

安全設備及び重大事故等対処設備が使用される条件の下に
おける健全性に関する説明書

目 次

	頁
1. 概 要	3 (3) -1
2. 基本方針	3 (3) -1
3. まとめ	3 (3) -1

1. 概 要

本資料は、「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」第9条（発電用原子炉施設への人の不法な侵入等の防止）及び第14条（安全設備）第2項、並びにそれらの「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」に基づき、今回の変更認可申請が、平成29年8月25日付け原規規発第1708253号にて認可された工事計画の添付資料6「安全設備及び重大事故等対処設備が使用される条件の下における健全性に関する説明書」（以下「新規制工事計画時の健全性に関する説明書」という）において適合性が確認された安全設備及び重大事故等対処設備が使用される条件の下における健全性に関する設計に影響を与えないことを説明するものである。

なお、第9条の対象設備は化学体積制御設備のうち主要弁（3V-CS-005A,B,C）及び主配管（弁 3V-CS-008～非再生冷却器、弁 3V-CS-005A,B,C～格納容器貫通部（貫通部番号436））、第14条第2項の対象設備は化学体積制御設備のうち主配管（弁 3V-CS-008～非再生冷却器）である。

2. 基本方針

安全設備及び重大事故等対処設備が使用される条件の下における健全性に関する基本方針は、新規制工事計画時の健全性に関する説明書の2.から変更はない。

3. まとめ

今回の変更認可申請については、新規制工事計画時の健全性に関する説明書のうち添付資料6「安全設備及び重大事故等対処設備が使用される条件の下における健全性に関する説明書」における環境条件等に対する設計を変更するものではない。また、新規制工事計画時の健全性に関する説明書のうち添付資料6―別添3「発電用原子炉施設への人の不法な侵入等の防止について」における発電用原子炉施設への人の不法な侵入等の防止、出入り管理及び持込み物品の点検等及び不正アクセス行為の防止対策を変更するものではなく、新規制工事計画時の健全性に関する説明書において適合性が確認された安全設備及び重大事故等対処設備が使用される条件の下における健全性に関する設計に影響を与えないことを確認した。

耐震設計の基本方針

設計及び工事計画変更認可申請添付資料 8-1

玄海原子力発電所第3号機

目 次

	頁
1. 概 要	8 (3) - 1 - 1
2. 耐震の基本方針	8 (3) - 1 - 1
2.1 基本方針	8 (3) - 1 - 1
2.2 適用規格	8 (3) - 1 - 1
3. 耐震重要度分類及び重大事故等対処施設の施設区分	8 (3) - 1 - 3
3.1 耐震重要度分類	8 (3) - 1 - 3
3.2 重大事故等対処施設の施設区分	8 (3) - 1 - 4
3.3 波及的影響に対する考慮	8 (3) - 1 - 4
4. 耐震設計の基本事項	8 (3) - 1 - 5
4.1 構造計画	8 (3) - 1 - 5
4.2 設計用地震力	8 (3) - 1 - 6
4.3 荷重の組合せ及び許容応力	8 (3) - 1 - 9

1 概要

本資料は、変更認可申請を行う弁（3V-CS-005A,B,C）及び配管（弁 3V-CS-005A,B,C～格納容器貫通部（貫通部番号 436）、弁 3V-CS-008～非再生冷却器）（以下「抽出オリフィス廻り弁・配管」という。）の耐震設計が「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」（以下「技術基準規則」という。）第 4 条（地盤）及び第 5 条（地震による損傷の防止）に適合することを説明するものである。

また、耐震設計の基本方針は、平成 29 年 8 月 25 日付け原規規発第 1708253 号にて認可された工事計画の添付資料 3-1「耐震設計の基本方針」に従う。

2 耐震の基本方針

2.1 基本方針

発電用原子炉施設の耐震設計は、設計基準対象施設については地震により安全機能が損なわれるおそれがないことを目的とし、「技術基準規則」に適合する設計とする。

抽出オリフィス廻り弁・配管を設置する原子炉格納施設等並びに原子炉格納施設等の地盤に関する耐震設計の基本方針は、平成 29 年 8 月 25 日付け原規規発第 1708253 号にて認可された工事計画の添付資料 3-1「耐震設計の基本方針」に従い行う。

なお、今回の工事で化学体積制御設備の配管の取替工事を行うが、設置場所に変更はなく、配管支持構造物の増強等に伴う質量増加は原子炉格納施設等の質量に対して極めて小さく、原子炉格納施設等の地震応答解析モデルに与える影響は軽微である。

従って、原子炉格納施設等の耐震評価及び建屋の基礎地盤の支持性能の評価については、平成 29 年 8 月 25 日付け原規規発第 1708253 号にて認可された工事計画の添付資料 3-16-1「原子炉格納容器及び原子炉周辺建屋の地震応答解析」、添付資料 3-16-2「原子炉周辺建屋の耐震計算書」及び添付資料 3-16-3「原子炉周辺建屋の基礎の耐震計算書」、添付資料 3-16-4「内部コンクリートの耐震計算書」及び資料 3-17-7-3-1「原子炉格納容器（コンクリート部）の耐震計算書」による。

2.2 適用規格

既に認可された工事計画の添付資料で実績のある以下の規格を適用する。

- ・ 「原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1987」(社) 日本電気協会
- ・ 「原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編 JEAG4601・補-1984」(社) 日本電気協会
- ・ 「原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1991 追補版」(社) 日本電気協会
(以降、「JEAG4601」と記載しているものは上記3指針を指す。)
- ・ 「発電用原子力設備規格 設計・建設規格(2012年版)〈第I編 軽水炉規格〉JSME S NC1-2012」(日本機械学会)(以下「JSME S NC1-2012」という。)
- ・ 「発電用原子力設備規格 材料規格(2012年版)JSME S NJ1-2012」(日本機械学会)(以下「JSME S NJ1-2012」という。)

但し、JEAG4601に記載されているAsクラスを含むAクラスの施設をSクラスの施設とした上で、基準地震動S2、S1をそれぞれ基準地震動Ss、弾性設計用地震動Sdと読み替える。

また、JEAG4601中の「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501号、最終改正平成15年7月29日経済産業省告示第277号)に関する内容については、JSME S NC1-2012及びJSME S NJ1-2012に従うものとする。

3 耐震重要度分類及び重大事故等対処施設の施設区分

3.1 耐震重要度分類

設備名称	機器名称	耐震クラス ^(注)
原子炉冷却系統施設 8. 化学体積制御設備	3V-CS-005A,B,C	S
	弁 3V-CS-005A,B,C ～ 格納容器貫通部 (貫通部番号 436)	S
	弁 3V-CS-008 ～ 非再生冷却器	B

(注) 耐震クラスは、平成 29 年 8 月 25 日付け原規規発第 1708253 号にて認可された工事計画の添付資料 3-4 「耐震重要度分類及び重大事故等対処施設の施設区分の基本方針」による。

3.2 重大事故等対処施設の施設区分

設備名称	機器名称	設備分類 ^(注)
原子炉冷却系統施設 8. 化学体積制御設備	3V-CS-005A,B,C	—
	弁 3V-CS-005A,B,C ～ 格納容器貫通部 (貫通部番号 436)	
	弁 3V-CS-008 ～ 非再生冷却器	

(注) 設備分類は、平成 29 年 8 月 25 日付け原規規発第 1708253 号にて認可された工事計画の添付資料 3-4 「耐震重要度分類及び重大事故等対処施設の施設区分の基本方針」による。

3.3 波及的影響に対する考慮

波及的影響に対する考慮については、平成 29 年 8 月 25 日付け原規規発第 1708253 号にて認可された工事計画の添付資料 3-5 「波及的影響に係る基本方針」による。

本工事において、この方針に基づき波及的影響に対する考慮を実施した結果については、資料 8-2 「波及的影響に係る基本方針」に示す。

4 耐震設計の基本事項

4.1 構造計画

配管系は、原則として剛構造とする。

主要区分	計画の概要		摘 要
	主体構造	支持構造	
弁 ^(注)	止め弁	<p>弁駆動部は必要に応じ支持構造物により剛に固定し、弁本体に偏心荷重が加わらないようにする。</p> <p>接続する配管は弁近傍を支持構造物により剛に固定し、配管反力の影響を小さくする。</p>	

(注) 止め弁の弁箱及び弁ふた等の強度部材については十分な肉厚設計としているため、当該止め弁の耐震計算は配管の耐震計算に包絡される。

4.2 設計用地震力

4.2.1 静的地震力

静的地震力は、次の震度に基づき算定する。

種別	耐震 クラス	水平震度	鉛直震度
配管 弁	S	$3.6C_i$ (注)	0.288
配管	B	$1.8C_i$ (注)	—

(注) C_i : 標準せん断力係数を 0.2 とし、建物・構築物の振動特性、地盤の種類等を考慮して求められる値で次式に基づく。

$$C_i = R_t \cdot A_i \cdot C_0$$

R_t : 振動特性係数 0.8

A_i : C_i の分布係数

C_0 : 標準せん断力係数 0.2

4.2.2 動的地震力

動的地震力は、耐震重要度分類に応じて、以下の入力地震動に基づき算定する。

本工事における動的地震力の水平 2 方向及び鉛直方向の地震力を組み合わせた影響評価方針は、平成 29 年 8 月 25 日付け原規規発第 1708253 号にて認可された工事計画の添付資料 3-8「水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せに関する影響評価方針」によるものとし、その結果は、資料 8-6「水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せに関する影響評価結果」に示す。

(設計基準対象施設)

種 別	耐震クラス	入力地震動 ^(注1)	
		水平地震動	鉛直地震動
配管 弁	S	設計用床応答曲線 Sd	設計用床応答曲線 Sd
		設計用床応答曲線 Ss	設計用床応答曲線 Ss
配管	B	設計用床応答曲線 Sd × 1/2 ^(注2)	設計用床応答曲線 Sd × 1/2 ^(注2)

(注 1) 設計用床応答曲線は、平成 29 年 8 月 25 日付け原規規発第 1708253 号にて認可された工事計画の添付資料 3-7「設計用床応答曲線の作成方針」によるものとする。

(注 2) 水平及び鉛直方向の地震動に対して共振のおそれのある施設に適用する。

4.2.3 設計用地震力

(設計基準対象施設)

種 別	耐震 クラス	水 平	鉛 直	摘 要
配管 弁	S	静的震度 $3.6C_i$	静的震度 (0.288)	(注1) 荷重の組合せは、水平方向及び鉛直方向が静的地震力の場合は同時に不利な方向に作用するものとする。
		設計用床応答曲線 Sd	設計用床応答曲線 Sd	水平方向及び鉛直方向が動的地震力の場合は二乗和平方根(SRSS)法による。
		設計用床応答曲線 Ss	設計用床応答曲線 Ss	(注2) 荷重の組合せは、二乗和平方根(SRSS)法による。
配管	B	静的震度 $1.8C_i$	—	(注2)(注4) 水平方向及び鉛直方向が動的地震力の場合は二乗和平方根(SRSS)法による。
		設計用床応答曲線 $Sd \times 1/2$ (注3)	設計用床応答曲線 $Sd \times 1/2$ (注3)	

(注1) 水平における動的と静的の大きい方の地震力と、鉛直における動的と静的の大きい方の地震力とを、絶対値和法で組み合わせてもよいものとする。

(注2) 絶対値和法で組み合わせてもよいものとする。

(注3) 水平及び鉛直方向の地震動に対して共振のおそれのある施設に適用する。

(注4) 水平における動的と静的の大きい方の地震力と、鉛直における動的地震力とを、絶対値和法で組み合わせてもよいものとする。

4.3 荷重の組合せ及び許容応力

4.3.1 記号の説明

- D** : 死荷重
- P_D** : 地震と組み合わせべきプラントの運転状態Ⅰ及びⅡ（運転状態Ⅲ及び地震従属事象として運転状態Ⅳに包絡する状態がある場合にはこれを含む）、又は当該設備に設計上定められた最高使用圧力による荷重
- M_D** : 地震と組み合わせべきプラントの運転状態Ⅰ及びⅡ（運転状態Ⅲ及び地震従属事象として運転状態Ⅳに包絡する状態がある場合にはこれを含む）、又は当該設備に設計上定められた機械的荷重
- S_d** : 弾性設計用地震動 **S_d** により定まる地震力又は **S** クラス設備に適用される静的地震力
- S_s** : 基準地震動 **S_s** により定まる地震力
- S_B** : 耐震 **B** クラスの設備に適用される地震動により定まる地震力又は静的地震力
- Ⅲ_{AS}** : **JSME S NC1-2012** の供用状態 **C** 相当の許容応力を基準として、それに地震により生じる応力に対する特別な応力の制限を加えた許容応力状態
- Ⅳ_{AS}** : **JSME S NC1-2012** の供用状態 **D** 相当の許容応力を基準として、それに地震により生じる応力に対する特別な応力の制限を加えた許容応力状態
- B_{AS}** : 耐震 **B** クラス設備の地震時の許容応力状態
- S_y** : 設計降伏点 **JSME S NJ1-2012 Part3** 第 1 章表 6 に規定される値
- S_u** : 設計引張強さ **JSME S NJ1-2012 Part3** 第 1 章表 7（ただし、「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「日本機械学会「設計・建設規格」及び「材料規格」の適用に当たって（別記-2）」」の要件を付したものに規定される値
- S_m** : 設計応力強さ **JSME S NJ1-2012 Part3** 第 1 章表 1 に規定される値。
- S** : 許容引張応力 **JSME S NJ1-2012 Part3** 第 1 章表 3（ただし、「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「日本機械学会「設計・建設規格」及び「材料規格」の適用に当たって（別記-2）」」の要件を付したものに規定される値。

- f_t : 許容引張応力 支持構造物（ボルト等を除く）に対しては、**JSME S NC1-2012 SSB-3121.1(1)**により規定される値
ボルト等に対しては、**JSME S NC1-2012 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）に対しては、**JSME S NC1-2012 SSB-3121.1(2)**により規定される値
ボルト等に対しては、**JSME S NC1-2012 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）に対しては、**JSME S NC1-2012 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）に対しては、**JSME S NC1-2012 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）に対しては、**JSME S NC1-2012 SSB-3121.1(5)**により規定される値
- $f_t^*, f_s^*, f_c^*, f_b^*, f_p^*$: 上記の f_t, f_s, f_c, f_b, f_p の値を算出する際に**JSME S NC1-2012 SSB-3121.1(1)a**本文中 S_y 及び $S_y(RT)$ を $1.2S_y$ 及び $1.2S_y(RT)$ と読み替えて算出した値(**JSME S NC1-2012 SSB-3121.3**及び**3133**)ただし、その他の支持構造物の上記 $f_t \sim f_p^*$ においては、**JSME S NC1-2012 SSB-3121.1(1)a**のF値は、次に定める値とする。
 S_y 及び $0.7S_u$ のいずれか小さい方の値。ただし、使用温度が 40°C 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、 $1.35S_y$ 、 $0.7S_u$ 又は $S_y(RT)$ のいずれか小さい方の値
また、 $S_y(RT)$ は 40°C における設計降伏点の値
- T_L : 形式試験により支持構造物が破損するおそれのある荷重(N)
(同一仕様につき 3 個の試験の最小値又は 1 個の試験の 90%)
- S_{yd} : 最高使用温度における設計降伏点 **JSME S NJ1-2012 Part3 第 1 章表 6**に規定される値
- S_{yt} : 試験温度における設計降伏点 **JSME S NJ1-2012 Part3 第 1 章表 6**に規定される値

4.3.2 荷重の組合せ及び許容応力

荷重の組合せ及び許容応力のうち、設計基準対象施設の評価に用いるものを以下の表に示す。なお、荷重の組合せ及び許容応力は、平成 29 年 8 月 25 日付け原規規発第 1708253 号にて認可された工事計画の添付資料 3-9 「機能維持の方針」に示す荷重の組合せ及び許容応力から変更はない。

(a) S クラスの配管系

(1) クラス 2 配管

耐震 クラス	荷重の組合せ	許容応力 状 態	許 容 限 界			
			一次一般膜応力 ^(注4)	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
S	$D+P_D+M_D+S_d$ ^(注1)	Ⅲ _A S	S_y と $0.6S_u$ の小さい方。 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上記値と $1.2S$ との大きい方。 ^(注2)	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上記値と $1.2S$ との大きい方。	一次+二次応力	^(注3) 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 $2S_y$ 以下であれば、疲労解析は行わない。
	$D+P_D+M_D+S_s$	Ⅳ _A S	$0.6S_u$ ^(注2)	左欄の 1.5 倍の値		

(注 1) P_D 及び M_D について、ECCS 等に属する設備に対しては運転状態Ⅳ(L)の荷重を含むものとする。

(注 2) 軸力による全断面平均応力については、許容応力状態Ⅲ_AS の一次一般膜応力の許容値の 0.8 倍の値とする。

(注 3) $2S_y$ を超える場合は弾塑性解析を行う。この場合、JSME S NC1-2012 PPB-3536 (同(3)、(6)及び(7)を除く。また、 S_m は $2/3S_y$ に読み替える。) の簡易弾塑性解析を用いる。

—(注 4) 配管に生じる地震応力は曲げによるものが支配的であるため、一次応力で代表して評価を実施している。—

(2) クラス 2 弁 (弁箱)

耐震 クラス	荷重の組合せ	許容応力 状 態	許 容 限 界			
			一次一般膜応力	一次応力	一次+二次応力	一次+二次+ ピーク応力
S	^(注1) $D + P_D + M_D + S_d$	III _{AS}	_____ (注2)			
	$D + P_D + M_D + S_s$	IV _{AS}				

(注 1) P_D 及び M_D について、ECCS 等に属する設備に対しては運転状態IV(L)の荷重を含むものとする。

(注 2) バルブの肉厚が接続配管と同等の場合で、特に大きな駆動部を有する電動弁、空気作動弁については、JSME S NC1-2012 VVB-3330 の評価を行う。ただし、地震時に過大な応力の発生を防ぐ処置が講じられているものは、この限りではない。

(3) クラス 2 支持構造物

耐震 クラス	荷重の組合せ	許容 応力 状態	許 容 限 界 (注1)(注2)(注3) (ボルト以外)										(注2)(注8) 許容限界 (ボルト等)		形式試験に よる場合
			一 次 応 力					一次+二次応力					一次応力		
			引張	せん断	圧縮	曲げ	支圧	引張 圧縮	せん断	曲げ	支圧	(注7) 座屈	引張	せん断	
S	^(注9) D+P _D +M _D +S _d	Ⅲ _{AS}	1.5f _t	1.5f _s	1.5f _c	1.5f _b	1.5f _p	3f _t	(注4) 3f _s	(注5) 3f _b	(注6) 1.5f _p	(注5) (注6) 1.5f _b , 1.5f _s 又は 1.5f _c	1.5f _t	1.5f _s	$T_K \frac{1}{2} \times \frac{S_{yd}}{S_{yt}}$
	D+P _D +M _D +S _s	Ⅳ _{AS}	1.5f _t *	1.5f _s *	1.5f _c *	1.5f _b *	1.5f _p *	[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。]			(注6) 1.5f _p *	1.5f _t *	1.5f _s *	$T_K \cdot 0.6 \times \frac{S_{yd}}{S_{yt}}$	

