

東海第二発電所 工事計画審査資料	
資料番号	補足-360 (改5)
提出年月日	平成30年3月9日

東海第二発電所

耐震性に関する説明書に係る補足説明資料

(機電分耐震計算書の補足について)

平成30年3月

日本原子力発電株式会社

1. 炉内構造物への極限解析による評価の適用について
2. 設計用床応答曲線の作成方法及び適用方法
3. 建屋－機器連成解析モデルの時刻歴応答解析における拡張マージンの考慮
について
4. 機電設備の耐震計算書の作成について

下線：ご提出資料

目次

1. 目的	1
2. 適用範囲	1
3. 基本方針	1
4. 機電設備耐震計算書分類フロー及び構成について	2
5. 耐震計算書記載注意事項	3

参考図書

V-2-1-14-1	スカート支持たて置円筒形容器の耐震性についての計算書作成の基本方針(説明用)
V-2-1-14-2	横置一胴円筒形容器の耐震性についての計算書作成の基本方針(説明用)
V-2-1-14-3	平底たて置円筒形容器の耐震性についての計算書作成の基本方針(説明用)
V-2-1-14-4	横軸ポンプの耐震性についての計算書作成の基本方針(説明用)
V-2-1-14-5	たて軸ポンプの耐震性についての計算書作成の基本方針(説明用)
<u>V-2-1-14-6</u>	<u>管の応力計算書及び耐震性についての計算書作成の基本方針(説明用)</u>
V-2-1-14-7	盤の耐震性についての計算書作成の基本方針(説明用)
V-2-1-14-8	計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針(説明用)
V-2-1-14-9	計器スタンションの耐震性についての計算書作成の基本方針(説明用)
添付資料-1	「計算書作成の基本方針」を呼び込む設備の耐震計算書 (Fパターン「容器」の耐震計算書記載例)
添付資料-2	「計算書作成の基本方針」を呼び込む設備の耐震計算書 (Fパターン「たて軸ポンプ」の耐震計算書記載例)
添付資料-3	「計算書作成の基本方針」を呼び込む設備の耐震計算書 (Fパターン「計器ラック」の耐震計算書記載例)
添付資料-4-1	機能維持評価で詳細検討を実施する場合(評価用加速度>機能確認済加速度)
添付資料-4-2	機能維持評価で新たな検討を実施する場合
添付資料-5	個別に地震応答解析の説明が必要な設備の耐震計算書 (Aパターンの耐震計算書記載例)
添付資料-6-1	個別に地震応答解析の説明が必要な設備の耐震計算書 (C-1パターン「解析」の耐震計算書記載例)
添付資料-6-2	個別に地震応答解析の説明が必要な設備の耐震計算書 (C-2パターン「手計算」の耐震計算書記載例)
添付資料-7	個別に地震応答解析の説明が必要な設備の耐震計算書 (Dパターンの耐震計算書記載例)
添付資料-8	機能維持評価のみを確認する設備の耐震計算書 (Eパターンの耐震計算書記載例)
<u>添付資料-9</u>	<u>「計算書作成の基本方針」を呼び込む設備の耐震計算書 (Fパターン「管」の耐震計算書記載例)</u>

下線：ご提出資料

説明用

V-2-1-14-6 管の応力計算書及び耐震性についての
計算書作成の基本方針

目 次

1. 一般事項.....	1
1.1 概要.....	1
1.2 適用規格.....	1
2. 計算方針.....	2
2.1 応力計算.....	2
2.2 耐震性についての計算.....	4
3. 計算方法.....	5
3.1 解析モデルの作成.....	5
3.2 解析条件.....	6
4. 計算式.....	7
4.1 記号の定義.....	7
4.2 応力計算.....	12
4.3 耐震性についての計算.....	18
5. 荷重の組合せ及び許容応力.....	19
6. 計算精度と数値の丸め方.....	22
7. 計算書の構成.....	23
7.1 管の応力計算書.....	23
7.2 管の耐震性についての計算書.....	28

1. 一般事項

1.1 概要

本基本方針は、実用発電用原子炉及びその附属施設のうち、管の応力計算書及び耐震性についての計算書（以下「計算書」という。）について説明するものである。

1.2 適用規格

適用規格を以下に示す。

- (1) 実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則（原子力規制委員会 2013年6月）（以下「技術基準規則」という。）
- (2) 実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則の解釈（原子力規制委員会 2013年6月）（以下「技術基準規則解釈」という。）
- (3) 発電用原子力設備規格 設計・建設規格（2005年版（2007年追補版を含む。））（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。）
- (4) 発電用原子力設備に関する構造等の技術基準（昭和 55 年通商産業省告示第 5 0 1 号）（以下「告示第 5 0 1 号」という。）
- (5) 耐震設計に係る工認審査ガイド（原子力規制委員会 2013年6月）（以下「耐震審査ガイド」という。）
- (6) 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。）

2. 計算方針

2.1 応力計算

(1) 設計基準対象施設の管（クラス1管及びクラス2管）

設計基準対象施設（以下「DB施設」という。）の材料及び構造は技術基準規則第17条の規定を適用する。技術基準規則解釈第17条第10項において、技術基準規則第17条の規定に適合する材料及び構造とは、設計・建設規格（技術基準規則の施行の際現に施設し、又は着手した施設については、施設時に適用された規格）によると規定されていることから、設計・建設規格に基づく管の応力計算を実施する。施設時に適用された規格が告示第501号の範囲については、設計・建設規格に基づく管の応力計算に加えて告示第501号に基づく管の応力計算を実施する。

各管クラスにおける評価方法を以下に示す。

a. クラス1管

設計・建設規格 PPC-3500 の規定に基づく評価を実施する。加えて、施設時に適用された規格が告示第501号の範囲については、告示第501号第46条から第48条までの規定に基づく評価を実施する。

なお、設計・建設規格 PPC-3552 及び PPC-3562 の規定に基づく供用状態C及びDにおける一次応力評価、及び告示第501号第46条第2号及び第3号の規定に基づく運転状態Ⅲ及びⅣにおける一次応力評価は、管の耐震性についての計算における一次応力評価に含めて実施する。

b. クラス2管

設計・建設規格 PPC-3500 の規定に基づく評価を実施する。加えて、施設時に適用された規格が告示第501号の範囲については、告示第501号第56条から第57条までの規定に基づく評価を実施する。

計算は3次元多質点系はりモデルを用いた配管応力解析により実施する。ただし、既工認評価結果が有り、かつ評価条件（最高使用圧力及び最高使用温度）に変更がない範囲は、計算書作成対象外とする。

(2) 重大事故等対処設備の管（重大事故等クラス2管）

重大事故等対処設備（以下「SA設備」という。）の材料及び構造は技術基準規則第55条に規定されており、技術基準規則解釈第55条第7項の規定に基づき、技術基準規則第17条のDB施設の規定を準用する。

重大事故等クラス2管の応力計算として、設計・建設規格 PPC-3520 の規定に基づく一次応力評価を実施する。加えて、施設時に適用された規格が告示第501号の範囲については、告示第501号第56条第1号の規定に基づく一次応力評価を実施する。なお、設計・建設規格 PPC-3530 に規定の一次＋二次応力制限は疲労破壊防止のための規定であるが、

重大事故等事象は運転状態Ⅳを超える事象であり、繰返し発生することがなく、疲労に有意な影響を及ぼすことがないことから、一次＋二次応力評価を省略する。

2.2 耐震性についての計算

耐震審査ガイドの記載に基づき、J E A G 4 6 0 1の規定を適用する。なお、適用の際は耐震重要度分類におけるA_sクラス及びAクラスをSクラス、基準地震動S₂及びS₁をそれぞれ基準地震動S_s及び弾性設計用地震動S_dと読み替えるものとする。

DB施設についてはSクラス評価、SA設備についてはS_s機能維持評価を実施する。

管については、一次応力評価、一次+二次応力評価及び疲労評価を実施する。

支持構造物については、「V-2-1-11 機器・配管の耐震支持設計方針」に基づき、以下に示す種類及び型式に区分して応力評価を実施する。

- (1) オイルスナッパ
- (2) メカニカルスナッパ
- (3) ロッドレストレイント
- (4) スプリングハンガ
- (5) コンスタントハンガ
- (6) リジットハンガ
- (7) レストレイント
- (8) アンカ

上記の支持構造物のうち、(1)～(5)については、「V-2-1-11 配管の耐震支持設計方針」において、種別及び型式単位に設定した許容荷重に対する応力評価を実施し、計算応力が許容応力以下であることを確認していることから、荷重確認による評価を実施し、計算荷重が許容荷重以下であることを確認する。なお、支持構造物は強度計算及び耐震性についての計算の基本式が同一であることから、強度計算を耐震性についての計算に含めて実施する。

弁については、動的機能維持要求弁に対する動的機能維持評価を実施し、計算により求めた弁応答加速度が機能確認済加速度以下であることを確認する。なお、弁応答加速度が機能確認済加速度を超過する場合は構造強度評価を実施し、計算応力が許容応力以下であることを確認する。

3. 計算方法

応力計算及び耐震性についての計算は3次元多質点系はりモデルによる解析により実施する。配管系の動的解析手法としては、スペクトルモーダル解析法を用いる。なお、解析は計算機コード「HISAP」を使用する。

3.1 解析モデルの作成

配管系の解析モデル作成に当たっては、以下を考慮する。

- (1) 配管系は3次元多質点系はりモデルとし、曲げ、せん断、ねじり及び軸力に対する剛性を考慮する。
- (2) 弁等の偏心質量がある場合には、その影響を評価できるモデル化を行う。また、弁の剛性を考慮したモデル化を行う。
- (3) 同一モデルに含める範囲は、原則としてアンカ点からアンカ点までとする。
- (4) 分岐管がある場合には、その影響を考慮できるモデル化を行う。ただし、母管に対して分岐管の径が十分に小さく、分岐管の振動が母管に与える影響が小さい場合にはこの限りではない。
- (5) 質点は応力が高くなると考えられる点に設定するとともに、代表的な振動モードを十分に表現できるように、適切な間隔で設ける。
- (6) 配管の支持構造物は、以下の境界条件として扱うことを基本とする。
 - a. レストレイント：拘束方向の剛性を考慮する。
 - b. スナッパ：拘束方向の剛性を考慮する。
 - c. アンカ：6方向の剛性を考慮する。
 - d. ガイド：拘束方向及び回転拘束方向の剛性を考慮する。
- (7) 配管系の質量は、配管自体の質量の他に弁等の集中質量、保温材等の付加質量及び管内流体の質量を考慮するものとする。

3.2 解析条件

解析において考慮する解析条件を以下に示す。

(1) 荷重条件

- a. 内圧
- b. 機械的荷重（自重その他の長期的荷重）
- c. 機械的荷重（逃がし弁又は安全弁の吹出し反力及びその他の短期的荷重）
- d. 熱膨張及び熱による支持点の変位による応力
- e. 配管肉厚方向の温度勾配及び管軸に沿った構造上の不連続部に生じる熱応力
- f. 地震荷重（基準地震動 S_s ，弾性設計用地震動 S_d 及び静的震度による慣性力及び相対変位）

(2) 設計用地震力

設計用地震力は、「V-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に基づき策定した設計用床応答スペクトルを用いる。また、減衰定数は「V-2-1-6 地震応答解析の基本方針」に記載の減衰定数を用いる。

なお、設計用床応答スペクトルは配管系の重心レベルを求め、その重心レベルの上階の設計用床応答スペクトルを使用する。ただし、対象配管系の重心レベル下面の床からのみ支持されている場合には、支持している床の設計用床応答スペクトルを使用する。

また、異なる建物間にわたる配管系については、両建物の配管系の重心レベルの上階の設計用床応答スペクトルを包絡して使用する。

4. 計算式

4.1 記号の定義

計算式中に説明のない記号の定義は下表のとおりとする。

記号	単位	定義
B_1, B_2, B_{2b}, B_{2r}	—	設計・建設規格 PPB-3810 及び告示第 501 号第 48 条に規定する応力係数(一次応力の計算に使用するもの)
$C_1, C_2, C_{2b}, C_{2r}, C_3, C_3'$	—	設計・建設規格 PPB-3810 及び告示第 501 号第 48 条に規定する応力係数(一次+二次応力の計算に使用するもの)
C_4	—	フェライト系材料に対し 1.1, オーステナイト系材料に対し 1.3
D_0	mm	管の外径
E	MPa	設計・建設規格 付録材料図表 Part6 表 1 及び告示第 501 号別表第 11 に規定する縦弾性係数
E_{ab}	MPa	構造上の不連続部分のうち応力集中度が最も高いと推定した点, 又は材質を異にする点を境とするそれぞれの側の室温における設計・建設規格 付録材料図表 Part6 表 1 及び告示第 501 号別表第 11 に規定する縦弾性係数の平均値
f	—	設計・建設規格 PPC-3530 及び告示第 501 号第 56 条第 2 号に規定する許容応力低減係数
i_1	—	応力係数で設計・建設規格 PPC-3810 及び告示第 501 号第 57 条に規定する値又は 1.33 のいずれか大きい方の値
i_2	—	応力係数で設計・建設規格 PPC-3810 及び告示第 501 号第 57 条に規定する値又は 1.0 のいずれか大きい方の値
$K_1, K_2, K_{2b}, K_{2r}, K_3$	—	設計・建設規格 PPB-3810 及び告示第 501 号第 48 条に規定する応力係数(ピーク応力の計算に使用するもの)
M_a	N・mm	管の機械的荷重(自重その他の長期的荷重に限る)により生ずるモーメント
M_{ab}	N・mm	管台又は突合せ溶接式ティーに接続される分岐管の機械的荷重(自重その他の長期的荷重に限る)により生ずるモーメント
M_{ar}	N・mm	管台又は突合せ溶接式ティーに接続される主管の機械的荷重(自重その他の長期的荷重に限る)により生ずるモーメント
M_b	N・mm	・ 応力計算: 管の機械的荷重(逃がし弁又は安全弁の吹出し反力その他の短期的荷重に限る)により生ずるモーメント ・ 耐震性についての計算: 管の機械的荷重(地震を含めた短期的荷重)により生ずるモーメント
M_b^*	N・mm	地震による慣性力により生ずるモーメントの全振幅

