

本資料のうち、枠囲みの内容は、機密事項に属しますので公開できません。

柏崎刈羽原子力発電所第7号機 工事計画審査資料	
資料番号	KK7添-2-012 改2
提出年月日	2020年6月18日

V-2-1-12 配管及び支持構造物の耐震計算について

K7 ① V-2-1-12 R0

2020年6月
東京電力ホールディングス株式会社

目 次

1. 概要	1
2. 配管系及び支持構造物の設計手順	1
3. 配管系の設計	2
3.1 基本方針	2
3.1.1 重要度別による設計方針	2
3.1.2 配管系の設計において考慮すべき事項	3
3.2 3次元はりモデルによる解析	4
3.3 標準支持間隔法	4
3.3.1 応力を基準とした標準支持間隔法	4
3.3.2 振動数を基準とした標準支持間隔法	7
4. 支持構造物の設計	8
4.1 概要	8
4.2 基本原則	8
4.2.1 支持構造物の設計において考慮すべき事項	8
4.2.2 支持構造物の設計荷重	8
4.3 支持装置の設計	9
4.3.1 概要	9
4.3.2 支持装置の選定	9
4.3.3 支持装置の使用材料	21
4.3.4 支持装置の強度及び耐震評価方法	21
4.4 支持架構及び付属部品の設計	88
4.4.1 概要	88
4.4.2 支持架構及び付属部品の選定	90
4.4.3 支持架構及び付属部品の使用材料	93
4.4.4 支持架構及び付属部品の強度及び耐震評価方法	93
4.5 埋込金物の設計	101
4.5.1 概要	101
4.5.2 埋込金物の選定	102
4.5.3 埋込金物の強度及び耐震評価方法	104
5. 耐震評価結果	108
5.1 支持構造物の耐震評価結果	108
5.1.1 概要	108
5.1.2 支持構造物の耐震評価結果	108
5.2 代表的な支持構造物の耐震計算例	190
5.2.1 支持構造物の耐震計算例	190
5.2.2 個別の処置方法	190

1. 概要

本方針は、V-2-1-1「耐震設計の基本方針」及びV-2-1-11「機器・配管の耐震支持設計方針」に基づき、配管系及びその支持構造物について、耐震設計上十分安全であるように考慮すべき事項を定めたものである。

2. 配管系及び支持構造物の設計手順

配管経路は建屋形状、機器配置計画とともに系統の運転条件、機器等への接近性、保守点検性の確保を考慮した上、配管系の熱による変位の吸収、耐震設計上の重要度分類に応じた耐震性の確保に関し最適設計となるよう配置を決定する。また、この際、配管内にドレンが溜まったり、エアポケットが生じたりしないようにするとともに、水撃現象の生じる可能性のあるものについては十分に配慮するものとする。地震による建屋間等相対変位を考慮する必要がある場所に配置されるものについては、その変位による変形に対して十分耐えられるようにし、また、ポンプ、容器等のノズルに対する配管反力が過大とならないよう併せて考慮する。

以上を考慮の上決定された配管経路について、多質点系モデル（3次元はりモデル）による解析又は標準支持間隔法により配管系及び支持構造物の設計を行う。

3. 配管系の設計

3.1 基本方針

3.1.1 耐震重要度分類別による設計方針

配管系は耐震重要度分類，呼び径及び通常運転温度により，表3-1のように分類して設計を行う。ただし，表3-1以外の確認方法についても，その妥当性が確認できる範囲において採用するものとする。

表 3-1 配管の耐震重要度分類別による解析法

耐震重要度分類	分類		3次元はりモデルによる解析*1			*3 標準支持間隔法
	呼び径	通常運転温度	地震	自重	熱	
S*4	65A 以上	121℃以上	○	○	○	—
		121℃未満	○	○	○	—
	50A 以下	121℃以上	○*2	○*2	○*2	—
		121℃未満	—	—	—	○
B*5	65A 以上	121℃以上	○	○	○	—
		121℃未満	—	—	—	○
	50A 以下	121℃以上	○*2	○*2	○*2	—
		121℃未満	—	—	—	○
C	65A 以上	121℃以上	○	○	○	—
		121℃未満	—	—	—	○
	50A 以下	121℃以上	○*2	○*2	○*2	—
		121℃未満	—	—	—	○

注記*1：耐震重要度分類がS及びBクラスの配管で3次元はりモデルによる解析を行い，配管系の1次固有周期が0.05秒を超えた場合は，動的解析及び静的解析を実施する。

*2：複数の配管が近接して配置され，配管の仕様条件が同等の場合には，代表計算にて確認を行うことができる。

*3：標準支持間隔法は，3次元はりモデルによる解析にて代行することができる。

*4：常設耐震重要重大事故防止設備，常設重大事故緩和設備，常設重大事故防止設備（設計基準拡張）（当該設備が属する耐震重要度分類がSクラスのもの）又は常設重大事故緩和設備（設計基準拡張）を含む。

*5：重大事故等時に耐震重要度分類がBクラスの設備の機能を代替する常設耐震重要重大事故防止設備以外の常設重大事故防止設備又は常設重大事故防止設備（設計基準拡張）（当該設備が属する耐震重要度分類がBクラスのもの）を含む。

3.1.2 配管系の設計において考慮すべき事項

(1) 配管の分岐部

大口径配管からの分岐管については、なるべく大口径配管の近傍を支持するようにする。ただし、大口径配管の熱及び地震による変位が大きい場合には、分岐部及び分岐管に過大な応力を発生させないようにフレキシビリティを持たせた支持をする。

(2) 配管と機器の接続部

機器管台に加わる配管からの反力が許容反力以内となるように配管経路及び支持方法を決定する。

(3) 異なる建屋、構築物間を結ぶ配管系

異なる建屋、構築物間を結ぶ配管系については、建屋、構築物間の相対変位を吸収できるように、配管にフレキシビリティを持たせた構造とするか又はフレキシブルジョイントを設けるなどの配慮を行い、過大な応力を発生させないようにする。

(4) 弁

配管の途中に弁等の集中質量がかかる部分については、この集中質量部にできる限り近い部分を支持し、特に駆動装置付きの弁は偏心質量を考慮して、必要に応じて弁本体を支持することにより過大な応力が生じないようにする。弁は、配管よりも厚肉構造であり、発生応力は配管より小さくなる。

(5) 屋外配管

主要な配管は岩盤で支持したダクト構造内に配置され、建屋内配管と同様の耐震設計をする。

(6) 振動

配管系の支持方法及び支持点は、回転機器等の振動あるいは内部流体の乱れによる配管振動を生じないように考慮して決定する。

3.2 3次元はりモデルによる解析

3次元はりモデルによる解析では、原則として固定点から固定点までを独立した1つのブロックとして、地震荷重、自重、熱荷重等により配管に生じる応力が許容応力以下となるように配管経路及び支持方法を定める。

その具体例を示すと以下のようなになる。

まず、仮のアンカ、レストレイント位置を定めて熱応力解析を行い、必要に応じてアンカ、レストレイント位置、個数等の変更あるいは配管経路の見直しを行い、配管に生じる応力が許容応力以下となるようにする。加えて、自重応力解析を行い、ハンガを追加することにより配管に生じる応力が許容応力以下となるようにする。次に、地震応力解析を行い、必要に応じてレストレイント位置、個数等の変更あるいはスナッパの追加により、配管に生じる応力が許容応力以下となるようにする。

3.3 標準支持間隔法

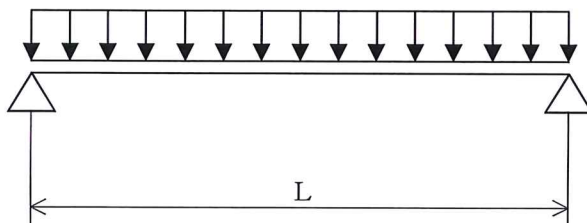
標準支持間隔法では、配管系を直管部、曲がり部、集中質量部及び分岐部に分け、それぞれに定められた支持間隔内に支持点を設定する。

3.3.1 応力を基準とした標準支持間隔法

直管部の最大支持間隔については、自重によるたわみを制限する目的として基本的に自重による応力が 39.2MPa 以下になるよう支持間隔を設定する。更に直管部をモデル化し、地震荷重、自重及び内圧を考慮した応力解析を行い、配管に生じる応力が許容応力を超える場合は支持間隔を調整し、許容応力以内に収まるような最大支持間隔を求める。直管部以外の配管要素は、各要素の地震荷重による曲げモーメントが、最大支持間隔とした直管部の曲げモーメントを超えないような最大支持間隔を求める。

a. 直管部の最大支持間隔の算出

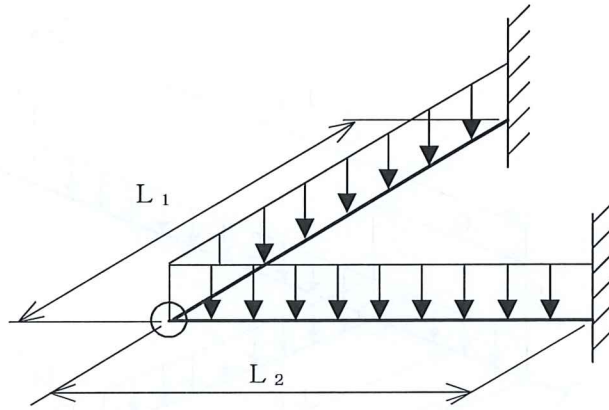
各種配管を下図のように、支持間隔Lの両端単純支持でモデル化し、静的解析により最大支持間隔を求め、これ以内になるよう支持する。



このモデルを用いて地震荷重、自重及び内圧を考慮した応力解析を行い、配管に生じる応力が許容応力以下となるような最大支持間隔を求める。

b. 曲がり部の最大支持間隔の算出

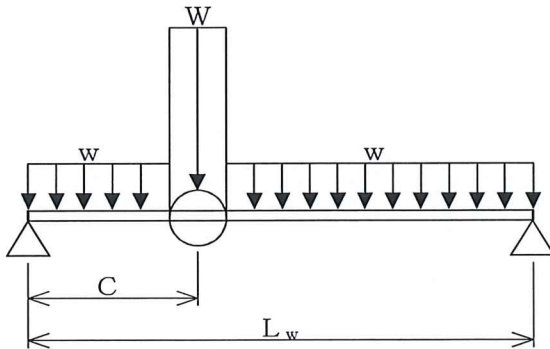
配管の曲がり部は下図のように、ピン結合両端固定の等分布質量はりにモデル化する。



$L_1 + L_2 = L_E$ とした場合、 L_E は L_1 、 L_2 を任意の値として求めた地震荷重による曲げモーメントが、直管部最大支持間隔の地震荷重による曲げモーメント以下となるように設定する。

c. 集中質量部の最大支持間隔の算出

配管に弁等の集中質量がかかる場合、下図のように任意の位置に集中質量を有する両端支持のはりにモデル化する。

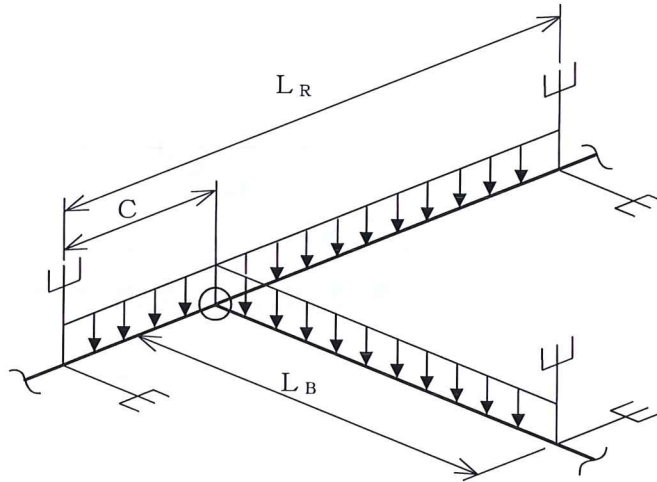


- L_w : 集中質量部支持間隔
- C : 支持点から集中質量点までの長さ
- w : 配管の単位長さ当たりの質量
- W : 集中質量

また、 L_w は C を任意の値として求めた地震荷重がかかった場合の集中荷重及び等分布荷重による合計曲げモーメントが、直管部最大支持間隔の曲げモーメントより小さくなるようにする。

d. 分岐部の最大支持間隔の算出

配管の分岐部は、下図のように、T字分岐部をピン結合とした、三つの支持端を有する単純支持はりにモデル化する。



L_R : T字部母管長さ

C : 母管支持点から分岐管取付け点長さ

L_B : 分岐管長さ

また、 L_R 、 L_B は C を任意の値として求めた地震荷重による曲げモーメントが、直管部最大支持間隔の曲げモーメントより小さくなるようにする。

3.3.2 振動数を基準とした標準支持間隔法

配管系を剛（20Hz 以上）にし、地震による過度の振動がないようにするために、配管系の各支持区間について、あらかじめ基準振動数をベースに定められた基準区間長以下となるように支持する。

(1) 直管部分

a. 配管軸直角方向の支持

両端単純支持と仮定した場合の配管径と長さの関係を 1 次固有振動数が基準振動数となるように定めておく。

b. 配管軸方向の支持

直管部分が長く、配管軸方向の動きが拘束されていない場合は軸方向の支持を行う。

(2) 曲り部分

曲り部分は曲面と直角な方向（面外方向：曲り部分前後の直管部分により構成される平面に垂直な方向）の振動数が低下する。このため曲り部分の近くで面外振動を抑えるよう支持を行い、支持区間の長さを直管部分の基準長さより縮小した値とし、曲げ部分についても 1 次固有振動数が基準振動数を下回ることはないようにする。

(3) 集中質量部

配管に弁等の集中質量がかかる場合、直管部と比較して剛性が低くなり 1 次固有振動数が低下する。このため、原則として集中質量部自体又は近傍を支持するものとする。

(4) 分岐部

配管の分岐部は主管に分岐管の質量が加わるため、直管部と比較して主管側の剛性が低くなり 1 次固有振動数が低下する。このため、分岐管側の質量の影響を受けないよう支持を行う。

4. 支持構造物の設計

4.1 概要

支持構造物は、配管系の地震荷重、自重、熱荷重等に対して十分な強度を持たせる必要がある。

支持構造物の設計に当たっては、支持構造物の型式ごとの定格荷重、最大使用荷重と配管系の支持点荷重を比較する荷重評価、又は配管系の支持点荷重から求まる支持構造物に生じる応力と使用材料により定まる許容応力を比較する応力評価を行う。

本章では、支持装置、支持架構及び付属部品から構成される支持構造物並びに埋込金物の設計の基本原則、選定方針、強度及び耐震評価の方法等を示す。

4.2 基本原則

4.2.1 支持構造物の設計において考慮すべき事項

支持構造物は、以下の点を考慮して設計する。

- (1) 支持装置及び付属部品は、配管系の地震荷重、自重、熱荷重等による支持点荷重が、使用される支持装置の定格荷重又は付属部品の最大使用荷重以下となるよう選定する。
- (2) 支持架構は、配管系の地震荷重、自重、熱荷重等による支持点荷重から求まる支持架構に生じる応力が、許容応力以下となるよう構造を決定する。
- (3) アンカ及びレストレイントとなる支持構造物は、建屋と共振しないように十分な剛性を持たせるものとする。
- (4) 支持構造物は点検の容易な構造とする。
- (5) 原則として、支持構造物は、埋込金物より建屋側へ荷重を伝える構造とする。
- (6) 支持構造物の設計に当たっては、発電用原子力設備規格（設計・建設規格（2005年版（2007年追補版含む））J S M E S N C 1-2005/2007）（日本機械学会 2007年9月）（以下「設計・建設規格」という。）に従い熱荷重、自重等に対して十分な強度を持たせるとともに、原子力発電所耐震設計技術指針（重要度分類・許容応力編 J E A G 4 6 0 1・補-1984, J E A G 4 6 0 1-1987及び J E A G 4 6 0 1-1991追補版）（日本電気協会 電気技術基準調査委員会 昭和59年9月, 昭和62年8月及び平成3年6月）（以下「J E A G 4 6 0 1」という。）に従い、地震荷重に対して十分な強度を持たせるものとする。

4.2.2 支持構造物の設計荷重

支持構造物の設計に用いる支持点荷重は、耐震設計上の重要度分類に基づく設計用地震力を条件とした配管系の3次元はりモデルによる解析、又は標準支持間隔法により得られる支持点荷重を支持構造物の種別に応じて適切に組み合わせて求める。

支持構造物の設計に当たり荷重評価を行う場合は、配管系の支持点荷重と定格荷重又は最大使用荷重との比較を行う。

4.3 支持装置の設計

4.3.1 概要

支持装置は、型式ごとに基本形状が決まっており、配管系の地震荷重、自重、熱荷重等による支持点荷重と型式ごとに設定される定格荷重の比較による荷重評価によって選定できる。

4.3.2 支持装置の選定

支持装置は、以下の条件により選定する。

(1) ロッドレストレイント

支持点荷重に基づき、定格荷重で選定する。

(2) オイルスナッパ、メカニカルスナッパ

支持点荷重及び熱膨張変位に基づき、定格荷重で選定する。

(3) スプリングハンガ、コンスタントハンガ及びリジットハンガ

支持点荷重及び熱膨張変位に基づき、定格荷重で選定する。

各支持装置の定格荷重及び主要寸法を表4-1～表4-6に示す。

なお、本表に示す型式及び定格荷重は代表的な支持装置を示したものであり、記載のない型式であっても、同様に設定されている定格荷重により選定を行う。

表 4-1 ロッドレストレイントの定格荷重及び主要寸法

本体 型式	定格 荷重 (kN)	主要寸法 (mm)			
		L		D	d
		最小	最大		
S1	16.3				
S2	16.9				
06	9				
1	15				
3	45				
6	90				
10	150				
16	240				
25	375				
40	600				
100	1500				
340	5100				

K7 ① V-2-1-12 R0

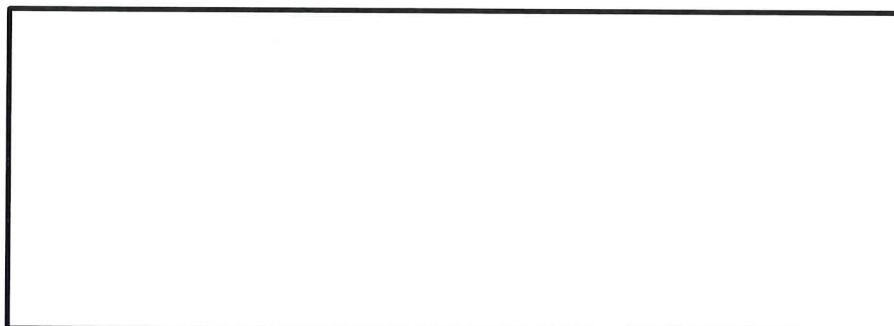


表 4-2 オイルスナップの定格荷重及び主要寸法

本体 型式	定格 荷重 (kN)	ストローク (mm)	主要寸法 (mm)		
			L	D	d
03	3				
06	6				
1	10				
3	30				
6	60				
10	100				
16	160				
25	250				
40	400				
60	600				
100	1000				
150	1500				
200	2000				

K7 ① V-2-1-12 R0

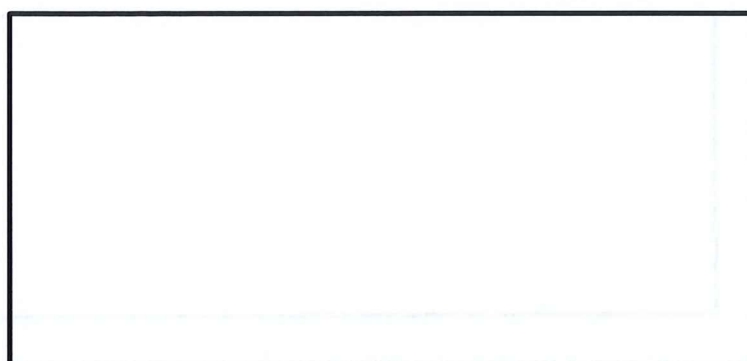


表 4-3 メカニカルスナップの定格荷重及び主要寸法

本体 型式	定格 荷重 (kN)	ストローク (mm)	主要寸法(mm)	
			L	D
01	1			
03	3			
06	6			
1	10			
3	30			
6	60			
10	100			
16	160			
25	250			
40	400			
60	600			

K7 ① V-2-1-12 R0

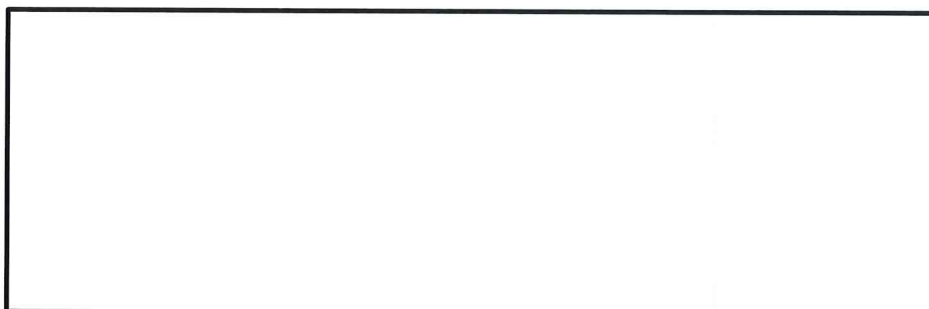


表 4-4-1(1/2) スプリングハンガ (その1) の定格荷重

本体 型式	荷重範囲 (kN)				
	トラベルシリーズ				
	30	60	120	80	160
01					
02					
03					
04					
05					
06					
07					
08					
09					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					
21					
22					
23					

K7 ① V-2-1-12 R0

表 4-4-1(2/2) スプリングハンガ (その 2) の定格荷重

本体 型式	荷重範囲 (kN)				
	トラベルシリーズ				
	30	60	120	85	170
1					
2					
5					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
21					
22					