(注1) 「鋼構造設計規準 SI 単位版」(2002年日本建築学会)等の幅厚比の制限を満足させる。

(注2) 応力の組合せが考えられる場合には、組合せ応力に対しても評価を行う。

(注3) 耐圧部に溶接等により直接取り付けられる支持構造物であって耐圧部と一体の応力解析を行うものについては、耐圧部と同じ許容応力とする。

(注4) すみ肉溶接部にあっては最大応力に対して 1.5f_s とする。

(注5) JSME S NC1-2012 SSB-3121.1 (4)により求めた f_b とする。

(注6) 自重、熱膨張等により常時作用する荷重に、地震動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。

(注7) 薄肉円筒形状のもの座屈の評価にあっては、クラス MC 容器の座屈に対する評価式による。

(注8) コンクリートに埋込まれるアンカボルトで地震応力の占める割合が支配的なものであって、トルク管理、材料の照合等を行わないものについては、材料の品質、据付状態等のゆらぎ等を考慮して、Ⅲ_{AS} の許容応力を一次引張応力に対しては f_t、一次せん断応力に対しては f_s として、また、Ⅳ_{AS}→Ⅲ_{AS} として応力評価を行う。

(注9) P_D 及び M_D について、ECCS 等に属する設備に対しては運転状態Ⅳ(L)の荷重を含むものとする。

(b) Bクラスの配管系

(1) クラス 2 配管

耐震 クラス	荷重の組合せ	許容応力 状 態	許 容 限 界		
			一次一般膜応力 ^(注3)	一次応力 (曲げ応力を含む)	一次+二次応力
B	$D + P_D + M_D + S_B$	B_{AS}	^(注1) S_y と $0.6S_u$ の小さい方。 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上記値と $1.2S$ との大きい方。	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上記値と $1.2S$ との大きい方。	— ^(注2)

(注 1) 軸力による全断面平均応力については、本欄の 0.8 倍の値とする。

(注 2) 異なる建屋間に設置される等、地震時相対変位を考慮する場合は、地震のみによる一次+二次応力の振幅に対して $2S_y$ とする。

(注 3) 配管に生じる地震応力は曲げによるものが支配的であるため、一次応力で代表して評価を実施している。

(2) クラス 2 支持構造物

耐震 クラス	荷重の組合せ	許容 応力 状態	許 容 限 界 (注1) (注2) (ボ ル ト 以 外)										(注2) (注6) 許容限界 (ボルト等)		形式試験に よる場合
			一 次 応 力					一 次 + 二 次 応 力					一 次 応 力		許容荷重
			引張	せん断	圧縮	曲げ	支圧	引張 圧縮	せん断	曲げ	支圧	座屈	引張	せん断	
B	D+P _D +M _D +S _B	B _{AS}	1.5f _t	1.5f _s	1.5f _c	1.5f _b	1.5f _p	3f _t	(注3) 3f _s	(注4) 3f _b	(注5) 1.5f _p	(注4) (注5) 1.5f _b , 1.5f _s 又は 1.5f _c	1.5f _t	1.5f _s	$T_L \times \frac{1}{2} \times \frac{S_{yd}}{S_{yt}}$

(注1) 「鋼構造設計規準 SI 単位版」(2002 年日本建築学会)等の幅厚比の制限を満足させる。

(注2) 応力の組合せが考えられる場合には、組合せ応力に対しても評価を行う。

(注3) すみ肉溶接部にあつては最大応力に対して 1.5f_s とする。

(注4) JSME S NC1-2012 SSB-3121.1(4)により求めた f_b とする。

(注5) 自重、熱膨張等により常時作用する荷重に、地震動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。

(注6) コンクリートに埋込まれるアンカボルトで地震応力の占める割合が支配的なものであつて、トルク管理、材料の照合等を行わないものについては、材料の品質、据付状態等のゆらぎ等を考慮して、B_{AS} 許容応力を一次引張応力に対しては f_t、一次せん断応力に対しては f_s として応力評価を行う。

配管の耐震計算方法

設計及び工事計画変更認可申請添付資料 8-3

玄海原子力発電所 第 3 号機

目 次

	頁
1. 概 要	8 (3) - 3 - 1
2. 評価方針	8 (3) - 3 - 1
3. 配管の耐震計算について	8 (3) - 3 - 3
3.1 概 要	8 (3) - 3 - 3
3.2 耐震評価範囲	8 (3) - 3 - 4
3.3 地震応答解析及び応力評価	8 (3) - 3 - 7

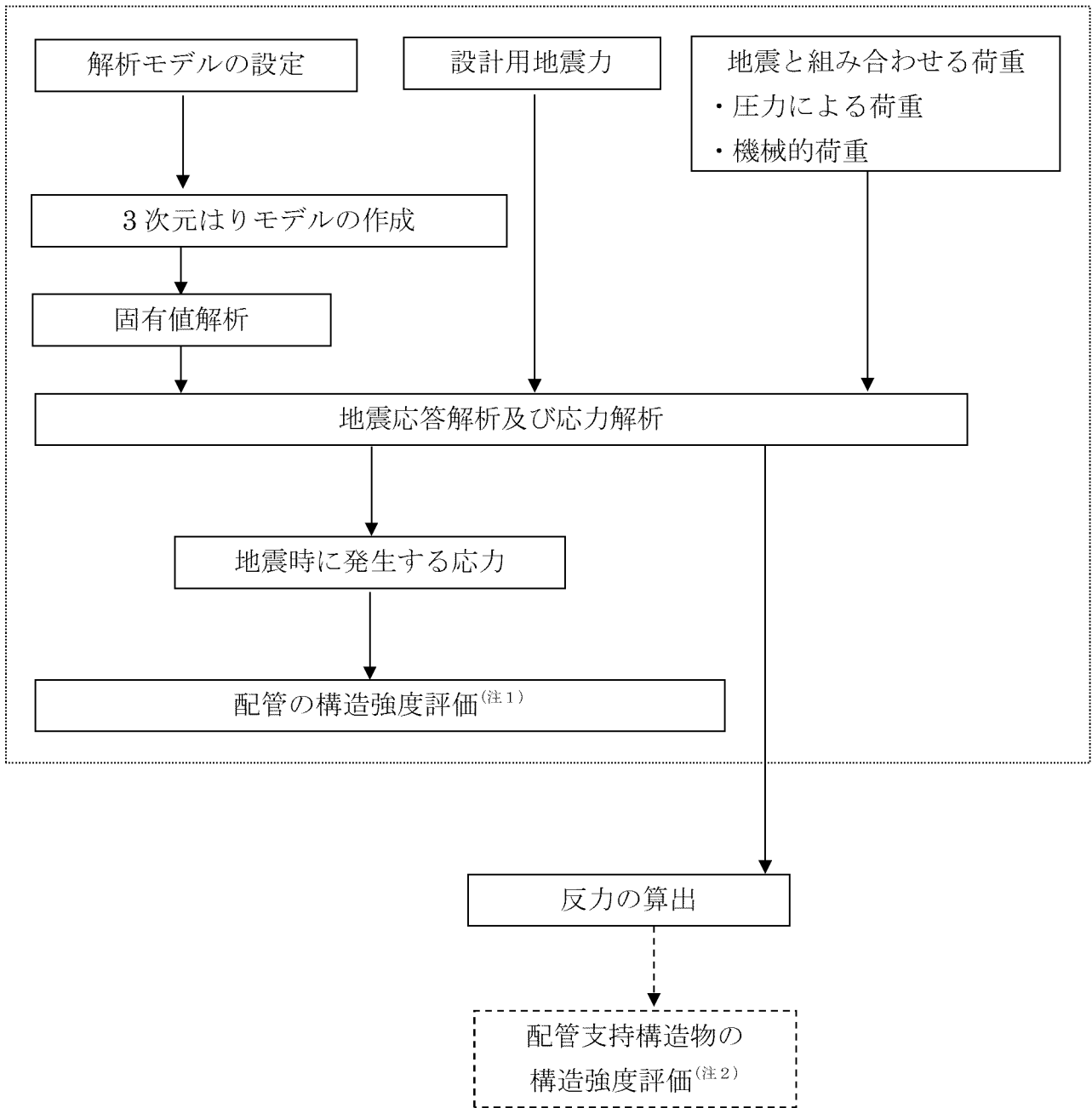
1. 概 要

本資料は、資料 8-1「耐震設計の基本方針」に基づき、変更認可申請を行う弁（3V-CS-005A,B,C）及び配管（弁 3V-CS-005A,B,C～格納容器貫通部（貫通部番号 436）、弁 3V-CS-008～非再生冷却器）（以下「抽出オリフィス廻り弁・配管」という。）が設計用地震力に対して十分な構造強度を有することを確認するための耐震計算方法について説明するものである。抽出オリフィス廻り弁・配管の耐震評価は、地震応答解析及び応力評価により行う。なお、弁は配管より肉厚構造であり、発生応力は配管より小さくなる。一方、配管の応力解析では弁も配管と同一仕様としたうえで、弁質量を付加することで安全側の評価を行っており、弁の応力評価は配管の応力評価に包絡されることから、弁を含む配管系をモデル化し評価を行う。

2. 評価方針

抽出オリフィス廻り弁・配管の耐震評価は、資料 8-1「耐震設計の基本方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界を踏まえて、「3.2 耐震評価範囲」にて設定する範囲に作用する応力が許容限界内に収まることを、「3.3 地震応答解析及び応力評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を、資料 8-4「配管の耐震計算結果」に示す。

配管及び配管支持構造物の耐震評価の手順を第 2-1 図に示す。



(注 1) 本資料にて記載。

(注 2) 本評価に関する耐震計算方法は、資料 8-5 「配管支持構造物の強度及び耐震性に関する説明書」に示す。

第 2-1 図 配管及び配管支持構造物の耐震評価手順

3. 配管の耐震計算について

3.1 概 要

配管系を適切にブロック分割し、構造解析用コード MSAP（配管）を使用して、固有値解析、地震応答解析を実施する。

解析モデルは、配管、弁及び支持装置を 3 次元はりモデルに置き換える。

モデル化にあたり原則として配管及び保温材等の質量は、集中質量として支持点及び分岐点等の質点分割点間の中央に設けるが、近傍に弁等の集中質量がある場合は集中質量に含める。また、支持点間距離が短い場合も近傍の質点にまとめる。

弁については配管上の付加質量とし、駆動部を有する弁については、JEAG4601 に基づき 2 質点モデル化を行う。弁質量を駆動部と弁箱部に分割し、これらの質点間を弁ヨーク部と等価な断面剛性を用いてモデル化する。

その他の配管付属設備についても、集中質量として設置位置においてモデル化するか、または近傍の質点に含める。

解析モデルの節点については、質点、支持点、曲がり部、分岐部、弁、レジューサ及び配管仕様の区分点に設定するが、解析モデルにおける変更認可申請範囲外の節点については、質点、配管仕様の区分点及び最大発生応力点のみを示している。

支持点については、拘束方向及び支持機能に基づきモデル化し、支持点剛性は特記なき限り十分剛な値^(注)を用いる。

(注) 支持点を剛としても配管等の集中質量化により、配管系全体がより大きく振れることになり、配管及び支持構造物連成系の固有振動数は、十分保守的に設定される。なお、支持構造物の部材設計方針として、配管口径ごとに定める最小剛性値（2B：（並進ばね定数） $1.00 \times 10^3 \text{N/mm}$ （回転ばね定数） $1.00 \times 10^6 \text{N} \cdot \text{mm/rad}$ 、3B：（並進ばね定数） $9.81 \times 10^3 \text{N/mm}$ （回転ばね定数） $1.00 \times 10^6 \text{N} \cdot \text{mm/rad}$ ）以上の剛性を有する部材を選定することによって、配管及び支持構造物連成系の固有振動数が支持点剛性を十分剛とした場合と同等以上の値であることを確認しているため、当該最小剛性値以上の剛性を有する支持構造物を据付けるものとする。

3.2 耐震評価範囲

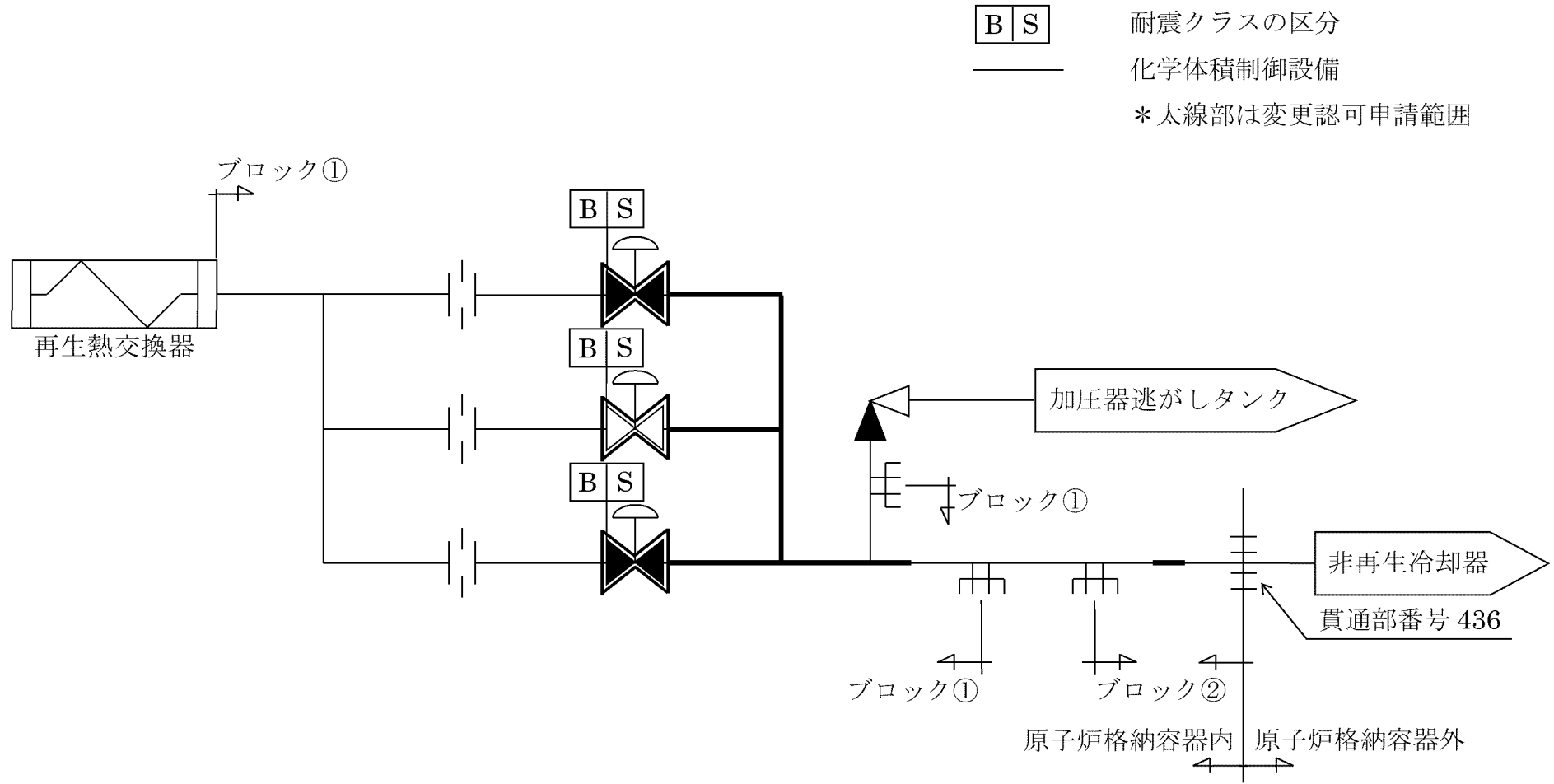
変更認可申請範囲を含むように、第 3-1 図に示すブロック①～③について固有値解析及び地震応答解析を行う。

耐震クラスの境界を

S	B
---	---

 にて記載する。

なお、ブロック①～③に含まれる配管はすべてクラス 2 管である。



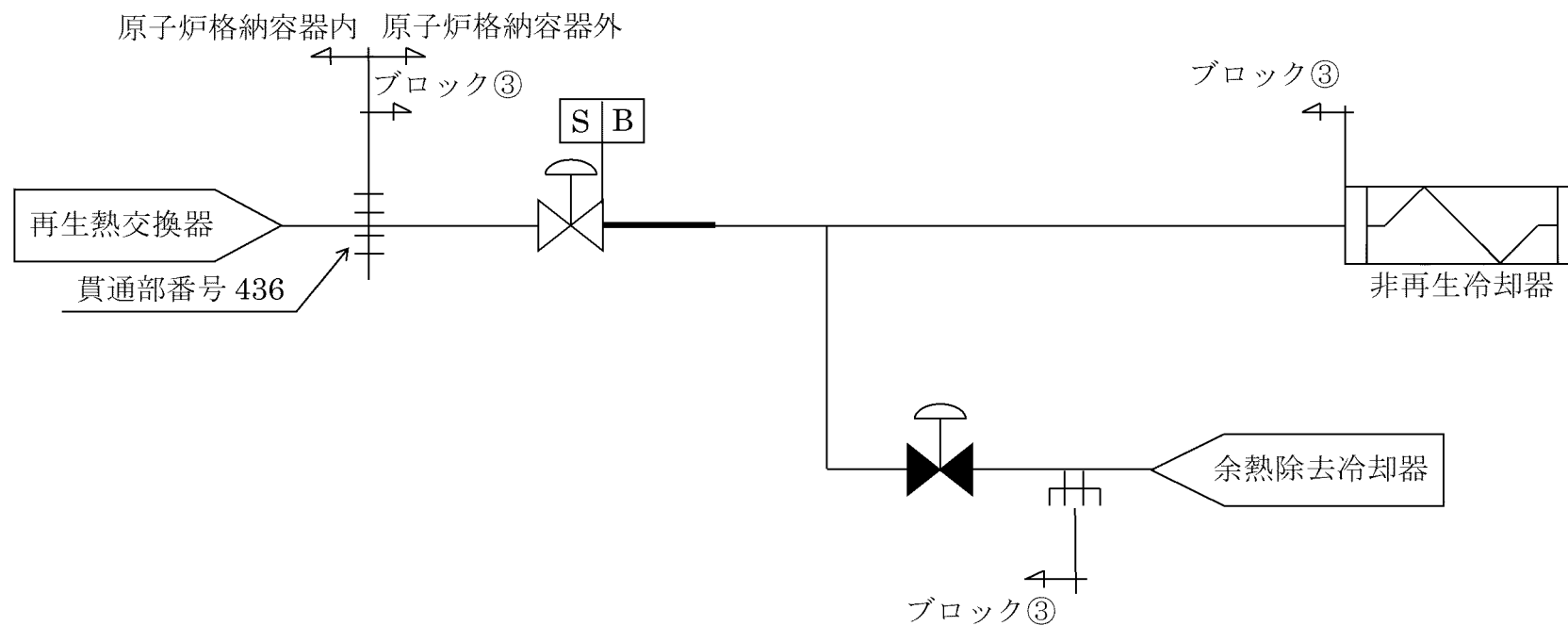
第 3-1 図 (1/2) 耐震評価範囲

B | S

耐震クラスの区分

化学体積制御設備

* 太線部は変更認可申請範囲



第3-1図 (2/2) 耐震評価範囲

3.3 地震応答解析及び応力評価

3.3.1 基本方針

- (1) 配管の固有振動数及び地震荷重を算定するための地震応答解析並びにその結果を用いた応力評価は、平成29年8月25日付け原規規発第1708253号にて認可された工事計画にて実績のある3次元はりモデルによるスペクトルモーダル解析及び応力評価を行う。なお、配管に生じる地震応力は曲げによるものが支配的であるため、一次一般膜応力評価は一次応力で代表して評価を実施している。
- (2) 解析コードはMSAP（配管）を使用する。なお、評価に用いる解析コードMSAP（配管）の検証及び妥当性確認等の概要については、別紙「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。
- (3) 許容応力について、JSME S NJ1-2012を用いて計算する際に、温度が表記載値の中間の値の場合は、比例法を用いて計算する。但し、比例法を用いる場合の端数処理は、小数第1位以下を切り捨てた値を用いるものとする。
- (4) 耐震計算に用いる寸法は、公称値を使用する。
- (5) 疲労評価に用いる地震荷重の変動回数は基準地震動Ssでは200回、弾性設計用地震動Sdでは300回とする。