記号	単位	定義
M_{bb}	N・mm	管台又は突合せ溶接式ティーに接続される分岐管の機械的荷重(逃がし弁又は安全弁の吹出し反力その他の短期的荷重に限る)により生ずるモーメント
M_{bp}	N・mm	<ul style="list-style-type: none"> ・応力計算：管台又は突合せ溶接式ティーに接続される分岐管の機械的荷重により生ずるモーメント ・耐震性についての計算：管台又は突合せ溶接式ティーに接続される分岐管の機械的荷重(地震による慣性力を含む)により生ずるモーメント
M_{br}	N・mm	管台又は突合せ溶接式ティーに接続される主管の機械的荷重(逃がし弁又は安全弁の吹出し反力その他の短期的荷重に限る)により生ずるモーメント
M_{bs}	N・mm	<ul style="list-style-type: none"> ・応力計算(S_n, S_p)：管台又は突合せ溶接式ティーに接続される分岐管の熱膨張, 支持点の変位及び機械的荷重(自重を除く)により生ずるモーメント ・応力計算(S_n')：管台又は突合せ溶接式ティーに接続される分岐管の支持点の変位(熱によるものを除く)及び機械的荷重(自重を除く)により生ずるモーメント ・応力計算(S_e)：管台又は突合せ溶接式ティーに接続される分岐管の熱による支持点の変位及び熱膨張により生ずるモーメント ・耐震性についての計算：管台又は突合せ溶接式ティーに接続される分岐管の地震による慣性力と相対変位により生ずるモーメントの全振幅
M_c	N・mm	<ul style="list-style-type: none"> ・応力計算：管の熱による支持点の変位及び熱膨張により生ずるモーメント ・耐震性についての計算：地震による相対変位により生ずるモーメントの全振幅
M_{ip}	N・mm	<ul style="list-style-type: none"> ・応力計算：管の機械的荷重により生ずるモーメント ・耐震性についての計算：管の機械的荷重(地震による慣性力を含む)により生ずるモーメント

記号	単位	定義
M_{is}	N・mm	<ul style="list-style-type: none"> ・応力計算 (S_n, S_p) : 管の熱膨張, 支持点の変位及び機械的荷重(自重を除く)により生ずるモーメント ・応力計算 (S_n') : 管の支持点の変位(熱によるものを除く)及び機械的荷重(自重を除く)により生ずるモーメント ・応力計算 (S_e) : 管の熱による支持点の変位及び熱膨張により生ずるモーメント ・耐震性についての計算 : 管の地震による慣性力と相対変位により生ずるモーメントの全振幅
M_{rp}	N・mm	<ul style="list-style-type: none"> ・応力計算 : 管台又は突合せ溶接式ティーに接続される主管の機械的荷重により生ずるモーメント ・耐震性についての計算 : 管台又は突合せ溶接式ティーに接続される主管の機械的荷重(地震による慣性力を含む)により生ずるモーメント
M_{rs}	N・mm	<ul style="list-style-type: none"> ・応力計算 (S_n, S_p) : 管台又は突合せ溶接式ティーに接続される主管の熱膨張, 支持点の変位及び機械的荷重(自重を除く)により生ずるモーメント ・応力計算 (S_n') : 管台又は突合せ溶接式ティーに接続される主管の支持点の変位(熱によるものを除く)及び機械的荷重(自重を除く)により生ずるモーメント ・応力計算 (S_e) : 管台又は突合せ溶接式ティーに接続される主管の熱による支持点の変位及び熱膨張により生ずるモーメント ・耐震性についての計算 : 管台又は突合せ溶接式ティーに接続される主管の地震による慣性力と相対変位により生ずるモーメントの全振幅
n_i	回	繰返し荷重 i の実際の繰返し回数
N_i	回	繰返し荷重 i に対し, 設計・建設規格 PPB-3534 にしたがって算出された許容繰返し回数
P	MPa	<ul style="list-style-type: none"> ・応力計算 : 最高使用圧力 ・耐震性についての計算 : 地震と組合せるべき運転状態における圧力
P_0	MPa	供用状態 A 及び B (運転状態 I 及び II) において生ずる圧力
P_0'	MPa	供用状態における最大圧力
P_m	MPa	内面に受ける最高の圧力
S_a	MPa	設計・建設規格 PPC-3530 及び告示第 501 号第 56 条第 2 号に規定する許容応力

記号	単位	定義
S_c	MPa	室温における設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 5 及び告示第 5 0 1 号別表第 6 に規定する材料の許容引張応力
S_e	MPa	熱膨張応力
S_h	MPa	最高使用温度における設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 5 及び告示第 5 0 1 号別表第 6 に規定する材料の許容引張応力
S_ℓ	MPa	繰返しピーク応力強さ
S_m	MPa	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 1 及び告示第 5 0 1 号別表第 2 に規定する材料の設計応力強さ
S_n	MPa	一次＋二次応力
S_n'	MPa	一次＋二次応力(熱によるものを除く)
S_p	MPa	ピーク応力
S_{prm}	MPa	一次応力
S_y	MPa	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 8 及び告示第 5 0 1 号別表第 9 に規定する材料の設計降伏点
t	mm	管の厚さ
T_a, T_b	°C	構造上の不連続部分のうち応力集中度が最も高いと推定した点又は材質を異にする点を境とするそれぞれの側における次の計算式により計算した範囲 l_a, l_b 内の平均温度 $l_a = \sqrt{(d_a t_a)}, l_b = \sqrt{(d_b t_b)}$ d_a 及び d_b : 構造上の不連続部分のうち応力集中度が最も高いと推定した点を境とするそれぞれの側における管の内径(mm) t_a 及び t_b : l_a 及び l_b の範囲内における管の平均厚さ(mm)
ΔT	°C	温度差の変動範囲
ΔT_1	°C	線形化した厚さ方向の温度分布における管の内外面温度差
ΔT_2	°C	管の内面又は外面において生ずる温度とそれに対応する線形化した温度との差のうちいずれか大きい方の温度(負の場合は 0 とする)
Z, Z_i	mm ³	管の断面係数
Z_b	mm ³	管台又は突合せ溶接式ティーに接続される分岐管の断面係数
Z_r	mm ³	管台又は突合せ溶接式ティーに接続される主管の断面係数
α	mm/mm°C	室温における設計・建設規格 付録材料図表 Part6 表 2 及び告示第 5 0 1 号別表第 12 に規定する熱膨張係数
α_a, α_b	mm/mm°C	構造上の不連続部分のうち応力集中度が最も高いと推定した点を境とするそれぞれの側の室温における設計・建設規格 付録材料図表 Part6 表 2 及び告示第 5 0 1 号別表第 12 に規定する熱膨張係数

記号	単位	定義
ε_e	—	<p>S_p を求めたピーク応力強さのサイクルに対して，弾性解析により計算したときのひずみであり，次の計算式により計算した値</p> $\varepsilon_e = \bar{\sigma}^* / E$ <p>$\bar{\sigma}^*$: 弾性解析によるミーゼス相当応力</p>
ε_{ep}	—	<p>S_p を求めたピーク応力強さのサイクルに対して，材料の応力-ひずみ関係として，降伏応力を S_m の 1.5 倍の値とした弾完全塑性体とした弾塑性解析により計算したときのひずみであり，次の計算式により計算した値</p> $\varepsilon_{ep} = \bar{\sigma} / E + \bar{\varepsilon}^p$ <p>$\bar{\sigma}$: 弾塑性解析によるミーゼス相当応力 $\bar{\varepsilon}^p$: 弾塑性解析によるミーゼス相当塑性ひずみ</p>

4.2 応力計算

(1) 設計・建設規格 PPB-3500 の規定に基づく評価

a. 一次応力 (PPB-3520, 3552, 3562)

(a) 管台及び突合せ溶接式ティー

$$S_{prm} = B_1 P D_0 / 2 t + B_{2b} M_{bp} / Z_b + B_{2r} M_{rp} / Z_r$$

$$\leq 1.5 S_m (\text{PPB-3520}), \text{Min}(2.25 S_m, 1.8 S_y) (\text{PPB-3552}), \text{Min}(3 S_m, 2 S_y) (\text{PPB-3562})$$

(b) (a)以外の管

$$S_{prm} = B_1 P D_0 / 2 t + B_2 M_{ip} / Z_i$$

$$\leq 1.5 S_m (\text{PPB-3520}), \text{Min}(2.25 S_m, 1.8 S_y) (\text{PPB-3552}), \text{Min}(3 S_m, 2 S_y) (\text{PPB-3562})$$

b. 一次+二次応力 (PPB-3531)

(a) 管台及び突合せ溶接式ティー

$$S_n = C_1 P_0 D_0 / 2 t + C_{2b} M_{bs} / Z_b + C_{2r} M_{rs} / Z_r + C_3 E_{ab} | \alpha_a T_a - \alpha_b T_b | \leq 3 S_m$$

(b) (a)以外の管

$$S_n = C_1 P_0 D_0 / 2 t + C_2 M_{is} / Z_i + C_3 E_{ab} | \alpha_a T_a - \alpha_b T_b | \leq 3 S_m$$

c. ピーク応力 (PPB-3532)

(a) 管台及び突合せ溶接式ティー

$$S_p = K_1 C_1 P_0 D_0 / 2 t + K_{2b} C_{2b} M_{bs} / Z_b + K_{2r} C_{2r} M_{rs} / Z_r + K_3 E \alpha | \Delta T_1 | / 1.4$$

$$+ K_3 C_3 E_{ab} | \alpha_a T_a - \alpha_b T_b | + E \alpha | \Delta T_2 | / 0.7$$

(b) (a)以外の管

$$S_p = K_1 C_1 P_0 D_0 / 2 t + K_2 C_2 M_{is} / Z_i + K_3 E \alpha | \Delta T_1 | / 1.4$$

$$+ K_3 C_3 E_{ab} | \alpha_a T_a - \alpha_b T_b | + E \alpha | \Delta T_2 | / 0.7$$

d. 繰返しピーク応力強さ (PPB-3533)

$$S_\theta = S_p / 2$$

e. 許容繰返し回数 (PPB-3534)

添付 4-2 3.1 及び 3.2 を用いて、繰返しピーク応力強さに対応する許容繰返し回数 N_i を算出する。

f. 疲労累積係数 (PPB-3535)

$$\Sigma (n_i / N_i) \leq 1.0$$

g. 簡易弾塑性解析 (PPB-3536)

(a) 付録材料図表 Part5 表1 に定める当該部分の材料の最小降伏点と最小引張強さとの比が 0.8 以下であること。

(b) 供用状態 A 及び B において生ずる当該部分の温度は、次の値を超えないこと。

イ. 低合金鋼, マルテンサイト系ステンレス鋼及び炭素鋼 370°C

ロ. オーステナイト系ステンレス鋼及び高ニッケル合金 430°C

(c) 一次+二次応力 (熱によるものを除く)

イ. 管台及び突合せ溶接式ティー

$$S_n' = C_1 P_0 D_0 / 2 t + C_{2b} M_{bs} / Z_b + C_{2r} M_{rs} / Z_r + C_3' E_{ab} | \alpha_a T_a - \alpha_b T_b |$$

$$\leq 3 S_m$$

ロ. イ.以外の管

$$S_n' = C_1 P_0 D_0 / 2t + C_2 M_{1s} / Z_i + C_3' E_{ab} | \alpha_a T_a - \alpha_b T_b | \leq 3S_m$$

