

最新波浪 推定技法 도입

深海波 다시 推定

丁 烜一 (대영엔지니어링 理事)

序 言

小黒山島港은 우리나라 最西南端인 全南 新安郡 黒山面 可居島里(小黒山島)에 位置한 一種漁港으로서, 東支那海 等 近海에 出漁하는 漁船들의 緊急待避 및 補給基地港으로서의 重要性이 認定되어 基本計劃을 樹立, 開發에 着手하게 되었다.

水産庁의 開發計劃에 依하면 本港은 1979年에 着工하여 10年間에 完成할 計劃으로 工事を 施行하여 왔으며 主要外廓施設인 防波堤는 施工中 來襲하는 颱風에 依하여 많은 被害를 입었다.

특히 1986年에는 여러해에 걸쳐 힘들어 完成해 놓은 上部工 200m가 8月27, 28日에 來襲한 颱風 "VERA"号의 影響으로 全區間에 걸쳐 部分的인 被害를 입게 되어 現在 復舊工事を 施行 中에 있다.

우리나라 港中 立地的 自然的 條件上 가장 脆弱한 條件의 本港外廓施設인 防波堤 構造가 어떻게 構想되고 變化되어 왔

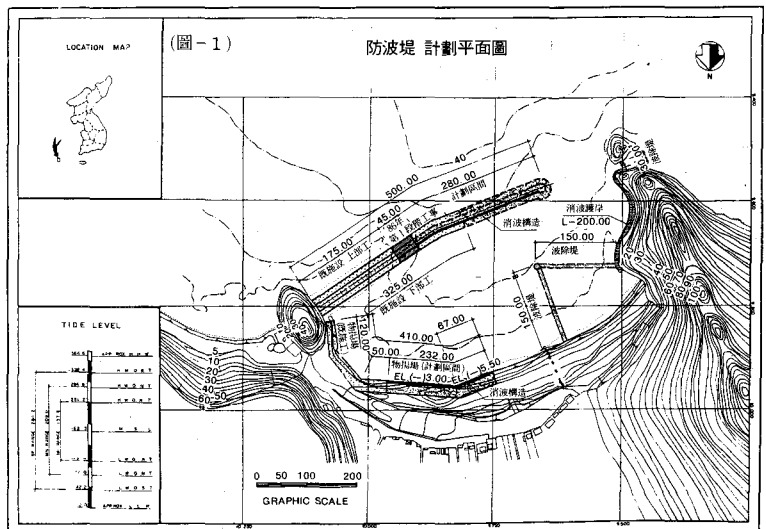
는 지에 關하여 簡單히 整理해 봄으로써, 類似한 他港의 外廓 施設計劃에 參考資料가 되었으면 하는 바램으로 이 글을 여기에 실는 바이다.

外廓施設의 平面計劃

小黒山島港은 地形的으로 幅이 약600m, 길이 약300m의 작은 灣을 이루고 있으며 水深은 急傾斜로서 港口部近의 水深은

約30m 程度이다.

이러한 與件 下에서 靜穩水面積 確保를 爲하여 當初 施設計劃時(1978年)에는 灣入口兩側에서 2基의 防波堤를 突出시키는 配置計劃을 樹立 施行하여 오다가, 中間(1984年)에 水深 및 港內靜穩 等を 勘案하여 港의 東側端에서 始作한 防波堤의 延長을 增加시켜 500m로 하고 西側端 防波堤는 省略하도록 計劃을 變更하였다. 그러나 1986年度 颱風被害에 對한 復



旧計劃을 樹立하면서 우선 防波堤 延長을 220m로 調整하여 工事を 施行 中이다.

外廓施設의 断面構造

設計條件

外廓施設의 設計條件은 基本的으로 潮位 및 波浪을 들 수 있으며 地盤의 地質條件도 考慮되어야 할 것이다.

本 外廓施設計劃 位置의 地盤條件은 岩盤 및 자갈層으로 이루어져 良好한 狀態이므로 說明을 省略하고, 潮位 및 波浪에 對하여 整理하면 다음과 같다.

1) 潮位

本港의 平均海面은 (+) 1.62m이며 大潮差는 2.80m로서 一般的으로 適用하는 設計高潮面인 大潮平均滿潮面은 (+) 3.22m이다.

그러나 本港의 水域面積이 狹少하여 越波로 因한 港內 靜穩에 미치는 影響이 크므로 이를 勘案, 高潮位(H.H.W)인 (+) 3.64m를 設計潮位로 採択하고 있다.

