

日本 干拓事業에 對하여

Outline of Tidal Land Reclamation Projects in Japan

鄭 鎭 鎬*
Chin Ho Chung

I 序 論

日本 干拓事業은 우리 나라 보다 歷史가 깊고 많은 面積을 造成하고 있다.

우리 나라 干拓事業은 大部分 海面干拓 뿐이나 日本의 干拓事業은 湖面干拓이 많고 海面干拓은 九州 有明海 沿岸에 많이 있으며 九州南部海岸 瀨戶內海 伊勢灣等地에 散在되어 있다.

有明海는 排水力이 잘 發達되어 있으며 湖水의 干滿의 差가 6m 로써 日本에서 第一이다.

土質은 堆積層으로서 大體로 軟弱地盤이 많으며 有明海는 平均 20~25m 깊이의 泥土層이며 八郎瀨는 40~50m의 泥土層으로 構成되어 있다.

用水源은 降雨量이 우리나라에 比하여 많어 主로 淡水化 計劃을 採擇하고 있다.

干拓事業의 技術發展은 至今으로부터 不過 10年以內의 歷史이다.

現在 工事中인 地區에는 戰後 2~3年間에 着工한 地區도 있다.

即 軟弱地盤이 많으므로 載荷式工法으로서 “동독의 材料를 石材, 瀉土, 山土等을 利用하여 無數한 沈下陷沒을 反復하여 “뚝”을 쌓는 緩速工法을 主로하여 干拓事業을 推進하여왔다.

그러나 最近 土質 및 海岸水理工學이 發展하였으며 1954年 和蘭의 jansan 教授의 招待로 和蘭의 築堤技術의 導入 그리고 1959年 9月 伊勢灣颱風災害를 契期로 干拓技術은 刷新되었다.

持히 軟弱地盤 處理工法이 發展하였으며 Sand pump 船等의 水上機械의 發展으로 “모래”를 主體로하는 傾斜型 “뚝”으로서 急速工法으로 變化하여 大規模干拓이 出現하게 되었다.

即 1959年에 日本에서 가장 大規模의 干拓인 八郎瀨干拓(17,500 ha)을 着工하여 1963年에 干陸하였으며 同

年에 中海干拓(2,800 ha) 및 河北瀨干拓(1,400 ha) 1965 年에 長崎干拓(7,000 ha)이 着工하였으며 40,000 ha의 有明海 大規模 干拓事業도 計劃中에 있다.

II 干拓事業의 目的

干拓事業은 우리 나라에서 農地擴張의 意義와는 달리 工場의 敷地 住宅 또는 建設事業으로 潰廢되는 面積의 補充을 目的으로 農地造成을 한다.

그리고 農地造成事業은 活潑히 推進하고 있으나 飛躍的인 工業의 發展으로 農地가 他目的으로 轉用되는 面積이 造成面積보다 많아지는 傾向이 있다.

近年의 農地造成과 轉用狀況을 보면

年 度	農地造成面積 (ha)	農地轉用面積 (ha)	差 引 (ha)
1959	13,948	10,749	3,199
1960	14,482	15,873	△ 1,391
1961	11,375	20,456	△ 9,081
1962	10,658	19,823	△ 9,165
1963	9,996	25,743	△ 15,747

以上과 같으며 潰廢되는 面積을 10年間을 展望하면 35 萬 ha(耕地는 29萬 ha)나 된다고 한다.

이 對策으로서 干拓地 6萬 ha, 開墾 50萬 ha의 面積을 造成目標로 事業推進하고 있다.

III 干拓制度

干拓事業은 特定 土地改良事業工事 特別會計와 一般會計로 執行한다.

特別會計는 國營事業을 一般會計는 補助事業으로 實施하고 있다.

國營事業은 干拓面積 150 ha 以上을 實施하며 150 ha~100 ha 까지는 補助事業으로서 都道府縣(道)에서 實施한다. 國營事業은 國家가 直接實施하는 直轄干拓과 都道府縣에 事業을 代行시키는 代行干拓이 있다.

特別會計事業은 干拓事業과 密接한 關係가 있는 다

*筆者 土謫 水利 部長

른 事業을 受托하여 實施할 수가 있으며 또 必要에 따라서는 造成된 干拓地를 農業以外的 目的에 轉用할 수가 있게 되어있다.

