

먼저作成된다. 이 Plot-plan의作成時에는 이미配管의基本的인豫測이考慮되어야한다.

Lay-out 및配管圖作成以前에必要的資料는平面圖뿐 아니라各機器의 skeleton, Structure圖面, P&I Diagram, Piping Specification, Line Index等인바發注業務 때문에各Maker의選定이늦어져서配管圖作成에必要的 이들注文機器類의製作圖는配管圖가完成된後에提供되며配管圖上여러가지變更이 일어나서配管設計가늦어지게된다.

몇가지의配管에關한一般事項을다음에記述한다.裝置內配管은原則으로機器配列에平行 또는垂直으로配管하며特殊한 경우를除外하고는斜線으로配管하지 않는다.可及이면 Flange 연결個所를 줄여서 Leakage可能性이 있는部分을除去해야한다.

Vent, Psurge, Drain Line의設置, Purge用 Air 또는 steam Line에의 연결等도恒時있는 일이나 빠지기 쉬운 일들이다. Steam이나 Cooling Water와 같은 utilities配管의末端은擴張時의考慮를爲하여 Blind로 해두는 것이便利하며,補修等으로配管을明確하게遮斷할 目的으로는 Spectacle Blind를 쓴다. Pipe rack上에서 管의 Size를變更할 때는 Reducer를使用하며配管의 B.O.P.를一直線으로 할 때는 偏心 reducer를使用한다.

★ Air Piping

Air Piping에서는 Drain을 완전히分離할 수 있도록配管의 낮은部分에 Drain Pot 또는 Drain Valve를設置한다.主管에서枝管을取할 때는主管의上部에서取한다.

★ Steam-Piping

裝置入口에는 Steam Separator를設置하여 Drain을하게한다.主管에서의枝管을取하는 것은 Air-Piping과同一하게上部에서取해야한다.

Steam trap은蒸氣配管의 낮은 곳 및配管의末端에 붙이며 그放出側이大氣인 경우의 condensate로서 Boiler에回收시키는 경우가 있으므로 Boiler에 보낼 때는 Check Valve를 붙이고 trap入口에는 Strainer를 붙여 By-pass方式을取한다.

★ Water Piping.

Water Pipe의主管은一般的으로地下埋設로되나, Rack上을 넘는地下配管이 있는 경우는 낮은部分에 drain valve를付設한다. 또한埋設管에서는冬期の凍結을防止하기爲하여最少 0.6 m以上으로해야할 것이며,道路橫斷部에서는最少 0.8 m以上을取하고 Sleeve Pipe를넣어둔다.

★ Vent 및 Drain Piping.

配管의 높은 곳이나 낮은 곳에는必要에 따라 Vent

나 Drain line을設置한다. 여기에는各各 Valve를 달게되는바 Flange Valve인 경우는 Blind를 thread, 또는 Socket Welding Valve인 경우는 Plug를부쳐서 Leakage가 없도록한다.配管母體裝置에大氣中으로放出하는 Vent line이 없을 때는 이母體에 연결된 Vapor line에適當한 Vent를 붙이도록한다.

配管의水壓試驗後나運轉停止後에 Pipe-Line을 Drain하기爲하여 가장 낮은 곳에 drain-line을設置하는 것도 잊어서는안된다.

★ Heat Exchanger Piping.

Heat Exchanger의配管은 Tube Bundle의交換, 內部的點檢이나 cleaning에支障이 없도록熱交換器前後面에의配管은避하여야한다. 또한熱交換器는勿論 2個의 Valve로閉鎖된配管은內部的流體의熱膨脹 및 Scale에依한壓力降下를考慮하여, Relief Valve를設置하는 것이安全하다. Heat-Balanced Reboiler의 경우는微妙한壓力 Balance狀態에서運轉되므로 특히配管의抵抗에注意할必要가있다.

★ Pump Piping.

Pump의 Suction側은可能한限抵抗을 적게하도록考慮할 것이며 Suction valve는可及의 Gate-Valve를使用한다. 또한配管途中에 Air-Pocket가 생기지 않도록한다. Boiling狀態에서의液體나, 真空槽에 있는液體의 Suction은 Pump의 NPSH를 다시檢討하여配管을設計하고될 수 있는限槽를올려서 3~4.5 m程度에設置토록한다.配管의重量이나熱膨脹應力이直接 Pump에傳達되지 않도록注意한다. Pump自體를分解, 點檢, 修理하기爲하여配管을 떼어낼 수 있도록한다.

Pump Suction엔 Strainer를交換하기容易하게하고 Pump의操作 Valve의位置는 Operator가선姿勢에서開閉할 수 있는位置에設置한다. Turbine Pump, Gear Pump와 같은驅動側이停止했을때流體의逆流가 일어날可能性이 있는 Pump는 Discharge側에 Check Valve를 단다. Reciprocating Pump나 Gear Pump와 같은壓力上昇이 있는 것은安全 Valve를設置하여 Suction Side에 Return토록하고 Suction이나 Discharge의 낮은 곳에 Drain을 단다, 또한 Discharge垂直 Pipe의 Check Valve 위에 Drain을設置한다.

★ Tower Piping.

塔의配管은그塔의 Access側의反對側에모아두는 것이普通이다.塔의配管연결은 Vapor Line 및 Reboiler의 Vapor Line을除外하고各 Nozzle에 Valve를直接붙인다. 그러나 Skirt가 있는塔의 Bottom line은 skirt의外側에 Valve를 붙인다.高溫의塔에 있어서의 Line은熱膨脹에依하여生긴 Tension에對

하여 對策을 考慮해야 한다.

Thickness

Pipe 및 Tube의 選定은 一般的으로 많은 Table에 依하여 行하여 지나 Minimum Thickness를 計算하여 制定된 pipe standard에 依하여 製作된 pipe를 選定하는 경우도 있다.

이러한 Minimum Thickness 計算의 한例로서 ASAB 31.3에 表示되어 있는 Metal Piping의 Thickness Calculation을 보면 다음과 같다.

$$t = M \left(\frac{PD}{2S} + C \right)$$

t = Wall thickness of pipe in inches, including 12.5% manufacturing tolerance.

p = Internal design service pressure, psig.

D = Outside diameter of pipe in inches.