2) 波浪

波浪의 諸元은 外廓施設의 構造決定에 가장 重要한 要素로서 그 決定方法에 對하여 많은 研究와 發展을 거듭하여 오고 있다. 우리나라에서는 1970年代 初盤부터 先進外國의 研究資料들을 土臺로 하여 우리나라 海域에서의 波浪推定에 努力을 기울이기 始作하였고 最近에는 電

波浪推定值

區 分	深 海 波			淺 海 波	備 考
	波 高	週 期	波 向		
基本調査 및 施設計劃 (1978. 10)	7.1M	12sec	S	5.7M	
基本調査 및 施設計劃 (1984. 11)	7.2	12	S, SSE, SSW	6.7	S. M. B法
設計波高推定 및 實施設計(1986. 7)	9.0	13 (T1/3(11.5) sec	SSE~SSW	8.3 (H1/3(10)-6.6)M	HYPА MODEL (Spectrum法) SARAH, AGNES 및 CECIL 颱風을 對象으로 함.

子計算機의 發展에 따라, 計算이 複雜하고 龍大한 量을 處理해야 하는 Spectrum法에 依한 推定도 可能하게 되었다.

波浪의 諸元을 決定하는 方法은 크게 두 가지로 區分되는데 그 첫째가 長期間의 現地波浪觀測資料가 있을 때, 그 資料를 整理하여 設計波로 決定하는 것이고, 둘째로는 現地波浪觀測資料가 없는 境遇 바람觀測資料 또는 颱風資料를 利用하여 推定하는 方法이다.

우리나라에서는 大部分 둘째 方法 即 바람資料를 利用하여 波浪을 推定하는 方法을 採択하여 왔다.

小黑山島港도 바람資料 또는 颱風資料를 利用하여 推定하였다. 數次에 걸친 推定結果를 整理하면 다음과 같다.

断面構造

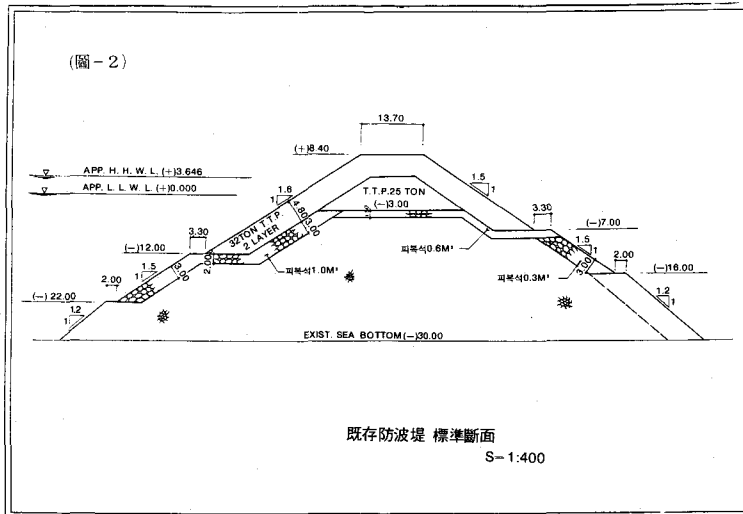
1) 計劃 断面의 變化 및 特性

本港 防波堤 断面의 構造는 設計波 推定值의 變動에 따라

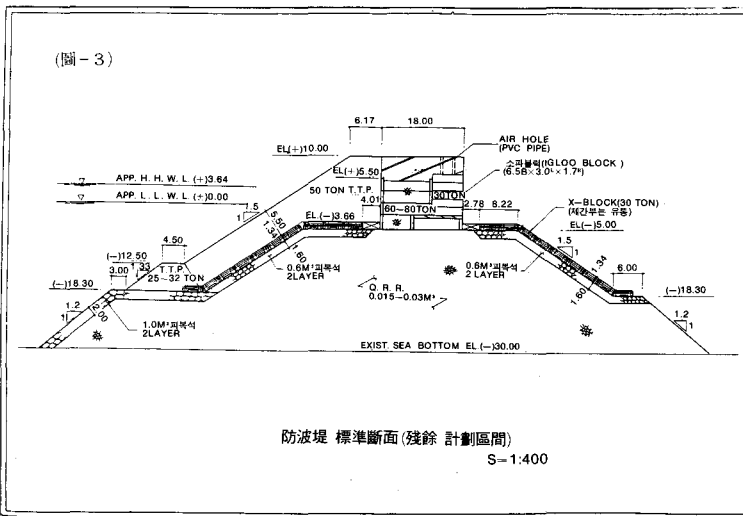
세 차례의 變化를 거치게 되었으나 特性面으로 보면 두 차례의 變化라 할 수 있다.