그러나 干拓地를 配分받은 사람이 配分을 받은 時日이 얼마 經過되지 않는 農地를 工業用地等으로 轉賣하는 例가 있어 이것을 抑制하는 措置로서 配分을 받은 後 8年以內에 轉賣하였을 때는 配分價格以外에 國家가 補助한 該當造成費를 徵收하는 現實이 되어있다.

特別會計는 國家補助가 75%이고 25%는 國家가 借入金으로서 充當하여 全額國家負擔으로하여 事業推進을 한다. 이 借入金 25%는 事業完了後 造成된 農地를 賣渡하여 年利 3%로서 25年間 償還 한다.

1966年度의 干拓事業의 現況은 地區數가 96地區이며 여기에 所要되는 總事業費는 1,700億圓이고 66年度豫算은 175億圓이다(換率은 1圓對 0.75원이다)

IV 干拓方式

干拓方式은 干拓計劃에 있어서 가장 基本이 된다.

日本도 從來의 우리나라 干拓과 같이 干潮時에 干潟되는 部分을 一重의 “둑”으로서 干拓地를 造成하는 것이 大部分이었다.

即 單式干拓方式(Single dike system)을 主로 採擇하였으나 最近 內灣 또는 河口를 縮切하고 水門을 設置하여 內部를 淡水湖로 만들고 그 淡水湖內에 또 하나의 堤防을 築造하여 干拓地를 造成한다.

即 이것이 複式干拓方式(Double dike system)이다. 이 複式干拓方式은 우리 나라에서는 아직 採擇한 地區가 없으나 日本은 伊勢灣颱風의 災害를 契期로하여 많이 採擇하고 있다.

또한 築堤線이 漸次 높아져 深海로 進出하고있으며 干拓規模도 커져 새로 計劃하는 干拓은 大部分 複式干拓方式을 採擇하고 있다.

複式干拓方式은 兒島灣干拓이 가장 歷史가 길고 八郎瀨干拓 中海干拓 長崎干拓에 採擇하였으며 새로 計劃中에 있는 有明海에 있는 不知化干拓 大規模有明海干拓도 複式干拓方式으로서 計劃中에 있다.

干拓方式은 自然條件 計劃條件 工事費 및 事業效率等의 綜合的檢討의 結果에 따라 選定할 問題이나 大體로 複式干拓方式이 利로운 點이 많다.

첫째로 遊水池가 있으므로 農業의 目的에만 끝이지 않고 多目的計劃을 세울 수가 있다.

둘째로 潮受“둑”은 高潮에 波濤에 安全條件을 갖추면 되고 浸透壓으로 인한 슬라이딩(Sliding)이 적으며 基礎에 piping 이 生하여도 “둑”이 缺壞될 危險성이 적다. 內部“둑”은 內外水位差로 인한 水壓에 對하여 安

全條件을 갖추면 된다.

그리고 潮受“둑”이 欠壞되어도 內部“둑”이 있으므로 干拓地는 保護되며 復舊도 빠르다.

即 “둑”의 機能이 二線으로 分擔함으로 “둑”全體의 安全度가 顯著하게 크다.

셋째로 工事費에 있어서도 長崎干拓의 設計例를 들면 1:1.1의 比率로서 그다지 비싸지 않다.

以上과 같이 複式干拓方式은 利點이 많으므로 앞으로 干拓計劃에 있어 干拓規模가 적은 것 以外는 地形의 許容되는 限 可及의 複式干拓方式을 適用할 計劃下에 事業推進을 하고있다.

V 干拓“둑”의 型式

干拓“둑”의 型式은 前後면의 形狀, 構造材料 其他 여러가지 條件으로 簡單히 分類하기에는 困難하다.

大體의으로 傾斜型, 直立型, 混成型의 三種類로 分類된다.

第2次大戰前後의 變遷狀況을 보면 日本干拓도 從前에는 平水面以上の 높은 地盤에 高潮의 浸入을 防止하기 爲하여 적은 “둑”으로 부터 始作되어 漸次 築堤線의 地盤이 높아져 波濤로 因한 侵蝕을 防止코져 “돌붙임” 등의 護岸에서 築堤線은 다시 더 높은 地盤에 進出하게 되어 防波堤로서 前面에 “돌쌓기” 工을, 後面에 “흙쌓기”를 하였다.

