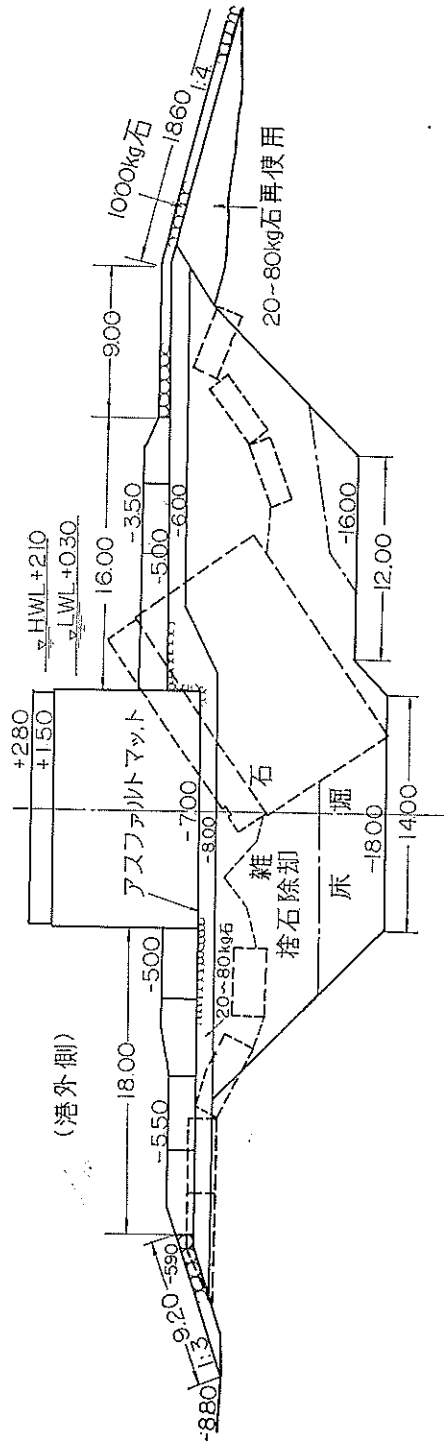


図-257 No.10 ケーソン被災および復旧断面図



和歌山下津港

混成防波堤(場所打)

防波堤名	南港防波堤	完成年月日	昭和39年7月	被災年月日	昭和39年9月25日			
被災原因とその状況	20号台風により防波堤の全延長350mにわたりテトラポッドの天端が50~150cm沈下したが、これは波によるかみ合わせの縮まりとノリジリの洗掘の結果と考えられている。サンドマスチックを施工した個所は一部分を除いて被害をまぬがれた。							
被災断面の寸法 (図-258)	水深	-5.40	天端高	+5.50	L.W.L	+0.30	H.W.L	+2.10
	断面の全高	捨石高		壁体高				
	捨石	底幅	天端高					
		天端幅	6.85	ノリコウ配		外側内側		
壁体	底幅	天端幅	底面高	前面捨石		外側内側		
直立部	場所打	寸法	場所打コンクリート幅6.0m					
		配合						
		中詰						
	上場所打							
捨石部	捨石							
	張石	外側300~500kg, 内側1t石						
	根固ブロック							
	その他	外側5tテトラポッド被覆						
設計資料	設計潮位+3.0m, H=3.5m(先端部), H=3.0m(幹部), テトラポッドの消波率50%							
被災数量	直立部	堤体のすべり	上部工場所打コンクリートが約60cm(先端30m部分)					
		堤体の傾斜						
	捨石部	被覆捨石の散乱						
		基礎捨石の散乱						
		根固ブロックの散乱						
消波工の散乱	テトラポッドの天端0.50~1.50m沈下							
その他								
被災時の自然条件	潮位	+2.78m			波高	H=4.0m(推定)		
	最大平均風速	32.5m/sec(S S W)			瞬間最大風速	46.5m/sec(S S W)		
復旧方法	原形復旧, サンドマスチックを全面的に使用(港内側)							

姫 路 港

混成防波堤(ケーソン)

防 波 堤 名	師 磨 東 防 波 堤	完 成 年 月 日	昭 和 3 8 年 度	被 災 年 月 日	昭 和 3 9 年 9 月 2 5 日			
被災原因とその状況	6420号台風(39年の20号台風)により、東防波堤のケーソン16函が被災した。取付部3函の変位は小さかったが、他のケーソンは大きく港内側に傾斜し、捨石マウンドが乱された。先端ケーソンの基礎は軋さいで置きかえられ、断面も大きかったが、隣接ケーソンの傾斜とそれによる基礎の洗掘のため、傾斜したと考えられている。							
被災断面の寸法 (図-260)	水深	-7.50	天端高	+3.50	L.W.L	+0.30	H.W.L	+1.60
	断面の全高	11.0		捨石高	1.5		壁体高	9.5
	捨石	底幅	24.6		天端高	-6.0		
		天端幅	14.5		ノリコウ配	外側	1:2	内側
壁体	底幅	7.5	天端幅	7.3	底面高	-6.0	前面捨石肩幅	外側 4.0 内側 3.0
直立部	ケーソン	寸法	幅7.5×高さ7.5×10.0 重量375 t コンクリート量156 m ³ 鉄筋量18.03 t					
		配合						
		中詰	砂レキ					
	上部場所打							
捨石部	捨石	5~60kg						
	張石	800kg内外						
	根固ブロック							
	その他	基礎 砂置換						
設計資料	H ^{1/3} =3.4m, T=7.0sec, L=60.0m, 設計潮位+2.0m, 部分砕波, β=0°							
被災数量	直立部	堤体のすべり						
		堤体の傾斜	天端での水平変位量: 3函0.03~0.3m 天端での水平変位量: 13函1.5~12.2m					
	捨石部	被覆捨石の散乱						
		基礎捨石の散乱						
		根固ブロックの散乱						
		消波工の散乱						
その他								
被災時の自然条件	潮位	+2.0m			波高	H ^{1/3} =3.8m, T=7.7sec (S.M.B法)		
	最大平均風速	23.0m/sec(SE)			瞬間最大風速	35.9m/sec(SSW)		
復旧方法	H ^{1/3} =3.8m, T=7.7sec, L=70.0mの部分砕波により基部3函は図-261, 幹部はケーソンを90°回転して図-262, 堤頭函は図-264のように復旧した。							

姫 路 港

図-259 飾磨東防波堤水平変位量 (単位 m)

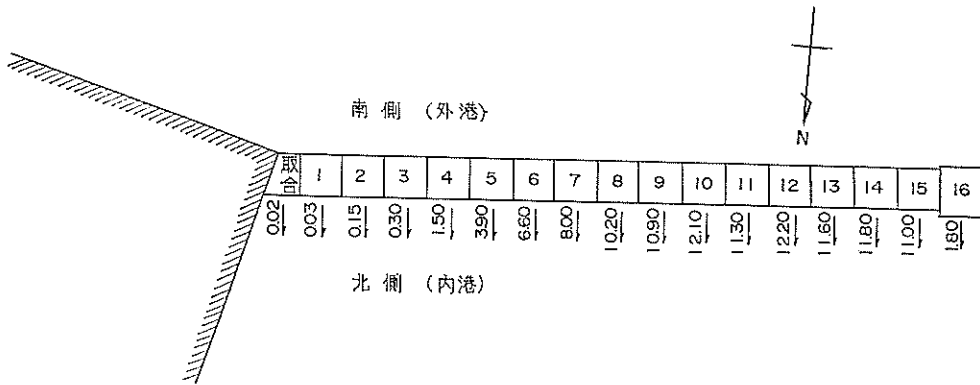
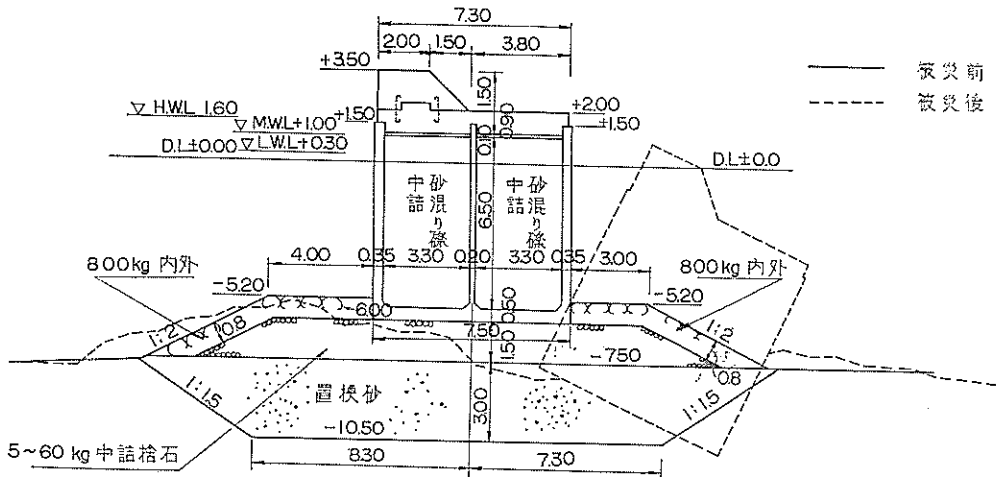


図-260 東防波堤被災状況図



姫 路 港

図-263 堤頭部原断面図

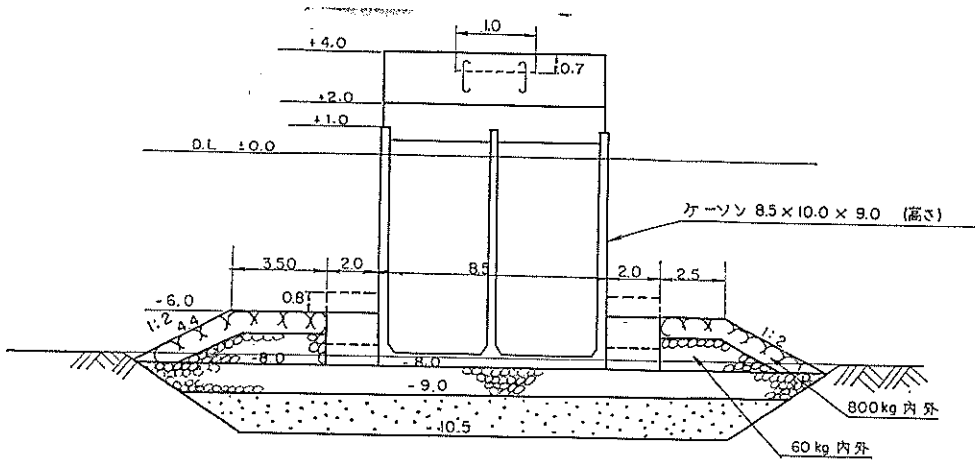
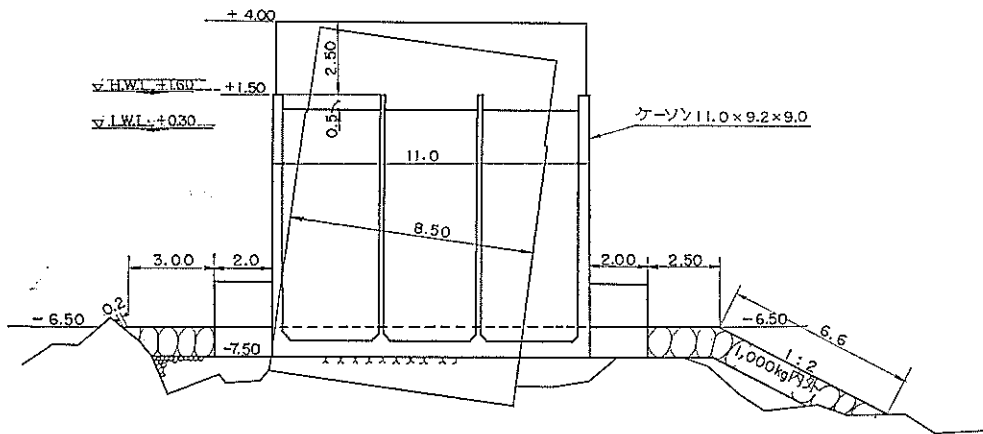


図-264 堤頭部復旧断面図



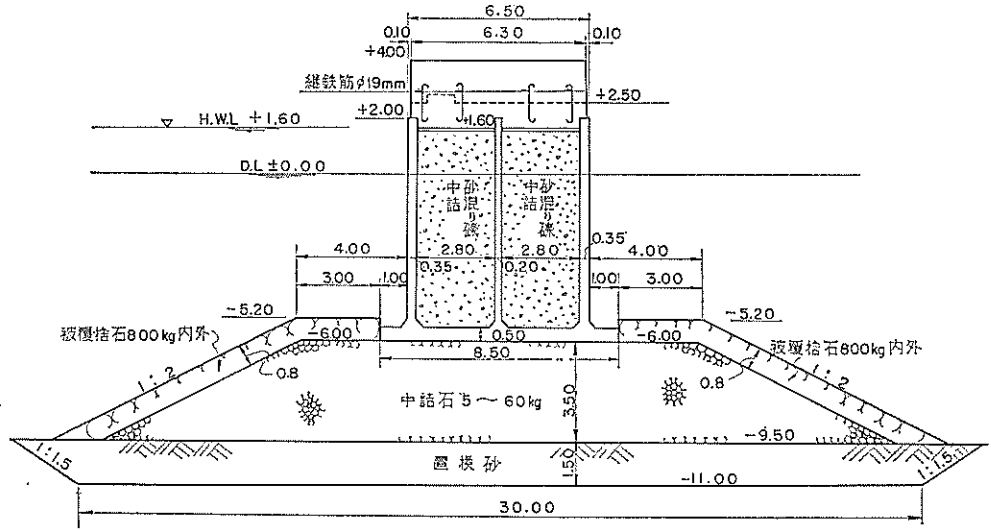
姫 路 港

混成防波堤(ケーソン)