工事着手 때에는 現場의 施工 與件과 7月~9月에 2~3回 來襲하는 颱風으로 인한 施工中 被害를 避하기 爲한 方案으로서 基礎捨石 Mound 天端高를 (-) 3.00m로 낮추고 그 위에는 25T級 및 32T級 T.T.P를 (+) 8.40m까지 整積하였다.

一般的으로 水深이 깊은 境遇에는 直立部를 갖는 混成堤가 採択되고 있으나 本港에서는 直立部를 이룰 Conc. Caisson 等 構造物의 製作·運搬에 必要한 作業場 確保가 不可能할 뿐만 아니라 落島이기 때문에 隣近 地域에서도 場所를 確保할 수가 없었고, 或 場所의 確保가 可能하더라도 所要되는 大型 裝備의 待避가 어렵기 때문에 (待避는 約70km 距離의 大黑山島에 可能) 裝備動員이 어려워 本港에서는 直立混成堤의 採択이 不可能하게 되었다. (圖-2 參照) 上記 断面의 施工中 數次에



既存防波堤 標準斷面
S=1:400



防波堤 標準斷面 (殘餘 計劃區間)
S=1:400

採択된 断面의 特性을 살펴 보 면 다음과 같다.

(1) 外形的인 特性

本 断面을 基礎 Mound 部, 直立混成部 및 T.T.P 被覆部로 區分할 수 있다. (標準断面圖 參照)

● 基礎 Mound 部; 海底로부터 (-) 5.00m 까지 捨石堤로 構成 되고, 波浪에 依한 被害를 防止하기 爲한 措處로서 設計波의 2倍以上水深 (-18.30m) 까지 内外側을 異形블럭 (X-블럭) 으로 被覆토록 하였으며 被覆部 内外側 傾斜는 1 : 1.5로 하였 다.

● 直立混成部; 堤體는 Cell. Block과 上置 콘크리트 (+5.5m ~ +10.0m) 로 構成되며 内側 直立部는 港内 反射波를 防止하기 爲하여 消波블럭 (IGLOO) 을 組積하였다.

● T.T.P 被覆部; 堤體의 外側 斜面을 1.5H에 該當하는 (-) 12.50m까지 50Ton 級 T.T.P., (-) 12.50m~ 18.30m 까지는 25Ton 級 (또는 32Ton級) 으로 被覆토록 하였으며 傾斜는 모두 1 : 1.5로 하였다.

(2) 構造的 特性

● 基礎 Mound 部; 捨石의 天端 高는 높게 할수록 全體의인 經濟性은 有利하지만 施工中에 수 시로 發生되는 暴風時의 來襲 波(H 1/3=5.00m) 에 依한 被害가 거의 없을 것으로 判斷되는 1.0H의 水深을 考慮한 것이다. 그러므로 颱風來襲期 以前에 捨石 Mound의 表面은 (-) 18.30m까지 全部 被覆되어야

걸친 施工先端部의 被害와 1985年에 來襲한 "LEE" 号 颱風으로 堤幹部에도 被害를 입게 되어 設計波浪을 國內最初로 Spectrum法에 依하여 再檢討함과 아울러 이에 符合되는 断面에 對한 檢討에 着手(1985. 12) 하게 되었다.

檢討結果 設計波高의 增加로 越波 및 透過波로 因하여 小型 漁船의 碇泊해야 할 水域의 靜

穩維持가 어려운 것으로 判斷되어 断面構造를 非透過堤로 變更하고, 天端高도 上向 調整하였으며 設計波高의 增加에 따라 消波被覆材의 單位重量을 크게 增大하며 檢討結果에 依하여 既施工區間도 補強토록 하였다. 좁은 水域의 港内에서 問題가 되고 있는 越波(暴風時), 透過波 및 反射波에 對한 對策도 檢討되었다.

함을 前提로 計劃하였다.

