

留萌港南防波堤被害報告

准員工學士 林 千 秋

緒 言

留萌築港ハ作業日數ノ僅少ナルト風浪ノ甚タシキトヲ以テ世界ニ有數ノ難工事トシテ知ラル實ニ七箇月ノ冬籠六十米突ノ風速並ニ二十五尺ノ怒濤ハ正ニ此レヲ裏背シテ除アリ近來南防波堤ノ延長ニ隨ヒ港灣ノ不自然化ニ伴フ諸種ノ障害例ヘハ漂砂ノ進入濁水ノ停滯等ハ甚タシク南防波堤築設作業ヲ困難ニ陷ラシメ毎年漸ク八十日内外ニ過キサル海上安全作業日數ヲ益々僅少ナラシムルニ至リ遂ニ當事者ヲシテ稍々冒險不備ノ謗ヲ受クルノ止ムナキ舉ニ出テシメタル結果ハ大正九年秋冬ノ交一度稀有ノ怒濤襲來ニヨリテ容易ニ構フヘカラサル一大損害ヲ及ボスニ至リシハ吾人ノ深ク遺憾トスル所ナリト雖モ亦一面將來ノ施設ニ裨益スルコトロ不尠ルモノアルヲ信シテ疑ハサルモノニシテ茲ニ本紙上ヲ精リテ詳ニ被害ノ實況ヲ報告シ普ク諸先輩ノ御高教ヲ賜ハリ旁々同學ノ諸氏ト其因ヲ究メ果ヲ調ヘ以テ留萌築港工事ニ資スル所アルヲ得ハ著者ノ欣幸之レニ過キサルモノナリ

今其被害ノ實況ヲ述フルニ當リ順序トシテ先ツ計劃ノ概要ニ稿ヲ起シ以下左ノ如ク章ヲ分チテ説クトコロアラントス

第一章 留萌港修築計劃ノ概要

第二章 防波堤ノ構造及施工ノ方法

第三章 被害ノ實況

第四章 被害當時ノ波浪

第五章 修繕ノ方法

第六章 波浪観測ニ關スル種々ノ推定

第一章 留萌港修築計劃ノ概要

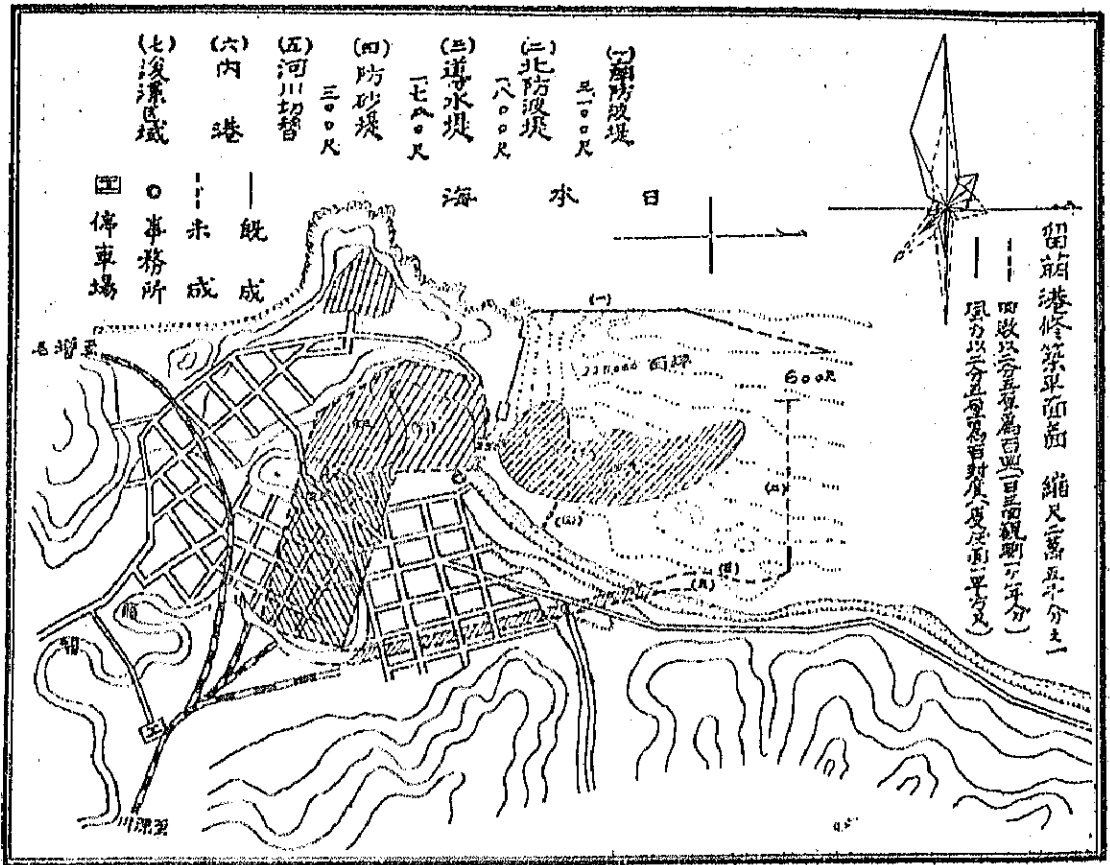
留萌港ハ北海道天鹽國ノ南部日本海ニ面セル半砂半礁ノ開敞サレタル港灣ニシテ小樽港以北北海道ノ西海岸延長約二百哩ノ中央ニ位シ將來此沿岸一帶ノ水産ヲ集散スルニ足ル有望ノ地域タルヲ失ハス夙ニ明治初年ノ往時ヨリ港内ノ水深キト留萌川ノ緩流トハ克ク此ノ近海航行船舶ヲ寄港セシムルニ適シ北航スルモノ風浪ヲ避クルモノ皆來リテ薪水ヲ補給シ實ニ沙漠旅行者ノ綠泉ヲ渴仰スルニモ比スヘキモノアリシト云フ

然レトモ時代ノ推移ハ艦ヲ船舶界ノ發展ヲ伴ヒ港灣利用ノ一大革新ヲ促スニ至リ固ヨリ當港ノ如ク自然的掩護ニ乏シクシテ冬季一度強烈ナル西北風ノ吹キ荒ムアレハ怒濤岸邊ヲ嚙ンテ港内亦凄壯ヲ極ムルカ如キ自然界ノ支配ヲ永ク甘受サルヘキニアラス偶々港東十數里以内數十方里ニ亘ル炭田ノ發見ハ廣ク世人ノ注目ヲ惹キ北海道中部ノ豐穰肥沃ナル原野開發上最モ有利ナル地位ヲ占ムル等ト相俟ツテ茲ニ北海道拓殖計劃案ナルモノニ加ヘラレ遂ニ明治四十三年四月國費ヲ以テ港灣修築ノ起工ヲ見ルニ至レリ近ク西南十哩ヲ隔テ、舊キ港史ヲ有スル増毛港アリ起工前ニ當リ此レト相爭ヒテ計劃ノ是非ヲ論シ技術上ノ比較研究ヲ重ネラル、コト實ニ七年間此優劣ニ關シ當時帝國議會ノ一問題トナリテ議政壇上ヲ騷カシタルハ普ク周知ノ事實ニシテ此レ正ニ當港修築工事ノ價值如何ヲ研メ盡シタル國家大計ノ發露タルヲ失ハサルナリ起工以來既ニ十一星霜其間實施ノ困難ハ又豫期以上ニシテ豫定ノ進歩ヲ見サルコト甚タシク設計ノ變更前後五回ニ及ヒ幾多ノ曲折ヲ經テ最近決定セラレタル計劃ノ大要ハ次ノ如シ

明治四十三年四月起工 大正十六年三月竣功

總工費七百一萬五千三百二十九圓

計劃ノ概要(第一圖參照)



第一圖

一 南北防波堤ノ築設

南防波堤ハ西部高臺留萌崎ノ先端ヨリ起リ
 岩盤ヲ基礎トシテ殆ント眞北ニ向ヒ千五百
 尺突出シ此レヨリ十七度十七分ノ角度ヲ以
 テ東迂シ更ニ千六百尺總延長三千百尺ニ及
 ビ強烈ナル西北風ニ因ル怒濤ヲ防止スルモ
 ノニシテ全工事中最モ主要ナルモノナリ築
 設費ハ各種設備ノ費用ヲ合セ延長一尺ニ付
 約九百八十圓ニ當レリ

北防波堤ハ東部海岸砂濱地ヨリ殆ント眞西
 ニ向ヒテ一直線ニ千八百尺ヲ突出シ北ノ波
 浪並ヒニ南堤ヲ廻レル廻波ノ港内ニ進入ス
 ルヲ防止ス築設費ハ延長一尺當約四百圓ト
 ナレリ

南北防波堤間ヲ外港ト稱シ此平水面積二十
 二萬五千坪ニシテ港口ハ六百尺ナリ而シテ
 一時ニ碇繋シ得ル船舶五千噸以下總計二萬
 四千噸ナリトス

二 内港ノ設備

蜿蜒屈曲セル留萌川ノ流域ヲ利用シ面積九萬九千坪ヲ掘鑿シテ深サ十二尺乃至十八尺ニ達セシメ港口ヲ二百五十尺ニ扼シテ外海ヨリノ波浪侵入ヲ絶對ニ防止セリ護岸ハ甚タ簡單ナル板柵ニシテ其他ハ將來ノ施設ニ俟ツモノトセリ

三 港内ノ浚深

外港全面積ノ三分ノ二以上ヲ水深二十六尺以上タラシムヘク面積約六萬坪ニ亘リ土砂八萬六千七百坪ヲ浚深スルモノナリ

四 留萌川ノ切替

留萌川ハ直線距離漸ク六里内外ノ山間ニ流源ヲ有スルモ流路十數里ニ亘レル緩流ニシテ今日迄ニ於テ最大流量毎秒七千立方尺ヲ出テス吐出土砂又毎年平均三千坪内外ニアリ然レトモ將來沿岸ノ開墾ニ連レ流量ノ増加ト共ニ吐出土砂量モ増シ内港埋設ノ因ヲナスモノナルヲ以テ此レヲ港外ニ切替ヘントス

