

《轉載》

液體의 粘性 펌핑시 시스템에 미치는 影響

(Liquid Viscosity Effects on Pumping System) 제 2 부

Gilbert F. Carlson

Fellow ASHRAE

ASHRAE JOURNAL September, 1974 p. 50~52

金 皓 永* 譯

이 시리즈 중에서 시스템의 水頭損失에 주는 液體粘性의 영향을 第一部(ASHRAE JOURNAL, July, 1974, 空氣調和·冷凍工學 第四卷 第四號 1975, 12)의 報告文에서 提案한 것은 어느 한 比粘性에 對해서 求한 物基準의 基本水頭損失圖表에는 레이놀즈數, 摩擦係數, 粘性等の 모든 必要한 情報가 包含되어 있어서 다른 粘性을 가진 液體에 對한 修正을 簡便하게 해주는 것이었다 1.1 Centistoke의 물에 對한 鋼파이프의 水頭損失圖表를 참고한 單純한 節次를 例示하였었다. 또 粘性의 項들은 이 節次에서 使用하기 爲하여 센티스투우크單位の 動粘性係로 轉換하는 方法도 나타내었다.

여기서는 粘性液體가 시스템의 水頭損失에 미치는 影響이라는 觀點에서의 두가지 고려를 附加的으로 論하기로 한다.

粘性이 銅管 또는 플라스틱管과 같은 미끄러운 管에서 水頭損失의 變化를 일으킨다.

◎ 시스템설계를 爲한 粘性水頭修正表

미끄러운 管에서 水頭損失의 變化를 일으키는 粘性의 算出은 前번 鋼管에서 行하여진 것 같은 同一한 過程으로 한다. 60°F의 물 (粘性 1.1 centistoke)을 基準으로 삼고 L型의 銅管에 적용된 基本圖表는 이미 完成되었으므로 다른 것을 基準으로 한 基本圖表와 더불어 이 連續되는 論文의 結論에 실을 豫定이다. K, M과 같은 다른 寸수의 管에 對해서 그리고 熱交換器의 管(Stubb's

Gauge)에 對해서 또 同時에 미끄러운 플라스틱管에 對해서도 5승修正方法 또는 對多曲線 교차에 依한 作圖에서 前番에 말한 바와같이 修正을 할 수가 있다.

미끄러운 管과 鋼管에 對한 基本流動壓力降下表는 萬能的으로 適用된다고 볼수 있다. 왜냐하면 그 基本表들은 概略的으로 說明된 節次와 함께 어떤 種類의 管이나 어떤 寸수의 管에 對해서도 그리고 어떤 粘性의 液體에 對해서도 水頭損失과 流動狀態(層流건 또는 亂流건)의 簡便한 評價를 許用하기 때문이다. 基本圖表는 前에 使用하던 方法들에 關係되는 粘性流動問題를 매우 單純化시키는 反面에 이들은 시스템設計의 用途에는 實際的으로 適用할 수 없다. 또 基本圖表는 設計判斷의 因子 即 流動狀態에 미치는 影響에 對한 파이프寸수의 比較手段을 講究해주지 않는다.

多幸히도 基本圖表와 說明된 바 있는 節次들은 設計의 判手段을 마련해 주는 파이프寸수表를 準備하는데 使用될 수 있다. Odd ball 파이프 또는 管的 寸수에 對한 또는 몇몇의 特定한 液體의 粘性에 對한 設計問題에 直面한 設計技術者들은 관련된 各種의 파이프寸수 하나 하나에 對한 流動水頭損失의 條件들을 쉽게 圖表로 作成할 수 있다.

