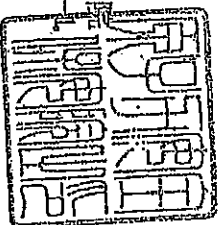


経 済 産 業 省

平成17-06-01原院第2号
平成17年7月4日

ガス工作物の技術上の基準を定める省令第2条第2項の運用について

経済産業省原子力安全・保安院
NISA-243c-05



原子力安全・保安院は、ガス工作物の技術上の基準を定める省令第2条第2項に規定する経済産業大臣が保安上と認めない銑鉄又は合金鉄製造用の高炉に係る技術上の解釈について、別添のとおり定め、各産業保安監督部（北陸産業保安監督署及び那覇産業保安監督事務所を含む。）及び社団法人日本鉄鋼連盟あて通知することとする。なお、平成4年12月18日付け4公ガ保第25号「ガス工作物の技術上の基準を定める省令第2条第2項の運用について」は廃止する。

高炉設備技術基準

第1章 総則

1. 目的

この基準は、鉄鉄又は合金鉄製造用の高炉に係る気密試験、溶接部分、炉頂ブリーダ一弁、材料及び構造について定めることにより、ガス工作物の技術上の基準を定める省令（平成12年通商産業省令第111号）第2条第2項の規定の運用を円滑に行うことを目的とする。

2. 用語の定義

この基準で用いる用語は、ガス事業法（昭和29年法律第51号）、ガス事業法施行令（昭和29年政令第68号）、ガス事業法施行規則（昭和45年通商産業省令第97号）及びガス工作物の技術上の基準を定める省令（平成12年通商産業省令第111号。以下「省令」という。）において使用する用語の例によるほか、次のとおりとする。

2.1 省令第2条第2項の「高炉」とは、高炉熱風弁出口から最終段の集塵機出口に最も近い水封弁、ゴツクル弁、又はNK弁入口までであって、次に示す高炉本体及びその付属設備をいう。（P.22対象範囲図示）
ただし、電気事業法（昭和39年7月11日法律第170号）による炉頂発電設備は除く。

(1) 高炉本体……羽口から上昇管入口まで

(2) 付属設備……高炉本体に属する熱風管、集塵機（ダストキヤッチャー、ベンチュリースクラパー、電気集塵機等）、炉頂ブリーダ一弁及び配管（ガス回収設備を含む。）

2.2 操業炉頂圧力とは、通常の高炉操業状態における炉頂圧力をいう。

3. 適用範囲

この基準の適用範囲は、鉄鉄又は合金鉄製造用の高炉とする。

第2章 気密試験

内面に0Paを超える圧力（以下「内圧」という。）を受ける部分に対しては、気密性能に係る以下に規定する試験を行わなければならない。

1. 試験方法

1.1 気密試験は、火入れ前に実施する。

1.2 試験圧力は、0.05MPa以上の気圧とする。ただし、操業圧力が0.05MPa未満の部分については当該設備毎の最高操業圧力以上とする。

1.3 圧力測定は、上昇管又は炉頂鉄皮等に圧力計を設置して測定する。

- 1.4 試験は、石けん水等の発泡液を用いて検査し、漏れがないことを確認する。
- 1.5 試験実施に当たっては、実施責任者を選任する。実施責任者は、試験の可否を判定し、記録する。

2. 気密性の確認

火入れ後は、日常の巡視、点検を適切に行うことにより気密性能が維持されていることを確認する。

第3章 溶接部分

内圧を受ける部分の溶接された部分は、省令第16条の第1項の規定によるほか、以下の規定による。

1. 溶接作業管理

最高使用圧力が0.2MPa以上となる容器の溶接施工は、溶接施工事業所又は工場毎に附属書1の「溶接主任技術者」により溶接主任技術者を選任し、溶接施工管理に当てること。

1.1 溶接主任技術者は、適切な機械試験等により適切な溶接設備、適切な溶接施工方法であることをあらかじめ確認するとともに、溶接士は十分な技能を有していることをあらかじめ確認すること。

1.2 母材の鋼材については、そのミルシートを保管するとともに、その特性及び使用条件を十分に確認すること。

1.3 輸入するものにあつては、中立性が担保された適当な検査機関等によりASME Boiler & Pressure Vessel Code Sec. IX (1998) Edition Welding and Brazing Qualification PART QWの規定を満足することを確認された溶接施工方法等によること。

2. 放射線透過試験

2.1 厚さが38mmを超える炭素鋼板で作られた容器の胴及び鏡板その他これに類する部分の溶接部、並びに厚さが19mmを超える炭素鋼板で作られた配管の設置する場所で施工された長手継手の溶接部は、放射線透過試験を行い、これに合格すること。

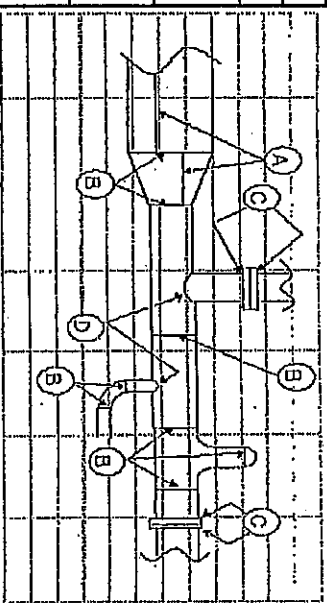
ただし、容器の胴、配管の周継手（当該容器の胴、配管の長手継手の溶接部の全線について放射線透過試験を行い、これに合格した場合であつて、同一の溶接士がその溶接方法と同一の方法で溶接を行った場合に限る。）であつて、その20%以上について放射線透過試験を行い、これに合格した場合における残余の周継手の溶接部については、当該試験に合格したものとみなす。

2.2 前項に掲げるもの以外の溶接部であつて容器の胴及び鏡板の突合せ溶接による溶接部は、その全長の20%以上の部分（突合せ溶接部が交差する場合は当該箇所を1ヶ所以上含むこと）について放射線透過試験を行い、これに合格するものであること。