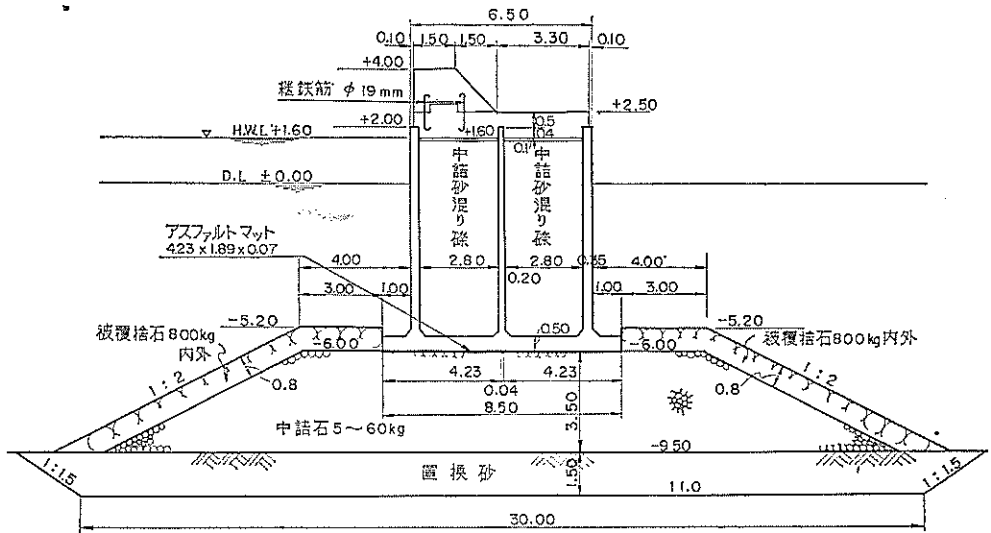
防波堤名	斐鹿西防波堤		完成年月日	施工中	被災年月日	昭和39年9月25日		
被災原因とその状況	6420台風時、西防波堤は50函のケーソンが据付けられていた。このうちNo.1～No.15は全断面完成、No.16～No.36、No.39ケーソンはパラベットを除く断面完成、残りは蓋コンクリート(±1.6)まで完成していた。このうちNo.40～No.50のケーソン11函が0.17～1.12mほど滑動した。転倒、傾斜したものはなかった。							
被災断面の寸法 (図-267) ただし完成断面	水深	-9.50	天端高	+2.00	L.W.L	+0.30	H.W.L	+1.60
	断面の全高	11.50		捨石高	3.50		壁体高	8.00
	捨石	底幅	32.0		天端高	-6.0		
		天端幅	14.5		ノリコウ配	外側	1:2	
壁体	底幅	8.50	天端幅	6.50	底面高	-6.0		
		前面捨石	外側	3.0		内側	3.0	
直立部	ケーソン	寸法	幅 $\begin{matrix} 6.5 \\ 8.5 \end{matrix}$ ×高さ8.0×10.0、重量387t コンクリート量161.4m ³ 鉄筋量18.48t					
		配合						
		中詰	砂レキ					
	上場所打							
捨石部	捨石	5～60kg						
	張石	800kg内外						
	根固ブロック							
	その他	基礎砂置換						
設計資料	H ^{1/3} =3.0m, T=6.6sec, L=60.0m, 設計潮位+2.0m, 部分碎波, β=23°30'							
被災数量	直立部	堤体のすべり	11函17cm～112cm					
		堤体の傾斜						
	捨石部	被覆捨石の散乱						
		基礎捨石の散乱						
		根固ブロックの散乱						
		消波工の散乱						
その他								
被災時の自然条件	潮位	+2.0m			波高	H ^{1/3} =3.8m, T ^{1/3} =7.7sec (姫路港管理事務所の風記録よりS.M.B法で推定)		
	最大平均風速	23.0m/sec(SE)			瞬間最大風速	35.9m/sec(SSW) (気象台)		
復旧方法	被害の少なかったNo.1～No.15はそのままとし、No.16～No.50をフラットな上部工に断面変更し(図-268)、No.51以後のケーソンは図-269に示すようにケーソン下面にアスファルトマット(μ=0.8)を使用した。設計条件はH ^{1/3} =3.8m, T=7.7sec, L=70.0m, β=23°30', 広井式と黒田式の間波庄を使っている。							

姫 路 港

図—268 西防波堤復旧標準断面図



図—269 西防波堤復旧標準断面図



小 松 島 港

混成防波堤(ブロック)

防波堤名	北防波堤	完成年月日	施工中	被災年月日	昭和25年9月3日	
被災原因とその状況	既設北防波堤(昭和9年完成, 延長182m)の延長工事(長さ147m)を昭和24年から行なっていたが, ジーン台風により前年度施工の基礎捨石が51mにわたり散乱し, 仮置中の壁体ブロックが48個移動, 沈下した。29年の12号, 15号台風では, やはり延長部分(27年度完成)の根固石が散乱した。既設北防波堤の捨石(1t)はいずれの場合も散乱していない。					
被災断面の寸法 (不明)	水深	天端高	L.W.L	±0.00	H.W.L	+1.80
	断面の全高	捨石高	壁体高			
	捨石	底幅	天端高			
		天端幅	ノリコウ配	外側	内側	
壁体	底幅	天端幅	底面高	前面捨石 肩幅	外側 内側	
直立部	ブロック	寸法	3.0×2.0×2.0 2.0×3.0×1.7			
		配合				
		中詰				
	上場所打					
捨石部	捨石	50kg以上				
	張石	750kg				
	根固ブロック	2.0×3.0×1.7				
	その他					
設計資料	延長工事の設計波H=2.5m					
被災数量	直立部	堤体のすべり				
		堤体の傾斜				
	捨石部	被覆捨石の散乱	1,035 m ³ (750kg)			
		基礎捨石の散乱	115 m ³ (50kg)			
		根固ブロックの散乱				
		消波工の散乱				
その他	壁体ブロックの据直し48個					
被災時の自然条件	潮位	+3.05m	波高	H=2.5m(沖波)		
	最大平均風速	29.2m/sec	瞬間最大風速			
復旧方法	原形復旧。被災前および被災後の断面は不明。図-272は被災個所の完成断面である。図-273, 274は昭和9年完成の北防波堤断面である。					

小 松 島 港

図-270 小松島港平面図

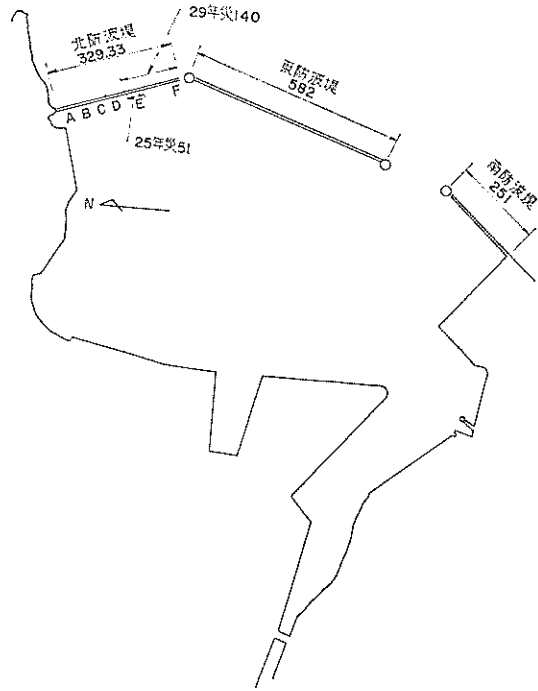
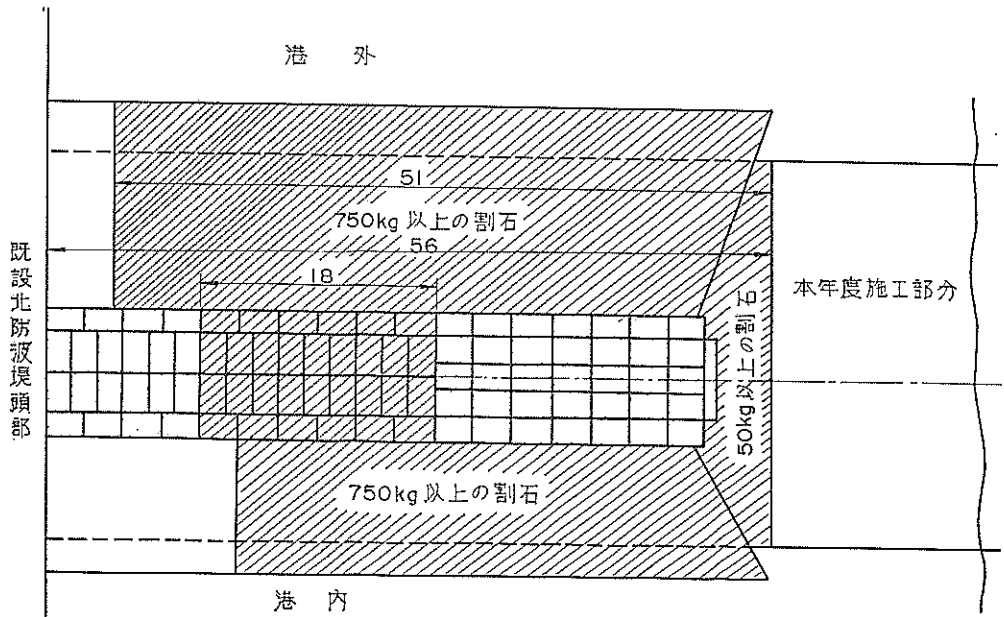
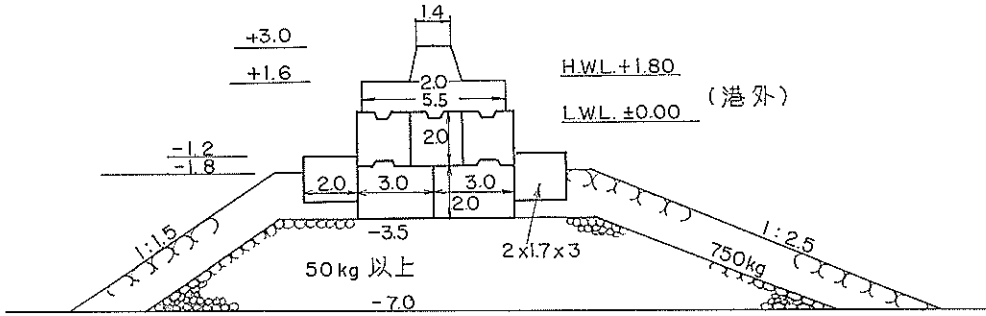


図-271 ジェーン台風災害箇所平面図

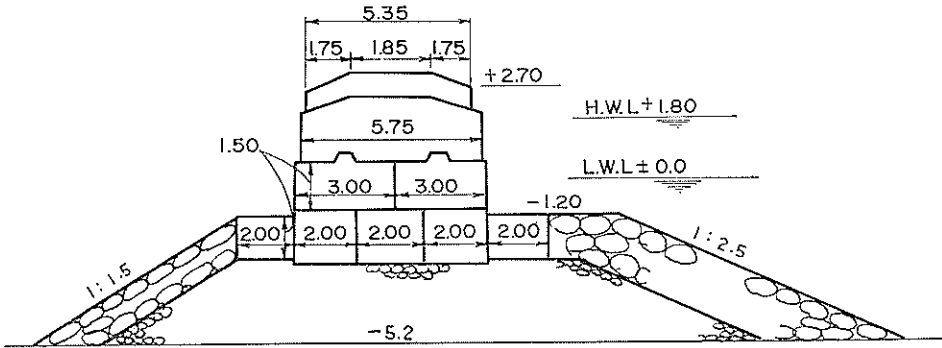


小 松 島 港

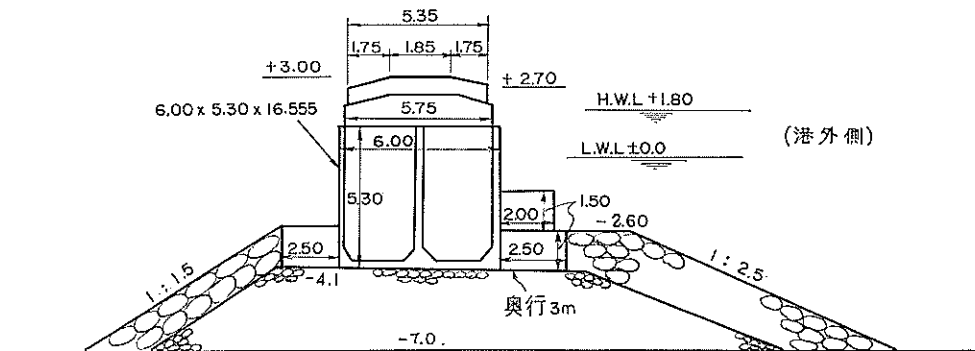
図—272 E部断面 133.0 (昭和27年完成)



図—273 C部断面 26.1 (昭和9年完成)



図—274 D部断面 116.0 (昭和9年完成)



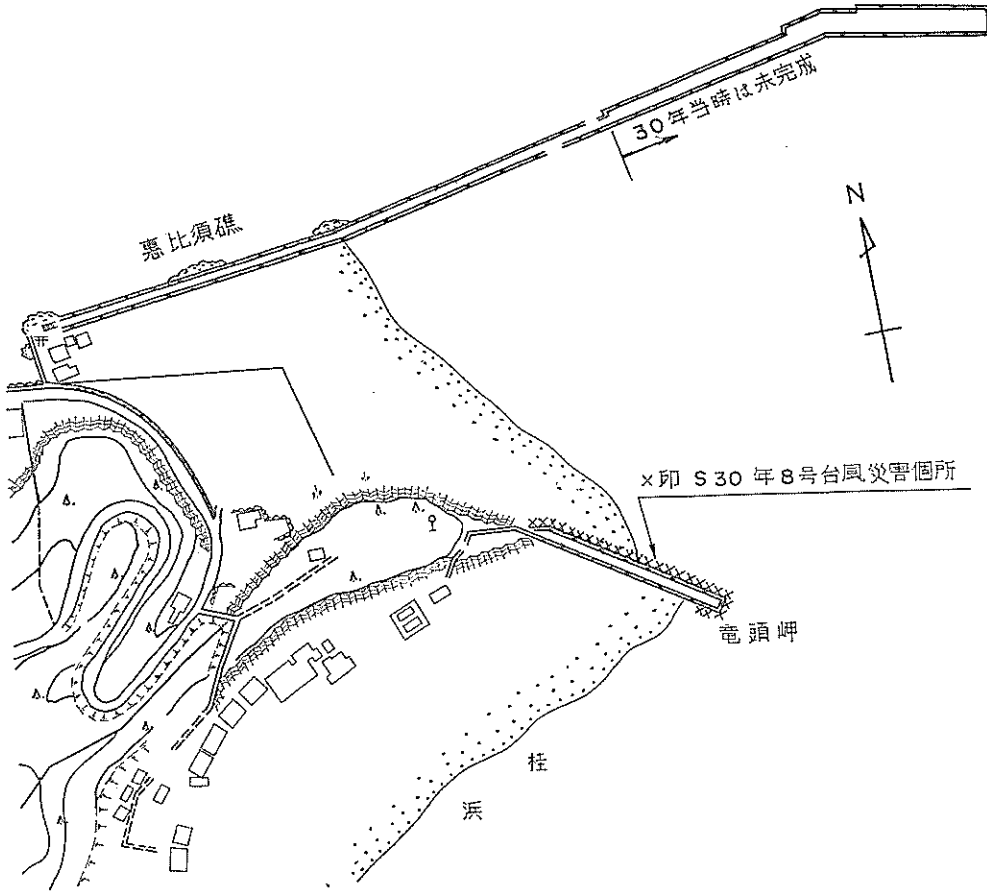
高 知 港

直立防波堤(場所打)

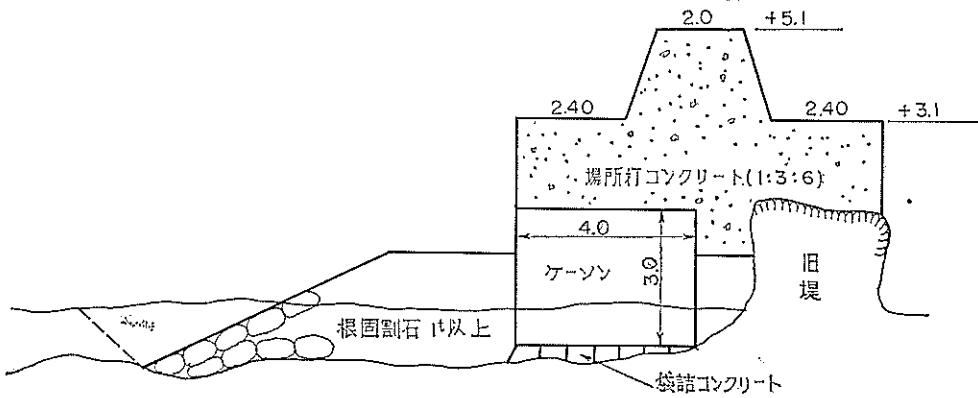
防波堤名	竜頭岬防波堤	完成年月日	旧堤 大正3年 新堤 昭和29年度	被災年月日	昭和30年7月16日			
被災原因とその状況	26年のケイト台風で被災した竜頭岬防波堤113.5mを小型ケーソン14函、場所打コンクリート2,200㎡で29年に復旧したが、30年7月、9月の台風7、8、22、23号により根固捨石が散乱した(830㎡)。なお、大正3年完成の旧堤断面は間知練石積であったが詳細は不明。							
被災断面の寸法 (図-277)	水深	-1.83	天端高	+5.10	L.W.L	±0.00	H.W.L	+2.00
	断面の全高	捨石高		壁体高				
	捨石	底幅	天端高		+1.11			
		天端幅	ノリコウ配		外側内側		1:2	
	壁体	底幅	天端幅	2.0	底面高	前面捨石 肩幅	外側内側	2.94
直立部	ケーソン	寸法	幅4.0×高さ3.0×4.0					
		配合						
		中詰						
	上場所打	1:3:6						
捨石部	捨石	1t以上						
	張石							
	根固ブロック							
	その他							
設計資料								
被災数量	直立部	堤体のすべり						
		堤体の傾斜						
	捨石部	被覆捨石の散乱	根固捨石830㎡(1t以上)延長113.5m					
		基礎捨石の散乱						
		根固ブロックの散乱						
消波工の散乱								
その他								
被災時の自然条件	潮位				波高	H=4.0m(7月16日8号台風)		
	最大平均風速	20.0m/sec			瞬間最大風速	35m/sec		
復旧方法	捨方塊(2×1.5×1.5)81個、割石(1t以上)284㎡で復旧。その後被災はなかったが、41年に先端16mが欠壊、25t中空三角ブロックで被覆した。							

