

着工以來 工事途中 許多한 隘路에 逢着하였든바 其中 重要한것을 例舉하면 採石山 占有紛糾 連續인 40餘日間の 降雨 農繁期로 因한 勞務者出役不振 潮水와 颶風으로 因한 路線地盤洗掘 및 浸蝕等으로 重疊되었으나 關係要路의 積極인 協助와 責任工程完遂를 爲한 都給會社側의 誠意와 努力으로 計劃工程대로 推進하고 있음은 關係責任者된 한사람으로서 同慶하여 마지 않습니다.

今年度目標量은 現狀態로 보아서는 無難히 突破할것으로보고 있으나 이것은 具體的事業의 8.7% 該當되는 것입니다. 앞으로 이 巨大한 事業의 有終의 美를 거두려면 前途에 許多한 難關과 隘路가 많을 것이오니 關係當局의 끊임없는 協助와 指導를 바라오며 政府의 果敢한 施策으로 經濟開發 5週年 計劃이 豫定대로 完功되기를 비러마지 않습니다. (土聯 東津江出張所長)

颶風時에 堤防에 부딪치는 上昇(Run-up)高 및 波壓強度와 波浪 Energy에 對한 干拓堤防의 合理的인 設計에 對하여

虛 泰 來

本研究는 主로 颶風과 海溢이 일어날 때 海岸(干拓) 堤防에 부딪쳐 이러나는 Run-up 高와 波壓에 對하여 考察할것이며 그 結果 實際 海岸堤防은 어느 形狀이여야 할것이나를 示唆한 것이다.

本研究는 九州農業試驗場 干拓部에서 多年間 繼續研究한 結果며 實驗한 結果를 概括的으로 記述하며 多少라도 防潮堤設計에 參考가되면 多幸으로 生覺한다.

I. 序 說

本研究에 있어서 다음 事項에 對하여 重點을 두고 考察하였다.

a. 總合的 研究이여야 한다는 것이다. 從來의 研究에서는 堤防에 對한 波壓과 Run-up 高等을 各各 別個의 問題로 考察하여 왔기 때문에 實際로 應用할 때는 여러가지로 不合理한 點이 이러났다. 이 研究에 있어서는 이들의 問題를 相互關連시켜 追求하고 더구나 堤防에 對한 水理學的인 問題뿐 아니라, 土質 力學的及 施工 材料學的 見地에서 檢討를 加하고 實際堤防에 適合한 總合的인 考察을 하였다.

b. 堤防에 부딪치는 波力은 堤防에 入射하는 波濤의 性質 및 波濤를 衝突反射시키는 堤防의 形態에 따라 다르다. 即 같은 形狀의 堤防에 對해

서도 入射하는 波濤의 性質이 다르면 波力도 달라지고 또같은 性質의 入射波라 할지라도 衝突하는 堤防의 形이 달라지면 波力이 달라진다. 그런故로 實驗에 있어서 많은 堤防模型을 만들어 그 에다 入射波의 性質에 對해서도 넓은 範圍로 考察하였다.

c. 颶風과 海溢(津波)에 對해서는 堤防에 부딪치는 波의 種類는 前述한바와 같이 千變萬象으로 無限이 變形한다. 그러나 堤防에 對하여 가장 危險性을 주는 波(波力이 가장 강한 波)는 碎波로써 堤防에 衝突하는 때이다. 이 研究에서는 特히 碎波入射에 對하여 考察하였다.

d. 碎波는 一般으로 波高와 水深이 거이같이 되었을 때 일어난다. 이와같이 沿岸에 接近하는 波는 淺海性의 波濤라고 한다. 그런故로 實驗에 있어서 이와 같은 波濤를 使用하고자 造波裝置와 模型据付位置에 特別한 考慮를 하여야 한다.

e. 水理實驗에 있어서 가장 重要한 問題는 實際와의 相似性이 있는나 없느냐이다.