S = Maximum allowable stress, psi, based on maximum anticipated operation temperature.

M = Manufacturer's tolerance, 1.125 for steel pipe

C = Corrosion allowance in inches, plus thread or groove depth in inches.

여기서 Corrosion allowance는 ASAB31.3에 明示가 없으나 다른 Code에 찾아볼 수 있으며, Pipe의 連結을 위한 welding 效率을 考慮해서 thickness의 選定을 하도록 되어 있다.

Pressure Drop

Pipe 內를 流體가 흐를때의 摩擦力에 依한 Energy 損失이 流體의 壓力損失에 依한 Energy와 同一하다고 生覺한 Fanning Equation이 壓力損失 計算의 基本이 되고 있다.

$$F = \frac{fL}{D} \cdot \frac{v^2}{2g_c}$$

$$F = \text{fraction loss} \left(\frac{ft - lbm}{lbm} \right)$$

f = friction factor

L = length of pipe(ft)

$$g_c = \text{unit conversion factor} \left(32.17 \frac{ft-lbm}{lb_f(sec)^2} \right)$$

D = inside diameter(ft)

v = fluid velocity(ft/sec)

이 式은 計算에 便利하게 여러가지 形態로 바꾸어 져서 使用되고 있다.

예컨대 다음과 같이 變形이 될 수 있다.

$$\Delta p = 0.000217 f L Q / d^5$$

Δp : psi

Q : gpm

d : diameter in inches

問題는 friction factor의 값인데 이는 여러가지의 文獻上에 많이 表示되어 있으나 著者에 따라 $4f'$ 또는

f 形態로 되어 있으므로 注意를 要한다. 이러한 friction factor는 經驗值에서 얻어지는 것으로 Laminar flow($Re < 2100$)에서는 Reynolds Number 단의 function이나 Turbulent flow($Re > 30,000$)에서는 pipe wall의 特性에 依하여 달라진다는 것은 周知의 事實이다. 卽, Laminar flow에서는 $f = \frac{64}{Re}$ 로서 $\Delta p = 0.000668 \frac{\mu L v}{d^4}$ 가 된다(Poiseuille's Law).

表 1. Standard Fluid Velocity (unit:m/sec)

Liquid:

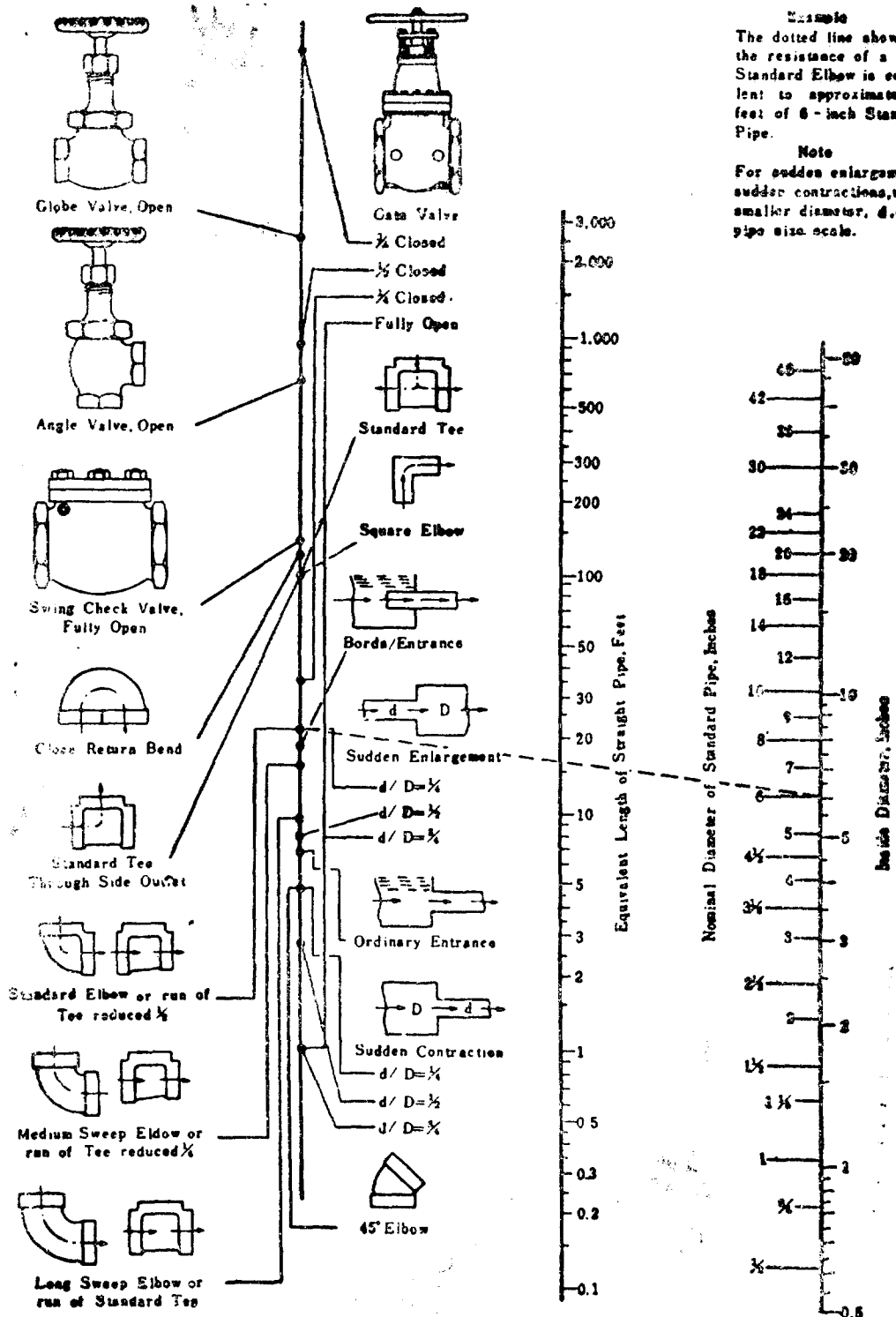
Piston pump suction	0.5~1
discharge	1 ~2
centrifugal pump suction	2 ~2.5
discharge	2.5~3.5
low pressure centrifugal pump discharge	2.5~3
high pressure centrifugal pump discharge	3 ~3.5
high pressure water (50~100atm)	0.5~1
city water pipe main	0.6
sub	1.5~2.5
plant feed water	1 ~3
boiler feed water	1.5~2