3.3.2 圧力及び使用材料の許容応力

変更認可申請範囲の圧力及び使用材料の許容応力を第3-1表に示す。

第 3-1 表 圧力及び使用材料の許容応力（設計基準対象施設）

評価設備	材料	温度条件 (°C)		圧力 (MPa)		使用材料の 許容応力 (MPa)		
						S	Sy	Su
ブロック①	SUS316TP	最高使用温度	343	最高使用圧力	17.16	114	127	427
		最高使用温度	200	最高使用圧力	4.5	134	148	440
ブロック②	SUS316TP	最高使用温度	200	最高使用圧力	4.5	134	148	440
ブロック③	SUS316TP	最高使用温度	200	最高使用圧力	4.5	134	148	440

3.3.3 設計用地震力

耐震設計に使用する設計用地震力は、資料 8-1 「耐震設計の基本方針」に従って設定する。

(1) 静的地震力

静的地震力は、以下の震度に基づき算定する。

耐震クラス	静的震度	
	水 平	鉛 直
S	$3.6C_i$ (注)	0.288
B	$1.8C_i$ (注)	—

(注) C_i : 標準せん断力係数を 0.2 とし、建物・構築物の振動特性、地盤の種類等を考慮して求められる値で次式に基づく。

$$C_i = R_t \cdot A_i \cdot C_0$$

R_t : 振動特性係数 0.8

A_i : C_i の分布係数

C_0 : 標準せん断力係数 0.2

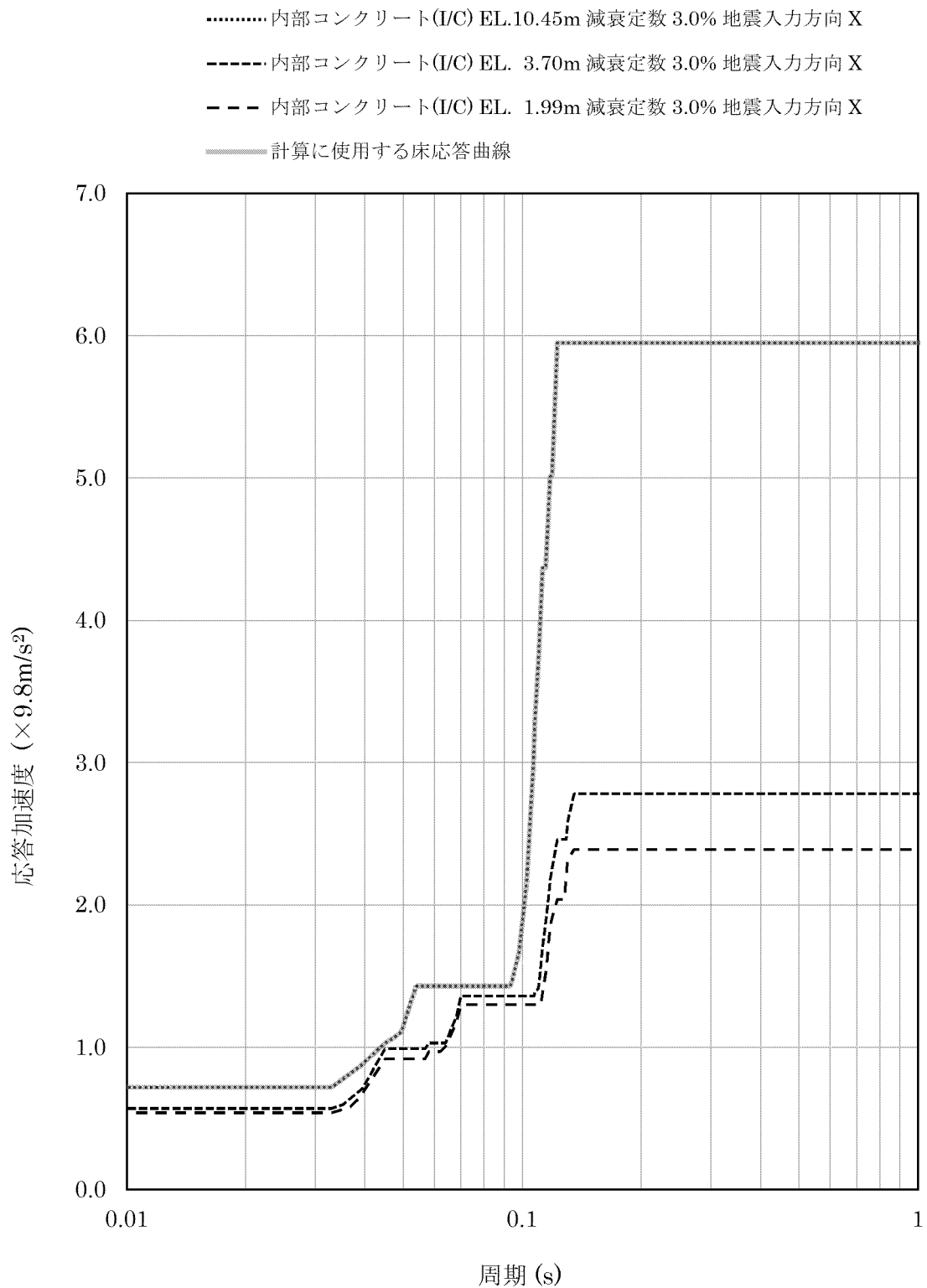
(2) 動的地震力

動的地震力は、以下に示す条件の設計用床応答曲線 S_s 及び設計用床応答曲線 S_d を用いて算定した値とする。ブロックごとに、設計用床応答曲線を包絡させて使用する。

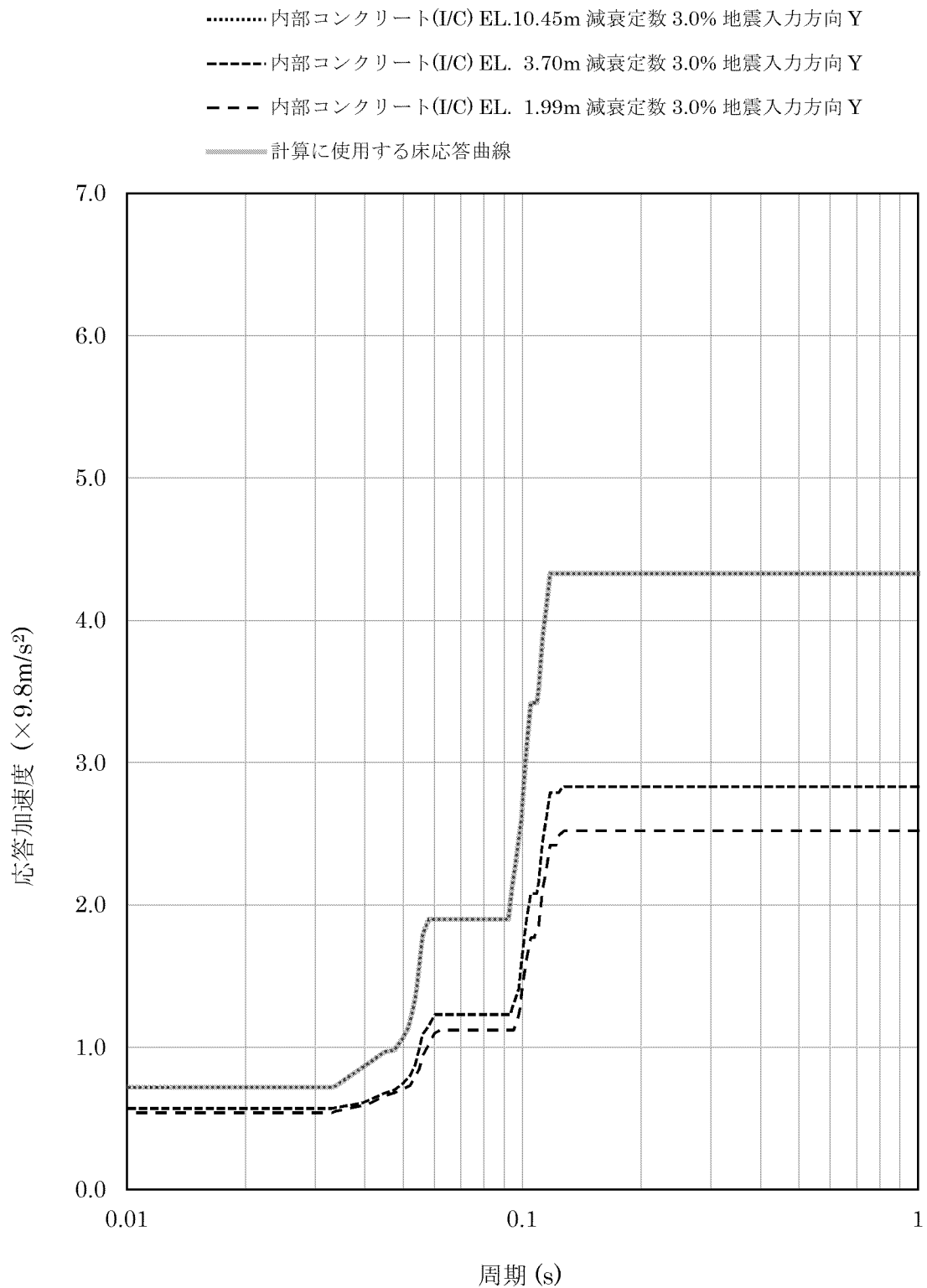
設計用床応答曲線の水平方向については、 $S_s-1 \sim S_s-5$ の X 方向の包絡曲線及び Y 方向の包絡曲線を用いる。鉛直方向については、 $S_s-1 \sim S_s-5$ の包絡曲線を用いる。なお、耐震 B クラス配管の動的震度には $S_d/2$ を用いる。

ブロック①の設計用床応答曲線 S_d を第 3-2 図、設計用床応答曲線 S_s を第 3-3 図に、ブロック②の設計用床応答曲線 S_d を第 3-4 図に、設計用床応答曲線 S_s を第 3-5 図に、ブロック③の設計用床応答曲線 S_d を第 3-6 図に、設計用床応答曲線 S_s を第 3-7 図に示す。

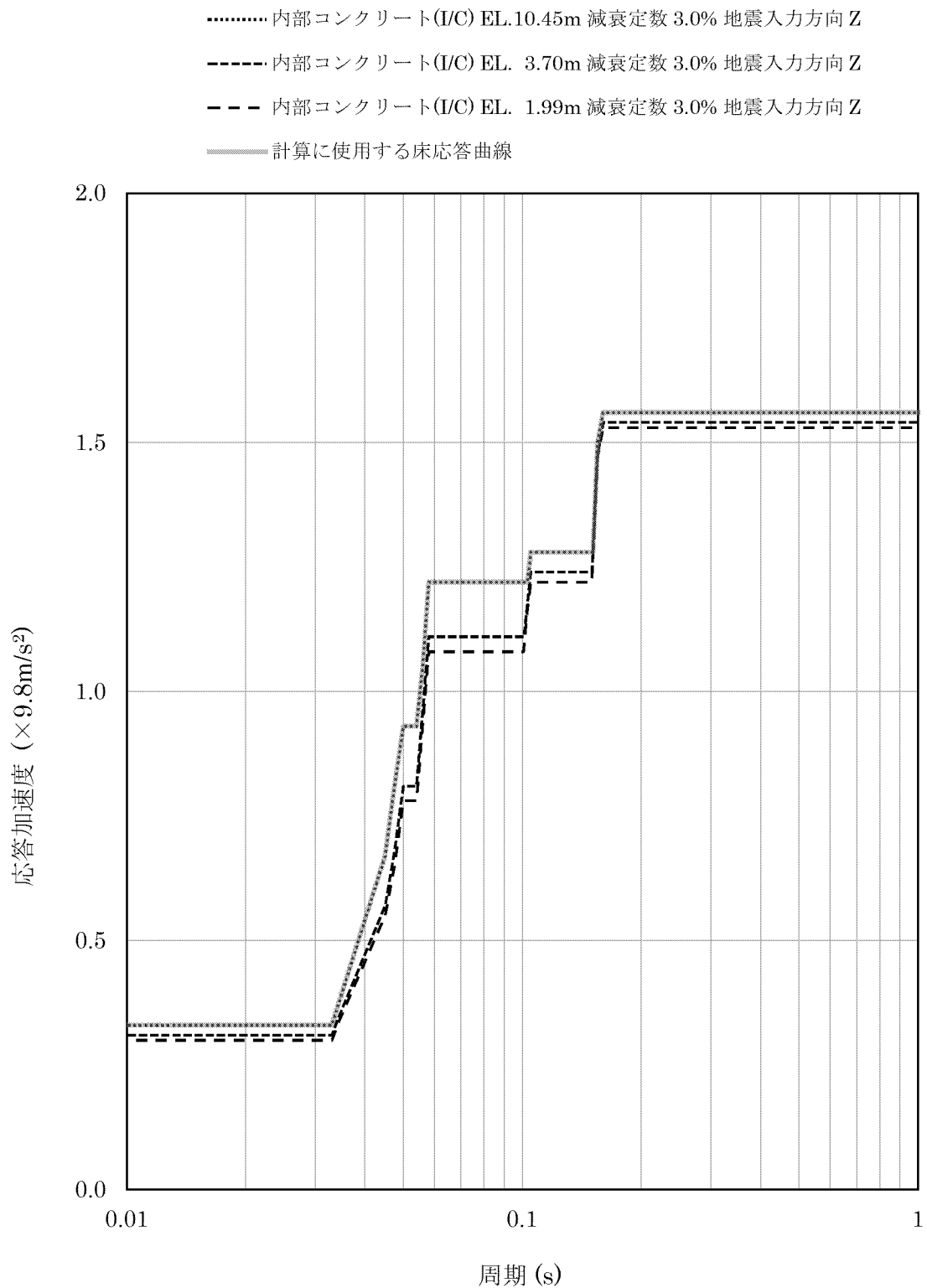
ブロック 番号	場 所	高さ EL. (m)	減衰定数(%)
①	内部コンクリート (I/C)	10.45	3.0
		3.70	
		1.99	
②	原子炉格納容器 (PCCV)	4.60	1.5
	内部コンクリート (I/C)	0.80	
		1.99	
基礎 (B/M)	0.60		
		-10.10	
③	原子炉格納容器 (PCCV)	4.60	2.0
	原子炉周辺建屋 (RE/B)	0.80	
		3.70	
基礎 (B/M)	-10.10		



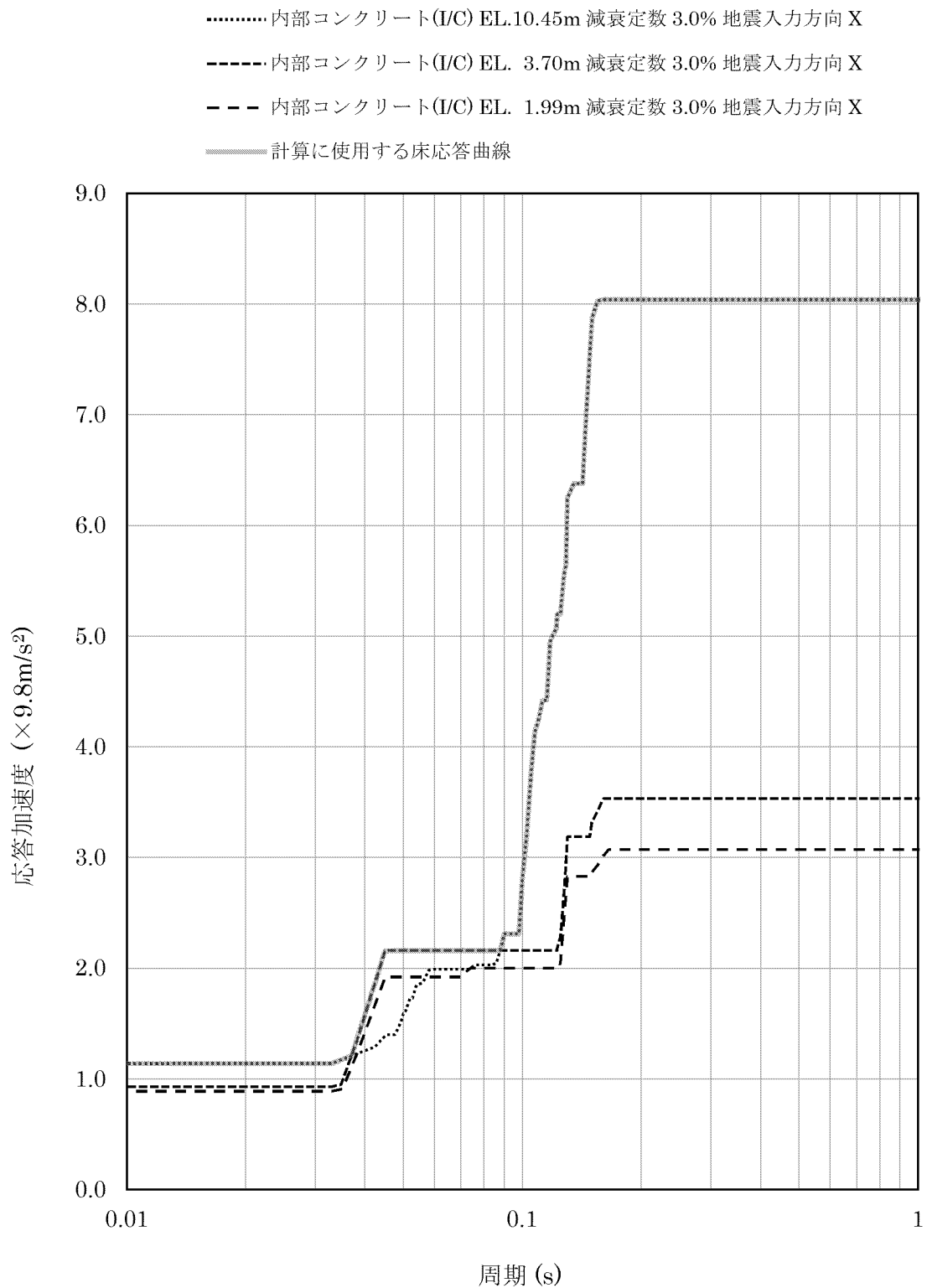
第 3-2 図(1/3) 設計用床応答曲線 (Sd 地震) (ブロック①) (X 方向)