高 知 港

図一275 防波堤位置図



図一276 昭和26年災災害復旧断面図



高 知 港

図-277 竜頭岬防波堤30年災害断面図

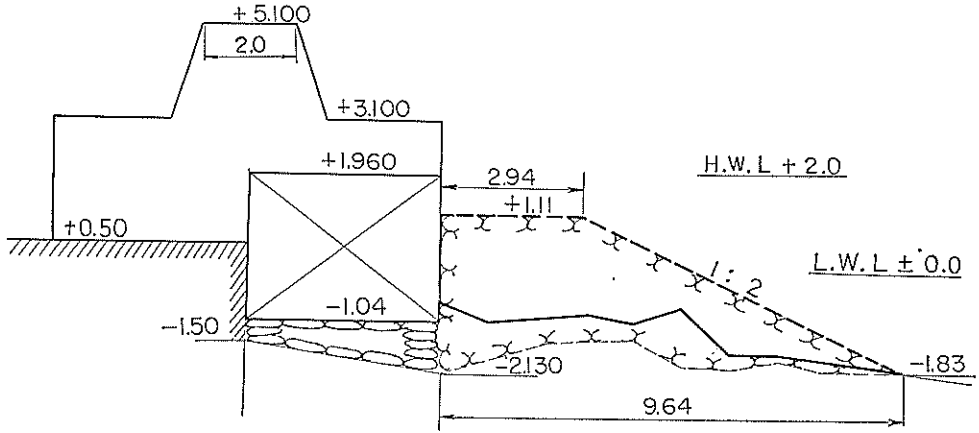
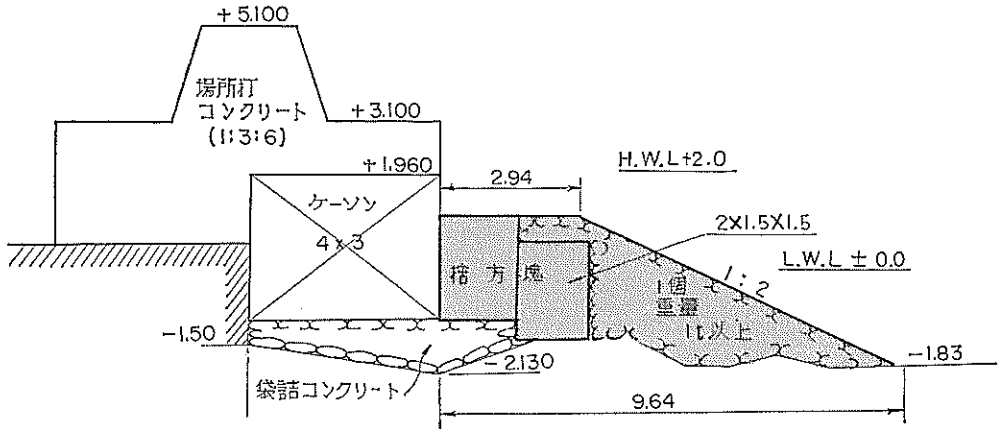


図-278 昭和30年災害の復旧断面図



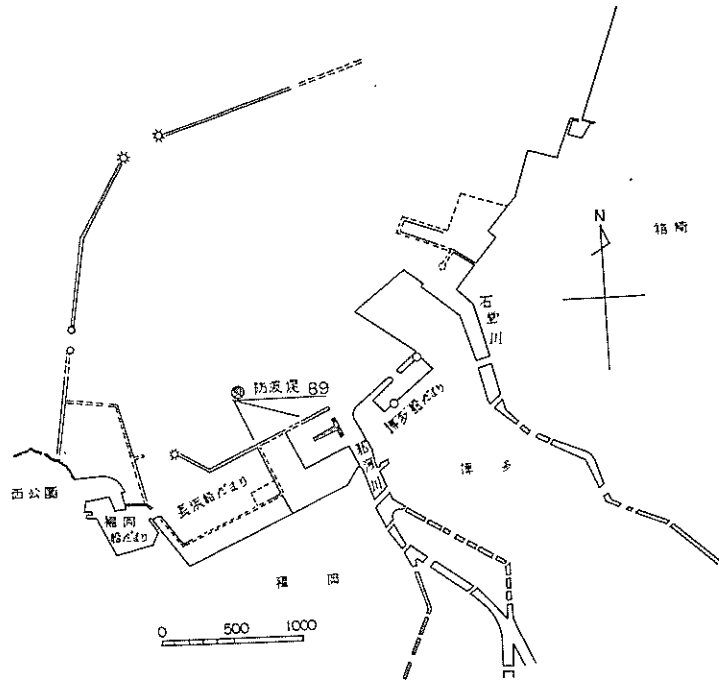
博 多 港

混成防波堤(ブロック)

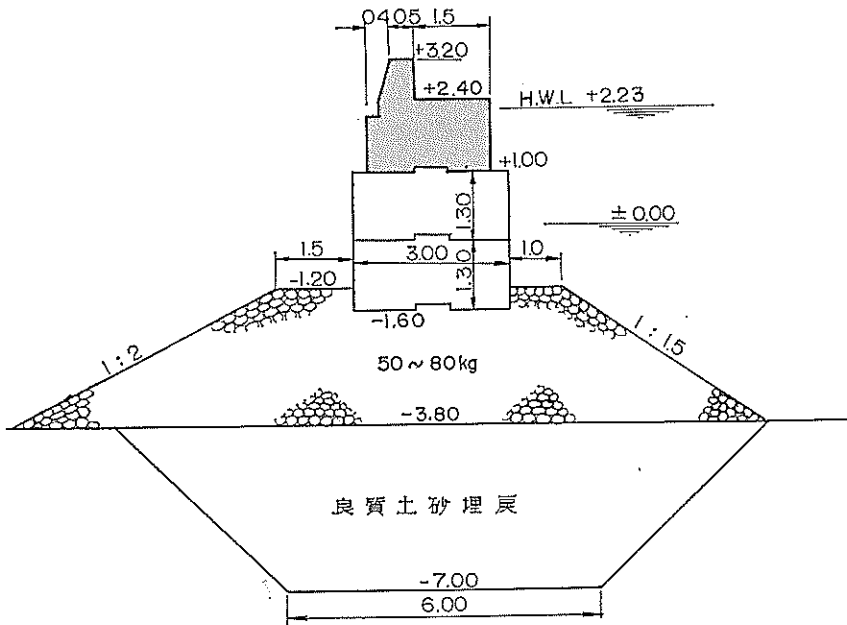
防波堤名	船溜防波堤	完成年月日	昭和21年	被災年月日	昭和25年9月13日			
被災原因とその状況	キジア台風により、須崎埋立地に続く東西の船溜防波堤が延長89mにわたりブロックおよび上部場所打ちコンクリートが破損した。							
被災断面の寸法 (図-280)	水深	-3.80	天端高	+3.20	L.W.L	±0.00	H.W.L	+2.23
	断面の全高	7.0		捨石高	2.2		壁体高	4.8
	捨石	底幅	14.5		天端高	-1.2		
		天端幅	5.5		ノリコウ配	外側	1:2	
壁体	底幅	3.0	天端幅		底面高	-1.6	前面捨石層幅	外側 1.5 内側 1.0
直立部	ブロック	寸法	下部：幅3.0×高さ1.3×2.4 上部H型ブロック(高さ1.0)					
		配合						
		中詰	H型ブロックの中詰は砂利					
	上部場所打							
捨石部	捨石	50~80kg						
	張石							
	根固ブロック							
	その他	基礎砂置換厚さ3.2m						
設計資料	不明							
被災数量	直立部	堤体のすべり						
		堤体の傾斜						
	捨石部	被覆捨石の散乱						
		基礎捨石の散乱						
		根固ブロックの散乱						
		消波工の散乱						
その他	東側65m, 西側24mの上部工の破壊							
被災時の自然条件	潮位	不明			波高	不明		
	最大平均風速	27.2m/sec			瞬間最大風速	30.0m/sec		
復旧方法	原形復旧							

博 多 港

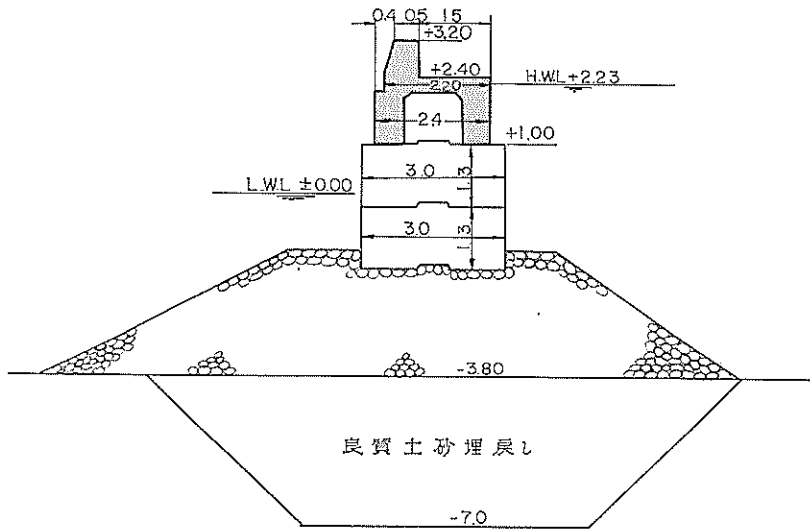
図—279 博多港平面図（昭和25年）



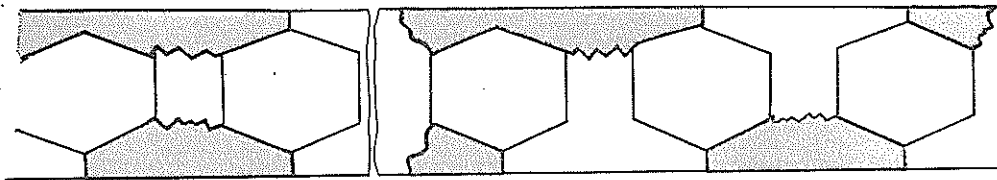
図—280 船溜防波堤（西側）復旧断面図



图—281 船溜防波堤（東側）復旧断面图



图—282 H型方塊被災平面图



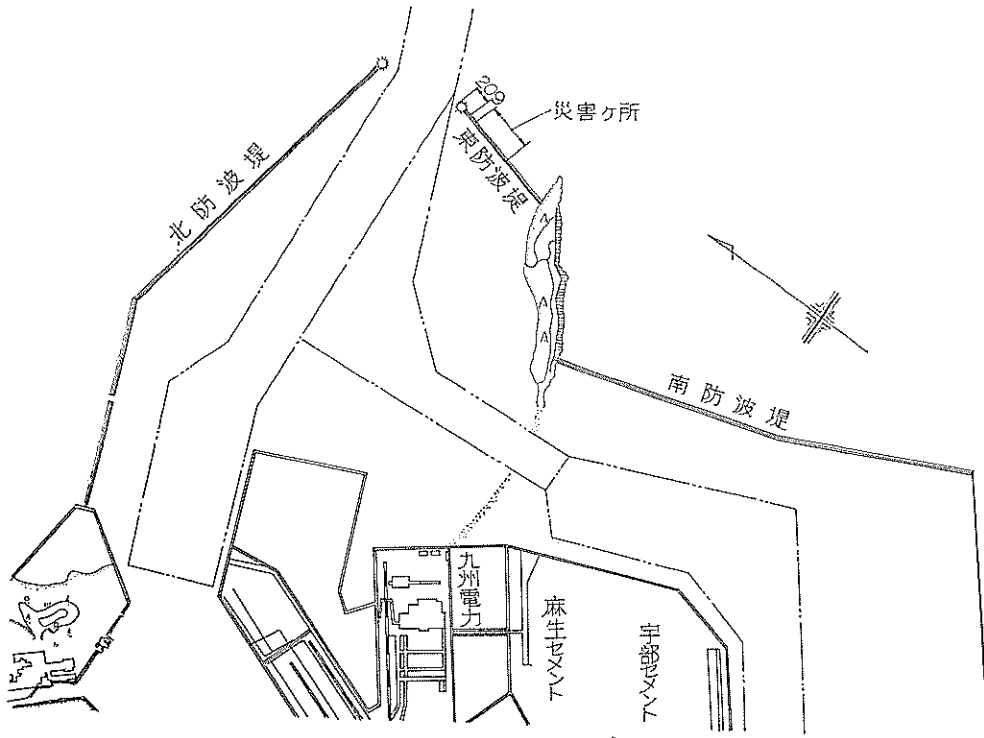
荊 田 港

混成防波堤(セルラーブロック)

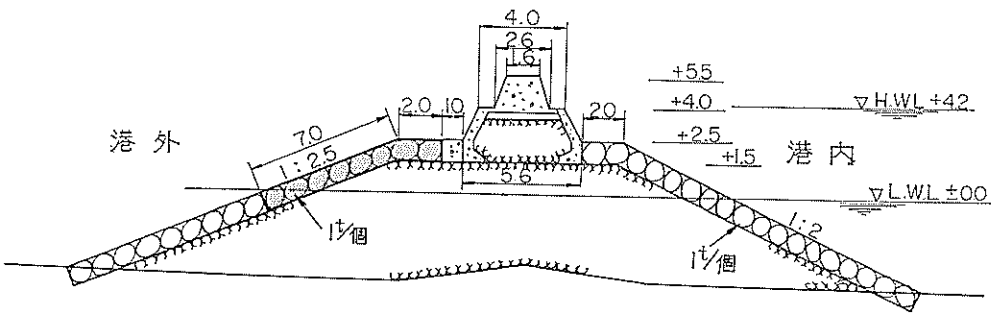
防波堤名	東防波堤	完成年月日	昭和33年3月	被災年月日	昭和38年8月9日			
被災原因とその状況	9号台風により、瞬間最大風速21.6m/sec、最大波高3.70mを記録した。このため東防波堤は209m(査定延長139m)にわたり根固捨石が散乱した。なお、東防波堤先端部のケーソンは沈船を使用している(幅10.0×高さ4.5×32)。							
被災断面の寸法 (図-284)	水深	-4.5	天端高	+5.5	L.W.L	±0.00	H.W.L	+4.20
	断面の全高	10.0		捨石高	6.0		壁体高	4.0
	捨石	底幅	40.0		天端高	+1.5		
		天端幅	10.6		ノリコウ配	外側	1:2.5	
	壁体	底幅	5.6	天端幅	1.6	底面高	+1.5	前面捨石 肩幅
直立部	セルラー ブロック	寸法	幅 $\frac{4.0}{5.6}$ ×高さ2.5×4.0					
		配合						
		中詰						
	上部打							
捨石部	捨石							
	張石	1t						
	根固ブロック							
	その他							
設計資料	H _{1/3} =2.3m, 波向E							
被災数量	直立部	堤体のすべり						
		堤体の傾斜						
	捨石部	被覆捨石の散乱	根固捨石302㎡, 延長139m					
		基礎捨石の散乱						
		根固ブロックの散乱						
消波工の散乱								
その他								
被災時の自然条件	潮位	+4.7m			波高	H _{1/3} =1.9m, 波向NE(港研水圧式)		
	最大平均風速	16.4m/sec(NNE)			瞬間最大風速	21.6m/sec(NNE)(事務所)		
復旧方法	原形復旧。管理委託後、40年8月の15号台風で外側捨石が散乱したので中空三角ブロックで復旧。							