Gas:

compressed air(2~3atm)	16~32
compressed air(5~7atm)	7~14(plant)
	6~30(under ground)
compressor suction line	10~20
low pressure discharge	20~30
high pressure discharge	10~15
flower suction line	10~15
discharge line	15~20
low pressure gas	10~20
high pressure gas	20~25
vent gas	2~3
saturated steam	20~30
superheated steam	15~20(small size)
" "	23~27(large size)
" "	30~50(75~250φ)
" "	65~80(high quality steel)
waste steam	15~25
steam(heating) main	7~13
sub	2.5~5

Viscous Liquid:

viscosity 50cp	0.5~0.9 (25φ)
	0.7~1.0 (50φ)
	1.0~1.6(100φ)
100cp	0.3~0.6 (25φ)
	0.5~0.7 (50φ)
	0.7~1.0(100φ)
	1.2~1.6(200φ)
1000cp	0.1~2 (25φ)
	0.16~0.25 (50φ)
	0.25~0.35(100φ)
	0.35~0.55(200φ)



第1圖 Resistance of Valves and Fittings to Flow of Fluids

Turbulent flow에서는 Reynolds Number以外에 pipe의 Relative Roughness e/D 와關係가 있으므로 f 는 주로 Moody의 Charts에依하여計算되는 경우가 많다. 그러나實際적으로各種特性流體에關한 그리고各種 pipe에關한 pressure drop의 chart에서 찾아서計算의 번거로움을避하고 있다.

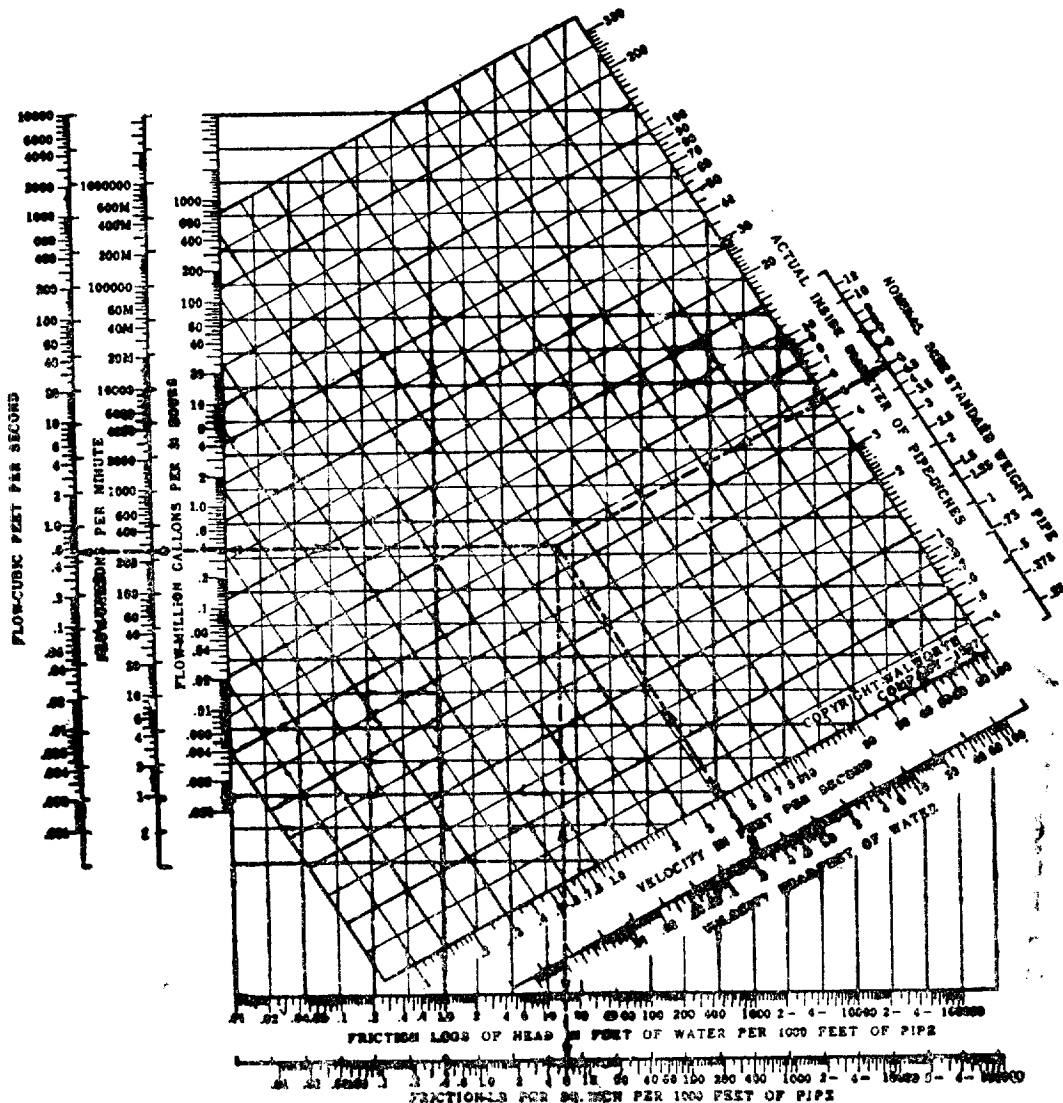
參考로 Pressure drop chart를圖①②③④⑤⑥에 소개한다.

Optimum Diameter

配管에 있어서 가장 重要한 것은 流體의 流量, 物性,

管材 또는 管壁의 摩擦等を考慮하여 가장 經濟的인 管徑을 選定하여야 한다. 一般적으로 使用되고 있는 流速은 表 1과 같으며 設計初期에는 上記表의 data에依하여 大略의 管徑을 求하여 配管計劃을 세운 다음 valve, Bend 등의 pressure drop을計算하고 許容壓力損失 範圍內에 들어가도록 調整한다.