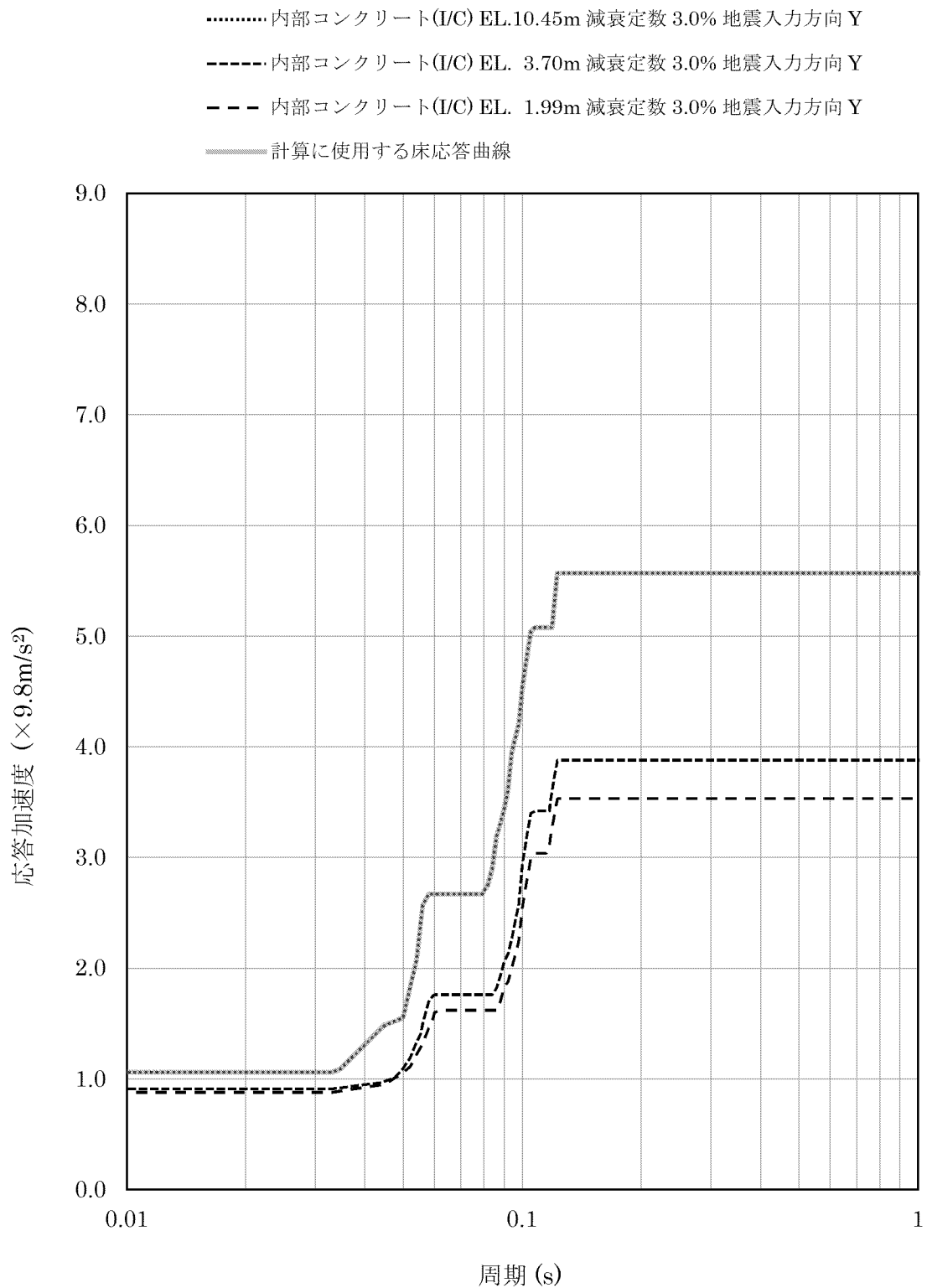
第 3-2 図(2/3) 設計用床応答曲線 (Sd 地震) (ブロック①) (Y 方向)



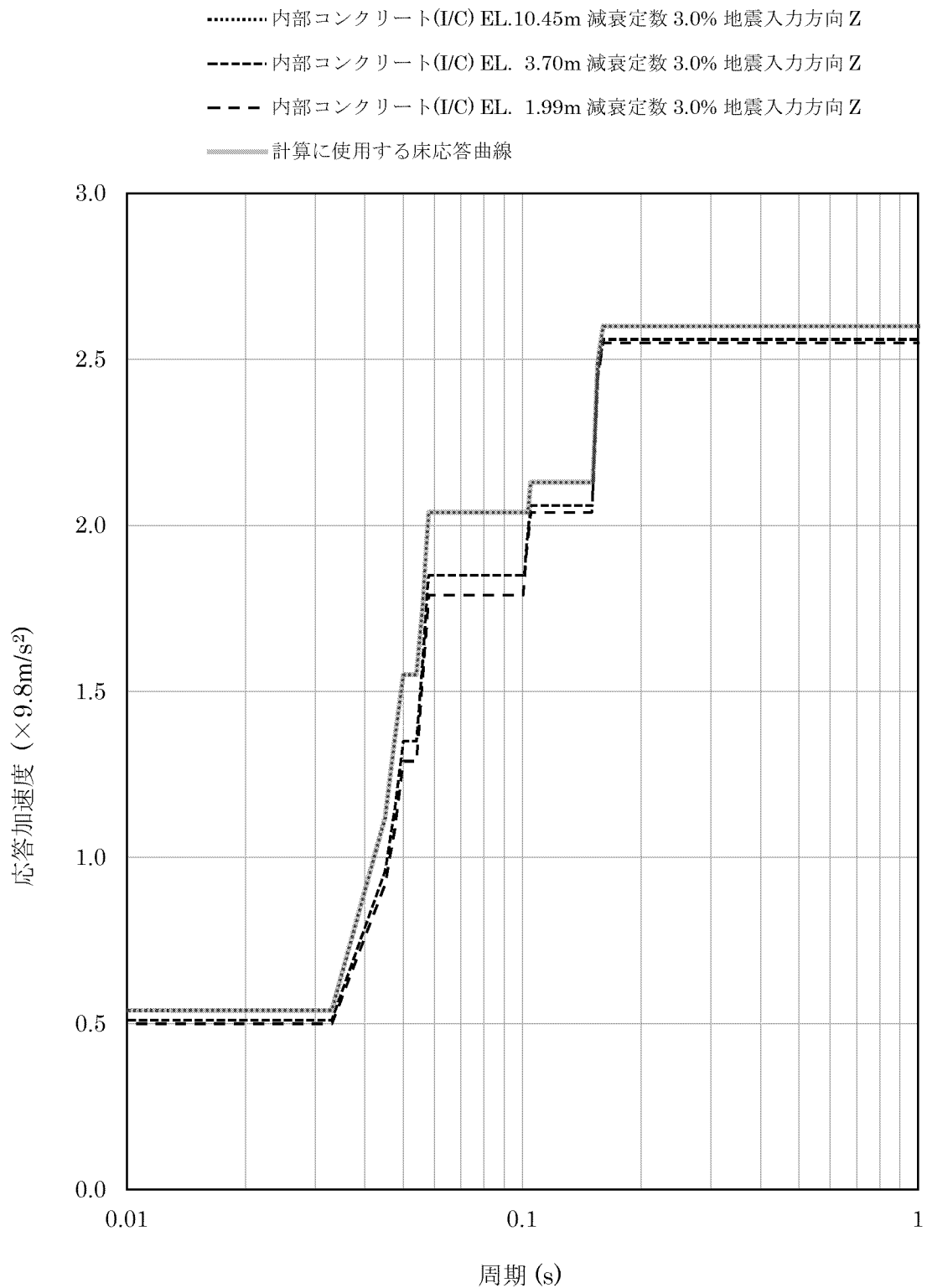
第 3-2 図(3/3) 設計用床応答曲線 (Sd 地震) (ブロック①) (Z 方向)



第 3-3 図(1/3) 設計用床応答曲線 (Ss 地震) (ブロック①) (X 方向)

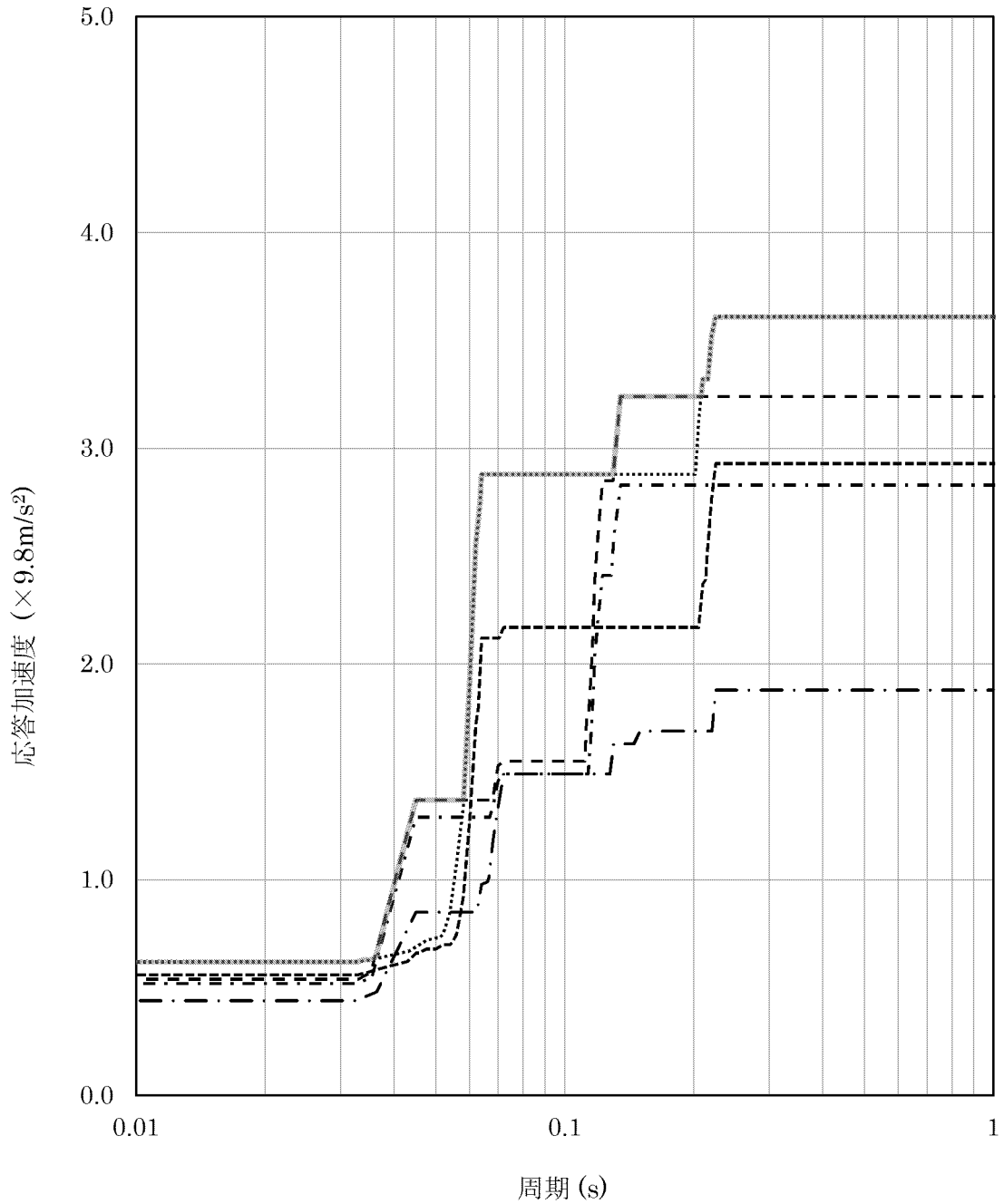


第 3-3 図(2/3) 設計用床応答曲線 (Ss 地震) (ブロック①) (Y 方向)



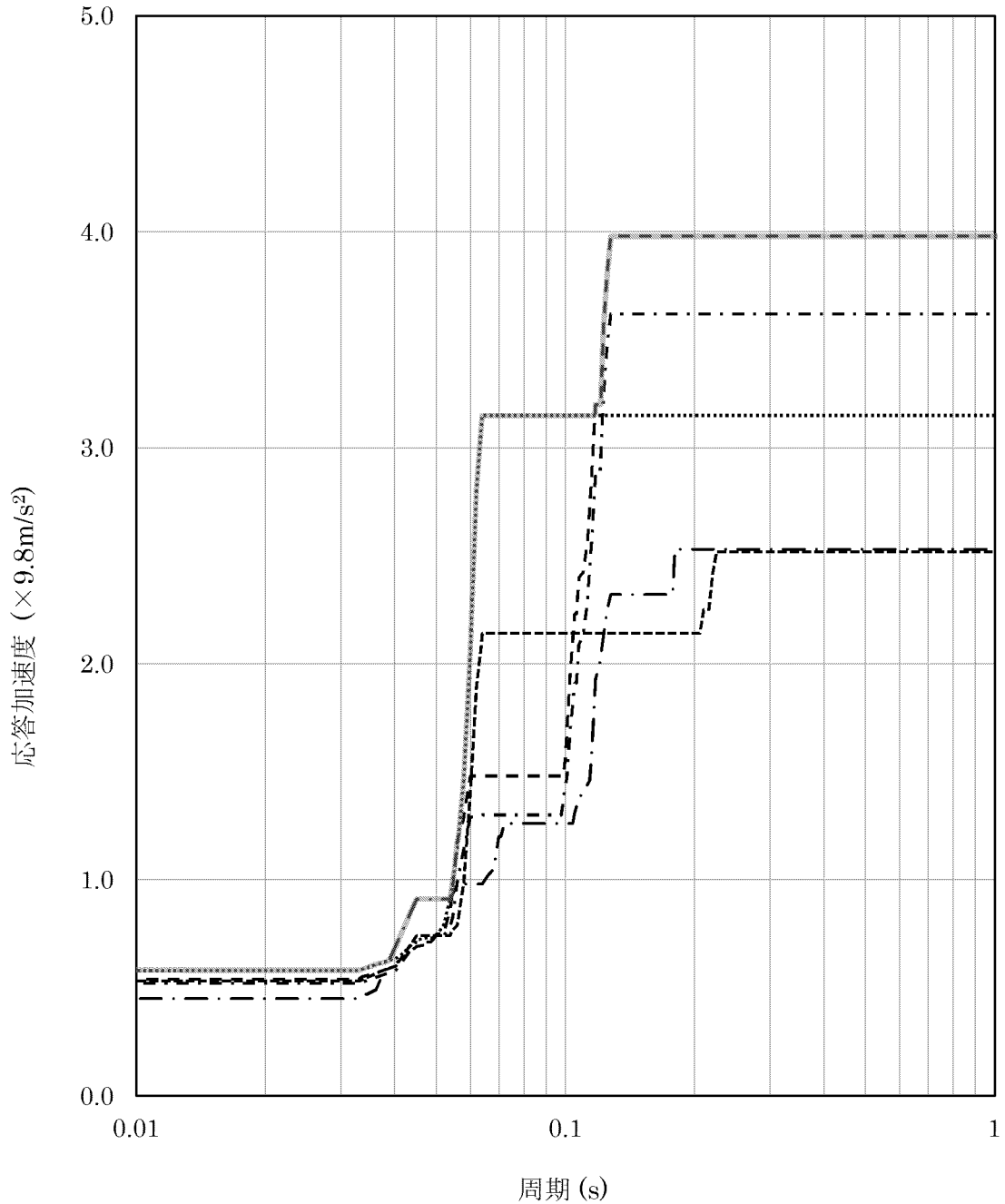
第 3-3 図(3/3) 設計用床応答曲線 (Ss 地震) (ブロック①) (Z 方向)

- 原子炉格納容器(PCCV) EL. 4.60m 減衰定数 1.5% 地震入力方向 X
- 原子炉格納容器(PCCV) EL. 0.80m 減衰定数 1.5% 地震入力方向 X
- - - 内部コンクリート(I/C) EL. 1.99m 減衰定数 1.5% 地震入力方向 X
- · · · 内部コンクリート(I/C) EL. 0.60m 減衰定数 1.5% 地震入力方向 X
- · - 基礎(B/M) EL. -10.10m 減衰定数 1.5% 地震入力方向 X
- 計算に使用する床応答曲線



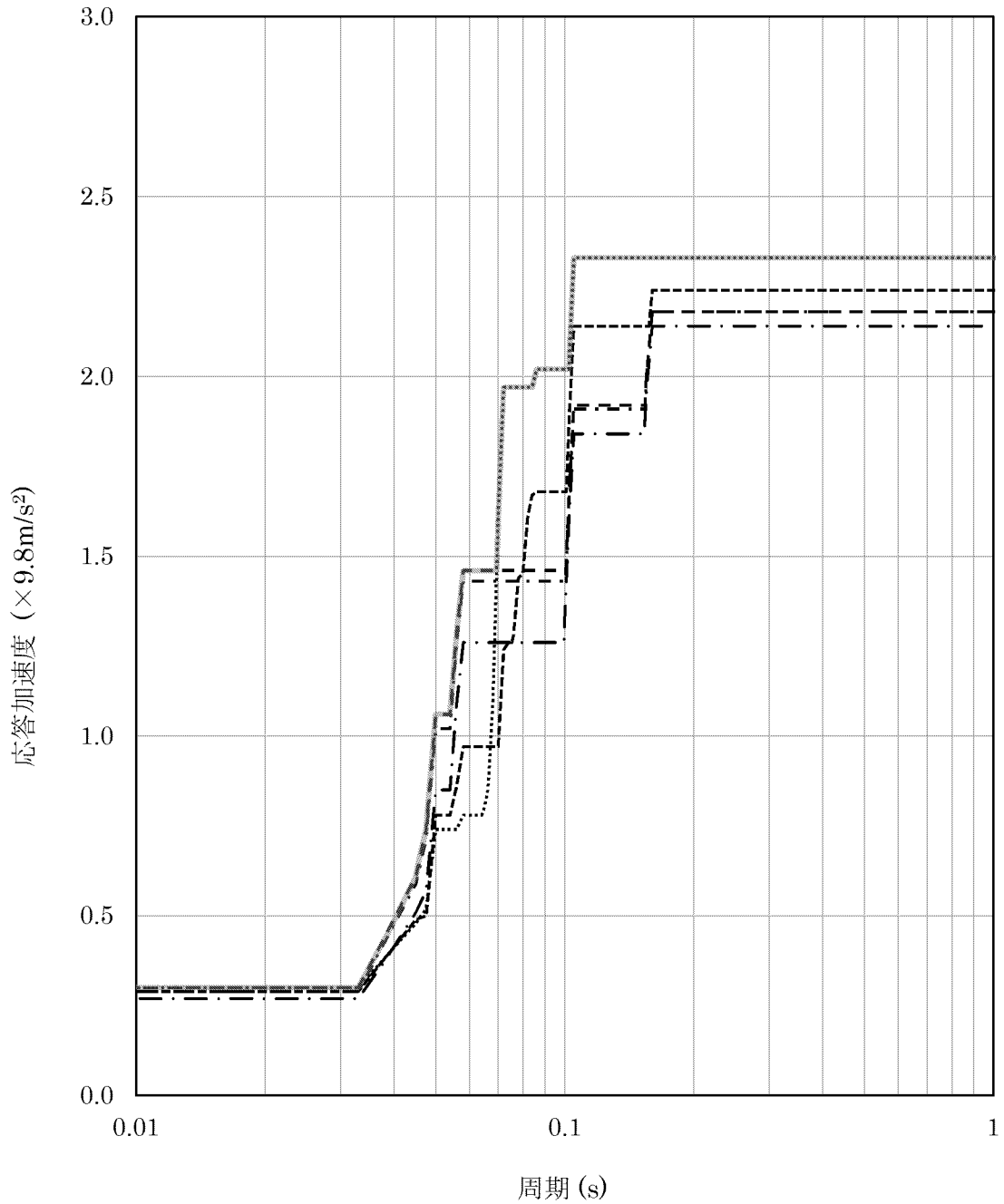
第 3-4 図(1/3) 設計用床応答曲線 (Sd 地震) (ブロック②) (X 方向)

