

**解 說**

**Chemical Tanker의 Tank 構造 및 安全設備에 對하여**

**朴 容 喆**

**1. 序 言**

最近 化學工業의 急激한 發展과 各國의 工業規模가 擴大됨에 따라 化學製品 및 이와 類似한 危險物의 海上 輸送量이 해마다 增加되고 있다.

이러한 危險物의 輸送은 最初에는 既存船을 改造하여 就航시켜왔으나 이들 改造船舶으로는 그 輸送量이 制限되어 있으며 危險貨物의 安全한 輸送 및 環境保護 上에도 問題가 많기때문에 危險物 專用船을 建造하게 되었다.

危險貨物의 大部分은 液體의 狀態로 運送되는데 各貨物이 갖는 毒특한 靑性, 引火性 또는 爆發性 등의 危險性으로 인하여 일단 船外로 流出되는 경우에는 人體의 健康의 危險, 水質汚染, 大氣汚染等 기타 무서운 相互重合作用을 일으키게 된다.

이러한 危險貨物의 輸送에 따른 危險을 認識하고 IMCO에서는 各危險物을 그 靑性에 따라 分類하고, 이들을 運搬하는 chemical tanker에 대하여 그 構造 및 安全設備에 대한 規則을 制定하게 되었다.

上記의 IMCO 規則이 適用되는 chemical tanker의 積載貨物의 對象은 石油 및 이와 類似한 引火性物質을 除外한 다음의 貨物을 말한다.

- (1) 石油製品 및 類似品の 引火性物質보다 현저히 火災의 危險性이 높은 物質
- (2) 引火性 以外에도 火災, 水質汚染, 大氣汚染, 人體의 해독 기타 相互重合反應의 危險性이 높은 物質

現在로서는 IMCO에서 規定한 危險物은 溫度 37°C에서 絕對증기압이 2.8kg/cm<sup>2</sup>을 超過하지 않은 液體貨物에만 局限하고 있다. 따라서 LPG, LNG 등의 高壓 gas는 IMCO規則의 範圍에서 除外된다.

現在 化學工業界의 製品 및 化學藥品은 그 相當한 數가 IMCO의 規制를 받는 危險物質을 原料로 하고 있기 때문에 今後 chemical tanker의 國內需要는 더욱 增加될 展望이다.

우리나라에서는 아직까지 外國으로부터 chemical tanker를 導入하여 왔으나 今年에 처음으로 國內造船所에서 建造할 계획이다.

이러한 傾向을 감안하여 本稿에서는 chemical tanker의 構造 및 安全設備等에 대하여 說明하고 IMCO의 관련 規則은 解說하고자 한다.

**2. 危險物의 特性**

Chemical tanker의 設計構造 및 기타 安全設備은 그 積載되는 危險物의 特性에 따라 決定지워진다. 따라서 이 危險物의 性質을 精確히 파악하고 分類하는 것이 대단히 重要하다.

一般的으로 危險物의 危險性은 下記의 범주에 속하고 있다.

- (1) 火災의 危險 :
  - 引火性, 爆發限界, 自然發火溫度等에 의하여 規定됨.
- (2) 人體의 危險 :
  - ① 증발되는 gas 또는 증기가 피부, 눈, 코, 입, 폐 등의 粘膜에 대하여 자극 또는 毒性이 있는 것.
  - ② 液體가 피부에 접촉되면 자극을 주며 毒性이 있는 것.
  - ③ 脛口 또는 皮膚接觸으로 인한 毒性을 일으키는 것.
- (3) 水質汚染의 危險 :
  - 물에 溶解되어 海水를 汚染시키고 이로서 人體, 水產物等에 毒性을 일으키는 것.
- (4) 大氣汚染의 危險 :
  - 危險物의 증기가 大氣에 방출됨으로서 大氣를 汚染시키는 것으로 그 物質의 증기압력, 溶解度, 액체의 비중, 증기의 比密度, 긴급노출한도 등에 의하여 위험도를 결정지운다.
- (5) 反應性의 危險 :
  - 他の 化學藥品, 물等과의 相互 反應 또는 그 自身의 重合反應을 일으키는 것.

IMCO 規則에서는 危險液體貨物 100여種을 대하여 各 危險物質의 性質과 危險度에 따라서, 船型, cargo tank의 型式, 동풍장치, tank 주위의 制御장치, 電氣設備, 計測裝置, gas 탐지장치 및 消防設備等에 대하여 最低要件은 상세히 規定하고 있다.

