# 耐震計算方針

| |
|---|
| 工事計画認可申請添付資料 6－6 |
| 玄海原子力発電所第 3 号機 |

# 使用済燃料ピットの耐震計算方針

| |
|---|
| 工事計画認可申請添付資料 ６－６－１ |
| 玄 海 原 子 力 発 電 所 第 ３ 号 機 |

目　　次

頁

1.　概　要　…… 6(3)-6-1-1

2.　耐震設計の基本事項　…… 6(3)-6-1-1

2.1　構造の説明　…… 6(3)-6-1-1

2.2　設計用地震力　…… 6(3)-6-1-2

2.3　荷重の組合せ及び許容応力　…… 6(3)-6-1-5

1. 概　要

本資料は、資料６－１「耐震設計の基本方針」に従い、使用済燃料ピットが設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを確認するための耐震計算方針について説明するものである。

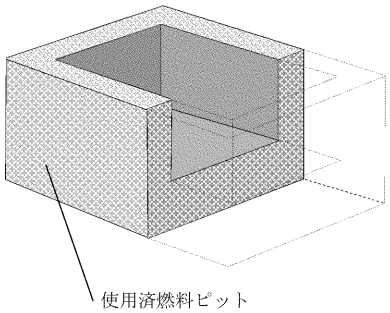
使用済燃料ピットは設計基準対象施設においてはＳクラス施設に、重大事故等対処施設においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下、それぞれの分類に応じた耐震評価を示す。

2. 耐震設計の基本事項

2.1 構造の説明

建物・構築物は、原則として剛構造とする。使用済燃料ピットの構造計画を第2－1表に示す。

第２－１表　使用済燃料ピットの構造計画

| 設備名称 | 計画概要 | | 説　明　図 |
|---|---|---|---|
| | 主体構造 | 支持構造 | |
| 使用済燃料ピット | 鉄筋コンクリート造躯体で構成する。 | 建屋内に配置された耐震壁等を介し、直接岩盤に支持する基礎版へ伝達する設計とする。 |  |

## 2.2　設計用地震力

### 2.2.1　静的地震力

静的地震力及び必要保有水平耐力は、次の地震層せん断力係数及び震度に基づき算定する。

| 種別 | 耐震クラス | 地震層せん断力係数及び水平震度 | 地震層せん断力係数(必要保有水平耐力算出用) | 鉛直震度 |
|---|---|---|---|---|
| 建物・構築物 | S | $3.0C_i$ (注１) | $1.0C_i$ (注２) | 0.240 (注３) |

（注1）$C_i$：標準せん断力係数を0.2とし、建物・構築物の振動特性及び地盤の種類等を考慮して求められる値で次式に基づく。

$C_i = R_t \cdot A_i \cdot C_o$

$R_t$：振動特性係数　0.8

$A_i$：$C_i$の分布係数

$C_o$：標準せん断力係数　0.2

（注2）$C_i$：標準せん断力係数を1.0とし、建物・構築物の振動特性及び地盤の種類等を考慮して求められる値で次式に基づく。

$C_i = R_t \cdot A_i \cdot C_o$

$R_t$：振動特性係数　0.8

$A_i$：$C_i$の分布係数

$C_o$：標準せん断力係数　1.0

（注3）震度0.3とし、建物・構築物の振動特性及び地盤の種類等を考慮し、高さ方向に一定として求める。

2.2.2　動的地震力

動的地震力は、耐震重要度分類及び重大事故等対処施設の施設区分に応じて、以下の入力地震動に基づき算定する。

（設計基準対象施設）

| 種別 | 耐震クラス | 入力地震動 | |
|---|---|---|---|
| | | 水平地震動 | 鉛直地震動 |
| 建物・構築物 | S | 弾性設計用地震動 Sd | 弾性設計用地震動 Sd |
| | | 基準地震動 Ss | 基準地震動 Ss |

（重大事故等対処施設）

| 種　別 | 設備分類<br>施設区分 | 耐　震<br>クラス(注) | 入力地震動 | |
|---|---|---|---|---|
| | | | 水平地震動 | 鉛直地震動 |
| 建物・構築物 | 常設耐震重要重大事故防止設備、常設重大事故緩和設備 | S | 弾性設計用地震動Sd | 弾性設計用地震動Sd |
| | | | 基準地震動Ss | 基準地震動Ss |

（注）　常設重大事故防止設備の代替する機能を有する設計基準事故対処設備が属する耐震重要度分類のクラス。

また、常設重大事故緩和設備については、当該クラスをＳと表記する。

2.2.3　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 |
|---|---|---|---|---|
| 建物・構築物 | S | 地震層せん断力係数 $3.0C_i$ | 静的震度 (0.240) | 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。<br>水平方向及び鉛直方向が動的地震力の場合は組合せ係数法による。 |
| | | 弾性設計用地震動 Sd | 弾性設計用地震動 Sd | |
| | | 基準地震動 Ss | 基準地震動 Ss | 荷重の組合せは、組合せ係数法による。 |

（重大事故等対処施設）

| 種　別 | 設備分類<br>施設区分 | 耐　震 (注)<br>クラス | 水　平 | 鉛　直 | 摘　要 |
|---|---|---|---|---|---|
| 建物・構築物 | 常設耐震重要重大事故防止設備、常設重大事故緩和設備 | S | 弾性設計用地震動 Sd | 弾性設計用地震動 Sd | 荷重の組合せは、組合せ係数法による。 |
| | | | 基準地震動 Ss | 基準地震動 Ss | |

（注）　常設重大事故防止設備の代替する機能を有する設計基準事故対処設備が属する耐震重要度分類のクラス。

また、常設重大事故緩和設備については、当該クラスを S と表記する。

## 2.3　荷重の組合せ及び許容応力

### 2.3.1　記号の説明

D　：　固定荷重
L　：　積載荷重
$K_d$　：　弾性設計用地震動 Sd による地震力又は静的地震力
$K_s$　：　基準地震動 Ss による地震力
A　：　重大事故等時の状態で施設に作用する荷重のうち長期的な荷重

### 2.3.2　荷重の組合せ及び許容限界

使用済燃料ピットの許容限界のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを第2－2表に、重大事故等対処施設の評価に用いるものを第2－3表に示す。

第2－2表　荷重の組合せ及び許容限界（設計基準対象施設）

| | 耐震クラス | 荷重の組合せ | 許容限界 | |
|---|---|---|---|---|
| | | | 建物・構築物 | 基礎地盤の支持性能 |
| 建物・構築物 | S | $D+L+K_d$ (注1) | 質点系モデルによる地震応答解析の最大せん断ひずみが概ね弾性状態に留まる範囲で耐えること及び部材に生じる応力が短期許容応力度に基づく許容値又はCCV規格(注2)における荷重状態Ⅲの許容値を超えないこととする。 | 地盤の短期許容支持力度とする。 |
| | | $D+L+K_s$ | 質点系モデルによる地震応答解析の最大せん断ひずみが$2.0\times10^{-3}$を超えないこと及び部材に生じる応力が終局耐力に対し妥当な安全余裕を有していること若しくは部材に生じる応力又はひずみがCCV規格(注2)における荷重状態Ⅳの許容値を超えないこととする。 | 地盤の極限支持力度に対して妥当な安全余裕を持たせる。 |

（注1）設計基準事故時の状態で施設に作用する荷重のうち長時間その作用が続く荷重は、弾性設計用地震動Sdによる地震力又は静的地震力と組み合せる。

（注2）発電用原子力設備規格　コンクリート製原子炉格納容器規格（(社) 日本機械学会、2003）

第2－3表　荷重の組合せ及び許容限界（重大事故等対処施設）

| | 設備分類<br>施設区分 | 耐震クラス(注1) | 荷重の組合せ | 許容限界 | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | 建物・構築物 | 基礎地盤の支持性能 |
| 建物・構築物 | 常設耐震重要重大事故防止設備、常設重大事故緩和設備 | S | D＋L＋A＋$K_s$ | 要求機能が維持されることとする。(注2) | 地盤の極限支持力度に対して妥当な安全余裕を持たせる。 |

（注1）常設重大事故防止設備の代替する機能を有する設計基準事故対処設備が属する耐震重要度分類のクラス。

（注2）質点系モデルによる地震応答解析の最大せん断ひずみが$2.0\times10^{-3}$を超えないこと及び部材に生じる応力が終局耐力に対し妥当な安全余裕を有していること若しくは部材に生じる応力又はひずみがCCV規格(注3)における荷重状態Ⅳの許容値を超えないこととする。

（注3）発電用原子力設備規格　コンクリート製原子炉格納容器規格（(社) 日本機械学会、2003）

# 使用済燃料ラック及び破損燃料容器ラックの

# 耐震計算方針

| |
|---|
| 工事計画認可申請添付資料 6－6－2 |
| 玄 海 原 子 力 発 電 所 第 3 号 機 |

目　　次

頁
1. 概　　要 ……6(3)-6-2-1

2. 耐震設計の基本事項 ……6(3)-6-2-1
2.1 構造の説明 ……6(3)-6-2-1
2.2 設計用地震力 ……6(3)-6-2-2
2.3 荷重の組合せ及び許容応力 ……6(3)-6-2-6

1. 概　　要

本資料は、資料６－１「耐震設計の基本方針」に従い、使用済燃料ラック及び破損燃料容器ラックが設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを確認するための耐震計算方針について説明するものである。

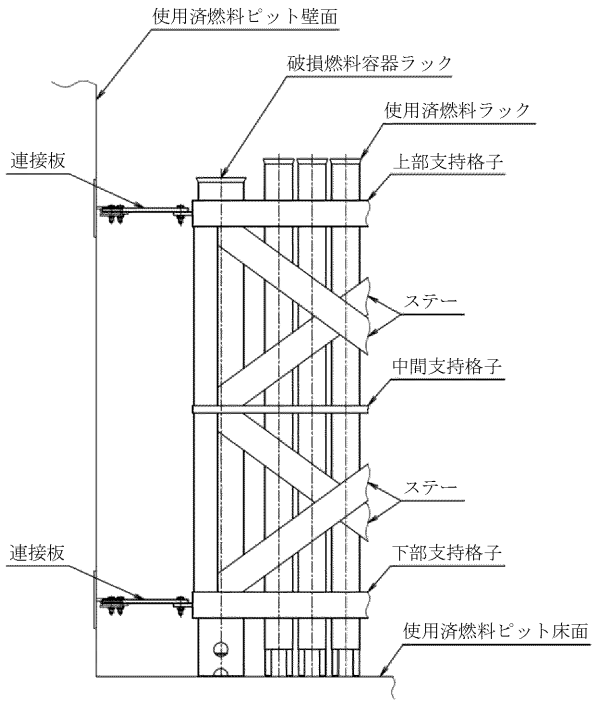
使用済燃料ラック及び破損燃料容器ラックは設計基準対象施設においてはＳクラス施設に、重大事故等対処施設においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下、それぞれの分類に応じた耐震評価を示す。

2. 耐震設計の基本事項

2.1 構造の説明

機器は、原則として剛構造とする。使用済燃料ラック及び破損燃料容器ラックの構造計画を第2－1表に示す。

第２－１表　使用済燃料ラック及び破損燃料容器ラックの構造計画

| 設備名称 | 計画概要 | | 説　明　図 |
|---|---|---|---|
| | 主体構造 | 支持構造 | |
| 使用済燃料ラック | たて置角形 | 上中下3段の支持格子をステーで補強し、上下2段の連接板等により、使用済燃料ピット壁面に支持する。 |  |
| 破損燃料容器ラック | たて置円筒形 | 上下2段の連接板等により、使用済燃料ピット壁面に支持された使用済燃料ラックアセンブリ内に配置する。 | |

## 2.2　設計用地震力

### 2.2.1 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<br>重要度分類 | 水平震度 | 鉛直震度 |
|---|---|---|---|
| 機器 | S | $3.6C_I$ (注) | 0.288 |

（注）$C_I$：標準せん断力係数を 0.2 とし、建物・構築物の振動特性及び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

### 2.2.2 動的地震力

動的地震力は、耐震重要度分類及び重大事故等対処施設の施設区分に応じて、以下の入力地震動に基づき算定する。

（設計基準対象施設）

| 種別 | 耐震<br>重要度<br>分類 | 入力地震動 (注) | |
|---|---|---|---|
| | | 水平地震動 | 鉛直地震動 |
| 機器 | S | 設計用床応答曲線 Sd<br>又は<br>弾性設計用地震動 Sd | 設計用床応答曲線 Sd<br>又は<br>弾性設計用地震動 Sd |
| | | 設計用床応答曲線 Ss<br>又は<br>基準地震動 Ss | 設計用床応答曲線 Ss<br>又は<br>基準地震動 Ss |

（注）設計用床応答曲線は、資料 6－4「設計用床応答曲線の作成方針」に従い、弾性設計用地震動 Sd 及び基準地震動 Ss に基づき作成した設計用床応答曲線とする。

（重大事故等対処施設）

| 種別 | 設備分類<br>施設区分 | 耐震<br>重要度<br>分類（注1） | 入力地震動（注2） | |
|---|---|---|---|---|
| | | | 水平地震動 | 鉛直地震動 |
| 機器 | 常設耐震重要重大事故防止設備、常設重大事故緩和設備 | S | 設計用床応答曲線 Ss<br>又は<br>基準地震動 Ss | 設計用床応答曲線 Ss<br>又は<br>基準地震動 Ss |

（注1） 常設重大事故防止設備の代替する機能を有する設計基準事故対処設備が属する耐震重要度分類のクラス。
また、常設重大事故緩和設備については、当該クラスを S と表記する。

（注2） 設計用床応答曲線は、資料 6－4「設計用床応答曲線の作成方針」に従い、基準地震動 Ss に基づき作成した設計用床応答曲線とする。

2.2.3 設計用地震力

（設計基準対象施設）

<table>
<tr><th>種別</th><th>耐震<br>重要度<br>分類</th><th>水　平</th><th>鉛　直</th><th>摘　要</th></tr>
<tr><td rowspan="3">機器</td><td rowspan="3">S</td><td>静的震度<br>$3.6C_I$</td><td>静的震度<br>(0.288)</td><td rowspan="2">（注１）<br>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。<br>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。</td></tr>
<tr><td>設計用床応答曲線 Sd<br>又は<br>弾性設計用地震動 Sd</td><td>設計用床応答曲線 Sd<br>又は<br>弾性設計用地震動 Sd</td></tr>
<tr><td>設計用床応答曲線 Ss<br>又は<br>基準地震動 Ss</td><td>設計用床応答曲線 Ss<br>又は<br>基準地震動 Ss</td><td>（注２）<br>荷重の組合せは、二乗和平方根(SRSS)法による。</td></tr>
</table>

（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。

（重大事故等対処施設）

| 種別 | 設備分類<br>施設区分 | 耐震<br>重要度<br>分類（注1） | 水　平 | 鉛　直 | 摘　要 |
|---|---|---|---|---|---|
| 機器 | 常設耐震重要重大事故防止設備、常設重大事故緩和設備 | S | 設計用床応答曲線 Ss<br>又は<br>基準地震動 Ss | 設計用床応答曲線 Ss<br>又は<br>基準地震動 Ss | 荷重の組合せは、二乗和平方根(SRSS)法による。（注2） |

（注1） 常設重大事故防止設備の代替する機能を有する設計基準事故対処設備が属する耐震重要度分類のクラス。
また、常設重大事故緩和設備については、当該クラスを S と表記する。

（注2） 絶対値和法で組み合わせてもよいものとする。

## 2.3　荷重の組合せ及び許容応力

### 2.3.1 記号の説明

| | | |
|---|---|---|
| D | ： | 死荷重 |
| $P_D$ | ： | 地震と組み合わす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 |
| $M_D$ | ： | 地震と組み合わす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 |
| $P_{SAD}$ | ： | 重大事故等時の状態（運転状態Ⅴ）における運転状態等を考慮して当該設備に設計上定められた設計圧力による荷重 |
| $M_{SAD}$ | ： | 重大事故等時の状態（運転状態Ⅴ）における運転状態等を考慮して当該設備に設計上定められた機械的荷重 |
| Sd | ： | 弾性設計用地震動 Sd 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 |
| Ss | ： | 基準地震動 Ss により定まる地震力 |
| $Ⅲ_AS$ | ： | 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 |
| Sy | ： | 設計降伏点 JSME S NJ1－2012 Part3 第 1 章表 6 に規定される値 |
| Su | ： | 設計引張強さ JSME S NJ1－2012 Part3 第 1 章表 7（但し、「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　：　JSME S NC1－2012 SSB－3121.1 (1)により規定される値

F*　：　F 値を求める際において、JSME S NC1－2012 SSB－3121.3 の規定に従い、Sy 及び Sy(RT)を 1.2Sy 及び 1.2Sy(RT)と読み替えた値
但し、使用温度が 40℃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っては、1.35Sy、0.7Su 又は Sy(RT)のいずれか小さい方の値
なお、Sy(RT)は 40℃における設計降伏点の値

$f_t$*, $f_s$*, $f_c$*,$f_b$*, $f_p$*　：　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 Sy 及び Sy(RT)を 1.2Sy 及び 1.2Sy(RT)と読み替えて算出した値（JSME S NC1－2012 SSB－3121.3 及び 3133）
但し、その他の支持構造物の上記 $f_t$～$f_p$*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。
Sy 及び 0.7Su のいずれか小さい方の値。但し、使用温度が 40℃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っては、1.35Sy、0.7Su 又は Sy(RT)のいずれか小さい方の値
なお、Sy(RT)は 40℃における設計降伏点の値

### 2.3.2 荷重の組合せ及び許容応力

使用済燃料ラック及び破損燃料容器ラックの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第 2－1 表に、重大事故等対処施設の評価に用いるものを第 2－2 表に示す。

第 2－1 表　許容応力（その他の支持構造物（設計基準対象施設））

| 荷重の組合せ | 許容応力状態 | 許容限界（ボルト以外）(注１)(注２) | | | | | 許容限界（ボルト等）(注２) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 一次応力 | | | | | 一次応力 |
| | | 引張 | せん断 | 圧縮 | 曲げ | 支圧 | せん断 |
| $D+P_D+M_D+Sd$ | $\mathrm{III}_AS$ | $1.5f_t$ | $1.5f_s$ | $1.5f_c$ | $1.5f_b$ | $1.5f_p$ | $1.5f_s$ |
| $D+P_D+M_D+Ss$ | $\mathrm{IV}_AS$ | $1.5f_t$* | $1.5f_s$* | $1.5f_c$* | $1.5f_b$* | $1.5f_p$* | $1.5f_s$* |

（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。

第 2－2 表　許容応力（その他の支持構造物（重大事故等対処施設））

| 荷重の組合せ | 許容応力状態 | 許容限界（ボルト以外）(注１)(注２) | | | | | 許容限界（ボルト等）(注２) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 一次応力 | | | | | 一次応力 |
| | | 引張 | せん断 | 圧縮 | 曲げ | 支圧 | せん断 |
| $D+P_D+M_D+Ss$ (注３) | $\mathrm{IV}_AS$ | $1.5f_t$* | $1.5f_s$* | $1.5f_c$* | $1.5f_b$* | $1.5f_p$* | $1.5f_s$* |
| $D+P_{SAD}+M_{SAD}+Ss$ | $\mathrm{V}_AS$（$\mathrm{V}_AS$ として$\mathrm{IV}_AS$ の許容限界を用いる） | | | | | | |

（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）　「$D+P_{SAD}+M_{SAD}+Ss$」の評価に包絡されるため、評価結果の記載を省略する。

# 耐震計算方法

| |
|---|
| 工事計画認可申請添付資料 6－7 |
| 玄海原子力発電所第 3 号機 |

# 使用済燃料ピットの耐震計算方法

| |
|---|
| 工事計画認可申請添付資料 6－7－1 |
| 玄 海 原 子 力 発 電 所 第 3 号 機 |

目　　次

頁

1.　概　要 …… 6(3)-7-1-1

2.　基本方針 …… 6(3)-7-1-2
2.1　位　置 …… 6(3)-7-1-2
2.2　構造概要 …… 6(3)-7-1-3
2.3　評価方針 …… 6(3)-7-1-7
2.4　適用規格 …… 6(3)-7-1-9

3.　地震応答解析による評価方法 …… 6(3)-7-1-10

4.　応力解析による評価方法 …… 6(3)-7-1-15
4.1　評価対象部位 …… 6(3)-7-1-18
4.2　荷重及び荷重の組合せ …… 6(3)-7-1-18
4.3　許容限界 …… 6(3)-7-1-33
4.4　評価方法 …… 6(3)-7-1-36

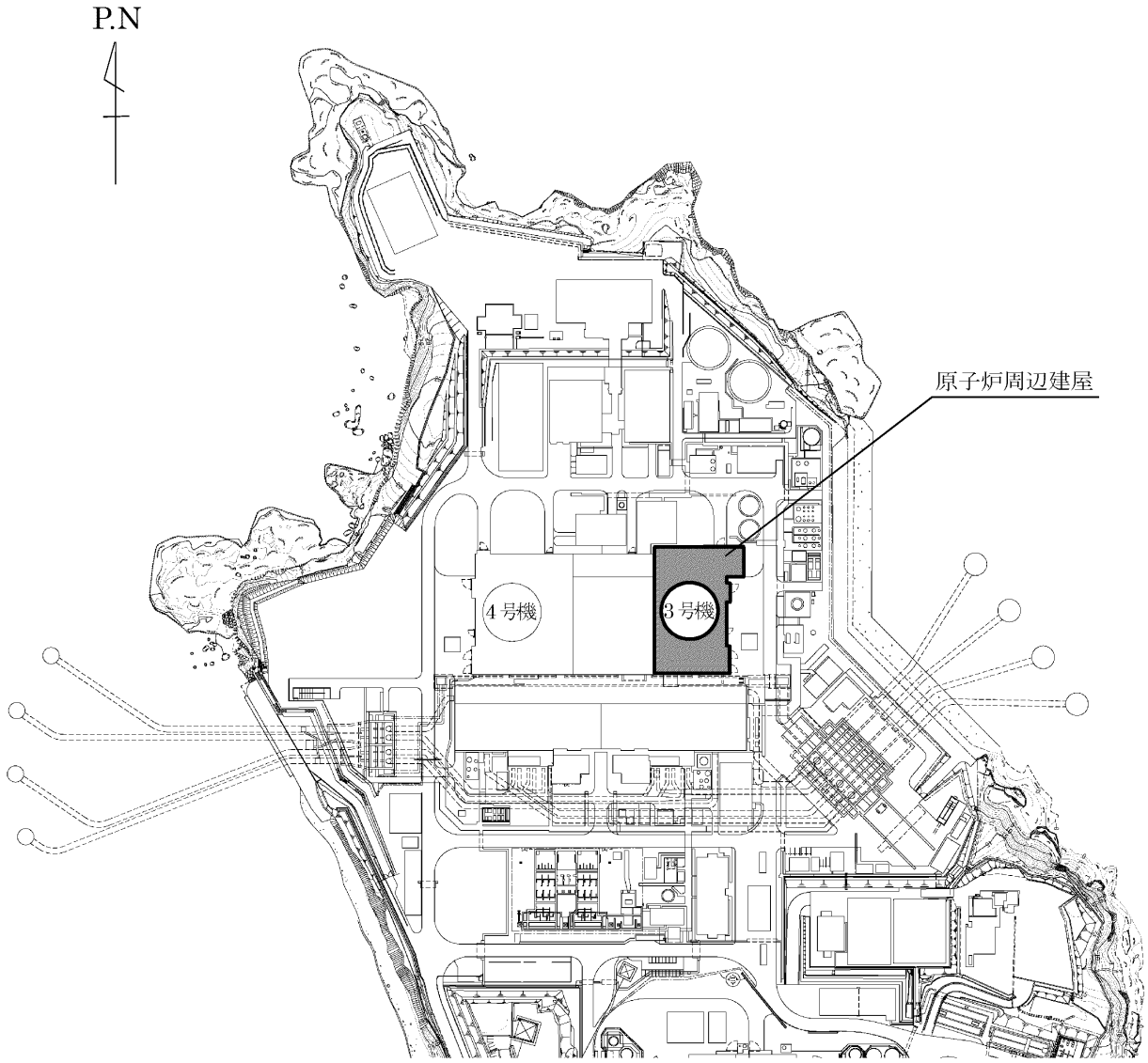
1. 概　要

本資料は、資料 6－1「耐震設計の基本方針」及び資料 6－6－1「使用済燃料ピットの耐震計算方針」に従い、使用済燃料ピットが設計用地震力に対して十分な構造強度を有してい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。

2.　基本方針

2.1　位　置

使用済燃料ピットは、原子炉周辺建屋の一部を構成している。原子炉周辺建屋の設置位置を第２－１図に示す。



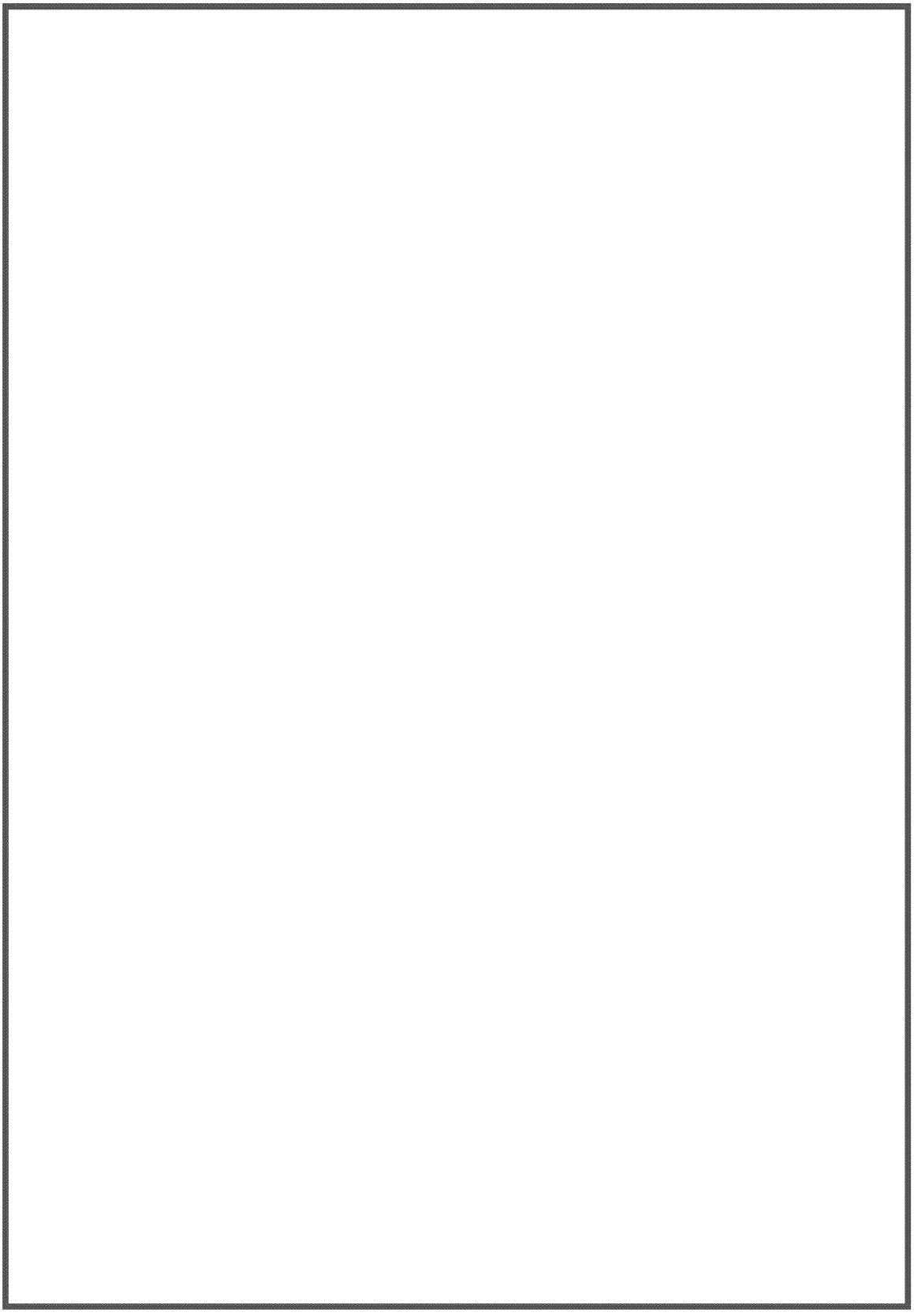

第２－１図　原子炉周辺建屋の設置位置

## 2.2　構造概要

使用済燃料ピット（以下「SFP」という。）は、原子炉周辺建屋（以下「REB」という。）の燃料取扱棟地下部分に設置され、使用済燃料を貯蔵する施設である。

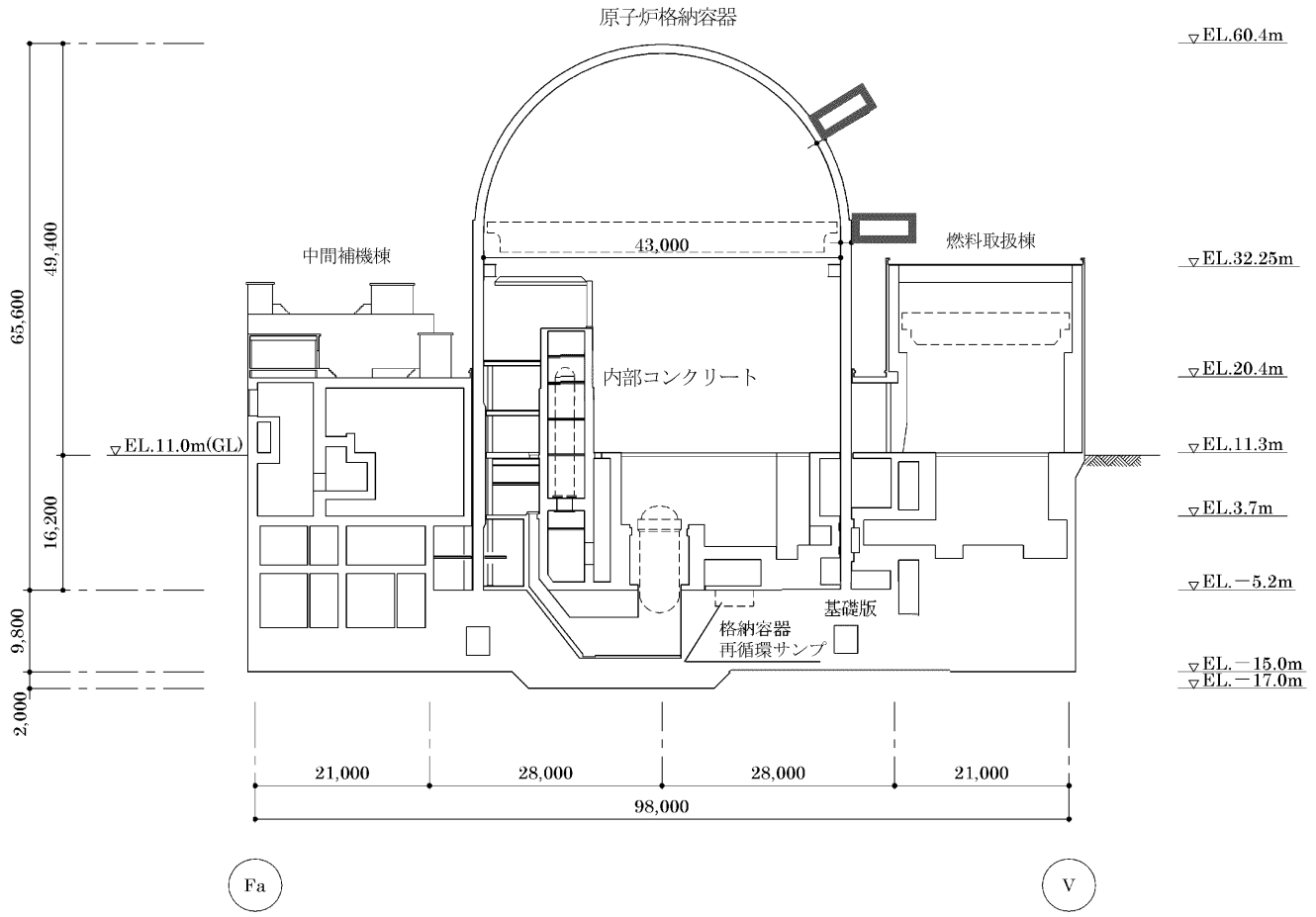
主要構造は、鉄筋コンクリート造の壁式構造で、平面形状は、東西方向約26m、南北方向約 19m であり、底版からの高さは、EL.－3.05m から EL.11.3m の床面までの約 14m である。SFP を構成する壁の厚さは約[redacted]、底版の厚さは約 1.9m である。

燃料取扱棟を含む REB の概略平面図及び概略断面図を第 2－2 図及び第 2－3 図、SFP 周りの概略平面図及び概略断面図を第 2－4 図及び第 2－5 図に示す。



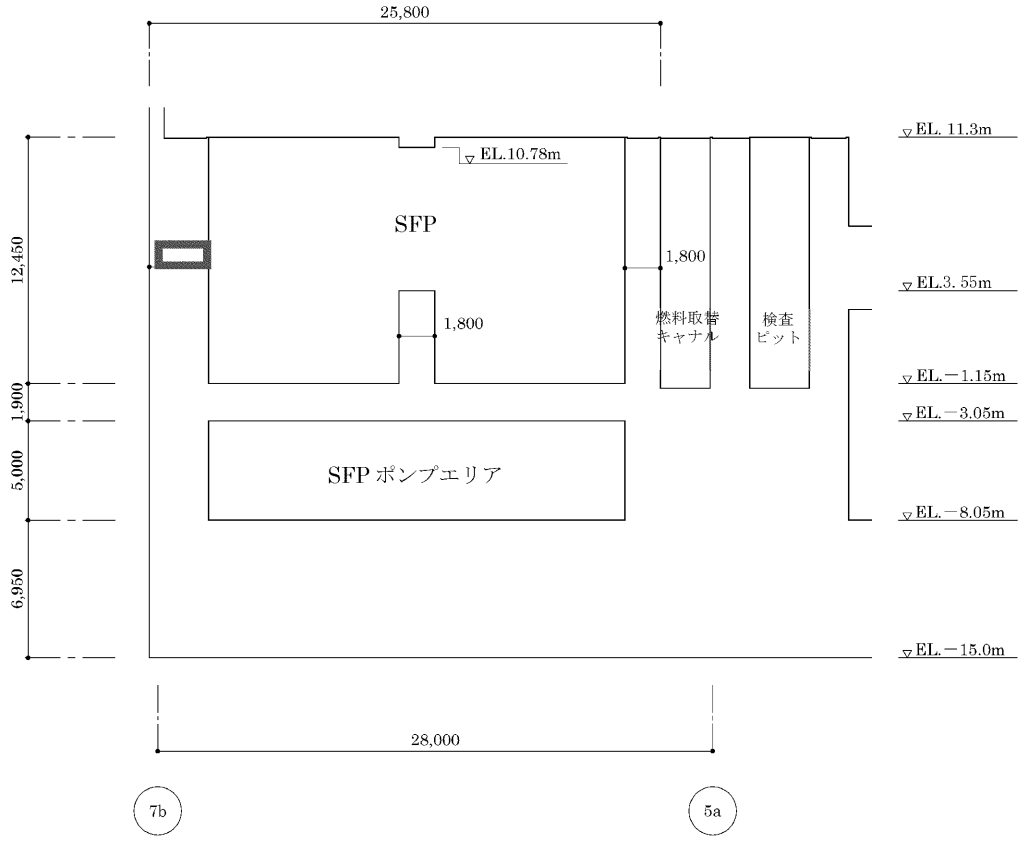
第 2－2 図　REB の概略平面図(EL.11.30m)

(mm)




第 2－3 図　REB の概略断面図（A－A 断面）

第 2－4 図　SFP 周りの概略平面図




第 2－5 図　SFP 周りの概略断面図（a－a 断面）

## 2.3　評価方針

SFP は、設計基準対象施設においては S クラス施設に、重大事故等対処施設においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。

SFP の評価は、設計基準対象施設及び重大事故等対処施設としての評価において、資料 6－3「原子炉格納容器及び原子炉周辺建屋の地震応答解析」による解析結果に基づき、構造物全体としての変形性能の評価及び保有水平耐力の評価並びに応力解析による評価を行う。

SFP の構造物全体としての変形性能の評価は、資料 6－3「原子炉格納容器及び原子炉周辺建屋の地震応答解析」による解析結果に基づき、基準地震動 Ss、弾性設計用地震動 Sd 及び静的地震力に対し、構造強度を確保すること及び支持機能を維持することを確認する。また、保有水平耐力の評価により、要求される構造強度を確保することを確認する。

SFP の応力解析による評価は、壁及び底版を評価対象部位とする。

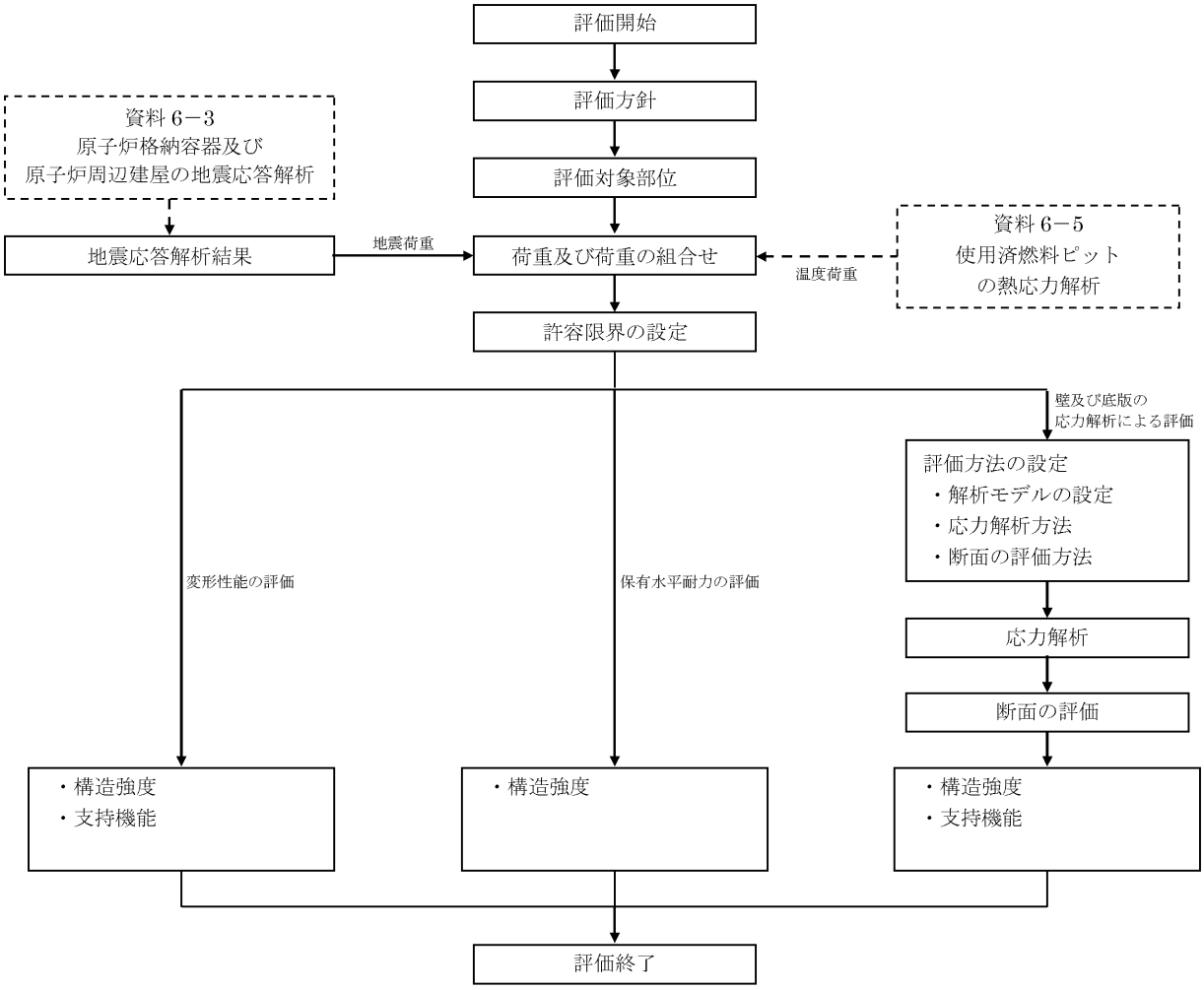
壁及び底版の応力解析による評価について、3 次元 FEM モデルを用いた弾性設計用地震動 Sd による地震力及び静的地震力を考慮した地震力が作用する状態（以下「Sd 地震時」という。）並びに基準地震動 Ss による地震力が作用する状態（以下「Ss 地震時」という。）に対する弾性応力解析を行い、解析結果の応力を用いた断面の評価により、構造強度を確保すること及び支持機能を維持することを確認する。

また、応力解析による評価は、資料 6－3「原子炉格納容器及び原子炉周辺建屋の地震応答解析」による地盤定数を含む材料物性のばらつき及び減衰定数の設定に起因する不確かさ（以下「材料物性のばらつき等」という。）を考慮した解析結果を用いる。

設計基準対象施設の評価及び重大事故等対処施設の評価としての SFP の評価フローを第 2－6 図に示す。

ここで、SFP は、運転時、設計基準事故時及び重大事故等時の状態における圧力、温度等について、設計基準事故時及び重大事故等時の状態においてコンクリートの温度が上昇した場合においても、コンクリートの圧縮強度の低下は認められず剛性の低下は小さいと考えられること、並びに「発電用原子力設備規格　コンクリート製原子炉格納容器規格（(社) 日本機械学会、2003)」では部材内の温度差及び拘束により発生する熱応力は自己拘束的な応力であり十分な塑性変形能力がある場合は終局耐力に影響しないこととされている。以上より、コンクリート温度の差異が耐震評価における手法に影響を及ぼすよう

なことはなく、重大事故等対処施設の評価は設計基準対象施設の評価に包絡されることから、設計基準対象施設の評価結果を用いた重大事故等対処施設の評価を行う。




第 2－6 図　SFP の評価フロー

## 2.4　適用規格

SFP の評価において、適用する規格、基準等を以下に示す。

- 建築基準法・同施行令
- 発電用原子力設備規格　コンクリート製原子炉格納容器規格（(社) 日本機械学会、2003）（以下「CCV 規格」という。）
- 鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説　－許容応力度設計法－（(社) 日本建築学会、1999 改定）
- 原子力施設鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説（(社) 日本建築学会、2005 制定）
- 建築基礎構造設計指針（(社) 日本建築学会、2001 改定）（以下「基礎構造設計指針」という。）
- 原子力発電所耐震設計技術指針　JEAG4601－1987（(社) 日本電気協会）（以下「JEAG4601－1987」という。）
- 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）（以下「JEAG4601－1991 追補版」という。）

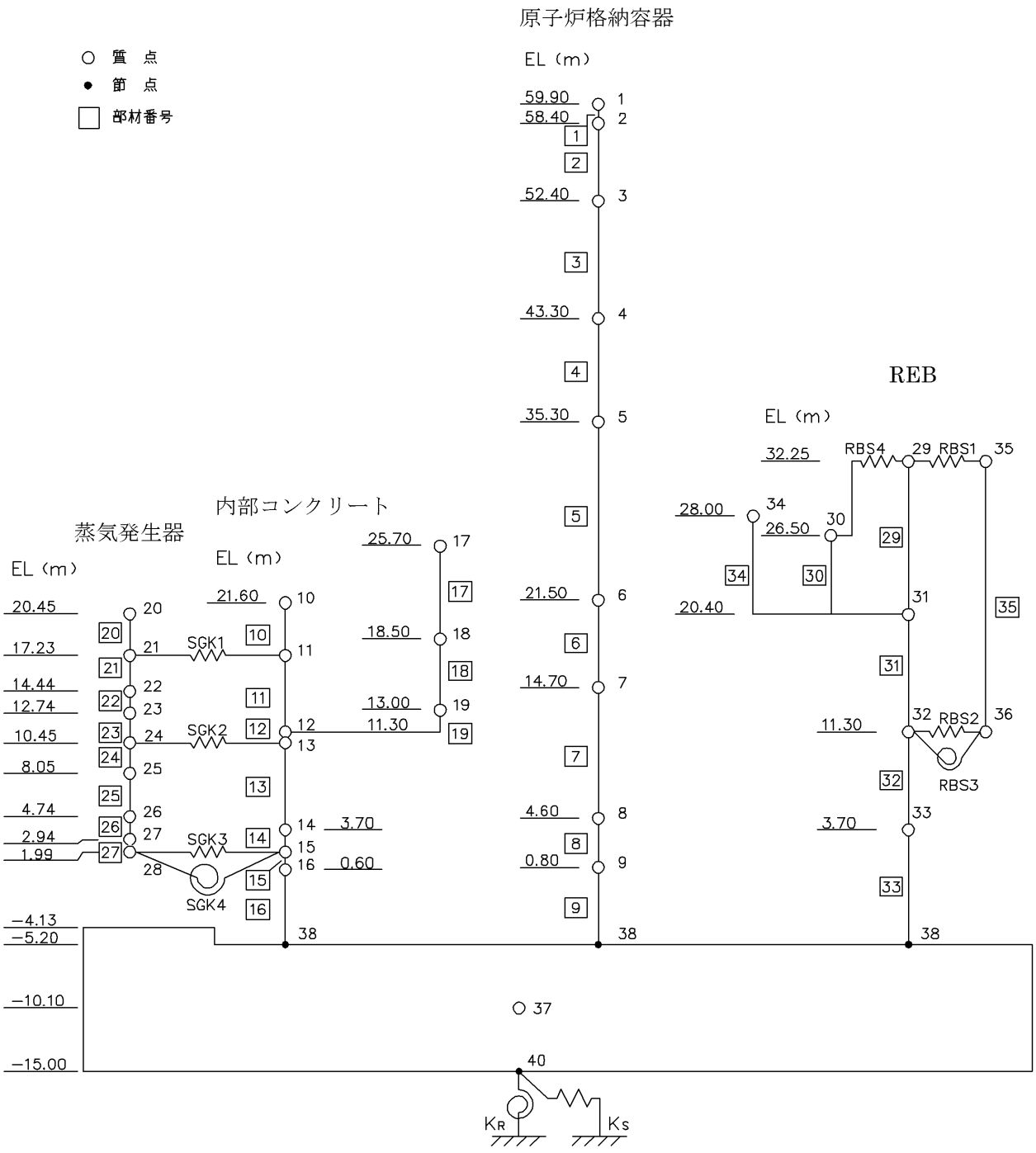
3. 地震応答解析による評価方法

SFP の構造物全体としての変形性能の評価は、設計基準対象施設及び重大事故等対処施設としての評価において、資料 6－3「原子炉格納容器及び原子炉周辺建屋の地震応答解析」による解析結果に基づき行う。地震応答解析モデルを第 3－1 図及び第 3－2 図に示す。

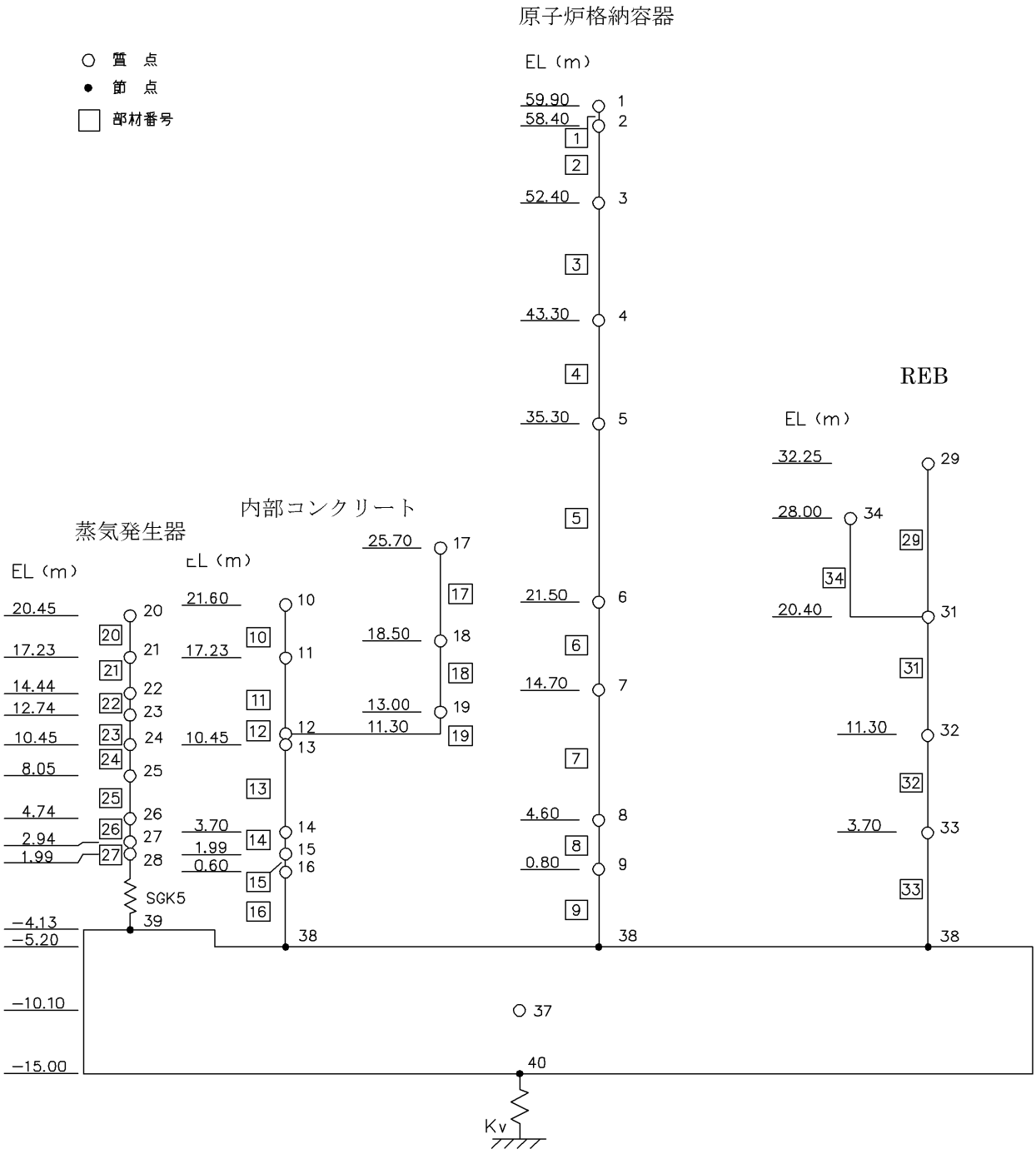
構造強度を確保することの確認は、最大せん断ひずみが許容限界を超えないこと、保有水平耐力が必要保有水平耐力に対して、妥当な安全余裕を有することの確認により行う。支持機能を維持することの確認は、最大せん断ひずみが許容限界を超えないことの確認により行う。

ここで、各層の保有水平耐力は、JEAG4601－1987 に基づき、個々の耐震壁の保有水平耐力の和とし、せん断終局耐力より算出する。

SFP の地震応答解析による評価の許容限界は、資料 6－6－1「使用済燃料ピットの耐震計算方針」に示す、荷重の組合せ及び許容限界に基づき、第 3－1 表及び第 3－2 表のとおり設定する。




第３－１図　地震応答解析モデル（水平方向）




第３－２図　地震応答解析モデル（鉛直方向）

第 3－1 表　地震応答解析による評価の許容限界（設計基準対象施設）

| 要求機能 | 機能設計上の性能目標 | 地震力 | 部位 | 機能維持のための考え方 | 許容限界（評価基準値） |
|---|---|---|---|---|---|
| 構造強度 | 構造強度を確保すること | 基準地震動 Ss | 耐震壁 | 最大せん断ひずみが構造強度を確保するための許容限界を超えないことを確認 | 最大せん断ひずみ $2.0\times10^{-3}$ |
| | | 弾性設計用地震動 Sd 及び静的地震力 | | | おおむね弾性範囲 |
| | | 保有水平耐力 | 構造物全体 | 保有水平耐力が必要保有水平耐力に対して妥当な安全余裕を有することを確認 | 必要保有水平耐力 |
| 支持機能 | S クラスの設備を支持する機能を維持すること | 基準地震動 Ss | 耐震壁 | 最大せん断ひずみが支持機能を維持するための許容限界を超えないことを確認 | 最大せん断ひずみ $2.0\times10^{-3}$ |

第 3－2 表　地震応答解析による評価の許容限界（重大事故等対処施設）

| 要求機能 | 機能設計上の性能目標 | 地震力 | 部位 | 機能維持のための考え方 | 許容限界（評価基準値） |
|---|---|---|---|---|---|
| 構造強度 | 構造強度を確保すること | 基準地震動 Ss | 耐震壁 | 最大せん断ひずみが構造強度を確保するための許容限界を超えないことを確認 | 最大せん断ひずみ $2.0\times10^{-3}$ |
| | | 保有水平耐力 | 構造物全体 | 保有水平耐力が必要保有水平耐力に対して妥当な安全余裕を有することを確認 | 必要保有水平耐力 |
| 支持機能 | 設備を支持する機能を維持すること | 基準地震動 Ss | 耐震壁 | 最大せん断ひずみが支持機能を維持するための許容限界を超えないことを確認 | 最大せん断ひずみ $2.0\times10^{-3}$ |

4. 応力解析による評価方法

SFP の応力解析による評価は、設計基準対象施設及び重大事故等対処施設としての評価において、3 次元 FEM モデルによる弾性応力解析に基づき、部材に生じる応力が許容限界を超えないことを確認する。応力解析のフローを第 4－1 図に示す。

応力解析は、REB の基礎上端(EL.－9.7m～EL.－5.2m)より上部を構築した解析モデル（以下「REB モデル」という。）及び REB のうち SFP 周りを部分的にモデル化した詳細解析モデル（以下「SFP モデル」という。）の 2 つの 3 次元 FEM モデルを用いて行う。解析モデルの詳細については、「4.4.1 解析モデル」に示す。

ここで、SFP は、REB と一体の構造物であり、SFP 以外の部分からの応力伝達を考慮する必要があるため、固定荷重、積載荷重、地震荷重、土圧荷重及び温度荷重に対する面内応力（軸力及び面内せん断力）については、REB 全体をモデル化した REB モデルを用いた応力解析により算出する。

一方、固定荷重、積載荷重、地震荷重、土圧荷重及び温度荷重に対する面外応力（曲げモーメント及び面外せん断力）並びに水圧荷重及びラック反力の SFP 固有の荷重に対する面内応力及び面外応力については、詳細な応力に基づき断面の評価を行うために、詳細解析モデルである SFP モデルを用いた応力解析により算出する。また、SFP モデルにおいて、REB と SFP との境界部については、モデル化範囲外の部分との連続性を考慮するため、REB モデルによる強制変位を考慮する。

CCV 規格に記載される応力状態と荷重状態を以下に示す。

(1) 応力状態

a. 応力状態 1：各荷重状態において温度荷重により生じる応力を除いた応力が生じている状態

b. 応力状態 2：各荷重状態において応力が生じている状態

(2) 荷重状態

a. 荷重状態Ⅰ：通常運転時の状態

b. 荷重状態Ⅱ：逃がし安全弁作動時、試験時又は積雪時の状態

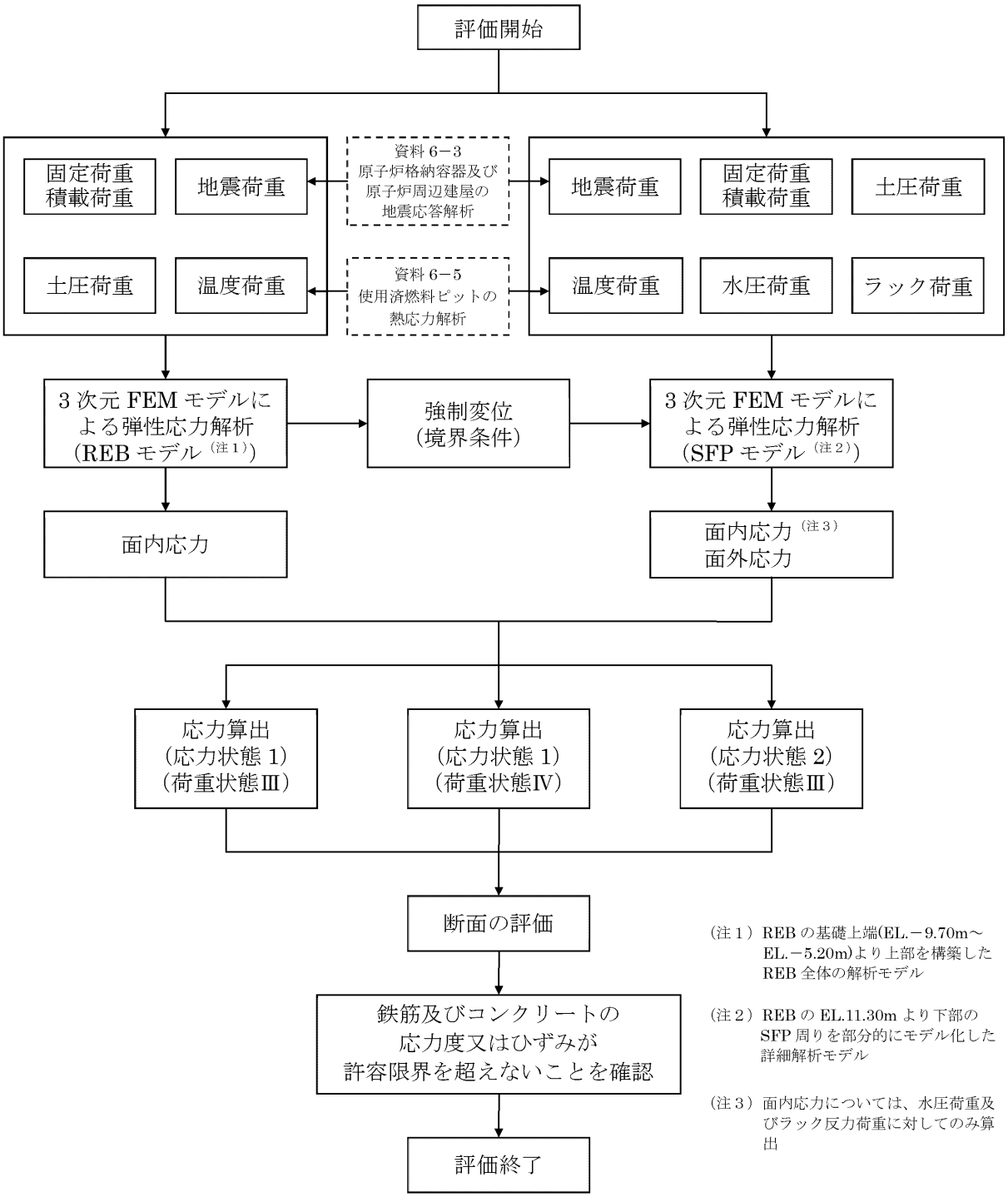
c. 荷重状態Ⅲ：荷重状態Ⅰ、荷重状態Ⅱ及び荷重状態Ⅳ以外の状態

d. 荷重状態Ⅳ：SFP の安全設計上想定される異常な事態が生じている状態

応力状態 1 は、各荷重状態において温度荷重により生じる応力を除いた応力が生

じている状態を示し、荷重状態Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ及びⅣが対象となる。応力状態２は、温度荷重を含めた各種荷重により応力が生じている状態を示し、荷重状態Ⅰ、Ⅱ及びⅢが対象となる。

応力解析による評価に当たっては、地震時の荷重を考慮する荷重状態Ⅲ及びⅣについて、弾性応力解析によって求めた応力又はひずみに対して、CCV 規格に示される許容値に基づき各部の構造を検討する。また、温度荷重による温度応力は自己拘束的応力であることから、部材のひび割れによる剛性低下を考慮し、温度応力を含む荷重の組合せに対し、断面の評価を行う。




第 4－1 図　応力解析のフロー（壁及び底版）

## 4.1　評価対象部位

SFP の応力解析による評価における評価対象部位は、壁及び底版とする。

## 4.2　荷重及び荷重の組合せ

荷重及び荷重の組合せは、資料 6－6－1「使用済燃料ピットの耐震計算方針」の荷重及び荷重の組合せを用いる。

### 4.2.1　荷　重

(1)　固定荷重 D 及び積載荷重 L

REB モデルに作用する固定荷重及び積載荷重は、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 3－16－2「原子炉周辺建屋の耐震計算書」（以下「資料 3－16－2「原子炉周辺建屋の耐震計算書」」という。）に示す。

SFP モデルに作用する固定荷重は、床及び壁の躯体重量を考慮する。固定荷重を第 4－1 表に示す。

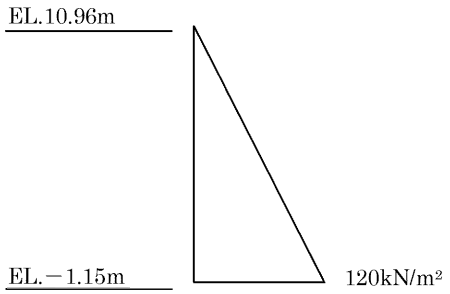
第 4－1 表　固定荷重

| 部位 | 荷重<br>(kN/m$^2$) | 備考 |
|---|---|---|
| 床、壁 | 23.5 (注) t | t：コンクリート厚さ(m) |

（注）鉄筋コンクリートの単位体積重量

(2)　静水圧荷重 $H_0$

SFP モデルに作用する静水圧荷重は、ピット内の水圧を考慮する。静水圧による荷重分布を第 4－2 図に示す。




第 4－2 図　静水圧による荷重分布

(3)　長期ラック反力荷重 $R_0$

SFP モデルに作用する長期ラック反力荷重を第 4－2 表に示す。

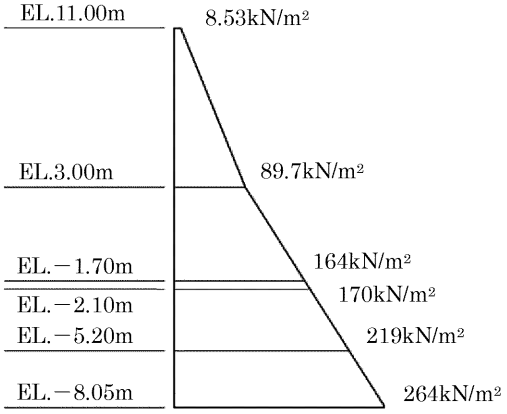
第 4－2 表　長期ラック反力荷重

| 部位 | 鉛直方向荷重 | 備考 |
|---|---|---|
| 底版上端<br>(EL.－1.15m) | 130kN/m² | 使用済燃料ラック：9.64kN／体<br>ラック面積：[redacted]／体 |

(4)　長期土圧荷重 $E_0$

REB モデルに作用する長期土圧荷重は、資料 3－16－2「原子炉周辺建屋の耐震計算書」に示す。

SFP モデルには、建屋北側の壁に長期土圧が直接作用する。SFP モデルに直接作用する長期土圧荷重は、基礎構造設計指針に基づき算出する。長期土圧による荷重分布を第 4－3 図に示す。




第 4－3 図　長期土圧による荷重分布

(5)　地震荷重 Kd、Ks、Hd、Hs、Rd、Rs、Ed、Es

REB モデルに作用する地震荷重は、資料 3－16－2「原子炉周辺建屋の耐震計算書」に示す。

SFP モデルには、地震荷重として、Sd 地震荷重、Ss 地震荷重、地震時ラック反力荷重、地震時動水圧荷重及び地震時増分土圧荷重を考慮する。

Sd 地震荷重及び Ss 地震荷重は、資料 6－3「原子炉格納容器及び原子炉周辺建屋の地震応答解析」による材料物性のばらつき等を考慮した弾性設計用地震動 Sd 及び基準地震動 Ss に対する地震応答解析結果に基づき設定する。材料物性のばらつき等は、地盤物性のばらつき及び原子炉格納容器（以下「PCCV」という。）の減衰定数の設定に起因する不確かさを考慮する。但し、PCCV の減衰定数の設定に起因する不確かさは Sd 地震時のみ考慮する。材料物性のばらつき等を考慮した解析ケースを第 4－3 表に示す。

第 4－3 表　材料物性のばらつき等を考慮した解析ケース

| 解析ケース | 地盤物性 | | PCCV の減衰定数 h (%) |
|---|---|---|---|
| | 地盤のせん断波速度 Vs (km/s) | 地盤剛性 E ($N/mm^2$) | |
| 基本ケース | 1.35 | $1.18\times10^4$ | 3 |
| 地盤物性のばらつきを考慮（－1σ） | 1.25 | $1.01\times10^4$ | 3 |
| 地盤物性のばらつきを考慮（＋1σ） | 1.45 | $1.35\times10^4$ | 3 |
| 減衰定数の設定に起因する不確かさを考慮 (注) | 1.35 | $1.18\times10^4$ | 2 |

（注）　減衰定数の設定に起因する不確かさを考慮したケースは、Sd 地震時のみ

a.　Sd 地震荷重 Kd

水平地震力は、弾性設計用地震動 Sd－1～Sd－5 により算出される動的地震力及び地震層せん断力係数 $3.0C_i$ より算出される静的地震力を包絡して設定する。Sd 地震時の材料物性のばらつき等を考慮した最大応答せん断力を第 4－4 表に示す。

鉛直地震力について、動的地震力は、弾性設計用地震動 Sd－1～Sd－5 により算出される動的地震力を包絡して設定する。静的地震力は、震度 0.3 を基準とし、建物・構築物の振動特性及び地盤の種類等を考慮した高さ方向に一定の鉛直震度より算出する。Sd 地震時の材料物性のばらつき等を考慮した最大応答軸力を第 4－5 表に示す。

水平地震荷重と鉛直地震荷重との組合せは、組合せ係数法を用いて次のとおりとする。

①　1.0×水平地震力＋（0.4×動的鉛直地震力、又は静的鉛直地震力の大きい方）

②　0.4×動的水平地震力＋1.0×動的鉛直地震力

b.　Ss 地震荷重 Ks

水平地震力及び鉛直地震力は、基準地震動 Ss－1～Ss－5 により算出される動的地震力を包絡して設定する。Ss 地震時の材料物性のばらつき等を考慮した最大応答せん断力及び最大応答軸力を第 4－6 表及び第 4－7 表に示す。

水平地震荷重と鉛直地震荷重との組合せは、組合せ係数法を用いて次のとおりとする。

①　1.0×水平地震力＋0.4×鉛直地震力

②　0.4×水平地震力＋1.0×鉛直地震力

第 4－4 表　材料物性のばらつき等を考慮した最大応答せん断力（Sd 地震時）(1/2) (注)

（単位：×$10^4$kN）

| 部材番号 | NS 方向 | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 静的地震力 | Sd－$1_H$ | Sd－$2_{NS}$ | Sd－$3_{NS}$ | Sd－$4_H$ | Sd－$5_{NS}$ | Sd－$5_{EW}$ | 設計用地震力 |
| 31 | 9.81 | 14.7 | 6.19 | 9.20 | 9.03 | 8.53 | 9.18 | 14.8 |
| 32 | 25.6 | 36.4 | 17.4 | 26.8 | 27.4 | 20.4 | 23.7 | 36.4 |
| 33 | 39.2 | 49.9 | 27.9 | 43.0 | 46.5 | 29.7 | 34.7 | 49.9 |

（注）静的地震力及び Sd－1～Sd－5 の最大応答せん断力は、解析結果を四捨五入した数値であり、設計用地震力は、それらを包絡して安全側に切り上げた数値である。

第 4－4 表　材料物性のばらつき等を考慮した最大応答せん断力（Sd 地震時）(2/2) (注)

（単位：×$10^4$kN）

| 部材番号 | EW 方向 | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 静的地震力 | Sd－$1_H$ | Sd－$2_{EW}$ | Sd－$3_{EW}$ | Sd－$4_H$ | Sd－$5_{NS}$ | Sd－$5_{EW}$ | 設計用地震力 |
| 31 | 15.9 | 21.6 | 9.05 | 15.2 | 14.3 | 11.5 | 14.9 | 21.7 |
| 32 | 28.3 | 35.6 | 18.0 | 28.0 | 33.7 | 23.4 | 27.7 | 35.7 |
| 33 | 39.2 | 48.9 | 26.0 | 37.8 | 52.3 | 37.6 | 36.9 | 52.3 |

（注）静的地震力及び Sd－1～Sd－5 の最大応答せん断力は、解析結果を四捨五入した数値であり、設計用地震力は、それらを包絡して安全側に切り上げた数値である。

第 4－5 表　材料物性のばらつき等を考慮した最大応答軸力（Sd 地震時）(注)

（単位：×$10^4$kN）

| 部材番号 | 鉛直方向 | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 静的地震力 | Sd－$1_V$ | Sd－$2_{UD}$ | Sd－$3_{UD}$ | Sd－$4_V$ | Sd－$5_{UD}$ | 設計用地震力 |
| 31 | 4.09 | 5.89 | 2.74 | 5.33 | 5.70 | 9.64 | 9.64 |
| 32 | 11.4 | 14.5 | 6.68 | 13.8 | 14.0 | 22.7 | 22.7 |
| 33 | 19.6 | 23.2 | 10.9 | 22.6 | 22.3 | 35.1 | 35.1 |

（注）静的地震力及び Sd－1～Sd－5 の最大応答軸力は、解析結果を四捨五入した数値であり、設計用地震力は、それらを包絡して安全側に切り上げた数値である。

第 4－6 表　材料物性のばらつき等を考慮した最大応答せん断力（Ss 地震時）(1/2) (注)

（単位：×$10^4$kN）

| 部材番号 | NS 方向 | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Ss－$1_H$ | Ss－$2_{NS}$ | Ss－$3_{NS}$ | Ss－$4_H$ | Ss－$5_{NS}$ | Ss－$5_{EW}$ | 設計用地震力 |
| 31 | 24.9 | 10.3 | 15.9 | 15.1 | 14.0 | 15.5 | 25.0 |
| 32 | 61.5 | 29.1 | 46.2 | 45.9 | 32.7 | 39.8 | 61.6 |
| 33 | 84.3 | 46.5 | 74.1 | 78.1 | 47.1 | 58.5 | 84.3 |

（注）Ss－1～Ss－5 の最大応答せん断力は、解析結果を四捨五入した数値であり、設計用地震力は、それらを包絡して安全側に切り上げた数値である。

第 4－6 表　材料物性のばらつき等を考慮した最大応答せん断力（Ss 地震時）(2/2) (注)

（単位：×$10^4$kN）

| 部材番号 | EW 方向 | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Ss－$1_H$ | Ss－$2_{EW}$ | Ss－$3_{EW}$ | Ss－$4_H$ | Ss－$5_{NS}$ | Ss－$5_{EW}$ | 設計用地震力 |
| 31 | 32.9 | 16.2 | 25.8 | 21.5 | 20.3 | 25.4 | 33.0 |
| 32 | 59.7 | 31.7 | 49.1 | 49.9 | 38.4 | 47.2 | 59.8 |
| 33 | 78.5 | 45.6 | 68.1 | 78.4 | 63.0 | 65.5 | 78.6 |

（注）Ss－1～Ss－5 の最大応答せん断力は、解析結果を四捨五入した数値であり、設計用地震力は、それらを包絡して安全側に切り上げた数値である。

第 4－7 表　材料物性のばらつき等を考慮した最大応答軸力（Ss 地震時）(注)

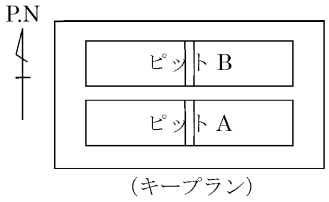
（単位：×$10^4$kN）

| 部材番号 | 鉛直方向 | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Ss－$1_V$ | Ss－$2_{UD}$ | Ss－$3_{UD}$ | Ss－$4_V$ | Ss－$5_{UD}$ | 設計用地震力 |
| 31 | 9.81 | 4.57 | 8.89 | 9.49 | 16.1 | 16.1 |
| 32 | 24.1 | 11.1 | 22.9 | 23.3 | 37.8 | 37.8 |
| 33 | 38.6 | 18.1 | 37.6 | 37.1 | 58.4 | 58.5 |

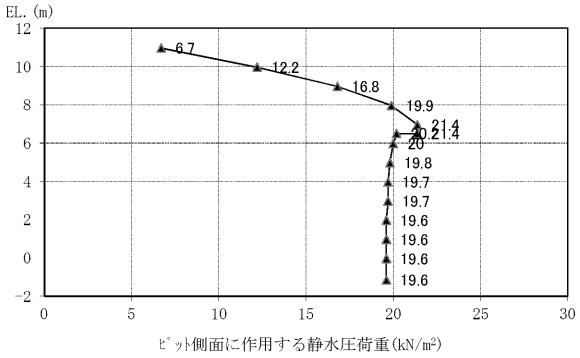
（注）Ss－1～Ss－5 の最大応答軸力は、解析結果を四捨五入した数値であり、設計用地震力は、それらを包絡して安全側に切り上げた数値である。

c.　地震時動水圧荷重 Hd、Hs

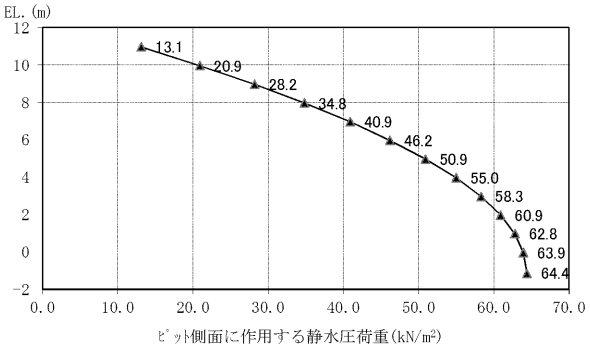
SFP モデルに作用する地震時動水圧は、JEAG4601－1987 における Housner 理論により算出する。Sd 地震時動水圧による荷重分布を第 4－4 図、Ss 地震時動水圧による荷重分布を第 4－5 図に示す。



（キープラン）

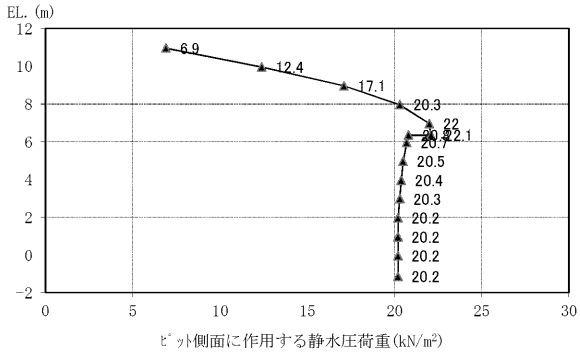



NS 方向

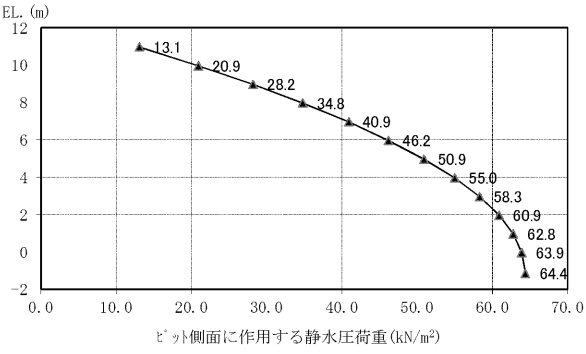



EW 方向

(a)　ピット A



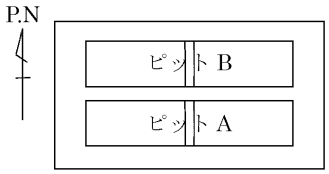

NS 方向



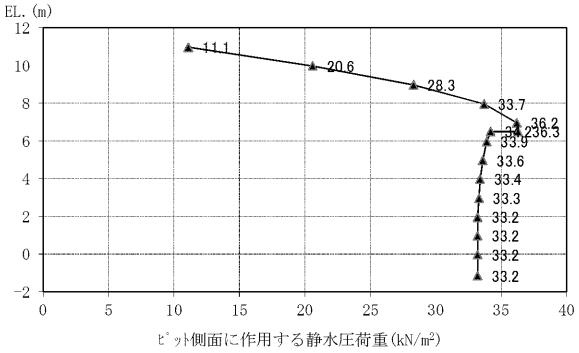

EW 方向

(b)　ピット B

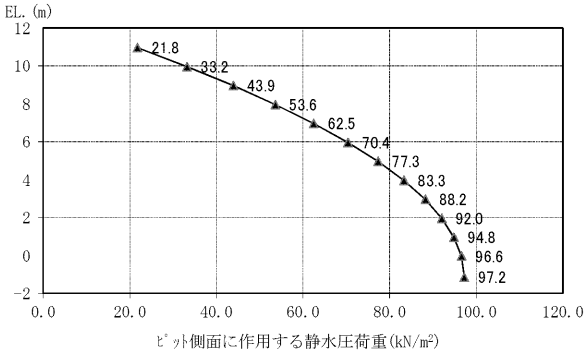
第 4－4 図　Sd 地震時動水圧による荷重分布




（キープラン）

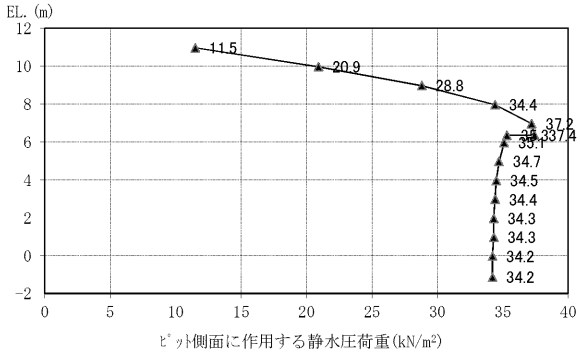



NS 方向

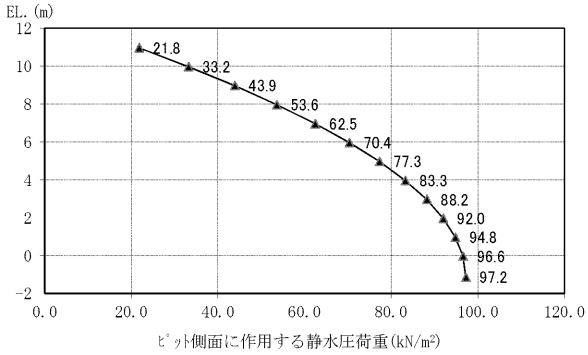



EW 方向

(a)　ピット A




NS 方向



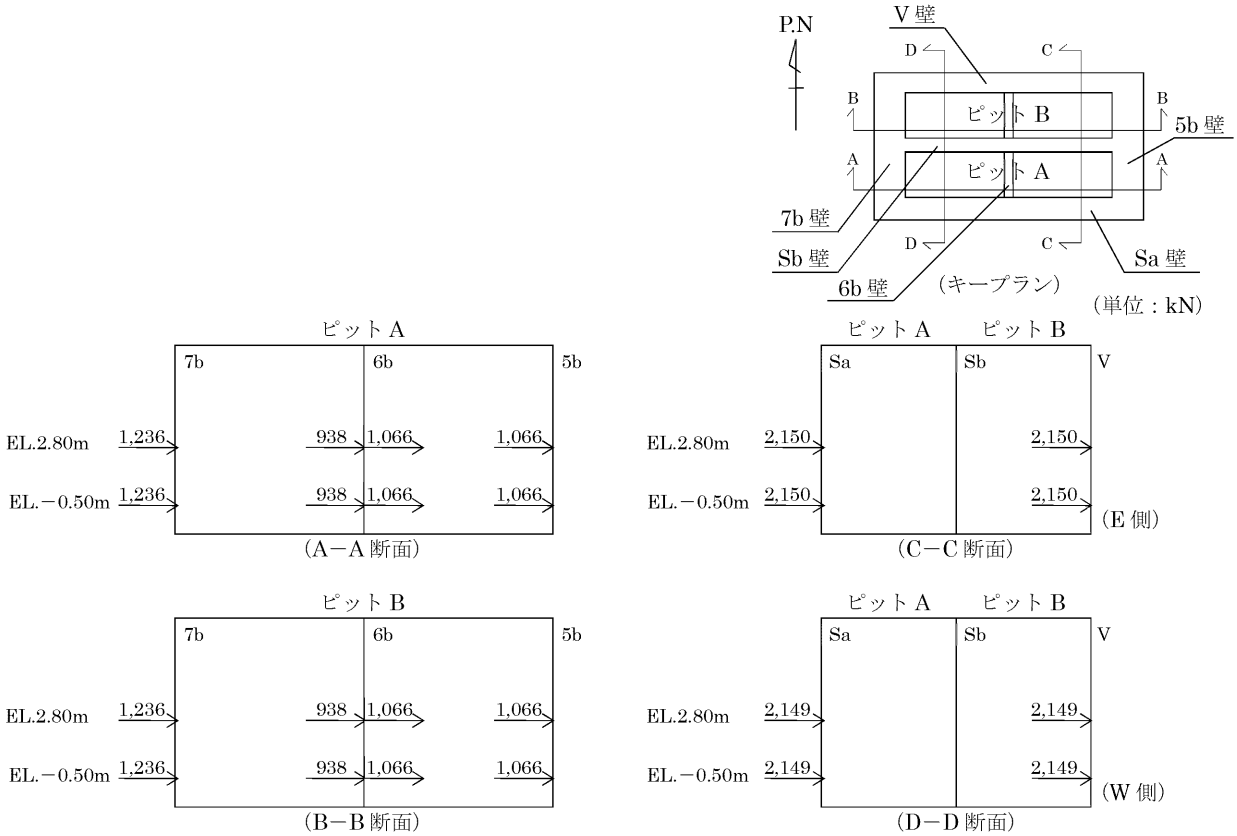

EW 方向

(b)　ピット B

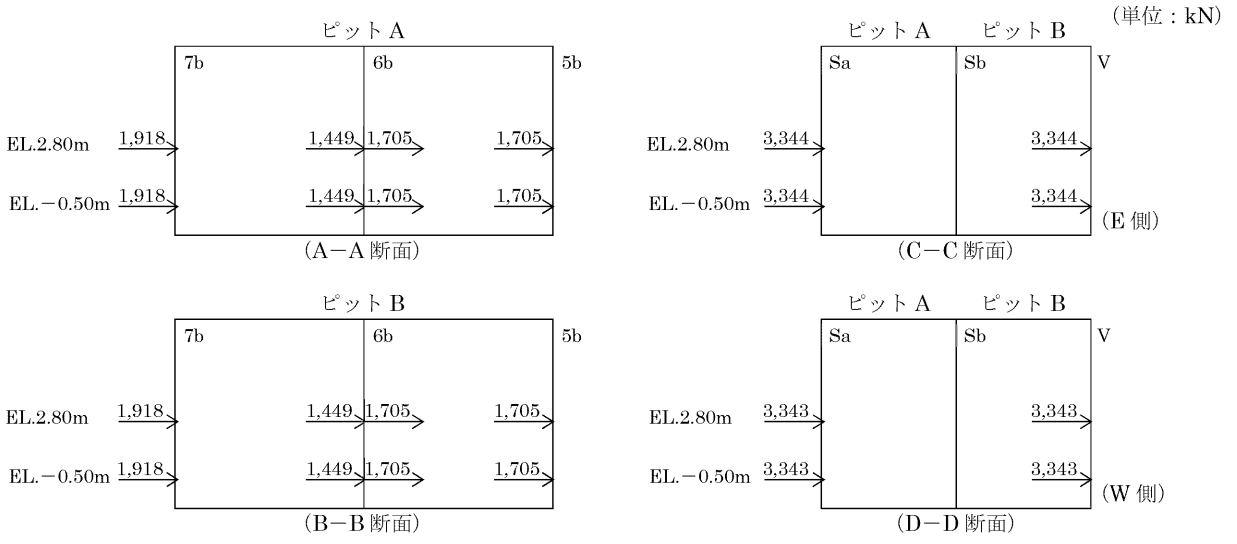
第 4－5 図　Ss 地震時動水圧による荷重分布

d.　地震時ラック反力荷重 Rd、Rs

SFP モデルの壁及び底版に作用するラック反力荷重を考慮する。壁に作用する Sd 地震時ラック反力荷重を第 4－6 図、Ss 地震時ラック反力荷重を第 4－7 図に示す。




第 4－6 図　Sd 地震時ラック反力荷重




第 4－7 図　Ss 地震時ラック反力荷重

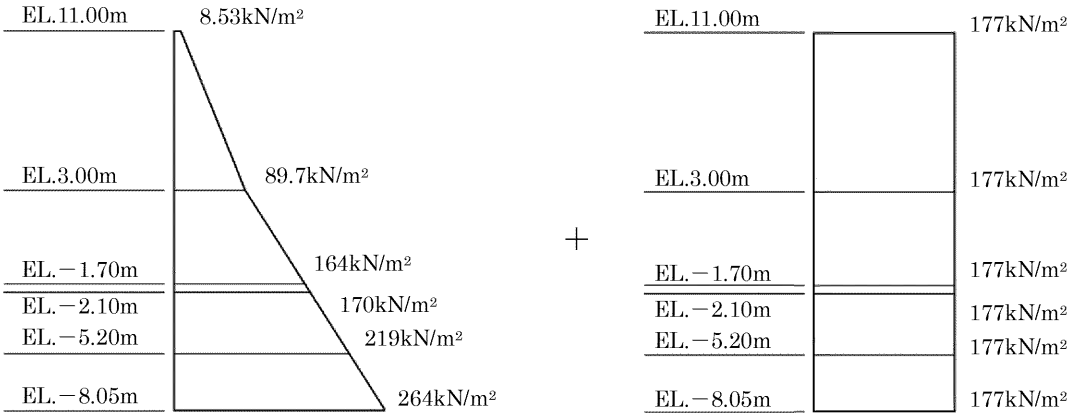
e.　地震時増分土圧荷重 Ed、Es

SFP モデルに作用する地震時増分土圧荷重は、物部・岡部式及び JEAG4601－1991 追補版により求めた包絡値を用いる。Sd 地震時及び Ss 地震時の設計用増分土圧荷重を第 4－8 表、地震時土圧による荷重分布を第 4－8 図に示す。

第 4－8 表　地震時の設計用増分土圧荷重

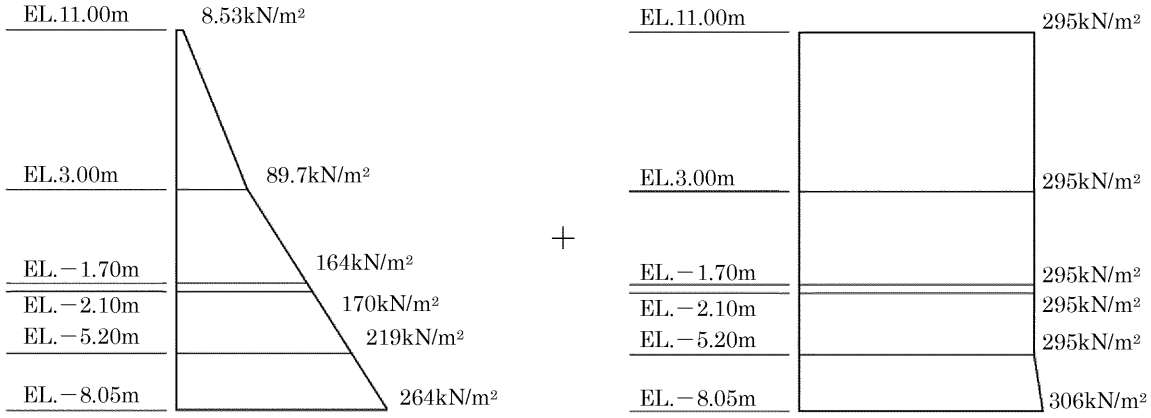
（単位：kN/m$^2$）

| 高さ (m) | Sd 地震時 増分土圧荷重 | Ss 地震時 増分土圧荷重 |
|---|---|---|
| EL.11.00～EL.－5.20 | 177 | 295 |
| EL.－8.05 | 177 | 306 |




長期土圧荷重　　地震時増分土圧荷重

(a)　Sd 地震時




長期土圧荷重　　地震時増分土圧荷重

(b)　Ss 地震時

第 4－8 図　地震時土圧による荷重分布

(6)　通常運転時温度荷重 T

通常運転時の夏季（8 月）及び冬季（1 月）における温度荷重を考慮する。通常運転時温度荷重は、資料 6－5「使用済燃料ピットの熱応力解析」の解析結果による。

4.2.2　荷重の組合せ

荷重の組合せは、資料 6－6－1「使用済燃料ピットの耐震計算方針」に基づき設定する。荷重の組合せを第 4－9 表に示す。

地震荷重及び風荷重の組合せについて、REB はコンクリート構造物であり、自重の大きな施設であることから、風荷重の影響は小さいため、地震荷重及び風荷重の組合せは考慮しない。

また、積雪荷重は、地震荷重及び積載荷重の組合せで考慮される。

第 4－9 表　荷重の組合せ

| 応力状態 | 荷重状態 | 外力の状態 | 荷重の組合せ |
|---|---|---|---|
| 1 | Ⅲ | Sd 地震時 | D＋L＋H＋R＋E＋Kd |
| 1 | Ⅳ | Ss 地震時 | D＋L＋H＋R＋E＋Ks |
| 2 | Ⅲ | Sd 地震時 | D＋L＋H＋R＋E＋Kd＋T |

D　：固定荷重
L　：積載荷重
H　：水圧荷重
R　：ラック反力荷重
E　：土圧荷重
Kd ：Sd 地震荷重
Ks ：Ss 地震荷重
T　：通常運転時温度荷重

4.3　許容限界

SFP の応力解析による評価の許容限界は、設計基準対象施設及び重大事故等対処施設としての評価において、資料 6－6－1「使用済燃料ピットの耐震計算方針」に示す、荷重の組合せ及び許容限界に基づき、第 4－10 表及び第 4－11 表のとおり設定する。

コンクリート及び鉄筋の許容応力度を第 4－12 表及び第 4－13 表、コンクリート及び鉄筋の許容ひずみを第 4－14 表に示す。

第 4－10 表　応力解析による評価の許容限界（設計基準対象施設）

| 要求機能 | 機能設計上の性能目標 | 荷重状態（外力の状態） | 部位 | 機能維持のための考え方 | 許容限界（評価基準値） |
|---|---|---|---|---|---|
| 構造強度 | 構造強度を確保すること | Ⅲ（Sd 地震時） | 壁<br>底版 | 部材に生じる応力が構造強度を確保するための許容限界を超えないことを確認 | CCV 規格における荷重状態Ⅲの許容値 |
| | | Ⅳ（Ss 地震時） | 壁<br>底版 | 部材に生じる応力又はひずみが構造強度を確保するための許容限界を超えないことを確認 | CCV 規格における荷重状態Ⅳの許容値 |
| 支持機能 | S クラスの設備を支持する機能を維持すること | Ⅲ（Sd 地震時） | 壁<br>底版 | 部材に生じる応力が支持機能を維持するための許容限界を超えないことを確認 | CCV 規格における荷重状態Ⅲの許容値 |
| | | Ⅳ（Ss 地震時） | 壁<br>底版 | 部材に生じる応力又はひずみが支持機能を維持するための許容限界を超えないことを確認 | CCV 規格における荷重状態Ⅳの許容値 |

第 4－11 表　応力解析による評価の許容限界（重大事故等対処施設）

| 要求機能 | 機能設計上の性能目標 | 荷重状態（外力の状態） | 部位 | 機能維持のための考え方 | 許容限界（評価基準値） |
|---|---|---|---|---|---|
| 構造強度 | 構造強度を確保すること | Ⅳ（Ss 地震時） | 壁<br>底版 | 部材に生じる応力又はひずみが構造強度を確保するための許容限界を超えないことを確認 | CCV 規格における荷重状態Ⅳの許容値 |
| 支持機能 | 設備を支持する機能を維持すること | Ⅳ（Ss 地震時） | 壁<br>底版 | 部材に生じる応力又はひずみが支持機能を維持するための許容限界を超えないことを確認 | CCV 規格における荷重状態Ⅳの許容値 |

第 4－12 表　コンクリートの許容応力度

（単位：N/mm²）

| 荷重状態 | 設計基準強度 Fc＝23.5 (注) | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 応力状態 1 | | 応力状態 2 | |
| | 圧縮 | せん断 | 圧縮 | せん断 |
| Ⅲ | 15.6 | 1.08 | 17.6 | 1.08 |

（注）　軸力及び曲げモーメントの検討に用いる荷重状態Ⅳのコンクリートの許容圧縮応力度(0.85Fc)は 19.9N/mm² とする。

第 4－13 表　鉄筋の許容応力度

（単位：N/mm²）

| 荷重状態 | SD345 (注１)(注２) | | SD390 (注１)(注３) | |
|---|---|---|---|---|
| | 引張及び圧縮 | 面外せん断 | 引張及び圧縮 | 面外せん断 |
| Ⅲ | 345 | 345 | 390 | 390 |

（注１）荷重状態Ⅳに用いる鉄筋の許容引張応力度及び許容圧縮応力度は荷重状態Ⅲに同じ。

（注２）建設当時の鉄筋の種類は SD35 であるが、現在の規格(SD345)に読み替えた許容応力度を示す。

（注３）建設当時の鉄筋の種類は SD40 であるが、現在の規格(SD390)に読み替えた許容応力度を示す。

第 4－14 表　コンクリート及び鉄筋の許容ひずみ

| 荷重状態 | コンクリート | 鉄筋 |
|---|---|---|
| | 圧縮ひずみ | 圧縮ひずみ及び引張ひずみ |
| Ⅳ | 0.003 | 0.005 |

## 4.4　評価方法

### 4.4.1　解析モデル

#### (1)　モデル化の基本方針

a.　基本方針

応力解析は、3 次元 FEM モデルを用いた弾性応力解析とする。資料 3－16－2「原子炉周辺建屋の耐震計算書」に示す REB の基礎版上端(EL.－9.7m～EL.－5.2m)より上部の解析モデルである REB モデル及び EL.11.3m より下部の SFP 周りの詳細解析モデルである SFP モデルを作成し、各荷重ケースに対して解析を行う。

応力解析には、解析コード「MSC－NASTRAN」を用いる。解析コード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。

b.　使用要素

REB モデルに使用する FEM 要素は、資料 3－16－2「原子炉周辺建屋の耐震計算書」に示す。REB モデルを第 4－9 図に示す。

SFP モデルに使用する FEM 要素は、SFP の壁及び底版をシェル要素でモデル化する。SFP モデルのモデル化範囲を第 4－10 図、SFP モデルを第 4－11 図～第 4－13 図に示す。SFP モデルの節点数は 2,022、要素数は 2,036 である。

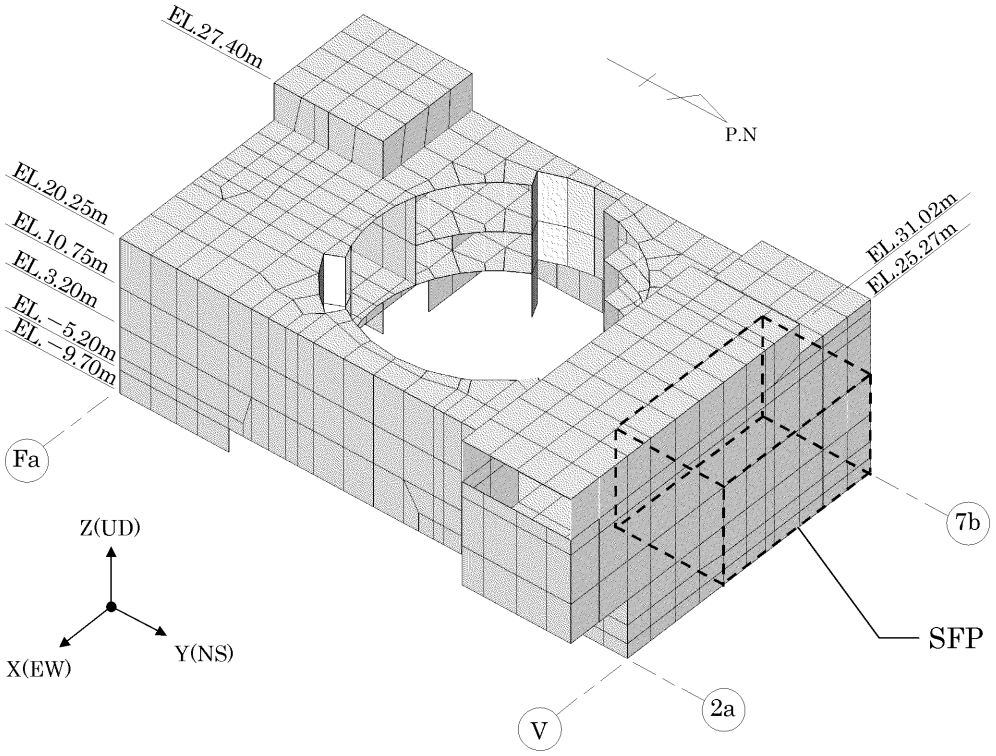
#### (2)　境界条件

REB モデルの境界条件は、資料 3－16－2「原子炉周辺建屋の耐震計算書」に示す。

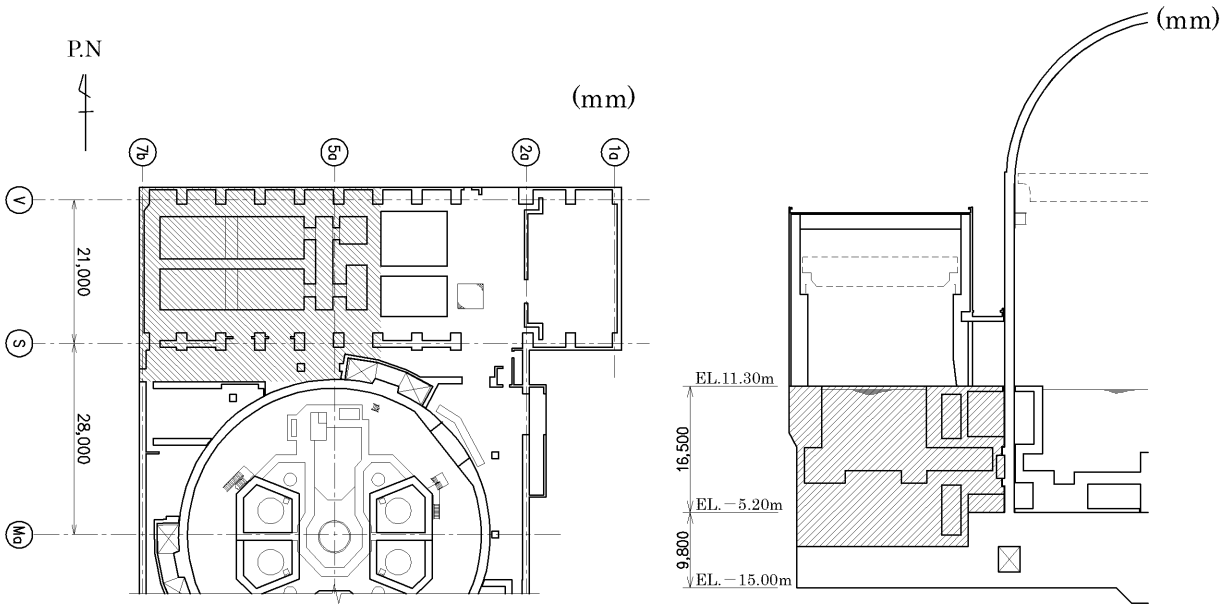
SFP モデルの境界条件は、SFP 下部の壁が、REB の基礎版に直接設置され、REB の基礎版は、SFP の壁に比べて剛性が高いことから、基礎上端を固定とする。また、SFP モデルは、REB のうち SFP 周りについてモデル化していることから、モデル化範囲外の部分との連続性を考慮するため、REB モデルによる強制変位を考慮する。