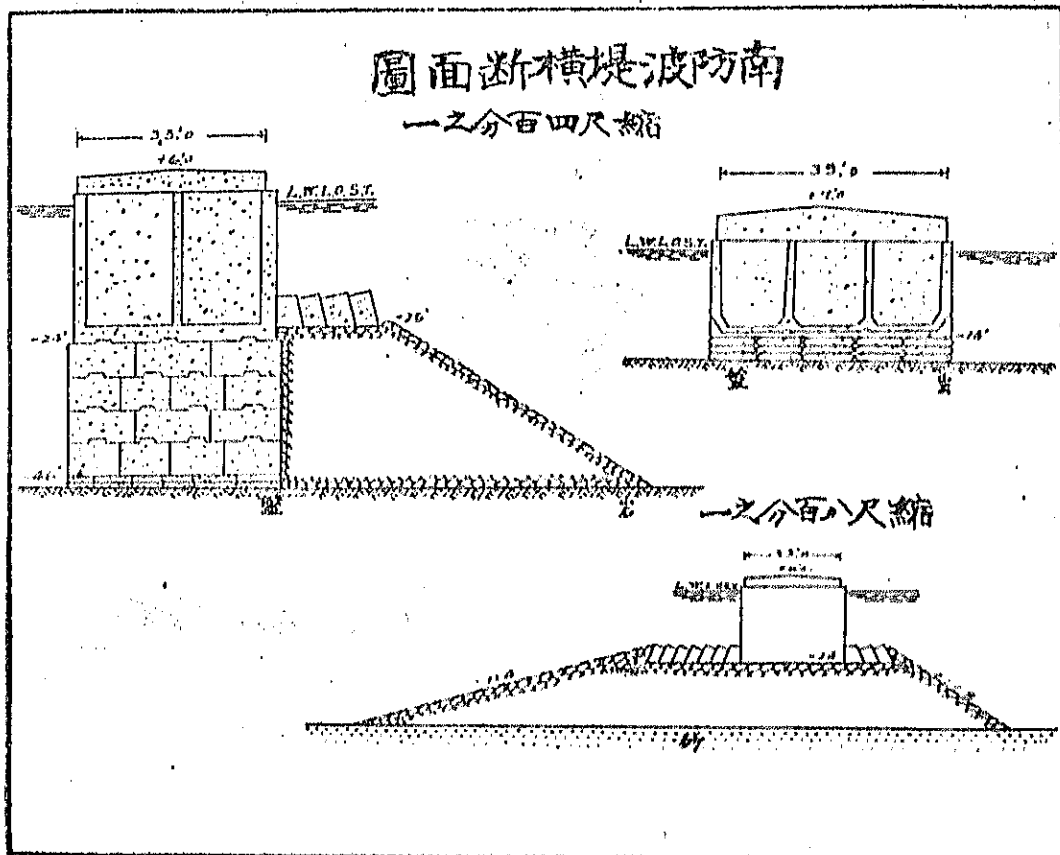
第二章 防波堤ノ構造及施工ノ方法

南防波堤ハ堤幅四十尺又ハ三十五尺ニシテ基點ヨリ千五百尺間ハ岩盤ノ上ニ方塊ヲ積重ネテ基礎トナシ此上ニ大函塊ヲ沈設シ更ニ高サ平均三尺五寸幅三十三尺ノ場所詰混凝土ヲ施工スルモノトス而シテ此直立體ノ動搖ヲ保護スルタメニ内側ヘ捨石ヲ施セリ基點ヨリ千五百尺以上ノ部分ニ於テハ海底岩盤上三尺以上ノ土砂ヲ以テ蔽ハレオルヲ以テ此上ニ所定ノ深サニ達スル迄捨石ヲ施シ直チニ同型ノ函塊ヲ沈設シ同シク場所詰混凝土ヲ施工スルモノナリ(第二圖參照)

岩盤ハ其質一般ニ硬カラス切り均シ容易ナリト雖モ實驗ノ結果ハ每平方吋ニ付一千封度以上ノ破壞抗壓強度ヲ有シ凹凸又特ニ甚タシカラス凹部ニ對シテハ一個二十四切以下ノザック製袋詰混凝土ヲ積ミ凸部ハ此レヲ削リテ何レモ設計ノ均面高トナスモノナリ

方塊ハ一個ノ大イサ四百切内外ニシテ適當高サニ達スル迄數段ニ積重ス

函塊ハ高サ十六尺乃至二十六尺一個ノ容積二萬立方尺乃至三萬立方尺ニシテ混凝土ヲ填充スル時ハ水中ニ於テモ正ニ七



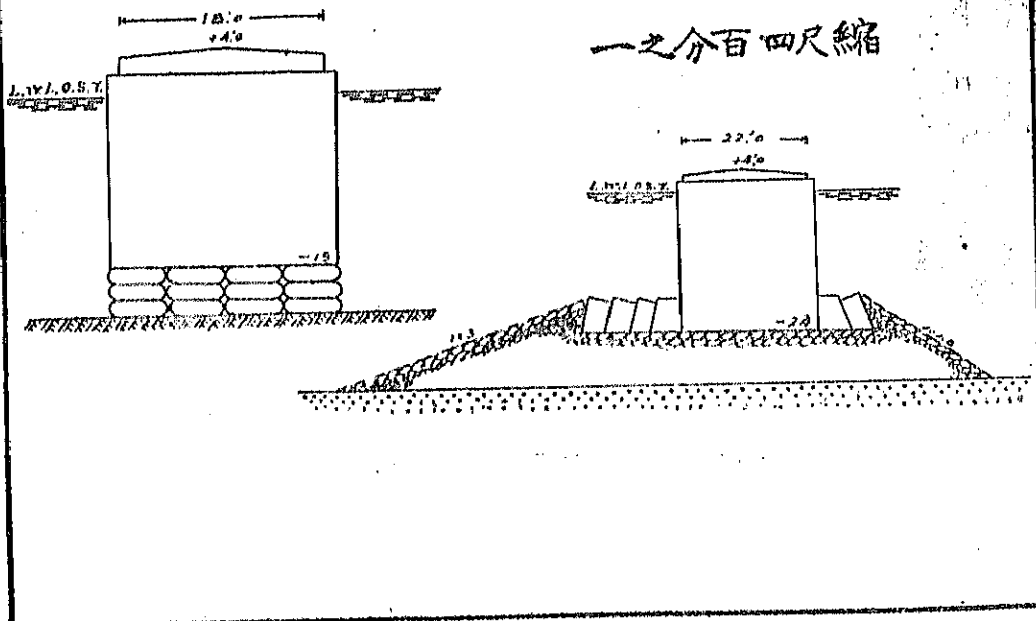
第二圖

百噸乃至一千噸ノ重量ヲ有ス
 場所請混凝土ハ中心ニ於ケル高ツ平均干湖
 面上六尺兩端ニ於テ五尺ニシテ函塊一個毎
 ニ施工スルモノナリ
 捨石ハ〇・五立方尺以上ノ割栗石ヲ用ヒ石
 質ハ堅硬比重二・六以上ヲ有シ二百六十立
 方尺ヲ以テ一立坪ト算定セリ捨石均面上ニ
 ハ一個四百立方尺内外ノ異形塊ヲ數個並列
 シ以テ波力ニヨリ面ノ崩壞ヲ保護スルト同
 時ニ函塊ノ根掘サレントスルヲ防止ス
 北防波堤モ南防波堤同様ノ構造ニシテ堤體
 ノ幅ハ二十尺若クハ二十四尺基礎袋詰混凝
 土部延長五百尺殘千三百尺ハ捨石ナリ袋詰
 混凝土部ハ方塊ヲ使用セス直チニ函塊ヲ沈
 設ス盤賀南堤ト同様ニシテ函塊ハ一個八千
 立方尺乃至一萬九千方尺ノ容積ヲ有ス堤
 頭ニハ南北堤共平面五十尺方形ニシテ一個
 六萬五千立方尺ノ容積ヲ有スル一大函塊ヲ
 沈設シ此場所請混凝土上ニ各一基宛ノ燈臺

北防波堤橫斷面圖

縮尺二百之一

縮尺四百之一



第三圖

ヲ設置ス(第三圖參照)
 施工ノ方法ハ基礎方塊部ニ於テハ先ツ潜水
 夫ニ依リ岩盤凸部ヲ切り均シ凹部ニ溜レル
 土砂ヲ洗除シテ所定ノ高サニ袋詰混凝土ヲ
 施シ混凝土ノ硬化シタル後此レヲ岩盤ト同
 高ニ切り均シ直ニ方塊ヲ積重ネ上ニ函塊ヲ
 沈設スルナリ函塊ハ四室ニ分レ側壁中壁底
 壁共ニ鐵筋混凝土ニシテ陸上滑臺上ニ於テ
 一日一個以上數個ヲ一回ニ製造シ凡ソ一週
 間ヲ經テ型枠ヲ取除シ更ニ二週間空中乾燥
 ノ後進水スルモノナリ進水セラレタル函塊
 ハ直チニ沈設現場ニ曳キ付ケラレさいふ、
 ン及ぼんぶにヨリ徐々ニ海水ヲ注キ込ミ滿
 水シテ落着シタルモノヲ更ニ一室宛水ヲ滂
 凝土ニ填メ替フルモノトス方塊上面ニハ凸
 部ヲ造リ函塊底面ノ凹部ニ嵌入シ兩者ノ連
 絡ヲ取り函塊填充混凝土ニハ上面ニ四十五
 封度古軌條數本ヲ埋メ込ミテ場所詰混凝土
 ト函塊トノ連絡ヲ保タシム基礎捨石部ニ於

テハ所定ノ均面高ヨリモ深サノ一割乃至一割五分丈捨石均面ヲ高クシ上面ニハ一個二切内外ノ割栗石ヲ函塊ノ据ハルヘキ部分ノミニ對シ並列セリ基礎方塊部ニ於テハ直チニ場所詰混凝土ヲ施スコトアリト雖モ捨石部ニ於テハ豫メ波浪ニヨリ相當捨石函塊ノ落着ヲ見タル後此レヲ施工スルコト、セリ根圍塊ハ函塊沈設填充後据付クルモノニシテ多ク製造後一箇月以上ヲ經過シタルモノヲ使用スルヲ常トセリ各函塊間ノ間隙ハ努メテ僅少ナル様据付クルモノナレトモ普通一寸乃至五寸ハ免レサルヲ以テ場所詰混凝土施工前ニ於テ此レヲ上面ヨリ約八尺ニ至ル迄木綿袋詰混凝土ニテ塞クコト、セリ袋詰混凝土ノ配合ハせめんと一砂二・五 碎石五内外トシ施工搗固法ニヨリ方塊ハせめんと一火山灰〇・八 砂三・二 碎石六・四 搗固法根圍塊ハ一、一、四、八以下練込法ヲ常トス 函塊ハ配合一、〇・二、二・一、四・二以下施工半練込法填充ハ配合一、一、四、八以下練込法場所詰混凝土ハせめんと一砂二・五 碎石五以下施工搗固法ナリ

此等ノ混凝土ハけーれらさむ式連續精練機一時間三百八十切練リニヨリ精練サレ砂せめんと火山灰ハ一回ノ豫備混合ヲナセリせめんとハ淺野せめんと北海道工場製品ヲ使用シ火山灰ハ小樽築港驛前小樽火山灰會社製比重二・三以上ヲ有スルモノヲ又砂ハ當東海岸濱地ノ天然砂ヲ用ヒ其粗度ハ次ノ如ク一立方尺ノ重量平均十一貫五百匁ナリトス

一平方種ニ付	六四孔ノ飾ヲ	一四四孔ノ飾ヲ	二二五孔ノ飾ヲ	二二五孔ノ飾ヲ
重量ニ於ケル百分比	一・八九	六・五五	五五・五四	三六・〇二
通ラサルモノ	通ラサルモノ	通ラサルモノ	ヲ通ルモノ	

碎石ハ比重二・七以上ヲ有スル當港西海岸地ノ火成岩ヲ原料トセリ捨石原料之レヲ當沿岸五湮以内ノ箇所ニ於テ二箇所計リ採取シツ、アルモ此レハ至ツテ少量ニテ大部ハ小樽港ト當港トノ約中央ニ位スル雄冬岬ノ海岸地ヨリ採取運搬セリ(海上廿二湮)

第三章 被害ノ實況(附圖參照)

第一章ニ於テ述ヘタル修築計劃ノ中大正九年末迄ニ施工ヲ終ヘタルハ南防波堤ノ築設延長二千三十五尺北防波堤百七十

尺河川切替工事ノ約半工程ニシテ其他ハ何レモ未施工ニ屬シ現在ニ於テハ尙南防波堤ノ築設ニ主力ヲ注キツ、アリ
大正九年秋末初冬ノ頃近來稀ナル風浪一過當時施工中ナリシ南防波堤ニ與ヘタル被害ヲ大別スル時ハ次ノ二種トナル

一 未填充ノ函塊ノ破壊

二 既填充根固略完成ニ近キ函塊ノ移動

今此等ヲ各詳細ニ亙リ説明セントス

一 未填充ノ函塊ノ破壊

右ハ大正九年十月八日ノ大時化ニ因ルモノナリ

(一) 被害箇所

防波堤基點ヨリ千九百六十五尺ノ點ヨリ同二千三十五尺ニ至ル間即函塊六十七號及六十八號ノ二個ニ
亙リ當時填充作業中犯サレタルモノニシテ六十八號ハ堤ノ先端部トナリ居リ捨石均面ハ設計通り内外側共竣功ヲ見タ
ルモ根固塊据付ハ六十七號六十八號共全然未施工ニ屬セシモノナリ函塊六十七號及六十八號被害前ノ現況次ノ如シ