荻田港

图—283 荻田港平面图

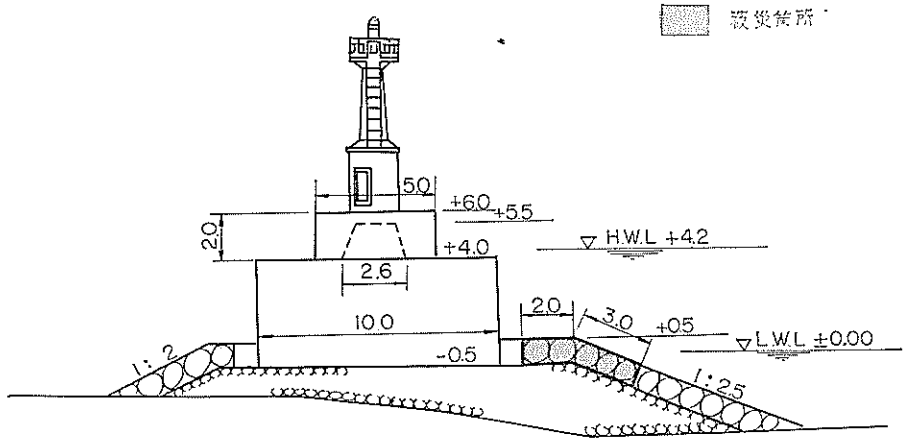
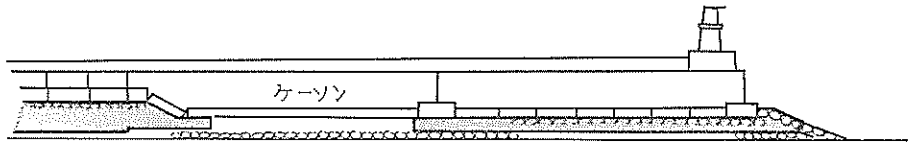
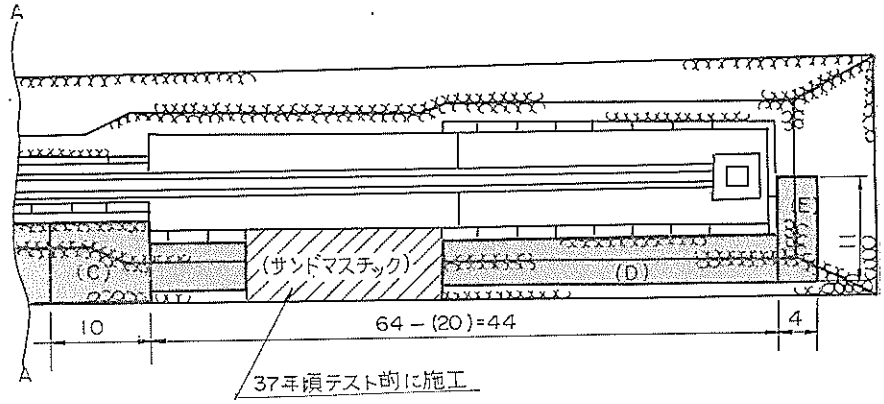


图—284 標準断面图



荊 田 港

図-285 東防波堤被災状況図

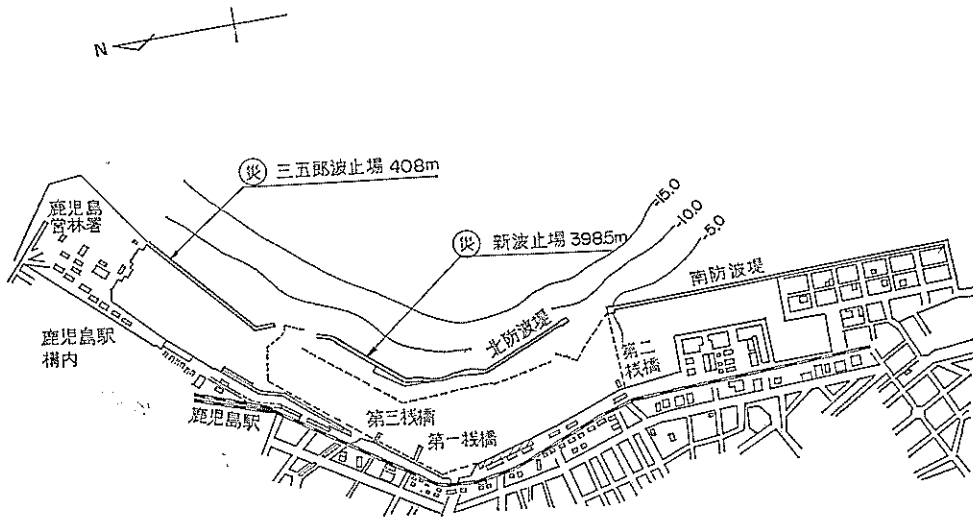


鹿 児 島 港

鹿児島港の防波堤はその歴史が古く、三五郎波止場が天明、寛政年間に、新波止場が文政年間に築かれた。明治5年頃に新波止場と一丁台場を連絡する工事があり、大正12年から昭和9年にかけての工事でほぼ現在の形となり、この時に北防波堤260m、南防波堤450m、三五郎波止場の延長工事30mが完成した。

戦後、昭和26年のルース台風で三五郎波止場、新波止場の石張式防波堤は、ほとんど全断面が崩壊した。

図—286 鹿 児 島 港 平 面 図 (昭和27年)



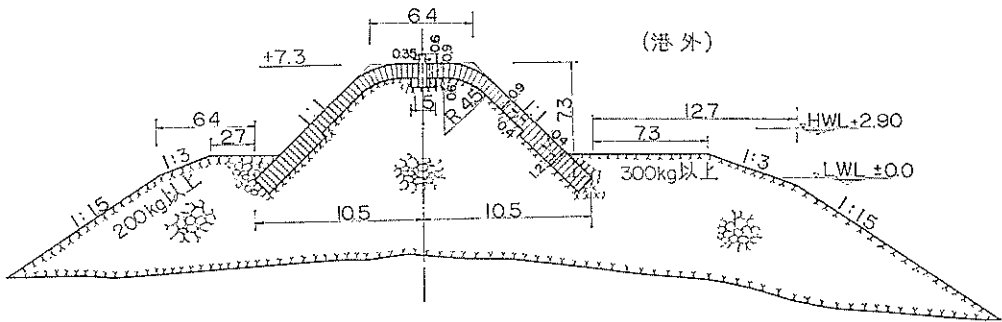
鹿 児 島 港

石張式防波堤

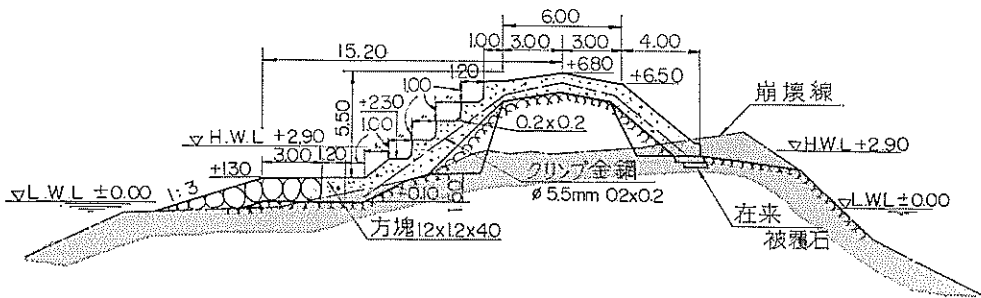
防波堤名	新波止場	完成年月日	文政年間	被災年月日	昭和26年10月14日			
被災原因とその状況	10月14日鹿児島県に上陸したルース台風により、全長509mの新波止場は400mにわたって被災した。先端から81.5mは全断面崩壊、続く192.7mは石張がゆるみ、続く124.3mは根固石がとられた。							
被災断面の寸法 (図-287)	水深	-7.6	天端高	+7.3	L. W. L	±0.00	H. W. L	+2.90
	断面の全高	捨石高		壁体高				
	捨石	底幅	天端高					
		天端幅	ノリコウ配		外側	1:1.5		
			内側		1:1.5			
	壁体	底幅	21.0	天端幅	6.4	底面高	前面捨石 外側 7.3 肩幅 内側 2.7	
直立部	石張	寸法	石材 40cm角×長さ90~120cm					
		配合						
		中詰						
	上場所部打							
捨石部	捨石							
	張石	港外側300kg以上、港内側200kg以上						
	根固ブロック							
	その他							
設計資料								
被災数量	直立部	堤体のすべり						
		堤体の傾斜						
	捨石部	被覆捨石の散乱	根固石散乱延長124.3m					
		基礎捨石の散乱						
		根固ブロックの散乱						
		消波工の散乱						
その他	石張堤崩壊延長81.5m、堤体のゆるみ延長192.7m							
被災時の自然条件	潮位	+4.60m			波高	H=3.5m		
	最大平均風速	35.1m/sec(SSE)			瞬間最大風速	46.5m/sec(SSE)		
復旧方法	81.5m+192.7m区間は図-288に示すようなコンクリート張式に変え、124.3m区間は根固石を補充した。							

鹿 児 島 港

図一287 新波止場(原型)断面図



図一288 新波止場復旧断面図



鹿 児 島 港

石張式防波堤

防 波 堤 名	三五郎波止場	完成年月日	寛政年間	被災年月日	昭和26年10月14日			
被災原因と その状況	ルース台風により全長424mの三五郎波止場は408mにわたって被災した。このうち昭和9年に完成した先端部ケーソン1函11m, ブロック積部6.5mは被災をまぬがれ, 石張式の部分が全断面崩壊した。							
被災断面の 寸 法 (図-289)	水 深	-3.6	天端高	+6.0	L. W. L	±0.00	H. W. L	+2.90
	断面の 全 高	9.6		捨石高			壁体高	
	捨 石	底 幅			天端高			
		天端幅			ノリコウ配	外側	1:3	内側
壁 体	底 幅			天端幅	5.0	底面高	前面捨石 外側 肩幅 内側	
直 立 部	石 張	寸 法	石材0.3×0.3×0.6 0.3×0.4×1.2					
		配 合						
		中 詰						
	上 部 場 所 打							
捨 石 部	捨 石							
	張 石							
	根固ブロック							
	そ の 他							
設 計 資 料								
被災数量	直 立 部	堤体のすべり						
		堤体の傾斜						
	捨 石 部	被覆捨石の散乱						
		基礎捨石の散乱						
		根固ブロックの散乱						
		消波工の散乱						
そ の 他	石張式の堤体が408mにわたって崩壊。							
被災時の 自然条件	潮 位	+4.60m			波 高	H=3.5m		
	最大平均風速	35.1m/sec(SSE)			瞬間最大風速	46.5m/sec(SSE)		
復旧方法	石張部を図-290に示すセルラーブロック形式に復旧。							

図-289 石張部被災断面図

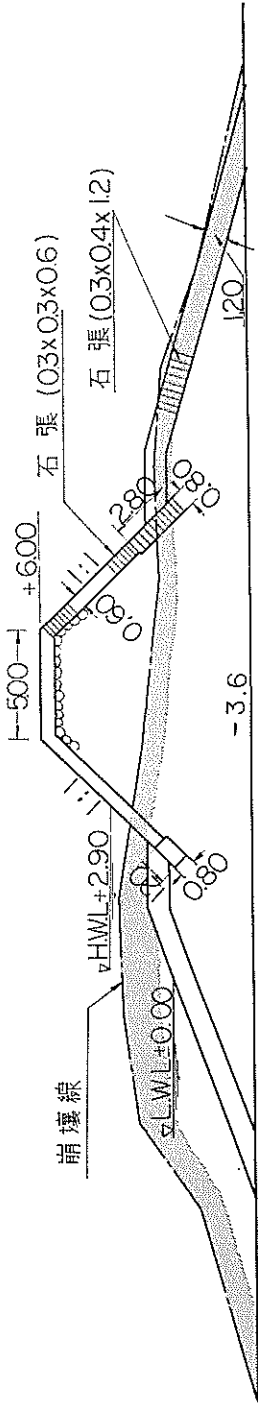
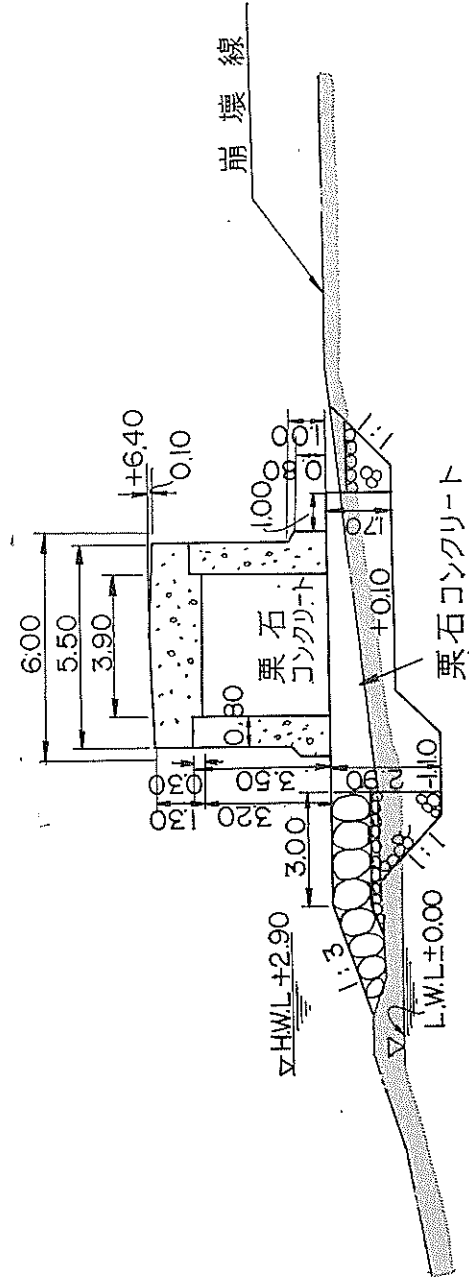


図-290 三五郎波止場復旧断面図



防波堤の被災例についてのとりまとめ

目 次

1. ケーソンの移動例について.....	223
2. 波圧強度について	224
3. 移動しなかったケーソンについて	226
3.1 留萌港南防波堤.....	226
3.2 樺法華港東防波堤.....	226
3.3 酒田港南防波堤.....	227
3.4 神戸港第一防波堤.....	227
3.5 姫路港妻鹿西防波堤.....	227
4. ケーソン災害に見られる特徴について	228
4.1 ケーソンの据付後経過年数について.....	228
4.2 ケーソンの施工中の災害について.....	228
4.3 防波堤法線の形状について.....	228
4.4 堤頭函について.....	228
4.5 ケーソン本体の被災と鉄筋量について.....	229
5. 捨石部の散乱について	229
6. 異型ブロックの散乱について.....	229
6.1 波圧減殺率と堤体の移動について.....	229
6.2 異型ブロックの積み方について.....	230
6.3 堤頭部および施工端部について.....	230
7. そ の 他	230
7.1 各構造様式の強さについて.....	230
7.2 サンドマスチックについて.....	231
7.3 異型根固ブロックについて.....	231
参 考 文 献	231