本研究에서 可及의 大型의 模型을 使用하고 縮尺의 誤差가 적게끔 注力하였다.

II. 堤防에 부딪치는 波濤의 上昇(Run-up)高 堤防設計에 있어서 가장 重要한 問題는 堤防의

有効高를 決定하는 것이다.

이것을 端的으로 決定하는 것은 堤防에 부딪치는 Run-up 高이다. 波濤의 Run-up 高는 前記한 바와 같이 堤防에 入射하는 波濤의 性質及 堤防의 形狀에 따라 다르다. 그런故로 이 두가지 要素를 各種으로 變化하여 많은 實驗을 하였다.

35種 堤防模型에 對한 實驗의 測定結果로서 새

가지의 類型으로 分類하면 妥當하리라고 생각되었다.

即 直立型 緩勾配型及 大階段型의 세가지이다.

堤防을 設計하는데는 現場의 立地條件에 따라 (後述) 이들 三者中 어느 하나의 形狀을 決定하면 된다. (圖 1)

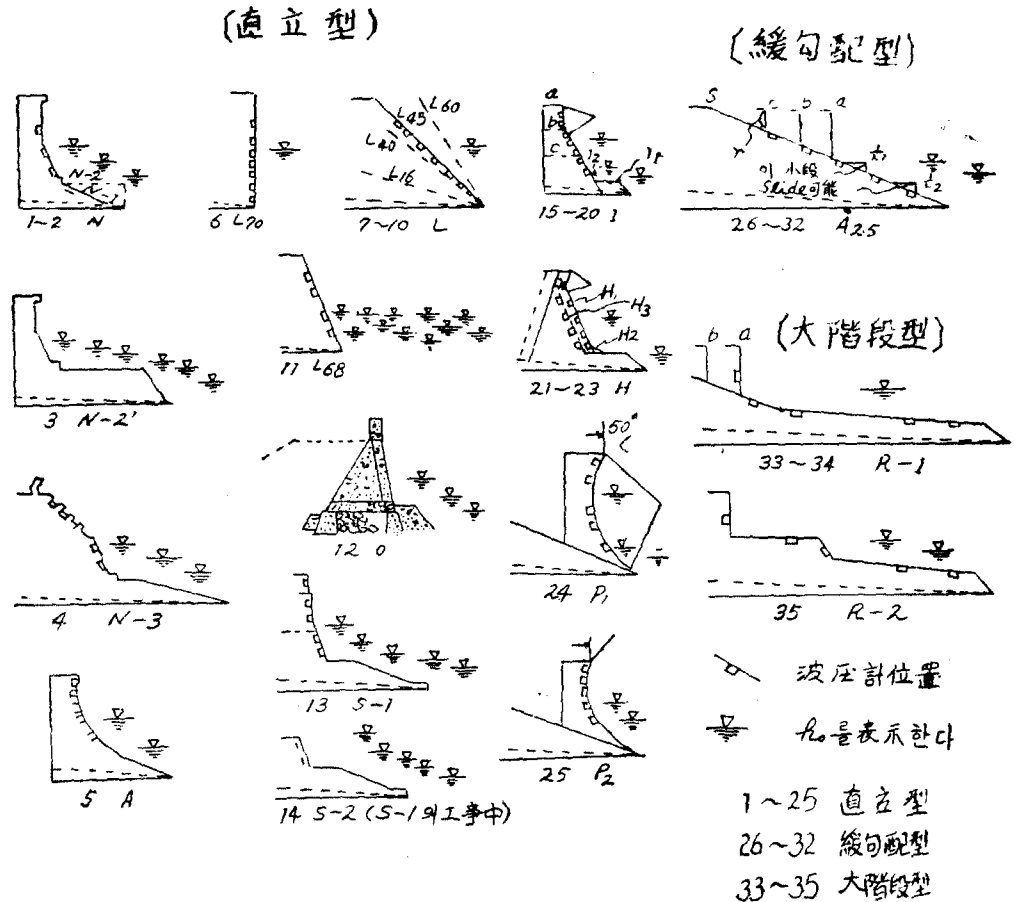


圖. 1 堤防의 模型 断面

이에 있어서 많은 實驗結果中 波濤의 Run-up 高를 求하는 堤防断面形狀의 類型 3者의 代表的인 graph를 例示하면 圖 2와 같음.