函塊六十七號

製造 大正九年九月二日

進水 同 九月二十五日

据付 同 九月二十七日

填充 外側二室終了内側二室ニハ各三個宛方

塊入ル

混凝工ノ配合ハ何レモ約

せめんと

火山灰

砂

碎石

函塊

一

〇・二

二・一

四・三

函塊六十八號 大正九年九月三日

同 九月二十五日

同 九月二十七日

外側二室内側半室終了空室ニハ方塊三個

半填充室ニハ二個入ル

填充	一	一〇	五・五	一一〇
方塊	一	一〇	四〇	八〇

(二)被害當日ノ天候 暴風雨

最大波浪 高サ二十尺 方向西

長二百四十尺 速度三十尺毎秒

最強風 速度三十二米突毎秒 方向南西

右ハ海拔九十八尺三寸ノ位置ニ取り付ケタル

ろびんそん風力計ニヨリ觀測セルモノナリ

最高潮位 平均干潮面上二尺五寸

留前港潮位干満ノ差大潮ニ於テ平均八寸六分

小潮ニ於テハ平均六寸四分ナリ

最低氣壓 七百四十九耗三

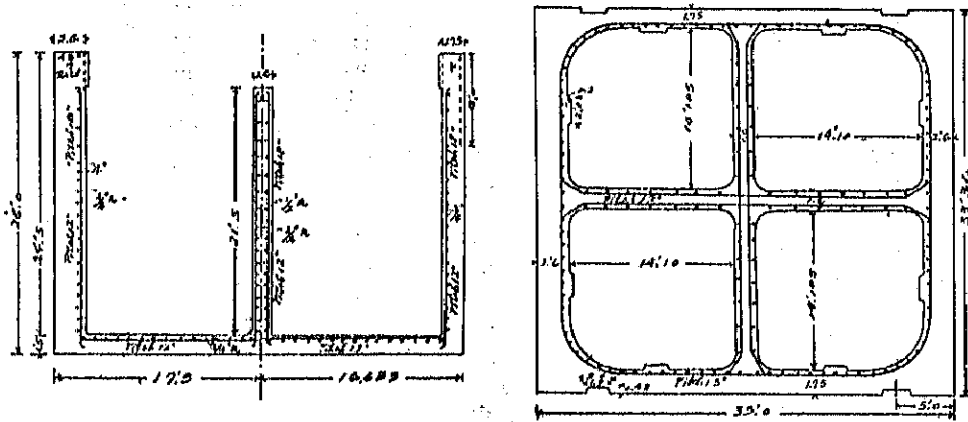
(三)被害ノ状態 十月十日被害箇所實測ノ結果ハ次ノ如シ

函塊六十七號ハ内側へ約四尺移動サレタル位置ニ於テ空室タル内側室ノ側壁數個ノ破片ニ破壞サレ室内又ハ内側捨石面上ニ散亂セリ函塊六十八號ハ略原位置ヲ變セサルモ未タ根固ノ塊ヲ据付ケアラシシ爲メ外側ノ前方角部根掘サレテ函塊底面ハ捨石均面ヨリ約六尺沈下シ捨石中ニ埋マレ甚タシク傾斜シ空室タリシ内側室ノ側壁モ亦六十七號ノ如ク破壞サレ捨石面ニ倒壊セリ而シテ空室内ニ入レアリシ方塊ハ六十七號前室ノ最上段ノモノ、ミ飛ハサレテ内側捨石面上ニ落テ他ハ全部動搖セル形跡アルモ室中ニ殘存セリ

十月八日以後一怒濤毎ニ破壞サレタル六十七號ノ殘骸ハ内側へ移動サレ六十八號ハ沈下ノ傾向アリ十一月十三日現在

(大正九年九月製) 南防波堤函塊之圖

縮尺二分之二



第四圖

ニ於テハ六十七號ハ内側ハ約一

動六十八號ハ益々沈下シテ全部水面下ニ

没スルニ至リ大正十年三月十八日ニ及ヒ

テハ遂ニ六十七號ハ堤幅外十八尺ノ内側

槍石法面上ニ飛散シテハ六十八號モ亦干

潮而下平均約五尺ノ位置ニ沈下シ略々鎮

定セルモノ、如シ

(四)破壊ノ原因 破壊ノ狀況ヨリ察シ常

時其附近ニ於ケル怒濤ノ壯觀ヨリ考フル

ニ此ノ直接ノ原因ハ要スルニ防波堤外側

ニ於テ跳揚セラレタル著シク多量ノ水塊

ノ落下衝突ニ因ルモノニシテ側壁破片ノ

比較的小碎サレタルハ室中方塊ノ動搖若

シクハ轉倒シ衝突シタルニ因ルモノ、如

シ堤外側ニ於テ怒濤ノ一時ニ碎ケントス

ルノ光景ハ添付寫眞ニ示セル如クニシテ

飛沫水面上約百尺ノ高キニ上リシ壯觀實

ニ言フハカリナシ此レ防波堤外側ノ水深

深クシテ外海ヨリ襲來スル激浪ノ偉力ハ

充分ニ殺滅サル、ニ不至猛レル怒濤ハ一時ニ此防波堤體ニヨリ碎滅サレントスルニヨルモノニシテ此實況ハ以テ衝突力ノ偉大ナルヲ想像スルニ難カラス

破壊ノ原因カ真ニ右ノ事實ニヨルモノトセハ今後此レニ對シテ備フヘキ方法トシテハ

(イ)消極的ニ函塊壁部ノ強度ヲ増加スルカ

(ロ)積極的ニ波浪ノ偉力ヲ殺クタメ堤外ノ捨石ヲ増スカ

(ハ)カ、ル怒濤ノ襲來期前ニ填充ヲ終了スルカ

此何レカニ依ラサルヘカラス(イ)ハ其程度ヲ決定スルコト甚タ困難ニシテ其他幾多實施上ノ不利ヲ伴ヒ(ロ)ハ其目的ヲ達スルタメニハ非常ナル多量ノ石材増加ヲ要スルコト推定ニ難カラス(ハ)モ亦作業日數ノ減少ニ依リ苦痛少ナカラスト雖モ三法中最モ安全ニシテ確實ナル方法ニシテ當事者タル著者ニ於テハ現下諸班ノ狀勢ニ鑑ミ至當ナル唯一手段ナリト信スルモノナリ

然ラハ如何ナル程度ニ作業期間ヲ限定スヘキカト言フニ此ハ當港數年來ノ氣象觀測調書ニ基キ函塊掘付後填充完了迄ニ要スヘキ風日數五日間ヲ連續シテ安全ニ得ラレ得ヘキ期間ヲ作業期間ト定ムルノ外ナカルヘシ然ル時ハ從來大凡十月中旬ヲ以テ填充作業ノ終了期トナリ來レルモノヲ八月末ニ繰リ上クルコト、ナリ將來ノ事業進捗計劃上多大ノ變化ヲ來スヘキモ亦止ムヲ得サルコト、言フヘキナリ

(五)損害高 被害ニヨリ損失セル材料及勞力費ハ次ノ如シ

種別	數量	單價	金額	備考
函塊混凝土	二萬二千百六十切	一・五四 ^円 二	三四、一七〇・七二〇	大正九年施工
填充混凝土	一萬四千七百卅切	〇・三九九	五、七七七・二七〇	大正九年施工
塊混凝土	三千六百四十切	〇・一九五	七一一・一六五	大正五年施工
捨石均	五十四面坪	一五・〇〇〇	八一〇・〇〇〇	大正九年施工

諭 說 報 告 留 前 港 南 防 波 堤 破 害 報 告

種 別	金 額
其 他	一、五三六、〇一〇、
合 計	四三、〇〇五、一六五

右ノ混凝土ハ一部捨石代用ニ一部填充混凝土ニ利用サル、モノトセハ左ノ利用見込額ハ約七千圓トナルカ故ニ純損失高ハ約三萬六千圓トナル

次ニ被壞サレタル箇所ヲ取片付クルニ要スル工費ヲ算定センニ殘骸破碎費三千圓除去取片付費七千圓合計一萬圓トナリ結局損害總金額ハ四萬六千圓トナルヘシ今後補修工事トシテ施スヘキ各種工事カ大正九年度ニ施工セルト同法ニシテ同工費ナリトセハ此ノタメニ將來四萬六千圓ノ工費ノ補充ヲ要スルコト、ナル

二 既填充根圍略完成ニ近キ函塊ノ移動

右ハ大正九年十一月七日以後數回ノ激浪ニヨルモノニシテ内最モ甚タシキヲ十二月四日ノ大時化トナス

(一) 被害箇所 防波堤ノ基點ヨリ千八百尺乃至千九百六十五尺間即函塊六十二號六十三號六十四號六十五號及六十六ノ五個ニ亘レルモノニシテ六十六號及六十五號ノ一部ノ外ハ内側ヘ三個(設計通り)外側ヘ四個(設計七個)ノ根圍塊ヲ据付ケ捨石均面ハ全部設計通り竣功セルモノナルモ外側捨石法ハ平均約二分ノ一(設計四分ノ一)トナレリ各函塊ノ据付填充完了及根圍地据付濟ノ月日ヲ示セハ次ノ如シ

掘 付	六十二號	六十三號	六十四號	六十五號	六十六號
大正九年八月九日	八月十日	八月二十三日	八月二十三日	八月二十三日	
填充完	同 八月二十一日	八月二十日	九月十四日	九月十四日	
根 圍	同 十月二十一日	十月二十一日	十月三十一日	十月三十一日	

基礎ナル捨石ハ右五個ノ函塊ニ當レル箇所ニ於テハ約半量丈本年度施工ニ係リ他半ハ前年投入シタルモノナリ而シテ函塊据付前ニ於テハ何等特別ノ加重沈下裝置ヲ施サス自然ニ委シタルモノナリ

(二)被害當日ノ天候

大正九年十一月七日以降大正十年三月末迄ニ至ル間ニ於ケル重ナル時化ハ十一月七日、十一月十八日、十一月二十一日、十二月四日、十二月二十九日、一月二十四日等ニシテ其ノ各當日ニ於ケル氣象觀測ノ結果

ハ次ノ如シ

天候	最大波高		最強風		最高潮位	最低氣壓
	高	長	速度	方向		
大正九年十一月七日	霰交雨	一五 ^R 上	二三 ^R	西	三八 ^R 北西	七五 ^R 三
同 十一月十八日	曇又ハ雨	一五 ^R 上	二五 ^O	北西	四一 ^R 北西	七四 ^R 七 ^五
同 十一月廿一日	曇又ハ霰	二〇	二五 ^O	西	三六 ^R 南西	七四 ^R 九 ^五
同 十二月四日	吹雪	二五	三五 ^O	北西	五〇 ^R 西	七四 ^R 七 ^七
同 十二月廿九日	吹雪	一六	二〇 ^O	西	三八 ^R 西	七四 ^R 七 ^七
大正十年一月廿四日	吹雪	一〇	一三 ^O	西	三五 ^O 西	七五 ^R 五 ^一

備考 最大波高ニ於テ以上トアルハ觀測不能ノ時間中ニ於テ尖レ以上ノ波高アリシモノ最強風ニ於テ以上ト示セルハ風力計飛散シテ尖レ以上ハ不明ナルモノナリ

右ノ記錄ニ依ルトキハ十二月四日ニ於ケルモノハ波高ニ於テ當港トシテハ稀ニ見ルモノニシテ今最近九年間ノ波高及風速ノ最大ナルモノヲ列舉シ比較セシニ次ノ如シ

年次	最大波高		最強風		備考
	高	長	速度	方向	
大正元年	二四 ^R	四〇 ^R	五一 ^R	西南西	同日ナリ
同 二年	二三	三五 ^O	五二 ^R	西南西	
同 三年	二〇	三〇 ^O	四七 ^R	西	
同 四年	二四 ^R 上	不明	六二 ^O	西	同日ナリ
同 五年	一五	三〇 ^O	四八 ^R	西南西	同日ナリ
同 六年	一八	二三 ^O	四八 ^R	西	
同 七年	二〇	二三 ^O	四一 ^O	西北西	同日ナリ

