

論說報告

土木學會誌 第六卷第四號 大正九年八月

懸崖ニ波浪ノ激衝セル時ノ實例ニ就テ

會員 工學博士 石川源 一一

緒言

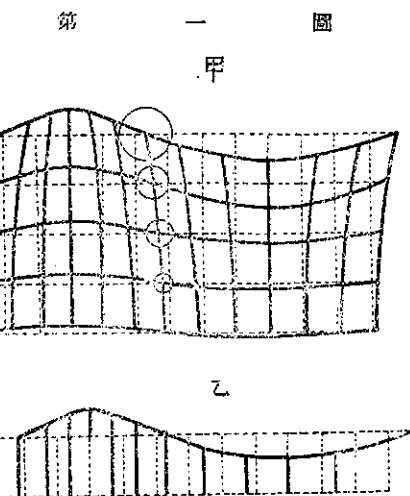
海岸ニ於ケル波浪ノ研究ハ海事工學者ノ最モ必要トスル事項ナリ而シテ普通態様ニ於ケル波浪ノ運動ニ關シテハとろこいなる波トシテ既ニ西曆一八〇二年けるすとな教授ノ説明アリ一八六三年ニハらんきんハ前者ニ關係ナク説述シ又一八四七年ニハすとーくすハおっしれーとりウエーぶナリトシテ解説シ其他諸大家ニヨリ研究セラレタル所アリ依テ余ハ茲ニ表題即チ外海ニ面セル懸崖孤島ニ波浪ノ激衝セル状態ニ就キ余ノ航路標識事業ニ關係シ實地ニ遭遇セル實例ヲ述ヘ以テ大方ノ參考ニ供シ併テ先輩諸兄ノ高教ヲ煩サントス

波浪ノ種別

波浪ヲハ大別シテ二種トスルコトヲ得一ハ太陽及月ノ引力ニヨリテ生スル潮汐波ニシテ他ハ暴風又ハ地震等ニヨリ起レル表面波トス彼ノ海岸懸崖等ニ激衝セル波浪ノ状態ノ研究スヘキモノハ多ク後者ノ場合ニ屬ス大洋ニ面セル海岸又ハ岸礁ニ於ケル波浪ノ状態ヲ詳述シ且ツ之カ斷案ヲ下スハ最モ難澁ニシテ一言以テ不可解ト云フヲ得ヘク殊ニ海洋中ニ於ケル島嶼、岩礁、深海ニ面セル斷崖及海中ニ孤立セル建設物等ニ激浪ノ衝突セル場合ハ種々ノ状態ヲ發生スルモノナリ元來風浪ニ於テ風カ強風以上ニ達シタル時ハ更ニ一層ノ高浪ヲ發生スルモノニシテ波高三十尺以上ニ至ルコトアリ如斯風浪ト雖モ最初ハ微浪ニシテ風ノ海洋ヲ吹キ荒ム時ハ漸次之レカ増大ヲ來シ完全ナル障害物ニ衝突スル迄ハ前進ヲ停止セ

ス海底ノ深淺地形上ノ關係潮流ノ方向等ニヨリ波浪ノ方向ヲ變シ數多ノ波浪相合シ又ハ衝突交叉シ混亂益々波高ヲ高ムルコトアリ之等狂瀾怒濤ノ際ニ於ケル波力ハ實ニ驚クヘキモノアリ海ノ深淺ハ波浪ノ大小ニヨリ之ヲ定ムルモノニシテ淺海トハ波長ニ比シ水深ノ小ナル場合ニシテ深海トハ波長ニ比シ水深ノ大ナルヲ云フ故ニ同一ノ場所ニ於テモ波浪ノ大小ニヨリ深淺ヲ異ニスルノ理ナルニヨリ普通波長二分ノ一以上ノ水深ヲ限度トシテ深淺ヲ定メ研究スルヲ利便トス