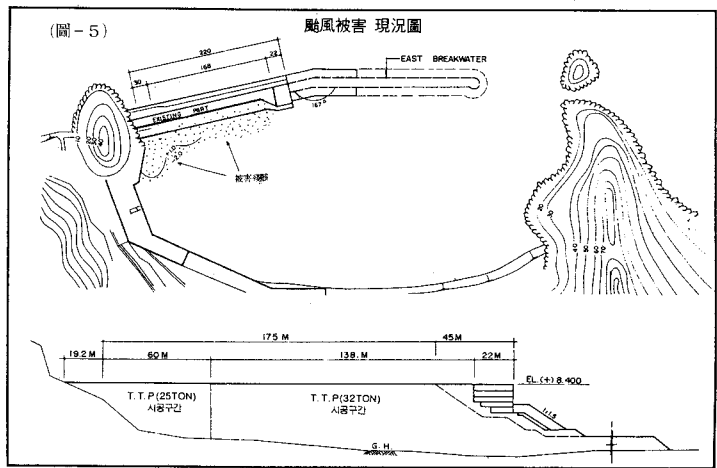
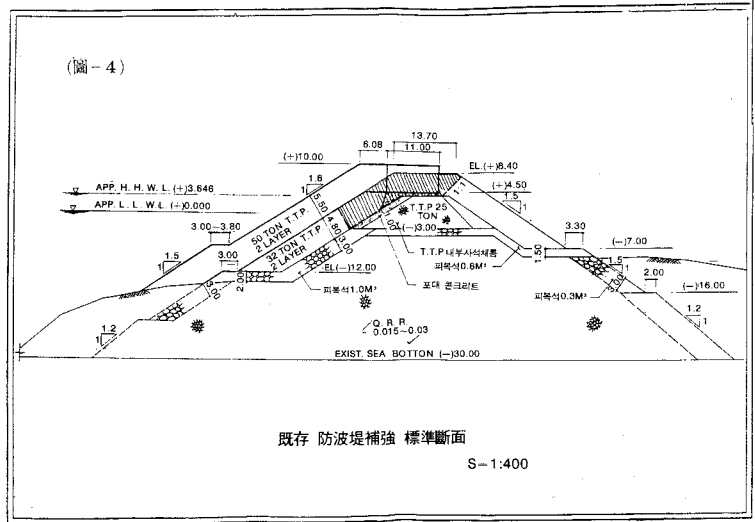
●捨石 Mound 表面의 被覆은 異形블럭(X-블럭)으로 計劃되었으며 T.T.P에 比하여 작은 重量으로 捨石을 保護할 수 있고 높이 1.3m의 約 50% 空隙率을 갖고, 他 블럭에 比하여 揚壓力을 작게 받는 特性이 있다.

●直立混成部; Cell. Block 으로 波浪의 透過를 遮斷하는 同時에 內側 直立部의 消波블럭(IGLOO)은 前面入射 港內波의 約 60%를 消波, 反射率을 40% 未滿으로 줄일 수 있다. 이 反射率은 T.T.P 被覆堤와 거의 같은 數值이다.

●T.T.P 被覆部; 本 防波堤 計劃·位置와 같은 立地與件 下에 있어 直立混成堤의 致命的인 要因은 波浪의 衝擊碎波壓이다. 衝擊碎波壓은 計算할 수는 있으나 境遇에 따라서는 豫測할 수 없을 程度의 크기로 作用하기 때문에 “港灣設計基準”에서도 條件에 따라 注意를 要望하고 있다. 堤体外側의 T.T.P 被覆은 直立部에서 反射하여 形成되는 前面重復波를 防止할 뿐만 아니라 衝擊波壓 代身에 碎波壓이 作用하게 한다. 그러므로 T.T.P 被覆은 防波堤의 天端幅을 좁게 하고 不意의 被害를 豫防함으로써 經濟的으로 利點을 갖게 한다.

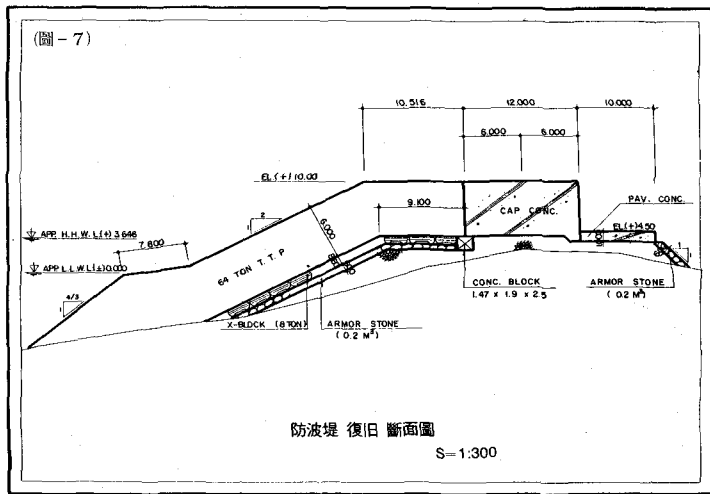
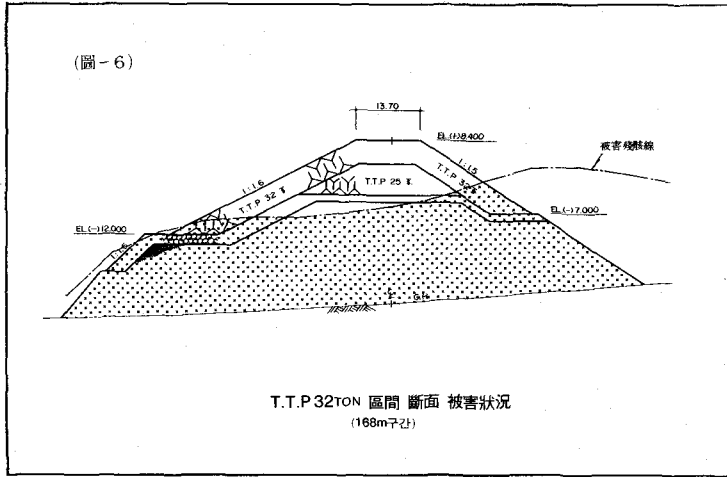
2) 被害復旧 断面의 特性