防波堤の被災例についてのとりまとめ

巻頭に示した防波堤の被災年月一覧表によると、北海道6港は56ケース、北海道以外の港湾は20港98ケースの被災例がある。それに対し、この集覧に収録したのが、多少調査範囲の異なるものもあるが、北海道については6港25ケース、北海道以外の港湾については、14港43ケースである。ここでは、この集覧に収めた防波堤の被災例を直立部ケーソン、捨石部、異型ブロックに分けて、簡単に被災例のとりまとめを行なうと共に、それらについて調査担当者の気の付いた事項をとりまとめておく。

1. ケーソンの移動例について

防波堤直立部ケーソンの被災例のうち、波により滑動、傾斜、転倒したものを「移動例」として整理すると表一1に示す22例となる。(表一1には、前面の捨石が洗掘されケーソンが港外側に傾いた例は省いてある。)ここで、簡単に各ケースについて概説する。

①岩内港西防波堤A部は、当初ブロック式(明治43年完成)であったのを、戦後、ブロックの崩壊と共に新しくケーソン構造に変えて来た。当初はケーソン2函の並列式にしたこともあったが、後にいずれも被災したので、並列式と同一幅のケーソンで復旧した。このケーソンが31年9月の12号台風により上部工未施工段階で滑動したものであるが、被災内容の詳細、設計条件などは不明である。なお、西防波堤A部ではケーソンの滑動例が他にもあるのであるが、断面などが不明のため収録できなかった。

②岩内港西防波堤C部は、昭和39年度から工事が始められていたが、40年12月据付を終わって根固工、蓋コンクリートまで完成していたケーソン6函のうち2函が滑動した。この部分は西防波堤B部との接続個所で凹部(交角 20°)を形成している。なお、C部の設計波高は、4.48mでそれが重複波として働くと考えている。

③網走港北防波堤丁部の古い記録を、「港湾構造物集覧」から拾ったものである。工事中からもかなり波に苦しめられていたところであるが、昭和2年に完成したその秋から冬にかけての冬期風浪によりほとんどのケーソンが滑動したもので、昭和2年11月には6.5m、昭和3年1月には7.0mの推定波高が報告された。なお、断面の大きい堤頭函は現在に至るまで滑ってないようである。

④、⑤、⑥留萌港南防波堤は直立堤形式のA部と混成堤形式のB部に分れるが、ケーソンの滑動したのはいずれもB部である。大正9年のケースは施工中のケーソンが上部工未施工段階で滑動したもので、土木学会誌7巻3号に詳しく報告されている。それによると大正9年12

月4日には7.5m(25尺)の波が観測されている。また、当時ケーソンと捨石間のマサツ係数は0.7と考えられていたようである。34年、36年のケースはいずれも台風によるものでこの時の波は $H\frac{1}{3}=4.0\text{m}$ ($H_{\text{max}}=6.0\text{m}$)と推定されているが、この滑動量には積年の変位も含まれていると考えられる。なお、B部では一時、ケーソン並列式を復旧に使ったこともあるが、成功していない。

法線方向を 20° 異にする基部の南防波堤A部は、岩盤基礎上にコンクリートブロックを積み上げ、その上にB部と同じケーソンを据えているが、築造以来ケーソンは滑動していない。この防波堤は、数少ない直立堤の典型的なものである。

⑦、⑧根法華港東防波堤は、昭和27年度から延長工事が始まり甲部ケーソン6函は30年度、乙部12函は34年度、丙部8函は36年度に据えられた。しかし、乙部の前面には暗礁があり、設計ではこれが波圧を減らすと考えたのであるが、現実には乙部が2度にわたって滑っている。現在の断面が当初に比べ1.5倍になり、しかも前面にテトラポッドを置いているのを見ると設計波が小さかったものと考えられる。

⑨、⑩酒田港南防波堤は、昭和26年度から延長工事をしていたが、28年、29年に上部工未施工のケーソンが滑動した。28年のケースは凸起をもつブロック基礎上に凹部を持つケーソン(ろ型)を据えたものであるが、昭和26年の台風で施工中に滑動したものを一度据え直している。このため凸起が壊れ被災時には設計で考えていたホゾの効果がなくなっていたものと思われる(設計波7.0m、入射角 $\beta=34^\circ$ 、マサツ係数 $\mu>0.6$)。29年のケースは捨石基礎上に、底面港内側に凸起を持ったケーソン(に型)を据えたものであるが、根固一部未施工の段階で34cmほど港内側に滑動した(設計波7.0m、 $\beta=11^\circ 45'$ 、ケーソン底面に凸起を付けたために相対的に背後の根固量が増えるので背後の根固を堤体重量として考慮している)。に型と同じく底面に凸起を持つほ型ケーソン13函は、に型と同じ設計条件であるが完成以来被災していない。

⑪、⑫清水港興津防波堤は、先端ケーソンのみが滑動した唯一の例である。一般に堤頭函は堤幹部に比べ断面が大きいのであるが、興津防波堤の場合は同一断面であった。堤頭函のためか多少回転して滑動しており、40年の20号台風では先端側30cm、ケーソンと接している側は20cmであった。それが41年の26号台風では、先端側で元の位置から1mほどずれたが、ケーソンと接している側の変位は少なかった。なお、この防波堤は設計において

波の入射角 $\beta=35^\circ$ を考えている(堤頭面に灯台は設置されていなかった)。

⑬, ⑭神戸港第一防波堤は昭和9年の完成年の室戸台風で、総数95個のケーソンのうち63個のケーソンが滑動した。その後はケーソンの動くような被災はなかったが天端が1mほど沈下していたため、35年度から嵩上工事が始められた(+2.1m→+4.0m)。前面には消波用のテトラポッドを置き、背後の根固の抵抗と合わせて波高3mの波に耐えるようになっていた。しかし、39年、40年の台風により、嵩上された部分のケーソンが前面のテトラポッド未施工あるいはその飛散のため数10cm滑動した。嵩上および前面テトラポッドの未施工部分、嵩上施工部でテトラポッドの散乱の少ない部分のケーソンは滑動していない。

⑮, ⑯神戸港第三防波堤は、昭和12年に完成して以来本体部に被害を受けなかったが、39年の20号台風で初めてケーソン2函が45cmほど滑動した。40年の23号台風でもケーソンが滑動したが、そのうちの2函は39年に滑動したものである。この防波堤の法線は、港外側に凹のわん曲形をしているが、被災個所の法線は第一防波堤法線と略一致している。

⑰和歌山北港西防波堤は昭和36年度に完成したが、39年の20号台風により先端から5函目のケーソン1函が滑動および傾斜した。波高計のケーブルが切断したので観測記録はないが6m前後の波が来たものと考えられている。

⑱, ⑲和歌山港副防波堤は昭和35年度から工事が始められたが、39年9月の台風に際し、上部工の一部を施工中(前面根固ブロックは施工済)のケーソン5函が中央部で60cm、端部で20cm程度滑動した。また、40年9月には全14函中3函が滑り(10~60cm)、2函が傾斜、残りの9函は基礎地盤のすべり破壊により傾斜、陥没した。この時の天端高は12函が+2.80、2函が+2.21になっており、基礎は根固ブロックまで完成していた。

⑳姫路港節磨東防波堤は昭和38年度に完成したものであるが、39年の20号台風によりケーソン16函のうち12函が大きく傾斜、堤頭の1函は傾斜が少なく、基部3函の傾斜も少なかった。なお、この防波堤は入射角 $\beta=0^\circ$ の部分砕波で設計されていた。

㉑姫路港妻鹿西防波堤は昭和38年度から工事が始められていたが、39年の20号台風により蓋コンクリートまで施工し、上部工が未施工となっていたケーソン11函が滑動した。しかし、上部工完成断面および上部工、パラベット完成断面は被災をまぬがれた。なお、この防波堤は入射角 $23^\circ 30'$ の部分砕波で設計されていた。

㉒神戸港長田防波堤は昭和38年度に完成した延長80mの短い防波堤であるが、39年の20号台風により先端部のケーソン3函45mが傾斜、転倒し、基部の前面テトラポ

ッド被覆の場所打単塊部は全壊した。堤頭面には灯台があったが、このケーソンが転倒し、続く2函が傾斜した。なお、ケーソンは重複波で設計されていた。(表一、232頁参照)

2. 波圧強度について

現在、我々は砕波の平均波圧を $1.5wH$ (w : 海水の単位体積重量、 H : 有義波高)と仮定するいわゆる広井公式で、砕波圧を受ける防波堤の設計を行なっている。つまり、 wH に対し1.5という係数を使っている。そこで、とりまとめた22個の滑動例より、現地において実際に働く波圧強度の推定を試みた。なお、22例の中には、傾斜した例も2、3含まれているが、ここでは一応滑動現象もあったと考えてケーソンの滑動として整理した。

表一1に計算した値の算出法は以下のとおりである。

- 1) 堤体は原則としてケーソンおよびその上部工としその重量は設計々算書に依った。計算書のないものについては、中詰がコンクリートの場合、堤体の水中単位体積重量を 1.3 t/m^3 、中詰が砂、砂利、鉋さいなどの場合堤体の水中単位体積重量を 1.1 t/m^3 と考え堤体はいずれもその天端まで水中に浸った状態の重量 W を算出した。
- 2) ケーソン底面と基礎捨石の間のマサツ係数 μ は0.6とした。基礎がコンクリートの場合はそのマサツ係数を0.5とした。
- 3) 波高は目測したもの、実測したもの、推算したものなど精粗さまざまであるが、一応すべて堤体前面の有義波であるとして計算した。また、来襲波の防波堤への入射角なども不明なものがほとんどであるので、すべて直角に入射したと考え、それがケーソン下面(h_3)から、堤体天端(h_2)まで作用するとして計算した。
- 4) 以上により堤体の単位長さあたりの水中重量 W を求め、これにマサツ係数 μ を乗じた値を、堤体の単位長さあたりの受圧面積(h_2+h_3)で割って、移動限界波圧 P_{crit} を求めた。

$$P_{crit} = \frac{\mu W}{h_2 + h_3}$$

- 5) つぎに P_{crit} を wH (w : 1.0 t/m^3 とする)で割って、無次元波圧強度 k を求めた。
- 6) k を1.5で割って、根固水深に無関係に仮に広井式による砕波が働いたとして、ケーソンの滑動安全率を求めておいた。

表一1に示したように k の値は0.73から2.03までばらついている。ここで、 k の意味をもう少し詳しく説明する。今、設計波高 H_u の広井式による砕波圧を受ける防波堤を滑動に対する安全率1.2で設計すると

$$\text{滑動安全率 } f = \frac{\mu W}{1.5 \omega H a \cdot h} = 1.2$$

$$h: \text{堤体の高さ}$$

となる。この防波堤が H_a の波で滑動したとすると $k=1.8$ 、設計波の 2 割増の波で滑動したとすると $k=1.5$ と計算される。

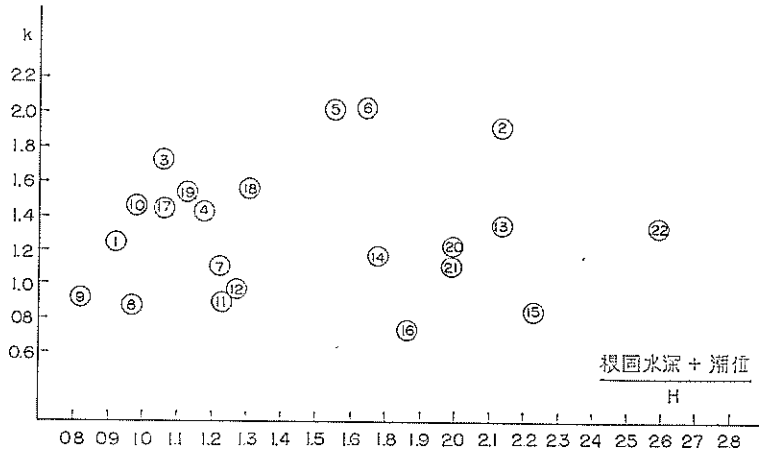


fig-1 根固水深と無次元波圧強度の関係

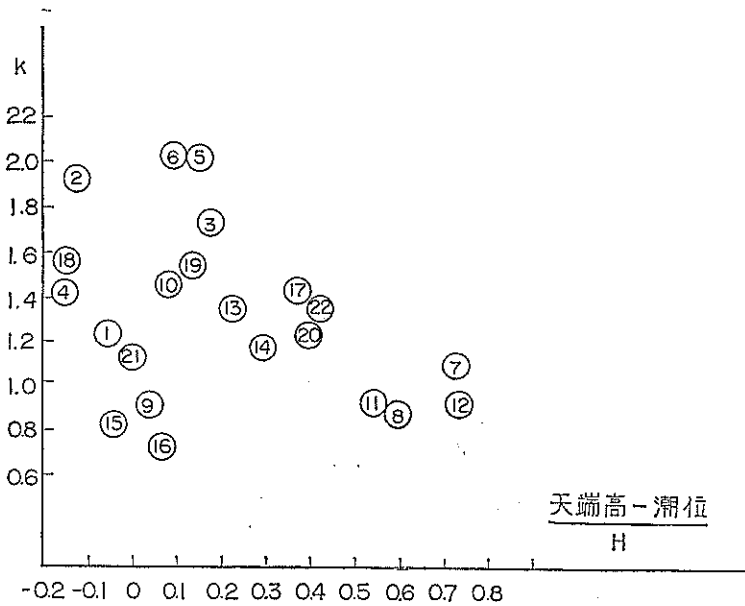


fig-2 天端高と無次元波圧強度の関係

表一1の22個の滑動例についての無次元波圧強度 k の平均は1.32となる。つまり、来襲波は $1.32wH$ 以上の波圧強度を持っていたということになる。また、防波堤が滑動安全率1.2で設計されたものと仮定すると、設計波の1.36倍以下の波で滑動したという計算になる。

つぎにこれらの無次元波圧強度 k が根固水深、天端高によってどう変わるかを見るため、 $(h_1 + \text{潮位})/H$ 、 $(h_2 - \text{潮位})/H$ に対して k をプロットしてみた。なお、ケース①、②の潮位は不明のため他の例から推して+1.00としてプロットした。fig-1は根固天端までの水深と k の関係を見たものである。現行の設計法では根固水深/波高が2.0を越えると重複波が作用すると考えている。しかし fig-1 を見ると根固水深と波圧強度の間には目立った関係は見られない。水深が浅いところで小さい波圧強度を示すものもあれば、水深が深いところでかなりの波圧強度を示す例もある。fig-2は天端の高低が波圧強度に及ぼす影響を見たものである。この図についても目立った関係は見られないが、潜堤のような状態にあっても、かなりの波圧強度を示す例がある。