이 graph는 一般的로 表示하기 爲하여 steepness ($H_0/\lambda_0 = \frac{\text{沖波高}}{\text{沖波長}}$)를 Parameter로 하고 縱軸에 波의 Run-up 高 ($A_u/H_0 = \frac{\text{靜止水面上波의 沖波高}}{\text{沖波高}}$) 橫軸에 Shallowness ($h_f/\lambda_0 = \frac{\text{堤脚水深}}{\text{沖波長}}$)를 取하였다.

任意的 形狀을 가진 現行堤防에 부딪치는 波의 Run-up 高를 決定하는데 다음과 같이 하면 좋다.

이것은 Saville의 方法을 擴張한 것이며 堤防에 부딪치는 波濤의 Run-up 高는 入射波가 碎波點 重複波일 때는 堤防에서 $\lambda/2$ 가 일어나는 位置한 波峯의 位置)에서 波의 最高點을 連結한 單勾配를 가진 壁의 Run-up 高에 置換할 수가 있다.

이 方法은 干先任意的 堤防断面에 入射하는 入

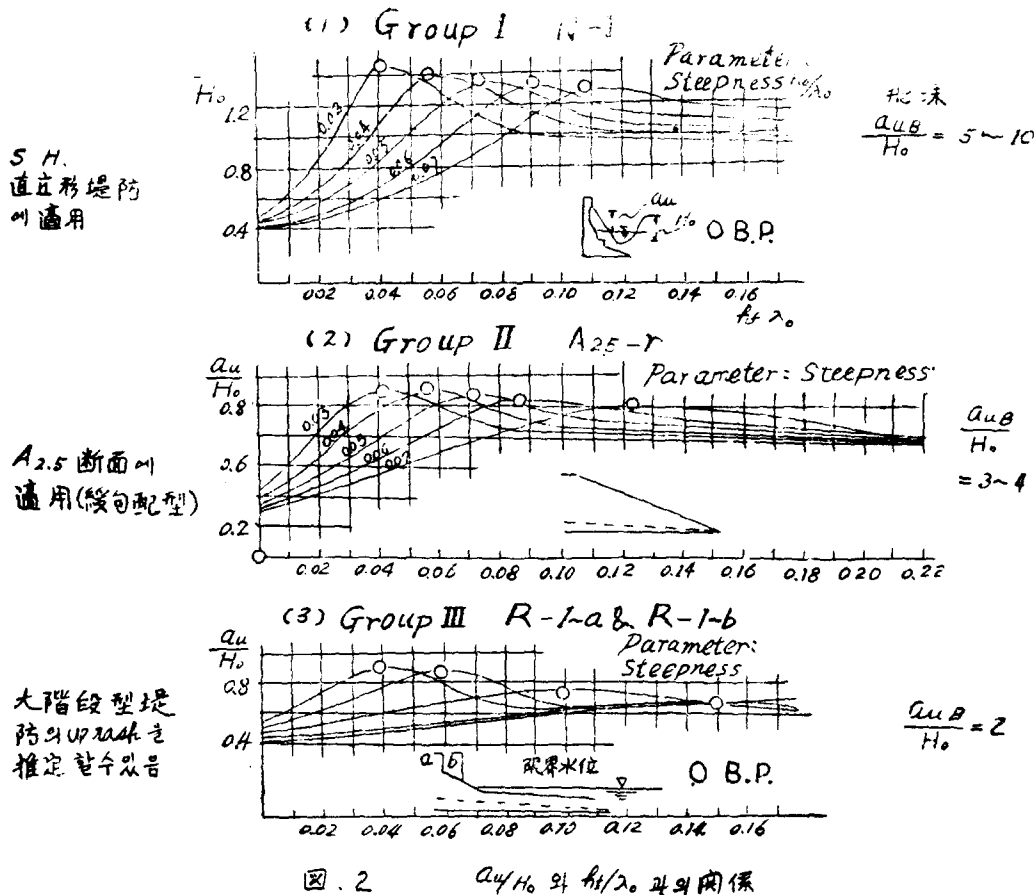
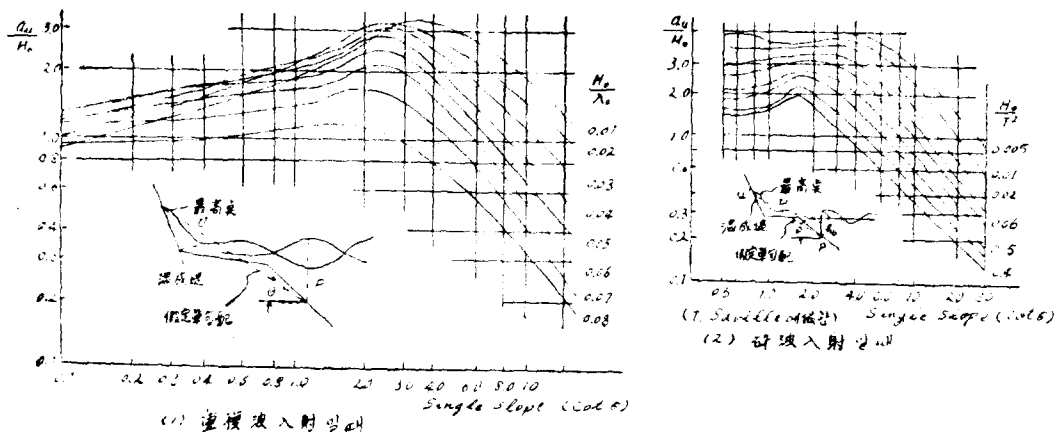