### 3. Cargo Tank 의 配置

以上에서 說明한 바와같이 chemical tanker의 構造 및 安全設備는 IMCO 規則과 밀접한 관계가 있으므로 이러한 規則을 떠나서는 생각할수도 없다.

Chemical tanker가 충돌 또는 좌초로 因하여 船體가 損傷되었을때 殘存能力을 확보하고 危險貨物이 無制限 放出되는 事態가 發生하는 것을 극력 억제하기 위하여 IMCO code에서는 貨物의 危險度에 따라 船艙을 3가지의 type으로 분류하였다. 즉 貨物의 物理的 保護의 程度를 3段階로 나누었다.

또한 損傷時의 殘存能力(floatability) 및 復原性에 관한 最低要件을 충돌, 좌초 및 輕度의 船側손상등 3가지의 경우로 假定하여 각각에 대하여 規則으로 定하였다.

貨物 tank의 配置는 積載되는 危險物의 種類에 따라서 IMCO에서 規定한 損傷範圍內에 配置하여서는 안된다.

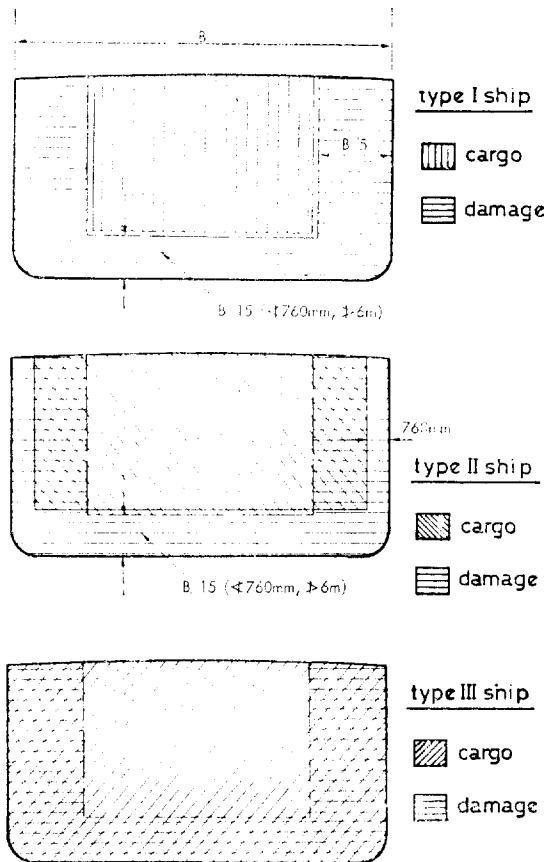


Fig. 1.

참고로 現在 IMCO code에서 規定한 ship type에 의한 貨物의 tank의 配置를 圖示하면 아래와 같다.

#### (1) Type I ship

Type I ship은 貨物의 流出을 最高度로 豫防措置할 必要가 있는 危險物에 관한 chemical tanker로 IMCO code에서 規定한 손상에 대하여 充分한 復原性 및 殘存能力을 가지며 cargo tank의 配置는 아래의 範圍를 만족시켜야 한다.

① 船側外板에서  $\frac{B}{5}$  以上 內側에 配置하여야 한다.

② 船低에서  $\frac{B}{15}$  또는 6m중 작은것보다 上部에 配置하여야 한다.

단, 어느부분도 外板과의 거리가 760mm미만으로 tank를 配置하여서는 안된다.

#### (2) Type II ship

type II ship은 貨物의 流出을 高度로 豫防措置할 必要가 있는 危險物을 輸送하는 chemical tanker로 IMCO code에서 定한 損傷에 대하여 復原性 및 殘存能力을 가지며 cargo tank의 配置는 아래의 範圍를 만족시켜야 한다.

① 船側外板에서 760mm 以上 內側에 배치하여야 한다.

② 船低外板에서  $\frac{B}{15}$  또는 6m中 작은 값보다 上部에 配置하여야 한다.

단, tank의 어느부분도 外板과의 거리가 760mm미만이어서는 아니된다.

#### (3) Type III ship

Type III ship은 損傷時에 殘存能力(floatability)을 增大하는 程度의 規制를 하는 危險物을 輸送하는 chemical tanker로서 tank의 配置에 대한 特別한 規制는 없다.

### 4. Cargo Tank 의 構造

#### 4-1. 設計上의 重要條件

Cargo tank의 構造 設計에 있어서 oil tanker와 달리 특히 유의할 事項은 아래와 같다.