- (d) 供用状態A及びBにおけるPPB-3533の計算式により計算した応力を繰返しピーク応力強さとした値は、添付4-2 3.1及び3.2における10回の許容繰返し回数に対応する許容繰返しピーク応力強さの値を超えないこと。
- (e) 供用状態A及びBにおける次の計算式により計算した応力を繰返しピーク応力強さとし、添付4-2 3.1及び3.2において、これに対応する許容繰返し回数が実際の繰返し回数以上であること。この場合において、実際の繰返し回数が2種類以上ある場合は、疲労累積係数が1以下でなければならない。

$$S_0 = K_e S_p / 2$$

K_e : 次の計算式により計算した値

- $S_n < 3S_m$ の場合 : $K_e = 1$
- $S_n \geq 3S_m$ の場合 :
 - $K < B_0$ の場合 :
 - $S_n / 3S_m < [(q + A_0 / K - 1) - \sqrt{\{(q + A_0 / K - 1)^2 - 4A_0(q - 1)\}}] / 2A_0$ の場合 :

$$K_e = K_e^* = 1 + A_0 (S_n / 3S_m - 1 / K)$$
 - $S_n / 3S_m \geq [(q + A_0 / K - 1) - \sqrt{\{(q + A_0 / K - 1)^2 - 4A_0(q - 1)\}}] / 2A_0$ の場合 :

$$K_e = K_e' = 1 + (q - 1) (1 - 3S_m / S_n)$$
 - $K \geq B_0$ の場合 :
 - $S_n / 3S_m < [(q - 1) - \sqrt{\{A_0(1 - 1/K)(q - 1)\}}] / a$ の場合 :

$$K_e = K_e^{**} = a \cdot S_n / 3S_m + A_0(1 - 1/K) + 1 - a$$
 - $S_n / 3S_m \geq [(q - 1) - \sqrt{\{A_0(1 - 1/K)(q - 1)\}}] / a$ の場合 :

$$K_e = K_e' = 1 + (q - 1) (1 - 3S_m / S_n)$$

ここで、

$$K = S_p / S_n$$

$$a = A_0(1 - 1/K) + (q - 1) - 2\sqrt{\{A_0(1 - 1/K)(q - 1)\}}$$

q, A_0, B_0 : 下表に掲げる材料の種類に応じ、それぞれ同表に掲げる値

材料の種類	q	A_0	B_0
低合金鋼	3.1	1.0	1.25
マルテンサイト系ステンレス鋼	3.1	1.0	1.25
炭素鋼	3.1	0.66	2.59
オーステナイト系ステンレス鋼	3.1	0.7	2.15
高ニッケル合金	3.1	0.7	2.15

$S_n \geq 3S_m$ の場合、次の計算式により計算した値を用いても良い。

$$K_e = \varepsilon_{ep} / \varepsilon_e$$

(f) 熱膨張応力

イ. 管台及び突合せ溶接式ティー

$$S_e = C_{2b}M_{bs}/Z_b + C_{2r}M_{rs}/Z_r \leq 3S_m$$

ロ. イ.以外の管

$$S_e = C_2M_{is}/Z_i \leq 3S_m$$

(g) 管の内外面の温度差の変動範囲

$$\Delta T \leq (1.4y S_y/E\alpha) \cdot C_4$$

y : xの値に応じ下表に示す値

x	0.3	0.5	0.7	0.8
y	3.33	2.00	1.20	0.80

注：表中の値の中間の値は、比例法によって計算する。

x : 次式により計算した値

$$x = (P_0' D_0/2t) \cdot (1/S_y)$$

(2) 告示第501号第46条から第48条までの規定に基づく評価

a. 一次応力 (第46条第1号から第3号まで)

(a) 管台及び突合せ溶接式ティー

$$S_{prm} = B_1 P D_0/2t + B_{2b}M_{bp}/Z_b + B_{2r}M_{rp}/Z_r$$

$$\leq 1.5S_m \text{ (第1号)}, 2.25S_m \text{ (第2号)}, 3S_m \text{ (第3号)}$$

(b) (a)以外の管

$$S_{prm} = B_1 P D_0/2t + B_2 M_{ip}/Z_i$$

$$\leq 1.5S_m \text{ (第1号)}, 2.25S_m \text{ (第2号)}, 3S_m \text{ (第3号)}$$

b. 一次+二次応力 (第46条第4号)

(a) 管台及び突合せ溶接式ティー

$$S_n = C_1 P_0 D_0/2t + C_{2b}M_{bs}/Z_b + C_{2r}M_{rs}/Z_r + E\alpha |\Delta T_1| /1.4$$

$$+ C_3 E_{ab} |\alpha_a T_a - \alpha_b T_b| \leq 3S_m$$

(b) (a)以外の管

$$S_n = C_1 P_0 D_0/2t + C_2 M_{is}/Z_i + E\alpha |\Delta T_1| /1.4$$

$$+ C_3 E_{ab} |\alpha_a T_a - \alpha_b T_b| \leq 3S_m$$

c. ピーク応力 (第46条第5号)

(a) 管台及び突合せ溶接式ティー

$$S_p = K_1 C_1 P_0 D_0/2t + K_{2b} C_{2b} M_{bs}/Z_b + K_{2r} C_{2r} M_{rs}/Z_r + K_3 E\alpha |\Delta T_1| /1.4$$

$$+ K_3 C_3 E_{ab} |\alpha_a T_a - \alpha_b T_b| + E\alpha |\Delta T_2| /0.7$$

(b) (a)以外の管

$$S_p = K_1 C_1 P_0 D_0/2t + K_2 C_2 M_{is}/Z_i + K_3 E\alpha |\Delta T_1| /1.4$$

$$+ K_3 C_3 E_{ab} |\alpha_a T_a - \alpha_b T_b| + E\alpha |\Delta T_2| /0.7$$

d. 繰返しピーク応力強さ (第46条第5号)

$$S_\ell = S_p/2$$

e. 許容繰返し回数（第 46 条第 5 号）

別図第 1 及び別図第 2 を用いて、繰返しピーク応力強さに対応する許容繰返し回数 N_i を算出する。

f. 疲労累積係数（第 46 条第 5 号）

$$\Sigma (n_i / N_i) \leq 1.0$$

g. 簡易弾塑性解析（第 47 条）

(a) 別表第 2 に定める当該部分の材料の最小降伏点と最小引張強さとの比が 0.8 以下であること。

(b) 運転状態 I 及び II において生ずる当該部分の温度は、次の値を超えないこと。

イ. 低合金鋼，マルテンサイト系ステンレス鋼及び炭素鋼 375℃

ロ. オーステナイト系ステンレス鋼及び高ニッケル合金 425℃

(c) 一次＋二次応力（熱によるものを除く）

イ. 管台及び突合せ溶接式ティー

$$S_n' = C_1 P_0 D_0 / 2t + C_{2b} M_{bs} / Z_b + C_{2r} M_{rs} / Z_r + C_3' E_{ab} | \alpha_a T_a - \alpha_b T_b | \leq 3 S_m$$

ロ. イ. 以外の管

$$S_n' = C_1 P_0 D_0 / 2t + C_2 M_{is} / Z_i + C_3' E_{ab} | \alpha_a T_a - \alpha_b T_b | \leq 3 S_m$$

(d) 運転状態 I 及び II における第 46 条第 5 号の計算式により計算した応力を繰返しピーク応力強さとした値は、別図第 1 又は別図第 2 における 10 回の許容繰返し回数に対応する許容繰返しピーク応力強さの値を超えないこと。

(e) 運転状態 I 及び II における次の計算式により計算した応力を繰返しピーク応力強さとし、別図第 1 又は別図第 2 において、これに対応する許容繰返し回数が実際の繰返し回数以上であること。この場合において、実際の繰返し回数が 2 種類以上ある場合は、疲労累積係数が 1 以下でなければならない。

イ. $S_n < 3 S_m$ の場合

$$S_\ell = S_p / 2$$

ロ. $3 S_m \leq S_n \leq 3m S_m$ の場合

$$S_\ell = \max [K_e S_p / 2, \{S_p + A_o S_n (S_p / 3 S_m - 1)\} / 2]$$

$$K_e = 1 + (1 - n) (S_n / 3 S_m - 1) / \{n (m - 1)\}$$

m, n, A_o : 下表に掲げる材料の種類に応じ、それぞれ同表に掲げる値

材料の種類	m	n	A_o
低合金鋼	2.0	0.2	1.0
マルテンサイト系ステンレス鋼	2.0	0.2	1.0
炭素鋼	3.0	0.2	0.66
オーステナイト系ステンレス鋼	1.7	0.3	0.7
高ニッケル合金	1.7	0.3	0.7

ハ. $S_n > 3m S_m$ の場合

$$S_\ell = S_p / 2n$$

(f) 熱膨張応力

イ. 管台及び突合せ溶接式ティー

$$S_e = C_{2b} M_{bs} / Z_b + C_{2r} M_{rs} / Z_r \leq 3 S_m$$

ロ. イ. 以外の管

$$S_e = C_2 M_{is} / Z_i \leq 3 S_m$$

(3) 設計・建設規格 PPC-3500 の規定に基づく評価

a. 一次応力 (PPC-3520)

(a) 最高使用圧力及び機械的荷重(自重その他の長期的荷重に限る)による一次応力

イ. 管台及び突合せ溶接式ティー

$$S_{prm} = B_1 P D_0 / 2 t + B_{2b} M_{ab} / Z_b + B_{2r} M_{ar} / Z_r \leq 1.5 S_h$$

ロ. イ. 以外の管

$$S_{prm} = B_1 P D_0 / 2 t + B_2 M_a / Z \leq 1.5 S_h$$

(b) 内面に受ける最高の圧力及び機械的荷重(自重その他の長期的荷重及び逃し弁又は安全弁の吹出し反力その他の短期的荷重)による一次応力

イ. 管台及び突合せ溶接式ティー

$$S_{prm} = B_1 P_m D_0 / 2 t + B_{2b} (M_{ab} + M_{bb}) / Z_b + B_{2r} (M_{ar} + M_{br}) / Z_r \leq 1.8 S_h$$

ロ. イ. 以外の管

$$S_{prm} = B_1 P_m D_0 / 2 t + B_2 (M_a + M_b) / Z \leq 1.8 S_h$$

b. 一次+二次応力 (PPC-3530)

(a) 最高使用圧力及び機械的荷重(自重その他の長期的荷重に限る)による一次+二次応力

$$S_n = P D_0 / 4 t + (0.75 i_1 M_a + i_2 M_c) / Z$$

(b) 内面に受ける最高の圧力及び機械的荷重(自重その他の長期的荷重及び逃し弁又は安全弁の吹出し反力その他の短期的荷重)による一次+二次応力

$$S_n = P_m D_0 / 4 t + \{0.75 i_1 (M_a + M_b) + i_2 M_c\} / Z$$

(c) (a) に対する許容応力

$$S_a = 1.25 f S_c + (1 + 0.25 f) S_h$$

(d) (b) に対する許容応力

$$S_a = 1.25 f S_c + (1.2 + 0.25 f) S_h$$

(4) 告示第501号第56から第57条までの規定に基づく評価

a. 一次応力 (第56条第1号)

(a) 最高使用圧力及び機械的荷重(自重その他の長期的荷重に限る)による一次応力

$$S_{prm} = P D_0 / 4 t + 0.75 i_1 M_a / Z \leq S_h$$

(b) 内面に受ける最高の圧力及び機械的荷重(自重その他の長期的荷重及び逃し弁又は安全弁の吹出し反力その他の短期的荷重)による一次応力

$$S_{prm} = P_m D_0 / 4 t + 0.75 i_1 (M_a + M_b) / Z \leq 1.2 S_h$$

b. 一次+二次応力 (第 56 条第 2 号)

- (a) 最高使用圧力及び機械的荷重(自重その他の長期的荷重に限る)による一次+二次
応力

$$S_n = P D_0 / 4 t + (0.75 i_1 M_a + i_2 M_c) / Z$$

- (b) 内面に受ける最高の圧力及び機械的荷重(自重その他の長期的荷重及び逃し弁又は
安全弁の吹出し反力その他の短期的荷重)による一次+二次応力

$$S_n = P_m D_0 / 4 t + \{0.75 i_1 (M_a + M_b) + i_2 M_c\} / Z$$

- (c) (a)に対する許容応力

$$S_a = 1.25 f S_c + (1 + 0.25 f) S_h$$

- (d) (b)に対する許容応力

$$S_a = 1.25 f S_c + (1.2 + 0.25 f) S_h$$

4.3 耐震性についての計算

(1) クラス1管及び重大事故等クラス2管であってクラス1管

a. 一次応力

(a) 管台及び突合せ溶接式ティー

$$S_{prm} = B_1 P D_0 / 2 t + B_{2b} M_{bp} / Z_b + B_{2r} M_{rp} / Z_r$$

(b) (a)以外の管

$$S_{prm} = B_1 P D_0 / 2 t + B_2 M_{ip} / Z_i$$

b. 一次+二次応力

(a) 管台及び突合せ溶接式ティー

$$S_n = C_{2b} M_{bs} / Z_b + C_{2r} M_{rs} / Z_r$$

(b) (a)以外の管

$$S_n = C_2 M_{is} / Z_i$$

c. ピーク応力

(a) 管台及び突合せ溶接式ティー

$$S_p = K_{2b} C_{2b} M_{bs} / Z_b + K_{2r} C_{2r} M_{rs} / Z_r$$

(b) (a)以外の管

$$S_p = K_2 C_2 M_{is} / Z_i$$

d. 繰返しピーク応力強さ

$$S_\ell = K_e S_p / 2$$

e. 疲労累積係数

$$\Sigma (n_i / N_i) \leq 1.0$$

(2) (1)を除く管

a. 一次応力

$$S_{prm} = P D_0 / 4 t + 0.75 i_1 (M_a + M_b) / Z$$

b. 一次+二次応力

$$S_n = (0.75 i_1 M_b^* + i_2 M_c) / Z$$

5. 荷重の組合せ及び許容応力

耐震性についての計算において考慮する荷重の組合せ及び許容応力を表5-1～表5-3に示す。

表5-1 荷重の組合せ

施設分類 ^{*1}	設備	管クラス	荷重の組合せ ^{*2}	許容応力状態
DB	原子炉格納容器 バウンダリ	クラス1管 クラス2管	$I_L + S_d$	Ⅲ _A S
			$II_L + S_d$	
			III_L^{*5}	
			$IV_L(L) + S_d^{*3}$	
			$I_L + S_s$	Ⅳ _A S
			$II_L + S_s$	
			IV_L^{*5}	
			$IV_L(L) + S_d^{*4, *5}$	
			$V_L(L) + S_d^{*6, *7}$	Ⅴ _A S
			$V_L(LL) + S_s^{*6}$	
上記を除く設備	上記を除く設備	クラス1管 クラス2管 クラス3管 クラス4管 火力技術基準適用の管	$I_L + S_d$	Ⅲ _A S
			$II_L + S_d$	
			III_L^{*5}	
			$IV_L(L) + S_d^{*3}$	Ⅳ _A S
			$I_L + S_s$	
			$II_L + S_s$	
			IV_L^{*5}	
$IV_L(L) + S_d^{*4, *5}$				
SA	原子炉冷却材圧力 バウンダリ	重大事故等クラス2管	— ^{*8}	— ^{*8}
	原子炉格納容器 バウンダリ	重大事故等クラス2管	$V_L(L) + S_d^{*6, *7}$	Ⅴ _A S
			$V_L(LL) + S_s^{*6}$	
上記を除く設備	重大事故等クラス2管 重大事故等クラス3管 火力技術基準適用の管	$V_L + S_s$	Ⅴ _A S	