REB モデルによる強制変位は、資料 3－16－2「原子炉周辺建屋の耐震計算書」に示す REB モデルによる解析結果を用いることとし、REB モデルと SFP モデルにおいて同一座標となる共通節点に入力する。また、共通節点の間の節点については、両隣の共通節点の変位を線形補間し、強制変位として入力する。SFP モデルに作用させる強制変位節点及び線形補

間節点の配置図を第４－14 図に示す。

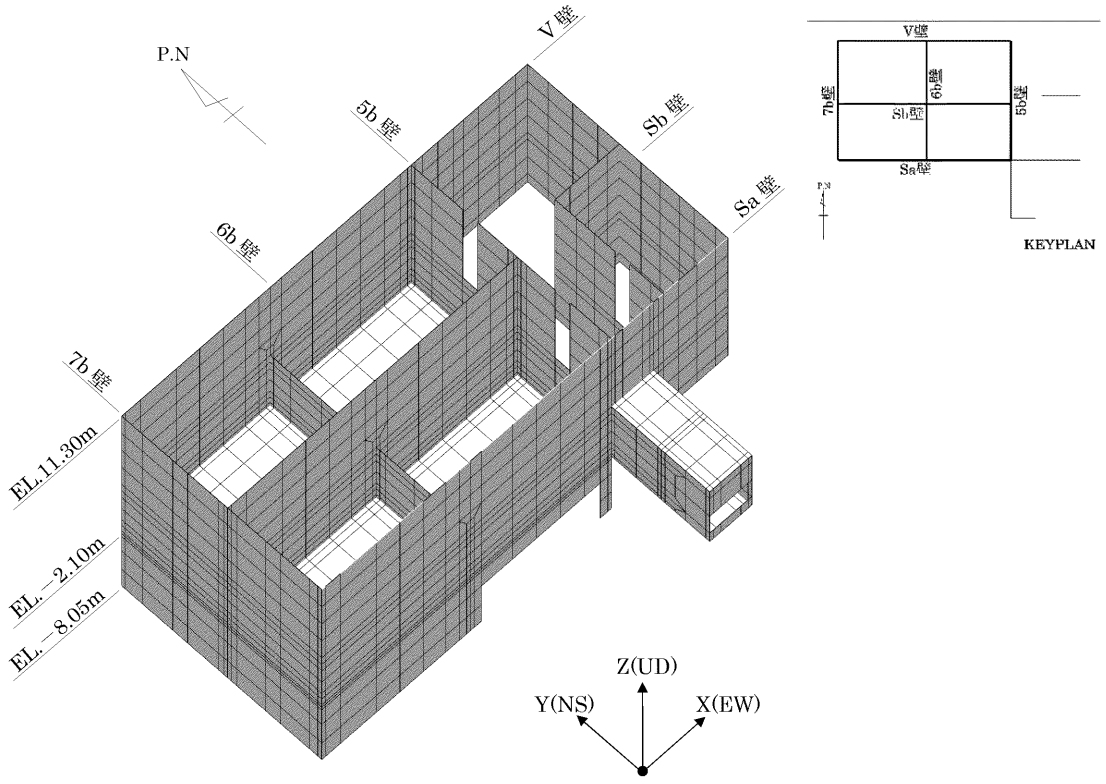



第４－９図　解析モデル（REB モデル鳥瞰図）



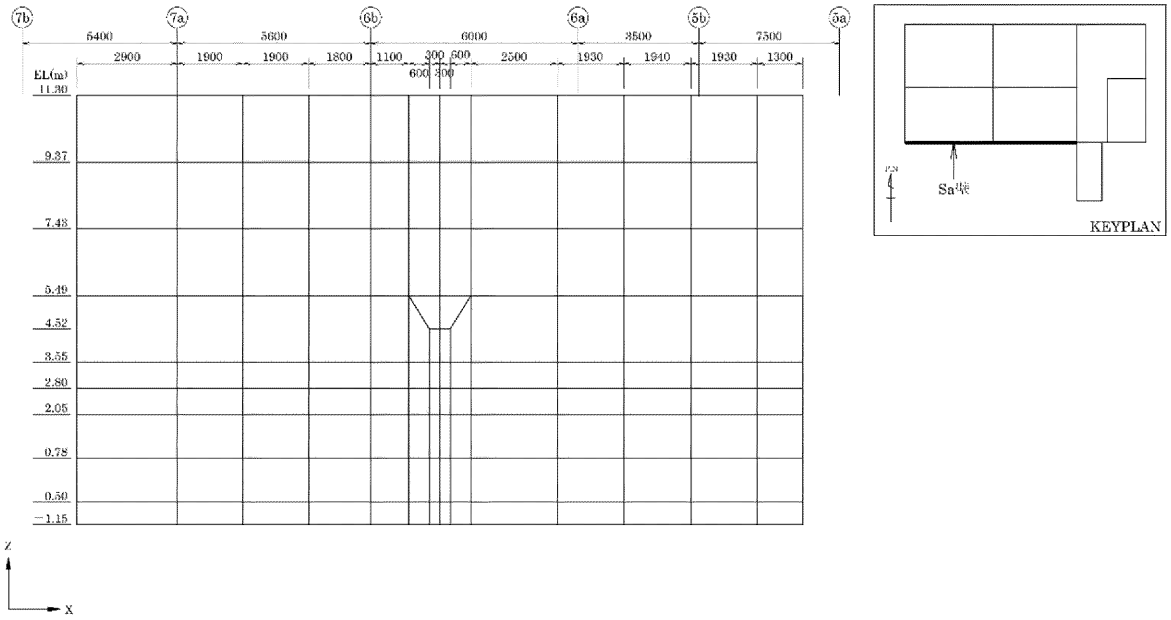

(a)　平面図　　(b)　断面図

第 4－10 図　SFP モデルのモデル化範囲



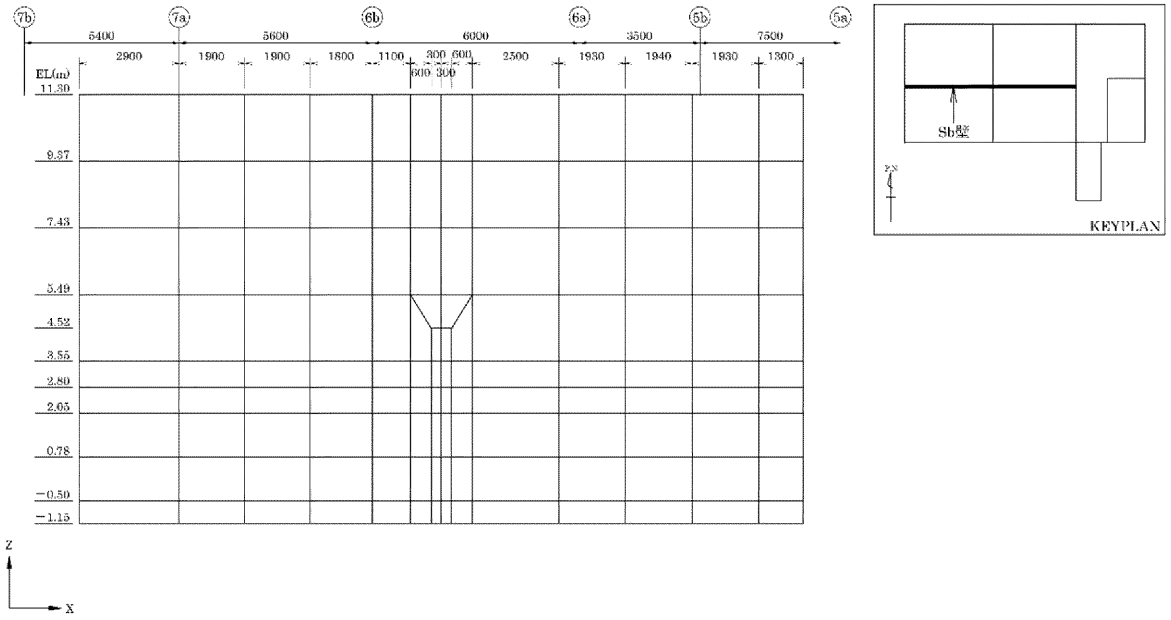

第 4－11 図　解析モデル（SFP モデル鳥瞰図）

(mm)




(a)　Sa 壁

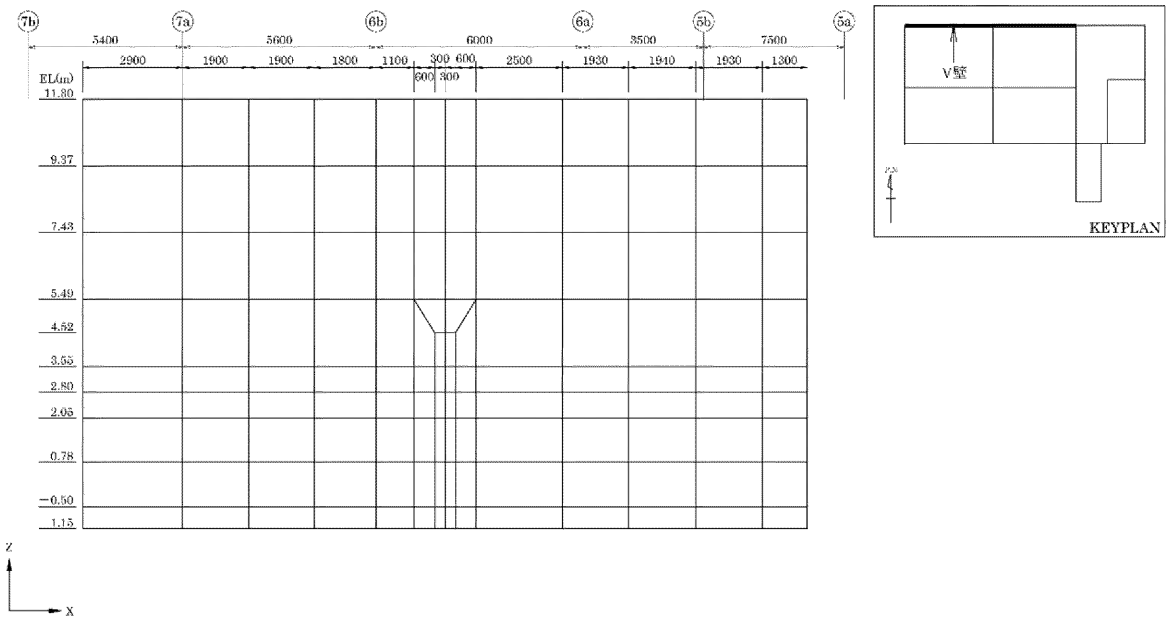
(mm)




(b)　Sb 壁

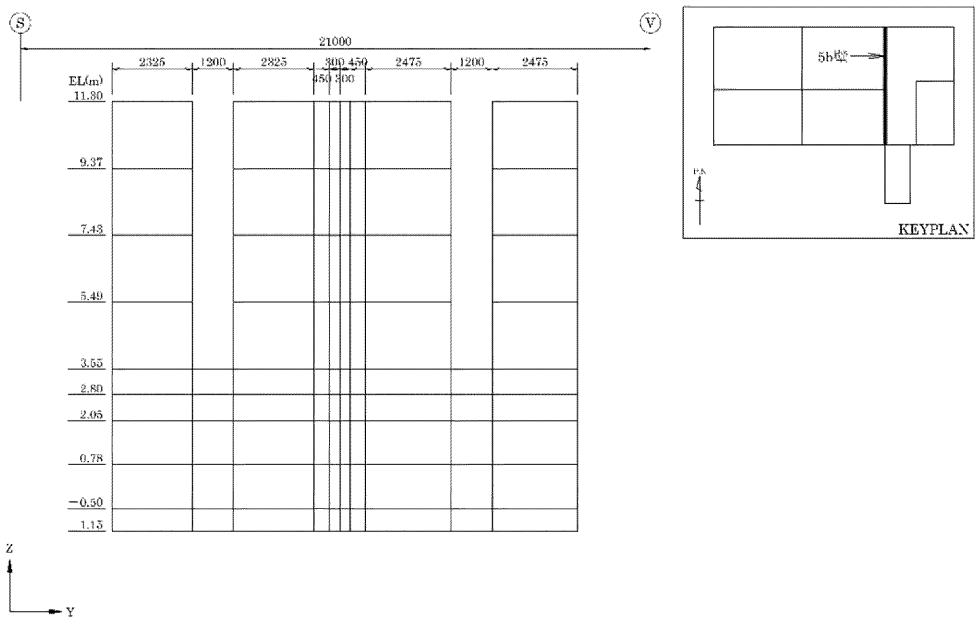
第 4－12 図　解析モデル（壁）(1/3)

(mm)



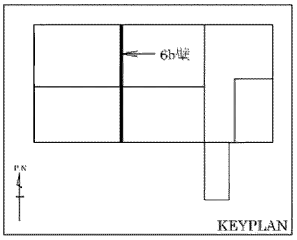

(c)　V 壁

(mm)

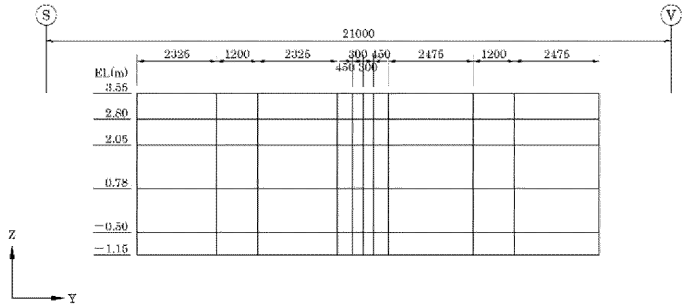



(d)　5b 壁

第 4－12 図　解析モデル（壁）(2/3)

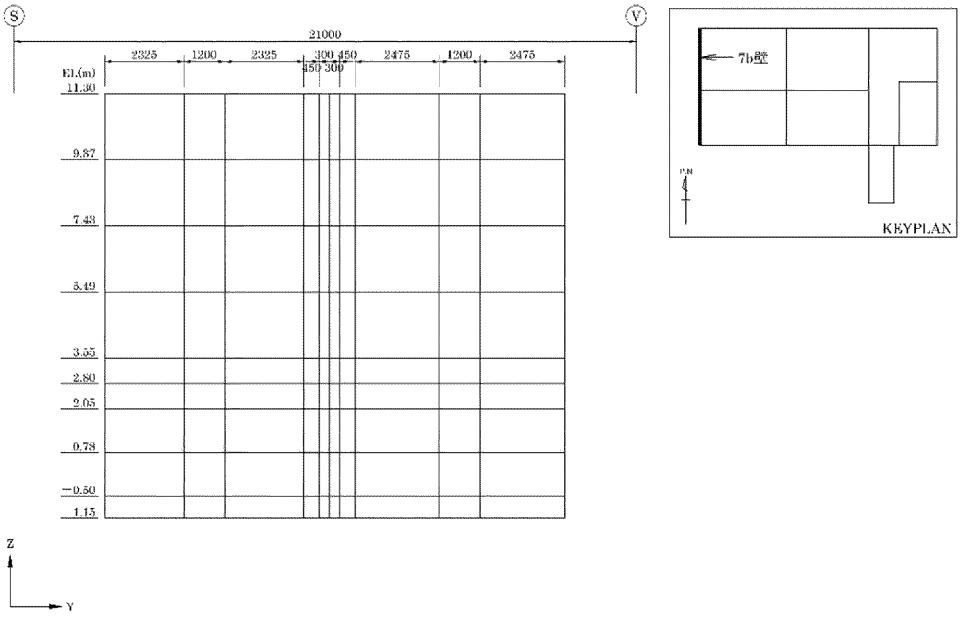



(mm)




(e)　6b 壁

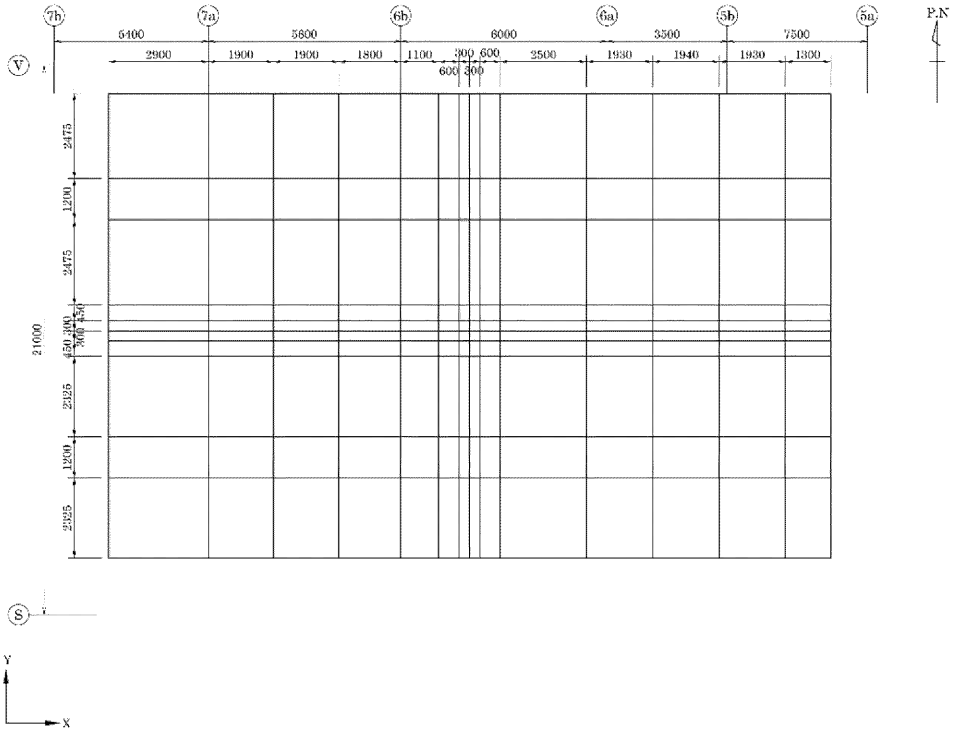
(mm)



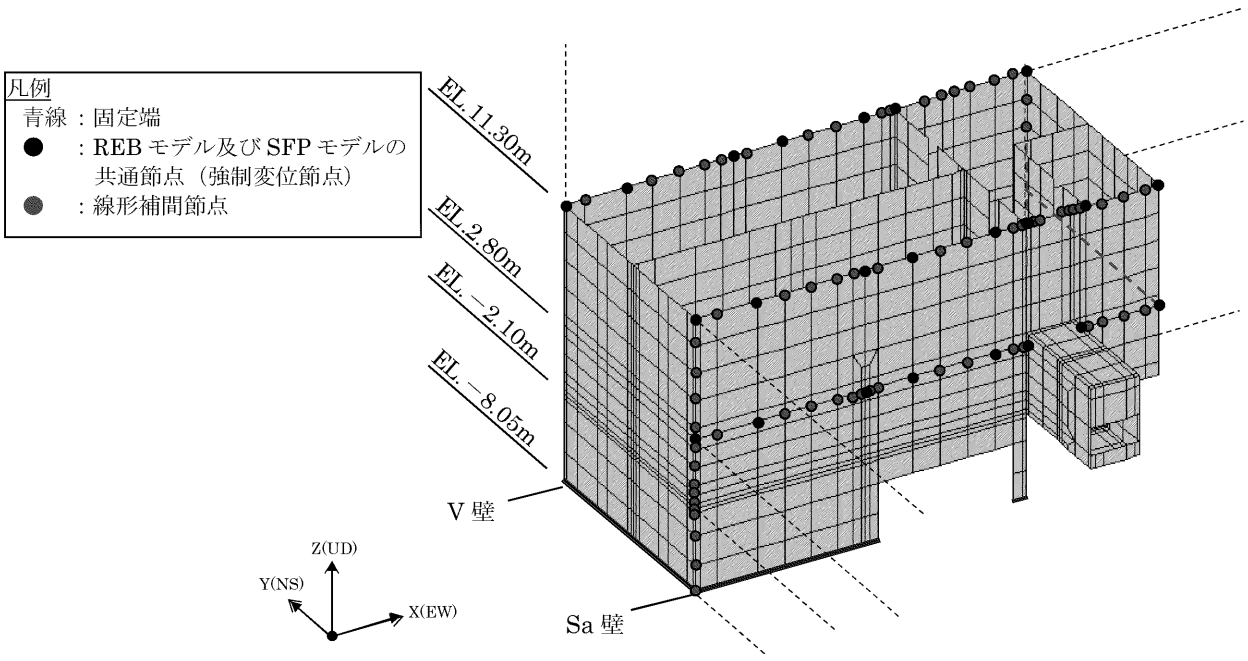

(f)　7b 壁

第 4－12 図　解析モデル（壁）(3/3)

(mm)




第 4－13 図　解析モデル（底版）(EL.－2.10m)




第 4－14 図　SFP モデルに作用させる強制変位節点及び線形補間節点の配置図

4.4.2　解析諸元

使用材料の物性値について、コンクリート及び鉄筋の材料定数を第 4－15 表及び第 4－16 表に示す。

第 4－15 表　コンクリートの材料定数

| 設計基準強度<br>Fc<br>(N/mm$^2$) | ヤング係数<br>E<br>(N/mm$^2$) | ポアソン比<br>$\nu$ |
|---|---|---|
| 23.5 | $2.25\times10^4$ | 0.2 |

第 4－16 表　鉄筋の材料定数

| 鉄筋種類 | 降伏強度<br>Fy<br>(N/mm$^2$) | ヤング係数<br>E<br>(N/mm$^2$) |
|---|---|---|
| SD345 (注１) | 345 | $2.05\times10^5$ |
| SD390 (注２) | 390 | $2.05\times10^5$ |

（注１）建設当時の鉄筋の種類は SD35 であるが、現在の規格(SD345)に読み替えた材料定数を示す。

（注２）建設当時の鉄筋の種類は SD40 であるが、現在の規格(SD390)に読み替えた材料定数を示す。

### 4.4.3　応力解析方法

SFP の壁及び底版は、Sd 地震時及び Ss 地震時に対して、3 次元 FEM モデルによる弾性応力解析を行う。

#### (1)　荷重ケース

Sd 地震時及び Ss 地震時の応力は、以下に示す荷重ケースを組み合わせて求める。

D＋L　：　固定荷重＋積載荷重
$H_0$　：　静水圧荷重
$E_0$　：　長期土圧荷重
$R_0$　：　長期ラック反力荷重
$Kd_{NS}$　：　Sd 地震荷重（NS 方向）
$Kd_{EW}$　：　Sd 地震荷重（EW 方向）
$Kd_{UD}$　：　Sd 地震荷重（鉛直方向）
$Hd_{NS+}$　：　Sd 地震時動水圧荷重（S→N 方向）
$Hd_{NS-}$　：　Sd 地震時動水圧荷重（N→S 方向）
$Hd_{EW+}$　：　Sd 地震時動水圧荷重（W→E 方向）
$Hd_{EW-}$　：　Sd 地震時動水圧荷重（E→W 方向）
$Hd_{UD}$　：　Sd 地震時動水圧荷重（鉛直方向）
$Ed_{NS}$　：　Sd 地震時増分土圧荷重（NS 方向）
$Ed_{EW}$　：　Sd 地震時増分土圧荷重（EW 方向）
$Rd_{NS}$　：　Sd 地震時ラック反力荷重（NS 方向）
$Rd_{EW}$　：　Sd 地震時ラック反力荷重（EW 方向）
$Rd_{UD}$　：　Sd 地震時ラック反力荷重（鉛直方向）
$Ks_{NS}$　：　Ss 地震荷重（NS 方向）
$Ks_{EW}$　：　Ss 地震荷重（EW 方向）
$Ks_{UD}$　：　Ss 地震荷重（鉛直方向）
$Hs_{NS+}$　：　Ss 地震時動水圧荷重（S→N 方向）
$Hs_{NS-}$　：　Ss 地震時動水圧荷重（N→S 方向）
$Hs_{EW+}$　：　Ss 地震時動水圧荷重（W→E 方向）
$Hs_{EW-}$　：　Ss 地震時動水圧荷重（E→W 方向）
$Hs_{UD}$　：　Ss 地震時動水圧荷重（鉛直方向）
$Es_{NS}$　：　Ss 地震時増分土圧荷重（NS 方向）

$E_{SEW}$ ： Ss 地震時増分土圧荷重（EW 方向）
$R_{SNS}$ ： Ss 地震時ラック反力荷重（NS 方向）
$R_{SEW}$ ： Ss 地震時ラック反力荷重（EW 方向）
$R_{SUD}$ ： Ss 地震時ラック反力荷重（鉛直方向）
$T_S$ ： 夏季通常運転時温度荷重
$T_W$ ： 冬季通常運転時温度荷重

(2)　荷重の組合せケース

荷重の組合せケースは、組合せ係数法に基づいて設定する。但し、Sd 地震時において、鉛直方向の動的地震力に組合せ係数を乗じた荷重が静的地震力による荷重を超えない場合は、静的地震力による荷重とする。荷重の組合せケースを第 4－17 表～第 4－19 表に示す。荷重の組合せケースにおいて、地震荷重及び地震時ラック反力荷重は、S→N 方向、W→E 方向及び鉛直上向きを「＋」、N→S 方向、E→W 方向及び鉛直下向きを「－」、鉛直方向の地震時動水圧荷重は、鉛直上向きを「＋」、鉛直下向きを「－」とする。

第 4－17 表　荷重の組合せケース（応力状態 1、荷重状態Ⅲ）

| | ケース No. | 荷重の組合せケース |
|---|---|---|
| 応力状態 1、荷重状態Ⅲ | 101 | $D+L+H_0+E_0+R_0+1.0Kd_{NS}+0.4Kd_{UD}+1.0Hd_{NS+}+0.4Hd_{UD}+1.0Ed_{NS}+1.0Rd_{NS}+0.4Rd_{UD}$ |
| | 102 | $D+L+H_0+E_0+R_0+1.0Kd_{NS}-0.4Kd_{UD}+1.0Hd_{NS+}-0.4Hd_{UD}+1.0Ed_{NS}+1.0Rd_{NS}-0.4Rd_{UD}$ |
| | 103 | $D+L+H_0+E_0+R_0-1.0Kd_{NS}+0.4Kd_{UD}+1.0Hd_{NS-}+0.4Hd_{UD}+1.0Ed_{NS}-1.0Rd_{NS}+0.4Rd_{UD}$ |
| | 104 | $D+L+H_0+E_0+R_0-1.0Kd_{NS}-0.4Kd_{UD}+1.0Hd_{NS-}-0.4Hd_{UD}+1.0Ed_{NS}-1.0Rd_{NS}-0.4Rd_{UD}$ |
| | 105 | $D+L+H_0+E_0+R_0+1.0Kd_{EW}+0.4Kd_{UD}+1.0Hd_{EW+}+0.4Hd_{UD}+1.0Ed_{EW}+1.0Rd_{EW}+0.4Rd_{UD}$ |
| | 106 | $D+L+H_0+E_0+R_0+1.0Kd_{EW}-0.4Kd_{UD}+1.0Hd_{EW+}-0.4Hd_{UD}+1.0Ed_{EW}+1.0Rd_{EW}-0.4Rd_{UD}$ |
| | 107 | $D+L+H_0+E_0+R_0-1.0Kd_{EW}+0.4Kd_{UD}+1.0Hd_{EW-}+0.4Hd_{UD}+1.0Ed_{EW}-1.0Rd_{EW}+0.4Rd_{UD}$ |
| | 108 | $D+L+H_0+E_0+R_0-1.0Kd_{EW}-0.4Kd_{UD}+1.0Hd_{EW-}-0.4Hd_{UD}+1.0Ed_{EW}-1.0Rd_{EW}-0.4Rd_{UD}$ |
| | 109 | $D+L+H_0+E_0+R_0+0.4Kd_{NS}+1.0Kd_{UD}+0.4Hd_{NS+}+1.0Hd_{UD}+0.4Ed_{NS}+0.4Rd_{NS}+1.0Rd_{UD}$ |
| | 110 | $D+L+H_0+E_0+R_0+0.4Kd_{NS}-1.0Kd_{UD}+0.4Hd_{NS+}-1.0Hd_{UD}+0.4Ed_{NS}+0.4Rd_{NS}-1.0Rd_{UD}$ |
| | 111 | $D+L+H_0+E_0+R_0-0.4Kd_{NS}+1.0Kd_{UD}+0.4Hd_{NS-}+1.0Hd_{UD}+0.4Ed_{NS}-0.4Rd_{NS}+1.0Rd_{UD}$ |
| | 112 | $D+L+H_0+E_0+R_0-0.4Kd_{NS}-1.0Kd_{UD}+0.4Hd_{NS-}-1.0Hd_{UD}+0.4Ed_{NS}-0.4Rd_{NS}-1.0Rd_{UD}$ |
| | 113 | $D+L+H_0+E_0+R_0+0.4Kd_{EW}+1.0Kd_{UD}+0.4Hd_{EW+}+1.0Hd_{UD}+0.4Ed_{EW}+0.4Rd_{EW}+1.0Rd_{UD}$ |
| | 114 | $D+L+H_0+E_0+R_0+0.4Kd_{EW}-1.0Kd_{UD}+0.4Hd_{EW+}-1.0Hd_{UD}+0.4Ed_{EW}+0.4Rd_{EW}-1.0Rd_{UD}$ |
| | 115 | $D+L+H_0+E_0+R_0-0.4Kd_{EW}+1.0Kd_{UD}+0.4Hd_{EW-}+1.0Hd_{UD}+0.4Ed_{EW}-0.4Rd_{EW}+1.0Rd_{UD}$ |
| | 116 | $D+L+H_0+E_0+R_0-0.4Kd_{EW}-1.0Kd_{UD}+0.4Hd_{EW-}-1.0Hd_{UD}+0.4Ed_{EW}-0.4Rd_{EW}-1.0Rd_{UD}$ |

第 4－18 表　荷重の組合せケース（応力状態 1、荷重状態Ⅳ）

| | ｹｰｽ No. | 荷重の組合せケース |
|---|---|---|
| 応力状態 1、荷重状態Ⅳ | 201 | $D+L+H_0+E_0+R_0+1.0Ks_{NS}+0.4Ks_{UD}+1.0Hs_{NS+}+0.4Hs_{UD}+1.0Es_{NS}+1.0Rs_{NS}+0.4Rs_{UD}$ |
| | 202 | $D+L+H_0+E_0+R_0+1.0Ks_{NS}-0.4Ks_{UD}+1.0Hs_{NS+}-0.4Hs_{UD}+1.0Es_{NS}+1.0Rs_{NS}-0.4Rs_{UD}$ |
| | 203 | $D+L+H_0+E_0+R_0-1.0Ks_{NS}+0.4Ks_{UD}+1.0Hs_{NS-}+0.4Hs_{UD}+1.0Es_{NS}-1.0Rs_{NS}+0.4Rs_{UD}$ |
| | 204 | $D+L+H_0+E_0+R_0-1.0Ks_{NS}-0.4Ks_{UD}+1.0Hs_{NS-}-0.4Hs_{UD}+1.0Es_{NS}-1.0Rs_{NS}-0.4Rs_{UD}$ |
| | 205 | $D+L+H_0+E_0+R_0+1.0Ks_{EW}+0.4Ks_{UD}+1.0Hs_{EW+}+0.4Hs_{UD}+1.0Es_{EW}+1.0Rs_{EW}+0.4Rs_{UD}$ |
| | 206 | $D+L+H_0+E_0+R_0+1.0Ks_{EW}-0.4Ks_{UD}+1.0Hs_{EW+}-0.4Hs_{UD}+1.0Es_{EW}+1.0Rs_{EW}-0.4Rs_{UD}$ |
| | 207 | $D+L+H_0+E_0+R_0-1.0Ks_{EW}+0.4Ks_{UD}+1.0Hs_{EW-}+0.4Hs_{UD}+1.0Es_{EW}-1.0Rs_{EW}+0.4Rs_{UD}$ |
| | 208 | $D+L+H_0+E_0+R_0-1.0Ks_{EW}-0.4Ks_{UD}+1.0Hs_{EW-}-0.4Hs_{UD}+1.0Es_{EW}-1.0Rs_{EW}-0.4Rs_{UD}$ |
| | 209 | $D+L+H_0+E_0+R_0+0.4Ks_{NS}+1.0Ks_{UD}+0.4Hs_{NS+}+1.0Hs_{UD}+0.4Es_{NS}+0.4Rs_{NS}+1.0Rs_{UD}$ |
| | 210 | $D+L+H_0+E_0+R_0+0.4Ks_{NS}-1.0Ks_{UD}+0.4Hs_{NS+}-1.0Hs_{UD}+0.4Es_{NS}+0.4Rs_{NS}-1.0Rs_{UD}$ |
| | 211 | $D+L+H_0+E_0+R_0-0.4Ks_{NS}+1.0Ks_{UD}+0.4Hs_{NS-}+1.0Hs_{UD}+0.4Es_{NS}-0.4Rs_{NS}+1.0Rs_{UD}$ |
| | 212 | $D+L+H_0+E_0+R_0-0.4Ks_{NS}-1.0Ks_{UD}+0.4Hs_{NS-}-1.0Hs_{UD}+0.4Es_{NS}-0.4Rs_{NS}-1.0Rs_{UD}$ |
| | 213 | $D+L+H_0+E_0+R_0+0.4Ks_{EW}+1.0Ks_{UD}+0.4Hs_{EW+}+1.0Hs_{UD}+0.4Es_{EW}+0.4Rs_{EW}+1.0Rs_{UD}$ |
| | 214 | $D+L+H_0+E_0+R_0+0.4Ks_{EW}-1.0Ks_{UD}+0.4Hs_{EW+}-1.0Hs_{UD}+0.4Es_{EW}+0.4Rs_{EW}-1.0Rs_{UD}$ |
| | 215 | $D+L+H_0+E_0+R_0-0.4Ks_{EW}+1.0Ks_{UD}+0.4Hs_{EW-}+1.0Hs_{UD}+0.4Es_{EW}-0.4Rs_{EW}+1.0Rs_{UD}$ |
| | 216 | $D+L+H_0+E_0+R_0-0.4Ks_{EW}-1.0Ks_{UD}+0.4Hs_{EW-}-1.0Hs_{UD}+0.4Es_{EW}-0.4Rs_{EW}-1.0Rs_{UD}$ |

第 4－19 表　荷重の組合せケース（応力状態 2、荷重状態Ⅲ）(1/2)

| | ｹｰｽ No. | 荷重の組合せケース |
|---|---|---|
| 応力状態 2、荷重状態Ⅲ | 301 | $D+L+H_0+E_0+R_0+1.0Kd_{NS}+0.4Kd_{UD}+1.0Hd_{NS+}+0.4Hd_{UD}+1.0Ed_{NS}+1.0Rd_{NS}+0.4Rd_{UD}+Ts$ |
| | 302 | $D+L+H_0+E_0+R_0+1.0Kd_{NS}-0.4Kd_{UD}+1.0Hd_{NS+}-0.4Hd_{UD}+1.0Ed_{NS}+1.0Rd_{NS}-0.4Rd_{UD}+Ts$ |
| | 303 | $D+L+H_0+E_0+R_0-1.0Kd_{NS}+0.4Kd_{UD}+1.0Hd_{NS-}+0.4Hd_{UD}+1.0Ed_{NS}-1.0Rd_{NS}+0.4Rd_{UD}+Ts$ |
| | 304 | $D+L+H_0+E_0+R_0-1.0Kd_{NS}-0.4Kd_{UD}+1.0Hd_{NS-}-0.4Hd_{UD}+1.0Ed_{NS}-1.0Rd_{NS}-0.4Rd_{UD}+Ts$ |
| | 305 | $D+L+H_0+E_0+R_0+1.0Kd_{EW}+0.4Kd_{UD}+1.0Hd_{EW+}+0.4Hd_{UD}+1.0Ed_{EW}+1.0Rd_{EW}+0.4Rd_{UD}+Ts$ |
| | 306 | $D+L+H_0+E_0+R_0+1.0Kd_{EW}-0.4Kd_{UD}+1.0Hd_{EW+}-0.4Hd_{UD}+1.0Ed_{EW}+1.0Rd_{EW}-0.4Rd_{UD}+Ts$ |
| | 307 | $D+L+H_0+E_0+R_0-1.0Kd_{EW}+0.4Kd_{UD}+1.0Hd_{EW-}+0.4Hd_{UD}+1.0Ed_{EW}-1.0Rd_{EW}+0.4Rd_{UD}+Ts$ |
| | 308 | $D+L+H_0+E_0+R_0-1.0Kd_{EW}-0.4Kd_{UD}+1.0Hd_{EW-}-0.4Hd_{UD}+1.0Ed_{EW}-1.0Rd_{EW}-0.4Rd_{UD}+Ts$ |
| | 309 | $D+L+H_0+E_0+R_0+0.4Kd_{NS}+1.0Kd_{UD}+0.4Hd_{NS+}+1.0Hd_{UD}+0.4Ed_{NS}+0.4Rd_{NS}+1.0Rd_{UD}+Ts$ |
| | 310 | $D+L+H_0+E_0+R_0+0.4Kd_{NS}-1.0Kd_{UD}+0.4Hd_{NS+}-1.0Hd_{UD}+0.4Ed_{NS}+0.4Rd_{NS}-1.0Rd_{UD}+Ts$ |
| | 311 | $D+L+H_0+E_0+R_0-0.4Kd_{NS}+1.0Kd_{UD}+0.4Hd_{NS-}+1.0Hd_{UD}+0.4Ed_{NS}-0.4Rd_{NS}+1.0Rd_{UD}+Ts$ |
| | 312 | $D+L+H_0+E_0+R_0-0.4Kd_{NS}-1.0Kd_{UD}+0.4Hd_{NS-}-1.0Hd_{UD}+0.4Ed_{NS}-0.4Rd_{NS}-1.0Rd_{UD}+Ts$ |
| | 313 | $D+L+H_0+E_0+R_0+0.4Kd_{EW}+1.0Kd_{UD}+0.4Hd_{EW+}+1.0Hd_{UD}+0.4Ed_{EW}+0.4Rd_{EW}+1.0Rd_{UD}+Ts$ |
| | 314 | $D+L+H_0+E_0+R_0+0.4Kd_{EW}-1.0Kd_{UD}+0.4Hd_{EW+}-1.0Hd_{UD}+0.4Ed_{EW}+0.4Rd_{EW}-1.0Rd_{UD}+Ts$ |
| | 315 | $D+L+H_0+E_0+R_0-0.4Kd_{EW}+1.0Kd_{UD}+0.4Hd_{EW-}+1.0Hd_{UD}+0.4Ed_{EW}-0.4Rd_{EW}+1.0Rd_{UD}+Ts$ |
| | 316 | $D+L+H_0+E_0+R_0-0.4Kd_{EW}-1.0Kd_{UD}+0.4Hd_{EW-}-1.0Hd_{UD}+0.4Ed_{EW}-0.4Rd_{EW}-1.0Rd_{UD}+Ts$ |

第 4－19 表　荷重の組合せケース（応力状態 2、荷重状態Ⅲ）(2/2)

| | ケース No. | 荷重の組合せケース |
|---|---|---|
| 応力状態 2、荷重状態Ⅲ | 317 | $D+L+H_0+E_0+R_0+1.0Kd_{NS}+0.4Kd_{UD}+1.0Hd_{NS+}+0.4Hd_{UD}+1.0Ed_{NS}+1.0Rd_{NS}+0.4Rd_{UD}+Tw$ |
| | 318 | $D+L+H_0+E_0+R_0+1.0Kd_{NS}-0.4Kd_{UD}+1.0Hd_{NS+}-0.4Hd_{UD}+1.0Ed_{NS}+1.0Rd_{NS}-0.4Rd_{UD}+Tw$ |
| | 319 | $D+L+H_0+E_0+R_0-1.0Kd_{NS}+0.4Kd_{UD}+1.0Hd_{NS-}+0.4Hd_{UD}+1.0Ed_{NS}-1.0Rd_{NS}+0.4Rd_{UD}+Tw$ |
| | 320 | $D+L+H_0+E_0+R_0-1.0Kd_{NS}-0.4Kd_{UD}+1.0Hd_{NS-}-0.4Hd_{UD}+1.0Ed_{NS}-1.0Rd_{NS}-0.4Rd_{UD}+Tw$ |
| | 321 | $D+L+H_0+E_0+R_0+1.0Kd_{EW}+0.4Kd_{UD}+1.0Hd_{EW+}+0.4Hd_{UD}+1.0Ed_{EW}+1.0Rd_{EW}+0.4Rd_{UD}+Tw$ |
| | 322 | $D+L+H_0+E_0+R_0+1.0Kd_{EW}-0.4Kd_{UD}+1.0Hd_{EW+}-0.4Hd_{UD}+1.0Ed_{EW}+1.0Rd_{EW}-0.4Rd_{UD}+Tw$ |
| | 323 | $D+L+H_0+E_0+R_0-1.0Kd_{EW}+0.4Kd_{UD}+1.0Hd_{EW-}+0.4Hd_{UD}+1.0Ed_{EW}-1.0Rd_{EW}+0.4Rd_{UD}+Tw$ |
| | 324 | $D+L+H_0+E_0+R_0-1.0Kd_{EW}-0.4Kd_{UD}+1.0Hd_{EW-}-0.4Hd_{UD}+1.0Ed_{EW}-1.0Rd_{EW}-0.4Rd_{UD}+Tw$ |
| | 325 | $D+L+H_0+E_0+R_0+0.4Kd_{NS}+1.0Kd_{UD}+0.4Hd_{NS+}+1.0Hd_{UD}+0.4Ed_{NS}+0.4Rd_{NS}+1.0Rd_{UD}+Tw$ |
| | 326 | $D+L+H_0+E_0+R_0+0.4Kd_{NS}-1.0Kd_{UD}+0.4Hd_{NS+}-1.0Hd_{UD}+0.4Ed_{NS}+0.4Rd_{NS}-1.0Rd_{UD}+Tw$ |
| | 327 | $D+L+H_0+E_0+R_0-0.4Kd_{NS}+1.0Kd_{UD}+0.4Hd_{NS-}+1.0Hd_{UD}+0.4Ed_{NS}-0.4Rd_{NS}+1.0Rd_{UD}+Tw$ |
| | 328 | $D+L+H_0+E_0+R_0-0.4Kd_{NS}-1.0Kd_{UD}+0.4Hd_{NS-}-1.0Hd_{UD}+0.4Ed_{NS}-0.4Rd_{NS}-1.0Rd_{UD}+Tw$ |
| | 329 | $D+L+H_0+E_0+R_0+0.4Kd_{EW}+1.0Kd_{UD}+0.4Hd_{EW+}+1.0Hd_{UD}+0.4Ed_{EW}+0.4Rd_{EW}+1.0Rd_{UD}+Tw$ |
| | 330 | $D+L+H_0+E_0+R_0+0.4Kd_{EW}-1.0Kd_{UD}+0.4Hd_{EW+}-1.0Hd_{UD}+0.4Ed_{EW}+0.4Rd_{EW}-1.0Rd_{UD}+Tw$ |
| | 331 | $D+L+H_0+E_0+R_0-0.4Kd_{EW}+1.0Kd_{UD}+0.4Hd_{EW-}+1.0Hd_{UD}+0.4Ed_{EW}-0.4Rd_{EW}+1.0Rd_{UD}+Tw$ |
| | 332 | $D+L+H_0+E_0+R_0-0.4Kd_{EW}-1.0Kd_{UD}+0.4Hd_{EW-}-1.0Hd_{UD}+0.4Ed_{EW}-0.4Rd_{EW}-1.0Rd_{UD}+Tw$ |

(3)　荷重の入力方法

a.　固定荷重及び積載荷重

REB モデルに作用する固定荷重及び積載荷重の入力方法は、資料 3－16－2「原子炉周辺建屋の耐震計算書」に示す。

SFP モデルに作用する固定荷重は、3 次元 FEM モデルの各要素に、材料の単位体積重量に基づく重量を与える。

b.　地震荷重

REB モデルに作用する地震荷重の入力方法は、資料 3－16－2「原子炉周辺建屋の耐震計算書」に示す。

SFP モデルに作用する地震荷重の入力方法を以下に示す。

(a) 水平方向

SFP モデルに作用する水平地震力は、「a. 固定荷重及び積載荷重」により算出された各節点の重量に、第 4－20 表に示す床レベルごとに設定した水平震度を乗じ、節点荷重として入力する。

水平震度は、第 4－4 表及び第 4－6 表に示す最大応答せん断力に基づき設定した水平力を、資料 6－3「原子炉格納容器及び原子炉周辺建屋の地震応答解析」に示す質点重量で除した値として設定する。

第 4－20 表　水平震度

| 高さ (m) | Sd 地震時 | | Ss 地震時 | |
|---|---|---|---|---|
| | NS 方向 | EW 方向 | NS 方向 | EW 方向 |
| EL.11.30～ EL.7.50 | 0.709 | 0.460 | 1.202 | 0.880 |
| EL.7.50～ EL.－8.05 | 0.403 | 0.496 | 0.678 | 0.561 |

(b) 鉛直方向

SFP モデルに作用する鉛直地震力は、「a. 固定荷重及び積載荷重」により算出された各節点の重量に、第 4－21 表に示す床レベルごとに設定した鉛直震度を乗じ、節点荷重として入力する。

鉛直震度は、第 4－5 表及び第 4－7 表に示す最大応答軸力に基づき設定した鉛直力を、資料 6－3「原子炉格納容器及び原子炉周辺建屋の地震応答解析」に示す質点重量で除した値として設定する。

また、Sd 地震時において、鉛直方向の動的地震力に組合せ係数を乗じた荷重が静的地震力による荷重を下回る場合は、静的地震力による荷重とする。

第 4－21 表　鉛直震度

| 高さ (m) | 地震力 | Sd 地震時 | Ss 地震時 |
|---|---|---|---|
| EL.11.30～ EL.7.50 | 水平 1.0 倍との組合せ | 0.240 | 0.285 |
| | 水平 0.4 倍との組合せ | 0.428 | 0.712 |
| EL.7.50～ EL.－8.05 | 水平 1.0 倍との組合せ | 0.245 | 0.247 |
| | 水平 0.4 倍との組合せ | 0.370 | 0.618 |

c.　水圧荷重

SFP モデルに作用する水圧荷重は、第 4－2 図、第 4－4 図及び第 4－5 図に示す静水圧荷重分布及び動水圧荷重分布をもとに、3 次元 FEM モデルの壁に分布荷重として入力し、EL.－1.15m の底版に対しては、第 4－2 図に示す静水圧荷重分布をもとに、分布荷重として入力する。EL.－1.15m の底版に作用する静水圧荷重及び鉛直地震時増分水圧荷重を第 4－22 表に示す。

また、Sd 地震時において、鉛直方向の動的地震力に組合せ係数を乗じた荷重が静的地震力による荷重を下回る場合は静的地震力による荷重とする。

第 4－22 表　EL.－1.15m の底版に作用する静水圧荷重及び鉛直地震時増分水圧荷重

（単位：kN/m$^2$）

| 地震力 | 静水圧荷重 | Sd 地震時<br>増分水圧荷重 | Ss 地震時<br>増分水圧荷重 |
|---|---|---|---|
| 水平 1.0 倍<br>との組合せ | 120 | 28.8 | 33.1 |
| 水平 0.4 倍<br>との組合せ | | 49.2 | 82.8 |

d.　ラック反力荷重

SFP モデルに作用するラック反力荷重は、第 4－6 図及び第 4－7 図に示すラック反力荷重をもとに、3 次元 FEM モデルの壁に分布荷重として入力し、EL.－1.15m の底版に対しては、第 4－2 表に示すラック反力荷重をもとに、分布荷重として入力する。EL.－1.15m の底版に作用する長期ラック反力荷重及び地震時増分ラック反力荷重を第 4－23 表に示す。

また、Sd 地震時において、鉛直方向の動的地震力に組合せ係数を乗じた荷重が静的地震力による荷重を下回る場合は静的地震力による荷重とする。

第 4－23 表　EL.－1.15m の底版に作用する長期ラック反力荷重
及び地震時増分ラック反力荷重

（単位：kN/m$^2$）

| 地震力 | 長期ラック反力荷重 | Sd 地震時増分ラック反力荷重 | Ss 地震時増分ラック反力荷重 |
|---|---|---|---|
| 水平 1.0 倍との組合せ | 130 | 37.4 | 37.4 |
| 水平 0.4 倍との組合せ | | 56.2 | 92.0 |

e.　土圧荷重

REB モデルに作用する土圧荷重の入力方法は、資料 3－16－2「原子炉周辺建屋の耐震計算書」に示す。

SFP モデルに作用する土圧荷重は、第 4－3 図及び第 4－8 図に示す土圧荷重分布をもとに、3 次元 FEM モデルの壁に対して分布荷重として入力する。

f.　通常運転時温度荷重

REB モデル及び SFP モデルに作用する通常運転時温度荷重の入力方法は、資料 6－5「使用済燃料ピットの熱応力解析」による。

### 4.4.4　断面の評価方法

壁及び底版の断面の評価は、CCV 規格に基づき、各荷重状態において軸力及び曲げモーメントに対するコンクリート及び鉄筋の応力度又はひずみが許容値を超えないこと、せん断力に対する応力度が許容値を超えないことを確認する。

熱応力を含む応力状態 2 の荷重の組合せに対しては、CCV 規格の CVE－3330 に基づき、部材断面のひび割れによる剛性低下を考慮して断面の評価を行う。軸力及び曲げモーメントに対しては、ひび割れ断面法に基づき断面の評価を行い、せん断力に対しては、一律低減法に基づき断面の評価を行う。

断面の評価には、解析コード「SCARC」を用いる。解析コード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。

(1)　軸力及び曲げモーメントに対する断面の評価方法

壁の断面の評価は、CCV 規格の CVE－3511.1 及び CVE－3511.2 に基づいて行う。底版の断面の評価は、CCV 規格の CVE－3521.1 及び CVE－3521.2 に基づいて行う。

各部位の断面は、子午線方向及び円周方向各々について、軸力及び曲げモーメントを受ける鉄筋コンクリート造長方形仮想柱として算出する。この場合、軸力は同時に作用する面内せん断力の影響を考慮して、CVE－3511－1 及び CVE－3511－2 に示す等価軸力として評価する。

また、壁の検討において、子午線方向は縦筋方向、円周方向は横筋方向、底版の検討において、子午線方向は Y 方向、円周方向は X 方向と読み替えるものとする。

軸力及び面内せん断力の関係図を第 4－15 図に示す。

荷重状態Ⅲ及びⅣにおいて、コンクリート及び鉄筋の応力度は、次の仮定に従い計算する。

・ ひずみは、中立軸からの距離に比例する。
・ コンクリートの圧縮応力度は、中立軸からの距離に比例する。
・ コンクリートの引張強度は無視する。

荷重状態Ⅲについては、壁及び底版に生じる軸力及び曲げモーメントにより算出される引張応力度及び圧縮応力度が、第 4－12 表及び第 4－13 表に示す許容応力度を超えないことを確認する。

荷重状態Ⅳについては、壁及び底版に生じる軸力及び曲げモーメントによるひずみが、第 4－14 表に示す許容ひずみを超えないことを確認する。軸力及び曲げモーメントによるひずみを算出する際のコンクリートと鉄筋の応力度及びひずみ関係図を第 4－16 図に示す。

$$N_{\phi}^{*} = N_{\phi} \pm \left| N_{\phi\theta} \right| \qquad \cdots(\text{CVE}-3511-1)$$

$$N_{\theta}^{*} = N_{\theta} \pm \left| N_{\phi\theta} \right| \qquad \cdots(\text{CVE}-3511-2)$$

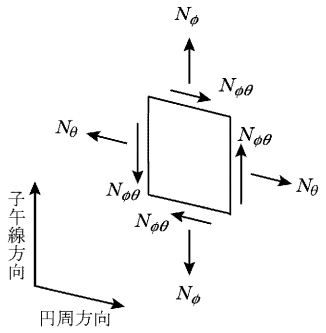
ここで、

$N_{\phi}^{*}, N_{\theta}^{*}$ ：$\phi$、$\theta$ 方向の等価軸力

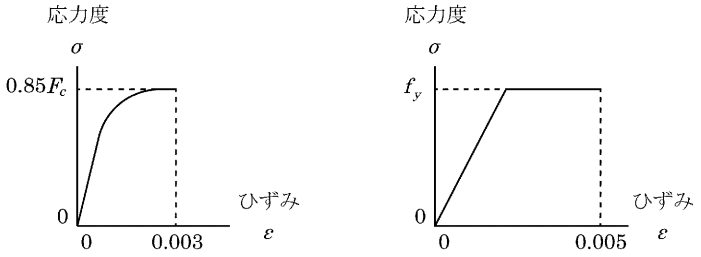
$N_{\phi}, N_{\theta}$ ：$\phi$、$\theta$ 方向の軸力

$N_{\phi\theta}$ ：面内せん断力

（$\phi$ 方向は子午線方向、$\theta$ 方向は円周方向とする）




第 4－15 図　軸力及び面内せん断力の関係図




(a)　コンクリート　　(b)　鉄筋

第 4－16 図　コンクリートと鉄筋の応力度及びひずみ関係図

(2)　軸力に対する断面の評価方法

断面の評価は、CCV 規格の CVE－3511.3 に基づき、荷重状態Ⅳにおいて、壁に生じる軸力による圧縮応力度が、コンクリートの設計基準強度の 2/3 倍を超えないことを確認する。

(3)　面内せん断力に対する断面の評価方法

断面の評価は、CCV 規格の CVE－3512 に基づき、壁に対してのみ行う。

荷重状態Ⅲにおいて、壁に生じる面内せん断応力度が、荷重状態Ⅳにおいて下式で算出する終局面内せん断応力度の 0.75 倍を超えないことを確認する。

荷重状態Ⅳにおいて、壁に生じる面内せん断応力度が、CVE－3512.2－1 及び CVE－3512.2－2 より計算した値のいずれか小さい方の値を超えないことを確認する。

また、子午線方向は縦筋方向、円周方向は横筋方向と読み替えるものとする。

$$\tau_u = 0.5\left\{\left(p_{t\phi}\cdot f_y - \sigma_{0\phi}\right) + \left(p_{t\theta}\cdot f_y - \sigma_{0\theta}\right)\right\} \quad \cdots(\text{CVE}-3512.2-1)$$

$$\tau_u = 1.10\sqrt{F_C} \quad \cdots(\text{CVE}-3512.2-2)$$

ここで、

$\tau_u$　：終局面内せん断応力度(N/mm$^2$)

$p_{t\phi}$　：子午線方向の主筋の鉄筋比

$p_{t\theta}$　：円周方向の主筋の鉄筋比

$\sigma_{0\phi}$　：外力により生じる子午線方向の軸応力度(N/mm$^2$)（引張の場合のみを考慮し、符号を正とする）

$\sigma_{0\theta}$　：外力により生じる円周方向の軸応力度(N/mm$^2$)（引張の場合のみを考慮し、符号を正とする）

$f_y$　：鉄筋の許容引張応力度及び許容圧縮応力度であり、第 4－13 表に示す荷重状態Ⅲの値(N/mm$^2$)

$F_C$　：コンクリートの設計基準強度(N/mm$^2$)

(4)　面外せん断力に対する断面の評価方法

a.　壁の断面の評価

断面の評価は、CCV 規格の CVE－3513 に基づいて行う。

荷重状態Ⅲにおいて、壁に生じる面外せん断応力度が、荷重状態Ⅳにおいて下式で算出する終局面外せん断応力度の 0.75 倍を超えないことを確認する。

荷重状態Ⅳにおいて、壁に生じる面外せん断応力度が、CVE－3513.2－1 及び CVE－3513.2－2 より計算した値のいずれか小さい方の値を超えないことを確認する。

$$\tau_R=\Phi\left\{0.1\left(p_t\cdot f_y-\sigma_0\right)+0.5p_w\cdot f_y+0.235\sqrt{F_C}\right\} \quad \cdots(\text{CVE}-3513.2-1)$$

$$\tau_R=1.10\sqrt{F_C} \quad \cdots(\text{CVE}-3513.2-2)$$

ここで、

$\tau_R$　：終局面外せん断応力度(N/mm$^2$)

$\Phi$　：低減係数であり CVE－3513.2－4 より計算した値（1 を超える場合は 1、0.58 未満の場合は 0.58）

$$\Phi=1/\sqrt{M/(Q\cdot d)} \quad \cdots(\text{CVE}-3513.2-4)$$

M　：曲げモーメント(N･mm)

Q　：せん断力(N)

d　：部材の有効せい(mm)

$p_t$　：主筋の鉄筋比

$f_y$　：鉄筋の許容引張応力度及び許容圧縮応力度であり、第 4－13 表に示す荷重状態Ⅲの値(N/mm$^2$)

$\sigma_0$　：外力による軸応力度(N/mm$^2$)（引張の符号を正とする）

$p_w$　：面外せん断力に対する補強筋の鉄筋比であり、CVE－3513.2－3 より計算した値

$$p_w=a_w/(b\cdot x) \quad \cdots(\text{CVE}-3513.2-3)$$

$a_w$　：面外せん断力に対する補強筋の断面積(mm$^2$)

b　：断面の幅(mm)

x　：面外せん断力に対する補強筋の間隔(mm)

$F_C$　：コンクリートの設計基準強度(N/mm$^2$)

b.　底版の断面の評価

断面の評価は、CCV 規格の CVE－3522 に基づいて行う。

各荷重状態において、底版に生じる面外せん断力が、CVE－3522－1 又は CVE－3522－2 より算出する許容せん断力の値を超えないことを確認する。

$$Q_A = b \cdot j \cdot f_s \qquad \cdots(\text{CVE}-3522-1)$$

ここで、

$Q_A$ ：許容面外せん断力(N)

b　：断面の幅(mm)

j　：断面の応力中心間距離で、断面の有効せいの 7/8 倍の値(mm)

$f_s$ ：コンクリートの許容せん断応力度で、第 4－12 表に示す値(N/mm²)（荷重状態Ⅳの場合は、荷重状態Ⅲの値とする）

$$Q_A = b \cdot j\{\alpha \cdot f_s + 0.5_w f_t (p_w - 0.002)\} \qquad \cdots(\text{CVE}-3522-2)$$

ここで、

α　：割増係数であり、CVE－3522－4 より計算した値（1≦α≦2 とする）

$$\alpha = \frac{4}{M/(Q \cdot d)+1} \qquad \cdots(\text{CVE}-3522-4)$$

M　：曲げモーメント(N･mm)

Q　：せん断力(N)

d　：断面の有効せい(mm)

$_w f_t$ ：面外せん断力に対する補強筋の許容引張応力度であり、第 4－13 表に示す値(N/mm²)

$p_w$ ：面外せん断力に対する補強筋の鉄筋比であり、CVE－3522－3 より計算した値（0.002 以上とする）

$$p_w = a_w/(b \cdot x) \qquad \cdots(\text{CVE}-3522-3)$$

$a_w$ ：面外せん断力に対する補強筋の断面積(mm²)

x　：面外せん断力に対する補強筋の間隔(mm)

# 使用済燃料ラック及び破損燃料容器ラックの
# 耐震計算方法

| |
|---|
| 工事計画認可申請添付資料 6－7－2 |
| 玄 海 原 子 力 発 電 所 第 3 号 機 |

目　　次

頁
1.　概　要 ……6 (3) - 7 - 2 - 1

2.　基本方針 ……6 (3) - 7 - 2 - 1
2.1　構造の説明 ……6 (3) - 7 - 2 - 1
2.2　評価方針 ……6 (3) - 7 - 2 - 7

3.　耐震評価箇所 ……6 (3) - 7 - 2 - 8

4.　地震応答解析 ……6 (3) - 7 - 2 - 9
4.1　基本方針 ……6 (3) - 7 - 2 - 9
4.2　設計用地震力 ……6 (3) - 7 - 2 - 9
4.3　解析モデル及び諸元 ……6 (3) - 7 - 2 - 15
4.4　応答解析結果 ……6 (3) - 7 - 2 - 17

5.　応力評価 ……6 (3) - 7 - 2 - 27
5.1　基本方針 ……6 (3) - 7 - 2 - 27
5.2　使用材料の許容応力 ……6 (3) - 7 - 2 - 27
5.3　評価部位詳細 ……6 (3) - 7 - 2 - 30

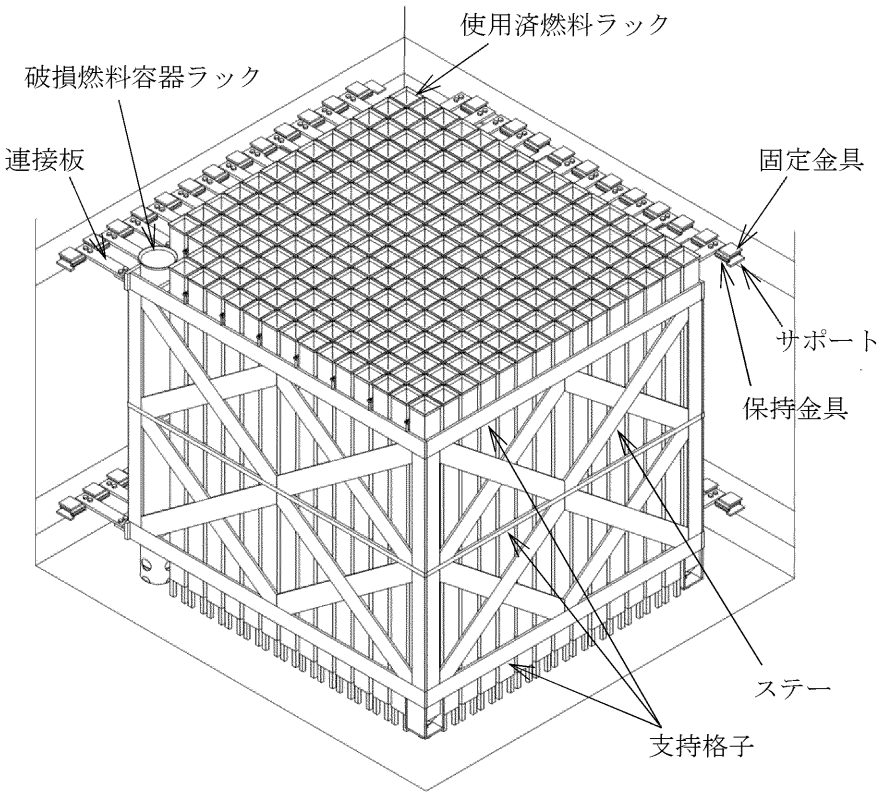
## 1. 概　要

本資料は、資料６－１「耐震設計の基本方針」及び資料６－６－２「使用済燃料ラック及び破損燃料容器ラックの耐震計算方針」に従い、使用済燃料ラック及び破損燃料容器ラックが設計用地震力に対して十分な構造強度を有してい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。

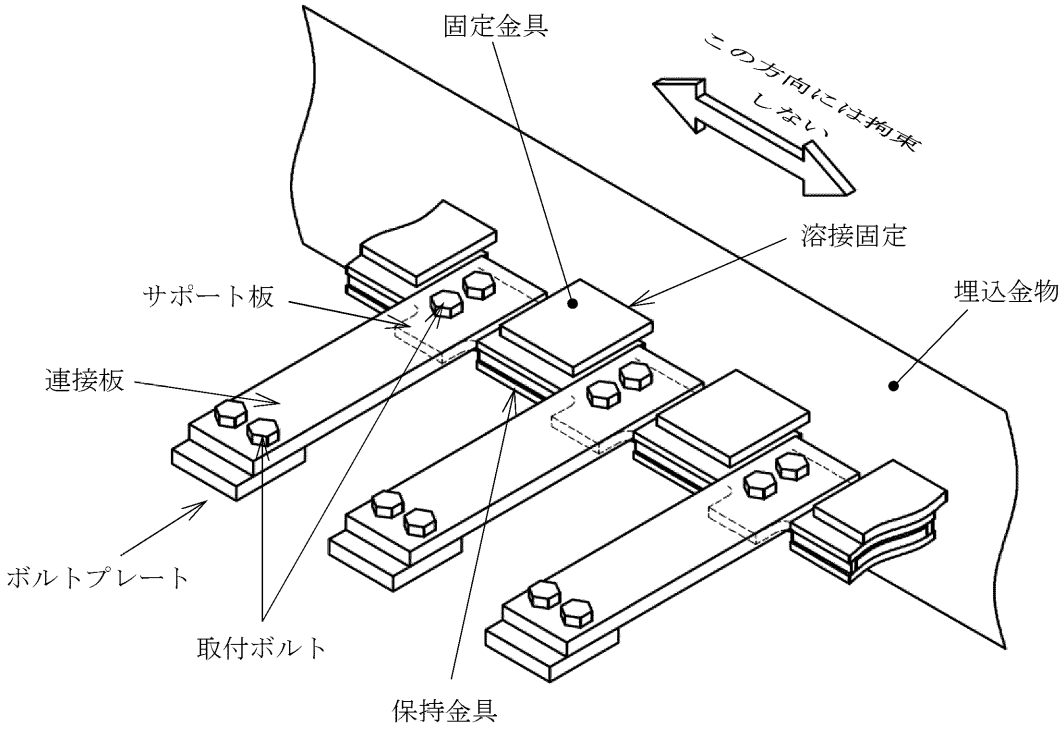
## 2. 基本方針

### 2.1 構造の説明

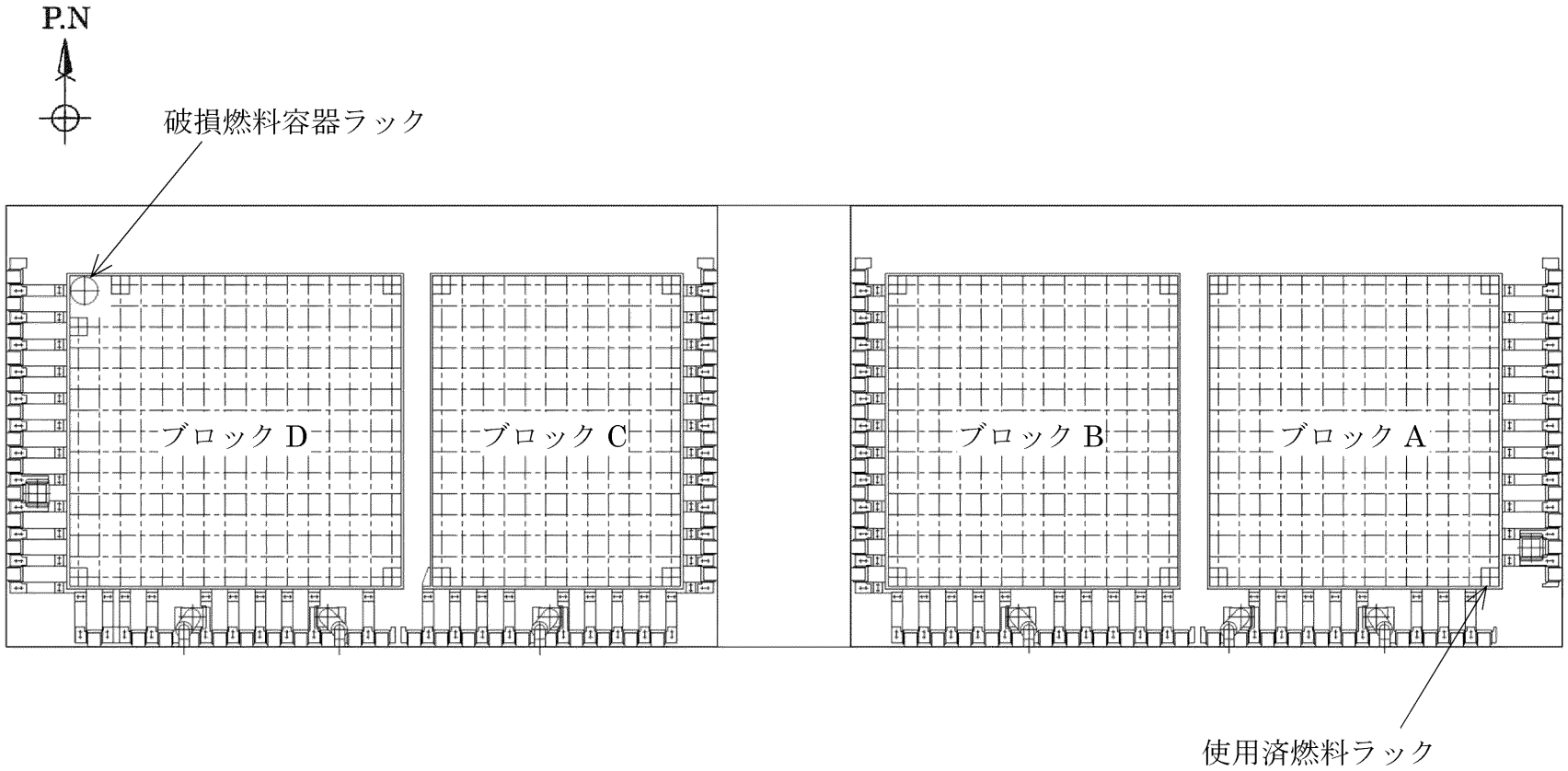
使用済燃料ラック及び破損燃料容器ラックの構造図を第2－1図～第2－6図に示す。



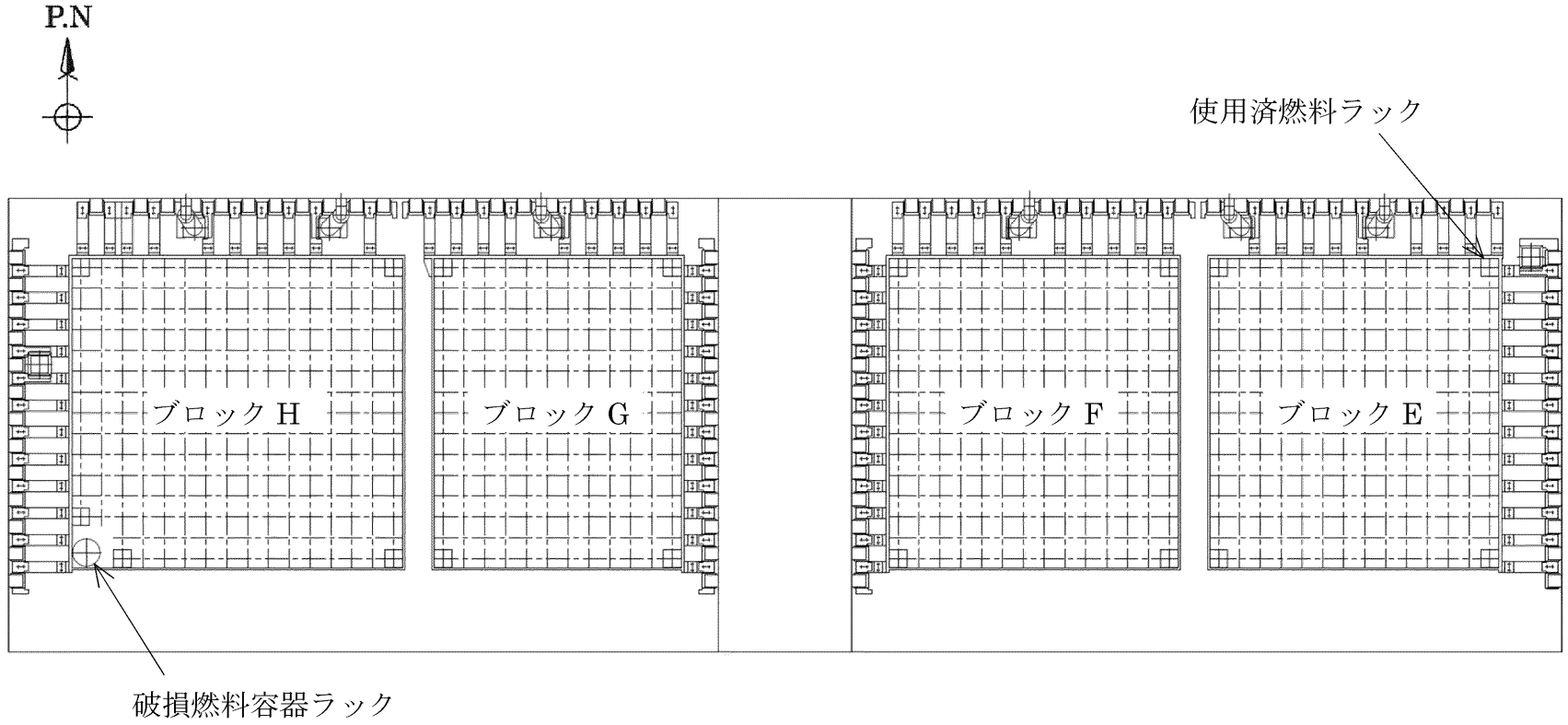

第 2－1 図　使用済燃料ラック及び破損燃料容器ラックの構造図



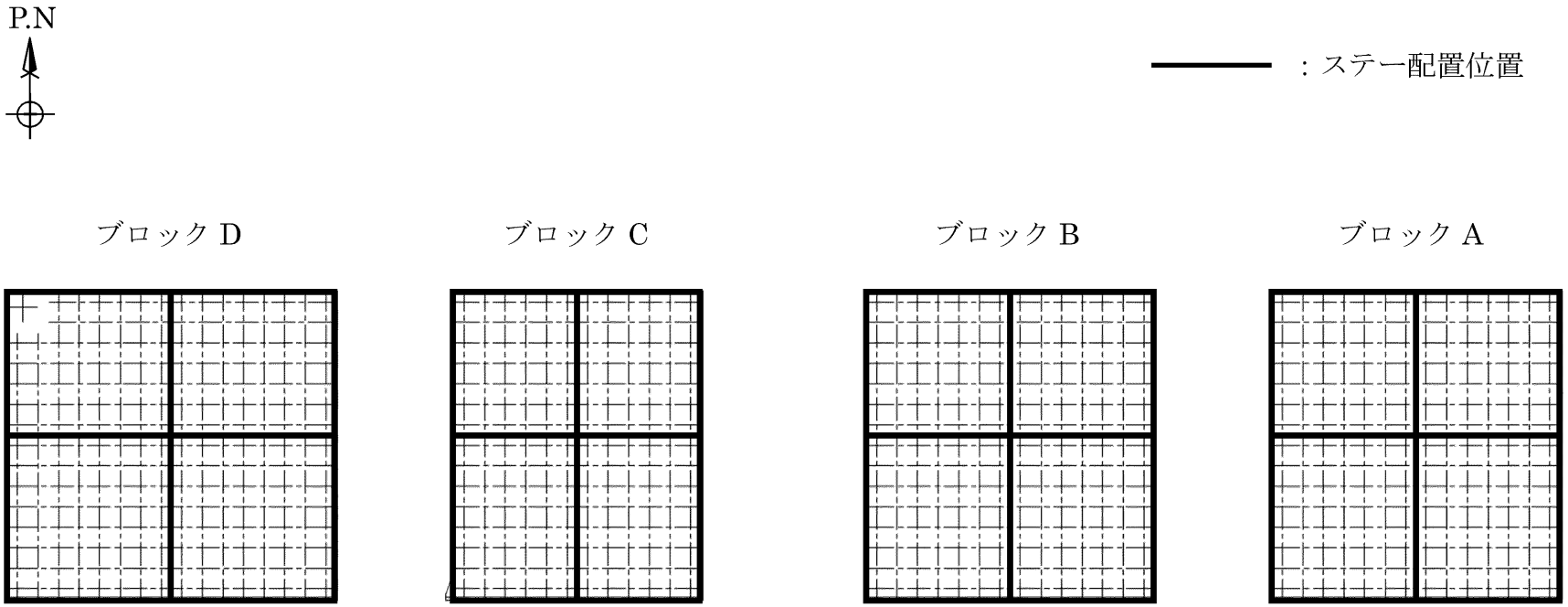

第2－2図　使用済燃料ピット壁との支持部の構造図



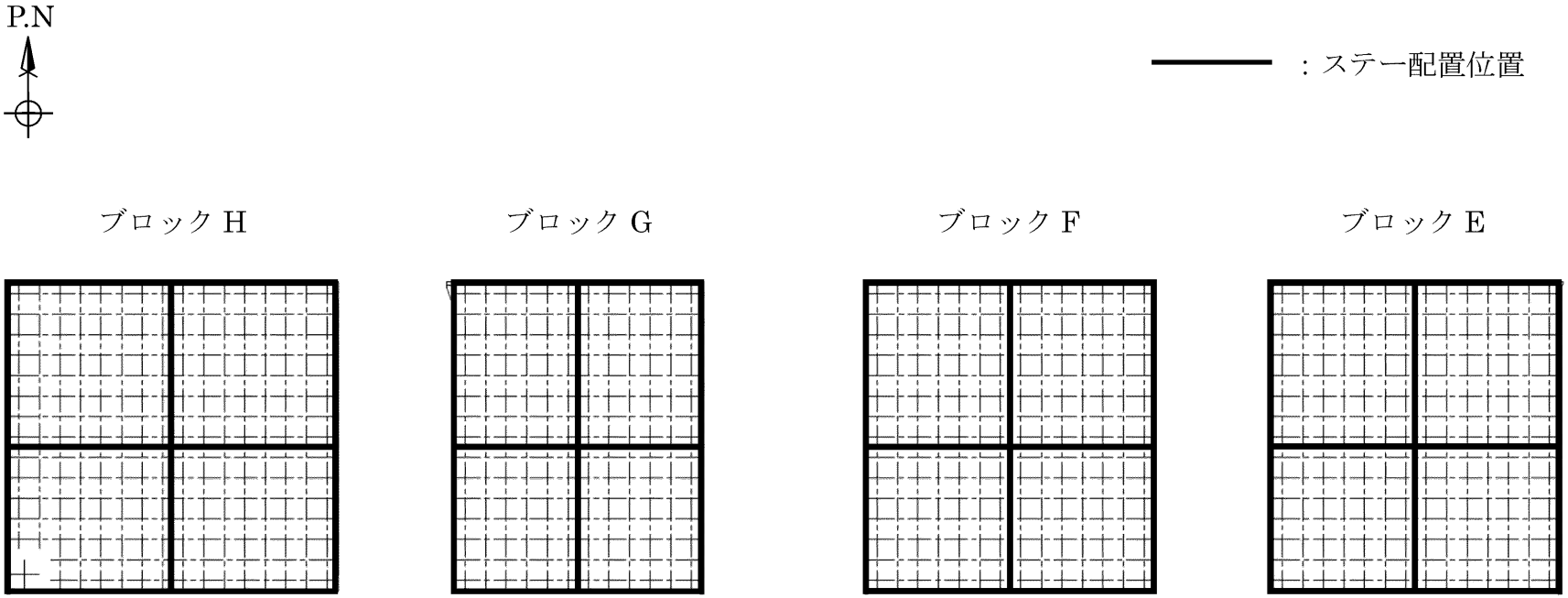

第2－3図　使用済燃料ラック及び破損燃料容器ラック配置図（ピットA）




第2－4図　使用済燃料ラック及び破損燃料容器ラック配置図（ピットB）




第2－5図　ステー配置図（ピットA）

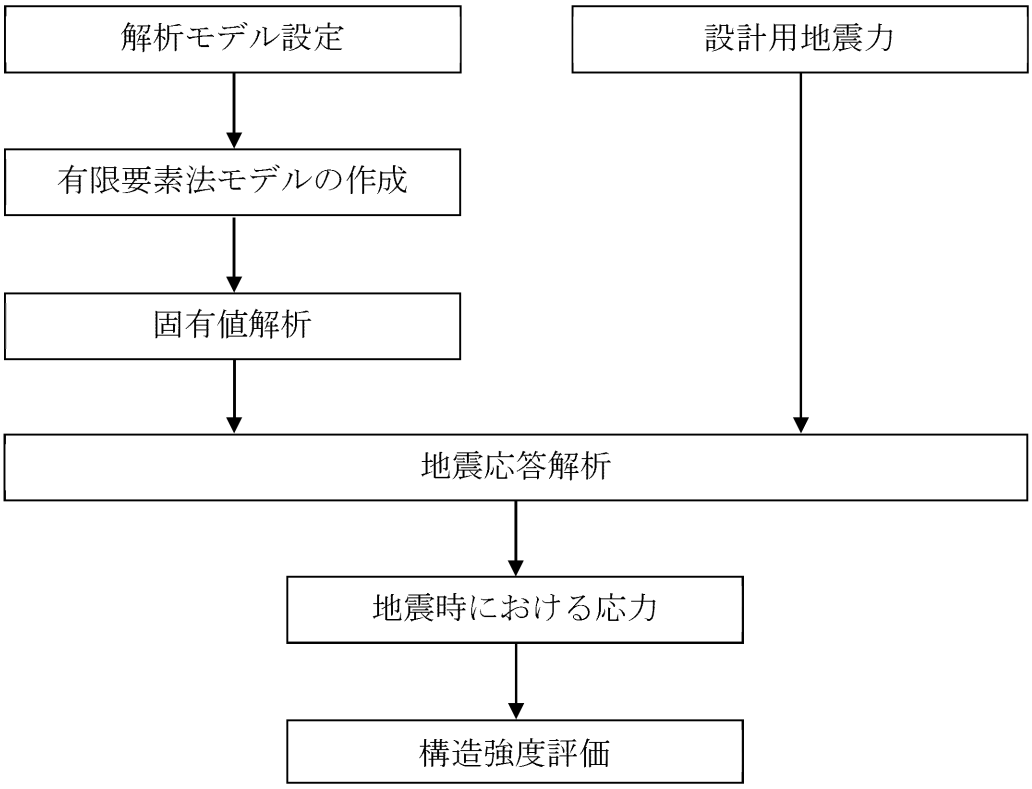



第2－6図　ステー配置図（ピットB）

2.2　評価方針

使用済燃料ラック及び破損燃料容器ラックの応力評価は、資料6－6－2「使用済燃料ラック及び破損燃料容器ラックの耐震計算方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき、「2.1　構造の説明」にて示す使用済燃料ラック及び破損燃料容器ラックの部位を踏まえ「3.　耐震評価箇所」にて設定する箇所において、「4.　地震応答解析」にて算定した荷重による応力等が許容限界内に収まることを、「5.　応力評価」にて示す方法にて確認することで実施する。

使用済燃料ラック及び破損燃料容器ラックの耐震評価フローを第2－7図に示す。




第2－7図　使用済燃料ラック及び破損燃料容器ラックの耐震評価フロー

3.　耐震評価箇所

ピット A、B で構造が類似しており、各ブロックの NS 方向、EW 方向も類似構造あるため、壁サポート数が最も少ないブロック A の NS 方向、及び、質量が最大で破損燃料容器ラックを内蔵するブロック H の NS 方向を耐震評価上厳しいケースとして選定し評価を実施する。また、評価箇所は評価上厳しい箇所を選出して実施する。

使用済燃料ラック及び破損燃料容器ラックの耐震評価箇所及び材料について、第 3－1 表に示す。

第 3－1 表　評価箇所及び材料

| 機　器 | 評価箇所 | 材　料 |
|---|---|---|
| 使用済燃料ラック | ラックセル | ボロン添加ステンレス鋼 |
| | ピット壁と固定金具の溶接部<br>固定金具と保持金具の溶接部<br>保持金具溶接部<br>サポート板<br>ボルトプレート<br>ラックセル支持脚<br>上部・下部支持格子<br>中間支持格子<br>ステー<br>連接板 | SUS304 |
| | 取付ボルト | SUS630 |
| 破損燃料容器ラック | ラックセル<br>容器止め板溶接部<br>ラックセル脚部 | SUS304 |

4. 地震応答解析

4.1 基本方針

(1) 使用済燃料ラック及び破損燃料容器ラックの固有値解析及び地震応答解析には、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 2 次元はりモデルを適用する。なお、卓越振動数が 30Hz 以上である場合は最大床加速度の 1.2 倍を用いた静解析を、20Hz 以上 30Hz 未満である場合はスペクトルモーダル解析及び最大床加速度の 1.2 倍を用いた静解析を、20Hz 未満である場合はスペクトルモーダル解析を実施する。

(2) 解析コードは MSC NASTRAN を使用する。なお、評価に用いる解析コード MSC NASTRAN 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) 耐震計算に用いる寸法は、公称値を使用する。

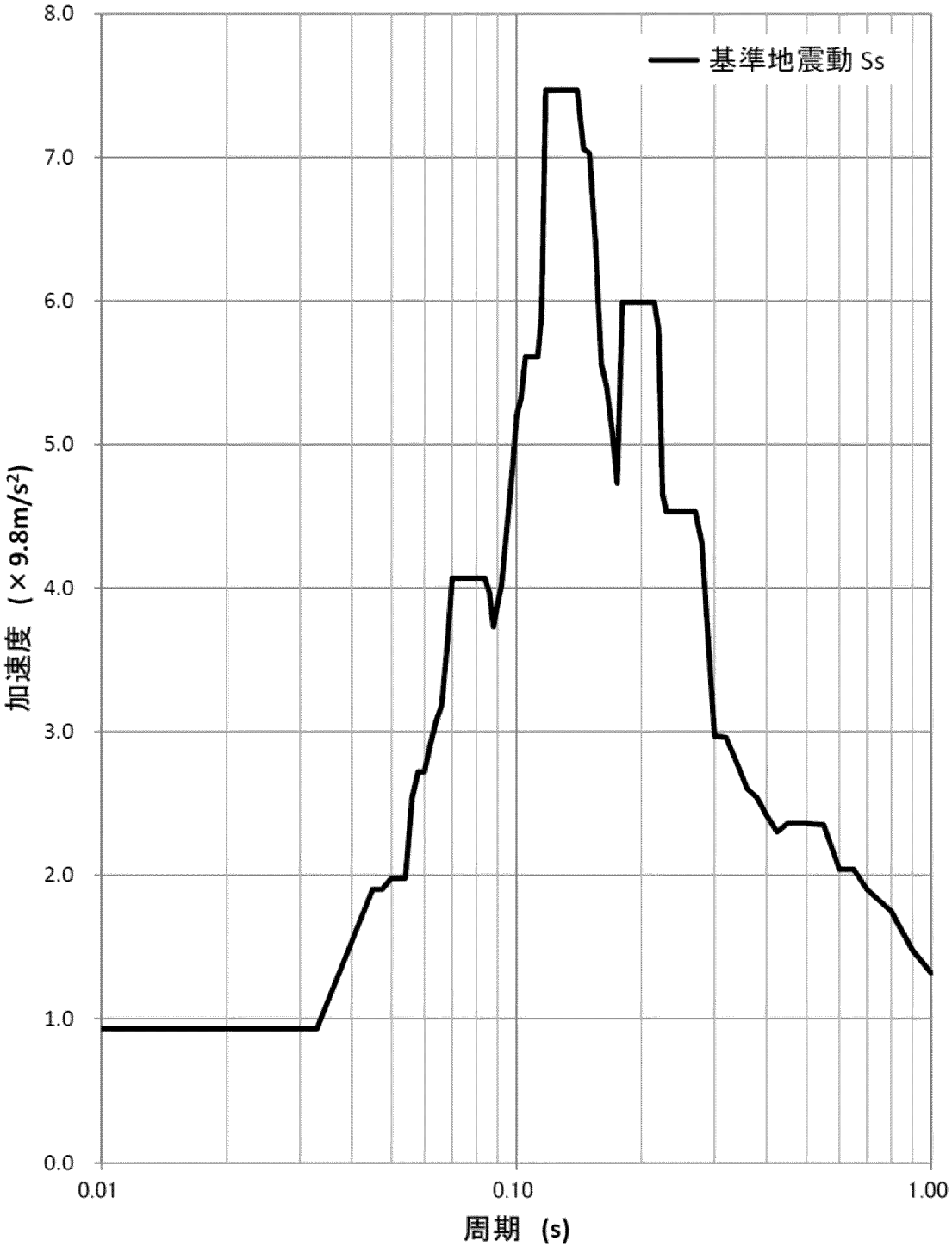
4.2 設計用地震力

使用済燃料ラック及び破損燃料容器ラックの耐震計算に用いる設計用地震力は、資料 6－4「設計用床応答曲線の作成方針」にて設定した床応答の作成方針に基づき、第 4－1 表にて示す条件を用いて作成した第 4－1 図及び第 4－2 図に示す設計用床応答曲線を用いる。

第 4－1 表　設計用地震力

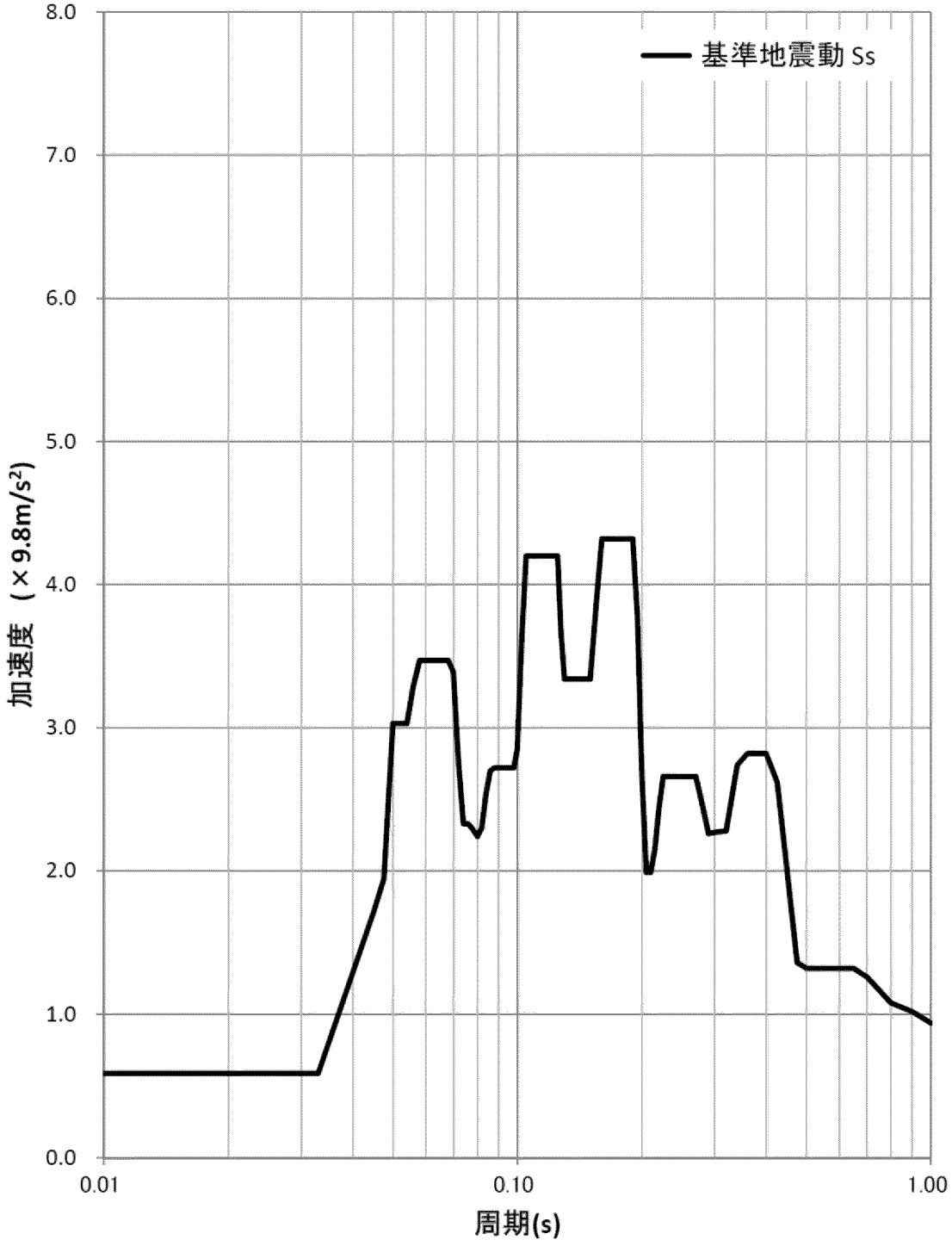
| 地震動 | 設置場所及び床面高さ (m) | 設計用床応答曲線 | | | 備　考 |
|---|---|---|---|---|---|
| | | 建屋及び高さ (m) | 方　向 | 減衰定数 (%) | |
| 弾性設計用地震動 Sd | 原子炉周辺建屋 EL. －1.15 | 原子炉周辺建屋 (注) EL. 3.7 | 水　平 | 1.0 | 水平方向は Sd－1～Sd－5 の X 方向及び Y 方向の包絡曲線を用いる。<br>鉛直方向は Sd－1～Sd－5 の Z 方向の包絡曲線を用いる。 |
| | | | 鉛　直 | 1.0 | |
| 基準地震動 Ss | 原子炉周辺建屋 EL. －1.15 | 原子炉周辺建屋 (注) EL. 3.7 | 水　平 | 1.0 | 水平方向は Ss－1～Ss－5 の X 方向及び Y 方向の包絡曲線を用いる。<br>鉛直方向は Ss－1～Ss－5 の Z 方向の包絡曲線を用いる。 |
| | | | 鉛　直 | 1.0 | |

（注）上部サポートより上の点での地震力にて評価



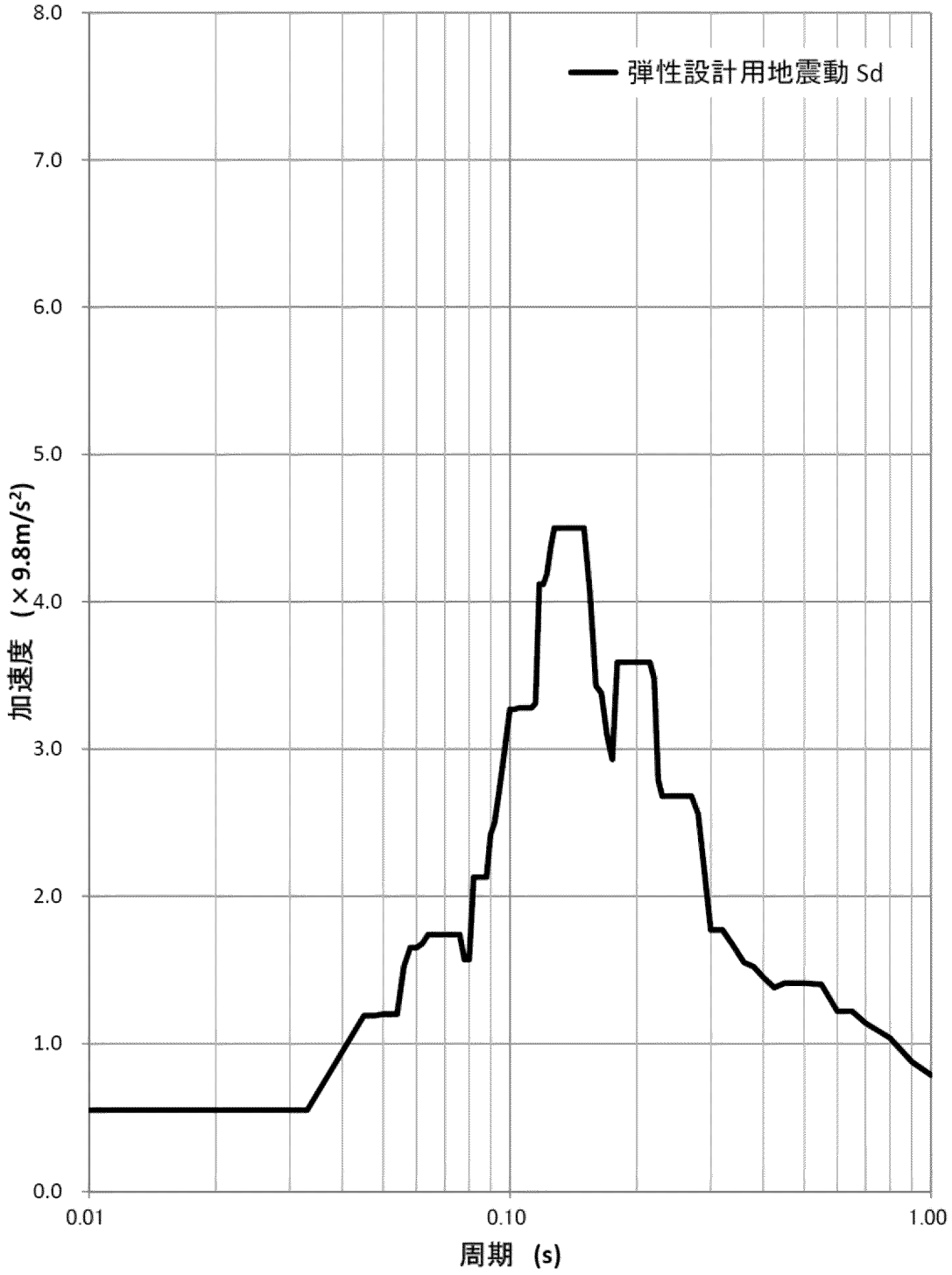

第 4－1 図(1/2)　基準地震動 Ss

（原子炉周辺建屋 EL. 3.7　減衰定数 1.0%　水平方向　包絡）



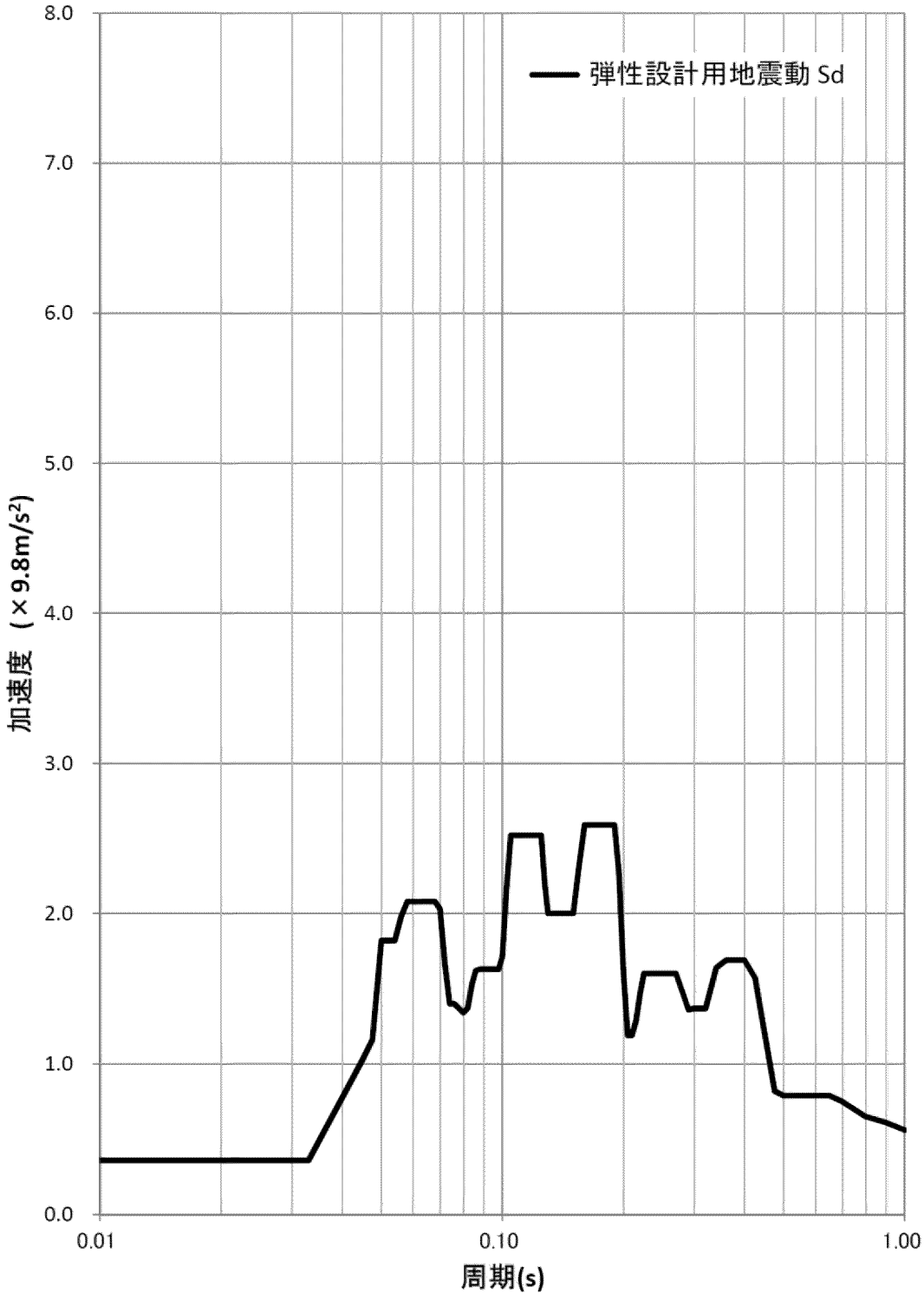

第 4－1 図(2/2)　基準地震動 Ss

（原子炉周辺建屋EL. 3.7m　減衰定数1.0%　鉛直方向　包絡）




第 4－2 図(1/2)　弾性設計用地震動 Sd

（原子炉周辺建屋EL. 3.7m　減衰定数1.0%　水平方向　包絡）

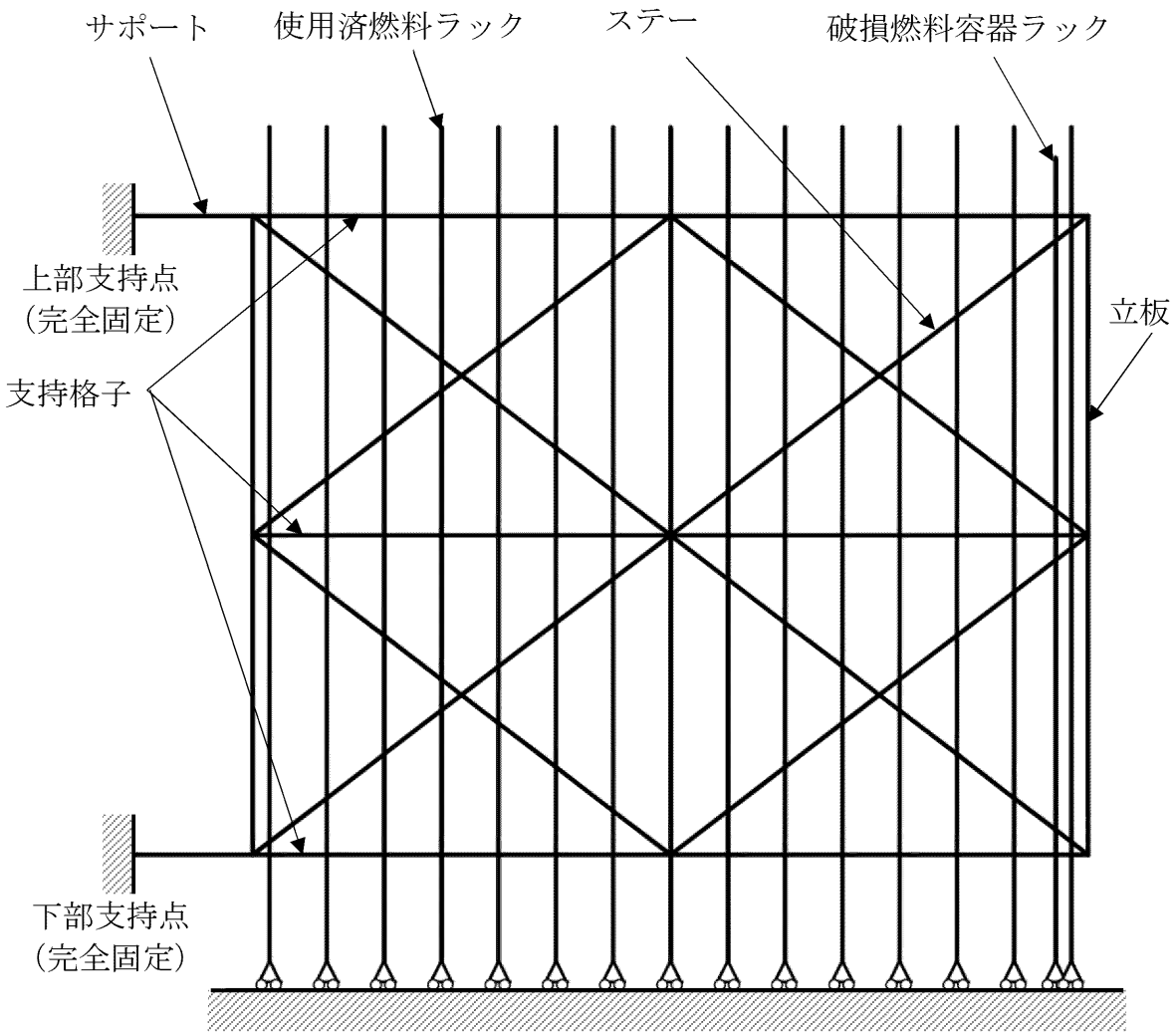



第 4－2 図(2/2)　弾性設計用地震動 Sd

（原子炉周辺建屋EL. 3.7m　減衰定数1.0%　鉛直方向　包絡）

4.3　解析モデル及び諸元

解析モデルを第4－3図に、解析に用いる諸元を第4－2表に示す。




第 4－3 図　解析モデル

第4－2表　解析諸元

| 項　目 | | | 内　容 |
|---|---|---|---|
| 諸　元 | 使用済燃料ラック | 中心間距離　(mm) | |
| | | 内のり　(mm) | |
| | | 全高　(mm) | |
| | | 厚さ　(mm) | |
| | 破損燃料容器ラック | 中心間距離 (注1)　(mm) | |
| | | 内のり　(mm) | |
| | | 全高　(mm) | |
| | | 厚さ　(mm) | |
| 構　造 | 使用済燃料ラック | ラックセル質量　(kg) | |
| | | 内部水質量　(kg) | |
| | | 付加水質量　(kg) | |
| | 破損燃料容器ラック | ラックセル質量　(kg) | |
| | | 内部水質量　(kg) | |
| | | 付加水質量　(kg) | |
| | | 破損燃料容器質量　(kg) | |
| | | 破損燃料容器内部水質量　(kg) | |
| | | 破損燃料容器付加水質量　(kg) | |
| | 燃料集合体 | 質量　(kg) | |
| 材料物性 | 機械的性質 (注2) | 縦弾性係数（at 65℃）(MPa) | 191,800 |
| | | ポアソン比　(—) | 0.3 |
| | ステンレス鋼の密度　(kg/mm$^3$) | | $7.93\times10^{-6}$ |
| ほう酸水の密度　(kg/mm$^3$) | | | $1.01\times10^{-6}$ |