- 2.3 エレクトロslag溶接による自動溶接部であって同一の溶接士が同一の溶接条件によって溶接した部分のうち、20%以上の部分（始点部、終点部を含む）について放射線透過試験を行い、これに合格した場合における残余の溶接部については当該試験に合格したものとみなす。
- 2.4 放射線透過試験の方法はJIS B 8265(2003)「圧力容器の構造—一般事項」の「8.3 a) 放射線透過試験」によること。透過写真の像質はJIS Z 3104(1995)「鋼溶接継手の放射線透過試験方法」に規定するA級以上であること。
- 2.5 放射線透過試験が困難な場合はJIS B 8265(2003)「圧力容器の構造—一般事項」の「8.3 b) 超音波探傷試験」に規定する超音波探傷試験を行い、これに合格すること。
JIS Z 3080(2002)「鋼溶接部の超音波探傷試験方法」の「7.4 検出レベルの選定」における検出レベルはM検出レベルとする。
(以下3.及び4.において同じ。)
3. 溶接部及びその附近に設ける穴
溶接金属から6mm以内の部分に補強しない穴を設ける場合における溶接部は、B-1継手又はB-2継手とし、放射線透過試験を行い、これに合格するものであること。ただし、放射線透過試験が困難な場合は超音波探傷試験に代えることができる。
4. 周継手と長手継手の溶接部の交点
隣接する長手溶接継手間の距離は、JIS B 8265(2003)「圧力容器の構造—一般事項」の「6.1.5 隣接する長手継手間の距離」によること。ただし、放射線透過試験が困難な場合にあつては、超音波探傷試験に代えることができる。
5. 溶接部の設計
 - 5.1 高炉炉底部以外の溶接部の継手の分類は、JIS B 8265(2003)「圧力容器の構造—一般事項」の「6.1.3 溶接継手の位置による分類」及び「6.1.4 溶接継手の形式とその使用範囲」によること。ただし、L-1継手の「16mm」とあるのは「50mm」と読み替えること。

5.2 配管の溶接継手形式は次表によること。

分類 A	B-1継手、B-2継手
分類 B	B-1継手、B-2継手、B-3継手
	L-3継手（厚さ32mm以下のものに限る）
分類 C	B-1継手、B-2継手、FP継手、PP継手、FW継手
分類 D	B-1継手、B-2継手、FP継手、PP継手、FW継手



ここで 分類 A：長手継手

分類 B：周継手で、分類 C 及び分類 D 以外のもの

分類 C：フランジ、平板などを取り付ける周継手

分類 D：ノズルなどを取り付ける周継手

9.

5.3 容器及び配管に係る鍍板、ノズル、強め材、フランジ、その他これに類するものの溶接による取り付け方法は、JIS B 8265 (2003) 「圧力容器の構造—一般事項」の付図1から付図8に掲げる方法、又は溶接設計上これらと同等以上の方法によること。

5.4 高炉炉底部の高炉鉄皮とアニューラーツシートとの溶接は、両側連続隅肉溶接により行うこととし、溶接止端部に過大な応力が生じない滑らかな形状でなければならぬ。

6. 突合せ溶接による継手面の目違い
突合せ溶接による溶接部の継手面の目違いは、次表の左欄に掲げる継手の種類及び中欄に掲げる板の厚さの区分に応じ、それぞれ右欄に掲げる値を超えてはならない。なお、目違いは溶接により修正し、滑らかな形状に仕上げることにする。

継手の種類	板の厚さの区分	目 違 い
長手継手	6mm以下	1.5mm
	6mmを超え50mm以下	板の厚さの25%
	50mmを超えるもの	ただし、その値が3mmを超えるものは3mm
		ただし、その厚さの6.25%
周 継 手	6mm以下	1.5mm
	6mmを超え20mm以下	板の厚さの25%
	20mmを超え38mm以下	5mm
	38mmを超えるもの	板の厚さの12.5% ただし、その値が19mmを超えるものは19mm

7. 厚さの異なる板の突合せ溶接
 厚さが異なる部材の突合せ溶接を行う場合は、JIS B 8265 (2003) 「圧力容器の構造—一般事項」の「6.3.2 厚さが異なる部材の突合せ溶接継手」に定める規定に適合すること。

8. 機械試験

溶接部であって、突合せ溶接による容器の長手継手及び周継手、並びに管等の長手継手 (JISに適合する管でJIS規定の試験施行品は除く。) は、JIS B 8265 (2003) 「圧力容器の構造—一般事項」の「8.1 溶接継手の機械試験」に定める機械試験を行うこと。

9. 継手の仕上り状態

容器の溶接部において、非破壊試験を行うものの表面は、JIS B 8265 (2003) 「圧力容器の構造—一般事項」の「8.2 b) 余盛の高さ及び仕上げ」に定める規定によること。

10. 磁粉探傷試験又は浸透探傷試験

溶接部であって、2. 1項に掲げる溶接部を有する容器のノズル及び強め材その他これに類するものの取付け部は、JIS B 8265 (2003) 「圧力容器の構造—一般事項」の「8.3 c) 磁粉探傷試験」又はJIS B 8265 (2003) 「圧力容器の構造—一般事項」の「8.3 d) 浸透探傷試験」により、磁粉探傷試験又は浸透探傷試験を行うこと。

10.1 使用する標準試験片は、JIS G 0565 (1992) 「鉄鋼材料の磁粉探傷試験方法及び磁粉模様の種類」のA1-7/50、A1-15/100、A2-15/50又はA2-30/100とし、磁化方法は極間法とし、磁粉の適用は湿式法又は乾式法による連続法とする。

10.2 磁粉探傷試験の結果が、次に掲げる全ての規定に適合する場合は合格したものとみなす。

- (1) 表面に割れによる磁粉模様がなないこと
- (2) 線状の磁粉模様の最大長さが4mm以下であること
- (3) 円形状の磁粉模様の長径が4mm以下であること
- (4) 面積が2500mm²の範囲内にその最大長さ又は長径が4mm以下の線状の磁粉模様又は円形状の磁粉模様が多数ある場合においてはその線状の磁粉模様の種類及び最大長さ又は長径の区分に応じて区分し、それぞれの磁粉模様の個数と同表右欄に掲げる当該区分の点数との積を求め、それらの積の和が12以下であること。

磁粉模様の種類	最大長さ又は長径	点数*
線状の磁粉模様	2mm以下	3
	2mmを超え4mm以下	6
円形状の磁粉模様	2mm以下	1
	2mmを超え4mm以下	2

1.0.3 浸透探傷試験の結果の判定基準は、前項を準用し、「磁粉模様」を「浸透指示模様」、「線状の磁粉模様」を「線状浸透指示模様」、「円形状の磁粉模様」を「円形状浸透指示模様」と読み替えるものとする。

1.1. 溶接部の応力除去

厚さ32mmを超える容器の長手継手若しくは周継手の溶接部（曲げ加工前に溶接する場合は板厚が10mmを超えるもの、溶接線が交わるものは除く。）、又は容器にノズル、フランジ等を取付ける溶接部は、JIS B 8265(2003)「圧力容器の構造—一般事項」の「6.7 熱処理」による熱処理を行なわなければならない。ただし、次のいずれかに掲げる場合はこの限りでない。

