

配管設計講座

成瀬 廸 著

新
平
和
社

知
學
堂

PDG

3875

配管設計講座

成瀬 迪 著



00306188



200406060



日本工業出版株式会社

T303 A 1

序

wt/10/06

最近のプラントは石油化学を中心として回転している感がある。これらの装置はいずれもますます複雑化し 高級化し 大容量化し 自動化しつつある。これに対応すべき設計陣もまた日夜たゆまぬ努力を続けている。この様な状勢下において 特に配管設計に対して関心が高まっていることは配管設計が 装置の設計・建設所要時間の約40%~50%を消費していることと 他の単一機器の設計ほど工学的な解析がオーソライズされていないことに起因している。

配管設計を考える場合には 工学的分野と 経験的なテクニックの分野の両者を対象とする必要がある。筆者はこの観点にたって両者を総合して 配管技術誌に3年有余に亘って述べたが、この度これが小冊子として発刊されることになった。何しろ薄学非才な上に日常の業務に忙殺されながらの執筆で3年以上も経過して振り返ってみると 不満足な部分ばかりが目に見えて仕方がない。然し先づ発刊されさえすれば それを訂正していく機会もあらうと思っている。何はともあれこの小冊子が諸賢の精進にいくらかでも役に立てば幸いである。

最後に本執筆に当って御協力頂いた日本揮発油株式会社 の 佐藤 葛木 沼崎の諸氏に深く感謝の意を表する次第である。

昭和41年3月

改訂版 序

本設計講座も初版以来11年を経過し、此の度第6版が刊行される。技術革新の現代にあっては、1年の年月は約5%の技術を陳腐化させてしまうと言われているが、そのことから計算すると此の本の技術の55%が古くなっている筈である。

小生は此の第6版の刊行に当ってはその様なことがない様十分にチェックをしたつもりである。

然しながら、日常の業務に忙殺されながらのチェック故一抹の不安が残り、今更ながら学者諸先生方が執筆された書物の内容と比較してその緻密さに感嘆している。刊行書物というものは、一度発刊されてしまうと後は勝手に追加訂正がきかないので、最初が肝心だということが解った。

いずれにしても、此の本がいつ迄も諸賢の実戦面でのよきアドバイザーであることをお祈りする次第である。

昭和52年12月

成瀬 迪

第一章 配管設計者の予備知識	11
まえがき.....	13
配管という言葉のニュアンスについて 配管設計者の実務上の役割	
I-1 参考書 文献及び型録等の紹介.....	14
I-2 配管の歴史.....	15
I-3 一般に使用される配管用鋼管について.....	15
I-4 配管系に広く使用されるフィッティング・フランジ ボルト及びガスケット.....	18
1. フィッティング	
2. フランジ	
3. フランジ用ボルト	
4. ガスケット	
I-5 装置一般に使用されるバルブについて.....	33
1. 我が国バルブメーカーの現状	7. ホールバルブ
2. API-ANSI規格によるバルブとJIS規格によるバルブとの比較	8. バタフライバルブ
3. ゲートバルブ(仕切弁)	9. バルブ 各部の材質
4. グローブバルブ(玉形弁)	10. バルブの製作仕様について
5. チェックバルブ(逆止弁)	11. バルブの検査方法
6. コック	12. 外国(米国)メーカー及びその製品について
I-6 装置における主要機器について.....	46
1. 塔(TOWER)	4. 槽(VESSEL)
2. 熱交換器	5. 貯槽
3. ポンプ	6. 加熱炉
I-7 装置における計器 電気について.....	75
1. 流量測定	5. 調節弁
2. 圧力測定	6. 計器取り付けの実際
3. 液面測定	7. 電気設備に対するの概念
4. 温度測定	
第二章 配管の基本設計	87
II-1 プロセスフローダイアグラム.....	89
1. Process Flow-Diagram	
2. 熱及び物質収支図	
3. 詳細作業系統図	
II-2 ユーティリティフローダイアグラム.....	92
II-3 ライン・インデックス.....	93
II-4 配管のPIPE SIZE の決定方法.....	93
1. Pipe Size 決定の基本事項	
2. Pipe Size の経済性	
3. Pipe Size 決定法の考察	
4. 流体による分類	
5. Pipe Size 決定に必要な共通データ	
6. 液体のPipe Size の決定例	
II-5 PLOT PLAN.....	118
1. プロセスユニットのレイアウト	
2. 模型によるプラントレイアウト	
3. 詳細プロットプランの調整	
II-6 PIPING SPECIFICATION.....	126
1. Piping Specification の意味	
2. 経済性に対する考慮	
3. 配管基準における安全性	