K7 ① V-2-1-12 R0

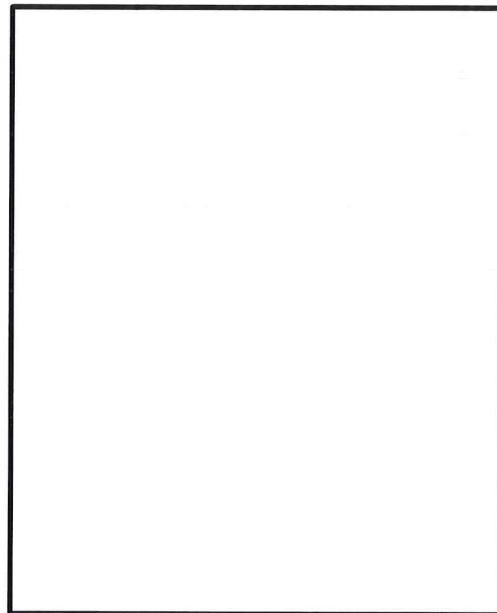
表 4-4-2(1/4) スプリングハンガ (その 1) の主要寸法 (吊り型)

本体 型式	主要寸法 (mm)					C
	A	B				
		トラベルシリーズ				
		30	60	120	80	
01						
02						
03						
04						
05						
06						
07						
08						
09						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						
21						
22						
23						

K7 ① V-2-1-12 R0

表 4-4-2(2/4) スプリングハンガ (その 2) の主要寸法 (吊り型)

本体 型式	主要寸法(mm)					C
	A	B				
		トラベルシリーズ				
		30	60	120	85	
1						
2						
5						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
21						
22						



K7 ① V-2-1-12 R0

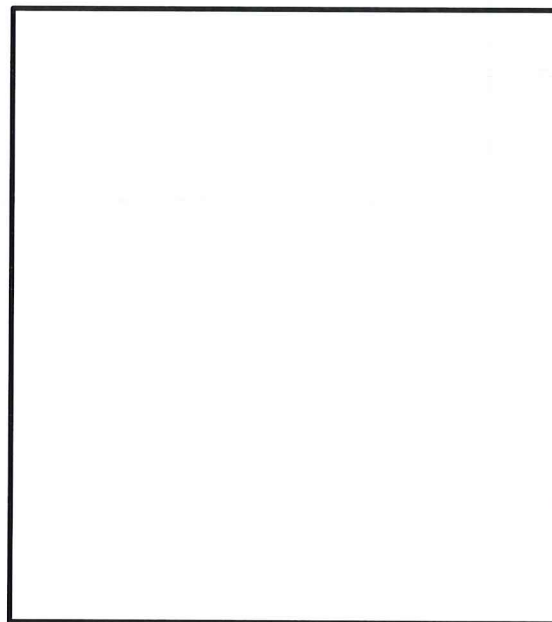
表 4-4-2(3/4) スプリングハンガ (その 1) の主要寸法 (置き型)

本体 型式	主要寸法 (mm)						
	A	B					C
		トラベルシリーズ					
		30	60	120	80	160	
01							
02							
03							
04							
05							
06							
07							
08							
09							
10							
11							
12							
13							
14							
15							
16							
17							
18							
19							
20							
21							
22							
23							

K7 ① V-2-1-12 R0

表 4-4-2(4/4) スプリングハンガ (その 2) の主要寸法 (置き型)

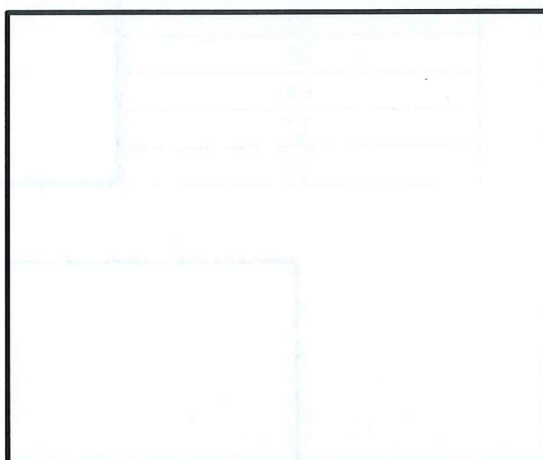
本体 型式	主要寸法(mm)						
	A	B					C
		トラベルシリーズ					
		30	60	120	85	170	
1							
2							
5							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							
16							
17							
21							
22							



K7 ① V-2-1-12 R0

表 4-5 コンスタントハンガの定格荷重及び主要寸法

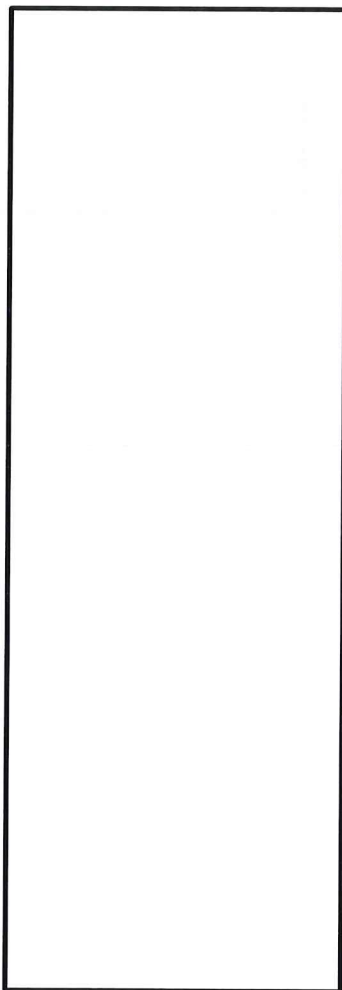
本体 型式	荷重範囲 (kN)	主要寸法 (mm)		
		A	B	C
01				
02				
03				
04				
05				
06				
7				



K7 ① V-2-1-12 R0

表 4-6 リジットハンガの定格荷重

本体型式(ロッド径) (mm) d	定格荷重 (kN)
10	
12	
16	
20	
24	
30	
36	
42	
48	
56	
64	
72	
80	



K7 ① V-2-1-12 R0

4.3.3 支持装置の使用材料

設計・建設規格の適用を受ける箇所に使用する材料は、設計・建設規格 付録材料図表 Part1に従うものとする。

4.3.4 支持装置の強度及び耐震評価方法

支持架構及び付属部品の強度及び耐震評価の方法を以下に示す。

(1) 定格荷重

支持装置の定格荷重は、設計・建設規格及びJ E A G 4 6 0 1を満足するよう設定されたものであり、支持点荷重を上回る定格荷重が設定されている支持装置を選定することで、十分な強度及び耐震性が確保される。

(2) 支持装置の強度計算式

a. 記号の定義

支持装置の強度計算式に使用する記号は、下記のとおりとする。

(a) ロッドレストレイント

記号	定義	単位
A_c	圧縮応力計算に用いる断面積	mm^2
A_p	支圧応力計算に用いる断面積	mm^2
A_s	せん断応力計算に用いる断面積	mm^2
A_t	引張応力計算に用いる断面積	mm^2
B	ブラケットせん断断面寸法	mm
	クランプせん断断面寸法	
	スヘリカルアイボルト穴部せん断断面寸法	
C	ブラケット引張断面寸法	mm
	クランプ引張断面寸法	
D	ブラケット穴径	mm
	クランプ穴径	
	スヘリカルアイボルト穴径	
	パイプ外径	
d	ピン径	mm
	スヘリカルアイボルト穴部の軸径	
E	縦弾性係数	MPa
F	材料の許容応力を決定する場合の基準値	MPa
F_c	圧縮応力	MPa
F_p	支圧応力	MPa
F_s	せん断応力	MPa

記号	定義	単位
F_t	引張応力	MPa
f_c	許容圧縮応力	MPa
I	断面二次モーメント	mm^4
i	断面二次半径	mm
L	ピン間長さ	mm
ℓ_k	座屈長さ	mm
M	スヘリカルアイボルト外径	mm
P	定格荷重	N
R	スヘリカルアイボルト半径	mm
T	ブラケット板厚	mm
	クランプ板厚	
t	パイプ板厚	mm
	スヘリカルアイボルト穴部板厚	
Λ	限界細長比	—
λ	有効細長比	—

(b) オイルスナップ

記号	定義	単位
A_c	圧縮応力計算に用いる断面積	mm^2
A_p	支圧応力計算に用いる断面積	mm^2
A_s	せん断応力計算に用いる断面積	mm^2
A_t	引張応力計算に用いる断面積	mm^2
B	イーヤ穴部せん断断面寸法	mm
	クランプ穴部せん断断面寸法	
	ブラケット穴部せん断断面寸法	
	ロッドエンド穴部せん断断面寸法	
C	イーヤ引張断面寸法	mm
	クランプ引張断面寸法	
	ブラケット引張断面寸法	
	ロッドエンド引張断面寸法	

記号	定義	単位
D	イーヤ穴径	mm
	クランプ穴径	
	ブラケット穴径	
	ロッドエンド穴径	
	シリンダカバー内径	
	コネクティングパイプ外径	
	ピストンロッド外径	
D ₁	アダプタ外径	mm
D ₂	アダプタ内径	mm
d	ピン径	mm
	ピストンロッド最小断面部の径	
E	縦弾性係数	MPa
F	材料の許容応力を決定する場合の基準値	MPa
F _c	圧縮応力	MPa
F _p	支圧応力	MPa
F _s	せん断応力	MPa
F _t	引張応力	MPa
	内圧による引張応力	
f _c	許容圧縮応力	MPa
h	すみ肉溶接部脚長	mm
h ₁	アダプタすみ肉溶接部脚長	mm
h ₂	アダプタすみ肉溶接部脚長	mm
I	断面二次モーメント	mm ⁴
i	断面二次半径	mm
K	シリンダチューブ内圧	MPa
L	コネクティングパイプ長さ	mm
ℓ _k	座屈長さ	mm
M	六角ボルトの呼び径	mm
	タイロッドのねじ部呼び径	
n	六角ボルトの本数	本
	タイロッドの本数	
P	定格荷重	N

記号	定義	単位
r_1	シリンダチューブの内半径	mm
r_2	シリンダチューブの外半径	mm
T	クランプ板厚	mm
	イーヤ板厚	
	ブラケット板厚	
t	イーヤ穴部板厚	mm
	シリンダカバー板厚	
	コネクティングパイプ板厚	
	ロッドエンドイーヤ板厚	
Λ	限界細長比	—
λ	有効細長比	—

(c) メカニカルスナップ

記号	定義	単位
A_c	圧縮応力計算に用いる断面積	mm ²
A_p	支圧応力計算に用いる断面積	mm ²
A_s	せん断応力計算に用いる断面積	mm ²
A_t	引張応力計算に用いる断面積	mm ²
B	イーヤせん断断面寸法	mm
	コネクティングチューブイーヤ部せん断断面寸法	
	ユニバーサルブラケット穴部せん断断面寸法	
	クランプ穴部せん断断面寸法	
	ブラケット穴部せん断断面寸法	
	ユニバーサルボックス穴部せん断断面寸法	
C	イーヤ引張断面寸法	mm
	クランプ引張断面寸法	
	コネクティングチューブイーヤ部引張断面寸法	
	ユニバーサルブラケット引張断面寸法	
	ブラケット引張断面寸法	
C_1	ユニバーサルボックス引張断面寸法	mm
C_2	ユニバーサルボックス引張断面寸法	mm

記号	定義	単位
D	イーヤ穴径	mm
	クランプ穴径	
	ブラケット穴径	
	コネクティングチューブ外径	
	コネクティングチューブイーヤ部穴径	
	ユニバーサルブラケット穴径	
	ユニバーサルボックス穴径	
D ₁	ロードコラム外径	mm
	ケースの支圧強度面内径	
	ベアリング押えの支圧強度面内径	
	ジャンクションコラムアダプタ外径	
D ₂	ロードコラム内径	mm
	ケースのせん断強度面の径	
	ケースの支圧強度面外径	
	ベアリング押えのせん断強度面の径	
	ベアリング押えの支圧強度面外径	
	ジャンクションコラムアダプタ内径	
D ₃	ケースの引張強度面内径	mm
D ₄	ケースの引張強度面外径	mm
d	ピン径	mm
	イーヤ穴部の軸径	
	ユニバーサルボックス穴部の軸径	
E	縦弾性係数	MPa
F	材料の許容応力を決定する場合の基準値	MPa
F _c	圧縮応力	MPa
F _p	支圧応力	MPa
F _s	せん断応力	MPa
F _t	引張応力	MPa
f _c	許容圧縮応力	MPa
h	すみ肉溶接部脚長	mm
I	断面二次モーメント	mm ⁴
i	断面二次半径	mm

記号	定義	単位
L	コネクティングチューブの長さ	mm
ℓ_k	座屈長さ	mm
M	六角ボルトの呼び径	mm
n	六角ボルトの本数	本
P	定格荷重	N
T	クランプ板厚	mm
	コネクティングチューブイーヤ部板厚	
	ユニバーサルブラケット板厚	
	イーヤ板厚	
	ブラケット板厚	
	ベアリング押え板厚	
	ケースの支圧強度面板厚	
t	コネクティングチューブ板厚	mm
T_1	ユニバーサルボックス板厚	mm
T_2	ユニバーサルボックス板厚	mm
Λ	限界細長比	—
λ	有効細長比	—

(d) スプリングハンガ

記号	定義	単位
A_c	圧縮応力計算に用いる断面積	mm ²
A_p	支圧応力計算に用いる断面積	mm ²
A_s	せん断応力計算に用いる断面積	mm ²
A_t	引張応力計算に用いる断面積	mm ²
a	上ブタ円板外径	mm
	下ブタ円板外径	
B	イーヤせん断断面寸法	mm
	クレビス穴部せん断断面寸法	
b	ばね平均径	mm
	上ブタイーヤ円面積変換径	
C	イーヤ引張断面寸法	mm
	クレビス引張断面寸法	

記号	定義	単位
D	イーヤ穴径	mm
	ケース内径	
	クレビス穴径	
D ₁	ばね平均径	mm
	ロードコラム外径	
D ₂	ばね座外輪内径	mm
	ロードコラム内径	
D ₃	ばね座内輪外径	mm
D ₄	ばね座内輪内径	mm
d	ピン径	mm
E	縦弾性係数	MPa
F	材料の許容応力を決定する場合の基準値	MPa
F _b	曲げ応力	MPa
F _c	圧縮応力	MPa
F _m	組合せ応力	MPa
F _p	支圧応力	MPa
F _s	せん断応力	MPa
F _t	引張応力	MPa
f _c	許容圧縮応力	MPa
G	ターンバックルの内幅	mm
h	すみ肉溶接部脚長	mm
h ₁	クレビス溶接部脚長	mm
h ₂	クレビス溶接部脚長	mm
I	断面二次モーメント	mm ⁴
i	断面二次半径	mm
J	ケース切り欠き部の幅	mm
K _d	ターンバックル外径	mm
K _t	ターンバックルの厚さ	mm
L	クレビスの板と板の距離	mm
	ロードコラムからばね座までの距離	
ℓ _k	座屈長さ	mm

記号	定義	単位
M	ハンガロッドのねじ部呼び径	mm
	ロッドのねじ部呼び径	
M_0	作用モーメント	$N \cdot mm$
P	定格荷重	N
T	イーヤ板厚	mm
	ケース板厚	
	下ブタ板厚	
	クレビス板厚	
T_1	ばね座外輪板厚	mm
	上ブタ板厚	
	ばね座板厚	
T_2	ばね座内輪板厚	mm
	ばね座板厚	
T_3	ばね座板厚	mm
T_4	ばね座板厚	mm
Z	断面係数	mm^3
Λ	限界細長比	—
λ	有効細長比	—
β_8	応力係数(機械工学便覧 材料力学第5章図82による)	—
β_9	応力係数(機械工学便覧 材料力学第5章図84による)	—
β_{10}	応力係数(機械工学便覧 材料力学第5章図84による)	—

(e) コンスタントハンガ

記号	定義	単位
A	ばね平均径	mm
A_p	支圧応力計算に用いる断面積	mm^2
A_s	せん断応力計算に用いる断面積	mm^2
A_t	引張応力計算に用いる断面積	mm^2
B	ラグプレート板厚	mm
	テンションロッド穴部せん断断面寸法	
	リンクプレート穴部せん断断面寸法	
	回転アーム穴部せん断断面寸法	
	イーヤ穴部せん断断面寸法	

記号	定義	単位
B	フレーム穴部せん断断面寸法	mm
C	イーヤ引張断面寸法	mm
C ₁	アッパープレートの寸法	mm
D	イーヤ穴径	mm
	ばね座内径	
	テンションロッド穴径	
	回転アーム穴径	
	リンクプレート穴径	
d	ピン径	mm
F	ばね荷重	N
F _A	ばね座にかかる荷重	N
F _b	曲げ応力	MPa
F _m	組合せ応力	MPa
F _p	支圧応力	MPa
F _s	せん断応力	MPa
F _t	引張応力	MPa
G	ターンバックルの内幅	mm
	ロードブロックの寸法	
H	溶接部のど厚	mm
h	すみ肉溶接部脚長	mm
h ₁	アッパープレートのすみ肉溶接部脚長	mm
K _d	ターンバックル外径	mm
K _t	ターンバックルの厚さ	mm
L	リンクプレートの板と板の距離	mm
	イーヤの板と板の距離	
	テンションロッド溶接長さ	
M	ハンガロッドのねじ部呼び径	mm
	テンションロッドのねじ部呼び径	
M ₀	作用モーメント	N・mm
P	定格荷重	N
P _F	メインピンにかかる荷重	N

記号	定義	単位
R	リンクプレート半径	mm
	テンションロッド穴部半径	
	回転アーム穴部半径	
	イーヤ半径	
S	回転アームの板と板の距離	mm
S ₁	フレームの板と板の距離	mm
T	リンクプレート板厚	mm
	回転アーム板厚	
	イーヤ板厚	
	フレーム板厚	
	ばね座板厚	
T ₁	アッパープレート板厚	mm
	テンションロッド穴部板厚	
Z	断面係数	mm ³
β ₉	応力係数(機械工学便覧 材料力学第5章図84による)	—

(f) リジットハンガ

記号	定義	単位
A _p	支圧応力計算に用いる断面積	mm ²
A _s	せん断応力計算に用いる断面積	mm ²
A _t	引張応力計算に用いる断面積	mm ²
B	クレビスブラケットせん断断面寸法	mm
	クランプせん断断面寸法	
	アイボルト穴部せん断断面寸法	
	アイボルト穴部引張断面寸法	
C	クレビスブラケット引張断面寸法	mm
	クランプ引張断面寸法	
D	クレビスブラケット穴径	mm
	クランプ穴径	
d	ピン径	mm
F _b	曲げ応力	MPa
F _m	組合せ応力	MPa
F _p	支圧応力	MPa

記号	定義	単位
F_s	せん断応力	MPa
F_t	引張応力	MPa
h	すみ肉溶接部脚長	mm
L	クレビスブラケットの板と板の距離	mm
	クランプの板と板の距離	
T	クレビスブラケット板厚	mm
	クランプ板厚	
	アイボルト穴部板厚	
M	アイボルトのねじ部呼び径	mm
M_0	作用モーメント	$N \cdot mm$
P	定格荷重	N
Z	断面係数	mm^3

K7 ① V-2-1-12 R0

b. 強度計算式

支持装置の強度計算式を以下に示す。

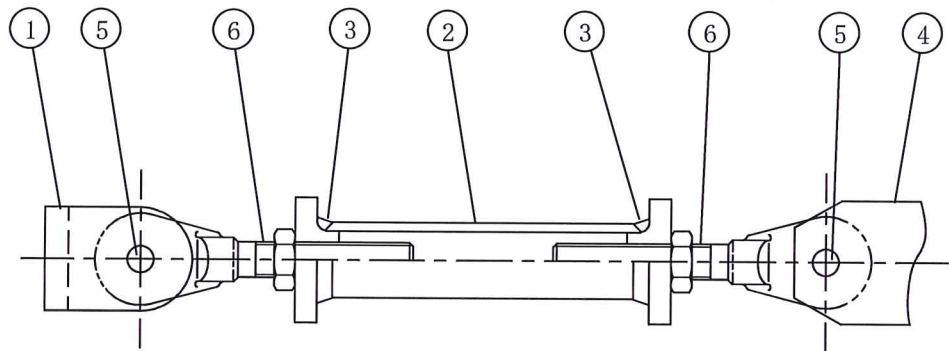
なお、以下に示す強度及び耐震計算式は代表的な形状に対するものであり、記載のない形状についても、同様の計算式で計算できる。