論說報 告 留朋港南防波堤被害報告

年次	最大波浪		最強風		備考
	高	長	速度	方向	
大正八年	二〇 ^R 以上	三〇〇 ^R	四六・六 ^{米毎秒}	北西	同日ナリ
同 九年	二五	三五〇	五〇・〇 ^{以上}	北西	同日ナリ

(三)被害ノ状態 被害ノ状態ハ函塊ノ移動根園塊ノ動搖捨石均面ノ破壊等ニシテ一時化毎ニ其度ヲ甚クシテ遂ニ大正十年三月十八日實測ニ示セル如キ状態トナリ(附圖第一参照)略鎮定ノ形トナレリ十一月十三日調査ノ結果ハ即第一回ノ被害ノ模様ニシテ此レヲ数字的ニ示セハ

- 函塊六十二號 内側へ向ヒテ上面水平面ニ對シ約二十分ノ一位ノ角度ニ傾斜セルモ原位置ヲ變セス
 - 同 六十三號 六十二號同様傾斜シ内側へ約一尺移動セリ
 - 同 六十四號 同上傾斜シ内側へ約二尺五寸移動セリ
 - 同 六十五號 同上傾斜シ内側へ約三尺移動セリ
 - 同 六十六號 外側沖角へ向ヒテ上面水平面ニ對シ約二十分ノ一位ノ角度ニ傾斜シ外側へ約五寸移動セリ
 - 根園塊 ハ大體ニ於テ著シキ動搖變化ナキモ何レモ相當摺合ヒタル形跡アリ殊ニ函塊ニ直接セル内側ノ塊ハ何レモ上面接觸角部圓ク摺リ減ラサレ函塊ニ於テモ歷然ト其摺跡ヲ印ス
 - 捨石均面 ハ六十六號外側沖角部ニ於テ約六尺掘ラレ内側沖角部附近へ高ク積ミ重ナレリ
- 次テ十一月十八日ノ大時化ニ襲來サル、ニ至ル迄一日ノ風ナク應急ノ策ヲ廻ラスコト能ハス自然ニ委スルノ外ナカリシ結果遂ニ救済スヘカラサルニ至リ十一月二十五日實測ニヨレハ
- 函塊六十二號 内側へ向ヒ二十分ノ一位ニ傾斜ヲナセル儘約八尺移動サル
 - 同 六十三號 同上傾斜シ内側へ約七尺移動サル
 - 同 六十四號 同上

同 六十五號 傾斜ハ直リシモ内側へ約四尺移動サル

同 六十六號 外側沖角部へ向ヒ傾斜甚タシク約十五分ノ一トナレリ

根 園 塊 ハ圖示ノ如キ慘況ヲ呈シ各個單獨ニテ動搖ヲ續クル形トナレリ

拾石均面 ニハ大變化ナキモノ、如シ但シ法角部次第ニ崩サレ法ノ勾配約三・三分一平均トナレリ

十一月二十五日實測ノ當日ハ海上極メテ靜穩ナリシヲ以テ直チニ函塊六十二號六十三號六十四號及六十五號間ノ四部ニ袋詰混泥土ヲ施シ以テ右四個體ノ一致的抵抗ヲ計リ更ニ移動セラレントスルヲ喰ヒ止ムヘキ一助タラシメント努メシモ六十四號六十五號間ハ十一月三十日ノ大波ニテ拔ケ出シ他ハ十二月四日ノ大時化ニヨリ全部飛散シ失セ計劃全ク晝餅ニ歸シタリ斯クテ十二月四日ノ激浪並ニ十二月八日ノ怒濤ニヨリ六十二號六十三號ハ益々移動ノ度ヲ増シ六十四號ハ遂ニ堤幅外ニ飛散サレ六十六號モ亦愈々傾斜ノ度ヲ甚タシクセントセルモ十二月中旬頃ヨリ數回ニ亘リテ拾石ノ洗掘サレタル部ニ對シ一個二十七立方尺ノ方塊十數個ヲ投入シ以テ根掘防止ヲ企テタルコト幾分成效シ漸ク大正十年一月上旬約六分ノ一ノ傾斜ヲ以テ略鎮定シタルモノ、如ク爾來變化ナクシテ今日ニ及ヘリ大正十年ニ入りテハ前述ノ如ク大時化少ナクシテ波力モ減少シ來リシト同時ニ移動體モ若干宛沈下ヲ重ネテ漸次安定ノ狀態トナリ甚タシキ變化ヲ示サ、ルニ至レリ即最近實測ニヨル三月十八日調査ノ結果ハ略鎮定ト見做シ得ルモノニテ築設當初ニ比シ各函塊變化ノ大要ハ次ノ如シ

函塊六十二號 内側へ約三十分ノ一ノ角度ニテ傾キ十三尺五寸移動セリ

同 六十三號 内側へ約三十分ノ一ニ傾キ二十一尺移動

同 六十四號 内側へ約七十尺移動シ拾石法面上ニテ干潮面下約十尺ノ位置ニ割栗石ニ埋マレテ存セリ

同 六十五號 外側陸角部約五尺根掘サレ此方向ニ向ヒ十五分ノ一ニ傾斜シ内側へ約四尺移動

同 六十六號 外側沖角部へ向ヒ約六分ノ一ニ傾斜シ略原位置ニ存在セリ

函塊六十七號 破壞サレタル殘骸ハ内側へ約五十三尺移動

同 六十八號 干潮而下平均約五尺ノ位置ニ沈下シ外側陸角部ニ向ヒ傾斜シ外側へ約二尺移動

(四)移動ノ原因 直接原因トスヘキハ勿論強烈ナル波力ノ襲來ニヨルモノナリト雖モ一般ニ其基礎ノ固メカ築設後日尙淺クシテ未タ動搖時代ニアリ捨石面ノ不均一ナル加重ニヨル不等ノ沈下等ノタメニ函塊底面ト捨石面トノ安定的接觸ヲ見ス函塊移動シ易キ状態ニアリテ抵抗力ノ豫期ヨリ遙カニ微弱ナリシ結果ニモ因ルモノナリ然レトモ今抵抗力ヲ充分ニ發揮セシメントスルニハ基礎捨石ノ完全ナル沈下ヲ經タル後函塊ヲ沈設スルノ外策ナキモノニシテ果シテ捨石ヲ完全ニ沈下落着セシムルトスルモ斯カル被害ノ結果ヲ如何程迄ニ緩和サレ得ヘキヤハ甚々疑問ニシテ要ハ今後施工セントスル部ニ對シテハ現設計以上抵抗力ヲ更ニ増加スヘキ方法ヲ追加スルヲ寧ロ安固ナル策ト見ルヘシ然ラハ防波堤ノ抵抗力ヲ更ニ増加スヘキ方法ハ如何

(イ)防波堤ノ幅ヲ増スカ

(ロ)函塊各個體ノ一致的抵抗ヲナサシムルタメ完全ナル相互連絡裝置ヲ工夫スルカ

(ハ)外側ニ受クル波力ヲ弱ムルタメ捨石ノ量ヲ増加スルカ

(ニ)内側ニ於テ函塊ヲ支持スルニ足ル荷重ヲ充分ニ加フルカ

四者ノ中一ヲ擇ハサルヘカラス而シテ(ロ)ハ即著者カ經驗上眞理トシテ疑ハサル(第六章第二項參照)

『波力ハ其受クル面積ノ大ナル程平均強度小トナルヘシ』

ナル斷案ヨリ生シタル方法ニシテ此ハ一面不平均ナル波力ヲ比較的平均シテ受ケシムルノ策ニ外ナラサルヲ以テ此ヲ抵抗力ノ増加トハ見得ヘカラス從ツテ其效果ノ大ナルモノアラサルヲ察スルニ難カラス(ハ)ハ本章一ノ第四項(ロ)ト同様實施甚々困難ニシテ結局(イ)ト(ニ)トノ何レカニヨリ目的ヲ達セントスルハ比較的確實ニシテ得策ナルモノト見得ヘシ

然リト雖モ何レモ其程度ヲ決定スルコト容易ナラスシテ此レニハ最モ慎重ニ最モ精細ニ受クヘキ波力ヲ充分ニ研ムルコトヲ要スヘク著者カ切ニ教ヘヲ乞ハントスルモノハ正ニ本問題ノ適確ナル結論ヲ得ントスルニ他ナラサルナリ

(五)損害高 第五章ニ於テ述フヘキ修繕ノ方法ニヨリ要スル新南塊カ九年度施工ノモノト同型ニシテ其施工費同等ナリトスレハ損害金高次ノ如シ

種別	數	單價	金額	備考
南塊混凝土	三萬三千三百四十切	一、五四二	五一、二五六・〇八〇	南塊三個分
填充混凝土	五萬六千七百四十八切	〇、三九九	二二、六四二・四五二	南塊三個分
手直ノ其他			一、〇〇〇・〇〇〇	
合計			八四、八九八・五三二	

第四章 被害當時ノ波浪

港内附近ニ起ル波高ノ概測ハ工事上最モ必要ナルコトニシテ然モ頗ル困難ナリ當港ニ於テハ種々ノ方法ニヨリ此レヲ試ミタルモ常ニ満足ナル結果ヲ得ル能ハス内比較的好結果ヲ得タル方法一二ヲ說明セントス

(一)ハ南防波堤々上ヲ波浪力超過スヘキ水層ノ厚サヲ知り此ニ當時ノ潮位ヲ參酌シテ算定スルモノナリ即チ南防波堤基點ヨリ約二百間附近場所詰混凝土ノ中心堤上(干潮而上六尺)ニ六十封度軌條ヲ直立シ此レニ適當目盛ヲ施シオキ觀測セントスル際望遠鏡ニヨリテ堤上通過水層ノ高サヲ此目盛ニヨリ測定スルナリ而シテ測定ノ結果ヲ五尺トシ知ラントスル波高ヲ五尺トシ當時ノ潮位ヲ一尺トセハ

$$H = (6 + h - d) \times 1.6$$

ナル式ニヨリHヲ算定スルナリ

然レトモ堤上軌條ノ支持力弱シテ屢々激浪ニ打倒サレ目的ヲ達スルコト容易ナラサルヲ以テ此レヲ全然目測ニヨリ

論 說 報 告 留 朋 港 南 防 波 堤 被 害 報 告

又ハ波浪カ堤側ニ達セサル以前ニ於ケル波頂ト堤高トノ高サノ差ヲ目測シテH尺トシ

$$H = (6 + N - 3) \times 1.8$$

ニヨリHヲ算定セリ

(二)ハ南防波堤基點ヨリ約二百間堤外百間ノ距離ノ附近海中ニ五十尺ヲ隔テ、數本ノ青竹(目通二寸以上)ヲ防波堤ト直
角ノ方面ニ並列シ此レニ干潮面ヲ境トシ上下二十尺以上ノ目盛ヲ施シ觀測ニ際シ波頂ノ高サヲ此目盛ニヨリ望遠鏡又
ハ肉眼ヲ以テ測定スルナリ而シテ此ノ値ヲHトセハ

$$H = (N - 3) \times 1.8$$

ナル式ニヨリHヲ決定シ得ルモノナリ

右ハ二法共何レモ數回ノ觀測ニヨリHガ平均ヲ決定スルノ要アリ然ガモ當時ノ最大値ヲ決定スルニハ或時間毎ニ數度ノ
實測ヲナシタル結果ニ俟ツモノトセリ此等ノ方法ハ何レニヨルモ其觀測者カ相當熟練セル者タル以上ハ大差ナキ結果ヲ
得ラル、モノニシテ大正九年中ニ於ケル觀測ハ(一)ノ第二法ニヨリ今回ノ被害當時ニ於ケル記錄ハ大凡第三章ニ於テ表
示セル如クニシテ今此レヲ廣井博士ノ公式及ほわいと式ヨリ算出セルモノト比較セハ次ノ如シ