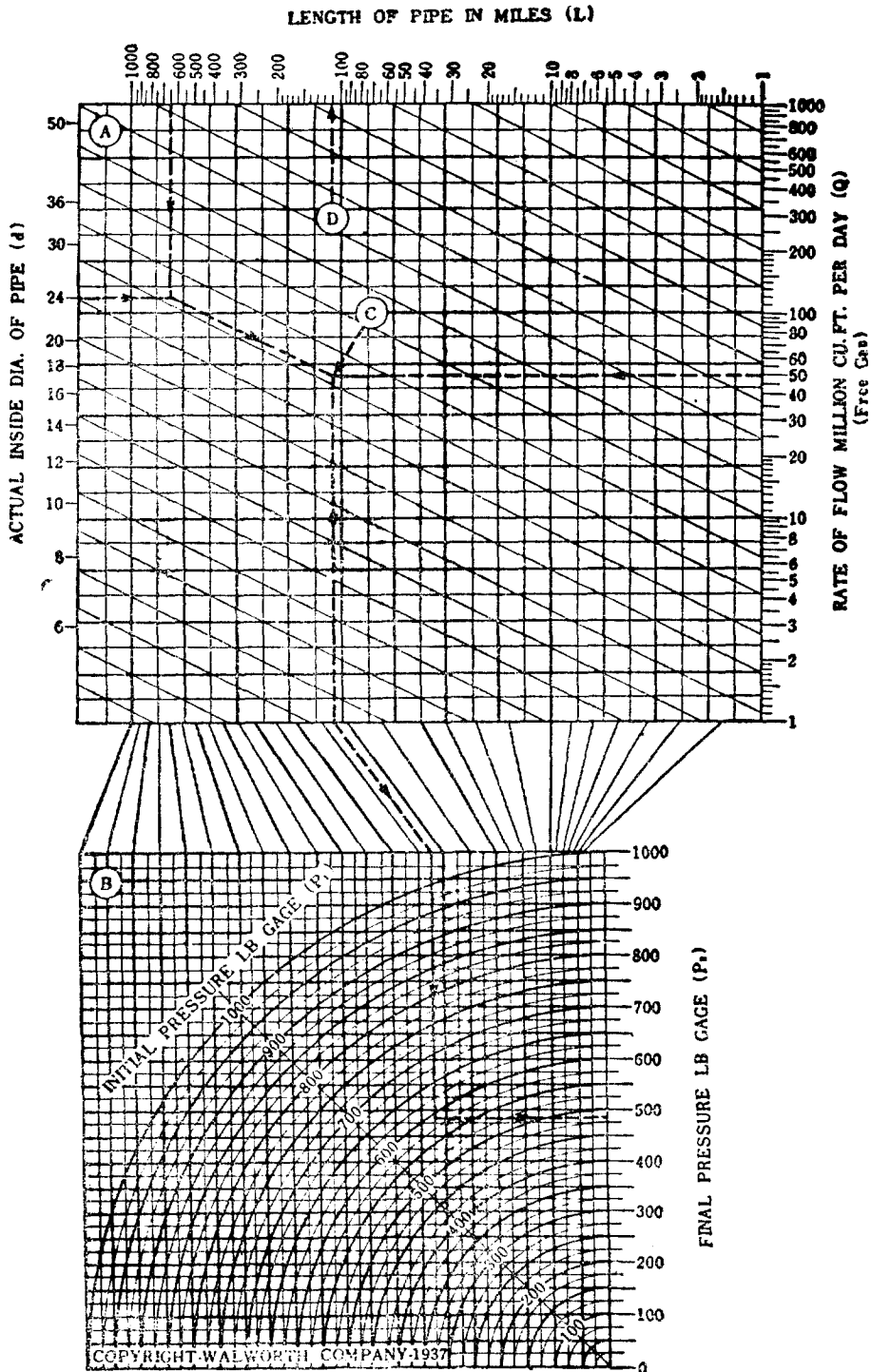
壓力降下의 許容度는 送風機나 眞空 Pump의 性能에 따라 最高許容限界가 있는 경우가 있으나 大體적으로 100 m 管長當 Gas 및 steam에 對해선 $0.1 \sim 1.0 \text{ kg/cm}^2$ 까지 許容하고 있다.



第2圖 Water Flow Chart

Pump의 suction pipe에는 0.08 kg/cm^2 discharge side는 0.4 kg/cm^2 가 平均이다. 動力用 superheated steam의 경우는 boiler壓의 5~10% 程度이나 大體的

으로는 將來의 擴張에 對한 餘裕를 相當히 보게된다. 最適口徑과 流速은 同一한 事實에 對한 表現方法의 變形인바 最適口徑은 解析的으로는 다음과 같이 計算



第3圖 Gas Flow Chart

할 수 있다.