大部分의 시스템設計는 쉽게 얻을수 있는 標準 파이프 또는 파이프寸수에 基礎를 두고 있기 때문에 파이프寸수를 定하는 資料는 여러 液體粘性

* 正會員, 高大理工大

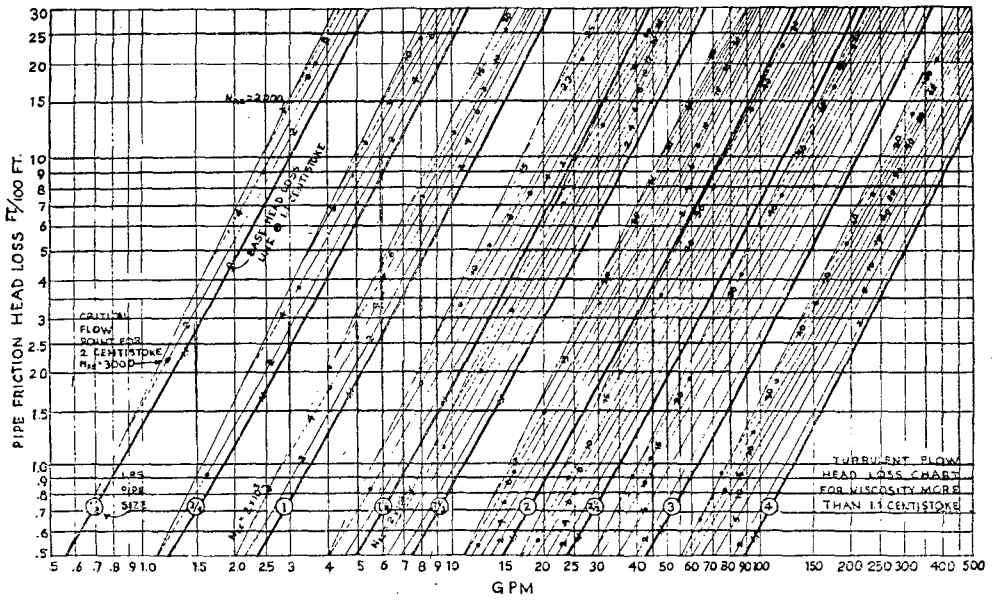


그림 1.

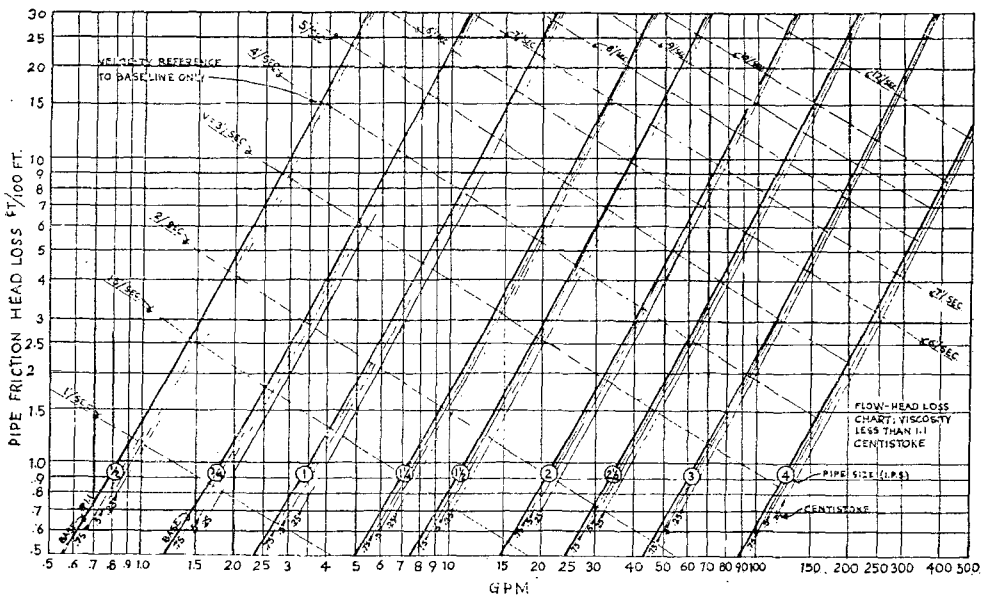


그림 2.

의 流動條件에 關한 이들 狀況에 對하여 利用 可能케 만들수 있다. 이 論文에는 4"에서 1/2"까지 40 Schedule 파이프에 對한 粘性基準 파이