- ① 貨物의 부식성 및 격벽의 材料.
- ② 貨物의 比重 및 pressure/vacuum relief valve setting 및 그 壓力.
- ③ Cargo tank size 및 stiffening arrangement.
- ④ Hull structure의 stress에 의한 응력전달.
- ⑤ Cargo의 static load.
- ⑥ Ship motion에 의한 cargo의 dynamic load.
- ⑦ Cargo heating arrangement 및 그 溫度.

#### 4-2. 貨物의 腐食性 및 Tank 材質

鋼材에 腐食性이 심한 貨物을 積載하는 tank는 그

構造材料를 耐食性이 강한 特殊한 금속으로 할 必要가 있다.

現在 가장 많이 使用하는 耐食性 材料로는 stainless steel이다. 特히 austenite stainless steel은 광범위한 種類의 化學藥品에 대하여 耐食性이 강하며 相互反應을 일으키지 않은 長點이 있다. 또한 溶接性이 좋기 때문에 chemical tanker의 tank 構造에 適合하다.

Cargo tank를 stainless steel로 할 경우 tank를 構成하는 部分을 완전히 solid로 stainless steel로 하는 方法과 tank의 內面은 2~3mm의 stainless steel로 하고 外面은 mild steel로 하는 clad stainless steel로 하는 方法의 두가지로 생각할 수 있다.

Stainless steel은 상당히 高價이기 때문에 大型 chemical tanker에서는 可能하면 clad stainless steel을 使用하는 것이 一般의이다.

Clad stainless steel을 使用할 경우 tank 外面은 mild steel이기때문에 tank bulkhead의 stiffening member를 모두 mild steel로 할 수 있으므로 solid stainless steel을 使用하는 경우에 比하여 材料費를 大幅減少시킬 수 있는 長點이 있다.

그러나 clad stainless steel은 그 材料 自體가 二重이기때문에 熔接 및 cutting에 어려운 工作上的 問題가 있다.

一般의으로 積載하는 貨物이 stainless steel에 대한 부식성이 높지않고 tank가 船體의 一部를 構成하는 built in type의 cargo tank는 clad stainless steel을 使用하고 있다. 反面에 小型독립형 tank에는 solid stainless steel을 使用하는 것이 大部分이다. clad stainless steel의 tank의 構造部材의 scantling은 stainless steel 부분은 없는것으로, 즉 mild steel의 thickness만 고려하여 강도계산을 함을 注意하여야 한다. 또한 clad stainless steel을 使用할 경우 stainless steel의 corrosion margin은 solid stainless steel의 경우보다 더 커야할 것이다.

#### 4-3. Cargo tank의 type 및 stiffener 配置

Cargo tank의 構造上的 種類는 一體型과 獨立型 tank의 두가지이다. 一體型의 경우에는 船殼의 一部를 構成하는 貨物積載 tank로서 hull structure의 stress와 同様の 應力을 받는 것으로 設計하여야 할 것이다. 獨立型 tank는 船殼構造에 連續되지 아니한 貨物容器로서 인접된 船殼構造의 stress 및 strain과 可能한 限 無關하게 하기위한 것으로 設計時 船殼構造의 一部로 고려하지 않는다. 다만, 이경우 tank를 지지하는 supporting member의 設計에 대하여는 tank를 船體의 동요운동으로부터 충분히 고정시킬 수 있어야 하며 tank

의 重量을 充分히 지지할 수 있는 構造이어야 할 것이다.

위에 說明한 tank의 型式은 危險貨物의 種類에 따라 IMCO code에 의하여 決定되여지기 때문에 設計上의 option이 될 수 없다.

Cargo tank의 stiffener는 tank의 種類에 關係없이 tank 外面에 配置함으로써 tank cleaning을 용이하게 하며 이는 cargo의 purity를 유지하는데도 유리하다.

#### 4-4. 比重 및 pressure/vacuum valve setting

液體의 比重이 크면 tank를 형성하는 boundary bulkhead의 壓力을 增加시키게 되어 bulkhead scantling을 增加시키게 된다. 또한 cargo 重量의 增加로 因하여 hull girder shear force 및 bending moment에도 影響을 주게 된다.

이러한 경우 水壓試驗은 實際水壓에 해당하는 head에 safety margin을 두어 hydrostatic test를 하는 것이 一般의이다.