- 注記 *1: DB施設とSA設備の兼用範囲はDB施設及びSA設備の荷重の組合せを考慮する。
 *2: 運転状態の添字Lは荷重, (L)は荷重が長期間作用している状態, (LL)は(L)より更に長期的に荷重が作用している状態を示す。
 *3: ECCS等(非常用炉心冷却系及びそれに関連する系統)のみにおいて考慮する。
 *4: ECCS等(非常用炉心冷却系及びそれに関連する系統)以外において考慮する。
 *5: クラス1管においてのみ考慮する。
 *6: プロセス条件に加え, 重大事故時の原子炉格納容器バウンダリ条件として, 重大事故時

の原子炉格納容器限界温度及び圧力を考慮する。

- *7 : 荷重の組合せ $V_L(L) + S_d$ は $V_L(L L) + S_s$ に包絡されるため、評価を省略する。
- *8 : 原子炉冷却材圧力バウンダリ範囲は重大事故等発生時の環境条件が設計条件（圧力・温度等）を超える時間が短期（ 10^{-1} 年未満）であるため、運転状態Vにおいて S_d 又は S_s 地震力との組合せは考慮不要である。

表 5-2 許容応力 (クラス 1 管及び重大事故等クラス 2 管であってクラス 1 管)

許容応力 状態	一次一般 膜応力	一次応力 (曲げ応力を含む)	一次+二次応力	一次+二次 +ピーク応力
III _A S	1.5 S _m	2.25 S _m ただし、ねじりによる応力が 0.55 S _m を超える場合は、曲げとねじりによる応力について 1.8 S _m とする。	3 S _m S _d 又は S _s 地震動のみによる応力振幅について評価する。	S _d 又は S _s 地震動のみによる疲労累積係数と運転状態 I, II における疲労累積係数の和が 1.0 以下であること。
IV _A S V _A S*	2 S _m	3 S _m ただし、ねじりによる応力が 0.73 S _m を超える場合は、曲げとねじりによる応力について 2.4 S _m とする。		

注記 * : 許容応力状態 V_AS は許容応力状態 IV_AS の許容限界を使用し、許容応力状態 IV_AS として評価を実施する。

表 5-3 許容応力 (「クラス 1 管及び重大事故等クラス 2 管であってクラス 1 管」を除く管)

許容応力 状態	一次一般 膜応力	一次応力 (曲げ応力を含む)	一次+二次 応力	一次+二次 +ピーク応力
III _A S	Min(S _y , 0.6 S _u) ただし、オーステナイト系ステンレス鋼及び高ニッケル合金については 1.2 S _h としてもよい。	S _y ただし、オーステナイト系ステンレス鋼及び高ニッケル合金については 1.2 S _h としてもよい。	S _d 又は S _s 地震動のみによる疲労解析を行い疲労累積係数が 1.0 以下であること。ただし、地震動のみによる一次+二次応力の変動値が 2 S _y 以下であれば、疲労解析は不要である。	
IV _A S V _A S*	0.6 S _u	0.9 S _u		

注記 * : 許容応力状態 V_AS は許容応力状態 IV_AS の許容限界を使用し、許容応力状態 IV_AS として評価を実施する。

6. 計算精度と数値の丸め方

計算精度は6桁以上を確保する。

表示する数値の丸め方は表6-1に示すとおりである。

表6-1 表示する数値の丸め方

項目	数値の種類	単位	処理桁	処理方法	表示桁
鳥瞰図	寸法	mm	小数点第1位	四捨五入	整数位
	変位量	mm	小数点第2位	四捨五入	小数点第1位
計算条件	圧力	MPa	小数点第3位	四捨五入	小数点第2位*1
	温度	℃	小数点第1位	四捨五入	整数位
	外径	mm	小数点第2位	四捨五入	小数点第1位
	厚さ	mm	小数点第2位	四捨五入	小数点第1位
	縦弾性係数	MPa	小数点第1位	四捨五入	整数位
	質量	kg	小数点第1位	四捨五入	整数位
	単位長さ質量	kg/m	小数点第1位	四捨五入	整数位
	ばね定数	N/mm	有効桁数3桁	四捨五入	有効桁数2桁
	回転ばね定数	N・mm/rad	有効桁数3桁	四捨五入	有効桁数2桁
	方向余弦	—	小数点第5位	四捨五入	小数点第4位
	許容応力*2	MPa	小数点第1位	切捨て	整数位
	減衰定数	%	—	—	小数点第1位
解析結果 及び評価	固有周期	s	小数点第4位	四捨五入	小数点第3位
	震度	—	小数点第3位	切上げ	小数点第2位
	刺激係数	—	小数点第4位	四捨五入	小数点第3位
	計算応力	MPa	小数点第1位	切上げ	整数位
	許容応力*2	MPa	小数点第1位	切捨て	整数位
	計算荷重	kN	小数点第1位	切上げ	整数位
	許容荷重	kN	小数点第1位	切捨て	整数位
	疲労累積係数	—	小数点第5位	切上げ	小数点第4位
	弁応答加速度	×9.8m/s ²	小数点第2位	切上げ	小数点第1位
	機能確認済加速度	×9.8m/s ²	—	—	小数点第1位

注記 *1: 必要に応じて小数点第3位表示とする。また、静水頭は「静水頭」と記載する。

*2: 設計・建設規格 付録材料図表に記載された温度の中間における許容応力は、比例法により補間した値の小数点以下第1位を切り捨て、整数位までの値とする。

7. 計算書の構成

7.1 管の応力計算書

(1) 概要

本基本方針に基づき，管の応力計算を実施した結果を示す旨を記載する。

(2) 概略系統図

工事計画記載範囲の系統の概略を示した図面を添付する。

(3) 鳥瞰図

評価結果記載の解析モデルの解析モデル図を添付する。

(4) 計算条件

本項目記載内容及び記載フォーマットを FORMAT 応-1～応-3 に示す。

なお，クラス 1 管の供用状態 A 及び B (運転状態 I 及び II) における一次＋二次応力評価及び疲労評価において考慮する運転条件については，既工認から変更がないことから，記載を省略する。

(5) 計算結果

本項目記載内容及び記載フォーマットを FORMAT 応-4-1～応-4-6 に示す。

・FORMAT 応-1 :

計算条件

鳥瞰図番号ごとに設計条件に対応した管番号で区分し，管番号と対応する評価点番号を示す。

鳥瞰図番号

管番号	対応する評価点	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料

・FORMAT 応-2 :

配管の付加質量，フランジ部の質量，弁部の質量

鳥瞰図番号

質量	対応する評価点

・FORMAT 応-3 :

弁部の寸法

鳥瞰図番号

評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)

・FORMAT 応-4-1 :

計算結果

下表に示すごとく最大応力及び疲労累積係数はそれぞれの許容値以下である。

クラス 1 管

設計・建設規格 PPB-3500 の規定に基づく評価

鳥瞰図番号

供用 状態	最大 応力 評価点	配管 要素 名称	最大応力 区分	一次応力評価 (MPa)		一次+二次応力評価 (MPa)				熱応力評価 (°C)		疲労評価
				一次応力	許容 応力	一次+二次 応力	熱膨張 応力	熱を除いた 一次+二次 応力	許容 応力	温度差の 変動範囲	許容 温度差	疲労累積 係数
				S_{prn}	$1.5 S_n$	S_n	S_e	S_n'	$3 S_n$	ΔT		U
(A, B)			S_{prn}	Max	$1.5 S_n$	—	—	—	—	—	—	—
(A, B)			S_n	—	—	Max	—	—	$3 S_n$	—	—	—
(A, B)			S_e	—	—	—	Max	—	$3 S_n$	—	—	—
(A, B)			S_n'	—	—	—	—	Max	$3 S_n$	—	—	—
(A, B)			ΔT	—	—	—	—	—	—	Max	*	—
(A, B)			U	—	—	—	—	—	—	—	—	Max

注記 * : 本書 4.2(1)g. (g) に基づき計算した値 $((1.4 y S_y / E \alpha) \cdot C_4)$ を記載する。

・FORMAT 応-4-2 :

計算結果

下表に示すごとく最大応力及び疲労累積係数はそれぞれの許容値以下である。

クラス 1 管

告示第 501 号第 46 条から第 48 条までの規定に基づく評価

鳥瞰図番号

運転 状態	最大 応力 評価点	配管 要素 名称	最大応力 区分	一次応力評価 (MPa)		一次+二次応力評価 (MPa)				疲労評価	
				一次応力	許容 応力	一次+二次 応力	熱膨張 応力	熱を除いた 一次+二次 応力	許容 応力	疲労累積 係数	
				S_{prn}	$1.5 S_n$	S_n	S_e	S_n'	$3 S_n$	U	
I, II			S_{prn}	Max	$1.5 S_n$	—	—	—	—	—	—
I, II			S_n	—	—	Max	—	—	$3 S_n$	—	—
I, II			S_e	—	—	—	Max	—	$3 S_n$	—	—
I, II			S_n'	—	—	—	—	Max	$3 S_n$	—	—
I, II			U	—	—	—	—	—	—	—	Max

・FORMAT 応-4-3 :

計算結果

下表に示すごとく最大応力はすべて許容応力以下である。

クラス 2 管

設計・建設規格 PPC-3500 の規定に基づく評価

鳥瞰図	供用 状態	最大応力 評価点	最大応力 区分	一次応力評価 (MPa)		一次+二次応力評価 (MPa)	
				計算応力 $S_{prim}(1)^{*1}$ $S_{prim}(2)^{*2}$	許容応力 $1.5 S_h$ $1.8 S_h$	計算応力 $S_n(a)^{*3}$ $S_n(b)^{*4}$	許容応力 $S_a(c)^{*5}$ $S_a(d)^{*6}$
鳥瞰図 番号	(A, B)		$S_{prim}(1)^{*1}$	Max	$1.5 S_h$	—	—
	(A, B)		$S_n(a)^{*3}$	—	—	Max	$S_a(c)$
	(A, B)		$S_{prim}(2)^{*2}$	Max	$1.8 S_h$	—	—
	(A, B)		$S_n(b)^{*4}$	—	—	Max	$S_a(d)$

注記 *1 : 設計・建設規格 PPC-3520 (1) に基づき計算した一次応力を示す。

*2 : 設計・建設規格 PPC-3520 (2) に基づき計算した一次応力を示す。

*3 : 設計・建設規格 PPC-3530 (1) a. に基づき計算した一次+二次応力を示す。

*4 : 設計・建設規格 PPC-3530 (1) b. に基づき計算した一次+二次応力を示す。

*5 : 設計・建設規格 PPC-3530 (1) c. に基づき計算した許容応力を示す。

*6 : 設計・建設規格 PPC-3530 (1) d. に基づき計算した許容応力を示す。

・FORMAT 応-4-4 :

計算結果

下表に示すごとく最大応力はすべて許容応力以下である。

クラス 2 管

告示第 5 0 1 号第 56 条から第 57 条までの規定に基づく評価

鳥瞰図	運轉 状態	最大応力 評価点	最大応力 区分	一次応力評価 (MPa)		一次+二次応力評価 (MPa)	
				計算応力 $S_{prim}(イ)^{*1}$ $S_{prim}(ロ)^{*2}$	許容応力 S_h $1.2 S_h$	計算応力 $S_n(イ)^{*3}$ $S_n(ロ)^{*4}$	許容応力 $S_a(ハ)^{*5}$ $S_a(ニ)^{*6}$
鳥瞰図 番号	I, II		$S_{prim}(イ)^{*1}$	Max	S_h	—	—
	I, II		$S_n(イ)^{*3}$	—	—	Max	$S_a(ハ)$
	I, II		$S_{prim}(ロ)^{*2}$	Max	$1.2 S_h$	—	—
	I, II		$S_n(ロ)^{*4}$	—	—	Max	$S_a(ニ)$