以上이 第2次大戰 前後의 干拓工事に 있어서 變遷狀況이나 技術不足의 原因은 明確치 않으나 數次의 災害를 입어 “둑” 欠壞로 改築 또는 改良을 繼續하여 왔다. 戰後 10年後로 부터는 그 間의 工事의 經驗值 및 活潑한 工事に 干拓技術은 發展하여 築堤線이 小潮干潮線 以下의 地

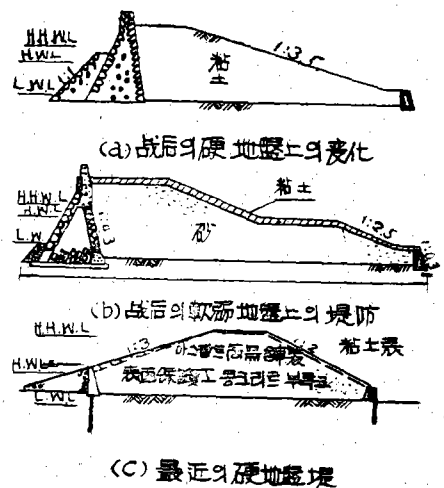


Fig 戰後의 干拓堤防의 形態

盤까지 進出하였으며 和蘭의 技術導入 및 흙쌓기機械化 特히 sand pump 船을 使用하게되어 모래를 主體로 하는 斷面으로 變化하여 獨의 斷面은 大型化하였다. (圖1의b) 特히 伊勢灣颱風災害로 많은 人命의 慘死를 입은 後로부터 堤防斷面은 더욱 大型化하였다. 그 後 土質工學, 海岸水理學은 더욱 發展하여 急速施工法으로서 모래를 主體로 하는 斷面に 被覆工을 콘크리트부 록 아스팔트 등으로 한 傾斜型으로 變化하였다. (圖1의c) 特히 軟弱地盤上의 獨의 型式이 많은 變化를 하였다. 代表的인 地區가 九州 有明海에 있는 有明干拓이다.

有明干拓은 土質이 平均 25m의 泥土層으로 構成되어 있는 軟弱地盤이며 干拓面積 700 ha를 3工區로 나누어 第1工區는 第2次大戰 2~3年後에 着工하여 上面의 工法으로서 現在까지 工事中에 있으며 第2工區는 置換工法으로서 “모래”를 主體로 한 傾斜型으로서 現在 工事中에 있다. 第3工區는 이 傾斜型을 現地에 “獨”을 築造하여 破壞試驗까지 한 後 本 工事を 着工하였다.

即 第1工區는 基礎에 粗朶를 깔고 “돌쌓기”를 長時日 無數한 沈下 陷沒을 反復하여 補強하면서 完全斷面을 築造하는 工法에서 急速工法으로서 Sand pump 船을 利用하여 “모래”를 主體로 하는 傾斜型獨으로 變遷한 것은 日本干拓의 發展過程을 表示한 것이다.

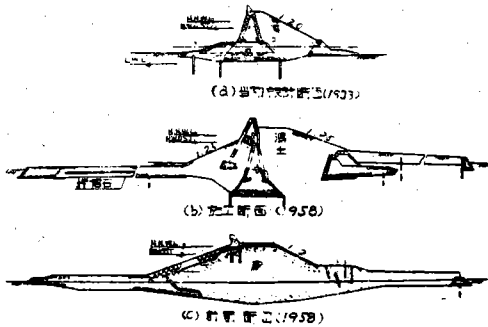


Fig 軟弱地盤上의 堤防의 斷面變化(有明干拓)

“獨”型式의 選定은 波濤 基礎地盤의 土質, 築堤材料 施工速度 等 現地條件을 綜合的으로 檢討하여 가장 適切한 型式을 採用할 것이나 干拓地“獨”은 不確實한 要素를 가진 海象을 對象으로하여 築造하는 것이므로 過去의 工事實績도 많이 參酌하여 選定을 하여야 한다.

直立型“獨”은 至今까지 많이 採擇하였으나 基礎工事費가 많이 所要되며 水中에서 作業을 하게 되면 工法上 難點이 많다.

直立型은 小規模이며 地盤이 堅固하고 波力이 작은 곳은 適合하나 波力이 큰 外海에 築造하면 波濤가 넘지 않을 程度의 높이의 “獨”을 築造하면 되나 波濤의 運動에 對하여 維持할 수 있는 根固工술도 必要하

다. 그 理由는 “獨”높이가 높아지면 높아질 수록 衝擊波의 “물덩어리”는 높은 位置의 Energy를 갖게되어 물덩어리가 떨어질 때 獨 밑 部의 根固工 및 地盤을 破壞시켜 本“獨”이 危險하게됨으로 充分한 根固工捨石이 必要하게 된다.