廣 井 式

$$H = 0.337V^2$$

H.....波高尺

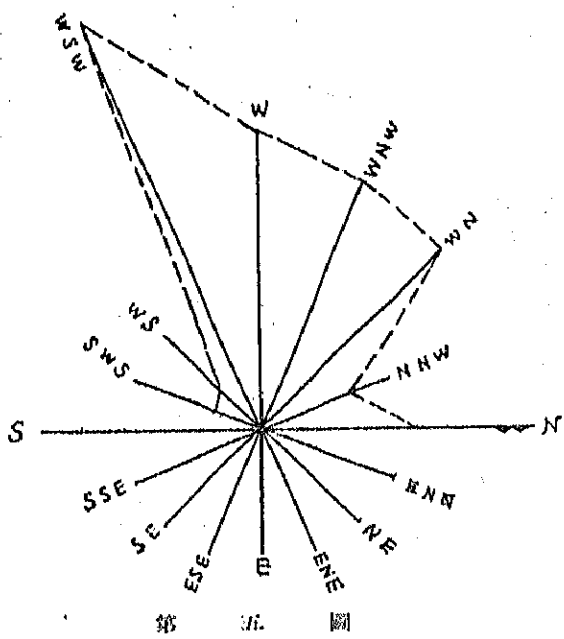
ほわいと式

$$H = 2.5 V^{\frac{2}{3}}$$

V.....風速米毎秒

月 日	廣 井 式		ほわいと式		實 測		備 考
	波高	風向	波高	風向	波高	波向	
十月 八 日	一尺	南々西	一七尺	南々西	二〇尺	西	
十一月 七 日	二一	北西	二一	北西	一五以上	西	
十一月 十八 日	三二	北西	二五	北西	一五以上	北西	
十一月 二十 一 日	二〇	南西	二一	南西	二〇	西	

十二月四日 三八 西 二六 西
 十二月二十九日 一八 西 二〇 西
 一月二十四日 一二 西 一八 西
 尙被害當日ノ波高ヲ當港既往ノ記録ト比較スルトキハ第三章二ノ第二項中ニ示セル最近九箇年間最大波浪表ノ如クニシテ此レニヨリテ見ルトキハ大正九年十二月四日ノ波高ハ毎年ノ最大波浪中ニ於テモ稀ニ見ルモノニシテ當時激浪相次イテ港内ニ迫ルノ壯觀ハ又察スルニ餘アリ



第五圖

今參考ノタメニ本港本來ノ地勢ニヨリ港内ニ惹起サレ得ヘキ最大波高ヲすてぶんをん式ニヨリ算定シ尙此レカ圖形ヲ示ストキハ次ノ如シ(第五圖參照)

すてぶんをん式

$$H = 1.5\sqrt{D} \quad H \dots \text{波高} \quad D \dots \text{水深}$$

$$H = 1.5\sqrt{D} + (2.5 - \sqrt{D}) \quad D < 6 \text{ ヲルトキ}$$

方向	波高	方向	波高
北	二・五	北々西	八・四
北西	二・七	西北西	二・八
西	三・五	西南西	三・六
南西	四・七	南々西	四・一
南	〇	南々東	〇
南東	〇	東南東	〇
東	〇	東北東	〇
北東	〇	北々東	〇

實測ニ示セル波ノ方向ハ即チ波ノ進行方向ニシテ此レハ余ク日測ニヨリ決定セルモノナルヲ以テ多少ノ相違ハ免レ能ハ

ナルモノトス

波長及波速ノ測定ハ海中ニ適當距離ヲ隔テ、青竹ヲ入レオキ此間隔ヲ參考トシタルコトアルモ通例防波堤ノ既成部分ノ延長ヲ參考トシ或ハ碇泊船舶ノ長サニ比較シテ算定スルヲ常トセリ次ニ波力ノ觀測ハ直接防波堤築設工事ニ大關係ヲ有スルヲ以テ常ニ其測定ヲ怠ラサルモ未タ絕對的強度ヲ決定シ得ヘキ確實ナル記錄ヲ得ルニ至ラス目下各種ノ實驗ニヨリ研究中ニ屬ス

現時當港ニ於テ實施シツ、アル測定法ハ南防波堤根部附近ニ波力試驗所トシテ直前深十八尺ヲ有スル礁面上ニ混凝土壁ヲ造リ而シテ干潮面上三尺四寸ノ高サ即チ海底ヨリ二十一尺四寸ノ壁面ニ取り付ケタル廣井博士ノ考案ニ成ル單記波力計カ示ストコロノ記錄ニヨリ同一箇所ニ於ケル波力ノ比較的大イサヲ知り得ルニ過キサルモノナリ此レニヨリ算定セル被害當日ノ波力試驗所ニ於ケル波力計ノ示度ヲ每方呎噸ノ大イサニ換算シタル記錄並ニ大正二年以降毎年ノ同シク最大記錄ヲ示セハ左ノ如シ

年 月 日	波力計取付方向	波 力		當時ノ波高	方 向
		噸每方呎	尺		
大正九年 十月 八日	北 西	一一・九〇	二〇	西	西
同 十一月 七日	西	一一・五七	一五以上	西	西
同 十一月 十八日	北 西	一一・五四	一五以上	北西	北西
同 十二月 四日	西	一三・三六	二五	北西	北西
大正 二年	西北西	一四・一八	二三	西	西
同 三 年	西北西	一〇・二八	一五	北西	北西
同 四 年	西	一三・九七	二〇	北西	北西
同 五 年	西北西	一三・六二	一五	北西	北西
同 六 年	西北西	一二・一五	一八	西	西

同	七年	西北西	一一・〇三	二〇	西北西
同	八年	北西	一二・二四	一八	西北西
同	九年	西	一三・三六	二五	北西

此レニ依ルトキハ今回ノ波力ハ例年ニ比シ格別大ナルモノナリトハ言フヘカラス唯十二月四日ニ於ケルモノハ毎年一回位シカナキ大波力中比較的大ナルモノナリシヲ推定シ得ヘシ然レトモ波力ノ出現ハ素ト此レ波浪ノ進入ヲ防止スヘキ障害物ノ構造水深受壓面ノ方向如何等ニヨリ大差アルコト論ヲ俟タス而シテ今此南防波堤ニ於テハ大正八年度以降施工部分即チ基點ヨリ千五百尺以上ノ箇所ニ於テハ從來施工部分ニ比シ波力ヲ受クル面ノ方向變化セルニヨリ茲ニ自ラ出現サルヘキ波力ノ大イサニ相違ヲ生スヘク然カモ此レヲ前表ヨリ察スルトキハ南堤附近ノ最大波力ハ真西ヨリ寧ロ稍々北ニ偏セルヲ知り得ルカ故ニ防波堤方向變化ノ結果ハ其防波ノ効力ヲ増スコト、ナリ從ツテ受クル波力ノ増大トナリ防波堤ノ構造カ假令同様ニシテ且同深ノ箇所ニ築設サレタルモノトスルモ從來ニ比シ防波堤ノ安全度ヲ減セラレタルコトト成ルヘク況シテ構造ノ變化ニヨリ抵抗力ヲ減シ築設箇所ノ前進ニヨリ水深ヲ増加セラレタル等ノタメニ其安全度ヲ著シク減シタルハ疑フヘカラサル真理ト見ルヲ得ヘシ

要スルニ前表ノ結果ハ此レヲ直チニ遷シテ以テ當時施工中ニ屬スル防波堤ノ受ケタル波力ノ比較トナスヲ得サルヘク此レニ構造受壓面ノ方向水深等ノ諸要件ヲ適當加味シ換算シテ始メテ比較研究ヲナシ得ルモノナリトス
 次ニ被害ノ結果ヨリ推察シ當時支持力トシテ極度ニ抵抗セリト見做シ得ヘキ力ヲ算定シ此レニヨリ作用セル波力ノ限度ノ一斑ヲ窺ハントス(第四圖參照)

(一) 函塊ヲ破壊セル力(大正九年十月八日波ノ破壊作用)

波ノ破壊作用ハ多ク碎波ニ因ル今回函塊六十七號ノ破壊サレタル結果ヨリ察スルニ先ツ函塊ノ外側ニ於テ跳揚セラレタル多量ノ水塊ハO.D.室内(第六圖參照)ニ落下シ來リテ兩室間ノ中壁ト力ノ沖側壁トニ絶大ナル張力ヲ及ホシテ僅ニ裂傷ヲ與フル程モナク第二ノ怒濤襲ヒ來リテ遂ニ兩壁ヲ離斷セシムルニ至リタメニO.室内側壁及丘側壁等ヲ支持スル

驗 說 報 告 留 助 港 防 波 堤 破 壞 報 告

ヲ得スシテ境減ヲ來シカハル慘況ヲ呈スルニ至リシモノ如シ
 今Dノ間壁及D沖側壁ノ最大抵抗力ヲ算出セントス

C D 間壁

鐵筋斷面積……0.181 × 32 = 5.792 ㎡

混凝土有效斷面積 1.2 × 21.5 = 25.8 ㎡ 或ハ 3,715.2 ㎡

鐵筋ノ實際ニ有效ナル抗張強度ヲ 30,000 = ㊦ 混凝土ノ抗張強度ヲ 120 = ㊦ (施工後三十五日)トセハ
 (備考) 同日ニ施工セル混凝土ノ一部ニヨリ拱式體ヲ作り四週間ノ實驗ノ結果ニヨリハ抗張力

237.4 = ㊦ トナル

間壁ノ最大抵抗力…… $R_1 = 30,000 \times 5.792 + 120 \times 3,715.2 = 173,760 + 445,824$
 $= 619,584 = 276.6 \text{ T}$

D 沖 側 壁

鐵筋斷面積……0.407 × 19 = 7.733 ㎡

混凝土有效斷面積……1.5 × 24.5 = 36.75 ㎡ 或ハ 5,292 ㎡

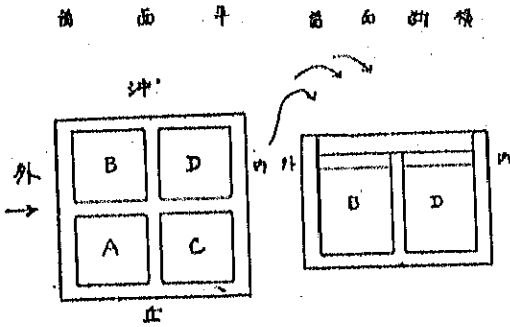
側壁ノ最大抵抗力…… $R_2 = 30,000 \times 7.733 + 120 \times 5,292 = 231,990 + 635,040$
 $= 867,030 = 387.1 \text{ T}$

以上二壁カ同時作用セルモノトセハ其抵抗力

$$R = R_1 + R_2 = 276.6 + 387.1 = 663.7 \text{ T}$$

面ソテ外力ノ働ケル面積ハ(15.6 + 24.5) × 14.1 即 365.4 ㎡

故ニ當時働ケル波ノ破壊力



$$F > \frac{668.1}{565.4} = 1.17 T$$

此ノ波力ヲ以テ直チニ間敵サレタル而ニ及ホス碎波ノ衝突力ニ適用セントスルハ常ラス此レ即チ波力ハ障害物ノ形狀如何ニヨリ其出現ノ度ヲ著シク異ニスルモノナレハナリ

(二) 函塊ヲ移動セル力(大正九年十一月七日以降波ノ移動作用)

波ノ移動作用ハ多ク之レ波動セル水域ノ有スル運動量ノ變化ニヨリ障害物ニ及ボシタル瞬間ナリ今函塊カ移動サレントスルニ抵抗シ得ル最大力ヲ算出セントス(第七圖參照)