- 原子炉格納容器(PCCV) EL. 4.60m 減衰定数 1.5% 地震入力方向 Y
- 原子炉格納容器(PCCV) EL. 0.80m 減衰定数 1.5% 地震入力方向 Y
- 内部コンクリート(I/C) EL. 1.99m 減衰定数 1.5% 地震入力方向 Y
- · · · 内部コンクリート(I/C) EL. 0.60m 減衰定数 1.5% 地震入力方向 Y
- · - 基礎(B/M) EL. -10.10m 減衰定数 1.5% 地震入力方向 Y
- 計算に使用する床応答曲線



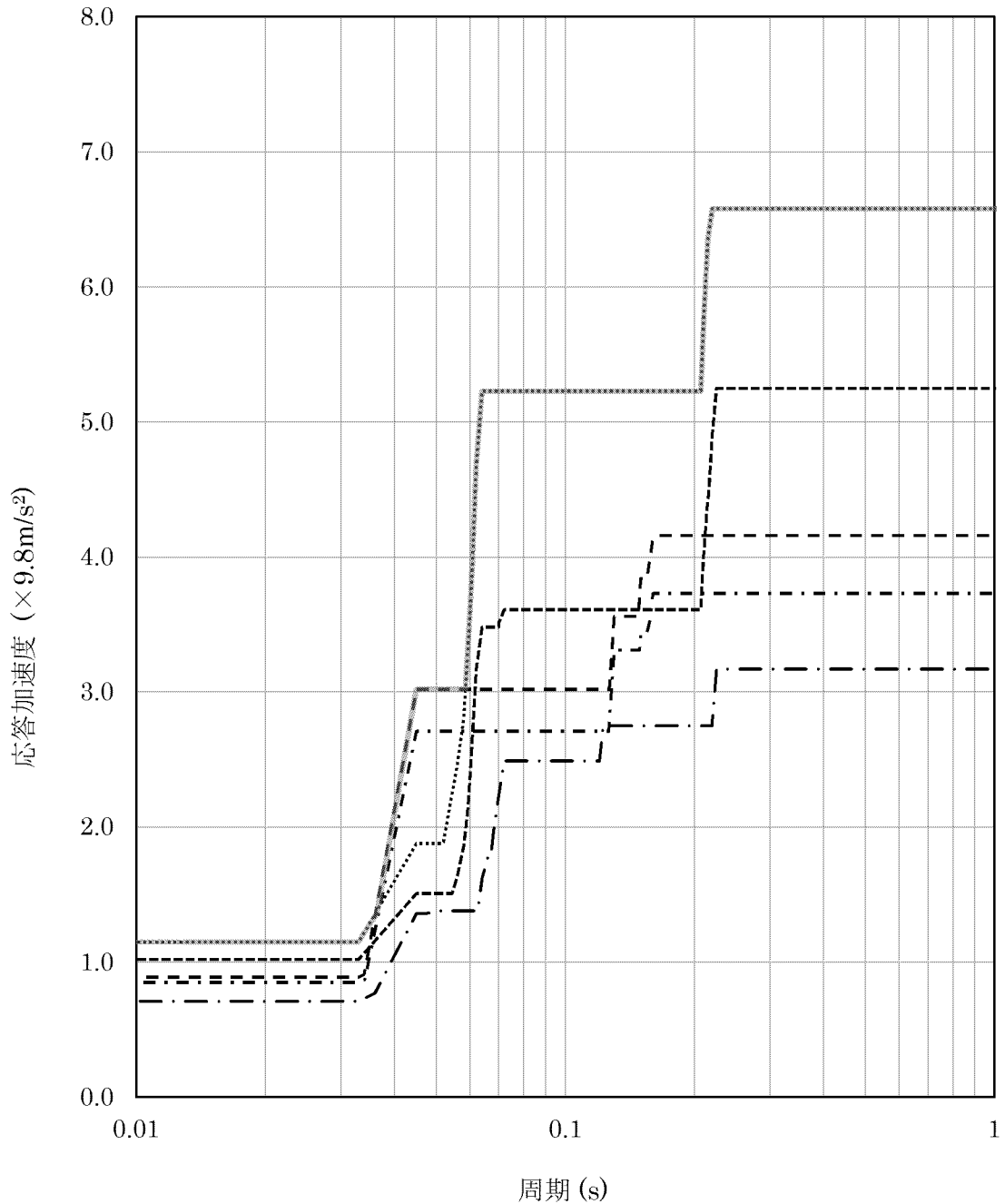
第 3-4 図(2/3) 設計用床応答曲線 (Sd 地震) (ブロック②) (Y 方向)

- 原子炉格納容器(PCCV) EL. 4.60m 減衰定数 1.5% 地震入力方向 Z
- 原子炉格納容器(PCCV) EL. 0.80m 減衰定数 1.5% 地震入力方向 Z
- 内部コンクリート(I/C) EL. 1.99m 減衰定数 1.5% 地震入力方向 Z
- .-.- 内部コンクリート(I/C) EL. 0.60m 減衰定数 1.5% 地震入力方向 Z
- .-.- 基礎(B/M) EL. -10.10m 減衰定数 1.5% 地震入力方向 Z
- 計算に使用する床応答曲線



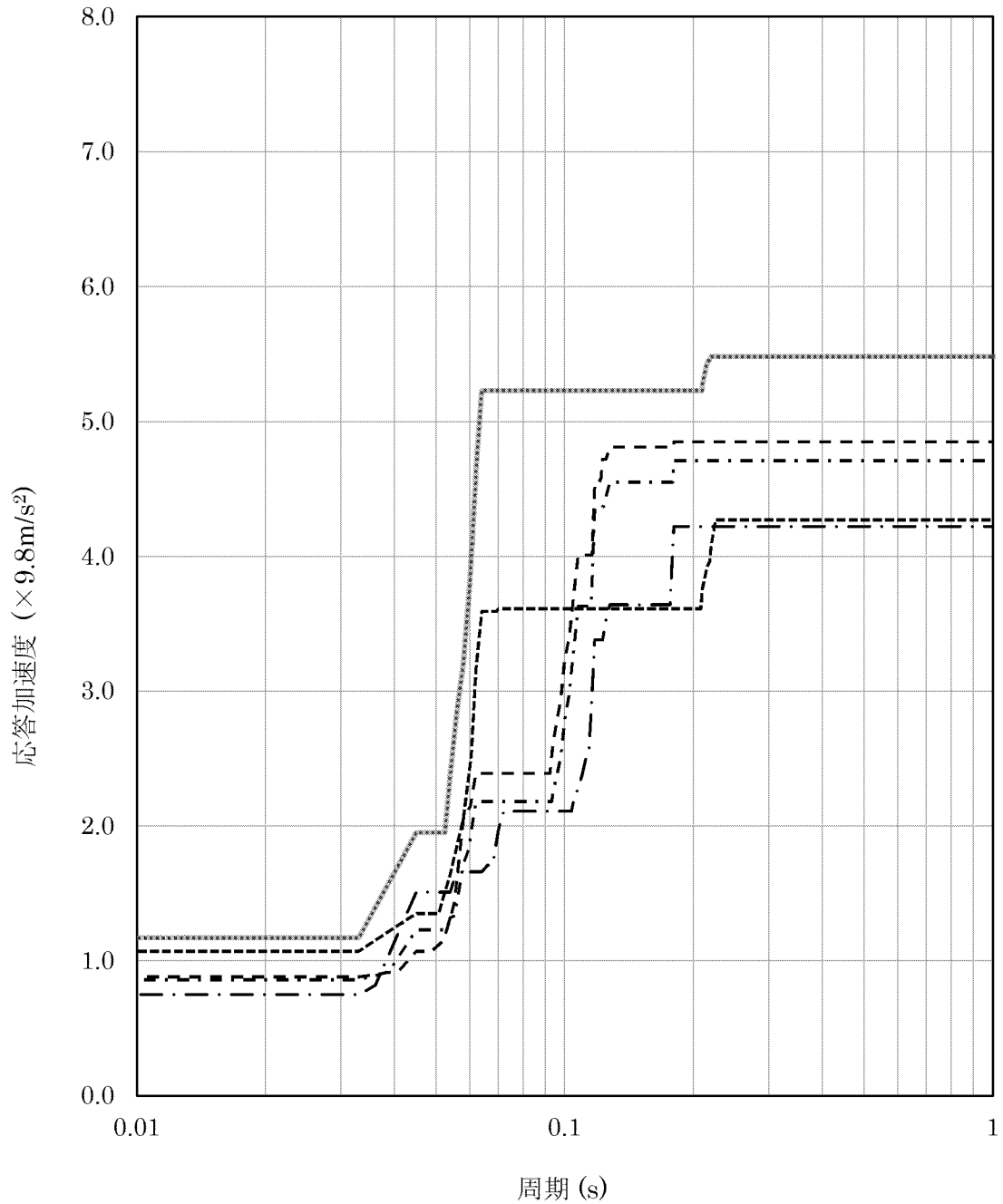
第 3-4 図(3/3) 設計用床応答曲線 (Sd 地震) (ブロック②) (Z 方向)

- 原子炉格納容器(PCCV) EL. 4.60m 減衰定数 1.5% 地震入力方向 X
- 原子炉格納容器(PCCV) EL. 0.80m 減衰定数 1.5% 地震入力方向 X
- 内部コンクリート(I/C) EL. 1.99m 減衰定数 1.5% 地震入力方向 X
- · · · 内部コンクリート(I/C) EL. 0.60m 減衰定数 1.5% 地震入力方向 X
- · - 基礎(B/M) EL. -10.10m 減衰定数 1.5% 地震入力方向 X
- 計算に使用する床応答曲線



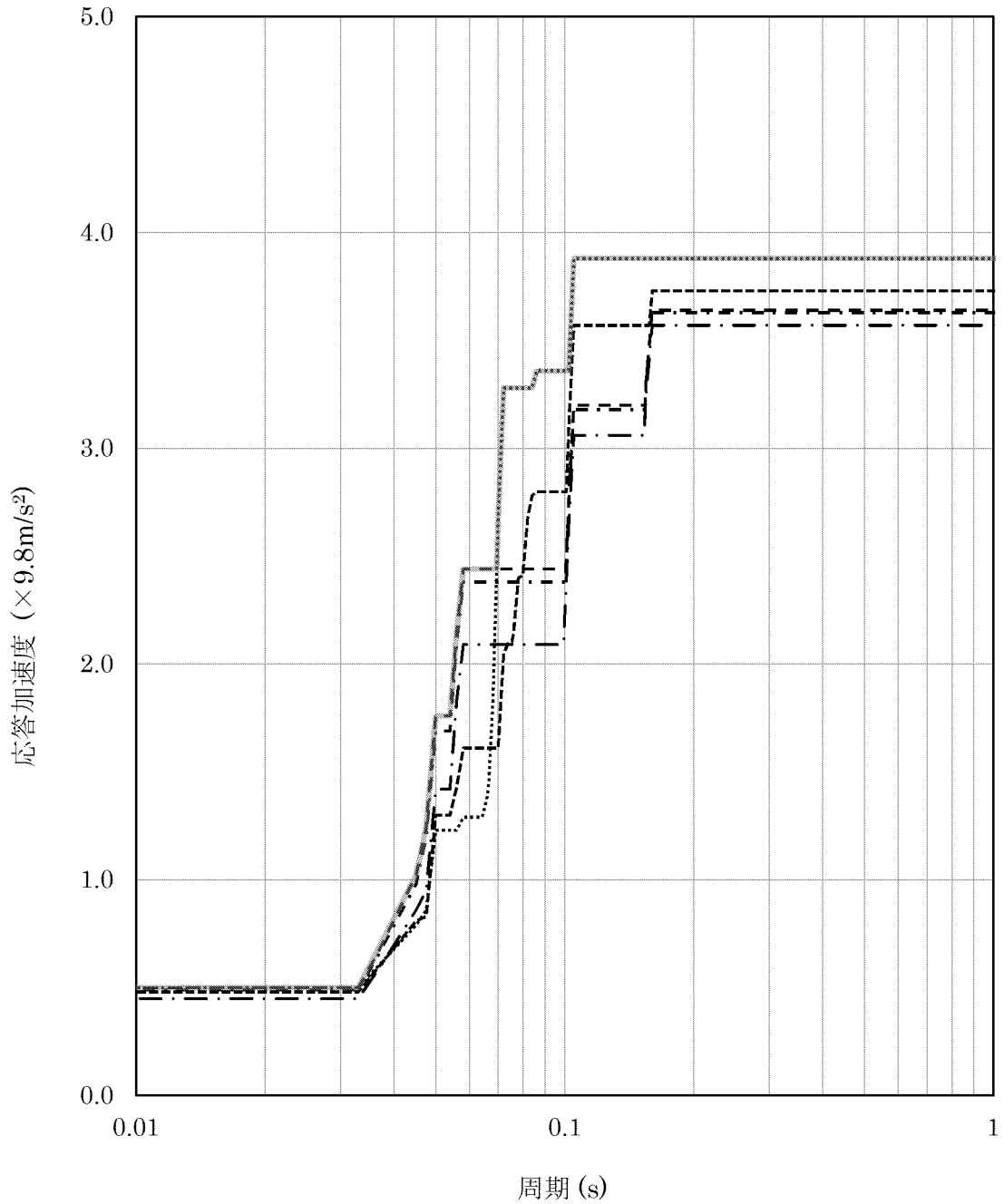
第 3-5 図(1/3) 設計用床応答曲線 (Ss 地震) (ブロック②) (X 方向)

- 原子炉格納容器(PCCV) EL. 4.60m 減衰定数 1.5% 地震入力方向 Y
- 原子炉格納容器(PCCV) EL. 0.80m 減衰定数 1.5% 地震入力方向 Y
- 内部コンクリート(I/C) EL. 1.99m 減衰定数 1.5% 地震入力方向 Y
- · - · 内部コンクリート(I/C) EL. 0.60m 減衰定数 1.5% 地震入力方向 Y
- · - 基礎(B/M) EL. -10.10m 減衰定数 1.5% 地震入力方向 Y
- 計算に使用する床応答曲線



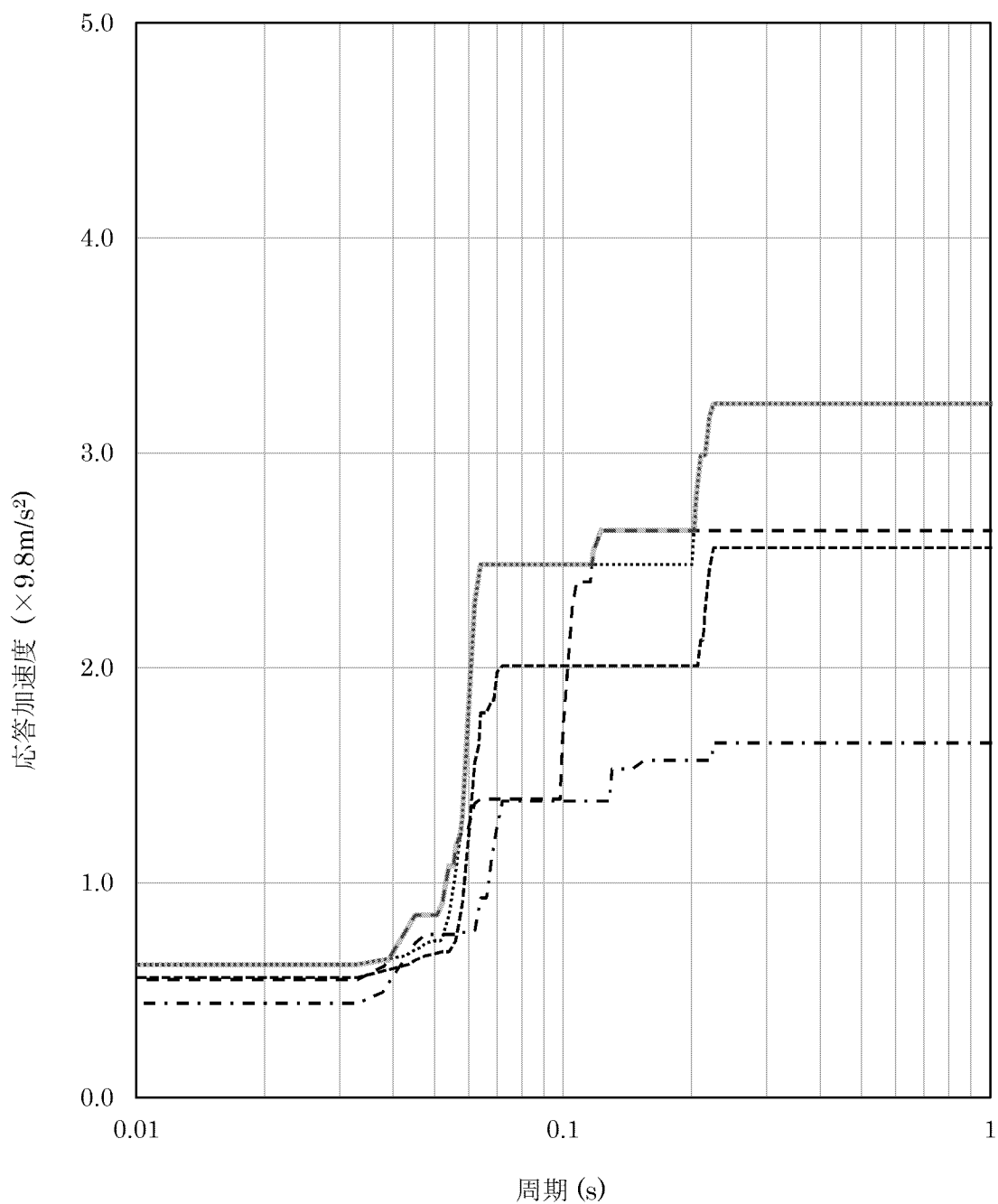
第 3-5 図(2/3) 設計用床応答曲線 (Ss 地震) (ブロック②) (Y 方向)