그러므로 直立型“獨”은 波濤의 運動에 對하여 維持할 수 있는 充分한 水深(적어도 最大波高의 二倍)이 있는 場所 即 碎波水深 以內의 水深에서는 直立型“獨”의 築堤는 適合치 않다.

結果的으로 直立型“獨”은 水深이 깊은 場所가 適合하다는 理論이되나 直立型“獨”은 水中作業이 困難함으로 碎波의 壓力에 對하여 安全한 自然의 모래언덕과 같은 緩傾斜型이 必要하다는 結論이 된다.

筆者가 農林省 平塚農林土木試驗場을 訪問時 長崎干拓의 1/15기울기의 獨을 水理模型試驗하는것을 보았다. 波濤의 Energy는 斜面에서 消耗됨으로 反射波가 적다.

即 波力은 傾斜가 緩할 수록 反射波가 적은것을 水理模型試驗에서 實測을 하였다. 이것이 和蘭式“獨”型式이며 現在 日本干拓에서 많이 採擇하고 있다.

緩傾斜型의 長點은 軟弱地盤에서 容易하게 完全히 保持되며 構造上 比較的 簡單한 被覆工으로서 充分하며 또한 工事量의 大部分이 “돌쌓기”이므로 機械施工이 容易하며 水深이 깊어도 施工이 比較的 容易하고 急速施工이 可能하다.

傾斜型은 日本에서 가장 規模가 큰 八郎瀧干拓과 長崎干拓이 代表的이고 河北瀧 中海干拓 笠岡干拓 等 近來 着工할 地區는 大部分이 傾斜型을 採擇하였다.

長崎干拓은 “獨비탈”面이 1/15기울기로서 “도랑 밑 나비”가 300m 가되는 斷面도 있다.

一般的으로 土砂地盤 特히 軟弱地盤에 있어서는 傾斜型은 地盤의 支持力이 有利하며 中程度의 水深(碎波가 發生할 可能性이 있는 範圍)에 있어서도 波力을 分散시키고, 衝擊壓을 緩和시키기 爲하여 可能的한 緩傾斜로 하는것이 安全하다.

地盤이 堅固하고 波力이 적을 때 또는 用地 및 用土의 取得이 困難할 때는 直立型獨이 有利하다.

VI 獨의 構造

1. 獨의 흙쌓기

獨의 흙쌓기는 被覆工과 基礎工이 一體로되어 外水의 侵入을 防止하는 것으로서 土砂 개흙 山土 等을 使用하였으나 從來는 大部分 모래를 使用하고 있다.

이 材料의 長短點을 比較檢討하여 보면 첫째로 개흙은 土質面에서 좋지 않다. 개흙은 흙쌓기 할 때 流動滑動을 防止하기 위하여 흙쌓기 양쪽에 流動防止工을 하여야하며 쌓은 흙은 波濤 또는 潮水로 因하여 많

은 量이 流失되므로 施工量은 計劃土量의 몇배가 된다. 日本에서 獨用土로 개흙을 使用할 地區는 有明 謙早 兒島灣 地區 等이 있다. 이 地區는 獨쌍기 할 때 急激 沈下가 있었다고 하여 이 急激 沈下의 原因은 軟弱地 盤에 있어 前面工의 原因보다는 築堤用으로 개흙을 使用하였을 때 개흙은 流動性을 가지고 있기 때문에 흙쌓기의 壓力은 側方에 作用되어 滑動動機가 되어 急激 沈下를 하였다는 말도 있다.

山土는 우리 나라에서 가장 많이 使用하고 있으나 土 質面에서 또 機械施工이 發達된 至今에 있어서는 採取 및 運搬의 經費에 있어서 考慮할 問題이다. 土質面에서는 山土가 粘質이 많이 含有된 흙이라면 水中에서 溶解되어 모래만 남게 될 수도 있다. 水中에서 溶解되어 모래만 남게된다고 生覺하면 山土에 섞여 있는 모래는 大體로 粒子가 작으므로 土質力學的으로 볼 때 完全한 材料로 볼 수가 없다. 問題는 山土가 水中에서 溶解되었을 때 어느程度 粘質이 流失되는가의 問題이다. 이 流失에 對해서는 앞으로 研究할 課題이다.

日本에서는 獨쌍기에 있어서 Sand pump 等 水上機械의 發達로 獨의 모래를 손쉽게 使用할 수 있게되어 現在 築堤材料는 大部分 모래를 使用하고 있다.