混凝土 16 切 每水 35 切ヲ以テ各重量一噸ナラトセハ

塊充濟函塊一個ノ水中ニ於ケル重量……1,028.1 T

函塊一個ノ長サニ相當スル根圍塊ノ水中ニ於ケル重量……94.9 T

函塊ト根圍塊ト同時ニ抵抗スルモノトシ混凝土ト捨石トノ摩擦係數ヲ 0.7 トセハ

トセハ

全抵抗力…… $R_2 = (1,028.1 + 94.9) \times 0.7 = 786.1 T$

而シテ外力ノ働ク面積ハ 19.5 × 33.3 即 649.4 ㎡

故ニ波ノ移動力 $F > \frac{786.1}{649.4} = 1.21 T$

今第三章二ノ第三項中ニ述ハタル如ク函塊相互間ノ袋詰混凝土ヲ施工シアリタルモノトシ函塊一個長以内ノ延長ニ互リテ絶大ナル波力ノ出現サルハ

出 來 形 斷 面

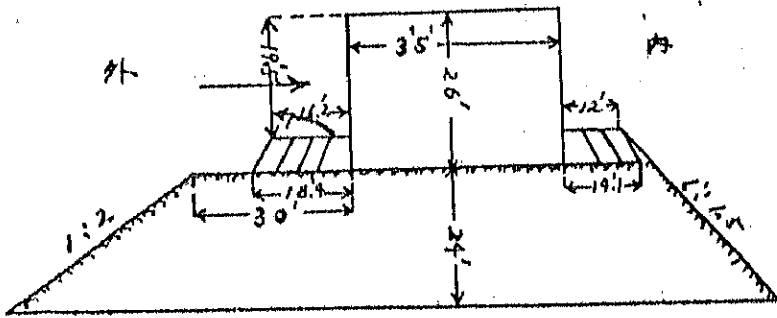
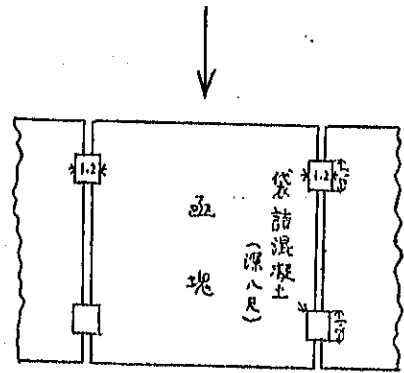


圖 七 第



モノトセハ函塊ノ各個體カ別々ニ移動サレントスルニ對シ袋詰混泥土ノ裁力抵抗スルコトノナルヘク此ノ大イサヲ算出セハ(第八圖參照)

袋詰混泥土ノ有效斷面積…… $13 \times 4 = 52 \text{ ㎡}$

混泥土ノ抗強度ヲ 100 ㎏/㎠ 即 6.4 T/㎡ トセハ

全抗裁力ハ $6.4 \times 52 = 336.8 \text{ T}$

實際ニ有效ナル抵抗力ヲ $R_2 = 336.8 \times \frac{1}{2} = 168.4 \text{ T}$ トセハ

現設計斷面ニヨリ函塊ノ移動ニ對スル全抵抗力ハ

$$R = R_1 + R_2 = 786.1 + 168.4 = 954.5 \text{ T}$$

故ニ移動抵抗力強度ハ 1.44 T/㎡ トナル

以上算出セル抵抗力ハ實際ニ於テ何ば一せんと迄作用セルカハ不明ニシテ要スルニ當時作用セル波力ノ眞ノ値ハ之ヲ知ルコト到底不可能ナルモノアリ

第五章 修繕ノ方法

第三章ニ於テ述ヘタル大正十年三月十八日實測ノ結果ヲ以テ略々被害狀態ノ鎮定セルモノト見做シ此レヲ補修スヘキ方法ヲ函塊各個ニ區別シ列舉スレハ次ノ如シ

函塊六十二號及六十三號 堤幅内ニ存在セル部分ハ此レヲ其儘ニ利用シ不足幅ニ對シテ相當ノ函塊ヲ沈設シ新體ト

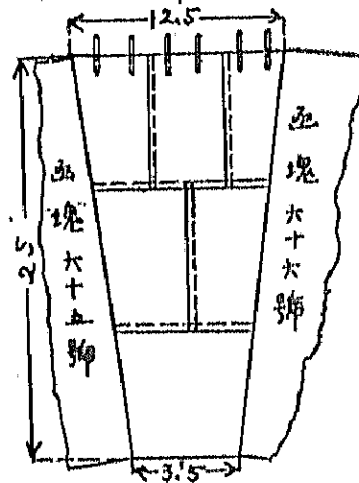
舊體トノ連絡ヲトルタメ「形ニ曲ケタル四十五封度以上ノ軌條數本ヲ表面ニ埋メ込ミ尙新函塊沈設後適當落着ヲ見ルニ至ラハ可成早ク場所詰混泥土ヲ施工スルモノトス

函塊六十四號 此レハ既ニ堤幅外ニ飛散シ了ヘタルヲ以テ全然新タニ六十三號六十五號間ニ嵌入サルヘキ形ノ函塊

ヲ沈設スレハ可ナリ

函塊六十五號及六十六號(第九圖參照)

兩體共ニ其儘堤體ニ利用サレ得ヘシト雖モ傾斜ノタメニ生セル兩體間ノ間隙ハ此レヲ塞クヘキ方法甚タ困難ナリ當事者ニ於テモ目下苦心考慮中ナリト雖モ一案トシテハ隙間ニ嵌入サルヘキ楔形混泥土塊一個四百五十切内外ノモノヲ積重ネテ各個ノ連絡ヲトリ場所詰混泥土トハ四十五封度以上ノ軌條ヲ埋メ込ミテ繋キヲトルモノトス隙間約八立方尺ノ容積ヲ有スルヲ以テ四百五十切内外ノ塊十八個ヲ要スルコトナルヘシ函塊ト各塊トノ連絡ヲ直接ニトラシムルコトハ困難ニシテ此レハ場所詰混泥土ニヨリ間接ニトラシムルノ外ナキモノトス依テ塊積重後直チニ場所詰混泥土ヲ施シ塊積重ノ儘激浪ニ犯サルハコト絶對ニナカルヘキヲ要スルモノナリ



第九圖

函塊六十七號

六十四號同様堤幅外ニ飛散セルモノナルヲ以テ

全ク新函塊ヲ沈設スレハ可ナリ六十六號傾斜ノタメ此間ニ間隙ヲ生スルト雖モ上部場所詰混泥土施工ニ不都合ナク然カモ此レヲ塞クヘキ適法ナキヲ以テ其儘ニ放置スルモノトス

函塊六十八號(第十圖參照)

破壊セル殘骸ノ大部分堤幅内ニ存

在セリト雖モ此レヲ堤體ニ利用セントスルハ頗ル困難ニシテ寧ろ殘骸ヲ去除ケ新函塊ヲ沈設スルヲ容易ナリトス殘骸ヲ去除ケントスルニハだいなまいとヲ以テ適當ノ大イサニ破碎スルヲ要スヘク爆破ノ仕様ハ諸種ノ狀況ニ鑑ミ大體左記ニ依ラントス

- (一) 爆破用だいなまいとハ青紙印ヲ使用シ少ク共空中ニ於テ一破片ノ重量三十噸以下ノ小片ニ分割スルモノトス
 - (二) 爆破ノ順序ハ先ツ上面ニ垂直ニ第十圖ノ如キ位置ニ徑一寸ノ孔ヲ穿チ深サ八尺トシ●印ヲ第一回トシテ一齊ニ
- 印ヲ第二回トシテ同シク同時ニ爆破セシメ其破碎ノ形狀ニ應シ更ニ第三回第四回ト順次ニ孔徑八分以下トシ

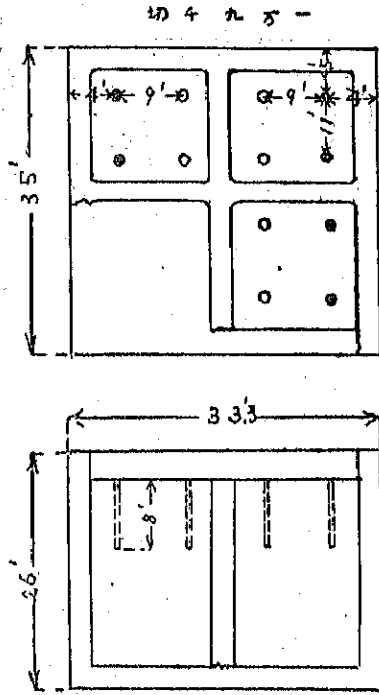
テ施行スルモノトス

- (三) 鑽孔作業ハ第一回第二回ノ中四孔ハ空中作業ニヨリ他ノ八孔及第三回以下ハ全部水中作業ニヨルモノトス
- (四) 發火ハ水中用導火線ヲ用ヒ導火線ノ長サハ第一回及第二回ハ孔長ニ約八尺ノ延長ヲ加ヘ第三回以下ハ全長二十

五尺平均トス

五塊ハ十八號

(五) だいなまいと裝填數ハ一孔ニ付第一回及第二回ハ約十本トシ他ハ六本平均トス



第十圖

本數ヲ一括シテ中央ニ水中用導火線ノ一端ヲ開カシメ此レヲ油紙ヲ以テ充分ニ包ミ其上ヲ日本麻ニテ嚴重ニ巻キ白ペンキヲ塗リ導火線ノ出口ニハ發付油ヲ充分塗り付ケテ浸水ノ憂ヲ避ケ不發ノ際引キ出スタメ竹ノ割リタルモノヲ上ニ取リ付ケタルモノヲ所定ノ孔ニ裝填シ水深十尺以上ノ箇所ニ於テハ孔ノ口ニハ藁ヲツメ十尺以下ノ孔口ニハ藁ヲ相當堅固ニ填メタル上ニ砂ヲ充

タスモノトス

- (七) 穿孔ノ方向ハ水平面ニ六十度内外ノ角度ヲモタシ各孔ノ距離ハ裝填スルだいなまいとノ本數ニヨリ又破碎セントスル塊ノ形狀等ニヨリ異ナルモ大凡だいなまいと三本乃至五本ノトキハ五、六尺だいなまいと六本以上ノトキハ七尺以上ノ見當トス

(八) 孔ノ深サトだいなまいとノ本數トノ關係ハ大底孔深五尺以下ハだいなまいと三、四本以下孔深六尺以上ハだいなまいと

なまいと八本内外トス但シ孔深ハ十尺以上ニセサルモノトス

(九)鐵筋ノ切斷ハ潜水夫ニヨリ金切鋏ヲ使用スルモノトス

(十)だいなまいと爆破ハ裝填後一時間以内ニ施行スルモノトス

(十一)穿孔費ハ空中ニ於テハ一尺ニ付一回五拾錢以下水中ニ於テハ一尺八回以下ノ割ヲ以テ施工スルモノトス但シ孔徑八分内外ナリ

右ニヨリ實施ノ結果ハ固ヨリ此レヲ斷定シ得ヘカラス如何程迄ニ成功スヘキヤハ疑ナキ能ハサルモノニシテ從ツテ工費モ亦容易ニ豫定シ得スト雖モ破碎費三千回以内除去取片付費七千回以内ヲ以テ施工シ得ル見込ナリ但シ除去取片付ハ大ナル鋼製鋏ヲ以テ一々潜水夫ノ指揮ニヨリ破片ヲ擱去ルモノトス而シテ當事者ニ於テハ右破碎取除工事ハ破碎ノミニ止メ除去ハ大部分此レヲ冬季ノ激浪ニ委ネ以テ工費ノ節約ヲ計ラントセリ

以上修繕ノ方法ニ依リ新タニ築設サルヘキ被害箇所ノ抵抗力ハ既ニ第三章ニ於テ述ヘタル適當追加ノ方法ニ依リ將來ニ於テ遺憾ナキヲ期サルヘキハ勿論ナリトス

修繕ニ要スル全工費ハ其施工方法ノ詳細ハ今尙考察研究中ニ屬スルヲ以テ茲ニ記述スルヲ得ス

第六章 波浪觀測ニ關スル種々ノ推定

波浪ノ觀測ニ關シ著者カ經驗セル種々ノ實驗又ハ測定ノ結果ヨリ推定シ得ル事項ヲ列舉スレハ次ノ如シ

(一)波浪ハ陸岸又ハ障害物ヨリ或ル距離ノ範圍内ニ於テハ常ニ同深線ニ直角ナル方向ニ其進行ノ方向ヲ變更セントスル傾向アリ而シテ少クトモ波ノ高サト同シ値ノ水深アル地點ニ達スレハ完全ニ同深線ニ直角ノ方向ニ變シ夫レ迄ニ徐々ニニ方向ヲ變シ來レルモノナリ