Turbulent Flow

$d \geq 1$ inch

$dop = 3.28 \mu^{0.0412} \rho^{0.124} w^{0.482} k^{0.166}$

$d < 1$ inch

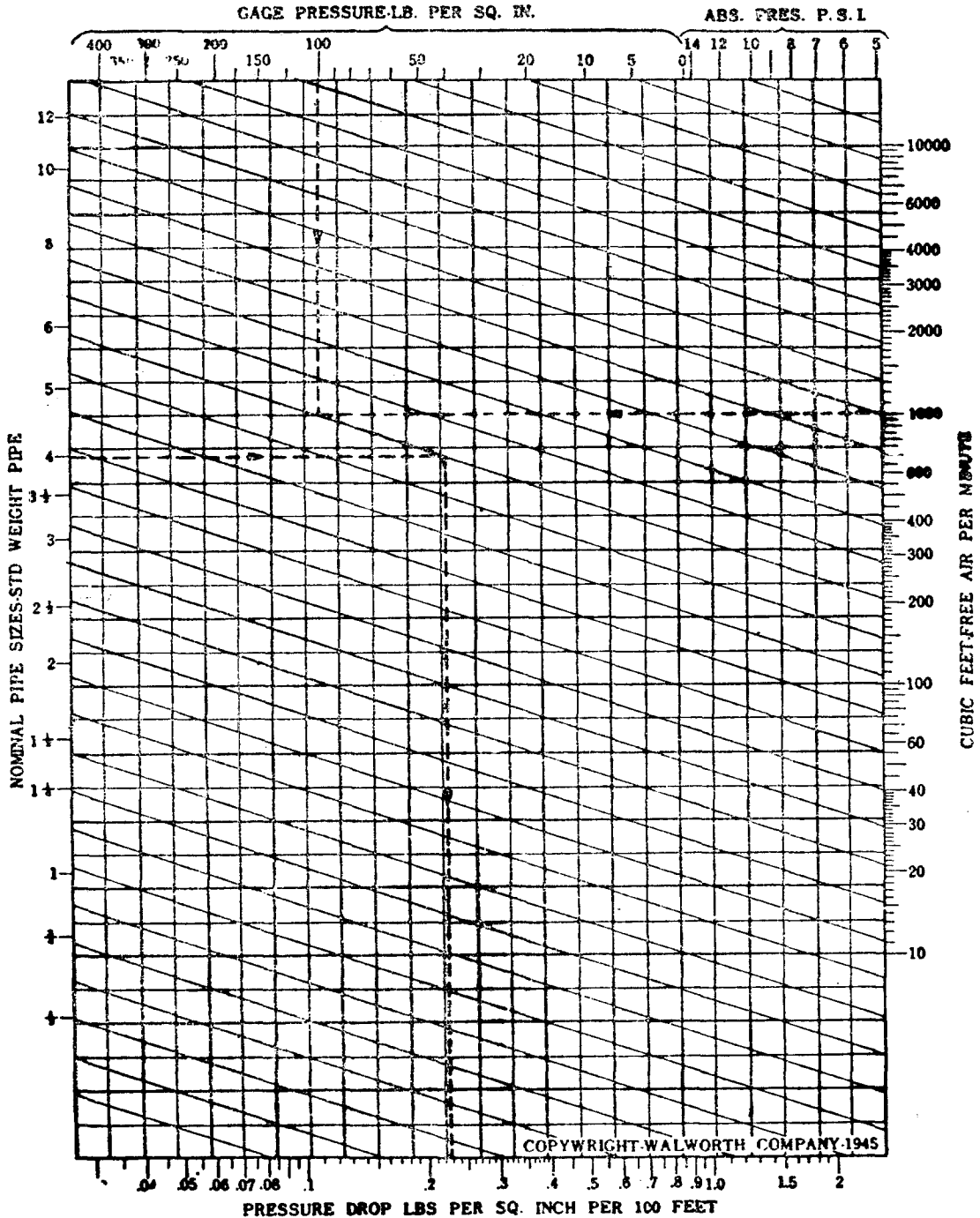
$dop = 3.85 \mu^{0.0440} \rho^{0.132} w^{0.485} k^{0.177}$

Laminar Flow

$d \geq 1$ inch

$dop = 2.5 \mu^{0.198} w^{0.377} k^{0.198}$

$d < 1$ inch



第4圖 Compressed Air Flow Chart

$$d_{op} = 2.9 \mu^{0.204} w^{0.148} k^{0.204}$$

Based on

w : Flow CFS

μ : viscosity cp

k : Power cost won/kwh

d_{op} : Optimum pipe diameter

pipe cost: ₩52/ft/in

Stress Analysis

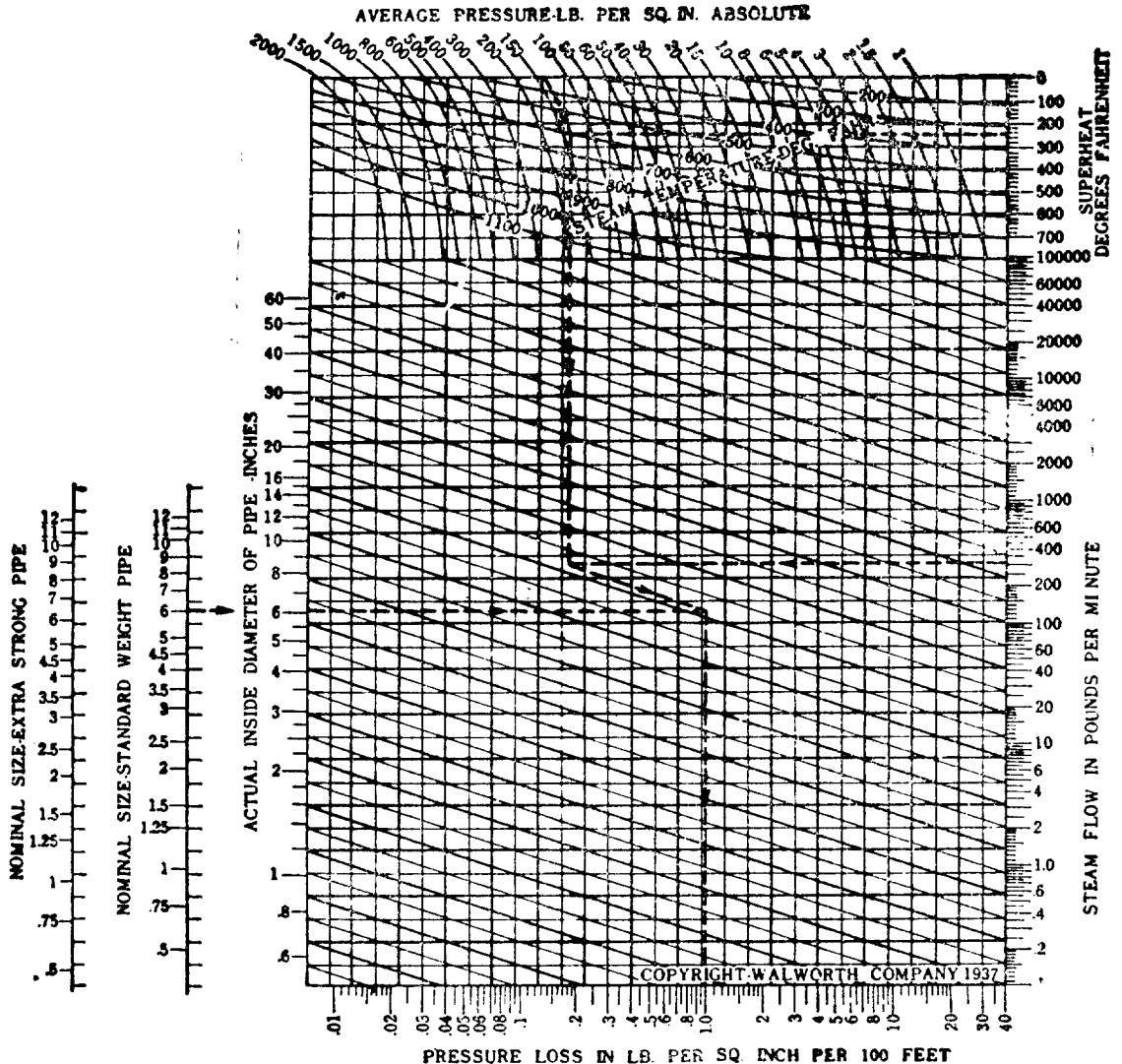
高溫下에서 사용되는 配管에서는 熱膨脹의 影響에 對하여 考慮해줄 必要가 있다. 따라서 熱膨脹에 依하여 配管에 生기는 應力을 計算하는 方法이 옛부터 많이 提案되어 왔다. 全體配管에 對한 詳細한 應力計算