한편 断面變更에 對한 檢討를 1986年 3月에 完了하고 變更断面으로의 築造計劃을 樹立하여 工事を 施行하던 中 1986年 8月 27日~28日에 來襲한 颱



風(VERA)의 影響으로 既施工 區間 220m 全區間이 破損되었던 것이다. 그러므로 부득이 破損된 既存断面에 對한 復旧計劃이 檢討되어 圖-7과 같은 復旧補強断面이 決定되었고 水理模型實驗을 거쳐 施工에 臨하게 되었다. 復旧補強断面의 構想에 있어서 特히 考慮된 事項은 被害殘骸上에서의 波浪의 變化이다.

既存 計劃断面은 水深 (-) 30.00m에서 設計波 $H_{1/3}=8.30m$ 를 適用하였으나 緩慢하게 傾斜를 이룬 被害殘骸上에 復旧断面을 形成하였을 境遇 定量的인 計算은 어렵지만, 予期치 못할 波力이 作用할 수도 있기 때문에 이를 考慮하였고 1985年에 樹立한 計劃断面과 같이 非透過堤로서 被覆材는 64Ton 級 T.T.P를 採択하였다.



- 7) 그리고 計劃된 復旧斷面에 對하여 水理模型實驗을 實施한 結果

(1) 堤體의 上部 構造는 安定을 維持한다.

(2) 被覆材(64Ton T. T. P) 根固工의 約40%가 被害狀態가 되며 이로 因하여 堤體前面地盤(被害殘骸)의 地形變動이 今後 平衡狀態에 達하게 된다.

(3) 根固工의 被害를 줄이기 爲하여는 堤體前面의 碎波形態

의 變形을 誘導하는 方案을 생각할 수 있으며 이러한 目的으로서 根固工 어개 幅 끝으로부터 (-) 16m 地點까지의 사이에 64Ton級 T. T. P 1層積으로 被覆하는 方案의 實驗 結果 좋은 效果를 얻었다.

結 言

小黑山島港의 外廓施設斷面은 數次에 걸친 被害의 아픔을 거쳐 現行 理論의으로는 취약점

이 없다고 말할 수 있으며 安定된 느낌을 갖도록 發展되었다.

同斷面은 우리나라에서는 처음으로 試圖된 64.0Ton級 T. T. P의 採択 斷面이며 水深과 築造工事費 또한 國內最高의 水準이다. 그러므로 余他港의 重要한 構造物에 對한 斷面構想과 計劃에 있어서 本港의 經驗은 參考할 만한 좋은 資料가 되리라고 생각된다.

外廓施設斷面決定에 가장 重要한 設計波는 그 推定方法이 繼續 發展되어가고 있으며 우리나라에 있어서도 最新技法이 導入되어 本港의 設計에 처음으로 實用한 바 있으나 余他港에서는 아직 適用을 못하고 있는 實情이다.

過去의 推定方法이나 過小評價한 設計波의 適用은 予算上(設計費 또는 建設費)에 있어서 우선 費用節減效果는 있을지 모르나 엄청난 被害가 뒤에 도사리고 있다는 事實을 直視해야 할 것이다.

多幸히 水産庁에서는 最新波浪推定技法을 導入하여 各港의 深海波를 다시 推定하고 있는 바 이는 港灣에 關係하는 우리 모두가 크게 환영할 만한 巨事라고 볼 수 있겠다.

本港의 經驗을 通하여 官民을 莫論하고 모든 港灣技術者가 構造物, 特히 外廓施設에 對한 構想과 決定에 있어서 좀더 慎重한 檢討를 해야 함은 勿論, 國家와 社會에 對한 責任感이 強調되어야 한다고 生覺된다. ㉔