波浪ノ運動及作用



深海ニ於ケル波浪ノ運動ハ表面以下波長ノ半分ノ深サニ於テハ波浪ノ運動ハ甚タ微弱ナリ即チ第一圖甲ニ於ケル點線ハ静止ノ状態ヲ實線ハ波浪ニヨリテ變化ノ有様ヲ示ス其表面ハさいくろいどニシテ圖示區別ノ如ク其ノ形狀ヲ水ノ上下及前後運動ニヨリ變化ス從テ水ノ分子ハ一定不變ナル角速度ヲ保チ其ノ直徑ハ下部ニ至ルニ從ヒ漸次減少シ底部ニ於テハ其運動ヲ感セサルニ至ル然ルニ淺海ニ於テハ波浪ノ作用ハ海底ニ及ホシ第一圖乙ニ示セル如ク其區分内ノ水ハ全ク異動スヘキ割合トナルモノナリ

淺海ニ面セル岩礁等ニ波浪ノ激衝セル場合ハ簡單ニ測定シ難シト雖モ

深海ニ於ケル場合ハ之等ノ状態ヲ多少推定シ得ヘシ

波浪ノ速度

波浪ノ速度ハ動水力学ニヨリテ計算シ得ヘク深海ニ於テハ波長ニ關係シ淺海ニ於テハ主トシテ水深ニ關係シ其速度ハ静止ノ状態ニアル物體カ落下スル場合ニ於テ落下ノ速度カ水深ノ高サヲ有スル場合ノ半分ニ等シ之レカ例トシテ深海ニ於テ波長六十三米ノ波浪アラハ波ノ速度一時間ニ付三十五軒七(一秒時間九米九)トナリ淺海ニ於テハ波浪ノ傳播力ハ波長

ノ大小ニ關係セス單ニ水深ニ左右セラル即チ水深十米ニシテ波長ノ大小ニ關係セス一時間三十五籽六(一秒時間九米九)ナリト雖モ水深四分ノ一ニ減シ二米半ナルニ於テハ波ノ傳播速度ハ前者ノ二分ノ一即チ一時間十七籽八(一秒時間四米九)ニシテ淺海ニ於テハ波ノ速度ハ水深ノ平方根ニ比例スヘキヲ知ルヘシ

淺海ニ於ケルところこいだる波ハ概シテ其形狀異リ深海ニ於ケル如ク規則的ナラサルモ連續セル波頂ノ到着スル時間ハ同一ナリ

波浪ト風力

波浪ハ海事工業上至大ノ關係ヲ有シ波高ノ大小ハ影響スル所特ニ大ナリトス抑モ波浪ノ起ル關聯の原因種々アルヘキモ其最モ明白ナルハ風力ニ起因スルモノナリ波高ニ關シテ從來數多ノ實驗的公式アリすてぶんそん氏モ百哩以上ノ起波距離ヲ有スル場合ニ起リ得ヘキ最大波高ヲ知ル爲メ適合スル公式トシテ

$$h = 1.5 \sqrt{D}$$

D ハ起波距離

h ハ波高

ヲ按出セリ然レトモ波浪ハ常ニ必ス同一狀態ニテ起ルモノニアラス且ツ風ハ廣袤ナル面積ヲ同一ノ方向ニ進ムコトアリ得ヘカラサルカ故ニ之ヲ一率ニ定ムルハ至難ノ事業ニ屬シ大體ノ概念ヲ知ルニ止ムルノ外ナシ

波浪ハ大洋ニ於ケルト海岸殊ニ水深ノ大ナラサル大洋ニ面セル海岸ニ於ケルト其形ヲ異ニシ同一風力ニヨリ起レル波浪ナリト雖モ同一ノ波高ヲ生スルコトナシ之レ吾人ノ既ニ實驗スル所ナリ

波高及波長

波浪カ大洋ヨリ漸次水深ノ減スル海岸ニ向ヒ進行スルトキハ其性質ヲ變シ波浪ノ長サ及高サヲ減少シ又水深ノ急激ニ減スル時ニ於テハ波浪ノ長サヲ著シク減スルト同時ニ高サヲ増スト雖モ其高サハ直ニ減少ス如斯波浪ハ水深ノ減少ニヨリテ其ノ長サ高サヲ減シ變化アルノミナラス岬角島嶼及岩礁等ノ障害物ニヨリ浪波ノ方向ヲ變シタルトキ又ハ波浪ノ海峽ヲ通シテ廣キニ出ツル時ニ於テモ同一狀態ヲ呈スルモノナリ其他波浪ハ同一ノ原因ニ依リテ起リタルトキト雖モ水深ノ