4. 流体に対する適応性	
5. 加工性の難易	
6. 配管材料の市場性	
7. 配管基準作製上の手順	
II-7 PIPING LAYOUT	139
1. バイブラック上の配管計画	
2. 塔のPiping Layout	
3. 槽のPiping Layout	
4. 熱交換器のPiping Layout	
5. PumpのPiping Layout	
6. 加熱炉廻りのPiping Layout	
7. SewerのPiping Layout	
8. オフサイトのPiping Layout	
9. コンプレッサーのPiping Layout	
10. 空冷式熱交換器のPiping Layout	
第三章 配管の詳細設計	223
III-1 配管図面	225
1. 配管図の作製に必要な資料	
2. 配管図の種類	
3. 作図方式の選定	
4. ブレークダウン(Break Down)	
5. マッチライン(Match Line)	
6. 図面の作成要領	
7. 図面のチェック	
III-2 配管サポート	234
1. 配管の支持要領	
2. サポートの一般注意事項	
3. スプリングサポート	
4. サポートの荷重計算法	
5. トラベルの計算法	
第四章 研究事項	243
IV-1 配管に働く熱応力	245
1. 配管に働く荷重の種類	
2. 許容応力範囲	
3. 応力弛緩	
4. 自己平衡性	
5. 許容応力範囲に加える応力	
6. コールドスプリング(Cold Spring)	
7. 配管固定端の反力	
8. バイブの熱膨脹	
9. バイブの慣性モーメント(I)と断面係数(Z)	
10. バイブの撓み係数Kと応力集中係数 <i>i</i>	
11. バイブの熱膨脹による応力の合成	
12. 熱応力解析の必要性に対する判断基準	
13. 熱応力の解析法	
IV-2 配管の振動の問題	282
1. 振動の原因と障害	
2. 振動解析と問題点	
3. 振動配管設計の要点	
4. 振動が発生した場合の対策	
☆資料編	293

第一章 配管設計者の予備知識

まえがき

此の度 日本工業出版より 新しく配管設計の実務に入られる方々や配管という言葉に少なからず興味を持っておられる方々の為に配管設計について一連の講座を組んで欲しいと依頼され 色々と考えた末 余りにも役不足の私なので実は再三おことわりしたのだが 編集者の余りにも強い熱意に動かされではあくまでも新しく配管設計と取組まれる人々を対称として少くともいくらかでも先輩である私が日頃考えていること その為に苦心している事等について余り肩がこる様な論文調ではなく共に勉強するという意味で自由に書かせて頂くという約束のもとにお引受した次第である。

構想を練るには余りにも短兵急な依頼であった上に 毎日忙しく会社の実務に追われている状態での執筆なので 理解しにくい点 前後の関連その他について不満点が多々出て来るものと想像している。

此の点は悪しからず 皆様の御賢察におすがりしなればならないが ともあれ書くからには私は私なりに此の問題に全力を尽すつもりである。宜敷く御便達 御叱責賜ります様お願いする次第である。

配管という言葉のニュアンスについて

配管という言葉の意味は読んで字の如く管を配ることであり極めて単純な用語でしかない。成程考えてみれば配管とは決められた機器から機器へ連結することであり 何等其処にはむずかしい要因は感じられない。

然もかつて吾々が学窓に学んだ時 配管に対する課目が何一つ無かった事を思えば世間一般の配管に対する通念は一つの物と物との間を結ぶ従属的な事柄としてしか考えていない様であった。

更に単一機器例えば熱交換器や塔槽の設計は常にその決められたルールに従ってその方法結果はほぼ一定であるのに対し配管のそれは決められた機器から機器へ如何なる姿であれ正しく連結されていればその配管は間違っていないのであるから他の機器等の設計に比較してこんな易しいことはないと思ふことだろう。

ではなぜ此の様に簡単な事柄に対してより経験豊富な設計者を必要としなければならぬか それは配管は常にCase by Caseであり常に異った形で設計

されその設計された形は人間の顔の如く類似していることはあっても全く同じであり得ない。然し吾々が興味ある事実としてしばしば見受けることは配管に非常に経験の深い2人のエンジニアが 全く同じテーマを与えられて別々に設計した配管でも非常に類似していることである。実際に無限にある配管の方法の中から何の相談もなしにどうして此の様に一致した姿が得られるのであろうかと考えてみると実際にその実務に携わっている吾々ですら不思議に思えてならない。此の様に考えてみると実際には配管という言葉の意味は非常に興行が深く想像以上に複雑なものではなからうか。然もその奥には一つの真理というかそれに近いものが介在している様な気がする。よく「配管はセンスの問題だ」という言葉を聞くが全くその通りであらう。