（注1）破損燃料ラック中心と隣接する使用済燃料ラック中心の距離

（注2）ステンレス鋼及びボロン添加ステンレス鋼共通

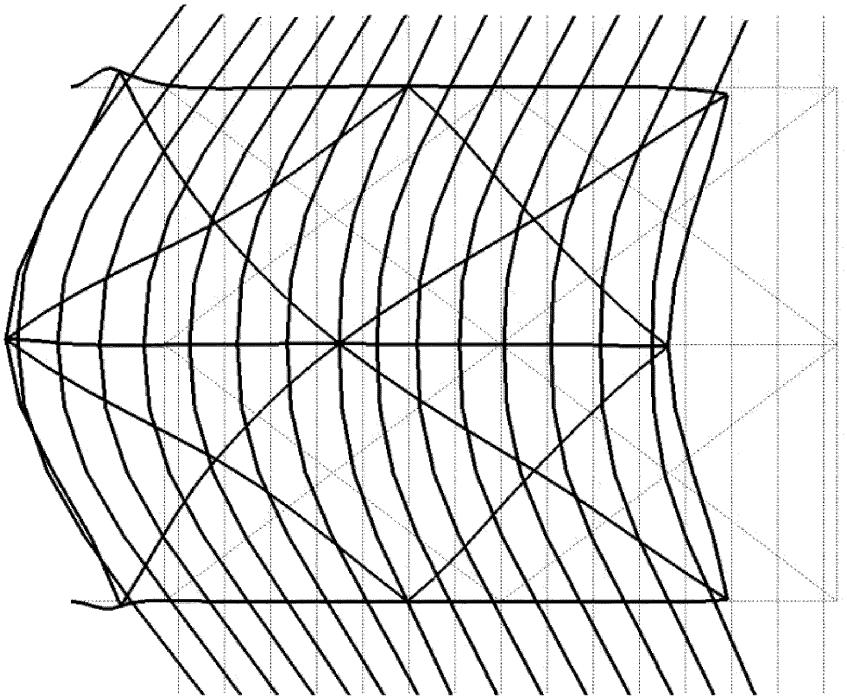
## 4.4　応答解析結果

### 4.4.1　固有値解析結果

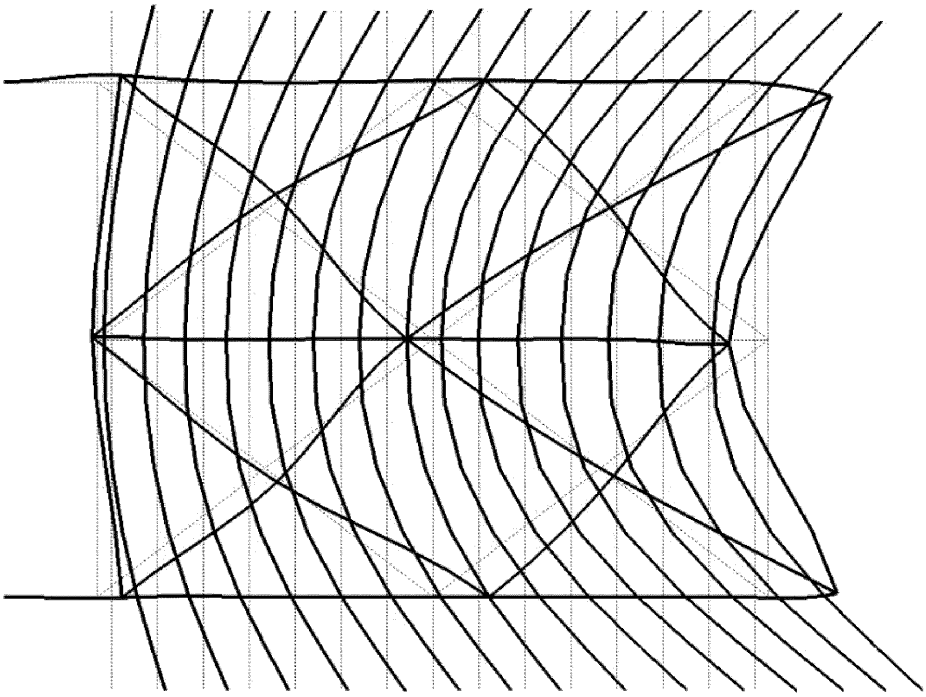
ブロックA－NS方向の固有値解析結果を第4－3表、ブロックH－NS方向の固有値解析結果を第4－4表に示す。また、刺激係数の値が大きく支配的となる代表モードのモード図を第4－4図～第4－7図に示す。

第４－３表　固有値解析結果
（ブロック A－NS 方向）

| モデル | 次　数 | 固有振動数 (Hz) | 刺激係数 | | | 卓越相当部材 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | X 方向 | Y 方向 | Z 方向 | |
| ブロック A NS 方向 | 1 | 26.66 | －16.17 | 0 | 0.04 | ラックセル |
| | 2 | 46.77 | －0.16 | 0 | －0.09 | ラックセル |
| | 3 | 55.05 | 0.49 | 0 | －0.65 | ラックセル |
| | 4 | 60.25 | 4.75 | 0 | 0.05 | ラックセル |
| | 5 | 74.64 | －0.09 | 0 | 0.01 | ラックセル |
| | 6 | 75.09 | －0.05 | 0 | －0.02 | ラックセル |
| | 7 | 75.24 | 0.01 | 0 | －0.05 | ラックセル |
| | 8 | 75.29 | 0.02 | 0 | 0.00 | ラックセル |
| | 9 | 75.30 | 0.00 | 0 | －0.01 | ラックセル |
| | 10 | 75.32 | 0.00 | 0 | 0.00 | ラックセル |
| | 11 | 75.32 | 0.00 | 0 | 0.01 | ラックセル |
| | 12 | 75.33 | －0.01 | 0 | 0.00 | ラックセル |
| | 13 | 75.33 | 0.00 | 0 | 0.00 | ラックセル |
| | 14 | 75.33 | 0.00 | 0 | 0.00 | ラックセル |
| | 15 | 75.33 | 0.00 | 0 | 0.00 | ラックセル |
| | 16 | 75.33 | 0.00 | 0 | 0.00 | ラックセル |
| | 17 | 75.33 | 0.00 | 0 | 0.00 | ラックセル |
| | 18 | 75.33 | 0.00 | 0 | 0.00 | ラックセル |
| | 19 | 77.64 | 0.21 | 0 | 0.13 | ラックセル |
| | 20 | 82.70 | －0.11 | 0 | 0.03 | ラックセル |
| | 21 | 85.33 | 0.05 | 0 | 15.35 | ラックセル |



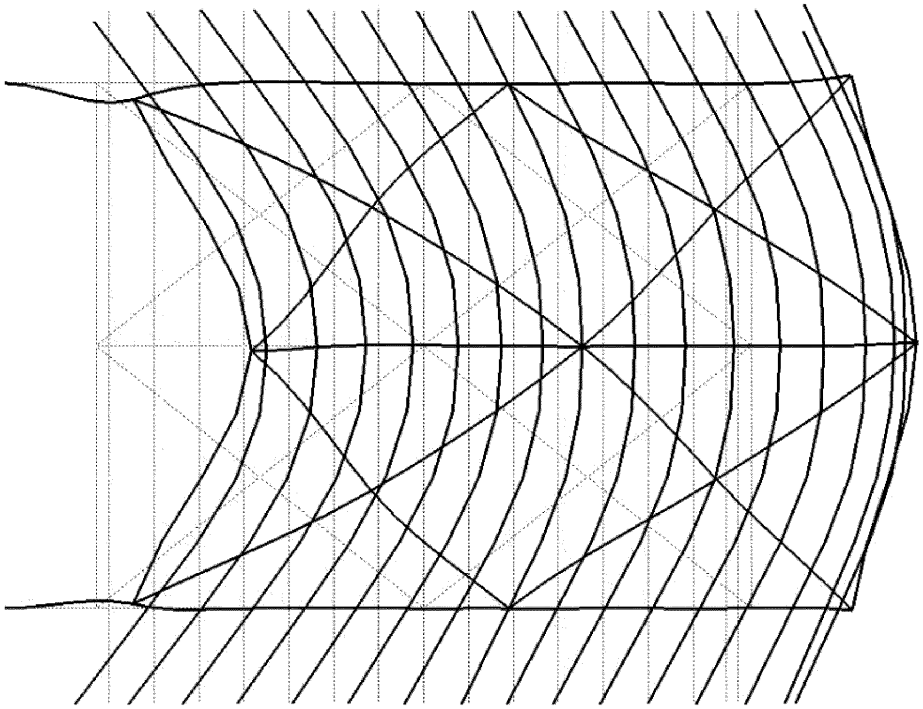
第 4－4 図　ブロック A－NS 方向　1 次モード (26.66Hz)



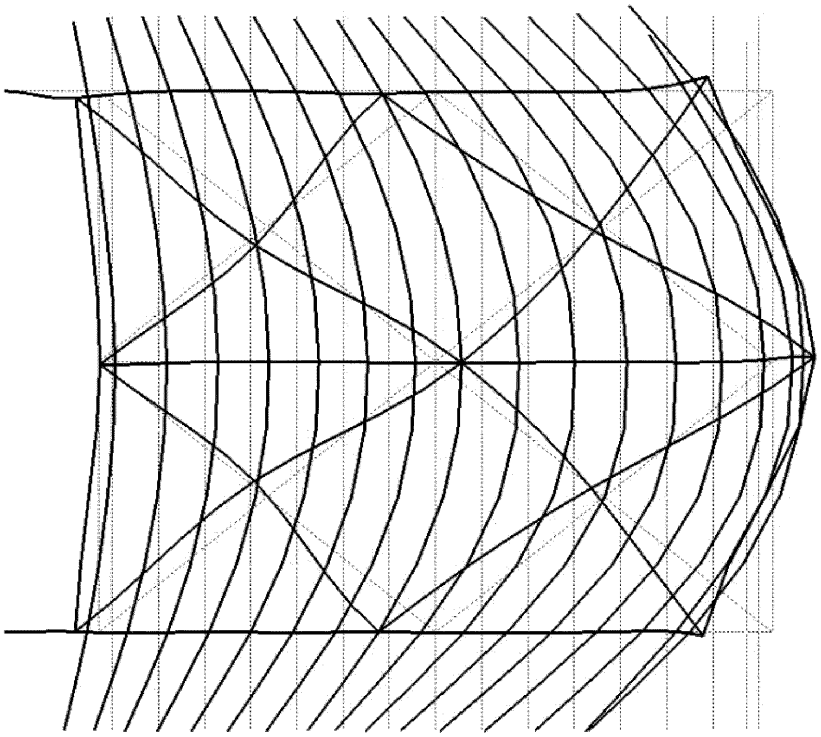
第 4－5 図　ブロック A－NS 方向　卓越 2 次モード（60.25Hz）

第 4－4 表　固有値解析結果
（ブロック H－NS 方向）

| モデル | 次　数 | 固有振動数 (Hz) | 刺激係数 | | | 卓越相当部材 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | X 方向 | Y 方向 | Z 方向 | |
| ブロック H NS 方向 | 1 | 26.65 | 17.02 | 0 | －0.04 | ラックセル |
| | 2 | 46.97 | －0.17 | 0 | －0.08 | ラックセル |
| | 3 | 54.27 | －0.85 | 0 | 0.62 | ラックセル |
| | 4 | 59.62 | －5.50 | 0 | －0.06 | ラックセル |
| | 5 | 74.67 | －0.10 | 0 | 0.01 | ラックセル |
| | 6 | 75.09 | 0.05 | 0 | 0.02 | ラックセル |
| | 7 | 75.24 | －0.01 | 0 | 0.04 | ラックセル |
| | 8 | 75.28 | 0.02 | 0 | 0.00 | ラックセル |
| | 9 | 75.30 | 0.00 | 0 | －0.01 | ラックセル |
| | 10 | 75.31 | －0.01 | 0 | 0.00 | ラックセル |
| | 11 | 75.32 | 0.00 | 0 | －0.01 | ラックセル |
| | 12 | 75.33 | 0.01 | 0 | 0.00 | ラックセル |
| | 13 | 75.33 | 0.00 | 0 | 0.00 | ラックセル |
| | 14 | 75.33 | 0.00 | 0 | 0.00 | ラックセル |
| | 15 | 75.33 | 0.00 | 0 | 0.00 | ラックセル |
| | 16 | 75.33 | 0.00 | 0 | 0.00 | ラックセル |
| | 17 | 75.33 | 0.00 | 0 | 0.00 | ラックセル |
| | 18 | 75.33 | 0.00 | 0 | 0.00 | ラックセル |
| | 19 | 77.62 | －0.24 | 0 | －0.11 | ラックセル |
| | 20 | 82.18 | －0.12 | 0 | －0.01 | ラックセル |
| | 21 | 85.26 | 0.06 | 0 | 16.35 | ラックセル |



第 4－6 図　ブロック H－NS 方向　1 次モード (26.65Hz)



第 4－7 図　ブロック H－NS 方向　卓越 2 次モード (59.62Hz)

### 4.4.2　地震応答解析結果

水平方向の設計用地震力を用いた地震応答解析より得られる各評価部位に作用する地震荷重を第 4－5 表及び第 4－6 表に示す。

鉛直方向の設計用地震力を用いた地震応答解析より得られる各評価部位に作用する地震荷重を第 4－7 表及び第 4－8 表に示す。

第 4－5 表　地震荷重（Sd 地震時、ブロック A－NS モデル）

| 機器 | 応力評価箇所 | 荷重の種類 | 部材発生荷重（最大値） |
|---|---|---|---|
| 使用済燃料ラック | ラックセル | 曲げモーメント(N･m) | 17,535 |
| | | せん断力　(N) | 26,000 |
| | ピット壁と固定金具の溶接部 | 引張力　(N) | 1,032,501 |
| | 固定金具と保持金具の溶接部 | せん断力　(N) | 1,032,501 |
| | 保持金具溶接部 | せん断力　(N) | 1,032,501 |
| | サポート板 | せん断力　(N) | 1,032,501 |
| | | 引張力　(N) | 1,032,501 |
| | | 支圧力　(N) | 1,032,501 |
| | ボルトプレート | せん断力　(N) | 1,032,501 |
| | | 引張力　(N) | 1,032,501 |
| | | 支圧力　(N) | 1,032,501 |
| | 取付ボルト | せん断力　(N) | 1,032,501 |
| | ラックセル支持脚 | 圧縮力　(N) | 12,401 |
| | 上部・下部支持格子 | 引張力　(N) | 859,815 |
| | 中間支持格子 | 引張力　(N) | 226,804 |
| | ステー | せん断力　(N) | 3,339 |
| | | 引張力　(N) | 209,761 |
| | 連接板 | せん断力　(N) | 1,032,501 |
| | | 引張力　(N) | 1,032,501 |
| | | 支圧力　(N) | 1,032,501 |

第 4－6 表　地震荷重（Sd 地震時、ブロック H－NS モデル）

| 機器 | 応力評価箇所 | 荷重の種類 | 部材発生荷重（最大値） |
|---|---|---|---|
| 使用済燃料ラック | ラックセル | 曲げモーメント(N･m) | 21,300 |
| | | せん断力　(N) | 30,317 |
| | ピット壁と固定金具の溶接部 | 引張力　(N) | 1,144,013 |
| | 固定金具と保持金具の溶接部 | せん断力　(N) | 1,144,013 |
| | 保持金具溶接部 | せん断力　(N) | 1,144,013 |
| | サポート板 | せん断力　(N) | 1,144,013 |
| | | 引張力　(N) | 1,144,013 |
| | | 支圧力　(N) | 1,144,013 |
| | ボルトプレート | せん断力　(N) | 1,144,013 |
| | | 引張力　(N) | 1,144,013 |
| | | 支圧力　(N) | 1,144,013 |
| | 取付ボルト | せん断力　(N) | 1,144,013 |
| | ラックセル支持脚 | 圧縮力　(N) | 12,401 |
| | 上部・下部支持格子 | 引張力　(N) | 960,323 |
| | 中間支持格子 | 引張力　(N) | 247,817 |
| | ステー | せん断力　(N) | 3,444 |
| | | 引張力　(N) | 223,355 |
| | 連接板 | せん断力　(N) | 1,144,013 |
| | | 引張力　(N) | 1,144,013 |
| | | 支圧力　(N) | 1,144,013 |
| 破損燃料容器ラック | ラックセル | 曲げモーメント(N･m) | 2,537 |
| | | せん断力　(N) | 4,211 |
| | 容器止め板溶接部 | せん断力　(N) | 23,031 |
| | ラックセル脚部 | 圧縮力　(N) | 26,542 |

第4－7表　地震荷重（Ss地震時、ブロックA－NSモデル）

| 機器 | 応力評価箇所 | 荷重の種類 | 部材発生荷重（最大値） |
|---|---|---|---|
| 使用済燃料ラック | ラックセル | 曲げモーメント(N･m) | 28,714 |
| | | せん断力　(N) | 42,577 |
| | ピット壁と固定金具の溶接部 | 引張力　(N) | 1,690,970 |
| | 固定金具と保持金具の溶接部 | せん断力　(N) | 1,690,970 |
| | 保持金具溶接部 | せん断力　(N) | 1,690,970 |
| | サポート板 | せん断力　(N) | 1,690,970 |
| | | 引張力　(N) | 1,690,970 |
| | | 支圧力　(N) | 1,690,970 |
| | ボルトプレート | せん断力　(N) | 1,690,970 |
| | | 引張力　(N) | 1,690,970 |
| | | 支圧力　(N) | 1,690,970 |
| | 取付ボルト | せん断力　(N) | 1,690,970 |
| | ラックセル支持脚 | 圧縮力　(N) | 14,791 |
| | 上部・下部支持格子 | 引張力　(N) | 1,408,295 |
| | 中間支持格子 | 引張力　(N) | 371,689 |
| | ステー | せん断力　(N) | 5,468 |
| | | 引張力　(N) | 343,513 |
| | 連接板 | せん断力　(N) | 1,690,970 |
| | | 引張力　(N) | 1,690,970 |
| | | 支圧力　(N) | 1,690,970 |

第 4－8 表　地震荷重（Ss 地震時、ブロック H－NS モデル）

| 機器 | 応力評価箇所 | 荷重の種類 | 部材発生荷重（最大値） |
|---|---|---|---|
| 使用済燃料ラック | ラックセル | 曲げモーメント(N･m) | 34,879 |
| | | せん断力　(N) | 49,679 |
| | ピット壁と固定金具の溶接部 | 引張力　(N) | 1,873,606 |
| | 固定金具と保持金具の溶接部 | せん断力　(N) | 1,873,606 |
| | 保持金具溶接部 | せん断力　(N) | 1,873,606 |
| | サポート板 | せん断力　(N) | 1,873,606 |
| | | 引張力　(N) | 1,873,606 |
| | | 支圧力　(N) | 1,873,606 |
| | ボルトプレート | せん断力　(N) | 1,873,606 |
| | | 引張力　(N) | 1,873,606 |
| | | 支圧力　(N) | 1,873,606 |
| | 取付ボルト | せん断力　(N) | 1,873,606 |
| | ラックセル支持脚 | 圧縮力　(N) | 14,791 |
| | 上部・下部支持格子 | 引張力　(N) | 1,591,873 |
| | 中間支持格子 | 引張力　(N) | 406,226 |
| | ステー | せん断力　(N) | 5,642 |
| | | 引張力　(N) | 365,758 |
| | 連接板 | せん断力　(N) | 1,873,606 |
| | | 引張力　(N) | 1,873,606 |
| | | 支圧力　(N) | 1,873,606 |
| 破損燃料容器ラック | ラックセル | 曲げモーメント(N･m) | 4,158 |
| | | せん断力　(N) | 6,896 |
| | 容器止め板溶接部 | せん断力　(N) | 27,470 |
| | ラックセル脚部 | 圧縮力　(N) | 31,658 |

## 5. 応力評価

### 5.1 基本方針

(1) 使用済燃料ラック及び破損燃料容器ラックの応力評価には、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公式等による評価手法を適用する。

(2) 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。

(3) 耐震計算に用いる寸法は、公称値を使用する。

### 5.2 使用材料の許容応力

使用済燃料ラック及び破損燃料容器ラックの使用材料の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第 5－1 表に、重大事故等対処施設の評価に用いるものを第 5－2 表に示す。

第5－1表　使用材料の許容応力（設計基準対象施設）

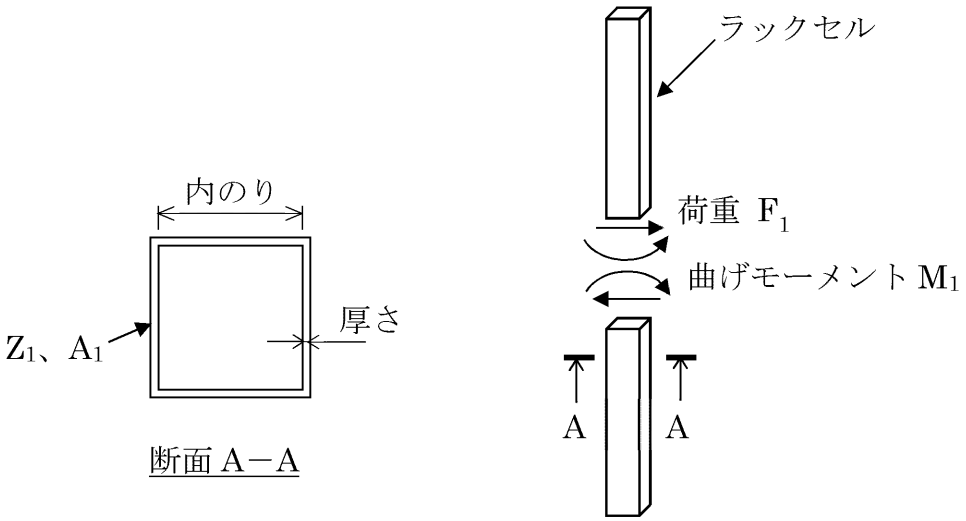
| 機　器 | 材　料 | 温度条件<br>(℃) | Sy<br>(MPa) | Su<br>(MPa) | Sy(RT)<br>(MPa) | F<br>(MPa) | F*<br>(MPa) | 評価部位 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 使用済燃料ラック | ボロン添加ステンレス鋼 | 65<br>（最高使用温度） | 184 | 481 | 205 | 205 | 205 | ラックセル |
| | SUS304 | | 184 | 481 | 205 | 205 | 205 | ピット壁と固定金具の溶接部<br>固定金具と保持金具の溶接部<br>保持金具溶接部<br>サポート板<br>ボルトプレート<br>ラックセル支持脚<br>上部・下部支持格子<br>中間支持格子<br>ステー<br>連接板 |
| | SUS630 | | 830 | 935 | 860 | 654 | 654 | 取付ボルト |
| 破損燃料容器ラック | SUS304 | | 184 | 481 | 205 | 205 | 205 | ラックセル<br>容器止め板溶接部<br>ラックセル脚部 |

第5－2表　使用材料の許容応力（重大事故等対処施設）

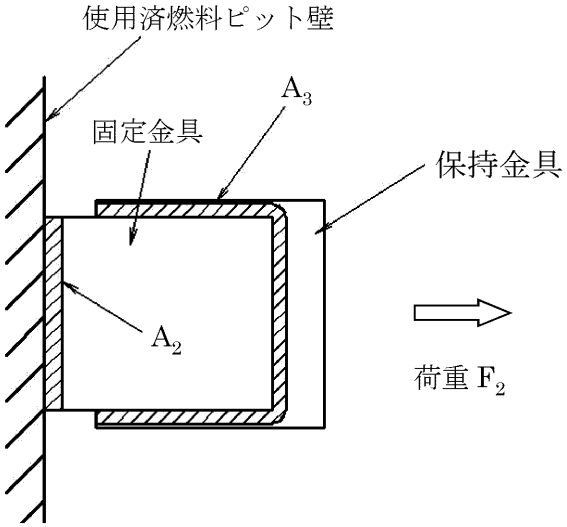
| 機　器 | 材　料 | 温度条件<br>(℃) | Sy<br>(MPa) | Su<br>(MPa) | Sy(RT)<br>(MPa) | F<br>(MPa) | F*<br>(MPa) | 評価部位 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 使用済燃料ラック | ボロン添加ステンレス鋼 | 100<br>（最高使用温度） | 170 | 441 | 205 | 205 | 205 | ラックセル |
| | SUS304 | | 170 | 441 | 205 | 205 | 205 | ピット壁と固定金具の溶接部<br>固定金具と保持金具の溶接部<br>保持金具溶接部<br>サポート板<br>ボルトプレート<br>ラックセル支持脚<br>上部・下部支持格子<br>中間支持格子<br>ステー<br>連接板 |
| | SUS630 | | 793 | 909 | 860 | 636 | 636 | 取付ボルト |
| 破損燃料容器ラック | SUS304 | | 170 | 441 | 205 | 205 | 205 | ラックセル<br>容器止め板溶接部<br>ラックセル脚部 |

5.3　評価部位詳細

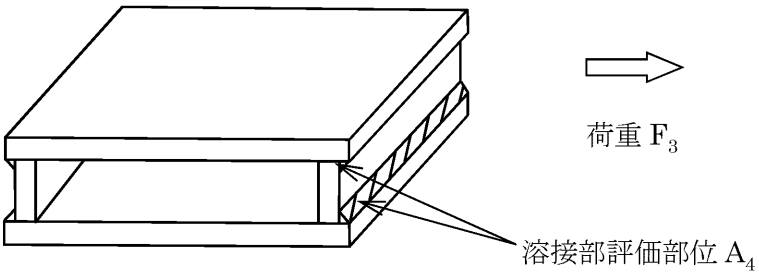
使用済燃料ラック及び破損燃料容器ラックの応力評価を行う箇所の構造を第5－1図～第5－15図、応力評価条件を第5－3表に示す。

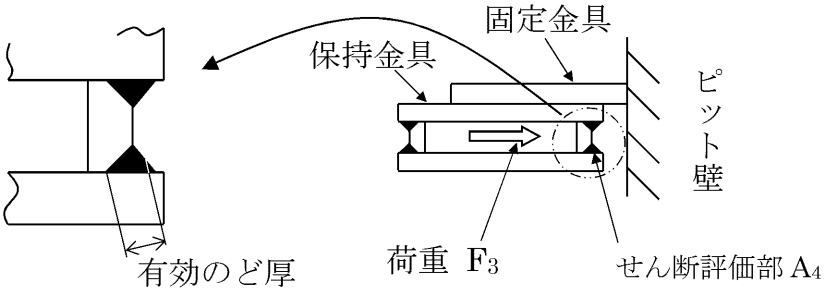



第5－1図　使用済燃料ラック　ラックセルの応力評価断面

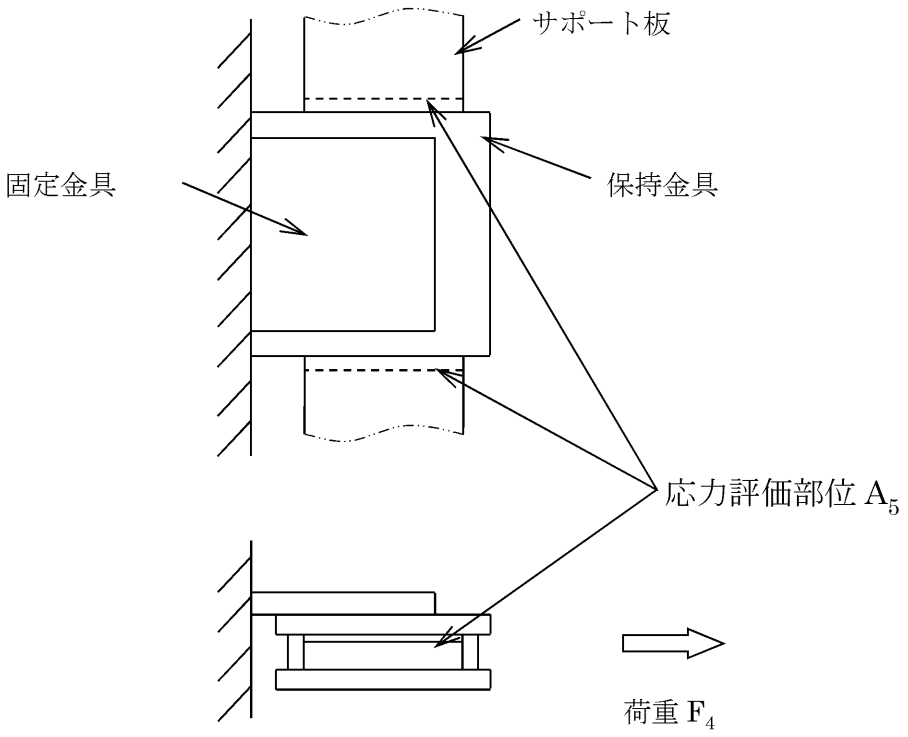


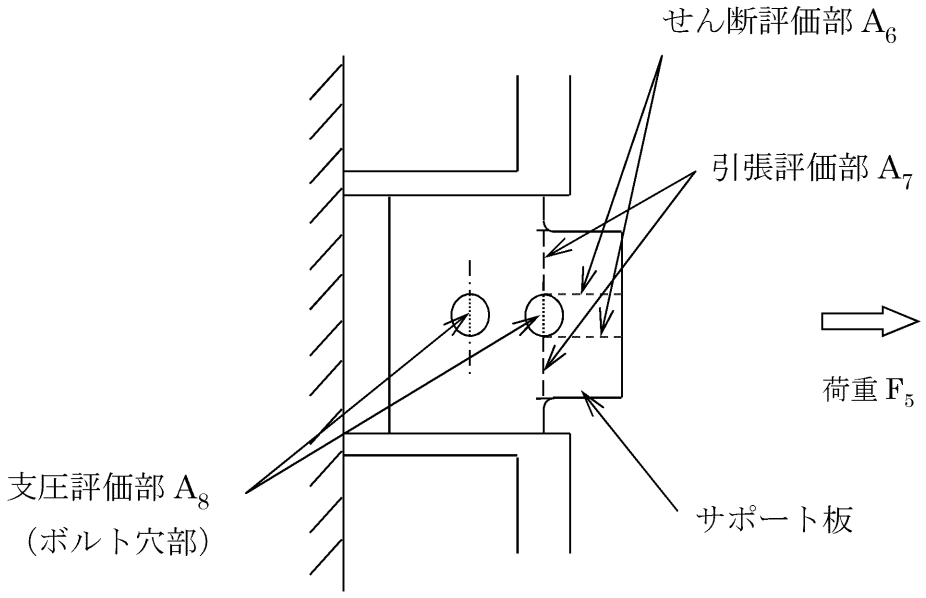

第5－2図　ピット壁と固定金具及び固定金具と保持金具の溶接部



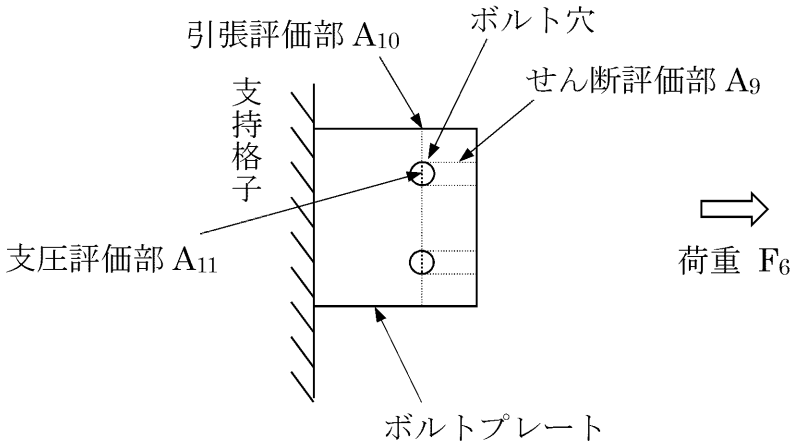




第５－３図　保持金具溶接部

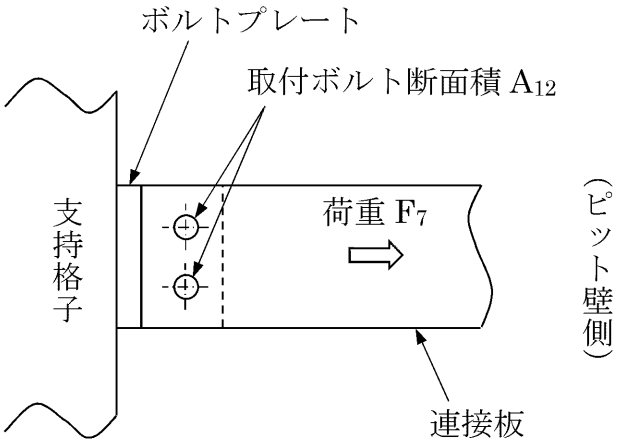


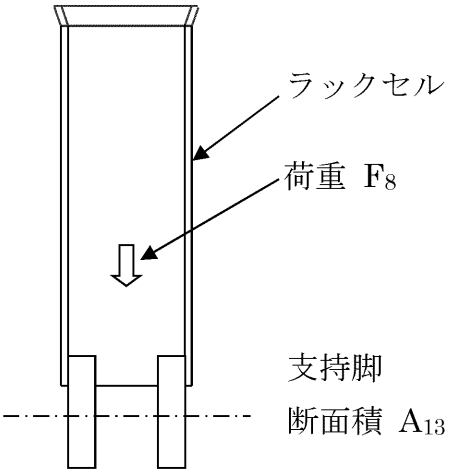

第 5－4 図　サポート板の応力評価断面



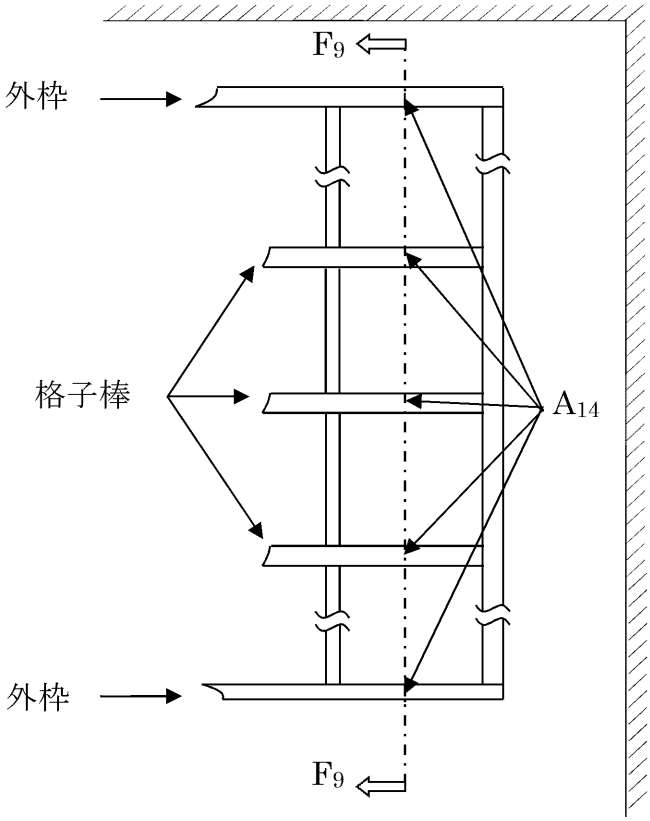

第 5－5 図　ボルトプレートの応力評価断面



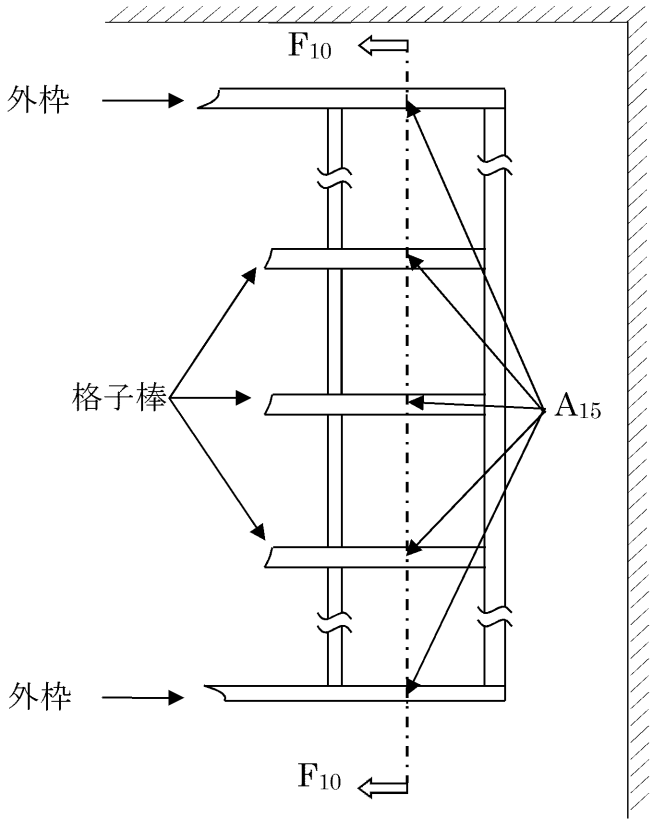

第 5－6 図　取付ボルト



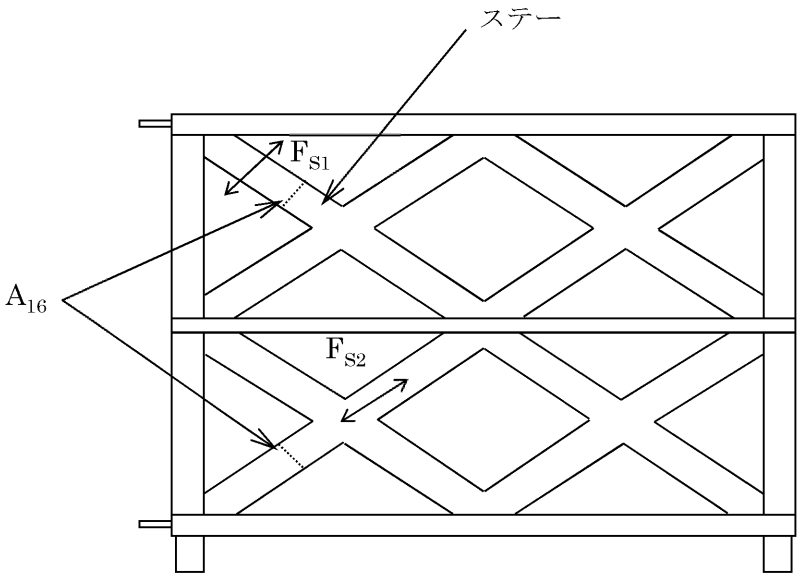

第 5－7 図　ラックセル支持脚の応力評価断面



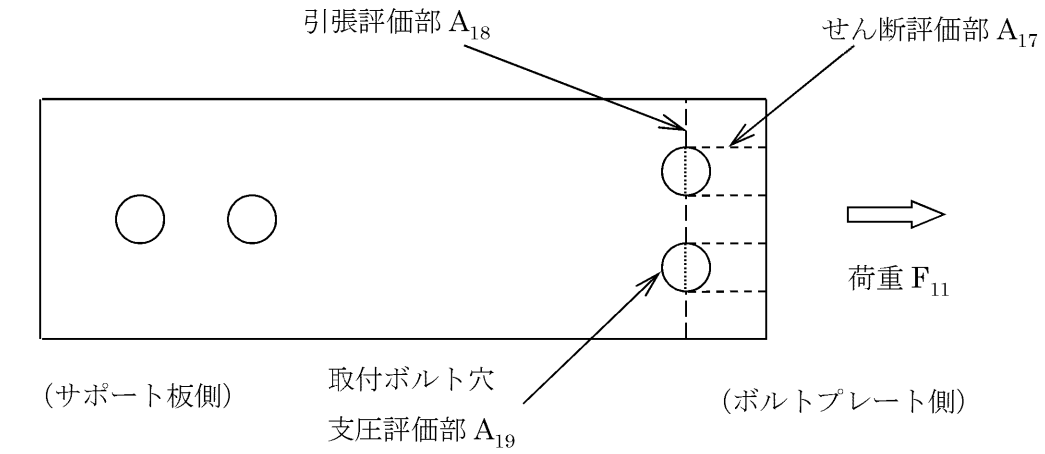

第 5－8 図　上部・下部支持格子の応力評価断面



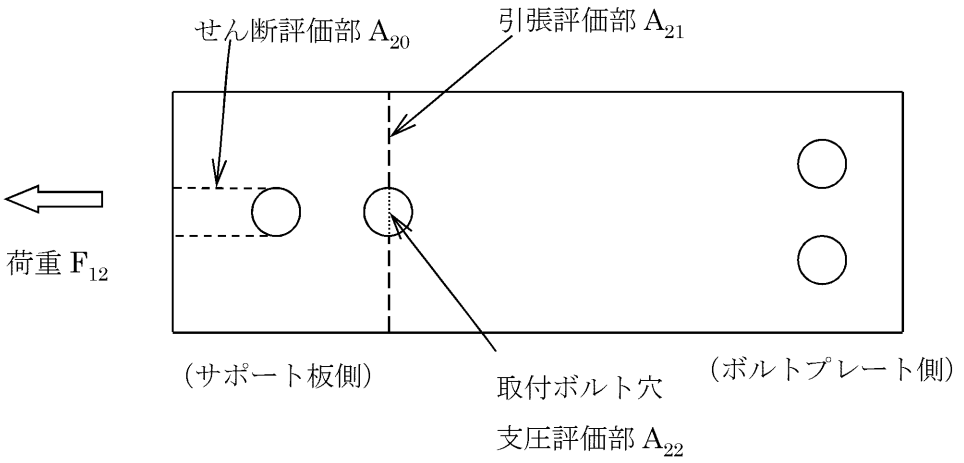

第 5－9 図　中間支持格子の応力評価断面



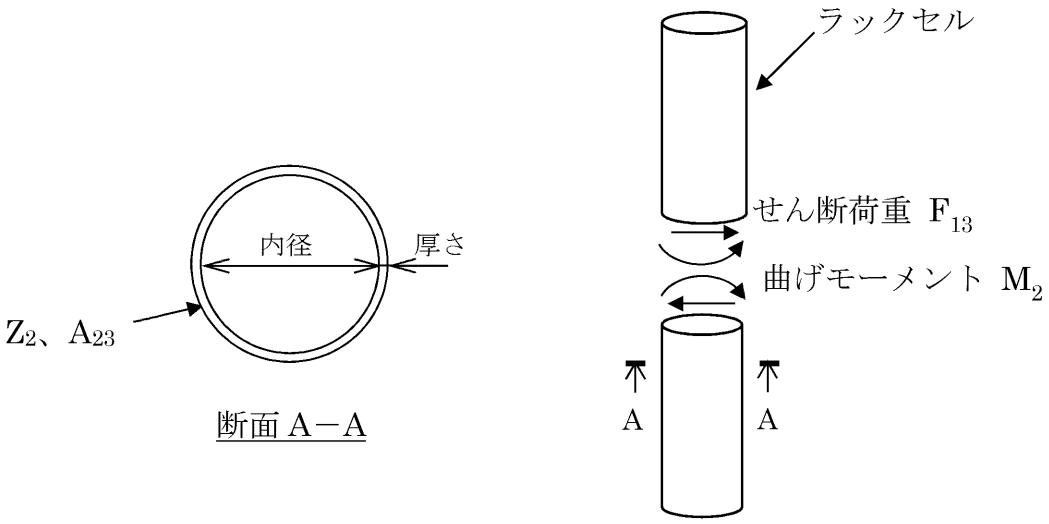

第 5－10 図　ステーの応力評価断面



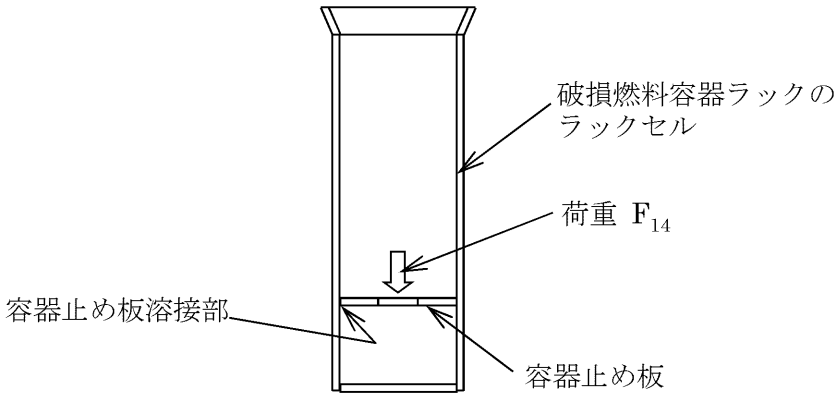

第 5－11 図　連接板のボルトプレート側の応力評価断面



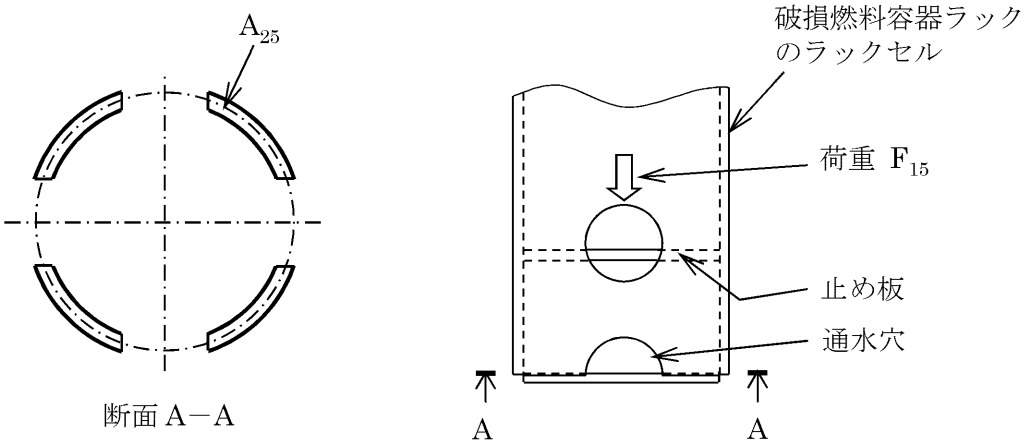

第 5－12 図　連接板のサポート板側の応力評価断面




第 5－13 図　破損燃料容器ラック ラックセルの応力評価断面




第 5－14 図　破損燃料容器ラック　容器止め板溶接部




第 5－15 図　破損燃料容器ラック　ラックセル脚部応力評価断面

第 5－3 表　応力評価条件(1/3)

| 機器 | 応力評価箇所 | 記号の説明 | 記号 | 単位 | 数値 (注) |
|---|---|---|---|---|---|
| 使用済燃料ラック | ラックセル | 断面積 | $A_1$ | $mm^2$ | 59,392 |
| | | 断面係数 | $Z_1$ | $mm^3$ | 4,516,470 |
| | | せん断荷重 | $F_1$ | N | 30,317<br>49,679 |
| | | 曲げモーメント | $M_1$ | N･m | 21,300<br>34,879 |
| | ピット壁と固定金具及び固定金具と保持金具の溶接部 | 引張断面積 | $A_2$ | $mm^2$ | 33,660 |
| | | せん断断面積 | $A_3$ | $mm^2$ | 42,468 |
| | | 荷重 | $F_2$ | N | 1,144,013<br>1,873,606 |
| | 保持金具溶接部 | せん断断面積 | $A_4$ | $mm^2$ | 57,200 |
| | | 保持金具に作用する荷重 | $F_3$ | N | 1,144,013<br>1,873,606 |
| | サポート板 | サポート板拘束部のせん断断面積 | $A_5$ | $mm^2$ | 51,000 |
| | | 荷重（拘束部） | $F_4$ | N | 1,144,013<br>1,873,606 |
| | | サポート板接続部のせん断断面積 | $A_6$ | $mm^2$ | 20,800 |
| | | サポート板の最も細い部分の引張断面積 | $A_7$ | $mm^2$ | 12,160 |
| | | 支圧面積 | $A_8$ | $mm^2$ | 9,600 |
| | | 荷重（接続部） | $F_5$ | N | 1,032,501<br>1,690,970 |
| | ボルトプレート | せん断断面積 | $A_9$ | $mm^2$ | 57,600 |
| | | 引張断面積 | $A_{10}$ | $mm^2$ | 19,680 |
| | | 支圧面積 | $A_{11}$ | $mm^2$ | 14,400 |
| | | 荷重 | $F_6$ | N | 1,032,501<br>1,690,970 |

（注）荷重値の上段は Sd 地震時、下段は Ss 地震時の荷重を示す。

第 5－3 表　応力評価条件(2/3)

| 機器 | 応力評価箇所 | 記号の説明 | 記号 | 単位 | 数値 (注) |
|---|---|---|---|---|---|
| 使用済燃料ラック | 取付ボルト | せん断断面積 | $A_{12}$ | $mm^2$ | 8,976 |
| | | 荷重 | $F_7$ | N | 1,032,501 |
| | ラックセル支持脚 | 圧縮断面積 | $A_{13}$ | $mm^2$ | 10,000 |
| | | 荷重 | $F_8$ | N | 12,401<br>14,791 |
| | 上部・下部支持格子 | 引張断面積 | $A_{14}$ | $mm^2$ | 79,580 |
| | | 荷重 | $F_9$ | N | 859,815<br>1,408,295 |
| | 中間支持格子 | 引張断面積 | $A_{15}$ | $mm^2$ | 20,250 |
| | | 荷重 | $F_{10}$ | N | 226,804<br>371,689 |
| | ステー | せん断及び引張断面積 | $A_{16}$ | $mm^2$ | 16,250 |
| | | せん断荷重 | $F_{S1}$ | N | 3,444<br>5,642 |
| | | 引張荷重 | $F_{S2}$ | N | 223,355<br>365,758 |
| | 連接板ボルトプレート側 | せん断断面積 | $A_{17}$ | $mm^2$ | 57,600 |
| | | 引張断面積 | $A_{18}$ | $mm^2$ | 19,680 |
| | | 支圧面積 | $A_{19}$ | $mm^2$ | 14,400 |
| | | 荷重 | $F_{11}$ | N | 1,032,501<br>1,690,970 |
| | 連接板サポート板側 | せん断断面積 | $A_{20}$ | $mm^2$ | 36,000 |
| | | 引張断面積 | $A_{21}$ | $mm^2$ | 27,840 |
| | | 支圧面積 | $A_{22}$ | $mm^2$ | 14,400 |
| | | 荷重 | $F_{12}$ | N | 1,032,501<br>1,690,970 |

（注）荷重値の上段は Sd 地震時、下段は Ss 地震時の荷重を示す。

第5－3表　応力評価条件(3/3)

| 機器 | 応力評価箇所 | 記号の説明 | 記号 | 単位 | 数値(注) |
|---|---|---|---|---|---|
| 破損燃料容器ラック | ラックセル | 断面係数 | $Z_2$ | $mm^3$ | 5,921 |
| | | 断面積 | $A_{23}$ | $mm^2$ | 550,930 |
| | | せん断荷重 | $F_{13}$ | N | 4,211<br>6,896 |
| | | 曲げモーメント | $M_2$ | N･m | 2,537<br>4,158 |
| | 容器止め板溶接部 | 容器止め板溶接部断面積 | $A_{24}$ | $mm^2$ | 1,040 |
| | | 荷重 | $F_{14}$ | N | 23,031<br>27,470 |
| | ラックセル脚部 | 圧縮断面積 | $A_{25}$ | $mm^2$ | 3,479 |
| | | 荷重 | $F_{15}$ | N | 26,542<br>31,658 |

（注）荷重値の上段はSd地震時、下段はSs地震時の荷重を示す。

# 耐震計算結果

| |
|---|
| 工事計画認可申請添付資料 6－8 |
| 玄海原子力発電所第 3 号機 |

# 使用済燃料ピットの耐震計算結果

| |
|---|
| 工事計画認可申請添付資料 ６－８－１ |
| 玄 海 原 子 力 発 電 所 第 ３ 号 機 |

目　　次

頁
1.　概　要　…… 6(3)-8-1-1

2.　評価結果　…… 6(3)-8-1-2
2.1　地震応答解析による評価結果　…… 6(3)-8-1-2
2.2　応力解析による評価結果　…… 6(3)-8-1-18

## 1. 概　要

本資料は、資料 6－7－1「使用済燃料ピットの耐震計算方法」に従い、使用済燃料ピットが設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを確認するための耐震計算の結果について記載したものである。

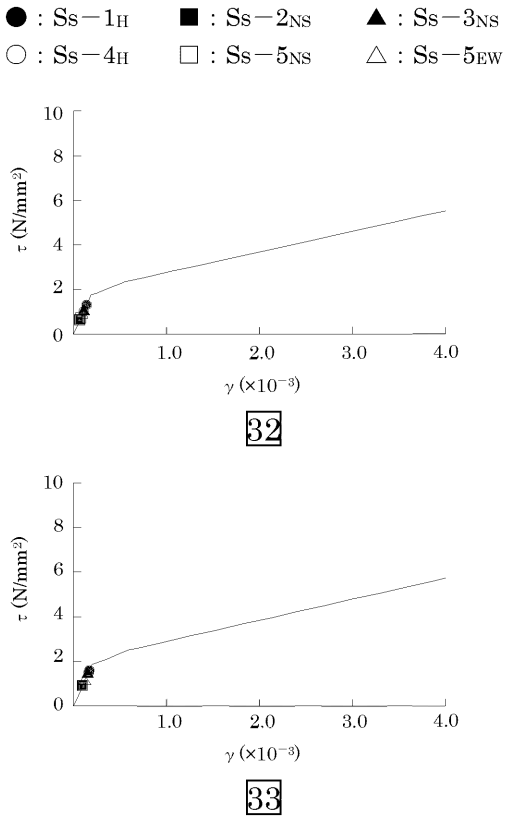
## 2. 評価結果

### 2.1 地震応答解析による評価結果

#### 2.1.1 構造物全体としての変形性能

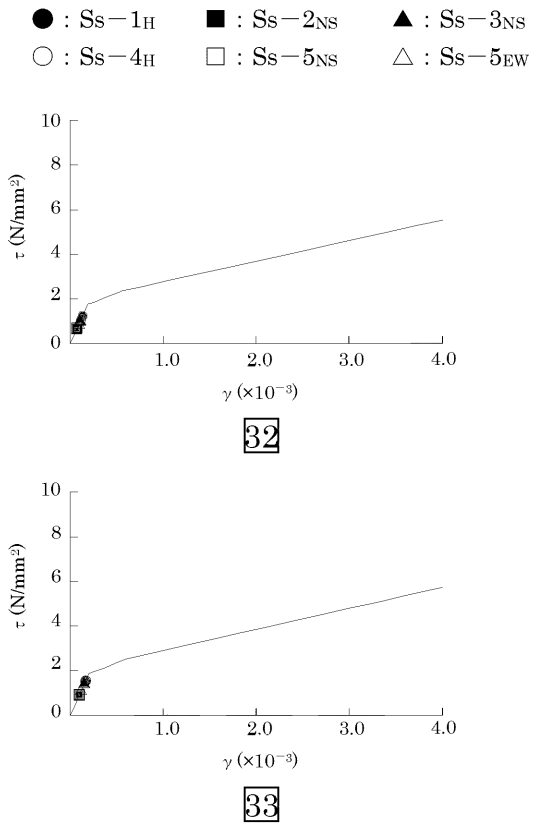
資料 6－7－1「使用済燃料ピットの耐震計算方法」の「3. 地震応答解析による評価方法」の解析結果から、基準地震動 Ss に対する材料物性のばらつき等を考慮した各ケースの最大応答値を第2－1図及び第2－2図、弾性設計用地震動 Sd に対する材料物性のばらつき等を考慮した各ケースの最大応答値を第2－3図及び第2－4図の耐震壁のせん断スケルトンカーブ上にプロットして示す。また、第2－3図及び第2－4図に静的地震力に対する面内せん断応力度を併せて示す。

基準地震動 Ss に対する耐震壁のせん断ひずみは、設計基準対象施設及び重大事故等対処施設としての評価において、最大で $0.177\times10^{-3}$（Ss－$1_H$、NS方向、部材番号33、地盤物性のばらつき考慮（＋1σ））であり、許容限界$(2.0\times10^{-3})$を超えないことを確認した。また、弾性設計用地震動 Sd 及び静的地震力に対する耐震壁のせん断ひずみは、設計基準対象施設としての評価において、弾性範囲内であることを併せて確認した。



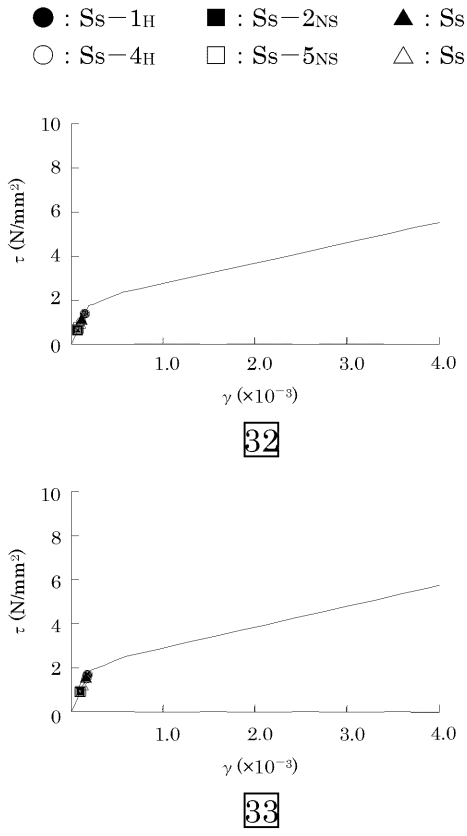

(a)　基本ケース

第 2－1 図　せん断スケルトンカーブ上の最大応答値（NS 方向、基準地震動 Ss）(1/3)



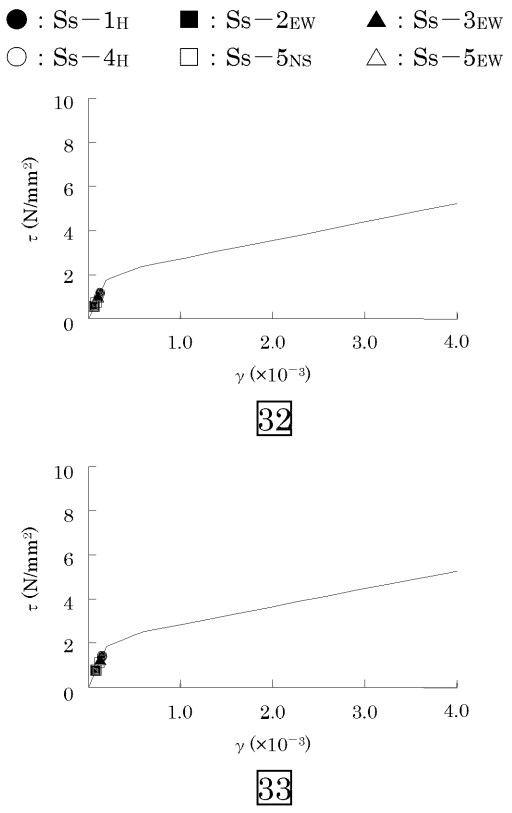

(b)　地盤物性のばらつき考慮（－1σ）

第 2－1 図　せん断スケルトンカーブ上の最大応答値（NS 方向、基準地震動 Ss）(2/3)



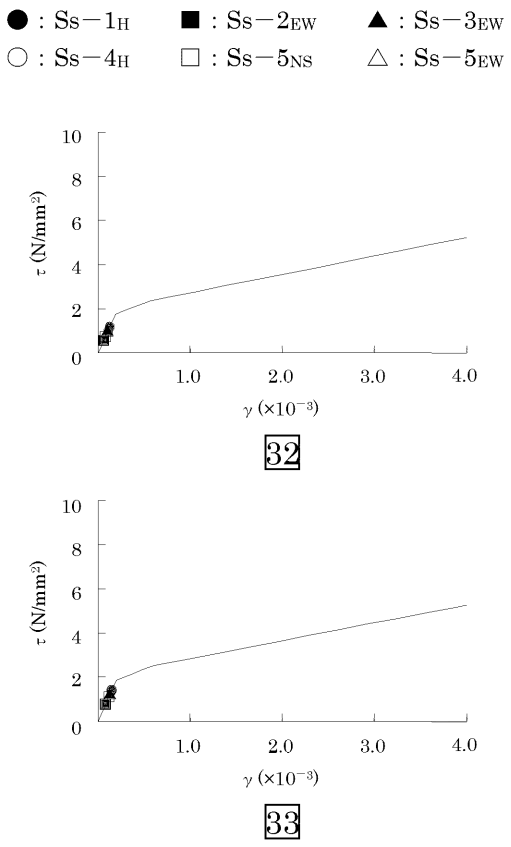

(c)　地盤物性のばらつき考慮（＋1σ）

第 2－1 図　せん断スケルトンカーブ上の最大応答値（NS 方向、基準地震動 Ss）(3/3)



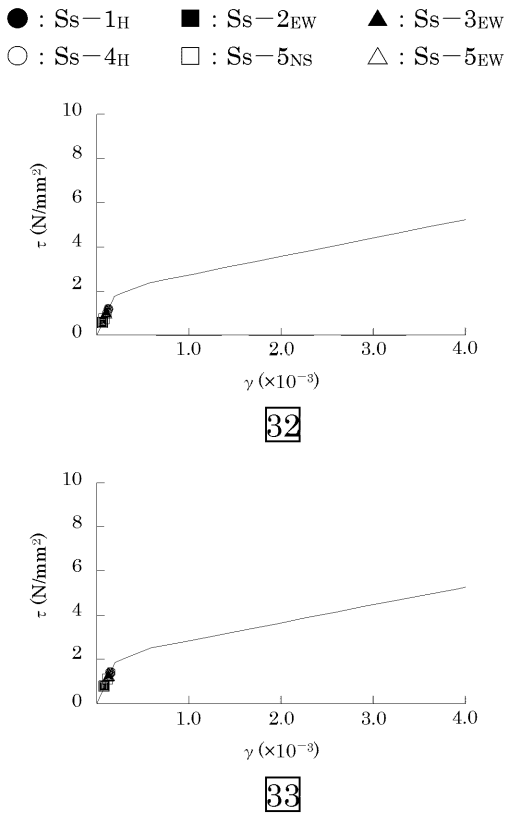

(a)　基本ケース

第 2－2 図　せん断スケルトンカーブ上の最大応答値（EW 方向、基準地震動 Ss）(1/3)



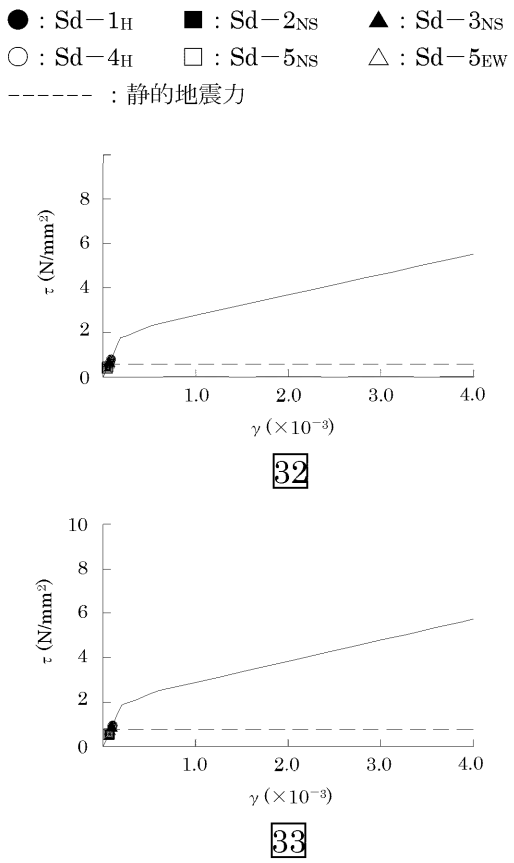

(b)　地盤物性のばらつき考慮（－1σ）

第 2－2 図　せん断スケルトンカーブ上の最大応答値（EW 方向、基準地震動 Ss）(2/3)



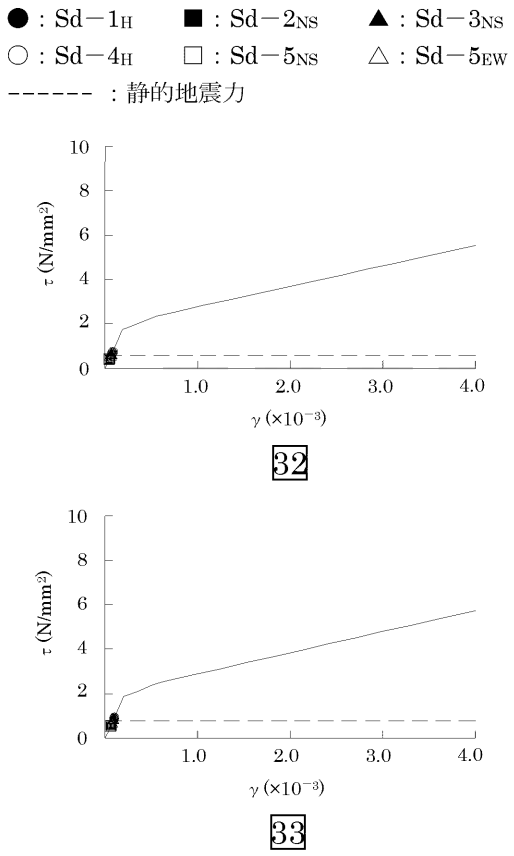

(c)　地盤物性のばらつき考慮（＋1σ）

第 2－2 図　せん断スケルトンカーブ上の最大応答値（EW 方向、基準地震動 Ss）(3/3)



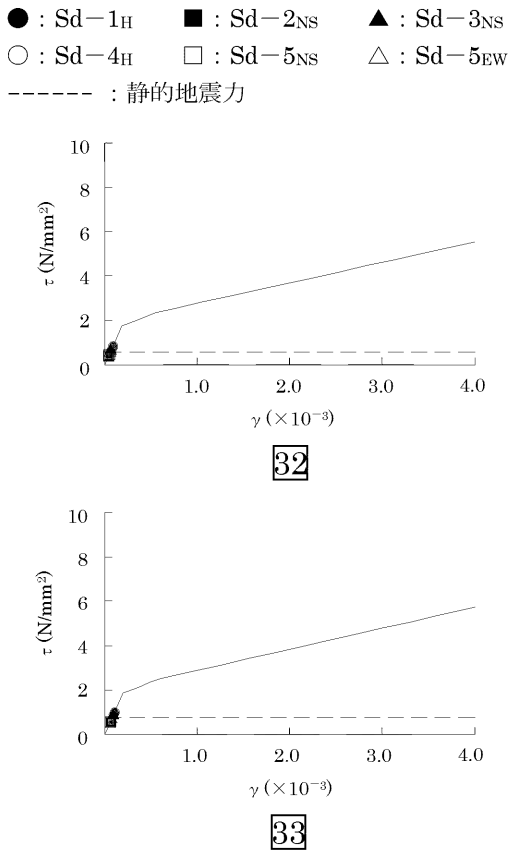

(a)　基本ケース

第2－3図　せん断スケルトンカーブ上の最大応答値（NS方向、弾性設計用地震動Sd）(1/4)



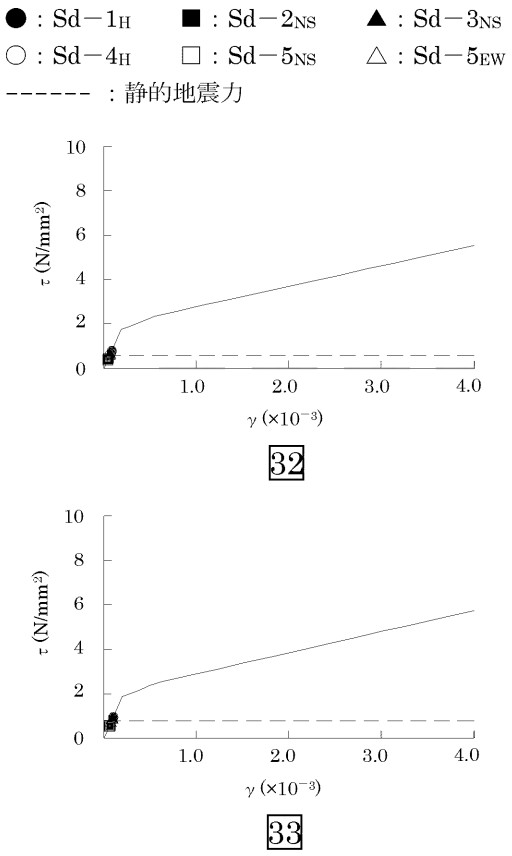

(b)　地盤物性のばらつき考慮（－1σ）

第2－3図　せん断スケルトンカーブ上の最大応答値（NS方向、弾性設計用地震動Sd）(2/4)



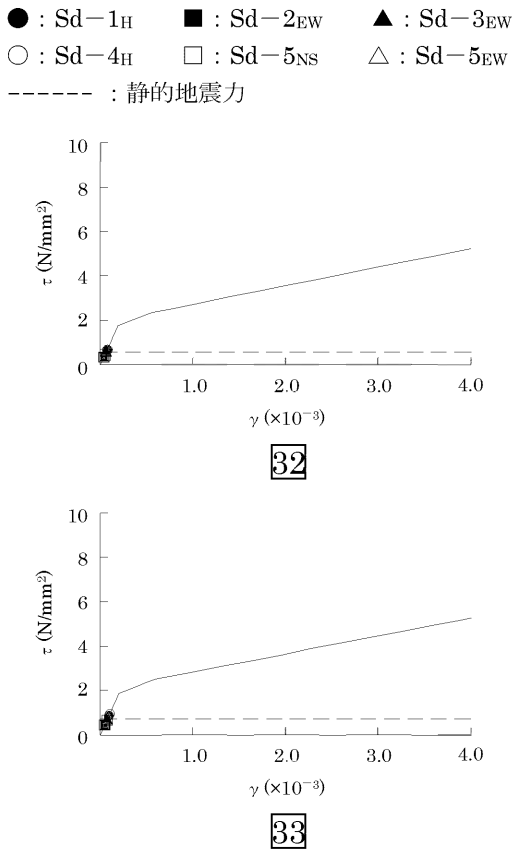

(c)　地盤物性のばらつき考慮（＋1σ）

第2－3図　せん断スケルトンカーブ上の最大応答値（NS方向、弾性設計用地震動Sd）(3/4)



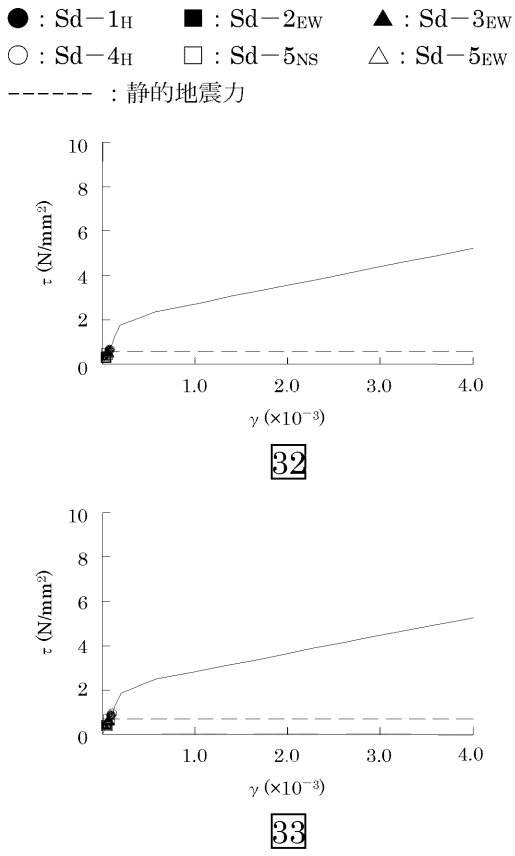

(d)　減衰定数の設定に起因する不確かさ考慮

第2－3図　せん断スケルトンカーブ上の最大応答値（NS方向、弾性設計用地震動Sd）(4/4)



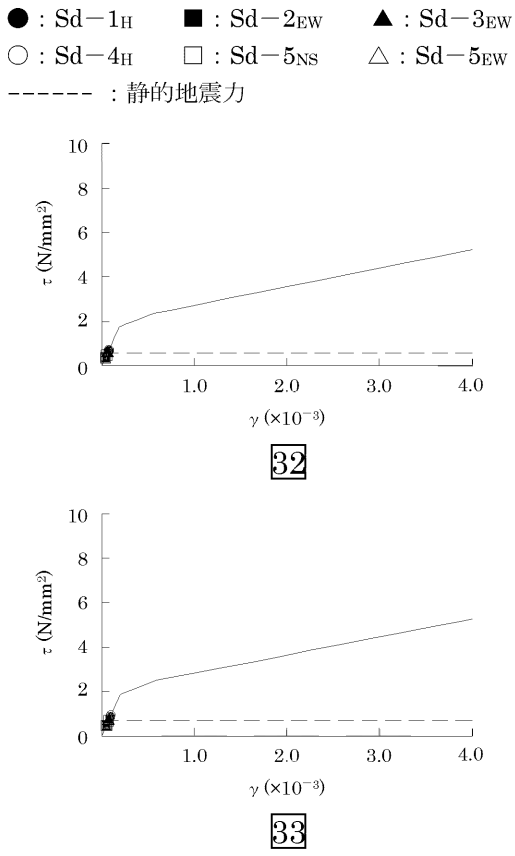

(a)　基本ケース

第2－4図　せん断スケルトンカーブ上の最大応答値（EW方向、弾性設計用地震動Sd）(1/4)



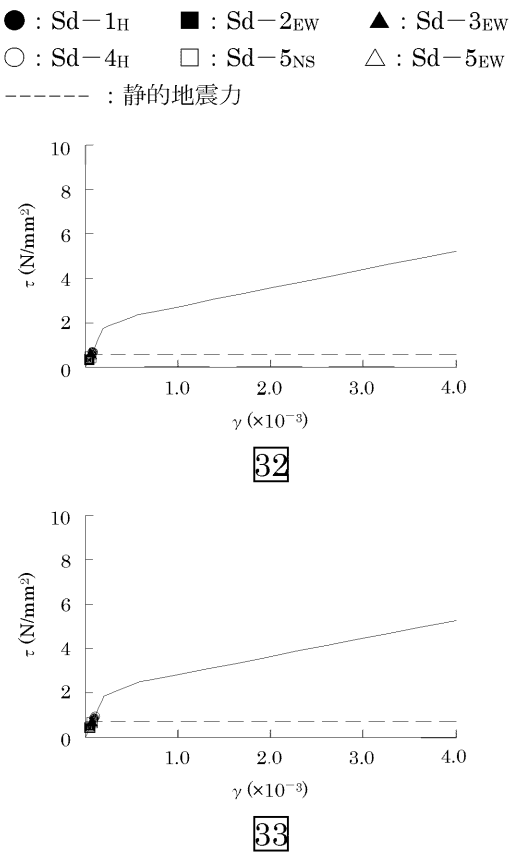

(b)　地盤物性のばらつき考慮（－1σ）

第2－4図　せん断スケルトンカーブ上の最大応答値（EW方向、弾性設計用地震動Sd）(2/4)




(c)　地盤物性のばらつき考慮（＋1σ）

第2－4図　せん断スケルトンカーブ上の最大応答値（EW方向、弾性設計用地震動Sd）(3/4)




(d)　減衰定数の設定に起因する不確かさ考慮

第2－4図　せん断スケルトンカーブ上の最大応答値（EW方向、弾性設計用地震動Sd）(4/4)

2.1.2　保有水平耐力

資料 6－7－1「使用済燃料ピットの耐震計算方法」の「3. 地震応答解析による評価方法」に示す方法にて算出した必要保有水平耐力及び保有水平耐力の比較を第 2－1 表に示す。

各層の保有水平耐力は、設計基準対象施設及び重大事故等対処施設としての評価において、必要保有水平耐力に対して、妥当な安全余裕を有することを確認した。

第 2－1 表　必要保有水平耐力及び保有水平耐力の比較(1/2)

| 部材番号 | 高さ (m) | NS 方向 | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 構造特性係数 $D_s$ | 形状特性係数 $F_{es}$ | 必要保有水平耐力 $Q_{un}$ (kN) | 保有水平耐力 $Q_u$ (kN) | $Q_u／Q_{un}$ |
| 32 | EL.11.30～EL.3.70 | 0.55 | 1.00 | $2.35\times10^5$ | $1.49\times10^6$ | 6.34 |
| 33 | EL.3.70～EL.－5.20 | 0.55 | 1.00 | $3.57\times10^5$ | $1.81\times10^6$ | 5.07 |

第 2－1 表　必要保有水平耐力及び保有水平耐力の比較(2/2)

| 部材番号 | 高さ (m) | EW 方向 | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 構造特性係数 $D_s$ | 形状特性係数 $F_{es}$ | 必要保有水平耐力 $Q_{un}$ (kN) | 保有水平耐力 $Q_u$ (kN) | $Q_u／Q_{un}$ |
| 32 | EL.11.30～EL.3.70 | 0.55 | 1.00 | $2.59\times10^5$ | $2.13\times10^6$ | 8.22 |
| 33 | EL.3.70～EL.－5.20 | 0.55 | 1.00 | $3.57\times10^5$ | $2.39\times10^6$ | 6.69 |

## 2.2　応力解析による評価結果

壁及び底版について、資料 6－7－1「使用済燃料ピットの耐震計算方法」の「4. 応力解析による評価方法」に示す方法にて算出した Sd 地震時及び Ss 地震時における応力解析結果を示す。また、壁及び底版の FEM 要素を同一厚さ及び同一配筋ごとに分類し、資料 6－7－1「使用済燃料ピットの耐震計算方法」の第 4－17 表～第 4－19 表に示す荷重の組合せに基づいて組み合わせた応力に対して、断面の評価を行う。

断面の評価対象部位は、分類領域、方向並びに応力状態及び荷重状態ごとに、軸力及び曲げモーメント、軸力、面内せん断力並びに面外せん断力に対する検定値が最大となる要素をそれぞれ選定する。壁及び底版の断面の評価対象要素番号を第 2－5 図、分類領域ごとの配筋を第 2－2 表に示す。

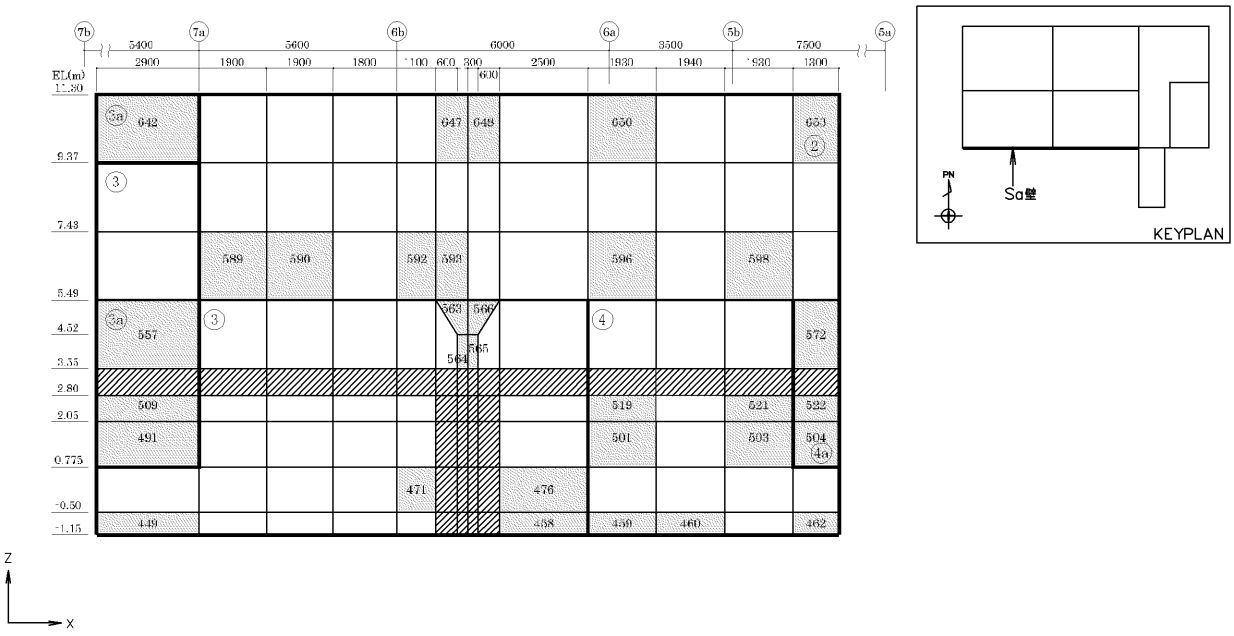
壁及び底版の応力の方向を第 2－6 図、軸力及び曲げモーメントに対する断面の評価結果を第 2－3 表～第 2－5 表、軸力に対する断面の評価結果を第 2－6 表、面内せん断力に対する断面の評価結果を第 2－7 表～第 2－9 表、面外せん断力に対する断面の評価結果を第 2－10 表～第 2－12 表に示す。但し、要素番号 1220 及び 1292 は、応力再配分等を考慮し、応力解析によって得られた応力をある一定の領域で平均化したうえで、断面の評価を行った。ここで、軸力及び曲げモーメントに対する断面の評価結果並びに軸力に対する断面の評価結果において、応力度の符号は、「＋」が引張、「－」が圧縮を示すものとする。

荷重状態Ⅲにおいて、軸力及び曲げモーメントに対するコンクリート及び鉄筋の応力度が許容値を超えないこと並びに面内せん断応力度及び面外せん断応力度が許容値を超えないことを確認した。

荷重状態Ⅳにおいて、軸力及び曲げモーメントに対するコンクリート及び鉄筋のひずみが許容値を超えないこと並びに面内せん断応力度及び面外せん断応力度が許容値を超えないことを確認した。また、軸力に対するコンクリートの圧縮応力度が、設計基準強度の 2/3 倍を超えないことを確認した。

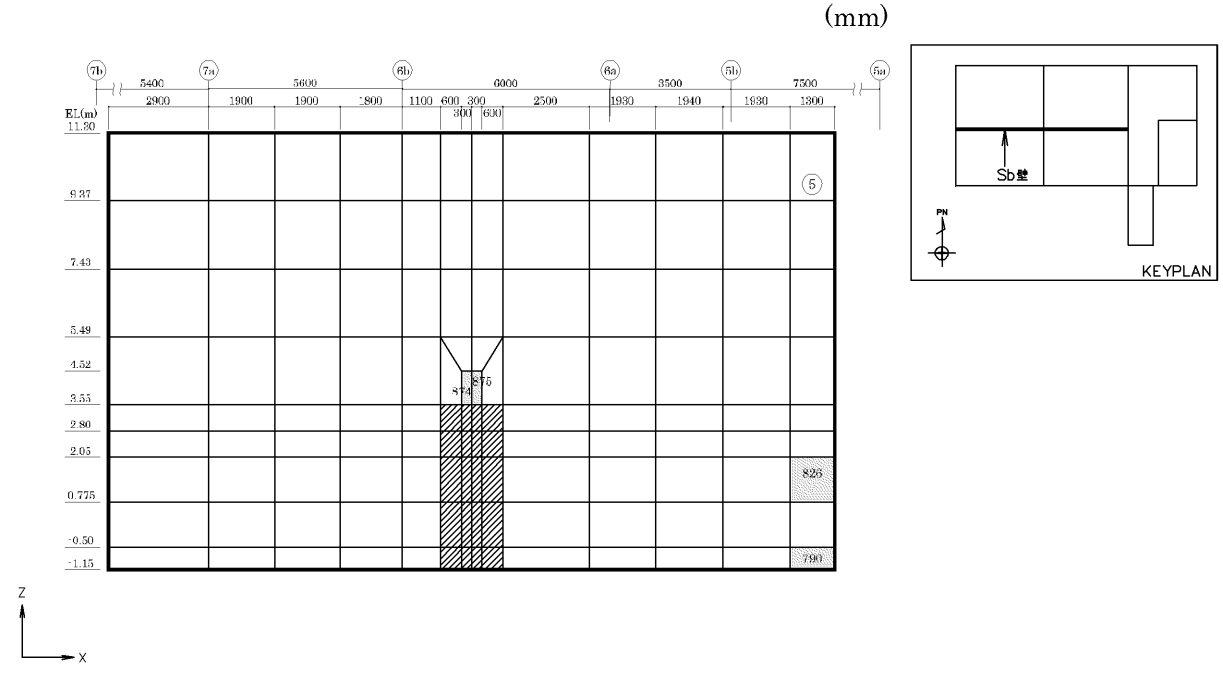
Sd 地震時における使用済燃料ピット（以下「SFP」という。）の壁及び底版に生じる各応力が、設計基準対象施設としての評価において、許容限界を超えないことを確認した。また、Ss 地震時における SFP の壁及び底版に生じる各応力が、設計基準対象施設及び重大事故等対処施設としての評価において、許容限界を超えないことを確認した。

(mm)




(a)　Sa 壁

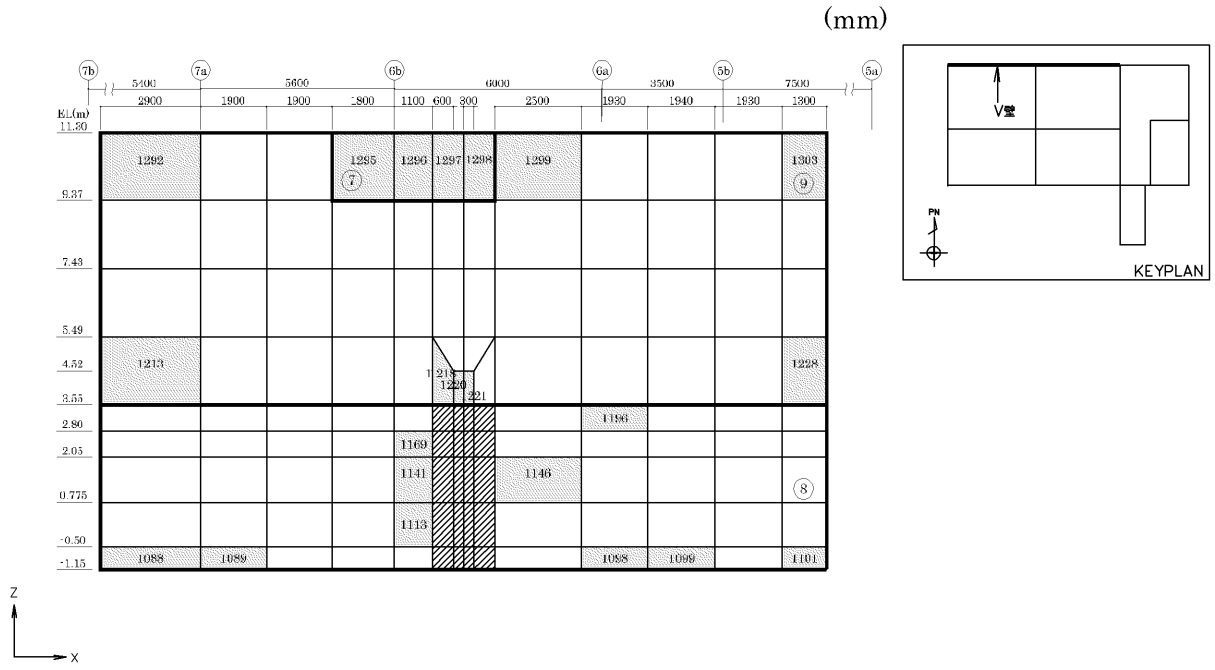
(mm)



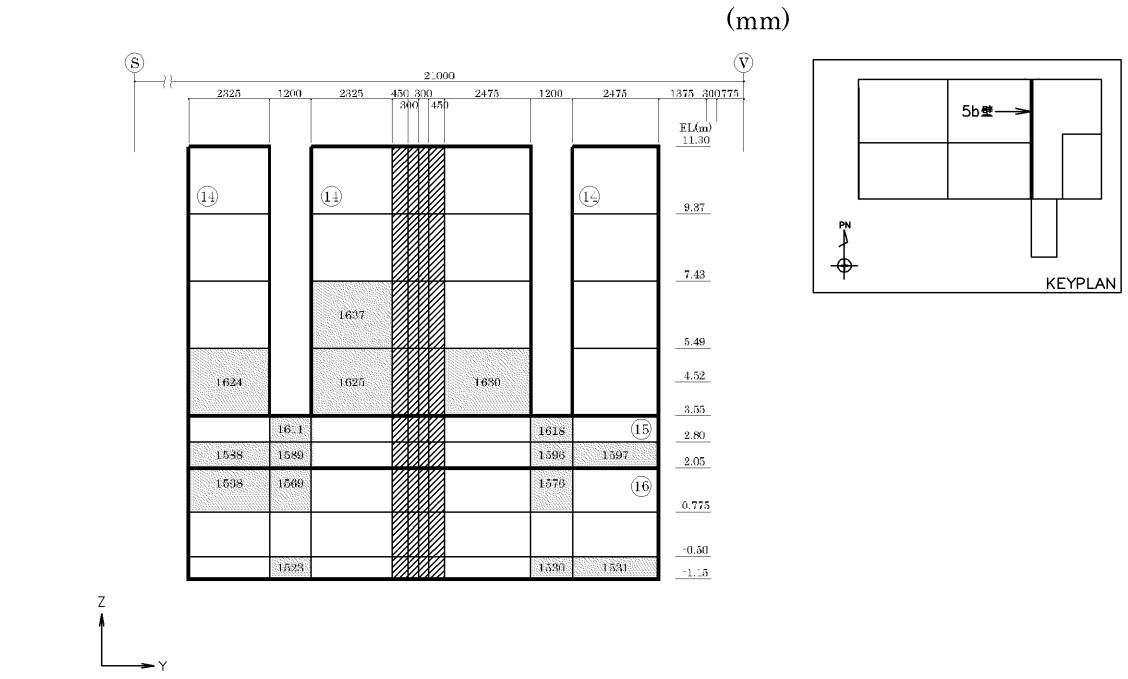

(b)　Sb 壁

：断面の評価対象要素番号　：断面の評価対象外

第 2－5 図　断面の評価対象要素番号(1/4)



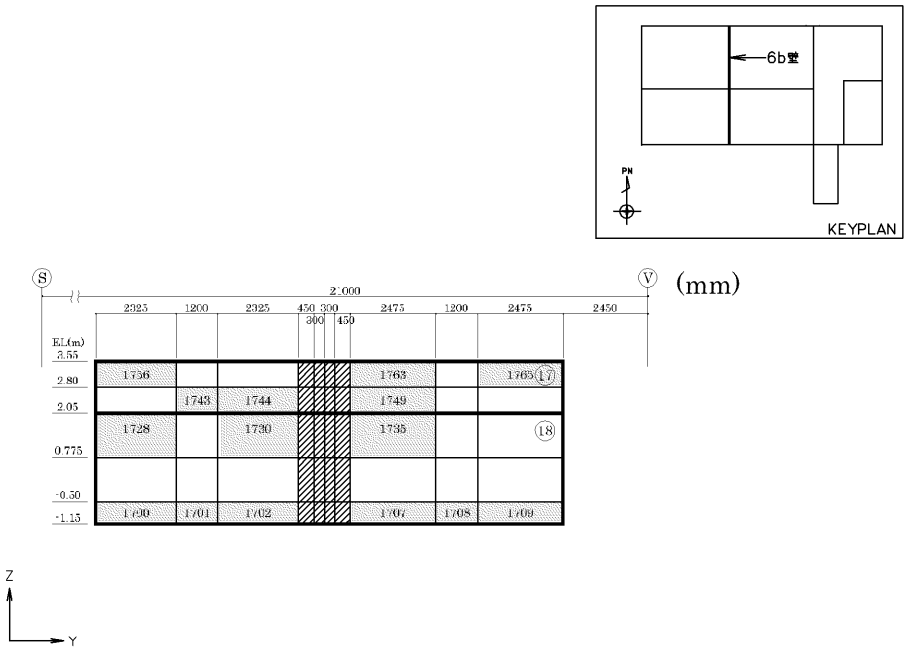

(c)　V 壁



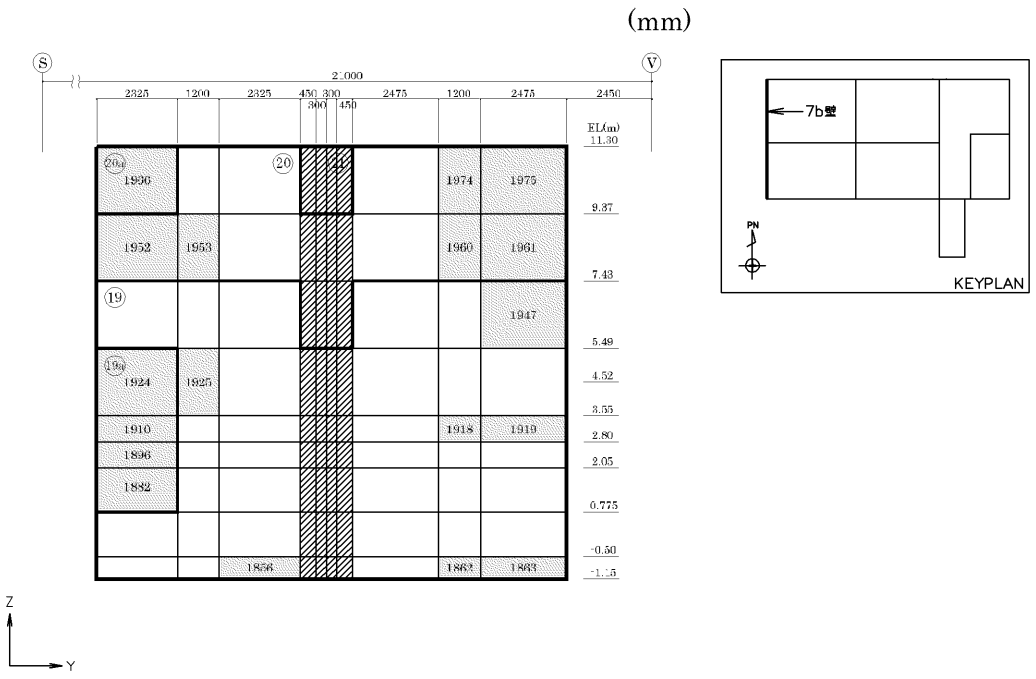

(d)　5b 壁

：断面の評価対象要素番号　：断面の評価対象外

第 2－5 図　断面の評価対象要素番号(2/4)