注記 *1 : 告示第 5 0 1 号第 56 条第 1 号イに基づき計算した一次応力を示す。

*2 : 告示第 5 0 1 号第 56 条第 1 号ロに基づき計算した一次応力を示す。

*3 : 告示第 5 0 1 号第 56 条第 2 号イに基づき計算した一次+二次応力を示す。

*4 : 告示第 5 0 1 号第 56 条第 2 号ロに基づき計算した一次+二次応力を示す。

*5 : 告示第 5 0 1 号第 56 条第 2 号ハに基づき計算した許容応力を示す。

*6 : 告示第 5 0 1 号第 56 条第 2 号ニに基づき計算した許容応力を示す。

・FORMAT 応-4-5 :

計算結果

下表に示すごとく最大応力はすべて許容応力以下である。

重大事故等クラス2管

設計・建設規格 PPC-3520 の規定に基づく評価

鳥瞰図	最大応力 評価点	最大応力 区分	一次応力評価 (MPa)	
			計算応力 $S_{prm}(1)^{*1}$ $S_{prm}(2)^{*2}$	許容応力 $1.5 S_h$ $1.8 S_h$
鳥瞰図番号		$S_{prm}(1)^{*1}$ $S_{prm}(2)^{*2}$	Max Max	$1.5 S_h$ $1.8 S_h$

注記 *1 : 設計・建設規格 PPC-3520 (1) に基づき計算した一次応力を示す。

*2 : 設計・建設規格 PPC-3520 (2) に基づき計算した一次応力を示す。

・FORMAT 応-4-6 :

計算結果

下表に示すごとく最大応力はすべて許容応力以下である。

重大事故等クラス2管

告示第501号第56条第1号の規定に基づく評価

鳥瞰図	最大応力 評価点	最大応力 区分	一次応力評価 (MPa)	
			計算応力 $S_{prm}(イ)^{*1}$ $S_{prm}(ロ)^{*2}$	許容応力 S_h $1.2 S_h$
鳥瞰図番号		$S_{prm}(イ)^{*1}$ $S_{prm}(ロ)^{*2}$	Max Max	S_h $1.2 S_h$

注記 *1 : 告示第501号第56条第1号イに基づき計算した一次応力を示す。

*2 : 告示第501号第56条第1号ロに基づき計算した一次応力を示す。

7.2 管の耐震性についての計算書

(1) 概要

本基本方針及び「V-2-1-11 機器・配管の耐震支持設計方針」に基づき、管、支持構造物及び弁の耐震性についての計算を実施した結果を示す旨を記載する。なお、支持構造物は強度計算及び耐震性についての計算の基本式が同一であることから、強度計算を耐震性についての計算に含めて実施している旨を記載する。

また、評価結果の記載方法は以下とする旨を記載する。

a. 管

工事計画記載範囲の管のうち、各応力区分における最大応力評価点の評価結果を解析モデル単位に記載する。なお、既工認評価結果が有る範囲については、各応力区分における最大応力評価点の許容値／発生値（以下「裕度」という。）が最小となる解析モデルを代表として記載する。

b. 支持構造物

工事計画記載範囲の支持点のうち、種類及び型式単位に支持点荷重が最大となる支持点の評価結果を代表として記載する。

c. 弁

評価結果を記載する対象弁は、工認主要弁かつ動的機能維持要求弁とし、機能確認済加速度の応答加速度に対する裕度が最小となる動的機能維持要求弁を代表として、弁型式別に評価結果を記載する。

(2) 概略系統図及び鳥瞰図

a. 概略系統図

工事計画記載範囲の系統の概略を示した図面を添付する。

b. 鳥瞰図

評価結果記載の解析モデルの解析モデル図を添付する。

(3) 計算条件

本項目記載内容及び記載フォーマットを FORMAT 耐-1～耐-6 に示す。

(4) 解析結果及び評価

本項目記載内容及び記載フォーマットを FORMAT 耐-7～耐-11 に示す。

・FORMAT 耐-1 :

荷重の組合せ及び許容応力状態

本計算書において考慮する荷重の組合せ及び許容応力状態を下表に示す。

施設名称	設備名称	系統名称	施設 分類*1	設備 分類*2	機器等 の区分	耐震 クラス	荷重の組合せ*3,4	許容応力 状態*5

注記 *1 : DBは設計基準対象施設, SAは重大事故等対処設備を示す。

*2 : 「常設耐震/防止」は常設耐震重要重大事故防止設備, 「常設/防止」は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, 「常設/緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

*3 : 運転状態の添字Lは荷重, (L)は荷重が長期間作用している状態を示す。

*4 : 許容応力状態ごとに最も厳しい条件又は包絡条件を用いて評価を実施する。

*5 : 許容応力状態V_ASは許容応力状態IV_ASの許容限界を使用し, 許容応力状態IV_ASとして評価を実施する。

・FORMAT 耐-2 :

設計条件

鳥瞰図番号ごとに設計条件に対応した管番号で区分し, 管番号と対応する評価点番号を示す。

鳥瞰図番号

管番号	対応する評価点	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料	耐震クラス	縦弾性係数 (MPa)

・FORMAT 耐-3 :

配管の付加質量, フランジ部の質量, 弁部の質量

鳥瞰図番号

質量	対応する評価点

- FORMAT 耐-4 :
弁部の寸法

鳥瞰図番号

評価点	外径 (mm)	厚さ (mm)	長さ (mm)

- FORMAT 耐-5 :
支持点及び貫通部ばね定数

鳥瞰図番号

支持点番号	各軸方向ばね定数 (N/mm)			各軸回り回転ばね定数 (N・mm/rad)		
	X	Y	Z	X	Y	Z

- FORMAT 耐-6 :
材料及び許容応力
使用する材料の最高使用温度での許容応力を下表に示す。

材料	最高使用温度 (°C)	許容応力 (MPa) *			
		S _m	S _y	S _u	S _h

注記 * : 評価に使用しない許容応力については「—」と記載する。

- FORMAT 耐-7 :
設計用地震力

本計算書において考慮する設計用地震力の算出に用いる設計用床応答スペクトルを下表に示す。
なお、設計用床応答スペクトルは、「V-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に基づき策定したものをを用いる。また、減衰定数は「V-2-1-6 地震応答解析の基本方針」に記載の減衰定数を用いる。

鳥瞰図	建物・構築物	標高	減衰定数 (%)

・FORMAT 耐-8 :

固有周期及び設計震度

鳥瞰図番号

耐震クラス		S					
適用する地震動等		S _d 及び静的震度			S _s		
モード	固有周期 (s)	応答水平震度*1		応答鉛直 震度*1	応答水平震度*1		応答鉛直 震度*1
		X方向	Z方向	Y方向	X方向	Z方向	Y方向
1次							
2次							
...							
8次							
n次							
n+1次*4		—	—	—	—	—	—
動的震度*2							
静的震度*3					—	—	—

注：本表はSクラスの場合を示す。なお、S_s機能維持評価の場合は、「S_d及び静的震度」欄及び「静的震度」欄を削除したものを使用する。

注記 *1：各モードの固有周期に対し、設計用床応答スペクトルより得られる震度を示す。

*2：S_d又はS_s地震動に基づく最大設計用床応答加速度より定めた震度を示す。

*3：3.6C_I及び1.2C_vより定めた震度を示す。

*4：固有周期が0.050s以下であることを示す。

・FORMAT 耐-9 :

各モードに対応する刺激係数

鳥瞰図番号

モード	固有周期 (s)	刺激係数		
		X方向	Y方向	Z方向
1次				
2次				
...				
8次				
n次				

注：3次モードまでを代表として、各質点の変位の相対量・方向を示した振動モード図を添付する。

・FORMAT 耐-10-1 :

管の応力評価結果

下表に示すごとく最大応力及び疲労累積係数はそれぞれの許容値以下である。

クラス1 管

鳥瞰図	許容 応力 状態	最大 応力 評価点	配管 要素 名称	最大応力 区分	一次応力評価 (MPa)				一次+二次応力評価 (MPa)		疲労 評価
					一次応力	許容応力	ねじり 応力	許容 応力	一次+二次 応力	許容 応力	疲労累積係 数
					$S_{pm}(S_d)$ $S_{pm}(S_s)$	$2.25 S_m^{*1}$ $3 S_m^{*1}$	$S_t(S_d)$ $S_t(S_s)$	$0.55 S_m$ $0.73 S_m$	$S_n(S_s)$	$3 S_m$	$U+U S_m$
鳥瞰図 番号	III _A S			$S_{pm}(S_d)$	Max	$2.25 S_m$	—	—	—	—	—
	III _A S			$S_t(S_d)$	—	—	Max ^{*2}	$0.55 S_m$	—	—	—
	IV _A S			$S_{pm}(S_s)$	Max	$3 S_m$	—	—	—	—	—
	IV _A S			$S_t(S_s)$	—	—	Max ^{*2}	$0.73 S_m$	—	—	—
	IV _A S			$S_n(S_s)$	—	—	—	—	Max	$3 S_m$	$U+U S_m^{*3}$
	IV _A S			$U+U S_m$	—	—	—	—	—	—	Max

注：本表は曲げ+ねじり応力評価を除く評価結果を示すものである。

注記 *1：設計・建設規格 PPB-3552 及び PPB-3562 の規定に基づく供用状態C及びDにおける一次応力評価を許容応力状態III_AS及びIV_ASにおける一次応力評価に含めて実施する場合は、許容応力状態III_AS及びIV_ASの許容応力をそれぞれ、 $\text{Min}(2.25 S_m, 1.8 S_y)$ 及び $\text{Min}(3 S_m, 2 S_y)$ とする。

*2：ねじり応力が許容応力状態III_ASのとき $0.55 S_m$ 、又は許容応力状態IV_ASのとき $0.73 S_m$ を超える場合は、曲げ+ねじり応力評価を実施する。

*3：一次+二次応力が $3 S_m$ 以下の場合は「—」と記載する。

下表に示すごとくねじりによる応力が許容応力状態III_ASのとき $0.55 S_m$ 、又は許容応力状態IV_ASのとき $0.73 S_m$ を超える評価点のうち曲げとねじりによる応力は許容値を満足している。

鳥瞰図	評価点	一次応力評価 (MPa)			
		ねじり応力	許容応力	曲げとねじり応力	許容応力
		$S_t(S_d)$ $S_t(S_s)$	$0.55 S_m$ $0.73 S_m$	$S_t + S_b(S_d)$ $S_t + S_b(S_s)$	$1.8 S_m$ $2.4 S_m$
鳥瞰図 番号		Max Max	$0.55 S_m$ $0.73 S_m$	Max Max	$1.8 S_m$ $2.4 S_m$

注：本表はねじり+曲げ応力評価結果を示すものである。

・FORMAT 耐-10-2 :

管の応力評価結果

下表に示すごとく最大応力及び疲労累積係数はそれぞれの許容値以下である。

クラス 2 以下の管

鳥瞰図	許容応力 状態	最大応力 評価点	最大応力 区分	一次応力評価 (MPa)		一次+二次応力評価 (MPa)		疲労評価
				計算応力	許容応力	計算応力	許容応力	疲労累積係数
				$S_{prm}(S_d)$	S_y^{*1}	$S_n(S_s)$	$2S_y$	
				$S_{prm}(S_s)$	$0.9S_u$	$S_n(S_s)$	$2S_y$	US_s
鳥瞰図 番号	III _A S		$S_{prm}(S_d)$	Max	S_y^{*1}	—	—	—
	IV _A S		$S_{prm}(S_s)$	Max	$0.9S_u$	—	—	—
	IV _A S		$S_n(S_s)$	—	—	Max	$2S_y$	US_s^{*2}

注記 *1: オーステナイト系ステンレス鋼及び高ニッケル合金については、 S_y と $1.2S_h$ のうち大きい方とする。

*2: 一次+二次応力が $2S_y$ 以下の場合は「—」と記載する。

・FORMAT 耐-10-3 :

管の応力評価結果

下表に示すごとく最大応力及び疲労累積係数はそれぞれの許容値以下である。

重大事故等クラス 2 管であってクラス 1 管

鳥瞰図	許容 応力 状態	最大 応力 評価点	配管 要素 名称	最大応力 区分	一次応力評価 (MPa)				一次+二次応力評価 (MPa)		疲労 評価
					一次応力	許容応力	ねじり 応力	許容 応力	一次+二次 応力	許容 応力	疲労累積係 数
					$S_{prm}(S_s)$	$3S_m$	$S_t(S_s)$	$0.73S_m$	$S_n(S_s)$	$3S_m$	
	V _A S			$S_{prm}(S_s)$	Max	$3S_m$	—	—	—	—	—
鳥瞰図 番号	V _A S			$S_t(S_s)$	—	—	Max ^{*1}	$0.73S_m$	—	—	—
	V _A S			$S_n(S_s)$	—	—	—	—	Max	$3S_m$	$U+US_s^{*2}$
	V _A S			$U+US_s$	—	—	—	—	—	—	Max