(a) ロッドレストレイント

応力評価は、次の強度部材の最弱部に発生する引張応力（又は圧縮応力）、せん断応力及び支圧応力を次の計算式により算出し、許容応力以下であることを確認する。

イ. 強度部材

- ①ブラケット、②パイプ、③アジャストナット溶接部、④クランプ、
- ⑤ピン、⑥スヘリカルアイボルト



ロ. 各部材の計算式

(イ) ブラケット (①) 及びクランプ (④)

i 引張応力評価

引張応力が、許容引張応力以下であることを確認する。

ii せん断応力評価

せん断応力が、許容せん断応力以下であることを確認する。

iii 支圧応力評価

支圧応力が、許容支圧応力以下であることを確認する。

(ロ) パイプ (②)

i 圧縮応力評価

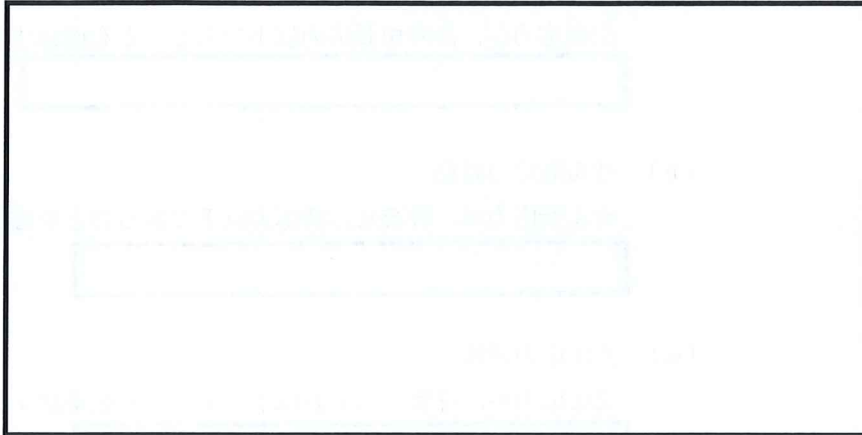
圧縮応力が，許容圧縮応力以下であることを確認する。

許容圧縮応力

(ハ) アジャストナット溶接部 (③)

i 引張応力評価

引張応力が、許容引張応力以下であることを確認する。



(ニ) ピン (⑤)

i せん断応力評価

せん断応力が、許容せん断応力以下であることを確認する。



(ホ) スヘリカルアイボルト (⑥)

i 穴部

(i) 引張応力評価

引張応力が，許容引張応力以下であることを確認する。

(ii) せん断応力評価

せん断応力が，許容せん断応力以下であることを確認する。

(iii) 支圧応力評価

支圧応力が，許容支圧応力以下であることを確認する。

ii ボルト部

(i) 引張応力評価

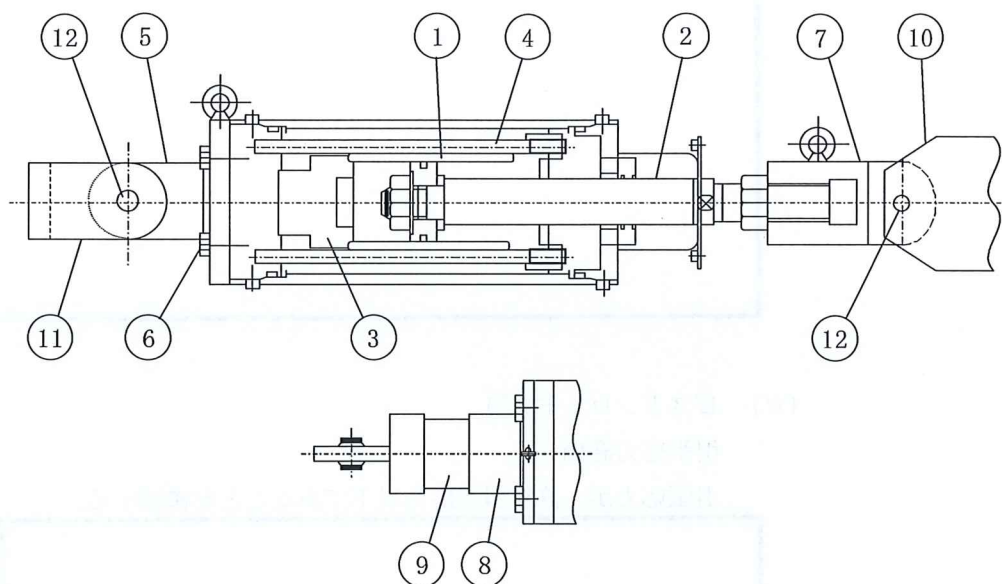
引張応力が，許容引張応力以下であることを確認する。

(b) オイルスナッパ

応力評価は、次の強度部材の最弱部に発生するせん断応力、引張応力(又は圧縮応力)及び支圧応力を次の計算式により算出し、許容応力以下であることを確認する。

イ. 強度部材

- ①シリンダチューブ, ②ピストンロッド, ③シリンダカバー,
- ④タイロッド, ⑤イーヤ, ⑥六角ボルト, ⑦ロッドエンド,
- ⑧アダプタ, ⑨コネクティングパイプ, ⑩クランプ, ⑪ブラケット,
- ⑫ピン



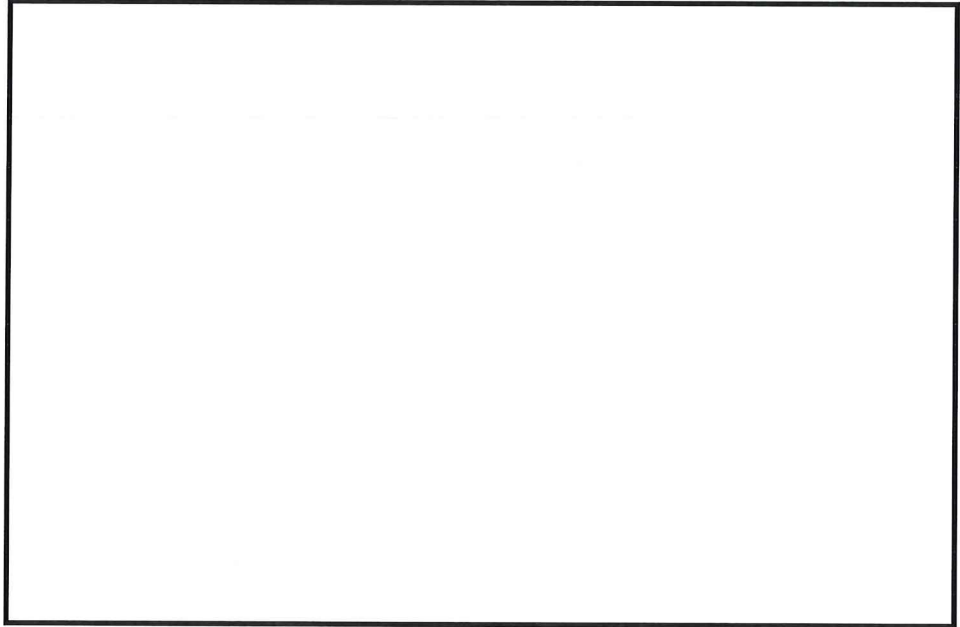
K7 ① V-2-1-12 R0

ロ. 各部材の計算式

(イ) シリンダチューブ(①)

i 引張応力評価

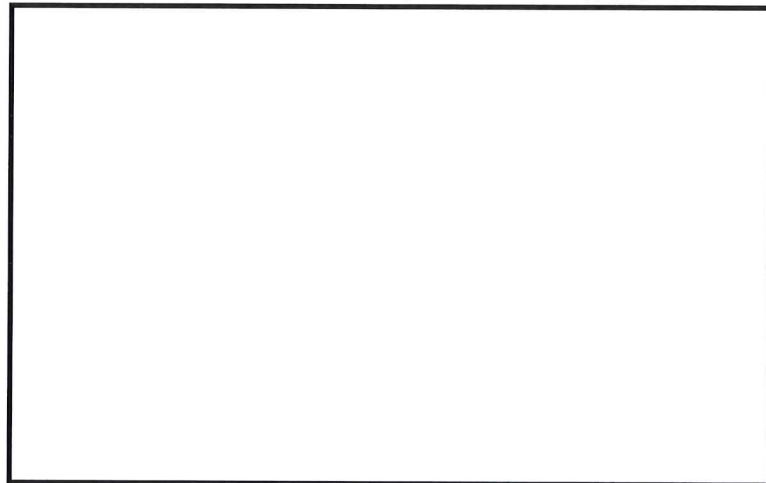
内圧により生じる引張応力が，許容引張応力以下であることを確認する。



(ロ) ピストンロッド(②)

i 引張応力評価

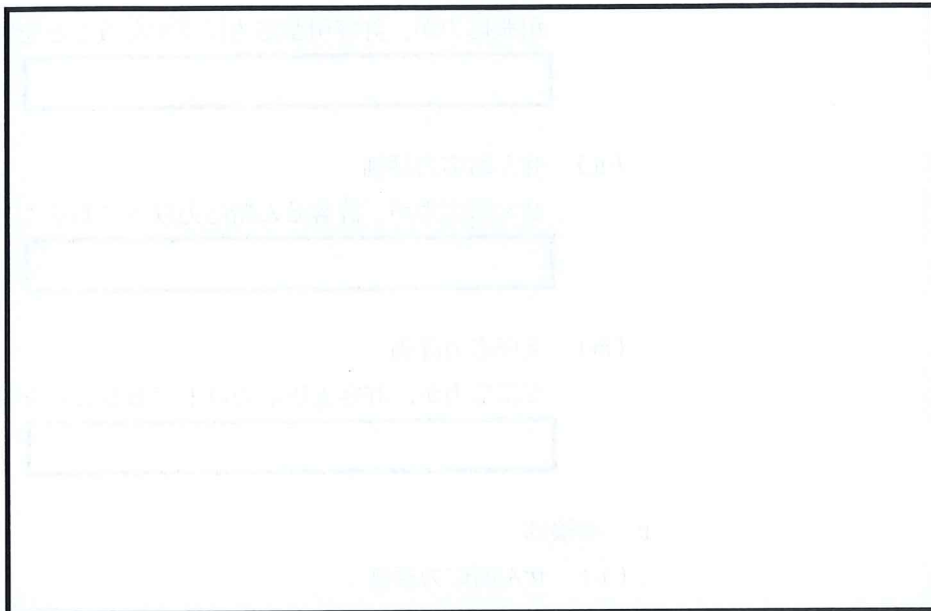
引張応力が，許容引張応力以下であることを確認する。



(ハ) シリンダカバー(③)

i せん断応力評価

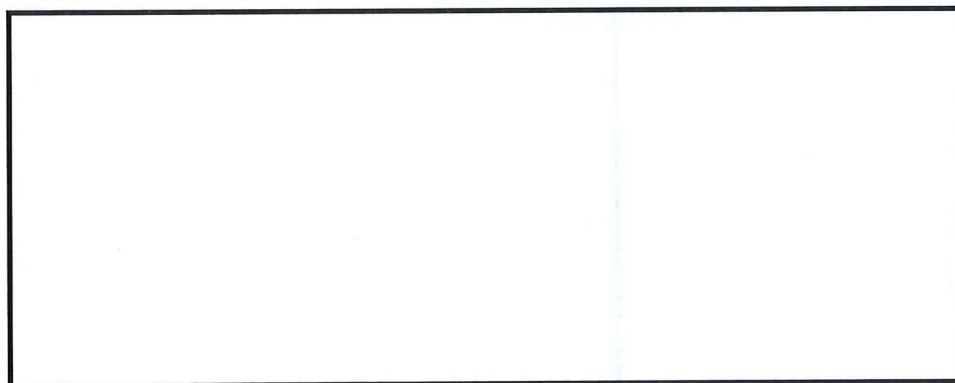
内圧により生じるせん断応力が，許容せん断応力以下であることを確認する。



(ニ) タイロッド(④)

i 引張応力評価

引張応力が，許容引張応力以下であることを確認する。



(ホ) イーヤ(⑤)

i 穴部

(i) 引張応力評価

引張応力が，許容引張応力以下であることを確認する。

(ii) せん断応力評価

せん断応力が，許容せん断応力以下であることを確認する。

(iii) 支圧応力評価

支圧応力が，許容支圧応力以下であることを確認する。

ii 溶接部

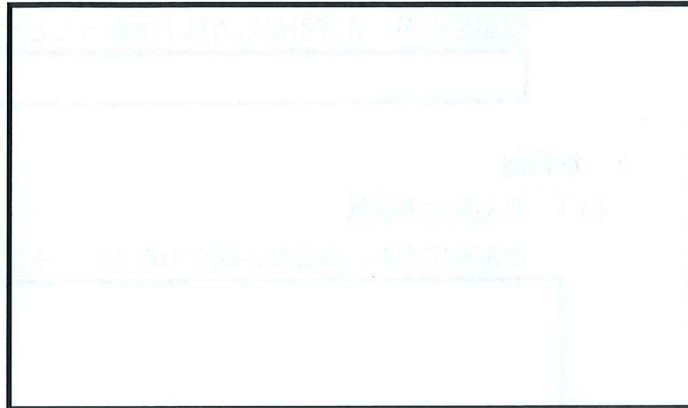
(i) せん断応力評価

せん断応力が，許容せん断応力以下であることを確認する。

(へ) 六角ボルト(⑥)

i 引張応力評価

引張応力が，許容引張応力以下であることを確認する。



(ト) ロッドエンド(⑦)

i 引張応力評価

引張応力が，許容引張応力以下であることを確認する。



ii せん断応力評価

せん断応力が，許容せん断応力以下であることを確認する。



iii 支圧応力評価

支圧応力が，許容支圧応力以下であることを確認する。



(チ) アダプタ(⑧)

i 本体

(i) 引張応力評価

引張応力が、許容引張応力以下であることを確認する。

ii 溶接部

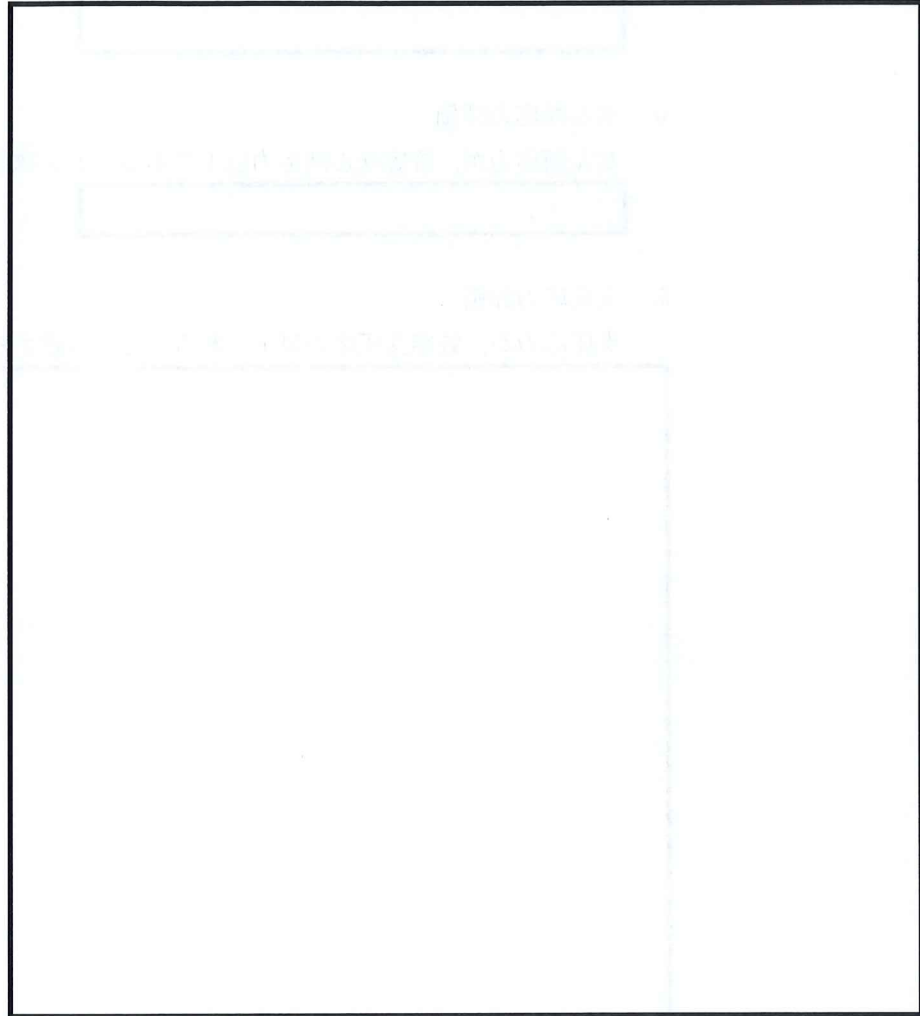
(i) せん断応力評価

せん断応力が、許容せん断応力以下であることを確認する。

(リ) コネクティングパイプ(⑨)

i 圧縮応力評価

圧縮応力が、許容圧縮応力以下であることを確認する。



(ヌ) クランプ(⑩)及びブラケット(⑪)

i 引張応力評価

引張応力が、許容引張応力以下であることを確認する。

ii せん断応力評価

せん断応力が、許容せん断応力以下であることを確認する。

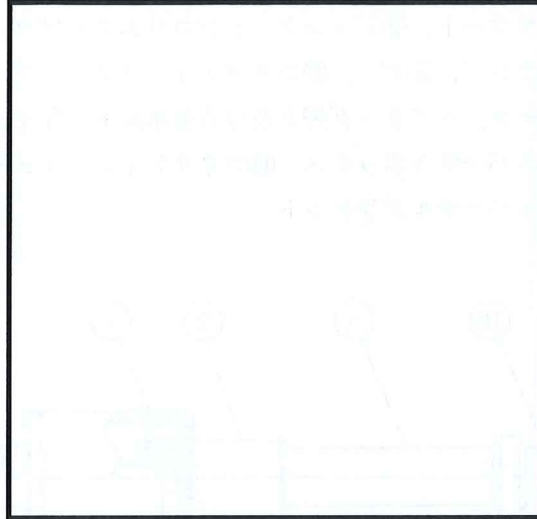
iii 支圧応力評価

支圧応力が、許容支圧応力以下であることを確認する。

(ル) ピン(⑫)

i せん断応力評価

せん断応力が、許容せん断応力以下であることを確認する。

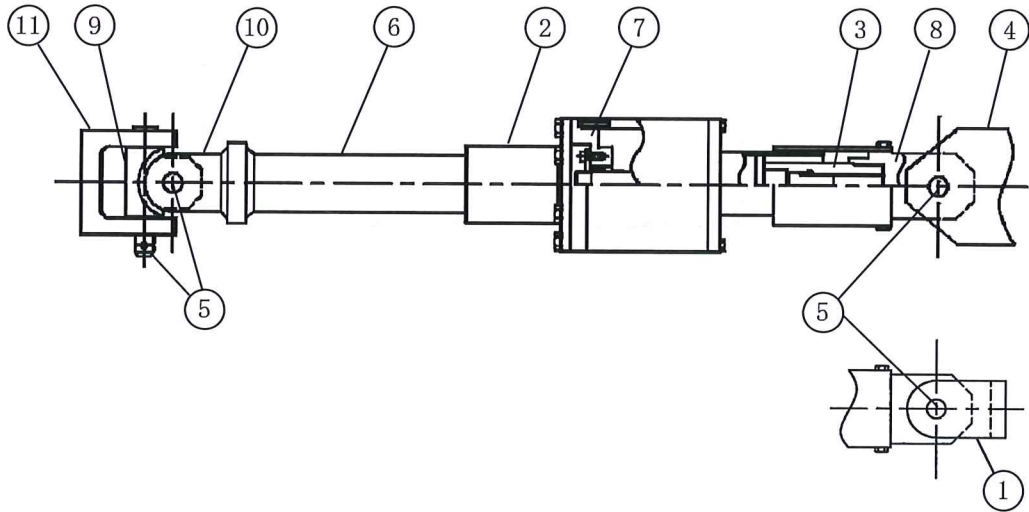


(c) メカニカルスナッパ

応力評価は、次の強度部材の最弱部に発生する引張応力（又は圧縮応力）、せん断応力及び支圧応力を次の計算式により算出し、許容応力以下であることを確認する。

イ. 強度部材

- ①ブラケット、②ジャンクションコラムアダプタ、③ロードコラム、
- ④クランプ、⑤ピン、⑥コネクティングチューブ、
- ⑦ケース、ベアリング押え及び六角ボルト、⑧イーヤ、
- ⑨ユニバーサルボックス、⑩コネクティングチューブイーヤ部、
- ⑪ユニバーサルブラケット



K7 ① V-2-1-12 R0

ロ. 各部材の計算式

(イ) ブラケット(①), クランプ(④), コネクティングチューブイヤー部(⑩)
及びユニバーサルブラケット(⑪)

i 引張応力評価

引張応力が, 許容引張応力以下であることを確認する。

ii せん断応力評価

せん断応力が, 許容せん断応力以下であることを確認する。

iii 支圧応力評価

支圧応力が, 許容支圧応力以下であることを確認する。

(ロ) ジャンクションコラムアダプタ(②)

i 六角ボルト

(i) 引張応力評価

引張応力が，許容引張応力以下であることを確認する。

ii 溶接部

(i) せん断応力評価（本体型式 06 及び 1）

せん断応力が，許容せん断応力以下であることを確認する。

(ii) 引張応力評価（本体型式 3～25）

引張応力が，許容引張応力以下であることを確認する。

(ハ) ロードコラム(③)