3. 移動しなかったケーソンについて

今回とりまとめた22個のケーソン移動例の中には、被災ケーソンと同一法線上に在りおそらく同じ波を受けながら、断面の異なるためかケーソンが移動しなかった例が表一1の留萌、根法華、酒田、神戸、姫路の例に見られた。表一1のその他の例はケーソンが全部被災したケース(③, ⑬, ⑭, ⑲, ⑳), 同一断面の防波堤の一部が被災したケース(②, ⑪, ⑫, ⑮, ⑯, ⑳)である。上記のケースをまとめたのが表一2である。ただし、留萌は34年のケースのみ扱った。表一2の諸数値の計算方法は表一1と全く同じである。表一2の9ケースの無次元波圧強度 k の平均は1.26となる。したがって来襲波の波圧強度は $1.26wH$ 以下であったということである。もし $1.5wH$ の波圧強度が働けば、その時の滑動安全率は表一2の右端に示したものとなる。この値と各ケースに対応する表一1の滑動安全率を比べると表一2の値の方が大きい場合が多いが、留萌の例を除いてすべて1.0を切っている。一般に、ケーソンの滑動において、同一断面のものが全部滑動する場合は波力の大きさに原因されるが、同一法線上の同一断面のものが一部滑動する場合は、その挙動の差をうまく説明できない場合がある。しかし、表一2の例は断面の相違がその挙動の相違となって現われたケースと考えられる。今後、こういうケースが多く集められ、断面の相違による挙動の相違が究明されれば安定な防波堤(ケーソン堤)とはどんな断面のものか、不安定な防波堤(ケーソン堤)とはどんな断面のものかの傾向がわかり、以後の設計、施工に大いに参考になると考えられる。表一2の各ケースについて簡単に

説明する。(表一2, 234頁参照)

3.1 留萌港南防波堤

この防波堤は延長935mのうち、基部側455m(A部)と沖側480m(B部)で法線が約20°異なっているのので、正しくは同一法線上ではないが、防波堤完成以来A部のケーソンは滑動したことがないが、B部は施工中、完成後も数回滑動している。A、B部ともケーソンの大きさは同じであるが、A部はブロック基礎上にケーソンを据えた直立堤形式(図一52)であり、B部は捨石基礎上にケーソンを据えた混成堤形式(図一53)の相違がある。今、A部に重複波圧(波圧強度を1.0とする)、B部に碎波圧(波圧強度を1.5とする)がかかるとして波高6mの波(調査表に記入されている H_{\max})で滑動安全率を計算すると

$$A部 \quad f = \frac{\mu W}{1.0wHh} = \frac{0.5 \times 122.6}{1.0 \times 6 \times 9.0} = 1.12$$

$$B部 \quad f = \frac{\mu W}{1.5wHh} = \frac{0.6 \times 120.5}{1.5 \times 6 \times 8.9} = 0.90$$

となる。ただし、A部にはコンクリートとコンクリートの間のマサツ係数0.5、B部にはコンクリートと捨石の間のマサツ係数0.6を使った。したがって、A部に滑動がないのは前面水深が深い($h_1/H=2.32$)ために重複波に近い波圧が働いているか、あるいは図一52に示したケーソン底面と基礎ブロック間のホゾがかなりのマサツ係数を持っているためと考えられる。

3.2 根法華港東防波堤

東防波堤は27年度から延長工事をしており、昭和30年頃には延長54mの甲部(ケーソン寸法、幅9.0×高さ6.0×7.5、図一70参照)が、34年には延長110.3mの乙部(ケーソン寸法、幅7.5×高さ6.0×9.0、図一71参照)が完成した。しかし34年、35年の台風で乙部が2度にわたり滑動した。当初設計によると設計波はどちらも3.1mの碎波が直角にあたるとしているが、乙部の方は、沖側にあるにかかわらず、前面の岩礁(高さ-2.4m)の存在により、-2.4m以下ケーソン下面(-5.0m)までは波圧を減減させていた。このため堤体幅が甲部に比べ少なくなっていた。今、2節で述べた約束で、甲、乙部の滑動安全率を計算すると、

$$甲部 \quad f = \frac{\mu W}{1.5wHh} = \frac{0.6 \times 79.7}{1.5 \times 3.1 \times 9.2} = 1.12$$

$$乙部 \quad f = \frac{\mu W}{1.5wHh} \\ = \frac{0.6 \times 67.6}{1.5 \times 3.1 \times 6.6 + 1.5 \times 3.1 \times 2.6 \times 0.5} = 1.10$$

となる。実際には34年には4.0m、35年には5.0mの波で乙部のみが滑動した。現在の設計波4.9mから考えると

3.1m の設計波は小さかったわけであるが、前面の浅瀬が設計で考えたような消波作用を起こさなかったものと考えられる。乙部ケーソンの底面から上部工天端までに広井式による波圧を作用させると $H=3.1\text{m}$ に対し $f=0.95$ となる。

3.3 酒田港南防波堤

28年1月のケースは、同一断面のろ型ケーソン(図-137参照)のうち、ろ-1号が滑動し、当時施工端部で先端部となっていたろ-2号は滑動しなかった。いずれのケーソンも上部工は未施工で蓋コンクリートまで完成していたのであるが、ろ-1号の方は施工途中、中詰の段階で一度滑り、据付直しをしたものである(この時にケーソン底面のホゾが壊れたと考えられている)。なお、ろ型の設計波は $H=7.0$ 、 $\beta=34^\circ$ 、浮力は全堤体が受けるとしている。設計々算書はないが、現行設計法でマサツ係数を逆算すると

$$f = \frac{\mu W}{1.5\mu H \cos^2 \beta \cdot h}$$

$$\mu = \frac{1.2 \times 1.5 \times 1.03 \times 7 \times \cos^2 34^\circ \times 6}{68.54} = 0.78$$

となる。28年1月の6mの波に対し、ろ-1号を $\mu=0.5$ ろ-2号を $\mu=0.8$ で滑動に対する安全率を計算すると

$$\text{ろ-1号 } f = \frac{0.5 \times 60.2}{1.5 \times 6 \times 5.15} = 0.65$$

$$\text{ろ-2号 } f = \frac{0.8 \times 60.2}{1.5 \times 6 \times 5.15} = 1.04$$

となる。したがって、このケースはケーソン底面のマサツ係数に差があったものと考えられる。

29年9月のケースは、29年7月に据え付けたに型ケーソン1函(当時堤頭部)が、上部工および根固一部未施工の段階で滑った。波高5.2mの波に対し、上部工未施工のろ型、は型、に型ケーソンの滑動安全率を計算すると

$$\text{ろ型 } f = \frac{0.8 \times 60.2}{1.5 \times 5.2 \times 5.15} = 1.20$$

$$\text{は型 } f = \frac{0.6 \times 87.8}{1.5 \times 5.2 \times 7.5} = 0.90$$

$$\text{に型 } f = \frac{0.6 \times 89}{1.5 \times 5.2 \times 7} = 0.98$$

となる。は型ケーソンの安全率が低い、もし図-143に示すように根固が施工されていたとすると、滑動しなかったのはこの重量が効いたと考えられるが、被災時の根固施工状況が不明のためはっきりしたことはいえない。

3.4 神戸港第一防波堤

当初の設計波高は2.5mと考えられているが、昭和35年からの第一防波堤嵩上工事では $H=3.0$ 、テトラポッ

ドによる波圧減殺率を33%、背後の根固ブロックの抵抗も考えて設計している。この防波堤が39年、40年の台風で2度滑ったのであるが、その位置は嵩上部分のうち前面のテトラポッド未施工箇所およびテトラポッドの施工端部でその散乱の大きかったところである。嵩上未施工部分(天端高+2.1m)は、いずれの場合もケーソンは滑動していない。今、波高3.8mに対し滑動安全率を計算すると(背後根固30.6t/mは当初から考慮されているのでこれを計算に入れる)

嵩上断面(天端高+4.0)

$$f = \frac{0.6 \times (53.3 + 30.6)}{1.5 \times 3.8 \times 9.78} = 0.91$$

嵩上未施工断面(天端高+2.1)

$$f = \frac{0.6 \times (41.9 + 30.6)}{1.5 \times 3.8 \times 7.88} = 0.97$$

となる。堤前面の断面は同じと考えられるから、上式では同じく広井式による砕波圧をかけているが、堤体にテーパーがついているため、天端高+4.0mの嵩上断面は受圧面積の増加の割に重量が増えないため、安定計算では天端高+2.1mの場合に比べ、安全率が小さく出る。嵩上部分でもテトラポッドの散乱の少ないところのケーソンはいずれも滑動していない。

3.5 姫路港妻鹿西防波堤

39年9月の20号台風に際し、西防波堤は施工中であったため、同一法線上に相異なる3断面が存在し、そのうちの1断面(蓋コンクリートまで完成断面)が滑ったものである。完成断面(図-267参照)に対する当初の設計は、 $H=3.0\text{m}$ 、 $T=6.6\text{sec}$ 、 $L=54.98\text{m}$ 、入射角 $\beta=23^\circ 30'$ 、 $h=9.85$ として部分砕波圧で設計している。その滑動安全率は以下のとおりである。

$$f = \frac{\mu W}{P} = \frac{0.6 \times 69.18}{28.82} = 1.44$$

来襲波 $H=3.8$ に対し広井式による砕波圧を、天端高+4.0mの完成断面(A)、天端高+2.5mの上部工まで完成の断面(B)、天端高+2.0mの蓋コンクリートまで完成の断面(C)にそれぞれかけてやると、滑動安全率は以下のようになる。

$$\text{A断面, } f = \frac{0.6 \times 69.18}{1.5 \times 3.8 \times 10} = 0.73$$

$$\text{B断面, } f = \frac{0.6 \times 64.79}{1.5 \times 3.8 \times 8.5} = 0.81$$

$$\text{C断面, } f = \frac{0.6 \times 57.78}{1.5 \times 3.8 \times 8.0} = 0.76$$

計算上は完成断面が一番不安定となる。波が同じよう

に当たるとし、マサツ係数が同じであるとするとA、B部が滑らなかったのは上部工が連続していたことによる構体の一体性が効いたと考えられる。

4. ケーソン災害に見られる特徴について

今回の調査範囲から気の付いたケーソン災害の特徴を事例をあげてとりまとめておく。

4.1 ケーソンの据付後経過年数について

ケーソンが移動した表一の22例を、防波堤完成後の経過年数で分類すると以下ようになる。

施工中	10例	
完成後	2年以内	7例
	4年以内	1例
	25年以上	4例

完成後25年以上経て滑動した例は、神戸港第三防波堤の2例と留萌港南防波堤の2例である。このうち神戸港は39年、40年に2度滑動したのであるが、留萌港の例は施工中からもかなり滑動しており、しかも昭和3年の完成以来ほとんど補修されていないので累災も含まれていると考えられる。

こうして見ると完成後4～5年以上経過したケーソンは、滑ることが少ないといえようである。特に、冬期風浪で災害を受けやすい北海道の防波堤についてはこのことがいえる。第18回直轄技研での北海道開発局の報告資料でも、ケーソン滑動例のほとんどが施工中および完成後1～2年の冬期風浪で被災している。したがって、完成後2～3年の間の冬期風浪に耐えたケーソンはまず安定と判断される。台風による波が大きいところでは、大きな台風が来ない限り安定かどうか判定できないから、経過年数は関係ないと考えられる。しかし、近畿地方に大きな災害を残した6420号台風の調査報告書によると、主な被災例として掲げてあるケーソン堤7例のうち神戸港第三防波堤以外はすべて完成後4年以内の被災である（神戸港第一防波堤は在来堤が滑らず、嵩上部分が施工中に滑ったので施工中の災害として扱った）。断面の小さい神戸港第三防波堤（移動限界波圧 $P_{crit}=3.19\text{ t/m}^2$ ）の被災に比べ、断面の大きい長田港、姫路港の被災の程度が大きいを見ると、年数を経ることによる基礎の締まり具合、ケーソン底面と基礎の間のなじみの違いなども効いてくるものと考えられる。

4.2 ケーソンの施工中の災害について

表一には施工中の災害が10例あり、災害例22例の45%にあたり、ケーソンが施工中に災害を受けやすいことがわかる。神戸の例を除く8例は新しく築造中のものであり、和歌山本港副防波堤は上部工を施工中の災害であるが、残り6例は蓋コンクリートまで完成している段階で被災したものである。

施工中の災害については今までもその弱点が指摘さ

れているが、今回の集計例から一つははっきりといえることは上部工が連続していないことによる不利である。妻鹿西防波堤の例は3.5でも述べたように、現行設計法で計算する限りはより不安定なパラベット部までの全断面完成部が滑らず、蓋コンクリートまでの完成断面（11函）がすべて滑っている。しかも上部工完成断面の上部工施工地は1函ごとに切っておりエラストイトを介して連続していたが、この連続面に明らかに移動に対し抵抗したと思われる圧縮破壊の跡が見られた。

その他施工中の弱点としてはよくいわれるケーソン据付後日の浅いことによるケーソン底面と基礎石の間のなじみの不足、基礎の締まりの不足が考えられる。また、上部工が完成している場合は、その天端が高いため蓋コンクリートまでの完成断面に比べ、設計で考えるような天端まで海水を被る状態が起こりにくいことによる相対的な自重の増加が微妙に影響するのではないかと考える。

4.3 防波堤法線の形状について

収録した20港のうち、いわゆる凹部を有するケーソン式防波堤は榎法華港東防波堤、岩内港西防波堤、小名浜港西防波堤、神戸港第三防波堤の4例である。このうち神戸港は円弧状の凹部で法線が連続して変わっているが、あとの3例はある角度（20°～40°）で折れ曲った凹部である。榎法華港東防波堤の災害は凹部形成中の災害であっていわゆる凹部のため波が集中したことによる災害とはいいいがたい。小名浜は捨石の吸い出しによるケーソンの前傾、沈下である。岩内港の例は図一30に明らかのように延長工事中6函のケーソンを据えたうち凹部の隅角側の2函が滑っているので、よくいわれる凹部による波の集中による被災と考えられる。

神戸港第三防波堤は、大きくわん曲した法線を持っておりいわゆる凹部という感じではない。しかも、わん曲部に被災したのではないが、法線が約90°にわたって連続的に変化しているため過去の災害箇所から設計波向が判定できる好例である。図一204、206を併せて見ると法線の違いによる被災の差がはっきり現れており、南面している第三防波堤東部は第一防波堤と同じくケーソンが滑動しているが、それらと法線を異にする第二防波堤、第三防波堤西部は完成以来ケーソンは滑動していない。

その他法線の形状とケーソンの災害で気の付いた点は秋田港南、北防波堤、酒田港南、北防波堤、和歌山本港南、北防波堤のように海に突出している防波堤では、ケーソンが滑るような災害は起こっていない。

4.4 堤頭函について

港研資料 No.30によると、47港58防波堤について堤幹部と堤頭部の断面の実状を調査している。それによると半数近い26例では堤頭部の直立部断面を大きくし、8例が直立部以外のところで堤頭部として対策を講じてお

り、23例は堤頭部断面が堤幹部と全く同じになっている。今回の調査例では大半の防波堤が堤幹部より大きい直立部断面を持つ堤頭部を有している。表一1に示す移動例のうち堤頭函が移動したのは清水、飾磨、長田の3例である（施工中の先端部は除く）。このうち清水港興津防波堤の堤頭函は堤幹部と同一断面で堤頭部のみ被災している。飾磨東防波堤の堤頭部は堤幹部（ケーソン幅7.5m）に比べケーソン幅も1m大きく、基礎も鈍さいで置き換えてあった。被災はほぼ全長にわたって傾斜しているが堤頭函の傾斜量は少なく、隣接ケーソンの傾斜による連れ込みではないかと考えられている。長田防波堤はケーソン部は3函でその堤体幅は同じであるが堤体の高さ、重量などが堤頭部と他の2函では違っていた。被災は全体に傾斜したものであるが、堤頭函は完全に横倒しになっている（堤頭函には灯台が設置されていた）。

その他の滑動例では断面の大きい堤頭函は滑動をまぬがれている。なお、一般には堤頭函には灯台を置くが、これは普通滑動に対し安全側に作用している。上記3例のうち、飾磨、興津の堤頭函には灯台は設置されていなかった。