浸透性의 모래를 使用하는 것은 工法上 力學上 利點이 많으나 短點으로서는 모래는 파이핑 및 吸出의 現象이 있음으로 이 點을 施工上 가장 重要한 問題라고 본다.

結論的으로 築堤材料로서는 개흙은 使用價值面에서 가장 떨어지며 傾斜型의 築堤材料로서는 모래가 가장 適合한 材料이다. 山土는 土質面에서 研究할點이 많다.

2. 外斜面被覆工(前面工)

外斜面被覆工은 波濤로 인한 侵蝕을 防止하고 土壓, 波壓, 揚壓力 等의 外力에 對하여 維持할 수 있는 構造이어야 한다.

被覆工의 種類는 메블임 메쌓기 콘크리트블럭 아스팔트 진흙 等을 使用하고 있다.

진흙은 一般的으로 波力이 적은 곳에 植生과 습치어 使用한다.

메블임 메쌓기는 前에는 많이 使用 하였으나 콘크리트블럭 및 아스팔트가 생긴 후 부터서는 잘 使用하지 않는다.

그 理由는 石材는 整形에 人力이 많이 必要하게되므로 機械化된 現實에 있어 그다지 使用하지 않는다.

그리고 被覆은 어느程度 堤體의 變形에 따라 伸縮性이 있고 部分的으로 補修를 할 수 있는 構造이어야 함으로 콘크리트 블럭아스팔트 等을 主로 被覆工에 使用하고 있다.

콘크리트블럭은 石材 또는 벽돌을 代身하여 새로운

材料로서 많이 使用하고 있으나 比重에 있어서 石材보다는 가볍고, 磨耗에 대하여도 石材보다는 弱하다. 그러나 自由自在의 形狀과 相互接合이 잘됨으로 많이 使用하고 있다.

아스팔트는 被覆工에 使用한것은 10年前後의 歷史이며 아직도 研究할 點이 많다.

持히 施工管理上에 있어서 溫度에 대하여 研究할 餘地가 많고 缺點은 Shear 와 tension 에 대하여 弱하다.

垂直의 荷重을 받을 때는 좋으나 傾斜面에 있어서 各種의 方向의 外力을 받을 때는 耐缺力에 注意를 하여야 한다.

現在 여러 가지 試驗도 하고 있으나 被覆工에 있어서 아스팔트가 廉價이며 伸縮性이 있고 部分的修理가 可能하며 急速施工도 可能하여 많이 使用하고 있다.

3. 獨마루(堤頂) 및 안비탈(內斜面) 被覆工

波濤가 獨을 溢流하더라도 本獨을 保護할 수 있는 構造物이어야 한다.

設計에 있어서 波濤에 對한 餘裕를 보아 獨 높이를 定하나 近來 豫測치 못하는 颱風으로 波濤가 溢流하는 實例가 많다. 伊勢灣颱風으로 因하여 獨이 缺壞된 主要因이 안비탈面 및 안비탈 下流側 無被覆工에 있다고 한다. 이 災害를 입은 後로는 全國的으로 안비탈面 및 안비탈면 下流側 그리고 獨마루의 被覆工을 하고 있다. 被覆工은 大略 바깥비탈面 工法과 같다.

以上 日本干拓의 概況 및 技術의 變遷 그리고 計劃에 있어서 基本的인 몇가지를 論한 바와 같이

日本干拓은 潰廢農地의 補充策으로서 事業을 推進하고 있으며 技術과 發展은 極히 歷史가 얕으나 土質工學 및 海岸水理 그리고 水上機械의 發展으로 緩速施工法에서 急速施工法으로 變遷하였으며 持히 軟弱地盤處理工法이 發展하였고 調査 및 試驗課程을 徹底히 하고 있다.

調査 및 設計에 있어서 國營事業地區는 平均 10年間의 時日을 所要하며 着工前에 水理模型試驗 및 現地에 試驗獨을 築造하여 破壞試驗까지 한 然後에 本工事を 着工을 한다.

그리고 日本干拓은 和蘭式干拓式으로 變遷하고 있다. 1959年 和蘭의 Jansan博士의 招待 및 伊勢灣颱風으로 因한 慘事가 큰 動機가 되어 干拓地獨은 大型化하였으며 干拓計劃에 있어서 가장 基本인 干拓方式에 있어서도 安全도가 높은 複式 干拓方式을 採擇하게 되었다.

持히 獨쌍기의 機械化 및 펌프의 發展으로 干拓事業은 探海에 進出하게되어 大規模干拓이 出現하게 되었다.