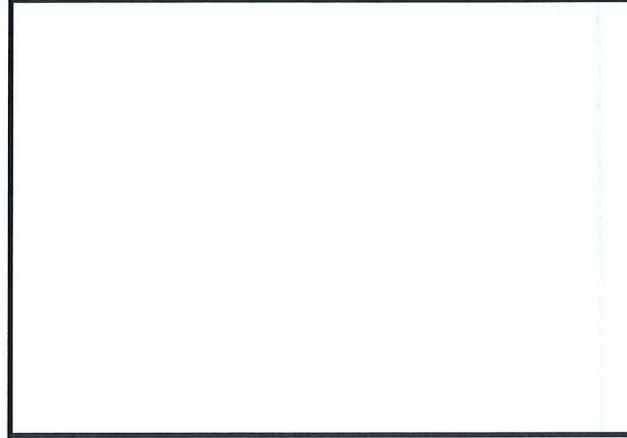
i 引張応力評価

引張応力が，許容引張応力以下であることを確認する。

(二) ピン(⑤)

i せん断応力評価

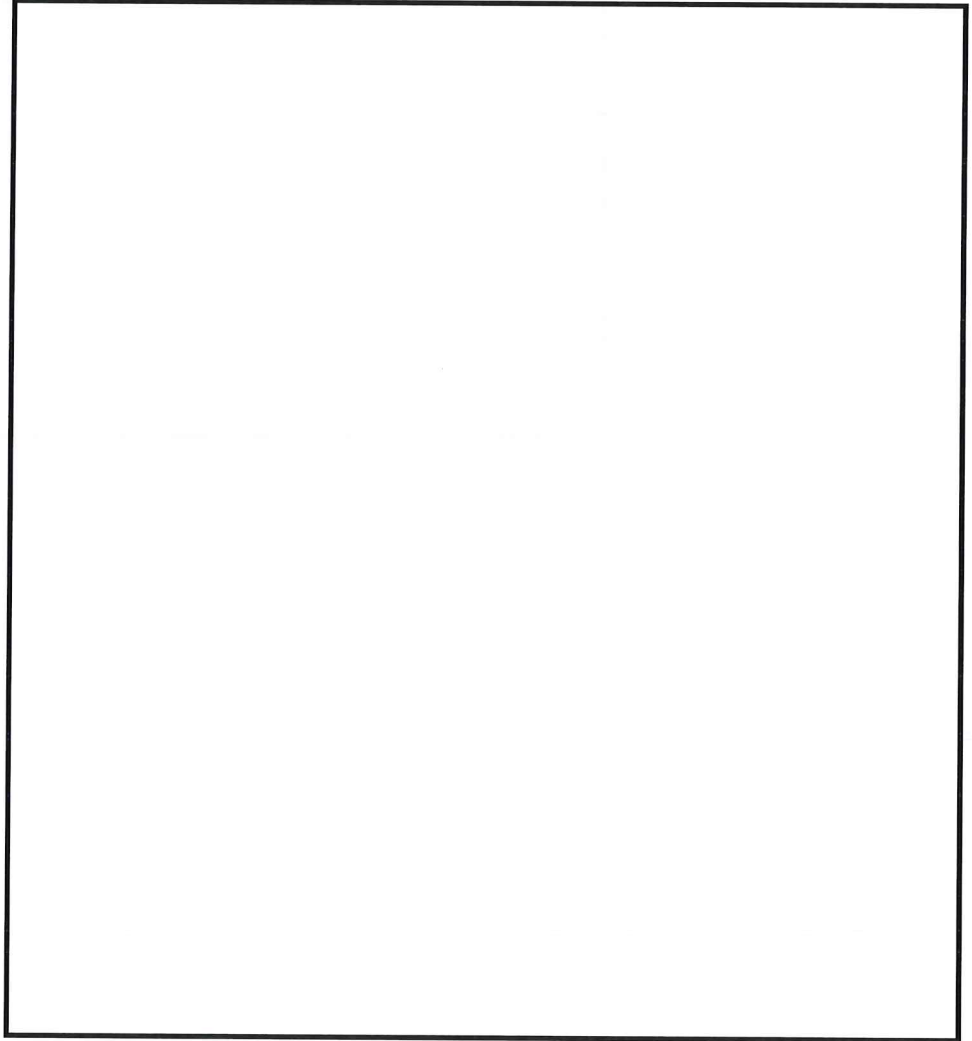
せん断応力が、許容せん断応力以下であることを確認する。



(ホ) コネクティングチューブ(⑥)

i 圧縮応力評価

圧縮応力が、許容圧縮応力以下であることを確認する。



(へ) ケース, ベアリング押え及び六角ボルト(⑦)

i ケース

(i) 引張応力評価

引張応力が, 許容引張応力以下であることを確認する。

(ii) せん断応力評価

せん断応力が, 許容せん断応力以下であることを確認する。

(iii) 支圧応力評価

支圧応力が, 許容支圧応力以下であることを確認する。

ii ベアリング押え

(i) せん断応力評価

せん断応力が，許容せん断応力以下であることを確認する。

(ii) 支圧応力評価

支圧応力が，許容支圧応力以下であることを確認する。

iii 六角ボルト

(i) 引張応力評価

引張応力が，許容引張応力以下であることを確認する。

(ト) イーヤ(⑧)

i 引張応力評価

引張応力が，許容引張応力以下であることを確認する。

ii せん断応力評価

せん断応力が，許容せん断応力以下であることを確認する。

iii 支圧応力評価

支圧応力が，許容支圧応力以下であることを確認する。

(チ) ユニバーサルボックス (⑨)

i 引張応力評価

引張応力が，許容引張応力以下であることを確認する。

ii せん断応力評価

せん断応力が，許容せん断応力以下であることを確認する。

iii 支圧応力評価

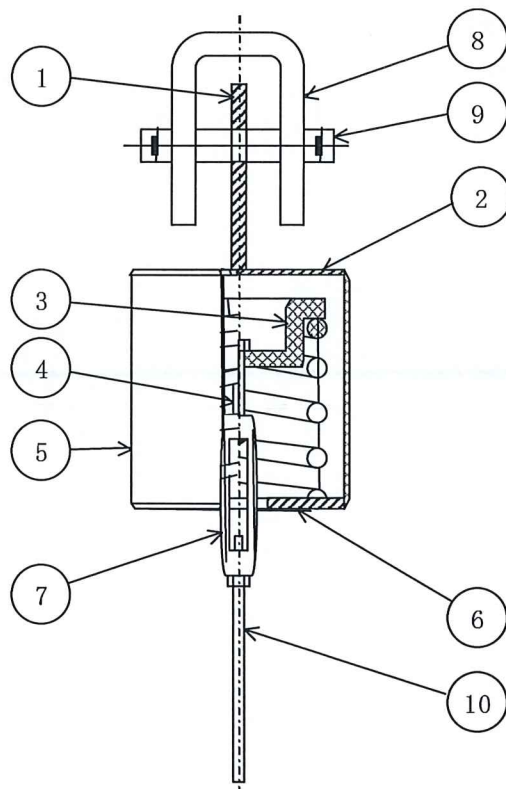
支圧応力が，許容支圧応力以下であることを確認する。

(d) スプリングハンガ

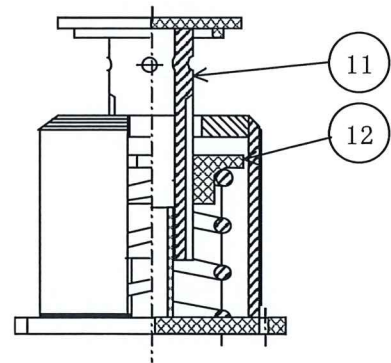
応力評価は、次の強度部材の最弱部に発生するせん断応力、引張応力(又は圧縮応力)及び支圧応力を次の計算式により算出し、許容応力以下であることを確認する。

イ. 強度部材

- ①イーヤ
- ②上ブタ
- ③ばね座 (吊り型)
- ④ハンガロッド
- ⑤ケース
- ⑥下ブタ
- ⑦ターンバックル
- ⑧クレビス
- ⑨ピン
- ⑩ロッド
- ⑪ロードコラム
- ⑫ばね座 (置き型)



吊り型



置き型

ロ. 各部材の評価式

(イ) イーヤ(①)

i 穴部

(i) 引張応力評価

引張応力が，許容引張応力以下であることを確認する。

(ii) せん断応力評価

せん断応力が，許容せん断応力以下であることを確認する。

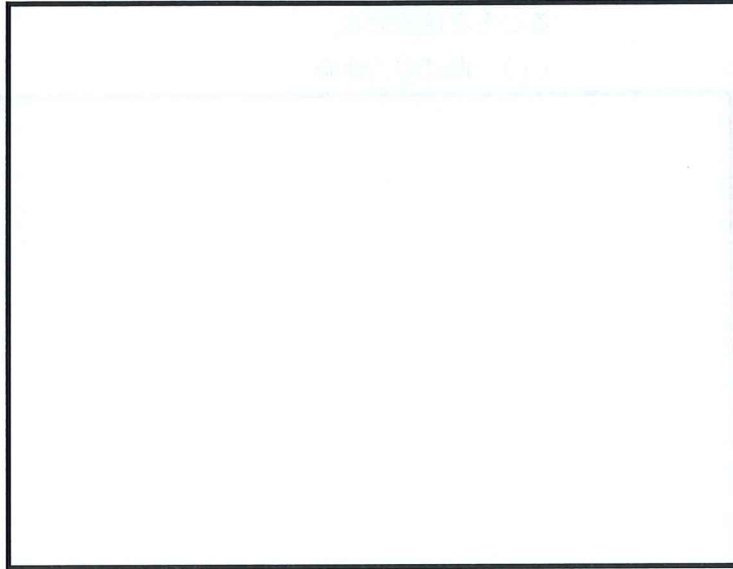
(iii) 支圧応力評価

支圧応力が，許容支圧応力以下であることを確認する。

ii 溶接部

(i) せん断応力評価

せん断応力が，許容せん断応力以下であることを確認する。



K7 ① V-2-1-12 R0

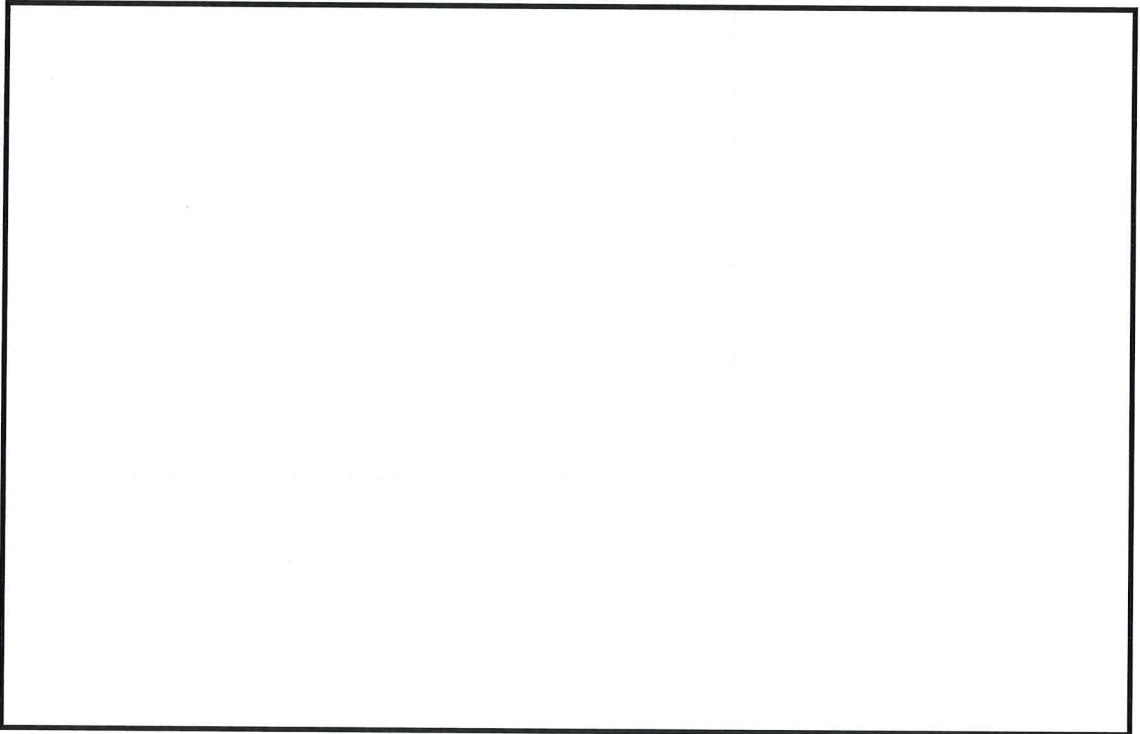


(ロ) 上ブタ(②)

i 本体

上部カバーに発生する曲げ応力を算出し、算出結果が許容曲げ応力値以下であることを確認する。

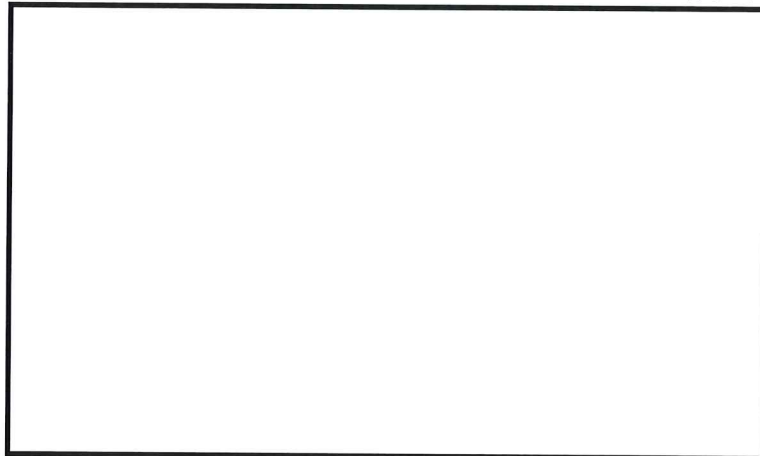
(i) 曲げ応力評価



ii 溶接部

(i) せん断応力評価

せん断応力が、許容せん断応力以下であることを確認する。



(ハ) ばね座 (吊り型) (③)

i 曲げ応力評価

曲げ応力が、許容曲げ応力以下であることを確認する。

ii せん断応力評価

せん断応力が、許容せん断応力以下であることを確認する。

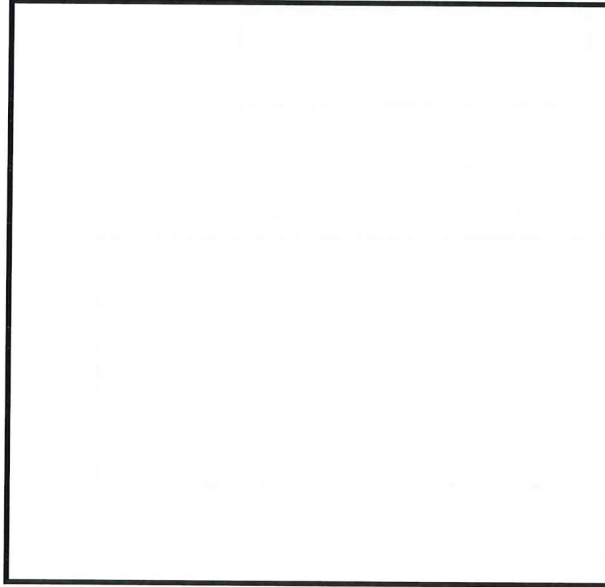
iii 引張応力評価

引張応力が、許容引張応力以下であることを確認する。

(二) ハンガロッド(④)

i 引張応力評価

引張応力が、許容引張応力以下であることを確認する。



(ホ) ケース (⑤)

i 引張応力評価

引張応力が、許容引張応力以下であることを確認する。

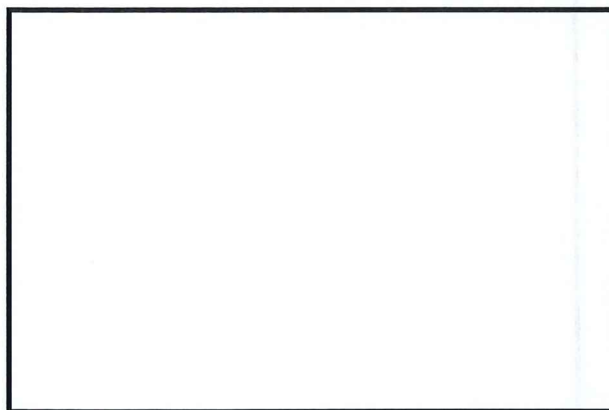


(へ) 下ブタ (⑥)

i 本体

(i) 曲げ応力評価

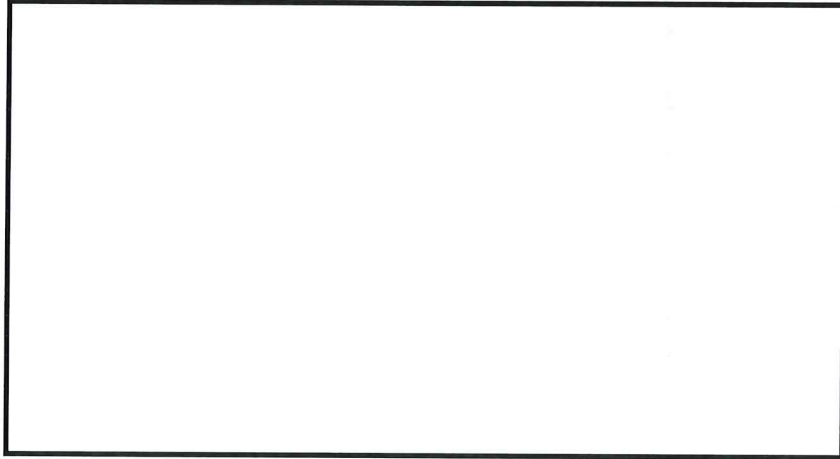
曲げ応力が、許容曲げ応力以下であることを確認する。



ii 溶接部

(i) せん断応力評価

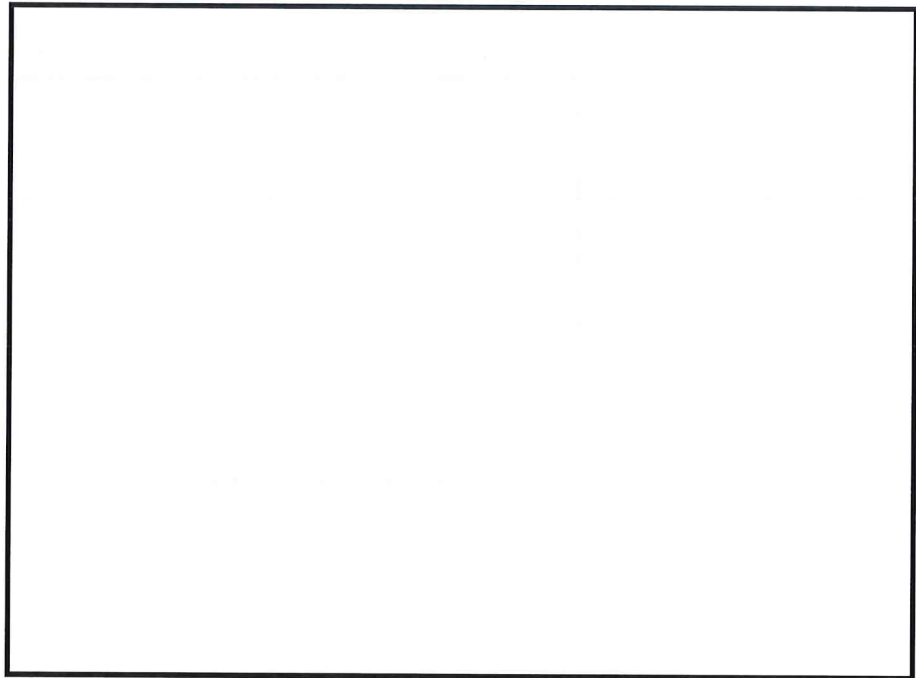
せん断応力が，許容せん断応力以下であることを確認する。



(ト) ターンバックル(㉞)

i 引張応力評価

引張応力が，許容引張応力以下であることを確認する。



(チ) クレビス(⑧)

i 本体

(i) 引張応力評価

引張応力が，許容引張応力以下であることを確認する。



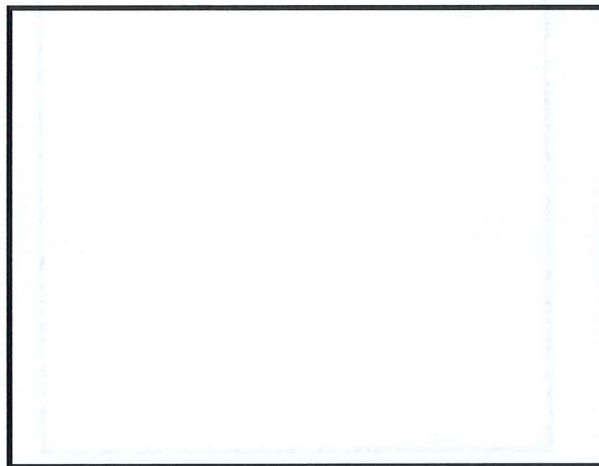
(ii) せん断応力評価

せん断応力が，許容せん断応力以下であることを確認する。



(iii) 支圧応力評価

支圧応力が，許容支圧応力以下であることを確認する。



ii 溶接部

(i) せん断応力評価

せん断応力が，許容せん断応力以下であることを確認する。



(リ) ピン(⑨)

i 曲げ応力評価

曲げ応力が，許容曲げ応力以下であることを確認する。



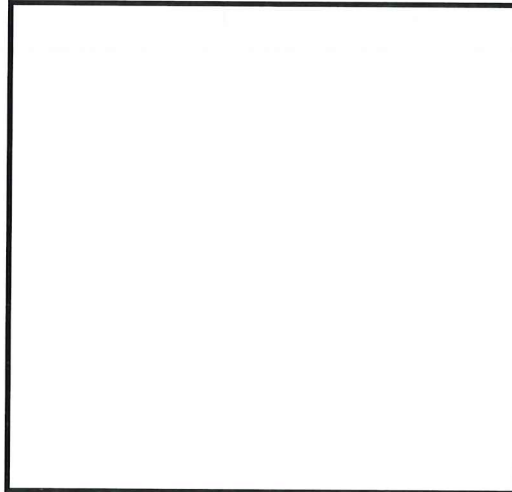
ii せん断応力評価

せん断応力が，許容せん断応力以下であることを確認する。



iii 組合せ応力評価

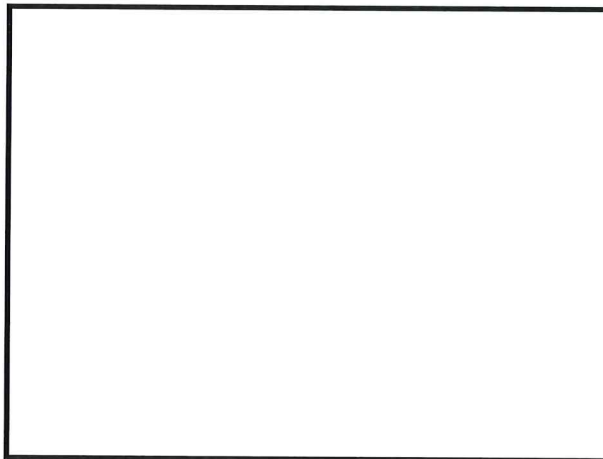
組合せ応力が，許容組合せ応力以下であることを確認する。



(ヌ) ロッド(⑩)

i 引張応力評価

引張応力が，許容引張応力以下であることを確認する。



(ル) ロードコラム(⑩)

i 圧縮応力評価

圧縮応力が、許容圧縮応力以下であることを確認する。

許容圧縮応力

(ヲ) ばね座 (置き型) (⑫)

i 曲げ応力評価

曲げ応力が，許容曲げ応力以下であることを確認する。

ii せん断応力評価

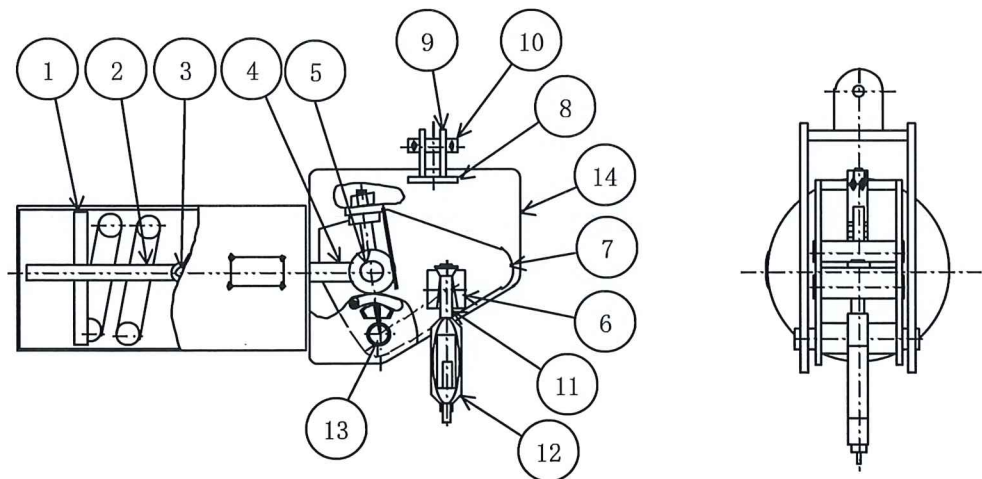
せん断応力が，許容せん断応力以下であることを確認する。

(e) コンスタントハンガ

応力評価は、次の強度部材の最弱部に発生するせん断応力、引張応力(又は圧縮応力)及び支圧応力を次の計算式により算出し、許容応力以下であることを確認する。

イ. 強度部材

- ①ばね座
- ②テンションロッド
- ③テンションロッドピン
- ④リンクプレート
- ⑤アジャストピン
- ⑥ロードブロックピン
- ⑦回転アーム
- ⑧アッパープレート
- ⑨イーヤ
- ⑩ピン
- ⑪ハンガロッド
- ⑫ターンバックル
- ⑬メインピン
- ⑭フレーム