- 原子炉格納容器(PCCV) EL. 4.60m 減衰定数 1.5% 地震入力方向 Z
- 原子炉格納容器(PCCV) EL. 0.80m 減衰定数 1.5% 地震入力方向 Z
- 内部コンクリート(I/C) EL. 1.99m 減衰定数 1.5% 地震入力方向 Z
- · - · 内部コンクリート(I/C) EL. 0.60m 減衰定数 1.5% 地震入力方向 Z
- · - 基礎(B/M) EL. -10.10m 減衰定数 1.5% 地震入力方向 Z
- 計算に使用する床応答曲線



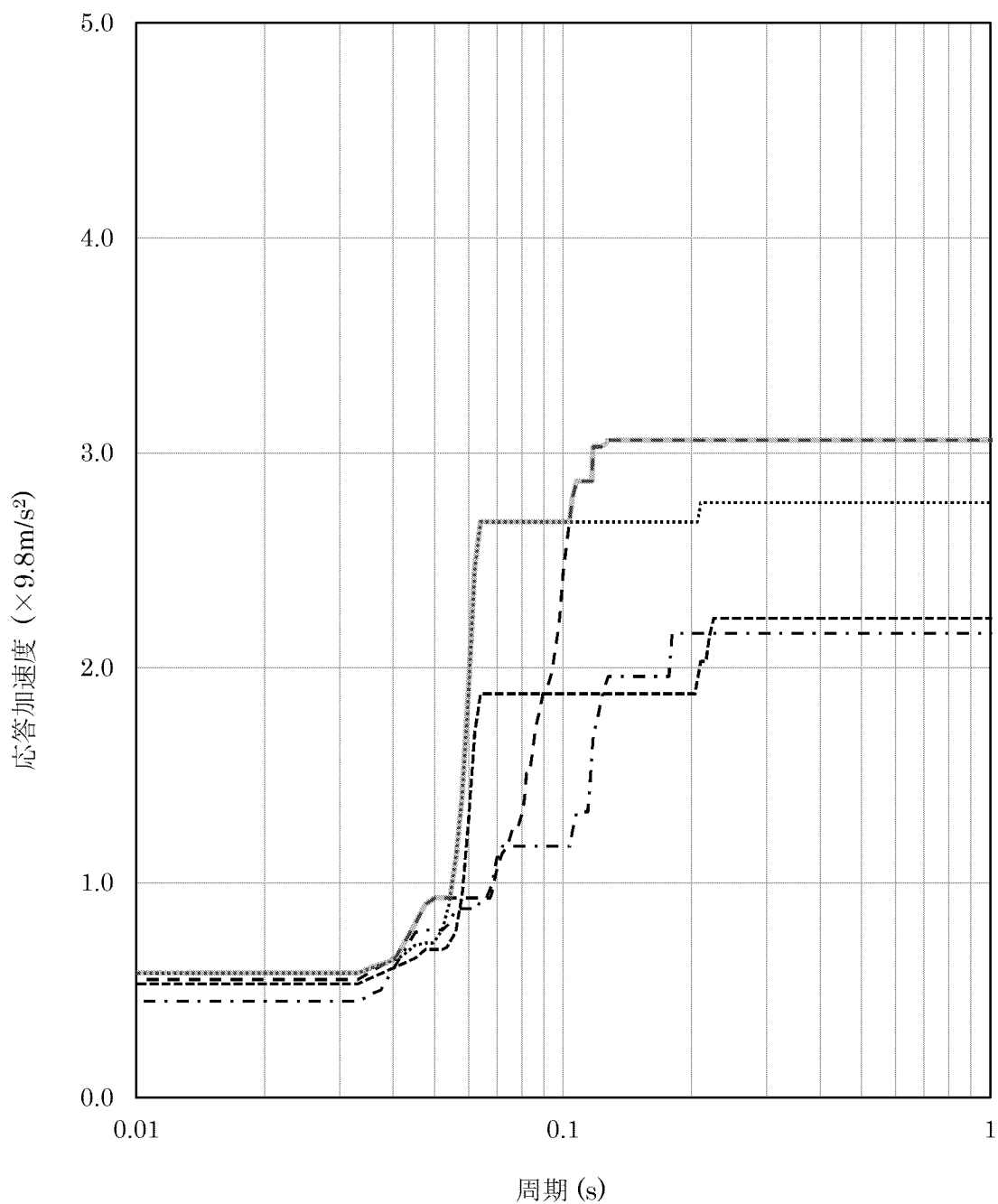
第 3-5 図(3/3) 設計用床応答曲線 (Ss 地震) (ブロック②) (Z 方向)

- 原子炉格納容器(PCCV) EL. 4.60m 減衰定数 2.0% 地震入力方向 X
- 原子炉格納容器(PCCV) EL. 0.80m 減衰定数 2.0% 地震入力方向 X
- - - 原子炉周辺建屋(RE/B) EL. 3.70m 減衰定数 2.0% 地震入力方向 X
- . . . 基礎(B/M) EL. -10.10m 減衰定数 2.0% 地震入力方向 X
- 計算に使用する床応答曲線



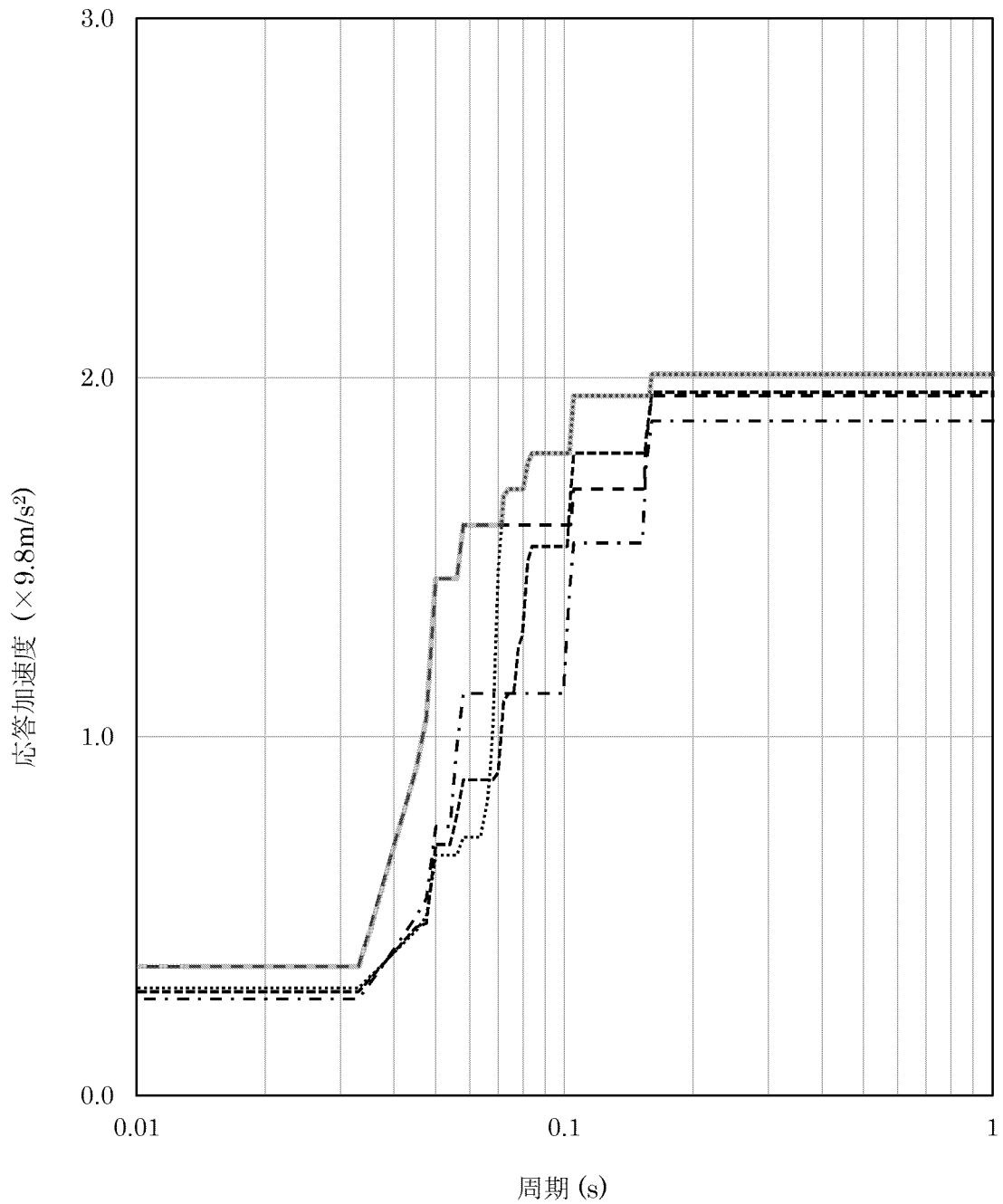
第3-6図(1/3) 設計用床応答曲線 (Sd地震) (ブロック③) (X方向)

- 原子炉格納容器(PCCV) EL. 4.60m 減衰定数 2.0% 地震入力方向 Y
- 原子炉格納容器(PCCV) EL. 0.80m 減衰定数 2.0% 地震入力方向 Y
- - - 原子炉周辺建屋(RE/B) EL. 3.70m 減衰定数 2.0% 地震入力方向 Y
- . . . 基礎(B/M) EL. -10.10m 減衰定数 2.0% 地震入力方向 Y
- 計算に使用する床応答曲線



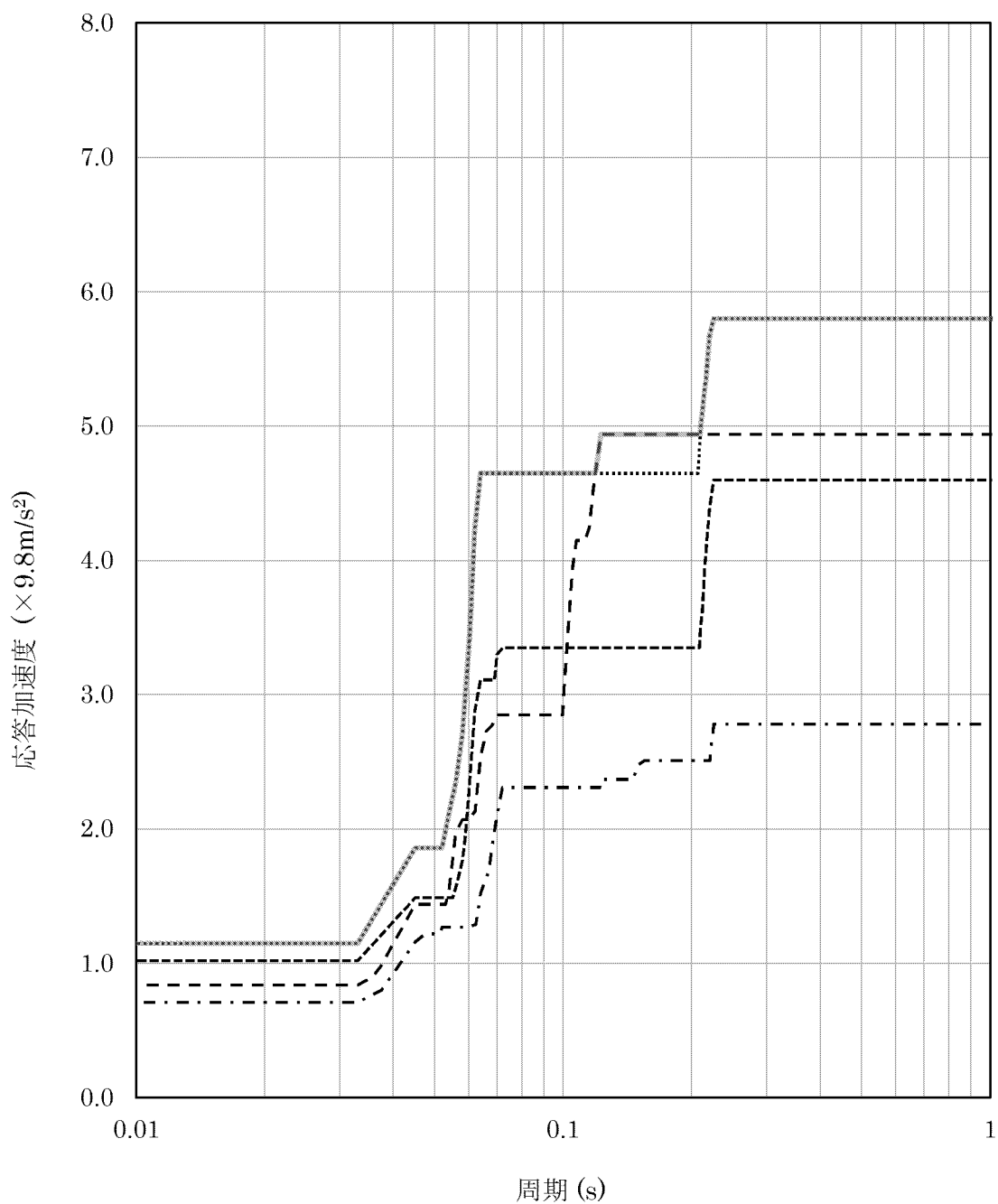
第 3-6 図(2/3) 設計用床応答曲線 (Sd 地震) (ブロック③) (Y 方向)

- 原子炉格納容器(PCCV) EL. 4.60m 減衰定数 2.0% 地震入力方向 Z
- 原子炉格納容器(PCCV) EL. 0.80m 減衰定数 2.0% 地震入力方向 Z
- - - 原子炉周辺建屋(RE/B) EL. 3.70m 減衰定数 2.0% 地震入力方向 Z
- . . . 基礎(B/M) EL. -10.10m 減衰定数 2.0% 地震入力方向 Z
- 計算に使用する床応答曲線



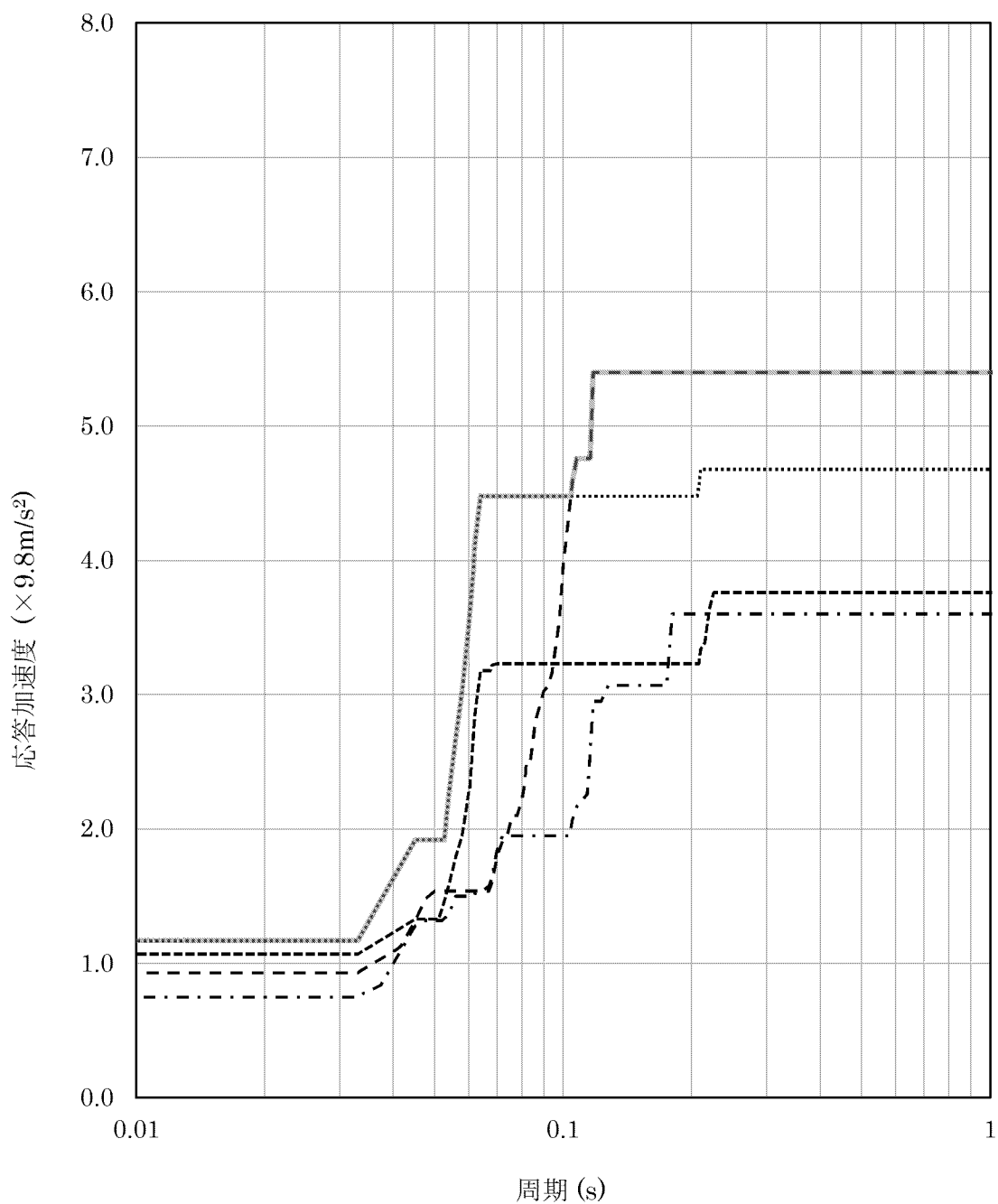
第 3-6 図(3/3) 設計用床応答曲線 (Sd 地震) (ブロック③) (Z 方向)

- 原子炉格納容器(PCCV) EL. 4.60m 減衰定数 2.0% 地震入力方向 X
- 原子炉格納容器(PCCV) EL. 0.80m 減衰定数 2.0% 地震入力方向 X
- - - 原子炉周辺建屋(RE/B) EL. 3.70m 減衰定数 2.0% 地震入力方向 X
- . . . 基礎(B/M) EL. -10.10m 減衰定数 2.0% 地震入力方向 X
- 計算に使用する床応答曲線