- ① 信頼できる適切な文献より求められた温度以上の温度で予熱を行う場合
- ② エレクトロslag溶接による自動溶接を行う場合
- ③ 溶接施工は、JIS B 8265(2003)「圧力容器の構造—一般事項」の「8.1.0」衝突試験」の規定による衝撃試験を行い、合格した方法により行う場合、ただし、試験温度は0℃とする

第4章 安全弁又は炉頂ブリーダ弁

高炉本体には、省令第17条による安全弁として次の規定による炉頂ブリーダ弁を設けなければならない。

- (1) 炉頂ブリーダ弁は、ばね式、油圧式、空圧式、電動式又は重錘式のものであること。
- (2) 炉頂ブリーダ弁の弁軸は鉛直とするか、スイング式又はレバー式の弁とすること。
- (3) 炉頂ブリーダ弁は、炉頂圧力が次に示す圧力において、自動的に開弁し、ガスを放散するものであること。1個は、設置箇所の最高使用圧力以下の圧力、他は設置箇所の最高使用圧力の1.1倍以下の圧力とする。
- (4) 炉頂ブリーダ弁の吹出し量は、JIS B 8210(1994)「蒸気用及びガス用ばね安全弁」の附属書「安全弁の公称吹出し量の算定方法」の「3 ガスによる公称吹出し量」により算出し、発生するガスの最大量以上であること。吹出し量決定圧力は、最高使用圧力の1.1倍以下であること。

第5章 材料

内圧を受ける部分の主要材料は、以下の規定による。

1. 主要材料

次の(1)、(2)又は(3)から選定する。

- (1) 日本工業規格 JIS B 8265(2003)「圧力容器の構造—一般事項」の付表2.1.1、2.1.2、2.2並びに日本溶接協会規格 WESS3001(1996)「溶接用高張力鋼板」、WESS3009(1998)「溶接割れ感受性の低い高張力鋼板の特性」及び米国材料試験規格 ASTM A694(1995)「高圧輸送管フランジ管継手、弁用鍛鋼品炭素鋼、合金鋼」に規定された材

料とする。

- (2) 日本工業規格 JIS G 3106 (1999) 「溶接構造用圧延鋼材」のうち SM400A、SM490A、SM490YA 以外の材料と同等以上の機械的性質を有する材料とする。
- (3) 外国規格材は、(1) 及び (2) と同等の機械的性質を有する材料とする。

2. 使用制限

- (1) 鉄鋼材料に関する使用制限は、日本工業規格 JIS B 8265 (2003) 「圧力容器の構造—一般事項」の「4.2.1 鉄鋼材料の使用制限」による。特に日本工業規格 JIS G 3106 (1999) 「溶接構造用圧延鋼材」のうち、板厚 16mm 超の SM400A、SM490A、SM490YA は使用できない。
- (2) 日本工業規格 JIS G 3457 (1988) 「配管用ブレード溶接炭素鋼鋼管」は、最高使用圧力を 1.6MPa 以下とする。
- (3) 日本工業規格 JIS G 5502 (2001) 「球状黒鉛鑄鉄品」は、最高使用圧力を容器では 1.8MPa 以下、配管では 2.4MPa 以下とする。

第6章 構造

省令第15条第1項に規定する「適切な構造」とは、0.2MPa以上のガス内圧がかかる容器、管、配管に対して次のとおりとする。

1. 強度評価全般

- 1.1 日本工業規格 JIS B 8265 (2003) 「圧力容器の構造—一般事項」に準拠した計算方法及び強度評価を以下の項に規定する。

3項 計算厚さ

6項 耐圧部に設ける穴の補強

7項 近接した穴の補強

8項 補強材の溶接、ノズルの溶接

9項 容器に取り付けるフランジ

- 1.2 また、1.0項「高炉設備の鉄皮の応力計算」で規定する応力解析（有限要素法（以下「FEM」という。）を含む。）及び強度評価方法の適用も可とする。ただし、FEMによる応力解析を行う場合は、附属書2に示す解析上の指針若しくはこれと同等以上に適正な解析が可能となる指針等に基づき実施すること。

2. 胴、鏡板の形状

JIS B 8265 (2003) 「圧力容器の構造—一般事項」の「5.2 胴及び鏡板」の附属書1「圧力容器の胴及び鏡板」及び日本工業規格 JIS B 8280 (2003) 「非円形胴の圧力容器」に規定する形状によるほか、次の形状も可とする。

- (1) リンゲプレート形状（図6-1参照）
- (2) 日本工業規格 JIS B 8265 (2003) 「圧力容器の構造—一般事項」の附属書1の図2で半頂角が30°超の円錐胴（ただし、FEMにより1.0項の規定で板厚を決める）

- (3) 高炉総荷重に対し十分な強度を有する基礎に支持されたアニュラープレートと底板からなる炉底部形状 (図 6-1 参照)
- (4) 長方形、長円以外の非円形胴
- (5) リブ付き平鏡板