(e)　6b 壁

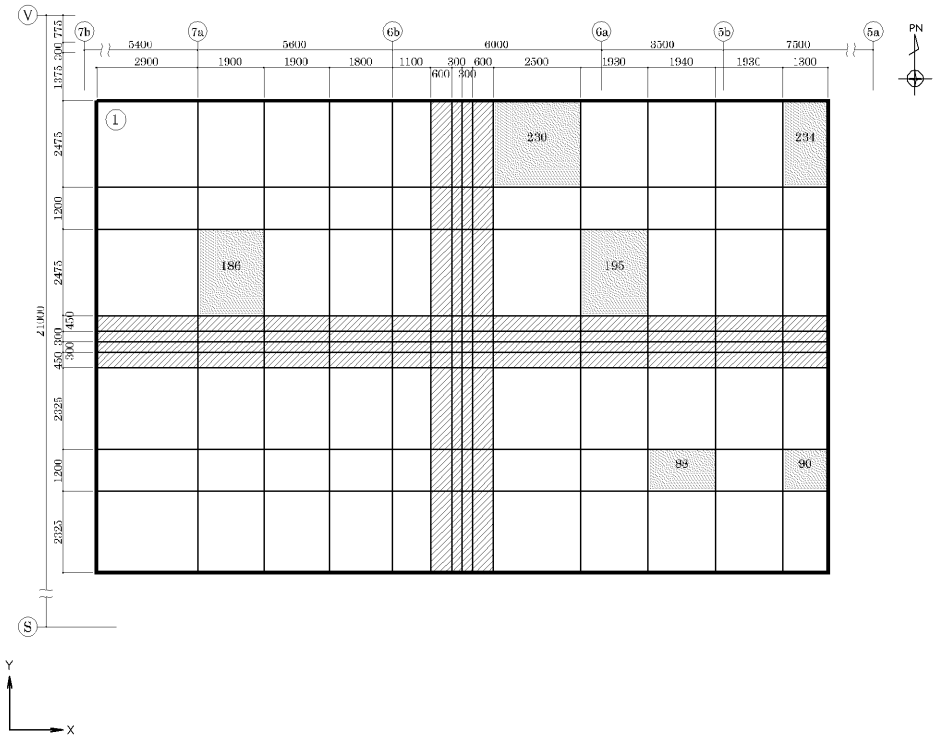



(f)　7b 壁

：断面の評価対象要素番号　：断面の評価対象外

第 2－5 図　断面の評価対象要素番号(3/4)

(mm)




(g)　底版(EL.－2.10m)

：断面の評価対象要素番号　：断面の評価対象外

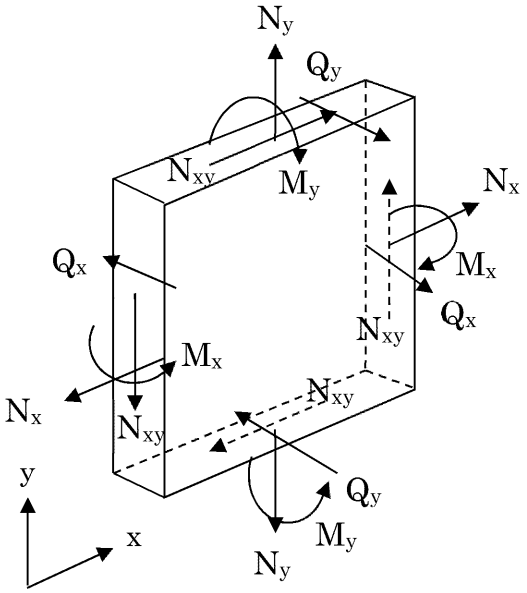
第 2－5 図　断面の評価対象要素番号(4/4)

第 2－2 表　分類領域ごとの配筋(1/2)

| 部位 | 領域 | 厚さ (mm) | 主　筋 (SD390) | | | 鉄筋量 ($mm^2/m$) | 面外せん断補強筋 (SD345) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 位置 | 方向 | | | |
| Sa (壁) | 2 | 2,000 | 北側、南側共 | 縦筋 | 1 段 D38@250＋1 段 D25@250 | 6,588 | — |
| | | | | 横筋 | 1 段 D38@250＋1 段 D25@250 | 6,588 | |
| | 3 | 2,000 | 北側 | 縦筋 | 2 段 D38@250 | 9,120 | — |
| | | | | 横筋 | 2 段 D38@250 | 9,120 | |
| | | | 南側 | 縦筋 | 1 段 D51@250＋1 段 D38@250 | 12,668 | |
| | | | | 横筋 | 1 段 D51@250＋1 段 D38@250 | 12,668 | |
| | 3a | 2,000 | 北側 | 縦筋 | 2 段 D38@250 | 9,120 | 縦筋方向：D22@250 横筋方向：D22@125 |
| | | | | 横筋 | 2 段 D38@250 | 9,120 | |
| | | | 南側 | 縦筋 | 1 段 D51@250＋1 段 D38@250 | 12,668 | |
| | | | | 横筋 | 1 段 D51@250＋1 段 D38@250 | 12,668 | |
| | 4 | 2,000 | 北側、南側共 | 縦筋 | 2 段 D38@250 | 9,120 | — |
| | | | | 横筋 | 2 段 D38@250 | 9,120 | |
| | 4a | 2,000 | 北側、南側共 | 縦筋 | 2 段 D38@250 | 9,120 | 縦筋方向：D22@250 横筋方向：D22@125 |
| | | | | 横筋 | 2 段 D38@250 | 9,120 | |
| Sb (壁) | 5 | 1,500 | 北側、南側共 | 縦筋 | 1 段 D51@250＋1 段 D38@250 | 12,668 | — |
| | | | | 横筋 | 1 段 D38@250＋1 段 D25@250 | 6,588 | |
| V (壁) | 7 | 3,350 | 北側 | 縦筋 | 2 段 D51@250 | 16,216 | — |
| | | | | 横筋 | 3 段 D51@250 | 24,324 | |
| | | | 南側 | 縦筋 | 2 段 D51@250 | 16,216 | |
| | | | | 横筋 | 2 段 D51@250 | 16,216 | |
| | 8 | 3,350 | 北側、南側共 | 縦筋 | 1 段 D51@250＋1 段 D38@250 | 12,668 | — |
| | | | | 横筋 | 1 段 D51@250＋1 段 D38@250 | 12,668 | |
| | 9 | 3,350 | 北側、南側共 | 縦筋 | 2 段 D51@250 | 16,216 | — |
| | | | | 横筋 | 2 段 D51@250 | 16,216 | |

第 2－2 表　分類領域ごとの配筋(2/2)

| 部位 | 領域 | 厚さ (mm) | 主　筋 (SD390) | | | 鉄筋量 (mm²/m) | 面外せん断補強筋 (SD345) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 位置 | 方向 | | | |
| 5b (壁) | 14 | 1,800 | 東側、西側共 | 縦筋 | 2 段 D38@250 | 9,120 | — |
| | | | | 横筋 | 2 段 D38@250 | 9,120 | |
| | 15a | 1,800 | 東側 | 縦筋 | 1 段 D51@250＋1 段 D38@250 | 12,668 | 縦筋方向：D22@250 横筋方向：D22@250 |
| | | | | 横筋 | 3 段 D51@250 | 24,324 | |
| | | | 西側 | 縦筋 | 1 段 D51@250＋1 段 D38@250 | 12,668 | |
| | | | | 横筋 | 1 段 D51@250＋1 段 D38@250 | 12,668 | |
| | 16 | 1,800 | 東側、西側共 | 縦筋 | 1 段 D51@250＋1 段 D38@250 | 12,668 | — |
| | | | | 横筋 | 1 段 D51@250＋1 段 D38@250 | 12,668 | |
| 6b (壁) | 17 | 1,800 | 東側、西側共 | 縦筋 | 2 段 D38@250 | 9,120 | — |
| | | | | 横筋 | 2 段 D51@250 | 16,216 | |
| | 18 | 1,800 | 東側、西側共 | 縦筋 | 2 段 D38@250 | 9,120 | — |
| | | | | 横筋 | 2 段 D38@250 | 9,120 | |
| 7b (壁) | 19 | 3,000 | 東側、西側共 | 縦筋 | 2 段 D51@250 | 16,216 | — |
| | | | | 横筋 | 2 段 D51@250 | 16,216 | |
| | 19a | 3,000 | 東側、西側共 | 縦筋 | 2 段 D51@250 | 16,216 | 縦筋方向：D22@250 横筋方向：D22@125 |
| | | | | 横筋 | 2 段 D51@250 | 16,216 | |
| | 20 | 3,000 | 東側 | 縦筋 | 2 段 D51@250 | 16,216 | — |
| | | | | 横筋 | 2 段 D51@250 | 16,216 | |
| | | | 西側 | 縦筋 | 2 段 D51@250 | 16,216 | |
| | | | | 横筋 | 3 段 D51@250 | 24,324 | |
| | 20a | 3,000 | 東側 | 縦筋 | 2 段 D51@250 | 16,216 | 縦筋方向：D22@250 横筋方向：D22@125 |
| | | | | 横筋 | 2 段 D51@250 | 16,216 | |
| | | | 西側 | 縦筋 | 2 段 D51@250 | 16,216 | |
| | | | | 横筋 | 3 段 D51@250 | 24,324 | |
| 底版 | 1 | 1,900 | 上端 | NS | 1 段 D51@250 | 8,108 | — |
| | | | | EW | 1 段 D51@250 | 8,108 | |
| | | | 下端 | NS | 1 段 D51@250＋1 段 D38@250 | 12,668 | |
| | | | | EW | 1 段 D51@250＋1 段 D38@250 | 12,668 | |




$M_x$, $M_y$ ： 曲げモーメント
$N_x$, $N_y$ ： 軸力
$N_{xy}$ ： 面内せん断力
$Q_x$, $Q_y$ ： 面外せん断力

第 2－6 図　応力の方向

第２－３表　断面の評価結果（軸力及び曲げモーメント、応力状態１、荷重状態Ⅲ）(1/3)

| 部位 | 領域 | 要素番号 | 方向 | 鉄筋 (N/mm²) | | | | | コンクリート (N/mm²) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | ｹｰｽ No. | 応力度 | 許容値 | 検定値 | 判定 | ｹｰｽ No. | 応力度 | 許容値 | 検定値 | 判定 |
| Sa | 2 | 593 | 縦筋 | 108 | 115 | 390 | 0.30 | 可 | 104 | －1.07 | 15.6 | 0.07 | 可 |
| | | 589 | 横筋 | 108 | 114 | 390 | 0.29 | 可 | 104 | －0.997 | 15.6 | 0.07 | 可 |
| | 3 | 458 | 縦筋 | 107 | 90.3 | 390 | 0.24 | 可 | 108 | －1.56 | 15.6 | 0.10 | 可 |
| | | 458 | 横筋 | 108 | 96.2 | 390 | 0.25 | 可 | 107 | －1.07 | 15.6 | 0.07 | 可 |
| | 3a | 509 | 縦筋 | 105 | 44.2 | 390 | 0.12 | 可 | 108 | －1.57 | 15.6 | 0.10 | 可 |
| | | 557 | 横筋 | 108 | 69.0 | 390 | 0.18 | 可 | 105 | －0.365 | 15.6 | 0.03 | 可 |
| | 4 | 459 | 縦筋 | 108 | 122 | 390 | 0.32 | 可 | 108 | －1.62 | 15.6 | 0.11 | 可 |
| | | 501 | 横筋 | 107 | 106 | 390 | 0.28 | 可 | 108 | －1.23 | 15.6 | 0.08 | 可 |
| | 4a | 522 | 縦筋 | 107 | 111 | 390 | 0.29 | 可 | 104 | －2.14 | 15.6 | 0.14 | 可 |
| | | 522 | 横筋 | 107 | 97.4 | 390 | 0.25 | 可 | 107 | －1.19 | 15.6 | 0.08 | 可 |
| Sb | 5 | 874 | 縦筋 | 101 | 53.3 | 390 | 0.14 | 可 | 101 | －2.46 | 15.6 | 0.16 | 可 |
| | | 826 | 横筋 | 106 | 134 | 390 | 0.35 | 可 | 106 | －0.544 | 15.6 | 0.04 | 可 |
| V | 7 | 1297 | 縦筋 | 103 | 68.6 | 390 | 0.18 | 可 | 103 | －2.42 | 15.6 | 0.16 | 可 |
| | | 1298 | 横筋 | 103 | 121 | 390 | 0.32 | 可 | 103 | －5.51 | 15.6 | 0.36 | 可 |
| | 8 | 1101 | 縦筋 | 103 | 155 | 390 | 0.40 | 可 | 104 | －2.69 | 15.6 | 0.18 | 可 |
| | | 1099 | 横筋 | 105 | 85.0 | 390 | 0.22 | 可 | 108 | －0.944 | 15.6 | 0.07 | 可 |
| | 9 | 1303 | 縦筋 | 103 | 96.6 | 390 | 0.25 | 可 | 103 | －1.92 | 15.6 | 0.13 | 可 |
| | | 1299 | 横筋 | 103 | 128 | 390 | 0.33 | 可 | 103 | －6.13 | 15.6 | 0.40 | 可 |
| 5b | 14 | 1630 | 縦筋 | 103 | 123 | 390 | 0.32 | 可 | 104 | －1.27 | 15.6 | 0.09 | 可 |
| | | 1624 | 横筋 | 104 | 83.9 | 390 | 0.22 | 可 | 103 | －1.32 | 15.6 | 0.09 | 可 |
| | 15 | 1597 | 縦筋 | 103 | 133 | 390 | 0.34 | 可 | 104 | －1.25 | 15.6 | 0.08 | 可 |
| | | 1611 | 横筋 | 104 | 115 | 390 | 0.30 | 可 | 104 | －1.81 | 15.6 | 0.12 | 可 |
| | 16 | 1531 | 縦筋 | 103 | 140 | 390 | 0.36 | 可 | 104 | －1.41 | 15.6 | 0.09 | 可 |
| | | 1531 | 横筋 | 103 | 114 | 390 | 0.29 | 可 | 103 | －1.54 | 15.6 | 0.10 | 可 |

第２－３表　断面の評価結果（軸力及び曲げモーメント、応力状態１、荷重状態Ⅲ）(2/3)

| 部位 | 領域 | 要素番号 | 方向 | 鉄筋 (N/mm²) | | | | | コンクリート (N/mm²) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | ｹｰｽ No. | 応力度 | 許容値 | 検定値 | 判定 | ｹｰｽ No. | 応力度 | 許容値 | 検定値 | 判定 |
| 6b | 17 | 1749 | 縦筋 | 103 | 171 | 390 | 0.44 | 可 | 104 | －1.43 | 15.6 | 0.10 | 可 |
| | | 1756 | 横筋 | 104 | 109 | 390 | 0.28 | 可 | 101 | －0.888 | 15.6 | 0.06 | 可 |
| | 18 | 1708 | 縦筋 | 104 | 201 | 390 | 0.52 | 可 | 103 | －1.24 | 15.6 | 0.08 | 可 |
| | | 1728 | 横筋 | 104 | 170 | 390 | 0.44 | 可 | 104 | －1.13 | 15.6 | 0.08 | 可 |
| 7b | 19 | 1863 | 縦筋 | 103 | 134 | 390 | 0.35 | 可 | 102 | －1.54 | 15.6 | 0.10 | 可 |
| | | 1918 | 横筋 | 104 | 115 | 390 | 0.30 | 可 | 104 | －1.75 | 15.6 | 0.12 | 可 |
| | 19a | 1882 | 縦筋 | 103 | 65.4 | 390 | 0.17 | 可 | 104 | －1.48 | 15.6 | 0.10 | 可 |
| | | 1896 | 横筋 | 104 | 127 | 390 | 0.33 | 可 | 103 | －1.11 | 15.6 | 0.08 | 可 |
| | 20 | 1960 | 縦筋 | 103 | 64.3 | 390 | 0.17 | 可 | 104 | －0.737 | 15.6 | 0.05 | 可 |
| | | 1952 | 横筋 | 104 | 79.8 | 390 | 0.21 | 可 | 103 | －0.966 | 15.6 | 0.07 | 可 |
| | 20a | 1966 | 縦筋 | 103 | 57.7 | 390 | 0.15 | 可 | 104 | －0.800 | 15.6 | 0.06 | 可 |
| | | 1966 | 横筋 | 104 | 98.1 | 390 | 0.26 | 可 | 103 | －0.919 | 15.6 | 0.06 | 可 |

第２－３表　断面の評価結果（軸力及び曲げモーメント、応力状態１、荷重状態Ⅲ）(3/3)

| 部位 | 領域 | 要素番号 | 方向 | 鉄筋 (N/mm²) | | | | | コンクリート (N/mm²) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | ｹｰｽ No. | 応力度 | 許容値 | 検定値 | 判定 | ｹｰｽ No. | 応力度 | 許容値 | 検定値 | 判定 |
| 底版 | 1 | 230 | NS | 104 | 108 | 390 | 0.28 | 可 | 104 | －2.69 | 15.6 | 0.18 | 可 |
| | | 90 | EW | 112 | 55.3 | 390 | 0.15 | 可 | 104 | －1.49 | 15.6 | 0.10 | 可 |

第２－４表　断面の評価結果（軸力及び曲げモーメント、応力状態１、荷重状態Ⅳ）(1/3)

| 部位 | 領域 | 要素番号 | 方向 | 鉄筋 ($\times 10^{-6}$) | | | | | コンクリート ($\times 10^{-6}$) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | ケース No. | ひずみ | 許容値 | 検定値 | 判定 | ケース No. | ひずみ | 許容値 | 検定値 | 判定 |
| Sa | 2 | 647 | 縦筋 | 207 | 893 | 5,000 | 0.18 | 可 | 208 | −64.7 | 3,000 | 0.03 | 可 |
| | | 589 | 横筋 | 208 | 786 | 5,000 | 0.16 | 可 | 204 | −66.0 | 3,000 | 0.03 | 可 |
| | 3 | 566 | 縦筋 | 207 | 702 | 5,000 | 0.15 | 可 | 206 | −52.2 | 3,000 | 0.02 | 可 |
| | | 458 | 横筋 | 208 | 653 | 5,000 | 0.14 | 可 | 207 | −71.7 | 3,000 | 0.03 | 可 |
| | 3a | 491 | 縦筋 | 205 | 378 | 5,000 | 0.08 | 可 | 208 | −89.3 | 3,000 | 0.03 | 可 |
| | | 557 | 横筋 | 208 | 490 | 5,000 | 0.10 | 可 | 205 | −27.1 | 3,000 | 0.01 | 可 |
| | 4 | 459 | 縦筋 | 207 | 888 | 5,000 | 0.18 | 可 | 208 | −96.4 | 3,000 | 0.04 | 可 |
| | | 519 | 横筋 | 207 | 767 | 5,000 | 0.16 | 可 | 207 | −78.7 | 3,000 | 0.03 | 可 |
| | 4a | 522 | 縦筋 | 207 | 863 | 5,000 | 0.18 | 可 | 204 | −137 | 3,000 | 0.05 | 可 |
| | | 522 | 横筋 | 207 | 711 | 5,000 | 0.15 | 可 | 207 | −77.5 | 3,000 | 0.03 | 可 |
| Sb | 5 | 875 | 縦筋 | 203 | 455 | 5,000 | 0.10 | 可 | 202 | −181 | 3,000 | 0.07 | 可 |
| | | 874 | 横筋 | 202 | 912 | 5,000 | 0.19 | 可 | 201 | −248 | 3,000 | 0.09 | 可 |
| V | 7 | 1297 | 縦筋 | 203 | 504 | 5,000 | 0.11 | 可 | 203 | −153 | 3,000 | 0.06 | 可 |
| | | 1298 | 横筋 | 203 | 883 | 5,000 | 0.18 | 可 | 203 | −373 | 3,000 | 0.13 | 可 |
| | 8 | 1101 | 縦筋 | 203 | 1320 | 5,000 | 0.27 | 可 | 204 | −180 | 3,000 | 0.06 | 可 |
| | | 1196 | 横筋 | 203 | 642 | 5,000 | 0.13 | 可 | 203 | −165 | 3,000 | 0.06 | 可 |
| | 9 | 1303 | 縦筋 | 203 | 765 | 5,000 | 0.16 | 可 | 203 | −131 | 3,000 | 0.05 | 可 |
| | | 1299 | 横筋 | 203 | 935 | 5,000 | 0.19 | 可 | 203 | −418 | 3,000 | 0.14 | 可 |
| 5b | 14 | 1630 | 縦筋 | 203 | 983 | 5,000 | 0.20 | 可 | 204 | −82.3 | 3,000 | 0.03 | 可 |
| | | 1624 | 横筋 | 204 | 644 | 5,000 | 0.13 | 可 | 201 | −91.1 | 3,000 | 0.04 | 可 |
| | 15 | 1597 | 縦筋 | 203 | 1080 | 5,000 | 0.22 | 可 | 204 | −89.5 | 3,000 | 0.03 | 可 |
| | | 1611 | 横筋 | 204 | 832 | 5,000 | 0.17 | 可 | 203 | −128 | 3,000 | 0.05 | 可 |
| | 16 | 1531 | 縦筋 | 203 | 1140 | 5,000 | 0.23 | 可 | 204 | −94.6 | 3,000 | 0.04 | 可 |
| | | 1531 | 横筋 | 203 | 953 | 5,000 | 0.20 | 可 | 203 | −107 | 3,000 | 0.04 | 可 |

第 2－4 表　断面の評価結果（軸力及び曲げモーメント、応力状態 1、荷重状態Ⅳ）(2/3)

| 部位 | 領域 | 要素番号 | 方向 | 鉄筋 ($\times 10^{-6}$) | | | | | コンクリート ($\times 10^{-6}$) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | ケース No. | ひずみ | 許容値 | 検定値 | 判定 | ケース No. | ひずみ | 許容値 | 検定値 | 判定 |
| 6b | 17 | 1749 | 縦筋 | 203 | 1280 | 5,000 | 0.26 | 可 | 204 | －96.8 | 3,000 | 0.04 | 可 |
| | | 1756 | 横筋 | 204 | 766 | 5,000 | 0.16 | 可 | 201 | －70.5 | 3,000 | 0.03 | 可 |
| | 18 | 1708 | 縦筋 | 204 | 1450 | 5,000 | 0.29 | 可 | 203 | －92.9 | 3,000 | 0.04 | 可 |
| | | 1728 | 横筋 | 204 | 1220 | 5,000 | 0.25 | 可 | 201 | －83.1 | 3,000 | 0.03 | 可 |
| 7b | 19 | 1863 | 縦筋 | 203 | 1080 | 5,000 | 0.22 | 可 | 202 | －93.2 | 3,000 | 0.04 | 可 |
| | | 1918 | 横筋 | 204 | 906 | 5,000 | 0.19 | 可 | 204 | －121 | 3,000 | 0.05 | 可 |
| | 19a | 1882 | 縦筋 | 203 | 620 | 5,000 | 0.13 | 可 | 204 | －91.7 | 3,000 | 0.04 | 可 |
| | | 1896 | 横筋 | 204 | 985 | 5,000 | 0.20 | 可 | 203 | －79.9 | 3,000 | 0.03 | 可 |
| | 20 | 1960 | 縦筋 | 203 | 534 | 5,000 | 0.11 | 可 | 204 | －47.4 | 3,000 | 0.02 | 可 |
| | | 1952 | 横筋 | 204 | 658 | 5,000 | 0.14 | 可 | 203 | －67.5 | 3,000 | 0.03 | 可 |
| | 20a | 1966 | 縦筋 | 203 | 508 | 5,000 | 0.11 | 可 | 204 | －50.9 | 3,000 | 0.02 | 可 |
| | | 1966 | 横筋 | 204 | 769 | 5,000 | 0.16 | 可 | 203 | －64.6 | 3,000 | 0.03 | 可 |

第 2－4 表　断面の評価結果（軸力及び曲げモーメント、応力状態 1、荷重状態Ⅳ）(3/3)

| 部位 | 領域 | 要素番号 | 方向 | 鉄筋 ($\times 10^{-6}$) | | | | | コンクリート ($\times 10^{-6}$) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | ケース No. | ひずみ | 許容値 | 検定値 | 判定 | ケース No. | ひずみ | 許容値 | 検定値 | 判定 |
| 底版 | 1 | 230 | NS | 204 | 784 | 5,000 | 0.16 | 可 | 204 | －164 | 3,000 | 0.06 | 可 |
| | | 90 | EW | 212 | 314 | 5,000 | 0.07 | 可 | 212 | －77.9 | 3,000 | 0.03 | 可 |

第2－5表　断面の評価結果（軸力及び曲げモーメント、応力状態2、荷重状態Ⅲ）(1/3)

| 部位 | 領域 | 要素番号 | 方向 | 鉄筋 (N/mm²) | | | | | コンクリート (N/mm²) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | ケース No. | 応力度 | 許容値 | 検定値 | 判定 | ケース No. | 応力度 | 許容値 | 検定値 | 判定 |
| Sa | 2 | 593 | 縦筋 | 324 | 137 | 390 | 0.35 | 可 | 324 | －4.06 | 17.6 | 0.23 | 可 |
| | | 590 | 横筋 | 324 | 128 | 390 | 0.33 | 可 | 321 | －5.20 | 17.6 | 0.30 | 可 |
| | 3 | 476 | 縦筋 | 321 | 104 | 390 | 0.27 | 可 | 324 | －6.17 | 17.6 | 0.35 | 可 |
| | | 564 | 横筋 | 318 | 110 | 390 | 0.29 | 可 | 324 | －8.39 | 17.6 | 0.48 | 可 |
| | 3a | 491 | 縦筋 | 324 | －82.5 | 390 | 0.22 | 可 | 320 | －6.80 | 17.6 | 0.39 | 可 |
| | | 491 | 横筋 | 319 | 74.5 | 390 | 0.20 | 可 | 319 | －5.42 | 17.6 | 0.31 | 可 |
| | 4 | 460 | 縦筋 | 323 | 135 | 390 | 0.35 | 可 | 324 | －6.59 | 17.6 | 0.38 | 可 |
| | | 459 | 横筋 | 323 | 121 | 390 | 0.32 | 可 | 323 | －8.00 | 17.6 | 0.46 | 可 |
| | 4a | 522 | 縦筋 | 307 | 107 | 390 | 0.28 | 可 | 324 | －6.31 | 17.6 | 0.36 | 可 |
| | | 522 | 横筋 | 323 | 96.4 | 390 | 0.25 | 可 | 323 | －6.52 | 17.6 | 0.37 | 可 |
| Sb | 5 | 790 | 縦筋 | 322 | －87.6 | 390 | 0.23 | 可 | 322 | －5.89 | 17.6 | 0.34 | 可 |
| | | 826 | 横筋 | 306 | 121 | 390 | 0.31 | 可 | 322 | －5.74 | 17.6 | 0.33 | 可 |
| V | 7 | 1297 | 縦筋 | 319 | 90.5 | 390 | 0.24 | 可 | 304 | －4.74 | 17.6 | 0.27 | 可 |
| | | 1297 | 横筋 | 324 | 86.7 | 390 | 0.23 | 可 | 324 | －5.01 | 17.6 | 0.29 | 可 |
| | 8 | 1088 | 縦筋 | 319 | 166 | 390 | 0.43 | 可 | 308 | －6.48 | 17.6 | 0.37 | 可 |
| | | 1141 | 横筋 | 323 | 99.4 | 390 | 0.26 | 可 | 308 | －7.16 | 17.6 | 0.41 | 可 |
| | 9 | 1221 | 縦筋 | 319 | 106 | 390 | 0.28 | 可 | 308 | －4.80 | 17.6 | 0.28 | 可 |
| | | 1303 | 横筋 | 319 | 131 | 390 | 0.34 | 可 | 303 | －6.17 | 17.6 | 0.35 | 可 |
| 5b | 14 | 1630 | 縦筋 | 319 | 162 | 390 | 0.42 | 可 | 320 | －4.30 | 17.6 | 0.25 | 可 |
| | | 1624 | 横筋 | 304 | 77.2 | 390 | 0.20 | 可 | 317 | －3.85 | 17.6 | 0.22 | 可 |
| | 15 | 1618 | 縦筋 | 319 | 163 | 390 | 0.42 | 可 | 320 | －5.66 | 17.6 | 0.33 | 可 |
| | | 1618 | 横筋 | 319 | －145 | 390 | 0.37 | 可 | 319 | －12.0 | 17.6 | 0.68 | 可 |
| | 16 | 1576 | 縦筋 | 319 | 158 | 390 | 0.41 | 可 | 320 | －5.62 | 17.6 | 0.32 | 可 |
| | | 1569 | 横筋 | 320 | 137 | 390 | 0.36 | 可 | 319 | －6.80 | 17.6 | 0.39 | 可 |

第 2－5 表　断面の評価結果（軸力及び曲げモーメント、応力状態 2、荷重状態Ⅲ）(2/3)

| 部位 | 領域 | 要素番号 | 方向 | 鉄筋 (N/mm²) | | | | | コンクリート (N/mm²) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | ケース No. | 応力度 | 許容値 | 検定値 | 判定 | ケース No. | 応力度 | 許容値 | 検定値 | 判定 |
| 6b | 17 | 1749 | 縦筋 | 319 | 178 | 390 | 0.46 | 可 | 320 | −0.781 | 17.6 | 0.05 | 可 |
| | | 1765 | 横筋 | 319 | −104 | 390 | 0.27 | 可 | 319 | −6.99 | 17.6 | 0.40 | 可 |
| | 18 | 1708 | 縦筋 | 320 | 208 | 390 | 0.54 | 可 | 303 | −1.03 | 17.6 | 0.06 | 可 |
| | | 1728 | 横筋 | 304 | 133 | 390 | 0.35 | 可 | 317 | −6.11 | 17.6 | 0.35 | 可 |
| 7b | 19 | 1919 | 縦筋 | 319 | 173 | 390 | 0.45 | 可 | 302 | −5.98 | 17.6 | 0.34 | 可 |
| | | 1918 | 横筋 | 320 | 168 | 390 | 0.43 | 可 | 320 | −6.52 | 17.6 | 0.37 | 可 |
| | 19a | 1882 | 縦筋 | 319 | 105 | 390 | 0.27 | 可 | 320 | −6.28 | 17.6 | 0.36 | 可 |
| | | 1896 | 横筋 | 320 | 122 | 390 | 0.32 | 可 | 301 | −6.53 | 17.6 | 0.38 | 可 |
| | 20 | 1960 | 縦筋 | 319 | 84.0 | 390 | 0.22 | 可 | 320 | −2.65 | 17.6 | 0.15 | 可 |
| | | 1974 | 横筋 | 320 | 131 | 390 | 0.34 | 可 | 319 | −6.77 | 17.6 | 0.39 | 可 |
| | 20a | 1966 | 縦筋 | 319 | 59.5 | 390 | 0.16 | 可 | 308 | −2.33 | 17.6 | 0.14 | 可 |
| | | 1966 | 横筋 | 301 | −71.2 | 390 | 0.19 | 可 | 301 | −5.45 | 17.6 | 0.31 | 可 |

第 2－5 表　断面の評価結果（軸力及び曲げモーメント、応力状態 2、荷重状態Ⅲ）(3/3)

| 部位 | 領域 | 要素番号 | 方向 | 鉄筋 (N/mm²) | | | | | コンクリート (N/mm²) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | ケース No. | 応力度 | 許容値 | 検定値 | 判定 | ケース No. | 応力度 | 許容値 | 検定値 | 判定 |
| 底版 | 1 | 230 | NS | 320 | 169 | 390 | 0.44 | 可 | 320 | −6.45 | 17.6 | 0.37 | 可 |
| | | 88 | EW | 304 | −104 | 390 | 0.27 | 可 | 304 | −8.00 | 17.6 | 0.46 | 可 |

第 2－6 表　断面の評価結果（軸力、応力状態 1、荷重状態Ⅳ）(1/2)

| 部位 | 領域 | 要素番号 | 方向 | コンクリート (N/mm²) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | ｹｰｽ No. | 応力度 | 許容値 | 検定値 | 判定 |
| Sa | 2 | 598 | 縦筋 | 206 | －1.02 | 15.6 | 0.07 | 可 |
| | | 650 | 横筋 | 206 | －0.988 | 15.6 | 0.07 | 可 |
| | 3 | 449 | 縦筋 | 204 | －1.57 | 15.6 | 0.10 | 可 |
| | | 563 | 横筋 | 206 | －1.03 | 15.6 | 0.07 | 可 |
| | 3a | 491 | 縦筋 | 204 | －1.52 | 15.6 | 0.10 | 可 |
| | | 509 | 横筋 | 203 | －0.647 | 15.6 | 0.05 | 可 |
| | 4 | 503 | 縦筋 | 206 | －1.51 | 15.6 | 0.10 | 可 |
| | | 462 | 横筋 | 206 | －1.14 | 15.6 | 0.08 | 可 |
| | 4a | 504 | 縦筋 | 206 | －1.44 | 15.6 | 0.10 | 可 |
| | | 522 | 横筋 | 206 | －1.04 | 15.6 | 0.07 | 可 |
| Sb | 5 | 790 | 縦筋 | 206 | －1.98 | 15.6 | 0.13 | 可 |
| | | 790 | 横筋 | 206 | －1.26 | 15.6 | 0.08 | 可 |
| V | 7 | 1298 | 縦筋 | 206 | －0.730 | 15.6 | 0.05 | 可 |
| | | 1296 | 横筋 | 203 | －0.749 | 15.6 | 0.05 | 可 |
| | 8 | 1088 | 縦筋 | 202 | －1.77 | 15.6 | 0.12 | 可 |
| | | 1146 | 横筋 | 206 | －0.795 | 15.6 | 0.06 | 可 |
| | 9 | 1213 | 縦筋 | 202 | －1.03 | 15.6 | 0.07 | 可 |
| | | 1228 | 横筋 | 203 | －1.13 | 15.6 | 0.08 | 可 |
| 5b | 14 | 1630 | 縦筋 | 202 | －1.10 | 15.6 | 0.07 | 可 |
| | | 1637 | 横筋 | 201 | －2.28 | 15.6 | 0.15 | 可 |
| | 15 | 1588 | 縦筋 | 202 | －0.940 | 15.6 | 0.06 | 可 |
| | | 1597 | 横筋 | 201 | －1.91 | 15.6 | 0.13 | 可 |
| | 16 | 1531 | 縦筋 | 202 | －1.20 | 15.6 | 0.08 | 可 |
| | | 1531 | 横筋 | 202 | －2.66 | 15.6 | 0.17 | 可 |

第 2－6 表　断面の評価結果（軸力、応力状態 1、荷重状態Ⅳ）(2/2)

| 部位 | 領域 | 要素番号 | 方向 | コンクリート (N/mm²) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | ｹｰｽ No. | 応力度 | 許容値 | 検定値 | 判定 |
| 6b | 17 | 1744 | 縦筋 | 202 | －1.31 | 15.6 | 0.09 | 可 |
| | | 1765 | 横筋 | 203 | －2.22 | 15.6 | 0.15 | 可 |
| | 18 | 1702 | 縦筋 | 202 | －1.32 | 15.6 | 0.09 | 可 |
| | | 1709 | 横筋 | 202 | －2.56 | 15.6 | 0.17 | 可 |
| 7b | 19 | 1863 | 縦筋 | 202 | －2.34 | 15.6 | 0.15 | 可 |
| | | 1925 | 横筋 | 201 | －1.52 | 15.6 | 0.10 | 可 |
| | 19a | 1910 | 縦筋 | 208 | －1.57 | 15.6 | 0.10 | 可 |
| | | 1924 | 横筋 | 201 | －1.52 | 15.6 | 0.10 | 可 |
| | 20 | 1961 | 縦筋 | 202 | －1.12 | 15.6 | 0.08 | 可 |
| | | 1952 | 横筋 | 201 | －1.41 | 15.6 | 0.09 | 可 |
| | 20a | 1966 | 縦筋 | 202 | －1.06 | 15.6 | 0.07 | 可 |
| | | 1966 | 横筋 | 201 | －1.31 | 15.6 | 0.09 | 可 |

第２－７表　断面の評価結果（面内せん断応力度、応力状態１、荷重状態Ⅲ）

| 部位 | 領域 | 要素番号 | ケースNo. | 応力度 τ (N/mm$^2$) | 許容値(注) (N/mm$^2$) | 検定値 | 判定 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Sa | 2 | 592 | 108 | 0.728 | 1.92 | 0.38 | 可 |
| | 3 | 471 | 108 | 1.06 | 3.18 | 0.34 | 可 |
| | 3a | 491 | 108 | 0.639 | 3.18 | 0.21 | 可 |
| | 4 | 459 | 108 | 1.16 | 2.66 | 0.44 | 可 |
| | 4a | 522 | 107 | 1.03 | 2.66 | 0.39 | 可 |
| Sb | 5 | 790 | 106 | 1.05 | 3.73 | 0.28 | 可 |
| V | 7 | 1296 | 108 | 0.449 | 3.18 | 0.15 | 可 |
| | 8 | 1113 | 108 | 0.714 | 2.21 | 0.33 | 可 |
| | 9 | 1218 | 108 | 0.511 | 2.83 | 0.19 | 可 |
| 5b | 14 | 1630 | 103 | 1.11 | 2.96 | 0.38 | 可 |
| | 15 | 1596 | 103 | 1.97 | 3.99 | 0.50 | 可 |
| | 16 | 1530 | 104 | 2.06 | 3.99 | 0.52 | 可 |
| 6b | 17 | 1749 | 104 | 1.65 | 3.99 | 0.42 | 可 |
| | 18 | 1707 | 104 | 1.75 | 2.90 | 0.60 | 可 |
| 7b | 19 | 1856 | 104 | 1.12 | 3.16 | 0.36 | 可 |
| | 19a | 1882 | 104 | 1.10 | 3.15 | 0.35 | 可 |
| | 20 | 1953 | 104 | 0.714 | 3.55 | 0.21 | 可 |
| | 20a | 1966 | 104 | 0.725 | 3.52 | 0.21 | 可 |

（注）　許容値は荷重状態Ⅳで算出した $\tau_u$ を 0.75 倍した値

第２－８表　断面の評価結果（面内せん断応力度、応力状態１、荷重状態Ⅳ）

| 部位 | 領域 | 要素番号 | ケースNo. | 応力度 τ (N/mm$^2$) | 許容値(注) (N/mm$^2$) | 検定値 | 判定 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Sa | 2 | 596 | 207 | 1.12 | 2.56 | 0.44 | 可 |
| | 3 | 471 | 208 | 1.54 | 4.24 | 0.37 | 可 |
| | 3a | 491 | 208 | 0.936 | 4.24 | 0.23 | 可 |
| | 4 | 459 | 208 | 1.71 | 3.55 | 0.48 | 可 |
| | 4a | 522 | 207 | 1.53 | 3.55 | 0.43 | 可 |
| Sb | 5 | 790 | 206 | 1.31 | 4.98 | 0.27 | 可 |
| V | 7 | 1296 | 208 | 0.637 | 4.24 | 0.15 | 可 |
| | 8 | 1098 | 208 | 0.984 | 2.94 | 0.34 | 可 |
| | 9 | 1218 | 208 | 0.701 | 3.77 | 0.19 | 可 |
| 5b | 14 | 1630 | 203 | 1.78 | 3.90 | 0.46 | 可 |
| | 15 | 1618 | 203 | 3.13 | 5.33 | 0.59 | 可 |
| | 16 | 1530 | 204 | 3.19 | 5.33 | 0.60 | 可 |
| 6b | 17 | 1749 | 204 | 2.54 | 5.33 | 0.48 | 可 |
| | 18 | 1707 | 204 | 2.65 | 3.87 | 0.69 | 可 |
| 7b | 19 | 1856 | 203 | 1.81 | 4.21 | 0.43 | 可 |
| | 19a | 1882 | 204 | 1.76 | 4.18 | 0.42 | 可 |
| | 20 | 1953 | 204 | 1.15 | 4.73 | 0.25 | 可 |
| | 20a | 1966 | 204 | 1.16 | 4.66 | 0.25 | 可 |

（注）　許容値はCVE－3512.2－1式により算出した $\tau_u$ 及びCVE－3512.2－2式により算出した $\tau_u$ のうち小さいほうの値

第２－９表　断面の評価結果（面内せん断応力度、応力状態２、荷重状態Ⅲ）

| 部位 | 領域 | 要素番号 | ケースNo. | 応力度 τ (N/mm²) | 許容値(注) (N/mm²) | 検定値 | 判定 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Sa | 2 | 592 | 308 | 0.949 | 1.92 | 0.50 | 可 |
| | 3 | 471 | 308 | 1.47 | 3.18 | 0.47 | 可 |
| | 3a | 491 | 308 | 0.907 | 3.18 | 0.29 | 可 |
| | 4 | 459 | 308 | 1.46 | 2.66 | 0.55 | 可 |
| | 4a | 522 | 307 | 1.24 | 2.66 | 0.47 | 可 |
| Sb | 5 | 790 | 322 | 1.54 | 3.73 | 0.42 | 可 |
| V | 7 | 1296 | 308 | 0.627 | 3.18 | 0.20 | 可 |
| | 8 | 1113 | 308 | 1.06 | 2.21 | 0.48 | 可 |
| | 9 | 1218 | 308 | 0.685 | 2.83 | 0.25 | 可 |
| 5b | 14 | 1630 | 319 | 1.16 | 2.96 | 0.39 | 可 |
| | 15 | 1596 | 319 | 1.95 | 3.99 | 0.49 | 可 |
| | 16 | 1530 | 320 | 2.04 | 3.99 | 0.51 | 可 |
| 6b | 17 | 1749 | 320 | 1.69 | 3.99 | 0.43 | 可 |
| | 18 | 1707 | 320 | 1.78 | 2.90 | 0.62 | 可 |
| 7b | 19 | 1856 | 320 | 1.30 | 3.16 | 0.41 | 可 |
| | 19a | 1882 | 320 | 1.28 | 3.15 | 0.41 | 可 |
| | 20 | 1952 | 302 | 0.841 | 3.55 | 0.24 | 可 |
| | 20a | 1966 | 301 | 0.811 | 3.55 | 0.23 | 可 |

（注）　許容値は荷重状態Ⅳで算出した $\tau_u$ を 0.75 倍した値

第２－10 表　断面の評価結果（面外せん断応力度、応力状態１、荷重状態Ⅲ）(1/3)

| 部位 | 領域 | 要素番号 | 方向 | ケースNo. | 応力度 τ (N/mm2) | 許容値（注１） (N/mm2) | 検定値 | 判定 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Sa | 2 | 648 | 縦筋 | 104 | 0.202 | 1.05 | 0.20 | 可 |
| | | 653 | 横筋 | 101 | 0.124 | 1.06 | 0.12 | 可 |
| | 3 | 565 | 縦筋 | 104 | 0.504 | 1.17 | 0.44 | 可 |
| | | 565 | 横筋 | 104 | 0.354 | 1.17 | 0.31 | 可 |
| | 3a | 509 | 縦筋 | 103 | 0.132 | 2.81 | 0.05 | 可 |
| | | 557 | 横筋 | 104 | 0.119 | 2.76 | 0.05 | 可 |
| | 4 | 521 | 縦筋 | 104 | 0.340 | 1.17 | 0.29 | 可 |
| | | 462 | 横筋 | 104 | 0.120 | 1.12 | 0.11 | 可 |
| | 4a | 522 | 縦筋 | 104 | 0.354 | 2.79 | 0.13 | 可 |
| | | 572 | 横筋 | 101 | 0.115 | 2.73 | 0.05 | 可 |
| Sb | 5 | 874 | 縦筋 | 102 | 0.708 | 1.34 | 0.53 | 可 |
| | | 875 | 横筋 | 104 | 0.627 | 1.10 | 0.57 | 可 |
| V | 7 | 1295 | 縦筋 | 103 | 0.278 | 1.13 | 0.25 | 可 |
| | | 1298 | 横筋 | 103 | 0.543 | 1.08 | 0.50 | 可 |
| | 8 | 1089 | 縦筋 | 103 | 0.224 | 1.04 | 0.22 | 可 |
| | | 1169 | 横筋 | 103 | 0.575 | 1.08 | 0.53 | 可 |
| | 9 | 1220 | 縦筋 | 103 | 1.10 | 1.13 | 0.97 | 可 |
| | | 1292（注２） | 横筋 | 103 | 0.777 | 1.16 | 0.67 | 可 |
| 5b | 14 | 1630 | 縦筋 | 104 | 0.122 | 1.15 | 0.11 | 可 |
| | | 1624 | 横筋 | 106 | 0.135 | 1.17 | 0.12 | 可 |
| | 15 | 1589 | 縦筋 | 108 | 0.0966 | 2.08 | 0.05 | 可 |
| | | 1618 | 横筋 | 103 | 0.421 | 2.31 | 0.19 | 可 |
| | 16 | 1530 | 縦筋 | 106 | 0.352 | 1.28 | 0.28 | 可 |
| | | 1568 | 横筋 | 106 | 0.184 | 1.26 | 0.15 | 可 |

（注１）許容値は荷重状態Ⅳで算出した $\tau_R$ を 0.75 倍した値

（注２）応力再配分等を考慮して、応力の平均化を行った結果

第 2－10 表　断面の評価結果（面外せん断応力度、応力状態 1、荷重状態Ⅲ）(2/3)

| 部位 | 領域 | 要素番号 | 方向 | ケースNo. | 応力度 τ (N/mm²) | 許容値 (注) (N/mm²) | 検定値 | 判定 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 6b | 17 | 1743 | 縦筋 | 108 | 0.121 | 1.16 | 0.11 | 可 |
| | | 1763 | 横筋 | 108 | 0.219 | 1.39 | 0.16 | 可 |
| | 18 | 1701 | 縦筋 | 108 | 0.203 | 1.14 | 0.18 | 可 |
| | | 1735 | 横筋 | 108 | 0.109 | 1.16 | 0.10 | 可 |
| 7b | 19 | 1862 | 縦筋 | 108 | 0.244 | 1.24 | 0.20 | 可 |
| | | 1947 | 横筋 | 103 | 0.230 | 0.903 | 0.26 | 可 |
| | 19a | 1896 | 縦筋 | 108 | 0.0249 | 1.97 | 0.02 | 可 |
| | | 1896 | 横筋 | 108 | 0.149 | 2.77 | 0.06 | 可 |
| | 20 | 1953 | 縦筋 | 108 | 0.0488 | 1.20 | 0.05 | 可 |
| | | 1975 | 横筋 | 103 | 0.288 | 0.949 | 0.31 | 可 |
| | 20a | 1966 | 縦筋 | 108 | 0.0256 | 2.81 | 0.01 | 可 |
| | | 1966 | 横筋 | 104 | 0.101 | 2.75 | 0.04 | 可 |

（注）　許容値は荷重状態Ⅳで算出した $\tau_R$ を 0.75 倍した値

第 2－10 表　断面の評価結果（面外せん断応力度、応力状態 1、荷重状態Ⅲ）(3/3)

| 部位 | 領域 | 要素番号 | 方向 | ケースNo. | 応力度 τ (N/mm²) | 許容値 $\tau_A$ (N/mm²) | 検定値 | 判定 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 底版 | 1 | 195 | NS | 104 | 0.762 | 2.17 | 0.36 | 可 |
| | | 234 | EW | 104 | 0.787 | 2.17 | 0.37 | 可 |

第２－11 表　断面の評価結果（面外せん断応力度、応力状態１、荷重状態Ⅳ）(1/3)

| 部位 | 領域 | 要素番号 | 方向 | ケースNo. | 応力度 τ (N/mm²) | 許容値（注１） (N/mm²) | 検定値 | 判定 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Sa | 2 | 648 | 縦筋 | 204 | 0.287 | 1.41 | 0.21 | 可 |
| | | 653 | 横筋 | 201 | 0.192 | 1.42 | 0.14 | 可 |
| | 3 | 565 | 縦筋 | 204 | 0.740 | 1.55 | 0.48 | 可 |
| | | 565 | 横筋 | 201 | 0.532 | 1.54 | 0.35 | 可 |
| | 3a | 509 | 縦筋 | 203 | 0.221 | 3.75 | 0.06 | 可 |
| | | 642 | 横筋 | 204 | 0.185 | 3.68 | 0.06 | 可 |
| | 4 | 521 | 縦筋 | 204 | 0.474 | 1.59 | 0.30 | 可 |
| | | 462 | 横筋 | 203 | 0.192 | 1.50 | 0.13 | 可 |
| | 4a | 522 | 縦筋 | 204 | 0.498 | 3.76 | 0.14 | 可 |
| | | 572 | 横筋 | 201 | 0.193 | 3.65 | 0.06 | 可 |
| Sb | 5 | 874 | 縦筋 | 201 | 1.19 | 1.80 | 0.66 | 可 |
| | | 875 | 横筋 | 204 | 1.06 | 1.46 | 0.73 | 可 |
| V | 7 | 1295 | 縦筋 | 203 | 0.434 | 1.50 | 0.29 | 可 |
| | | 1298 | 横筋 | 203 | 0.803 | 1.45 | 0.56 | 可 |
| | 8 | 1089 | 縦筋 | 203 | 0.370 | 1.35 | 0.28 | 可 |
| | | 1169 | 横筋 | 203 | 0.911 | 1.45 | 0.63 | 可 |
| | 9 | 1220（注２） | 縦筋 | 203 | 0.462 | 1.50 | 0.31 | 可 |
| | | 1292（注２） | 横筋 | 203 | 1.22 | 1.56 | 0.78 | 可 |

（注１）許容値は CVE－3513.2－1 式により算出した $\tau_R$ 及び CVE－3513.2－2 式により算出した $\tau_R$ のうち小さいほうの値

（注２）応力再配分等を考慮して、応力の平均化を行った結果

第２－11 表　断面の評価結果（面外せん断応力度、応力状態１、荷重状態Ⅳ）(2/3)

| 部位 | 領域 | 要素番号 | 方向 | ケースNo. | 応力度 τ (N/mm²) | 許容値 (注) (N/mm²) | 検定値 | 判定 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 5b | 14 | 1625 | 縦筋 | 202 | 0.193 | 1.54 | 0.13 | 可 |
| | | 1624 | 横筋 | 206 | 0.172 | 1.58 | 0.11 | 可 |
| | 15 | 1589 | 縦筋 | 208 | 0.146 | 2.76 | 0.06 | 可 |
| | | 1618 | 横筋 | 203 | 0.650 | 3.14 | 0.21 | 可 |
| | 16 | 1530 | 縦筋 | 206 | 0.467 | 1.72 | 0.28 | 可 |
| | | 1568 | 横筋 | 206 | 0.232 | 1.68 | 0.14 | 可 |
| 6b | 17 | 1743 | 縦筋 | 207 | 0.187 | 1.54 | 0.13 | 可 |
| | | 1763 | 横筋 | 208 | 0.327 | 1.86 | 0.18 | 可 |
| | 18 | 1701 | 縦筋 | 208 | 0.306 | 1.51 | 0.21 | 可 |
| | | 1730 | 横筋 | 207 | 0.168 | 1.51 | 0.12 | 可 |
| 7b | 19 | 1863 | 縦筋 | 204 | 0.293 | 1.49 | 0.20 | 可 |
| | | 1947 | 横筋 | 203 | 0.371 | 1.25 | 0.30 | 可 |
| | 19a | 1910 | 縦筋 | 206 | 0.0463 | 3.68 | 0.02 | 可 |
| | | 1896 | 横筋 | 208 | 0.187 | 3.70 | 0.06 | 可 |
| | 20 | 1975 | 縦筋 | 204 | 0.0625 | 1.54 | 0.05 | 可 |
| | | 1975 | 横筋 | 203 | 0.466 | 1.31 | 0.36 | 可 |
| | 20a | 1966 | 縦筋 | 208 | 0.0338 | 3.76 | 0.01 | 可 |
| | | 1966 | 横筋 | 204 | 0.167 | 3.72 | 0.05 | 可 |

（注）　許容値は CVE－3513.2－1 式により算出した $\tau_R$ 及び CVE－3513.2－2 式により算出した $\tau_R$ のうち小さいほうの値

第２－11 表　断面の評価結果（面外せん断応力度、応力状態１、荷重状態Ⅳ）(3/3)

| 部位 | 領域 | 要素番号 | 方向 | ケースNo. | 応力度 τ (N/mm²) | 許容値 $\tau_A$ (N/mm²) | 検定値 | 判定 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 底版 | 1 | 195 | NS | 204 | 0.949 | 2.17 | 0.44 | 可 |
| | | 234 | EW | 204 | 0.979 | 2.17 | 0.45 | 可 |

第２－12表　断面の評価結果（面外せん断応力度、応力状態２、荷重状態Ⅲ）(1/3)

| 部位 | 領域 | 要素番号 | 方向 | ケースNo. | 応力度 τ (N/mm²) | 許容値（注１） (N/mm²) | 検定値 | 判定 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Sa | 2 | 653 | 縦筋 | 318 | 0.284 | 1.05 | 0.27 | 可 |
| | | 653 | 横筋 | 317 | 0.175 | 0.672 | 0.26 | 可 |
| | 3 | 565 | 縦筋 | 317 | 0.838 | 1.17 | 0.72 | 可 |
| | | 565 | 横筋 | 317 | 0.814 | 1.16 | 0.70 | 可 |
| | 3a | 642 | 縦筋 | 318 | 0.247 | 2.78 | 0.09 | 可 |
| | | 557 | 横筋 | 317 | 0.125 | 1.60 | 0.08 | 可 |
| | 4 | 521 | 縦筋 | 320 | 0.385 | 0.933 | 0.42 | 可 |
| | | 519 | 横筋 | 318 | 0.148 | 0.775 | 0.20 | 可 |
| | 4a | 504 | 縦筋 | 320 | 0.338 | 1.88 | 0.18 | 可 |
| | | 572 | 横筋 | 317 | 0.162 | 1.58 | 0.11 | 可 |
| Sb | 5 | 874 | 縦筋 | 302 | 0.729 | 1.34 | 0.54 | 可 |
| | | 875 | 横筋 | 302 | 0.634 | 1.09 | 0.58 | 可 |
| V | 7 | 1298 | 縦筋 | 318 | 0.170 | 0.948 | 0.18 | 可 |
| | | 1298 | 横筋 | 319 | 0.453 | 0.720 | 0.63 | 可 |
| | 8 | 1089 | 縦筋 | 303 | 0.312 | 0.694 | 0.45 | 可 |
| | | 1169 | 横筋 | 319 | 0.748 | 0.999 | 0.75 | 可 |
| | 9 | 1220（注２） | 縦筋 | 319 | 0.418 | 1.02 | 0.41 | 可 |
| | | 1292（注２） | 横筋 | 320 | 0.552 | 0.672 | 0.83 | 可 |
| 5b | 14 | 1625 | 縦筋 | 319 | 0.132 | 0.684 | 0.20 | 可 |
| | | 1624 | 横筋 | 306 | 0.242 | 1.17 | 0.21 | 可 |
| | 15 | 1596 | 縦筋 | 321 | 0.147 | 1.20 | 0.13 | 可 |
| | | 1618 | 横筋 | 318 | 0.552 | 1.64 | 0.34 | 可 |
| | 16 | 1523 | 縦筋 | 322 | 0.319 | 0.876 | 0.37 | 可 |
| | | 1568 | 横筋 | 322 | 0.279 | 0.914 | 0.31 | 可 |

（注１）許容値は荷重状態Ⅳで算出した $\tau_R$ を 0.75 倍した値

（注２）応力再配分等を考慮して、応力の平均化を行った結果

第 2－12 表　断面の評価結果（面外せん断応力度、応力状態 2、荷重状態Ⅲ）(2/3)

| 部位 | 領域 | 要素番号 | 方向 | ケースNo. | 応力度 τ (N/mm²) | 許容値 (注) (N/mm²) | 検定値 | 判定 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 6b | 17 | 1743 | 縦筋 | 308 | 0.129 | 1.16 | 0.11 | 可 |
| | | 1756 | 横筋 | 306 | 0.306 | 1.36 | 0.23 | 可 |
| | 18 | 1700 | 縦筋 | 308 | 0.258 | 1.15 | 0.23 | 可 |
| | | 1728 | 横筋 | 306 | 0.175 | 1.15 | 0.16 | 可 |
| 7b | 19 | 1863 | 縦筋 | 320 | 0.264 | 0.666 | 0.40 | 可 |
| | | 1947 | 横筋 | 303 | 0.251 | 0.700 | 0.36 | 可 |
| | 19a | 1882 | 縦筋 | 302 | 0.116 | 1.63 | 0.08 | 可 |
| | | 1896 | 横筋 | 324 | 0.213 | 1.69 | 0.13 | 可 |
| | 20 | 1952 | 縦筋 | 324 | 0.209 | 1.20 | 0.18 | 可 |
| | | 1974 | 横筋 | 303 | 0.277 | 0.738 | 0.38 | 可 |
| | 20a | 1966 | 縦筋 | 324 | 0.167 | 2.81 | 0.06 | 可 |
| | | 1966 | 横筋 | 320 | 0.443 | 2.84 | 0.16 | 可 |

（注）　許容値は荷重状態Ⅳで算出した $\tau_R$ を 0.75 倍した値

第 2－12 表　断面の評価結果（面外せん断応力度、応力状態 2、荷重状態Ⅲ）(3/3)

| 部位 | 領域 | 要素番号 | 方向 | ケースNo. | 応力度 τ (N/mm²) | 許容値 $\tau_A$ (N/mm²) | 検定値 | 判定 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 底版 | 1 | 186 | NS | 328 | 0.561 | 1.13 | 0.50 | 可 |
| | | 234 | EW | 304 | 0.563 | 1.08 | 0.52 | 可 |

# 使用済燃料ラック及び破損燃料容器ラックの

# 耐震計算結果

| |
|---|
| 工事計画認可申請添付資料 6－8－2 |
| 玄 海 原 子 力 発 電 所 第 3 号 機 |

目　　次

頁
1.　概 要 …… 6(3)-8-2-1

2.　評価結果 …… 6(3)-8-2-1
2.1　設計基準対象施設としての評価結果 …… 6(3)-8-2-1
2.2　重大事故等対処施設としての評価結果 …… 6(3)-8-2-1

1. 概　要

本資料は、資料6－7－2「使用済燃料ラック及び破損燃料容器ラックの耐震計算方法」に従い、使用済燃料ラック及び破損燃料容器ラックが設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを確認するための耐震計算の結果について記載したものである。

2. 評価結果

2.1 設計基準対象施設としての評価結果

使用済燃料ラック及び破損燃料容器ラックの設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。発生値は、許容値を満足しており、設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを確認した。

(1) 基準地震動 Ss に対する評価

基準地震動 Ss に対する応力評価結果を第 2－1 表に示す。また、最大応力発生箇所を第 2－1 図に示す。

(2) 弾性設計用地震動 Sd 又は静的地震力に対する評価

弾性設計用地震動 Sd 又は静的地震力に対する応力評価結果を第 2－2 表に示す。また、最大応力発生箇所を第 2－2 図に示す。

2.2 重大事故等対処施設としての評価結果

使用済燃料ラック及び破損燃料容器ラックの重大事故等対処施設の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は、許容値を満足しており、設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを確認した。

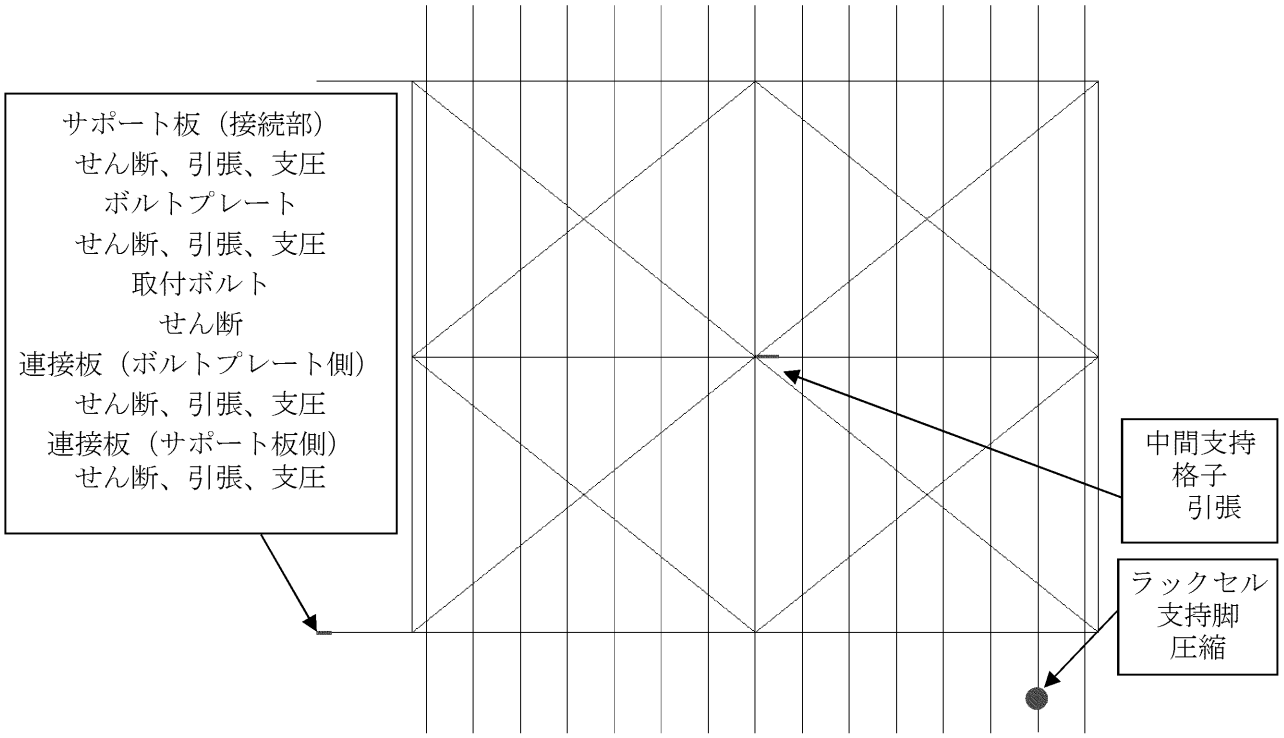
基準地震動Ssに対する応力評価結果を第2－3表に示す。また、最大応力発生箇所を第2－3図に示す。

第２－１表　基準地震動 Ss による評価結果 (D＋$P_D$＋$M_D$＋Ss) (1/2)

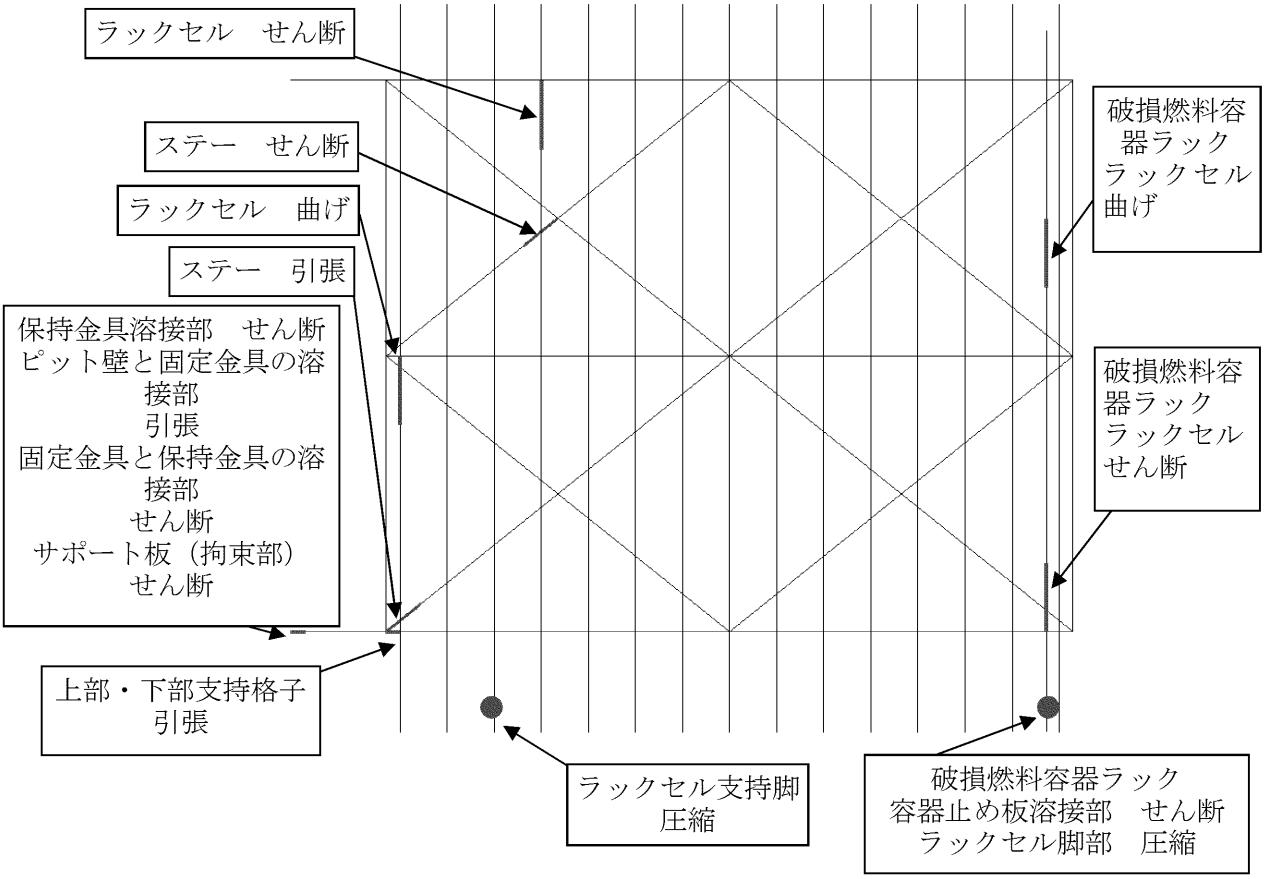
| 評価対象設備 | | | 評価部位 | 応力分類 | 発生応力 (MPa) | 許容応力 (MPa) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 核燃料物質の取扱施設及び貯蔵施設 | 使用済燃料貯蔵設備 | 使用済燃料ラック | ラックセル | 曲げ応力 | 8 | 205 |
| | | | | せん断応力 | 1 | 118 |
| | | | ピット壁と固定金具の溶接部 | 引張応力 | 56 | 205 |
| | | | 固定金具と保持金具の溶接部 | せん断応力 | 45 | 118 |
| | | | 保持金具溶接部 | せん断応力 | 33 | 118 |
| | | | サポート板（拘束部） | せん断応力 | 37 | 118 |
| | | | サポート板（接続部） | せん断応力 | 41 | 118 |
| | | | | 引張応力 | 70 | 205 |
| | | | | 支圧応力 | 177 | 384 |
| | | | ボルトプレート | せん断応力 | 30 | 118 |
| | | | | 引張応力 | 86 | 205 |
| | | | | 支圧応力 | 118 | 384 |
| | | | 取付ボルト | せん断応力 | 189 | 377 |
| | | | ラックセル支持脚 | 圧縮応力 | 2 | 200 |
| | | | 上部・下部支持格子 | 引張応力 | 18 | 205 |

第2－1表　基準地震動Ssによる評価結果（D＋$P_D$＋$M_D$＋Ss）(2/2)

| 評価対象設備 | | | 評価部位 | 応力分類 | 発生応力 (MPa) | 許容応力 (MPa) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 核燃料物質の取扱施設及び貯蔵施設 | 使用済燃料貯蔵設備 | 使用済燃料ラック | 中間支持格子 | 引張応力 | 19 | 205 |
| | | | ステー | せん断応力 | 1 | 118 |
| | | | | 引張応力 | 23 | 205 |
| | | | 連接板（ボルトプレート側） | せん断応力 | 30 | 118 |
| | | | | 引張応力 | 86 | 205 |
| | | | | 支圧応力 | 118 | 384 |
| | | | 連接板（サポート板側） | せん断応力 | 47 | 118 |
| | | | | 引張応力 | 61 | 205 |
| | | | | 支圧応力 | 118 | 384 |
| | | 破損燃料容器ラック | ラックセル | 曲げ応力 | 8 | 205 |
| | | | | せん断応力 | 2 | 118 |
| | | | 容器止め板溶接部 | せん断応力 | 27 | 118 |
| | | | ラックセル脚部 | 圧縮応力 | 10 | 204 |




ブロック A-NS




ブロック H-NS

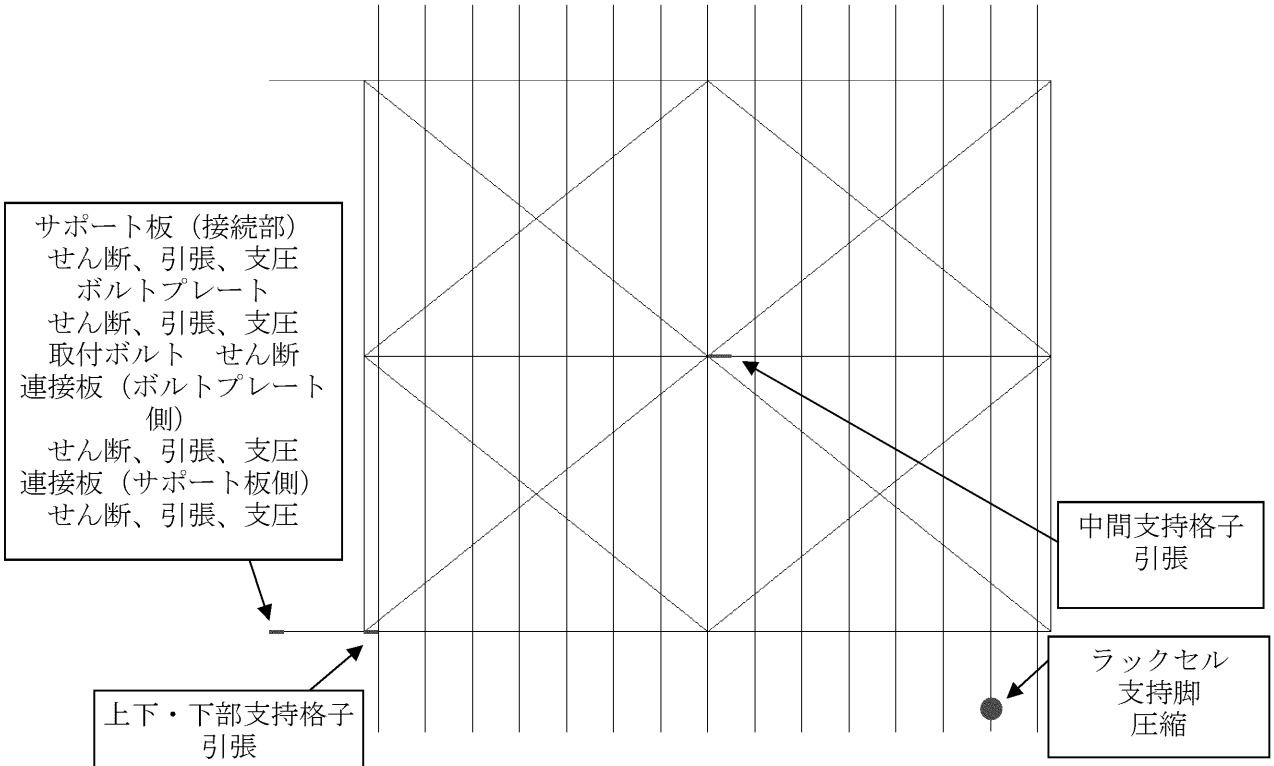
第 2－1 図　最大応力発生箇所（基準地震動 Ss）

第2－2表　弾性設計用地震動Sd又は静的地震力による評価結果（D＋$P_D$＋$M_D$＋Sd）(1/2)

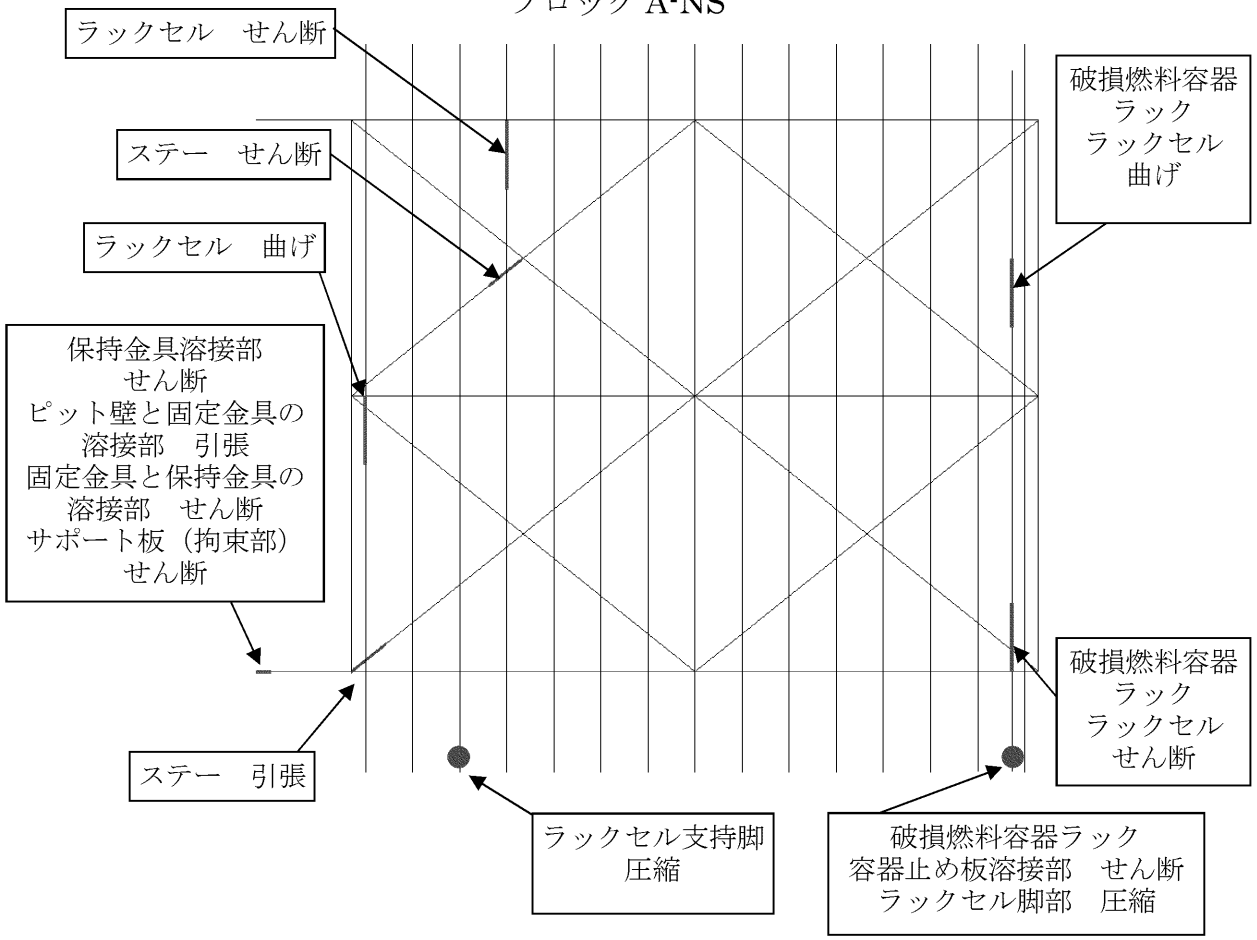
| 評価対象設備 | | | 評価部位 | 応力分類 | 発生応力 (MPa) | 許容応力 (MPa) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 核燃料物質の取扱施設及び貯蔵施設 | 使用済燃料貯蔵設備 | 使用済燃料ラック | ラックセル | 曲げ応力 | 5 | 205 |
| | | | | せん断応力 | 1 | 118 |
| | | | ピット壁と固定金具の溶接部 | 引張応力 | 34 | 205 |
| | | | 固定金具と保持金具の溶接部 | せん断応力 | 27 | 118 |
| | | | 保持金具溶接部 | せん断応力 | 21 | 118 |
| | | | サポート板（拘束部） | せん断応力 | 23 | 118 |
| | | | サポート板（接続部） | せん断応力 | 25 | 118 |
| | | | | 引張応力 | 43 | 205 |
| | | | | 支圧応力 | 108 | 384 |
| | | | ボルトプレート | せん断応力 | 18 | 118 |
| | | | | 引張応力 | 53 | 205 |
| | | | | 支圧応力 | 72 | 384 |
| | | | 取付ボルト | せん断応力 | 116 | 377 |
| | | | ラックセル支持脚 | 圧縮応力 | 2 | 200 |
| | | | 上部・下部支持格子 | 引張応力 | 11 | 205 |

第 2－2 表　弾性設計用地震動 Sd 又は静的地震力による評価結果 (D＋$P_D$＋$M_D$＋Sd) (2/2)

| 評価対象設備 | | | 評価部位 | 応力分類 | 発生応力 (MPa) | 許容応力 (MPa) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 核燃料物質の取扱施設及び貯蔵施設 | 使用済燃料貯蔵設備 | 使用済燃料ラック | 中間支持格子 | 引張応力 | 12 | 205 |
| | | | ステー | せん断応力 | 1 | 118 |
| | | | | 引張応力 | 14 | 205 |
| | | | 連接板（ボルトプレート側） | せん断応力 | 18 | 118 |
| | | | | 引張応力 | 53 | 205 |
| | | | | 支圧応力 | 72 | 384 |
| | | | 連接板（サポート板側） | せん断応力 | 29 | 118 |
| | | | | 引張応力 | 38 | 205 |
| | | | | 支圧応力 | 72 | 384 |
| | | 破損燃料容器ラック | ラックセル | 曲げ応力 | 5 | 205 |
| | | | | せん断応力 | 1 | 118 |
| | | | 容器止め板溶接部 | せん断応力 | 23 | 118 |
| | | | ラックセル脚部 | 圧縮応力 | 8 | 204 |




ブロック A-NS




ブロック H-NS

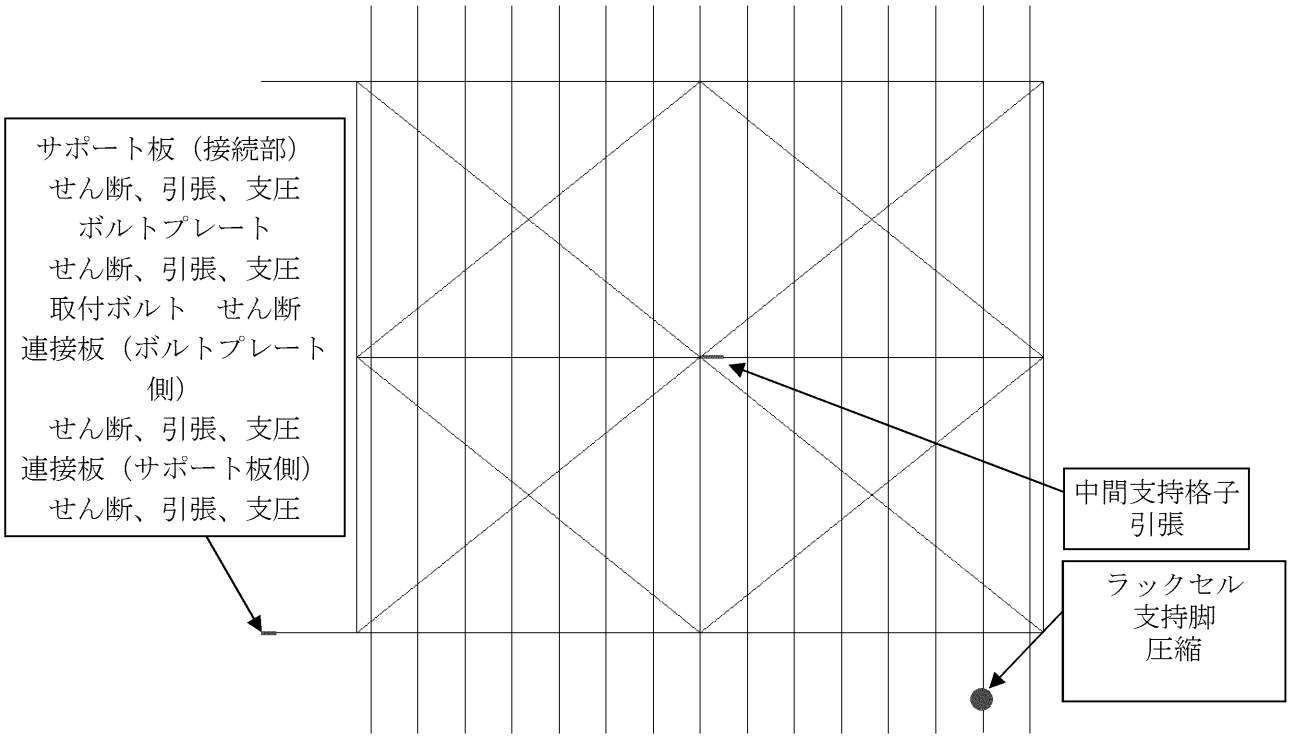
第 2－2 図　最大応力発生箇所（弾性設計用地震動 Sd 又は静的地震力）

第 2－3 表　基準地震動 Ss による評価結果 (D+$P_{SAD}$+$M_{SAD}$+Ss) (1/2)

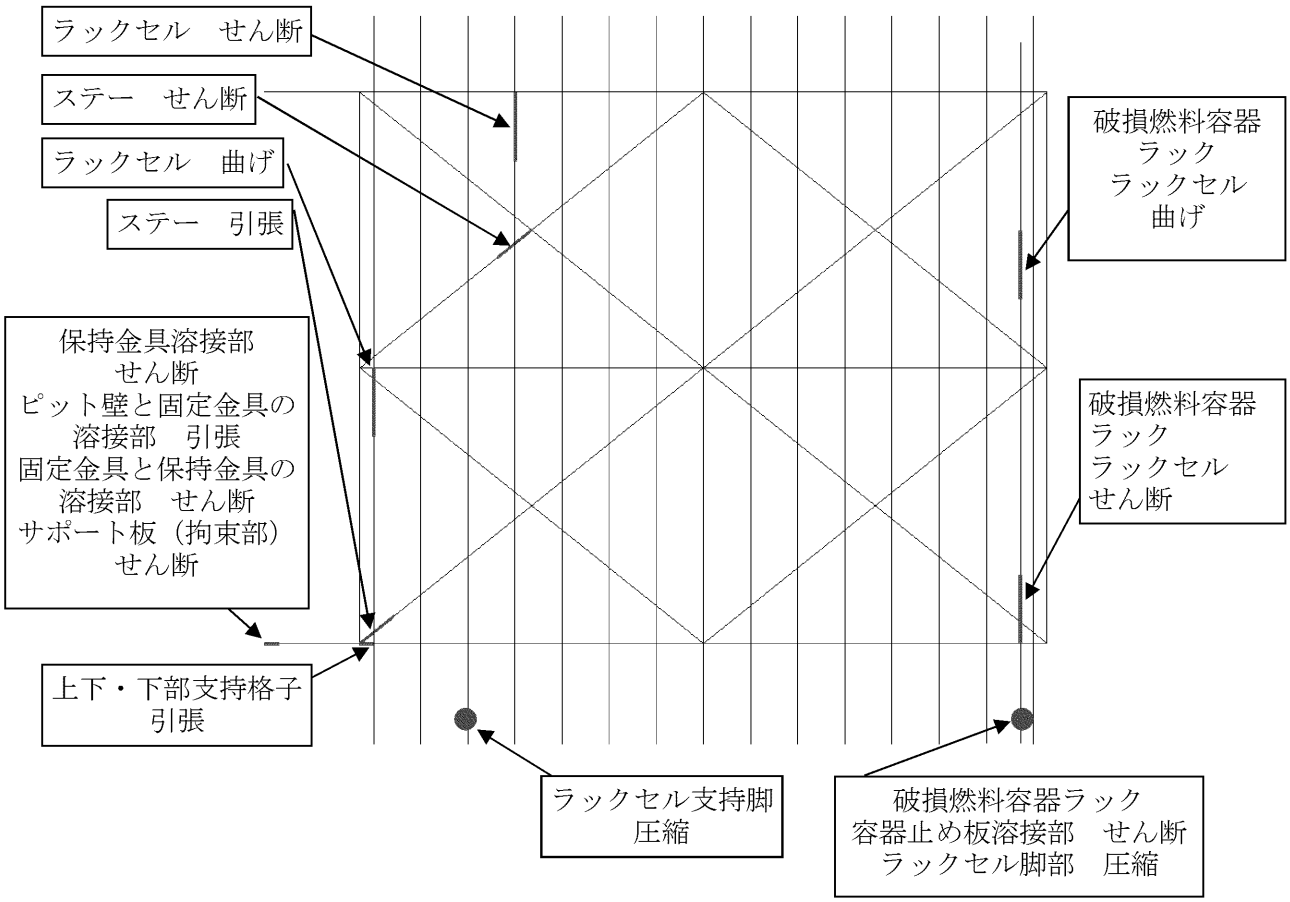
| 評価対象設備 | | | 評価部位 | 応力分類 | 発生応力 (MPa) | 許容応力 (MPa) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 核燃料物質の取扱施設及び貯蔵施設 | 使用済燃料貯蔵設備 | 使用済燃料ラック | ラックセル | 曲げ応力 | 8 | 205 |
| | | | | せん断応力 | 1 | 118 |
| | | | ピット壁と固定金具の溶接部 | 引張応力 | 56 | 205 |
| | | | 固定金具と保持金具の溶接部 | せん断応力 | 45 | 118 |
| | | | 保持金具溶接部 | せん断応力 | 33 | 118 |
| | | | サポート板（拘束部） | せん断応力 | 37 | 118 |
| | | | サポート板（接続部） | せん断応力 | 41 | 118 |
| | | | | 引張応力 | 70 | 205 |
| | | | | 支圧応力 | 177 | 384 |
| | | | ボルトプレート | せん断応力 | 30 | 118 |
| | | | | 引張応力 | 86 | 205 |
| | | | | 支圧応力 | 118 | 384 |
| | | | 取付ボルト | せん断応力 | 189 | 367 |
| | | | ラックセル支持脚 | 圧縮応力 | 2 | 200 |
| | | | 上部・下部支持格子 | 引張応力 | 18 | 205 |

第 2－3 表　基準地震動 Ss による評価結果 (D+$P_{SAD}$+$M_{SAD}$+Ss) (2/2)

| 評価対象設備 | | | 評価部位 | 応力分類 | 発生応力 (MPa) | 許容応力 (MPa) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 核燃料物質の取扱施設及び貯蔵施設 | 使用済燃料貯蔵設備 | 使用済燃料ラック | 中間支持格子 | 引張応力 | 19 | 205 |
| | | | ステー | せん断応力 | 1 | 118 |
| | | | | 引張応力 | 23 | 205 |
| | | | 連接板（ボルトプレート側） | せん断応力 | 30 | 118 |
| | | | | 引張応力 | 86 | 205 |
| | | | | 支圧応力 | 118 | 384 |
| | | | 連接板（サポート板側） | せん断応力 | 47 | 118 |
| | | | | 引張応力 | 61 | 205 |
| | | | | 支圧応力 | 118 | 384 |
| | | 破損燃料容器ラック | ラックセル | 曲げ応力 | 8 | 205 |
| | | | | せん断応力 | 2 | 118 |
| | | | 容器止め板溶接部 | せん断応力 | 27 | 118 |
| | | | ラックセル脚部 | 圧縮応力 | 10 | 204 |




ブロック A-NS




ブロック H-NS

第 2－3 図　最大応力発生箇所（基準地震動 Ss）

# 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

| |
|---|
| 工事計画認可申請添付資料 ６－９ |
| 玄海原子力発電所第 ３ 号機 |

# 使用済燃料ピットの水平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

| |
|---|
| 工事計画認可申請添付資料 ６－９－１ |
| 玄 海 原 子 力 発 電 所 第 ３ 号 機 |

目　　次

頁

1. 概　要 …… 6(3)-9-1-1

2. 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる
影響評価に用いる地震動 …… 6(3)-9-1-1

3. 各施設における水平2方向及び鉛直方向地震力の
組合せによる影響評価結果 …… 6(3)-9-1-1

3.1 影響評価部位の抽出 …… 6(3)-9-1-1

3.2 影響評価部位の抽出結果 …… 6(3)-9-1-8

3.3 影響評価方針 …… 6(3)-9-1-9

3.4 影響評価結果 …… 6(3)-9-1-10

1. 概　要

本資料は、資料 6－1「耐震設計の基本方針」に基づき、水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せにより、使用済燃料ピットが有する耐震性に及ぼす影響について評価した結果を説明するものである。

2. 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価に用いる地震動

水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価には、玄海原子力発電所の基準地震動 Ss－1～Ss－5 を用いる。

3. 各施設における水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価結果

3.1 影響評価部位の抽出

(1) 耐震評価上の構成部位の整理

使用済燃料ピットにおける耐震評価上の構成部位を整理し、該当する耐震評価上の構成部位を網羅的に確認した。確認した結果を第 3－1 表に示す。

(2) 応答特性の整理

使用済燃料ピットにおける耐震評価上の構成部位について、水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響が想定される応答特性を整理した。応答特性は、荷重の組合せによる影響が想定されるもの及び 3 次元的な建屋挙動から影響が想定されるものに分けて整理した。整理した結果を第 3－2 表及び第 3－3 表示す。

(3) 荷重の組合せによる応答特性が想定される部位の抽出

第 3－3 表に示す耐震評価上の構成部位のうち、第 3－4 表に示す荷重の組合せによる応答特性により、水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響が想定される部位を抽出した。抽出した結果を第 3－4 表に示す。

応答特性①－1「直交する水平 2 方向の荷重が、応力として集中する部位」として、水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価が必要な部位は抽出されなかった。

また、応答特性①－2「面内方向の荷重を負担しつつ、面外方向の荷重が作用する部位」として、抽出した。

(4) 3 次元的な応答特性が想定される部位の抽出

第 3－5 表に示す耐震評価上の構成部位のうち、荷重の組合せによる応答特

性が想定される部位として抽出されなかった部位について、第 3－3 表に示す 3 次元的な応答特性により、水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響が想定される部位を抽出した。抽出した結果を第 3－5 表に示す。

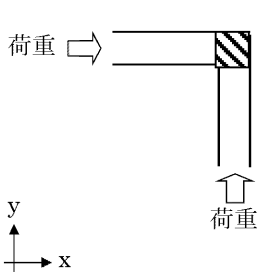
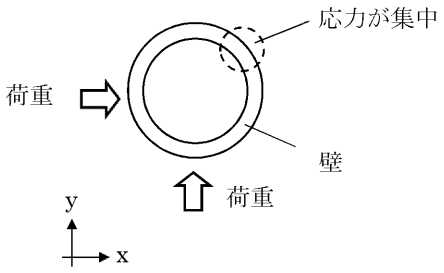
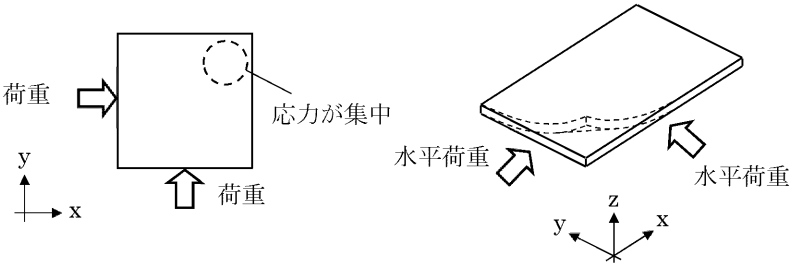
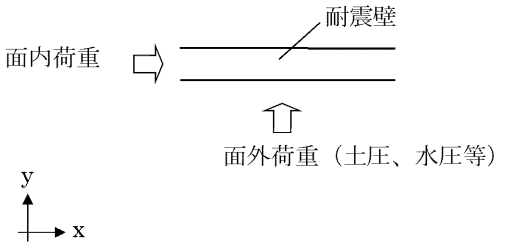
応答特性②－1「面内方向の荷重に加え、面外慣性力の影響が大きい部位」及び応答特性②－2「加振方向以外の方向に励起される振動が発生する部位」として、水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価が必要な部位は抽出されなかった。

第３－１表　使用済燃料ピットにおける耐震評価上の構成部材の整理

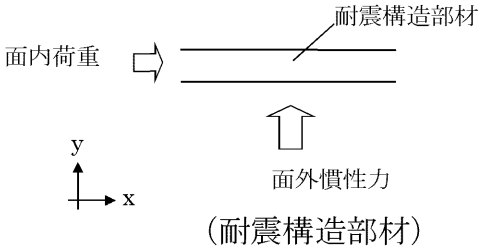
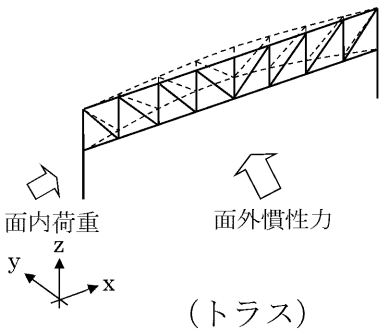
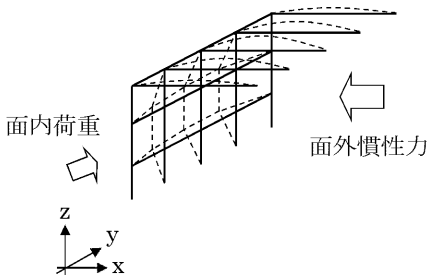
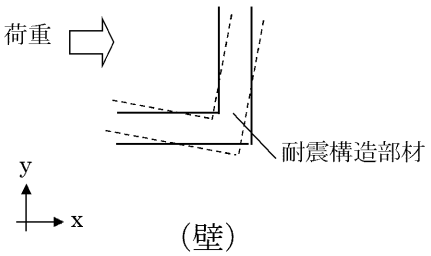
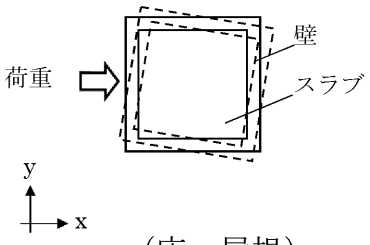
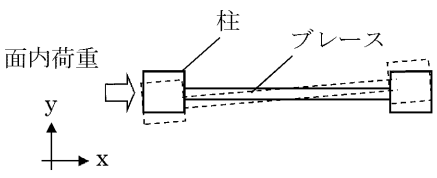
| 耐震評価部位 | | 原子炉格納容器及び原子炉周辺建屋 |
|---|---|---|
| | | 使用済燃料ピット |
| 柱 | 一般部 | － |
| | 隅部 | － |
| | 地下部 | － |
| はり | 一般部 | － |
| | 地下部 | － |
| | 鉄骨トラス | － |
| 壁 | 一般部 | － |
| | 斜め部 | － |
| | 地下部 | ○ |
| | 鉄骨ブレース | － |
| | 水密扉 | － |
| 床屋根 | 一般部 | ○ |
| 基礎 | 矩形 | － |

凡例　○：対象の部材有り、－：対象の部材なし

第３－２表　水平２方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響が想定される応答特性
（荷重の組合せによる応答特性）

| 荷重の組合せによる応答特性 | | 影響想定部位 |
|---|---|---|
| ①－１ | 直交する水平２方向の荷重が、応力として集中 | 応力の集中する隅柱等<br>（例）<br>  <br><br>（隅柱）<br>  <br><br>（円筒壁）<br>  <br><br>（矩形の基礎版） |
| ①－２ | 面内方向の荷重を負担しつつ、面外方向の荷重が作用 | 土圧を負担する地下耐震壁等<br>水圧を負担するピット等<br>（例）<br>  <br> |

第３－３表　水平２方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響が想定される応答特性
（３次元的な応答特性）

| ３次元的な応答特性 | | 影響想定部位 |
|---|---|---|
| ②－1 | 面内方向の荷重に加え、面外慣性力の影響が大きい | 大スパン又は吹抜部に設置された部位<br>（例）<br>  <br>（耐震構造部材）<br>  <br>（トラス）<br>  <br>（水平と鉛直方向の周期が同調） |
| ②－2 | 加振方向以外の方向に励起される振動 | 塔状構造物等を含む、ねじれ挙動が想定される建物・構築物<br>（例）<br>  <br>（壁）<br>  <br>（床・屋根）<br>  <br>（ブレース） |

第 3－4 表　水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる
影響の確認が必要な部位の抽出
（荷重の組合せによる応答特性によるスクリーニング）

| 耐震評価部位 | | 原子炉格納容器及び原子炉周辺建屋 |
|---|---|---|
| | | 使用済燃料ピット |
| 柱 | 一般部 | － |
| | 隅部 | － |
| | 地下部 | － |
| はり | 一般部 | － |
| | 地下部 | － |
| | 鉄骨トラス | － |
| 壁 | 一般部 | － |
| | 斜め部 | － |
| | 地下部 | ①－2 要 |
| | 鉄骨ブレース | － |
| | 水密扉 | － |
| 床屋根 | 一般部 | 該当なし |
| 基礎 | 矩形 | － |

凡例　要：評価必要、①－2：応答特性「面内方向の荷重を負担しつつ、面外方向の荷重が作用」

第 3－5 表　水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる
影響の確認が必要な部位の抽出
（3 次元的な応答特性を踏まえたスクリーニング）

| 耐震評価部位 | | 原子炉格納容器及び原子炉周辺建屋<br>使用済燃料ピット |
|---|---|---|
| 柱 | 一般部 | － |
| | 隅部 | － |
| | 地下部 | － |
| はり | 一般部 | － |
| | 地下部 | － |
| | 鉄骨トラス | － |
| 壁 | 一般部 | － |
| | 斜め部 | － |
| | 地下部 | 要 |
| | 鉄骨ブレース | － |
| | 水密扉 | － |
| 床屋根 | 一般部 | 否 |
| 基礎 | 矩形 | － |

凡例　要：荷重の組合せによる応答特性によるスクリーニングで抽出済み、否：評価不要

3.2　影響評価部位の抽出結果

使用済燃料ピットにおいて、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響が想定されるとして抽出した部位を第3－6表に示す。

応答特性①－2「面内方向の荷重を負担しつつ、面外方向の荷重が作用する部位」として、上部に床等による拘束がなく、面外荷重（土圧及び水圧）に対する境界条件が厳しい使用済燃料ピットの壁について、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価を行う。

第3－6表　水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響の確認が必要な部位

| 応答特性 | 耐震評価部位 | | 対象建物・構築物 | 評価部位 |
|---|---|---|---|---|
| ①－2 | 壁 | 地下部 | ・使用済燃料ピット | 上部に床等による拘束がなく、面外荷重（土圧及び水圧）に対する境界条件が厳しい使用済燃料ピットの壁を評価する。 |