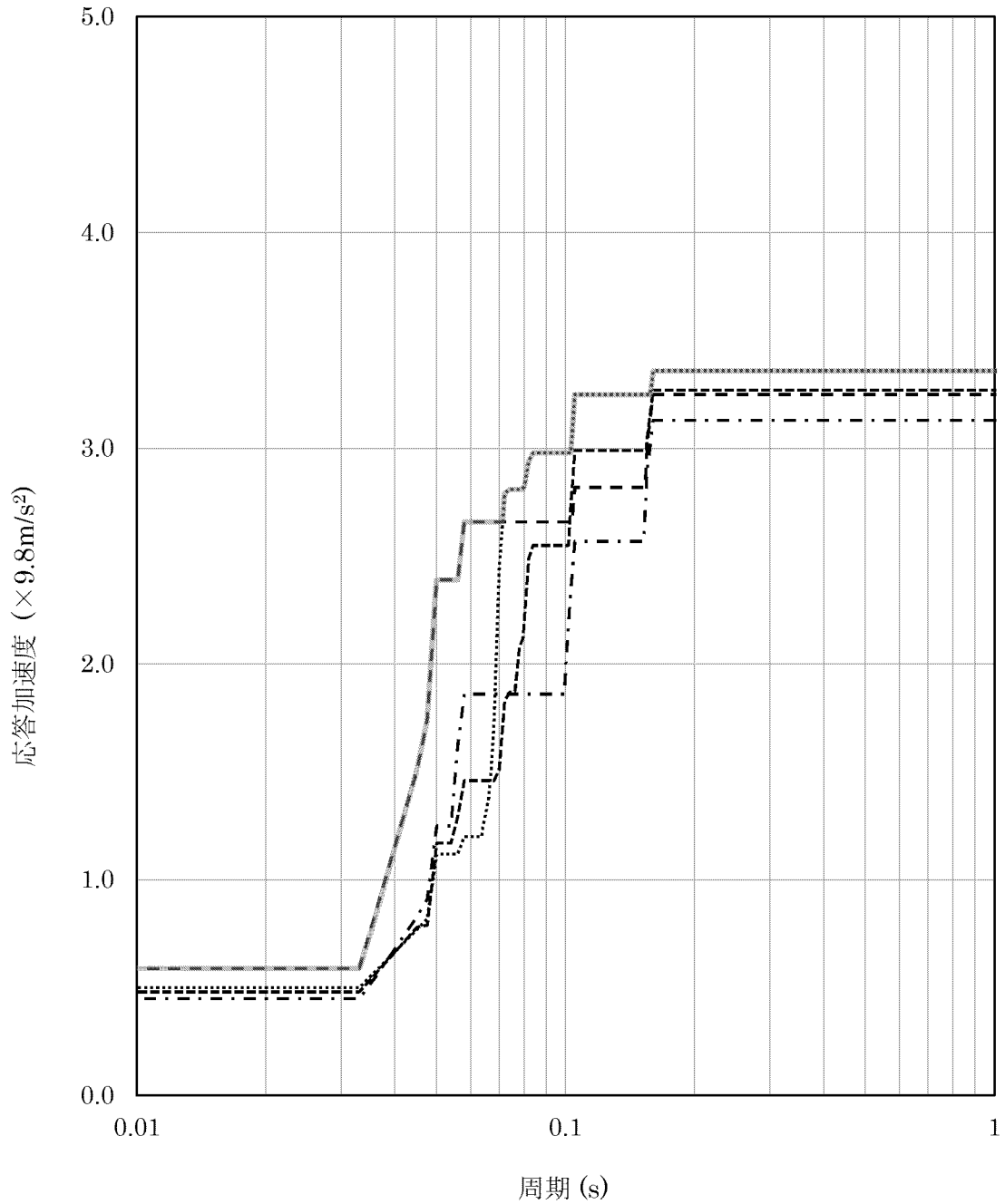
第 3-7 図(1/3) 設計用床応答曲線 (Ss 地震) (ブロック③) (X 方向)

- 原子炉格納容器(PCCV) EL. 4.60m 減衰定数 2.0% 地震入力方向 Y
- 原子炉格納容器(PCCV) EL. 0.80m 減衰定数 2.0% 地震入力方向 Y
- - - 原子炉周辺建屋(RE/B) EL. 3.70m 減衰定数 2.0% 地震入力方向 Y
- . . . 基礎(B/M) EL. -10.10m 減衰定数 2.0% 地震入力方向 Y
- 計算に使用する床応答曲線



第 3-7 図(2/3) 設計用床応答曲線 (Ss 地震) (ブロック③) (Y 方向)

- 原子炉格納容器(PCCV) EL. 4.60m 減衰定数 2.0% 地震入力方向 Z
- 原子炉格納容器(PCCV) EL. 0.80m 減衰定数 2.0% 地震入力方向 Z
- - - 原子炉周辺建屋(RE/B) EL. 3.70m 減衰定数 2.0% 地震入力方向 Z
- . . . 基礎(B/M) EL. -10.10m 減衰定数 2.0% 地震入力方向 Z
- 計算に使用する床応答曲線



第 3-7 図(3/3) 設計用床応答曲線 (Ss 地震) (ブロック③) (Z 方向)

(3) 設計用地震力

Sd 地震時の評価では、水平地震力と鉛直地震力は静的地震力と動的地震力のいずれか大きい方とする。水平方向及び鉛直方向が静的地震力の場合は同時に不利な方向に作用するものとする。

Ss 地震時の評価では、水平地震力と鉛直地震力は動的地震力とする。
設計用地震力を第 3-2 表及び 3-3 表に示す。

第 3-2 表 解析ブロック①及び②における設計用地震力

許容応力状態	水平地震力		鉛直地震力	摘要
	動的地震力	静的地震力		
Ⅲ _{AS}	設計用 床応答曲線 Sd (X 方向)	—	設計用 床応答曲線 Sd	節点ごとに、3 ケースそれぞれ で発生応力を算 出し、最大とな る値について評 価を行う。
	設計用 床応答曲線 Sd (Y 方向)	—	設計用 床応答曲線 Sd	
	—	静的震度 解析ブロック① 0.890 解析ブロック② 0.677	静的震度 0.288	
Ⅳ _{AS}	設計用 床応答曲線 S _s (X 方向)	—	設計用 床応答曲線 S _s	節点ごとに、2 ケースそれぞれ で発生応力を算 出し、最大とな る値について評 価を行う。
	設計用 床応答曲線 S _s (Y 方向)	—	設計用 床応答曲線 S _s	

第 3-3 表 解析ブロック③における設計用地震力

許容応力状態	水平地震力		鉛直地震力	摘要
	動的地震力	静的地震力		
BAS	設計用 床応答曲線 Sd/2 (X 方向)	—	設計用 床応答曲線 Sd/2	節点ごとに、3 ケースそれぞれ で発生応力を算 出し、最大とな る値について評 価を行う。
	設計用 床応答曲線 Sd/2 (Y 方向)	—	設計用 床応答曲線 Sd/2	
	—	静的震度 解析ブロック③ 0.308	—	

3.3.4 解析モデル及び諸元

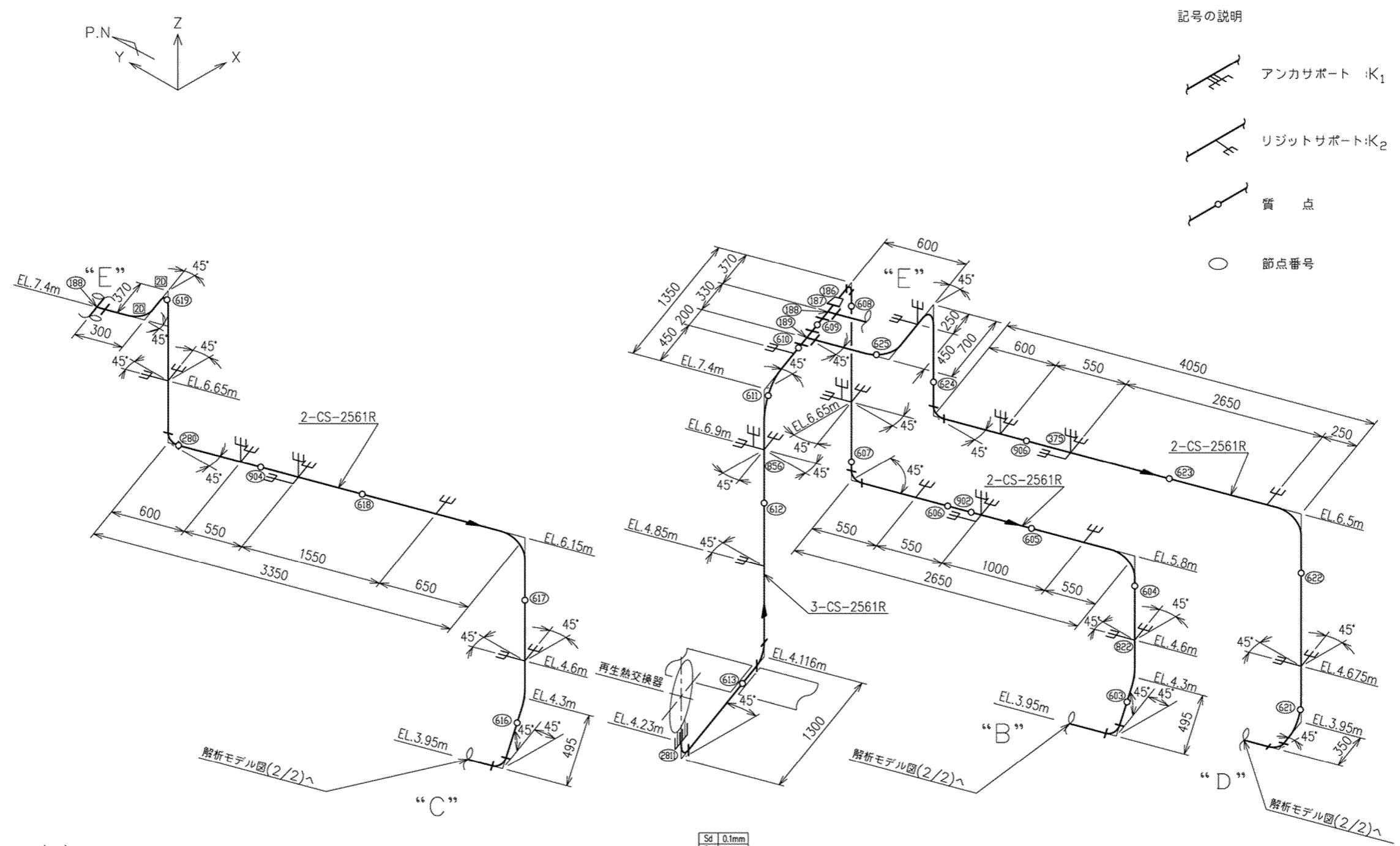
ブロック①について、第 3-8 図及び第 3-9 図に配管系の解析モデル図を示す。また、応力評価に用いる配管仕様の一覧表を第 3-4 表に、地震応答解析の部材の諸元を第 3-5 表に、地震応答解析の支持条件を第 3-6 表に、質点質量の一覧表を第 3-7 表に示す。

ブロック②について、第 3-10 図に配管系の解析モデル図を示す。

また、応力評価に用いる配管仕様の一覧表を第 3-8 表に、地震応答解析の部材の諸元を第 3-9 表に、地震応答解析の支持条件を第 3-10 表に、質点質量の一覧表を第 3-11 表に示す。

ブロック③について、第 3-11 図に配管系の解析モデル図を示す。

また、応力評価に用いる配管仕様の一覧表を第 3-12 表に、地震応答解析の部材の諸元を第 3-13 表に、地震応答解析の支持条件を第 3-14 表に、質点質量の一覧表を第 3-15 表に示す。

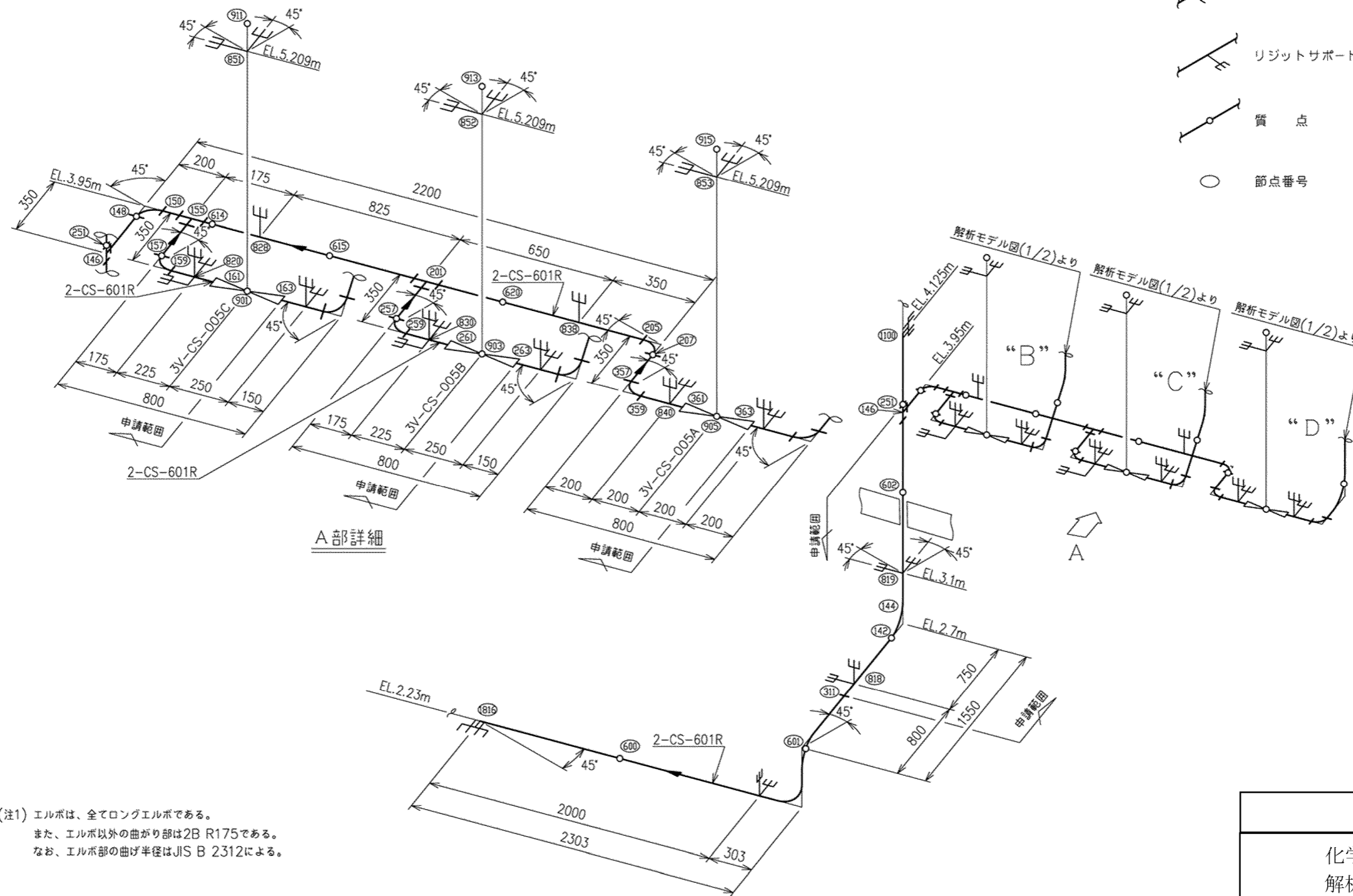
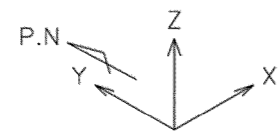


(注1) エルボは、全てロングエルボである。
 また、エルボ以外の特記無き曲がり部は3B R250、2B R175であり、
 ②で示す曲がり部は2B R125である。
 なお、エルボ部の曲げ半径はJIS B 2312による。
 (注2) 一次+二次応力評価に使用する相対変位を示す。

Sd	0.1mm
Ss	0.1mm
Sd	0.2mm
Ss	0.3mm
Sd	0.1mm
Ss	0.1mm

(注2)

第3-8図
 化学体積制御設備
 解析モデル図(1/2)
 ブロック ①



- 記号の説明
- アンカサポート :K₁
 - リジットサポート:K₂
 - 弁 点
 - 節点番号

(注1) エルボは、全てロングエルボである。
 また、エルボ以外の曲がり部は2B R175である。
 なお、エルボ部の曲げ半径はJIS B 2312による。

第3-9図
化学体積制御設備 解析モデル図(2/2)
ブロック ①

第3-4表 ブロック① 配管仕様 (1/2)

名 称	単 位	節点 2811 から 189	節点 189 から 188	節点 188 から 187	節点 189 から 905	節点 188 から 903	節点 187 から 186	節点 186 から 901
外 径	mm	89.1	89.1	89.1	60.5	60.5	89.1/60.5	60.5
厚 さ	mm	11.1	11.1	11.1	8.7	8.7	11.1/8.7	8.7
材 料	—	SUS316TP	SUS316TP	SUS316TP	SUS316TP	SUS316TP	SUS316TP	SUS316TP
最高使用圧力	MPa	17.16	17.16	17.16	17.16	17.16	17.16	17.16
最高使用温度	℃	343	343	343	343	343	343	343

第3-4表 ブロック① 配管仕様 (2/2)

名 称	単 位	節点 905 から 201	節点 903 から 201	節点 901 から 155	節点 201 から 155	節点 155 から 146	節点 146 から 1100	節点 146 から 311	節点 311 から 1816
外 径	mm	60.5	60.5	60.5	60.5	60.5	60.5	60.5	60.5
厚 さ	mm	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5
材 料	—	SUS316TP	SUS316TP	SUS316TP	SUS316TP	SUS316TP	SUS316TP	SUS316TP	SUS304TP
最高使用圧力	MPa	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5
最高使用温度	℃	200	200	200	200	200	200	200	200

第3-5表 ブロック① 地震応答解析の部材の諸元 (1/2)

機器名称	節点番号		縦弾性係数		配管要素		はり要素			
	始端	終端	種類	E (MPa)	外径 (mm)	厚さ (mm)	断面積 (cm ²)	断面二次モーメント(cm ⁴)		
								I _x ^(注1)	I _y ^(注1)	I _z ^(注1)
配管	2811	189	ステンレス	173000	89.1	11.1	—	—	—	—
	189	188	ステンレス	173000	89.1	11.1	—	—	—	—
	188	187	ステンレス	173000	89.1	11.1	—	—	—	—
	189	905	ステンレス	173000	60.5	8.7	—	—	—	—
	188	903	ステンレス	173000	60.5	8.7	—	—	—	—
	187	186	ステンレス	173000	89.1 /60.5	11.1 /8.7	—	—	—	—
	186	901	ステンレス	173000	60.5	8.7	—	—	—	—
	905	201	ステンレス	183000	60.5	3.5	—	—	—	—
	903	201	ステンレス	183000	60.5	3.5	—	—	—	—
	901	155	ステンレス	183000	60.5	3.5	—	—	—	—
	201	155	ステンレス	183000	60.5	3.5	—	—	—	—
	155	146	ステンレス	183000	60.5	3.5	—	—	—	—
	146	1100	ステンレス	183000	60.5	3.5	—	—	—	—
	146	311	ステンレス	183000	60.5	3.5	—	—	—	—
	311	1816	ステンレス	183000	60.5	3.5	—	—	—	—