기타 bulkhead scantling에 影響을 주는 要素는 貨物로부터 나오는 危險 vapour의 放出을 最小限으로 억제하기 위하여 pressure/vacuum valve를 調整하여 貨物積載時에는 一定한 높은 壓力을 유지하도록 하기때문에 이 壓力의 影響을 고려하여야 한다. 一般의으로 valve setting은 0.7kg/cm<sup>2</sup>을 上限線으로 하여 調整되고 있다. 이 pressure/vacuum valve는 貨物의 과도한 증발로 因한 tank의 폭발을 事前에 防止할 수 있는 용도로도 使用되고 있다.

Fig. 2는 貨物의 比重, P/V relief valve setting 등이 cargo tank boundary에 미치는 影響을 圖示한 것이다.

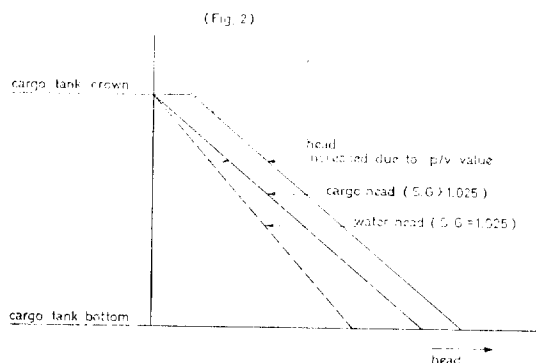


Fig. 2.

#### 5. 貨物의 隔離

IMCO code에서 規定한 危險物을 積載하는 tank는 cofferdam에 의하여 機關室, boiler室, 居住區 기타 食水艙等の service space와는 完全히 隔離시키도록 되어

있다. 다만, 獨立型 tank에 대하여는 그 tank와 機關室 및 boiler室과의 사이가 充分한 거리로 격리되어 있는 경우에는 cofferdam을 생략할 수 있다.

相互 危險反應을 일으키는 二種以上の 貨物을 積載하는 경우에는 이러한 事故가 發生하지 않도록 設計上에 특별한 배려를 하여야 한다. 그 主要 事項을 열거하면 아래와 같다.

- (1) 이러한 cargo tank 간에는 cofferdam, pump room, 기타 兩貨物과 相互 反應을 일으키지 않는 貨物艙等으로 격리시켜야 한다.
- (2) 이러한 貨物들의 pump시설 및 piping system은 完全히 격리하여 配置하여야 한다.
- (3) 이러한 貨物의 piping system은 다른 貨物의 貨物艙을 통과하여서는 안되며 부득리한 경우에는 pipe tunnel을 設置하여 통과시켜야 한다.
- (4) Tank의 vent system도 완전히 격리시켜서 配置하여야 한다.

## 6. Cargo Tank의 配管

Chemical tanker의 配管은 貨物의 毒性, 물과의 反應, 貨物의 相互反應等を 充分히 고려하여야 하기때문에 一般의 複雜하며 모든 system design 및 配管系統의 組立은 IMCO code에 만족되지 않으면 안된다.

貨物配管系統을 設計함에 있어서 반드시 유의하여야 할 事項을 열거하면 아래와 같다.

- (1) Cargo pump, cargo line piping 및 그 valve類 등의 材質은 積載되는 貨物과 접촉하여도 相互 反應을 일으키지 않고 부식성이 없는 材質이어야 한다.
- (2) Piping system內的 最大壓力은 cargo tank의 正常最大壓力과 相關하여 設計壓力 以上으로 되지 않도록 設計되어야 한다.
- (3) Cargo piping은 기관실, boiler실, 기타 居住區域을 통과하여서는 안된다.
- (4) Cargo piping은 ship type에 따라 IMCO code에서 規定한 貨物 tank 配置의 금지구역을 통과하여서는 안된다.
- (5) 毒性을 갖는 貨物의 配管系統은 다른 貨物의 配管系統과는 完全히 격리시켜야 한다.
- (6) 主甲板下의 cargo piping은 暴露甲板上에서 操作할 수 있는 stop valve를 設置하고 또한 配管故障時에 貨物과의 危險한 反應을 일으키지 않은 경우에 限하여 인접된 cargo tank, ballast tank, void tank 또는 pump室 등의 bulkhead를 貫通하여 配管할 수 있다.

(7) 모든 piping joint는 熔接에 의하여야 한다.

(8) Cargo piping을 pipe tunnel에 의하여 배치할 경우 폭로된 上甲板과 pump室에 變換한 곳 이외에는 opening을 設置할 수 없다.

## 7. 貨物의 溫度制御

貨物을 高溫으로 加熱 또는 冷却시켜서 運搬하는 chemical tanker에 대하여는 tank structure의 熱應力에 의한 變形을 고려하여 構造設計를 하여야 한다.