注: 本表は曲げ+ねじり応力評価を除く評価結果を示すものである。

注記 *1: ねじり応力が許容応力状態V_ASのとき $0.73S_m$ を超える場合は、曲げ+ねじり応力評価を実施する。

*2: 一次+二次応力が $3S_m$ 以下の場合は「—」と記載する。

下表に示すごとくねじりによる応力が許容応力状態 $V_A S$ のとき $0.73 S_m$ を超える評価点のうち曲げとねじりによる応力は許容値を満足している。

鳥瞰図	評価点	一次応力評価 (MPa)			
		ねじり応力 $S_t(S_s)$	許容応力 $0.73 S_m$	曲げとねじり応力 $S_t + S_b(S_s)$	許容応力 $2.4 S_m$
鳥瞰図番号		Max	$0.73 S_m$	Max	$2.4 S_m$

注：本表はねじり+曲げ応力評価結果を示すものである。

・FORMAT 耐-10-4：

管の応力評価結果

下表に示すごとく最大応力及び疲労累積係数はそれぞれの許容値以下である。

重大事故等クラス2管であってクラス2以下の管

鳥瞰図	許容応力 状態	最大応力 評価点	最大応力 区分	一次応力評価 (MPa)		一次+二次応力評価 (MPa)		疲労評価
				計算応力 $S_{prim}(S_s)$	許容応力 $0.9 S_u$	計算応力 $S_n(S_s)$	許容応力 $2 S_y$	疲労累積係数 $U S_s$
鳥瞰図	$V_A S$		$S_{prim}(S_s)$	Max	$0.9 S_u$	—	—	—
番号	$V_A S$		$S_n(S_s)$	—	—	Max	$2 S_y$	$U S_s^{*1}$

注記 *1：一次+二次応力が $2 S_y$ 以下の場合は「—」と記載する。

・FORMAT 耐-11 :

支持構造物評価結果

下表に示すごとく計算応力及び計算荷重はそれぞれの許容値以下である。

支持構造物評価結果(荷重評価)

支持 構造物 番号	種類	型式	材質	温度 (°C)	評価結果	
					計算荷重 (kN)	許容荷重 (kN)
	メカニカルスナッパ		「V-2-1-11 機器・配 管の耐震支持設計方 針」参照			
	オイルスナッパ					
	ロッドレストレイント					
	スプリングハンガ					
	コンスタントハンガ					
	リジットハンガ					

支持構造物評価結果(応力評価)

支持 構造物 番号	種類	型式	材質	温度 (°C)	支持点荷重						評価結果		
					反力(kN)			モーメント(kN・m)			応力 分類	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)
					F _x	F _y	F _z	M _x	M _y	M _z			
	レストレイント												
	アンカ												

注：評価対象がない場合はすべての欄に「—」と記載する。

・FORMAT 耐-12 :

弁の動的機能維持評価結果

下表に示すごとく応答加速度が機能確認済加速度以下又は計算応力が許容応力以下である。

弁番号	形式	要求機能	応答加速度 (×9.8m/s ²)		機能確認済加速度 (×9.8m/s ²)		構造強度評価結果* (MPa)	
			水平	鉛直	水平	鉛直	計算応力	許容応力

注：評価対象がない場合はすべての欄に「—」と記載する。

注記 *：弁応答加速度が機能確認済加速度以下の場合は「—」と記載する。

添付資料-9：基本方針（付録）を呼び込む設備の耐震計算書
（Fパターン「管」の耐震計算書記載例）

V-2-6-4-1-3 管の耐震性についての計算書

目 次

1. 概要	1
2. 概略系統図及び鳥瞰図	2
2.1 概略系統図	2
2.2 鳥瞰図	4
3. 計算条件	8
3.1 荷重の組合せ及び許容応力	8
3.2 設計条件	9
3.3 材料及び許容応力	15
3.4 設計用地震力	16
4. 解析結果及び評価	17
4.1 固有周期及び設計震度	17
4.2 評価結果	23
4.2.1 管の応力評価結果	23
4.2.2 支持構造物評価結果	24
4.2.3 弁の動的機能維持評価結果	25

1. 概要

本計算書は、「V-2-1-14-6 管の応力計算書及び耐震性についての計算書作成の基本方針」及び「V-2-1-11 機器・配管の耐震支持設計方針」に基づき、管、支持構造物及び弁の耐震性についての計算を実施した結果を示したものである。

評価結果記載方法は以下に示す通りとする。

(1) 管

工事計画記載範囲の管のうち、各応力区分における最大応力評価点の評価結果を解析モデル単位に記載する。また、各応力区分における最大応力評価点の許容値／発生値（裕度）が最小となる解析モデルを代表として記載する。

(2) 支持構造物

工事計画記載範囲の支持点のうち、種類及び型式ごとの反力が最大となる支持点の評価結果を代表として記載する。






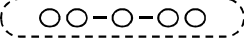

(3) 弁

機能確認済加速度の応答加速度に対する裕度が最小となる動的機能維持要求弁を代表として評価結果を記載する。

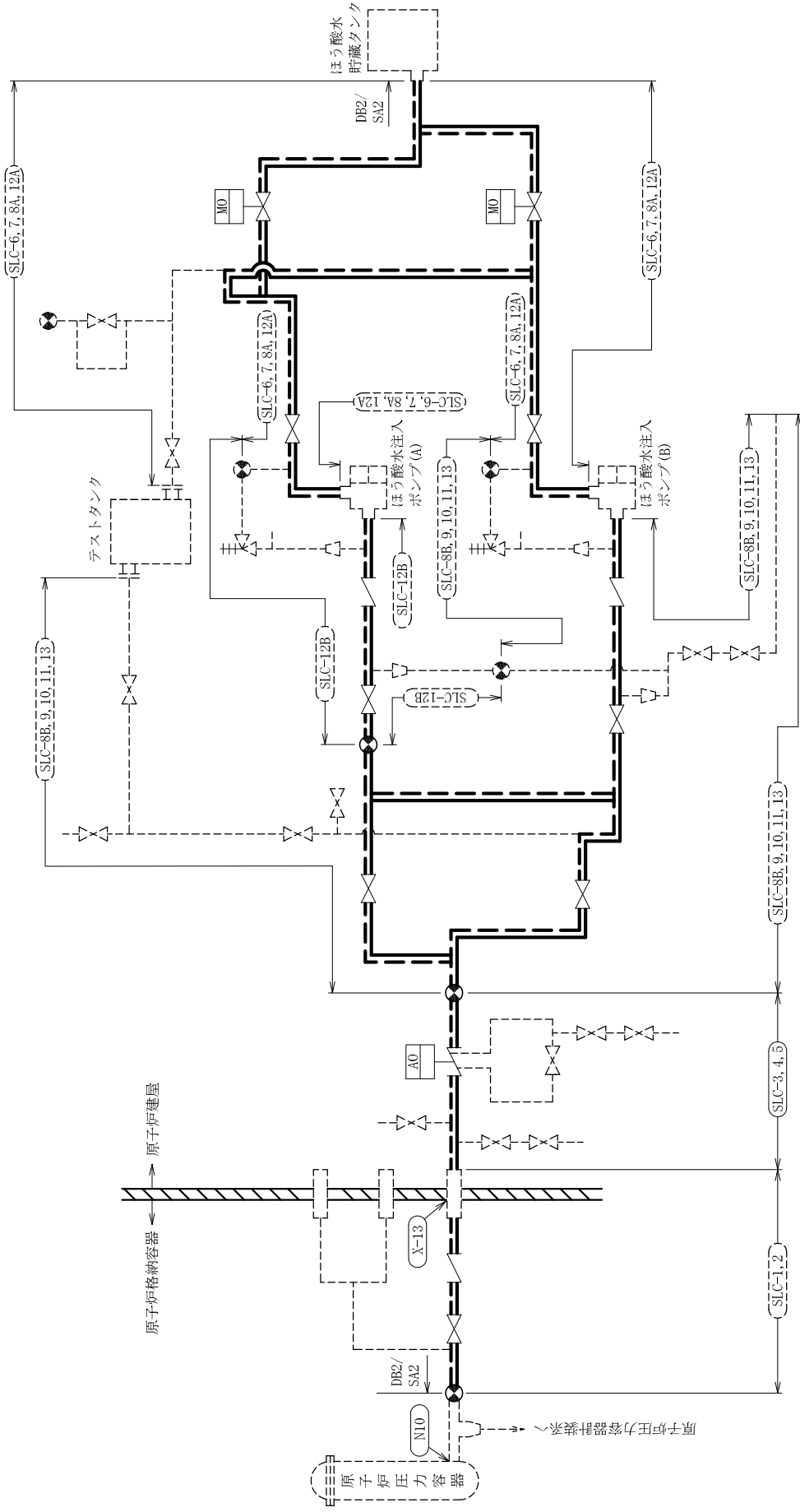
2. 概略系統図及び鳥瞰図

2.1 概略系統図

概略系統図記号凡例

記号	内容
 (太線)	工事計画記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管 (重大事故等対処設備)
 (太破線)	工事計画記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管 (設計基準対象施設)
 (細線)	工事計画記載範囲の管のうち、本系統の管であって他 計算書記載範囲の管
 (破線)	工事計画記載範囲外の管又は工事計画記載範囲の管の うち、他系統の管であって系統の概略を示すために表 記する管
	鳥瞰図番号 (評価結果を記載する範囲)
	鳥瞰図番号 (評価結果の記載を省略する範囲)
	アンカ
[管クラス] DB1 DB2 DB3 DB4 SA2 SA3 DB1/SA2 DB2/SA2 DB3/SA2 DB4/SA2	クラス1管 クラス2管 クラス3管 クラス4管 重大事故等クラス2管 重大事故等クラス3管 重大事故等クラス2管であってクラス1管 重大事故等クラス2管であってクラス2管 重大事故等クラス2管であってクラス3管 重大事故等クラス2管であってクラス4管



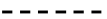


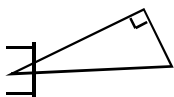
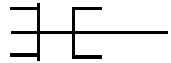

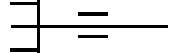
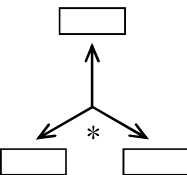
NT2 補② V-2-6-4-1-1-3 R0