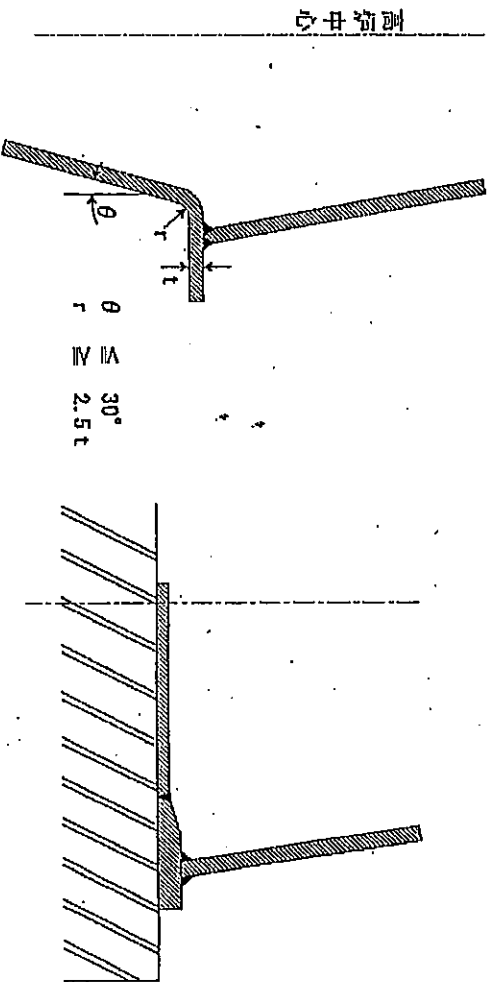


図 6-1 リングプレートの形状

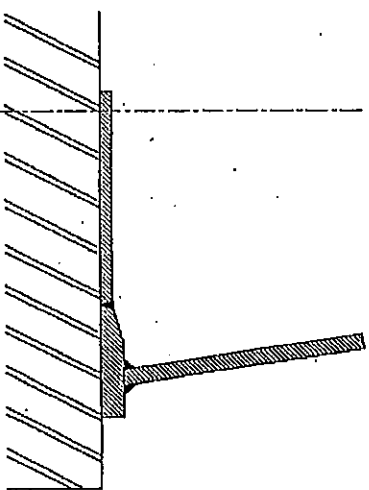


図 6-2 炉底の形状

3. 計算厚さ

胴、鏡板、ふた板の板厚の計算は以下による。

- (1) 2. の日本工業規格 JIS B 8265 (2003) 「圧力容器の構造—一般事項」の「5.2 胴及び鏡板」、附属書 1 「圧力容器の胴及び鏡板」に規定する形状及び 2. (1) の「リングプレート」形状の板厚は、日本工業規格 JIS B 8265 (2003) 「圧力容器の構造—一般事項」の附属書 1 「圧力容器の胴及び鏡板」の計算法による。
- (2) 2. の日本工業規格 JIS B 8280 (2003) 「非円形胴の圧力容器」に規定する形状の板厚は、日本工業規格 JIS B 8280 (2003) の計算法による。
- (3) 2. (5) リブ付き平鏡板形状の板厚は次のイ) 及びロ) の方法で求め、大きい方の板厚とする。

イ) 日本工業規格 JIS B 8265 (2003) 「圧力容器の構造—一般事項」の附属書 9 「圧力容器のスチールによって支える板」において、リブ配列ピッチをスチール間隔とみなして板厚を計算する方法。

ロ) 日本工業規格 JIS B 8265 (2003) 「圧力容器の構造—一般事項」の附属書 1 「圧力容器の胴及び鏡板」の「3.6 溶接によって取り付ける平鏡板」において、リブのない平鏡板が負担できる圧力 P_0 を求め、残圧力 $P_1 (= P - P_0)$ をリブが負担するとみなしてリブ断面を計算する方法。

ここでリブが負担できる圧力 P_1 (MPa) は、次の①又は②による。

① リブを一方向のみに設ける場合 (図 6-3 参照)

$$P_1 = \frac{8 \cdot Z \cdot f}{b \cdot l^2} \dots\dots\dots \text{自由支持の場合}$$

$$P_1 = \frac{1.2 \cdot Z \cdot f}{b \cdot l^2} \dots\dots\dots \text{周縁固定の場合}$$

Zは、リブの断面係数 (mm³を単位とする。)
 fは、リブに使用する材料の許容曲げ応力 (N/mm²を単位とする。)
 bは、1本のリブが荷重を受け持つ幅 (mmを単位とする。)
 lは、1本のリブが荷重を受け持つ長さで、自由支持の場合はリブの長さ、周縁固定の場合は胴の内径 (mmを単位とする。)

② リブを交差して設ける場合 (図6-3参照)

$$P_1 = 8 \left[\frac{Z_1 \cdot f \cdot \eta_1}{b_1 \cdot l_1^2} + \frac{Z_2 \cdot f \cdot \eta_2}{b_2 \cdot l_2^2} \right] \cdot \text{自由支持の場合}$$

$$P_1 = 12 \left[\frac{Z_1 \cdot f \cdot \eta_1}{b_1 \cdot l_1^2} + \frac{Z_2 \cdot f \cdot \eta_2}{b_2 \cdot l_2^2} \right] \cdot \text{周縁固定の場合}$$

Z₁、Z₂は、リブの断面係数 (mm³を単位とする。)
 fは、リブに使用する材料の許容曲げ応力 (N/mm²を単位とする。)
 η₁、η₂は、リブの交差部における継手効率 (一方は1)
 b₁、b₂は、1本のリブが荷重を受け持つ幅 (mmを単位とする。)
 l₁、l₂は、1本のリブが荷重を受け持つ長さで、自由支持の場合はリブの長さ、周縁固定の場合は胴の内径 (mmを単位とする。)

(4) 平ふた形状の板厚は、日本工業規格 JIS B 8265 (2003) 「圧力容器の構造—一般事項」の附属書 8 「圧力容器のふた板」の計算法による。

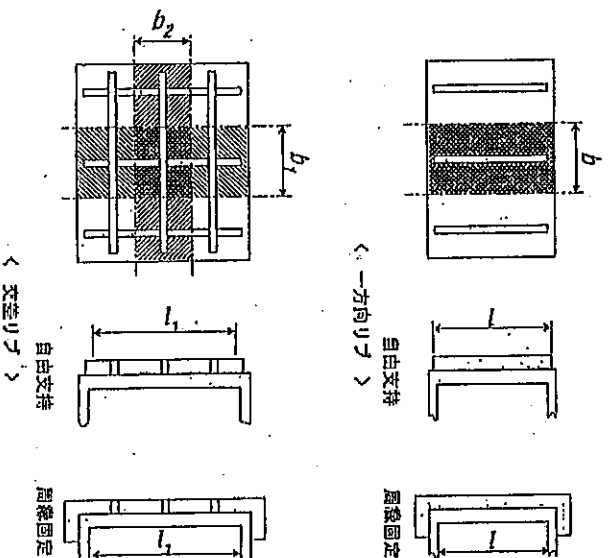


図6-3 リブを設けた平鍍板

4. 最小制限板厚及び腐れ代

4. 1 腐れ代を除いた最小制限板厚は下記とする。

- (1) 炭素鋼板及び低合金鋼板は2.5mm
 - (2) 高合金鋼板は1.6mm
 - (3) 非鉄金属板は1.6mm
 - (4) 鏡板（半球体型鏡板及び炉底底板を除く。）は、計算上必要な継ぎ目なし胴板の厚さ
4. 2 腐れ代は、1mm以上として計算板厚に加える。ただし、ステンレス鋼その他の耐食性材料にあっては、腐れ代は0とすることができる。

