

## 海洋構造物

尹 楨 邦\*

### 序言

全世界産業의 高度發展으로 인한 資源需要의 急增은 深海 뿐만 아니라 極地 資源開發의 必要性을 招來하였으며, 1975年 및 1977年의 두 次例에 걸친 石油波動에 따른 油類價格의 急上昇을 이를 더욱 加重시켰다. 그러나 86年度의 破格的인 原油값 引下로 因하여 이에 對한 研究가 主춤하고 있는 實情이다. 現在 原油값이 經濟性이 있는 價格인 배럴當 美貨 15-20弗의 範圍안에 있는 點을 勘案해 볼때, 不遠間 이들에 對한 開發이 活潑해질 것으로 보인다.

現在 深海에서의 石油開發을 위하여 使用되는 構造物의 設計 및 解析에 關한 技術은 水深 약 600m 까지 어느 程度 確立되어 있고, 또한 極地 環境下에서의 石油開發用 構造物에 觀한 技術도 相當한 水準에 올라 있다고 判斷된다. 그러나 아직도 많은 分野에 걸쳐 技術의 開發과 改善을 要求하고 있다. 아울러 이에 關聯되는 많은 問題들은 構造工學的인 分野만이 아니라 機械, 材料, 電子, 造船, 海洋工學 等 거의 모든 工學分野의 技術이 總體的으로 支援되어야만 解決이 可能하게 된다.

本稿에서는 深海 및 極地油田開發에 使用되고 있는 構造物을 紹介하고 이들이 가지고 있는 技術的인 問題點에 대해서 살펴 보고자 한다.

### 深海用 構造物

石油開發이 漸次 深海로 擴張되어 감에 따라 深海에서 運營이 可能한 構造物에 對한 研究가 活潑히 進行되어 왔다. 그 中 實用性이 가장 높은 構造物로는 TLP(Tension Long Platform) 또는 TLWP(Tension Leg Well Platform)와 GTP(Guyed Tower Platform) 등을 들 수 있는데, 이들은 既存의 固定式 海洋構造物(例: Jacket型 構造物)과는 달리 水平方向으로의 柔性이 매우 커서 構造物의 動的舉動에 依한 慣性力을 利用함으로써 外力의 效果를 緩和시킬 수 있도록 設計된 構造物이다(그림1). 특히 TLP 또는 TLWP는 水深增加에 따른 開發 및 設置費用이 相對的으로 거의 增加하지 않아 未來의 深海用 構造物로서 嚮望되어지고 있다(그림2).

TLP와 TLWP는 半潛水式 試錐船과 類似한 浮游式 플랫폼을 既引張力을 받고 있는 垂直部材(tension legs)에 依해 海底面에 固定한 構造物로, 實際 海洋波의 에너지가 密集해 있는 部分(10秒-20秒)을 回避할 수 있도록, 垂直方向 運動에 對한 固有振動週期는 아주 작게(2秒 以下), 水平方向 運動에 對한 週期는 相當히 크도록(50秒 以上) 設計되어 있다(그림1).

GTP는 固定式 Jacket 形態 構造物과 類似한 模樣을 갖으나 Tower의 바닥면과 地盤의 連結部分이 hinge에 가깝도록 設計되어 있고, 水平方向으로는 構造物의 上부와 海底面을 斜線으로 連結한 guylines에 의해서 支枝되는 構造物이다. 또한 地盤에 傳達되는 自重의 影響을 줄이기 위해

\* 정회원, 韓國科學技術院 土木工學科

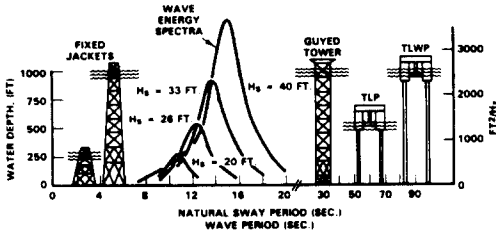


그림1. 海洋構造물의 振動週期와 海洋波週期の 比較

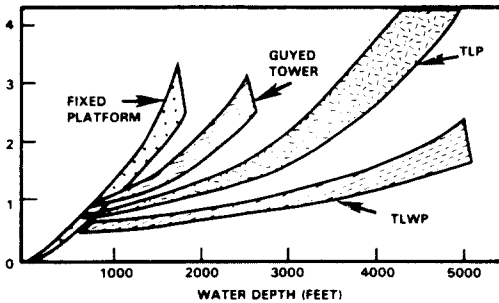


그림2. 水深에 따른 海洋構造물의 開發費(美國 멕시코灣 條件)

浮力 tank를 附着하여 自重과 浮力이 거의 靜的 平衡 狀態에 이를 수 있도록 設計되어 있다(그림1).

이러한 構造物은 甚한 海洋狀態에 놓이게 되어 여러가지 豫期치 못했던 動的荷重 및 構造物의 材料的 疲勞에 의한 破壞가 일어날 수 있게 되는데, 특히 TLP와 TLWP의 主要 構成要素인 垂直部材는 이미 相當한 크기의 引張力을 받고 있어 腐蝕 및 反復荷重에 의한 疲勞破壞 等의 問題點을 지니고 있다. 또한 guyline에 의해 支持되게 되는 GTP는 guyline을 地盤에 連結하는 固定말뚝의 破壞가 相當한 問題點으로 擡頭되고 있는 實情이다. 따라서 最近에는 Guyline을 除去한 Offshore Compliant Tower의 概念이 提案되어 研究되고 있다.