凡例　①－2：応答特性「面内方向の荷重を負担しつつ、面外方向の荷重が作用」

3.3　影響評価方針

水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価部位として抽出された部位について、基準地震動 Ss を用い、水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響を評価した。影響評価は、資料 6－8－1「使用済燃料ピットの耐震計算結果」の各部位の解析モデル及び地震力を用いた。影響評価に用いる地震動を第 3－7 表に示す。また、影響評価に用いる地震力は、基準地震動 Ss の各方向地震成分により、個別に計算した最大応答値を用い、水平2方向及び鉛直方向地震力を組み合わせる方法として、米国 Regulatory Guide1.92 (注) の「2. Combining Effects Caused by Three Spatial Components of an Earthquake」を参考に、組合せ係数法(1.0：0.4：0.4)に基づいて評価する。

（注）　Regulatory Guide (RG) 1.92 “ Combining modal responses and spatial components in seismic response analysis ”

第 3－7 表　影響評価に用いる地震動

| 影響評価部位 | | 対象建物・構築物 | 影響評価に用いる地震動 | 備考 |
|---|---|---|---|---|
| 壁 | 地下部 | 使用済燃料ピット | 基準地震動<br>Ss－1<br>Ss－2<br>Ss－3<br>Ss－4<br>Ss－5 | 資料 6－8－1 の評価結果を用いるため、Ss－1～Ss－5 を包絡した地震力とする。 |

## 3.4　影響評価結果

「面内方向の荷重を負担しつつ、面外方向の荷重が作用する部位」である使用済燃料ピットの壁について、基準地震動 Ss による地震力を水平 2 方向及び鉛直方向に作用させ、3 次元 FEM モデルによる弾性応力解析を行った。3 次元 FEM 解析による断面の評価は発電用原子力設備規格「コンクリート製原子炉格納容器規格」に基づいて行った。

使用済燃料ピットの壁の評価は、「応力状態 1、荷重状態Ⅳ」の Ss 地震時を対象として、土圧を受ける V 通りの壁について、水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響を評価した。

地震荷重は、基準地震動 Ss－1～Ss－5 により算出される動的地震力を包絡して設定し、資料 6－8－1「使用済燃料ピットの耐震計算結果」に示す地震荷重とする。その他、固定荷重、積載荷重、水圧荷重、ラック荷重及び土圧荷重を考慮する。

荷重の組合せは、資料 6－6－1「使用済燃料ピットの耐震計算方針」に基づき設定する。地震荷重及び風荷重の組合せについて、使用済燃料ピットを含む原子炉周辺建屋がコンクリート構造物であり、自重の大きな施設であることから、風荷重の影響は小さいため、地震荷重及び風荷重の組合せは考慮しない。また、積雪荷重は、地震荷重及び積載荷重の組合せで考慮される。

使用済燃料ピット周りの概略平面図及び概略断面図を第 3－1 図及び第 3－2 図に示す。

使用済燃料ピットの 3 次元 FEM モデルは、原子炉周辺建屋の基礎版上端(EL.－9.7m～EL.－5.2m)より上部のモデル（以下「REB モデル」という。）及び EL.11.3m より下部の使用済燃料ピット周りの詳細解析モデル（以下「SFP モデル」という。）を作成し、各荷重ケースに対して解析を行う。REB モデルは、原子炉周辺建屋の壁及び床をシェル要素、柱をはり要素でモデル化し、SFP モデルは、使用済燃料ピットの壁及び底版をシェル要素でモデル化する。REB モデル及び SFP モデルは、基礎上端を固定とするが、SFP モデルは、原子炉周辺建屋のうち使用済燃料ピット周りについてモデル化していることから、モデル化範囲外の部分との連続性を考慮するため、REB モデルと SFP モデルにおいて同一座標となる共通節点に対して、REB モデルによる強制変位を考慮する。解析モデルを第 3－3 図及び第 3－4 図、コンクリート及び鉄筋の材料定数を第 3－8 表及び第 3－9 表に示す。

評価の結果、水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる軸力及び曲げモーメントに対する鉄筋及びコンクリートのひずみが許容値を超えないこと、

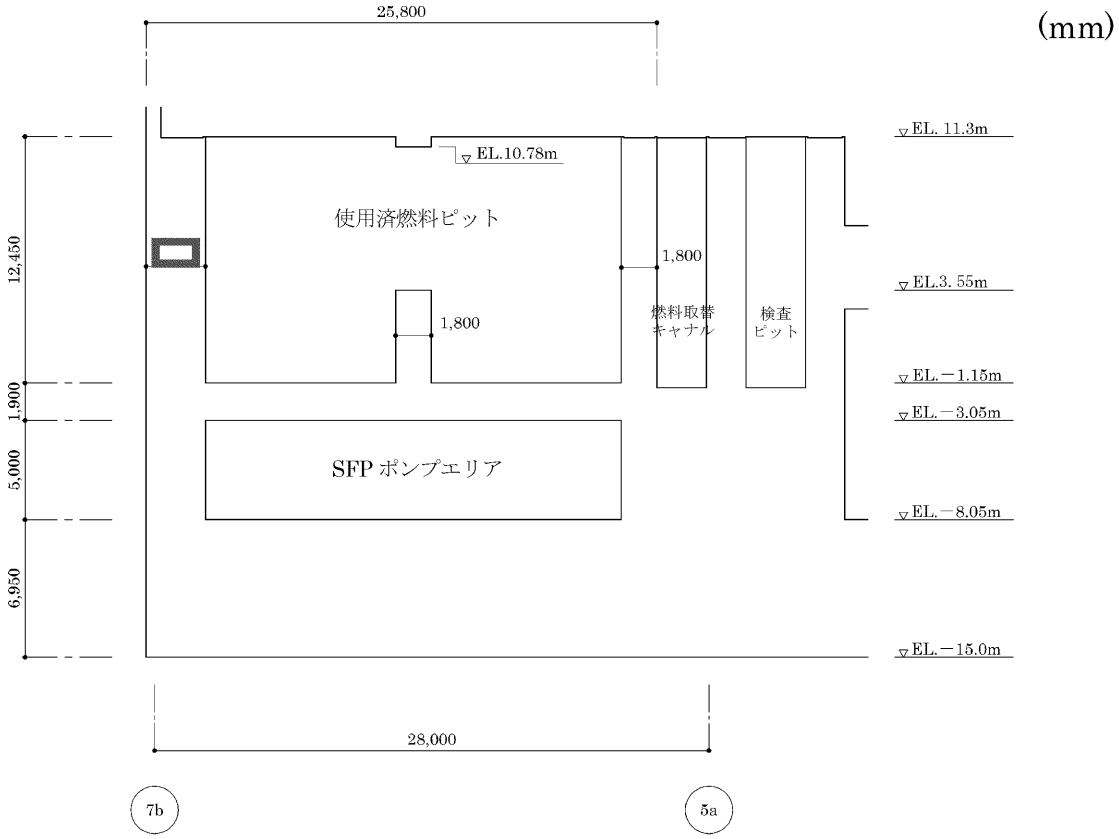
面内せん断応力度及び面外せん断応力度が許容値を超えないことを確認した。また、軸力に対するコンクリートの圧縮応力度が、設計基準強度の 2/3 倍を超えないことを確認した。

ここで、水平２方向及び鉛直方向地震力の組合せに対する断面の評価結果と水平１方向及び鉛直方向地震力の組合せに対する断面の評価結果とを比較すると、水平２方向の地震力の影響により、鉄筋のひずみ並びに軸力、面内せん断応力度及び面外せん断応力度の検定値は、同等又は増加傾向であることを確認した。

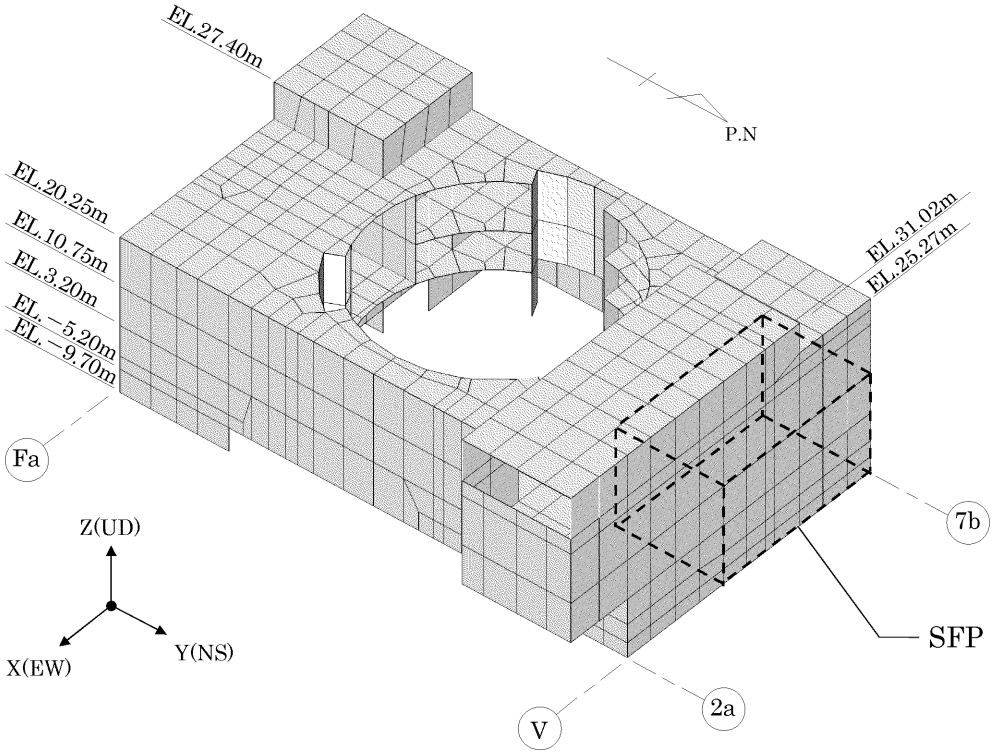
断面の評価対象要素番号を第 3－5 図、断面の評価結果を第 3－10 表～第 3－13 表に示す。

以上のことから、水平２方向及び鉛直方向地震力の組合せに対し、使用済燃料ピットが有する耐震性への影響はないことを確認した。

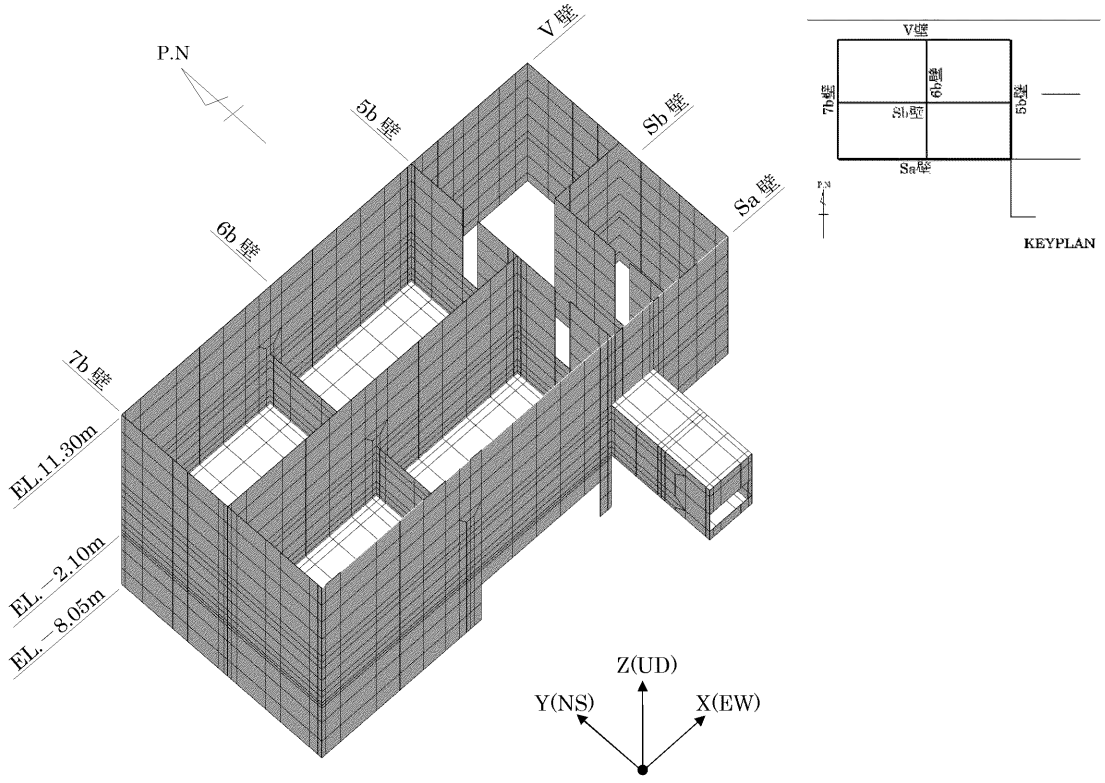
第 3－1 図　使用済燃料ピット周りの概略平面図




第 3－2 図　使用済燃料ピット周りの概略断面図（a－a 断面）




第 3－3 図　解析モデル（REB モデル）




第 3－4 図　解析モデル（SFP モデル）

第 3－8 表　コンクリートの材料定数

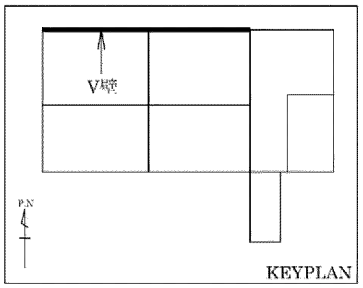
| 設計基準強度<br>Fc<br>(N/mm$^2$) | ヤング係数<br>E<br>(N/mm$^2$) | ポアソン比<br>$\nu$ |
|---|---|---|
| 23.5 | $2.25\times10^4$ | 0.2 |

第 3－9 表　鉄筋の材料定数

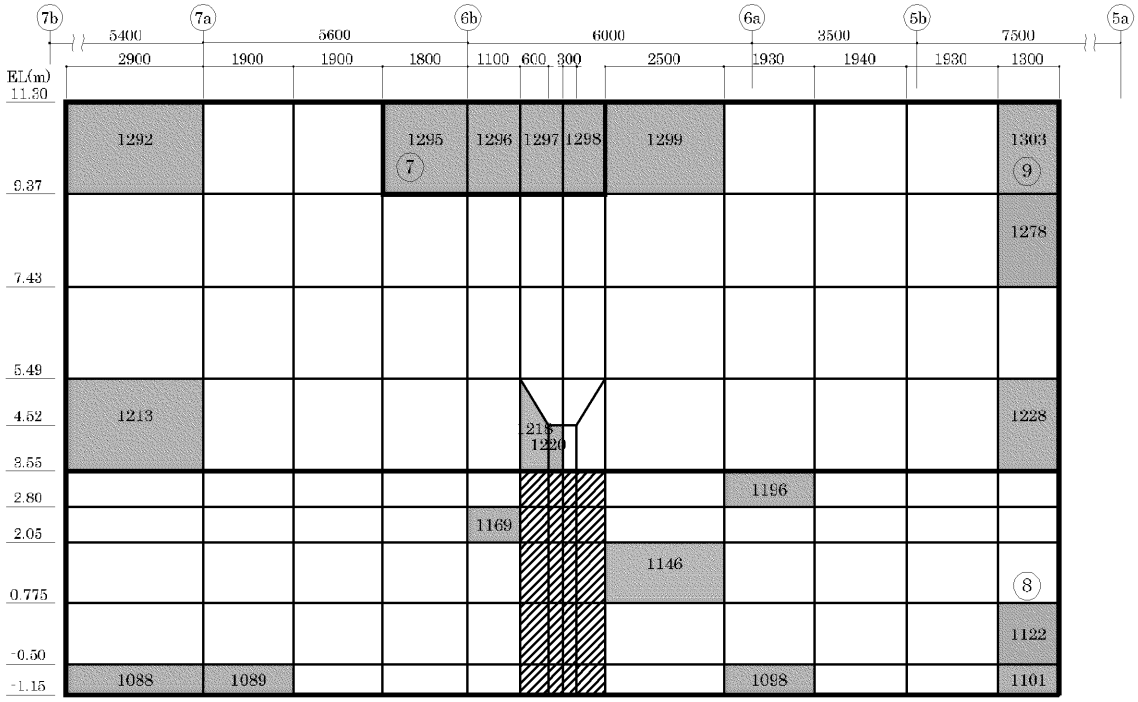
| 鉄筋種類 | 降伏強度<br>Fy<br>(N/mm$^2$) | ヤング係数<br>E<br>(N/mm$^2$) |
|---|---|---|
| SD345（注１） | 345 | $2.05\times10^5$ |
| SD390（注２） | 390 | $2.05\times10^5$ |

（注１）建設当時の鉄筋の種類は SD35 であるが、現在の規格(SD345)に読み替えた材料定数を示す。

（注２）建設当時の鉄筋の種類は SD40 であるが、現在の規格(SD390)に読み替えた材料定数を示す。




(mm)




第3－5図　断面の評価対象要素番号（V通り壁）

第 3－10 表　断面の評価結果（軸力及び曲げモーメント、応力状態 1、荷重状態Ⅳ）

(a)　水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せ

| 部位 | 領域 | 要素番号 | 方向 | 鉄筋 ($\times 10^{-6}$) | | | | コンクリート ($\times 10^{-6}$) | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | ひずみ | 許容値 | 検定値 | 判定 | ひずみ | 許容値 | 検定値 | 判定 |
| V | 7 | 1297 | 縦筋 | 627 | 5,000 | 0.13 | 可 | －154 | 3,000 | 0.06 | 可 |
| | | 1298 | 横筋 | 976 | 5,000 | 0.20 | 可 | －374 | 3,000 | 0.13 | 可 |
| | 8 | 1101 | 縦筋 | 1450 | 5,000 | 0.30 | 可 | －177 | 3,000 | 0.06 | 可 |
| | | 1196 | 横筋 | 855 | 5,000 | 0.18 | 可 | －173 | 3,000 | 0.06 | 可 |
| | 9 | 1303 | 縦筋 | 870 | 5,000 | 0.18 | 可 | －133 | 3,000 | 0.05 | 可 |
| | | 1299 | 横筋 | 1020 | 5,000 | 0.21 | 可 | －422 | 3,000 | 0.15 | 可 |

(b)　水平 1 方向及び鉛直方向地震力の組合せ

| 部位 | 領域 | 要素番号 | 方向 | 鉄筋 ($\times 10^{-6}$) | | | | コンクリート ($\times 10^{-6}$) | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | ひずみ | 許容値 | 検定値 | 判定 | ひずみ | 許容値 | 検定値 | 判定 |
| V | 7 | 1297 | 縦筋 | 504 | 5,000 | 0.11 | 可 | －153 | 3,000 | 0.06 | 可 |
| | | 1298 | 横筋 | 883 | 5,000 | 0.18 | 可 | －373 | 3,000 | 0.13 | 可 |
| | 8 | 1101 | 縦筋 | 1320 | 5,000 | 0.27 | 可 | －180 | 3,000 | 0.06 | 可 |
| | | 1196 | 横筋 | 642 | 5,000 | 0.13 | 可 | －165 | 3,000 | 0.06 | 可 |
| | 9 | 1303 | 縦筋 | 765 | 5,000 | 0.16 | 可 | －131 | 3,000 | 0.05 | 可 |
| | | 1299 | 横筋 | 935 | 5,000 | 0.19 | 可 | －418 | 3,000 | 0.14 | 可 |

第 3－11 表　断面の評価結果（軸力、応力状態 1、荷重状態Ⅳ）

(a)　水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せ

| 部位 | 領域 | 要素番号 | 方向 | コンクリート (N/mm²) | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | 応力度 | 許容値 | 検定値 | 判定 |
| V | 7 | 1298 | 縦筋 | －0.725 | 15.6 | 0.05 | 可 |
| | | 1296 | 横筋 | －0.989 | 15.6 | 0.07 | 可 |
| | 8 | 1088 | 縦筋 | －1.85 | 15.6 | 0.12 | 可 |
| | | 1122 | 横筋 | －0.996 | 15.6 | 0.07 | 可 |
| | 9 | 1213 | 縦筋 | －1.04 | 15.6 | 0.07 | 可 |
| | | 1278 | 横筋 | －1.22 | 15.6 | 0.08 | 可 |

(b)　水平 1 方向及び鉛直方向地震力の組合せ

| 部位 | 領域 | 要素番号 | 方向 | コンクリート (N/mm²) | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | 応力度 | 許容値 | 検定値 | 判定 |
| V | 7 | 1298 | 縦筋 | －0.730 | 15.6 | 0.05 | 可 |
| | | 1296 | 横筋 | －0.749 | 15.6 | 0.05 | 可 |
| | 8 | 1088 | 縦筋 | －1.77 | 15.6 | 0.12 | 可 |
| | | 1146 | 横筋 | －0.795 | 15.6 | 0.06 | 可 |
| | 9 | 1213 | 縦筋 | －1.03 | 15.6 | 0.07 | 可 |
| | | 1228 | 横筋 | －1.13 | 15.6 | 0.08 | 可 |

第 3－12 表　断面の評価結果（面内せん断応力度、応力状態 1、荷重状態Ⅳ）

(a)　水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せ

| 部位 | 領域 | 要素番号 | 応力度 $\tau$ ($N/mm^2$) | 許容値 (注) ($N/mm^2$) | 検定値 | 判定 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| V | 7 | 1296 | 0.708 | 4.20 | 0.17 | 可 |
| | 8 | 1098 | 1.07 | 2.94 | 0.37 | 可 |
| | 9 | 1228 | 0.808 | 3.69 | 0.22 | 可 |

(b)　水平 1 方向及び鉛直方向地震力の組合せ

| 部位 | 領域 | 要素番号 | 応力度 $\tau$ ($N/mm^2$) | 許容値 (注) ($N/mm^2$) | 検定値 | 判定 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| V | 7 | 1296 | 0.637 | 4.24 | 0.15 | 可 |
| | 8 | 1098 | 0.984 | 2.94 | 0.34 | 可 |
| | 9 | 1218 | 0.701 | 3.77 | 0.19 | 可 |

（注）　許容値は CVE－3512.2－1 式により算出した $\tau_u$ 及び CVE－3512.2－2 式により算出した $\tau_u$ のうち小さいほうの値

第 3－13 表　断面の評価結果（面外せん断応力度、応力状態 1、荷重状態Ⅳ）

(a)　水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せ

| 部位 | 領域 | 要素番号 | 方向 | 応力度 τ (N/mm2) | 許容値 (注１) (N/mm2) | 検定値 | 判定 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| V | 7 | 1295 | 縦筋 | 0.432 | 1.50 | 0.29 | 可 |
| | | 1298 | 横筋 | 0.818 | 1.46 | 0.56 | 可 |
| | 8 | 1089 | 縦筋 | 0.369 | 1.34 | 0.28 | 可 |
| | | 1169 | 横筋 | 0.928 | 1.45 | 0.64 | 可 |
| | 9 | 1220 (注２) | 縦筋 | 0.470 | 1.51 | 0.32 | 可 |
| | | 1292 (注２) | 横筋 | 1.22 | 1.55 | 0.79 | 可 |

(b)　水平 1 方向及び鉛直方向地震力の組合せ

| 部位 | 領域 | 要素番号 | 方向 | 応力度 τ (N/mm2) | 許容値 (注１) (N/mm2) | 検定値 | 判定 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| V | 7 | 1295 | 縦筋 | 0.434 | 1.50 | 0.29 | 可 |
| | | 1298 | 横筋 | 0.803 | 1.45 | 0.56 | 可 |
| | 8 | 1089 | 縦筋 | 0.370 | 1.35 | 0.28 | 可 |
| | | 1169 | 横筋 | 0.911 | 1.45 | 0.63 | 可 |
| | 9 | 1220 (注２) | 縦筋 | 0.462 | 1.50 | 0.31 | 可 |
| | | 1292 (注２) | 横筋 | 1.22 | 1.56 | 0.78 | 可 |

（注１）　許容値は CVE－3513.2－1 式により算出した $\tau_R$ 及び CVE－3513.2－2 式により算出した $\tau_R$ のうち小さいほうの値

（注２）　応力再配分等を考慮して、応力の平均化を行った結果

# 使用済燃料ラック及び破損燃料容器ラックの
# 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

| |
|---|
| 工事計画認可申請添付資料 ６－９－２ |
| 玄 海 原 子 力 発 電 所 第 ３ 号 機 |

目　　次

頁

1. 概　要…… 6(3)-9-2-1

2. 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せに対する
影響評価に用いる地震動…… 6(3)-9-2-1

3. 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せに対する
影響評価…… 6(3)-9-2-1
3.1　影響検討対象部位…… 6(3)-9-2-1
3.2　建物・構築物及び屋外重要土木構造物の
検討結果を踏まえた機器・配管系への影響…… 6(3)-9-2-3
3.3　影響評価部位の抽出結果…… 6(3)-9-2-4
3.4　影響評価方法…… 6(3)-9-2-4
3.5　影響評価結果…… 6(3)-9-2-4

1. 概　要

本資料は、資料 6－1「耐震設計の基本方針」に基づき、水平 2 方向及び鉛直方向地震力により、使用済燃料ラック及び破損燃料容器ラックが有する耐震性に及ぼす影響について評価した結果を説明するものである。

2. 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せに対する影響評価に用いる地震動

水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価は、玄海原子力発電所の基準地震動 Ss－1 から Ss－5 を包絡した地震動を用いて実施した。

3. 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せに対する影響評価

3.1 影響検討対象部位

使用済燃料ラック及び破損燃料容器ラックの各評価部位、応力分類に対し構造上の特徴から水平 2 方向の地震力による影響を以下の観点により検討し、影響の可能性があるとして抽出した部位を第 3－1 表に示す。

第 3－1 表　水平 2 方向入力の影響検討対象部位

| 設　備 | 検討対象部位 |
|---|---|
| 使用済燃料ラック | ラックセル<br>（ラックセル、ラックセル支持脚） |
| | 壁サポート部<br>（ピット壁と固定金具の溶接部、固定金具と保持金具の溶接部、保持金具溶接部、サポート板、ボルトプレート、取付ボルト、連接板） |
| | 支持格子<br>（上部・下部支持格子、中間支持格子） |
| | ステー |
| 破損燃料容器ラック | ラックセル<br>（ラックセル、ラックセル脚部） |
| | 容器止め板溶接部 |

(1) 水平2方向の地震力が重複する観点

水平1方向の地震力に加えて、さらに水平直交方向に地震力が重複した場合、水平2方向の地震力による影響を検討し、影響が軽微な設備以外の影響検討が必要となる可能性があるものを抽出する。以下のいずれかに該当する場合は、水平2方向の地震力による影響が軽微な部位である。

a. 水平2方向の地震力を受けた場合でも、その構造により水平1方向の地震力しか負担しないもの

使用済燃料ラックの壁サポート部は、水平1方向のみを拘束する構造であるため、水平1方向の地震力しか負担しないため、影響を受けない。

使用済燃料ラックの支持格子及びステーは、1方向の荷重しか伝達しない棒または平鋼部材であるため、影響を受けない。

破損燃料容器ラックの容器止め板溶接部は、鉛直方向に破損燃料容器を支持する部材であり、破損燃料容器ラックの長軸に対して直交するように取り付けており、水平方向地震により荷重が発生する部材でないため、影響を受けない。

使用済燃料ラックのラックセル及び破損燃料容器ラックのラックセルは、いずれも水平2方向の地震力を負担するため、影響を受ける。

b. 水平2方向の地震力を受けた場合でも、その構造により最大応力の発生箇所が異なるもの

使用済燃料ラックのラックセル及び破損燃料容器ラックのラックセルは、いずれも、その構造により最大応力の発生箇所が異なるとはいえないため、影響を受ける。

c. 水平2方向の地震力を組み合わせても水平1方向の地震による応力と同等といえるもの

使用済燃料ラックのラックセル及び破損燃料容器ラックのラックセルは、水平2方向の地震力を組み合わせた場合、水平1方向の地震による応力と同等とはいえないため、影響を受ける。

d. 従来評価にて保守性を考慮しており、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響を考慮しても影響が軽微であるもの

使用済燃料ラックのラックセル及び破損燃料容器ラックのラックセルは、

従来評価にて水平 2 方向及び鉛直方向地震力による保守性を考慮していないため、影響を受ける。

(2) 水平方向とその直交方向が相関する振動モード（ねじれ振動等）が生じる観点

破損燃料容器ラックを内包する使用済燃料ラックは、水平方向の各軸方向に対して均等な構造となっており、評価上有意なねじれ振動等は発生しない。

(3) 水平 1 方向及び鉛直方向地震力に対する水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる増分の観点

(1)及び(2)にて影響の可能性がある各部位について、水平 2 方向の地震力が各方向 1 : 1 で入力された場合に各部にかかる荷重や応力を求め、従来の水平 1 方向及び鉛直方向地震力の設計手法による発生値と比較し、その増分により影響の程度を確認し、耐震性への影響が懸念される部位を抽出する。

抽出の結果、破損燃料容器ラックのラックセルは、円筒形状であるため、応答軸が明確であるとはいえず、水平 2 方向及び鉛直方向の地震力を組み合わせた場合の増分による影響が無視できないため、影響を受ける。

使用済燃料ラックのラックセルは、矩形形状であり、応答軸が明確な設備で、設備の応答軸の方向あるいは厳しい応力が発生する向きへ地震力を入力しているため、耐震性への影響が懸念されないものとして扱うことができると考えられるが、保守的に水平 2 方向地震力による応力の増分を考慮するものとする。

水平 2 方向及び鉛直方向地震力の地震力の組合せは米国 Regulatory Guide1.92 の「2. Combining Effects Caused by Three Spatial Components of an Earthquake」を参考として非同時性を考慮した Square-Root-of-the-Sum-of-the-Squares 法（以下「非同時性を考慮した SRSS 法」という。）により組み合わせ、発生値の増分を算出する。増分の算出は、従来の評価で考慮している保守性により増分が低減又は包絡されることも考慮する。

3.2 建物・構築物及び屋外重要土木構造物の検討結果を踏まえた機器・配管系への影響

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 3－19「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」3.2.2 項において、使用済燃料ラック及び破損燃料容器ラックを含む機器・配管系への影響が懸念されるものは抽出されておらず、今回の工事は、建物・構築物及び屋外重要土木構造物を変更するものではないため、本検討結果への影響はない。

3.3　影響評価部位の抽出結果

使用済燃料ラックのラックセル及び破損燃料容器ラックのラックセルについては、3.1 項(3)の観点から、水平 2 方向及び鉛直方向地震力の影響の可能性を有する部位として評価する。

3.4　影響評価方法

使用済燃料ラックのラックセル及び破損燃料容器ラックのラックセルにかかる水平 1 方向地震による発生応力の最大値を $\sqrt{2}$ 倍することで水平 2 方向を考慮した発生値の算出を行う。

水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せを想定した発生値は、非同時性を考慮した SRSS 法を適用する。

3.5　影響評価結果

重大事故等時の状態も考慮した水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価結果を第 3－2 表に示す。

従来設計では、水平各方向の応答加速度を各周期の最大値をとるように包絡した床応答曲線を用いた地震応答解析より発生値を算定し評価を実施している。水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる発生値は、上記の発生値を非同時性を考慮した SRSS 法にて組み合わせることで算出し、許容値を満足することを確認した。

第 3－2 表　水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価結果

| 評価対象設備 | 評価部位 | 応力分類 | 1 方向発生値 | 2 方向想定発生値 | 許容値 |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | MPa | MPa | MPa |
| 使用済燃料ラック | ラックセル | 曲げ応力 | 8 | 12 | 205 |
| | | せん断応力 | 1 | 2 | 118 |
| 破損燃料容器ラック | ラックセル | 曲げ応力 | 8 | 12 | 205 |
| | | せん断応力 | 2 | 3 | 118 |

別紙

# 計算機プログラム（解析コード）の概要

目　　次

1. 概　要 …… 6(3)-別紙-1
別紙1　NORA2D …… 6(3)-別紙-2
別紙2　VA …… 6(3)-別紙-4
別紙3　SKELBOX …… 6(3)-別紙-6
別紙4　SKELCYL …… 6(3)-別紙-8
別紙5　MSC NASTRAN …… 6(3)-別紙-10
別紙6　SCARC …… 6(3)-別紙-13
別紙7　CHERRY …… 6(3)-別紙-15
別紙8　MSC NASTRAN …… 6(3)-別紙-17

1. 概　要

本資料は、資料 6「耐震性に関する説明書」において使用した解析コードについて説明するものである。使用した解析コードの一覧を第 1 表及び第 2 表に示す。

第 1 表　建物・構築物の耐震設計に係る解析コード

| 評価対象 | プログラム名 | 資料名 | 参照元 |
|---|---|---|---|
| 原子炉格納容器及び原子炉周辺建屋 | NORA2D | 別紙 1 | 資料 6－3 |
| | VA | 別紙 2 | 資料 6－3 |
| | SKELBOX | 別紙 3 | 資料 6－3 |
| | SKELCYL | 別紙 4 | 資料 6－3 |
| 使用済燃料ピット | MSC NASTRAN | 別紙 5 | 資料 6－8－1 |
| | SCARC | 別紙 6 | 資料 6－8－1 |

第 2 表　機器・配管系の耐震設計に係る解析コード

| 評価対象設備 | プログラム名 | 資料名 | 参照元 |
|---|---|---|---|
| 床応答曲線 | CHERRY | 別紙 7 | 資料 6－4 |
| 使用済燃料ラック<br>破損燃料容器ラック | MSC NASTRAN | 別紙 8 | 資料 6－7－2<br>資料 6－8－2 |

別紙１　NORA2D

DB/SA：原子炉格納容器及び原子炉周辺建屋

| コード名 / 項目 | NORA2D |
|---|---|
| 開発機関 | （株）大林組 |
| 開発時期 | 1979 年 |
| 使用したバージョン | NORA2D Ver.1.02 |
| 使用目的 | ・ 固有値解析：原子炉格納容器及び原子炉周辺建屋<br>・ 弾塑性応答解析：原子炉格納容器及び原子炉周辺建屋 |
| コードの概要 | NORA2D（以下「本コード」という。）は、静的荷重（節点力、静的震度、強制変形）及び動的荷重（節点加振力、強制変位・速度・加速度、地震動入力）を扱うことができる。<br>線形解析及び非線形解析を時間領域における数値積分により行う。 |
| 検証(Verification)及び妥当性確認(Validation) | 本コードは、原子炉格納容器及び原子炉周辺建屋の固有値解析及び弾塑性応答解析の地震応答解析に使用している。 |

| | |
|---|---|
| 検証(Verification)<br>及び<br>妥当性確認(Validation) | 【検証(Verification)】<br>本コードの検証は以下のとおり実施している。<br>・ 本コードによる解析解とTDAPⅢVer.3.07による解析解がおおむね一致することを確認している。<br>・ 本コードの運用環境について、開発機関から提示されていた要件を満足していることを確認している。<br><br>【妥当性確認(Validation)】<br>本コードの妥当性確認の内容は以下のとおりである。<br>・ 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「耐震性に関する説明書」において、原子炉格納容器及び原子炉周辺建屋その他の建物の地震応答解析に本コードが使用された実績がある。<br>・ 検証の体系と今回の工認申請で使用する体系が同等であることから、検証の結果をもって、解析機能の妥当性も確認できる。<br>・ 今回の工認申請で行う固有値解析及び弾塑性応答解析の用途、適用範囲が、上述の妥当性確認の範囲内であることを確認している。 |

別紙２　VA

DB/SA：原子炉格納容器及び原子炉周辺建屋

| コード名 / 項目 | VA |
|---|---|
| 開発機関 | （株）大林組 |
| 開発時期 | 1984 年 |
| 使用したバージョン | 2001.11 版 |
| 使用目的 | 基礎底面地盤ばねの算定<br>（原子炉格納容器及び原子炉周辺建屋） |
| コードの概要 | VA（以下「本コード」という。）は、振動アドミッタンス理論により、矩形基礎の水平動、上下動及び回転に対する地盤の複素ばね剛性を半無限地盤に対する点加振解から、振動数領域で計算するプログラムであり、応力解析モデルにおける基礎底面地盤ばねの算定に用いている。 |
| 検証(Verification)及び妥当性確認(Validation) | 本コードは、原子炉格納容器及び原子炉周辺建屋の地震応答解析モデルにおける基礎底面地盤ばねの評価に使用している。 |

| | |
|---|---|
| 検証(Verification)<br>及び<br>妥当性確認(Validation) | 【検証(Verification)】<br>本コードの検証は以下のとおり実施している。<br>・ 文献（「建築構造力学の最近の発展－応力解析の考え方－（(社) 日本建築学会、1987)」及び「基礎-地盤複素剛性解析コードSANBANEの保守に関する報告書（原子力発電技術機構、1998)」）に記載されている理論モデルによる基礎底面の水平ばね、回転ばね及び鉛直ばねの評価例について、本コードを用いて評価し、本コードによる解析解と文献の結果が一致することを確認している。<br>・ 動作環境を満足する計算機にインストールして用いている。<br><br>【妥当性確認(Validation)】<br>本コードの妥当性確認の内容は以下のとおりである。<br>・ 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「耐震性に関する説明書」において、原子炉格納容器及び原子炉周辺建屋その他の建物の基礎底面地盤ばねの算定に本コードが使用された実績がある。<br>・ 検証の体系と今回の工認申請で使用する体系が同等であることから、検証の結果をもって、解析機能の妥当性も確認できる。<br>・ 今回の工認申請で行う基礎底面の水平ばね、回転ばね及び鉛直ばねの評価の用途、適用範囲が、上述の妥当性確認の範囲内であることを確認している。 |

別紙 3　SKELBOX

DB/SA：原子炉格納容器及び原子炉周辺建屋

| コード名 / 項目 | SKELBOX |
|---|---|
| 開発機関 | （株）大林組 |
| 開発時期 | 1980 年代後半 |
| 使用した<br>バージョン | Ver.4.2 |
| 使用目的 | ・　復元力特性設定におけるボックス型鉄筋コンクリート造耐震壁のスケルトンカーブの評価：原子炉格納容器及び原子炉周辺建屋 |
| コードの概要 | SKELBOX（以下「本コード」という。）は、「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)」に基づき、ボックス型鉄筋コンクリート造耐震壁の復元力特性設定におけるスケルトンカーブの折点値を評価するプログラムである。 |
| 検証(Verification)<br>及び<br>妥当性確認(Validation) | 本コードは、原子炉格納容器及び原子炉周辺建屋の地震応答解析モデルの復元力特性設定におけるスケルトンカーブの評価に使用している。<br><br>【検証(Verification)】<br>本コードの検証は以下のとおり実施している。<br>・ ボックス型鉄筋コンクリート造耐震壁について、本コードによるスケルトンカーブの解析解と理論モデルによる理論解を比較し、解析解と理論解が一致することを確認している。<br>・ 動作環境を満足する計算機にインストールして用いている。 |

| | |
|---|---|
| 検証(Verification)<br>及び<br>妥当性確認(Validation) | 【妥当性確認(Validation)】<br>本コードの妥当性確認の内容は以下のとおりである。<br>・ 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「耐震性に関する説明書」において、原子炉周辺建屋、原子炉格納容器及びその他のボックス型鉄筋コンクリート造耐震壁の復元力特性設定におけるスケルトンカーブに本コードが使用された実績がある。<br>・ 検証の体系と今回の工認申請で使用する体系が同等であることから、検証の結果をもって、解析機能の妥当性も確認できる。<br>・ 今回の工認申請で行うボックス型鉄筋コンクリート造耐震壁のスケルトンカーブ評価の用途、適用範囲が、上述の検証範囲と同等であることを確認している。 |

別紙 4　SKELCYL

DB/SA：原子炉格納容器及び原子炉周辺建屋

| コード名 / 項目 | SKELCYL |
|---|---|
| 開発機関 | （株）大林組 |
| 開発時期 | 1980 年代後半 |
| 使用した<br>バージョン | 1991 年版 |
| 使用目的 | ・ 復元力特性設定におけるシリンダー型鉄筋コンクリート造耐震壁のスケルトンカーブの評価：原子炉格納容器及び原子炉周辺建屋 |
| コードの概要 | SKELCYL（以下「本コード」という。）は、「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)」に基づき、シリンダー型鉄筋コンクリート造耐震壁の復元力特性設定におけるスケルトンカーブの折点値を評価するプログラムである。 |
| 検証(Verification)<br>及び<br>妥当性確認(Validation) | 本コードは、原子炉格納容器及び原子炉周辺建屋の地震応答解析モデルの復元力特性設定におけるスケルトンカーブの評価に使用している。<br><br>【検証(Verification)】<br>本コードの検証は以下のとおり実施している。<br>・ シリンダー型鉄筋コンクリート造耐震壁について、本コードによるスケルトンカーブの解析解と理論モデルによる理論解を比較し、解析解と理論解が一致することを確認している。<br>・ 動作環境を満足する計算機にインストールして用いている。 |

| | |
|---|---|
| 検証(Verification)<br>及び<br>妥当性確認(Validation) | 【妥当性確認(Validation)】<br>本コードの妥当性確認の内容は以下のとおりである。<br>・ 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「耐震性に関する説明書」において、原子炉周辺建屋、原子炉格納容器のシリンダー型鉄筋コンクリート造耐震壁の復元力特性設定におけるスケルトンカーブに本コードが使用された実績がある。<br>・ 検証の体系と今回の工認申請で使用する体系が同等であることから、検証の結果をもって、解析機能の妥当性も確認できる。<br>・ 今回の工認申請で行うシリンダー型鉄筋コンクリート造耐震壁のスケルトンカーブ評価の用途、適用範囲が、上述の検証範囲と同等であることを確認している。 |

別紙 5　MSC NASTRAN

DB/SA：使用済燃料ピット

| コード名 / 項目 | MSC Nastran |
|---|---|
| 開発機関 | MSC.Software Corporation<br>（旧 The MacNeal-Schwendler Corporation） |
| 開発時期 | 1971 年（一般商用リリース） |
| 使用した<br>バージョン | Ver.2008 r1 |
| 使用目的 | ・ 静的応力解析：使用済燃料ピット |
| コードの概要 | MSC Nastran（以下「本コード」という）は、航空機の機体強度解析用として開発された有限要素法による汎用解析計算機コードである。<br>市販され、現在では航空宇宙、自動車、造船、機械、土木及び建築などの様々な分野の構造解析に使用されている。<br>動的解析、静的解析、熱伝導解析等の機能を有し、固有振動数、刺激係数及び応力等の算定が可能である。 |

| | |
|---|---|
| 検証(Verification)<br>及び<br>妥当性確認(Validation) | 本コードは、汎用市販コードであり、3 次元有限要素法（はり要素、シェル要素及びソリッド要素）による熱応力解析及び静的応力解析並びに 3 次元有限要素法及び 1 次元有限要素法（はり要素及びソリッド要素）による温度分布解析に使用している。<br><br>【検証(Verification)】<br>本コードの検証は以下のとおり実施している。<br>・ 構造力学分野における一般的な知見により解を求めることができる体系について、シェル要素を用いた応力解析を対象として、シェル要素を用いた解析結果と理論モデルによる理論解の比較を行い、解析解が理論解と一致することを確認している。<br>・ 本コードの運用環境については、開発機関から提示された要件を満足していることを確認している。<br><br>【妥当性確認(Validation)】<br>本コードの妥当性確認の内容は以下のとおりである。<br>・ 他プラントの既工認において、原子炉補助建屋及びその他の建物・構築物の静的応力解析に本コード(Ver.2013.1.0) が使用された実績があることを確認している。<br>・ 今回の工認申請において使用するバージョンは、他プラントの既工認において使用されているものと異なるが、バージョンの変更において解析機能に影響のある変更が行われていないことを確認している。<br>・ 本コードは、航空宇宙、自動車、造船、機械、土木及び建築などの様々な分野における使用実績を有しており、妥当性は十分に確認されている。<br>・ 開発機関が提示するマニュアルにより、今回の工認申請で使用する3次元有限要素法による静的応力解析に、本コードが適用できることを確認している。<br>・ 検証の体系と今回の工認申請で使用する体系が同等であることから、検証の結果をもって、解析機能の |

| | |
|---|---|
| | 妥当性も確認できる。<br>・ 今回の工認申請で行う静的応力解析の用途、適用範囲が、上述の妥当性確認の範囲内であることを確認している。 |

別紙 6　SCARC

DB/SA：使用済燃料ピット

| コード名 / 項目 | SCARC |
|---|---|
| 開発機関 | （株）大林組 |
| 開発時期 | 2014 年 |
| 使用した<br>バージョン | Ver. 2014（2014.7） |
| 使用目的 | 鉄筋コンクリート部材の断面算定(使用済燃料ピット) |
| コードの概要 | SCARC（以下「本コード」という。）は、鉄筋コンクリート部材の断面算定を実施するプログラムであり、「原子力施設鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説（(社)日本建築学会、2005 制定)」（以下「RC－N 規準」という。)、「鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説（(社)日本建築学会、2010 改訂)」（以下「RC 規準」という。）及び「発電用原子力設備規格　コンクリート製原子炉格納容器規格（(社) 日本機械学会、2003 年)」（以下「CCV 規格」という。）に基づく断面算定が可能である。<br>熱応力を含む荷重組合せは、熱応力の特徴である自己拘束性に基づき、コンクリート部材のひび割れを考慮した剛性により熱応力を計算し、鉄筋及びコンクリートに発生する応力を算定し、断面算定を行う。 |
| 検証(Verification)<br>及び<br>妥当性確認(Validation) | 本コードは、使用済燃料ピットの鉄筋コンクリート部材の断面算定に使用している。 |

| | |
|---|---|
| 検証(Verification)<br>及び<br>妥当性確認(Validation) | 【検証(Verification)】<br>本コードの検証は以下のとおり実施している。<br>・ 検討用応力の組合せとして、熱応力を含まない場合及び熱応力を含む場合の応力度の解析解について、断面の力の釣合いを理論モデルに基づき確認することにより、RC－N規準及びCCV規格に基づく応力度算定が正しく行われていることを検証している。<br>・ 動作環境を満足する計算機にインストールして用いている。<br><br>【妥当性確認(Validation)】<br>本コードの妥当性確認の内容は以下のとおりである。<br>・ 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「耐震性に関する説明書」において、原子炉周辺建屋、原子炉補助建屋及びその他の建物の鉄筋コンクリート部材の断面算定に本コードが使用された実績がある。<br>・ 検証の体系と今回の工認申請で使用する体系が同等であることから、検証の結果をもって、解析機能の妥当性も確認できる。<br>・ 今回の工認申請で行う鉄筋コンクリート部材の断面算定の用途、適用範囲が、上述の妥当性確認の範囲内であることを確認している。 |

別紙 7　CHERRY

DB/SA：床応答曲線

| コード名 / 項目 | CHERRY |
|---|---|
| 開発機関 | 三菱重工業株式会社 |
| 開発時期 | 1980 年 |
| 使用した<br>バージョン | 初版 |
| 使用目的 | 床応答曲線作成 |
| コードの概要 | 計算コード CHERRY は、加速度応答スペクトル作成プログラムであり、建屋床応答時刻歴から床応答曲線を作成するために使用する。 |
| 検証(Verification)<br>及び<br>妥当性確認(Validation) | CHERRY は機器・配管のモーダル解析に使用される床応答曲線を作成するプログラムである。<br>【検証(Verification)】<br>本コードの検証の内容は以下の通りである。<br>・公開文献（大崎順彦著“新・地震動のスペクトル解析入門”）による手法と本コードで作成したスペクトルと比較し、概ね一致していることを確認している。<br>・本コードの運用環境について、動作環境を満足する計算機にインストールして用いていることを確認している。<br><br>【妥当性確認(Validation)】<br>本コードの妥当性確認の内容は以下の通りである。<br>・今回の工認申請で使用する解析機能は、理論モデルをそのまま解析コード化したものであり、理論モデルによる理論解と解析解を比較することで、妥当性を確認することができる。<br>・拡幅機能については、±10%拡幅させた理論解と、CHERRYコードによる算出値を比較して、妥当であることを確認している。 |

| | |
|---|---|
| | ・床応答曲線を作成する際、入力とする時刻歴データの時間刻み幅、データの形式は、上述の、妥当性を確認している範囲内での使用であることを確認している。<br>・10%拡幅、時刻歴波の時間刻み、固有周期計算間隔はJEAG4601-1987に従っており、妥当性に問題はない。<br>・本工事計画における用途及び適用範囲が上述の妥当性確認の範囲内であることを確認している。 |

別紙８　MSC NASTRAN

DB/SA：使用済燃料ラック及び破損燃料容器ラック

| コード名 / 項目 | MSC NASTRAN |
|---|---|
| 開発機関 | The MacNeal-Schwendler Corporation<br>（現MSC.Software Corporation） |
| 開発時期 | 1971年（一般商業用リリース） |
| 使用した<br>バージョン | Ver. 2007r1 |
| 使用目的 | 2次元有限要素法（はり要素）による<br>固有値解析、地震応答解析（スペクトルモーダル解析） |
| コードの概要 | 有限要素法を用いたMSC NASTRANは、世界で圧倒的シェアを持つ汎用構造解析プログラムのスタンダードである。その誕生は1965年、現在の米国 MSC. Software Corporation の前身である米国MacNeal-Schwendler Corporationの創設者、マクニール博士とシュウェンドラー博士が、当時NASA（The National Aeronautics and Space Administration）で行われていた、航空機の機体強度をコンピュータ上で解析することをテーマとした「有限要素法作成プロジェクト」に参画したことに始まる。そこで作成されたプログラムはNASTRN（NASA Structural Analysis Program）と命名され、1971年にThe MacNeal-Schwendler CorporationからMSC NASTRANとして一般商業用にリリースされた。以来、数多くの研究機関や企業において、航空宇宙、自動車、造船、機械、建築、土木などの様々な分野の構造解析に広く利用されている。また各分野からの高度な技術的要求とコンピュータの発展に対応するために、常にプログラムの改善と機能拡張を続けている。 |
| 検証(Verification)<br>及び<br>妥当性確認(Validation) | MSC NASTRAN Ver. 2007r1は、使用済燃料ラックの2次元有限要素法（はり要素）による固有値解析、地震応答解析（スペクタルモーダル解析）に使用している。<br>【検証(Verification)】<br>本解析コードの検証の内容は以下のとおりである。 |

| | |
|---|---|
| | ・今回の工認申請で使用する解析機能は、材料力学分野における一般的知見により解を求めることができる体系について、はり要素による固有値解析、応力解析を行い、解析解が理論モデルによる理論解と一致することを確認している。<br>・本解析コードの運用環境について、開発機関から提示された要件を満足していることを確認している。<br><br>【妥当性確認(Validation)】<br>本解析コードの妥当性確認の内容は以下のとおりである。<br>・本解析コードは、自動車、航空宇宙、防衛、重機、造船などの様々な分野における使用実績を有しており、妥当性は十分に確認されている。<br>・開発機関が提示する検証用マニュアルにより、今回の工認申請で使用するはり要素による固有値解析、地震応答解析に本解析コードが適用できることを確認している。<br>・今回の工認申請で使用する体系は、検証の体系と同じく複数の機能を組合せたものではないことから、解析解と理論解の一致をもって解析機能の妥当性も確認できる。<br>・他プラントの既工認において、海水ポンプ及び循環水ポンプに対して、MSC NASTRANによるはり要素を用いた固有値解析及び地震応答解析の使用実績があることを確認している。<br>・今回の工認申請において使用するバージョンは、他プラントの既工認において使用されているものと異なるが、バージョンの変更において解析機能に影響のある変更が行われていないことを確認している。<br>・既工認において、使用済燃料ラックの固有値解析及び地震応答解析（スペクトルモーダル解析）で、類似解析コードであるNX NASTRAN Ver.7.1の使用実績があることを確認している。<br>材料力学分野における一般的知見により解を求めることが |

| | |
|---|---|
| | できる体系について、はりモデルによる固有値解析、応力解析を行い、今回使用したMSC NASTRAN Ver. 2007r1による解析解と既工認で実績のあるNX NASTRAN Ver.7.1による解析解が一致することを確認している。 |

# 使用済燃料貯蔵設備の核燃料物質が臨界に達しないことに関する説明書

| |
|---|
| 工事計画認可申請添付資料 7 |
| 玄海原子力発電所第 3 号機 |

目　　次

頁

1. 概　要 …… 7(3)-1

2. 基本方針 …… 7(3)-1

3. 通常運転時（冠水状態）及び小規模漏えい時の使用済燃料ピットの
未臨界性評価 …… 7(3)-2

4. 大規模漏えい時の使用済燃料ピットの未臨界性評価 …… 7(3)-4

別添１　未臨界性評価における不確定性の考え方及び評価結果
別添２　領域管理の設定に対する考え方

別紙　計算機プログラム（解析コード）の概要

## 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（以下「技術基準規則」という。）」第26条及び第69条並びにそれらの「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（以下「解釈」という。）」に基づき、通常運転時に使用する燃料体又は使用済燃料（以下「燃料体等」という。）が臨界に達しないことを説明するものである。

本資料では、技術基準規則第26条の要求に基づき、使用済燃料貯蔵設備（以下「使用済燃料ピット」という。）が通常運転時において、燃料体等が臨界に達しないこと、及び技術基準規則第69条の要求事項に基づき、使用済燃料ピットの水位が低下した場合において、燃料体等が臨界に達しないことを説明する。

## 2. 基本方針

### (1) 使用済燃料ピット

燃料貯蔵設備における臨界防止に関する基本方針は、想定されるいかなる場合でも臨界を防止できる設計である。この方針に適合し、かつ、使用済燃料ピットの未臨界性を十分確保するため、燃料貯蔵時の未臨界性評価の評価基準は、不確定性を含めて実効増倍率が0.98以下となる設計とする。不確定性としては、臨界計算上の不確定性及び製作公差に基づく不確定性（使用済燃料ラック（以下「ラック」という。）内での燃料体等が偏る効果を含む。）を考慮する。

使用済燃料ピットは、使用済燃料ピットポンプ及び使用済燃料ピット冷却器の故障等による使用済燃料ピットの冷却機能の喪失又は燃料取替用水ポンプ及び燃料取替用水タンクの故障等による使用済燃料ピットの注水機能の喪失、又は使用済燃料ピットに接続する配管の破損等による使用済燃料ピット水の小規模な漏えいその他の要因により当該使用済燃料ピットの水位が低下した場合（以下「小規模漏えい時」という。）に、技術基準規則第69条第1項及び解釈により施設が要求されている可搬型代替注水設備による冷却及び水位確保により使用済燃料ピットの機能（燃料体等の冷却、水深の遮蔽能力）を維持するとともに、小規模漏えい時に発生しうる水密度状態のうち、実効増倍率が最も高くなる純水冠水状態においても臨界を防止できる設計とする。

このため、小規模漏えい時の使用済燃料ピットの未臨界性評価の評価基準は、不確定性を含めて実効増倍率が0.98以下となる設計とする。不確定性としては、臨界計算上の不確定性及び製作公差に基づく不確定性（ラック内での燃料体等が偏る効果を含む。）を考慮する。

使用済燃料ピットは、使用済燃料ピットからの大量の水の漏えい、その他の要

因により当該使用済燃料ピットの水位が異常に低下した場合（以下「大規模漏えい時」という。）に技術基準規則第69条第2項及び解釈により施設が要求されている可搬型スプレイ設備（使用済燃料ピットへのスプレイ）にて、ラック及び燃料体等を冷却し、臨界にならないよう配慮したラック形状及び燃料配置において、スプレイや蒸気条件においても臨界を防止できる設計とする。このため、大規模漏えい時の使用済燃料ピットの未臨界性評価の評価基準は、いかなる一様な水密度であっても不確定性を含めて実効増倍率が0.98以下となる設計とする。不確定性としては、臨界計算上の不確定性及び製作公差に基づく不確定性（ラック内での燃料体等が偏る効果を含む。）を考慮する。なお、上記で示す評価基準はANSI/ANS-57.2-1983(“Design Requirements for Light Water Reactor Spent Fuel Storage Facilities at Nuclear Power Plants”)を参考として定められたものである。

3. 通常運転時（冠水状態）及び小規模漏えい時の使用済燃料ピットの未臨界性評価

(1) 評価の基本方針

使用済燃料ピットは、通常運転時においては冠水状態が確保されることにより、使用済燃料の冷却及び放射線の遮蔽が維持される。また使用済燃料ピットで小規模漏えいが発生した場合、可搬型代替注水設備による注水により放射線の遮蔽が維持される水位を確保でき、あわせて燃料有効長頂部の冠水状態を維持できる。また、使用済燃料ピットに貯蔵される使用済燃料の冷却が可能である。なお、放射線の遮蔽が維持される水位を確保できることについては、添付資料10「使用済燃料貯蔵槽の水深の遮蔽能力に関する説明書」にて説明し、使用済燃料の冷却が可能であることについては、添付資料9「使用済燃料貯蔵槽の冷却能力に関する説明書」にて説明する。

可搬型代替注水設備による注水により使用済燃料を冷却及び放射線の遮蔽が維持される水位を確保することで、使用済燃料ピットの機能（燃料体等の冷却、水深の遮蔽能力）が維持される。

放射線の遮蔽が維持される水位が確保された状態で使用済燃料ピットの水の温度が上昇し沸騰状態となり水密度が低下した場合、燃料体等は水密度の減少とともに、減速された中性子が燃料領域で核分裂反応に寄与する割合が低下する設計としているため、使用済燃料ピット全体の実効増倍率は、水密度が高い冠水時に比べて低下する。

このため、通常運転時（冠水状態）及び小規模漏えい時の使用済燃料ピットの未臨界性評価は、実効増倍率が最も高くなる純水冠水状態で臨界を防止できることを

確認する。

実効増倍率の計算には、3次元モンテカルロ計算コードKENO-VIを内蔵したSCALE　Ver.6.0を使用し、その計算フローを第1図に示す。なお、評価に用いる解析コード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。

(2) 計算方法

a.計算体系

計算体系は垂直方向、水平方向ともに有限の体系とする。貯蔵する燃料は、各領域で貯蔵可能な最も反応度の高い燃料を当該領域の全てのラックへ貯蔵することを想定し、評価対象ピットは、最も貯蔵容量の大きいA－1ピット（B－1ピットの貯蔵容量と同数で420体）とする。また、垂直方向は上下部の構造物による中性子反射効果を考慮し、燃料有効長上部は低水密度状態においても、十分な中性子の反射効果が得られる厚さ（中性子反射効果が飽和する厚さ）である300mmの水反射と仮定し、燃料有効長下部についても同様に、1,000mmのコンクリートとして評価する。

水平方向はピット側面の構造物による中性子反射効果を考慮し、垂直方向上部と同様に300 mmの水反射と仮定する。

未臨界性評価の計算体系を第2図、第3図及び第4図に示す。使用済燃料ピット配置図を第5図に示す。

b.計算条件

評価の計算条件は以下のとおりである。

(a) 燃料は全て新燃料として評価する。

(b) ウラン新燃料の濃縮度は、4.10wt%に濃縮度公差を見込み [redacted] wt%とする。なお、玄海 3 号機の使用済燃料ピットは共用化により玄海 4 号機の 17×17 型ウラン燃料も貯蔵される。

(c) MOX 新燃料は核分裂性プルトニウム割合が約 68wt%となる代表組成を想定する。この場合、4.1wt%濃縮ウラン相当となる MOX 燃料のプルトニウム含有率は約 9wt%であるが、燃料材最大 Pu 含有率 13wt%に余裕を見込み 14wt%とする。さらに、$^{241}$Pu から $^{241}$Am への壊変は無視し、$^{241}$Am についてはすべて $^{241}$Pu とする。

(d) 燃料タイプ（ウラン燃料、MOX 燃料）に応じて使用済燃料ピット内を 2 つの領域にわけ、それぞれの領域でウラン燃料及び MOX 燃料を貯蔵するこ

とを想定する。

(e) 燃料有効長は、公称値 3,648mm から延長し、3,660mm とする。

(f) 使用済燃料ラックセルの材料であるボロン添加ステンレス鋼のボロン添加量は公差の下限値である 0.95wt%とする。

(g) 使用済燃料ラックの厚さは中性子吸収効果を少なくするため、下限値の□mm とする。

(h) 使用済燃料ピット内の水は純水とし、溶存しているほう素は考慮しない。

領域設定の考え方については、別添 2「領域管理の設定に対する考え方」に示す。また、以下の計算条件は公称値を使用し、正負の製作公差を未臨界性評価上厳しくなる側に不確定性として考慮するもの（以下「製作公差に基づく不確定性として考慮する計算条件」という。）である。なお、製作公差に基づく不確定性として考慮する計算条件には、ラック内での燃料体等が偏る効果を含む。

(i) ラックの中心間距離

(j) ラックの内のり

(k) ラック内での燃料体等が偏る効果（ラック内燃料偏心）

(l) 燃料材の直径及び密度

(m) 燃料被覆材の内径及び外径

(n) 燃料要素の中心間隔（燃料体外寸）

なお、本計算における計算条件を第1表、第2表及び第3表に、不確定性評価の考え方について別添1「未臨界性評価における不確定性の考え方及び評価結果」に示す。

(3) 計算結果

未臨界性評価結果を第4表に示す。実効増倍率は最も厳しくなる純水冠水状態で0.9144となり、これに不確定性0.0181を考慮しても実効増倍率は0.933であり、実効増倍率0.98以下を満足している。

4. 大規模漏えい時の使用済燃料ピットの未臨界性評価

(1) 評価の基本方針

使用済燃料ピットで大規模漏えいが発生した場合、可搬型スプレイ設備（使用済燃料ピットへのスプレイ）により、使用済燃料ピット内の燃料体等の著しい損傷の進行を緩和し、できる限り環境への放射性物質の放出を低減するため、使用済燃料

ピット全面にスプレイを実施し、ラック及び燃料体等を冷却する。なお、使用済燃料ピット全面にスプレイを実施し、ラック及び燃料体等を冷却することについては、添付資料9「使用済燃料貯蔵槽の冷却能力に関する説明書」にて説明する。

大規模漏えい時の使用済燃料ピットの未臨界性評価は、可搬型スプレイ設備（使用済燃料ピットへのスプレイ）にて、ラック及び燃料体等を冷却し、臨界にならないよう配慮したラック形状及び燃料配置において、スプレイや蒸気条件においても臨界を防止できることを確認するため、使用済燃料ピット全体の水密度を一様に0.0～1.0g/cm$^3$まで変化させた条件で実効増倍率の計算を行う。

実効増倍率の計算には、3次元モンテカルロ計算コードKENO-VIを内蔵したSCALE　Ver.6.0を使用し、その計算フローを第1図に示す。なお、評価に用いる解析コード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。

(2) 計算方法

a.計算体系

計算体系は垂直方向、水平方向ともに有限の体系とする。貯蔵する燃料は、各領域で貯蔵可能な最も反応度の高い燃料を当該領域の全てのラックへ貯蔵することを想定し、評価対象ピットは、最も貯蔵容量の大きいA－1ピット（B－1ピットの貯蔵容量と同数で420体）とする。また、垂直方向は上下部の構造物による中性子反射効果を考慮し、燃料有効長上部は低水密度状態においても、十分な中性子の反射効果が得られる厚さ（中性子反射効果が飽和する厚さ）である300mmの水反射と仮定し、燃料有効長下部についても同様に、1,000mmのコンクリートとして評価する。

水平方向はピット側面の構造物による中性子反射効果を考慮し、垂直方向上部と同様に300 mmの水反射と仮定する。

未臨界性評価の計算体系を第2図、第3図及び第4図に示す。使用済燃料ピット配置図を第5図に示す。

b.計算条件

評価の計算条件は以下のとおりである。

(a) 燃料は全て新燃料として評価する。

(b) ウラン新燃料の濃縮度は、4.10wt%に濃縮度公差を見込み [redacted] wt%とする。なお、玄海３号機の使用済燃料ピットは共用化により玄海４号機の17×17型ウラン燃料も貯蔵される。

(c) MOX 新燃料は核分裂性プルトニウム割合が約 68wt%となる代表組成を想定する。この場合、4.1wt%濃縮ウラン相当となる MOX 燃料のプルトニウム含有率は約 9wt%であるが、燃料材最大 Pu 含有率 13wt%に余裕を見込み 14wt%とする。さらに、$^{241}$Pu から $^{241}$Am への壊変は無視し、$^{241}$Am についてはすべて $^{241}$Pu とする。

(d) 燃料タイプ（ウラン燃料、MOX 燃料）に応じて使用済燃料ピット内を 2 つの領域にわけ、それぞれの領域でウラン燃料及び MOX 燃料を貯蔵することを想定する。

(e) 燃料有効長は、公称値 3,648mm から延長し、3,660mm とする。

(f) 使用済燃料ラックセルの材料であるボロン添加ステンレス鋼のボロン添加量は公差の下限値である 0.95wt%とする。

(g) 使用済燃料ラックの厚さは中性子吸収効果を少なくするため、下限値の □mm とする。

(h) 使用済燃料ピット内の水は純水とし、残存しているほう素は考慮しない。

領域設定の考え方については、別添2「領域管理の設定に対する考え方」に示す。また、以下の計算条件は製作公差に基づく不確定性として考慮する計算条件であり、公称値を使用する。なお、製作公差に基づく不確定性として考慮する計算条件には、ラック内での燃料体等が偏る効果を含む。

(i) ラックの中心間距離

(j) ラックの内のり

(k) ラック内での燃料体等が偏る効果（ラック内燃料偏心）

(l) 燃料材の直径及び密度

(m) 燃料被覆材の内径及び外径

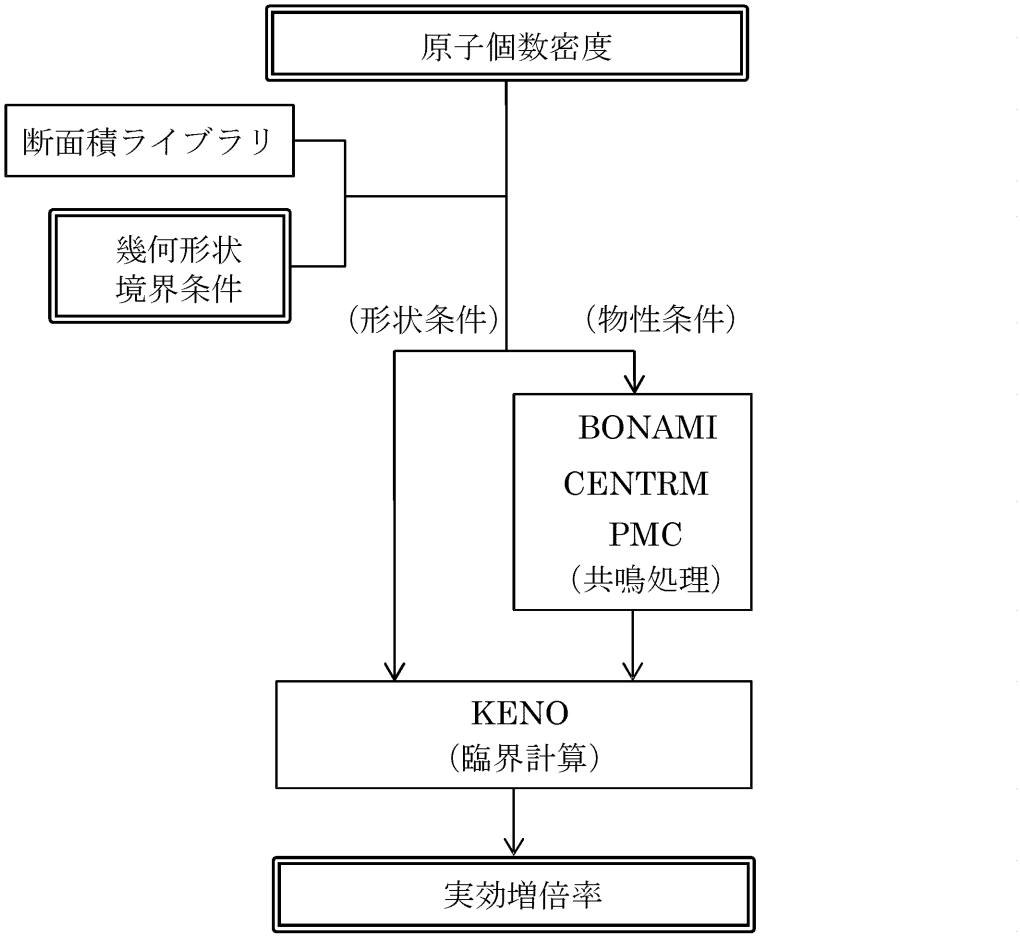
(n) 燃料要素の中心間隔（燃料体外寸）

なお、本計算における計算条件を第1表、第2表及び第3表に、不確定性評価の考え方について別添1「未臨界性評価における不確定性の考え方及び評価結果」に示す。

(3) 計算結果

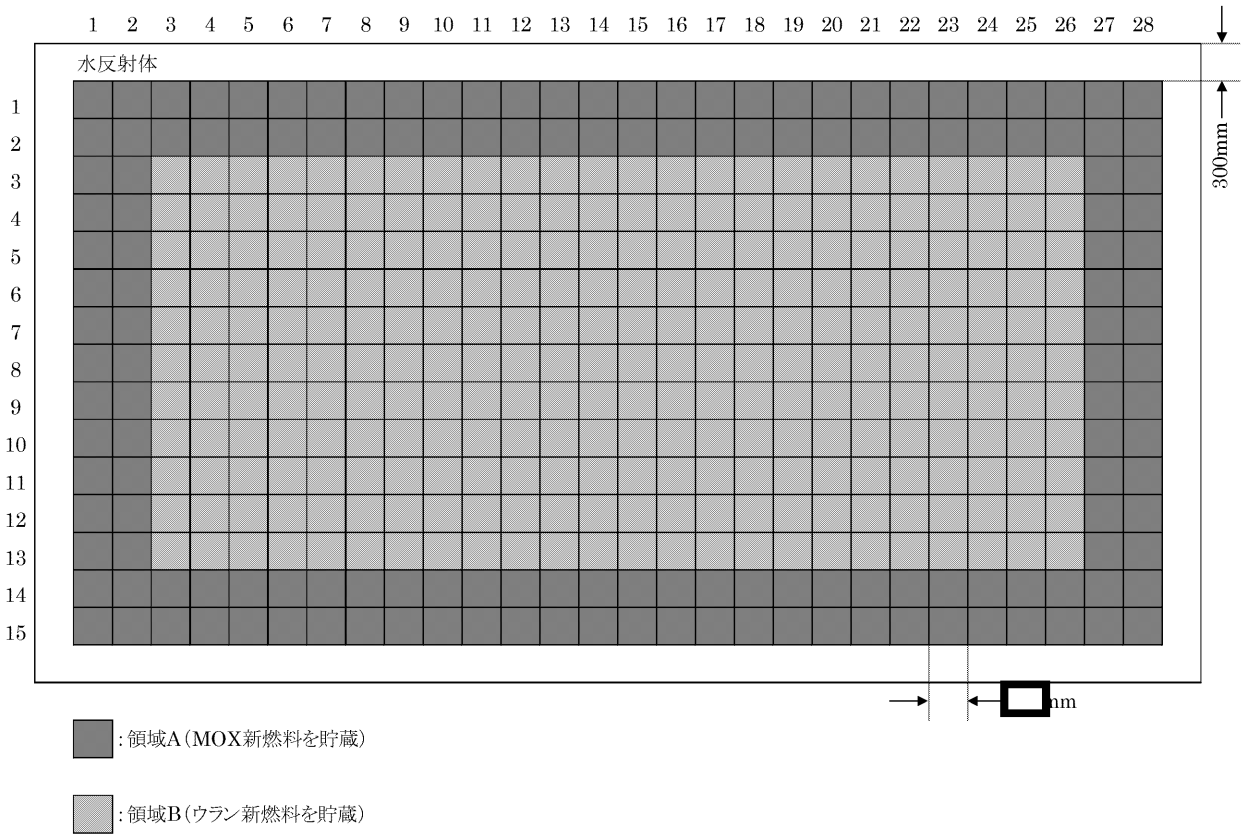
未臨界性評価結果を第5表に示す。第6図のとおり、純水冠水状態から水密度の減少に伴い実効増倍率は単調に減少する。実効増倍率は最も厳しくなる純水冠水状態

で0.9144となり、これに不確定性0.0181を考慮しても0.933となり、実効増倍率0.98以下を満足している。

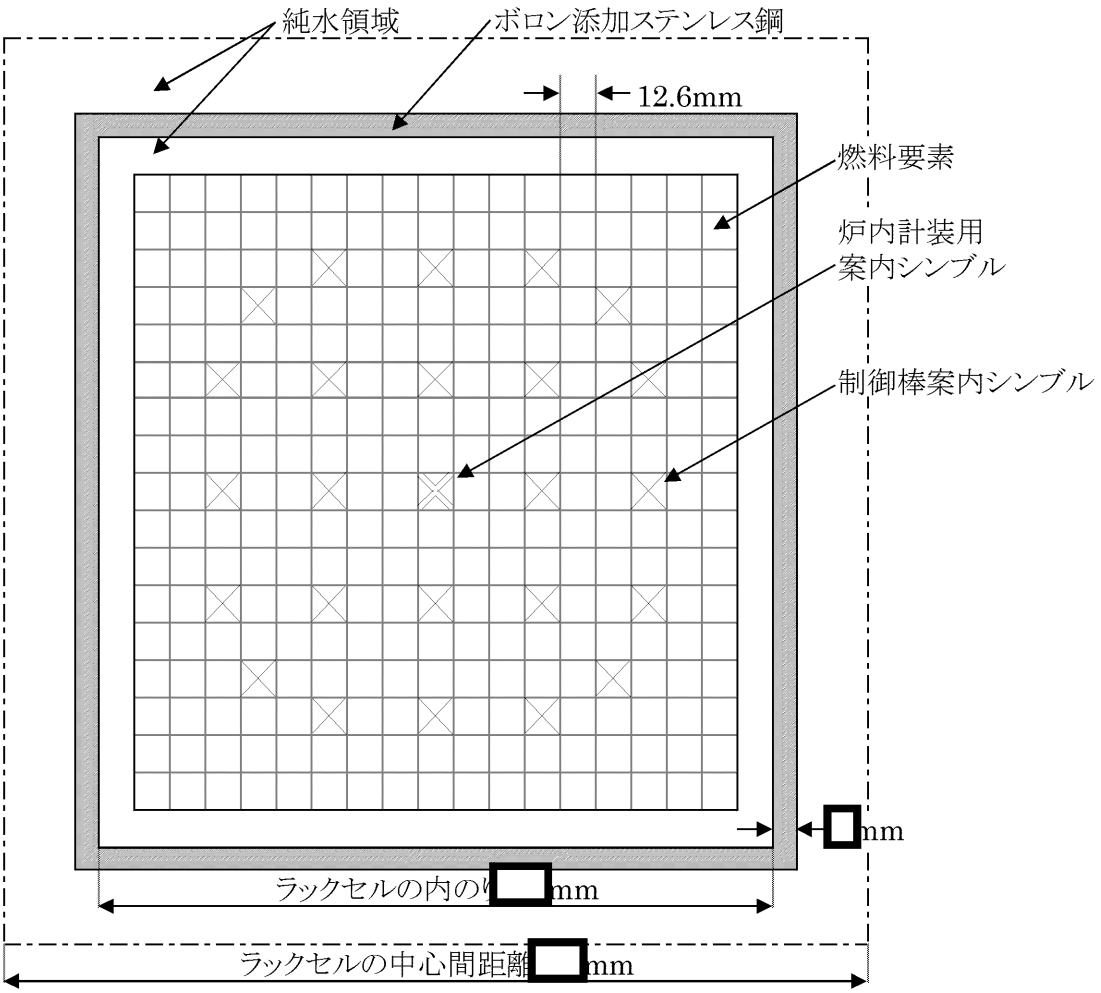



(注) 計算フロー内の二重枠は、計算コードの入力又は出力を表し、一重枠は計算コード内部の定数や処理を表す。

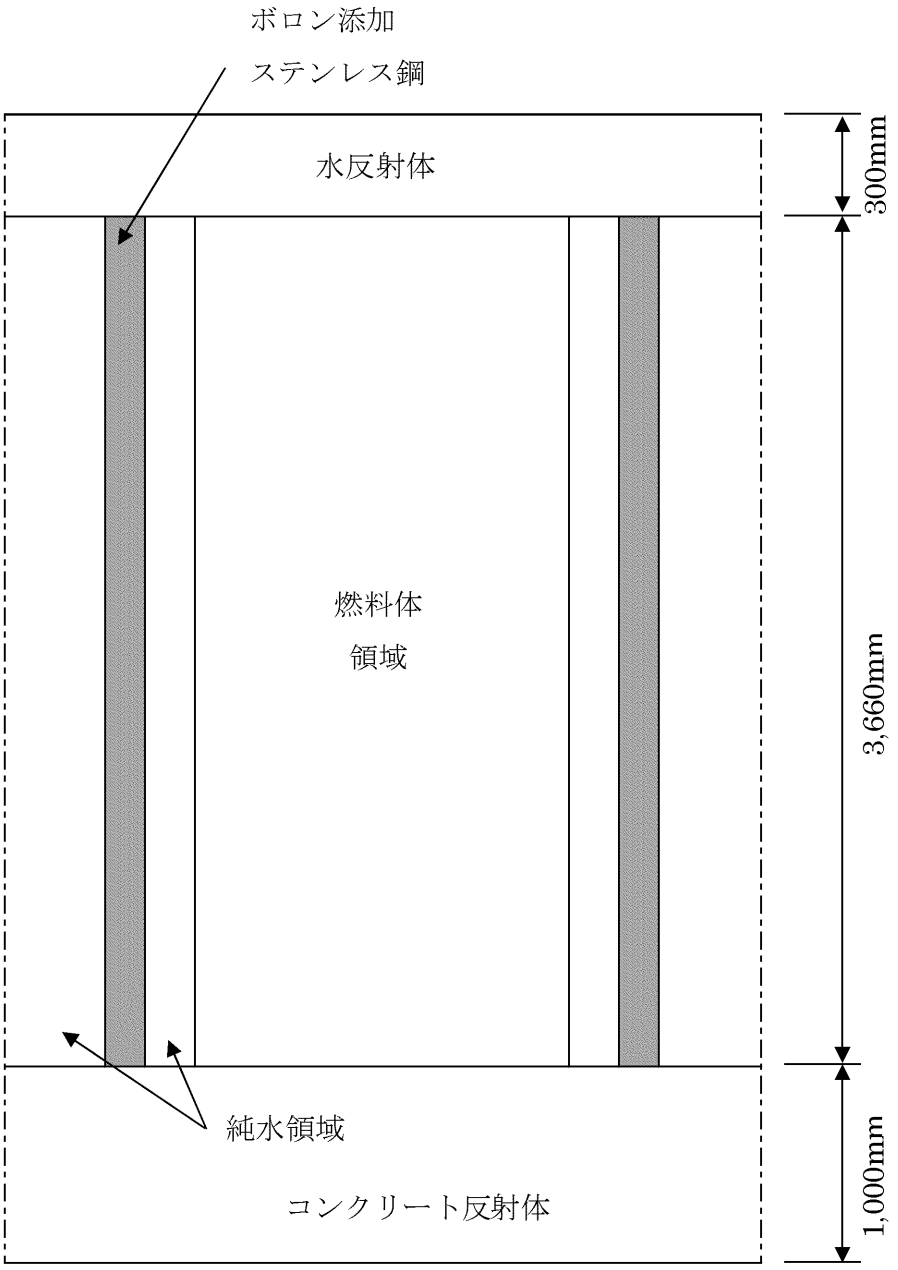
第1図　計算フロー




第２図　使用済燃料ピットの未臨界性評価の計算体系
（水平方向、Ａ－１ピット全体）




第 3 図　使用済燃料ピットの未臨界性評価の計算体系
（水平方向、燃料体部拡大）




第 4 図　使用済燃料ピットの未臨界性評価の計算体系（垂直方向）

第１表　未臨界性評価の基本計算条件（ウラン燃料仕様）

| | | 計算条件 | 備　　考 |
|---|---|---|---|
| 燃料体 | | 17×17 型ウラン燃料 | － |
| $^{235}$U 濃縮度 | | [redacted]wt% | 4.10wt%に濃縮度公差を見込んだ値 |
| 燃料材密度 | | 理論密度の 95% | （注） |
| 燃料材直径 | | 8.19mm | （注） |
| 燃料被覆材 | 内径 | 8.36mm | （注） |
| | 外径 | 9.50mm | （注） |
| 燃料要素中心間隔 | | 12.6mm | （注） |
| 燃料有効長 | | 3,660 mm | 公称値 3,648mm を延長 |
| 貯蔵領域 | 領域 B | 新燃料 | － |

（注）製作公差に基づく不確定性として考慮する計算条件

第 2 表　未臨界性評価の基本計算条件（MOX 燃料仕様（注 1））

| | | 計算条件 | 備　　考 |
|---|---|---|---|
| 燃料体 | | 17×17 型 MOX 燃料 | － |
| Pu 組成 | | 代表組成 | 下表のとおり |
| Pu 含有率 | | 14 wt% | （注 2） |
| 貯蔵領域 | 領域 A | 新燃料 | － |

（注 1）燃料材密度、燃料材直径、燃料被覆材内径・外径、燃料要素中心間隔、燃料有効長については、第 1 表に記載のウラン燃料仕様と同様

（注 2）代表組成を用いた場合の Pu 含有率約 9wt%（約 4.1wt%濃縮度ウラン相当）に対し、Pu 含有率に余裕を含め設定

代表組成

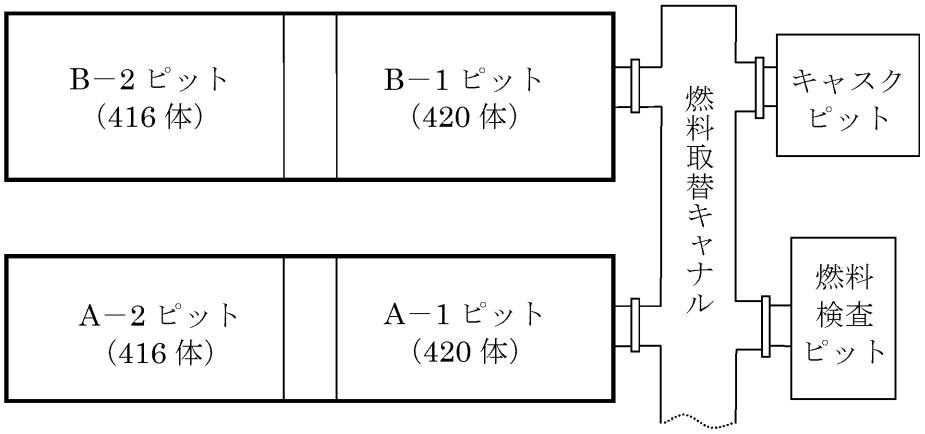
| Pu 組成(wt%) | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| $^{238}$Pu | $^{239}$Pu | $^{240}$Pu | $^{241}$Pu | $^{242}$Pu | $^{241}$Am |
| 1.9 | 57.5 | 23.3 | 10.0 (11.9) | 5.4 | 1.9 (0) |

(　)内は未臨界性評価に用いた値

第 3 表　未臨界性評価の基本計算条件（ピット仕様等）

| | 計算条件 | 備考 |
|---|---|---|
| 使用済燃料ピット内の水分条件 | 純水 | 使用済燃料ピット水中のほう素は考慮しない |
| 水密度 | 1.0g/cm$^3$ | 通常運転時 |
| | 0.5～1.0g/cm$^3$ | 小規模漏えい時 |
| | 0.0～1.0g/cm$^3$ | 大規模漏えい時 |
| ラックタイプ | キャン型 | － |
| ラックの中心間距離 | □mm | （注） |
| 材　料 | ボロン添加ステンレス鋼 | － |
| 厚　さ | □mm | 中性子吸収効果を少なくするため下限値を使用 |
| 内のり | □mm×□mm | （注） |

（注）製作公差に基づく不確定性として考慮する計算条件




第 5 図　使用済燃料ピット配置図

第 4 表　通常運転時（冠水状態）及び小規模漏えい時の使用済燃料ピットの未臨界性評価結果

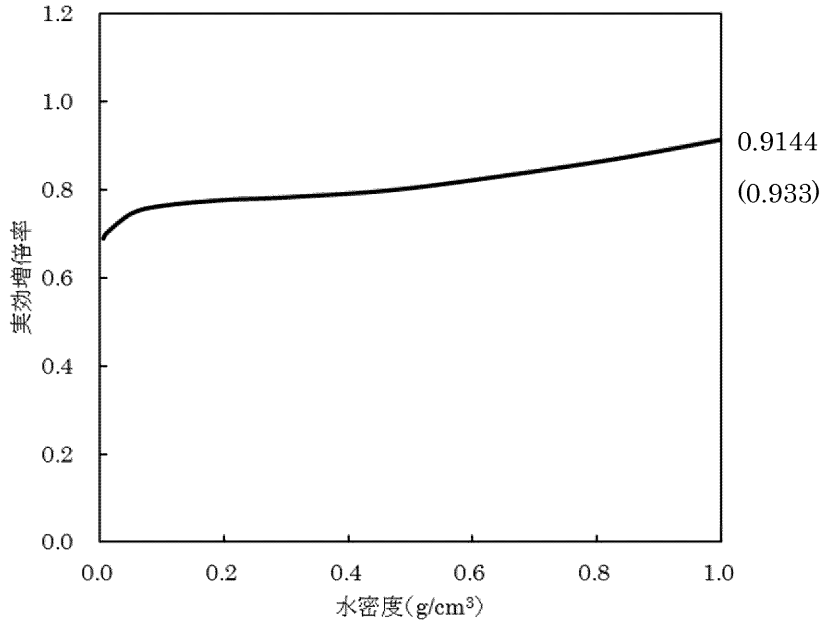
| | 評価結果 (注) | 評価基準 |
|---|---|---|
| 実効増倍率 | 0.933 (0.9144) | ≦0.98 |

（注）不確定性を含む。(　)内は不確定性を含まない値。

第 5 表　大規模漏えい時の使用済燃料ピットの未臨界性評価結果

| | 評価結果 (注) | 評価基準 |
|---|---|---|
| 実効増倍率 | 0.933 (0.9144) | ≦0.98 |

（注）不確定性を含む。(　)内は不確定性を含まない値。




(　)内は不確定性を含んだ値

第 6 図　実効増倍率と水密度の関係

別添１

# 未臨界性評価における不確定性の考え方及び評価結果

目　　次

頁
1. はじめに　…… 7(3)-別添1-1
2. 未臨界性評価における不確定性の考え方及び評価結果　…… 7(3)-別添1-1

1. はじめに

本資料では、玄海3号機使用済燃料ピットでの、未臨界性評価における不確定性の考え方及び評価結果について説明する。

2. 未臨界性評価における不確定性の考え方及び評価結果

玄海3号機での通常運転時（冠水状態）及び小規模漏えい時の未臨界性評価において考慮すべき不確定性として考えられるのは、以下のとおりである。

① 臨界計算上の不確定性（計算コードに係る不確定性）

使用済燃料ピット仕様及び燃料仕様等を考慮して選定した臨界実験に対して、ベンチマーク解析を実施し、臨界計算に考慮すべき平均誤差($\delta k$)及び95%信頼度×95%確率での計算上の不確定性（$\varepsilon_c$）を適切に評価し、不確定性として考慮する。

② 製作公差に基づく不確定性（ラック内での燃料体等が偏る効果を含む。）

製作公差及びラック内での燃料体等の偏心による不確定性としては基本配置に対し各々以下のものを独立して考慮する。

(1) ラックの中心間距離公差（$\varepsilon_p$）

ラック間隔の公差による実効増倍率の不確定性を考慮する。

(2) ラックの内のり公差（$\varepsilon_w$）

ラック辺の公差による実効増倍率の不確定性を考慮する。

(3) ラック内燃料偏心（$\varepsilon_f$）

すべての燃料体等が偏心した場合の実効増倍率の不確定性を考慮する。

(4) 燃料製作公差（$\varepsilon_r$）

燃料材の直径及び密度、被覆材内径及び外径、燃料体外寸の製作公差による実効増倍率の不確定性を考慮する。

また、大規模漏えい時の未臨界性評価において考慮すべき不確定性として考えられるのは、上記①②の評価において考慮すべき項目に加えて、大規模漏えいを想定した解析モデルに係る不確定性である。大規模漏えいを想定した解析モデルに係る不確定性として考えうる項目は、使用済燃料ピット内の水分雰囲気、ほう素濃度条件及び使用済燃料ピットの構造物条件が挙げられる。

使用済燃料ピット内の水分雰囲気については、スプレイや蒸気条件の想定として、使用済燃料ピット全体の水密度を一様に 0.0～1.0g/cm$^3$ まで変化させ、使用済燃料

ピット内の水は純水として評価し、残存しているほう素は考慮しない。また、上下部の構造物による中性子反射効果を考慮し、燃料有効長上部は低水密度状態においても、十分な中性子反射効果が得られる厚さ（中性子反射効果が飽和する厚さ）である 300mm の水反射と仮定し、燃料有効長下部についても同様に、1,000mm のコンクリートとして評価する。以上より、大規模漏えいを想定した解析モデルに係る不確定性については、すべて使用済燃料ピットで大規模漏えいを想定した際に現実的に生じうる状態を十分に包絡できる設定としている。

上記より、玄海 3 号機の使用済燃料ピットで考慮すべき不確定性は①、②に係る不確定性であり、これらを評価した結果、不確定性の合計は第 1 表に示すとおり 0.0181 となる。

第１表　玄海３号機　未臨界性評価における不確定性評価結果（水密度 1.0g/cm$^3$）

| 臨界計算上の不確定性評価項目 | | | | 不確定性 | |
|---|---|---|---|---|---|
| 計算コードの不確定性 | 平均誤差 | | $\delta k$ | 0.0013 (注1) | |
| | 95%信頼度×95%確率 | | $\varepsilon_c$ | 0.0104 (注2) | |
| | | | | 不確定性 | 入力値 (注3) |
| 製作公差に基づく不確定性 | 計算体系を第１図に示す。(注4) | ラックの内のり公差 | $\varepsilon_w$ | 0.0085 | [redacted] |
| | | 燃料製作公差 | $\varepsilon_r$ | 0.0059 | － |
| | | －燃料材直径 | $\varepsilon_d$ | 0.0024 | [redacted] |
| | | －燃料材密度 | $\varepsilon_l$ | 0.0036 | [redacted] |
| | | －被覆材内径 | $\varepsilon_{cr}$ | 0.0013 | [redacted] |
| | | －被覆材外径 | $\varepsilon_{cd}$ | 0.0031 | [redacted] |
| | | －燃料体外寸 | $\varepsilon_a$ | 0.0022 | [redacted] |
| | 計算体系を第２図に示す。 | ラックの中心間距離公差 | $\varepsilon_p$ | 0.0072 (注5) | [redacted] |
| | | ラック内燃料偏心 | $\varepsilon_f$ | 0.0035 (注6) | － |
| 統計誤差 | | | $\sigma$ | 0.0005 | |
| 不確定性合計 (注7) | | | $\varepsilon$ | 0.0181 | |

(注1) 国際的に臨界実験データを評価収集している OECD/NEA による INTERNATIONAL HANDBOOK OF EVALUATED CRITICALITY SAFETY BENCHMARK EXPERIMENTS に登録されている MOX 燃料に係る臨界実験を対象に SCALE6.0 システムのベンチマーク解析を実施して得られる加重平均実効増倍率の平均誤差。

(注2) 上記の臨界実験を対象に SCALE6.0 システムのベンチマーク解析を実施して得られる加重平均実効増倍率の不確かさ（95%信頼度×95%確率での信頼係数を考慮）。

(注3) 正負の製作公差のうち未臨界性評価上厳しくなる側の値を入力値とした。

(注4) [redacted]

(注5) [redacted]

（注 6）[redacted]

（注 7）設計上の不確定性（$\varepsilon$）については、以下のとおり評価する。

・計算上の不確定性のうち平均誤差（$\delta k$）は、評価値のバイアスとして別に考慮する。

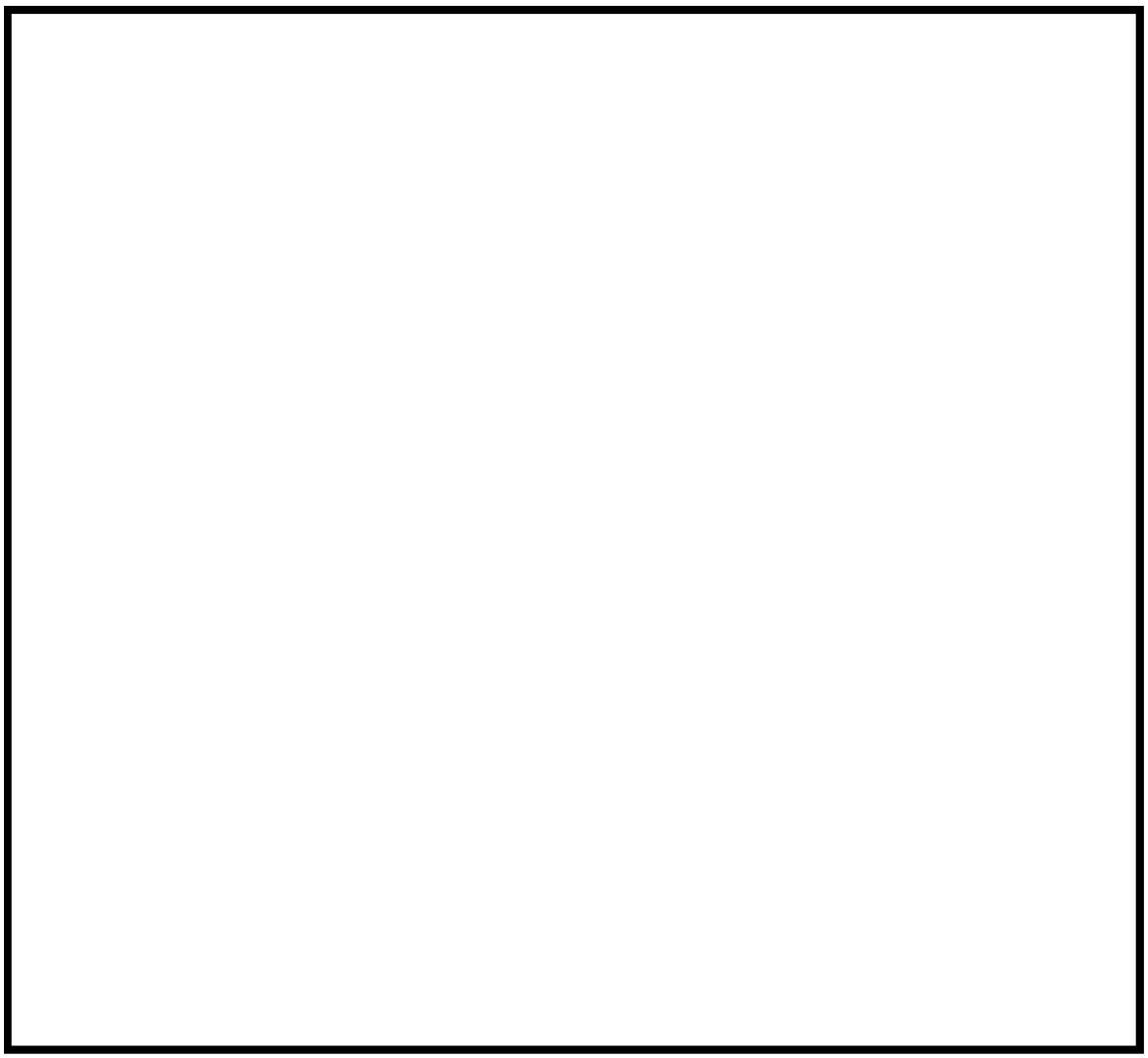
・計算上の不確定性のうち 95%信頼度×95%確率（$\varepsilon_c$）は、臨界実験ベンチマーク解析による評価値の平均値からのばらつきであり、コードへの入力条件である製作等に関わる不確定性とは独立である。

・製作等に関わる不確定性（$\varepsilon_p$、$\varepsilon_f$、$\varepsilon_w$、$\varepsilon_r$）はそれぞれ独立である。

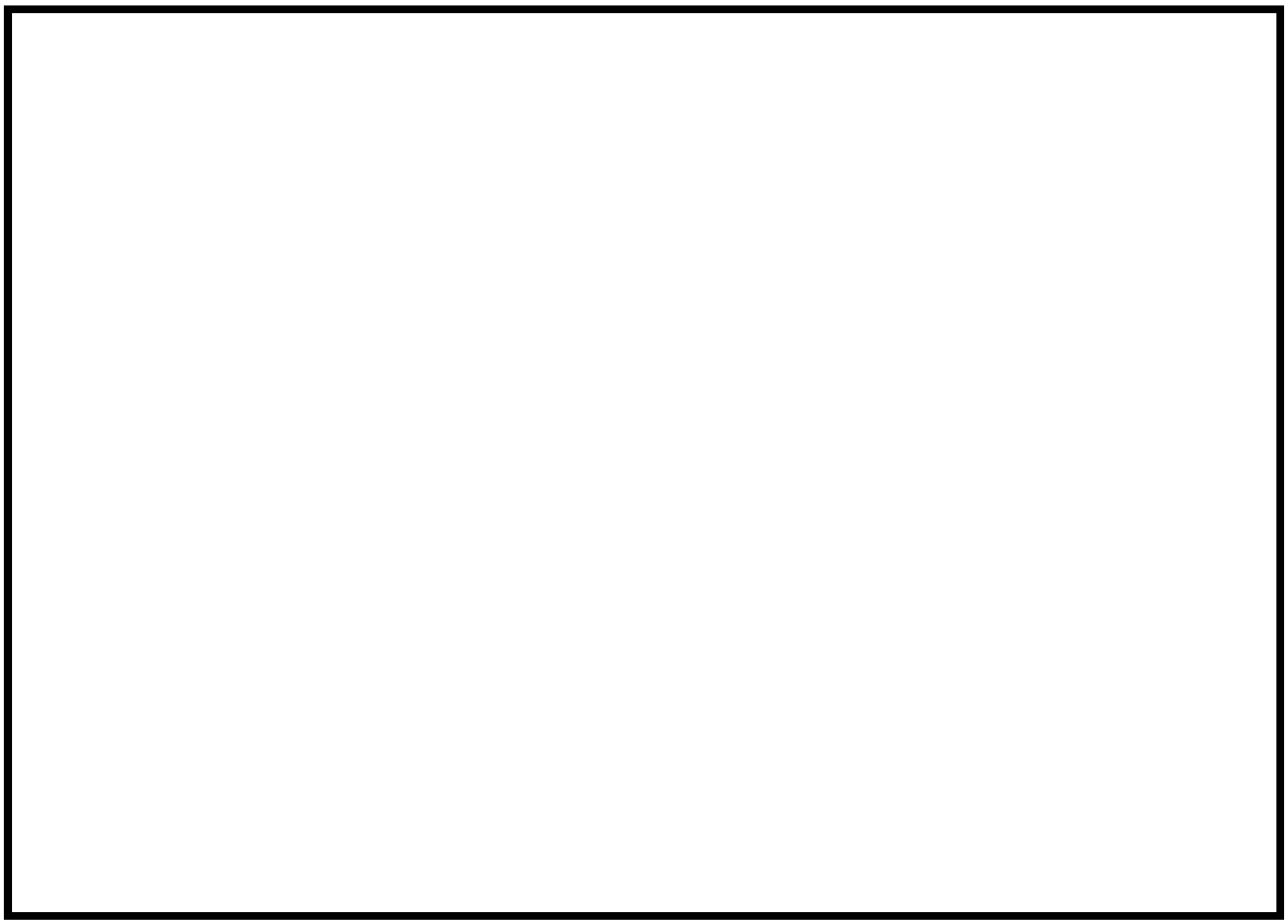
これらのうち互いに独立である$\varepsilon_c$、$\varepsilon_p$、$\varepsilon_f$、$\varepsilon_w$、$\varepsilon_r$を二乗和の平方根で処理し、これに$\delta k$を加える。なお、ANSI/ANS-8.17(2004)において、互いに独立な不確定性を二乗和の平方根で処理してよいことが示されている。