漸減ニヨリテ大小ヲ來スヘシ是レ波力ノ強弱アルノ理ナリ此ニ依レハ大洋中ニ於ケル波高ト海岸(概略三十尋以下ノ水深ナル海岸)ニ於ケル波高ト異ルノ理ヲ知り得ヘシ又水深深キ大洋孤島ニ於ケル波浪ハ淺キ海岸ニ於ケル波浪トハ其狀態同一ナラサルナリ

ばうはむこるにし^ル氏ハ深海ニ於ケル波浪ニ就テ實用的ノ公式トシテ

$$h = \frac{V}{2.05}$$

h ハ波高ヲ尺ニテ示セルモノ

V ハ一時間ニ於ケル風速ヲ哩ニテ示セルモノ

之レニヨリ烈風ニテ風速一時間二十七哩二(一秒時間ニ四十呎)ナリト假定スレハ風速ニヨリ大洋中ニ於ケル波浪ハ其ノ高サ十三呎ニ達スルコトアルヲ示セリ

廣井博士ノ實驗的公式ニ於テハ此點未タ明瞭ナラシムルコトヲ得スト雖モ全ク開放セル地ニ於ケル數同ノ觀測ニヨリ深水ニ於ケル波高ト風速トノ關係ヲ左式ニテ示セリ

$$h = \frac{v^2}{330}$$

h ハ波ノ高サヲ尺ニテ示ス

v ハ風ノ速度ヲ每秒尺ニテ示ス

之レニ依レハ烈風ノ每秒四十呎ノ風速ヲ有スル場合ニ於テハ四・八尺ノ高サヲ示シ前者ト大差アリ此兩者ノ比較ニ於テモ水深ノミナラス潮流ノ如キニモ大ナル關係アルヲ知ル

波浪ノ速度ト水深トノ關係

又波浪ノ速度ハ水深ニ大ナル關係アリ速度大ナレハ波浪ノ激衝力大ナリ故ニ海岸ニ於ケル防禦工事ニ於テ防波ノ方法ヲ講スルニ當リテハ特ニ研究ヲ要シ波浪ノ特性ニ從ヒテ其ノ配置及構造ヲ定メサルヘカラス

すとうくす氏ハ波浪ノ速度ハ其水深波長ノ四分ノ一以內ナルニ於テハ深海ニ於ケル速度ノ百分ノ六・七ヲ減少シ八分ノ

一以内ナルニ於テハ深海ニ於ケル速度ノ十分ノ四ナルコトヲ云ヘルアリ

波浪速度ノ減退

速度ノ減少ハ波力ノ弱少ヲ示スモノニシテ此原因主トシテ地形ニアリト雖モ亦海中ニ於ケル潮流及溫度ノ差ノ爲メ密度ノ差ヲ生シ之レカ爲メ波浪ノ速度ニ差ヲ生スルコトアラン

波浪ノ方向

波浪ハ其方向モ亦常ニ風ノ方向ト一致スヘキモノニアラス海洋中ニ於ケル孤立岩嶼又ハ海岸ノ凹凸複雑セル所ニ於テ水深ノ淺キトキハ一率ニ之ヲ定ムルコト能ハス波浪ノ交叉スルアリ又ハ重複スルアリ實ニ不可思議ナル現象ヲ呈シ海岸防禦工事等ニ於テハ工學上慎重ナル研究ヲ要スヘク大體ニ於テ計畫上必要ナル點ヲ舉クレハ