특히 cargo를 높은 溫度로 加熱하였을 경우 tank의 頂板이 팽창되기에때문에 hogging moment를 받을 경우 deck에는 tensile stresses가 더욱 增加되게 된다. 따라서 cargo loading에 의한 hull bending moment 이외에 이러한 熱應力을 充分히 고려하여 structural member를 配置하여야 한다. 一般의 固히 높은 溫度(例로서 bitumen 150°C)로 加熱을 要하는 貨物 tank는 이러한 熱應力에 의한 strain을 제거하기 위하여 tank는 船體構造와 獨立된 tank 즉 independent tank 構造로 하고 있다.

以上 說明한 應力問題 以外에 溫度制御式 tank의 設計上에 유의할 事項을 열거하면 아래와 같다.

- (1) 溫度調整用 配管의 材質은 積載되는 貨物과 危險한 相互反應을 일으키지 않는 것이어야 한다.
- (2) 各 tank의 加熱 또는 冷却裝置는 tank에서 격리되어야 하며 流量을 調節할수 있도록 設置되어야 한다.
- (3) 溫度制御裝置는 系統內的 媒質을 채취하여 貨物의 流入을 事前에 알아낼 수 있도록 하는 장치를 하여야 한다. 이러한 sampling 設備는 貨物區域內에 설치하여야 한다.
- (4) 모든 加熱 또는 冷却系統에 대하여는 貨物 tank가 空 tank인 경우를 除外하고는 系統內的 壓力은 tank內的 貨物에 의하여 받는 最大壓力보다 높은 壓力을 유지할 수 있도록 設備되어야 한다.
- (5) 危險 毒性을 갖는 貨物을 加熱 또는 冷却하는 경우에는 加熱 또는 冷却用 媒質은 船內 他의 用途의 것과 獨立의 回路로 하거나 또는 tank의 外部에 裝置하여야 한다.

## 8. 結 言

以上 chemical tanker의 tank 構造 및 主要安全設備에 대하여 IMCO의 規則과 相關하여 設計上의 問題點들을 說明하였다.

現在 各國의 化學工業界의 原料의 需要量은 해마다 增加되고 있으며 產汎國에 있어서도 附加價值가 적은

原油輸出로부터 附加價値가 높을 石油精製品 및 化學工業製品의 輸出로 지향하고 있기때문에 chemical tanker의 需要는 今後 계속 增加될 展望이다. 아직까지 우리나라는 chemical tanker의 建造實績은 없었으나 今年부터 國內造船所에서도 最初로 建造를 착수하게 되었다.

chemical tanker의 設計는 原油 tanker보다 상당히 複雜하고 弛工에 있어서도 高度의 技術을 要하고 있다.

또한 航海中이나 荷役中에 危險貨物이 少量이라도 流出될 경우 환경오염은 물론 船員, 荷役要員을 중독시키고 火災, 폭발등의 무서운 事故를 일으키게 됨으로 이를 事前에 防止할 수 있도록 安全設備에 관한 充分한 지식과 注意가 必要함은 물론이다.

따라서 chemical tanker에 있어서는 무엇보다도 積載하고지 하는 危險貨物에 대한 精確한 知識과 올바른 認識을 갖는 것이 가장 重要하다고 보겠다.

특히 새로운 種類의 化學藥品이 끊임없이 개발되어 이들을 운반하여야 함으로 chemical tanker의 設計도 이러한 새로운 危險物의 운반에 적응될 수 있도록 개발되어 나가야 할것이다.

### 參 考 文 獻

- (1) IMCO Resolution A212, "Code For the Constructon and Equipment of Ships Carrying Dangereoius Chemicals in Bulk", 1971.
- (2) NK Rule, "Rules and Regulations for the construction and classification of Ships", 1975.
- (3) T.R. Farrell, "Chemical Tankes The quiet evolution", The Naval Architects, 1974.
- (4) 林容喆, "Segregated Ballast Tanker의 構造에 對하여", 檢査技術研究所技報, Vol. No. 3, 1975.
- (5) 日本造船研究協會, 研究資料 No. 4R, "危險物專用船의 安全에 關한 調查研究", 1970.
- (6) 日本造船研究協會, 研究資料 No. 24R, "危險物의 特性 및 運盤船의 特殊設備에 對하여", 1974.
- (7) 角張, "Chemical Tanker에 대한 IMCO 規則適用上의 問題點", 造船技術, Vol. II, 1975.
- (8) 林容喆, "Liquified Gas Tanker의 Tank 構造", 船級 8號, 1974.