評価上の不確定性は、上記に基づき下式より求めた不確定性合計（$\varepsilon$）を考慮する。

[redacted]



第１図　製作公差に基づく不確定性評価の計算体系



第 2 図　製作公差に基づく不確定性評価の計算体系

別添 2

# 領域管理の設定に対する考え方

目　　次

頁

1. はじめに　…… 7 (3) - 別添2 - 1
2. 本体系における領域設定の考え方及び燃料タイプの考え方　…… 7 (3) - 別添2 - 1
3. 領域管理に基づいた使用済燃料ピットの燃料運用方針について
…… 7 (3) - 別添2 - 2

1. はじめに

玄海 3 号機使用済燃料ピットでは、大規模漏えい時の未臨界性評価に用いた解析体系（以下「本体系」という。）に基づき設定した領域に従い、燃料タイプに応じて貯蔵する燃料を管理することとしている。領域別の貯蔵可能な燃料体条件を第 1 図に示す。（領域 A に貯蔵可能な燃料の詳細については 2.(2)にて後述する。）本資料では、領域管理による燃料運用の成立性について説明する。

2. 本体系における領域設定の考え方及び燃料タイプの考え方

(1) 領域設定の考え方

大規模漏えいが発生した場合の使用済燃料ピットへのスプレイ及び水蒸気の雰囲気を考慮し、いかなる一様な水密度範囲（0.0～1.0g/cm$^3$）においても臨界を防止するために、使用済燃料ピット内に領域を設定し、燃料タイプに応じて貯蔵する燃料を管理する。未臨界性評価は、当該領域に貯蔵可能な最も反応度が高い燃料が、当該領域の全てのラックに貯蔵されると想定して実施しており、実運用における燃料貯蔵状態を包絡した評価となる。領域の設定は、使用済燃料ピット内での燃料運用を簡便化することを目的として、以下の方針で検討を実施している。

方針 1：領域の数を可能な限り少なくする。
方針 2：領域毎に燃料の条件に応じた貯蔵容量を確保する。

上記の方針 1 に従い、MOX 燃料及び初期濃縮度約 4.1wt%以下のウラン燃料（以下、単にウラン燃料と記載）を貯蔵できる領域 A（616 体）、ウラン燃料のみを貯蔵できる領域 B（1056 体）の 2 領域を設定する。領域 A、B の方針 2 への適合性は以下のとおりである。

MOX 燃料は領域 A に貯蔵されるが、MOX 燃料平衡炉心における MOX 燃料の装荷体数は 193 体の内、48 体（新燃料 16 体、1 サイクル照射燃料 16 体、2 サイクル照射燃料 16 体）であり、玄海 3 号機第 15 サイクル装荷後の時点で保有している MOX 燃料 36 体に 15 サイクル分程度（16 体×15 サイクル＝240 体）を加えた計 276 体の MOX 燃料の貯蔵を考慮した場合でも、炉心から取出した 193 体全てを貯蔵することが可能である。

領域 B は 1056 体貯蔵可能であり、領域 A、B 両方に貯蔵可能なウラン燃料を優先的に領域 B に貯蔵することで、領域 A、B 両方の貯蔵容量を確保することが可能である。

(2) 領域Aにおける燃料タイプの考え方

本体系では、領域Aを全てMOX新燃料として評価しているが、領域Aをウラン新燃料として評価した場合の実効増倍率は第1表に示すとおり0.9140となり、本体系での実効増倍率0.9144より低くなる。よって、領域Aにはウラン新燃料を貯蔵可能である。

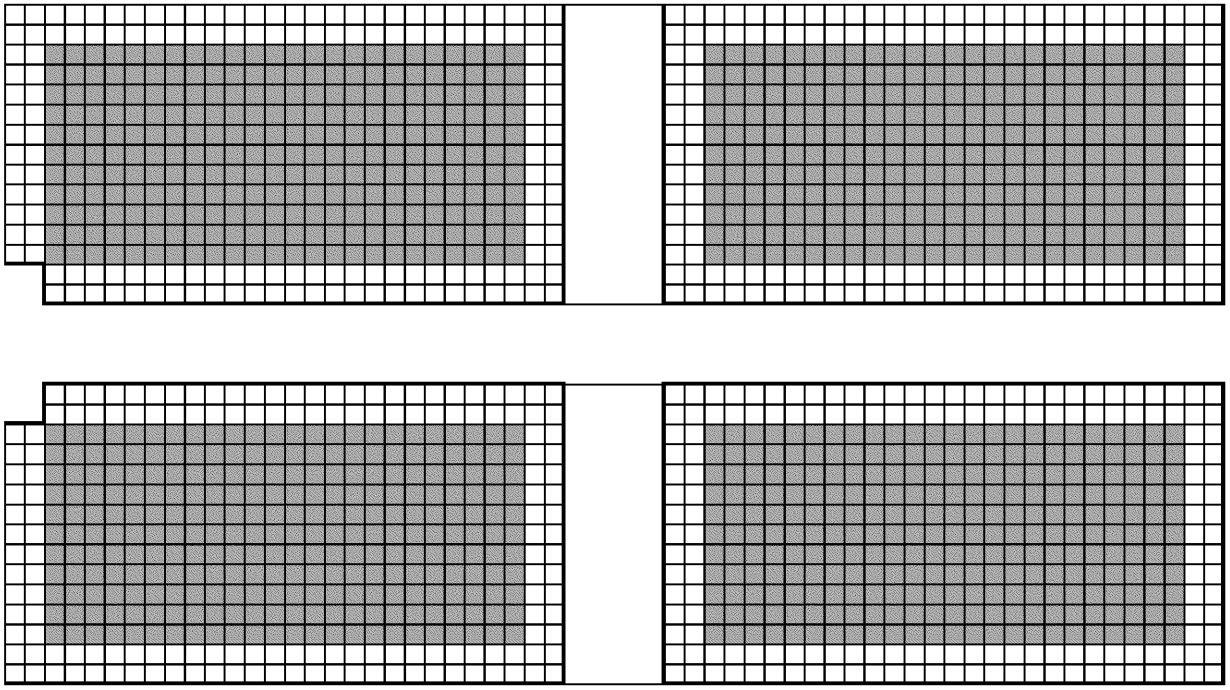
3. 領域管理に基づいた使用済燃料ピットの燃料運用方針について

実運用においては、領域Aは、MOX燃料及びウラン燃料を貯蔵する。また、本体系でウラン新燃料を配置している領域Bでは、優先的にウラン燃料を貯蔵する。

なお、実運用においては、燃料体別に付与される燃料番号とともに燃料タイプが管理され、使用済燃料ピット内での燃料移動及び炉心装荷・取出時においては複数人の作業者が移動手順を確認し、確実に燃料体の移動履歴を追うことができる運用とすることから領域管理を行ったとしても燃料配置の変更を問題なく実施することができる。

第１表　燃料タイプの違いの影響（評価結果）

| | 本体系での評価 | 燃料タイプの<br>違いの影響評価 |
|---|---|---|
| 領域 A | MOX 新燃料 | ウラン新燃料 |
| 領域 B | ウラン新燃料 | ウラン新燃料 |
| 実効増倍率 | 0.9144 | 0.9140 |



| | 貯蔵可能な燃料 |
|---|---|
| □ ： 領域 A | 全ての燃料（MOX 燃料およびウラン燃料） |
| ▒ ： 領域 B | ウラン燃料 |

第１図　領域別の貯蔵可能な燃料体

別紙

# 計算機プログラム（解析コード）の概要

目　　次

頁
1. はじめに …… 7(3)- 別紙 -1
2. 解析コードの概要 …… 7(3)- 別紙 -2
2.1 SCALE …… 7(3)- 別紙 -2

1. はじめに

本説明書は、使用済燃料ピットの未臨界性評価において使用した解析コードについて説明するものである。

2. 解析コードの概要

2.1 SCALE

| コード名 / 項目 | SCALE |
|---|---|
| 開発機関 | 米国オークリッジ国立研究所(ORNL) |
| 開発時期 | 2009 年 |
| 使用したバージョン | 6.0 |
| 使用目的 | 使用済燃料貯蔵設備の未臨界性評価 |
| コード概要 | 米国オークリッジ国立研究所 (ORNL) により米国原子力規制委員会（NRC）の原子力関連許認可評価用に作成された公開コードシステムであり、臨界計算コードが整備されている。本解析では臨界計算の CSAS6 モジュールを用い、モンテカルロコードとして KENO-Ⅵ、断面積ライブラリは ENDF/B-Ⅶベースの 238 群ライブラリを使用している。 |
| 検証(Verification)及び妥当性確認(Validation) | 今回の解析は、モンテカルロコードを用いた使用済燃料貯蔵設備の未臨界性評価である。<br><br>【検証(Verification)】<br>本解析コードの検証の内容は以下のとおりである。<br>・コードに付属のサンプル問題を実行し、解析解があらかじめ準備された参照解を再現することを確認している。<br>・本コードの運用環境について、開発機関から提示された要件を満足していることを確認している。<br><br>【妥当性確認(Validation)】<br>本解析コードの妥当性確認の内容は以下のとおりである。<br>・ OECD/NEA によりまとめられた臨界実験ベンチマーク集(INTERNATIONAL HANDBOOK OF EVALUATED CRITICALITY SAFETY BENCHMARK EXPERIMENTS September 2010 Edition (OECD/NEA))に登録されている臨界実験から、国内 PWR の新燃料貯蔵庫、使用済燃料ピット仕様及び燃料仕様等を考慮して選定した 147 ケースのベンチマーク解析を実施している。ベンチマーク解析結果と臨界実験の実効増倍率は概ね一致しており、その差はほぼ正規分布となることを確認している。また、ベンチマーク解析の実効増倍率が特定のピット仕様や燃料仕様に依存する傾向もない。 |

| | |
|---|---|
| 検証(Verification)及び妥当性確認(Validation) | ・ベンチマーク解析において、軽水減速体系の臨界実験データ及びボロン添加ステンレス板を含む体系の臨界実験データ、更に MOX 燃料を用いた臨界実験データを使用した解析結果から、臨界計算に考慮すべき平均誤差及びその不確かさを適切に評価している。 |

# 燃料体等又は重量物の落下による使用済燃料貯蔵槽内の燃料体等の破損の防止及び使用済燃料貯蔵槽の機能喪失の防止に関する説明書

| |
|---|
| 工事計画認可申請添付資料 8 |
| 玄海原子力発電所第 3 号機 |

目　　次

頁

1. 概　要 …… 8(3)-1

2. 基本方針 …… 8(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」（以下「技術基準規則」という。）第 26 条第 1 項第 4 号及び第 7 号並びにそれらの「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」（以下「解釈」という。）に基づき、玄海 3 号機の使用済燃料ピットの共用化に伴い搬入する玄海 4 号機の燃料の取扱いに使用する、クレーンや装置等の燃料取扱設備における、燃料集合体の落下防止対策及び使用済燃料ピットに貯蔵される玄海 4 号機の燃料集合体が、他の燃料体等又は重量物の落下により破損しないことについて説明するものである。

2. 基本方針

玄海 3 号機の使用済燃料ピットの共用化に伴い、玄海 4 号機の燃料を取扱うこととなるが、取扱う玄海 4 号機の燃料は、玄海 3 号機のウラン燃料と同じ設計である。そのため、玄海 3 号機の燃料取扱設備（キャビティ、キャナル及び除染場ピットを除く。）について、通常運転時に使用する燃料体又は使用済燃料（以下「燃料体等」という。）の落下防止機能（二重ワイヤ、駆動源喪失時の保持機能等）を有する設計について、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 20「燃料体等又は重量物の落下による使用済燃料貯蔵槽内の燃料体等の破損の防止及び使用済燃料貯蔵槽の機能喪失の防止に関する説明書」の内容から変更はない。

また、上記添付資料にて説明しているとおり、気中落下時の衝撃エネルギが模擬燃料集合体落下試験の衝突エネルギより大きい設備等については適切な落下防止対策を実施することとしている。そのため、燃料体等又は重量物が落下し、使用済燃料ラックに貯蔵中の燃料体に衝突した場合の燃料体の健全性評価を行うにあたり、適用する落下試験の衝突エネルギ（39.3kJ）についても変更はない。さらに、共用化に伴い、玄海 3 号機の使用済燃料ピットに玄海 4 号機の使用済燃料が貯蔵されることとなるが、玄海 4 号機の燃料は、玄海 3 号機のウラン燃料と同じ設計である。

そのため、使用済燃料ラックに貯蔵される玄海 4 号機の使用済燃料に、他の燃料体等又は重量物が落下した場合の健全性評価は、玄海 3 号機の使用済燃料に他の燃料体等又は重量物が落下した場合の健全性評価と同じ評価となり、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 20「燃料体等又は重量物の落下による使用済燃料貯蔵槽内の燃料体等の破損の防止及び使用済燃料貯蔵槽の機能喪失の防止に関する説明書」の内容から変更はない。

# 使用済燃料貯蔵槽の冷却能力に関する説明書

| |
|---|
| 工事計画認可申請添付資料 9 |
| 玄海原子力発電所第 3 号機 |

目　　次

頁
1. 概　要 …… 9(3)-1

2. 基本方針 …… 9(3)-1

3. 評　価 …… 9(3)-3
3.1 設計基準対象施設 …… 9(3)-3
3.2 重大事故等対処設備 …… 9(3)-15

別紙　計算機プログラム（解析コード）の概要

## 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」（以下「技術基準規則」という。）第 26 条及び第 69 条並びにそれらの「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」（以下「解釈」という。）に基づき、使用済燃料貯蔵能力の増強による使用済燃料ピットで貯蔵し得る容量の増加及び使用済燃料ピットの 3,4 号機の共用化による 4 号機使用済燃料の搬入を踏まえた発熱量に対する冷却能力（スプレイによる、燃料集合体の著しい損傷の進行緩和及び放射性物質の放出低減を含む。）について説明するものである。

通常運転時、運転時の異常な過渡変化時及び設計基準事故時の冷却については、使用済燃料の貯蔵能力を増強すること等に伴い、使用済燃料の崩壊熱量が増加するが、増加した熱負荷に対しても使用済燃料ピットの基準水温を満たすことを説明する。

また、重大事故等の発生防止等のために設置する可搬型代替注水設備により使用済燃料ピットに貯蔵される使用済燃料の冷却が可能であること、及び可搬型スプレイ設備により重大事故時に使用済燃料の著しい損傷の進行を緩和し、できる限り環境への放射性物質の放出を低減することを説明する。

## 2. 基本方針

技術基準規則第 26 条第 2 項第 2 号及びその解釈に基づき、使用済燃料貯蔵設備は、ポンプ、冷却器等で構成する使用済燃料ピット水浄化冷却設備（3,4 号機共用（以下同じ。））を設け、通常運転時、運転時の異常な過渡変化時及び設計基準事故時において、増加した熱負荷に対しても使用済燃料から発生する崩壊熱の除去を行うのに十分な冷却能力を有し、燃料体等が崩壊熱により溶融しない設計とする。

また、技術基準規則第 69 条第 1 項及びその解釈に基づき、可搬型代替注水設備（使用済燃料ピット補給用水中ポンプ（3,4 号機共用（以下同じ。））、注水ライン（一部 3,4 号機共用）及び中間受槽（3,4 号機共用（以下同じ。）））により、使用済燃料の崩壊熱による使用済燃料ピット水の蒸散量を上回る注水を行うことで、使用済燃料ピット内の燃料体等を冷却する設計とする。

さらに、技術基準規則第 69 条第 2 項及びその解釈に基づき、可搬型ス

プレイ設備（可搬型ディーゼル注入ポンプ（3,4 号機共用）、スプレイライン（一部 3,4 号機共用）、スプレイヘッダ（3,4 号機共用（以下同じ。））及び中間受槽）により使用済燃料ピットの熱負荷（崩壊熱）による蒸散量を上回る量の淡水又は海水を使用済燃料ピット全面に向けてスプレイする設計とする。これにより、使用済燃料の著しい損傷の進行を緩和するとともに、蒸散量を上回るスプレイは、浮遊する粒子状の放射性物質を吸着し降下させる等の効果により、放射性物質の放出を低減する。

可搬型代替注水設備による注水量及び可搬型スプレイ設備によるスプレイ量と比較する蒸散量の評価にあたっては、「実用発電用原子炉に係る使用済燃料貯蔵槽における燃料損傷防止対策の有効性評価に関する審査ガイド」を参考に、通常の冷却機能又は注水機能を喪失した場合の、原子炉停止後に最短時間で取り出した全炉心分の燃料が一時的に保管された使用済燃料ピットの熱負荷（崩壊熱）による蒸散量を用いることとする。

3. 評　価

3.1　設計基準対象施設

(1)　評価方法

使用済燃料ピットの水温は、想定される最大の熱負荷を考慮しても使用済燃料ピット水浄化冷却設備2系統運転時で基準水温52℃、使用済燃料ピットポンプ1台故障時でも基準水温65℃を下回るものとする。

使用済燃料ピット水温は次式で評価できる。

$$T_P = T_{CCW} + \frac{3{,}600 \times Q}{p \times W \times C}$$

ここで、

$T_p$　：使用済燃料ピット水平均温度（℃）

$Q$　：使用済燃料ピット冷却器1基あたりの熱負荷(kW)

$T_{CCW}$　：原子炉補機冷却水温度（＝31.5℃）

$W$　：使用済燃料ピット冷却器の使用済燃料ピット水側流量(kg/h)

2系統運転時　：$640 \times 10^3$kg/h

使用済燃料ピットポンプ1台故障時　：$320 \times 10^3$kg/h

$p$　：上記流量での温度効率

2系統運転時　：0.41

使用済燃料ピットポンプ1台故障時　：0.60

$C$　：冷却水の比熱（＝4.187kJ/(kg・℃)）

(2)　評価条件

a.　使用済燃料ピットの熱負荷（崩壊熱）は、以下の条件とする。

(a)　使用済燃料ピットには、貯蔵燃料の他に、原子炉停止後に最短時間で取り出された全炉心分の燃料が一時保管されていることとする。

・使用済燃料ピットの熱負荷としては、燃料取替えのために3号炉の原子炉から使用済燃料ピットに取り出した燃料（3/3炉心分）から発生する崩壊熱と、当該燃料より過去の燃料取替えで取り出された燃料から、使用済燃料ピットの共用条件及びプラントの運転期間を踏まえ、崩壊熱の高い順に使用済燃料ピットが満杯になるまで貯蔵した31サイクル分の

ウラン・プルトニウム混合酸化物燃料（以下「MOX 燃料」という。）、12 サイクル（片ピットの場合は 4 サイクル）分のウラン使用済燃料並びに 4 号炉から移送されてきた使用済燃料（7/3 炉心分）から発生する崩壊熱の合計値を想定する。使用済燃料の崩壊熱の評価条件として、崩壊熱が高くなるように燃料取出し直後の状態を考慮する。

・3 号炉で 1 サイクルに使用される全炉心燃料のうちの 1/4 が MOX 燃料であるとし、施設定期検査ごとに 1/3 炉心分が使用済燃料ピットに取り出されるものとする。また、4 号炉からは 7 年冷却の使用済燃料が 14 ヶ月毎に 1/3 炉心分の頻度で移送されるものとする。

・原子炉を停止してから使用済燃料ピットへの使用済燃料の取出しが完了するまでの期間は、（施設）定期検査の主要工程及び実績を踏まえて 8.5 日とする。

(b) 使用済燃料の崩壊熱については、燃料組成及び燃焼度等を考慮して設計に基づき適正に評価する。

・3 号炉の 1 サイクルの運転時間は 13 ヶ月とするが、MOX 使用済燃料、ウラン使用済燃料の燃焼度は、それぞれ保守的に設計上の最高燃焼度である 45,000MWd/t（MOX 燃料）、48,000MWd/t（ウラン燃料）とする。また、4 号炉から移送される使用済燃料についても、1 サイクルの運転時間は 13 ヶ月とするが、燃料集合体の燃焼度は、それぞれ設計上の最高燃焼度である 48,000MWd/t とする。

・停止期間は、実績を踏まえて 30 日とする。

「(a)」及び「(b)」の条件に基づく使用済燃料ピット A,B の合計値の熱負荷（崩壊熱）を第 1 表に、使用済燃料ピット A(B)の熱負荷（崩壊熱）を第 2 表に示す。熱負荷の算出にあたっては、核分裂生成物からの崩壊熱を日本原子力学会推奨値を使用して求め、アクチニド崩壊熱を ORIGEN2 にて求めた（注 1）。なお、評価に用いる解析コード ORIGEN2 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。

（注 1）公開文献「PWR の安全解析用崩壊熱について　MHI－NES－1010 改 4（平成 25 年 7 月）三菱重工業株式会社」参照。

b.　使用済燃料ピット冷却器 1 基の熱負荷

(a)　使用済燃料ピット水浄化冷却設備 2 系統運転時の熱負荷

第 1－1 図に使用済燃料ピット水冷却浄化系統設備 2 系統運転時の運転モードを示す。

使用済燃料ピットが第 1 表に示すような熱負荷である場合、使用済燃料ピットは使用済燃料ピットポンプ 2 台、使用済燃料ピット冷却器 2 基により冷却することとしている。したがって、使用済燃料ピット冷却器 1 基の熱負荷は第 1 表に示す値（[redacted]）の 1/2 である[redacted]となる。

(b)　使用済燃料ピットポンプ 1 台故障時の熱負荷

第 1－2 図に使用済燃料ピットポンプ 1 台故障時の運転モードを示す。

使用済燃料ピットポンプが 1 台故障した際には、弁 3V－SF－120A,B を閉弁、弁 3V－SF－022 を開弁することにより、使用済燃料ピット水浄化冷却系統設備を連絡し、使用済燃料ピットポンプ 1 台、使用済燃料ピット冷却器 2 基により冷却することとしている。したがって、使用済燃料ピット冷却器 1 基の熱負荷は第 1 表に示す値（[redacted]）の 1/2 である[redacted]となる。

c. 温度効率 p の算出

(a) 温度効率 p の算出方法

温度効率は、TEMA 規格（Standards of the Tubular Exchanger Manufactures Association, 8th Edition, Tubular Exchanger Manufactures Association, Inc., 1999）SECTION7 Par.T－3.3 に示す曲線から読み取り算出する。

本規格には温度効率曲線が与えられており、以下の 2 つの無次元数で整理されている。（UA/wc が大きくなるほど温度効率 p は上がり、R が大きくなるほど温度効率 p は下がる。）これらに対応する点を曲線から読み取ることで、温度効率を得る。

UA/wc

$$R=\frac{w\cdot c}{W\cdot C}$$

ここで、

U　：熱通過率(kW/(m²･K))
A　：伝熱面積(m²)
w　：管側流量(kg/h)
W　：胴側流量(kg/h)
c　：管側流体の比熱(kWh/(kg･K))
C　：胴側流体の比熱(kWh/(kg･K))

(b) 熱通過率の補正

使用済燃料ピットポンプ 1 台故障時には、使用済燃料ピット水側の流量が 2 系統運転時の 1/2 となることから、熱通過率を補正する。

シェル・アンド・チューブ熱交換器の熱通過率 U は、「伝熱工学資料（改訂第 5 版　日本機械学会　平成 21 年)」により、次式で表される。

$$\frac{1}{U}=\frac{d_o}{d_i\cdot h_i}+\frac{r_{fi}\cdot d_o}{d_i}+\frac{d_o}{2\lambda}\ln\frac{d_o}{d_i}+r_{fo}+\frac{1}{h_o}$$

ここで、

$d_i$　：伝熱管内径(m)

$d_o$　：伝熱管外径(m)

$h_i$　：伝熱管内面の熱伝達率(kW/(m²･K))

$h_o$　：伝熱管外面の管外面熱伝達率(kW/(m²･K))

$r_{fi}$　：伝熱管内面の汚れ係数(m²･K/kW)

$r_{fo}$　：伝熱管外面の汚れ係数(m²･K/kW)

$\lambda$　：伝熱管の熱伝達率(kW/(m･K))

シェル･アンド･チューブ熱交換器の熱伝達率と流量には、「熱交換器ハンドブック（第４版　日刊工業新聞社　昭和 44 年)」により、次式の関係がある。

$$h_i \propto w^{0.8}$$

$$h_o \propto W^{0.55}$$

ここで、

w　：管側流量(kg/h)

W　：胴側流量(kg/h)

これらを整理すると、管側流量、胴側流量が変化した場合の熱通過率と伝熱面積の積UAは、次式で補正することができる。

$$UA = \frac{UA_D}{\alpha\left(\frac{w_D}{w}\right)^{0.8} + \beta\left(\frac{W_D}{W}\right)^{0.55} + \gamma}$$

ここで、

UA　　：補正後のUA値(kW/K)
$UA_D$　：UA値（設計値）(kW/K)
w　　：使用済燃料ピット水側流量(kg/h)
W　　：原子炉補機冷却水側流量(kg/h)
$w_D$　：使用済燃料ピット水側流量（設計値）(kg/h)
$W_D$　：原子炉補機冷却水側流量（設計値）(kg/h)
$\alpha$　：補正係数(＝0.278)
$\beta$　：補正係数(＝0.315)
$\gamma$　：補正係数(＝0.407)

UAとw, W, $UA_D$, $w_D$, $W_D$を次表に示す。

| 数値 / 運転状態 | UA (kW/K) | w (×10³kg/h) | W (×10³kg/h) | $UA_D$ (kW/K) | $w_D$ (×10³kg/h) | $W_D$ (×10³kg/h) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ポンプ１台故障時 | 464 | 320 | 650 | 560 | 640 | 650 |

(c)　温度効率 p の算出結果

2 系統運転時の UA は管側、胴側流量に変更がないため設計値と同じである。したがって、2 系統運転時、ポンプ 1 台故障時の UA 及び管側、胴側の流量は次表のとおり。

| 数　値<br>運転状態 | UA<br>(kW/K) | w<br>($\times 10^3$kg/h) | W<br>($\times 10^3$kg/h) |
|---|---|---|---|
| 2 系統運転時 | 560 | 640 | 650 |
| ポンプ 1 台故障時 | 464 | 320 | 650 |

上記の UA, w, W 及び管側、胴側の流体比熱 c, C を用いて「(a)　温度効率 p の算出方法」に基づき温度効率 p を算出すると、

温度効率 p :

2 系統運転時　：0.41

使用済燃料ピットポンプ 1 台故障時　：0.60

(3)　評価結果

「(1)　評価方法」の式及び「(2)b.　使用済燃料ピット冷却器 1 基の熱負荷」の値を用いて評価した結果、使用済燃料ピットの水温は使用済燃料ピット水浄化冷却設備 2 系統運転時で 51.9℃、使用済燃料ピットポンプ 1 台故障時で 59.4℃となり、2 系統運転時における評価基準水温 52℃以下及び使用済燃料ピットポンプ 1 台故障時の評価基準水温 65℃以下を満足する。

(4)　使用済燃料ピット水温の異常検知に関する説明

使用済燃料ピット水浄化冷却設備には、使用済燃料ピット水の温度を検出し、温度の上昇を中央制御室での警報により検知させるため、使用済燃料ピット温度計を設置している。

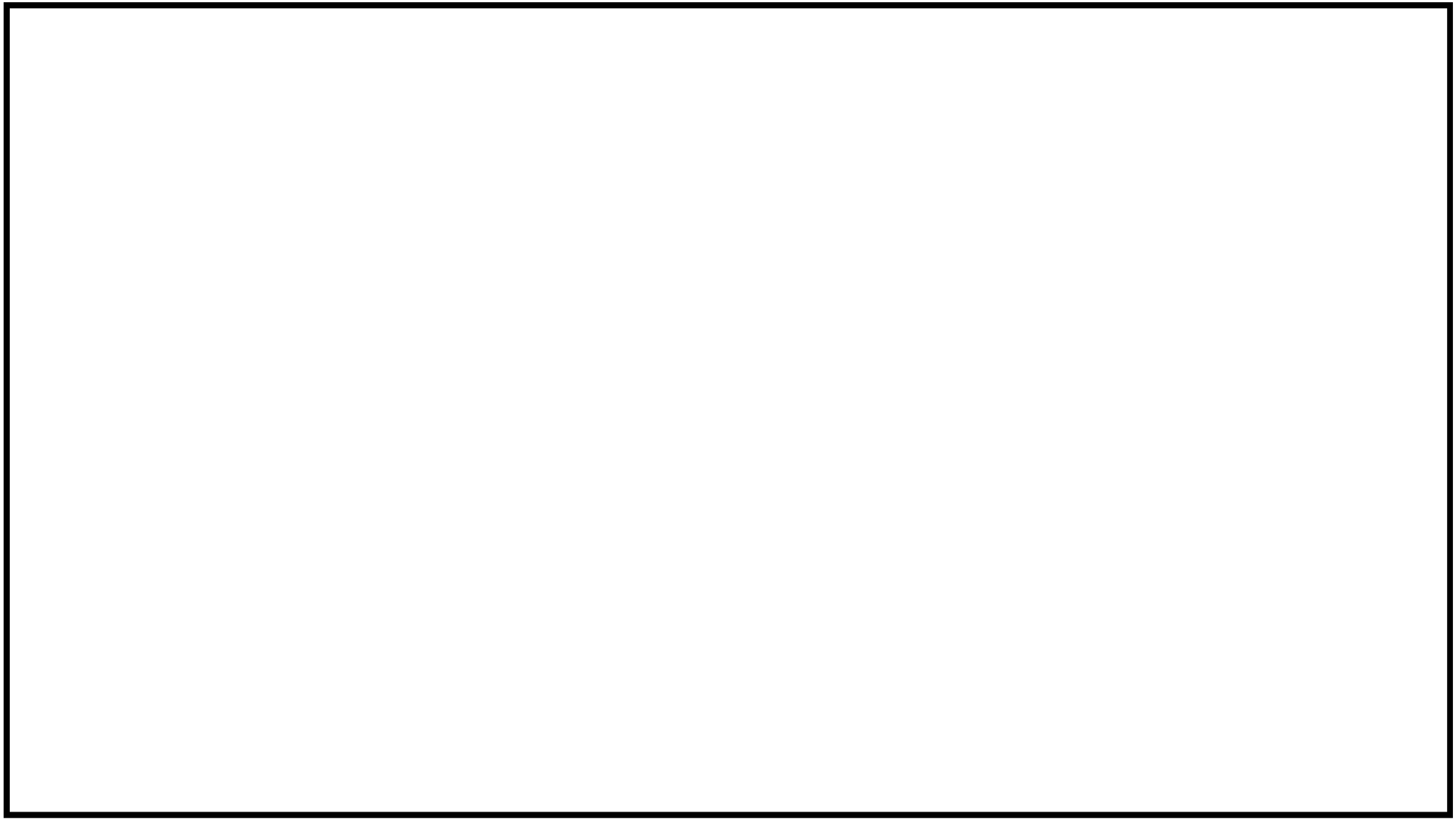
使用済燃料ピット温度計の温度高警報設定値は、「発電用原子力設備規格　コンクリート製原子炉格納容器規格（JSME S NE1－2003） CVE－3412」の定常状態のコンクリートの温度制限値65℃に余裕を考慮し、60℃としている。

# 第１表　使用済燃料ピット熱負荷表

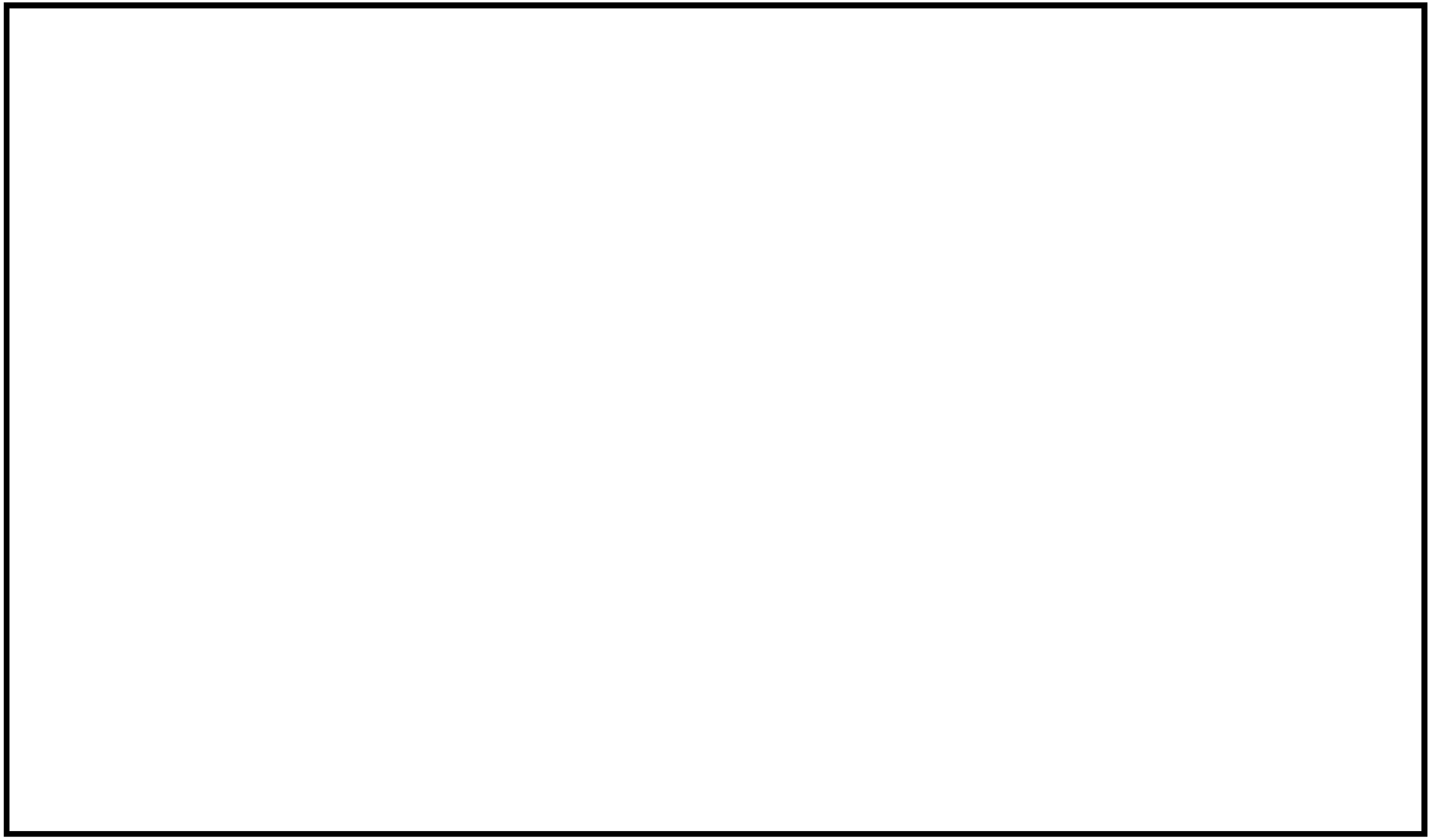
| 取出し燃料 | 運転時間（h） | 3号機燃料 | | | | | 4号機燃料 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 冷却期間 | ウラン燃料 | | MOX燃料 | | 冷却期間 | ウラン燃料 | |
| | | | 燃料数（体） | 崩壊熱（MW） | 燃料数（体） | 崩壊熱（MW） | | 燃料数(体) | 崩壊熱（MW） |
| 31サイクル冷却済 | 28,500 | | | | | | | | |
| 30サイクル冷却済 | 28,500 | | | | | | | | |
| 29サイクル冷却済 | 28,500 | | | | | | | | |
| 28サイクル冷却済 | 28,500 | | | | | | | | |
| 27サイクル冷却済 | 28,500 | | | | | | | | |
| 26サイクル冷却済 | 28,500 | | | | | | | | |
| 25サイクル冷却済 | 28,500 | | | | | | | | |
| 24サイクル冷却済 | 28,500 | | | | | | | | |
| 23サイクル冷却済 | 28,500 | | | | | | | | |
| 22サイクル冷却済 | 28,500 | | | | | | | | |
| 21サイクル冷却済 | 28,500 | | | | | | | | |
| 20サイクル冷却済 | 28,500 | | | | | | | | |
| 19サイクル冷却済 | 28,500 | | | | | | | | |
| 18サイクル冷却済 | 28,500 | | | | | | | | |
| 17サイクル冷却済 | 28,500 | | | | | | | | |
| 16サイクル冷却済 | 28,500 | | | | | | | | |
| 15サイクル冷却済 | 28,500 | | | | | | | | |
| 14サイクル冷却済 | 28,500 | | | | | | | | |
| 13サイクル冷却済 | 28,500 | | | | | | | | |
| 12サイクル冷却済 | 28,500 | | | | | | | | |
| 11サイクル冷却済 | 28,500 | | | | | | | | |
| 10サイクル冷却済 | 28,500 | | | | | | | | |
| 9サイクル冷却済 | 28,500 | | | | | | | | |
| 8サイクル冷却済 | 28,500 | | | | | | | | |
| 7サイクル冷却済 | 28,500 | | | | | | | | |
| 6サイクル冷却済 | 28,500 | | | | | | | | |
| 5サイクル冷却済 | 28,500 | | | | | | | | |
| 4サイクル冷却済 | 28,500 | | | | | | | | |
| 3サイクル冷却済 | 28,500 | | | | | | | | |
| 2サイクル冷却済 | 28,500 | | | | | | | | |
| 1サイクル冷却済 | 28,500 | | | | | | | | |
| 今回取出し分 | 28,500 | | | | | | | | |
| 今回取出し分 | 19,000 | | | | | | | | |
| 今回取出し分 | 9,500 | | | | | | | | |
| 小　　計 | － | | | | | | | | |
| 合　　計 | | | | | | | | | |

## 第２表　使用済燃料ピットＡ（Ｂ）熱負荷表

| 取出し燃料 | 運転時間（h） | 3号機燃料 | | | | | 4号機燃料 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 冷却期間 | ウラン燃料 | | MOX燃料 | | 冷却期間 | ウラン燃料 | |
| | | | 燃料数（体） | 崩壊熱（MW） | 燃料数（体） | 崩壊熱（MW） | | 燃料数(体) | 崩壊熱（MW） |
| 31サイクル冷却済 | 28,500 | | | | | | | | |
| 30サイクル冷却済 | 28,500 | | | | | | | | |
| 29サイクル冷却済 | 28,500 | | | | | | | | |
| 28サイクル冷却済 | 28,500 | | | | | | | | |
| 27サイクル冷却済 | 28,500 | | | | | | | | |
| 26サイクル冷却済 | 28,500 | | | | | | | | |
| 25サイクル冷却済 | 28,500 | | | | | | | | |
| 24サイクル冷却済 | 28,500 | | | | | | | | |
| 23サイクル冷却済 | 28,500 | | | | | | | | |
| 22サイクル冷却済 | 28,500 | | | | | | | | |
| 21サイクル冷却済 | 28,500 | | | | | | | | |
| 20サイクル冷却済 | 28,500 | | | | | | | | |
| 19サイクル冷却済 | 28,500 | | | | | | | | |
| 18サイクル冷却済 | 28,500 | | | | | | | | |
| 17サイクル冷却済 | 28,500 | | | | | | | | |
| 16サイクル冷却済 | 28,500 | | | | | | | | |
| 15サイクル冷却済 | 28,500 | | | | | | | | |
| 14サイクル冷却済 | 28,500 | | | | | | | | |
| 13サイクル冷却済 | 28,500 | | | | | | | | |
| 12サイクル冷却済 | 28,500 | | | | | | | | |
| 11サイクル冷却済 | 28,500 | | | | | | | | |
| 10サイクル冷却済 | 28,500 | | | | | | | | |
| 9サイクル冷却済 | 28,500 | | | | | | | | |
| 8サイクル冷却済 | 28,500 | | | | | | | | |
| 7サイクル冷却済 | 28,500 | | | | | | | | |
| 6サイクル冷却済 | 28,500 | | | | | | | | |
| 5サイクル冷却済 | 28,500 | | | | | | | | |
| 4サイクル冷却済 | 28,500 | | | | | | | | |
| 3サイクル冷却済 | 28,500 | | | | | | | | |
| 2サイクル冷却済 | 28,500 | | | | | | | | |
| 1サイクル冷却済 | 28,500 | | | | | | | | |
| 今回取出し分 | 28,500 | | | | | | | | |
| 今回取出し分 | 19,000 | | | | | | | | |
| 今回取出し分 | 9,500 | | | | | | | | |
| 小　　計 | － | | | | | | | | |
| 合　　計 | | | | | | | | | |



第 1－1 図　使用済燃料ピット水浄化冷却系統設備 2 系統運転時の運転モード



第 1－2 図　使用済燃料ピットポンプ 1 台故障時の運転モード

3.2　重大事故等対処設備

(1)　評価方法

使用済燃料ピット水の蒸散量に対し、可搬型代替注水設備からの注水量及び可搬型スプレイ設備からのスプレイ量が上回ることを確認する。

使用済燃料ピットの熱負荷（燃料取替えのために原子炉から使用済燃料ピットに取り出した燃料から発生する崩壊熱と、過去の燃料取替えで取り出されたウラン燃料及びMOX燃料並びに4号機から移送されてきた使用済燃料から発生する崩壊熱の合計）による、使用済燃料ピット水の蒸散量は以下の式で求める。なお、顕熱による冷却は保守的に考慮せず、蒸発潜熱のみによる冷却を考慮する。

$$Q = \frac{3{,}600 \times q}{\gamma \times h}$$

ここで、

Q　：蒸散量($m^3/h$)

q　：使用済燃料ピットの熱負荷（kW）

$\gamma$　：100℃の水の密度（＝ 958 kg/m3）

h　：100℃の飽和水蒸発潜熱（＝ 2,257 kJ/kg）

(2)　評価条件

使用済燃料ピットの熱負荷（崩壊熱）は、3.1(2)a.項に同じ。

（可搬型代替注水設備の冷却能力の評価）

使用済燃料ピット補給用水中ポンプからの注水量が崩壊熱による蒸散量を上回ることを確認する。

通常運転時、使用済燃料ピットA,Bは分割されているが、崩壊熱が高い燃料取出し直後では、燃料取替キャナルを介して、ピットAとピットBは接続されていることから、冷却能力の評価に用いる崩壊熱は、使用済燃料ピットA,Bの合計値（＝[redacted]）とする。使用済燃料ピットの配置図を第2図に示す。

（可搬型スプレイ設備の冷却能力の評価）

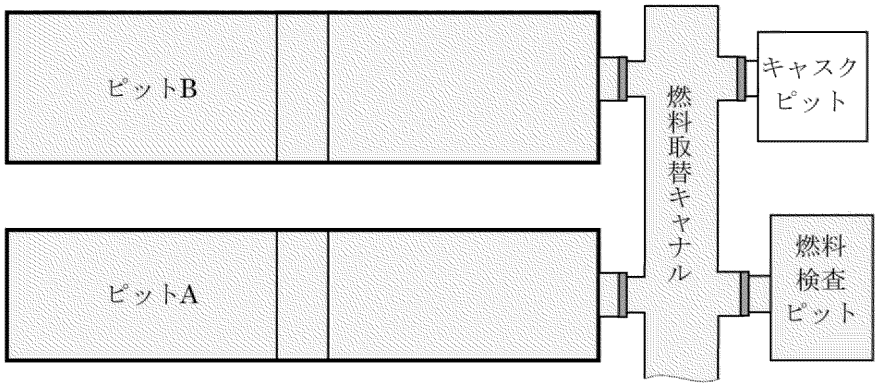
使用済燃料ピット内での輻射や蒸気の対流による伝熱を考慮し、使

用済燃料ピット全体に、崩壊熱による蒸散量を上回るスプレイが入ることを確認する。燃料損傷時にできる限り放射性物質の放出を低減することについても、スプレイ量が蒸散量を上回ることで確認する。

可搬型スプレイ設備は、使用済燃料ピットスプレイヘッダを使用済燃料ピット近傍へ設置し、使用済燃料ピット全面に向けて、スプレイヘッダ2台よりそれぞれ約60 $m^3/h$の流量でスプレイする設計としている。スプレイ水の蒸散量の評価にあたっては、使用済燃料ピットA(B)の熱負荷（＝[redacted]※）と使用済燃料ピットへのスプレイ量を用いる。

使用済燃料ピット全面に向けたスプレイに関しては、スプレイヘッダの噴射幅、首ふり角度を考慮したスプレイ分布と、スプレイヘッダの設置位置、使用済燃料ピット形状・寸法を比較して評価する。

※使用済燃料Aピット及びBピットの使用済燃料貯蔵容量は同一のため、熱負荷に相違はない。




第2図　使用済燃料ピット配置図

(3)　評価結果

a.　可搬型代替注水設備

「(1) 評価方法」の式で求めた使用済燃料ピットA,Bでの蒸散量は、約[redacted]$m^3/h$であり、1台あたり[redacted]$m^3/h$以上の補給能力を持つ使用済燃料ピット補給用水中ポンプを設置する設計とし、この蒸散量を上回る注水を確保できる。

b. 可搬型スプレイ設備

「(1) 評価方法」の式で求めた、使用済燃料ピットA（B）の熱負荷での蒸散量は約□m³/hであるが、メーカのスプレイ試験に基づくスプレイ分布をスプレイヘッダ設置位置と使用済燃料ピット形状・寸法に照らし合わせた結果、スプレイヘッダ2台合計からのスプレイ量（約□m³/h）のうち、蒸散量を上回るスプレイ量（ピットB：約□m³/h、ピットA：約□m³/h）を使用済燃料ピット内にスプレイできる。

蒸散量を上回る量で使用済燃料ピット全面に向けてスプレイし、輻射や蒸気の対流による伝熱により使用済燃料から崩壊熱を除去することで、使用済燃料の著しい損傷の進行を緩和する。蒸散量を上回るスプレイは、浮遊する粒子状の放射性物質を吸着し降下させる等の効果により、放射性物質の放出を低減する。

別紙

# 計算機プログラム（解析コード）の概要

目　　次

頁
1. はじめに …… 9(3)-別紙-1
2. 解析コードの概要 …… 9(3)-別紙-2
(1) ORIGEN2 …… 9(3)-別紙-2

## 1. はじめに

本資料は、「使用済燃料貯蔵槽の冷却能力に関する説明書」において使用した解析コードについて説明するものである。

2. 解析コードの概要

(1) ORIGEN2

| コード名 / 項目 | ORIGEN2 |
|---|---|
| 開発機関 | 米国オークリッジ国立研究所（ORNL） |
| 開発時期 | 1980 年 |
| 使用したバージョン | 2.1（AUG 1, 1991） |
| 使用目的 | 使用済燃料貯蔵槽の崩壊熱評価 |
| コードの概要 | 本計算機コードは、使用済燃料等の核種生成量、崩壊熱量並びに中性子及びガンマ線の線源強度を評価するために ORNL で開発され公開された燃焼計算コードであり、原子力発電所施設、再処理施設、廃棄物処理施設等で幅広く設計に利用されている。<br>また、国内の最新の使用済燃料についての評価精度向上を目指し、日本原子力研究所シグマ委員会核種生成量評価ワーキンググループにおいて JENDL3.2 核データセットに基づく ORIGEN2 用ライブラリ ORLIBJ32 が作成され、1999 年及び 2000 年に公開されている。崩壊熱評価には本ライブラリを使用した。 |
| 検証<br>（Verification）<br>及び<br>妥当性確認<br>（Validation） | 使用済燃料貯蔵槽の崩壊熱を、ORIGEN2コードを使用して評価している。<br><br>【検証（Verification）】<br>本解析コードの検証の内容は次のとおりである。<br>・計算機能が適正であることは、コード配布時に同梱されたサンプル問題の再現により確認している。<br>・本コードの運用環境について、開発機関から提示された要件を満足していることを確認している。<br>・ORIGEN2 コードは、燃焼計算によって得られた核種生成量から崩壊熱等を評価するコードであり、計算に必要な主な条件は燃料組成、照射条件、核データライブラリである。これら評価条件が与えられれば崩壊熱評価は可能であり、ORIGEN2 コードは設計基準事象及び設計拡張事象における崩壊熱評価に適用可能である。 |

| | |
|---|---|
| | 【妥当性確認（Validation)】<br>本解析コードの妥当性確認の内容は次のとおりである。<br>・米国原子力学会（ANS）の Nuclear Technology vol.62（1983 年 9 月）の「ORIGEN2 ：A Versatile Computer Code for Calculating the Nuclide Compositions and Characteristics of Nuclear Materials」において、ANS 標準崩壊熱との比較及び使用済燃料中のウラン、プルトニウム、アメリシウムなどの組成の実測値との比較により妥当性の確認を行っている。<br>・日本原子力研究所シグマ委員会にて開発された ORLIBJ32 ライブラリについては、「JENDL-3.2 に基づく ORIGEN2 用ライブラリ：ORLIBJ32」JAERI-Data/Code 99-003(1999.2)及び「JENDL-3.2 に基づく軽水炉 MOX 燃料用 ORIGEN2 ライブラリ」JAERI-Data/Code 2000-036(2000.11)において、核種生成量について照射後試験結果と、ORIGEN2 コードによる計算値を比較することで妥当性の確認を行っている。<br>・三菱重工業（株）においては「PWR の安全解析用崩壊熱について」MHI-NES-1010 改 4（平成 25 年 7 月）において、照射後試験により得られたアクチニド生成量実測値と ORIGEN2 コードによる計算値の比較により崩壊熱誤差を評価し、ORIGEN2 コードによるアクチニド崩壊熱計算値を 1.2 倍することで実測値が包絡されることの確認を行っている。<br>・今回の使用済燃料貯蔵槽の崩壊熱評価は上記妥当性確認内容と合致しており、ORIGEN2 コードの使用は妥当である。 |

# 使用済燃料貯蔵槽の水深の遮蔽能力に関する説明書

| |
|---|
| 工事計画認可申請添付資料 10 |
| 玄海原子力発電所第 3 号機 |

目　　次

頁

1. 概　要 …… 10(3)-1

2. 基本方針 …… 10(3)-1
2.1 通常運転時及び燃料取替時の基本方針 …… 10(3)-1
2.2 重大事故に至るおそれがある事故時の基本方針 …… 10(3)-2

3. 使用済燃料ピットにおける水遮蔽の評価 …… 10(3)-3
3.1 評価条件 …… 10(3)-3
3.2 評価方法 …… 10(3)-5
3.3 評価結果 …… 10(3)-8

別紙　計算機プログラム（解析コード）の概要

## 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」（以下「技術基準規則」という。）第 26 条及び第 69 条第 1 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」（以下「解釈」という。）に基づき、使用済燃料ピットの水深による放射線の遮蔽能力に関し、通常運転時、燃料取替時及び重大事故に至るおそれがある事故として、使用済燃料ピットからの水の漏えいその他の要因により当該使用済燃料ピットの水位が低下した場合における放射線の遮蔽能力について説明するものである。

## 2. 基本方針

### 2.1 通常運転時及び燃料取替時の基本方針

使用済燃料貯蔵設備の使用済燃料貯蔵ピットの貯蔵容量が増加しても、使用済燃料貯蔵ピットの水面における線量率が遮蔽設計基準を満足できる設計とする。

#### (1) 遮蔽設計基準

遮蔽設計に当たり、放射線業務従事者が立入場所において不必要な放射線による被ばくを受けないように、関係各場所への立入頻度、滞在時間等を考慮した上で放射線業務従事者の放射線による被ばくが十分に管理できるように、外部放射線に係る線量率が第 2－1 表の遮蔽設計基準を満足するように設計する。

第 2－1 表　遮蔽設計基準

| 区　　分 | | 外部放射線に係る<br>設計基準線量率 |
|---|---|---|
| 管理区域外 | 第Ⅰ区分 | ≦0.00625 mSv/h |
| 管理区域内（注） | 第Ⅱ区分 | ≦0.01　　mSv/h |
| | 第Ⅲ区分 | ≦0.15　　mSv/h |
| | 第Ⅳ区分 | ＞0.15　　mSv/h |

（注）「核原料物質又は核燃料物質の製錬の事業に関する規則等の規定に基づく線量限度等を定める告示」に基づき、1.3mSv/3 月間を超えるか又は超えるおそれのある区域を管理区域に設定する。

(2) 使用済燃料ピット水遮蔽の設計基準線量率

使用済燃料が使用済燃料ラックに貯蔵されている状態（以下「ラック貯蔵時」という。）での使用済燃料ピット水面の線量率は第Ⅱ区分の 0.01mSv/h 以下とする。

また、燃料取替時の使用済燃料ピット水面の線量率は、第Ⅲ区分の 0.15mSv/h 以下とする。

2.2 重大事故に至るおそれがある事故時の基本方針

技術基準規則第 69 条第 1 項及びその解釈に基づき、使用済燃料ピットに接続する配管のうち破断が生じた場合に最も水位が低下する、使用済燃料ピット出口配管の使用済燃料ピットとの接続高さ（漏えい停止時の水位高さ）が、燃料取替時における使用済燃料ピット周辺の基準線量率（遮蔽設計区分Ⅲ：≦0.15mSv/h）を満足するために必要な水遮蔽厚を維持できる高さ以上となる設計とする。

3. 使用済燃料ピットにおける水遮蔽の評価

通常運転時については、使用済燃料ピット貯蔵中の使用済燃料からの水面線量率を評価し、燃料取替時については、燃料取替時の取扱中燃料からの水面線量率を評価する。

また、重大事故に至るおそれがある事故時については、燃料取替時における使用済燃料ピット周辺の基準線量率（遮蔽設計区分Ⅲ：≦0.15mSv/h）を満足するために必要な水遮蔽厚を算定し、使用済燃料ピット出口配管の取付位置と比較し、評価する。

3.1 評価条件

(1) 線量率の評価条件

計算条件は以下のとおりである。

① ラック貯蔵時の水面における線量率の評価では、使用済燃料ピット A,B は、設置高さが等しく、通常水位も同等に管理しており、貯蔵容量も同じであることから、使用済燃料ピット A について、貯蔵容量分（836 体）の使用済燃料貯蔵を考慮する。

② ラック貯蔵時の使用済燃料ピット水面の線量率計算では、使用済燃料 1 体で計算した使用済燃料ピット水面線量率を 836（貯蔵容量）倍したものを使用済燃料ピット水面線量率とする。

③ 燃料取替時の水面における線量率の評価では、取替中の使用済燃料 1 体を考慮する。

④ 通常運転時及び燃料取替時の使用済燃料ピットの水温は 52℃とし、水の密度は 0.987g/cm$^3$（注 1）とする。

⑤ 重大事故に至るおそれがある事故時の使用済燃料ピットの水温は 100℃とし、水の密度は 0.958g/cm$^3$（注 1）とする。

⑥ 使用済燃料は使用済燃料有効部（21.4cm×21.4cm×3.66m）（注 2）を線源とする。燃料有効部以外の燃料集合体構造部材による遮蔽効果は考慮せず、遮蔽能力が構造部材より小さい水とみなす。なお、燃料有効部の自己遮蔽効果は考慮する。

⑦ 使用済燃料ラックによる遮蔽効果は考慮せず、ラック材料よりも遮蔽効果の小さい水とみなす。

（注 1）1999　日本機械学会蒸気表

（注 2）燃料有効部は、燃料要素のうち、燃料材を含む部分を示す。

(2) 使用済燃料の線源強度

使用済燃料の線源強度については、施設時より遮蔽設計に使用している線源強度を用いて評価することとする（第3－1表）。なお、本線源強度は、ウラン・プルトニウム混合酸化物燃料を含む玄海 3 号機で使用する燃料の原子炉停止後100時間（約4日）の線源強度を線量評価の観点から包絡した、保守的な値であることを確認している。

第3－1表　使用済燃料の線源強度 (注)

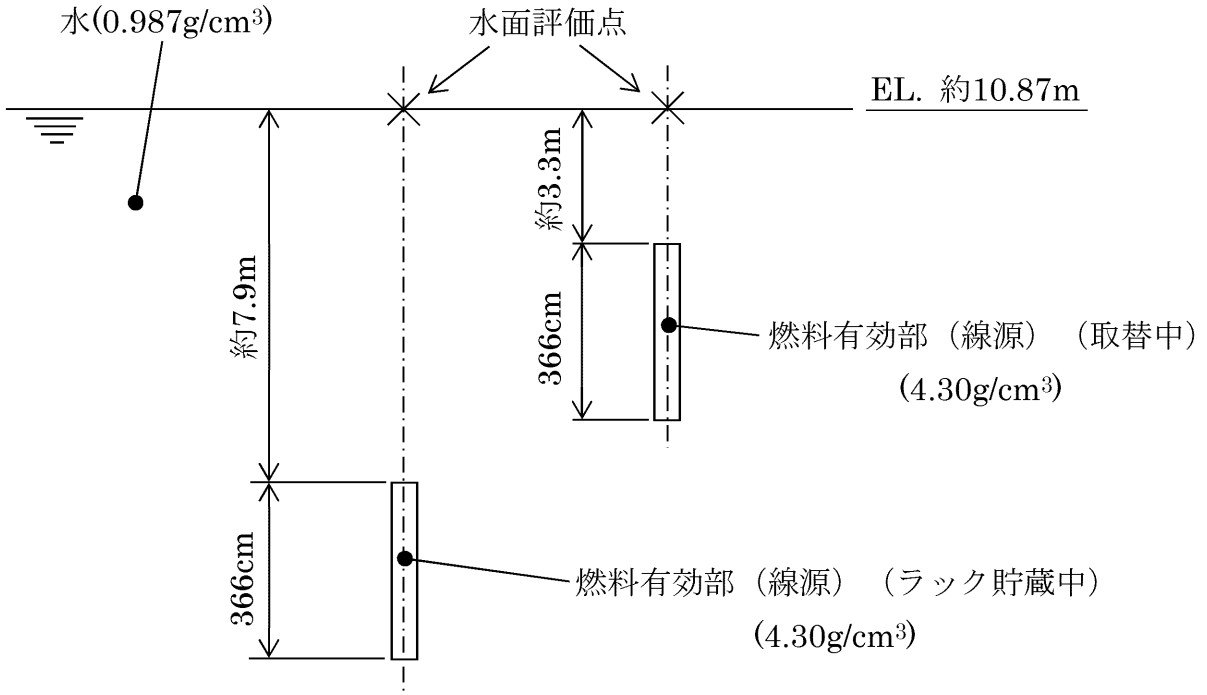
（単位：MeV/(cm$^3$･s)）

（注）平成2年10月26日付け2資庁第11480号にて認可された工事計画の添付資料1「生体遮へい装置の放射線の遮へい及び熱除去についての計算書」による。

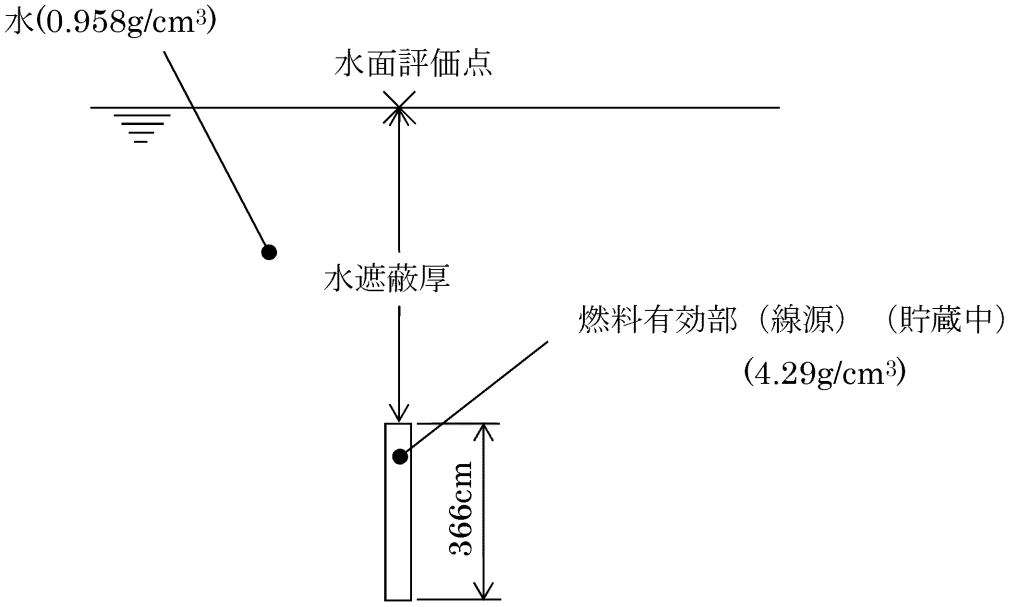
3.2　評価方法

(1) 線量率の計算体系

使用済燃料ピット水面の線量率を求める計算体系は、第 3－1 図及び第 3－2 図に示すとおりである。




第 3－1 図　通常運転時及び燃料取替時の使用済燃料ピット水面の線量率計算体系




第３－２図　重大事故に至るおそれがある事故時の使用済燃料
ピット水面の線量率計算体系

(2) 線量率の計算式

使用済燃料ラックに貯蔵中及び取替中の使用済燃料による水面の線量率は、点減衰核積分コードである「SPAN－SLAB」を用いて計算する。なお、評価に用いる解析コード SPAN－SLAB 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。

基本計算式は次のとおりである。

$$D_{AK}(E)=K(E)\int_{v}\frac{S(E,x,y,z)}{4\pi\cdot R^{2}}\cdot B_{E}(b)\cdot e^{-b}dV \quad \cdots\cdots(3.1)$$

$$H(E)=\bar{f}x(E)\cdot D_{AK}(E) \quad \cdots\cdots(3.2)$$

ここで、

$D_{AK}(E)$　：　ガンマ線の空気カーマ率（Gy/h）
$H(E)$　：　ガンマ線の実効線量率（Sv/h）
$E$　：　ガンマ線のエネルギ（MeV）
$K(E)$　：　ガンマ線の空気カーマ率換算係数（注１）
((Gy/h)/(MeV/(cm$^2$・s)))

R　　：　線源から計算点までの距離(cm)

S(E , x , y , z)　　：　位置(x , y , z) のガンマ線の線源強度 (MeV/(cm$^3$・s))

$B_E(b)$　　：　ガンマ線のビルドアップファクタ

$B_E(b)=A\cdot e^{-\alpha_1\cdot b}+(1-A)\cdot e^{-\alpha_2\cdot b}$

ここで、

$A,\alpha_1,\alpha_2$ ：　ビルドアップ因子(注2)

b　　：　$\sum_{i=1}^{n}\mu_i(E)\cdot t_i$

ここで、

$\mu_i(E)$ ：i 番目の遮蔽体の線減衰係数 (cm$^{-1}$) (注3)

$t_i$　：i 番目の遮蔽体の透過距離 (cm)

$\bar{f}x(E)$　　：　空気カーマから実効線量への換算係数 (Sv/Gy)(注4)

（注 1）「Fundamental Aspects of Reactor Shielding」(H. Goldstein, Addison-Wesley Publishing Company, Inc., U.S.A., 1959)

（注 2）「SPAN-3; A Shield Design Program for the PHILCO-2000 Computer」(W.H.Guilinger, N.D.Cook and P.A.Gillis, WAPD-TM-235, February 1962)

（注 3）「X-ray Attenuation Coefficients from 10 keV to 100 MeV」(G.W.Grodstein, NBS-583, April 1957)

（注 4）「実効線量評価のための光子・中性子・ベータ線制動輻射線に対する遮へい計算定数」（2001 年 1 月坂本幸夫他 JAERI-Data/Code2000-044）

3.3　評価結果

(1) 通常運転時及び燃料取替時の線量率の計算結果

「3.2 (2) 線量率の計算式」を元に算出した、使用済燃料ピット水面における線量率は、第 3－2 表に示すとおりであり、使用済燃料貯蔵ピットの貯蔵容量が増加後も 2.1 に示した設計基準線量率を満足する。

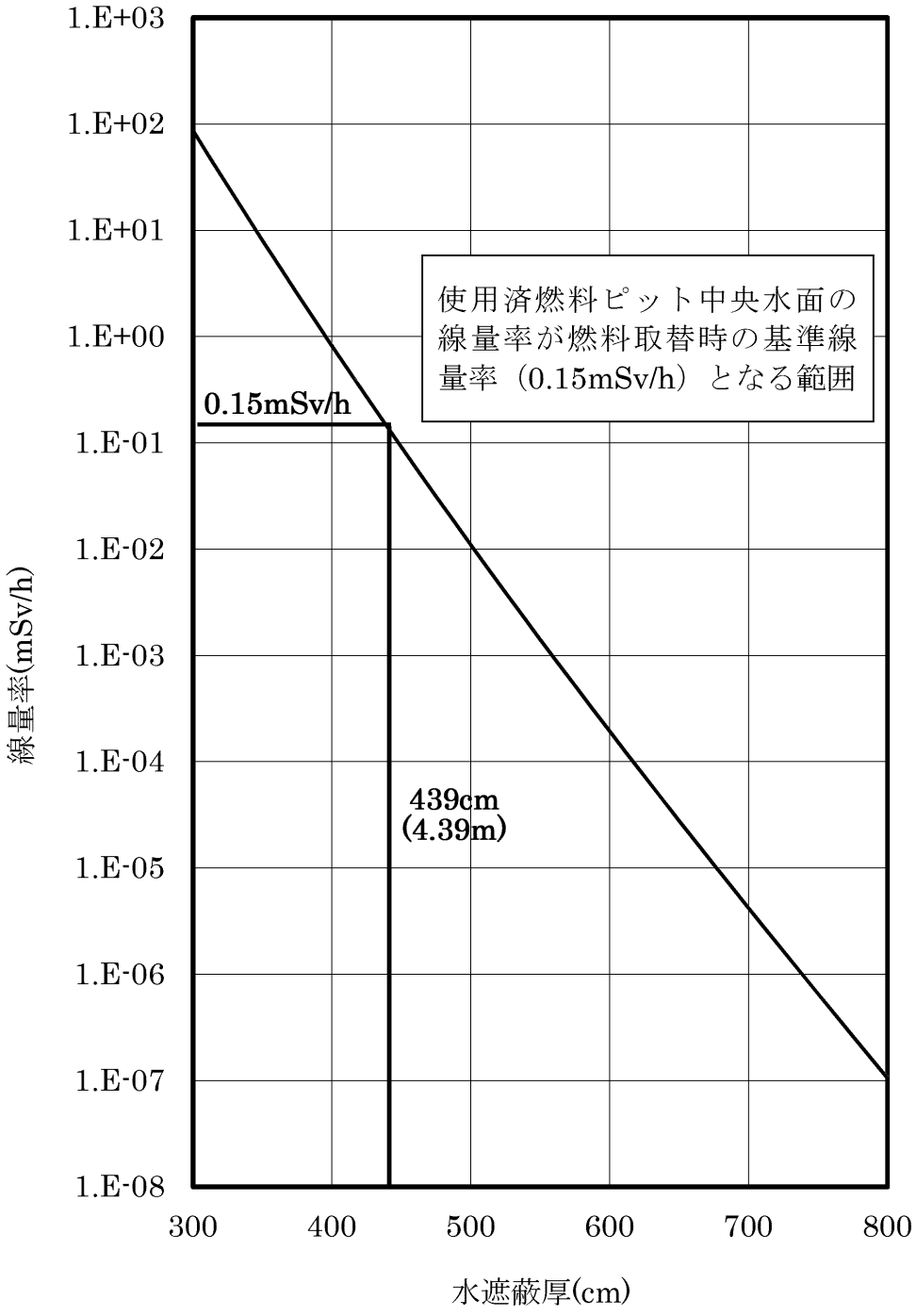
第 3－2 表　通常運転時及び燃料取替時の使用済燃料ピットの水面における線量率

| 評　価　点 | 線量率評価結果 (mSv/h) | 設計基準線量率 (mSv/h) |
|---|---|---|
| ラック貯蔵時（水面） | $5.4\times10^{-8}$ | 第Ⅱ区分　≦0.01 |
| 燃料取替時（水面） | $1.8\times10^{-2}$ | 第Ⅲ区分　≦0.15 |

(2) 重大事故に至るおそれがある事故時の線量率の計算結果

「3.2 (2) 線量率の計算式」を元に算出した、使用済燃料ピットの水遮蔽厚と水面線量率との関係の計算結果を第 3－3 図に示す。

第 3－3 図より、使用済燃料ピット周辺の線量率を基準線量率以下とする放射線遮蔽の維持に必要な水遮蔽厚（使用済燃料ピット水面の線量率が 0.15mSv/h 相当となる水遮蔽厚）は、約 4.39 m となる。



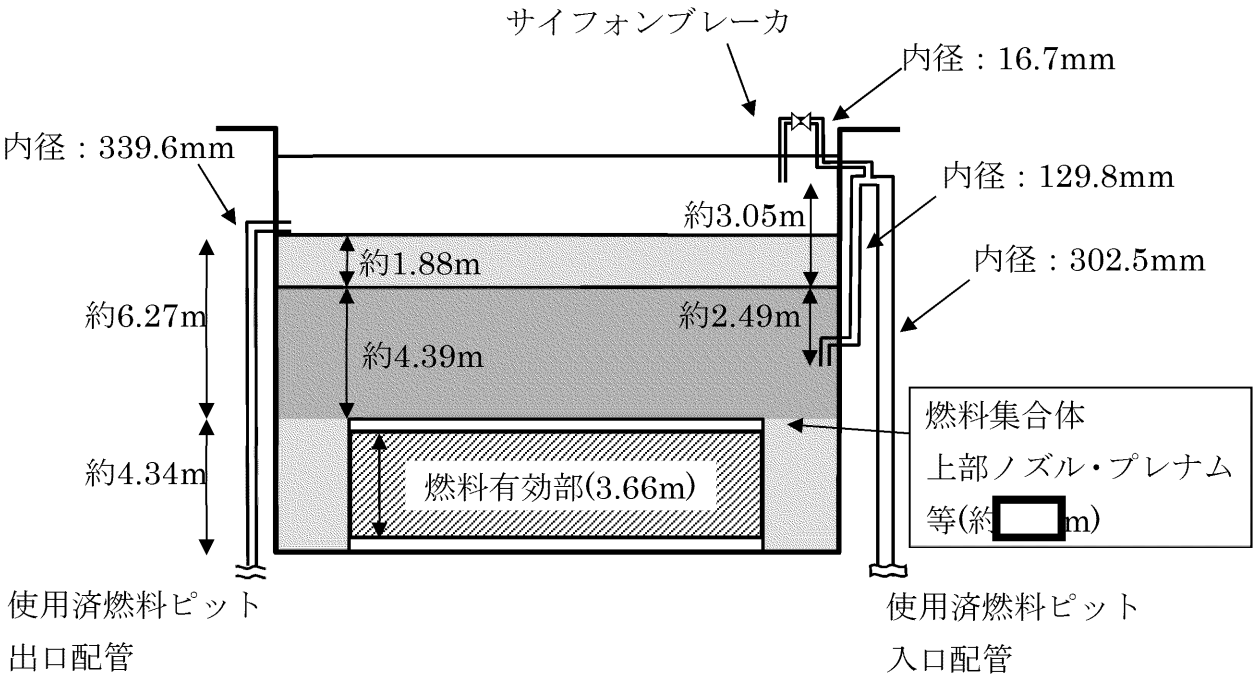

第３－３図　使用済燃料ピットの水遮蔽厚と水面線量率

(3) 使用済燃料ピットにおける必要遮蔽厚確保の評価

「3.3(2)」で求めた使用済燃料ピットの水遮蔽厚と使用済燃料ピット接続配管の位置関係を第3－4図に示す。また、使用済燃料ピット入口配管に取付ける、サイフォンブレーカは、地震、人的要因、異物による閉塞、落下物干渉に対し健全性を有する設計とすることから、配管破断による使用済燃料ピットの水位低下位置は、使用済燃料ピット出口配管の取付け位置となる。

使用済燃料ピット水面の線量率が、燃料取替時における使用済燃料ピット周辺の基準線量率（遮蔽設計区分Ⅲ：≦0.15mSv/h）以下となる水遮蔽厚は、「3.3(2)」の結果から約4.39m以上であり、使用済燃料ピット出口配管の取付け位置を燃料集合体頂部（上部ノズル端）から約6.27mとすることで、遮蔽に必要な水遮蔽厚を維持し、技術基準規則第69条第1項及びその解釈の要求を満足する設計とする。

なお、使用済燃料ピット出口配管接続高さの水位から蒸散により必要水遮蔽厚以下まで水位低下する期間は、1日程度要するため、必要水遮蔽厚以下に低下するより前に使用済燃料ピット補給用水中ポンプ（3,4号機共用）により注水し、水位の回復が可能である。




第3－4図　使用済燃料ピットの水遮蔽厚と接続配管の位置関係

別紙

# 計算機プログラム（解析コード）の概要

目　　次

頁
1. はじめに …… 10 (3) - 別紙 - 1

2. 解析コードの概要 …… 10 (3) - 別紙 - 1
(1) SPAN－SLAB …… 10 (3) - 別紙 - 1

1. はじめに

本資料は、「使用済燃料貯蔵槽の水深の遮蔽能力に関する説明書」において使用した解析コードについて説明するものである。

2. 解析コードの概要

(1) SPAN－SLAB

| 項目＼コード名 | SPAN／SPAN－SLAB |
|---|---|
| 開発機関 | 米国 Westinghouse 社及び三菱重工業（株） |
| 開発時期 | 1977 年 |
| 使用したバージョン | Ver. 90m |
| 使用目的 | 遮蔽計算<br>（使用済燃料貯蔵ピット内の使用済燃料集合体からの直接ガンマ線計算（SPAN－SLAB）） |
| コードの概要 | 点減衰核積分法による直方体形状（SPAN－SLAB）の遮蔽解析コードであり、ガンマ線の線量（直接ガンマ線量）を計算する。 |
| 検証(Verification)<br>及び<br>妥当性確認(Validation) | 使用済燃料貯蔵ピット内の使用済燃料集合体からの直接ガンマ線計算について、点減衰核積分法を用いたSPAN－SLAB コードを使用して実施している。<br><br>【検証(Verification)】<br>本解析コードの検証の内容は、以下のとおりである。<br>・本コードの運用環境について、開発機関から提示された要件を満足していることを確認している。<br>・SPAN／SPAN－SLAB コードは、線量率評価を実施するコードであり、計算に必要な主な条件は線源条件、遮蔽体条件である。これら評価条件が与えられれば線量率評価は可能であり、SPAN／SPAN－SLAB コードは設計基準事故時及び重大事故等時における線量評価に適用可能である。<br><br>【妥当性確認(Validation)】<br>本解析コードの妥当性確認の内容は、以下のとおりである。<br>・$^{60}$Co 円筒線源による測定実験(“Spatial Distribution of Gamma－Rays from a Cylindrical $^{60}$Co Source,” Journal of Nuclear Science and Technology ,1967)の結果と計算値を比較した結果、おおむね一致して |

| | |
|---|---|
| | いる。<br>・ANS が提案したガンマ線のベンチマーク問題の解析が、日本原子力学会速中性子遮蔽専門研究委員会の遮蔽設計法ワーキンググループと旧原研炉物理委員会の遮蔽専門部会の作業として遂行され、その成果報告（「放射性廃棄物施設を模擬したガンマ線問題に対する遮蔽設計手法の評価」船舶技術研究所報告（昭和 58 年 11 月））が公表されている。同報告には、種々の点減衰核積分法に基づく計算の比較が他機関による SPAN コードの結果も含めて掲載されており、他コードと比較して妥当な結果が得られている。<br>・上記の実験結果との対比及びベンチマークについての詳細は、「SPAN コードの概要」MAPI－1049 改 3 、「SPAN－SLAB コードの概要」MAPI－1050 改 3（共に平成 14 年、三菱重工業株式会社）に示されている。<br>・上記妥当性確認では、遮蔽体透過後のガンマ線の線量率の実験値と SPAN コードによる計算値を比較している。<br>・使用済燃料貯蔵ピット内の使用済燃料集合体からの直接ガンマ線計算では、上記妥当性確認における実験体系と同様に、ガンマ線の遮蔽体透過後の線量率を計算する。<br>・今回の使用済燃料貯蔵ピット内の使用済燃料集合体からの直接ガンマ線計算は、上記妥当性確認内容と合致している。<br>・また、「原子力発電所放射線遮へい設計規程」（JEAC4615－2008）では、燃料移送遮蔽のための点減衰核積分コードとして、SPAN－SLAB が挙げられている。 |

# 設計及び工事に係る品質管理の方法等に関する説明書

| |
|---|
| 工事計画認可申請添付資料 11 |
| 玄海原子力発電所第 3 号機 |

# 設計及び工事に係る品質管理の方法等

| |
|---|
| 工事計画認可申請添付資料 11－1 |
| 玄 海 原 子 力 発 電 所 第 3 号 機 |

目　　次

頁

1. 概　要 …… 11 (3) - 1 - 1

2. 基本方針 …… 11 (3) - 1 - 1

3. 本工事計画における設計、工事及び検査に係る品質管理の方法等 …… 11 (3) - 1 - 3
3.1 設計、工事及び検査に係る組織
（組織内外の部門間の相互関係及び情報伝達含む。） …… 11 (3) - 1 - 3
※2,5
3.1.1 設計に係る組織 …… 11 (3) - 1 - 4
3.1.2 工事及び検査に係る組織 …… 11 (3) - 1 - 4
3.2 本工事計画における設計、工事及び検査の各段階とその照査 …… 11 (3) - 1 - 7
3.2.1 設計及び工事のグレード分けの適用 …… 11 (3) - 1 - 7
3.2.2 設計、工事及び検査の各段階とその照査 …… 11 (3) - 1 - 7
※1,3,4
3.3 設計に係る品質管理の方法で行った管理の実績に係る計画 …… 11 (3) - 1 - 11
3.3.1 適合性確認対象設備①に対する要求事項の明確化 …… 11 (3) - 1 - 11
※1,3
3.3.2 各条文の対応に必要な適合性確認対象設備の選定 …… 11 (3) - 1 - 11
3.3.3 本工事計画における設計 …… 11 (3) - 1 - 13
(1) 基本設計方針の作成（設計 1） …… 11 (3) - 1 - 13
※3
a. 適合性確認対象設備と適用条文の整理 …… 11 (3) - 1 - 13
b. 技術基準規則条文ごとの基本設計方針の作成 …… 11 (3) - 1 - 14
(2) 適合性確認対象設備の各条文への適合性を
確保するための設計（設計 2） …… 11 (3) - 1 - 15
※3

① 適合性確認対象設備：適合性の確保が必要な要求事項への適合性を確保するために必要となる本工事計画の対象設備

(3) 詳細設計の品質を確保する上で重要な活動の管理 …… 11 (3) - 1 - 19
(4) 設計のアウトプットに対する検証 …… 11 (3) - 1 - 21
※2
(5) 工事計画認可申請（届出）書の作成 …… 11 (3) - 1 - 21
a. 要目表の作成 …… 11 (3) - 1 - 21
b. 施設ごとの「基本設計方針」及び
「適用基準及び適用規格」の作成 …11 (3) - 1 - 21
c. 各添付書類の作成 …… 11 (3) - 1 - 22
d. 工事計画認可申請（届出）書案のチェック …… 11 (3) - 1 - 22
(6) 工事計画認可申請（届出）書の承認 …… 11 (3) - 1 - 22
3.3.4 設計における変更 …… 11 (3) - 1 - 23
※1,2,3
3.4 工事に係る品質管理の方法及びその検査のための方法 …… 11 (3) - 1 - 24
3.4.1 本工事計画に基づく設備の具体的な設計の実施（設計 3） … 11 (3) - 1 - 24
※1,3,4
3.4.2 設備の具体的な設計に基づく工事の実施 …… 11 (3) - 1 - 25
3.4.3 設計の結果と適合性確認検査対象の繋がりの明確化 …… 11 (3) - 1 - 25
a. 基本設計方針の整理 …… 11 (3) - 1 - 25
b. 設計結果の反映…… 11 (3) - 1 - 26
3.4.4 適合性確認検査の計画 …… 11 (3) - 1 - 26
(1) 適合性確認検査の方法の決定 …… 11 (3) - 1 - 27
※4
3.4.5 検査計画の管理 …… 11 (3) - 1 - 31
※6
3.4.6 適合性確認検査の実施 …… 11 (3) - 1 - 31
※6
(1) 適合性確認検査の検査要領書の作成 …… 11 (3) - 1 - 31
(2) 代替検査の確認方法の決定 …… 11 (3) - 1 - 31
(3) 適合性確認検査の体制 …… 11 (3) - 1 - 33
※5
(4) 適合性確認検査の実施 …… 11 (3) - 1 - 34
3.5 本工事計画における調達管理の方法 …… 11 (3) - 1 - 35
3.5.1 供給者の技術的評価 …… 11 (3) - 1 - 35
※5

3.5.2　供給者の選定 …… 11 (3) - 1 - 36
※5
3.5.3　調達製品の調達管理 …… 11 (3) - 1 - 36
※2,3,5,6
(1) 調達仕様書の作成 …… 11 (3) - 1 - 36
※1,4
(2) 調達製品の管理 …… 11 (3) - 1 - 37
※5,6
(3) 調達製品の検証 …… 11 (3) - 1 - 37
※6
a. 試験・検査 …… 11 (3) - 1 - 37
b. 受入検査の実施 …… 11 (3) - 1 - 38
c. 記録の確認 …… 11 (3) - 1 - 38
d. 報告書の確認 …… 11 (3) - 1 - 38
e. 作業中のコミュニケーション等 …… 11 (3) - 1 - 38
f. 受注者品質保証監査 …… 11 (3) - 1 - 38
3.5.4　受注者品質保証監査 …… 11 (3) - 1 - 38
※6
3.6 記録、識別管理、追跡可能性 …… 11 (3) - 1 - 40
※6
3.6.1　文書及び記録の管理 …… 11 (3) - 1 - 40
(1) 適合性確認対象設備の設計、工事及び検査に係る
文書及び記録 … 11 (3) - 1 - 40
(2) 適合性確認検査に用いる文書及び記録 …… 11 (3) - 1 - 40
3.6.2　識別管理及び追跡可能性 …… 11 (3) - 1 - 43
(1) 計測器の管理 …… 11 (3) - 1 - 43
a. 当社所有の計測器の管理 …… 11 (3) - 1 - 43
b. 当社所有以外の計測器の管理 …… 11 (3) - 1 - 43
(2) 機器、弁及び配管等の管理 …… 11 (3) - 1 - 43

4. 適合性確認対象設備の保守管理 …… 11 (3) - 1 - 44
※5

様式－1 本工事計画に係る設計の実績、工事及び
検査の計画【　　施設（設備）】 …… 11(3)-1-46
様式－2 設備リスト【設計基準対象施設／重大事故等対処設備】（例） 11(3)-1-47
様式－3 技術基準規則の各条文と各施設における
適用要否の考え方（例） …… 11(3)-1-48
様式－4 施設と条文の対比一覧表（例） …… 11(3)-1-49
様式－5－1 技術基準規則と工認書類との関連性を示す星取表（例） … 11(3)-1-51
様式－5－2 工認添付書類星取表（例） …… 11(3)-1-52
様式－6 各条文の設計の考え方（例） …… 11(3)-1-53
様式－7 要求事項との対比表（例） …… 11(3)-1-54
様式－8 基準適合性を確保するための設計結果と
適合性確認状況一覧表（例） …. 11(3)-1-55

添付－1 当社におけるグレード分けの考え方 …… 11(3)-1-56

添付－2 技術基準規則ごとの基本設計方針の作成に
当たっての基本的な考え方 …… 11(3)-1-61

添付－3 本工事計画における解析管理について …… 11(3)-1-63
※2,3

本資料に記載する事項と下記「発電用原子炉施設の工事計画に係る手続きガイド」との関連を頁下に示す。

※1　設計の要求事項として明確にしている事項及びその照査に関する事項
※2　設計の体制として組織内外の部門間の相互関係
※3　設計開発の各段階における照査等に関する事項並びに外部の者との情報伝達に関する事項等
※4　工事及び検査に係る要求事項として明確にする事項及びその照査に関する事項
※5　工事及び検査の体制として組織内外の部門間の相互関係（資源管理及び物品の状態保持に関する事項を含む。）
※6　工事及び検査に必要なプロセスを踏まえた全体の工程及び各段階における監視、測定、妥当性確認及び検査等に関する事項（記録、識別管理、追跡可能性等に関する事項を含む。）並びに外部の者との情報伝達に関する事項等

1. 概　要

本資料は、「実用発電用原子炉に係る発電用原子炉設置者の設計及び工事に係る品質管理の方法及びその検査のための組織の技術基準に関する規則（平成 25 年 6 月 28 日原子力規制委員会規則第 8 号）」（以下「品証規則」という。）に適合するための計画として「設計及び工事に係る品質管理の方法等に関する事項」（以下「本文品質保証計画」という。）に記載した事項のうち、本工事計画の「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（平成 25 年 6 月 28 日原子力規制委員会規則第 6 号）」（以下「技術基準規則」という。）等に対する適合性の確保に必要な、設計に係る品質管理の方法で行った管理の実績について記載するとともに、工事に係る品質管理の方法及びその検査のための組織についての具体的な計画を記載する。

2. 基本方針

本資料では、本工事計画における、「設計に係る品質管理の方法で行った管理の実績」及び「工事に係る品質管理の方法及びその検査のための組織についての具体的な計画」を、以下のとおり説明する。

(1) 設計に係る品質管理の方法で行った管理の実績

「設計に係る品質管理の方法で行った管理の実績」として、以下に示す 2 つの段階を経て実施した設計の管理の方法を「3. 本工事計画における設計、工事及び検査に係る品質管理の方法等」に記載する。

具体的には、組織について「3.1 設計、工事及び検査に係る組織（組織内外の部門間の相互関係及び情報伝達含む。）」に、実施する各段階について「3.2 本工事計画における設計、工事及び検査の各段階とその照査」に、品質管理の方法について「3.3 設計に係る品質管理の方法で行った管理の実績に係る計画」に、調達管理の方法について「3.5 本工事計画における調達管理の方法」に、文書管理、識別管理、追跡可能性について「3.6 記録、識別管理、追跡可能性」に記載する。

これらの方法で行った管理の具体的な実績を、様式－1「本工事計画に係る設計の実績、工事及び検査の計画【　施設（設備）】」（以下「様式－1」という。）を用いて資料 11－2 に示す。

a. 「実用発電用原子炉の設置、運転等に関する規則（昭和 53 年 12 月 28 日通商産業省令第 77 号）」（以下「実用炉規則」という。）の別表第二「設備別記載事項」に示された設備のうち、本工事計画対象設備に対する技術基準規則の条文ごとの基本設計方針の作成

b.　「a.」で作成した条文ごとの基本設計方針を基に、実用炉規則の別表第二に示された事項に対して必要な設計を含む技術基準規則等への適合に必要な設備の設計

これらの設計に係る記載事項には、設計の要求事項として明確にしている事項及びその照査に関する事項、設計の体制として組織内外の部門間の相互関係、設計開発の各段階における照査等に関する事項並びに外部の者との情報伝達に関する事項等を含めて記載する。

(2)　工事に係る品質管理の方法及びその検査のための組織についての具体的な計画

「工事に係る品質管理の方法及びその検査のための組織についての具体的な計画」として、本工事計画に基づく工事及び検査に係る品質管理の方法を「3. 本工事計画における設計、工事及び検査に係る品質管理の方法等」に記載する。

具体的には、組織について「3.1 設計、工事及び検査に係る組織（組織内外の部門間の相互関係及び情報伝達含む。）」に、実施する各段階について「3.2 本工事計画における設計、工事及び検査の各段階とその照査」に、品質管理の方法について「3.4 工事に係る品質管理の方法及びその検査のための方法」に、調達管理の方法について「3.5 本工事計画における調達管理の方法」に、文書管理、識別管理、追跡可能性について「3.6 記録、識別管理、追跡可能性」に記載する。

これらの工事に係る品質管理の方法及びその検査のための組織について具体的な計画を、様式－1 を用いて資料 11－2 に示す。

工事及び検査に係る記載事項には、工事及び検査に係る要求事項として明確にする事項及びその照査に関する事項、工事及び検査の体制として組織内外の部門間の相互関係（資源管理及び物品の状態保持に関する事項を含む。）、工事及び検査に必要なプロセスを踏まえた全体の工程及び各段階における監視、測定、妥当性確認及び検査等に関する事項（記録、識別管理、追跡可能性等に関する事項を含む。）並びに外部の者との情報伝達に関する事項等を含めて記載する。

(3)　本工事計画対象設備の保守管理

本工事計画に基づき、技術基準規則への適合性を確保するために必要となる設備（以下「適合性確認対象設備」という。）は、工事後に必要な機能・性能を発揮できる状態に維持されていることが不可欠であり、その維持の管理の方法について「4. 適合性確認対象設備の保守管理」で記載する。

(4)　本工事計画で記載する設計、工事及び検査以外の品質保証活動

本工事計画に必要な設計、工事及び検査は、本文品質保証計画に基づく品質保証体制の下で実施するため、(1) ～ (3)に関する事項以外の、責任と権限（本文品質保証計画「5.5 責任、権限及びコミュニケーション」）、原子力安全の重視（本文品質保証計画「5.2 原子力安全の重視」）、必要な要員の力量管理を含む資源の管理（本文品質保証計画「6 資源の管理監督」）及び不適合管理を含む評価及び改善（本文品質保証計画「8 監視測定、分析及び改善」）については、本文品質保証計画に従った管理を実施する。

また、当社の品質保証活動は、安全文化醸成活動と一体となった活動を実施している。

3.　本工事計画における設計、工事及び検査に係る品質管理の方法等

本工事計画における設計、工事及び検査に係る品質管理は、本文品質保証計画に記載している品質マネジメントシステム（以下「QMS」という。）に基づき実施する。以下に、設計、工事及び検査、調達管理等のプロセスを示す。

3.1 設計、工事及び検査に係る組織（組織内外の部門間の相互関係及び情報伝達含む。）

本工事計画に基づく設計、工事及び検査は、本文品質保証計画の「5.5.1 責任及び権限」に示す役割分担の下、第 3.1－1 図に示す本店組織及び発電所組織に係る体制で実施する。

設計（「3.3 設計に係る品質管理の方法で行った管理の実績に係る計画」）、工事及び検査（「3.4 工事に係る品質管理の方法及びその検査のための方法」）並びに調達（「3.5 本工事計画における調達管理の方法」）の各プロセスにおける主管箇所を第 3.1－1 表に示す。第 3.1－1 表に示す各主管箇所の長は、担当する設備に関する設計、工事及び検査並びに調達について、責任と権限を持ち、第 3.1－1 図に示す設備を主管するグループ又は課が実施する本工事計画に係る活動を統括する。

第 3.1－1 図に示す各主任技術者は、それぞれの職務に応じた監督を行うとともに、相互の職務について適宜情報提供を行い、意思疎通を図る。

設計から工事及び検査への設計結果の伝達、当社から供給者への情報伝達など、組織内外の部門間や組織間の情報伝達については、本工事計画に従い確実に実施する。

### 3.1.1　設計に係る組織

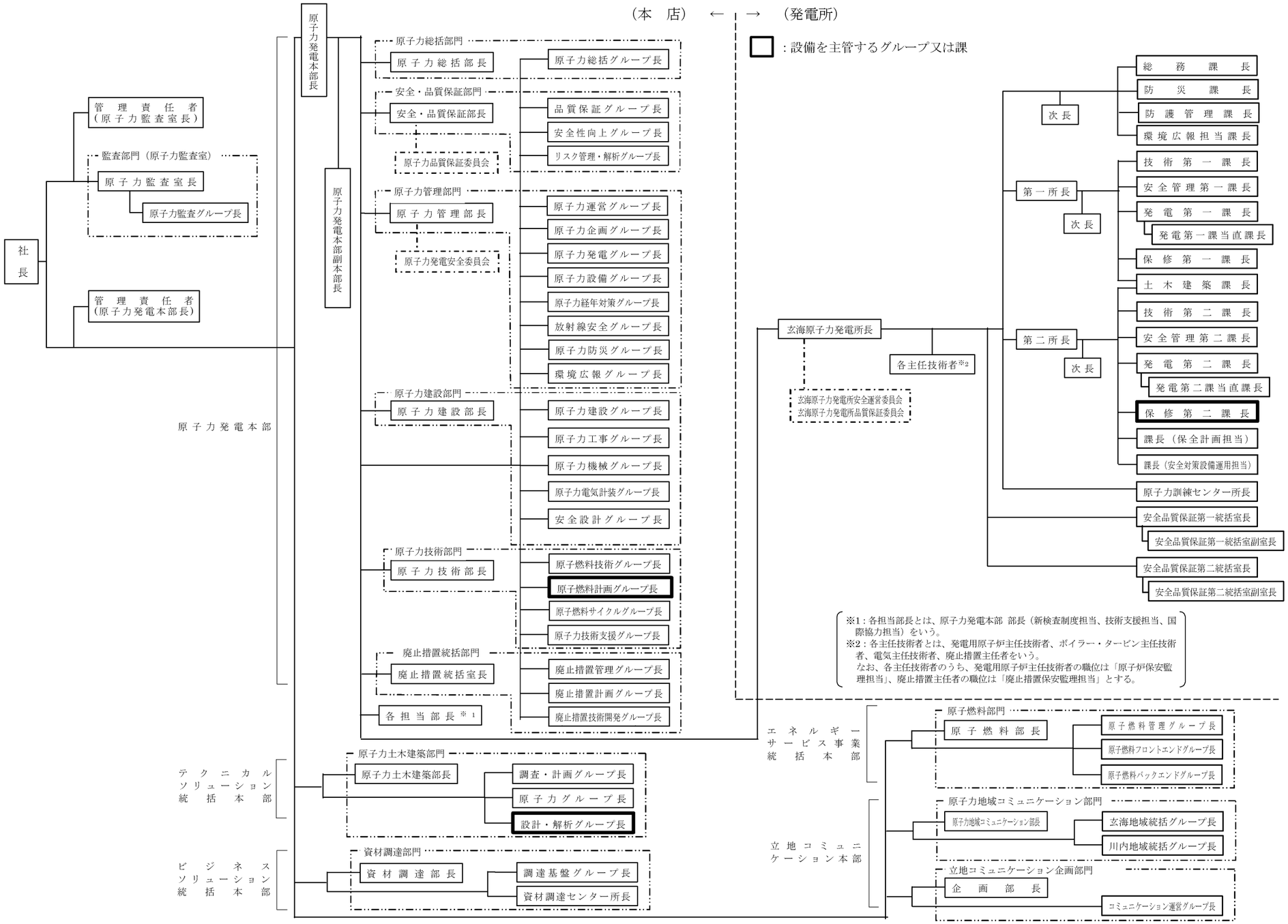
本工事計画に基づく設計は、第 3.1－1 図に示す本店組織の設備を主管するグループが設計を主管する組織として実施する。これらの設計は、設計を主管する組織を統括する各部門の長の責任の下で実施する。

本工事計画に基づき実施した施設ごとの具体的な体制については、本工事計画に示す設計の段階ごとに様式－1 を用いて資料 11－2 に示す。

### 3.1.2　工事及び検査に係る組織

本工事計画に基づく工事及び検査は、第 3.1－1 図に示す発電所組織の各設備を主管する課で実施する。

本工事計画に基づき実施した施設ごとの具体的な体制については、本工事計画に示す工事及び検査の段階ごとに様式－1 を用いて資料 11－2 に示す。




第 3.1－1 図　本店組織及び発電所組織に係る体制

第 3.1－1 表　設計及び工事の実施の体制

| 項番号 | プロセス | 主管箇所 |
|---|---|---|
| 3.3 | 設計に係る品質管理の方法で行った管理の実績に係る計画 | 原子力技術部門<br>原子力土木建築部門 |
| 3.4 | 工事に係る品質管理の方法及びその検査のための方法 | 玄海原子力発電所 |
| 3.5 | 本工事計画における調達管理の方法 | 原子力技術部門<br>原子力土木建築部門<br>玄海原子力発電所 |

## 3.2　本工事計画における設計、工事及び検査の各段階とその照査

### 3.2.1　設計及び工事のグレード分けの適用

本工事計画は、「設計・調達管理基準」に基づく「工事計画認可申請又は届出を行う原子力施設に関する工事の要求事項への適合性を確保するための設計」（添付－1「当社におけるグレード分けの考え方」第1表参照）を適用しグレード1として管理する。

「3.2.2 設計、工事及び検査の各段階とその照査」～「3.3 設計に係る品質管理の方法で行った管理の実績に係る計画」、「3.5 本工事計画における調達管理の方法」に「設計・調達管理基準」に基づくグレード1の具体的な管理の内容を示す。

なお、「3.5 本工事計画における調達管理の方法」に「設計・調達管理基準」に基づく調達管理の内容を示す。

### 3.2.2　設計、工事及び検査の各段階とその照査

本工事計画として必要な設計、工事及び検査の流れを第 3.2－1 図及び第 3.2－2 図に示す。本工事計画における設計、工事及び検査の各段階と本文品質保証計画との関係を第 3.2－1 表に示す。

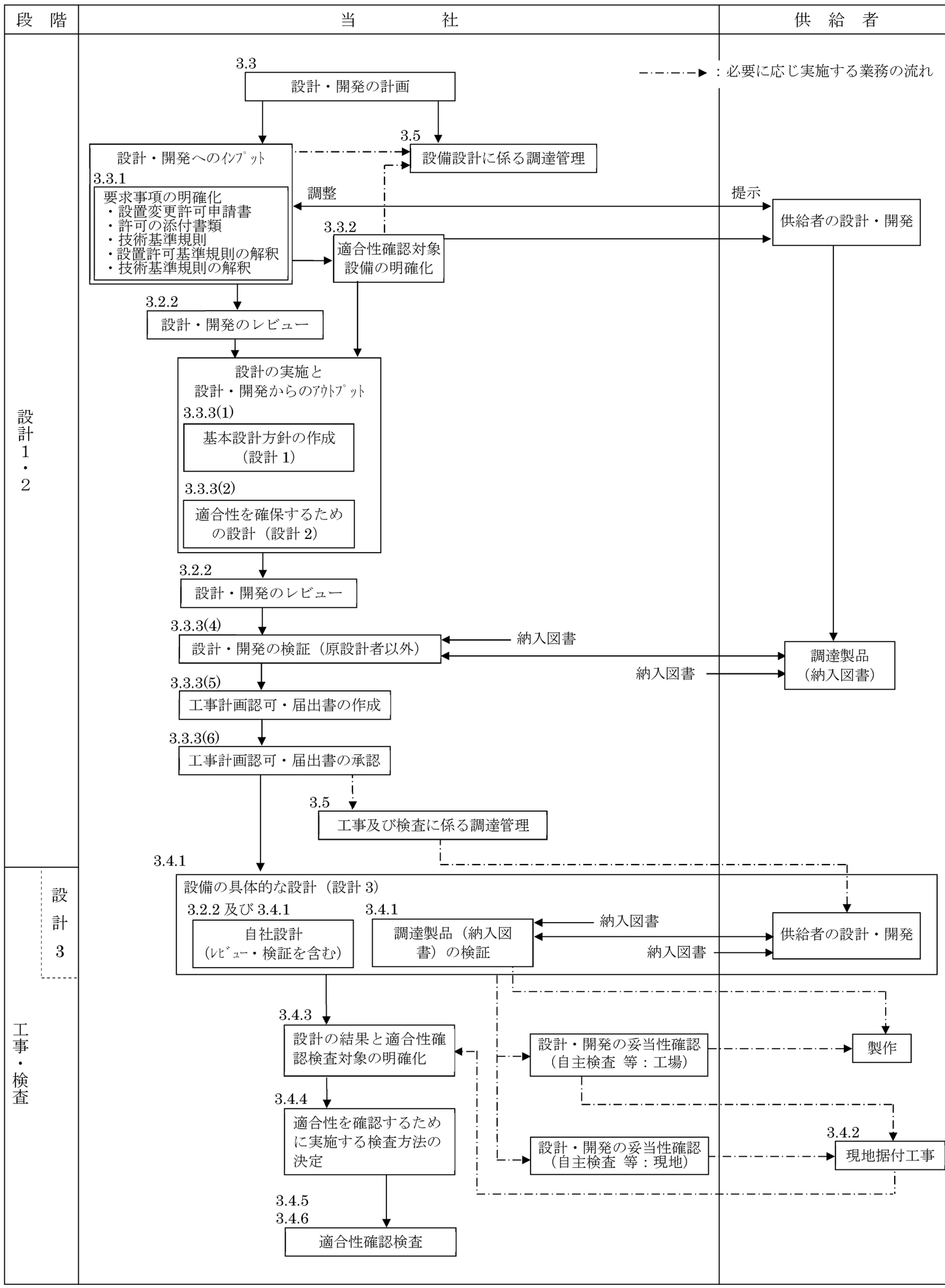
本文品質保証計画「7.3.4 設計・開発のレビュー」に基づき設計の結果が要求事項を満たせるかどうかを評価し、問題を明確にし、必要な処置を提案する設計の各段階におけるレビューは、適切な段階において設備を主管するグループが実施するとともに、「保安活動に関する文書及び記録の管理基準」に基づき記録を管理する。設計におけるレビューの対象となる段階を第 3.2－1 表に「※」で明確にする。