一 波浪ノ激衝力ヲ生スヘキ主要原因タル其速度ヲ知ルコト

二 波浪ノ激衝スル場合ニ之レカ昇登シ得ヘキ最高度ヲ知ルコト

三 波浪ノ方向ハ如何ナルヘキモノナルカラ知ルコト

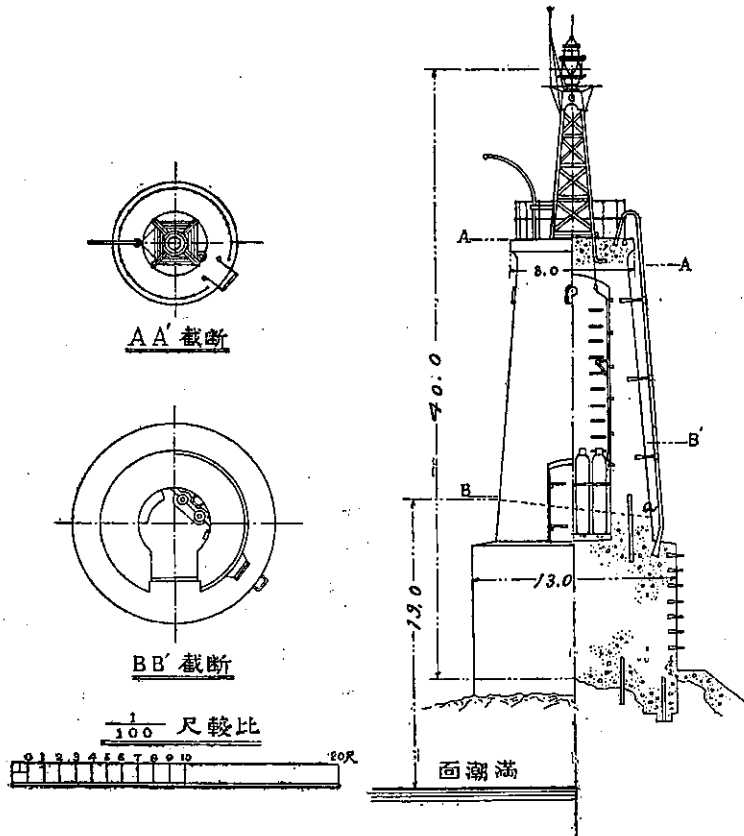
激衝力ヲ生スヘキ波浪ハ前述ノ如ク其ノ海岸ノ状態ニヨリテすみーとん氏ノ云ヘル如ク「全ク計算シ得ヘカラサルコトニ屬ス」トハ眞理ニシテ海事工學者トシテ最難澁ナルコトニ屬ス各所ニ築造シタル防波堤ニシテ不測ノ波力ノ爲メ破壊セラレタル實例少カラス波力計ニヨリ實測セル結果ヨリモ實際ニ於ケル波力ヲ想像スル時ノ方大ナリシ場合多シ

波浪ニ依ル被害ノ實例

實例 (一) 大正六年九月三十日夜半ヨリノ暴風怒濤ノ爲メ第二圖ニ示セル東京海灣浦賀沖ニ於ケル海瀨島挂燈立標ハ翌十月一日午前四時過キニ至リ遂ニ滿潮面上十九尺ノ高サニ於ケル圓錐形塔(外直徑十尺ニシテ混凝土厚二尺ヲ以テ内室ヲ設ケアル場所)ヨリ斜面ニ切斷セラレタリ當時ノ風浪ハ激烈ニシテ地方沿岸ノ慘狀甚ダシク目撃者ノ言ニヨレハ波浪ノ頂面ハ立標最上部ヲ數尺表シ居タリト云フニ見レハ滿潮時ニ近ケル時ノ倒壞ニシテ此場合潮ノ上昇平時ニ比シ五尺高

カリシヨリ察スレハ波高ハ七十尺餘ニ達セシコトヲ想像シ得ヘシ

第二圖 舊海瀨島挂燈立標之圖



ケル最小壓力ハ兩者ノ差ナリ

廣井博士ノ實用的公式(築港前編六三頁)
 ニ於ケル如ク波浪ノ長サ及高サノ比ハ之
 レヲ知ルヲ得サルニヨリ假ニ二十分ノ一
 ト假定シ

$P_1 = 3.2 \text{ ton}$ P_1 ハ最大壓度

20 ハ海水一立方尺ノ重
 量即チ六十四封度

h ハ波浪ノ高サニツテ七十尺
 之レニ依レハ最大壓度ハ一平方尺ニ付約
 六・四噸ナルヲ知ル又構造上ヨリ破壞壓
 力ヲ計算スレハ波浪ノ作用ナキトキハ破
 壞部分 a b ニ於ケル壓力ハ一様ナリトス
 然レトモ波浪ノ作用ニヨリ a ニ於ケル單
 位壓力ヲ増加シ b ニ於テハ減少スルニヨ
 リ此壓力ノ變化ヲ見出スニハ a ニ於ケル
 最大壓力ハ塔ノ重量ニヨル單位壓力及波
 浪ニヨリテ生スル壓力ノ和ニシテ b ニ於