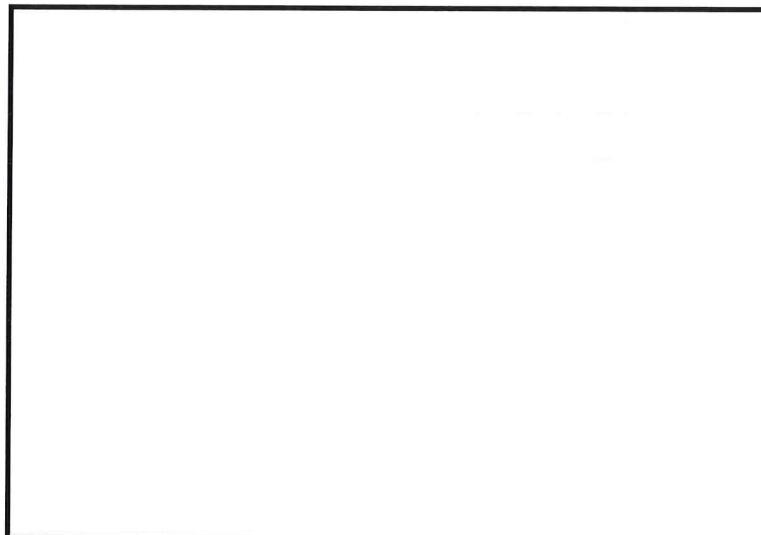


ロ. 各部材の評価式

(イ) ばね座(①)

i 曲げ応力評価

曲げ応力が，許容曲げ応力以下であることを確認する。

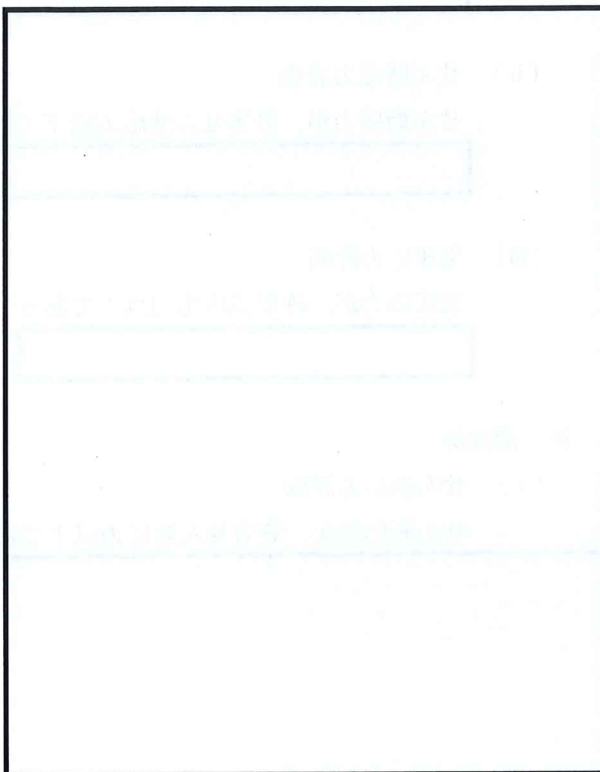


(ロ) テンションロッド(②)

i 本体

(i) 引張応力評価

引張応力が、許容引張応力以下であることを確認する。



K7 ① V-2-1-12 R0

ii 穴部

(i) 引張応力評価

引張応力が，許容引張応力以下であることを確認する。

(ii) せん断応力評価

せん断応力が，許容せん断応力以下であることを確認する。

(iii) 支圧応力評価

支圧応力が，許容支圧応力以下であることを確認する。

iii 溶接部

(i) せん断応力評価

せん断応力が，許容せん断応力以下であることを確認する。

(ハ) テンションロッドピン(③)

i 曲げ応力評価

曲げ応力が，許容曲げ応力以下であることを確認する。

ii せん断応力評価

せん断応力が，許容せん断応力以下であることを確認する。

iii 組合せ応力評価

組合せ応力が，許容組合せ応力以下であることを確認する。

(二) リンクプレート(④)

i テンションロッド側穴部

(i) 引張応力評価

引張応力が、許容引張応力以下であることを確認する。

(ii) せん断応力評価

せん断応力が、許容せん断応力以下であることを確認する。

(iii) 支圧応力評価

支圧応力が、許容支圧応力以下であることを確認する。

ii アジャストピン側穴部

(i) 引張応力評価

引張応力が、許容引張応力以下であることを確認する。

(ii) せん断応力評価

せん断応力が、許容せん断応力以下であることを確認する。

(iii) 支圧応力評価

支圧応力が、許容支圧応力以下であることを確認する。

(ホ) アジャストピン(⑤)

i 曲げ応力評価

曲げ応力が、許容曲げ応力以下であることを確認する。



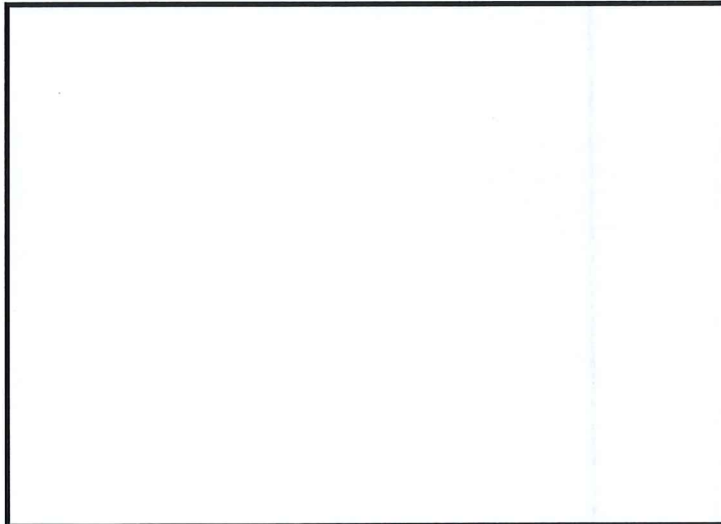
ii せん断応力評価

せん断応力が、許容せん断応力以下であることを確認する。



iii 組合せ応力評価

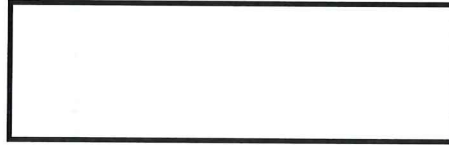
組合せ応力が、許容組合せ応力以下であることを確認する。



(へ) ロードブロックピン(⑥)

i 曲げ応力評価

曲げ応力が，許容曲げ応力以下であることを確認する。



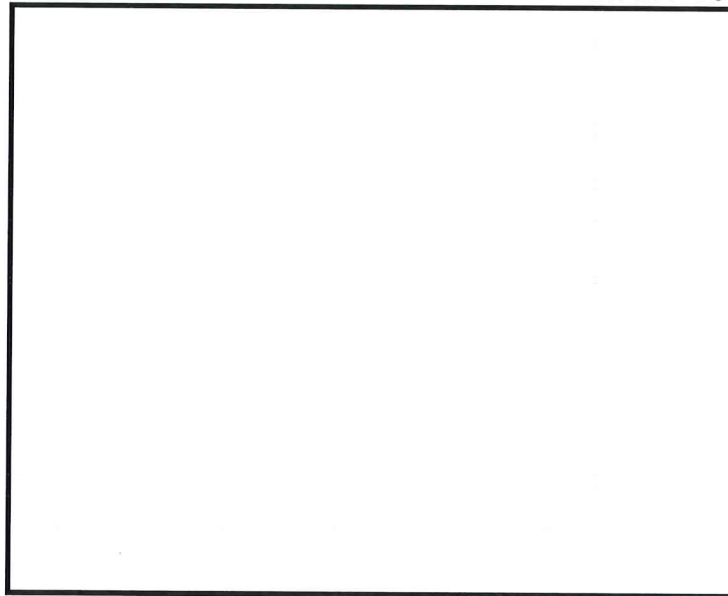
ii せん断応力評価

せん断応力が，許容せん断応力以下であることを確認する。



iii 組合せ応力評価

組合せ応力が，許容組合せ応力以下であることを確認する。



(ト) 回転アーム(⑦)

i 引張応力評価

引張応力が、許容引張応力以下であることを確認する。

ii せん断応力評価

せん断応力が、許容せん断応力以下であることを確認する。

iii 支圧応力評価

支圧応力が、許容支圧応力以下であることを確認する。

(チ) アッププレート(⑧)

i 本体

(i) 曲げ応力評価

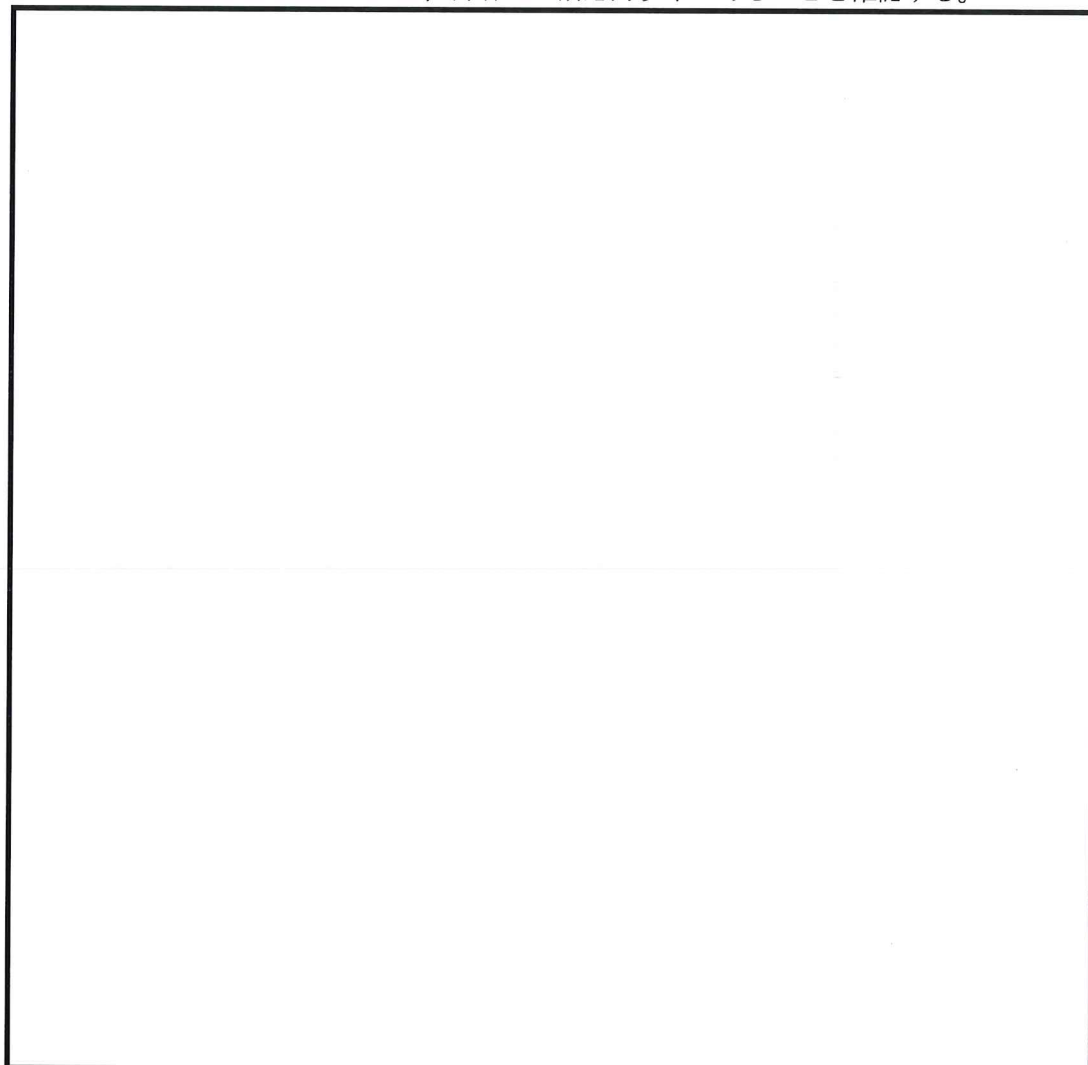
曲げ応力が、許容曲げ応力以下であることを確認する。



ii 溶接部

(i) せん断応力評価

せん断応力が、許容せん断応力以下であることを確認する。



(リ) イーヤ(⑨)

i 穴部

(i) 引張応力評価

引張応力が，許容引張応力以下であることを確認する。

(ii) せん断応力評価

せん断応力が，許容せん断応力以下であることを確認する。

(iii) 支圧応力評価

支圧応力が，許容支圧応力以下であることを確認する。

ii 溶接部

(i) せん断応力評価

せん断応力が，許容せん断応力以下であることを確認する。

(ヌ) ピン(⑩)

i 曲げ応力評価

曲げ応力が，許容曲げ応力以下であることを確認する。



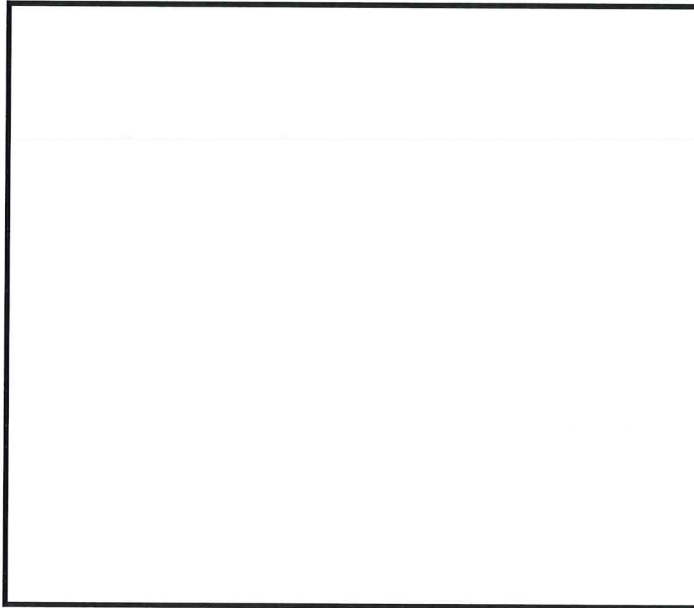
ii せん断応力評価

せん断応力が，許容せん断応力以下であることを確認する。



iii 組合せ応力評価

組合せ応力が，許容組合せ応力以下であることを確認する。



(ル) ハンガロッド(Ⅱ)

i 引張応力評価

引張応力が、許容引張応力以下であることを確認する。

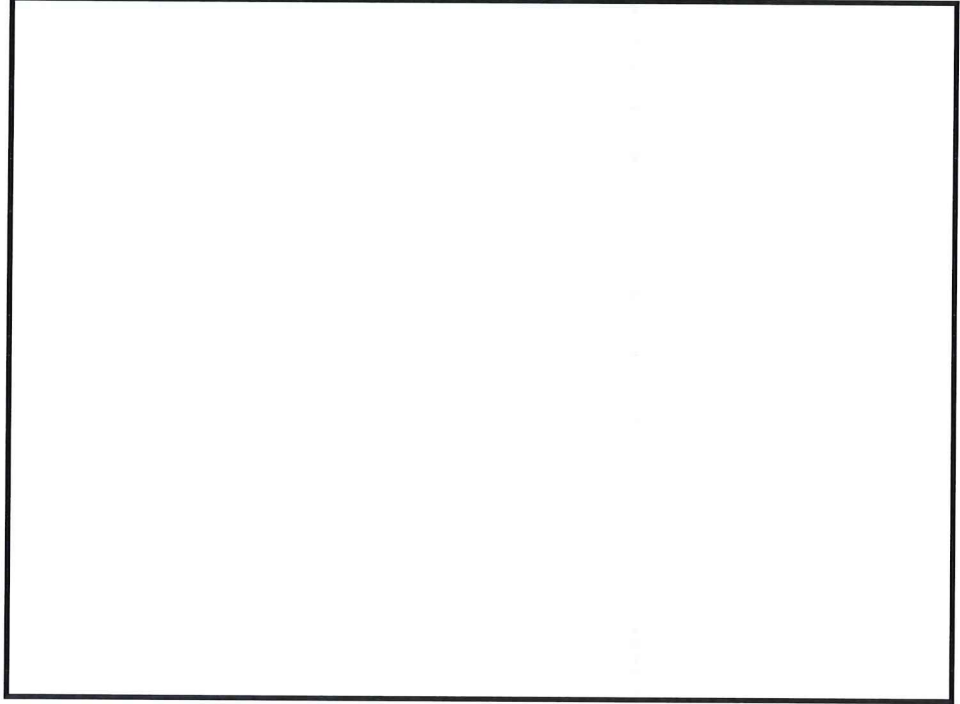


K7 ① V-2-1-12 R0

(ヲ) ターンバックル(12)

i 引張応力評価

引張応力が、許容引張応力以下であることを確認する。



(ワ) メインピン(⑬)

i 曲げ応力評価

曲げ応力が，許容曲げ応力以下であることを確認する。



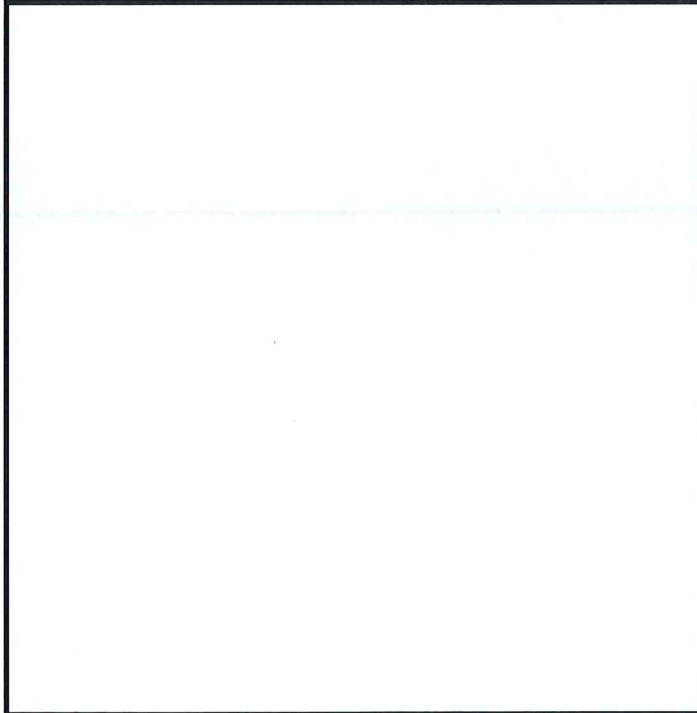
ii せん断応力評価

せん断応力が，許容せん断応力以下であることを確認する。



iii 組合せ応力評価

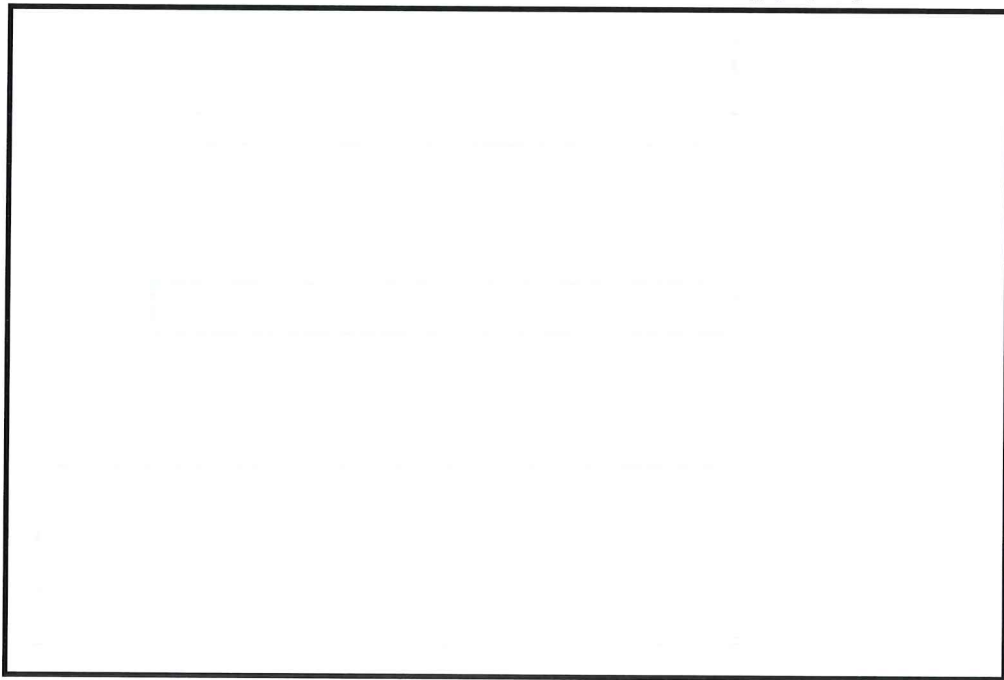
組合せ応力が，許容組合せ応力以下であることを確認する。



(カ) フレーム(14)