深海 石油開發用 海洋構造物에 관한 또 하나의 重要한 內容은, 既存 構造物 및 海底設備의 損傷與否檢査, 補修 및 維持管理이다. 이를 위해서 遠隔調整으로 作動되는 潜水艇(ROV : Remo-

tely-Operated-Vehicle)에 對한 研究가 活潑히 進行되고 있다(그림3). 특히 1987年 後半에 6000 m 水深에서의 實船實驗이 修行되어진 것은 注目할 만한 것이라 할 수 있다.

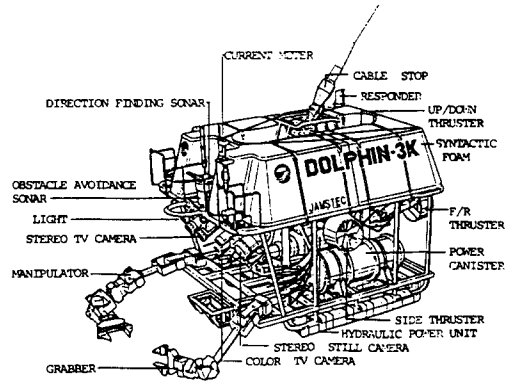


그림3. 遠隔調整潜水艇(DOLPHIN-3K)

### 極地用 構造物

30餘年前에 始作된 極地開發은 現在 여러 國家들로 부터 關心을 받고 있는 狀況이다. 極地油田開發은 既存의 海洋에서 使用하고 있는 開發方式을 單純히 適用시키기는 困難하며, 이 곳의 自然環境에 맞는 새로운 技術을 開發하여야 한다. 長期間에 걸친 추위는 作業하는 사람들 뿐만 아니라 裝備에도 큰 打擊을 주며, 1年 중 3個月은 해가 뜨지 않아 하루 終日불을 밝히며 作業을 해야한다. 또한 強風, 浮氷 과 60m가 넘는 永久凍結 地盤條件(permafrost)도 다른 地域에는 없는 重要한 考慮事項이다.

現在 油田開發이 活潑히 進行되고 있는 極地域으로는 北極의 Alaska 附近의 Beaufort 海와 Mackenzie 델타 地域을 들 수 있다. 極地の 劣惡한 條件을 克服하기 위한 方便으로 開發初期에는 人工섬을 만들어 使用하였으나, 良質浚洪上의 供給에 問題가 있어 1989年 Caisson式 澳工(그림4)이 開發되어 使用되었다. 그러나 이 역시 보다 깊은 海域에서는 非實用的이어서, Beau-

fort 海의 試錐에 使用하기 위하여, 浮游式 圓錐形 構造物인 Kulluk과 Molikpaq라 불리우는 移動式 Arctic cassion이 開發되었다 (그림5). Kulluk은 12個의 繫留線에 依해 固定된다. 이는 極地에서의 可動時間을 最大한 延長시키도록 設計되어 있으며, 構造體가 얼음의 힘을 誘導하여 눈봄이나 初겨울에 닥치는 얼음의 衝擊荷重을 吸收할 수 있도록 設計되어 있다.

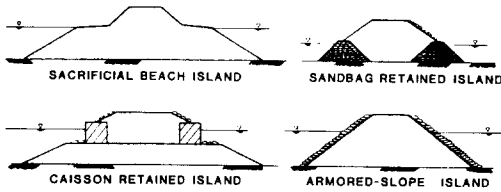


그림4. 北極에서 使用되는 人工섬의 種類

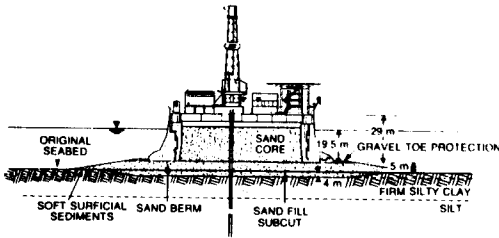


그림5. 移動式 Caisson 構造物(MOLIPAQ)

그러나 이러한 開發努力에도 不拘하고 아직도 極地の 物理的 및 環境的 惡條件下에서의 油田

開發은 極地環境에 適合한 試錐裝備 및 生産裝備, 碎氷 技術, 低溫材料, 浮氷에 適切히 對處할 수 있는 構造物의 形狀 및 生産된 原油의 遂送等에 對한 新技術開發의 問題를 안고 있다고 할 수 있다.

### 結言

深海油田開發用 構造物에 關한 技術은 이제 거의 TLP 및 既存의 構造物 改善에 局限되고 있는 實情이고, 最近에는 損傷된 構造物의 補修 및 維持管理用 ROV에 對한 研究, Robotics, 非破壞檢査(NDT: Non-destructive Testing) 및 海洋石油生産을 制御하는 Subsea System 等에 對한 研究가 活潑히 進行되고 있다. 極地油田開發技術도 相當한 水準에 올라 있다고도 할 수 있으나 아직도 低溫 等の 劣惡한 極地環境에 좀더 適合한 技術開發을 위하여는 많은 問題點이 남아 있다. 이들 中 많은 問題點들은 海洋 및 極地工學에 關聯된 모든 工學分野의 綜合的인 技術支援이 있어야 비로서 解決될 것으로 判斷된다.

우리나라도 오래前 부터 深海 및 極地資源開發에 對한 關心을 보여 왔으나, 構造物製作에 關한 分野를 除外하고는 世界的인 水準에는 못미치고 있는것이 現實이다. 最近 浦項 앞 6鑛口에서 經濟性이 있는 天然가스가 發見된 만큼 우리나라에서도 이들에 對한 研究가 더욱 活潑해질 것으로 期待된다.