重量ニヨリテ生スル平均壓力

$$\frac{W}{S}$$

W ハ上部ノ重量ヲ示シ五十噸ナリ

S ハ a b ニ於ケル斷面積トス約六十三平方尺ナリ

波浪ノ爲メ塔ヲ屈折セントスル最大壓力

$$\frac{Ml}{2I}$$

M ハ a b 斷面部ニ於ケル波浪ニ對スル力率トス P 噸ヲ全波力トスレハ $P \times 10^6$ ナリ

l ハ a b ノ長サニシテ十尺ナリ

I ハ幾何學的物量力率ニシテ尺ヲ單位トシ四百七十ナリ

是レニヨリ A ノ單位面積ニ於ケル最大壓力ヲ P トスレハ

$$P = \frac{W}{S} + \frac{Ml}{2I}$$

P ハ破壞力ニシテ此場合一平方尺ニ付五十噸ト假定ス

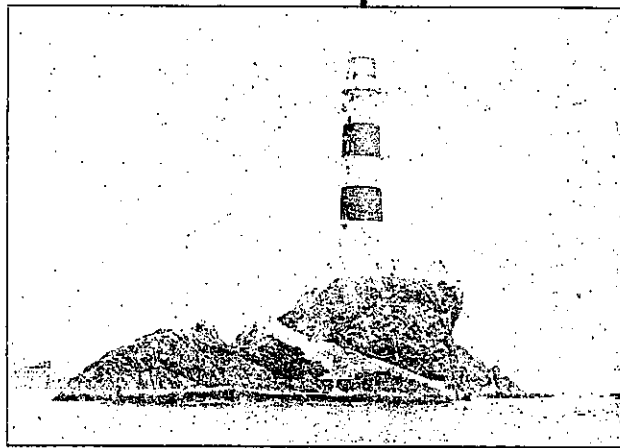
然ルトキハ

$$M = 10,254 \text{ 尺噸}$$

集注セル全波力ハ一、〇二五噸ナリ對波面積上部ハ鐵製樁形其下部混凝土造圓形ニシテ倒壞部分ハ優ニ百八十平方尺アリト雖モ圓形部ハ其波力ヲ弱ムル爲メ之レヲ百五十平方尺ト推定スル時ハ一平方尺ニ對スル波力約七噸ニシテ前者ト伯仲ノ間ニアルヲ知ル

實例 (二) 水ノ子島燈臺ニ於ケル數次ノ被害事實ヲ舉ケン第三圖ニ示セル如ク本島ハ豊後水道ノ中央ニ位シ全部岩石ヨリ成リ全面積約九百坪アリ燈臺ハ第四圖ニ示ス如ク最頂部ニ在リ其基礎滿潮面上高六十二尺ニシテ之レニ附屬シテ居室及物置等ヲ建設シアリ構造燈臺ハ石造圓形下部外徑二十六尺上部二十尺ノ九階造リニシテ基礎ヨリ燈臺ニ至ル高百二十尺滿潮面ヨリ燈火ニ至ル高百八十二尺ナリ又燈臺附屬室ハ石造ニシテ其四圍ニ構塹ヲ設ク其尙サ四尺厚上部二尺下部三

第 四 圖



石ノ爲メ建造物ニ對シ何等被害ナカリシ結果ヨリ見レハ岩石ハ漸クニシテ基礎部ニ達シタルモノ、如シ又此岩石ハ一度ノ波浪ノ爲メ下部海岸ヨリ基礎部迄打揚ケラレタリヤ又ハ數度ノ波浪ノ爲メ昇リタルヤハ疑問ナリト雖モ途中ニ於ケル天水溜水池等ノ被害ナカリシ點ヨリ考フレハ一度ノ波浪ノ爲メ打揚ケラレタルモノト斷セラル果シテ然ラハ此岩石ハ如何ナル初速ニテ揚リタルヤヲ知ル爲メ

$$h = \frac{v^2}{2g} \quad v \text{ハ初速ニシテ } h \text{ハ揚リタル高五十七尺}$$

g ハ重力トス

右ノ式ニヨリレハ一秒時間ニ六十尺ノ速度ナリシコトヲ知ルヲ得然レトモ之ノ六十尺ノ速度ハ波浪カ衝突ノ瞬間ニ於ケル状態ニヨルモノニシテ障害物ノ附近ニ於テ水深ノ急減スルトキハ波浪ニ又大ナル變化ヲ來スヘシ

