

# 管素材로서의 중밀도 폴리에틸렌 (Medium Density Polyethylene)

## 1. PE관의 사용 歷史

폴리에틸렌을 素材로한 最初의 水道 및 가스 管이 登場한 것은 지금으로부터 25~30年前으로 거슬러 올라가며, 주로 HDPE(High Density Polyethylene : 고밀도 폴리에틸렌)가 管 製造에 使用되었다. 이 PE 管은 獨逸 Hoechst AG 會社가 Hostalen GM5010 이라는 分子량이 높은 高密度 폴리에틸렌을 生産하면서부터 始作되었다고 볼 수 있는데, 즉 이 原料는 壓力管 生産材料로 制定되었으며, 이 原料를 利用한 長期成能 試驗結果가 뛰어난 管의 사양을 選定하는데 必要性이 認識, 利用되었다.

즉 주어진 溫度下에서 壓力를 가하여 豫想壽命值를 구하는 獨逸 規定 DIN 8075 를 制定하는데 이르게 되었다.

이 GM5010 原料는 1960 年代 말까지 使用되었으며, 이때즈음 美國 Dupont 社가 “ALD YLA” 라는 中密度 폴리에틸렌의 生産을 開始하였으며, 같은 時期에 Phillips Petroleum 社에서 Marlex TR 418 이라는 中密度 폴리에틸렌이 生産되기 始作하였다.

이후 管 自體 및 管 連結部位의 長期成能이 要求되었으며, 이를 補完한 材料가 벨기에의 Petrofina 社와 英國의 British Petroleum 社

에서 開發되었다. 이 두 會社는 美國 Phillips 社와의 合作會社였으나 現在는 獨自的으로 運營되고 있다. 그런데 이 長期要求成能은 中密度 폴리에틸렌의 增進된 融着性能으로써 安全하게 長期間 使用하는데 있어, 高密度 폴리에틸렌을 越等하게 능가하는 重要한 特性 中の 하나이다.

## 2. 世界各國의 規定과 規格의 評價

앞서 言及한 바와 같이 最初의 PE 管에 對한 規定(Standard)은 DIN 8075 였고, 유럽의 各 國家들이 이 規定을 適用하였고 이것은 各國 規定의 母體가 되었다. 耐壓에 依據 長期性能試驗에 必要한 條件은 表1 과 같다.

表 1

50 年 내구년한	20°C	최소 6.5Mpa 원추응력
원추응력 15Mpa	20°C	최소 1 시간
" 4.1Mpa	80°C	최소 48 시간
" 3Mpa	80°C	최소 180 시간

위에서 말한 表1 의 要求性能은 MDPE 材料가 紹介되면서 表2 와 같은 規定의 變化를 가져오게 되었다.

50년 내구연한	20°C	최소 6.5Mpa 원추응력
원추응력 12Mpa	20°C	최소 1시간
"	5Mpa	80°C
"	4Mpa	80°C
		최소 170시간

最近에 改定된 規定에 의하면 원추응력 5Mpa / 80°C/60時間의 試驗은 더이상 適用하지 않는다.

現在 유럽 國家들은 그동안 標準으로 삼아왔던 PE 管에 對한 DIN 規定을 더이상 따르지 않고 있는데, 現在의 觀點으로는 DIN 規定이 完全하지 않은 것으로 看做되고 있다.

지금 유럽 國家들은 漸次 獨立的으로 PE 管에 對한 經驗과 資料에 依據, 自體的인 規定 修正作業을 追求하고 있으며, 새로운 原料와 完製品에 對하여 嚴格한 規格을 追求하고 있다.

3. 設計基準

耐久性和 品質의 最小要求條件을 充足하기 爲하여 設計基準이 必要하며, 이 設計基準은 20°C에서 50年 耐久年限을 基本으로 하여 이때의 最小 應力저항성(원추응력)을 算出 이를 適用한다.

表 3

구분	재 료	실 계 응 력
PE32	저밀도 폴리에틸렌	3.2Mpa(4.2Mpa)
PE50	고밀도 폴리에틸렌	5.0Mpa(6.5Mpa)
PE63	중밀도 폴리에틸렌	6.3Mpa(8.3Mpa)

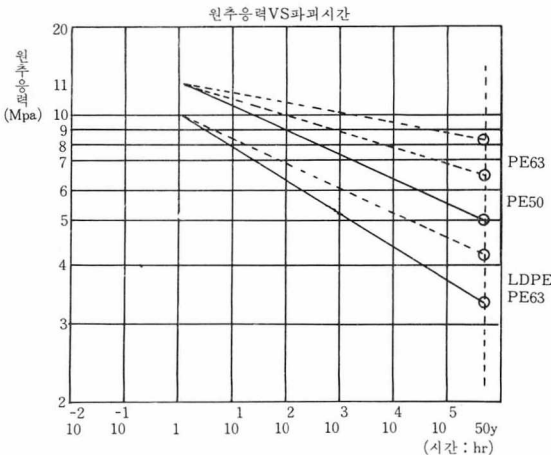


表 3에서 括弧안의 값은 材料에 安全係數 1.3을 넣어 算出하였다.