従って吾々はこの深い所にある一つの真理に向けて一步一步経験を積み重ねて行くと同時に ある時は秀れた参考書により 又ある時は新しい文献によって常にその時代の要求にマッチした一つの真理に対してよりよい「センス」を常に身につけて置くべく努力すべきであると考えている。

配管設計者の実務上の役割

ここで配管設計者の実務上の役割について説明しよう。先にも述べた如く終局の目的はあくまでも配管図の作製にある。然しその配管図は一朝一夕には出来上るものではない。即ちその課程は極めて複雑であり 多くの難問題を有している。そこでこれらの厄介な事柄を一つ一つ解決して行くことにより配管図が出来上るのであって その終局の目的は一見単純であってもその課程は容易なものであり得ない。

先ずその課程に就いて説明する前に一つの装置設計においてその配管設計の重要性について述べなければならぬ。即ち一つの装置を構成するあらゆる機器はすべてPipeによって結ばれているのであって言わば配管とは人体の血管の様なものであると考える時 配管設計者はその装置を構成するすべてのものに対し関係し 然もそれらの一つ一つの設計に密接なつながりを持っている事は容易に理解出来ると思う。更に装置設計に費すMan hourの約50%近くを配管設計が占める事実を思えば Processingは化学技術者の分野であり Projectingは機械技術者の分野であるという私の持論からすれば配管設計者こそProject Engineerへの最短距離にあるものといえる。

話が大部脱線して恐縮だが 配管設計の重要性は

以上の事でお解りと思うので次に実際にどのような課程を経なければならぬか簡単に列挙してみると

- A) 装置の機器およびその他の配置の決定に参照する。
- B) 各機器の据付状態を決定する。
- C) 各機器のノズルの配置を決定する。
- D) 機器の据付架台及操作架台のArrangementを行う。
- E) 補修時の方法段取りについて考慮する。
- F) 火急時の対策について考慮する。
- G) 雨水排水についてその対策を考慮する。
- H) その他附帯設備について考慮する。

大体以上のようなものであるが実際にこれらについて配管設計者の立場から順次解決して行くわけであって此等のどれ一つを取落しても終局の目的である秀れた配管図の完成は期待し得ない。結局配管図作製の課程こそ装置の色彩を決定づけるものであると言える。

以上述べたことは後程逐次説明して行くつもりであるが、要は配管設計という課目は世間一般に思われている程簡単なものではなく、その課程こそ探求すればする程興味ある問題が多くある事を私は強調したつもりである。

1-1 参考書 文献及び型録等の紹介

ここでは一般の配管設計者が最も広く使用している参考書 文献及び型録等について紹介しよう。吾々が実際に配管設計に携る時その調査 研究に使用する参考書は数に可成り多い。然しそれらは常に単一事項に対する参考書であって、実際配管図作製の上に完全な手引とはなり得ない。例えば蒸気ボイラーや工作機械等の設計に対する参考書は非常に系統だったものであってその解説は常にエコノミカルであり又実際の、それをその儘実務に利用出来る。ところが配管設計に対しては上記の如き一貫性を持った系統的な参考書は残念ながら見当たらない。何故であろうか。それは前項にも述べた如く配管設計は常にCase by Caseであり、その課程は無数に存在する為一部の原則論を除いては常に一定の制約を与える事は出来ない。然も決められたFlowに従って結ばれた配管については、他のボイラーとか工作機械等の設計の如く判然とした正誤の判定を下すことは簡単に出来得ない為ではなからうか。

従って配管設計者にとっての此等参考書は他の部門に於けるそれと異った意味を持つものと思つ。即ち他の部門に於ける参考書はあくまで教師の役割を果たすものであるか、配管設計部門に於けるそれは吾々設計者が自由に駆使すべき使用人の役割を果たすものであると信ずる。然し此処で考えなければならぬ事は折角優れた使用人と与えられても使用者である設計者の技量がそれを充分使いこなせるだけの状態になかったならば、何の価値もなくなってしまふ。

要するに実務即勉強であることは言うまでもないことであるが配管設計の部門に於ては参考書を読んで勉強したから事足れりと言うことではなく、苦心して得た経験の上に立って見た時始めてそれ等参考書の価値が大きくクローズアップされるということを強調したい。