元來波浪カ碎波ノ状態ヲナス時ハ水分子ノ速度ハ回轉ノ速度ニ墜下ヨリ生スルカヲ加フルモノナリ然レトモ波浪ノ懸崖ニ激衝シテ波濤ヲ打揚クル力ハ直接波浪カ天然ノ懸崖ニ衝突シテ直ニ上昇スヘキモノニアラス(海岸防護石垣等ニシテ波浪ノ上昇シ得ル如キ曲線ヲナスモノハ此限リニアラス)連續進行セル三波浪アルトキハ第一ノ波浪ハ上昇セス第二ノ波浪ハ高ク上昇シ第三ハ然ラス之ノ如キ實際ノ有様ヨリ見レハ第一ノ波浪カ懸崖ノ爲メ反撥シテ反對ノ方向即チ進行シ來リシ方向ニ向ヒタル瞬間ニ於テ連續進行シ來レル波浪ト作用シテ波浪ノ上昇ヲ來スモノナリ爲メニ波浪ノ激衝セ

ル時ニ於ケル速度ヲ適用シ落下ノ場合ニ於ケルモノト同視シ得ルノ理ナリ

(廣井博士ノ築港前編第六二頁ニハ波ノ頂ノ衝突ニヨリ生スル壓力トシアリ)