5. マンホール等

検査等に必要な穴は、日本工業規格JIS B 8265(2003)「圧力容器の構造——般事項」の「5.1.3 圧力容器に設ける穴」による。

6. 耐圧部に設ける穴の補強

6. 1 耐圧部に設ける穴は、日本工業規格JIS B 8265(2003)「圧力容器の構造——般事項」の「5.5 穴」の規定及び次の各号の規定による。ただし、JIS B 8265(2003)「圧力容器の構造——般事項」の附属書2「4. 補強を要しない穴」の

a) の規定により補強を必要としない穴は、管又は取付物を溶接より取り付けたものに限る。また、次の(1)又は(2)に該当する穴は、補強を必要としない。

(1) 管又は取付物を拡張又はねじにより取り付けたものであって、穴の径(ねじ穴にあっては、ねじの底の径)が61mm以下のもの。

(2) JIS B 8265(2003)「圧力容器の構造——般事項」の附属書2「5.3 胴又は鏡板の厚さ及びノズルネックの厚さのうち強め材として算入できる部分の面積」で定める面積が、JIS B 8265(2003)「圧力容器の構造——般事項」の附属書2「5.1 胴及び鏡板の穴の補強に必要な面積」で定める穴の補強に必要な最小面積以上の穴。

6. 2 上記の規定(穴の補強方法)によらない場合は、FEM等により穴周辺の強度評価を行うこと。

7. 近接した穴の補強

二つ以上の穴を近接して設ける場合は、胴に管穴又はこれに類する穴の一群があつて、これを次の図に示すように溶接で取り付けた強め材で補強する場合には、強め材の最小断面積及び隣り合せた二つの穴の間の胴の最小断面積(胴板内に溶着された管壁の部分を含む。)は、次の式により算出すること。

$$A = d \cdot t \cdot r \cdot F$$

$$A_s = 0.7 \cdot l \cdot t \cdot r \cdot F$$

Aは、強め材の最小断面積＝補強に必要な最小断面積 (mm²を単位とする。)

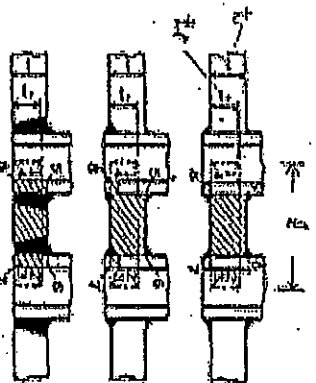
As は、二つの穴の間の胴の最小断面積 = 補強に必要な最小断面積 (mm²を単位とする。)

d は、補強を考慮する面における穴の径 (mmを単位とする。)

t は、継目なし胴の計算上必要な厚さ (mmを単位とする。)

l は、二つの穴の中心間の距離 (mmを単位とする。)

F は、係数で日本工業規格 JIS B 8265(2003)「圧力容器の構造——般事項」の附属書 2 の図 1 による



5578の面積を1234の面積×0.7F

なお、補強に有効な断面積の計算方法は、JIS B 8265(2003)「圧力容器の構造——般事項」の附属書 2「5.2 強め材として算入できる補強の有効範囲」によること。

8. 穴の強め材の溶接、ノズルの溶接

強め材及びノズルを取り付ける溶接の強さは、次の(1)から(3)までによる。ただし、日本工業規格 JIS B 8265(2003)「圧力容器の構造——般事項」の附属書 2「5.5 ノズルネツク及び強め材を取り付ける溶接継手の強度」の(1)から(3)までに規定している構造のノズルについては、次の(1)の計算は不要である。

- (1) 強め材を取り付ける溶接の強さは、JIS B 8265(2003)「圧力容器の構造——般事項」の附属書 2 の図 4 の備考 3. に規定する「取付溶接継手が支えるべき荷重 W」の値以上でなければならぬ。
- (2) ノズルを胴又は鏡板にはめ込み、ノズルの断面にせん断力を生ずるよう、これにこれを板に溶接した場合には、溶接部のせん断力にノズルのせん断力を算入することができる。
- (3) 強め材を溶接で取り付ける場合には、穴の縁付近に行なうものを除き、溶接部の一部又は全部が補強の有効範囲の外にあっては差しつかえない。

9. 容器に取り付けるフランジ

- 9.1 容器に取り付けるフランジは、JIS B 8265(2003)「圧力容器の構造——般事項」の「5.4 ボルト締めフランジ」又は下記に掲げるものであって JIS B 8265(2003)「圧力容器の構造——般事項」の 5.4 の規定に適合するものとする。

- (1) American National Standards Institute
ANSI B16.5 (1996)「Steel Pipe Flanges and Flanged Fittings」

(2) American National Standards Institute

ANSI B16.5 (1996) 「Large Diameter Steel Flanges」

9.2 圧力を受ける皿型ふた板に設けられた締付ボルト取付用のフランジの厚さは、JIS B8265 (2003) 「圧力容器の構造—一般事項」の附属書 8 「5.2.2 フランジの部分の厚さ」の規定による厚さに腐れ代を加えたものとする。ただし、この場合において腐れ代は1mm以上とする。

9.3 9.1項及び9.2項に規定された以外の形状(特殊形状)のフランジについては、FEM等により強度評価を行うこと。

1.0. 高炉設備の鉄皮の応力計算

10.1 応力の評価は、最大せん断応力説に基づいて行うものとする。日本工業規格 JIS B 8266 (2003) 「圧力容器の構造—特定規格」に準拠する。

10.2 対象とする応力の種類は、次表のとおりとする。

分類記号	応力の強さの分類レベル	応力の構成	発生応力の内容	主要荷重 その他	対象位置
A	一次一般膜応力強さ	P_m	均一荷重、鉛直荷重等により生じる断面平均応力(膜応力)	炉内圧力、内容物側圧、鉄皮自重、積載機器重量、内容物、耐火物	構造物の形状が連続的である部分(構造不連続部、応力集中部を除く)
B	一次局部膜応力強さ	P_L	応力集中部以外に生じる応力	同上	構造不連続部は考慮、応力集中部は除く
C	一次合成応力強さ(一次局部膜応力と一次曲げ応力の和の応力強さ)	$P_L + P_b$	同上の荷重による膜応力+構造不連続部と応力集中部を除いた部分の曲げ応力	同上	(1) 膜応力は全ての部分 (2) 曲げ応力は構造不連続部、応力集中部を除いた部分 (構造不連続部の例) ・リンゲプレート ・ガス捕集マンテリ ・高炉炉底部のアニューナプレートと鉄皮の隅角部
D	一次・二次合成応力強さ(一次応力と二次応力の和の応力強さ)	$P_L + P_b + Q$	同上応力+構造不連続部に生じる自己平衡型・局部応力	同上	応力集中部以外の全ての部分
E	ビーク応力強さ(一次応力、二次応力とビーク応力の和の応力強さ)	$P_L + P_b + Q + F$	同上応力+応力集中	応力集中によつて一次又は二次応力に付加される増分応力	応力集中部(例) 冷却装置の開口部、マンホールの開口部等