以下に一般に最も多く読まれている参考書 文献及び型録等について列挙してみた。此の項目を御覧になっておわかりと思うが、この部門に於ても、アメリカはやはり先進国である。それに較べて、如何に配管設計の歴史の浅い我が国であるとはいいなから良い参考書にめぐまれない事を残念に思うのは一人私だけではあるまい。

1. 規格

- A) JIS (日本工業規格)
- B) API Standard (American Petroleum Institute)
- C) ASTM Standard (American Society for Testing Material)
- D) AISI (American Iron and Steel Institute)
- E) ANSI Code (American National Standards Institute)
(B16.5 B16.9 B31.1 B31.3)
- F) ASME (American Society of Mechanical Engineers)

2. 参考書及び設計資料

- A) Piping Hand Book (Crocker 4th edition)
- B) Design of Piping System (The M W Kellogg Company)
- C) Piping Stress Calculations Simplified (S W Spielvogel)
- D) 機械工学便覧
- E) 化学工学便覧
- F) Project Engineering (M H Barrow)
- G) 化学装置構造設計 (葛岡常雄)

- H) 溶接ハンドブック
 I) Welding Journal
 J) Process Engineering of Process Plants (Howard F Rase)
3. 型 録
- (1) バルブ
- | | |
|-------------|--------------|
| A) Crane | D) Nordstrom |
| B) Vogt | E) Alloyco |
| C) Walworth | F) Chapman |
- (2) フランジ及び接手類
- A) Taller Forge C) Ladsh
 B) Tube Turn
- (3) 法 規
- A) 消防法規
 B) 労働安全衛生規則
 C) ボイラー及び压力容器規格類
 D) 高圧ガス取締法
 E) J I S ボイラー (B8201)

I-2 配管の歴史

流体の輸送を目的とした いわゆる配管が行われたのは一体何時頃からであるか色々調べてみた結果次の様なことを知る事が出来た。足利時代の末期より戦国時代にかけてさかに行われた築城の中にそれを見出すことが出来る。即ち加賀百万石で有名な金沢城の築城に当って 板屋兵四郎が莫大な 人工を要して作り上げたという印辰山の山水を金沢城迄延々8軒に及んでサイフォン利用による引水工事は当時としては大きな工事であったことであろう。それは大きな石に約400mm程度の大きさに孔をくり抜いて並べ 石と石の間には松ヤニをつめて水が洩れない様にしてあるという。これ等は我が国で最も古く 最も雄大なスケールを持った配管といえよう。現在でも金沢城跡にある兼六公園を訪れる人をして驚嘆の目を見はらせているとの事である。

これは何時の頃からか判然としなが竹の節を打抜いて作ったいわゆるパイプを用いて飲料水 其の他を運んだ方法も小規模といながら一つの配管とみなしていいだろう。此の方法はつい最近迄田舎へ行くと竹がボロ布などを使って継ぎ合され配管されているのを見ることがあった。さて では一体現在の様な鉄による配管は何時頃からであろうか 調べたところによると一応国産のパイプを使用している配管は大正初期の様である。

恐らく本格的な配管の始めは造船にともなう蒸気配管水道及び燃料ガスの導管ではなかったろうか

ともあれ吾々の記憶に未だ残っていることは化学工業等の装置配管は殆どネジ込み配管であったこと 又 配管を溶接にて継ぐことの初期はガス溶接であった事である。然し之等は電気溶接棒の発展にともなう 逐次電気溶接による配管様式に変わっていった。現在ではガス溶接は極めて径の小さいPipe以外には殆ど使用されていない。さてなんとといっても配管様式の大変革はベンド レジューサー ティー等の溶接管継手の市場への提供によって配管がすべて切継と溶接の二手段に絞られたことではなからうか。昭和27.8月頃迄はパイプは全て砂づめを行い孔あき定盤の上でウィンチを用いて曲げていたものであるか これら溶接管継手の出現によって確かに配管コストは半減した感がある。

此の様に過去を振り返って考える時最近の配管様式は目覚しく発展しつつある。従って 配管設計もそれにマッチした高度な技術が要求される事は当然であると思う。

I-3 一般に使用される配管用鋼管について

1. パイプ

わが国のパイプ生産量は600万T/yr (昭和43年調べ)であり これはアメリカの914万T/yrについて世界第2位で 3位西ドイツの283万T/yrを大きく引離している。その需要も年々増加の一途をたどっており すでに一つのプラントでパイプの使用量が1,000tを越えるものも多く出ている。本項ではパイプを種々な体系に分類して述べることにする。