i せん断応力評価

せん断応力が、許容せん断応力以下であることを確認する。

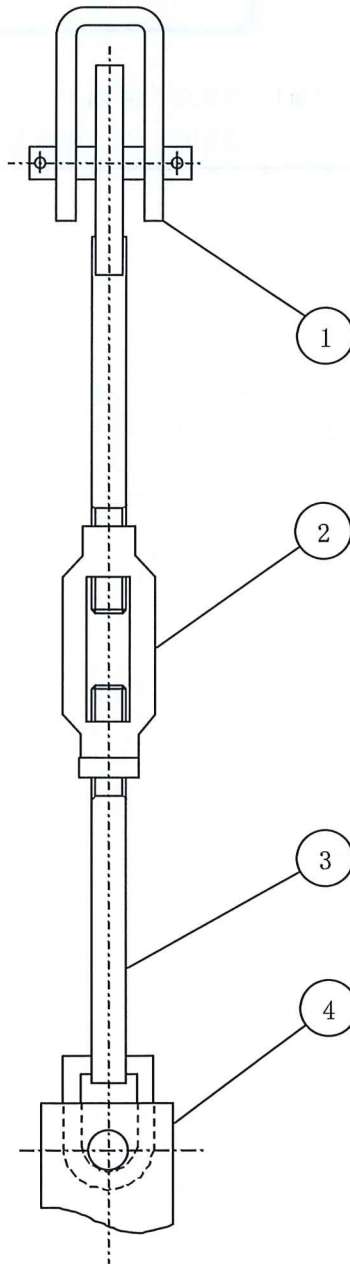


(f) リジットハンガ

応力評価は、次の強度部材の最弱部に発生するせん断応力、引張応力（又は圧縮応力）及び支圧応力を次の計算式により算出し、許容応力以下であることを確認する。

イ. 強度部材

- ①クレビスブラケット
- ②ターンバックル
- ③アイボルト
- ④クランプ



ロ. 各部材の評価式

(イ) クレビスブラケット(①)及びクランプ(④)

i 本体

(i) 引張応力評価

引張応力が、許容引張応力以下であることを確認する。

(ii) せん断応力評価

せん断応力が、許容せん断応力以下であることを確認する。

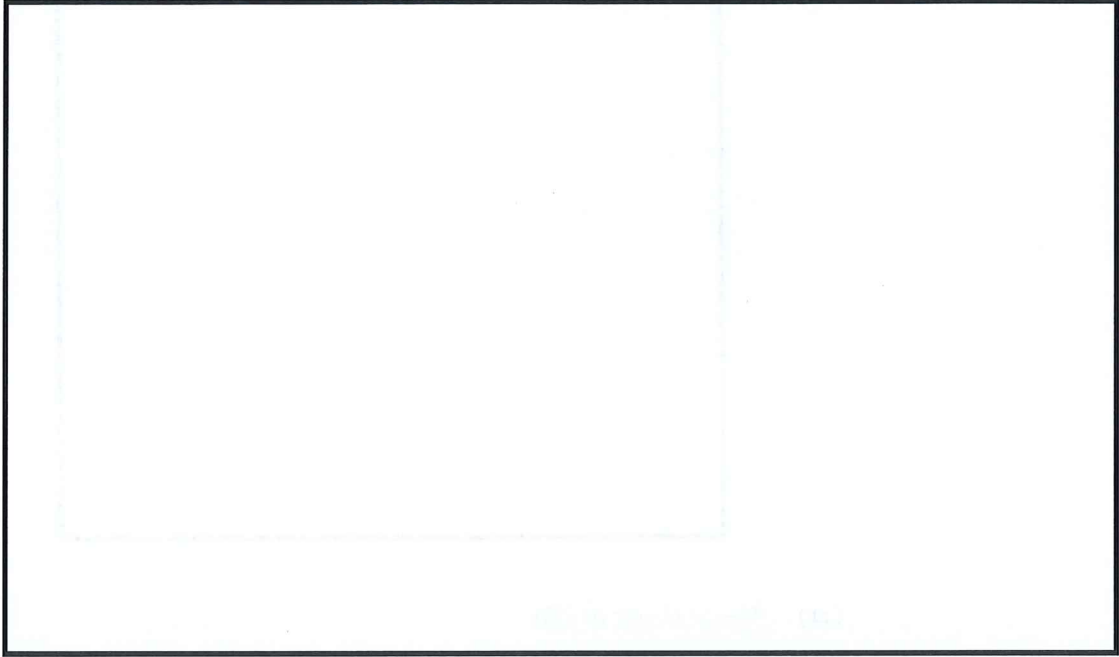
(iii) 支圧応力評価

支圧応力が、許容支圧応力以下であることを確認する。

ii 溶接部

(i) せん断応力評価

せん断応力が，許容せん断応力以下であることを確認する。



iii ピン

(i) 曲げ応力評価

曲げ応力が，許容曲げ応力以下であることを確認する。



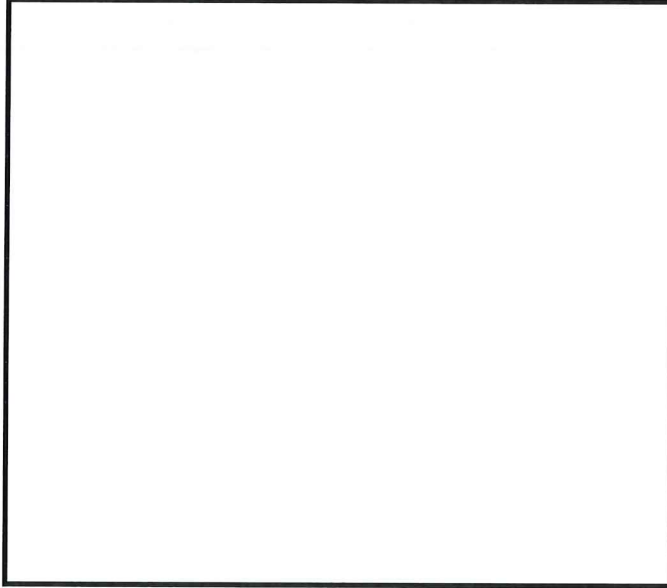
(ii) せん断応力評価

せん断応力が，許容せん断応力以下であることを確認する。



(iii) 組合せ応力評価

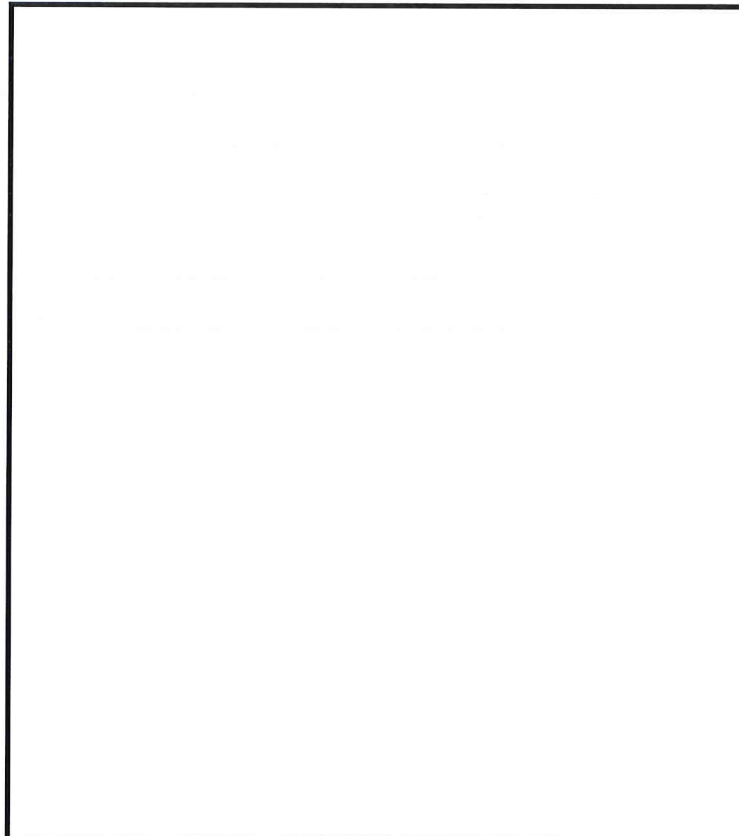
組合せ応力が，許容組合せ応力以下であることを確認する。



(ロ) ターンバックル(②)

i 引張応力評価

引張応力が，許容引張応力以下であることを確認する。



(ハ) アイボルト(③)

i 穴部

(i) 引張応力評価

引張応力が、許容引張応力以下であることを確認する。

(ii) せん断応力評価

せん断応力が、許容せん断応力以下であることを確認する。

(iii) 支圧応力評価

支圧応力が、許容支圧応力以下であることを確認する。

ii ボルト部

(i) 引張応力評価

引張応力が、許容引張応力以下であることを確認する。

4.4 支持架構及び付属部品の設計

4.4.1 概要

配管系の支持架構及び付属部品(ラグ, Uボルト等)は, 配管系の支持点荷重から求まる支持構造物に生じる応力と使用材料により定まる許容応力の比較による応力評価, 又は最大使用荷重と支持点荷重の比較による荷重評価により設計する。

支持架構は, 上記応力評価によるほか, 特に機器配置, 保守点検上の配慮などを考慮して設計する必要があるため, その形状は多種多様である。支持架構の代表構造例を図 4-1 に示す。

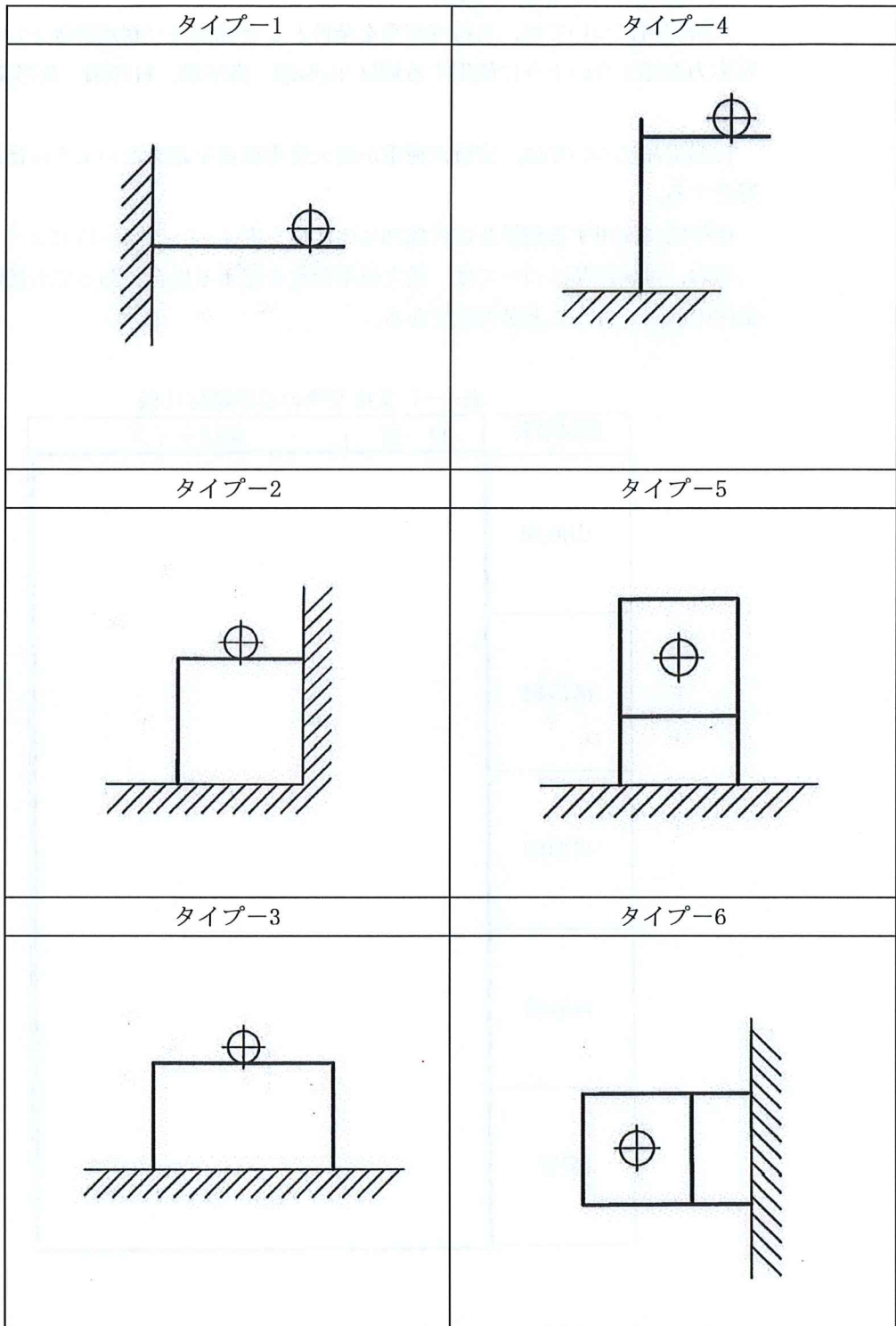


図 4-1 支持架構の代表構造例

4.4.2 支持架構及び付属部品の選定

支持架構については、支持点荷重を条件とした強度及び耐震評価を行い、発生応力が許容応力を超えないように使用する鋼材(山形鋼, 溝形鋼, H形鋼, 角形鋼, 鋼管等)を決定する。

付属部品については、支持点荷重が最大使用荷重を超えないように使用する付属部品を選定する。

標準的に使用する鋼材及び付属部品の仕様を表4-7～表4-11に示す。

なお、付属部品については、最大使用荷重を超える場合であっても個別の評価により健全性の確認を行うことが可能である。

表4-7 支持架構の標準鋼材仕様

鋼材名称	材 質	鋼材サイズ
山形鋼		
溝形鋼		
H形鋼		
角形鋼		
鋼管		

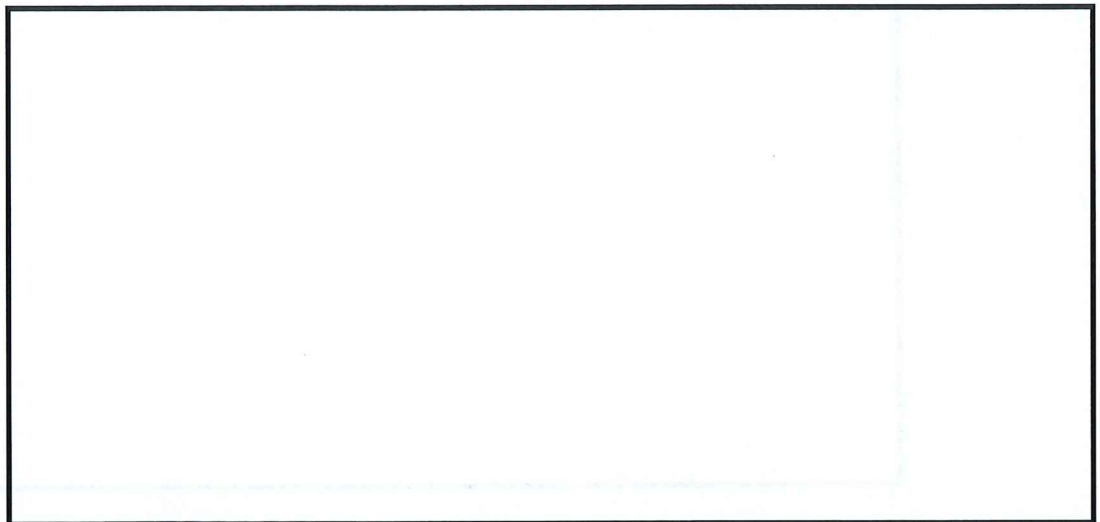
表 4-8 標準ラグの選定表

型式番号	最大使用荷重 (N)	
	F_x	F_v
LU-100		
LU-150		
LU-250		
LU-450		
LU-600		
LU-800		
LU-1000		
LU-1350		

表 4-9 標準ラグの主要寸法 (mm)

型式番号*	W	L	H	t
LU-100				
LU-150				
LU-250				
LU-450				
LU-600				
LU-800				
LU-1000				
LU-1350				

注記* : 材料は, を使用



K7 ① V-2-1-12 R0

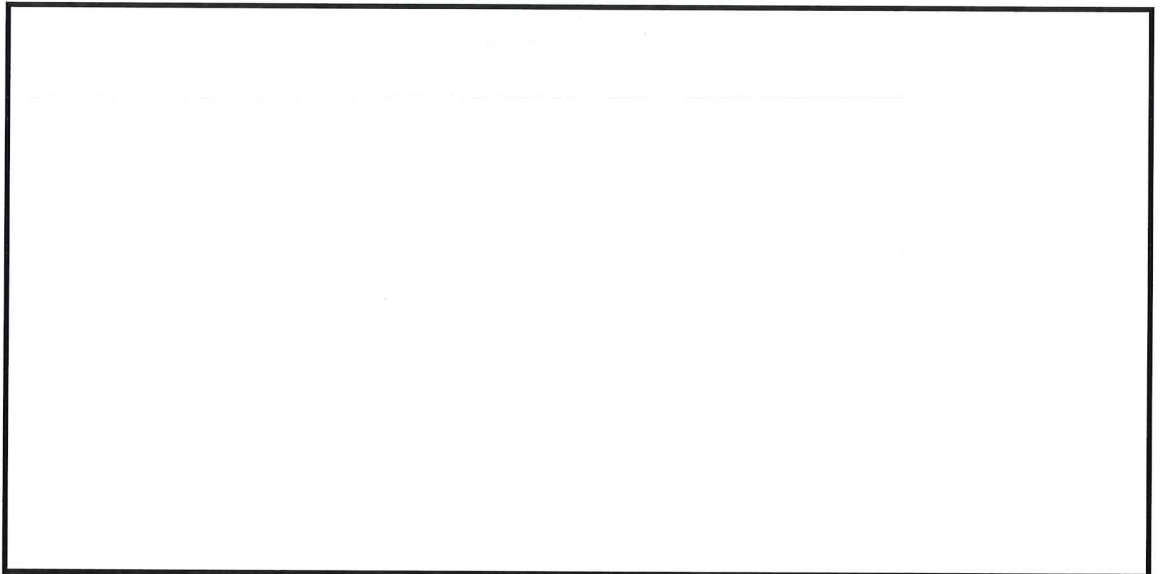
表 4-10 標準Uボルトの選定表

型式番号	呼び径	ボルト サイズ	最大使用荷重 (N)	
			P _V	P _H
UN-80	80A			
UN-90	90A			
UN-100	100A			
UN-125	125A			
UN-150	150A			
UN-200	200A			
UN-250	250A			

表 4-11 標準Uボルト主要寸法 (mm)

型式番号*	タイプ	B	W	d	h	t	t _f	t _w
UN-80	I							
UN-90	I							
UN-100	I							
UN-125	I							
UN-150	II							
UN-200	II							
UN-250	II							

注記* : 材料は, (ボルト部, タイプIIサドル部) , (タイプIサドル部) を使用



4.4.3 支持架構及び付属部品の使用材料

設計・建設規格の適用を受ける箇所に使用する材料は、設計・建設規格 付録材料図表 Part1 に従うものとする。ただし、ラグの材料は当該配管に適用する材料とする。

4.4.4 支持架構及び付属部品の強度及び耐震評価方法

支持架構及び付属部品の強度及び耐震評価の方法を以下に示す。

(1) 許容応力

許容応力は、設計・建設規格及び J E A G 4 6 0 1 に基づくものとする。

許容応力状態に対する許容応力を表 4-12 に示す。

表 4-12 各許容応力状態の許容応力^{*7 *8}

許容応力 状態	一次応力						一次+二次応力				
	引張	せん断	圧縮	曲げ	支圧	組合せ ^{*5}	引張 圧縮	せん断	曲げ	支圧	座屈
I _A , II _A	f_t	f_s	f_c	f_b	f_p	f_t	$3 \cdot f_t$	$3 \cdot f_s$ ^{*1}	$3 \cdot f_b$	$1.5 \cdot f_p$ ^{*3}	$1.5 \cdot f_s$ ^{*3} 又は $1.5 \cdot f_c$
III _A S	$1.5 \cdot f_t$	$1.5 \cdot f_s$	$1.5 \cdot f_c$	$1.5 \cdot f_b$	$1.5 \cdot f_p$	$1.5 \cdot f_t$	$3 \cdot f_t$ ^{*6}	$3 \cdot f_s$ ^{*1, *6}	$3 \cdot f_b$ ^{*2, *6}	$1.5 \cdot f_p$ ^{*4}	$1.5 \cdot f_b$ ^{*2, *4} $1.5 \cdot f_s$ 又は $1.5 \cdot f_c$
IV _A S	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$	$1.5 \cdot f_c^*$	$1.5 \cdot f_b^*$	$1.5 \cdot f_p^*$	$1.5 \cdot f_t^*$				$1.5 \cdot f_p^*$ ^{*4}	