아래의 Graph는 20°C에서 材料의 最小應力 Curve를 나타내고 있다.

4. 管의 最小要求 性能

앞에서 記述한 必要條件을 充足하는 管을 製造하는데 따르는 確信은 오직 서로 다른 溫度에서의 長期試驗을 通해서만 얻을 수 있다.

(10,000時間 以上の 試驗이 要求됨) 이러한 試驗을 典型試驗(Type Testing)이라고 하는데 試驗에서 立證된 材料로 製造된 管은 品質管理 試驗을 거쳐야 한다.

多樣한 溫度條件에서의 材料에 對한 典型試驗 課程에서 收集한 資料로부터 適用凝力基準이 選擇되었으며, 이러한 基準에 의한 短期試驗은 完製品에 對한 品質確信을 提供한다. 유럽에서의 MDPE管의 最小要求性能試驗은 다음의 表 4, 表 5와 같다.

表 4

원추응력	온도	시 간	재 료
15Mpa	20°C	최소 1시간	HDPE
12Mpa	20°C	최소 1시간	MDPE
5Mpa	20°C	최소 60시간	HDPE/MDPE
4Mpa	20°C	최소 170시간	HDPE/MDPE

위 表에서, 英國에서는 典型試驗에 있어서 Notched pipe에 對하여 1,000時間의 耐久性을 要求하고 있으며, 170時間은 단지 品質管理 目的만을 위한 것이다.

現在 國內에서는 MDPE를 가스管에서만 適用하고 있으며, 그 要求性能은 20°C 破壞水壓 試驗, 4.5~4.7 Mpa/80°C에서 120時間, 3.8~3.9 Mpa/80°C에서 288時間을 要求하고 있다.

上記 列據한 表들에서 보았듯이 獨逸을 除外한 各國의 規定은 上向 調整되었으며, 韓國은 中間水準이라고 말할 수 있으며, 20°C에서의 試驗水準이 微弱하다.

表 5

벨 기 예			영 국			독 일		
원추응력	온도	시 간	원추응력	온도	시 간	원추응력	온도	시 간
12 Mpa	20 °C	1 시간	12 Mpa	20 °C	1 시간	12 Mpa	20 °C	1 시간
10 Mpa	20 °C	500 "	—	—	—	—	—	—
5 Mpa	80 °C	110 "	4.6 Mpa	80 °C	1,000 시간	5 Mpa	80 °C	60 "
4 Mpa	80 °C	250 "	* 4.6 Mpa	80 °C	170 시간	4 Mpa	80 °C	170 "

參考) \* 表는 Notched pipe에 適用

5. 管의 設計

PE 管의 主要치수 분류는 SDR에 의하여 表記되며, 이는 同一한 外徑에 對하여 두께의 變化를 나타내는 것으로서 다음과 같이 算出한다.

$$SDR(\text{Standard Dimension Ratio}) = \frac{\text{평균외경}}{\text{최소두께}}$$

위의 SDR에 따라 各各의 使用壓力이 주어진다.

5-1 壓力區分

PE 管의 SDR分類에 의한 最大 使用壓力은 다음 公式로 算出할 수 있다.

$$P = \frac{M(D-t)}{2t} \text{ (Mpa)}$$

- 여기에서, M : 원추응력
- P : 내압
- D : 외경
- t : 두께

M에 對한 값은 그림 1과 같이 材料의 凝力에 相應하는 것으로 PE 50 또는 PE 63으로 하며, 上記 公式는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$P = \frac{2}{(SDR-1)} \text{ (Mpa)}$$

PE 50의 값을 充足시키기 위해서는 20°C에서 回歸線은 50年線을 交叉하는 값에 安全係數 1.3을 考慮한 값, 즉  $5 \times 1.3 = 6.5 \text{ Mpa}$ 에서 交叉하는 값이며 PE 63은 같은 方式으로 計算할 때 8.1 Mpa에서 交叉하는 값이다.

즉, MDPE는 8.1 Mpa 이상의 값을 가지므

로(表3 參照) 管의 材料로써 適格이라고 할 수 있다.

5-2 使用壓力

流體를 供給하는 데 있어 關聯當局은 어떠한 危險負擔에 對한 責任이 없다.(WAA 4-32-02, 03, 04 參照, 水道用 MDPE파이프 및 이음管에 對한 英國 水道協會規格) 그러므로 管 設計時 材料에 對한 安全係數 1.3 외에 追加係數인 2.5를 더한다. 이와 같이 하였을때 SDR 11 水道管의 最大使用壓力은 10 Bar가 된다.