$$p = \frac{cuv^2}{2g}$$

a ハ係數ニシテ 2.0 トス g ハ重力ノ加速度毎三十二尺

w ハ海水ノ重量一立方尺ニ付六十四野度 v ハ波浪ノ打揚ケタルトキ

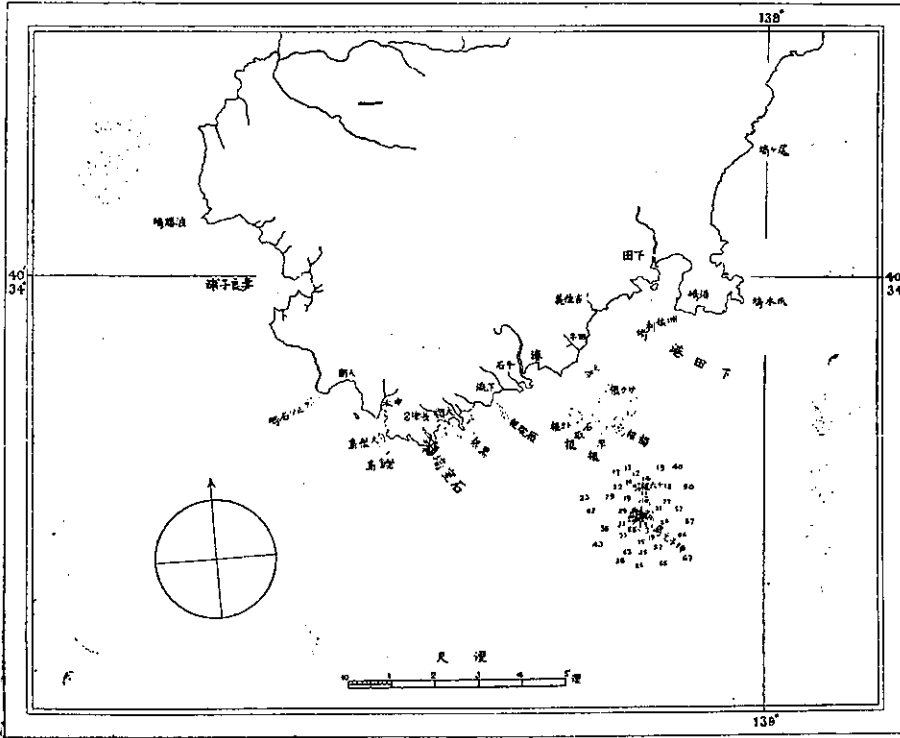
ノ初速前進ノ速リ一秒六十尺 p ハ衝突ニヨリ生ヌル一平方單位ノ壓力

大正元年九月二十二日水ノ子島燈臺ニ於テ岩石ノ打揚ケラレタルトキノ波力ハ一平方尺ニ付約三噸二分ナリ

二 大正七年七月十二日ニ於ケル被害ノ狀況

大正七年七月九日午後ヨリ豊後水道ニ於ケル波浪高ク十日ハ漸次東北ノ激浪トナリ十一日午前二時半ヨリハ強風激浪益々甚シク天候險惡ノ兆ヲ呈シ午後ニ至リ暴風雨ト化シ怒濤屢々満潮面上六十餘尺ノ構塀外ニ打寄セ十二日午前二時頃ヨリ颪風ノ中心點ト觀測セラレ風向次第ニ東南ニ變シ午前三時前後ニ至リ山ノ如キ怒濤ノ襲來連續シ燈臺下部及附屬物置所ハ勿論三階四階五階ヨリ遂ニ七階(水面上高百五十尺)迄激浪ノ冒ス處トナリ午前五時頃ヨリ上ケ潮ニ向ヒタル爲メ怒濤ハ一段力ヲ強メ殆ント標身ヲ呑マントスル如ク被害續出且ツ燈臺ノ震動甚シク全部怒濤ニ呑マレ翻弄スル所トナリタリシモ竟ニ倒壞ヲ免レタリシハ不幸中ノ幸ナリキ之レヨリ先燈臺詰員ハ諸物品ヲ出來得ル限り五、六、七階ト順次搬上ケ刻々迫ル怒濤ヲ避ケタリシカ燈臺上層ノ震動激甚ナルニ堪ヘスシテ全員更ニ六階ニ移リ今ヤ死生ヲ天運ニ委スノ慘狀ニ陥リタリ怒濤ハ刻一刻ニ猛威ヲ逞シクシ海面上高六十二尺ニアル荷揚場タル岩石及混凝土ヲ破碎シ又第四圖寫眞ニ示ス混凝土造リノ通路ハ全體根底ヨリ破碎流失シ一方ノ上陸地點ノ如キ大破損ヲ被リ而シテ物置所屋根ノ笠石ハ御影石ニテ長五尺幅一尺三寸厚一尺重量約百二十貫ノ一個ハ構内ニ墜落シタリシモ他ノ數個ハ波浪ノ爲メ凌ハレ廊下ニ於ケル銅板葺キ屋根モ七分通リ剝脫流失シ廊下出入口鐵扉ハ怒濤ノ激シキ打撃ニテ甚シク彎曲其用ヲ爲サ、ルニ至リ尙狂ヒニ狂ヒシ激浪ハ遂ニ燈臺三階窓ノ外側ニ設置シタル海面上百〇七尺ノ高サニ於ケル鐵製信號臺ヲ折破シ取付用鐵板一と及ヒ鐵製持送り破片ヲ殘スノミニテ他ハ全部流失セシメ其餘波ハ同三階窓硝子ヲ突破シ激浪連續燈臺内ニ浸入シ三階以

第 五 圖



下ハ忽チ瀑布ト化シ戸棚其他ノ破損ハ勿論燈臺廊下間ヲ隔離セル鐵戸及燈臺下層ノ窓鐵戸ノ戸締金物ノ如キハ燈臺内ニ

満水セル壓力ノ爲メニ何ノ效ナク各鐵戸ハ打開
 キ廊下鐵戸ノ如キハ内外ノ潮水ニヨリ煽ラレ大
 ナル彎曲ヲ呈スルニ至レリ而シテ構内表門内ニ
 重量半噸餘ノ混凝土ノ一大破片ヲ打揚ケタリ之
 レ荷揚場ノ破碎セラレタル破片ニシテ現存位置
 ト各破碎セラレタル現位置トノ距離及高低猶其
 間ニ在ル障害物等ニ就キ考慮スルトキハ如何ニ
 波浪ノ威力大ナルカニ想到シ次テ又各部分被害
 ノ情狀等ヨリ考フレハ大正元年九月二十二日ニ
 於ケル被害ニ比シ激甚ニシテ其實狀一トシテ研
 究ノ資料タラサルハナシ