을 行한다는 것은 相當히 많은 時間과 勞力이 必要하기 때문에 大端히 困難한 경우가 많다. 따라서 어떤 基準을 設定하여 이 基準에 到達한 配管에 對해서만 詳細計算을 行하는 方式이 많이 選擇되고 있으며 最近에는 Computer에 依한 計算이 行해지고 있다.

ASA의 "American Standard Code for Pressure Piping"에서는 이 基準으로서 하나의 近似式을 주고 있다. 이것은 複雜한 配管에서는 相當한 誤着가 생기기 쉬우나 普通配管에 對해선 詳細解析에서 求한 結果와 잘 一致한다.

그러나 이 基準은 一般的으로 2段階로서 다음과 같은 程度의 解析을 계속해서 行할 必要가 있다.

Kellogg의 一般簡便法(Design of piping system)



第5圖 Steam Flow chart

Wilbur의 方法(petroleum Refiner vol. 32 No. 3~5)

여기에서는 ASA B-31-1 에 依한 方法만을 소개한다.

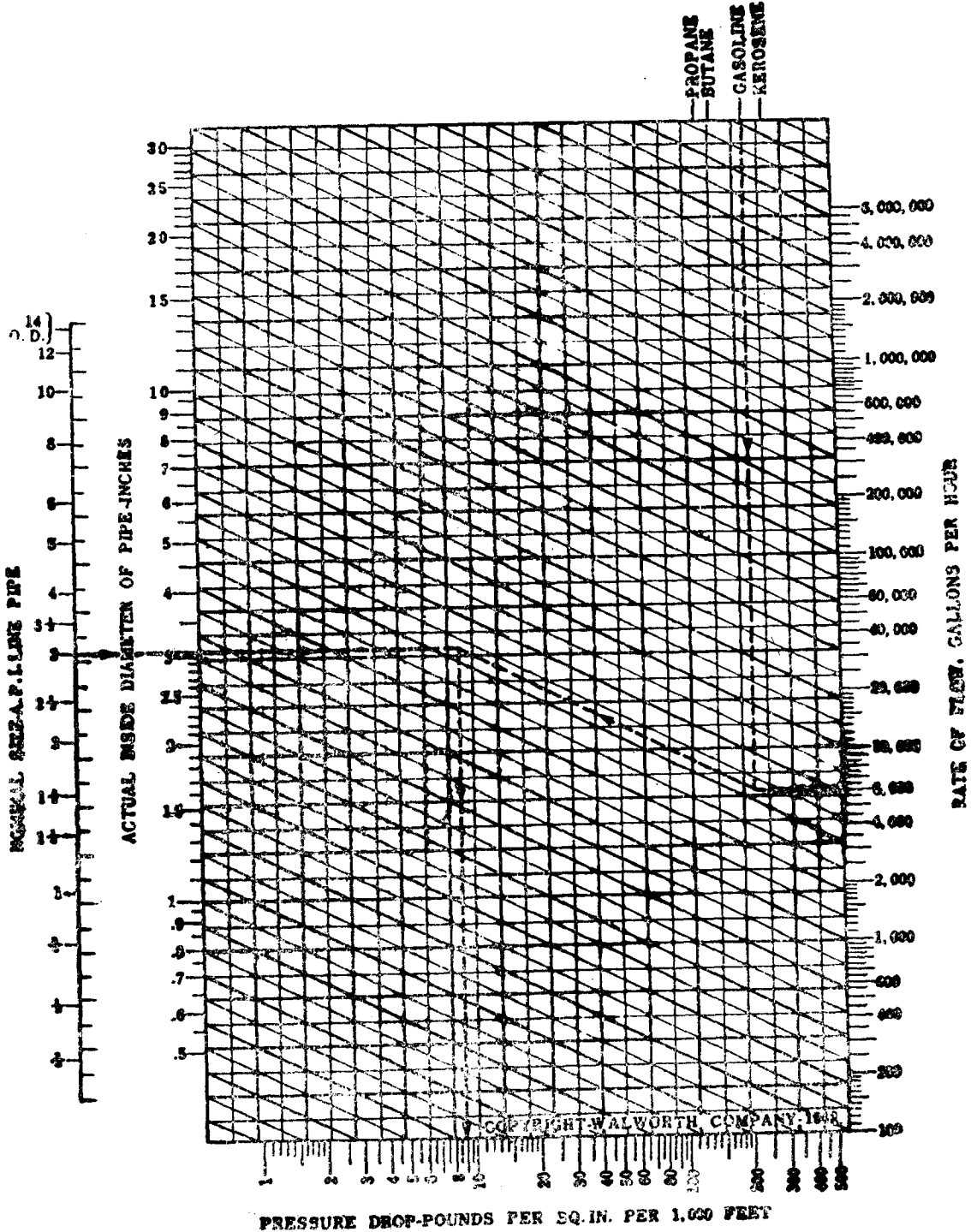
ASAB-31-1 에 依하면 그 基準으로 다음式이 주어
져서 다음式이 成立하면 詳細解析이 必要없다고 한다.

$$D \cdot Y / (L - U)^2 \geq 0.03$$

여기서

D: Nominal Diameter(in)

L: Pipe total length(ft)



第6圖 Petroleum Products Flow Chart

$$Y: \sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2 + \Delta Z^2} \text{ (in)}$$

即 制限된 熱膨脹과 端末의 變位合計 但 ΔX , ΔY , ΔZ 는 各各 X, Y, Z 軸方向의 變位

$$U: \sqrt{X^2 + Y^2 + Z^2} \text{ 兩固定端의 距離(ft)}$$

또한 $R = \frac{L}{U}$ 이라고 했을때

$R' = \sqrt{D \cdot Y / 0.03 U^2 + 1}$ 로하여 $R < R'$ 일때 다른 詳細解析을 必要로 한다고 規定한 것이다.