このレビューについては、第 3.1－1 図に示された設備を主管するグループで当該設備の設計に関する力量を有する専門家を含めて実施する。

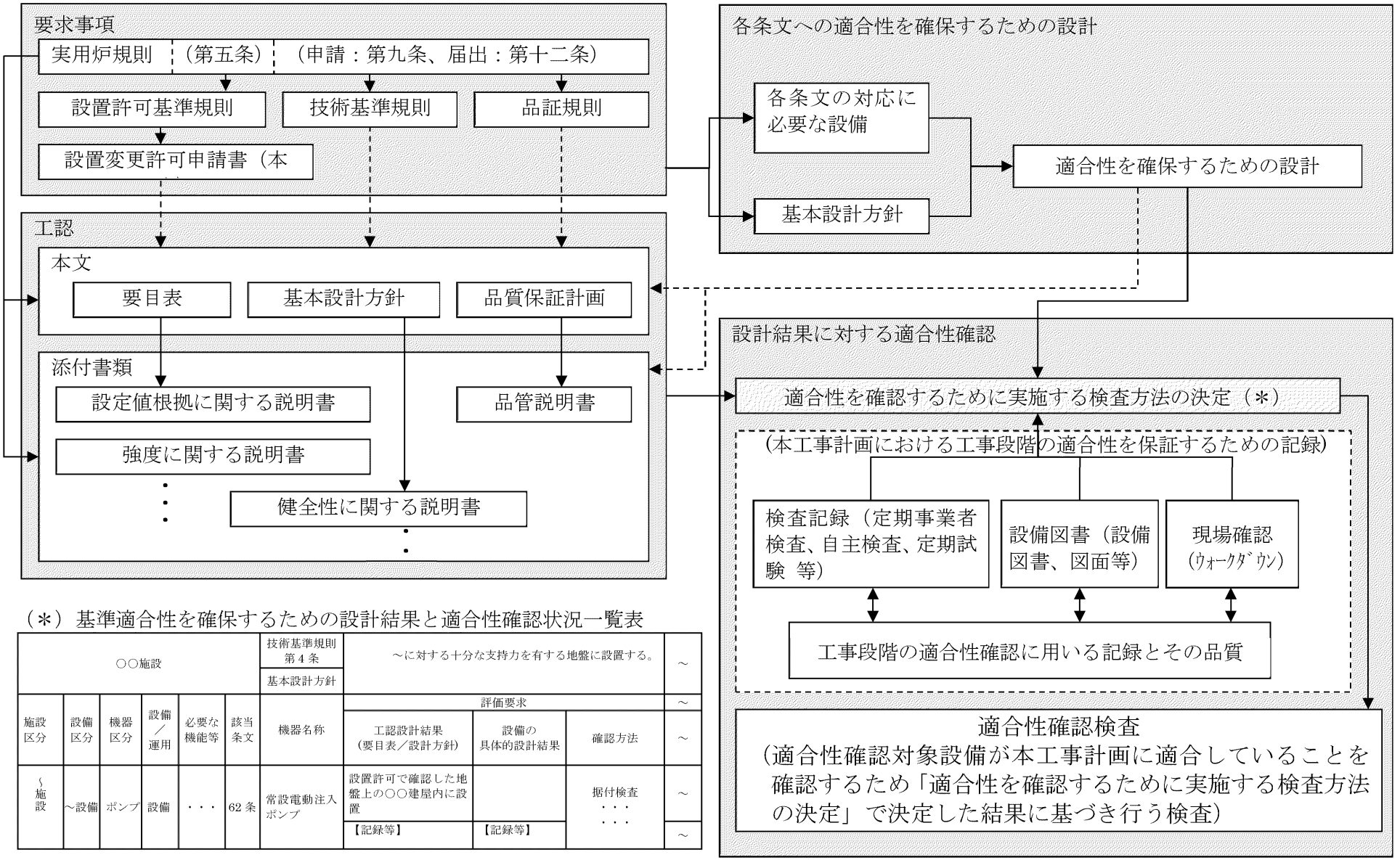
第 3.2－1 表　本工事計画における設計、工事及び検査の各段階

| 各段階 | | | 本文品質保証計画の対応項目 | 概　要 |
|---|---|---|---|---|
| 設計 | 3.3 | 設計に係る品質管理の方法で行った管理の実績に係る計画 | 7.3.1 設計・開発の計画 | 適合性を確保するために必要な設計を実施するための計画（本資料に示す様式類作成の手順） |
| | 3.3.1 ※ | 適合性確認対象設備に対する要求事項の明確化 | 7.3.2 設計・開発へのインプット | 設計に必要な技術基準規則等の要求事項の明確化 |
| | 3.3.2 | 各条文の対応に必要な適合性確認対象設備の選定 | — | 技術基準規則等に対応するための設備・運用の抽出 |
| | 3.3.3(1) ※ | 基本設計方針の作成（設計 1） | 7.3.3 設計・開発からのアウトプット | 要求事項を満足する基本設計方針の作成 |
| | 3.3.3(2) ※ | 適合性確認対象設備の各条文への適合性を確保するための設計（設計 2） | 7.3.3 設計・開発からのアウトプット | 適合性確認対象設備に必要な設計の実施 |
| | 3.3.3(4) | 設計のアウトプットに対する検証 | 7.3.5 設計・開発の検証 | 基準適合性を確保するための設計の妥当性のチェック |
| | 3.3.3(5) | 工事計画認可申請（届出）書の作成 | — | 「実用炉規則 第九条 工事の計画の認可等の申請」に従った申請書又は「実用炉規則 第十二条 工事の計画の届出」に従った届出書の作成 |
| | 3.3.3(6) | 工事計画認可申請（届出）書の承認 | — | 作成した工事計画認可申請（届出）書の承認 |
| | 3.3.4 ※ | 設計における変更 | 7.3.7 設計・開発の変更管理 | 設計対象の追加や変更時の対応 |
| 工事及び検査 | 3.4.1 ※ | 本工事計画に基づく設備の具体的な設計の実施（設計 3） | 7.3.3 設計・開発からのアウトプット<br>7.3.5 設計・開発の検証 | 工事計画を実現するための具体的な設計 |
| | 3.4.2 | 設備の具体的な設計に基づく工事の実施 | — | 適合性確認対象設備の工事の実施 |
| | 3.4.3 | 設計の結果と適合性確認検査対象の繋がりの明確化 | — | 検査に先立ち設計の結果と適合性確認検査の対象との繋がりを整理 |
| | 3.4.4 | 適合性確認検査の計画 | 7.3.6 設計・開発の妥当性確認 | 適合性確認対象設備が、本工事計画に適合していることを確認する計画と方法の決定 |
| | 3.4.5 | 検査計画の管理 | — | 適合性確認検査を実施する際の工程管理 |
| | 3.4.6 | 適合性確認検査の実施 | 8.2.4 検査及び試験 | 認可された工事計画どおり、要求事項に対する適合性が確保されていることを確認 |
| 調達 | 3.5 | 本工事計画における調達管理の方法 | 7.4 調達<br>8.2.4 検査及び試験 | 適合性確認に必要な、継続中工事及び追加工事の検査を含めた調達管理 |

※：「3.2.2 設計、工事及び検査の各段階とその照査」でいう、本文品質保証計画の「7.3.4 設計・開発のレビュー」対応項目




第 3.2－1 図　適合性を確保するために必要な当社の活動（全体の流れ）




（＊）基準適合性を確保するための設計結果と適合性確認状況一覧表

| ○○施設 | | | | | | 技術基準規則 第４条 | ～に対する十分な支持力を有する地盤に設置する。 | | ～ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | 基本設計方針 | | | |
| | | | | | | | 評価要求 | | ～ |
| 施設区分 | 設備区分 | 機器区分 | 設備／運用 | 必要な機能等 | 該当条文 | 機器名称 | 工認設計結果（要目表／設計方針） | 設備の具体的設計結果 | 確認方法 | ～ |
| ～施設 | ～設備 | ポンプ | 設備 | ・・・ | 62 条 | 常設電動注入ポンプ | 設置許可で確認した地盤上の○○建屋内に設置 | | 据付検査 ・・・ ・・・ | ～ |
| | | | | | | | 【記録等】 | 【記録等】 | | ～ |

第 3.2－2 図　適合性確認に必要な作業と検査の繋がり

## 3.3　設計に係る品質管理の方法で行った管理の実績に係る計画

本工事計画における技術基準規則等への適合性を確保するための設計は、「設計・調達管理基準」に基づき、要求事項の明確化、適合性確認対象設備の選定、基本設計方針の作成及び適合性を確保するための設計の段階を経て実施する。以下にそれぞれの活動内容を示す。

### 3.3.1　適合性確認対象設備に対する要求事項の明確化

本工事計画に必要な要求事項は、以下のとおりとする。

・「実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則（平成 25 年 6 月 28 日原子力規制委員会規則第 5 号）」（以下「設置許可基準規則」という。）に適合しているとして許可された設置変更許可申請書

・技術基準規則

また、必要に応じて以下を参照する。

・許可された設置変更許可申請書の添付書類

・設置許可基準規則の解釈

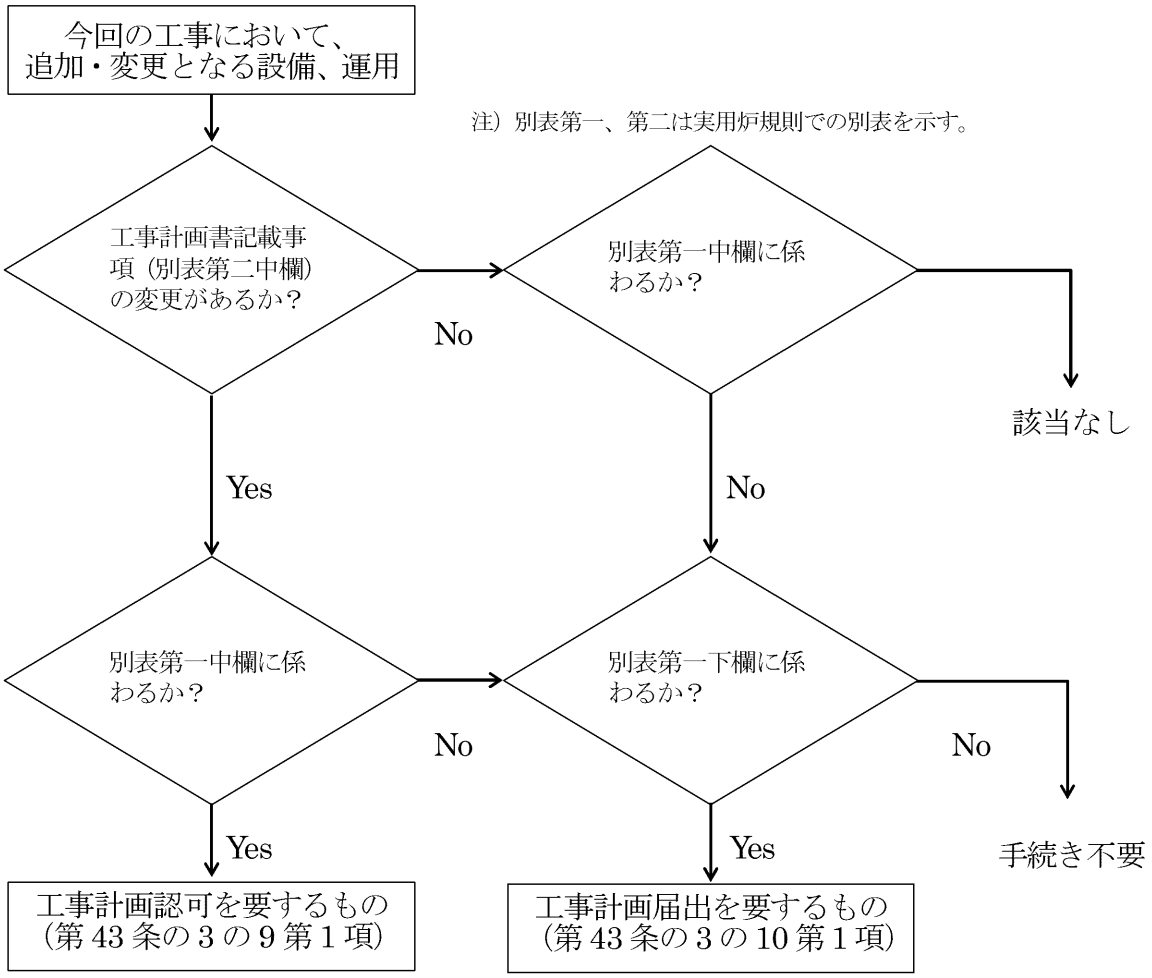
・技術基準規則の解釈

### 3.3.2　各条文の対応に必要な適合性確認対象設備の選定

適合性確認対象設備に対する要求事項への適合性を確保するため、設置変更許可申請書に記載されている設備や技術基準規則への対応に必要な設備（運用を含む。）を、実際に使用する際の系統・構成で必要となる設備を含めた適合性確認対象設備として、以下に従って抽出する。

適合性確認対象設備を明確にするため、本工事計画に関連する工事において追加・変更となる設備・運用のうち本工事計画の対象となる設備・運用を、要求事項への適合性を確保するために実際に使用する際の系統・構成で必要となる設備・運用を考慮しつつ第 3.3－1 図に示すフローに基づき抽出する。

抽出した結果を様式－2「設備リスト【設計基準対象施設／重大事故等対処設備】」（以下「様式－2」という。）の該当する条文の「設備等」欄に整理するとともに、設備／運用、既設／新設、常設／可搬、実用炉規則 別表第二の該当する施設・設備区分、兼用の有無、設計基準対象施設と重大事故等対処設備の分類、耐震重要度分類、機器クラス及び設置変更許可申請書添付八主要設備記載の有無を明確にする。




第 3.3－1 図　適合性確認対象設備の抽出について

### 3.3.3　本工事計画における設計

適合性確認対象設備の技術基準規則等への適合性を確保するための設計を以下のとおり実施する。

・「設計 1」として、技術基準規則等の適合性確認対象設備に必要な要求事項を基に、必要な設計を漏れなく実施するための基本設計方針を明確化する。

・「設計 2」として、「設計 1」で明確にした基本設計方針を用いて適合性確認対象設備に必要な詳細設計を実施する。

・「設計 1」及び「設計 2」の結果を用いて、本工事計画に必要な書類等を作成する。

・「設計 3」として、工事段階において、本工事計画に基づく製品実現のための具体的な設備の設計を実施する。(「3.4.1　本工事計画に基づく設備の具体的な設計の実施（設計 3)」参照)

これらの具体的な活動を以下のとおり実施する。

#### (1)　基本設計方針の作成（設計 1）

様式－2 で整理した適合性確認対象設備の要求事項に対する適合性確保に必要な詳細設計を「設計 2」で実施するに先立ち、適合性確認対象設備に必要な要求事項のうち、設置変更許可申請書及び技術基準規則に対する設計を漏れなく実施するために、以下により、適合性確認対象設備ごとに適用される技術基準規則の条項号を明確にするとともに、技術基準規則の条文ごとに関連する要求事項を含めて設計すべき事項を明確にした基本設計方針を作成する。

##### a.　適合性確認対象設備と適用条文の整理

適合性確認対象設備の技術基準規則への適合に必要な設計を確実に実施するため、以下により、適合性確認対象設備ごとに適用される技術基準規則を条項号単位で明確にする。

・技術基準規則の条文ごとに実用炉規則 別表第二の発電用原子炉施設の種類に示された各施設区分との関係を明確にし、明確にした結果とその理由を、様式－3「技術基準規則の各条文と各施設における適用要否の考え方」（以下「様式－3」という。）の「適用要否判断」欄と「理由」欄に取りまとめる。

・様式－3に取りまとめた結果を、様式－4「施設と条文の対比一覧表」（以下「様式－4」という。）の該当箇所を星取りすることにより取りまとめ、施設ごとに適用される技術基準規則の条文を明確にする。
・適合性確認対象設備ごとに適用される技術基準規則の各条文の関係を様式－3 及び様式－4 に代え整理することが可能な場合には、様式－3 及び様式－4 に代えることができる。
・様式－2 で明確にした適合性確認対象設備を、実用炉規則 別表第二の発電用原子炉施設の種類に示された施設区分ごとに、様式－5－1「技術基準規則と工認書類との関連性を示す星取表」（以下「様式－5－1」という。）及び様式－5－2「工認添付書類星取表」（以下「様式－5－2」という。）に反映する。

様式－4 でまとめた結果を用いて、設備ごとに適用される技術基準規則の条項号を明確にし、各条文と本工事計画との関連性を含めて様式－5－1 で整理する。

b. 技術基準規則条文ごとの基本設計方針の作成

適合性確認対象設備に必要な要求事項を具体化し、漏れなく適用していくための基本設計方針を、本工事計画の適合性確認対象設備に適用される技術基準規則の条文ごとに作成する。

基本設計方針の作成にあたっては、基本設計方針の作成を統一的に実施するための考え方を「工事計画業務要領」に定め、それに基づき技術基準規則の条文ごとに作成する。この基本設計方針の作成に当たっての統一的な考え方の概要を添付－2 の「技術基準規則ごとの基本設計方針の作成に当たっての基本的な考え方」に示す。

具体的には、様式－7「要求事項との対比表」（以下「様式－7」という。）に、基本設計方針の作成に必要な情報として、技術基準規則の各条文とその解釈、関係する設置変更許可申請書本文とその添付書類に記載されている内容を引用し、その内容を確認しながら、設計すべき項目を漏れなく作成する。

基本設計方針の作成に併せて、基本設計方針として記載する事項とそれらの技術基準規則への適合性の考え方（理由）、基本設計方針として記載しない場合の考え方及び詳細な検討が必要な事項として含めるべき実用炉規則 別表第二に示された添付書類との関係を明確にし、それらを様

式－6「各条文の設計の考え方」（以下「様式－6」という。）に取りまとめる。

作成した基本設計方針をもとに、抽出した適合性確認対象設備に対する耐震重要度分類、機器クラス、兼用する際の登録の考え方及び当該適合性確認対象設備に必要な工認書類との関連性を様式－5－2 に明確にする。なお、過去に作成した基本設計方針が適用できる場合には、「3.3.2 各条文の対応に必要な適合性確認対象設備の選定」で作成する様式－2 に項目をおこして明確にすることができる。

(2) 適合性確認対象設備の各条文への適合性を確保するための設計（設計 2）

様式－2 で整理した適合性確認対象設備に対し、今回新たに設計が必要な基本設計方針への適合性を確保するための詳細設計を、「設計 1」の結果を用いて実施する。

具体的には、適合性確認対象設備に係る設計すべき事項を明確化した様式－5－1、様式－5－2 及び様式－7 等の「設計 1」の結果（適合性確認対象設備、技術基準規則、作成が必要な工認本文・添付資料の項目、基本設計方針との関係）を踏まえ、適合性確認対象設備を技術基準規則に適合させるための必要となる詳細設計（対象設備の仕様の決定含む。）を実施し、設備の具体的設計の方針を決定する。詳細設計に関しては、基本設計方針の要求種別に応じて第 3.3－1 表に示す要求種別ごとの「主な設計事項」に示す内容について実施する。具体的には、「3.6.1 文書及び記録の管理」で管理されている設備図書等の品質記録や「3.5 本工事計画における調達管理の方法」に従った調達からの委託報告書をインプットとして、基本設計方針に対し、適合性確認対象設備が技術基準規則等の必要な設計要求事項への適合性を確保するための設計の方針（要求機能、性能目標、防護方針等を含む。）を定めるための設計を実施する。

この詳細設計は、様式－6 で明確にした詳細な検討を必要とした事項を含めて実施するとともに、以下に該当する場合は、その内容に従った設計を実施する。

・評価（解析を含む。）を行う場合

詳細設計として評価を実施する場合は、基本設計方針を基に詳細な評価方針及び評価方法を定めたうえで、評価を実施する。また、評価の実施において、解析を行う場合は、「3.3.3(3) 詳細設計の品質

を確保する上で重要な活動の管理」に基づく管理を行うことにより信頼性を確保する。

・複数の機能を兼用する設備の設計を行う場合

複数の機能（施設間を含む。）を兼用する設備の設計を行う場合は、兼用する全ての機能を踏まえた設計を確実に実施するため、組織間の情報伝達を確実に行い、兼用する機能ごとの系統構成を把握し、兼用する機能を集約したうえで、兼用する全ての機能を満たすよう設計を実施する。この場合の具体的な設計の流れを第 3.3－2 図に示す。

・設備設計を他設備の設計に含めて設計を行う場合

設備設計を他設備の設計に含めて設計を行う場合は、設計が確実に行われるようにするために、組織間の情報伝達を確実に行い、設計をまとめて実施する側で複数の対象を考慮した設計を実施したのち、設計を委ねている側においても、その設計結果を確認する。

・他号機と共用する設備の設計を行う場合

様式－2 をもとに他号機と共用する設備の設計を行う場合は、設計が確実に行われることを確実にするため、組織間の情報伝達を確実に行い、号機ごとの設計範囲を明確にし、必要な設計が確実に行われるよう管理する。

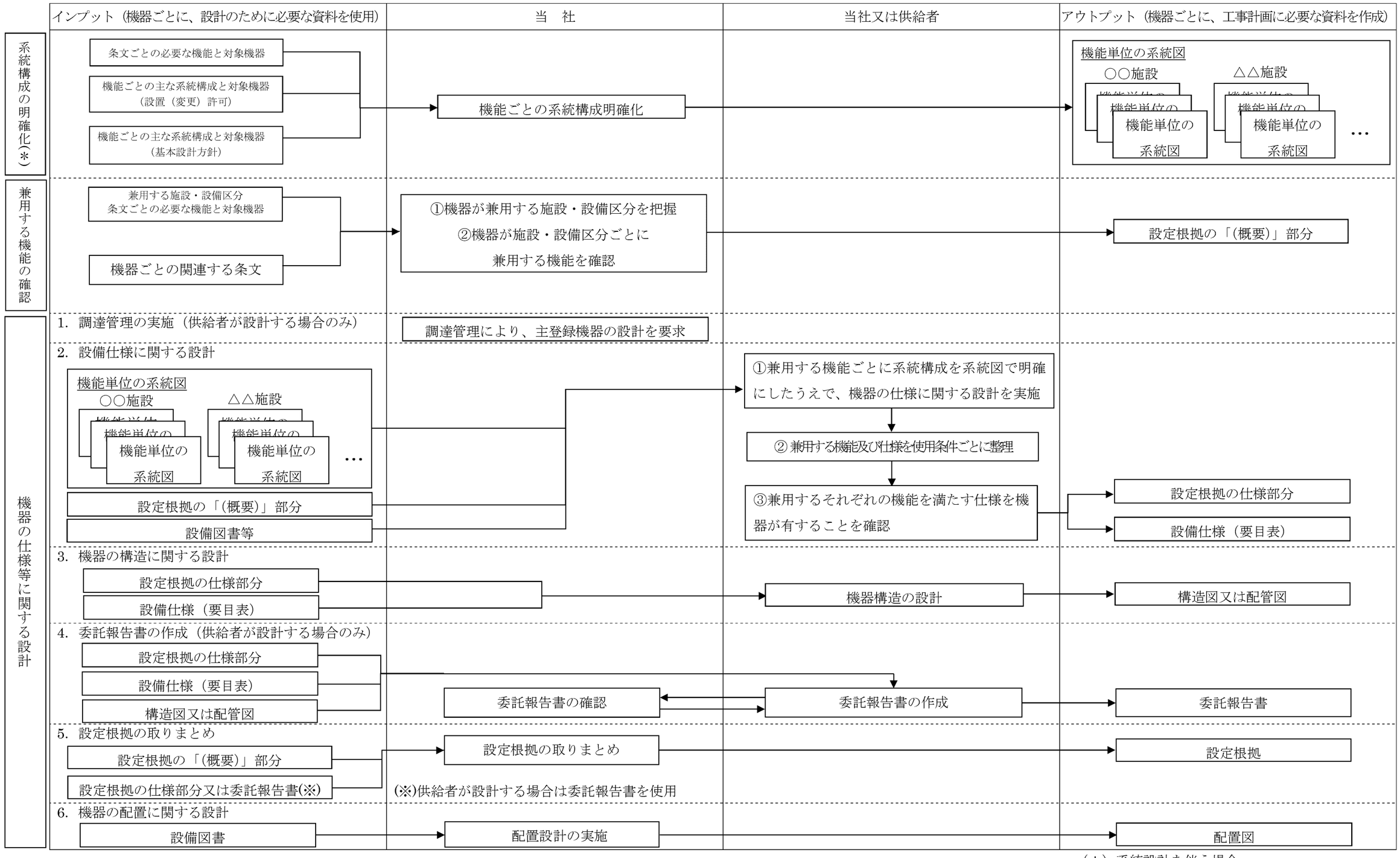
上記 4 つの場合において、設計の妥当性を検証し、設計の方針を満たすことを確認するために試験・検査を実施しなければならない場合は、試験・検査の条件及び方法を定めたうえで実施する。

これらの設計として実施したプロセスを様式－1 で明確にする。

第 3.3－1 表に示す要求種別のうち「運用要求」に分類された基本設計方針については、本店組織の保安規定を取りまとめるグループにて、保安規定として必要な対応を実施する。

第 3.3－1 表　要求種別ごとの適合性の確保に必要となる主な設計事項とその妥当性を示すための記録との関係

| 要求種別 | | | | 主な設計事項 | 設計方針の妥当性を示す記録 |
|---|---|---|---|---|---|
| 設備 | 設置要求 | | 必要となる機能を有する設備の選定 | 設置変更許可申請書に記載した機能を持つために必要な設備等の選定 | ・社内決定文書　等 |
| | 設計要求 | 系統構成 | 目的とする機能を実際に発揮させるために必要な具体的な系統構成・設備構成 | 設置変更許可申請書の記載を基にした、実際に使用する系統構成・設備構成の決定 | ・社内決定文書<br>・有効性評価結果（設置変更許可申請書での安全解析の結果を含む）<br>・系統図<br>・設備図書（図面、構造図、仕様書）　等 |
| | | 機能要求 | 目的とする機能を実際に発揮させるために必要な設備の具体的な仕様 | 仕様設計<br>構造設計<br>強度設計（クラスに応じて）<br>耐震設計（クラスに応じて）<br>耐環境設計<br>配置設計 | ・社内決定文書<br>・設備図書（図面、構造図、仕様書）<br>・インターロック線図<br>・算出根拠（計算式等）<br>・カタログ　等 |
| | | 評価要求 | 対象設備が目的とする能力を持つことを示すための方法とそれに基づく評価 | 仕様決定のための解析<br>基準適合性確認のための解析<br>条件設定のための解析<br>実証試験 | ・社内決定文書<br>・解析計画（解析方針）<br>・委託報告書（解析結果）<br>・手計算結果　等 |
| 運用 | 運用要求 | | 運用方法について保安規定に基づき計画 | 維持・運用のための計画の作成 | － |




第 3.3－2 図　主要な設備の設計

(3) 詳細設計の品質を確保する上で重要な活動の管理

詳細設計の品質を確保する上で重要な活動となる、「大量のデータを扱い、複雑な処理をコンピュータで行うため、結果を容易に確認することが困難な調達による解析」及び「データ量が比較的少なく、単純な計算であるものの、ヒューマンエラーが起こりやすい手計算による自社解析」について、以下の管理を実施し、信頼性を確保する。

a. 調達による解析の管理

基本設計方針に基づく詳細設計で解析を実施する場合は、解析結果の信頼性を確保するため、本文品質保証計画に基づく品質保証活動を行う上で、特に以下の点に配慮した活動を実施し、品質を確保する。

(a) 調達による解析

調達により解析を実施する場合は、解析の信頼性を確保するために、供給者に対し、次に示す管理を確実にするための品質保証要求事項や解析業務に関する要求事項等の調達要求事項を調達仕様書により要求し、それに従った品質保証体制の下で解析を実施させるよう「3.5 本工事計画における調達管理の方法」に従った調達管理を実施する。解析の調達管理に関する具体的な流れを添付－3 の「本工事計画における解析管理について」（以下、「添付－3」という。）第 1 表に示す。

・解析を実施する要員の力量管理
（本文品質保証計画「6 資源の管理監督」）

（・解析対象業務の経験等により、当該解析に関する力量を有しているとされた要員による解析の実施）

・解析業務に関する業務の計画の作成とそれに基づく業務の実施
（本文品質保証計画「7 業務に関する計画の策定及び業務の実施」）

（・解析業務着手時に、従事する要員に対して、実施する解析の重要性を意識付けするための教育の実施
・使用するコードが正しい値を出力できることを確実にするためのコードの検証（「(b) 解析コードの管理」参照）
・適切な入力情報の使用（「(c) 解析業務で用いる入力情報の伝達」参照）と、それに基づく入力根拠の作成（「(d)入力根拠の作成」参照））

・作成した入力データのコードへの正しい入力
・得られた解析結果の検証
・解析結果を基にした報告書の作成　　等

・当該業務に関する不適合管理及び是正処置
（本文品質保証計画「8 監視測定、分析及び改善」）

(b) 解析コードの管理

計算機コードは、評価目的に応じた解析結果を保証するための重要な役割を持っていることから、使用実績や使用目的に応じ、解析コードが適正なものであることを以下のような方法により検証し、使用する。

・簡易的なモデルによる解析解の検算
・標準計算事例を用いた解析による検証
・実験、ベンチマーク試験結果との比較
・他の計算機プログラムによる計算結果との比較　　等

(c) 解析業務で用いる入力情報の伝達

本工事計画に関する解析に係る供給者との情報伝達について以下に示す。

本工事計画に必要な解析業務が、設備や土木建築構造物を設置した供給者と同一の供給者が主体となっている場合、解析を実施する供給者が所有する図面とそれを基に作成され納入されている当社所有の設備図書は、同じ最新性が確保されている。

当社は供給者に対し調達管理に基づく品質保証上の要求事項として、ISO9001 の要求事項に従った文書及び記録の管理の実施を要求し、適切な版を管理することを要求している。

設備を設置した供給者以外で実施する解析の場合、当社で管理している図面を提供し、供給者は、最新性の確保された図面で解析を行っている。

(d) 入力根拠の作成

供給者に、異なる 2 名の者が入力根拠から作成し、入力根拠と入力結果を同時にチェックする「入力クロスチェック」（添付－3 第 1 図参照）を行わせることにより、入力根拠の妥当性及び入力データが正しく入力されたことの品質を確保する。

b. 手計算による自社解析の管理

自社で実施する解析（手計算）は、評価を実施するために必要な計算方法及び入力データを明確にした上で、当該業務の力量を持つ要員が実施する。

実施した解析結果に間違いがないようにするために、入力根拠、入力結果及び解析結果について、解析を実施した者以外の者によるダブルチェックを実施し、解析結果の信頼性を確保する。

自社で実施した解析ごとの具体的な管理方法を添付－3 第 2 表に示す。

(4) 設計のアウトプットに対する検証

設備を主管する組織の長は、「3.3.3 本工事計画における設計」の（設計 1）及び（設計 2）で取りまとめた様式－3 ～ 様式－7 及び適合性確認対象設備を技術基準規則に適合させるための必要となる詳細設計の結果について、当該業務を直接実施した原設計者以外の者に検証を実施させる。

(5) 工事計画認可申請（届出）書の作成

様式－2 に取りまとめた適合性確認対象設備について、本工事計画の設計として実施した「3.3.3 本工事計画における設計」の(1)～(2)からのアウトプットを基に、第 3.6－1 図に示す「工事計画業務要領」に定める、工事計画認可申請（届出）における本文及び添付書類の作成要領に従って、本工事計画に必要な書類等を以下のとおり取りまとめる。

a. 要目表の作成

「3.3.3 (2) 適合性確認対象設備の各条文への適合性を確保するための設計（設計 2)」からのアウトプットとなる詳細設計結果（図面等の設計資料）を基に、実用炉規則 別表第二の「設備別記載事項」の要求に従って、必要な事項（種類、主要寸法、材料、個数 等）を設備ごとに表（要目表）や図面等に取りまとめる。

b. 施設ごとの「基本設計方針」及び「適用基準及び適用規格」の作成

「3.3.3 (1) 基本設計方針の作成（設計 1)」の「b. 技術基準規則条文ごとの基本設計方針の作成」で作成した条文ごとの基本設計方針を整理した様式－7、基本設計方針作成時の考え方を整理した様式－6 及び各施設に適用される技術基準規則の条文を明確にした様式－4 を用いて「工事計画業務要領」に基づき、実用炉規則 別表第二に示された発電用原子

炉施設の施設ごとの基本設計方針としてまとめ直すことにより、本工事計画として必要な基本設計方針を作成する。

また、技術基準規則に規定される機能・性能を満足させるための基本的な規格及び基準を、「適用基準及び適用規格」として取りまとめる。

c. 各添付書類の作成

「3.3.3 (2) 適合性確認対象設備の各条文への適合性を確保するための設計（設計 2)」からのアウトプットとなる詳細設計結果を基に、基本設計方針に対して詳細な設計結果や設計の妥当性に関する説明が必要な事項を取りまとめた様式－6 及び様式－7 を用いて、本工事計画と実用炉規則 別表第二の関係を整理した様式－5－2 に示された添付書類を作成する。

実用炉規則 別表第二に示された添付書類において、解析コードを使用している場合には、当該添付書類の別紙として、使用した解析コードに関する内容を記載した「計算機プログラム（解析コード）の概要」を作成する。

d. 工事計画認可申請（届出）書案のチェック

本店組織の工事計画の取りまとめを主管するグループの長は、作成した「工事計画認可申請（届出）書」の案について、「工事計画業務要領」に基づき、以下の要領で関係各グループ及び発電所関係各課のチェックを受ける。

・関係各グループ及び発電所関係各課のチェック分担を明確にする。
・関係各グループ及び発電所関係各課からチェックの結果が返却された際に、コメントが付されている場合には、その反映要否を検討し、必要であれば資料を修正のうえ、再度、チェックを依頼する。
・必要に応じ、これらを繰り返し、工事計画認可申請（届出）書案のチェックを完了する。

(6) 工事計画認可申請（届出）書の承認

設備を主管する組織の長は、「(4) 設計のアウトプットに対する検証」及び「(5) d. 工事計画認可申請（届出）書案のチェック」が終了した後、工事計画認可申請（届出）書を原子力発電安全委員会へ付議し、審議・了承を得た後、原子力建設部長の承認を得る。

### 3.3.4　設計における変更

調整等により、設計対象の追加や変更が必要となった場合、「3.3.1 適合性確認対象設備に対する要求事項の明確化」～「3.3.3 本工事計画における設計」の各設計結果のうち、影響を受けるものについて必要な詳細設計を実施し、影響を受けた段階以降の設計結果を必要に応じ修正する。

## 3.4　工事に係る品質管理の方法及びその検査のための方法

工事段階において、本工事計画に基づく設備の具体的な設計（設計 3)、その結果を反映した設備を導入するために必要な工事を「設計・調達管理基準」に基づき実施する。また、これらの活動を調達する場合は、「3.5 本工事計画における調達管理の方法」を適用して実施する。

本工事計画に適合していることの確認として、設備の具体的設計結果に適合していることを確認するための適合性確認検査を「試験・検査基準」に基づき実施する。

具体的な管理の方法を以下に示す。

### 3.4.1　本工事計画に基づく設備の具体的な設計の実施（設計 3）

本工事計画においては、本店組織の設備を主管するグループの長は、工事段階において、以下のいずれかの方法で、本工事計画及び既工事計画に基づく製品実現のための設備の具体的な設計（設計 3）を実施する。

- 自社で設計する場合

  本店組織の設備を主管するグループの長が設計 3 を実施し、適合性確認対象設備の各条文への適合性を確保するための設計（設計 2）との照合を行う。また、設計・開発の検証として次に示す「設計 3 を本店組織の設備を主管するグループの長が調達し、調達管理として設計 3 を管理する場合」と同等の対応を行う。設計の妥当性確認については「3.4.4　適合性確認検査の計画」で策定する適合性確認検査にて行う。

- 設計 3 を本店組織の設備を主管するグループの長が調達し、調達管理として設計 3 を管理する場合

  本店組織の設備を主管するグループの長が「3.5 本工事計画における調達管理の方法」に従った調達により設計 3 を実施する。

  本店組織の設備を主管するグループの長は、その調達の中で供給者が実施する設計 3 の管理を、調達管理として行う設計の検証及び設計の妥当性確認を行うことにより管理する。

- 設計 3 を発電所組織の設備を主管する組織の長が工事の調達に含めて調達し、設計 3 を本店組織の設備を主管するグループが管理する場合

  発電所組織の設備を主管する組織の長が「3.5 本工事計画における調達管理の方法」に従って実施する工事の調達の中で、設計 3 を含めて調達する。

本店組織の設備を主管するグループの長は、その調達の中で供給者が実施する設計 3 の管理を、調達管理として行う設備の具体的な設計の検証及び設計の妥当性確認を行うことにより管理する。

3.4.2　設備の具体的な設計に基づく工事の実施

発電所の設備を主管する組織の長は、本工事計画に基づく設備を設置するための工事を「3.5 本工事計画における調達管理の方法」に従い実施する。

3.4.3　設計の結果と適合性確認検査対象の繋がりの明確化

本店及び発電所の設備を主管する組織の長は、設計 1～3 の結果に対し適合性確認対象の繋がりを明確化するために様式－8「基準適合性を確保するための設計結果と適合性確認状況一覧表」（以下、様式－8 という）を以下のとおり適合性確認検査に先立ちとりまとめる。

a.　基本設計方針の整理

基本設計方針（「3.3.3(1) 基本設計方針の作成（設計 1)」の「b. 技術基準規則条文ごとの基本設計方針の作成」参照）に基づく設計の結果を踏まえた適合性の確認を漏れなく実施するため、基本設計方針の内容を以下に従い分類し、適合性の確認が必要な要求事項を整理する。

・条文ごとに作成した基本設計方針を設計項目となるまとまりごとに整理する。
・整理した設計方針を分類するためのキーワードを抽出する。
・抽出したキーワードをもとに要求事項を第 3.3－1 表に示す要求種別に分類する。

整理した結果は、設計項目となるまとまりごとに、様式－8 の「基本設計方針」欄に反映する。

また、本工事計画の設計に不要な以下の基本設計方針を、様式－8 の該当する基本設計方針に「網掛け」することにより区別し、設計が必要な要求事項に変更があった条文に対応した基本設計方針を明確にする。

・「定義」：
　基本設計方針で使用されている用語の説明
・「冒頭宣言」：

設計項目となるまとまりごとの概要を示し、「冒頭宣言」以降の基本設計方針で具体的な設計項目が示されているもの

・「規制要求に変更のない既設設備に適用される基本設計方針」:

既設設備のうち、過去に当該要求事項に対応するための設計が行われており、様式－4 及び様式－5－1 で従来の技術基準規則から変更がないとした条文に対応した基本設計方針

・「適合性確認対象設備に適用されない基本設計方針」:

当該適合性確認対象設備に適用されず、設計が不要となる基本設計方針

b. 設計結果の反映

設計 2（「3.3.3 (2) 適合性確認対象設備の各条文への適合性を確保するための設計（設計 2)」参照）で実施した詳細設計の結果及び「3.3.3 (5) 工事計画認可申請（届出）書の作成」で作成した工事計画認可申請（届出）書の本文、添付資料のうち「a. 基本設計方針の整理」で整理した基本設計方針に対応する設計結果を、様式－8 の「工認設計結果（要目表／設計方針)」欄に整理する。

設計 3（「3.4.1 本工事計画に基づく設備の具体的な設計の実施（設計 3)」参照）で実施した設備の具体的設計結果の結果を様式－8 の「設備の具体的設計結果」欄に取りまとめる。

3.4.4 適合性確認検査の計画

発電所の設備を主管する組織の長は、適合性確認対象設備が本工事計画に適合していることを確認するため、技術基準規則に適合するよう実施した設計結果を取りまとめた様式－8 に示された「工認設計結果（要目表／設計方針)」欄ごとに設計の妥当性確認を含む適合性確認検査を計画する。

適合性確認検査は、第 3.3－1 表の要求種別ごとに第 3.4－1 表に示す確認項目、確認視点及び主な検査項目をもとに計画を策定する。

適合性確認対象設備のうち、技術基準規則上の措置（運用）に必要な設備についても、適合性確認検査を計画する。

個々に実施する適合性確認検査に加えてプラント運転に影響を及ぼしていないことを総合的に確認するため、特定の条文・様式－8 に示された「工認設計結果（要目表／設計方針)」によらず、定格熱出力一定運転時の主要パラメータを確認することによる適合性確認検査（負荷検査）の計画を必要に応じて策定する。

(1)　適合性確認検査の方法の決定

発電所の設備を主管する組織の長は、適合性確認検査の実施に先立ち、第 3.3－1 表の要求種別ごとに定めた第 3.4－1 表に示す確認項目、確認視点、主な検査項目、第 3.4－2 表に示す検査項目の分類の考え方を使って、確認項目ごとに設計結果に関する具体的な検査概要及び判定基準を以下の手順により適合性確認検査の方法として明確にする。第 3.4－1 表の検査項目ごとの概要及び判定基準の考え方を第 3.4－3 表に示す。

a.　様式－8 の「工認設計結果（要目表／設計方針）」及び「設備の具体的設計結果」欄に記載された内容と該当する要求種別を基に、第 3.4－1 表、第 3.4－2 表を用いて検査項目を決定する。

b.　決定された検査項目より、第 3.4－3 表に示す検査項目、概要、判定基準の考え方について（代表例）を参照し適切な検査方法を決定する。

c.　決定した各設備に対する以下の内容を、様式－8 の「確認方法」欄に取りまとめる。

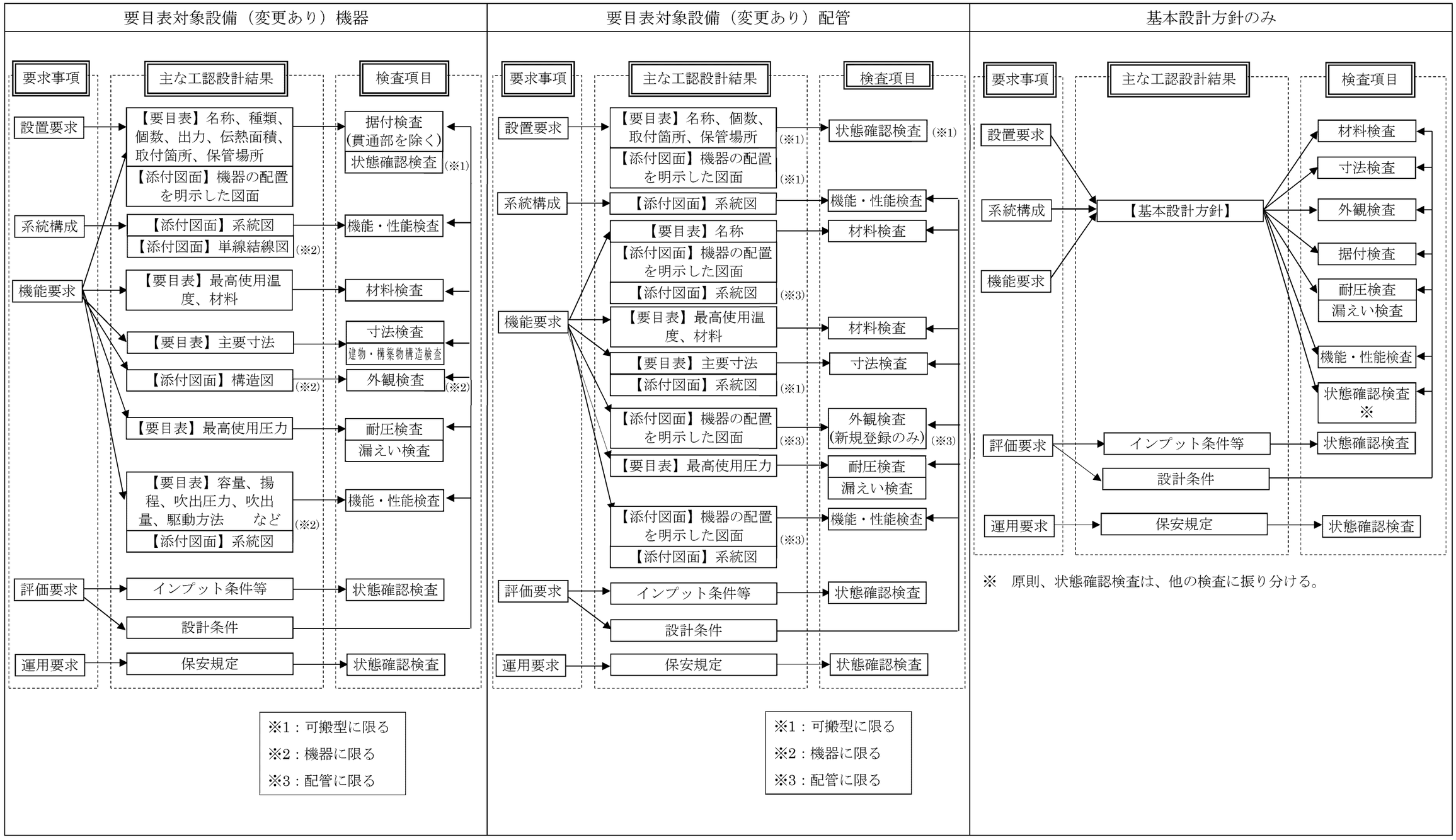
(a)　検査項目

(b)　検査方法

第 3.4－1 表　要求事項に対する確認項目及び確認の視点

| 要求種別 | | | 確認項目 | 確認視点 | 主な検査項目 | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 設備 | 設置要求 | | 名称、取付箇所、個数 | 設計要求どおり（名称、取付箇所、個数）に設置されていることを確認する。 | ・据付検査<br>・状態確認検査 | 技術基準規則要求事項に対して、適合していることを確認する検査を整理し、様式－8 にまとめる。<br>（検査概要については、「3.4.6 適合性確認検査の実施」参照） |
| | 設計要求 | 系統構成 | 系統構成、系統隔離、可搬設備の接続性 | 実際に使用できる系統構成になっていることを確認する。 | ・機能・性能検査 | |
| | | 機能要求 | 容量、揚程等の仕様（要目表） | 要目表の記載どおりである事を確認する。 | ・材料検査<br>・寸法検査<br>・外観検査<br>・据付検査<br>・耐圧検査<br>・漏えい検査<br>・建物・構築物構造検査<br>・機能・性能検査<br>・特性検査<br>・状態確認検査 | |
| | | | 上記以外の所要の機能要求事項 | 目的とする能力（機能・性能）が発揮できることを確認する。 | | |
| | | 評価要求 | 評価のインプット条件等の要求事項 | 評価条件を満足していることを確認する。 | ・状態確認検査 | |
| | | | 評価結果を設計条件とする要求事項 | 内容に応じて、設置要求、系統構成、機能要求として確認する。 | 内容に応じて、設置要求、系統構成、機能要求の検査を適用 | |
| 運用 | 運用要求 | | 手順確認 | （保安規定）<br>手順化されていることを確認する。 | ・状態確認検査 | |

第 3.4－2 表　主な工認設計結果に対する検査項目



第 3.4－3 表　検査項目、概要、判定基準の考え方について（代表例）

| 検査項目 | 検査概要 | 判定基準の考え方 |
|---|---|---|
| 材料検査 | 使用されている材料が設計結果のとおりであること、関係規格※1※2 等に適合することを適合性確認対象設備の状態を示す記録又は目視により確認する。 | 使用されている材料が設計結果のとおりであり、関係法令及び規格等に適合すること。 |
| 寸法検査 | 主要寸法が設計結果のとおりであり、許容範囲内であることを適合性確認対象設備の状態を示す記録又は実測により確認する。 | 主要寸法が設計結果の数値に対して許容範囲内にあること。 |
| 外観検査 | 有害な欠陥のないことを適合性確認対象設備の状態を示す記録又は目視により確認する。 | 機能・性能に影響を及ぼす有害な欠陥のないこと。 |
| 組立て及び据付け状態を確認する検査（据付検査） | 常設設備の組立て状態、据付け位置及び状態が設計結果のとおりであることを適合性確認対象設備の状態を示す記録又は目視により確認する。 | 設計結果のとおりに設置されていること。 |
| 耐圧検査 | 技術基準規則の規定に基づく検査圧力で所定時間保持し、検査圧力に耐え、異常のないことを適合性確認対象設備の状態を示す記録又は目視により確認する。 | 検査圧力に耐え、異常のないこと。 |
| 漏えい検査 | 耐圧検査終了後、技術基準規則の規定に基づく検査圧力により漏えいの有無を適合性確認対象設備の状態を示す記録又は目視により確認する。 | 検査圧力により著しい漏えいのないこと。 |
| 建物・構築物<br>構造検査 | 建物・構築物が設計結果のとおり製作され、組立てられていること、関係法令及び規格※2 等に適合することを適合性確認対象設備の状態を示す記録又は目視により確認する。 | 主要寸法が設計結果の数値に対して許容範囲内にあり、関係法令及び規格等に適合すること。 |
| 機能・性能検査<br>特性検査 | ・系統構成確認検査※3<br>実際に使用する系統構成及び可搬型設備等の接続が可能なことを適合性確認対象設備の状態を示す記録又は目視により確認する。 | ・実際に使用する系統構成になっていること。<br>・可搬型設備等の接続が可能なこと。 |
| | ・運転性能検査、通水検査、系統運転検査、容量確認検査<br>設計で要求される機能・性能について、実際に使用する系統状態、模擬環境により試運転等を行い、機器単体又は系統の機能・性能を適合性確認対象設備の状態を示す記録又は目視により確認する。 | ・実際に使用する系統構成になっていること。<br>・目的とする機能・性能が発揮できること。 |
| | ・絶縁耐力検査<br>電気設備と大地との間に、試験電圧を連続して規定時間加えたとき、絶縁性能を有することを適合性確認対象設備の状態を示す記録（工場での試験記録等を含む。）又は目視により確認する。 | ・目的とする絶縁性能を有すること。 |
| | ・ロジック回路動作検査、警報検査、インターロック検査<br>電気設備又は計測制御設備についてロジック、インターロック確認及び警報確認等により機能・性能又は特性を適合性確認対象設備の状態を示す記録又は目視により確認する。 | ・ロジック、インターロック及び警報が正常に動作すること。 |
| | ・外観検査<br>建物、構築物、非常用電源設備等の完成状態を適合性確認対象設備の状態を示す記録又は目視により確認する。 | ・機能・性能に影響を及ぼす有害な欠陥のないこと。<br>・設計結果のとおりに設置されていること。 |
| | ・計測範囲確認検査、設定値確認検査<br>計測制御設備の計測範囲又は設定値を適合性確認対象設備の状態を示す記録（工場での校正記録等を含む。）又は目視により確認する。 | ・計測範囲又は設定値が許容範囲内であること。 |
| | ・接続確認検査<br>電源の接続が設計結果のとおりであること、受電状態で機器が正常に動作することを適合性確認対象設備の状態を示す記録又は目視により確認する。 | ・設計結果のとおりに接続されていること。<br>・受電状態で機器が正常に動作すること。 |
| 状態確認検査※4 | ・設置要求及び機能要求における機器保管状態、設置状態、接近性、分散配置及び員数が設計結果のとおりであることを適合性確認対象設備の状態を示す記録又は目視により確認する。<br>・評価要求に対するインプット条件（耐震サポート等）との整合性確認を適合性確認対象設備の状態を示す記録又は目視により確認する。<br>・運用可能な手順が設計結果のとおりであることを確認する。 | ・機器保管状態、設置状態、接近性、分散配置及び員数が適切であること。<br>・評価条件を満足していること。<br>・運用可能な手順が設計結果のとおり定められ、利用できる状態となっていることが確認できること。 |

※1　消防法及び JIS
※2　設計の時に採用した適用基準、規格
※3　通水検査を分割して検査を実施する等、使用時の系統での通水ができない場合に実施。（通水検査と同系統である場合には、検査時に系統構成を確認するため不要）
※4　検査対象機器の動作確認は、機能・性能検査を主とするが、技術基準規則 54 条の検査として、適用可能な手順を用いて動作できることの確認を行う場合は、その操作が可能な構造であることを状態確認検査で確認する。

### 3.4.5　検査計画の管理

適合性確認検査を適切な時期で実施するため、関係各グループ及び発電所関係各課と調整のうえ、発電所全体の主要工程を踏まえた適合性確認の検査計画を作成する。また、適合性確認検査の実施時期及び適合性確認検査が確実に行われることを管理する。

・ 検査の管理は、適合性確認検査要領書単位で行い計画及び実績を適合性確認検査計画表で管理する。
・ 適合性確認検査の進捗状況に応じ、検査計画又は主要工程の変更を伴う場合は、速やかに関係箇所と調整を行うとともに、検査工程を変更する。

### 3.4.6　適合性確認検査の実施

適合性確認検査は、「試験・検査基準」に基づき、検査要領書の作成、検査体制の確立を行い、実施する。

#### (1)　適合性確認検査の検査要領書の作成

発電所の設備を主管する組織の長は、適合性確認対象設備が本工事計画及び既工事計画に適合していることを確認するため「3.4.4(1) 適合性確認検査の方法の決定」で決定し、様式－8 の「確認方法」欄で明確にした確認方法を基に、適合性確認検査を実施するための検査要領書を作成する。

検査要領書は、検査実施責任者が、検査目的、検査対象範囲、検査項目、検査方法、判定基準、検査体制、不適合管理、検査手順及び検査成績書の事項を記載した検査要領書を作成し、主任技術者及び品質保証担当の審査を経て検査実施責任者が制定する。検査要領書では、検査の確認対象範囲として含まれる技術基準規則の条文を明確にする。

実施する検査が代替検査となる場合は、「(2) 代替検査の確認方法の決定」に従い、代替による適合性確認検査の方法を決定する。

#### (2)　代替検査の確認方法の決定

a.　代替検査の決定

発電所の設備を主管する組織の長は、適合性確認検査実施にあたり、以下の条件に該当する場合には代替検査の評価を行い、その結果を当該の検査要領書に添付する。

b.　代替検査の条件

代替検査とは、通常の方法で検査ができない場合に用いる手法であり、以下の場合をいう。

(a) 当該検査対象の品質記録（要求事項を満足する記録）がない場合（プロセス評価を実施し検査の成立性を証明する必要がある場合）※

(b) 構造上外観が確認できない場合

(c) 耐圧検査で圧力を加えることができない場合

(d) 系統に実注入ができない場合

(e) 電路に通電できない場合　等

※：「当該検査対象の品質記録（要求事項を満足する記録）がない場合（プロセス評価を実施し検査の成立性を証明する必要がある場合）」とは、以下の場合をいう。

・材料検査で材料検査証明書（ミルシート）がない場合

・寸法検査記録がなく、実測不可の場合

c.　代替検査の評価

発電所の設備を主管する組織の長は、代替検査を用いる場合、代替検査として用いる方法が本来の検査目的に対する代替性を有していることの評価を実施する。その結果は、「(1) 適合性確認検査の検査要領書の作成」で作成する検査要領書の一部として添付し、該当する主任技術者による審査後、検査実施責任者の承認を得て適用する。

検査目的に対する代替性の評価にあたっては、以下の内容を明確にする。

(a) 設備名称

(b) 検査項目

(c) 検査目的

(d) 通常の方法で検査ができない理由※1

(e) 代替検査の手法、判定基準※2

(f) 検査目的に対する代替性の評価※2

※1：記載にあたって考慮すべき事項

・既存の発電用原子炉施設に悪影響を及ぼすことによる困難性

・現状の設備構成上の困難性

・作業環境における困難性　等

※2：記録の代替検査の手法、評価については「3.6.1　文書及び記録の管理」に従い、記録の成立性を評価する。

(3)　適合性確認検査の体制

検査要領書で明確にする適合性確認検査の体制は、第 3.4－1 図に示す当該検査における力量を有する者等で構成される体制とする。

a. 統括責任者［所長］

発電所における保安に関する業務を統括するとともに、その業務遂行に係る品質保証活動を統括する。

b. 総括責任者［第二所長］

3、4 号機における保安に関する業務を総括するとともに、その業務遂行に係る品質保証活動を総括管理する。また、検査要領書の制定及び改訂を行う。

c. 主任技術者

検査の指導・監督を行う。

検査要領書の制定及び改訂が生じた場合には、その内容を審査する。

検査成績書の内容を審査する。

検査の指導・監督を行うに当たり、以下に示す主任技術者と検査内容に応じた所掌の調整等を実施することで情報の共有を図る。

(a) 発電用原子炉主任技術者は、主に原子炉の核的特性や性能に係る事項等、原子炉の運転に関する保安の監督を行う。

(b) ボイラー・タービン主任技術者は、主に機械設備の構造及び機能・性能に係る事項等、原子力設備の工事、維持及び運用（電気的設備に係るものを除く。）に関する保安の監督を行う。

(c) 電気主任技術者は、主に電気設備の構造及び機能・性能に係る事項等、電気工作物の工事、維持及び運用（電気的設備）に関する保安の監督を行う。

d. 品質保証担当

［安全品質保証第二統括室長又は安全品質保証第二統括室課長］

品質保証の観点から、検査対象範囲、検査方法等の妥当性の確認を実施するとともに、検査要領書の制定・改訂が適切に行われていることを審査する。

e. 検査実施責任者［発電所の設備を主管する組織の長］

検査要領書の制定及び改訂を行う。適合性評価並びにリリースを伴う検査の結果を確認する。

f. 検査担当者

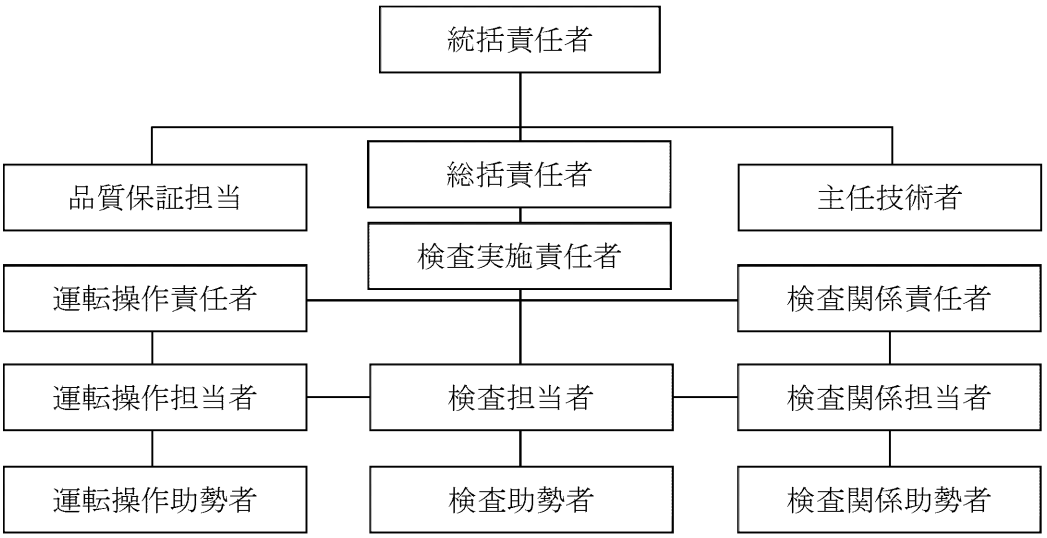
工事の主担当者から独立し、検査の力量を持った者で、適合性評価並びにリリースを伴う検査を直接行うとともに、検査成績書を作成する。

(4) 適合性確認検査の実施

検査担当者は、検査要領書に基づき、確立された検査体制の下で、適合性確認検査を実施し、その結果を検査実施責任者に報告する。

報告を受けた検査実施責任者は、検査プロセスが検査要領書に基づき適正に実施されたこと及び検査結果が判定基準に適合していることを確認後、主任技術者の審査を受ける。

実施した適合性確認検査の結果として、適合性確認検査要領書の番号を様式－8 の「確認方法」欄に取りまとめる。




（注）各個別の検査においては、関係のない者は除かれる。

第 3.4－1 図　検査実施体制（例）

## 3.5　本工事計画における調達管理の方法

本工事計画で行う調達管理は、その管理を確実にするために、「設計・調達管理基準」に基づき以下に示す管理を実施する。

### 3.5.1　供給者の技術的評価

調達を担当する組織の長は、供給者が当社の要求事項に従って調達製品を供給する技術的な能力を判断の根拠として、「供給者評価チェックシート」を用いて、以下の項目について供給者の技術的評価を実施する。

また、供給者の再評価を、5 年を限度として定期的に実施し、供給者が重大な不適合を発生させた場合にも再評価を行う。

(1)　技術的能力及び製造能力の有無

(2)　調達製品の納入・使用実績の有無

(3)　調達製品のサンプルの検査・試験結果等の良否（使用実績がない場合、必要に応じ確認）

(4)　品質保証に関する能力の有無（第 3.5－1 表参照）

(5)　前回評価から再評価までの間の確認事項の良否（再評価時のみ実施）

この(1)～(5)までの確認・評価結果を基に、調達文書の要求事項に適合する　　製品又は役務を供給する総合的な能力の有無を判断する。

第 3.5－1 表　品質保証に関する能力の有無の判定表

<table>
<tr><th colspan="2"></th><th>業務の区分 A,B</th><th>業務の区分 C,D</th><th>業務の区分 E</th></tr>
<tr><td rowspan="4">品質保証に関する能力</td><td>①品質保証計画（品質マニュアル）</td><td rowspan="2">いずれか 1 つは「良」であること。</td><td rowspan="3">いずれか 1 つは「良」又は「有」であること。</td><td rowspan="4">いずれか 1 つは「良」又は「有」であること。</td></tr>
<tr><td>②当社による品質保証監査の結果</td></tr>
<tr><td>③品質保証に関する公的認証</td><td>―</td></tr>
<tr><td>④供給実績等における評価</td><td>―</td><td>―</td></tr>
</table>

### 3.5.2　供給者の選定

調達を担当する組織の長は、本工事計画に必要な調達を行う場合、原子力安全に対する影響や供給者の実績等を考慮し、業務の重要度に応じた業務の区分（添付－1「当社におけるグレード分けの考え方」（以下、「添付－1」という。）第5表参照）を明確にした上で、調達に必要な要求事項を明確にし、資材調達部門へ供給者の選定を依頼する。

資材調達部門は、「3.5.1 供給者の技術的評価」で、技術的な能力があると判断した供給者の中から供給者を選定する。

### 3.5.3　調達製品の調達管理

業務の実施に際し、当社においては、原子力安全に及ぼす影響に応じて、調達管理に係るグレード分けを適用する。

調達に関する品質保証活動を行うに当たっては、原子力安全に対する影響や供給者の実績等を考慮し、業務の区分（添付－1 第5表参照）を明確にした上で、以下の調達管理を実施する。

#### (1)　調達仕様書の作成

調達を担当する組織の長は、業務の内容に応じ、以下の a.～j.を記載した調達仕様書を作成し、供給者の業務実施状況を適切に管理する。（「(2) 調達製品の管理」参照）

a.　仕様明細
b.　設計要求事項
c.　材料・機器の管理に関する要求事項
d.　製作・据付に関する要求事項
e.　試験・検査に関する要求事項
f.　適用法令等に関する要求事項
g.　品質保証要求事項（添付－1 第6表参照）
h.　調達物品等の不適合の報告及び処理に係る要求事項
i.　安全文化を醸成するための活動に関する必要な要求事項
j.　解析業務に関する要求事項（解析委託の管理については、添付－3 参照）

調達を担当する組織の長は、調達製品の調達後における維持又は運用に必要な保安に係る技術情報の取得について供給者へ要求する。取得した情報は、必要に応じてほかの原子炉設置者と共有する。

調達製品を受領する際に要求事項への適合状況を記録した文書を提出するよう、供給者に対して「調達仕様書」により要求する。

なお、調達要求事項は以下を含めたものとする。

・設計・開発のレビューに設計・開発に係る専門家を含める。

・調達要求事項に不適合の報告・処理に関する事項の追加

・調達要求事項に安全文化を醸成するための活動に関する事項の追加

(2) 調達製品の管理

調達を担当する組織の長は、当社が調達仕様書で要求した製品が確実に納品されるよう調達製品が納入されるまでの間、「設計・調達管理基準」、「保修基準（1,2 号)」、「保修基準（3,4 号)」及び「土木建築基準」に基づき、業務の実施に当たって必要な図書(品質保証計画書(業務の区分 A,B)、作業要領書等）を供給者に提出させ、それを審査し、確認するなどの製品に応じた必要な管理を実施する。

(3) 調達製品の検証

調達を担当する組織の長は、調達製品が調達要求事項を満たしていることを確実にするために、業務の区分、調達数量・調達内容などを考慮した調達製品の検証を行う。

調達を担当する組織の長は、供給先で検証を実施する場合、あらかじめ調達文書で検証の要領及び調達製品のリリースの方法を明確にした上で、検証を行う。

調達製品が調達要求事項を満たしていることを確認するために実施する検証は、以下のいずれかの方法により実施する。

a. 試験・検査

「試験・検査基準」に基づき、工場あるいは発電所で設計の妥当性確認を含む試験・検査を実施する。試験・検査の実施にあたっては、検証に関する管理要領を検討する。

当社が立会い又は記録確認を行う試験・検査に関しては、供給者に以下の項目のうち必要な項目を含む試験・検査要領書を作成させ、当社が事前に審査、承認した上で、試験・検査要領書に基づき実施する。

・対象設備、目的、範囲、条件

・実施体制、方法、手順

・記録項目

・合否判定基準
・時期、頻度
・適用法令、基準、規格
・使用する測定機器

可搬式ポンプ及びそれに接続するホース等の型番指定の汎用品を添付－1 第 5 表に示す「業務の区分 E,F」で管理し購入する場合で、設備個々の機能・性能を調達段階の工事又は検査中で確認できないものについては、当社にて試験・検査要領書を作成し、受入後に、機能・性能の確認を実施する。

b. 受入検査の実施

製品の受入れに当たり、受入検査を実施し、現品、発送許可証、その他の記録の確認を行う。

c. 記録の確認

作業日報、工事記録等調達した役務の実施状況を確認できる書類により検証を行う。

d. 報告書の確認

調達した役務に関する実施結果を取りまとめた報告書の内容を確認することにより検証を行う。このうち、設計を調達した場合は供給者から提出させる納入図書に対して設計の検証を実施する。

e. 作業中のコミュニケーション等

調達した役務の実施中に、適宜コミュニケーションを実施すること及び立会い等を実施することにより検証を行う。

f. 受注者品質保証監査（「3.5.4 受注者品質保証監査」参照）

### 3.5.4 受注者品質保証監査

監査を担当する組織の長は、供給者の品質保証活動及び安全文化醸成活動が適切で、かつ、確実に行われていることを確認するために、受注者品質保証監査を実施する。

（受注者品質保証監査を実施する場合の例）

（設備）添付－1 第5表に定める業務の区分Aに該当し、機能・性能の大幅な変更がある場合

（役務）過去3年以内に監査実績がない供給者で、添付－1 第5表に定める業務の区分Bに該当する場合

但し、過去（5年を目安）に同種製品又は役務の調達が実施され、監査結果が良好な場合は除外可能とする。

供給者の発注先（安全上重要な機能に係る主要業務を行う企業）（以下「外注先」という。）について、下記に該当する場合は、直接外注先に監査を行う。

- 当社が行う供給者に対する監査において、供給者における外注先の品質保証活動の確認が不十分と認められる場合
- 不適合等が発生して、外注先の調査が必要となった場合
- 設計・製作の主体が外注先である場合

本工事計画に係る供給者については、供給者の評価を実施し、供給者の調達製品を供給する能力に問題はないことを確認しており、必要に応じて監査を実施する。

## 3.6　記録、識別管理、追跡可能性

### 3.6.1　文書及び記録の管理

(1) 適合性確認対象設備の設計、工事及び検査に係る文書及び記録

設計、工事及び検査に係る文書及び記録については、本文品質保証計画の「別図 2　品質保証計画に係る規定文書体系図」に示す規定文書、規定文書に基づき業務ごとに作成される文書（一般図書）、それらに基づき作成される品質記録（設備図書、一般図書）があり、これらを「保安活動に関する文書及び記録の管理基準」に基づき管理する。

当社の品質記録は、設備に関する情報として最新性を維持するための管理が行われている「設備図書」と、活動の結果を示す記録として管理する「一般図書」に分けて管理している。本工事計画に係る主な品質記録の QMS 上の位置付けを第 3.6－1 表に示す。

(2) 適合性確認検査に用いる文書及び記録

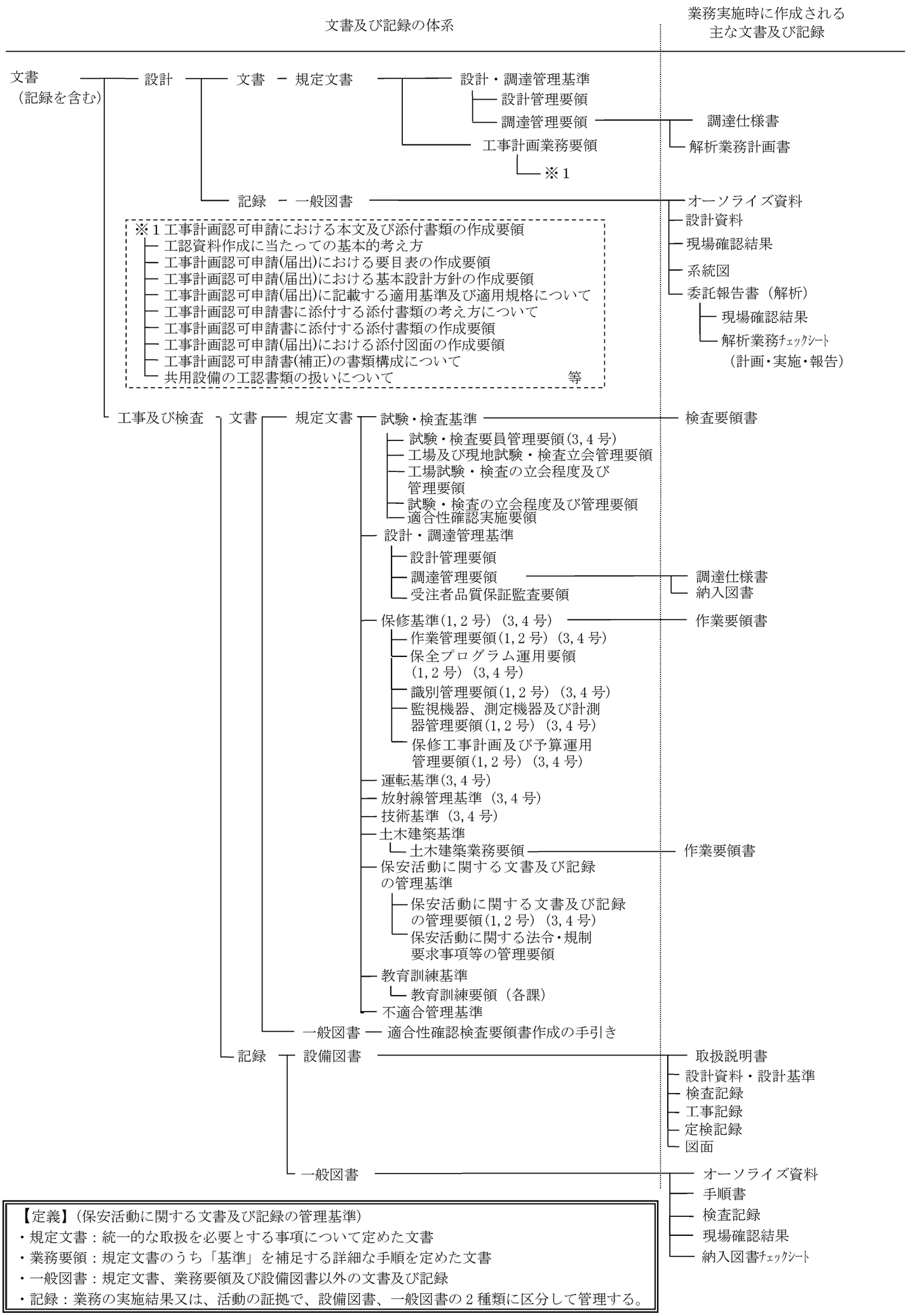
適合性確認検査として、記録確認検査を実施する場合に用いる記録は、原則として最新性が確保されている「設備図書」を用いて実施する。

なお、「設備図書」だけでなく、第 3.6－1 表に示す「一般図書」も用いる場合は、「一般図書」の内容が、実施する適合性確認検査時の適合性確認対象設備の状態を示すものであることを、型番の照合、確認できる記載内容の照合をすることにより確認し、適合性確認検査に用いる記録として利用する。

適合性確認検査に用いた「一般図書」は、供用開始後に、「設備図書」として管理する。

第 3.6－1 表　品質記録の QMS 上の位置付け

| 記録の種類 | QMS 上の位置付け |
|---|---|
| 設備図書 | 品質保証体制下で作成され、建設当時から同様の方法で、設備の改造等に合わせて、図書を最新に管理している図書 |
| 一般図書<br>（主な一般図書） | 作成当時の品質保証体制下で作成され、記録として管理している図書（試験・検査の記録を含む）<br>設備図書のように最新に維持されているものではないが、設備の状態を示すものであることを確認することにより、設備図書と同等の記録となる図書 |
| 既工認 | 設置又は改造当時の工事計画の認可を受けた図書で、当該工事計画に基づく使用前検査の合格を以って、その設備の状態を示す図書 |
| 設計文書（記録） | 作成当時の適合性確認対象設備の設計内容が確認できる記録（自社解析の記録を含む） |
| 自主検査結果（記録） | 品質保証体制下で行った当該設備の状態を確認するための試験及び検査の記録 |
| 工事中の設備に関する納入図書 | 設備の工事中の図書であり、このうち、図面等の最新版の維持が必要な図書は、工事竣工後に「設備図書」として管理する図書。 |
| 委託報告書 | 品質保証体制下の調達管理を通じて行われた、業務委託の結果（解析結果を含む） |
| 供給者から入手した設計図書等 | 供給者を通じて、供給者所有の設計図書、製作図書等を入手した図書 |
| 製品仕様書、又は仕様がわかるカタログ等 | 供給者が発行した製品仕様書、又は仕様が確認できるカタログ等で設計に関する事項が確認できる資料 |
| 現場確認結果<br>（ウォークダウン） | 品質保証体制下で確認手順書を作成し、その手順書に基づき現場の適合状態を確認した記録 |




第 3.6－1 図　設計、工事及び検査に係る品質管理の方法等に関する文書体系

### 3.6.2　識別管理及び追跡可能性

(1) 計測器の管理

a. 当社所有の計測器の管理

(a) 校正・検証

定めた間隔又は使用前に、国際又は国家計量標準にトレーサブルな計量標準に照らして校正若しくは検証又はその両方を行う。また、そのような標準が存在しない場合には､校正又は検証に用いた基準を記録する。

(b) 識別管理

イ. 計測器管理台帳による識別

校正の状態を明確にするため、計測器管理台帳に、校正日及び校正頻度を記載し、有効期限内であることを識別する。計測器が故障等で使用できない場合、使用禁止を計測器管理台帳に記載する。修理等で使用可能となれば、使用禁止から校正日へ記載を変更することで、使用可能であることを明確にする。

ロ. 計測器管理ラベルによる識別

計測器の校正の状態を明確にするよう、計測器管理ラベルに必要事項を記載し、計測器の目立ちやすいところに貼付し識別する。

b.　当社所有以外の計測器の管理

供給者持込計測器の管理については、使用する前までに計測器名、型式、製造番号、校正頻度、トレーサビリティを校正記録等で確認する。

(2) 機器、弁及び配管等の管理

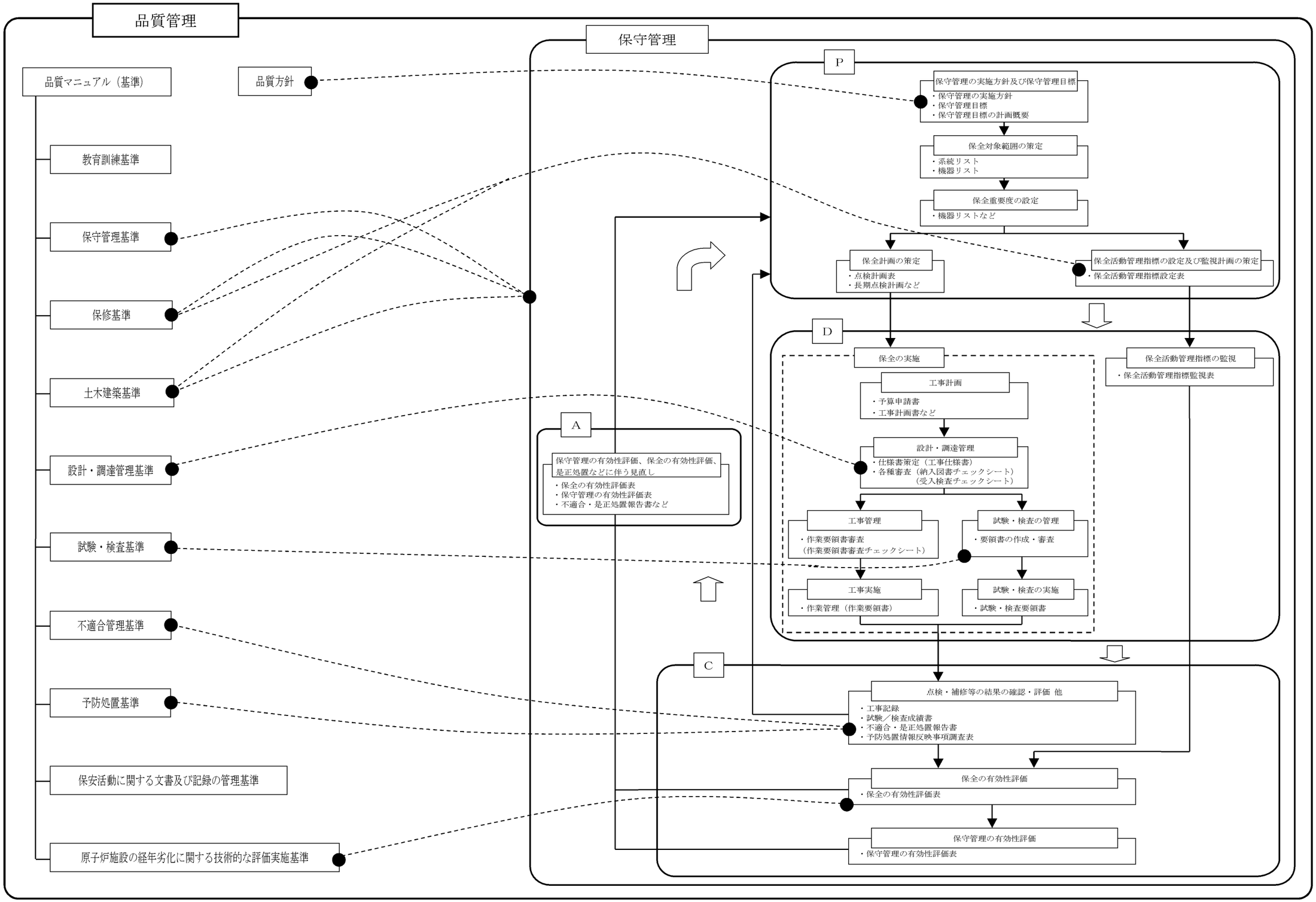
機器類、弁及び配管類は、刻印、タッグ、銘板、台帳、塗装表示等にて管理する。

4. 適合性確認対象設備の保守管理

本工事計画に基づく工事は、法令に基づく申請・届出が必要な発電用原子炉施設の改造工事であることから、「保修基準（1,2 号)」、「保修基準（3,4 号)」及び「土木建築基準」の「保全計画の策定」の中の「補修、取替え及び改造計画」として、保安規定に基づく保守管理に係る業務プロセスに基づき実施している。

保守管理に係る業務プロセスと品質マネジメントシステムの文書との関連を第 4－1 図に示す。

適合性確認対象設備については、技術基準規則への適合性を適合性確認検査を実施することにより確認し、適合性確認対象設備の使用開始後においては、保守管理に係る業務プロセスに基づき保全重要度に応じた点検計画を策定し保全を実施することにより、適合性を維持する。




第４－１図　保守管理に係る業務プロセスと品質マネジメントシステムの文書との関連

# 本工事計画に係る設計の実績、工事及び検査の計画【　　施設（設備）】

| 各段階 | | 設計、工事及び検査の業務フロー | | 組織内外の部門間の相互関係 ◎:主担当、○:関連 | | | 実績（○）／計画（△） | 実施の内容（設計、工事及び検査に係る品質管理の方法等に関する活動の実施結果） | | 備考 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 当社 | 供給者 | 本店 | 発電所 | 供給者 | | 業務実績又は業務計画 | 記録等 | |
| 設計 | 3.3.1 | 適合性確認対象設備に対する要求事項の明確化 | | | | | | | | |
| 設計 | 3.3.2 | 各条文の対応に必要な適合性確認対象設備の選定 | | | | | | | | |
| 設計 | 3.3.3 (1) | 基本設計方針の作成（設計 1） | | | | | | | | |
| 設計 | 3.3.3 (2) | 適合性確認対象設備の各条文への適合性を確保するための設計（設計 2） | （3.5 調達）設備設計に係る調達管理の実施 | | | | | | | |
| 設計 | 3.3.3 (4) | 設計のアウトプットに対する検証 | | | | | | | | |
| 設計 | 3.3.3 (5) | 工事計画認可申請（届出）書の作成 | | | | | | | | |
| 設計 | 3.3.3 (6) | 工事計画認可申請（届出）書の承認 | | | | | | | | |
| 工事及び検査 | 3.4.1<br>3.4.2<br>3.4.3<br>3.4.4<br>3.4.5 | 本工事計画に基づく設備の具体的な設計の実施（設計 3）<br>工事の実施<br>設計結果と検査対象の明確化<br>適合性確認検査の計画<br>検査計画の管理 | （3.5 調達）設備設計に係る調達管理の実施<br>（3.5 調達）設備設計に係る調達管理の実施 | | | | | | | |
| 工事及び検査 | 3.4.6<br>3.6.2 | 適合性確認検査の実施 | | | | | | | | |

※ ----→ ：必要に応じ実施する。

# 設備リスト【設計基準対象施設／重大事故等対処設備】（例）

| 要求事項の変更／設備の変更 | （注）設置許可／技術基準規則（条） | （注）設置許可基準規則及び解釈 | （注）技術基準規則及び解釈 | （注）必要な機能等 | 設備等 | 設備／運用 | 既設／新設 | 常設／可搬 | （注）要求事項に対して必須の設備、運用か<br>必須：○<br>自主：× | 既工認に記載がされていないか<br>記載有：○<br>記載無：× | 当該施設区分で実用炉規則別表第二の記載対象設備か<br>対象：○<br>対象外：× | 実用炉規則別表第二に関連する施設・設備区分 | | | 兼用の有無<br>主：◎<br>兼：○<br>無：× | DB | | SA | | 設置許可添八主要設備記載有無<br>有：○<br>主登録側で有：●<br>無：× | 備　考 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | | | | 施設区分 | 設備区分 | 機器区分 | | 耐震重要度分類 | 機器クラス | 設備分類 | 機器クラス | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

様式－3

技術基準規則の各条文と各施設における適用要否の考え方（例）

| 技術基準規則<br>第○○条（○○○○○） | 条文の分類 |
|---|---|
| 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 | 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 |
| | |

| 対象施設 | 適用要否判断<br>（○or△） | 理由 | 備考 |
|---|---|---|---|
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |

# 施設と条文の対比一覧表（例）

| 条文 | | 総則 | | | 設計基準規則ＤＢ（条） | | |

# 施設と条文の対比一覧表（例）

| 条文 | | 技術基準規則ＳＡ（条） | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 49 | 50 | 51 | 52 | 53 | 54 | 55 | 56 | 57 | 58 | 59 | 60 | 61 | 62 | 63 | 64 | 65 | 66 | 67 | 68 | 69 | 70 | 71 | 72 | 73 | 74 | 75 | 76 | 77 | 78 |
| | | 地盤 | 地震 | 津波 | 火災 | 特重設備 | 重大事故等対処設備 | 材料構造 | 破壊の防止 | 安全弁 | 耐圧試験 | 未臨界 | 高圧時の冷却 | バウンダリの減圧 | 低圧時の冷却 | 最終ヒートシンク | CV 冷却 | CV 過圧破損防止 | 下部溶融炉心冷却 | CV 水素爆発 | 原子炉建屋水素爆発 | SFP 冷却 | 拡散抑制 | 水の供給 | 電源設備 | 計装設備 | 原子炉制御室 | 監視測定設備 | 緊急時対策所 | 通信 | 準用 |
| 施設区分<br>設備区分 | 分類<br>設備等 | 共通 | 共通 | 共通 | 共通 | 共通 | 共通 | 共通 | 共通 | 共通 | 共通 | 個別 | 個別 | 個別 | 個別 | 個別 | 個別 | 個別 | 個別 | 個別 | 個別 | 個別 | 個別 | 個別 | 個別 | 個別 | 個別 | 個別 | 個別 | 個別 | 共通 |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

○：適用条文であり、今回の申請で適合性を確認する必要がある条文。
△：適用条文ではあるが、要求事項に変更はなく、既工事計画にて適合性を確認済みの条文。
□：保安規定等にて維持・管理が必要な条文。
－：条文要求を受ける設備ではない。

様式－5－1

# 技術基準規則と工認書類との関連性を示す星取表（例）

| ○○施設 | | | | 第○○条 | | | 第○○条 | | | 第○○条 | | | 第○○条 | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | 第○項 | | | 第○項 | | | 第○項 | | | 第○項 | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 施設区分 | 設備区分 | 機器区分 | 設備等 | 基本設計方針 | 添付資料 | 添付図面 | 基本設計方針 | 添付資料 | 添付図面 | 基本設計方針 | 添付資料 | 添付図面 | 基本設計方針 | 添付資料 | | | | 添付図面 | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ○○施設 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|

# 工認添付書類星取表（例）

| 玄海〇号機　申請対象設備 | | | 要目表 | 別表第二　添付書類　【記号の定義】〇:有　△:既工認読込　●or▲:主登録側で整理されるもの　■:他号機にて作成　－:無 | | | | | | | | | 備考 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | 設備共通 | | | | | | 「各施設（設備）」 | | | |
| 別表第二 | | 設備等 | 「◎」:申請対象（新規）<br>「〇」:申請対象（既工認登録済み）<br>「□」:申請対象（既工認登録なし）<br>「△」:記載の適正化<br>「×」:無 | | | | | | | | | | |
| 発電用原子炉施設の種類 | 設備区分 | 機器区分 | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |

様式－6

各条文の設計の考え方（例）

| 第○条（○○○○○） | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 1. 技術基準規則の条文、解釈への適合性に関する考え方 | | | | | |
| No. | 基本設計方針で記載する事項 | 適合性の考え方（理由） | 項-号 | 解釈 | 説明資料等 |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| 2. 設置許可本文のうち、基本設計方針に記載しないことの考え方 | | | | | |
| No. | 項目 | 考え方 | | | 説明資料等 |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| 3. 設置許可添八のうち、基本設計方針に記載しないことの考え方 | | | | | |
| No. | 項目 | 考え方 | | | 説明資料等 |
| | | | | | |
| | | | | | |
| 4. 詳細な検討が必要な事項 | | | | | |
| No. | 記載先 | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |

# 要求事項との対比表（例）

| 技術基準規則・解釈* | 工事計画認可申請（届出）書<br>基本設計方針 | 設置（変更）許可（令和○○年○○月○○日付け）本文 | 設置（変更）許可（令和○○年○○月○○日付け）添付書類八 | 備　考 |
|---|---|---|---|---|
| | | | | |

＊技術基準規則・解釈については、記載内容が少ない場合は、この欄を省略することを「可」とする。

# 基準適合性を確保するための設計結果と適合性確認状況一覧表（例）

| ○○施設 | | | | | | 技術基準規則<br>第○○条<br>基本設計方針 | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 施設区分 | 設備区分 | 機器区分 | 設備／運用 | 必要な機能等 | 該当条文 | 機器名称 | 工認設計結果（要目表／設計方針） | 設備の具体的設計結果 | 確認方法 | 工認設計結果（要目表／設計方針） | 設備の具体的設計結果 | 確認方法 |
| ○○施設 | | | | | ○○条 | | | | 【検査項目】<br>【検査方法】<br>【要領書番号】 | | | 【検査項目】<br>【検査方法】<br>【要領書番号】 |
| | | | | | | | 【記録等】 | 【記録等】 | | 【記録等】 | 【記録等】 | |
| | | | | | ○○条 | | | | 【検査項目】<br>【検査方法】<br>【要領書番号】 | | | 【検査項目】<br>【検査方法】<br>【要領書番号】 |
| | | | | | | | 【記録等】 | 【記録等】 | | 【記録等】 | 【記録等】 | |
| | 技術基準要求設備（要目表として記載要求のない設備） | | | | ○○条 | | | | 【検査項目】<br>【検査方法】<br>【要領書番号】 | | | 【検査項目】<br>【検査方法】<br>【要領書番号】 |
| | | | | | | | 【記録等】 | 【記録等】 | | 【記録等】 | 【記録等】 | |
| | | | | | ○○条 | | | | 【検査項目】<br>【検査方法】<br>【要領書番号】 | | | 【検査項目】<br>【検査方法】<br>【要領書番号】 |
| | | | | | | | 【記録等】 | 【記録等】 | | 【記録等】 | 【記録等】 | |

# 当社におけるグレード分けの考え方

## 1. 設計管理、調達管理におけるグレード分けの考え方

当社では業務の実施に際し、原子力安全に及ぼす影響に応じて、グレード分けの考え方を適用している。「設計・開発」管理（本文品質保証計画「7.3 設計・開発」）や「調達」管理（本文品質保証計画「7.4 調達」）に係るグレード分けについては、次のとおりである。

### (1) 設備の「設計・開発」管理に係るグレード分けの考え方

設備の「設計・開発」の管理に係るグレード分けの考え方は、第１表のとおりである。

第１表　設備の「設計・開発」の管理に係るグレード分け

| グレード | 工事区分 | 設計区分 |
|---|---|---|
| グレード１ | 原子力発電所の安全上重要な設備及び構築物等に関する工事 | 工事計画認可申請又は届出を行う原子力施設に関する工事の要求事項への適合性を確保するための設計 ＊1（以下「要求事項への適合性を確保するための設計」という。） |
| グレード２ | | 工事計画認可申請又は届出対象以外の原子力施設の工事のための設計 |
| グレード３ | 上記以外の原子力施設に関する工事 | |

＊１：この設計には、新たな規制基準等の要求事項を既存の施設等へ適用する場合を含む。

### (2) 設備の「設計・開発」の管理に係るグレードごとの適用範囲

設備の「設計・開発」の管理に係るグレードに応じて適用する管理の段階は、第２表のとおりであり、各管理の段階とその実施内容は、第３表のとおりである。

第２表　管理の段階とグレード毎の適用範囲

| 管理のグレード ／ 管理の段階 | | グレード１ | グレード２ | グレード３ |
|---|---|---|---|---|
| Ⅰ | 設備導入の計画 | ○ | ○ | ○ |
| Ⅱ | 要求事項への適合性を確保するための設計（設計１、設計２） | ○ | － | － |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Ⅲ | 調達文書作成（必要により） | ○ | ○ | ○ |
| Ⅳ | 設備の具体的な設計（設計 3） | ○ | ○※3 | ○※3,※4 |
| | 工事及び試験・検査 | ○※1 | ○ | ○ |
| Ⅴ | 一般汎用品に対する機能・性能確認 | ○※2 | － | － |

※1　一般汎用品の機能・性能を当社により管理できる場合を含む。

※2　一般汎用品の機能・性能を管理の段階Ⅳの工事及び試験・検査で確認できない場合

※3　自社設計の場合、以下に示す必要な管理を実施する。

・グレード 2：「3.3.3　本工事計画における設計」～「3.4.1　本工事計画に基づく設備の具体的な設計の実施（設計 3）」

・グレード 3：「3.4.1 本工事計画に基づく設備の具体的な設計の実施（設計 3）」

※4　一般汎用品を除く。

第 3 表　管理の段階毎の実施内容

| 管理の段階 | | 実施内容 |
|---|---|---|
| Ⅰ | 設備導入の計画 | 主要工事業務計画、オーソライズにより、設計対象設備の基本仕様、工事完了までに必要となる業務、関係箇所の役割分担を含めた設備導入の計画を作成する。 |
| Ⅱ | 要求事項への適合性を確保するための設計（設計 1、設計 2） | 要求事項への適合性を確保するための設計を、「3.3 設計に係る品質管理の方法で行った管理の実績に係る計画」～「3.3.3(4)　設計のアウトプットに対する検証」に基づき、実施する。<br>設計業務をアウトソースする場合は、「3.5　本工事計画における調達管理の方法」に基づき管理する。 |
| Ⅲ | 調達文書作成（必要により） | 調達文書を「3.5　本工事計画における調達管理の方法」に基づき作成し、供給者に設備の設計業務をアウトソースする。 |
| Ⅳ | 設備の具体的な設計（設計 3） | 設備の具体的な設計を実施する。設計業務をアウトソースする場合は、「3.4.1 本工事計画に基づく設備の具体的な設計の実施（設計 3）」に基づき管理する。 |
| | 工事及び試験・検査 | 工事を、設計結果に基づき実施する。工事をアウトソースする場合は、「3.5　本工事計画における調達管理の方法」に基づき管理する。<br>試験･検査は、「3.4.4　適合性確認検査の計画」に基づき、工場製作段階又は現地工事段階において実施する。 |
| Ⅴ | 一般汎用品に対する機能・性能確認 | 一般汎用品に対する機能・性能確認を「3.5.3　調達製品の調達管理　(3)調達製品の検証」に基づき実施する。 |

(3)　設備の「調達」管理に係るグレード分けの考え方

設備の「調達」管理に係るグレード分けの考え方は、以下に示す品質保証上の要求事項に対し、業務の重要度に応じたグレード分けを適用する。

a.　業務の区分に応じた品質保証上の要求事項

当社は、供給者に対し、「業務の区分」（第5表参照）に応じた品質保証上の要求（第6表参照）を行うことにより、供給者に品質保証体制を確立させた上で、調達管理を実施する。

この「業務の区分」は、「発電用軽水型原子炉施設の安全機能の重要度分類に関する審査指針」に定める重要度に供給信頼度（稼働率）を加味した「品質重要度分類」（第4表参照）等の業務の重要度に応じて定め、該当する業務の区分が複数ある場合は、業務の区分が高い方を適用する。

第4表　品質重要度分類

<table>
<tr><td rowspan="2">安全性<br>稼働率</td><td colspan="2">クラス1</td><td colspan="2">クラス2</td><td colspan="2">クラス3</td><td rowspan="2">クラス外</td></tr>
<tr><td>PS－1</td><td>MS－1</td><td>PS－2</td><td>MS－2</td><td>PS－3</td><td>MS－3</td></tr>
<tr><td>R1*1</td><td colspan="2" rowspan="3">A</td><td colspan="4" rowspan="2">B</td><td rowspan="3"></td></tr>
<tr><td>R2*2</td></tr>
<tr><td>R3*3</td><td colspan="2">C1*4<br>C2*5</td></tr>
</table>

＊1　その設備の故障により発電停止となる設備

＊2　その故障がプラント運転に重大な影響を及ぼす設備（R1を除く。）

＊3　上記以外でその故障がプラント稼働にほとんど影響を及ぼさない設備

＊4　①第3者機関の検査を受ける設備、②予備機がなくかつ保修・取替等の作業が出来ない機器、③原子炉格納容器内の設備、④特殊な条件下での信頼性維持を求められている設備

＊5　A,B,C1以外の設備

第5表　業務の重要度に応じた業務の区分

| 業務の重要度 | | 業務の区分（高⇔低）*3 | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | A | B | C | D | E | F |
| 設備 | 品質重要度分類A,Bの工事 | ○ | － | － | － | ○*1 | － |
| | 品質重要度分類C(C1,C2)の工事 | － | － | ○ | － | － | － |
| | 工事計画認可申請又は届出対象の工事 | ○ | － | － | － | ○*1 | － |
| | 上記以外の工事 | － | － | － | － | － | ○ |
| *2 役務 | 品質重要度分類A,Bに関する役務 | － | ○ | － | － | － | － |
| | 品質重要度分類 C(C1,C2)に関する役務 | － | － | － | ○ | － | － |
| | 工事計画認可申請又は届出対象の工事に関する役務 | － | ○ | － | － | － | － |
| | 保安規定に直接関連する役務 | － | ○ | － | － | － | － |
| | 品質マネジメントシステムの運用管理に関する役務 | － | － | － | ○ | － | － |
| | 上記以外の役務 | － | － | － | － | － | ○ |

＊1　過去に設計を行った設備と同じ設備の型番購入において実績があること。また、一般汎用品の型番購入においては、原子力特有の技術仕様書を基に設計・製作されたものでない一般汎用品の中からそれに合致する設備を当社が設計の中で特定し、その設備を調達するものであることから、供給者に対する品質保証上の要求事項（第6表参照）は必要なものに限定している。