圖 2 au/H_0 와 H_0/λ_0 과의關係

圖 3 緩勾配堤에 있어서 run-up



射波高 또는 碎波點의 位置 P 點을 決定할 수가 있다.

그런故로 點 P 에서 任意로 그때의 波의 Run-up 高 π' 를 決定하고, $P\pi'$ 值를 線으로 連結한

다. 이 때의 勾配 $P\pi'$ 에 있어서 波의 Run-up 高는 Fig 3에서 求하고 그 值 π' 가 決定된 波滿의 Run-up 高에 合致하느냐 안드느냐를 檢定한다. 合致하지 않으면 再次 π' 를 決定하여 같은 操作을

한다. 大體2回試圖하면 充分하다. 即 $\bar{u}' = \bar{u}$ 될 때는 當該混成堤의 波濤의 Run-up 高는 \bar{u} 인 Run-up 高를 表示하는 單一勾配壁의 그것과 같다. 以上으로써 堤防에 부딪히는 波濤의 Run-up 을 求할 수 있다.

III. 堤防에 부딪히는 波濤의 壓力

干拓堤防을 設計함에 있어서 堤防에 衝突하는 波濤의 壓力分布를 解得함은 堤防의 構造 施工法을 決定하는데에 重要한 것이다. 波力分布는 波濤의 Rnn-up高決定과 같이 堤防에 入射하는 波濤의 性質과 堤防의 斷面形狀에 따라 相違하다.

이 研究에 있어서 波濤의 Run-up 高와 같이

많은 實驗으로 波力의 性質을 考察하고 다음과 같은 堤防에 부딪치는 波力의 強度를 求하였다.

a. 各堤防斷面形狀에 걸리는 垂直最大波濤分布

1) 直立型堤防에 對한 波壓分布 直立型堤防에 對한 波壓은 衝突波形이 重複波일 때와 碎波일 때에 相異함으로 이들을 區分하여 考察한다.