注記*1 : すみ肉溶接部にあつては、最大応力に対して $1.5 \cdot f_s$ とする。

*2 : 設計・建設規格 SSB-3121.1(4)a. により求めた f_b とする。

*3 : 応力の最大圧縮値について評価する。

*4 : 自重、熱等により常時作用する荷重に、地震による荷重を重ね合わせて得られる
応力の圧縮最大値について評価する。

*5 : 組合せ応力の許容応力は、設計・建設規格に基づく値とする。

*6 : 地震動のみによる応力振幅について評価する。

- *7 : 材料の許容応力を決定する場合の基準値Fは、設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8に定める値又は表9に定める値の0.7倍のいずれか小さい方の値とする。ただし、使用温度が40度を超えるオーステナイト系ステンレス鋼及び高ニッケル合金にあつては、設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8に定める値の1.35倍の値、表9に定める0.7倍の値又は室温における表8に定める値のいずれか小さい値とする。
- *8 : f_t^* , f_s^* , f_c^* , f_b^* , f_p^* は、 f_t , f_s , f_c , f_b , f_p の値を算出する際に設計・建設規格 SSB-3121.1(1)本文中「付録材料図表 Part5 表8に定める値」とあるのを「付録材料図表 Part5 表8に定める値の1.2倍の値」と読み替えて計算した値とする。

記号の説明

f_t	: 許容引張応力	支持構造物（ボルト等を除く）に対して設計・建設規格 SSB-3121.1(1)により規定される値 ボルト等に対しては設計・建設規格 SSB-3131(1)により規定される値
f_s	: 許容せん断応力	支持構造物（ボルト等を除く）に対して設計・建設規格 SSB-3121.1(2)により規定される値 ボルト等に対しては設計・建設規格 SSB-3131(2)により規定される値
f_c	: 許容圧縮応力	支持構造物（ボルト等を除く）に対して設計・建設規格 SSB-3121.1(3)により規定される値
f_b	: 許容曲げ応力	支持構造物（ボルト等を除く）に対して設計・建設規格 SSB-3121.1(4)により規定される値
f_p	: 許容支圧応力	支持構造物（ボルト等を除く）に対して設計・建設規格 SSB-3121.1(5)により規定される値

(2) 支持架構及び付属部品の強度計算式

a. 記号の定義

支持架構及び付属部品の強度計算に使用する記号は、下記のとおりとする。

(a) 支持架構

記号	定義	単位
f_t	許容引張応力	MPa
σ_t	引張(圧縮)応力	MPa
σ_b	曲げ応力	MPa
τ	せん断応力	MPa
σ	組合せ応力	MPa
A	引張(圧縮)に用いる断面積	mm ²
A_s	せん断応力計算に用いる断面積	mm ²
Z	曲げ応力計算に用いる断面係数	mm ³
N	引張(圧縮)方向荷重	N
Q	せん断方向荷重	N
M_o	曲げモーメント	N・mm

(b) ラグ

記号	定義	単位
σ_c	圧縮応力	MPa
τ	せん断応力	MPa
σ_b	曲げ応力	MPa
σ	組合せ応力	MPa
f_t	許容引張応力	MPa
A_c	圧縮応力計算に用いる断面積	mm ²
A_s	せん断応力計算に用いる断面積	mm ²
Z	曲げ応力計算に用いる断面係数	mm ³
F_x	ラグに作用する荷重	N
F_y	ラグに作用する荷重	N
M_o	ラグに作用する曲げモーメント	N・mm
L	ラグの長さ	mm
t	ラグの板厚	mm

(c) Uボルト

記号	定義	単位
σ_t	引張応力	MPa
σ_c	圧縮応力	MPa
σ_b	曲げ応力	MPa
τ	せん断応力	MPa
σ	組合せ応力	MPa
ρ_c	溶接部圧縮応力	MPa
ρ_b	溶接部曲げ応力	MPa
ρ_s	溶接部せん断応力	MPa
ρ	溶接部組合せ応力	MPa
f_t	許容引張応力	MPa
$W f_t$	溶接部許容引張応力	MPa
P_v, P_v'	Uボルトに作用する荷重	N
P_H	Uボルトに作用する荷重	N
h	鋼材取合い面からサドルと配管の接触面までの距離	mm
A_t	引張応力計算に用いる断面積	mm ²
A_c	圧縮応力計算に用いる断面積	mm ²
A_s	せん断応力計算に用いる断面積	mm ²
Z	曲げ応力計算に用いる断面係数	mm ³
$W A_c$	圧縮応力計算に用いる溶接部断面積	mm ²
$W A_s$	せん断応力計算に用いる溶接部断面積	mm ²
$W Z$	曲げ応力計算に用いる溶接部断面係数	mm ³

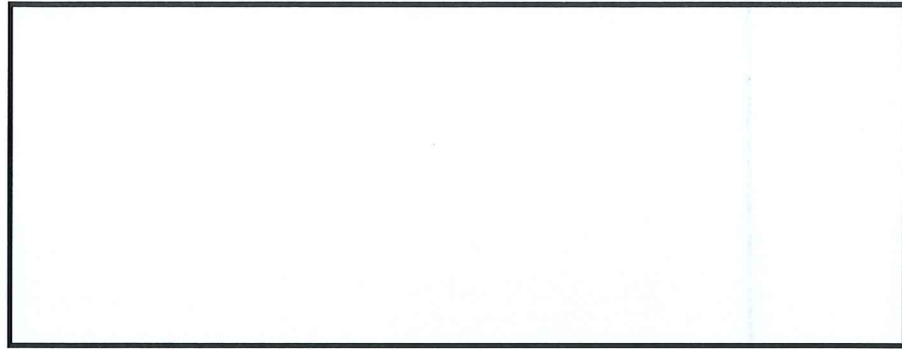
b. 強度計算式

支持架構及び付属部品の強度計算式を以下に示す。

なお、以下に示す強度及び耐震計算式は代表的な形状に対するものであり、記載のない形状についても、同様の計算式で計算できる。また、許容応力は、許容応力状態Ⅲ_ASにおける一次応力評価(組合せ)を例として記載したものであり、許容応力状態及び応力種別に応じて適切な許容応力を用いる。

(a) 支持架構

支持架構の引張(圧縮)・せん断・曲げ応力を生じる構造部分の応力は、次の計算式で計算できる。

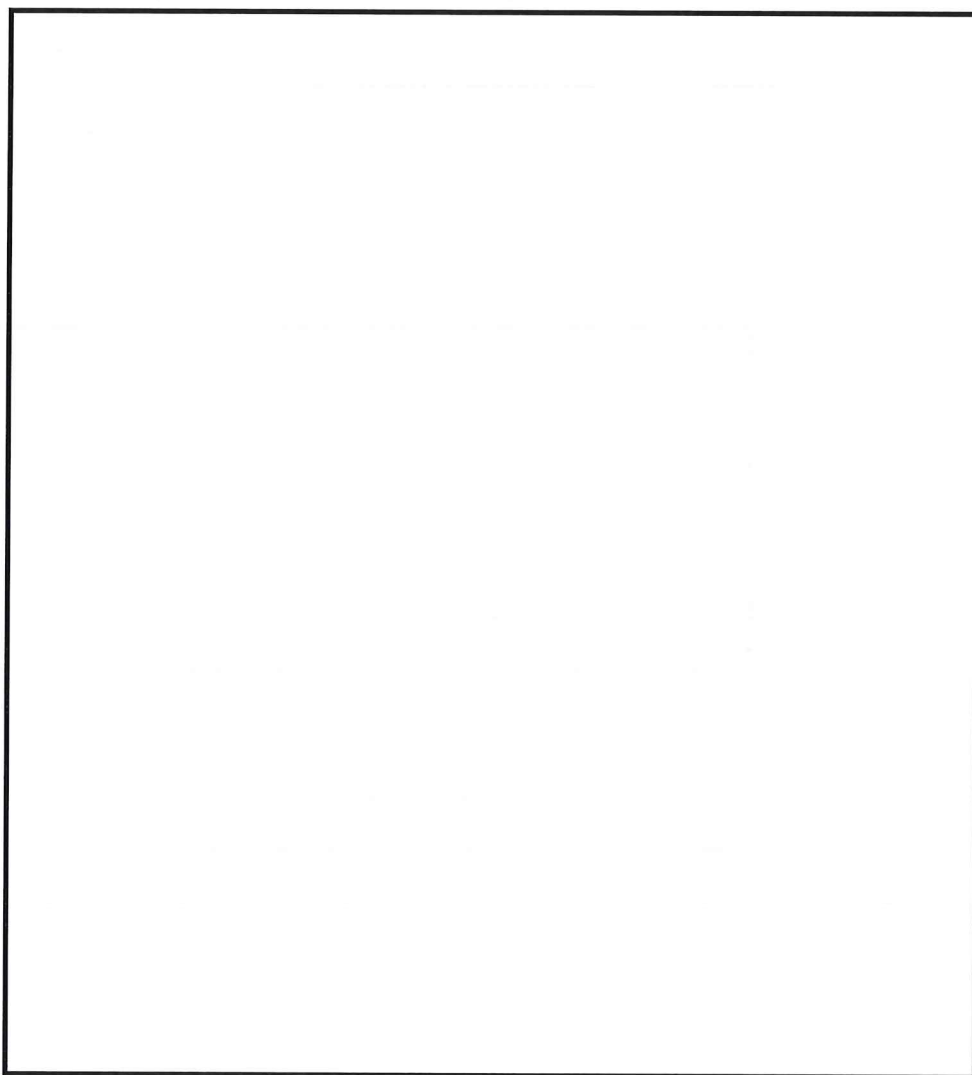


したがって、



(b) ラグ

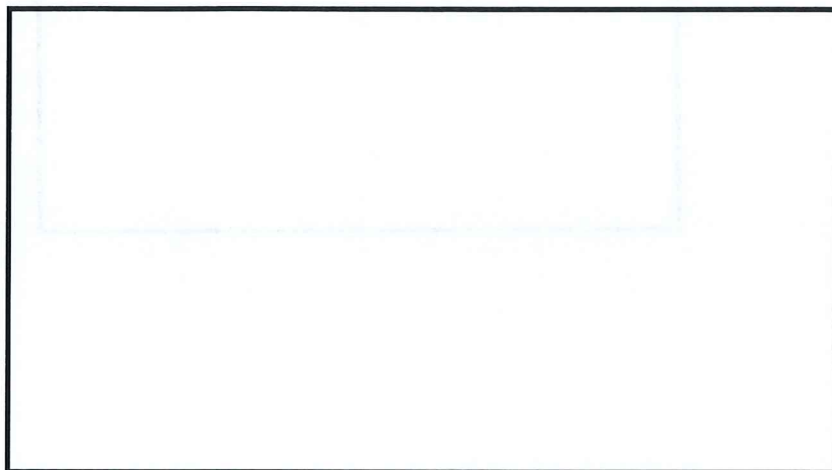
ラグ本体の圧縮・せん断・曲げ応力を算出し、算出結果が許容応力以内であることを確認する。



K7 ① V-2-1-12 R0

(c) Uボルト

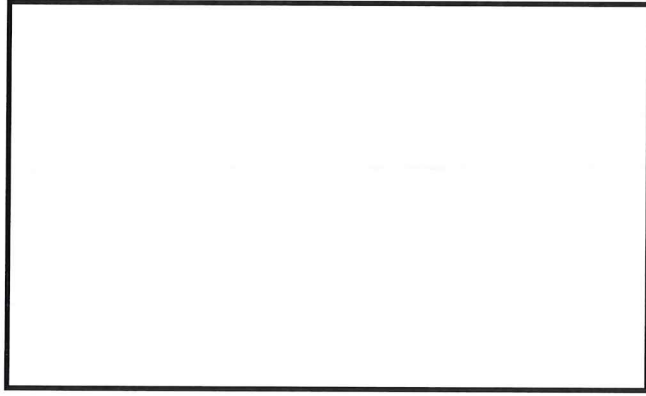
Uボルトには P_H と $P_V(P_V')$ が作用する。 P_V の場合はボルト部に引張力が生じ、 P_V' の場合はサドルに圧縮力が生じる。



P_H によりサドルに曲げモーメントとせん断力が生じ、また、A点におけるモーメントの釣合い式よりボルト部に引張力が生じる。これらの各荷重により発生する応力についてまとめると次式のようなになる。



K7 ① V-2-1-12 R0



4.5 埋込金物の設計

4.5.1 概要

埋込金物は、支持装置あるいは支持架構を建屋側に取り付けるためのもので、コンクリート打設前に埋め込まれるものとコンクリート打設後に設置されるものがある。

埋込金物の概略図、埋込金物の代表形状を図4-2及び図4-3に示す。

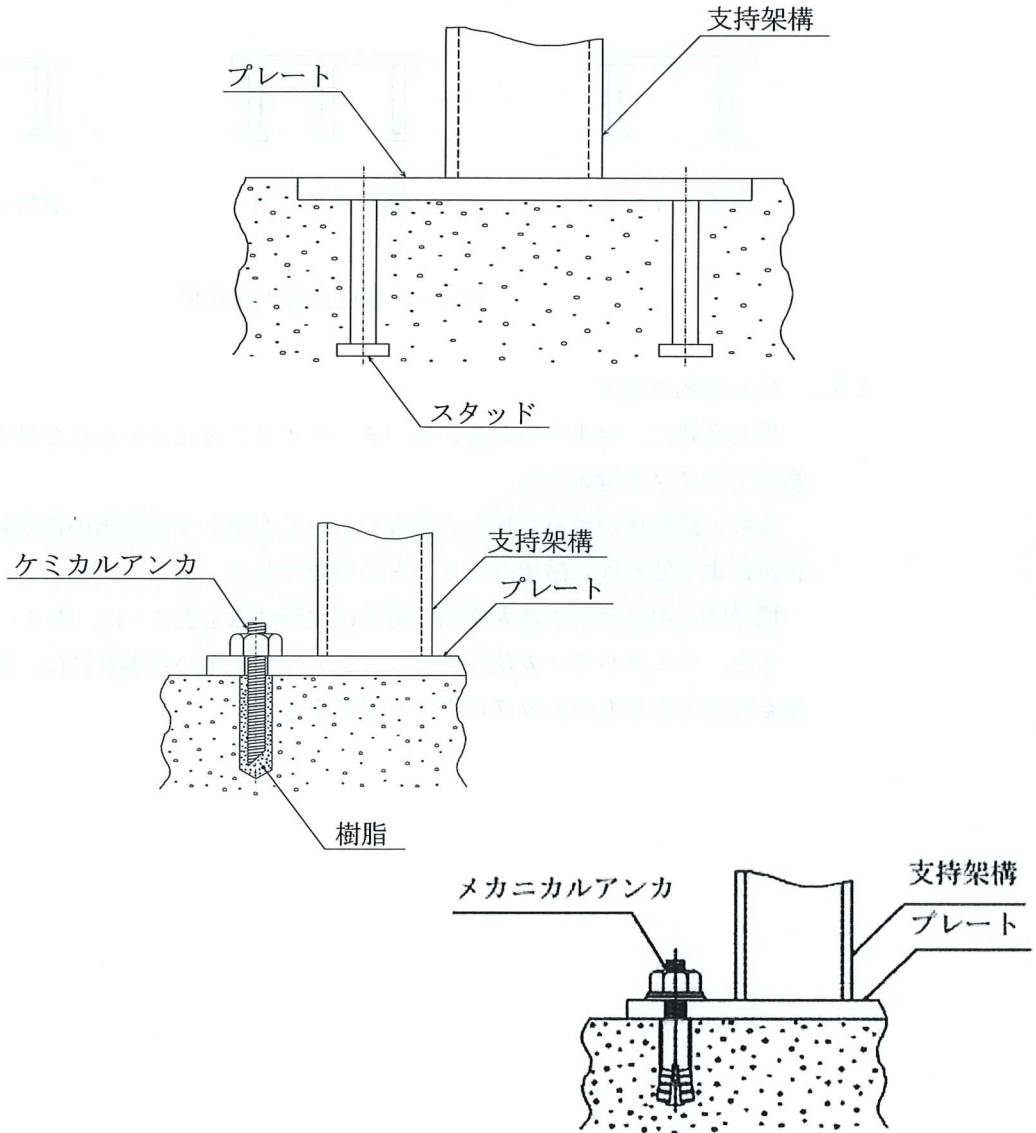


図4-2 埋込金物の概略図

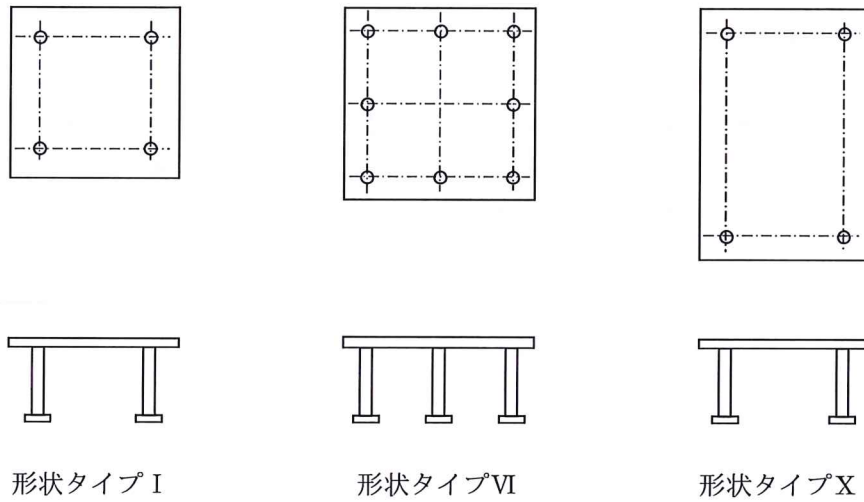


図 4-3 埋込金物の形状例

4.5.2 埋込金物の選定

埋込金物は、発生する荷重に基づき、タイプごとに定められた最大使用荷重を超えない範囲でタイプを選定する。

なお、最大使用荷重を超える場合であっても発生する荷重の作用状態による個別の強度評価により健全性の確認を行うことが可能である。

標準的な埋込金物の最大使用荷重及び主要寸法を表 4-13、表 4-14 に示す。

また、ケミカルアンカ及びメカニカルアンカを用いる場合には、使用箇所に発生する荷重を許容できるものをカタログから選定する。

表 4-13 標準埋込金物の最大使用荷重

タイプ	最大使用荷重 (kN)	
	引張荷重	せん断荷重
I		
VI		
X		

表 4-14 標準埋込金物の主要寸法

タイプ*	プレート			スタッド				
	長辺側の長さ B (mm)	短辺側の長さ W (mm)	板厚 t (mm)	外径		長さ L (mm)	本数 N	スタッドの間隔 c 長辺方向 (mm) × 短辺方向 (mm)
				d (mm)	D (mm)			
I								
VI								
X								

注記* : 材料は, (プレート), (スタッド) を使用

4.5.3 埋込金物の強度及び耐震評価方法

埋込金物の強度及び耐震評価の方法を以下に示す。

(1) 許容応力及び許容荷重

許容応力及び許容荷重は、J E A G 4 6 0 1に基づくものとする。

埋込金物における各許容応力状態に対する許容応力及び許容荷重を表4-15に示す。

表4-15 埋込金物における各許容応力状態の許容応力及び許容荷重

許容応力 状態	プレート	スタッド	コンクリート		
	曲げ・せん断 共存の応力	引張応力	引張荷重		せん断荷重
			シアコーン	支圧	
I _A , II _A	f_t	$2/3 \cdot S_y$	$(0.3 \cdot A_c \cdot F_c^{1/2})$	$(1/3 \cdot \alpha \cdot A_0 \cdot F_c)$	$(0.4 \cdot 0.5 \cdot A_b \cdot (E_c \cdot F_c)^{1/2})$
III _A S	$1.5 \cdot f_t^*$	S_y	$(0.45 \cdot A_c \cdot F_c^{1/2})$	$(2/3 \cdot \alpha \cdot A_0 \cdot F_c)$	$(0.6 \cdot 0.5 \cdot A_b \cdot (E_c \cdot F_c)^{1/2})$
IV _A S	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.2 \cdot S_y$	$(0.6 \cdot A_c \cdot F_c^{1/2})$	$(0.75 \cdot \alpha \cdot A_0 \cdot F_c)$	$(0.8 \cdot 0.5 \cdot A_b \cdot (E_c \cdot F_c)^{1/2})$

注1：コンクリートの圧縮応力が支配的の場合は圧縮応力について評価する。

注2：コンクリートの許容荷重は単位系の換算係数を用いて評価する。

注3：許容値を算出する設計温度は常温を使用するものとする。

注4：埋込金物の最大使用荷重は、プレート、スタッド及びコンクリートの評価のうち最も厳しい部位で決定する。

注5： f_t^* は、 f_t の値を算出する際に設計・建設規格 SSB-3121.1(1)本文中「付録材料図表 Part5 表8に定める値」とあるのを「付録材料図表 Part5 表8に定める値の1.2倍の値」と読み替えて計算した値とする。