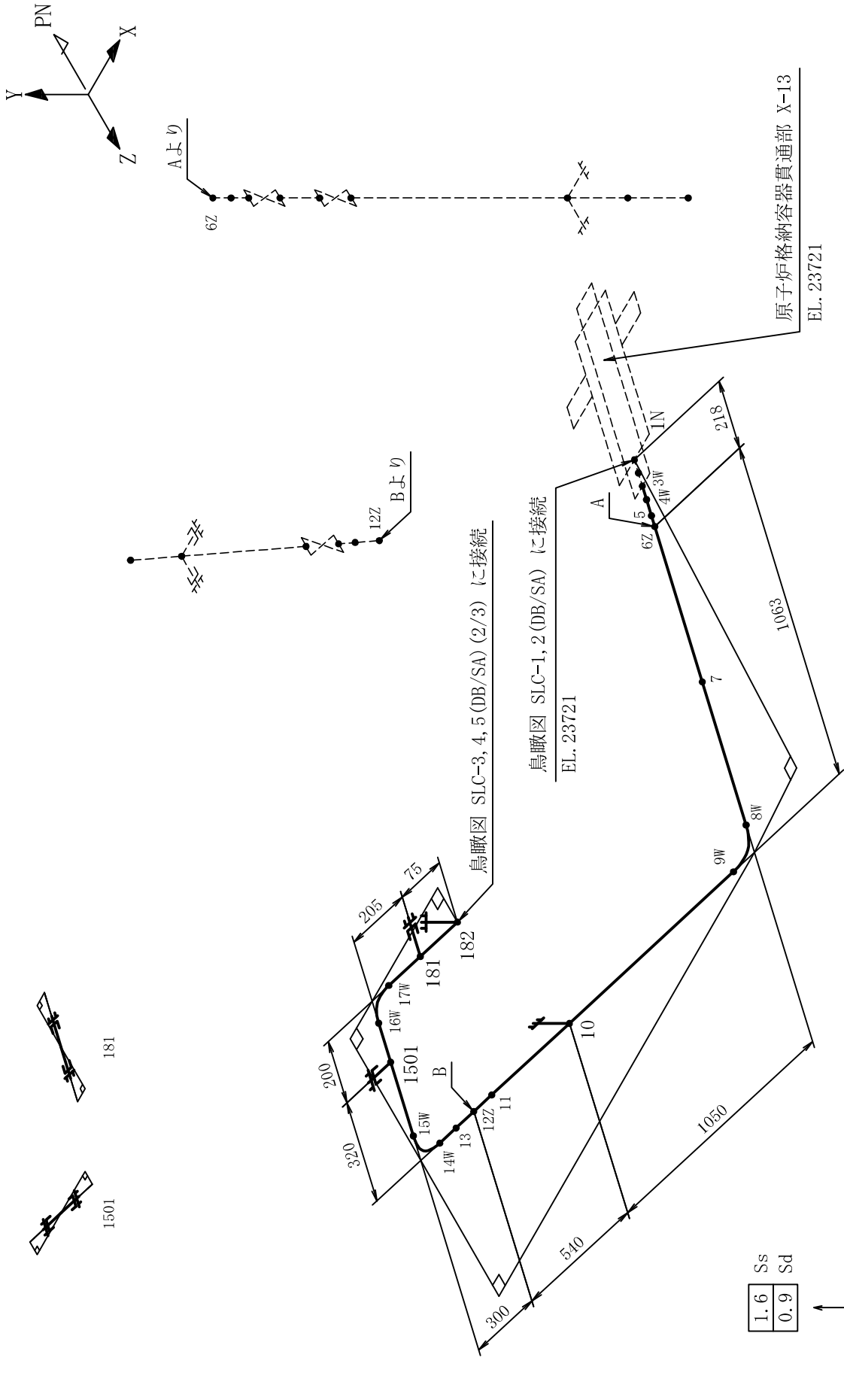
ほう酸水注入系概略系統図

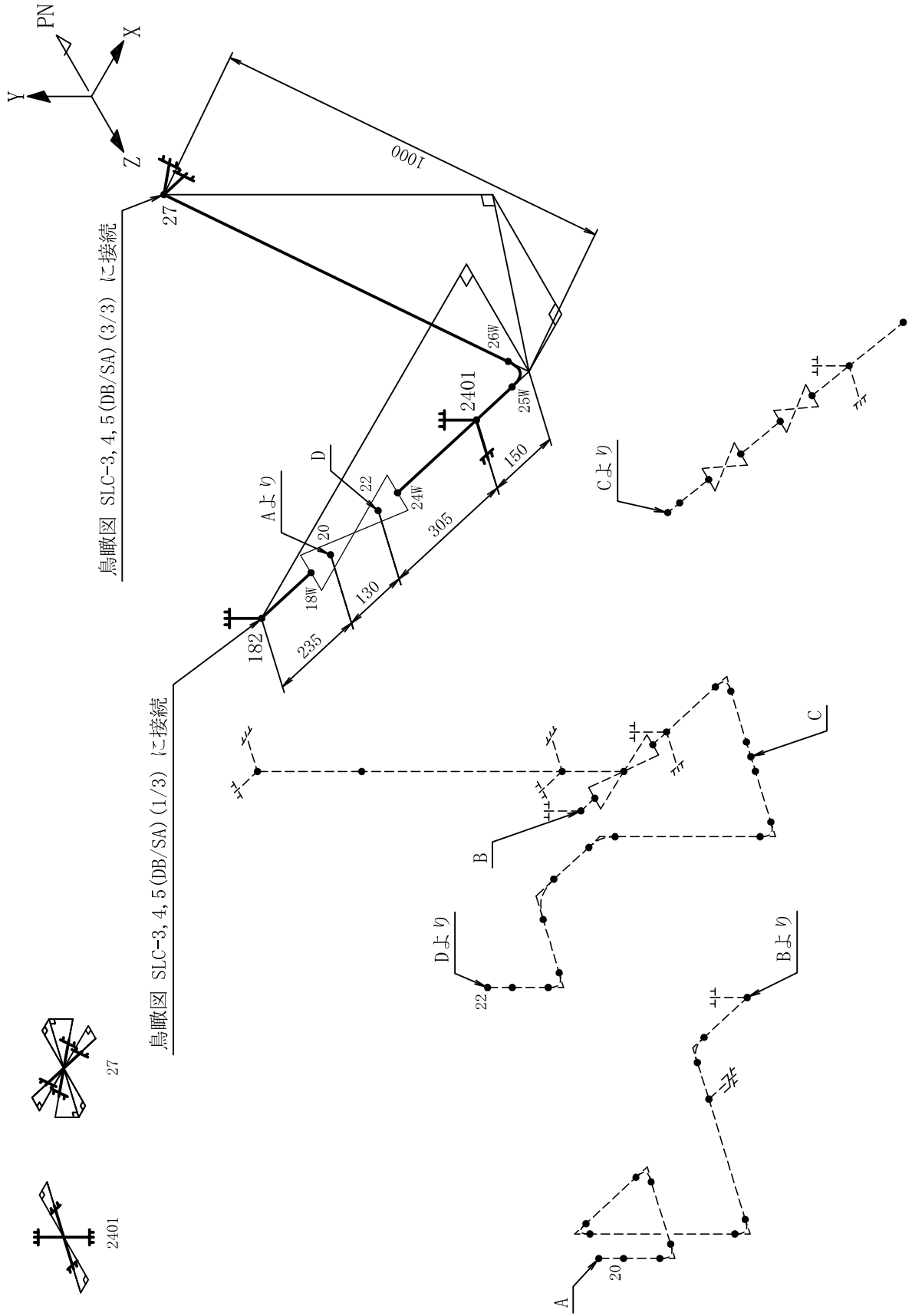
2.2 鳥瞰図

鳥瞰図記号凡例

記 号	内 容
 (太線)	工事計画記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管 (重大事故等対処設備の場合は鳥瞰図番号の末尾を「(SA)」, 設計基準対象施設の場合は鳥瞰図番号の末尾を「(DB)」とする。)
 (細線)	工事計画記載範囲の管のうち、本系統の管であって他計算書記載範囲の管
 (破線)	工事計画記載範囲外の管又は工事計画記載範囲の管のうち、他系統の管であって解析モデルの概略を示すために表記する管
	質 点
	ア ン カ
	レストレイント (本図は斜め拘束の場合の全体座標系における拘束方向成分を示す。スナッパについても同様とする。)
	スナッパ
	ハンガ
	リジットハンガ
	拘束点の地震による相対変位量(mm) (* は評価点番号, 矢印は拘束方向を示す。また, 内に 変位量を記載する。)

注： 鳥瞰図中の寸法の単位はmmである。



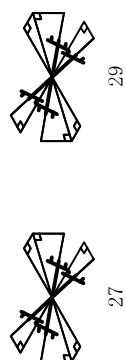
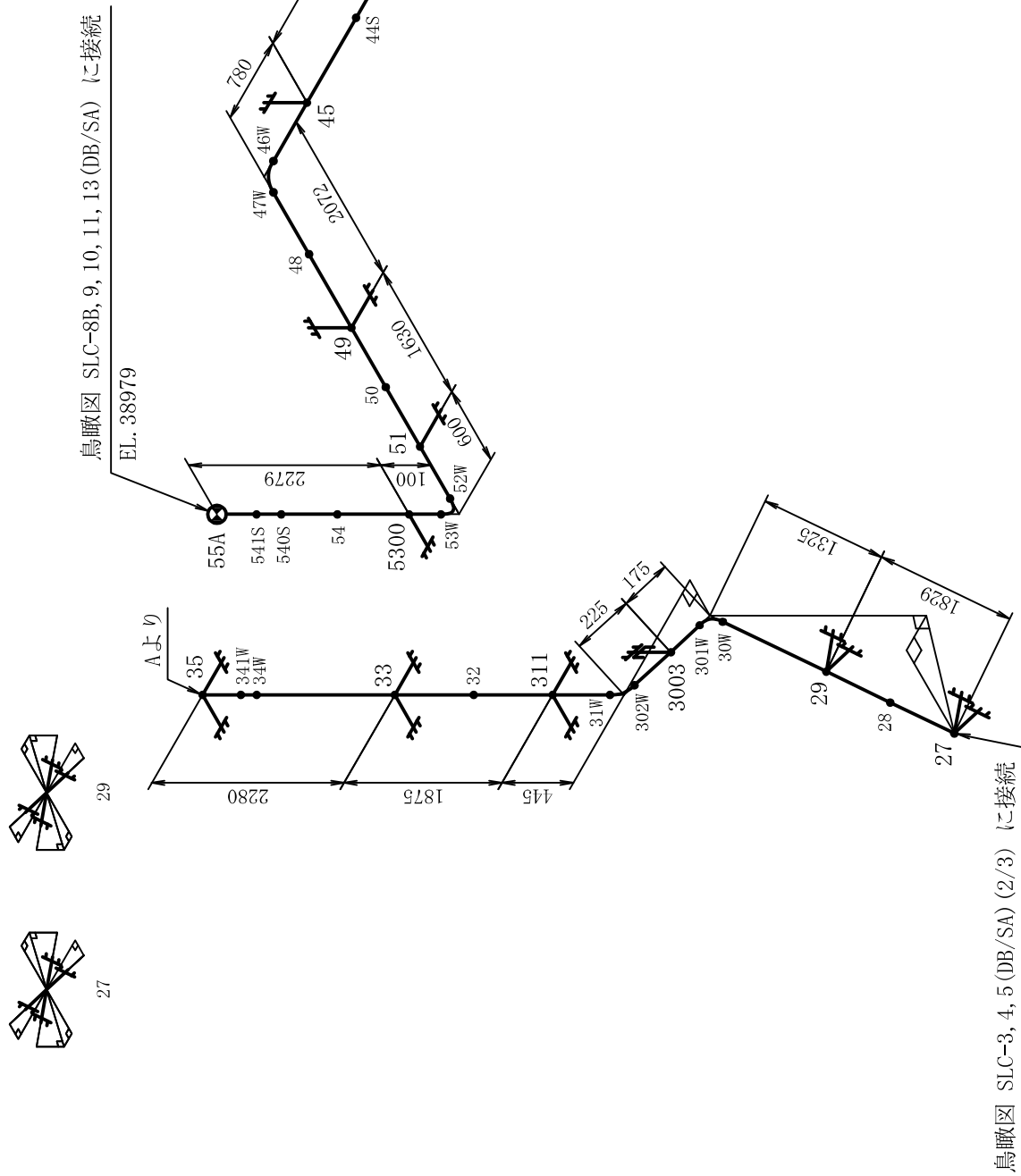
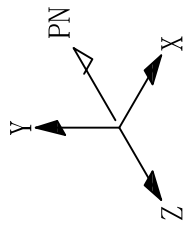


鳥瞰図 SLC-3, 4, 5 (DB/SA) (3/3) に接続

鳥瞰図 SLC-3, 4, 5 (DB/SA) (1/3) に接続

鳥瞰図	SLC-3, 4, 5 (DB/SA) (2/3)
-----	---------------------------

NT2 補② V-2-6-4-1-3 R0



鳥瞰図 SLC-8B, 9, 10, 11, 13 (DB/SA) (二接続)

鳥瞰図 SLC-3, 4, 5 (DB/SA) (2/3) (二接続)

鳥瞰図	SLC-3, 4, 5 (DB/SA) (3/3)
-----	---------------------------

3. 計算条件

3.1 荷重の組合せ及び許容応力

本計算書において考慮する荷重の組合せ及び許容応力を下表に示す。

施設名称	設備名称	系統名称	施設分類 ^{*1}	設備分類 ^{*2}	機器等の区分	耐震クラス	荷重の組合せ ^{*3,4}	許容応力状態 ^{*5}
計測制御 系統施設	ほう酸水 注入設備	ほう酸水 注入系	DB	-	クラス2管	S	I _L + S _d	III _A S
							II _L + S _d	
							I _L + S _s	IV _A S
							II _L + S _s	
			SA	常設耐震/防止	重大事故等 クラス2管	-	V _L (L) + S _d ^{*6,7} V _L (L) + S _s ^{*6}	V _A S

注記*1: DBは設計基準対象施設, SAは重大事故等対処設備を示す。

*2: 「常設耐震/防止」は常設耐震重要重大事故防止設備, 「常設/防止」は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, 「常設/緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

*3: 運転状態の添字Lは荷重, (L)は荷重が長期間作用している状態を示す。

*4: 許容応力状態ごとに最も厳しい条件又は包絡条件を用いて評価を実施する。

*5: 許容応力状態V_ASは許容応力状態IV_ASの許容限界を使用し, 許容応力状態IV_ASとして評価を実施する。

*6: 重大事故時の原子炉格納容器バウンダリ閉じ込め機能維持要求として, 原子炉格納容器バウンダリにおいて考慮する荷重の組合せを示す。

*7: 荷重の組合せV_L(L) + S_dはV_L(L) + S_sに包絡されるため, 評価を省略する。

3.2 設計条件

鳥瞰図番号ごとに設計条件に対応した管番号で区分し、管番号と対応する評価点番号を示す。

鳥 瞰 図 SLC-3, 4, 5

管番号	対応する評価点	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料	耐震クラス	縦弾性係数 (MPa)
1	3W~6Z, 6Z~12Z 12Z~18W, 24W~55A	9.66	302	48.6	5.1	SUS304TP	S	176480

配管の付加質量

鳥 瞰 図 SLC-3, 4, 5

質量	対応する評価点
6kg/m	3W~6Z, 6Z~12Z, 12Z~18W, 24W~55A

弁部の寸法

鳥 瞰 図 SLC-3, 4, 5

評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)	評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)
18W~20	63.4	7.2	160	20~22	63.4	7.2	130
22~24W	63.4	7.2	130				