4.5 ケーソン本体の被災と鉄筋量について

今回の調査では完成断面のケーソンが破壊したり、ケーソンにき裂の入ったような例はほとんどなかった。唯一の例は網走港東防波堤で、ここの堤頭函は34年度に据付け上部工未施工（蓋コンクリートの厚さは1m）であったが、36年1月の波浪でケーソンにき裂が生じ、中詰砂が流出して蓋コンクリートが10cm程度下がった。このケーソンの鉄筋量は不明だが、堤幹部ケーソンの鉄筋量（29kg/m³）と同じぐらいだったと思われる。なお、き裂の原因はケーソン内部の氷圧ではないかと考えられている。ケーソンに入っている鉄筋量を取りまとめたのが表一3である。設計法の違い、中詰の違いにより最近のケーソンでは、戦前のものに比べ鉄筋量が増えているが、北海道の防波堤のケーソンの中に、鉄筋量のかなり少ないのがある。（表一3、234頁参照）

5. 捨石部の散乱について

巻頭に示した「防波堤の被災年月一覧表」によると、北海道港湾は6港56ケースのうち21ケース（38%）が堤本体も被災し、本州、四国、九州の港湾では沈船防波堤を除くと19港84ケースのうち18ケース（21%）が堤本体も被災している。なお、ここでは石張堤の破壊も堤本体の被災として数えたが、直立形式の堤体に限るとこの数はもう少し減る。したがって、防波堤災害の大部分は捨石部の災害と考えてよい。ところが捨石の大きさを求める計算式としてイリバレン式が使われ出したのが昭和30年以後で、それまではほとんど経験的に決められていた。また、捨石重量を求める公式により被災例を検討す

るとしても、重量を決めるのに影響する因子が多い。それに捨石部は一般に海中ゆえ施工の確認、被災の確認が陸上部ほどはできないことが多い。

以上問題点が多いので各ケースの詳細な検討は行なわず、各ケースをまとめて気付いた特徴をあげておく。表一4には収録した捨石部災害のうち、比較的捨石部断面の寸法、捨石の大きさなどがはっきりしているものを掲げた。巻頭の表から捨石部の被災の多い防波堤を拾うと岩内西防波堤、留萌南防波堤、秋田南防波堤、酒田南防波堤、新潟西突堤、和歌山南・北防波堤などである。このうち岩内、留萌を別にして残り4の防波堤への波の入射角を現在の設計波向から求めると約40°~50°という大きなものになっている。したがってかなりの沿い波が発生し、捨石を散乱させていると思われる。逆にこれらの防波堤の直立部ケーソンは4.3でも触れたようにこの入射角の影響からか完成以来全く滑動していない。（表一4、236頁参照）

6. 異型ブロックの散乱について

異型ブロックのうち、テトラポッドが直轄港湾に使用されたのが昭和33年であるから、ようやく10年の歴史である。ここでは異型ブロック被覆堤の被災に関し、現時点で気の付いた点を記す。堤体前面に根固あるいは波圧減殺の目的で使用された異型ブロックの施工例を表一5に示す。この表には被災例、無被災例併せて載せてあるが、被災例については被災年月、来襲波および復旧方法を記しておいた。

6.1 波圧減殺率と堤体の移動について

新しい設計基準では波圧減殺率を1/3と決めているが、基準ができるまでは減殺率を決めたものではなく設計書によると33%から64%までの範囲で使っている。留萌の例は前面の水平方向に測ったテトラポッドの厚さによって減殺率が異なるので、堤脚に向かうほど減殺率を大きくとり平均で63.2%の波圧減殺率を取っている。新潟港西防波堤では34、5年頃40%という値、神戸港では33%、和歌山港南防波堤では50%の波圧減殺率を取っている。しかし減殺率の違いはともかく異型ブロックが大きく散乱しない場合は堤体の移動した例はなかった。表一5では和歌山、長田以外は既設堤を異型ブロックで被覆しているので、堤体自体にかなりの余裕があるものと考えられる。神戸港では設計波以上の波が来たが、多少のテトラポッドの散乱では堤体に異常を来たしてない。しかし、前面のテトラポッド未施工、あるいはその散乱の大きいところでは一部堤体が滑動している。

表一5に掲げた例はほとんど堤体と異型ブロックにかなりの経過年数の違いがあるので一概にはいえないかも知れないが、一般には堤体に比べ異型ブロックの方が不安定となっているので、異型ブロックの消波効果を期待

する防波堤では、少なくとも一波浪期間に異型ブロックが全部取られることは避けなければならない。

6.2 異型ブロックの積み方について

異型ブロックが安定か否かはその重量に依るところが大きいわけであるが、今、重量は別にしてその積み方と被災状況の関係を調べてみる。異型ブロックの散乱およびその復旧工事を集めてみると、堤体天端より低かった異型ブロックは、その天端を復旧で堤体天端まで嵩上している例が多い(岩内、楢法華、神戸、長田)。その場合、異型ブロック重量も増している。今回の収録例からは、堤体天端より異型ブロックの天端が低い場合は散乱の度合いが大きいようである。神戸港の39年災の報告書によると4tテトラポッド部の方が8tテトラポッド部より散乱が少なかった。8tテトラポッドが堤幹部側にあったという場所的條件の違いもあるだろうが、その散乱原因の検討で、4tテトラポッドの方が天端が高く堤体天端より0.5m高かったため、反射波による散乱が少なかった(模型実験の結果に同じ)といわれている。逆に、テトラポッド天端が堤体天端より高かった和歌山の例は、散乱程度が少なく、散乱といっても完成直後のためむしろテトラポッドの締まりの割合が大きかったと考えられている。テトラポッドがかなりの期間安定している例として留萌の例があるが、ここは25tテトラポッドを当初から堤体天端まで施工している。

もちろん異型ブロック天端が堤体天端より低くても安定している例もあるが、最近の施工例をみるとほとんどが堤体天端近く、あるいはそれ以上に積んでいる。

6.3 堤頭部および施工端部について

施工途中の端部および最終的な施工端部である堤頭部は、一般にいわれているようにやはり弱点となっている。楢法華港東防波堤丙部は堤幹部4t、堤頭部8tのテトラポッドで根固を施工していたが、いずれも散乱し12.5tに増量し復旧している。新潟港西防波堤の35年の散乱のケースは、12.5tテトラポッドで堤体天端より高く積んで堤頭部だけを巻いたものであるが、竣工後の冬期風浪で大部分散乱した。神戸港第一防波堤は嵩上工事施工中に2度にわたり大きな台風を受けたが、いずれの場合も施工端部の散乱が大きくその部分だけは背後のケーソンに滑動が生じた。また堤頭部は、堤幹部の4t、8tに対し、12.5tテトラポッドを使用していたが、これも散乱したので40年災後は堤幹部8tに対し、堤頭部は25tテトラポッドを使用している。その他、和歌山の南港防波堤は延長350mにわたり5tテトラポッドで前面を被覆していたが、散乱の大きかったのは先端部30mと報告されている。(表-5、238頁参照)

7. その他

以上、防波堤直立部ケーソン、捨石部、異型ブロック

の災害についてその特徴をとりまとめたが、この節では以上のほかに、防波堤の災害に関し気付いた点を記しておく。

7.1 各構造様式の強さについて

ある構造が長期間耐えるかどうかは、その場所に来襲する波の強弱に大きく左右されるわけであるが、今、その場所の波の強弱を別にして各構造様式がどのくらいの期間もっているかを今回の収録例からみる。

鹿児島港の新波止場、三五郎波止場は明治以前に完成したものであるが、昭和26年鹿児島に上陸したルース台風で全壊するまでは、実に80数年以上その機能を果たしてきた。その構造は石張式であるが、控え長を90~120cmとって入念に施工されていたため長期間耐えたものと思われる。秋田港南防波堤、和歌山港北防波堤(石張部の完成年不明)の基部にも石張式の構造があったが、戦後の災害でいずれも他の構造に変わっている。

ブロック積構造で比較的長期間安定しているのは小樽港北防波堤(完成以来現在まで60年間)、小名浜港東外防波堤(40余年)、酒田港南、北防波堤(約40年)、和歌山本港南、北防波堤(約30年)、小松島港北防波堤(30余年)などである。酒田港では一部堤体ブロックの移動した箇所もあるが、他の例では捨石部の散乱はあっても堤体ブロックの移動、散乱はない。岩内港西防波堤A部は、戦後ケーソン構造に断面が変わったが、明治43年の完成以来かなりの期間耐えたものである。これらの堤体ブロックはほとんどの場合、ホゾが設けられている。岩内の例はホゾに加えブロックに鉛直の孔を通し、据付後コンクリートで中詰を行なってブロックの一体性を増している。

しかし、石張式、ブロック式、ケーソン式を比べた場合、やはり石張式が弱いことは、鹿児島港三五郎波止場、和歌山本港北防波堤の被災例で明らかである。ブロック積とケーソン式の場合はその構造上の優劣はつけがたい。小名浜港の東外防波堤(ブロック)と西外防波堤(ケーソン)、小樽港の北防波堤(ブロック、ケーソン)の例のように40~60年間にわたってどちらの堤体にも異常を来してない例がある。一方、留萌港南防波堤A部はブロック基礎(厚さ6.6m)上に、ケーソン(高さ7.9m)を据えた直立堤であるが、完成後40余年して基礎ブロックのゆるみが目立ちはじめ全面的に復旧した。また、岩内港西防波堤A部は、戦後堤体ブロックの散乱、崩壊が著しくなったためケーソン構造に変えたが、西防波堤B部のケーソンは昭和9年完成以来本体部の被災はない。酒田港南防波堤は基部側がブロック積に対し、先端部はケーソン式であるが、ブロック部の方が基礎捨石部の散乱の影響を受けやすく、ブロック積本体部の復旧工事を行なっている。

7.2 サンドマスチックについて

サンドマスチックは使われてからまだ日が浅いため施工例も少なかったのであるが、今回の調査では菟田港と和歌山港に施工例があった。菟田港は東防波堤の港外側根固被覆部に1t被覆石に代わってサンドマスチックのみを一部試験的に、和歌山港は南港防波堤の港内側被覆石に使用されたが、台風の際いづれもサンドマスチック施工部は散乱をまぬがれている。この経験より和歌山では復旧工事において全面的にサンドマスチックを使用している。

アスファルトマットについては施工例も少なく(有田港防波堤……38年度完成、姫路港妻鹿西防波堤……42年度完成)、経過年数も少ないので、まだその効果は不明であるが、和歌山諸港の防波堤に大きな災害をもたらした39年9月の20号台風の際し、有田港防波堤(設計波5m)のケーソンは滑動していない。

7.3 異型根固ブロックについて

根固ブロックとしては一般には直方体のものが使用されるが、異型のものを使った例が2つあった。酒田港南防波堤の延長工事では、図-148に示す各種の異型根固ブロックが使われた。36年の台風では23tの普通の直方体ブロックが散乱したのでその復旧に図-148のようなかみ合わせ型の異型ブロックを使い、重量も50tに増量したのであるが、その後の散乱はなかったようである。小樽港でも根固ブロックの形状に工夫がなされている。ここは、当初直方体の根固ブロックを4~5列前面に並べていたのであるが、揚圧力により抜け出ることがしばしばであったため、図-2に示すような斜塊(24t)に変え、その後根固ブロックの散乱することはなくなった(「北海道港湾変遷史」といわれている。実際、小樽の島防波堤はほとんど災害を受けず34年になってはじめて基礎の根固の復旧を行なった。もっとも、同じ斜塊でもより波浪の強いと思われる留萌ではほとんど散乱しているので、小樽港において成功したという例である。

参 考 文 献

直轄港湾工事年報以外に、被災例の収録およびそのと

りまとめに際し参考とした文献を以下に挙げておく。

- 1) 黒田静夫, 石綿知治: 防災工学, 山海堂, 昭和35年
- 2) 中村康次: 北海道港湾変遷史, 昭和35年
- 3) 合田良実: 防波堤ケーソンの滑動例から見た現地波力強度について, 港湾技術研究所防波堤研究室資料 No.35, 1965年
- 4) 高鍋令一, 柴田孝雄: 姫路港における防波堤について, 昭和41年
- 5) 運輸省港湾局: 港湾技術要報 No. 6, 1953年
- 6) " : " No.17, 1957年
- 7) " : " No.48, 1966年
- 8) 第一港湾建設局新潟調査設計事務所: 酒田港設計々算書, 昭和42年
- 9) 第一港湾建設局・新潟県・新潟市: 新潟の地盤沈下第三輯, 昭和38年
- 10) 第一港湾建設局: 新潟港西防波堤嵩上工事について, 第11回直轄港湾工事技術研究会報告議題, 昭和35年
- 11) 第三港湾建設局: 第6420号台風に関する調査, 昭和40年
- 12) 第三港湾建設局: 第二回第三港湾建設局技術報告会報告概要, 1966年
- 13) 第三港湾建設局神戸港工事々務所: 神戸港第一防波堤嵩上げ工事の記録
- 14) 北海道開発局港湾部: 防波堤の洗掘防止工法について, 昭和40年
- 15) 北海道開発局港湾部: 北海道開発局管内における最近の港湾災害について, 第18回直轄港湾工事技術研究会報告資料, 昭和42年
- 16) 内務省新潟土木出張所: 沿革とその事業, 昭和5年
- 17) 大蔵大臣官房臨時建築課神戸出張所: 神戸税関新設備報告, 大正12年
- 18) 運輸省港湾局計画課: 日本港湾史, 昭和24年
- 19) 運輸省鉄道技術研究所: 港湾構造物集覧第一集, 昭和23年
- 20) 運輸省港湾局: 港湾構造物集覧第二集, 昭和27年。

表一 直 立 部 け

	港 名	防波堤名	被災年月	設 計 波	H. W. L	完 成 年	潮 位	波 高 H	前面水深 h ₀
1	岩 内	西 防 波 堤	31. 9	不明	+0. 4	施 工 中	—	4.5	-6.0
2	"	"	40. 12	4.48	"	施 工 中	—	3.94	12.0
3	網 走	北 防 波 堤	2. 12	不明	+1. 2	2 年	+1.50	(5.4)	-10.91
4	留 萌	南 防 波 堤	大正9年	"	+0. 3	施 工 中	+1.50	(5.8)	-14.5
5	"	"	34. 9	"	"	3 年	+0.60	4.0	-13.0
6	"	"	36. 9	"	"	3 年	+0.94	4.0	-9.0
7	根 法 華	東 防 波 堤	34. 9	3.1	+1. 4	34 年	+1.25	4.0	—
8	"	"	35. 10	3.1	"	34 年	+1.25	5.0	—
9	酒 田	南 防 波 堤	28. 1	7.0	+0. 7	施 工 中	+0.9	6.0	-7.0
10	"	"	29. 9	7.0	"	"	+0.6	5.2	-8.5
11	清 水	興津防波堤	40. 9	4.5	+1. 7	40 年	+1.9	6.0	-8.5
12	"	"	41. 9	4.5	"	40 年	+1.7	5.8	-8.5
13	神 戸	第一防波堤	39. 9	3.0	+1.73	嵩 施 工 中	+3.2	3.8	-14.0
14	"	"	40. 9	3.0	"	"	+2.76	4.35	"
15	"	第三防波堤	39. 9	2.5	"	12 年	+3. 2	3.8	-11.2
16	"	"	40. 9	2.5	"	"	+2.76	4.35	"
17	和 歌 山	北港西防波堤	39. 9	5.0	+2.10	36 年	+2.78	6.0	-9.4
18	"	本港副防波堤	39. 9	5.0	"	施 工 中	+2.78	6.0	-10.3
19	"	"	40. 9	5.0	"	"	+1.96	6.25	-8.2
20	姫 路	御磨東防波堤	39. 9	3.4	+1.60	38 年	+2. 0	3.8	-7.5
21	"	妻鹿西防波堤	39. 9	3.0	"	施 工 中	+2. 0	3.8	-9.5
22	神 戸	長田防波堤	39. 9	3.0	+1.67	38 年	+2.98	3.8	-9.4