記号の説明

f_t ：許容引張応力 支持構造物（ボルト等を除く）に対して設計・建設規格 SSB-3121.1(1)により規定される値

S_y ：設計降伏点 設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8に規定される値

$F_c, A_c, \alpha, A_0, E_c, A_b$ ：(2)項の記号の定義による

(2) 強度計算式

a. 記号の定義

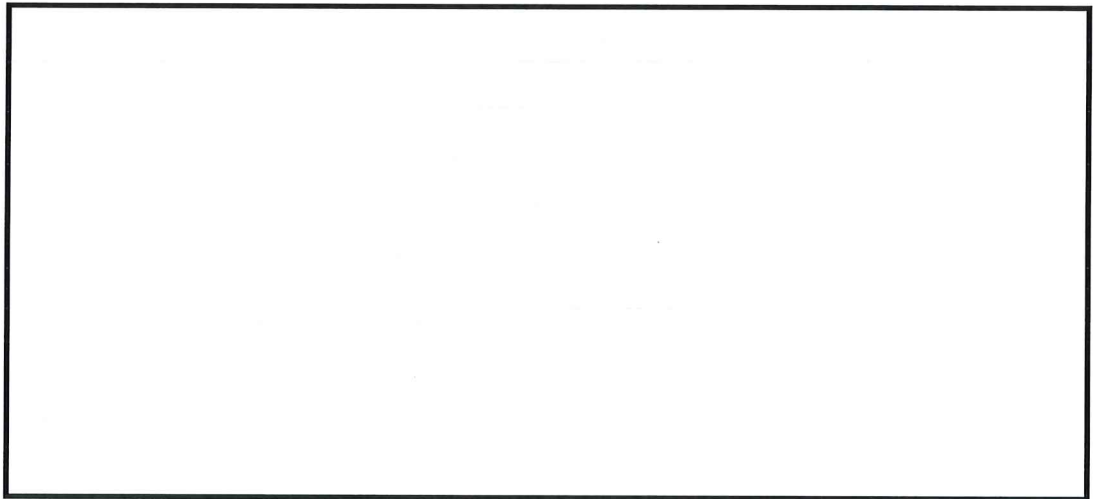
埋込金物の強度計算に使用する記号は、下記のとおりとする。

記号	定義	単位
P	発生荷重	N
b	プレート幅	mm
t	プレート厚さ	mm
A	プレートの断面積	mm ²
Z	プレートの断面係数	mm ³
c	スタッドの間隔	mm
σ	プレートの曲げ・せん断共存時の応力	MPa
f_t	許容引張応力	MPa
N	スタッドの本数	—
d	スタッド軸部の径	mm
A_b	スタッド軸部の断面積	mm ²
σ_t	スタッドの引張応力	MPa
S_y	スタッド鋼材の降伏点	MPa
q_a	スタッドとスタッド周辺のコンクリートが圧壊（複合破壊）する場合の埋込金物 1 枚当たりの許容せん断荷重	N
E_c	コンクリートのヤング係数	MPa
γ	コンクリートの気乾単位体積重量	kN/m ³
F_c	コンクリートの設計基準強度	MPa
p_{a1}	コンクリートの躯体がコーン破壊する場合の埋込金物 1 枚当たりの許容引張荷重	N
A_c	コンクリートのコーン状破壊面の有効投影面積	mm ²
p_{a2}	スタッド頭部のコンクリート部が支圧破壊する場合の埋込金物 1 枚当たりの許容引張荷重	N
D	スタッド頭部の径	mm
A_o	スタッド頭部の支圧面積	mm ²
α	支圧面積と有効投影面積から定まる係数	—

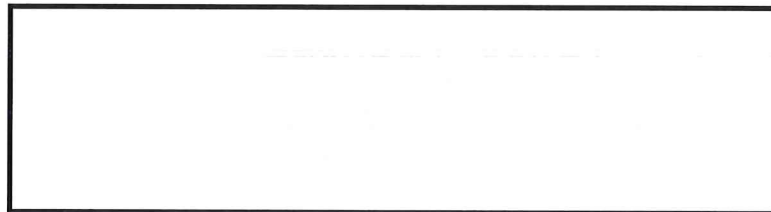
b. 強度計算式

埋込金物の強度計算式を以下に示す。


なお、以下に示す許容応力及び許容荷重は、許容応力状態Ⅲ_ASにおける評価を例として記載したものであり、各評価部位の許容応力状態に応じて適切な許容応力及び許容荷重を用いる。



(a) プレートの計算式



(b) スタッドの計算式(引張応力)



(c) コンクリートの計算式(せん断荷重)



(d) コンクリートの計算式(引張荷重を受ける場合のシアコーン)



(e) コンクリートの計算式(引張荷重を受ける場合の支圧)



5. 耐震評価結果

5.1 支持構造物の耐震評価結果

5.1.1 概要

各支持構造物について、定められた評価荷重に対して十分な耐震強度を有することを確認した結果を以下に示す。

5.1.2 支持構造物の耐震評価結果

支持構造物における評価結果の纏め表を表 5-1 に示す。

表 5-1 支持構造物の評価結果纏め表

No.	種 別	評価荷重	許容応力状態	設計温度	評価結果の表番号	
1	ロッドレストレイント	定格荷重	Ⅲ _A S		表 5-2	
2	オイルスナッパ	定格荷重	Ⅲ _A S		表 5-3	
3	メカニカルスナッパ	定格荷重	Ⅲ _A S		表 5-4	
4	スプリングハンガ	定格荷重	I _A , II _A		表 5-5	
5	コンスタントハンガ	定格荷重	I _A , II _A		表 5-6	
6	リジットハンガ	定格荷重	I _A , II _A		表 5-7	
7	レスト レイント	ラグ	最大使用荷重		Ⅲ _A S	表 5-8
8		Uボルト	最大使用荷重		Ⅲ _A S	表 5-9
9		支持架構	設定荷重		Ⅲ _A S	表 5-10-1～表 5-10-14
10		埋込金物	最大使用荷重		Ⅲ _A S	表 5-11-1～表 5-11-3

注：各評価において最大使用荷重を超えた場合でも実際に使用される当該温度による個別の評価により、健全性の確認を行うことが可能である。

表 5-2(1/4) ロッドレストレイント 強度評価結果

強度部材：①ブラケット (材料：)

本体型式	定格荷重 P (kN)	強度部材仕様							引張応力		せん断応力		支圧応力		評価
		B (mm)	C (mm)	D (mm)	T (mm)	d (mm)	A _t (mm ²)	A _s (mm ²)	A _p (mm ²)	発生 応力 F _t (MPa)	許容 応力 f _t (MPa)	発生 応力 F _s (MPa)	許容 応力 f _s (MPa)	発生 応力 F _p (MPa)	
06	9								27	252	21	145	54	345	○
1	15								18	252	14	145	42	345	○
3	45								38	252	29	145	95	345	○
6	90								45	252	33	145	90	345	○
10	150								50	252	36	145	99	345	○
16	240								56	252	38	145	97	345	○
25	375								52	252	37	145	99	345	○

強度部材：②パイプ (本体型式06~6 材料：) 本体型式10~25 材料：

本体型式	定格荷重 P (kN)	強度部材仕様							圧縮応力		評価
		D (mm)	t (mm)	L (mm)	A _c (mm ²)	E (MPa)	F (MPa)	発生 応力 F _c (MPa)	許容 応力 f _c (MPa)		
06	9							22	45	○	
1	15							26	57	○	
3	45							48	84	○	
6	90							60	100	○	
10	150							56	108	○	
16	240							57	123	○	
25	375							61	133	○	

表 5-2(2/4) ロッドレストレイント 強度評価結果

強度部材：③アジャストナット溶接部 (本体型式06～6 材料：) 本体型式10～25 材料：

本体型式	定格荷重 P (kN)	強度部材仕様			引張応力		評価
		D (mm)	t (mm)	A _t (mm ²)	発生 応力 F _t (MPa)	許容 応力 f _t (MPa)	
06	9				22	189	○
1	15				26	189	○
3	45				48	189	○
6	90				60	189	○
10	150				56	198	○
16	240				57	198	○
25	375				61	198	○

強度部材：④クランプ (材料：)

本体型式	定格荷重 P (kN)	強度部材仕様							引張応力		せん断応力		支圧応力		評価	
		B (mm)	C (mm)	D (mm)	T (mm)	d (mm)	A _t (mm ²)	A _s (mm ²)	A _p (mm ²)	発生 応力 F _t (MPa)	許容 応力 f _t (MPa)	発生 応力 F _s (MPa)	許容 応力 f _s (MPa)	発生 応力 F _p (MPa)		許容 応力 f _p (MPa)
06	9									20	234	19	135	63	318	○
1	15								18	234	17	135	56	318	○	
3	45								25	234	27	135	111	318	○	
6	90								36	234	36	135	113	318	○	
10	150								40	225	40	129	132	306	○	
16	240								29	225	32	129	94	306	○	
25	375								28	225	32	129	94	306	○	

表 5-2(3/4) ロッドストレッチメント 強度評価結果

強度部材：⑤ピン (材料：)

本体 型式	定格 荷重 P (kN)	強度部材仕様		せん断応力		評価
		d (mm)	A _s (mm ²)	発生 応力 F _s (MPa)	許容 応力 f _s (MPa)	
06	9			40	259	○
1	15			43	259	○
3	45			100	259	○
6	90			92	259	○
10	150			107	259	○
16	240			96	190	○
25	375			96	190	○

表 5-2(4/4) ロッドレストレイント 強度評価結果

強度部材：⑥スヘリカルアイボルト (材料：)
穴部

本体型式	定格荷重		強度部材仕様							引張応力		せん断応力		支圧応力		評価	
	P (kN)		B (mm)	D (mm)	d (mm)	t (mm)	R (mm)	A _t (mm ²)	A _s (mm ²)	A _p (mm ²)	F _t (MPa)	f _t (MPa)	F _s (MPa)	f _s (MPa)	F _p (MPa)		f _p (MPa)
06	9										74	252	35	145	40	345	○
1	15										73	252	35	145	38	345	○
3	45										105	252	57	145	85	345	○
6	90										176	252	85	145	105	345	○
10	150										165	252	91	145	135	345	○
16	240										165	252	91	145	138	345	○
25	375										173	252	87	145	115	345	○

ボルト部

本体型式	定格荷重		強度部材仕様		引張応力		評価
	P (kN)		M (mm)	A _t (mm ²)	F _t (MPa)	f _t (MPa)	
06	9				29	189	○
1	15				48	189	○
3	45				64	189	○
6	90				89	189	○
10	150				109	189	○
16	240				98	189	○
25	375				117	189	○

表 5-3(1/8) オイルスナツバ 強度評価結果

強度部材 : ① シリンダチューブ (材料:)

本体 型式	定格荷重 P (kN)	強度部材仕様				引張応力		評価
		D (mm)	K (MPa)	r ₁ (mm)	r ₂ (mm)	発生応力 F _t (MPa)	許容応力 f _t (MPa)	
03	3					26	126	○
06	6					38	126	○
1	10					47	126	○
3	30					75	126	○
6	60					85	126	○
10	100					99	126	○
16	160					98	126	○
25	250					98	126	○

強度部材 : ② ピストンロッド (材料:)

本体 型式	定格荷重 P (kN)	強度部材仕様			引張応力		評価
		d (mm)	A _t (mm ²)	F _t (MPa)	発生応力 F _t (MPa)	許容応力 f _t (MPa)	
03	3			55	301	301	○
06	6			75	301	301	○
1	10			92	301	301	○
3	30			128	301	301	○
6	60			112	220	220	○
10	100			127	220	220	○
16	160			149	220	220	○
25	250			147	220	220	○

表 5-3(2/8) オイルスナツバ 強度評価結果

強度部材 : ③シリンドラカバー (材料 :)

本体 型式	定格荷重 P (kN)	強度部材仕様			せん断応力		評価
		D (mm)	t (mm)	A _s (mm ²)	発生応力 F _s (MPa)	許容応力 f _s (MPa)	
03	3				2	79	○
06	6				3	79	○
1	10				4	79	○
3	30				6	79	○
6	60				7	79	○
10	100				9	79	○
16	160				10	79	○
25	250				12	79	○

強度部材 : ④タイロッド (本体型式03~1 材料 : 本体型式3~25 材料 :)

本体 型式	定格荷重 P (kN)	強度部材仕様			引張応力		評価
		M (mm)	n (本)	A _t (mm ²)	発生応力 F _t (MPa)	許容応力 f _t (MPa)	
03	3				27	226	○
06	6				54	226	○
1	10				50	226	○
3	30				96	303	○
6	60				133	303	○
10	100				125	303	○
16	160				133	303	○
25	250				133	303	○

表 5-3 (3/8) オイルスナツバ 強度評価結果

強度部材：⑤イーヤ (材料：)
穴部

本体型式	定格荷重 (kN)	強度部材仕様						引張応力		せん断応力		支圧応力		評価
		B (mm)	C (mm)	D (mm)	t (mm)	A _t (mm ²)	A _s (mm ²)	A _p (mm ²)	F _t (MPa)	f _t (MPa)	F _s (MPa)	f _s (MPa)	F _p (MPa)	
03	3							29	156	14	90	14	212	○
06	6							58	156	27	90	27	212	○
1	10							48	156	23	90	25	212	○
3	30							70	156	38	90	57	212	○
6	60							118	150	57	86	70	204	○
10	100							110	150	61	86	90	204	○
16	160							110	150	61	86	92	204	○
25	250							115	150	58	86	77	204	○

溶接部

本体型式	定格荷重 (kN)	強度部材仕様				せん断応力		評価
		C (mm)	T (mm)	h (mm)	A _s (mm ²)	F _s (MPa)	f _s (MPa)	
03	3					15	40*	○
06	6					29	40*	○
1	10					27	40*	○
3	30					53	90	○
6	60					63	86	○
10	100					65	86	○
16	160					68	86	○
25	250					72	86	○

注記*：非破壊検査を実施しないため、設計・建設規格SSB-3121.1(1)bを適用する。

表 5-3(4/8) オイルスナツバ 強度評価結果

強度部材：⑥六角ボルト(材料：)

本体型式	定格荷重 P (kN)	強度部材仕様			引張応力		評価
		M (mm)	n (本)	A _t (mm ²)	発生応力 F _t (MPa)	許容応力 f _t (MPa)	
03	3				27	303	○
06	6				54	303	○
1	10				50	303	○
3	30				96	303	○
6	60				133	303	○
10	100				125	303	○
16	160				133	303	○
25	250				133	303	○

表 5-3(5/8) オイルスナッパ 強度評価結果

強度部材：① ロッドエンド(本体型式03~10 材料： 本体型式16及び25 材料：)

本体型式	定格荷重 P (kN)	強度部材仕様							引張応力		せん断応力		支圧応力		評価
		B (mm)	C (mm)	D (mm)	t (mm)	A _t (mm ²)	A _s (mm ²)	A _p (mm ²)	発生 応力 F _t (MPa)	許容 応力 f _t (MPa)	発生 応力 F _s (MPa)	許容 応力 f _s (MPa)	発生 応力 F _p (MPa)	許容 応力 f _p (MPa)	
03	3								42	150	17	86	13	204	○
06	6								56	150	26	86	26	204	○
1	10								62	137	25	79	25	187	○
3	30								80	137	42	79	56	187	○
6	60								99	137	51	79	70	187	○
10	100								96	137	55	79	89	187	○
16	160								115	168	62	97	93	230	○
25	250								135	168	64	97	77	230	○

表 5-3(6/8) オイルスナツバ 強度評価結果

強度部材：⑧アダプタ (材料：)
 本体

本体 型式	定格荷重 P (kN)	強度部材仕様			引張応力		評価
		D ₁ (mm)	D ₂ (mm)	A _t (mm ²)	発生応力 F _t (MPa)	許容応力 f _t (MPa)	
03	3				11	126	○
06	6				15	126	○
1	10				14	126	○
3	30				26	126	○
6	60				42	126	○
10	100				34	126	○
16	160				49	126	○
25	250				50	126	○

溶接部 本体 型式	定格荷重 P (kN)	強度部材仕様					せん断応力		評価
		D ₁ (mm)	D ₂ (mm)	h ₁ (mm)	h ₂ (mm)	A _s (mm ²)	発生応力 F _s (MPa)	許容応力 f _s (MPa)	
03	3						14	32*	○
06	6						22	32*	○
1	10						28	72	○
3	30						47	72	○
6	60						51	72	○
10	100						59	72	○
16	160						55	72	○
25	250						58	72	○

注記*：非破壊検査を実施しないため、設計・建設規格SSB-3I21.1(1)bを適用する。

表 5-3(7/8) オイルスナックバ 強度評価結果

強度部材：⑨コネクティングパイプ(本体型式：03~6 材料：) 本体型式10~25 材料：

本体型式	定格荷重 P (kN)	強度部材仕様						圧縮応力		評価
		D (mm)	t (mm)	L (mm)	E (MPa)	A _c (mm ²)	F (MPa)	F _c (MPa)	f _c (MPa)	
03	3							11	41	○
06	6							15	36	○
1	10							18	33	○
3	30							32	61	○
6	60							40	62	○
10	100							37	61	○
16	160							38	69	○
25	250							41	85	○

強度部材：⑩クランプ(材料：)

本体型式	定格荷重 P (kN)	強度部材仕様										引張応力		せん断応力		支圧応力		評価		
		B (mm)	C (mm)	D (mm)	T (mm)	d (mm)	A _t (mm ²)	A _s (mm ²)	A _p (mm ²)	F _t (MPa)	f _t (MPa)	F _s (MPa)	f _s (MPa)	F _p (MPa)	f _p (MPa)	F _p (MPa)	f _p (MPa)			
03	3													7	156	7	90	21	212	○
06	6													14	156	13	90	42	212	○
1	10													12	156	12	90	38	212	○
3	30													17	156	18	90	74	212	○
6	60													24	156	24	90	75	212	○
10	100													27	150	27	86	88	204	○
16	160													19	150	21	86	63	204	○
25	250													19	150	21	86	63	204	○

表 5-3(8/8) オイルスナックバ 強度評価結果

強度部材：①ブラケット(本体型式：03~6 材料：) 本体型式10~25 材料：

本体型式	定格荷重		強度部材仕様							引張応力		せん断応力		支圧応力		評価	
	P (kN)	(kN)	B (mm)	C (mm)	D (mm)	T (mm)	d (mm)	A _t (mm ²)	A _s (mm ²)	A _p (mm ²)	F _t (MPa)	f _t (MPa)	F _s (MPa)	f _s (MPa)	F _p (MPa)		f _p (MPa)
03	3										9	168	7	97	18	230	○
06	6										18	168	14	97	36	230	○
1	10										12	168	10	97	28	230	○
3	30										25	168	20	97	64	230	○
6	60										30	168	22	97	60	230	○
10	100										28	137	20	79	55	187	○
16	160										32	137	22	79	56	187	○
25	250										29	137	21	79	55	187	○

強度部材：②ピン(材料：)

本体型式	定格荷重		強度部材仕様		せん断応力		評価
	P (kN)	(kN)	d (mm)	A _s (mm ²)	F _s (MPa)	f _s (MPa)	
03	3				14	173	○
06	6				27	173	○
1	10				29	173	○
3	30				67	173	○
6	60				62	173	○
10	100				71	173	○
16	160				64	127	○
25	250				64	127	○

表 5-4(1/12) メカニカルスナッパ 強度評価結果

強度部材：①ブラケット (材料：)

本体 型式	定格 荷重 P (kN)	強度部材仕様										引張応力		せん断応力		支圧応力		評価	
		B (mm)	C (mm)	D (mm)	T (mm)	d (mm)	A _t (mm ²)	A _s (mm ²)	A _p (mm ²)	F _t (MPa)	f _t (MPa)	F _s (MPa)	f _s (MPa)	F _p (MPa)	f _p (MPa)				
01	1												3	168	3	97	6	230	○
03	3												9	168	7	97	18	230	○
06	6												18	168	14	97	36	230	○
1	10												12	168	10	97	28	230	○
3	30												25	168	20	97	64	230	○
6	60												30	168	22	97	60	230	○
10	100												33	168	24	97	66	230	○
16	160												37	168	26	97	65	230	○
25	250												35	168	25	97	66	230	○

表 5-4(2/12) メカニカルスナッパ 強度評価結果

強度部材：②ジャンクションコラムアダプタ (六角ボルト 材料：) パイプ 材料：

本体型式	定格荷重 P (kN)	強度部材仕様			引張応力		評価
		M (mm)	n (本)	A _t (mm ²)	発生 応力 F _t (MPa)	許容 応力 f _t (MPa)	
01	1				9	303	○
03	3				27	303	○
06	6				36	303	○
1	10				34	303	○
3	30				64	303	○
6	60				89	303	○
10	100				83	303	○
16	160				85	303	○
25	250				93	303	○

本体型式	定格荷重 P (kN)	強度部材仕様						引張応力		せん断応力		評価
		D ₁ (mm)	D ₂ (mm)	h (mm)	A _t (mm ²)	A _s (mm ²)	発生 応力 F _t (MPa)	許容 応力 f _t (MPa)	発生 応力 F _s (MPa)	許容 応力 f _s (MPa)		
01	1									4	72	○
03	3									12	72	○
06	6									11	72	○
1	10									16	72	○
3	30								12	126	—	○
6	60								16	126	—	○
10	100								21	126	—	○
16	160								23	126	—	○
25	250								27	126	—	○

表 5-4(3/12) メカニカルスナッパ 強度評価結果

強度部材：③ロードコラム (本体型式01~6 材料 本体型式10~25 材料)

本体 型式	定格 荷重 P (kN)	強度部材仕様			引張応力		評価
		D ₁ (mm)	D ₂ (mm)	A _t (mm ²)	発生 応力 F _t (MPa)	許容 応力 f _t (MPa)	
01	1				6	301	○
03	3				18	301	○
06	6				35	301	○
1	10				16	220	○
3	30				48	220	○
6	60				69	220	○
10	100				82	404	○
16	160				89	404	○
25	250	83	404	○			