風向ト此風ニ因リ誘起サレタル波浪トカ必スシモ同方向ヲ示ササルコト往々アルハ此レニ依ルモノニシテ此レハ又海底ノ變化ニヨル一種ノ廻波トモ見做シ得ルモノナリ

此レニヨレハ今机上ニ於テ一港灣ノ防波堤ノ位置ヲ定メントスルニハ對岸距離ノ大小ヲ考究スルト同時
設方向トノナス角度ナルモノヲモ相當考慮スルヲ要スルコト、ナルヘシ

(二)碎波ノ及ホスヘキ波力ハ其値ヲ測定スヘキ受壓面積ノ大小ニヨリ著シキ差異アル記録ヲ示シ而シテ此レカ實際ニ及
ホストコロノ波力ナルモノハ水分子其モノ、衝突力ノミナラス水分子間ニ挾マル、空氣泡ノ壓縮サレタル力ノ及ホス
モノ亦少ナカラサルモノアリ

現時當港ニ於テ使用シツ、アル廣井博士ノ單記波力計ハ其受壓面積六・四二平方時ナリ而シテ第四章ニ於テ示セル波
力ハ凡テ此六・四二平方時ナル小面積ニ作用セル記録ヲ平方呎ノ値ニ換算シタルモノニシテ今同波力ヲ測定スルニ前
記ノ如ク果シテ其試驗體ノ受壓面積ノ大小ニヨリ波力ノ値ニ大差アリ然カモ面積ノ小ナル程平均波力大ナリ(第三章
二ノ第四項中ニ言ヘル如ク)トセハ此ノ換算ノ結果ハ面積ニ不相當過大ナリト言フヘク又一般ニ防波堤ノ受クル實際
ノ波力ヲ決定スルニ當リテ此波力計ノ示ス記録ヲ直チニ任意ノ面積ニ應用シ得サルコト、ナルヘシ
尙此レハアル定マレル堤幅カ一方塊ヨリ成立シ又ハ當港ノ如キ函塊ヨリ成ル場合其一個體ノ長サヲ決定セントスルニ
當リテハ其延長ノ大ナル程安全ノ度大ナリト言フコトヲ得ヘシ

(三)防波堤ノ構造カ直立式ナルト捨石式ナルト其外側ニ於テ波浪ノ衝突ヲ受クル際ノ壯觀ヲ比スルニ碎波飛沫ノ上昇ハ
當港ノ如キニ於テハ後者ノ方遙カニ甚タシキモノ、如シ此レ直立式ニ於テハ碎波水塊ノ一部カ深ク海底ニ向ツテ卷キ
込マル、モ前者ニ於テハ此卷キ込マレントスル水塊カ捨石面ニ達シテ面ニ偉大ナル壓力ヲ及ホシ直チニ外側ヨリ進ミ
來リシ第二ノ波浪水塊ト衝突シ下ニ突進スルコトヲ得スシテ一時ニ高ク空天ニ上昇サル、結果ト見ルヘシ

(四)普通ノ海岸同地點ニ及ホス波力ノ最大ナルモノハ其地點周圍ノ地形ニ何等變化ナキ限りハ當時ノ波向如何ニ拘ハラ
ス常ニ同一ノ方向ニ現出サル、モノナリ

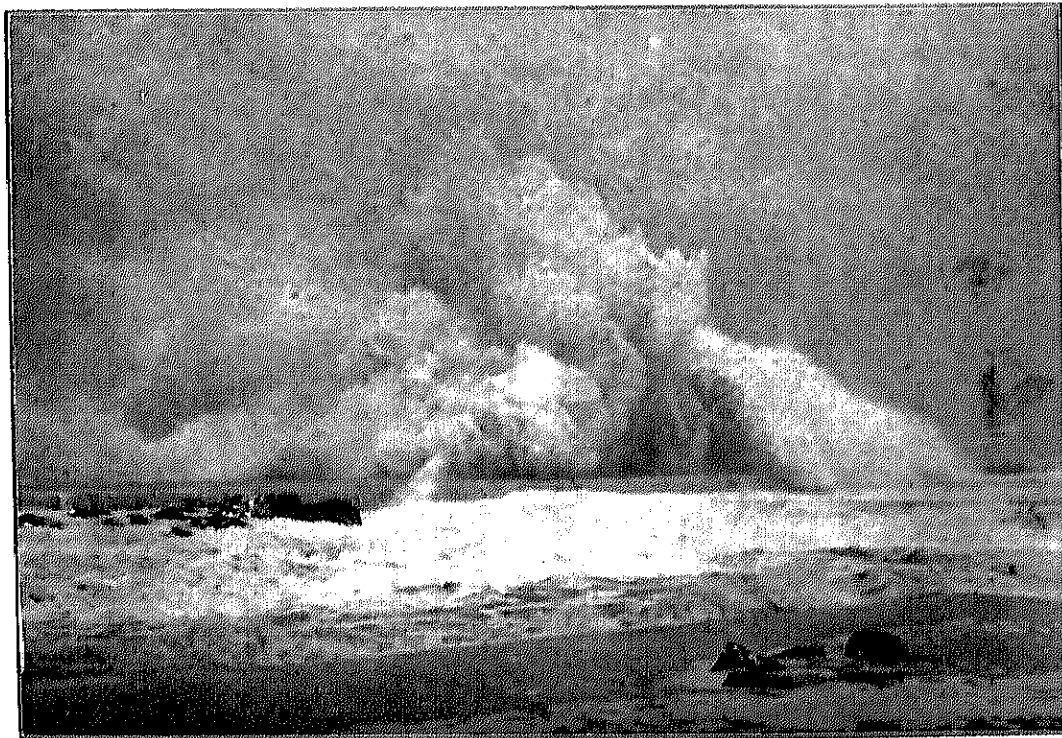
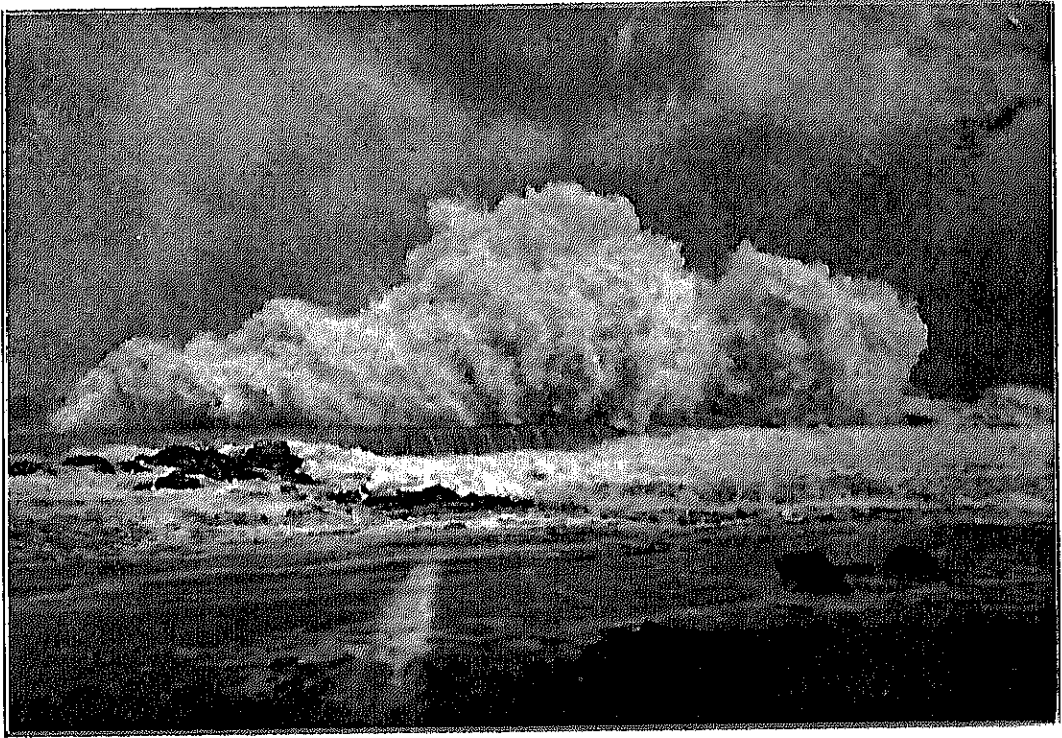
此レハ本章第一項ニ述ヘタル推定ノ結果ナリトモ見ルヲ得ヘシ

(完)