設計製圖

工事用配管圖는 一般的으로 ①平面圖, ②側面圖, ③isometric 圖로 表示되는데 大體的으로 ①② 또는 ①③의 組合으로 된다. 配管平面圖는 絶對的으로 必要하나 立體配管을 ②로 表示하느냐 ③으로 表示하는것이 좋으냐는 恒時 論議의 對象이 되고있다. 이와같은 圖面에는 別途로 또는 圖面上에 line 別 資材別로 資材表를 作成하여 두는것이 좋다. 또한 工場의 大型化에 따라 Prefabrication의 程度가 점차 커지고 있는바 이 Prefabrication Drawing과 아울러 Field Welding의 個所等を 明確하게 表示해 두어야 한다. 大體的으로 Prefabrication Drawing의 크기는 A-3로 統一되고 있으며

반드시 Main Drawing과 關聯 Drawing의 番號를 記入하여 配管圖와의 關係를 明確하게 하여야 한다. 配管設計로서는 以下の 3種의 作業으로 完成되나 實際業務로서는 Lay-out의 檢討, Key-plan의 作成 各圖面番號의 決定, Skeleton Drawing의 準備, 各 maker와의 打合 및 計裝關係者와의 打合, 工程表의 作成, 또한 完成된 配管圖의 Check 등이 있으므로 이에 對하여 充分히 留意하여야 한다.

配管工事費積算

配管費는 材料費와 工事費로 區分되는데 여기서는 工事費의 積算方法만을 記述키로 한다. 工事費의 算出에 있어서 必要한것은 正確한 材料의 List와 Prefabrication의 程度를 알아야한다.

아직도 韓國에는 配管所要工數의 統計가 明確하게 集計된것이 없으며 建築에 수반되는 暖房用配管에 對한 工數는 나온것이 있다. 이와같은 材料나 工數에 依한 工事費外에 副材料費假設費 檢查費 및 一般管理費와 諸稅를 加算해야 한다. 特히 高壓配管의 경우는 檢查費가 無視할 수 없는 比重을 찾아하며 또한 嚴格한

表 2 H社의 鋼管配管工事費工數算出 基準

鋼管配管 TON 당 명(명/m)

管徑 內容	mm 外 徑	mm 두 께	單位重量 kg/m	Ton當거리 m	屋 內 配 管 工 事		屋 外 配 管 工 事	
					技 能 工	助 力 工	技 能 工	助 力 工
1/2" Sch80	21.7	3.7	1.64	610	70 (0.115)	23 (0.038)	60 (0.099)	40 (0.066)
3/4" "	27.2	3.9	2.24	446	60 (0.134)	22 (0.049)	50 (0.112)	30 (0.067)
1" "	34.0	4.5	3.27	306	51 (0.167)	20 (0.065)	41 (0.134)	27 (0.088)
1 1/4" "	42.7	4.9	4.57	219	43 (0.196)	17 (0.078)	34 (0.155)	25 (0.114)
1 1/2" "	48.6	5.1	5.47	183	39 (0.213)	16 (0.088)	31 (0.169)	25 (0.137)
2" "	60.5	5.5	7.46	134	37 (0.276)	14 (0.105)	26 (0.194)	23 (0.172)
2 1/2" Sch40	76.3	5.2	9.12	110	33 (0.300)	13 (0.118)	24 (0.218)	20 (0.182)
3" "	89.1	5.5	11.3	89	31 (0.349)	12 (0.135)	23 (0.258)	15 (0.192)
4" "	114.3	6.0	16.0	63	30 (0.477)	10 (0.159)	23 (0.366)	14 (0.222)
5" "	139.8	6.6	21.7	46	29 (0.630)	10 (0.218)	22 (0.478)	14 (0.321)
6" "	165.2	7.1	27.7	36	28 (0.805)	9 (0.250)	22 (0.610)	13 (0.362)
8" "	216.3	8.2	42.1	24	26 (1.080)	8 (0.334)	20 (0.831)	12 (0.500)
10" "	267.4	9.3	59.2	17	24 (1.420)	7 (0.412)	18 (1.060)	11 (0.648)

註: 1) 本表에서 工量中 괄호內는 m 및 명을 表示한다.

- 2) 表中 $2\frac{1}{2}$ " pipe 以下는 Schedule No. 80 $2\frac{1}{2}$ " pipe 以上은 Sch No. 40 을 基準한.
- 3) 本表는 joint 數를 10m 當 3 個所로 基準하였다.
- 4) 本表에 水壓試驗費로 工量費의 約 10%를 加하여야 한다.
- 5) 作業條件은 地上 1m 以下를 基準으로 한다.
- 6) 現場加工과 X-Ray 試驗은 除外한다.
- 8) 工具損料 및 裝備使用料는 別途加算한다.
- 8) joint 方法은 1" 以下는 Gas 熔接 1" 以上은 電氣熔接을 基準.
- 9) Support Fitting, Valve 設置工量은 除外된.