干先 重複波에 있어서는 Sain flow 公式에 依하며 求할수있는 波壓分布形狀의 性質을 適用하고 本實驗結果로써 現場適用에 便益하게끔 Antonelli 및 Cagli의 提案한 것에 따라 求하면 Fig 4-(1)-a.와 같이 決定한다.

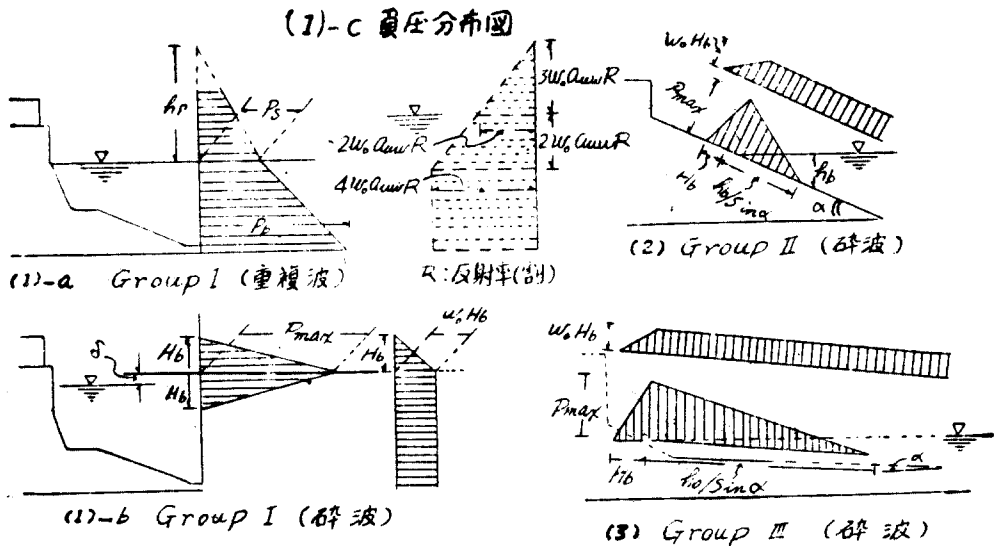


圖 4 堤防前面에 걸리는 波壓分布

$$h_r = 3 \cdot A_{uw} \cdot W_o'$$

$$P_s = 2 \cdot W_o \cdot A_{uw}$$

$$P_b = P_s + h_r \cdot w_o \quad (w_o \text{는 물의 單位 重量})$$

이것은 動水壓 及 靜水壓을 包含한 波壓分布形이다. 碎波에 있어서의 波壓分布는 實驗結果에 따라 4-(1)-(b)와 같이 된다. 左方은 動水壓 右方은 靜水壓을 表示한다. 即 最大波壓은 靜水面上

$$\delta = \frac{\pi a^2}{\lambda} \cot h \cdot kh \quad a: \text{半波高} \quad k = 2\pi/\lambda$$

인 높이에 생긴다. 最大波壓의 値는 (3)式을 使用함(後述)

그런故로 碎波壓이 미치는 範圍는 最大波壓의 作用點에서 上下에 碎波高 H_b 를 取하고 이 사이에는 直線的으로 變化한다. 또 負壓에 對하여 考察하면 波濤가 壁에 衝突狀態로 생각하고 그의 몇 割인 負壓이 걸인다고 생각하면 된다.

即 反射率을 考慮하여 Fig-4와 같이 作用한다.

(2) 緩勾配型 및 大階段堤防에 對한 波壓分布 緩勾配型 堤防에 對한 波壓은 法面直角으로 作用하는 壓力을 表示하는 것으로하고 Fig4-(2)와 같이 定한다.