6. MDPE 水道管 規格(WAA 4-32-03)의 要求性能

앞서 敍述한 바와 같이 MDPE는 HDPE와 比較하여 長期使用性能이 優秀하며, 融着特性이 좋아 連結部位에 完璧을 기할 수 있고 특히 柔軟성이 HDPE 보다 뛰어나(伸率 1,000% - HDPE의 경우에는 200%) 地盤流動 沈下時에 追從性이 優秀하여 유럽에서는 靑色管으로 하여 使用하고 있다.

6-1 W.A.A의 MDPE 試驗項目

- 치수
- 熱安定性
- 水壓試驗(20 °C, 80 °C)
- 破斷伸率
- 20 °C에서 長期水壓試驗
- 8.0 Mpa에서 97.5 % LCL(Lower Confidence Limit)의 破壞時間(100,000 時間以上)
- 耐候性試驗
- 融着特性
- 衝擊試驗

## 6-2 W.A.A 要求性能

### 6-2-1 20°C에서 短期試驗

W.A.A 4-32-03의 5-1-1項은 管 Sample 이 20 ± 1°C에서 1時間 동안 12 Mpa의 원추응력과 同一한 壓力에서 견딜 것을 要求하고 있다.

### 6-2-2 80°C에서 水壓試驗

W.A.A 4-02-03의 5-1-2項은 80 ± 1°C에서 170時間 동안 4 Mpa의 원추응력에서 견디어야 하며, 180 mm 이상의 規格에 있어서는 맞대기 融着 Sample 이 同一條件에서 試驗되어야 한다. 즉 融資特性이 優秀할 것을 要求하고 있다.

### 5-3 W.A.A 規定의 材料性能

W.A.A 4-02-03의 3-1項에 材料性能이 주어져 있으며, 20°C에서 密度는 0.930-0.944 g/cm<sup>3</sup>로써 MDPE 使用을 要求하고 있으며, 靑色管의 경우에는 酸化防止劑와 紫外線 吸收劑의 添加를 要求하고 있으며, 이는 BS 3412의 表2에 收錄된 것이어야 하며, 人體에 害를 주는 것은 使用할 수 없도록 規定하고 있다.

## 7. MDPE의 管 材料로서의 優秀性

앞서 敍述한 바와 같이 MDPE는 50年의 長期使用性, 즉 半永久的인 材料이며, HDPE를 능가하는 融着特性, 耐軟性에 의한 地盤 追從性의 優秀함, 腐蝕, 耐藥品性, 電氣에 의한 腐蝕 耐寒性 등이 優秀하여 漏水없는 配管이 容易함 등의 長點을 지니고 있다.

## 8. 配管時 檢討事項

### 7-1 配管 System의 使用壓力

앞서 4項에서 論한 바와 같이 PE管의 設計에 맞추어 使用하여야 한다.

### 7-2 管材費用과 設置費用

### 7-3 配管時에 融着等 作業要員의 熟達化

### 7-4 連結部品에 對한 費用

### 7-5 補修時에 作業容易

### 7-6 要求되는 管의 柔軟性, 延性 또는 強性

### 7-7 作業이 容易한 길이 및 可用外徑

上記項目을 充分히 檢討하고 熟練시켰을때 最適의 結果를 얻을 수 있을 것으로 사료되며, 이를 遵守하였을 경우 半永久的인 資材로써 계속 脚光을 받을 것이다.

## 9. 結 論

앞서 敍述한 바와 같이 MDPE는 既存 HDPE에 比較하여 여러가지 長點이 있기 때문에 점점 使用이 增加하고 있으나 各國의 規定(例: W.A.A 規定)에서 要求하는 것과 같이 使用材料의 基本物性이 매우 重要하다. 금년부터 管 材料인 MDPE 原料가 美國 Phillips 社와 合作으로 麗川石油化學 콤비나트에서 生産이 開始됨으로써 PE 管의 材料에 劃期的인 契機가 마련되었다. 製造者와 使用者 間의 品質管理 및 品質信賴를 爲하여 이 製品에 對한 새로운 規定의 制定이 必要하다고 생각되며, 水道協會 또는 水資原公社等 關係機關의 先導의 役割에 의하여 信賴되고 使用할 때, 漏水에 의한 經濟的인 損失, 腐蝕에 의한 汚染等を 防止할 수 있으리라 期待된다.

製造者에게는 最高品質의 製品生産, 使用者에게는 最適要求性能과 經濟性, 이 두가지 側面이 서로 符合될때 비로소 유럽, 美洲와 같이 良質의 물을 우리 모두가 마실 수 있게 될 것이다.