※応力記号

P_m : 一次一般膜応力、 P_L : 一次局部膜応力、 P_b : 一次曲げ応力
 Q : 二次応力、 F : 応力集中により付加される増加分

上表の詳細については、JIS B 8266 (2003)「圧力容器の構造—特定規格」の附属書 8「圧力容器の応力解析及び疲労解析」の「2.3 基本的な応力強さの許容限界」

を参照のこと。

10.3 許容限界（許容応力）は、次表のとおりとする。

当該材料の降伏点又は耐力（ σ_y ）及び引張強さ（ σ_B ）は、材料規格値を用いること。

応力分類記号	応力強さの分類レベル	許容限界（許容応力）
A	一次一般膜応力強さ（ P_m ）	$2/3\sigma_y$ 又は $1/3\sigma_B$ のいずれかの小さいものに等しい値
B	一次局部膜応力強さ（ R_L ）	σ_y 又は $1/2\sigma_B$ のいずれかの小さいものに等しい値
C	一次合成応力強さ（ $P_L + P_b$ ）	σ_y 又は $1/2\sigma_B$ のいずれかの小さいものに等しい値
D	一次・二次合成応力強さ（ $P_L + P_b + Q$ ）	$2\sigma_y$ 又は σ_B のいずれかの小さいものに等しい値
E	ピーク応力強さ（ $P_L + P_b + Q + F$ ）	σ_y 又は別途疲労解析を行う場合は、JIS B 8281（1993）「圧力容器の応力解析及び疲労解析」による値

10.4 応力計算式は、次によるものとする。

(1) フーチ荷重（内圧）により生じる一次一般膜応力

$$\text{円周方向 } \sigma_\theta = P \frac{1 + Z^2}{(Y^2 - 1) \cos \theta}$$

$$\text{半径方向 } \sigma_r = P \frac{1 - Z^2}{(Y^2 - 1) \cos \theta}$$

$$\text{鉛直方向 } \sigma_l = P \frac{1}{(Y^2 - 1) \cos \theta}$$

P は、当該部位の最高使用圧力（MPaを単位とする。）

Z は、鉄皮の外半径と鉄皮厚さの中心線の半径の比

Y は、鉄皮の外半径と鉄皮の内半径の比

θ は、鉄皮傾斜角（円錐の頂角の $1/2$ ）（度を単位とする。）

ただし、 σ_l については下記(2)項の鉛直荷重による圧縮応力を減じる方向の場合は省いてもよい。

(2) 鉛直荷重により生じる一次一般膜応力

$$\sigma_v = \frac{V}{2 \cdot \pi \cdot R \cdot i \cdot t \cdot \cos \theta}$$

Vは、鉛直荷重 (Nを単位とする。)

R iは、鉄皮の内半径 (mmを単位とする。)

tは、鉄皮の板厚 (mmを単位とする。)

θ は、鉄皮傾斜角 (度を単位とする。)

(3) 集中応力

$$\text{円周方向 } \sigma_{\theta\theta} = \alpha_{\theta\theta} \cdot \sigma_{\theta}$$

$$\text{半径方向 } \sigma_{rr} = \alpha_{rr} \cdot \sigma_{rr}$$

$$\text{鉛直方向 } \sigma_{vv} = \alpha_{vv} \cdot \sigma_v$$

$\alpha_{\theta\theta}$ は、円周方向 応力集中係数

α_{rr} は、半径方向 応力集中係数

α_{vv} は、鉛直方向 応力集中係数

$\sigma_{\theta\theta}$ は、円周方向 集中応力

σ_{rr} は、半径方向 集中応力

σ_{vv} は、鉛直方向 集中応力

(4) 一次応力強さ (S1)

応力強さは、前項 (1) O. 4 (1)、(2)、(3) で求めた各応力成分を用いて、以下の計算を行う。

なお、複雑な形状部については、必要に応じてFEM等を用いて応力解析を行うこと。

$$S_1 = |\sigma_{\theta} - \sigma_r| \dots \textcircled{1}$$

$$S_1 = |\sigma_r - \sigma_v| \dots \textcircled{2}$$

$$S_1 = |\sigma_v - \sigma_{\theta}| \dots \textcircled{3}$$

σ_{θ} 、 σ_r 、 σ_v は、(1)及び(2)による。

三者 (①、②、③) の中で最大のS1が一次一般膜応力P_mの応力強さに相当し、これが許容限界以内でなければならぬ。同様にして、応力強さの分類レベル「一次局部膜応力 P_L」の応力強さJ₁、「一次合成応力 P_L + P_B」の応力強さJ₁、「二次合成応力 P_L + P_B + Q」の応力強さJ₁について行うこと。

(5) ビーク応力強さ (S2)

$$S_2 = |\sigma_{\theta\theta} - \sigma_{rr}| \dots \textcircled{1}$$

$$S_2 = |\sigma_{rr} - \sigma_{vv}| \dots \textcircled{2}$$

$$S_2 = |\sigma_{vv} - \sigma_{\theta\theta}| \dots \textcircled{3}$$

$\sigma_{\theta\theta}$ 、 σ_{rr} 、 σ_{vv} は、(3)による。

三者 (①、②、③) の中で最大のS2がビーク応力強さであり、その変動振幅が許容限界以内でなければならぬ。ただし、ビーク応力強さの疲

労解析は、日本工業規格 JIS B 8266 (2003) 「圧力容器の構造—特定規格」による。

10.5 応力集中係数の算定方式は、次によるものとする。

- (1) 羽口、マンホール、計装用（検出端用）取付穴等の簡単な形状の開口部の応力集中係数は、信頼できる適切な文献により求めるものとする。
- (2) ステーラクター給排水管の開口、冷却板の開口、ガス捕集マンホールのオフレイク部の開口等、複雑な開口形状及び開口密度の高い領域の応力集中係数は、FEM解析、又はそれと同等以上の解析法により求めるものとする。

附 則 (平成17年7月4日)