이 型에 있어서는 入射波型式이 一樣으로 碎波

型으로 規制되는 故로 最大波壓은 前項에 記述한 碎波에 있어서 P_{max} 의 式及 U 의 值를 使用한다

그러나 動水壓은 法面に 沿하여 P_{max} 作用點에서 上方에 碎波高 H_b , 下方에 $h_b/\sin\alpha$ (即 法面이 碎波水深 h_b 와 같이 되는點)까지 直線的으로 減少되는 것이다. 그에다 靜水壓은 Fig4-(2)와 같이 法面の 길이 全體에 作用한다.

大階段型인때는 所謂混成堤인 故로 가장 긴 法面에 對한 波壓分布를 求하는것이며 Fig4-(3)과 같이 堤防面과 靜水面과의 交點을 通하고 對象으로 하는 法面に 平行한 作用面을 假定하여 求하였다.

即 이때에도 먼저 入射波는 階段部에서 碎波로 規制되는 故로 最大波壓의 值는 後述의 P_{max} 의 式 및 U 의 值를 使用한다. 그런故로 動水壓은 法面に 沿하여 P_{max} 의 作用點보다 上方에 碎波高 H_b , 下方에 $h_b/\sin\alpha$ (即法面이 碎波水深 h_b 에 같은 點)의 範圍에 直線的으로 減少하는 것이다.

이때 勾配가 甚히 緩할때 波壓分布의 形은 甚

히 커지나 勾配가 緩하면 緩할수록 入射波 dimension의 僅少한 相異로써 P_{max} 의 作用點이 移動하기 쉽다. 故로 施工上 法面保護에도 安全하므로 이 分布形을 가지고 하는 것은 妥當하다고 생각된다.

靜水壓의 分布는 緩勾配때와 같이 法面全長에 걸쳐 作用한다고 考慮된다.

b. 堤防에 부딪치는 碎波의 最大壓力 計算式

堤防에 부딪치는 碎波의 機構를 實驗的으로 考察하고 이것을 噴流의 衝突로 看做했다. 即 噴流理論을 適用하여 堤防에 걸리는 碎波의 最大壓力 P_{max}/w_0 試驗式을 다음과 같이 誘導할수 있다.

$$P_{max}/w_0 = U\pi h_b H_b / \lambda_b \dots\dots\dots (3)$$

但 h_b : 碎波水深 H_b : 碎波의 波高

λ_b : 碎波의 波長

U : 主로 碎波 Steep ness 와 碎波水深 및 堤防斷面形狀에 따라 決定되는 常數

이에 있어서 U 의 值는 實驗的으로 다음 表와 같이 定한다.

U의 值

Steepness	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07
N-1			16.011			12.637	
N-2			4.647			2.610	
N-3			4.934			2.101	
A		28.743	15.343			5.061	
Lo.4	98.708		46.219			7.035	
S-I	85.689		43.799			16.393	
S-II	96.607		32.823			13.274	
A _{2.5} -S.		19.576				3.502	
R-1-6	26.643		12.923			4.138	

(3)式과 上表의 U 로서 어느 때의 P_{max}/w_0 를 求할수가 있다.

IV. 合理的 堤防斷面에 對하여

上述한바를 綜合하면 堤防은 外圍의 顯著한 條件의 變化 例컨데 第一의 堤脚水深 波形 波濤 그 自身の 干涉 그에다 風力等 複雜한 諸要素에 依하여 그들을 받은 作用力이 달라짐과 同時에 이들 外圍의 條件은 堤防斷面形狀에 따라 影響되는

것을 알았다.

그런故로 堤防에 對한 觀念은 固定해서는 안되고 恒常最有利한 狀況에 있게끔 堤防을 設計하지 않으면 안된다.

要컨데 波浪 Energy는 堤防인 障害物로써 直接 阻止되는 것이 아니고 堤防의 形狀에 따라 波濤自體에 變形을 賦與하고(主로 碎波로써) 그 擾亂으로써 波力을 減하는 것이며 可及的 碎波生成을 促進하고 堤防直前에서 波濤가 가지고 있는

Energy 가 消耗할 수 있는 形狀이면 좋다.