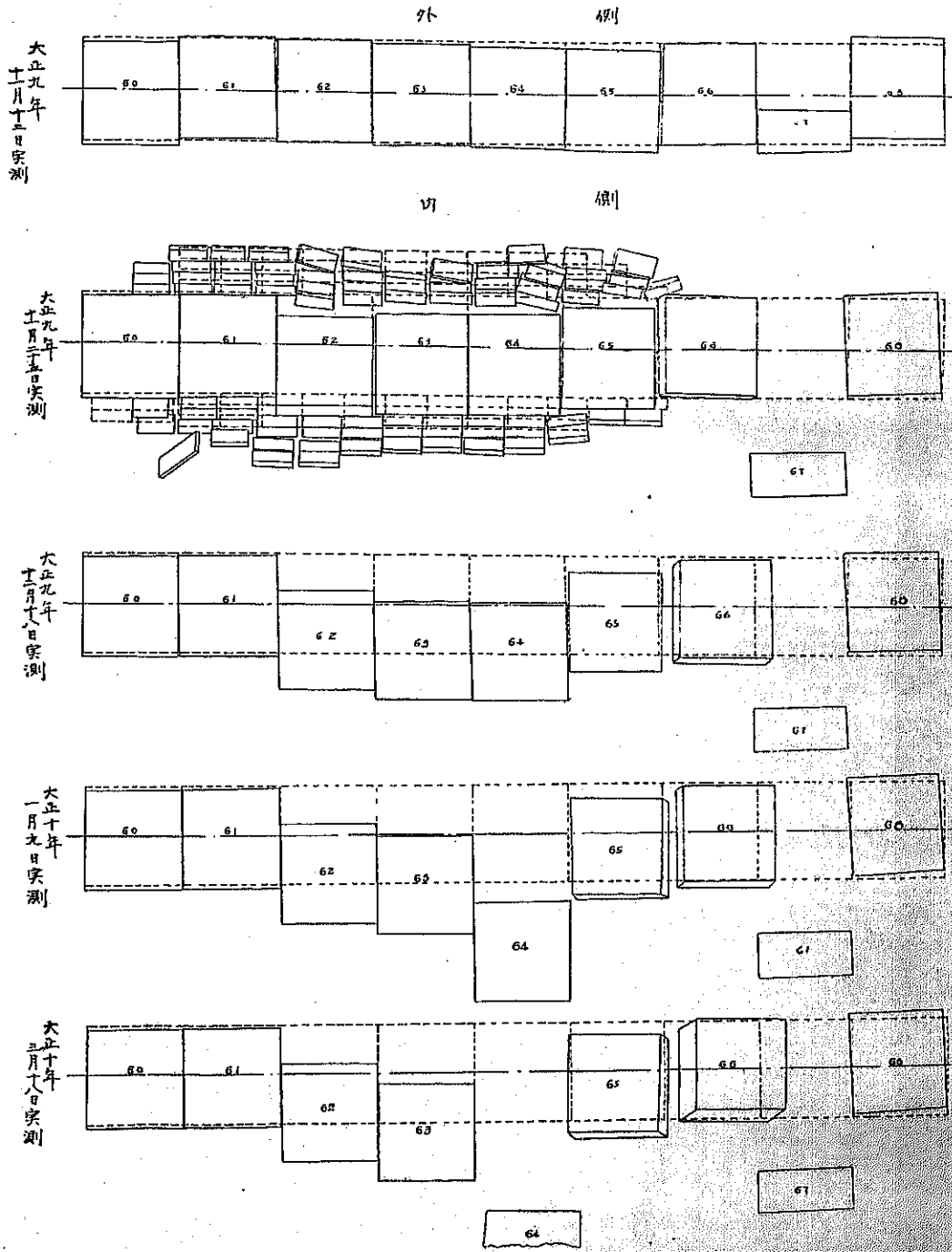
留萌港南防波堤（根附近）ニ衝突スル怒濤

（波高二十尺、波長百四十尺、波速三十尺毎秒）

（丁卯年十月八日撮影）



（大正九年十月八日撮影）



留崩築港南防波堤被害圖

其 一

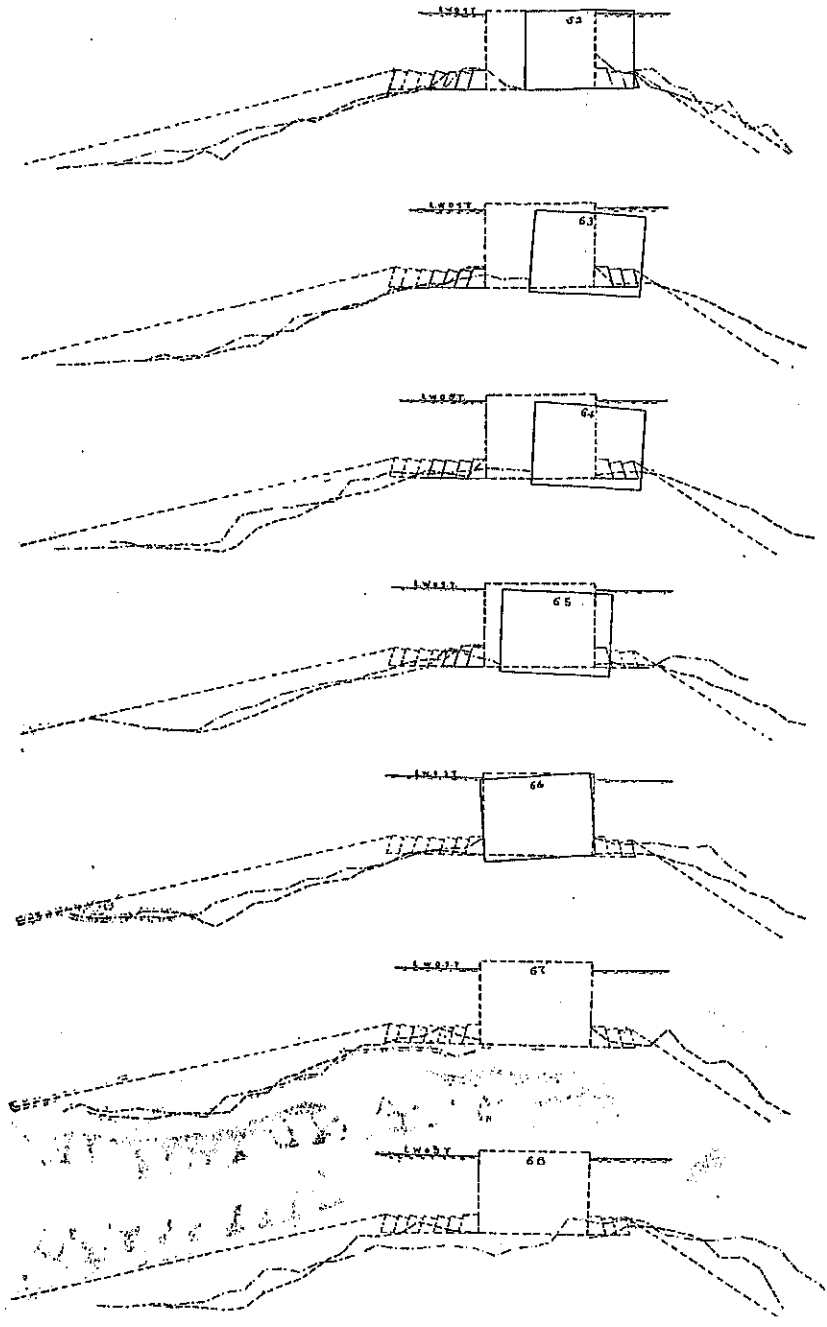
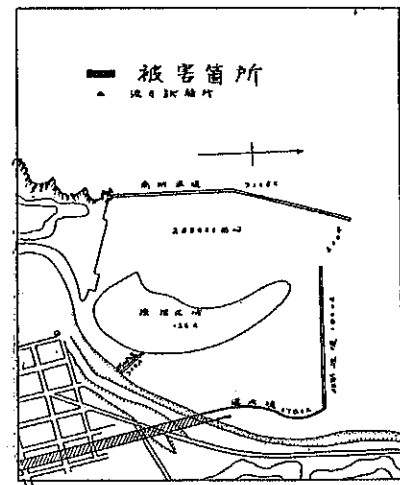
平面圖

將化後

施三當時

橫断面圖

施設
大正九年十月十六日實測
大正九年十一月十六日實測
大正九年十一月十八日實測



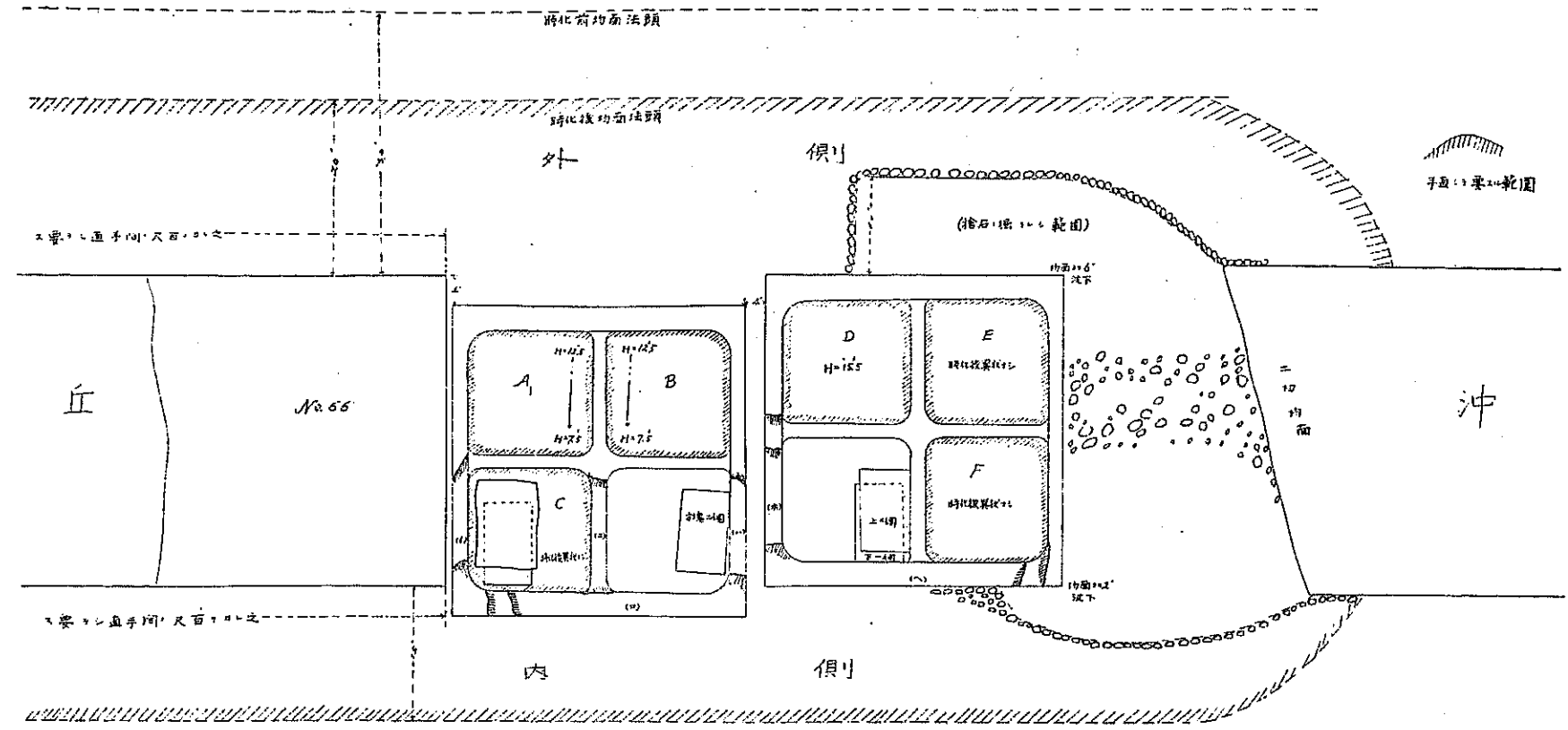
留崩築港南防波堤被害圖

其二

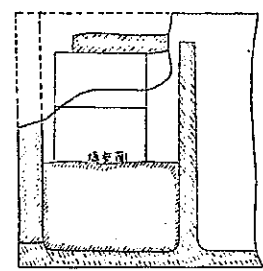
函塊破壞圖

大正九年十月十日調

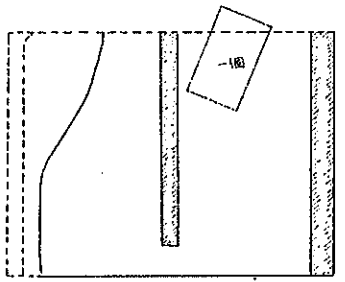
縮尺百分之一



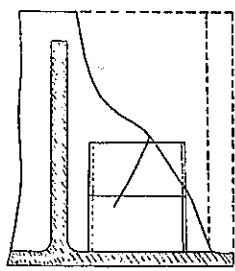
(一) 内部見狀圖



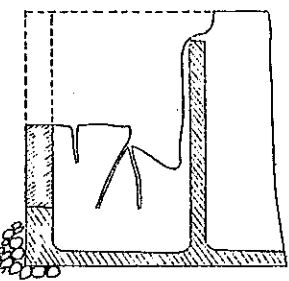
(二) 平面圖



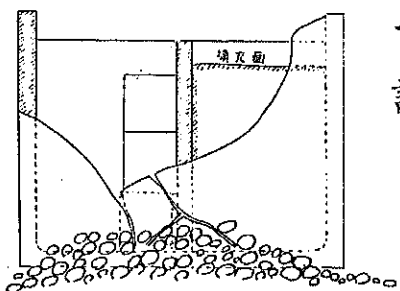
(三) 内部見狀圖



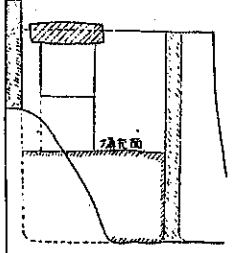
(四) 内部見狀圖



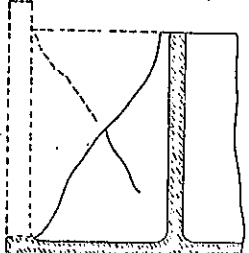
(五) 港内見狀圖



(六) 港内見狀圖



(七) 沖内見狀圖



<p>A 方塊三個 94.8² 塊高 18.5 塊底積數 2,620.0² 時化積塊數 1,500.0²</p>	<p>B 方塊二個 92.9² 塊高 14.5 塊底積數 2,100.0² 時化積塊數 1,500.0²</p>	<p>C 塊高 8.5 塊底積數 1,200.0²</p>
<p>D 方塊二個 86.4² 塊高 18.5 塊底積數 2,710.0² 時化積塊數 2,200.0²</p>	<p>E 方塊二個 90.6² 塊高 13.5 塊底積數 2,000.0²</p>	<p>F 塊高 18.5 塊底積數 2,580.0²</p>

(此圖係根據第七號附圖)