(三) 神子元島燈臺ニ於ケル波浪ノ爲メ被
 害事實ヲ舉ケンニ本島ハ第五圖ニ示ス如ク静岡
 縣下田港ノ南方約六哩ノ距離ニ在リ全部岩石ヨ
 リ成リ全面積約四、二〇〇坪アリ島ノ頂上ハ滿
 潮面上六十尺ニシテ頂上部ニ百四尺ノ燈臺ヲ建
 設シ燈火ノ高サ滿潮面上百六十四尺アリ島頂ヨ

論 說 報 告 懸崖ニ波浪ノ激衝セル時ノ實例ニ就テ

リ約二十五尺低キ東方凹地ニ燈臺詰員ノ官舎及物置所ヲ建設シアリ其構造ハ何モ煉瓦造ナリ (第六圖參照)

大正六年九月三十日夜半ヨリ十月一日拂曉ニ亘ル暴風ニ於テ本島ニ打揚ケタル怒濤ハ海面上百三十尺餘ニ至リ餘沫ハ更ニ七十尺以上ニ及ヒ燈臺官舎間ノ交通不可能トナリ官舎及物置所ニ打揚ケタル波浪ハ瀑布ノ如ク官舎ノ屋根及天井等ヲ破壊激浪浸入シ其被害激甚ヲ極メ燈臺基礎部ニ於ケル重量二噸ノ鐵罐ヲ移動轉覆セシメタル等波力ノ如何ニ大ナリシカ

ヲ推知スルヲ得ヘシ

前述セル各實例ニ於テ波浪ノ打揚クル高サニ就テハ其ノ懸崖又ハ防波の營造物ノ形狀並ニ其ノ前ノ海底ノ狀態水深ノ如何ニヨリテ變化アリテ一樣ニ律スルコトヲ得ス又波浪ノ打揚クル水柱ハ同一場所ニ於ケル同一ナル波高ノ場合ニ於テモ常ニ大差アリト雖モ高サノ最大ナルモノハ大略波高ノ三倍ナルヲ知り得ヘク之レ波浪ノ懸崖ニ激衝反撥シタル波浪水分子ノ回轉ノ速度連續進行セル波浪ノ水分子ノ速度ト合同作用スルカ爲メナルヘク其水柱ノ高サヲ知ル爲メニハ

$$H = cl \left(1.5 + \frac{\pi h}{L} \right)$$

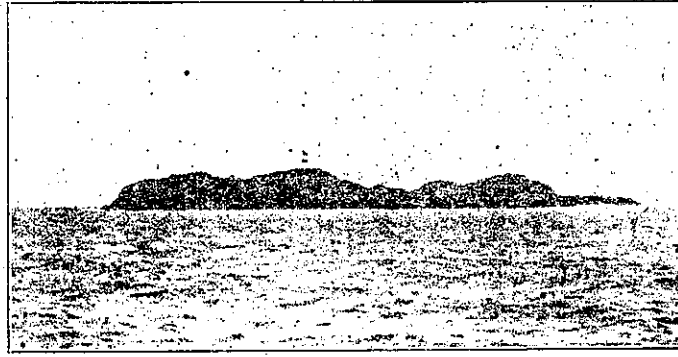
H ハ波浪ノ打揚クル水柱ノ高サ

h ハ波高 L ハ波長

c ハ係數ニシテ前記ノ如ク反撥セル波

浪ト連續進行セル波浪ト全ク適合上昇シ得ル場合即チ最大高昇

ノ時ハ c = シテ其狀態ニヨリテ c トスルコトアリ



第 六 圖

如何トナレハ水柱ノ揚リ得ル高サHハ波浪ノ速度ニ左右セラレ之ノ速度ヲvトスレハ

$$H = \frac{v^2}{2g}$$

波浪ノ打揚クヘキ初速ハ墜落ノ終速度ニ等シキモノナレハ

$$V_0 = \sqrt{2gh \left(1.5 + \frac{\pi h}{T} \right)}$$

故ニ $H = gh \left(1.5 + \frac{\pi h}{T} \right)$ ヲ得ルナリ $\frac{H}{L}$ ハ普通大洋中ニ於テハ $\frac{1}{20}$ ナリ

$$H = 0.16L$$

cノ値ヲ2トスレハ最大高ヲ得打揚クル高サハ大略波高ノ三倍ニシテ實際ノ場合ニ適合スルヲ知り得ヘシ (完)