프릿수圖表도 包含되고 있다. L型的 銅管에 對한 이와 같은 表는 다음 節에서 다룰 것이다. 여러가지의 粘性을 갖는 液體에 對한 設計를

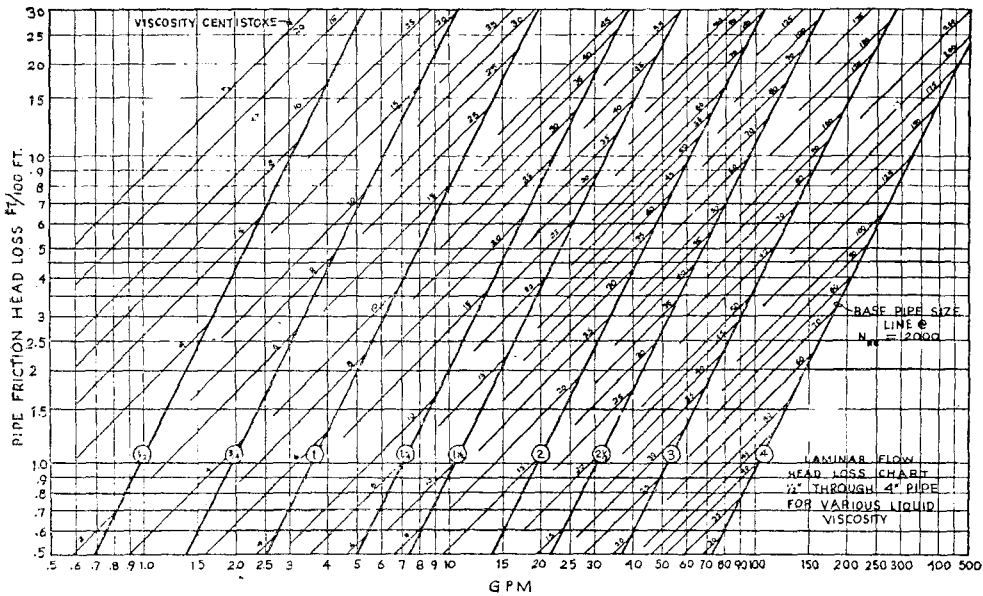


그림 3.

爲한 파이프치수表의 準備는 몇가지 問題를 提起 시킨다. 이러한 表들이 ASHRAE Fundamental Hand Book에 나온것을 希望하게 되기 때문에 이들의 基本背景과 問題의 解에 對하여 著者가 이끌어낸 結論을 자세히 살펴보아 提示된 資料가 全體의인 設計의 要求에 가장 잘 充足됨을 確認하여야 할것이다. 첫 圖表 그림 1에는 1"에서 4"까지의 파이프에 對해 亂流일때의 流動水頭損失狀態와 1.1 Centistoke 보다 더 큰 粘性을 가진 液體에서의 流動水頭狀態가 나타나 있다. 첫째의 主要한 問題는 水頭損失範圍이다. 그림 1에는 '5'/100'에서 30'/100'까지를 나타나고 있으며, 1'/100'과 약 4'/100' 사이의 범위가 實際 設計範圍이다. 그러나 粘性液體를 使用할때 亂流를 얻으려 하면 할수없이 設計가 더 큰 損範圍 內에 들어가게 한다. 또 0.5'/100' order이하의 水頭損失까지의 設計는 期待할 수 없다.

그림 1에 나타나 있는 파이프치수의 範圍는 4"를 포함하며 4"까지의 범위이다. 또한 파이프치수도 迫加로 포함해야 할 것이다. 그러나 어느 파이프치수 까지로 할것인가? 여러 會員들의 助言을 바란다.

圖表는 각 파이프치수에 對하여 두 매개변수의 線으로 그려져 있으며 아랫쪽 線은 1.1 centistoke 의 狀態에서의 基本水頭損失을 나타내며 윗쪽 線은 絶對亂流流動의 制限範圍를 나타낸다. 即 매개 변수線 위의 어떤 流動粘性의 各點들의 集合은 層流流動狀態를 나타내며 그림 3 (層流流動 파이프치수表)에 나와 있다.

그림 1은 著者의 두번째 問題의 解法을 나타내고 있다. 即 限界領域 流動範圍(N_{RE} 2000~3000) 內에서의 水頭損失을 나타내고 있는 것이다. 이 範圍內에서의 水頭損失은 不安定하며 또한 豫測할수도 없다. 萬一 우리가 이 領域을 無視해도 시스템設計에서는 應用할수 있는 水頭損失같이 混亂에 빠지지 될것이다. 著者의 解法은 이 領域內에서 安全係數(Safety factor)를 도입하는 것이다. 다시 말하면 레이놀즈數 2000~3000 사이의 流動範圍는 그것이 亂流이거나 또는 亂流流動 摩擦係數에 지배를 받더라도 취급될 수 있다. 거기에 나타난것보다 낮은 경우에는 언제나 水頭損失을 얻을수 있으며 더 높은 境遇는 당연히 豫測할수 없다.

그림 1에 레이놀즈數 3000의 限界流動의 始作

은 流體粘性으로 表示된 커다란 各各의 點들로 나타나 있다. 레이놀즈數 2000의 層流流勞의 限界領域의 點들의 集合은 點線으로 나타나다 있다.