(注1) 配管内部流体の流れ方向をX方向とし、鉛直方向をZ方向とする。

第3-5表 ブロック① 地震応答解析の部材の諸元 (2/2)

機器名称	節点番号		縦弾性係数		配管要素		はり要素			
	始端	終端	種類	E (MPa)	外径 (mm)	厚さ (mm)	断面積 (cm ²)	断面二次モーメント(cm ⁴)		
								I _x ^(注1)	I _y ^(注1)	I _z ^(注1)
弁 ヨーク部	901	911	炭素鋼 ^(注2)	202000	—	—	31.8	179.3	49.3	228.6
	903	913	炭素鋼 ^(注2)	202000	—	—	31.8	179.3	49.3	228.6
	905	915	炭素鋼 ^(注2)	202000	—	—	31.8	179.3	49.3	228.6

(注1) 配管内部流体の流れ方向を X 方向とし、鉛直方向を Z 方向とする。

(注2) 種類は JSME S NJ1-2012 Part3 第2章表1による。

炭素鋼：炭素量が 0.3%以下の炭素鋼。

第 3-6 表 ブロック① 地震応答解析の支持条件

部位	記号	ばね定数
アンカサポート	K_1	十分剛な値を用いる
リジットサポート	K_2	十分剛な値を用いる

第3-7表 ブロック① 質点質量 (1/2)

(単位 : kg)

質点番号	配管 ^(注)	弁	保温材	その他 付加質量	合計質量
901	4.8	110.0	1.1	—	116
911	—	100.0	—	—	100
903	4.8	110.0	1.1	—	116
913	—	100.0	—	—	100
905	4.0	110.0	0.8	—	115
915	—	100.0	—	—	100
902	—	—	—	49.0	49
904	7.0	—	1.2	19.0	27
906	7.0	—	1.2	19.0	27
600	14.6	—	4.4	—	19
601	11.5	—	3.4	—	15
142	8.4	—	2.5	—	11
602	6.2	—	1.9	—	8
148	4.0	—	1.2	—	5
251	1.3	—	0.4	—	2
157	3.8	—	1.1	—	5
614	1.3	—	0.4	—	2
603	12.1	—	2.1	—	14
604	22.4	—	3.9	—	26
605	12.8	—	2.2	—	15
606	7.0	—	1.2	—	8
607	17.9	—	3.1	—	21
608	16.5	—	2.6	—	19
609	8.3	—	0.9	—	9
619	18.1	—	3.2	—	21
610	5.1	—	0.6	—	6
625	13.4	—	2.3	—	16
611	24.0	—	2.7	—	27
612	51.8	—	5.8	—	58
613	54.3	—	6.1	—	60
615	6.0	—	1.8	—	8
257	3.8	—	1.1	—	5
620	4.7	—	1.4	—	6
616	12.1	—	2.1	—	14

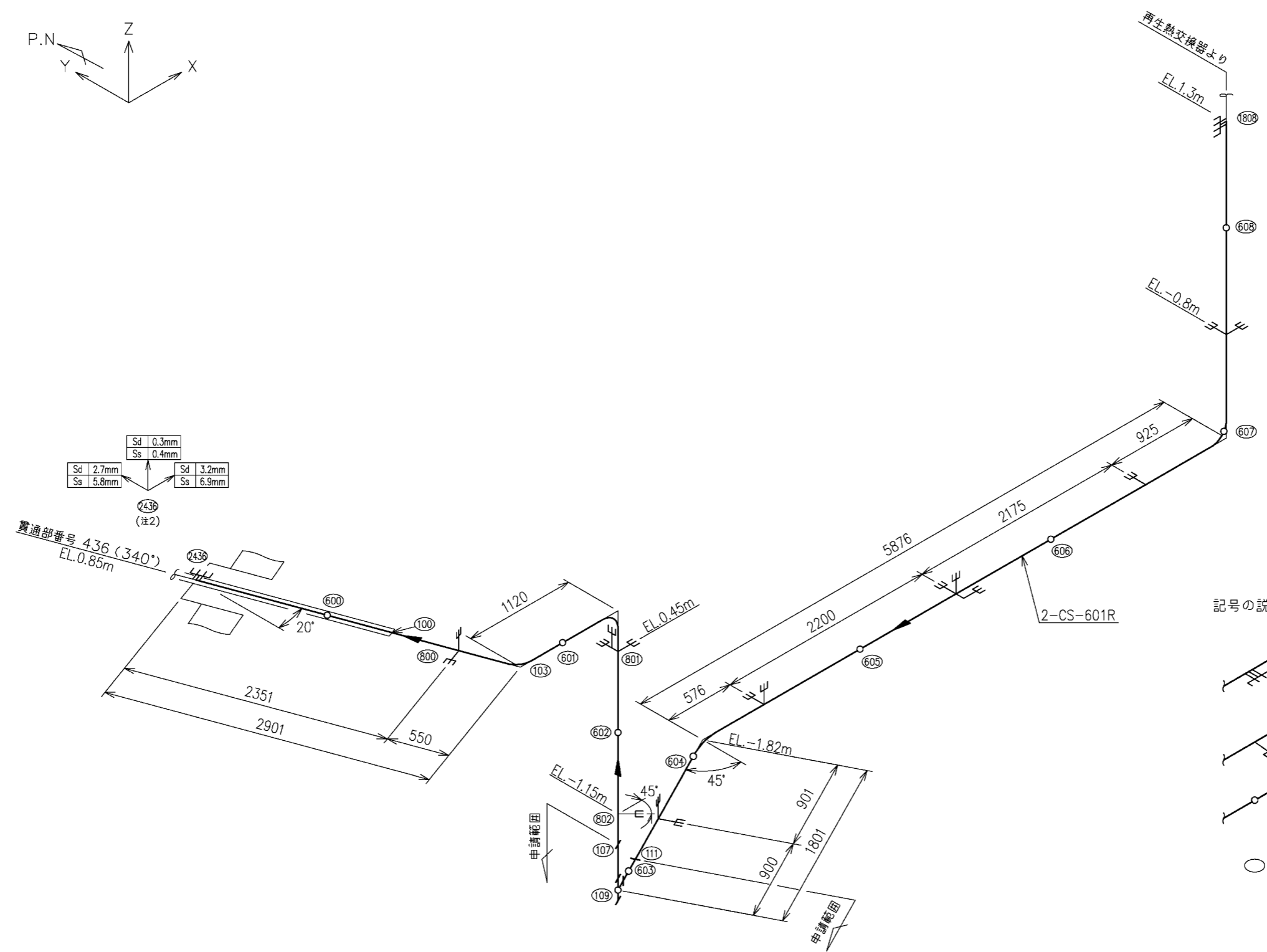
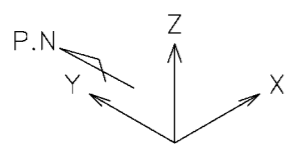
(注) 内部流体の質量を含む。

第3-7表 ブロック① 質点質量 (2/2)

(単位 : kg)

質点番号	配管 ^(注)	弁	保温材	その他 付加質量	合計質量
617	28.1	—	4.9	—	33
618	19.8	—	3.4	—	23
280	14.1	—	2.4	—	17
207	6.6	—	2.0	—	9
621	16.3	—	2.8	—	19
622	26.5	—	4.6	—	31
623	33.9	—	5.9	—	40
624	22.4	—	3.9	—	26

(注) 内部流体の質量を含む。



(注1) 曲がり部は2B R175である。
 (注2) 1次+2次応力評価に使用する相対変位を示す。

第3-10図
 化学体積制御設備
 解析モデル図
 ブロック ②

第3-8表 ブロック② 配管仕様

名 称	単 位	節点 1808 から 111	節点 111 から 107	節点 107 から 100	節点 100 から 2436
外 径	mm	60.5	60.5	60.5	60.5
厚 さ	mm	3.5	3.5	3.5	5.5
材 料	—	SUS304TP	SUS316TP	SUS304TP	SUS304TP
最高使用圧力	MPa	4.5	4.5	4.5	4.5
最高使用温度	℃	200	200	200	200

第3-9表 ブロック② 地震応答解析の部材の諸元

機器名称	節点番号		縦弾性係数		配管要素		はり要素			
	始端	終端	種類	E (MPa)	外径 (mm)	厚さ (mm)	断面積 (cm ²)	断面二次モーメント(cm ⁴)		
								I _x ^(注)	I _y ^(注)	I _z ^(注)
配管	1808	111	ステンレス	183000	60.5	3.5	—	—	—	—
	111	107	ステンレス	183000	60.5	3.5	—	—	—	—
	107	100	ステンレス	183000	60.5	3.5	—	—	—	—
	100	2436	ステンレス	183000	60.5	5.5	—	—	—	—

(注) 配管内部流体の流れ方向を X 方向とし、鉛直方向を Z 方向とする。

第 3-10 表 ブロック② 地震応答解析の支持条件

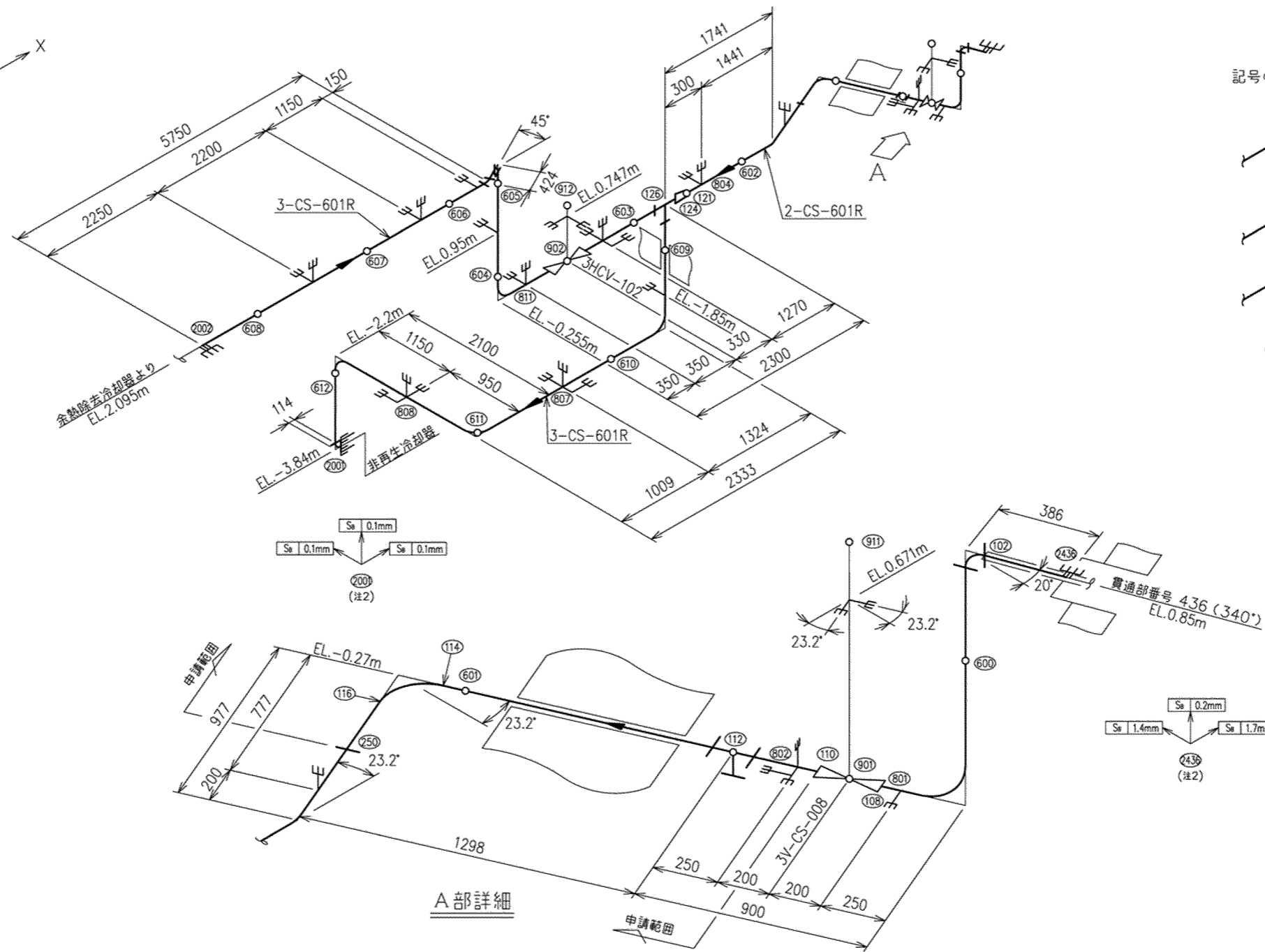
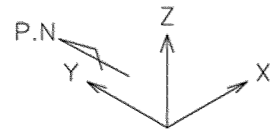
部位	記号	ばね定数
アンカサポート	K_1	十分剛な値を用いる
リジットサポート	K_2	十分剛な値を用いる

第3-11表 ブロック② 質点質量

(単位：kg)

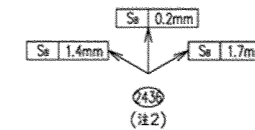
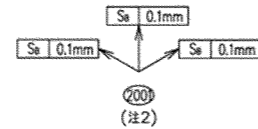
質点番号	配管 ^(注)	弁	保温材	その他 付加質量	合計質量
109	—	—	—	7.0	7
600	21.1	—	5.3	—	26
601	15.1	—	4.5	—	20
602	11.7	—	3.5	—	15
603	11.4	—	3.4	—	15
604	10.8	—	3.2	—	14
605	16.0	—	4.8	—	21
606	15.9	—	4.7	—	21
607	14.2	—	4.2	—	18
608	15.3	—	4.6	—	20

(注) 内部流体の質量を含む。



記号の説明

- アンカサポート : K₁
- リジットサポート: K₂
- 質点
- 節点番号



(注1) エルボは、全てロングエルボである。
また、エルボ以外の曲がり部は、2B R175、3B R250である。
なお、エルボ部の曲げ半径はJIS B 2312による。

(注2) 1次+2次応力評価に使用する相対変位を示す。

第3-11 図
化学体積制御設備 解析モデル図
ブロック ③

第3-12表 ブロック③ 配管仕様 (1/2)

名 称	単 位	節点 2436 から 102	節点 102 から 901	節点 901 から 250	節点 250 から 121	節点 121 から 124	節点 124 から 126	節点 126 から 2001
外 径	mm	60.5	60.5	60.5	60.5	60.5/89.1	89.1	89.1
厚 さ	mm	5.5	3.5	3.5	3.5	3.5/4.0	4.0	4.0
材 料	—	SUS304TP	SUS304TP	SUS316TP	SUS304TP	SUS304TP	SUS304TP	SUS304TP
最高使用圧力	MPa	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5
最高使用温度	℃	200	200	200	200	200	200	200

第3-12表 ブロック③ 配管仕様 (2/2)

名 称	単 位	節点 2002 から 126
外 径	mm	89.1
厚 さ	mm	4.0
材 料	—	SUS304TP
最高使用圧力	MPa	4.5
最高使用温度	°C	200

第3-13表 ブロック③ 地震応答解析の部材の諸元

機器名称	節点番号		縦弾性係数		配管要素		はり要素			
	始端	終端	種類	E (MPa)	外径 (mm)	厚さ (mm)	断面積 (cm ²)	断面二次モーメント(cm ⁴)		
								I _x ^(注1)	I _y ^(注1)	I _z ^(注1)
配管	2436	102	ステンレス	183000	60.5	5.5	—	—	—	—
	102	901	ステンレス	183000	60.5	3.5	—	—	—	—
	901	250	ステンレス	183000	60.5	3.5	—	—	—	—
	250	121	ステンレス	183000	60.5	3.5	—	—	—	—
	121	124	ステンレス	183000	60.5 /89.1	3.5 /4.0	—	—	—	—
	124	126	ステンレス	183000	89.1	4.0	—	—	—	—
	126	2001	ステンレス	183000	89.1	4.0	—	—	—	—
	2002	126	ステンレス	183000	89.1	4.0	—	—	—	—
弁 ヨーク部	901	911	炭素鋼 ^(注2)	202000	—	—	30.2	153.4	47.2	200.6
	902	912	炭素鋼 ^(注2)	202000	—	—	31.8	179.3	49.3	228.6

(注1) 配管内部流体の流れ方向を X 方向とし、鉛直方向を Z 方向とする。

(注2) 種類は JSME S NJ1-2012 Part3 第2章 表1による。

炭素鋼：炭素量が 0.3%以下の炭素鋼。

第 3-14 表 ブロック③ 地震応答解析の支持条件

部位	記号	ばね定数
アンカサポート	K_1	十分剛な値を用いる
リジットサポート	K_2	十分剛な値を用いる

第3-15表 ブロック③ 質点質量

(単位：kg)

質点番号	配管 ^(注)	弁	保温材	その他 付加質量	合計質量
901	2.8	70.0	0.7	—	74
911	—	88.0	—	—	88
902	9.4	80.0	1.9	—	91
912	—	100.0	—	—	100
112	—	—	—	5.0	5
600	13.5	—	3.9	—	17
121	3.3	—	0.8	—	4
603	17.5	—	3.6	—	21
609	21.9	—	4.5	—	26
612	40.0	—	8.2	—	48
601	16.9	—	5.1	—	22
602	12.0	—	3.6	—	16
610	23.0	—	4.8	—	28
611	27.0	—	5.6	—	33
604	21.4	—	4.4	—	26
605	23.7	—	4.9	—	29
606	15.8	—	3.3	—	19
607	30.3	—	6.2	—	37
608	31.0	—	6.4	—	37

(注) 内部流体の質量を含む。

3.3.5 応力評価方法

(1) 記号の説明

	記号	単位	説明
応力計算に使用するもの	i_1	—	応力係数で JSME S NC1-2012 PPC-3810 に規定される値又は 1.33 のいずれか大きい方の値
	i_2	—	応力係数で JSME S NC1-2012 PPC-3810 に規定される値又は 1.0 のいずれか大きい方の値
	D_o	mm	管の外径
	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_b	N・mm	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	地震動の慣性力により生じるモーメントの全振幅
	M_c	N・mm	地震動による相対変位により生じるモーメントの全振幅
	P	MPa	地震と組合せるべき運転状態における圧力
	S	MPa	一次応力
	S_n	MPa	一次応力と二次応力を加えて求めた応力
	t	mm	管の厚さ
	Z	mm ³	管の断面係数

(2) 応力の算出

クラス 2 管に発生する応力を、JEAG 4601 及び JSME S NC1-2012 に基づく以下の計算式により求める。

a. 一次応力

$$S = \frac{P \cdot D_o}{4t} + \frac{0.75i_1 (M_a + M_b)}{Z}$$

b. 一次+二次応力

$$S_n = \frac{0.75i_1 \cdot M_b^* + i_2 \cdot M_c}{Z}$$