この基準は、平成17年7月4日から適用する。
既設高炉については、この基準の施行後新たな変更のために工事が行われる部分に限り適用する。

附属書 1 溶接主任技術者

溶接施工にあたっては、溶接施工事業所又は工場ごとに「溶接主任技術者」を選任して、その管理に当らせなければならない。

1. 溶接主任技術者の職務

溶接主任技術者の職務は次の通りとする。

- (1) 溶接設備の確認
- (2) 溶接施工法の確認
- (3) 溶接士の資格管理
- (4) 溶接工事の管理
- (5) 溶接施工及び試験、検査の記録

なお、上記(1)、(2)、(3)はあらかじめ確認することとする。

2. 溶接主任技術者

- (1) 社団法人日本溶接協会のWES-8103の1級の資格を有し、溶接技術に関する十分な知識と、施行及び管理等に関する必要な経験を有する者から選任する。
- (2) 溶接主任技術者は、溶接施工に関する十分な経験と溶接技術に関する必要な一般知識を持つ者を溶接工事責任者として選任し、その職務を補佐させることができる。

附属書 2 有限要素法 (FEM) 解析上の指針

1. 本指針の目的

本文第6章に規定している計算式による応力評価が困難な部分については、有限要素法 (FEM) 解析による応力評価を行なうものとする。

FEM解析では、その解析条件 (①モデルの作成方法、②要素分割、③境界条件) の設定方法の違いにより解析結果が異なることがあり、これを解消するため、本指針は、適正なる解析を行なうための解析条件に関する一般的指針を示すものである。

2. 有限要素法 (FEM) 解析適用の対象

本文規定の計算式による応力評価が困難な部分、すなわち、構造不連続 (形状変化部)、特殊な形状の開口部又は開口密度の高い部分については、FEM解析を行い、同部分の強度評価を行なうものとする。

適用対象例

- ① ガス捕集メンテル
- ② リンゲプレート部
- ③ 炉底部ベースリングと炉底メンテルとの隅角部
- ④ 特殊形状の開口部又は開口密度の高い部分

3. 有限要素法解析の指針

有限要素法解析の指針は次による。

(1) 使用プログラム

解析に使用するプログラムは、下表により構造解析用として一般によく使用される信頼度の高い構造解析汎用プログラム、又は独自に開発したプログラム等を用いることとする。

〔構造解析用 汎用プログラム〕

MARIC、SAP、ANSYS、DYNA、ABAQUS等

〔独自に開発したプログラム等〕

独自に開発したプログラムは、上記プログラムとの対比、又は理論式 (近似式) で計算可能モデルについて理論解 (近似解) と解析結果とを対比し適正であることを確認の上、用いることとする。この場合、独自に開発したプログラムは、その評価対象とする部分の解析結果が、理論値 (近似値) 又は汎用プログラムの解析結果に対して $\pm 5\%$ 以内であれば適正とする。

(2) 解析結果の評価方法

イ) 解析に先立って配慮すべき事項

有限要素法は、一般の計算式が適用しにくい複雑な部分に対して適用するものであり、その解析結果が適正であるか否かの判断すなわち結果の評価は非常に重要であり、慎重に行なわなければならない。

そこで、設定された解析条件による解析結果が適正か否かが判断できる指標を事前に準備しておくか、又は解析結果の検証方法を事前に考えておくことが必要である。

ロ) 解析結果の評価方法

評価の指標又は検証方法は、次のいずれかの方法によるものとする。

設定された解析条件による解析結果が適正か否かの判断は、下記のいずれかの対比において、評価対象とする部分の解析結果が実験値又は理論値(近似値)に対して $\pm 5\%$ 以内であれば適正とする。

- ① 既設設備の応力、ひずみ、変形等の測定値との対比
- ② 類似構造物での応力、ひずみ、変形等の測定値との対比
- ③ 簡易モデルでの実験結果との対比
- ④ 理論式又は近似式で計算可能なモデルについての理論値(近似値)と解析結果との対比

なお、類似構造物等で既知のもの(解析結果が検証されているもの)があれば、それと同等の条件で解析を行なうものとする。

(3) 解析条件の設定

イ) 要素の選択

使用する要素は、構造物の性質を考慮の上選択する。

- ① 種類：要素の種類(平面要素、シェル要素、ソリッド要素等)は求める内容により選択する。
- ② 境界面の状態：モデルの境界面がどのように拘束されているかを判断し、適正な境界条件を選択する。
- ③ 要素の次数(要素のめつ節点数)：構造物の外力による応力及び変形の状態を考慮し、適正な要素の次数を選択する。

ロ) モデルの作成

- ① モデルの大きさ
 モデルの大きさは、評価の対象とする部分からモデル境界まで適正かつ十分な距離をとること。図-1の場合、斜線部が評価対象となる。(応力集中部)

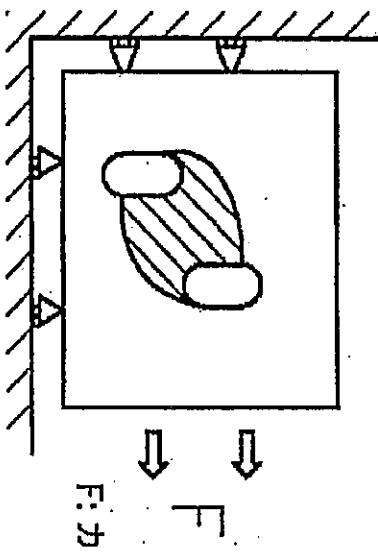


図-1

② 要素サイズ (要素分割)

要素の対象とする部分、すなわち、応力集中部又は応力分布が著しく変化する部分の要素サイズは、その部分から離れた部分よりも小さい要素サイズとし、対象部分から離れた部分の要素サイズを大きくする場合は、離れるにしたがって漸次、大きくすることができ。

モデルの大きさ、要素サイズの選定に当たっては、適宜理論解又は近似解の判明した単純化モデルでケース・スタディを行い、解析結果が適正かつ収束することを確認し、実際のモデルにこれらの条件を適用する。(図-2a、図-2b参照)