(1) パイプの規格体系

わが国で現在生産されているパイプの規格体系は大きくJISとANSIの2種類と考えてさしつかえない。ANSIの規格パイプが生産されるのは メーカーのパイプ輸出からきたもので ごくまれにDIN (ドイツ) BS (イギリス) などの規格パイプが特注の形で生産される。そこで第1巻にわが国の規格に対してアメリカの規格を比較してみた。

(2) パイプの寸法体系

わが国におけるパイプの寸法体系はアメリカの影響を受けてかなり複雑となっている (第2巻)。

肉厚については 装置が複雑かつ大型になってくるにしたがって適当なパイプ肉厚をみいだす作業は非常に繁雑となり 肉厚の系列化が作業の簡素化および材料ストックの面で大きな助けとなる。わが国の肉厚体系は第3巻のとおりである。

このスケジュール番号方式はANSIが1938年にB36-10として発表したもので パーローの管厚計算式、

第1表 日本とアメリカの規格比較表

JIS	JPI	ANSI	ASTM	名 称
SGP	—	B 36.20	A 120-68	配管用炭素鋼管
STPG	JPI STPG	B 36.1	A 53-68	圧力配管用炭素鋼管
STPT	—	B 36.3	A 106-68	高温配管用炭素鋼管
STPV	PSW 1	B 36.4	A 134-68 A 211-68 (スパイラル)	配管用アーク溶接炭素鋼管
—	PSW 2	B 36.11	A 155-68	—
STS	—	—	—	高压配管用炭素鋼管
STPA	—	B 36.42	A 335-65	配管用合金鋼管
STPL	—	B 36.40	A 333-67	低温配管用鋼管
SUS-TP	—	B 36.26	A 312-64	配管用ステンレス鋼管

第2表

寸法の寸法	体 系	例
呼び径	ミリメートル系 インチ系	100 A, 150 A, 200 A 4 B, 6 B, 8 B
外径	JIS系(ガス管外径) ANSI系(US 外径)	114.3 (4 B), 216.3 (8 B), 318.5 (12 B), 14 B以上はインチ呼び径と等しい 114.3 (4 B), 219.1 (8 B), 323.9 (12 B)

第3表

SGP 系	わが国独自のものである。
スケジュール系	ノルマルスケジュール スイン スケジュール
	SCH. 10, 20, 30, 40, 60, 80, 100, 120, 160 SCH. 5 S, 10 S, 20 S, 30 S, 40 S, 80 S

機械的なつけしを考慮して変形した次式を基礎として従来慣用されていたウェイトシリーズの寸法体系を参考にして使用圧力Pと許容応力Sとの比によって肉厚体系を表示するもので、現在ではスケジュール番号10～160が規定されており、もっとも広使用されている。

$$t = \frac{P \cdot D}{175 \cdot S} + 2.54$$

スケジュール番号(SCH) = 10 × P/S

ここに

- t: 管の厚さ (mm)
- P: 使用圧力 (kg/cm²)
- S: 使用状態における材料の許容応力 (kg/mm²)
- D: 管の外径 (mm)

なお

なお、オーステナイト系ステンレス鋼管はその引張応力が他の一般炭素鋼に比較して非常に大きいので同一のスケジュール番号の肉厚では余裕があり過ぎる不経済であるので、同一のスケジュール番号でも若干薄くした別のサインシリーズを設け、スケジュール番号のあとにSを付して区別した。

3. ウェイト系

この方式はパイプの単位長さ当りの重量を目安としてMSS (Manufactures Standardization Society) が出した肉厚シリーズで、つぎに示すように3種類について規定されている。

- スタンダードウェイト Std (Standard Weight)
- エキストラストロング X (Extra Strong or Extra Heavy)
- ダブルエキストラストロング XX (Double Extra Strong or Double Extra Heavy)

現在では 10B以上 2B以下に使用され、むしろスケジュール番号体系の補足または修正用としての感が強い。

(4) ミリメートル系

とくにSTS材や高抗張力鋼を使用しなければならぬほどの超高压に対する肉厚は前記の体系のいずれも適用できない。したがってこれは肉厚計算をそのつど実施して経済的な決定を行なう。その表示方法は外径および内径をミリメートルによって行ない体系化しない。

第4表にパイプの寸法表を示す。

(5) パイプの製造体系 (第1図)