레이놀즈數 2000의 바깥境界線으로 나타낸것은 科學的으로 正確하지는 않다. 그러나 著者의 意見으로는 實際工學問題를 解決하는데는 고려될수 있다. 亂流流動表 (그림 1)은 큰파이프와 작은 파이프를 比較하여 불래 比較的인 粘性效果를 보여 주고 있다. $\frac{1}{2}$ " 파이프에서 流動이 亂流流動에서 層流流動으로 變할때 보통 粘性은 증가한다. 水頭損失에 對한 粘性의 影響은 작은 파이프일수록 커진다. 流動이 亂流에서 層流로 變할때 高單位의 粘性이 要求된다할지라도 큰 파이프에서의 粘性이 水頭損失에 미치는 影響은 작아진다. 比較的으로 流體의 粘性이 1.1로부터 2 Centistoke 로 變할때 4"파이프에서는 같은 粘性이 減수없을 정도로 變하는 동안 $\frac{1}{2}$ " 파이프에서는 求頭損失이 25%증가할 것이다.

銅파이프에 對하여 보여준 것과 다른 銅파이프에 對하여 보여준 것과 다른 銅파이프에서의 水頭損失에 對한 粘性의 影響을 적어 보기로 하겠다. 銅파이프(미끄러운管)에서의 粘性의 影響은 큰 파이프에서와 마찬가지로 작은 파이프에서도 相對的으로 一定하다. 이에 對한 것은 다음 節에서 다루기로 한다.

그림 1에는 速度線과 1.1 Centistoke보다 적은 粘性의 水頭損失에 對하여는 나타나 있지 않다. 이 理由는 그림 1에 두線을 追加한다면 表는 더욱 複雜해질것이고 혼돈이 올것이기 때문이다. 그림 2는 $\frac{1}{2}$ "에서 4"까지의 파이프치수에 對하여 1.1 centistoke 보다 적은 점성들과 함께 速度를 圖視했으며 이 論議를 포함시켰다.

그림 2에 나타낸 速度線은 단지 1.1Centistoke의 粘性下에서 基本파이프치수를 基準으로 하여 그려진 것이다. 速度線은 단지 比파이프에 對한 比速度 即 比 GPM으로 나타나 있다. 점성의 變화에도 불구하고 같은 速度를 適用한것은 速度의 表現을 그림 2에 보여준것과 같이 그림 2와 그림 3에도 나타낼 目的으로 한것이다.

그림 2를 보면 작은 파이프에서 파이프 치수의

증가보다 粘性의 감소가 水頭損失에 더 큰 影響을 미친다.

그림 3은 層流流動에서의 파이프의 水頭損失을 나타낸 것이다. 이 경우 基本파이프치수선은 레이놀즈數 2000에서 파이프에 나타난 流動粘性의 關係를 나타냈으며 이 基本線에 接촉된 기울어진 가는線에 써있는 파이프치수와 粘性이 層流流動 水頭損失에 미치는 影響을 나타낸 것이다.

基本파이프線사이의 제한된 公백을 가능하게 하는 만큼 情報를 準備하는 필요성은 기울어진 線을 절단(Cut off)하는데 필요하다는 것이 입증된다. 여기서 各파이프치수의 여러가지 粘性에서의 완전한 流動範圍는 나타나 있지 않다. 問題를 結果的으로 소개하면 그것보다 적은 流動率과 액체의 比液體粘性下의 層流流動 水頭損失의 計算은 절단에 나타나 있다.

問題는 두가지 접근하는 方法으로 解決되는데 層流流動의 水頭損失은 流動에서 線形的인 關係를 가진다는 事實을 관찰하는데 基礎를 두고있다 이 첫번째 접근 方法은 設計者가 단지 粘性線을 適當하게 자료 재는 것이다. 即 要求되는 流動點에서의 粘性線의 길이이다.

두번째 方法은 單純한 流動水頭損失에 基礎를 두고 있다. 例를 들면

"20gpm의 流動率일때 2"파이프를 使用하면 액체는 60 CentiStoke의 粘性을 가진다. 그림 3에 나타낸것을 참조하면 이 流動率은 절단점보다 작은數이므로 나타나 있지 않다. 그러면 水頭損失은 얼마인가? 다시 그림 3을 참조하면 2"파이프에서 60sgm의 流量과 60 Centistoke의 粘性의 液體의 流動水頭損失은 17'/100'이다. 그러면 線形的인 流動水頭損失의 關係를 적용하면

$$20\text{gpm에서의 } \Delta h = \frac{20}{80} \times 17 = 4.25' / 100'$$

이 論文의 다음 節에는 粘性이 液體水頭損失에 미치는 影響에 대한 여러가지 圖表를 準備할것이다. 即 이 圖表들은

◎ 이 節에서 論議한 것과 비슷한 設計表—L型 銅管에 對하여,

◎ 制御밸브의 C_v를 통하여 水頭損失에 粘性이 미치는 影響을 나타낸 表.