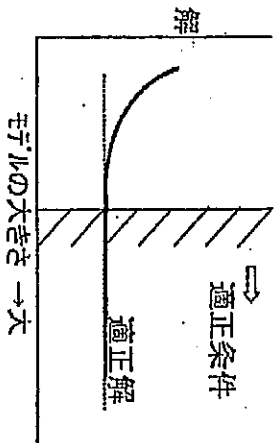


図-2a

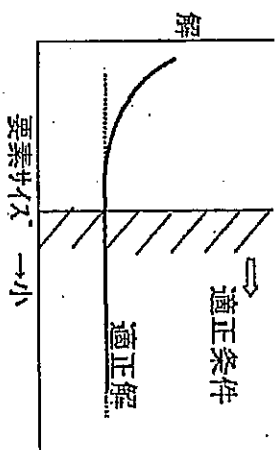


図-2b

h) 境界条件

① 境界のとり方

解析モデルの境界として、実設備において鏡面対称性を考慮した境界線(面)を選択する。

例えば、図-3の場合、斜線の部分をモデル化する。なお、鏡面対称性構造物の場合には、評価対象とする部分に対してモデル境界までの距離を十分にとることが必要である。

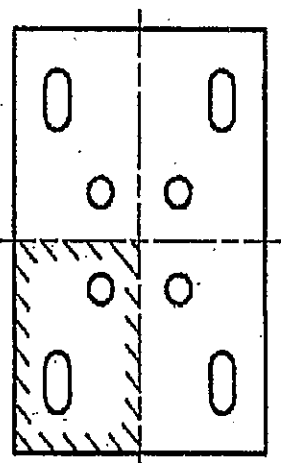


図-3

② 境界の拘束条件

境界線(面)で考えられる座標軸(X、Y、Z)及び座標軸の回転(X_θ 、 Y_θ 、 Z_θ)に対して実設備の状態を踏まえて適宜、拘束条件を与えること。

(図-4の例)

高炉ガス捕集モデル相当
(シエル要素)

×印：拘束

境界	拘束成分					
側断面①	X	Y	Z	X_θ	Y_θ	Z_θ
側断面②	×	×		×	×	×
底辺③			×	×	×	
上辺④	荷重辺(拘束なし)					

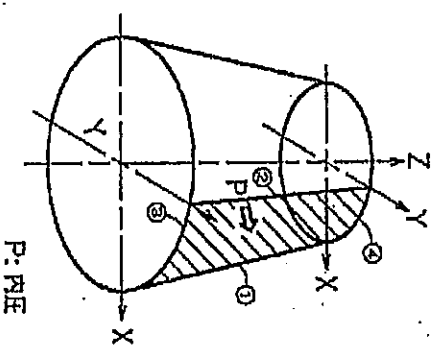
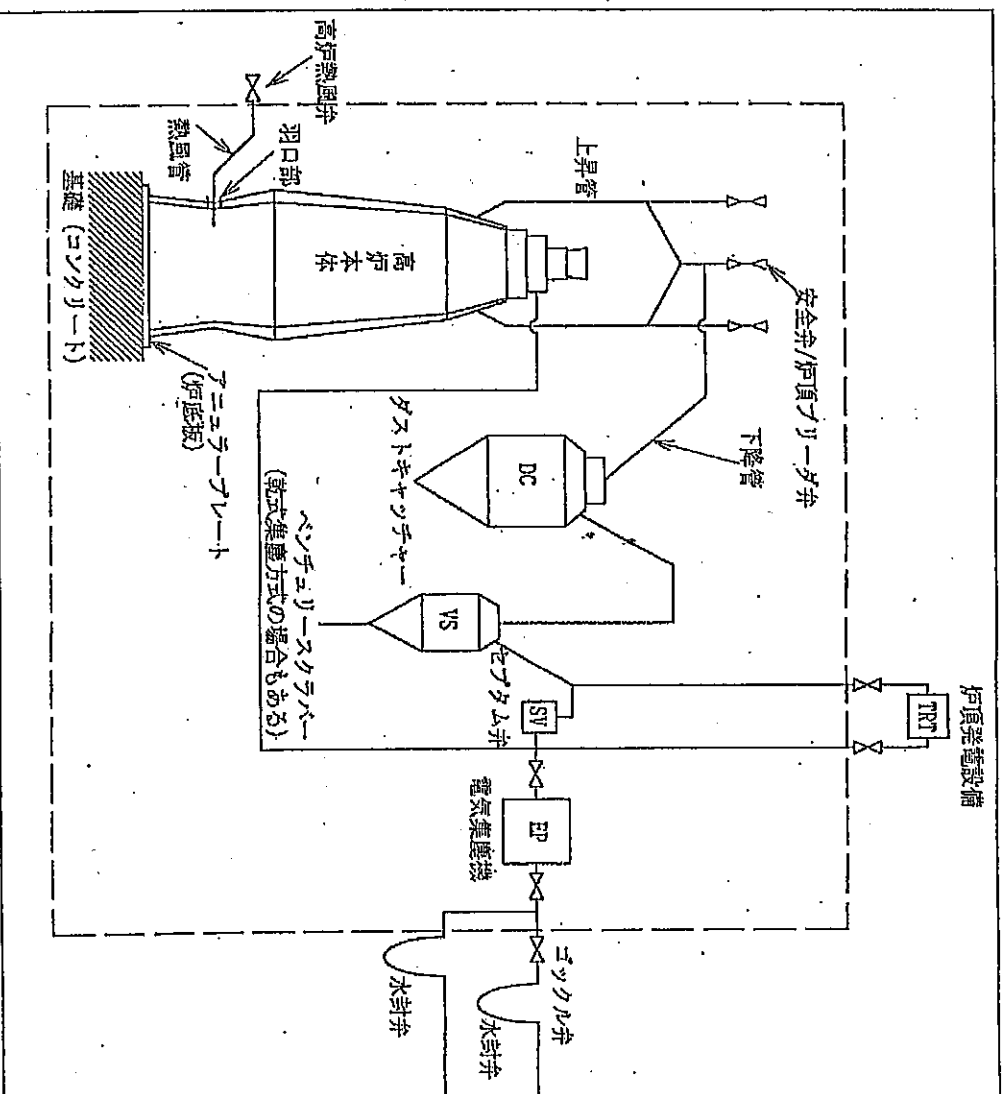


図-4 (斜線部分をモデル化= $\frac{1}{4}$ 円周)

二) 荷重条件

考慮すべき荷重及びその種類は、解析の対象となる部分(モデル)に作用するすべての荷重とする。
なお、荷重は各要素の節点又は辺に作用させるものとする。

高炉概要図



「高炉」とは上図の点線で囲まれた部分をいう。

ダストキヤッチャー：重力流降式集塵装置であってガス流速を落とすと共に流れ方向を downward から upward に替え、ガス中の粗粒ダストを分離沈降させる。

ペンチユリースクラパー：炉頂ガスの持つ高いエネルギーを利用してペンチユリーの絞り部で水とガスを高速で衝突させ、ダストに水滴を附着させ、ダストをガスから分離させる。

口：高炉内への熱風の吹き込み口。銅鑄物製で落損を避けるため水冷されている。

鉄 皮：高炉の外皮(容器)は鉄鋼製で、その厚みは炉底部で60～70mm、炉頂部で40～60mm (羽口では、100～120mmの高炉もある。炉内側はレンガ張り)

アニューラプレート：炉底板の外周側で中心部より厚く、鉄皮と溶接されている。