弁部の質量

鳥 瞰 図 SLC-3, 4, 5

質量	対応する評価点	質量	対応する評価点
314kg/m	18W~20, 20~22	314kg/m	22~24W

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 SLC-3, 4, 5

支持点番号	各軸方向ばね定数(N/mm)			各軸回り回転ばね定数(N・mm/rad)		
	X	Y	Z	X	Y	Z
1N	—	4.2×10^3	—	—	8.0×10^9	—
** 1N **	1.0×10^6	—	—	6.1×10^9	—	—
	-0.2909	0.0000	0.9568	—	—	—
** 1N **	4.2×10^3	—	—	8.0×10^9	—	—
	-0.9568	0.0000	-0.2909	—	—	—
10	—	9.8×10^5	—	—	—	—
** 1501 **	2.5×10^3	—	—	—	—	—
	-0.9563	0.0000	-0.2924	—	—	—
** 181 **	2.5×10^3	—	—	—	—	—
	0.2924	0.0000	-0.9563	—	—	—
182	—	9.8×10^5	—	—	—	—
2401	—	9.8×10^5	—	—	—	—
** 2401 **	9.8×10^5	—	—	—	—	—
	-0.2924	0.0000	0.9563	—	—	—
** 27 **	9.8×10^5	—	—	—	—	—
	0.9563	0.0000	0.2924	—	—	—
** 27 **	9.8×10^5	—	—	—	—	—
	0.2589	-0.4644	-0.8469	—	—	—
** 29 **	9.8×10^5	—	—	—	—	—
	0.9563	0.0000	0.2924	—	—	—
** 29 **	9.8×10^5	—	—	—	—	—
	0.2589	-0.4644	-0.8469	—	—	—
3003	—	2.5×10^3	—	—	—	—
311	9.8×10^5	—	9.8×10^5	—	—	—
33	9.8×10^5	—	9.8×10^5	—	—	—
35	9.8×10^5	—	9.8×10^5	—	—	—
37	9.8×10^5	—	9.8×10^5	—	—	—
391	9.8×10^5	—	9.8×10^5	—	—	—
41	—	9.8×10^{11}	—	—	—	—
42	—	—	9.8×10^5	—	—	—
45	—	9.8×10^5	—	—	—	—

** 印は 斜め拘束を示す。 また、下段は方向余弦を示す。

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 SLC-3, 4, 5

支持点番号	各軸方向ばね定数(N/mm)			各軸回り回転ばね定数(N・mm/rad)		
	X	Y	Z	X	Y	Z
49	9.8×10^5	9.8×10^5	—	—	—	—
51	9.8×10^5	—	—	—	—	—
5300	—	—	9.8×10^5	—	—	—
55A	9.8×10^{11}	9.8×10^{11}	9.8×10^{11}	9.8×10^{11}	9.8×10^{11}	9.8×10^{11}

3.3 材料及び許容応力

使用する材料の最高使用温度での許容応力を下表に示す。

材 料	最高使用温度 (°C)	許容応力 (MPa)			
		S m	S y	S u	S h
SUS304TP	302	—	126	391	110

3.4 設計用地震力

本計算書において考慮する設計用地震力の算出に用いる設計用床応答スペクトルを下表に示す。

なお、設計用床応答スペクトルは「V-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に基づき策定したものをを用いる。また、減衰定数は「V-2-1-6 地震応答解析の基本方針」に記載の減衰定数を用いる。

鳥瞰図	建物・構築物	標高	減衰定数 (%)
SLC-3, 4, 5	原子炉建屋	EL. 29.00 m	3.0

4. 解析結果及び評価
 4.1 固有周期及び設計震度

鳥瞰図 SLC-3, 4, 5

耐震クラス		S					
		S _a 及び静的震度			S _s		
適用する地震動等		応答水平震度			応答鉛直震度		
モード	固有周期 (s)	S _a 及び静的震度			S _s		
		X方向	Z方向	Y方向	X方向	Z方向	Y方向
1次	0.162	0.79	0.79	3.16	1.47	1.47	5.99
2次	0.089	1.16	1.16	1.63	1.75	1.75	3.07
3次	0.084	1.16	1.16	1.66	1.76	1.76	3.16
4次	0.076	0.95	0.95	1.66	1.76	1.76	3.16
5次	0.072	0.80	0.80	1.66	1.76	1.76	3.13
6次	0.066	0.77	0.77	1.57	1.74	1.74	2.94
7次	0.062	0.77	0.77	1.44	1.74	1.74	2.67
8次	0.059	0.76	0.76	1.26	1.70	1.70	2.23
11次	0.051	0.68	0.68	1.01	1.62	1.62	1.87
12次	0.048	—	—	—	—	—	—
動的震度		0.79	0.79	0.62	1.55	1.55	1.17
静的震度		0.88	0.88	0.29	—	—	—

各モードに対応する刺激係数

鳥 瞰 図 SLC-3, 4, 5

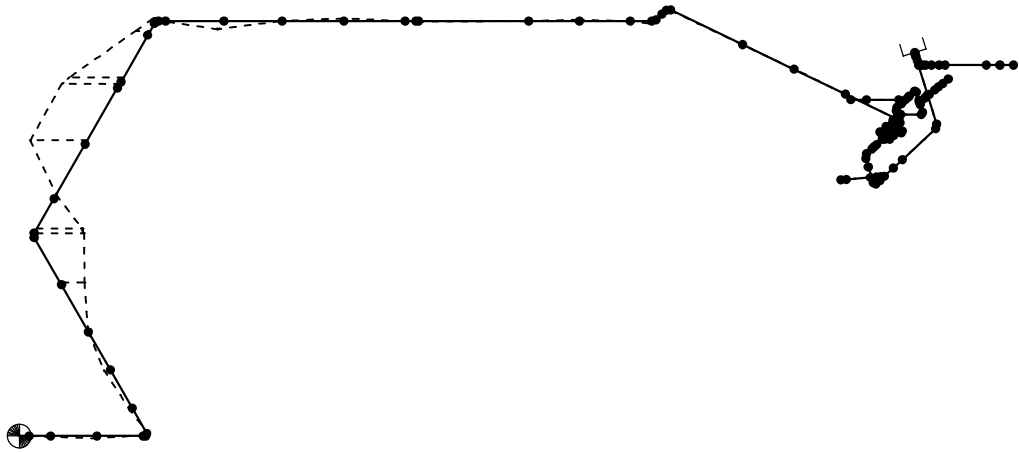
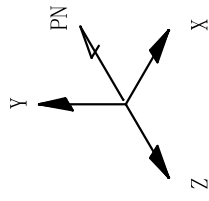
モード	固 有 周 期 (s)	刺 激 係 数		
		X方向	Y方向	Z方向
1 次	0.162	0.006	0.038	0.000
2 次	0.089	0.008	0.003	0.051
3 次	0.084	0.002	0.109	0.005
4 次	0.076	0.019	0.021	0.002
5 次	0.072	0.106	0.000	0.031
6 次	0.066	0.008	0.025	0.008
7 次	0.062	0.047	0.003	0.005
8 次	0.059	0.002	0.001	0.004
11 次	0.051	0.046	0.000	0.007

代表的振動モード図

振動モード図は、3次モードまでを代表とし、各質点の変位の相対量・方向を破線で図示し、次ページ以降に示す。

NT2 補② V-2-6-4-1-3 R0

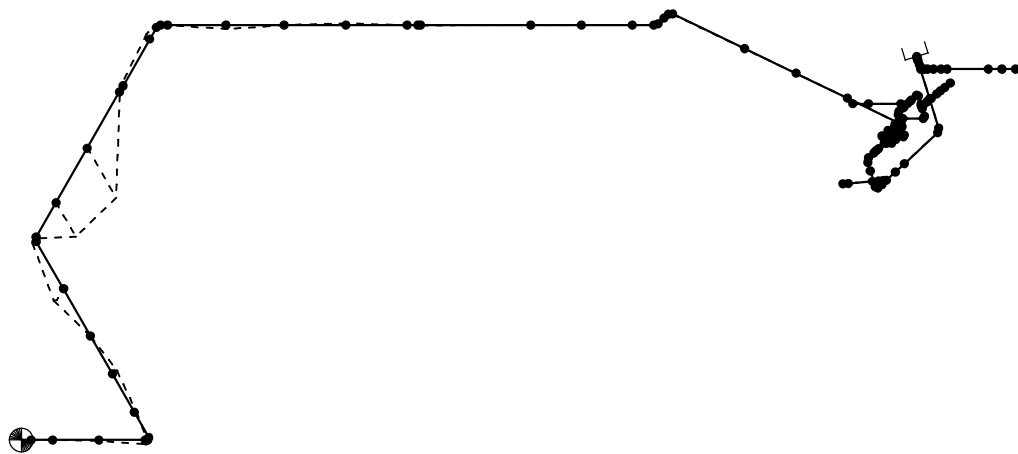
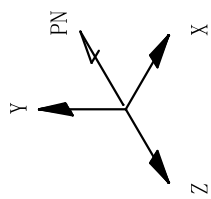
代表的振動モード図 (1次)



鳥瞰図

S L C - 3 , 4 , 5

代表的振動モード図 (2次)

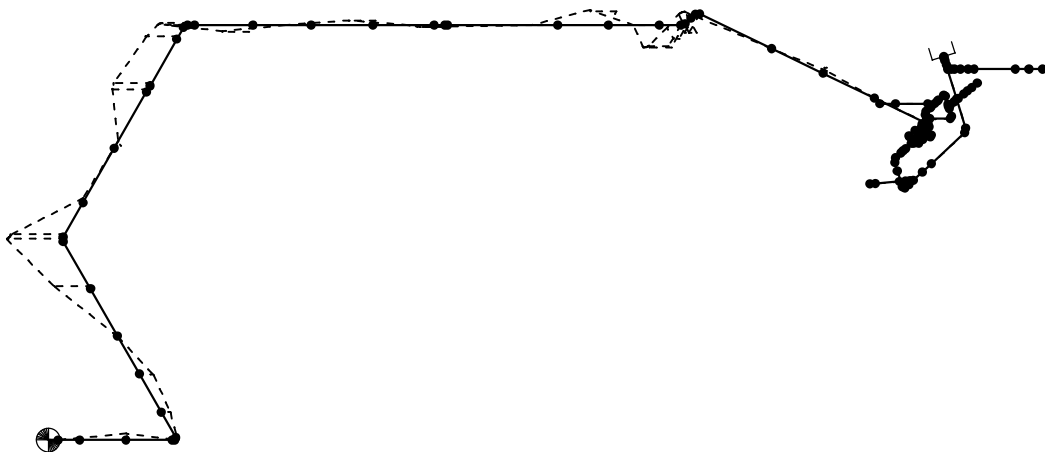
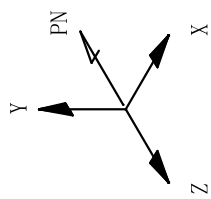


鳥瞰図

S L C - 3 , 4 , 5

NT2 補② V-2-6-4-1-3 R0

代表的振動モード図 (3次)



鳥瞰図

S L C - 3 , 4 , 5

4.2 評価結果

4.2.1 管の応力評価結果

下表に示すごとく最大応力及び疲労累積係数はそれぞれの許容値以下である。

重大事故等クラス2管であってクラス2以下の管

鳥瞰図	許容応力 状態 (供用状態)	最大応力 評価点	最大応力 区分	一次応力評価 (MPa)		一次+二次応力評価 (MPa)		疲労評価
				計算応力 Sprm (Sd) Sprm (Ss)	許容応力 Sy* 0.9Su	計算応力 Sn (Ss)	許容応力 2Sy	
SLC-3, 4, 5	III _A S	30W	Spr m (S d)	96	132	—	—	—
SLC-3, 4, 5	IV _A S	30W	Spr m (S s)	144	351	—	—	—
SLC-3, 4, 5	IV _A S	30W	Sn (S s)	—	—	202	252	—

注記*： オーステナイト系ステンレス鋼及び高ニッケル合金については、Syと1.2Shのうち大きい方とする。

4.2.2 支持構造物評価結果

下表に示すごとく計算応力及び計算荷重はそれぞれの許容値以下である。

支持構造物評価結果 (荷重評価)

支持構造物 番号	種類	型式	材質	温度 (°C)	評価結果	
					計算 荷重 (kN)	許容 荷重 (kN)
SN0-SLC-27C	オイルスナッパ	HSP-05	「V-2-1-11機器・ 配管の耐震支持設 計方針」参照		2.9	7.5
SNM-SLC-35T1	メカニカルスナッパ	SMS-03			0.3	4.5
SH-SLC-R004	スプリングハンガ	VSAL-4			1.2	1.7

支持構造物評価結果 (応力評価)

支持構造物 番号	種類	型式	材質	温度 (°C)	支持点荷重							評価結果		
					反力 (kN)			モーメント (kN・m)				応力 分類	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)
					F _x	F _y	F _z	M _x	M _y	M _z				
RE-SLC-50	レストレイント	パイプバンド	STK400 SM400B	66	0	5.0	0	—	—	—	—	—	16	142
AN-SLC-90	アンカ	ラダ	SUS304	66	2.8	0.4	0.4	0.1	0.2	0.2	0.2	組合せ	85	141

4.2.3 弁の動的機能維持評価結果

下表に示すごとく応答加速度が機能確認済加速度以下又は計算応力が許容応力以下である。

弁番号	形式	要求機能	応答加速度 ($\times 9.8 \text{ m/s}^2$)		機能確認済加速度 ($\times 9.8 \text{ m/s}^2$)		構造強度評価結果 (MPa)	
			水平	鉛直	水平	鉛直	計算応力	許容応力
—	—	—	—	—	—	—	—	—