・③、④のHは目測最大波（ $H_{1/10}$ と仮定）を $H_{1/3}$ に換算。

・施工中というものは、少なくとも蓋コンクリートまでは完成しているものである。

ソンの移動例

根固水深 h_1	天端高 h_2	ケーソン 底面高 h_3	幅	中 詰	水中重量 $W t / m$	限界波圧 $P_{crit} t / m^2$	k P_{crit} / H	滑動安全 率 f	被災内容
-3.15	+0.75	-4.65	7.2	コンクリート	50.5	5.61	1.25	0.83	詳細不明
-7.0	+0.5	-8.5	11.5	鉋さ い	113.9	7.59	1.93	1.29	2函6~80cm
-4.24	+2.42	-7.27	11.52	コンクリート	151.0	9.35	1.73	1.15	全長2~6m
-5.36	+0.60	-7.27	10.6	"	109.0	8.31	1.43	0.95	4函数m
-5.6	+1.30	-7.6	"	"	120.5	8.12	2.03	1.35	5函最大1.5m
-5.6	+1.30	-7.6	"	"	"	"	2.03	1.35	16函最大70cm
-3.6	+4.2	-5.0	7.5	砂	67.6	4.41	1.10	0.73	3函0.5~2.1m
-3.6	+4.2	-5.0	"	"	"	"	0.88	0.59	11函数10cm
-4.0	+1.15	-4.0	9.0	コンクリート	60.2	5.84	0.97	0.65	1函7m
-4.5	+1.0	-6.0	9.0 10.0	"	89.0	7.63	1.47	0.98	1函34cm
-5.5	+5.0	-6.5	9.5	砂 利	104.4	5.45	0.91	0.61	1函25cm
-5.5	+5.0	-6.5	9.5	"	"	"	0.94	0.63	1函50cm
-4.5	+4.0	-5.78	3.0 6.97	コンクリート	83.9	5.15	1.36	0.91	2函20~60cm
"	"	"	"	"	"	"	1.18	0.79	1函90cm
-4.85	+3.02	-4.85	3.64 6.97	"	41.9	3.19	0.84	0.56	2函45cm
"	"	"	"	"	"	3.19	0.73	0.49	3函最大3.5m
-3.5	+5.0	-5.5	12	砂	151.1	8.63	1.44	0.96	1函25cm
-5.0	+1.8	-7.0	14	"	137.5	9.38	1.56	1.04	5函20~60cm
"	+2.8	-8.7	"	"	185.9	9.70	1.55	1.03	14函滑動, 傾斜
-5.2	+3.5	-6.0	7.5	砂 レ キ	73.8	4.66	1.23	0.82	16函傾斜
-5.2	+2.0	-6.0	6.5	"	57.8	4.34	1.14	0.76	11函10~100cm
-6.5	+4.5	-7.5	8.0 10.0	砂	103.0	5.15	1.36	0.91	3函傾斜, 転倒

表-2 移 動 し な か っ

港 名	防 波 堤 名	位 置	設 計 波	完 成 年	対 象 年 月	波 高 H
留 萌	南 防 波 堤	A 部	不明	3 年	34年 9月	4.0
般 法 華	東 防 波 堤	甲 部	3.1	30 年	34年 9月	4.0
"	"	"	"	"	35年10月	5.0
酒 田	南 防 波 堤	ろ 型	7.0	施 工 中	28年 1月	6.0
"	"	は 型	"	"	29年 9月	5.2
神 戸	第 一 防 波 堤	嵩 上 未 施 工 部	2.5	9 年	39年 9月	3.8
"	"	"	"	"	40年 9月	4.35
姫 路	妻 鹿 西 防 波 堤	完 成 部	3.0	39 年	39年 9月	3.8
"	"	上 部 工 の み 完 成 部	"	施 工 中	"	3.8

表-3 ケ ー ソ ン

港 名	防 波 堤 名	施 工 年 (昭和)	ケ ー ソ ン 寸 法 幅×高さ×長さ	中 詰
小 樽	副 防 波 堤	12 年	11×9×12	コンクリート
岩 内	西 防 波 堤 B	9 年	10.6×7.87×7.5	"
網 走	北 防 波 堤	2 年	11.52×8.48×9.09	"
酒 田	北 防 波 堤	16 年	8.0×6.7×5.5	"
新 潟	西 防 波 堤	16 年	9.0×7.8×6.0	"
小 名 浜	西 防 波 堤	13 年	11.1×7.7×18.75	"
和 歌 山	南 防 波 堤	17 年	7.5×5.6×15.0	"
鹿 児 島	北 防 波 堤	8 年	5.0×6.5×11.0	"
岩 内	西 防 波 堤 C 部	40 年	11.5×9.0×7.5	鈇 さ い
網 走	東 防 波 堤	37 年	8.5×9.0×14.1	砂
般 法 華	東 防 波 堤 乙 部	34 年	7.5×6.0×9.0	砂 石
酒 田	南 防 波 堤 ろ 型	28 年	9.0×5.15×9.0	コンクリート
小 名 浜	西 防 波 堤	40 年	10.0×9.5×15.0	砂
清 水	江 尻 防 波 堤	38 年	5.7×6.5×15.0	砂 利
長 田	長 田 防 波 堤	38 年	8.0×12.5×15.0	砂 レ キ
飾 磨	東 防 波 堤	38 年	7.5×7.5×10.0	"
妻 鹿	西 防 波 堤	39 年	6.5×8.0×10.0	"
輪 島	第 一 防 波 堤 頭 部	40 年	10.7×7.0×13.0	コンクリート

た ケ ー ソ ン の 例

潮 位	前面水深 h_0	根固水深 h_1	天 端 高 h_2	ケーソン 底 面 高 h_3	水中重量 W	限界波圧 $P_{crit} t/m^2$	h P_{crit}/wH	滑動安全率 f
+0.60	-13.9	-13.9	+1.82	-7.27	122.6	6.74	1.69	1.12
+1.25	-6.0	-4.0	+4.2	-5.0	79.7	5.2	1.30	0.87
+1.25	"	"	"	"	"	5.2	1.04	0.69
+0.90	-7.0	-4.0	+1.15	-4.0	60.2	5.84	0.97	0.65
+0.60	-8.0	-5.0	+1.0	-6.5	87.8	7.02	1.35	0.90
+3.20	-14.0	-4.5	+2.1	-5.78	72.5	5.52	1.45	0.97
+2.76	"	"	"	"	"	5.52	1.27	0.85
+2.00	-9.5	-5.2	+4.0	-6.0	69.2	4.15	1.09	0.73
+2.00	"	"	+2.5	"	64.8	4.58	1.20	0.81

の 鉄 筋 量

壁 厚 cm	コンクリート量 m^3	鉄 筋 量 t	鉄筋量/コンク リート量 kg/m^3	備 考
60	49.3	16.55	33.6	
	237.8	9.5	39.9	
45	375	13.6	36.3	
30	80	8.0	100.0	
30	139	12.01	86.4	
40	459.8	29.6	64.4	
	177.8	11.47	64.5	
	120	6.01	50.1	
30	259	16.266	62.8	
50	322.2	10.414	32.4	
40	146.1	4.25	29.0	
25	103	7.548	73.3	
40	295.9	28.873	97.5	$\sigma_{sa}=1800kg/cm^2$ $\sigma_{ca}=84$ "
30	148.6	18.011	121.0	$\sigma_{sa}=1400kg/cm^2$ $\sigma_{ca}=70$ "
40	381	27.0	70.9	
35	156	18.03	115.6	
35	161.4	18.48	114.5	$\sigma_{sa}=1400kg/cm^2$ $\sigma_{ca}=60$ "
35	246.8	21.685	87.9	$\sigma_{sa}=1400kg/cm^2$ $\sigma_{ca}=70$ "

表-4 捨

石

部

	港名	防波堤名	構造	完成年	被災年月	来襲波	前面水深
1	小樽	島防波堤	ケーソン混成堤	大正10年	34年9月	5	-16
2	"	"	"	"	37年1月	4.5	-15.75
3	"	北防波堤	ブロック混成堤	明治41年	39年12月	4.1	-14.10
4	岩内	西防波堤	ケーソン混成堤	9年	34年9月	5.0	-6.5
5	"	"	"	"	"	"	-10.4
6	網走	北防波堤	"	5年	40年1月	5.5	-10.9
7	"	"	"	3年	39年11月	3.0	-3.2
8	樞法華	東防波堤	"	34年	39年2月	5.0	
9	稚内	北防波堤	"	11年	36年9月	4.0	-10.2
10	秋田	南防波堤	場所打混成堤	14年	21年12月		
11	"	"	"	"	29年9月	5.0	-4.0
12	酒田	北防波堤	ブロック混成堤	16年	24年10月		-4.0
13	"	"	"	"	25年9月		
14	"	南防波堤	"	11年	23年1月		-7.7
15	"	"	ケーソン混成堤	30年	36年9月	6.0	-6.5
16	新潟	西防波堤	"	16年	24年10月	7.0	-13.0
17	富山	東防波堤	ブロック混成堤	戦前	25年10月	3.0	-5.5
18	神戸	第一防波堤	ケーソン混成堤	9年	25年9月	2.3	-13.03
19	"	第三防波堤	"	12年	26年10月	1.2	-11.21
20	和歌山	南防波堤	"	17年	25年9月	3.0	-6.9
21	"	北防波堤	"	19年	25年9月	3.0	-5.8
22	小松島	北防波堤	ブロック混成堤	施工中	25年9月	2.5	-8.0
23	高知	竜頭岬防波堤	場所打直立堤	29年	30年7月		-1.83
24	菊田	東防波堤	ブロック混成堤	38年	38年8月	1.9	-4.0

の 被 災 例

根固水深	捨石コウ配	捨 石	復旧捨石, 復旧異型ブロック	被 災 内 容
-5.45	1 : 3		300~900kg	港外, 内側の基礎捨石および根固ブロック
-6.50	1 : 3		1.5~2.0 t	港内側の復旧には200~300kgを1 : 2に施工
-4.39	1 : 4	1 t		港外, 内側の捨石および根固ブロック
-3.0	1 : 5	2 t	8 t テトラポッド	20 t の根固ブロックも散乱
-5.0	1 : 5	1.5 t		港外側基礎捨石および根固ブロック
-3.6	1 : 3	1.5 t	4 t 25 t テトラポッド	港外側捨石および50 t 根固ブロック散乱
-1.6	1 : 3	222kg	12.5 t テトラポッド	港外側捨石およびブロック
			12.5 t テトラポッド	港外側捨石, 根固 2 t テトラポッド
-6.0	1 : 3	100kg	4 t テトラポッド	港外側捨石および根固ブロック
	1 : 3	1 t		港外側捨石
-0.4	1 : 2.5		1 t	港外側捨石および根固ブロック
-0.45	1 : 3		750kg	港外, 内側の捨石および根固ブロック
±0.0	1 : 2.5		750kg	港外側捨石および根固ブロック
-2.0	1 : 3		750kg	港外側捨石および根固ブロック
-4.0	1 : 3		1 t	港外側捨石および根固ブロック
-5.5	1 : 2	1 t		港外, 内側の捨石および根固ブロック
-3.0	1 : 3		70kg	港外側捨石
-4.85	1 : 2	300kg		港外側捨石およびブロック
-4.85	1 : 2	300kg		"
-2.1	1 : 2	40kg		"
-2.1	1 : 1.5	40kg		港内側捨石およびブロック
-1.0	1 : 2.5	750kg		港外, 内側の基礎捨石
+1.11	1 : 2	1 t	1 t	根固捨石
+2.5	1 : 2.5	1 t	1 t	港外側捨石

表-5 異 型 ブ ロ ヲ

港 名	防 波 堤 名	施 工 概 要	設 計 波	堤 天 端 高	異型ブロック の 種 類
岩 内	西 防 波 堤 A 部	34年災の復旧工事	4.0	+1.65	テトラポッド
"	"	38年災の "		"	"
網 走	北 防 波 堤 丁 部	40年災の "	4.4	+2.5	"
"	"	42年度からの嵩上工事	5.2	+4.5	"
"	北 防 波 堤 乙 部	39年災の復旧工事		+2.6	"
留 萌	南 防 波 堤	34年災の "	6.7	+1.3	"
檜 法 華	東 防 波 堤 丙 部	36年災の "	4.9	+2.1	"
"	東 防 波 堤 乙 部	39年災の "	4.9	+5.0	"
酒 田	南 防 波 堤	40年度からの補強工事	4.0	+2.7	"
"	南防波堤(嵩上部)	41年度からの "	7.0	+4.5	"
新 潟	西 防 波 堤	32年度からの "	5.5	+3.7	"
"	"	地盤沈下対策工事(38年)	5.5	+2.63	"
"	西 突 堤	"	4.5	+4.33	"
小 名 浜	西 防 波 堤 C 部	37年度改修工事	6.1	+3.70	"
"	"	42年度嵩上工事	6.1	+3.30	"
神 戸	第 一 防 波 堤	35年度からの嵩上工事	3.0	+4.0	"
"	"	"	"	"	"
"	" (堤頭部)	39年災後の嵩上工事	3.8	+4.0	"
"	長 田 防 波 堤	38年度完成	3.0	+4.0	"
和 歌 山	南 港 防 波 堤	39年度完成	3.5	+5.0	"
姫 路	飾 磨 東 防 波 堤	39年災の復旧工事	3.8	+3.5	"

ツ ク 施 工 例

異型ブロック天端高	異型ブロック天端幅	異型ブロック重量	コウ配	被災年月	来襲波	その後の断面変化
-1.10	4.4	8 t	1:1	41年 3月	5.0	嵩上工事と合併で堤体天端(+3.5m)まで16 t テトラポッドを積上げ,天端幅6.9mで復旧
+0.40	4.5	8	1:1.3	"	"	"
+2.5	8.1	25,4	1:1.3			
+4.5	8.8	25	1:1.3			
+2.6	4.7	12.5	1:1.3			
+1.5	11.7	25,8	1:1			37年からの堤体嵩上(+3.0m)と同時に25 t テトラポッドを+4.5m天端幅8.8mで施工
-3.0	4.0	4	1:1.5	39年10月		12.5 t テトラポッドを±0.0m天端幅5.3mで復旧
+2.5	5.3	12.5	1:1.3			
+2.5	5.6	8	1:1.3			
+4.5	8.1	25	1:1.3			
+4.25	4.0	12.5,8	1:1.3	35年 1月	3.5	応急復旧で20 t テトラポッドを+1.0mまで積上げ
+3.13	3.5	12.5	1:1.3			
+4.33	6.0	8	1:1.3			
-1.0	6.0	8	1:1.5			
-1.3	6.0	8	1:1.5			
+3.0	6.0	8	1:1	39年 9月 40年 9月	3.8 4.35	40年災後の工事は8 t テトラポッド,+4.0m天端幅3.8mに施工
+4.5	2.2	4	1:1.3	"	"	"
+3.5	6.5	12.5	1:1.3	40年 9月	4.35	25 t テトラポッドを+4.0m,天端幅6.5mで復旧
+3.5	2.5	4	1:1.3	39年 9月	3.8	8 t テトラポッドを堤体天端(+4.8m)まで積み天端幅3.6mで復旧
+5.5	2.6	5	1:1.3	"	4.0	原形復旧
+3.0	3.6	4	1:1.3			

港 灣 技 研 資 料 No.58

1968年9月

編集兼発行者 運輸省港湾技術研究所

発 行 所 運輸省港湾技術研究所
横須賀市長瀬3丁目1番1号

印 刷 所 中和印刷株式会社
東京都中央区入船町2丁目3番地