그러나 堤防斷面은 現地의 條件 例컨데 地勢地盤等에 影響되는 바가 큼으로 施工上 經濟上의 問題等 여러가지 見地에서 檢討한 形狀이어야 한다. 그런故로 唯一한 理想斷面形態인 것이 存在하는 것이 아니다.

本研究 Group I - II의 各斷面形狀은 同時에 利點과 短點이 있으며 그 어느 形狀을 選擇해야 하는지는 各現場의 條件에 應하여 決定할 것이다.

以上으로써 合理的인 堤防標準斷面으로써 Fig5에 表示한 세가지 形狀을 提示한다.

Fig5에서 註記하면

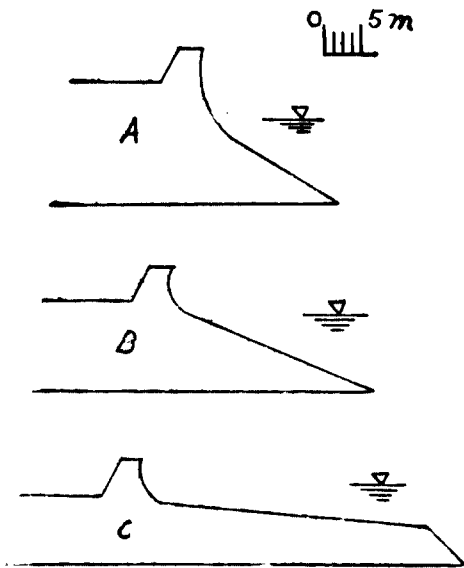


圖 5 干拓堤防의 合理的 斷面 形狀

(i) A, B 及 C 形狀으로써 飛沫跳上을 可及의 抑制하고자 堤脚部의 捨石으로써 멘드러진 法面形狀等에 急激한 變化를 주지않고 堤防自身

이 Parapet 하게끔 曲面을 插入施工하고 있다.

(ii) 이 3種의 堤防斷面形狀은 堤脚水深이 一定할때 A B C의 順으로 提高는 漸次 낮고 敷巾은 逆으로 길게되는 것이다. 圖에서 堤脚水深 3.6m 波高 2m 波長 50m Steepness 0.04 일 때의 例를 表示하고 있다.

(iii) A 形狀은 工費最少며 工法의인 經驗이 豊富한 點에 有利하다 一般으로 波의 run-up 高及 波壓이 크다.

故로 地盤이 軟弱하고 水位變化가 크고 颱風의 徑路에 있을 때는 不利하다. 이에 反하여 B 及 C 形狀은 波浪波壓에 對하여 有利하나 工費가 많이들므로 普通地盤에서 水位變化가 적은 곳에서는 不適하다.

(iv) 一般施工 後面形狀 (滲透 排水等의 問題가 包含함)等에 對하여 略함.

以上은 어디까지나 原則의 一例에 不適하다고 外圍條件이 다를때마다 變形해야 하는것을 再言하여 둔다.

本研究는 實際의 海岸堤防에 入射하는 波濤의 變形에 關한 性質을 明確히 하였고 堤防斷面形狀에 있어서 波濤의 run-up 高 및 波壓強度에 對해서 지이 그의 性質을 確實히 하였다. 이어서 實際設計에 對하여 어느 程度 基準을 세울수 있다고 생각된다.

[註]九州農業試驗場所干拓部 第三研究室에서 發行한

(昭和 30年~35年) 干拓研究報告를 紹介한 것임

끝으로 몇마디 말하고자 하는 것은 아직도 防潮堤設計에 對한 諸要素(土質力學的, 水理學的)의 究明이 確固한 것이 못되어 繼續實驗研究함이 必要하며 더구나 立地의 條件이 不利한 干潟地를 將次 開拓하여야 하는바 더욱더 繼續된 研究가 따라야 할것이다. (筆者 農林部 開墾干拓課)