表 3 鋼管配管組立費 ^{1), 6)} 管工事費推算例

	Schedule 管 40 의 公稱寸法 in.						
	2	3	4	6	8	10	12
組立勞務費 ²⁾							
人時/ft(直管) ³⁾	0.68	0.81	0.90	1.1	1.3	1.4	1.5
人時/t(最低-最高) ⁴⁾	272~338	179~201	132~155	91~106	66~77	53~62	44~51
構成單位條件							
平均重量 lb/ft(直管) ⁵⁾	4~5	8~9	12~14	21~14	32~37	45~52	56~58
直管 100ft 當 15lb flange數	5~9	5~9	5~9	4~8	4~8	3~7	3~7
直管 100ft 當 elbow 數	10~17	9~16	8~14	7~13	5~11	4~9	3~7
直管 100ft 當 cap 및 達徑 socket 數	3~5	2~4	2~4	2~4	1~2	1~2	1/2~1
直管 100ft 當 熔接個所數	2~3	1~2	1~2	1~2	1~2	1~2	1~2

- 註: 1. 現地配管工事に만 適用, 表는 pipe 繼手の 接續을 包含한 것으로서 valve 는 包含되어 있지 않다.
2. 延時間(人時)은 繼手, flange, pipe, coupling 의 組立을 包含하고 있으며 valve 는 包含하지 않음.
3. 直管 ft 當의 延時間.
4. 延時間은 valve 를 除外한 全部品의 總重量에 對한 것으로서 最低-最高는 直管의 最低-最高重量을 基準으로 하고, 最高延時間/ton 은 最低 lb/ft 에 相當한다.
5. 重量은 valve 를 除外한 全部品重量을 包含한다.
6. 表의 單位는 높이 30ft 以下の 配管工事に 適用한다. 接觸分解裝置, 流動層熱分解裝置의 경우와 같은 높이 30ft 以上일때는 延時間을 2 倍한다.

表 4 鋼管配管工事的 突合熔接費의 推算例

管 寸 法 in	Schedule 管 40 人時/突合熔接
1	1.1
1 1/2	1.3
2	1.5
3	1.9
4	2.5
6	3.5
8	4.8
10	5.8
12	8.0
14	9.8
16	12.6
18	17.8
20	20.4
24	29.0

註: 各寸法 共히 熔接은 flange 에서 1, elbow 는 2, 達徑 socket 는 2, cap 는 1, tee 는 3 個所로 되며 表에 乘하면 總延時間이 된다. 斜熔接의 경우는 延時間에 1.5 를 乘한다. 上記 延時間은 切斷斜熔接을 包含한 現地工事이다.

檢査를 要하는 高壓配管에서는 再施工이 發生할 可能性이 있음으로 이에對한 考慮도 해야한다.

一般的으로 粗雜한 積算인 경우에는 總延長 m 當 또는 重量으로 MT 當의 工數를 利用하는 경우가 있으나 最近에 日本에서는 in-m 當의 工數를 널리 使用하고있다.

즉 이것은 配管의 呼稱徑(in)에 配管의 길이(m)를 곱한 値로서 例컨데 6 in pipe 의 20m 配管은 120 in-m 가 된다. 일인치 以下の 管은 일인치로서 計算된다.

副材料費의 算出은 빈잡하여 大略 配管基準當으로 略算하는 경우가 많은데 in-m 當 裝置配管인 경우는 30 ~50 원 Yard 配管인 경우는 10~20 원이 되고있다.

또한 工數에 있어서 概略値는 裝置配管인 경우는 200 ~300 원 Yard 配管에서는 100 원~200 원이 될것으로 推算된다. 以上은 carbon steel 을 基準으로 한것으로 材料가 다르면 勿論 그 工數도 달라진다. 다음 表 ② ③④⑤에 工數例를 소개한다.

表 5 Gate valve의 接續工事例

管 寸 法 in	150—Lb.		300—Lb		600—Lb	
	概 略 重 量 Lb	工事延時間 人時/valve	概 略 重 量 Lb.	工事延時間 人時/valve	概 略 重 量 Lb	工事延時間 人時/valve
2	45	3.5	75	3	100	3
3	80	3	135	3.5	190	4
4	120	3.5	215	4	450	10
6	248	4	425	4.5	700	11
8	345	4.5	650	10.5	1,100	14
10	550	9.5	980	13.5	1,600	15
12	750	10.5	1,400	14.5	2,400	17
14	1,070	13.5	2,100	16.5	3,300	18
16	1,400	14.5	2,900	18	4,200	25
18	1,900	15.5	3,500	19.5	7,200	27
20	2,300	16.5	4,700	25	9,800	30
24	2,500	18	7,000	27	11,800	33

註 : 400 lb.까지는 人力, 3,500 lb.까지는 Chain bloc. 3,500lb. 以上은 crane 으로 取扱.

結 論

概略의인 一般事項을 소개하였는바 韓國에서는 아직도 配管을 專門으로 하는 集團이 없으며 工事만 하더라도 大會社가 그時 그時 一定한 Group 에 下請을 주는 경우가 많아 配管技術의 集團에 依한 蓄積이 되지 못하고 있다. 配管自體가 하나의 獨立技術로 認定이 되고 工事が 소홀이 取扱되서는 안될것이다.

配管工事技術의 向上과 더불어 國內에 建設될 化學工場の 配管設計만이라도 곧 우리의 技術에 依하여 消化될 수 있도록 하여야할 것이다. 그럼으로서 化學工場이 우리의 技術에 依하여 設計建設될 기틀을 마련하여야 할 것이다.

引 用 文 獻

- 1) O'Donnell; Oil & Gas J. June 26 p13(1961)
- 2) " ; ibid July 4 p81 (1966)

- 3) Nelson; ibid Oct 3 p156(1966)
- 4) Wilbur; Petroleum Refiner, vol 32 No3—5 (1953)
- 5) Vincent; Hydrocarbon processing Vol92 No6(1964)
- 6) W. M. Thomas; ibid vol 46 No5 P152(1967)
- 7) 竹下逸夫 : 化學工場 6 P 21(1968)
- 8) Rase; Petroleum Refiner vol 32 No 8 p141(1953)
- 9) Crocker; "Piping Hand book" McGraw-Hill(1945)
- 10) Kellogg Co.; "Design of Piping System" John Wiley(1965)
- 11) Crane Co.; "Flow of Fluids" Crane Co. (1965)
- 12) Howard F. Rase; "Piping Design for Process plant" John Wiley(1963)
- 13) John Pase; "Estimator's Piping Man Hour Manual" Gulf Pub. (1963)
- 14) 原徹 : "化學裝置デタブック第2集"化學工業(1968)
- 15) 木材清彦 : 積算ハンドブック 日本能率協會(1964)

알 린 : 機械部問總說은 大韓機械學會에서 取扱함