＊2　役務には、本工事計画に係る解析業務が該当

＊3　上記に示した「業務の区分」よりも高いグレードを適用する場合がある。

第６表　業務の区分ごとの供給者の品質保証体制に対する品質保証上の要求

| 品質保証活動に関する要求項目 | 業務の区分 | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | A | B | C | D | E | F |
| ①品質保証体制の構築（組織の状況） | ○ | ○ | ○ | ○ | － | － |
| ②経営者の責任（リーダーシップ） | ○ | ○ | － | － | － | － |
| ③計画並びにリスク及び機会への取組み（予防処置を含む） | ○ | ○ | ○ | ○ | － | － |
| ④資源の運用管理（支援） | ○ | ○ | ○ | ○ | － | － |
| ⑤監視機器及び測定機器の管理 | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | － |
| ⑥コミュニケーション | ○ | ○ | ○ | ○ | － | － |
| ⑦文書及び記録の管理（文書化した情報） | ○ | ○ | ○ | ○ | － | － |
| ⑧業務の計画及び管理 | ○ | ○ | ○ | ○ | － | － |
| ⑨設計管理（製品及び役務の設計・開発） | ○ | ○ | ○ | ○ | － | － |
| ⑩調達管理（外部から提供されるプロセス、製品及び役務の管理） | ○ | ○ | ○ | ○ | － | － |
| ⑪業務の実施及び特殊工程管理 | ○ | ○ | ○ | ○ | － | － |
| ⑫識別及びトレーサビリティ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | － |
| ⑬当社の所有物 | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| ⑭中間品及びアウトプットの保存 | ○ | ○ | ○ | ○ | － | － |
| ⑮引渡し後の活動 | ○ | ○ | ○ | ○ | － | － |
| ⑯変更の管理 | ○ | ○ | ○ | ○ | － | － |
| ⑰監視及び測定（製品及び役務のリリース） | ○ | ○ | ○ | ○ | － | － |
| ⑱不適合及び是正処置（不適合の報告及び処理に係る要求を含む） | ○ | ○ | ○ | ○ | － | － |
| ⑲パフォーマンス評価 | ○ | ○ | ○ | ○ | － | － |
| ⑳改善 | ○ | ○ | － | － | － | － |

技術基準規則ごとの基本設計方針の作成に当たっての基本的な考え方

1. 設置変更許可申請書との整合性を確保する観点から、設置変更許可申請書本文に記載している、適合性確認対象設備に関する設置許可基準規則に適合させるための「設備の設計方針」や、設備と一体となって適合性を担保するための「運用」を基にした詳細設計が必要な設計要求事項を記載する。
2. 技術基準規則及びその解釈への適合性を確保する観点で、設置変更許可申請書本文以外で詳細設計が必要な設計要求事項（多様性拡張設備など）がある場合は、その理由を「各条文の設計の考え方」に明確にした上で記載する。
3. 自主的に設置したものは、原則として記載しない。
4. 基本設計方針は、必要に応じて並び替えることにより、技術基準規則の記載順となるように構成し、箇条書きにするなど表現を工夫する。
5. 基本設計方針の作成に当たっては、必要に応じ、以下に示す考え方で作成する。

(1) 設置変更許可申請書本文記載事項のうち、「性能」を記載している設計方針は、技術基準規則への適合性を確保する上で、その「性能」を持たせるために特定できる手段がわかるように記載する。

また、技術基準規則への適合性を確保する観点で、設置変更許可申請書本文に対応した事項以外に必要となる運用を付加する場合も同様の記載を行う。

なお、手段となる「仕様」が要目表で明確な場合は記載しない。

(2) 設置変更許可申請書本文記載事項のうち「運用」は、「基本設計方針」として、運用の継続的改善を阻害しない範囲で必ず遵守しなければならない条件がわかる程度の記載を行うとともに、運用を定める箇所（QMS の 2 次文書で定める場合は「保安規定」を記載）の呼込みを記載し、必要に応じ、当該施設に関連する別表第二に示す添付書類の中でその運用の詳細を記載する。

また、技術基準規則及びその解釈への適合性を確保する観点で、設置変更許可申請書本文に対応した事項以外に必要となる運用を付加する場合も同様の記載を行う。

(3) 設置変更許可申請書本文で評価を伴う記載がある場合は、工認資料にて担保する条件を以下の方法を使い分けることにより記載する。

a. 評価結果が示されている場合、評価結果を受けて必要となった措置のみを工認対象とする。

b.　今後評価することが示されている場合、評価する段階（設計 or 工事）を明確にし、評価の方法及び条件、その評価結果に応じて取る措置の両者を設計対象とする。

(4)　第 10 条など、要求事項が該当しない条文については、該当しない旨の理由を記載する。

(5)　条項号のうち、適用する設備がない要求事項は、「適合するものであることを確認する」という工認審査の観点を踏まえ、当該要求事項の対象となる設備を設置しない旨を記載する。

(6)　技術基準規則の解釈等に示された指針・行政文書・他省令の呼び込みがある場合は、以下の要領で記載を行う。

a.　設置時に適用される要求など、特定の版の使用が求められている場合は、引用する文書名及び版を識別するための情報（施行日等）を記載する。

b.　監視試験片の試験方法を示した規格など、条文等で特定の版が示されているが保守管理等の運用管理の中で評価する時点でエンドースされた最新の版による評価を継続して行う必要がある場合は、保安規定等の運用の担保先の表示に加え、当該文書名とそのコード番号（必要時）を記載する。

c.　解釈等に示された条文番号は、当該文書改正時に変更される可能性があることを考慮し、条文番号は記載せず、条文が特定できる表題で記載する。

d.　条件付の民間規格や設置変更許可申請書の評価結果等を引用する場合は、可能な限りその条件等を文章として反映する。また、設置変更許可申請書の添付を呼び込む場合は、対応する本文のタイトルを呼び込む。なお、文書名を呼び込む場合においても「技術評価書」の呼び込みは行わない。

# 本工事計画における解析管理について

## 1. 本工事における解析管理

本工事計画に必要な解析のうち、調達（「3.5 本工事計画における調達管理の方法」参照）を通じて実施した解析は、「原子力施設における許認可申請等に係る解析業務の品質向上ガイドライン（平成 26 年 3 月　一般社団法人　原子力安全推進協会）」（以下「解析業務ガイドライン」という。）に示される要求事項に、耐震 BC 不適合を踏まえた当社独自の要求事項を加えて策定した「設計・調達管理基準」に従い、供給者への解析要求事項を明確にしている。

解析業務における具体的な活動内容を、以下に示す。また、事業者と供給者の解析業務の流れ、及び組織内外の部門間の相互関係を第 1 表に示す。

調達によらない解析業務の管理（自社解析）の実績を第 2 表に示す。

### (1) 調達仕様書の作成

調達を担当する組織の長は、解析業務における以下の要求事項を記載した調達仕様書を作成する。

a. 解析業務計画書の作成

解析業務計画書には、以下の内容を含む。

(a) 解析業務の作業手順
(b) 解析結果の検証
(c) 委託報告書の確認
(d) 解析業務の変更管理
(e) 品質記録の保管管理
(f) 教育の実施

b. 教育の実施
c. 計算機プログラムの検証
d. 入力根拠の明確化
e. 入力結果の確認
f. 解析結果の検証
g. 委託報告書の確認
h. 解析業務の変更管理
i. 品質記録の保管管理
j. 調達

(2)　調達製品（解析業務）の調達管理

調達管理における当社の管理を「a.当社が実施する解析業務の管理」に、供給者の管理を「b.供給者が実施する解析業務の管理」に示す。

a.　当社が実施する解析業務の管理

(a)　解析業務計画の確認

調達を担当する組織の長は、供給者に提出を求めた「解析業務計画書」（又は「委託実施要領書」）で以下のイ．～ヘ．の計画が明確にされていることを、「解析業務チェックシート（解析業務計画書用）」により確認する。

イ．　解析業務の作業手順(デザインレビュー、審査方法、時期等を含む。)

・計算機プログラムが適正であることの検証及び管理の方法
・解析ごとの入力根拠の明確化
・入力根拠の整理方法
・入力根拠の確認及び入力が正確に実施されていることの確認
・入力クロスチェック*やダブルチェックによるデータの信頼性の確保

＊入力クロスチェックとは、解析担当者以外で解析に精通した者で、解析担当者と業務の独立性が確保された者が、入力根拠及び入力が正確に実施されていることの確認として、解析担当者が作成した入力根拠とは別の入力根拠を独立して作成し、そのデータと解析担当者が出力したエコーデータ（入力したデータの計算機出力）を照合することをいう。（入力クロスチェックの流れは第１図を参照）

ロ．　解析結果の検証

ハ．　委託報告書の確認

ニ．　解析業務の変更管理

ホ．　品質記録の保管管理

ヘ．　教育の実施

(b)　解析実施状況の確認

調達を担当する組織の長は「解析業務チェックシート（解析実施状況確認用）」を用いて現地調査による以下の実施状況を確認する。

・教育の実施状況
・計算機プログラムの検証状況
・計算機への入力が正しく行われたことの確認状況
・解析結果の検証状況
・解析業務の変更管理

(c)　解析業務結果の確認

調達を担当する組織の長は、供給者から提出された「委託報告書」を「解析業務チェックシート（委託報告書用）」により確認し、供給者が解析業務の計画に基づき適切に解析業務を実施したことを確認する。

b.　供給者が実施する解析業務の管理

供給者は、当社の調達仕様書の要求事項に基づき、以下のとおり、解析業務を実施する。

(a)　解析業務計画書の作成

供給者は、解析業務を実施するに当たり、あらかじめ解析業務の計画を解析業務計画書として策定し、事前に当社に提出して確認を受ける。

解析業務の計画では、以下の計画を明確にする。

イ．　解析業務の作業手順

・計算機プログラムが適正であることの検証及び管理の方法（「(c) 計算機プログラムの検証」の内容を含む）
・解析ごとの入力根拠の明確化（「(d)入力根拠の明確化」の内容を含む）
・計算機プログラムへの入力が正確に実施されたことの確認（「(e)入力結果の確認」の内容を含む。）
・入力及び計算式を含めた手計算結果の確認

ロ．　解析結果の検証（「(f)解析結果の検証」の内容を含む。）

ハ．　委託報告書の確認（「(g)委託報告書の確認」の内容を含む。）

ニ．　解析業務の変更管理（「(h)解析業務の変更管理」の内容を含む。）

ホ．　品質記録の保管管理（「(i)品質記録の保管管理」の内容を含む。）

ヘ．　教育の実施（「(b)教育の実施」の内容を含む。）

(b)　教育の実施

解析業務の実施に先立ち、当該の解析を実施する要員に対し、入力根拠・入力データに対する確認の重要性とそれを誤った場合の結果の重大性、及びそれらの誤りを見つけることの重要性に関する教育を実施する。

(c)　計算機プログラムの検証

計算機プログラムが適正なものであることを事前に検証する。

(d)　入力根拠の明確化

解析業務計画書等に基づき解析ごとの入力根拠を明確にした文書を作成する。

(e)　入力結果の確認

・解析担当者は、計算機プログラムへの入力が正確に実施されていることの確認を行う。建屋の耐震安全性評価の場合は、解析担当者及びそれ以外の者の2名によりダブルチェックする。

・入力根拠の確認及び入力が正確に実施されていることの確認を目的として、入力クロスチェック者が入力クロスチェックを実施する。建屋の耐震安全性評価の場合は、入力クロスチェック者及びそれ以外の者によりダブルチェックする。

(f)　解析結果の検証

イ．解析結果の検証として、あらかじめ策定した解析業務計画書等に従い、以下の観点を参考に審査を行う。

・入力根拠を明確にし、計算機プログラムへ入力しているか。

・汎用表計算ソフトウェアを使用する場合、その使用を明確にし、入力した計算式を事前に検証して登録しているか。

・解析結果が受容できるものであることを次の例に示すような方法で確認しているか。

(イ) 類似解析結果との比較

(ロ) 物理的あるいは工学的整合性の確認

・新設計の燃料、炉心、系統・設備等を採用した場合、あるいは新しい解析手順や計算機プログラムを適用した場合など、許認可申請用の設計解析に設計変更又は新規性が認められる場合には、デザインレビュー等により解析の妥当性を確認しているか。

・新たな解析を行わず、過去の検証済みの解析結果をそのまま使用する場合には、適用する設計インプットが同等であることを個々の仕様ごとに検証しているか。

・過去の検証済みの解析結果に適用された検証方法・内容程度が、最新の手順と同等でない場合には、最新の手順に従って改めて検証を行うか、あるいは不足分に対する追加の検証を行っているか。

ロ．審査者の検証活動を明確にして審査を行う。

(g)　委託報告書の確認

解析業務の結果を、当社の指定する書式又は当社の確認を得た書式に加工、編集して以下の内容を含めた委託報告書を作成する。

・教育の実施結果

・計算機プログラムを用いた解析結果・汎用表計算ソフトウェアを用いた計算結果又は手計算による計算結果

・解析ごとの入力根拠が正しく作成されたことの確認結果
・計算機プログラムへ入力が正確に実施されたことの確認結果（入力クロスチェックの結果を含む。）
・計算機プログラムの検証結果

（記載すべき事項）

◆ 計算機コード（プログラム）名
◆ 開発機関
◆ バージョン
◆ 開発時期
◆ 解析コード等の概要
◆ 検証方法

開発元が提示する例題や理論解との比較の実施状況などを確認し、計算機能が適正であることを検証する。

(h) 解析業務の変更管理

調達を担当する組織の長の要求に従い、以下の変更管理を実施する。

イ. 解析業務の変更有無や変更があった場合は、変更内容を文書化し、解析業務の各段階において、その変更内容を反映する。

ロ. 供給者から当社へ解析モデル・条件等を提案した後に供給者がそれらを変更する場合は、当社の確認を得てから変更する。

(i) 品質記録の保管管理

解析業務に係る必要な文書を、期限を定めて品質記録として管理する。

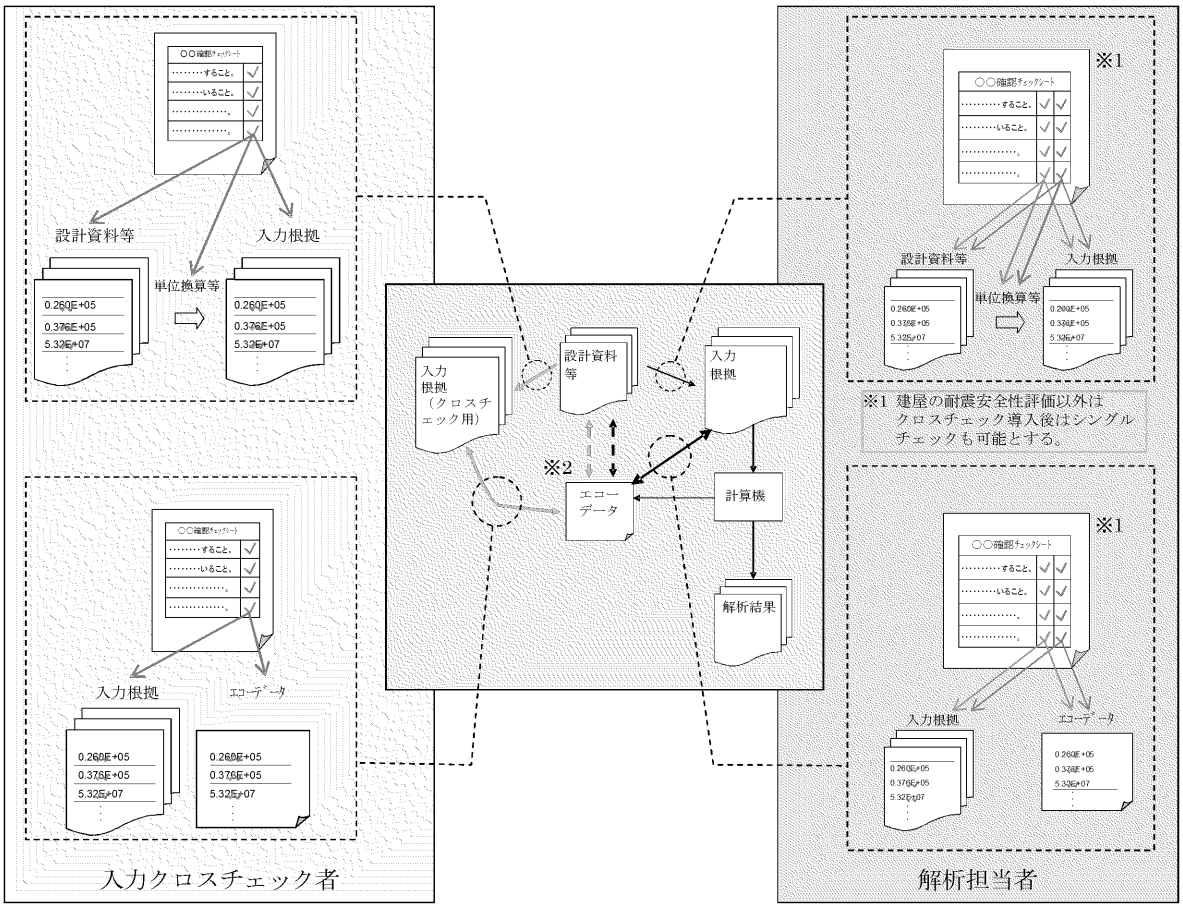
(j) 調　達

イ. 解析業務のプロセスをアウトソースする場合には、あらかじめその内容を明確にする。また、アウトソースすることについて当社の確認を得る。

ロ. 解析業務に係る必要な品質保証活動として、当社からの解析に関する要求事項を、購入仕様書や文書等で供給者の調達先にも要求する。

第１表　解析の業務フロー

| 管理の段階 | 当　社（本店） | 供給者（解析者） | 解析結果を保証するための品質管理のポイント | 当社における具体的な調達（解析）の管理の方法 | 証拠書類 | 備考（背景） |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 調達仕様書作成 | ①調達仕様書作成<br>解析業務発注 | 解析業務受注 | ①　当社は、当社からの解析に関する要求事項（③、⑤～⑩、⑫、⑬）を、調達仕様書で確実に要求する。 | （当社）<br>①「(1)調達仕様書の作成」参照 | ・仕様書 | ①「解析業務ガイドライン」 |
| 解析業務計画確認 | ②「解析業務計画書」の確認 | ③解析業務の計画<br>⑬変更管理 | ②　当社は、供給者の活動を確実に管理するため、供給者が行う活動内容（⑤～⑩、⑫、⑬）を事前に解析業務計画書（③）にて提出させ確認する。 | （当社）<br>②「(2)調達製品（解析業務）の調達管理」a.(a)参照<br>（供給者）<br>③「(2)調達製品（解析業務）の調達管理」b.(a)参照 | ・解析業務計画書（供給者提出）<br>・解析業務チェックシート（解析業務計画書用） | ②、③「解析業務ガイドライン」 |
| 解析実施状況確認 | ④<br>解析業務計画書に基づき、供給者に対する解析業務実施状況について現地調査にて確認し、適宜、監査を実施<br>・教育の実施状況<br>・計算機プログラムの検証状況<br>・入力根拠の作成状況<br>・入力結果（手計算結果含む）の確認状況<br>・入力クロスチェックの状況<br>・解析結果の検証状況（審査の実施状況、デザインレビュー等の実施状況を含む。）<br>・変更管理の状況<br>実施状況確認<br>必要に応じて監査を実施 | ⑤教育の実施<br>⑥計算機プログラムの検証<br>手計算の場合<br>⑦－1 入力根拠の明確化（解析担当者）<br>⑦－2 入力根拠の作成(入力クロスチェック者)<br>入力根拠及び計算式の明確化（解析担当者）<br>⑧入力結果の確認<br>手計算実施<br>解析実施<br>手計算結果ダブルチェック<br>⑨解析結果の検証 | ④　当社は、供給者が解析業務計画書に基づき、解析業務を確実に活動していることを確認するため、以下の活動の実施状況を現地にて確認し、適宜、監査を実施する。<br>・入力データ確認の重要性等の意識付けを行うための教育の実施状況（⑤）<br>・入力根拠の妥当性の確認と入力データが確実にインプットされていることの確認のための入力クロスチェック（⑦－1、⑦－2、⑧）の実施状況<br>・計算方法が適切な方法で確実に行われていることの確認のための計算機プログラムの検証（⑥）の実施状況<br>・解析結果が妥当であることの確認のための解析結果の検証（⑨）の実施状況<br>・解析業務に変更が生じた場合の変更管理（⑬）の実施状況 | （当社）<br>④「(2)調達製品（解析業務）の調達管理」a.(b)参照<br>（供給者）<br>⑤「(2)調達製品（解析業務）の調達管理」b.(b)参照<br>⑥「(2)調達製品（解析業務）の調達管理」b.(c)参照<br>⑦「(2)調達製品（解析業務）の調達管理」b.(d)参照<br>⑧「(2)調達製品（解析業務）の調達管理」b.(e)参照<br>⑨「(2)調達製品（解析業務）の調達管理」b.(f)参照<br>⑬「(2)調達製品（解析業務）の調達管理」b.(h)参照 | ・解析業務チェックシート（解析実施状況確認用） | ④、⑤「耐震 BC 不適合」を受けた管理の強化<br>⑥「解析業務ガイドライン」<br>⑦－1「解析業務ガイドライン」<br>⑦－2「耐震 BC 不適合」を受けた管理の強化<br>⑧、⑨、⑬「解析業務ガイドライン」 |
| 解析結果確認 | ⑪「委託報告書」の確認 | 委託報告書作成<br>⑩委託報告書の確認<br>委託報告書提出<br>⑫品質記録の保管 | ⑪　当社は、供給者の活動が確実に実施されたかを確認するため、供給者が確認した委託報告書（⑩）を提出させ、当社も確認する。 | （当社）<br>⑪「(2)調達製品（解析業務）の調達管理」a.(c)参照<br>（供給者）<br>⑩「(2)調達製品（解析業務）の調達管理」b.(g)参照<br>⑫「(2)調達製品（解析業務）の調達管理」b.(i)参照 | ・報告書（供給者提出）<br>・解析業務チェックシート（委託報告書用） | ⑩～⑫「解析業務ガイドライン」 |




※2　入力クロスチェック者は、設計資料等から直接エコーデータの確認ができる場合は、設計資料等とエコーデータを直接照合してよいものとする。

⟷ :入力クロスチェック者による照合　　⟶ :データの流れ

第１図　入力クロスチェックのフロー

第２表　工事計画に係る手計算実施時の品質管理について（例：耐震計算）

| 管理の段　階 | 当　社 | 手計算結果を保証するための品質管理のポイント | 備考（背景） |
|---|---|---|---|
| 実施の必要性確認 | ①　対象範囲の確認<br>↓<br>②　要求事項の確認<br>↓ | ①　当社は、耐震計算を実施するに当たり、「設備リスト」「要目表」「系統図」等を用いて評価対象範囲を明確にする。<br><br>②　当社は、評価対象範囲について、技術基準規則（注１）の要求事項に基づき、JEAG4601-1991（追補版）の適用する規格等で規定されている適切な評価式を選定し、評価式を用いて手計算を実施する必要があることを確認する。 | （注１）<br>「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」（平成 25 年 6 月 28 日 原子力規制委員会規則第六号） |
| 手計算実施状況確認 | ③　計算条件の入力<br>（手計算実施者）<br>↓<br>④　手計算実施<br>（手計算実施者）<br>↓<br>⑤　入力条件の確認<br>（ダブルチェック者）<br>↓<br>計算シート入力値の修正が必要な場合 | ③　当社は、手計算を確実に実施するために、以下に示すとおり、計算条件を入力する。<br>・　手計算実施者は、JEAG4601-1991（追補版）等で規定される評価式による計算に必要なパラメータを「要目表」「図面」等より整理する。<br><br>④　当社は、手計算を確実に実施するために、以下に示すとおり、手計算の過程を明確にする。<br>・　手計算実施者は、JEAG4601-1991（追補版）等で規定される評価式に計算条件を当てはめ、計算式を作成する。<br>・　手計算実施者は、作成された計算式を用いて手計算を実施し、その過程及び結果を整理する。<br>・　手計算実施者は、正しいパラメータが入力されていることを確認する。<br><br>⑤　当社は、手計算を確実に実施するために、以下に示すとおり、入力条件を確認する。<br>・　ダブルチェック者は、計算に必要なパラメータが適切に収集されていることを確認する。<br>・　ダブルチェック者は、収集されたパラメータが整理されていることを確認する。<br>・　手計算実施者は、必要に応じ、入力の修正を行う。 | |
| 手計算結果確認 | ⑥　手計算結果の確認<br>（ダブルチェック者）<br>↓<br>計算シート入力値の修正が必要な場合<br>↓<br>⑦　品質記録の保管 | ⑥　当社は、手計算を確実に実施するために、以下に示すとおり、手計算の過程及び結果を確認する。<br>・　ダブルチェック者は、計算過程及び計算結果に正しいパラメータが入力されていることを確認する。<br>・　手計算実施者は、必要に応じ、入力の修正を行う。<br><br>⑦　当社は、耐震計算を実施するに当たり、計算結果を品質記録として保管する。 | |

# 本工事計画に係る設計の実績、工事及び検査の計画

## 核燃料物質の取扱施設及び貯蔵施設

| |
|---|
| 工事計画認可申請添付資料 11－2 |
| 玄海原子力発電所第 3 号機 |

# 施設ごとの設計及び工事に係る
# 品質管理の方法等に関する実績又は計画について

## 1. 概　要

本資料は、本文「設計及び工事に係る品質管理の方法等に関する事項」に基づく「核燃料物質の取扱施設及び貯蔵施設」の設計に係るプロセスの実績、工事及び検査に係るプロセスの計画について説明するものである。

## 2. 基本方針

玄海原子力発電所第３号機における「核燃料物質の取扱施設及び貯蔵施設」の設計に係るプロセスとその実績について、「設計及び工事に係る品質管理の方法等に関する説明書」に示した設計の段階ごとに、組織内外の部門関係、進捗実績及び具体的な活動実績について説明する。

工事及び検査に関する計画として、組織内外の部門関係、進捗実績及び具体的な活動計画について説明する。

## 3. 設計及び工事に係るプロセスとその実績又は計画

「設計及び工事に係る品質管理の方法等に関する説明書」に基づき実施した、玄海原子力発電所第３号機における「核燃料物質の取扱施設及び貯蔵施設」の設計の実績、工事及び検査の計画について、「設計及び工事に係る品質管理の方法等に関する説明書」の様式－１により示す。

# 本工事計画に係る設計の実績、工事及び検査の計画【核燃料物質の取扱施設及び貯蔵施設】

| 各段階 | | 設計、工事及び検査の業務フロー | | 組織内外の部門間の相互関係 ◎:主担当、○:関連 | | | 実績(○)／計画(△) | 実施の内容（設計、工事及び検査に係る品質管理の方法等に関する活動の実施結果） | | 備考 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 当社 | 供給者 | 本店 | 発電所 | 供給者 | | 業務実績又は業務計画 | 記録等 | |
| 設計 | 3.3.1 | 適合性確認対象設備に対する要求事項の明確化 | | ◎ | ○ | — | ○ | 本工事計画に必要な要求事項を、資料 11－1 の「3.3.1 適合性確認対象設備に対する要求事項の明確化」に示す事項とした。<br><br>原子燃料計画グループ長は、原子燃料計画グループの要員に、要求事項に関するインプットについて、その適切性をレビューさせた。また、その設計結果を社内決定文書として承認した。 | ・設計資料（社内決定文書）：玄海原子力発電所 3 号機使用済燃料貯蔵設備増強工事 工事計画設計資料<br>・設計・開発へのインプットレビューチェックシート | |
| 設計 | 3.3.2 | 各条文の対応に必要な適合性確認対象設備の選定 | | ◎ | ○ | — | ○ | 原子燃料計画グループの要員は、資料 11－1 の「3.3.2 各条文の対応に必要な適合性確認対象設備の選定」に基づき、既工事計画の設計結果、設置許可基準規則、安全審査指針、技術基準規則及び設置（変更）許可をインプットとして、設計基準対象施設及び重大事故等対処設備（特定重大事故等対処施設を除く。）に係る機能ごとに「核燃料物質の取扱施設及び貯蔵施設」を抽出し、その結果をアウトプットとして様式－2 に整理した。<br><br>原子燃料計画グループ長は、整理した様式－2 について、原子燃料計画グループの要員に、資料 11－1 の「3.3.1 適合性確認対象設備に対する要求事項の明確化」で明記している設計に必要な要求事項に対して必要な機器等が抜けなく抽出されているかの観点で確認させた。また、様式－2 を社内決定文書として承認した。 | ・既工事計画の設計結果（既に提出した工事計画及び既に認可された工事計画については、「既工事計画」という。）<br>・設置（変更）許可<br>・様式－2<br>・設計資料（社内決定文書）：玄海原子力発電所 3 号機使用済燃料貯蔵設備増強工事 工事計画設計資料 | |

| 各段階 | | 設計、工事及び検査の業務フロー | | 組織内外の部門間の相互関係<br>◎:主担当、○:関連 | | | 実績（○）／計画（△） | 実施の内容<br>（設計、工事及び検査に係る品質管理の方法等に関する活動の実施結果） | | 備考 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 当社 | 供給者 | 本店 | 発電所 | 供給者 | | 業務実績又は業務計画 | 記録等 | |
| 設計 | 3.3.3<br>(1) | 基本設計方針の作成（設計 1） | | ◎ | ○ | — | ○ | 原子燃料計画グループの要員は、資料 11－1 の「3.3.3 (1) 基本設計方針の作成（設計 1)」に基づき、技術基準規則をインプットとして、技術基準規則の条文単位での適用を明確にし、アウトプットとして、各条文と各施設における適用要否の考え方を様式－3 に取りまとめた。<br><br>原子燃料計画グループの要員は、様式－3 をインプットとして、条文と施設の関係を一覧に整理し、アウトプットとして様式－4 に取りまとめた。<br>原子燃料計画グループの要員は、実用炉規則別表第二、技術基準規則、様式－2 及び様式－4 をインプットとして、抽出した機器を実用炉規則別表第二の施設区分ごとに並べ替えるとともに、各機器に適用される技術基準規則の条項号及び条項号ごとに詳細な検討が必要となる項目を整理し、アウトプットとして、工認書類と本工事計画の関係を様式－5－1 に取りまとめた。<br><br>原子燃料計画グループの要員は、設置許可基準規則、技術基準規則及び設置（変更）許可をインプットとして、資料 11－1 の「3.3.1 適合性確認対象設備に対する要求事項の明確化」で明記した要求事項を満たすために必要な基本設計方針として、既工事計画の基本設計方針からの基本設計方針の変更要否を確認したうえで基本設計方針を作成し、アウトプットとして、各条文の設計の考え方を様式－6 に、要求事項との対比を明示した基本設計方針を様式－7 に取りまとめた。<br>原子燃料計画グループの要員は、基本設計方針、設置（変更）許可をインプットとして、既工事計画や他プラントの状況を参考にして、各機器の耐震重要度、機器クラス及び兼用する際の登録の考え方については様式－2、適合性確認対象設備に必要な工認書類との関連を様式－5－2 で明確にした。 | ・様式－2<br>・様式－3<br>・様式－4<br>・様式－5－1<br>・様式－5－2<br>・様式－6<br>・様式－7<br>・設置（変更）許可<br>・既工事計画の設計結果<br>・設計資料（社内決定文書）：玄海原子力発電所 3 号機使用済燃料貯蔵設備増強工事 工事計画設計資料<br>・設計・開発からのアウトプットレビューチェックシート | |

| 各段階 | | 設計、工事及び検査の業務フロー<br>当社 | | 設計、工事及び検査の業務フロー<br>供給者 | 組織内外の部門間の相互関係<br>◎:主担当、○:関連<br>本店 | 組織内外の部門間の相互関係<br>◎:主担当、○:関連<br>発電所 | 組織内外の部門間の相互関係<br>◎:主担当、○:関連<br>供給者 | 実績(○)／計画(△) | 実施の内容<br>(設計、工事及び検査に係る品質管理の方法等に関する活動の実施結果)<br>業務実績又は業務計画 | 実施の内容<br>(設計、工事及び検査に係る品質管理の方法等に関する活動の実施結果)<br>記録等 | 備考 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | 原子燃料計画グループ長は、原子燃料計画グループの要員が取りまとめた、様式－3、様式－4、様式－5－1、様式－5－2、様式－6及び様式－7について、原子燃料計画グループの要員に資料11－1の「3.3.1適合性確認対象設備に対する要求事項の明確化」で明記している設計に必要な要求事項に対して、設計方針が抜けなく設定されているかの観点でレビューさせた。また、その設計結果を社内決定文書として承認した。 | | |
| 設計 | 3.3.3<br>(2) | 適合性確認対象設備の各条文への適合性を確保するための設計（設計2） | | （3.5調達）<br>設備設計に係る調達管理の実施 | ◎ | ○ | — | ○ | 原子燃料計画グループの要員は、様式－2で抽出した機器に対し、詳細な検討が必要となる設計の要求事項を明記している様式－5－1、様式－5－2及び基本設計方針をインプットとして、該当する条文の基本設計方針に対する適合性を確保するための詳細設計を実施し、その結果をアウトプットとして取りまとめた。<br><br>原子燃料計画グループ長は、原子燃料計画グループの要員が取りまとめた、詳細設計の結果について、原子燃料計画グループの要員に資料11－1の「3.3.3(1) 基本設計方針の作成（設計1)」で明記している条文ごとの基本設計方針に対する必要な設計が行われているか、詳細な検討が必要な事項について設計が行われているかの2つの観点でレビューさせた。また、その設計結果を社内決定文書として承認した。<br><br>基本設計方針の設計要求事項ごとの詳細設計の実績を、その実績のレビュー、設計の体制及び外部との情報伝達に関する実施状況を含めて、以下の「1.」以降に示す。(【 】は、本工事計画内の資料との関連) | ・様式－2<br>・様式－5－1<br>・様式－5－2<br>・設計資料（社内決定文書）：玄海原子力発電所3号機使用済燃料貯蔵設備増強工事 工事計画設計資料<br>・設計・開発からのアウトプットレビューチェックシート | |

| 各段階 | | 設計、工事及び検査の業務フロー | | | 組織内外の部門間の相互関係<br>◎:主担当、○:関連 | | | 実績(○)／計画(△) | 実施の内容<br>(設計、工事及び検査に係る品質管理の方法等に関する活動の実施結果) | | 備考 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 当社 | | 供給者 | 本店 | 発電所 | 供給者 | | 業務実績又は業務計画 | 記録等 | |
| 設計 | 3.3.3<br>(2) | | | (3.5 調達)<br>設備設計に係る調達管理の実施 | ◎ | ○ | ○ | ○ | 1.本工事計画に係る調達管理<br>1.1 設計に係る調達業務の管理<br>調達を担当する組織の長は、資料 11－1 の「3.5 本工事計画における調達管理の方法」に基づく委託を以下に示すとおり実施した。<br>調達を担当する組織の長は、供給者が当社の要求事項に従って調達製品を供給する技術的な能力を判断の根拠として、供給者の技術的評価を実施した。<br>調達を担当する組織の長は、業務の重要度に応じた業務の区分を明確にした上で、重要度に応じた要求事項を明確にし、資材調達部門へ供給者の選定を依頼した。<br>資材調達部門は、供給者の技術的評価をインプットとして技術的評価が実施された供給者の中から、供給者の選定を実施した。<br>調達を担当する組織の長は、業務の内容に応じた以下の内容を含んだ調達仕様書を作成し、供給者へ要求した。<br>・仕様明細、設計要求事項、適用法令等に関する要求事項、品質保証要求事項、調達物品等の不適合の報告及び処理に係る要求事項、安全文化を醸成するための活動に関する必要な要求事項、解析業務に関する要求事項<br>供給者は調達仕様書をインプットとし、業務の実施にあたって必要な要求を取りまとめて調達業務を実施し、アウトプットとして業務にあたって必要な図書を、調達を担当する組織の長に提出した。<br>調達を担当する組織の長は、供給者から提出された業務にあたって必要な図書を審査し、製品に応じた必要な管理を実施した。<br>供給者は、調達仕様書をインプットとし、調達業務を実施し、その結果をアウトプットとして報告書を作成し、調達を担当する組織の長へ提出した。<br>調達を担当する組織の長は、供給者から提出された報告書が調達要求事項を満たしていることを確認し、承認した。 | ・供給者評価チェックシート<br>・調達仕様書<br>・納入図書チェックシート<br>・報告書 | |

| 各段階 | | 設計、工事及び検査の業務フロー | | | | 組織内外の部門間の相互関係<br>◎:主担当、○:関連 | | | 実績(○)／計画(△) | 実施の内容<br>(設計、工事及び検査に係る品質管理の方法等に関する活動の実施結果) | | 備考 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 当社 | | | 供給者 | 本店 | 発電所 | 供給者 | | 業務実績又は業務計画 | 記録等 | |
| 設計 | 3.3.3<br>(2) | | | | (3.5 調達)<br>設備設計に係る調達管理の実施 | ◎ | ○ | ○ | ○ | 1.2 設計に係る解析業務の管理<br>解析を含む調達について、調達を担当する組織の長は、「1.1 設計に係る調達業務の管理」に基づく管理に加え、以下に示すとおり解析の管理を実施した。<br>調達を担当する組織の長は、解析の調達管理において、業務の内容に応じた調達仕様書を作成し、供給者へ要求した。<br>供給者は、調達仕様書をインプットとして、資料 11－1 の「3.5 本工事計画における調達管理の方法」に基づく活動を実施するための計画を明確にし、アウトプットとして解析業務計画書にとりまとめ、調達を担当する組織の長の確認を得て提出した。<br>調達を担当する組織の長は、解析業務計画書をインプットとして、供給者において、力量がある要員の従事、解析業務従事者に対する意識付けの教育、コードの検証、入力クロスチェックの実施及び解析結果の検証等が行われることを確認した。<br>供給者は、解析業務計画書をインプットとして解析業務を実施し、その結果をアウトプットとして報告書を作成し、調達を担当する組織の長へ提出した。<br>調達を担当する組織の長は、解析の実施状況を確認するため、解析の各段階において、供給者が実施した入力根拠・入力結果の妥当性及び解析プログラム（解析コード）・入力データの適切性を確認した。<br>調達を担当する組織の長は、供給者が作成した報告書をインプットとして、供給者が実施した解析の結果を確認し、承認した。 | ・調達仕様書<br>・解析業務計画書<br>・解析業務チェックシート（解析業務計画書用）<br>・解析業務チェックシート（解析実施状況用）<br>・報告書<br>・解析業務チェックシート（委託報告書用） | |

| 各段階 | | 設計、工事及び検査の業務フロー | | | 組織内外の部門間の相互関係<br>◎:主担当、○:関連 | | | 実績（○）／計画（△） | 実施の内容<br>（設計、工事及び検査に係る品質管理の方法等に関する活動の実施結果） | | 備考 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 当社 | | 供給者 | 本店 | 発電所 | 供給者 | | 業務実績又は業務計画 | 記録等 | |
| 設計 | 3.3.3<br>(2) | | | | ◎ | ○ | ○ | ○ | 2. 地震による損傷防止に関する設計<br>2.1 耐震設計の基本方針<br>原子力工事グループの要員及び設計・解析グループの要員は、基本設計方針、既工事計画の設計結果、設置（変更）許可及びJEAG等の適用規格をインプットとして、以下の「2.2 耐震設計を行う設備の抽出」から「2.5 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」で実施する耐震設計を行うために必要となる項目（耐震重要度分類及び重大事故等対処施設の設備分類、設計用地震力、機能維持、構造計画、周辺斜面に対する考慮、材料に関する考慮並びに耐震計算の基本方針）の考え方を耐震設計の基本方針として取りまとめ、その結果をアウトプットとして設計資料（社内決定文書）に取りまとめた。<br><br>原子燃料計画グループ長は、原子力工事グループの要員及び設計・解析グループの要員が作成し報告を受けた設計資料を審査し、社内決定文書として承認した。<br>【耐震性に関する説明書】<br><br>2.2 耐震設計を行う設備の抽出<br>原子力工事グループの要員及び設計・解析グループの要員は、「2.1 耐震設計の基本方針」、様式－2及び設備図書をインプットとして、様式－2に記載された耐震重要度分類及び重大事故等対処施設の施設区分の情報を整理し、耐震評価を行う設備を抽出した。<br>原子力工事グループの要員及び設計・解析グループの要員は、下位クラス施設による耐震重要施設の安全機能又は常設耐震重要重大事故防止設備若しくは常設重大事故緩和設備の重大事故等に対処するために必要な機能への波及的影響を及ぼすおそれのある設備が、既工事計画から変更がないことを確認した。 | ・様式－2<br>・様式－5－2<br>・既工事計画の設計結果<br>・設備図書（登録前の一般図書含む）<br>・委託仕様書<br>・委託報告書<br>・委託業務の検証<br>・設置（変更）許可<br>・JEAG等の適用規格<br>・設計資料（社内決定文書）：玄海原子力発電所3号機使用済燃料貯蔵設備増強工事 工事計画設計資料 | |

| 各段階 | 設計、工事及び検査の業務フロー | | 組織内外の部門間の相互関係 ◎:主担当、○:関連 | | | 実績（○）／計画（△） | 実施の内容（設計、工事及び検査に係る品質管理の方法等に関する活動の実施結果） | | 備考 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 当社 | 供給者 | 本店 | 発電所 | 供給者 | | 業務実績又は業務計画 | 記録等 | |
| | | | | | | | 原子力工事グループの要員及び設計・解析グループの要員は、抽出した結果を整理し、耐震設計を行う設備の一覧を定め、設計資料（社内決定文書）に取りまとめた。<br><br>原子燃料計画グループ長は、原子力工事グループの要員及び設計・解析グループの要員が作成し報告を受けた設計資料を審査し、社内決定文書として承認した。<br>【耐震性に関する説明書】<br><br>2.3 耐震設計方針の明確化<br>原子力工事グループの要員及び設計・解析グループの要員は、「2.1 耐震設計の基本方針」、既工事計画の設計結果、設置（変更）許可及び JEAG 等の適用規格をインプットとして、耐震設計の全体的な方針について、地震応答解析、機能維持、波及的影響、水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せの各項目の詳細な方針を既工事計画と同じ方針とし、アウトプットとして社内決定文書（設計資料）に取りまとめた。<br><br>原子燃料計画グループ長は、原子力工事グループの要員及び設計・解析グループの要員が作成し報告を受けた設計資料を審査し、社内決定文書として承認した。<br>【耐震性に関する説明書】<br><br>2.4 使用済燃料ピット、使用済燃料ラック及び破損燃料容器ラックの耐震設計<br>原子力工事グループの要員及び設計・解析グループの要員は、使用 | | |

| 各段階 | 設計、工事及び検査の業務フロー | | 組織内外の部門間の相互関係<br>◎:主担当、○:関連 | | | 実績（○）／計画（△） | 実施の内容<br>（設計、工事及び検査に係る品質管理の方法等に関する活動の実施結果） | | 備考 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 当社 | 供給者 | 本店 | 発電所 | 供給者 | | 業務実績又は業務計画 | 記録等 | |
| | （3.5 調達）<br>設備設計に係る調達管理の実施 | | | | | | 済燃料ピット、使用済燃料ラック及び破損燃料容器ラックの耐震設計を以下の(1)～(2)に示すとおり実施した。<br><br>(1) 使用済燃料ピット、使用済燃料ラック及び破損燃料容器ラックに適用する地震力の算定<br>a.原子炉格納容器及び原子炉周辺建屋の地震応答解析<br>設計・解析グループの要員は、使用済燃料ピット、使用済燃料ラック及び破損燃料容器ラックの耐震設計に用いる地震応答解析について、以下に示すとおり実施した。<br>設計・解析グループの要員は、「2.4(1)a.(a) 基本方針の設定」で地震応答解析の基本方針を設定した。<br>設計・解析グループ長は、地震応答解析の基本方針、既工事計画及び設備図書をインプットとして、「2.4(1)a.(b) 解析方法の設定」及び「2.4(1)a.(c) 地震応答解析の実施」を実施するための委託仕様書を作成し、「1.2 設計に係る解析業務の管理」に従い、調達管理を実施した。<br><br>(a) 基本方針の設定<br>設計・解析グループの要員は、「2.1 耐震設計の基本方針」で定めた基本方針、設備図書、「2.3 耐震設計方針の明確化」で定めた耐震設計方針をインプットとして、原子炉格納容器及び原子炉周辺建屋の地震応答解析を行うための評価方針、フロー及び適用規格を検討して、地震応答解析の基本方針を設定し、アウトプットとして設計資料（社内決定文書）に取りまとめた。<br><br>(b) 解析方法の設定<br>設計・解析グループの要員は、供給者に対し、地震応答解析 | | |

| 各段階 | 設計、工事及び検査の業務フロー<br>当社 | 供給者 | 組織内外の部門間の相互関係<br>◎:主担当、○:関連<br>本店 | 発電所 | 供給者 | 実績（○）／計画（△） | 実施の内容<br>（設計、工事及び検査に係る品質管理の方法等に関する活動の実施結果）<br>業務実績又は業務計画 | 記録等 | 備考 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | を行うための入力地震動、地震応答解析モデル、解析方法及び解析条件の設定を要求した。<br>供給者は、設計・解析グループの要員からの要求を受けて、「2.4(1)a.(a) 基本方針の設定」で定めた評価方針、当社から提供した既工事計画及び設備図書をインプットとして、原子炉格納容器及び原子炉周辺建屋の地震応答解析の方法を以下に示すとおり設定した。<br><br>イ.入力地震動<br>供給者は、「2.4(1)a.(a) 基本方針の設定」で定めた評価方針及び設備図書をインプットとして、地震応答解析に用いる地震力について、設置（変更）許可を受けた基準地震動 Ss 又は弾性設計用地震動 Sd を選択し、アウトプットとして設置位置における基礎地盤の地質・速度構造等を考慮した入力地震動に取りまとめた。<br><br>ロ.地震応答解析モデル<br>供給者は、「2.4(1)a.(a) 基本方針の設定」で定めた評価方針及び設備図書をインプットとして、地震応答解析に用いる解析モデルについて、解析モデルの設定方法及び諸元を整理し、アウトプットとして地震応答解析モデルの図面及び諸元表に取りまとめた。<br><br>ハ.解析方法<br>供給者は、「2.4(1)a.(a) 基本方針の設定」で定めた評価方針、解析モデルの図面及び諸元表をインプットとして、地震応答解析に用いる解析コード及び解析方法を設定し、アウトプットとして解析方法に取りまとめた。 | | |

| 各段階 | 設計、工事及び検査の業務フロー | | 組織内外の部門間の相互関係<br>◎:主担当、○:関連 | | | 実績（○）／計画（△） | 実施の内容<br>（設計、工事及び検査に係る品質管理の方法等に関する活動の実施結果） | | 備考 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 当社 | 供給者 | 本店 | 発電所 | 供給者 | | 業務実績又は業務計画 | 記録等 | |
| | | | | | | | ニ.解析条件<br>供給者は、「2.4(1)a.(a) 基本方針の設定」で定めた評価方針、解析モデルの図面及び諸元表をインプットとして、地震応答解析に用いる解析コード、解析条件及び物性値等の諸元を整理し、アウトプットとして解析条件及び諸元表に取りまとめた。<br><br>(c) 地震応答解析の実施<br>設計・解析グループの要員は供給者に対し、「2.4(1)a.(b) 解析方法の設定」に基づく地震応答解析を要求した。<br><br>供給者は、設計・解析グループの要員からの要求を受けて、「2.4(1)a.(b)解析方法の設定」で定めた評価方針をインプットとして、地震応答解析を実施し、アウトプットとして地震応答解析結果に取りまとめた。<br><br>供給者は、取りまとめたこれらの結果について設計・解析グループの要員により解析方法の設定及び解析方法の設定に基づく地震応答解析の評価が妥当であることの確認を受け、アウトプットとして委託報告書を作成し、当社に提出した。<br><br>設計・解析グループ長は、供給者が提出した委託報告書を設計・解析グループの要員に検証させ、承認した。<br><br>設計・解析グループの要員は、委託報告書をインプットとして、原子炉格納容器及び原子炉周辺建屋の地震応答解析として取りまとめ、アウトプットとして設計資料（社内決定文書）に取りまとめた。 | | |

| 各段階 | 設計、工事及び検査の業務フロー<br>当社 | 供給者 | 組織内外の部門間の相互関係<br>◎:主担当、○:関連<br>本店 | 発電所 | 供給者 | 実績（○）／計画（△） | 実施の内容<br>（設計、工事及び検査に係る品質管理の方法等に関する活動の実施結果）<br>業務実績又は業務計画 | 記録等 | 備考 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | （3.5 調達）設備設計に係る調達管理の実施 | | | | | b.設計用床応答曲線の作成<br>(a) 設計用床応答曲線の作成方針の設定<br>原子力工事グループの要員は、「2.1 耐震設計の基本方針」をインプットとして、床応答スペクトル解析の方針を検討し、設計用床応答曲線の作成方針を定め、アウトプットとして設計資料（社内決定文書）に取りまとめた。<br><br>(b) 設計用床応答曲線の作成<br>原子燃料計画グループ長は、「2.4(1)b.(a) 設計用床応答曲線の作成方針の設定」をインプットとして、設計用床応答曲線を作成するための委託仕様書を作成し、「1.2 設計に係る解析業務の管理」に従い、調達管理を実施した。<br>原子力工事グループの要員は、解析のインプットとして、「2.4(1)a. 原子炉格納容器及び原子炉周辺建屋の地震応答解析」で設計・解析グループ長が調達した地震応答解析結果を、供給者に提供した。<br>原子力工事グループの要員は、原子燃料計画グループ長が行った委託の中で、供給者に対し、設計用床応答曲線の作成を要求した。<br>供給者は、原子力工事グループからの要求を受けて、当社から提供した地震応答解析結果をインプットとして、床応答時刻歴から床応答曲線を作成し、床応答曲線が方針どおりに作成されていることを確認し、アウトプットとして設計用床応答曲線を取りまとめた。<br>供給者は、原子力工事グループより設計用床応答曲線が適切に作成されていることの確認を受け、その結果をアウトプットとして、委託報告書を作成し、当社に提出した。 | | |

| 各段階 | 設計、工事及び検査の業務フロー | | 組織内外の部門間の相互関係<br>◎:主担当、○:関連 | | | 実績（○）／計画（△） | 実施の内容<br>（設計、工事及び検査に係る品質管理の方法等に関する活動の実施結果） | | 備考 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 当社 | 供給者 | 本店 | 発電所 | 供給者 | | 業務実績又は業務計画 | 記録等 | |
| | （3.5 調達）設備設計に係る調達管理の実施 | | | | | | 原子力燃料計画グループ長は、原子力工事グループの要員の確認を受けて供給者が提出した委託報告書を原子力燃料計画グループの要員に検証させ、承認した。<br>原子力工事グループの要員は、委託報告書をインプットとし設計用床応答曲線の作成方針として取りまとめ、その結果をアウトプットとして設計資料（社内決定文書）に取りまとめた。<br><br>(2) 使用済燃料ピット、使用済燃料ラック及び破損燃料容器ラックの耐震評価<br>原子力工事グループの要員及び設計・解析グループの要員は、「2.4(2)a. 使用済燃料ピット、使用済燃料ラック及び破損燃料容器ラックの耐震評価方針の設定」で耐震評価の基本方針を設定した。<br>原子燃料計画グループ長及び設計・解析グループ長は、耐震評価の基本方針をインプットとして、「2.4(2)b. 使用済燃料ピット、使用済燃料ラック及び破損燃料容器ラックの耐震評価方法の設定」及び「2.4(2)c. 使用済燃料ピット、使用済燃料ラック及び破損燃料容器ラックの耐震評価の実施」を実施するための委託仕様書を作成し、「1.2 設計に係る解析業務の管理」に従い、調達管理を実施した。<br><br>a.使用済燃料ピット、使用済燃料ラック及び破損燃料容器ラックの耐震評価方針の設定<br>原子力工事グループの要員及び設計・解析グループの要員は、「2.4 (1)a.(a) 基本方針の設定」をインプットとして、解析フロー及び適用規格を検討し、アウトプットとして耐震評価に係る基本方針を定め、設計資料（社内決定文書）に取りまとめた。 | | |

| 各段階 | 設計、工事及び検査の業務フロー<br>当社 | 設計、工事及び検査の業務フロー<br>供給者 | 組織内外の部門間の相互関係<br>◎:主担当、○:関連<br>本店 | 組織内外の部門間の相互関係<br>◎:主担当、○:関連<br>発電所 | 組織内外の部門間の相互関係<br>◎:主担当、○:関連<br>供給者 | 実績（○）／計画（△） | 実施の内容<br>（設計、工事及び検査に係る品質管理の方法等に関する活動の実施結果）<br>業務実績又は業務計画 | 実施の内容<br>（設計、工事及び検査に係る品質管理の方法等に関する活動の実施結果）<br>記録等 | 備考 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | b. 使用済燃料ピット、使用済燃料ラック及び破損燃料容器ラックの耐震評価方法の設定<br>設計・解析グループの要員は、設計・解析グループ長が行った委託の中で、供給者に対し、使用済燃料ピットの耐震評価に係る方法の設定を要求した。<br>原子力工事グループの要員は、原子燃料計画グループ長が行った委託の中で、供給者に対し、使用済燃料ラック及び破損燃料容器ラックの耐震評価に係る方法の設定を要求した。<br>供給者は、原子力工事グループの要員及び設計・解析グループの要員からの要求を受けて、「2.4(2)a. 使用済燃料ピット、使用済燃料ラック及び破損燃料容器ラックの耐震評価方針の設定」をインプットとして、以下に示すとおり耐震評価方法を設定した。<br><br>イ. 使用済燃料ピット、使用済燃料ラック及び破損燃料容器ラックの耐震評価箇所の設定<br>供給者は、「2.4(2)a. 使用済燃料ピット、使用済燃料ラック及び破損燃料容器ラックの耐震評価方針の設定」をインプットとして、評価対象設備の耐震評価箇所を確認し、アウトプットとして設備ごとに耐震評価箇所を取りまとめた。<br><br>ロ. 使用済燃料ピット、使用済燃料ラック及び破損燃料容器ラックの地震応答解析の実施<br>供給者は、「2.4(2)a. 使用済燃料ピット、使用済燃料ラック及び破損燃料容器ラックの耐震評価方針の設定」をインプットとして、解析手法の概要及び解析コード等を確認し、アウトプットとして使用済燃料ピット、使用済燃料ラック及び破損燃料容器ラックの地震応答解析の基本方針を取りまとめ、以下に示すとおり地震応答解析の方法を設定し、実施した。 | | |

| 各段階 | 設計、工事及び検査の業務フロー | | 組織内外の部門間の相互関係<br>◎:主担当、○:関連 | | | 実績（○）／計画（△） | 実施の内容<br>（設計、工事及び検査に係る品質管理の方法等に関する活動の実施結果） | | 備考 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 当社 | 供給者 | 本店 | 発電所 | 供給者 | | 業務実績又は業務計画 | 記録等 | |
| | | | | | | | ・設計用地震力<br>供給者は、「2.4(2)a. 使用済燃料ピット、使用済燃料ラック及び破損燃料容器ラックの耐震評価方針の設定」をインプットとして、設備の配置及び減衰定数に応じ、「2.4(1)b. 設計用床応答曲線の作成」で作成した設計用床応答曲線から設計用地震力を設定し、アウトプットとして設計用地震力を取りまとめた。<br><br>・解析モデル及び諸元<br>供給者は、「2.4(2)a. 使用済燃料ピット、使用済燃料ラック及び破損燃料容器ラックの耐震評価方針の設定」をインプットとして、既工事計画実績及び設備の構造を踏まえ、質量、材料及び寸法等の情報を整理し、アウトプットとして解析モデル及び諸元を取りまとめた。<br><br>・地震応答解析の実施<br>供給者は、地震応答解析の基本方針、設計用地震力、解析モデル及び諸元をインプットとして、地震応答解析を実施し、アウトプットとして使用済燃料ピット、使用済燃料ラック及び破損燃料容器ラックの地震応答解析結果を取りまとめた。<br><br>ハ. 使用済燃料ピット、使用済燃料ラック及び破損燃料容器ラックの応力評価方法の設定<br>供給者は、「2.4(2)a. 使用済燃料ピット、使用済燃料ラック及び破損燃料容器ラックの耐震評価方針の設定」をインプットとして、応力評価手法の概要、解析コード等を確認し、アウトプットとして使用済燃料ピット、使用済燃料ラック及び | | |

| 各段階 | 設計、工事及び検査の業務フロー<br>当社 | 設計、工事及び検査の業務フロー<br>供給者 | 組織内外の部門間の相互関係<br>◎:主担当、○:関連<br>本店 | 組織内外の部門間の相互関係<br>◎:主担当、○:関連<br>発電所 | 組織内外の部門間の相互関係<br>◎:主担当、○:関連<br>供給者 | 実績（○）／計画（△） | 実施の内容<br>（設計、工事及び検査に係る品質管理の方法等に関する活動の実施結果）<br>業務実績又は業務計画 | 実施の内容<br>（設計、工事及び検査に係る品質管理の方法等に関する活動の実施結果）<br>記録等 | 備考 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | 破損燃料容器ラックの応力評価の基本方針を取りまとめ、以下に示すとおり応力評価の方法を設定した。<br><br>・荷重の組合せ及び許容応力<br>供給者は、「2.4(2)a. 使用済燃料ピット、使用済燃料ラック及び破損燃料容器ラックの耐震評価方針の設定」をインプットとして、応力評価において考慮する荷重の組合せと適用する許容応力状態を確認し、アウトプットとして使用済燃料ピット、使用済燃料ラック及び破損燃料容器ラックの荷重の組合せと許容限界を取りまとめた。<br><br>・応力評価における荷重等の条件<br>供給者は、「2.4(2)a. 使用済燃料ピット、使用済燃料ラック及び破損燃料容器ラックの耐震評価方針の設定」をインプットとして、応力評価に用いる荷重を整理し、アウトプットとして使用済燃料ピット、使用済燃料ラック及び破損燃料容器ラックの応力評価における荷重等の条件を取りまとめた。<br><br>・形状及び寸法又は解析モデル及び諸元<br>供給者は、「2.4(2)a. 使用済燃料ピット、使用済燃料ラック及び破損燃料容器ラックの耐震評価方針の設定」をインプットとして、既工事計画実績及び設備の構造を踏まえ質量、材料及び寸法等の情報を整理し、アウトプットとして使用済燃料ピット、使用済燃料ラック及び破損燃料容器ラックの応力評価に用いる形状、寸法及び材料又は解析モデルを取りまとめた。 | | |

| 各段階 | 設計、工事及び検査の業務フロー<br>当社 | 設計、工事及び検査の業務フロー<br>供給者 | 組織内外の部門間の相互関係<br>◎:主担当、○:関連<br>本店 | 組織内外の部門間の相互関係<br>◎:主担当、○:関連<br>発電所 | 組織内外の部門間の相互関係<br>◎:主担当、○:関連<br>供給者 | 実績（○）／計画（△） | 実施の内容<br>（設計、工事及び検査に係る品質管理の方法等に関する活動の実施結果）<br>業務実績又は業務計画 | 実施の内容<br>（設計、工事及び検査に係る品質管理の方法等に関する活動の実施結果）<br>記録等 | 備考 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | ・応力評価方法<br>供給者は、「2.4(2)a. 使用済燃料ピット、使用済燃料ラック及び破損燃料容器ラックの耐震評価方針の設定」をインプットとして、荷重の組合せと許容限界、自重及び荷重、形状、寸法及び材料又は解析モデル及び諸元を用いて応力を算出する方法を整理し、アウトプットとして使用済燃料ピット、使用済燃料ラック及び破損燃料容器ラックの応力評価方法を取りまとめた。<br><br>c. 使用済燃料ピット、使用済燃料ラック及び破損燃料容器ラックの耐震評価の実施<br>原子力工事グループの要員及び設計・解析グループの要員は、原子燃料計画グループ長及び設計・解析グループ長が行った委託の中で、供給者に対し、「2.4(2)b. 使用済燃料ピット、使用済燃料ラック及び破損燃料容器ラックの耐震評価方法の設定」に基づいた使用済燃料ピット、使用済燃料ラック及び破損燃料容器ラックの耐震評価を要求した。<br>供給者は、原子力工事グループの要員及び設計・解析グループの要員からの要求を受けて、「2.4(2)b. 使用済燃料ピット、使用済燃料ラック及び破損燃料容器ラックの耐震評価方法の設定」をインプットとして、耐震評価を実施し、耐震評価結果が評価基準値を満足していることを確認し、アウトプットとして耐震評価結果に取りまとめた。<br>供給者は、原子力工事グループの要員及び設計・解析グループの要員より、評価が「2.4(2)b. 使用済燃料ピット、使用済燃料ラック及び破損燃料容器ラックの耐震評価方法の設定」で定めた評価方針に従っており、評価が妥当であることの確認を受け、その結果をアウトプットとして、委託報告書を作成し、当社に提出し | | |

| 各段階 | 設計、工事及び検査の業務フロー<br>当社 | 供給者 | 組織内外の部門間の相互関係<br>◎:主担当、○:関連<br>本店 | 発電所 | 供給者 | 実績（○）／計画（△） | 実施の内容<br>（設計、工事及び検査に係る品質管理の方法等に関する活動の実施結果）<br>業務実績又は業務計画 | 記録等 | 備考 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | た。<br>原子燃料計画グループ長及び設計・解析グループ長は、原子力工事グループの要員の確認を受けて供給者が提出した委託報告書を原子燃料計画グループの要員及び設計・解析グループの要員に検証させ、承認した。<br><br>原子力工事グループの要員及び設計・解析グループの要員は、委託報告書をインプットとして、使用済燃料ピット、使用済燃料ラック及び破損燃料容器ラックの耐震評価結果として取りまとめ、アウトプットとして設計資料（社内決定文書）に取りまとめた。<br><br>原子燃料計画グループ長は、原子力工事グループの要員及び設計・解析グループの要員が作成し報告を受けた設計資料を審査し、社内決定文書として承認した。<br>【耐震性に関する説明書】<br><br>2.5 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<br>原子力工事グループの要員及び設計・解析グループの要員は、使用済燃料ピット、使用済燃料ラック及び破損燃料容器ラックの耐震設計について、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について、以下に示すとおり実施した。<br><br>原子燃料計画グループ長及び設計・解析グループ長は、「2.4 使用済燃料ピット、使用済燃料ラック及び破損燃料容器ラックの耐震設計」をインプットとして、使用済燃料ピット、使用済燃料ラック及び破損燃料容器ラックの水平2方向及び鉛直方向地震力に対する影響評価を実施するための委託仕様書を作成し、「1.2 設計に係る解析 | | |
| | | （3.5 調達）設備設計に係る調達管理の実施 | | | | | | | |

| 各段階 | 設計、工事及び検査の業務フロー | | 組織内外の部門間の相互関係<br>◎:主担当、○:関連 | | | 実績（○）／計画（△） | 実施の内容<br>（設計、工事及び検査に係る品質管理の方法等に関する活動の実施結果） | | 備考 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 当社 | 供給者 | 本店 | 発電所 | 供給者 | | 業務実績又は業務計画 | 記録等 | |
| | | | | | | | 業務の管理」に従い、調達管理を実施した。<br>原子力工事グループの要員及び設計・解析グループの要員は、原子燃料計画グループ長及び設計・解析グループ長が行った委託の中で、供給者に対し、水平２方向及び鉛直方向地震力に対する影響評価を行うための、地震力の組合せの影響評価部位の抽出及び影響評価を要求した。<br><br>(1) 水平２方向及び鉛直方向の組合せの評価部位の抽出<br>供給者は、「2.1 耐震設計の基本方針」及び「2.4 使用済燃料ピット、使用済燃料ラック及び破損燃料容器ラックの耐震設計」をインプットとして、耐震評価上の構成部位及び応答特性を整理したうえで、使用済燃料ピット、使用済燃料ラック及び破損燃料容器ラックにおいて、水平２方向及び鉛直方向地震力の影響を受ける可能性がある耐震評価部位を抽出し、アウトプットとして、評価部位の抽出結果表に取りまとめた。<br><br>(2) 水平２方向及び鉛直方向地震力の影響評価<br>供給者は、「2.1 耐震設計の基本方針」及び「2.5(1).水平２方向及び鉛直方向の組合せの評価部位の抽出」をインプットとして、水平２方向及び鉛直方向地震力の影響を受ける可能性があるとして抽出した耐震評価部位について、影響評価方針に基づき基準地震動Ss－１からSs－５を用いた影響評価を行い、使用済燃料ピット、使用済燃料ラック及び破損燃料容器ラックが有する耐震性への影響がないことを確認し、アウトプットとして影響評価結果表に取りまとめた。<br><br>供給者は、原子力工事グループの要員及び設計・解析グループの要員より、影響評価が妥当であることの確認を受け、その結果をア | | |

| 各段階 | 設計、工事及び検査の業務フロー | | 組織内外の部門間の相互関係<br>◎:主担当、○:関連 | | | 実績（○）／計画（△） | 実施の内容<br>（設計、工事及び検査に係る品質管理の方法等に関する活動の実施結果） | | 備考 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 当社 | 供給者 | 本店 | 発電所 | 供給者 | | 業務実績又は業務計画 | 記録等 | |
| | | | | | | | ウトプットとして、委託報告書を作成し、当社に提出した。<br>原子燃料計画グループ長及び設計・解析グループ長は、原子力工事グループの要員の確認を受けて供給者が提出した委託報告書を原子燃料計画グループの要員及び設計・解析グループの要員に検証させ、承認した。<br><br>原子力工事グループの要員及び設計・解析グループの要員は、委託報告書をインプットとし、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として取りまとめ、アウトプットとして設計資料（社内決定文書）に取りまとめた。<br><br>原子燃料計画グループ長は、原子力工事グループの要員及び設計・解析グループの要員が作成し報告を受けた設計資料を審査し、社内決定文書として承認した。<br>【耐震性に関する説明書】 | | |

| 各段階 | | 設計、工事及び検査の業務フロー | | | 組織内外の部門間の相互関係<br>◎:主担当、○:関連 | | | 実績(○)／計画(△) | 実施の内容<br>(設計、工事及び検査に係る品質管理の方法等に関する活動の実施結果) | | 備考 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 当社 | | 供給者 | 本店 | 発電所 | 供給者 | | 業務実績又は業務計画 | 記録等 | |
| 設計 | 3.3.3<br>(2) | | | | ◎ | — | — | ○ | 3.自然現象等への配慮に関する設計<br>3.1 自然現象等への配慮に関する基本方針<br>原子力経年対策グループの要員は、基本設計方針及び自然現象に関する説明書をインプットとして「自然現象」及び「人為事象」となる事象を確認し、自然現象等への配慮に関する基本方針を以下の通り取りまとめた。<br>取りまとめとしては、「3.1.1 基本方針」で基本方針を定め、基本方針に基づき、影響を評価する対象として抽出された竜巻に対する影響評価の設計方針を「3.1.2 外部からの衝撃への配慮」で設定し、設計竜巻による荷重を「3.1.3 設計竜巻による荷重」で設定した。<br>3.1.1 基本方針<br>(1) 自然現象<br>原子力経年対策グループの要員は、基本設計方針及び自然現象に関する説明書をインプットとして、竜巻への配慮を評価の対象として抽出し、竜巻による損傷の防止に関する基本方針を定め、アウトプットとして設計資料（社内決定文書）に取りまとめた。<br>(2) 組合せ<br>原子力経年対策グループの要員は、基本設計方針及び自然現象に関する説明書をインプットとして、影響評価を行い、組み合せる荷重の考え方を整理し、その結果を組合せの基本方針として定め、アウトプットとして設計資料（社内決定文書）に取りまとめた。<br>3.1.2 外部からの衝撃への配慮<br>(1) 竜巻<br>原子力経年対策グループの要員は、「3.1.1 (1)自然現象」で定めた自然現象による損傷の防止に関する基本方針、自然現象に関する説明書及び基本設計方針をインプットとして、竜巻に対する設計の方針を設計上の配慮事項として定め、その結果をアウトプットとして設計資料（社内決定文書）に取りまとめた。 | ・様式－2<br>・既工事計画<br>・設備図書（登録前の一般図書含む）<br>・設計資料（社内決定文書）：玄海原子力発電所 3 号機 使用済燃料貯蔵設備増強工事 工事計画設計資料 | |

| 各段階 | 設計、工事及び検査の業務フロー | | 組織内外の部門間の相互関係<br>◎:主担当、○:関連 | | | 実績(○)／計画(△) | 実施の内容<br>(設計、工事及び検査に係る品質管理の方法等に関する活動の実施結果) | | 備考 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 当社 | 供給者 | 本店 | 発電所 | 供給者 | | 業務実績又は業務計画 | 記録等 | |
| | | | | | | | また原子力経年対策グループの要員は、竜巻に対する具体的な設計を「3.2 竜巻影響評価」で実施した。<br>3.1.3 設計竜巻による荷重<br>原子力経年対策グループの要員は、設置（変更）許可を受けた設計竜巻による設計荷重を、以下の通り決定した。<br>(1) 設計竜巻による設計荷重<br>原子力経年対策グループは、防護する対象として抽出された燃料集合体に対する評価の条件に関する方針を決定し、その結果をアウトプットとして設計資料（社内決定文書）に取りまとめた。<br>3.2 竜巻影響評価<br>3.2.1 基本方針<br>原子力経年対策グループの要員は基本設計方針をインプットとして、竜巻に対する設計の方針を設計上の配慮事項として定め、その結果をアウトプットとして設計資料（社内決定文書）に取りまとめた。<br>3.2.2 燃料集合体の強度評価条件<br>原子力経年対策グループの要員は、「3.1.1 基本方針」に基づき、設備図書をインプットとして、設計飛来物に対する燃料集合体の強度評価の条件、許容限界を設定し、その結果をアウトプットとして設計資料（社内決定文書）に取りまとめた。<br>3.2.3 燃料集合体の強度評価<br>原子力経年対策グループの要員は「3.2.2 燃料集合体の強度評価条件」に基づき、設計飛来物が燃料集合体へ衝突した場合においても燃料集合体の構造健全性が維持されることを確認し、その結果をアウトプットとして設計資料（社内決定文書）に取りまとめた。<br><br>【発電用原子炉施設の自然現象等による損傷の防止に関する説明書】<br>【燃料集合体の強度計算書】 | | |

| 各段階 | | 設計、工事及び検査の業務フロー | | | | 組織内外の部門間の相互関係<br>◎:主担当、○:関連 | | | 実績（○）／計画（△） | 実施の内容<br>（設計、工事及び検査に係る品質管理の方法等に関する活動の実施結果） | | 備考 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 当社 | | | 供給者 | 本店 | 発電所 | 供給者 | | 業務実績又は業務計画 | 記録等 | |
| 設計 | 3.3.3<br>(2) | | | | | ◎ | — | — | ○ | 4.溢水による損傷防止設計<br>4.1 基本方針の設定<br>原子力経年対策グループの要員は、基本設計方針及び溢水防護説明書をインプットとして、溢水防護の設計に関する基本方針を定め、その結果をアウトプットとして、設計資料（社内決定文書）に取りまとめた。<br>4.2 防護すべき設備の設定<br>原子力経年対策グループは基本設計及び溢水防護説明書をインプットとして、防護すべき設備の設定方針を定め、その結果をアウトプットとして、設計資料（社内決定文書）に取りまとめた。<br>4.3 評価の実施<br>原子力経年対策グループの要員は基本設計方針及び溢水防護説明書をインプットとして、「4.3.1 溢水源及び溢水量の設定」を基に「4.3.2. 溢水影響に関する評価」に基づく評価を実施し、その評価結果により、使用済燃料ピットが安全機能を損なわないことを確認した。<br>4.3.1 溢水源及び溢水量の設定<br>a．地震起因による溢水源及び溢水量の設定<br>原子力経年対策グループの要員は、本工事計画に係わる設備図書をインプットとして、使用済燃料ピットスロッシングによる発生する溢水量を算出し、設計資料（社内決定文書）に取りまとめた。<br>4.3.2 溢水影響に関する評価<br>a．使用済燃料ピットの機能維持に関する溢水評価<br>原子力経年対策グループの要員は、「4.3.1 溢水源及び溢水量の設定」において算出した溢水量をインプットとして、使用済燃料ピットの冷却機能、給水機能及び遮蔽機能に与える影響について評価した。その結果をアウトプットとして設計資料（社内決定文書）に取りまとめた。<br>【発電用原子炉施設の溢水防護に関する説明書】 | ・様式－2<br>・既工事計画<br>・設備図書<br>・設置（変更）許可<br>・設計資料(社内決定文書):<br>玄海原子力発電所 3 号機使用済燃料貯蔵設備増強工事 工事計画設計資料 | |

| 各段階 | | 設計、工事及び検査の業務フロー | | | | 組織内外の部門間の相互関係<br>◎:主担当、○:関連 | | | 実績(○)／計画(△) | 実施の内容<br>(設計、工事及び検査に係る品質管理の方法等に関する活動の実施結果) | | 備考 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 当社 | | | 供給者 | 本店 | 発電所 | 供給者 | | 業務実績又は業務計画 | 記録等 | |
| 設計 | 3.3.3<br>(2) | | | | | ◎ | — | ○ | ○ | 5.健全性に関する設計<br>原子燃料計画グループは、使用済燃料貯蔵能力増強後の使用済燃料ピット（ラックを含む。以下同じ。）を対象に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を以下に示すとおり行った。<br>なお、健全性に関する設備設計のうち、地震については、「2.地震による損傷防止に関する設計」に基づき原子力工事グループが、自然現象については、「3.自然現象等への配慮に関する設計」に基づき原子力経年対策グループが、それぞれ評価を行った。<br><br>(1) 多重性又は多様性及び独立性並びに位置的分散<br>a.基本方針及び対象設備の設定<br>原子燃料計画グループの要員は、基本設計方針をインプットとして、既工事計画での、使用済燃料ピットに対する設計から基本方針に変更の必要がないことを確認し、その結果をアウトプットとして基本方針を定めた。<br><br>b.重大事故等対処設備<br>原子燃料計画グループの要員は、取替後の使用済燃料ピットの健全性に関する設計方針（多重性又は多様性及び独立性並びに位置的分散）及び設備図書並びに配置図をインプットとして、使用済燃料ピットの重大事故等対処設備としての機能並びに設置場所を確認することで、設計が基本方針（多重性又は多様性及び独立性並びに位置的分散）を満足することを確認し、アウトプットとして使用済燃料ピットの多重性又は多様性及び独立性の考慮内容を設計資料（社内決定文書）に取りまとめた。<br><br>(2) 悪影響防止<br>a.基本方針及び対象設備の設定<br>原子燃料計画グループの要員は、基本設計方針をインプットとして、使用済燃料貯蔵能力増強後の使用済燃料ピットが他の設備に悪影響を及ぼす要因として地震による影響を抽出し、健全性に関する設計方針（悪影響防止）をアウトプットとして基本方針に定めた。<br><br>b.重大事故等対処設備<br>原子燃料計画グループの要員は、使用済燃料貯蔵能力増強後の使用済燃料ピットの健全性に関する設計方針（悪影響防止）及び設備図書及び既工事計画をインプットとして、関 | ・委託仕様書<br>・報告書<br>・設置（変更）許可<br>・既工事計画<br>・設計資料（社内決定文書）：玄海原子力発電所 3 号機使用済燃料貯蔵設備増強工事　工事計画設計資料 | |

| 各段階 | 設計、工事及び検査の業務フロー | | 組織内外の部門間の相互関係<br>◎:主担当、○:関連 | | | 実績(○)／計画(△) | 実施の内容<br>(設計、工事及び検査に係る品質管理の方法等に関する活動の実施結果) | | 備考 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 当社 | 供給者 | 本店 | 発電所 | 供給者 | | 業務実績又は業務計画 | 記録等 | |
| | | (3.5 調達)<br>設備設計に係る調達管理の実施 | | | | | 連する悪影響を及ぼす要因の影響により、他の設備に悪影響を及ぼさないための健全性に関する設備設計を実施するとともに、設計が基本方針（悪影響防止）を満足することを確認し、アウトプットとして設計資料（社内決定文書）に取りまとめた。<br><br>(3) 環境条件等<br>a.基本方針及び対象設備の設定<br>原子燃料計画グループの要員は、基本設計方針をインプットとして、環境条件等を、環境圧力、環境温度及び湿度による影響並びに放射線による影響、海水を通水する系統への影響、周辺機器等からの悪影響に分類し、アウトプットとして、分類した項目ごとに健全性に関する設計方針（環境条件等）を基本方針に定めた。<br><br>b.環境条件の設定と評価（環境圧力、環境温度及び湿度による影響、放射線による影響）<br>原子燃料計画グループ長は、本工事計画に必要な設計を行うための委託仕様書を作成し、「1.1 設計に係る調達業務の管理」に基づく調達管理を実施した。<br><br>原子燃料計画グループの要員は、原子燃料計画グループ長が行った委託の中で供給者に対し、設備の設置場所における環境条件（環境圧力、環境温度、湿度、放射線）を要求した。<br>供給者は、原子燃料計画グループからの要求を受けて、当社から提供した健全性に関する設計方針（環境条件等）及び既工事計画をインプットとして、設備の設置場所における環境条件（環境圧力、環境温度、湿度、放射線）を取り纏め、アウトプットとして報告書を作成し、当社に提出した。<br>原子燃料計画グループ長は、供給者が提出した報告書を原子燃料計画グループの要員に検証させ、承認した。<br>原子燃料計画グループの要員は、供給者から受領した報告書をインプットとして、使用済燃料貯蔵能力増強後の使用済燃料ピットの設置場所に応じた環境条件を確認し、アウトプットとして設計資料（社内決定文書）に取りまとめた。<br><br>c.環境体制の評価（海水を通水する系統への影響、周辺機器等からの悪影響）<br>原子燃料計画グループの要員は、健全性に関する設計方針（環境条件等）、既工事計画及び設備図書をインプットとして、海水を通水する系統への影響、荷重による影響、周辺機器等からの影響を確認し、それらについての考慮内容をアウトプットとして設計資料 | | |

| 各段階 | | 設計、工事及び検査の業務フロー | | | | 組織内外の部門間の相互関係 ◎:主担当、○:関連 | | | 実績(○)／計画(△) | 実施の内容（設計、工事及び検査に係る品質管理の方法等に関する活動の実施結果） | | 備考 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 当社 | | | 供給者 | 本店 | 発電所 | 供給者 | | 業務実績又は業務計画 | 記録等 | |
| | | | | | | | | | | （社内決定文書）に取りまとめた。<br><br>(4) 試験・検査性<br>a.基本方針及び対象設備の設定<br>原子燃料計画グループの要員は、試験・検査性については、基本設計方針、設備図書、定期事業者検査要領書、保全プログラムをインプットとして、使用済燃料貯蔵能力増強後の使用済燃料ピットに必要な検査を抽出したうえで、アウトプットとして健全性に関する設計方針（試験・検査性）を基本方針に定めた。<br><br>b.試験・検査性<br>原子燃料計画グループの要員は、使用済燃料貯蔵能力増強後の使用済燃料ピットの健全性に関する設計方針（試験・検査性）、設備図書、構造図をインプットとして、健全性及び能力を確認するために必要な、発電用原子炉の運転中又は停止中に必要な箇所の保守点検（試験及び検査を含む）が可能となるよう設備設計を実施し、アウトプットとして構造図を設計資料（社内決定文書）に取りまとめた。<br><br>【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】<br>【構造図】 | | |
| 設計 | 3.3.3 (2) | | | | | ◎ | — | — | ○ | 6.使用済燃料貯蔵槽の共用に関する設計<br>原子燃料計画グループの要員は、基本設計方針及び設置（変更）許可で取りまとめた共用化が必要な資料リスト及び様式－2をインプットとして、玄海3号機の使用済燃料ピットの共用化に併せ、核燃料物質の取扱施設及び貯蔵施設の既存設備うち、共用化が必要となる設備を確認し、アウトプットとして設計資料（社内決定文書）に取りまとめた。<br><br>原子燃料計画グループの要員は、共用化が必要な設備の取りまとめ結果と設置（変更）許可をインプットとして、使用済燃料ピットの共用化にあたり、既存設備のうち共用化が必要な設備については、使用済燃料ピット冷却器を除き、仕様の変更が必要ないことを確認したうえで、共用化する既存設備について設計資料（社内決定文書）に取りまとめた。<br>使用済燃料ピット冷却器の仕様については、「9.(1) 設備仕様に係る設計」に示すとおり設計し、アウトプットとして設計資料（社内決定文書）に取りまとめた。<br>【要目表】 | ・様式－2<br>・設備図書（登録前の一般図書含む。）<br>・設置（変更）許可<br>・設計資料（社内決定文書）：玄海原子力発電所3号機使用済燃料貯蔵設備増強工事　工事計画設計資料 | |

| 各段階 | | 設計、工事及び検査の業務フロー | | | | 組織内外の部門間の相互関係<br>◎:主担当、○:関連 | | | 実績(○)／計画(△) | 実施の内容<br>(設計、工事及び検査に係る品質管理の方法等に関する活動の実施結果) | | 備考 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 当社 | | | 供給者 | 本店 | 発電所 | 供給者 | | 業務実績又は業務計画 | 記録等 | |
| 設計 | 3.3.3<br>(2) | | | | | ◎ | — | — | ○ | 7.使用済燃料ピットの臨界防止設計<br>原子燃料技術グループの要員は、使用済燃料貯蔵能力の増強に対して、通常運転時及び重大事故に至るおそれがある事故として、使用済燃料ピットからの水の漏えいその他の要因により当該使用済燃料ピットの水位が低下した場合において臨界を防止できる設計であることを評価により確認した。<br><br>(1) 通常運転時において臨界を防止できる設計<br>a. 基本方針<br>原子燃料技術グループの要員は、基本設計方針及び設置（変更）許可をインプットとして、使用済燃料ピットは、通常運転時において、想定されるいかなる場合でも臨界を防止できる設計とする基本方針を決定し、その結果をアウトプットとして設計資料（社内決定文書）に取りまとめた。<br><br>b. 評価方針<br>原子燃料技術グループの要員は、「a. 基本方針」及び設置（変更）許可をインプットとして、使用済燃料貯蔵能力の増強を考慮しても臨界を防止できることを確認する評価方法を決定し、設置（変更）許可にて実施した評価方法から変更のないことを確認した上で、決定した評価方法をアウトプットとして設計資料（社内決定文書）に取りまとめた。<br><br>c. 評価<br>原子燃料技術グループの要員は、基本設計方針、設備図書及び設置（変更）許可時の技術資料をインプットとして、燃料配置により臨界を防止できることを確認している設計と、設置される設備の設計に変更がないことを確認することにより、臨界防止が可能であることの確認を実施し、その結果をアウトプットとして核燃料物質が臨界に達しないことに関する設計結果にまとめ、それを設計資料（社内決定文書）に取りまとめた。<br><br>(2) 使用済燃料ピットからの水の漏えいその他の要因により当該使用済燃料ピットの水位が低下した場合において臨界を防止できる設計<br>a. 基本方針<br>原子燃料技術グループの要員は、基本設計方針及び設置（変更）許可をインプットとして、使用済燃料ピットは、使用済燃料ピットからの水の漏えいその他の要因により当該使用済燃料ピットの水位が低下した場合において、いかなる一様な水密度であっても臨界を | ・設備図書（登録前の一般図書含む。）<br>・設置（変更）許可<br>・設計資料（社内決定文書）：玄海原子力発電所 3 号機使用済燃料貯蔵設備増強工事 工事計画設計資料 | |

| 各段階 | | 設計、工事及び検査の業務フロー | | | | 組織内外の部門間の相互関係<br>◎:主担当、○:関連 | | | 実績(○)／計画(△) | 実施の内容<br>(設計、工事及び検査に係る品質管理の方法等に関する活動の実施結果) | | 備考 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 当社 | | | 供給者 | 本店 | 発電所 | 供給者 | | 業務実績又は業務計画 | 記録等 | |
| | | | | | | | | | | 防止できる設計とする基本方針を決定し、その結果をアウトプットとして設計資料（社内決定文書）に取りまとめた。<br><br>b. 評価方法<br>原子燃料技術グループの要員は、「a. 基本方針」及び設置（変更）許可をインプットとして、使用済燃料貯蔵能力の増強を考慮しても臨界を防止できることを確認する評価方法を決定し、設置（変更）許可にて実施した評価方法から変更のないことを確認した上で、決定した評価方法をアウトプットとして設計資料（社内決定文書）に取りまとめた。<br><br>c. 評価<br>原子燃料技術グループの要員は、基本設計方針、設備図書及び設置（変更）許可時の技術資料をインプットとして、燃料配置により臨界を防止できることを確認している設計と、設置される設備の設計に変更がないことを確認することにより、臨界防止が可能であることの確認を実施し、その結果をアウトプットとして核燃料物質が臨界に達しないことに関する設計結果にまとめ、それを設計資料（社内決定文書）に取りまとめた。<br><br>【使用済燃料貯蔵設備の核燃料物質が臨界に達しないことに関する説明書】【構造図】 | | |
| 設計 | 3.3.3<br>(2) | | | | | ◎ | — | — | ○ | 8.重量物の落下による燃料集合体の破損防止設計<br>原子燃料計画グループの要員は、3号機使用済燃料ピットの共用化に伴い、当該ピットへ新たに4号機の使用済燃料が貯蔵されることから、3号機の使用済燃料が貯蔵された場合の評価結果である既工事計画をインプットとして、使用済燃料ピット内への落下物による使用済燃料ピット内の4号機の使用済燃料への影響評価として、以下の評価を実施した。<br><br>a.基本方針<br>原子燃料計画グループの要員は、既工事計画をインプットとして、玄海4号機の使用済燃料を取り扱う玄海3号機の燃料取扱設備の落下防止機能について確認し、玄海3号機と玄海4号機の使用済燃料は同じ設計であることから、落下防止機能については既工事計画の内容から変更がないことを確認した。<br>また、玄海3号機の使用済燃料ピットに貯蔵された玄海4号機の使用済燃料に、他の燃料体等又は重量物が落下した場合の健全性評価についても、玄海3号機と玄海4号機の使用済燃料は同じ設計であることから、健全性評価の内容・結果については既工事計画の内 | ・設置（変更）許可<br>・設備図書<br>・既工事計画<br>・設計資料（社内決定文書）：玄海原子力発電所3号機使用済燃料貯蔵設備増強工事　工事計画設計資料 | |

| 各段階 | | 設計、工事及び検査の業務フロー | | | | 組織内外の部門間の相互関係<br>◎:主担当、○:関連 | | | 実績(○)／計画(△) | 実施の内容<br>(設計、工事及び検査に係る品質管理の方法等に関する活動の実施結果) | | 備考 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 当社 | | | 供給者 | 本店 | 発電所 | 供給者 | | 業務実績又は業務計画 | 記録等 | |
| | | | | | | | | | | 容から変更がないことを確認した。<br><br>原子燃料計画グループの要員は、上記の確認結果について、設計資料（社内決定文書）に取りまとめた。<br><br>【燃料体等又は重量物の落下による使用済燃料貯蔵槽内の燃料体等の破損の防止及び使用済燃料貯蔵槽の機能喪失の防止に関する説明書】 | | |
| 設計 | 3.3.3<br>(2) | | | | (3.5 調達)<br>設備設計に係る調達管理の実施 | ◎ | — | ○ | ○ | 9.使用済燃料ピット水浄化冷却設備に関する設計<br>原子燃料計画グループの要員は、使用済燃料貯蔵能力の増強及び共用化に対して、使用済燃料ピット内の燃料体等が崩壊熱により溶融しないために必要な使用済燃料ピット水浄化冷却設備の設計を以下に示すとおり実施した。<br><br>(1)設備仕様に係る設計<br>原子燃料計画グループ長は、本工事計画に必要な設計を行うための委託仕様書を作成し、「1.1 設計に係る調達業務の管理」に基づく調達管理を実施した。<br><br>原子燃料計画グループの要員は、原子燃料計画グループ長が行った委託の中で供給者に対し、使用済燃料ピット水浄化冷却設備のうち使用済燃料ピット冷却器の仕様に関する設計の実施を要求した。<br><br>供給者は、原子燃料計画グループからの要求を受けて、当社から提供した設置（変更）許可及び既工事計画をインプットとして使用済燃料ピット水浄化冷却設備の系統構成を系統図で明確にしたうえで、使用済燃料ピット水浄化冷却設備のうち、使用済燃料ピット冷却器の仕様に関する設計を実施して設定根拠にまとめ、使用済燃料ピット冷却器が設定根拠を満たす機能を有することを確認し、その結果をアウトプットとして系統図、設備仕様及び設定根拠に取りまとめた。<br>供給者は、取りまとめたこれらの結果について、原子燃料計画グループに基本設計方針の要求を満たす設計となっていることの確認を受け、アウトプットとして使用済燃料貯蔵槽の冷却能力に関する設計結果にまとめ、それを報告書として当社に提出した。<br><br>原子燃料計画グループ長は、供給者が提出した報告書を原子燃料計画グループの要員に検 | ・設置（変更）許可<br>・設備図書<br>・既工事計画<br>・設計資料（社内決定文書）：玄海原子力発電所 3 号機使用済燃料貯蔵設備増強工事 工事計画設計資料<br>・委託仕様書<br>・報告書 | |

| 各段階 | 設計、工事及び検査の業務フロー | | 組織内外の部門間の相互関係<br>◎:主担当、○:関連 | | | 実績(○)／計画(△) | 実施の内容<br>(設計、工事及び検査に係る品質管理の方法等に関する活動の実施結果) | | 備考 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 当社 | 供給者 | 本店 | 発電所 | 供給者 | | 業務実績又は業務計画 | 記録等 | |
| | | | | | | | 証させ、承認した。<br><br>原子燃料計画グループの要員は、設備図書、設置（変更）許可及び報告書をインプットとして、使用済燃料ピット内の燃料体等が崩壊熱により溶融しないために必要な使用済燃料ピット冷却器の仕様を決定するための設計が基本設計方針の要求を満たしていることを確認し、その結果をアウトプットとして使用済燃料貯蔵槽の冷却能力に関する設計結果にまとめ、それを設計資料（社内決定文書）に取りまとめた。<br><br>(2)各機器固有の設計<br>a. 使用済燃料ピット水浄化冷却設備の冷却能力に関する設計<br>(a)基本方針<br>原子燃料計画グループの要員は、基本設計方針、既工事計画、設置（変更）許可をインプットとして、使用済燃料ピット水浄化冷却系統設備を設け、通常運転時、運転時の異常な過渡変化時及び設計基準事故時において、使用済燃料から発生する崩壊熱の除去を行うのに十分な冷却能力を有し、燃料体等が崩壊熱により溶融しない設計とする基本方針を決定し、その結果をアウトプットとして設計資料（社内決定文書）に取りまとめた。<br><br>(b)評価方針<br>原子燃料計画グループの要員は、「(a) 基本方針」及び設置（変更）許可をインプットとして、想定される最大の熱負荷を考慮しても使用済燃料ピット水の水温が基準水温を下回ることを確認する評価方法を決定し、設置（変更）許可にて実施した評価方法から変更のないことを確認した上で、決定した評価方法をアウトプットとして設計資料（社内決定文書）に取りまとめた。<br><br>(c)評価<br>原子燃料計画グループの要員は、設備図書及び設置（変更）許可に記載の評価結果をインプットとして、使用済燃料ピット水温の評価結果が基準水温を下回ることを確認し、その結果をアウトプットとして設計資料（社内決定文書）に取りまとめた。 | | |

| 各段階 | 設計、工事及び検査の業務フロー | | 組織内外の部門間の相互関係<br>◎:主担当、○:関連 | | | 実績(○)／計画(△) | 実施の内容<br>(設計、工事及び検査に係る品質管理の方法等に関する活動の実施結果) | | 備考 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 当社 | 供給者 | 本店 | 発電所 | 供給者 | | 業務実績又は業務計画 | 記録等 | |
| | | | | | | | b. 使用済燃料ピット水の小規模な漏えい時等（SA 時）における可搬型代替注水設備の、使用済燃料ピットからの蒸散量を上回る注水のための設計<br>原子燃料計画グループの要員は、設置（変更）許可をインプットとして、使用済燃料ピットからの蒸散量の評価方法を決定し、設置（変更）許可にて実施した評価方法から変更のないことを確認し、設置（変更）許可において実施した蒸散量の評価結果をアウトプットとして使用済燃料貯蔵槽の冷却能力に関する設計結果にまとめ、それを設計資料（社内決定文書）に取りまとめた。<br>原子燃料計画グループの要員は、設備図書、既工事計画、設置（変更）許可をインプットとして、使用済燃料ピット補給用水中ポンプによる補給水量が、使用済燃料ピットからの蒸散量を上回り、有効に機能することを確認し、その結果をアウトプットとして使用済燃料貯蔵槽の冷却能力に関する設計結果にまとめ、それを設計資料（社内決定文書）に取りまとめた。<br><br>c. 使用済燃料ピット水の大量の漏えい時等（SA 時）における可搬型スプレイ設備の、使用済燃料ピットからの蒸散量を上回るスプレイに係る設計<br>原子燃料計画グループの要員は、「b. 使用済燃料ピット水の小規模な漏えい時等（SA 時）における可搬型代替注水設備の、使用済燃料ピットからの蒸散量を上回る注水のための設計」で取りまとめた蒸散量の解析結果の報告書、設備図書、既工事計画及び設置（変更）許可をインプットとして、可搬型ディーゼル注入ポンプによる補給水量が使用済燃料ピットからの蒸散量を上回り、有効に機能することを確認し、その結果をアウトプットとして使用済燃料貯蔵槽の冷却能力に関する設計結果にまとめ、それを設計資料（社内決定文書）に取りまとめた。<br><br>【使用済燃料貯蔵槽の冷却能力に関する説明書】【系統図】【構造図】【要目表】 | | |

| 各段階 | | 設計、工事及び検査の業務フロー | | | | 組織内外の部門間の相互関係 ◎:主担当、○:関連 | | | 実績(○)／計画(△) | 実施の内容（設計、工事及び検査に係る品質管理の方法等に関する活動の実施結果） | | 備考 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 当社 | | | 供給者 | 本店 | 発電所 | 供給者 | | 業務実績又は業務計画 | 記録等 | |
| 設計 | 3.3.3 (2) | | | | | ◎ | — | — | ○ | 10.使用済燃料ピットの遮蔽能力に関する設計<br>原子燃料計画グループの要員は、使用済燃料貯蔵能力の増強に対して、通常運転時、燃料取替時及び重大事故に至るおそれがある事故として、使用済燃料ピットからの水の漏えいその他の要因により当該使用済燃料ピットの水位が低下した場合における放射線の遮へいに必要な水深についての設計を以下に示すとおり実施した。<br><br>(1) 通常運転時及び燃料取替時の遮へい機能維持のために必要な水深の設計<br>a. 基本方針<br>原子燃料計画グループの要員は、基本設計方針、既工事計画、設置（変更）許可をインプットとして、使用済燃料ピットは、通常運転時及び燃料取替時において、使用済燃料ピットの水面における線量率が遮へい設計基準を満足する設計とする基本方針を決定し、その結果をアウトプットとして設計資料（社内決定文書）に取りまとめた。<br><br>b. 評価方法<br>原子燃料計画グループの要員は、「a. 基本方針」、設置（変更）許可をインプットとして、使用済燃料貯蔵能力の増強を考慮しても使用済燃料ピットの水面における線量率が使用済燃料ピットの遮へい設計基準を下回ることを確認する評価方法を決定し、設置（変更）許可にて実施した評価方法から変更のないことを確認した上で、決定した評価方法をアウトプットとして設計資料（社内決定文書）に取りまとめた。<br><br>c. 評価<br>原子燃料計画グループの要員は、設備図書及び設置（変更）許可にて実施した評価結果をインプットとして、使用済燃料ピット水面の線量率が遮へい設計基準を下回ることを確認し、その結果をアウトプットとして設計資料（社内決定文書）に取りまとめた。<br><br>(2) 使用済燃料ピットからの水の漏えいその他の要因により当該使用済燃料ピットの水位が低下した場合における放射線遮へい機能維持のための配管設計<br>a. 基本方針<br>原子燃料計画グループの要員は、基本設計方針、既工事計画、設置（変更）許可をインプットとして、使用済燃料ピットは使用済燃料ピットからの水の漏えいその他の要因により当該使用済燃料ピットの水位が低下した場合にも必要な水遮へい厚が確 | ・設置（変更）許可<br>・設備図書<br>・既工事計画<br>・設計資料（社内決定文書）：玄海原子力発電所 3 号機使用済燃料貯蔵設備増強工事 工事計画設計資料 | |

| 各段階 | | 設計、工事及び検査の業務フロー | | | | 組織内外の部門間の相互関係<br>◎:主担当、○:関連 | | | 実績(○)／計画(△) | 実施の内容<br>(設計、工事及び検査に係る品質管理の方法等に関する活動の実施結果) | | 備考 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 当社 | | | 供給者 | 本店 | 発電所 | 供給者 | | 業務実績又は業務計画 | 記録等 | |
| | | | | | | | | | | 保される設計とする基本方針を決定し、その結果をアウトプットとして設計資料（社内決定文書）に取りまとめた。<br><br>b. 必要な水遮へい厚の評価方法<br>原子燃料計画グループの要員は、「a. 基本方針」、設置（変更）許可をインプットとして、使用済燃料貯蔵能力の増強を考慮しても、使用済燃料ピットからの水の漏えいその他の要因により当該使用済燃料ピットの水位が低下した場合に、使用済燃料ピットの水面における線量率が使用済燃料ピットの遮へい設計基準を維持できる水厚を確認する評価方法を決定し、設置（変更）許可にて実施した評価方法から変更のないことを確認した上で、決定した評価方法をアウトプットとして設計資料（社内決定文書）に取りまとめた。<br><br>c. 必要な水遮へい厚の評価結果<br>原子燃料計画グループの要員は、設備図書及び設置（変更）許可にて実施した評価結果をインプットとして、使用済燃料ピットからの水の漏えいその他の要因により当該使用済燃料ピットの水位が低下した場合に、使用済燃料ピット水面の線量率が遮へい設計基準を維持できる水厚を確認し、その結果をアウトプットとして設計資料（社内決定文書）に取りまとめた。<br><br>d. 必要な水遮へい厚さの維持のための配管設計<br>原子燃料計画グループの要員は、使用済燃料ピットからの水の漏えいその他の要因により当該使用済燃料ピットの水位が低下した場合の放射線遮へい機能維持のための配管設計について、設備図書及び設置（変更）許可にて実施した評価結果及び既工事計画をインプットとして、水位低下時にも放射線業務従事者の放射線被ばくを管理する上で定めた線量を満足するために必要な水遮へい厚が確保されることを確認し、その結果をアウトプットとして使用済燃料貯蔵槽の水深の遮へい能力に関する設計結果にまとめ、それを設計資料（社内決定文書）に取りまとめた。<br><br>【使用済燃料貯蔵槽の水深の遮蔽能力に関する説明書】【構造図】 | | |

| 各段階 | | 設計、工事及び検査の業務フロー | | 組織内外の部門間の相互関係<br>◎:主担当、○:関連 | | | 実績(○)／計画(△) | 実施の内容<br>(設計、工事及び検査に係る品質管理の方法等に関する活動の実施結果) | | 備考 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 当社 | 供給者 | 本店 | 発電所 | 供給者 | | 業務実績又は業務計画 | 記録等 | |
| 設計 | 3.3.3<br>(4) | 設計のアウトプットに対する検証 | | ◎ | — | — | ○ | 原子燃料計画グループ長は、設計結果として取りまとめられた様式－3～様式－7が、資料 11－1 の「3.3.3(1) 基本設計方針の作成（設計 1)」で明確にした基本設計方針を満たしていることを確認する観点で、原設計者以外の者に検証を実施させた。また、「3.3.3(2)適合性確認対象設備の各条文への適合性を確保するための設計（設計 2)」で取りまとめた各設計結果を社内決定文書として承認した。 | ・様式－3～様式－7<br>・各設計資料（社内決定文書）<br>・設計・開発からのアウトプット検証チェックシート | |
| 設計 | 3.3.3<br>(5) | 工事計画認可申請書の作成 | | ◎ | — | — | ○ | 原子燃料計画グループの要員は、資料 11－1 の「3.3.3(5) 工事計画認可申請（届出）書の作成」に基づき、適用される要求事項の抜けがないように管理して作成した基本設計方針(設計 1) 及び適用される技術基準の条項に対応した基本設計方針を用いて実施した詳細設計の結果(設計 2)をもとに、工事計画として整理することにより、本工事計画認可申請書案を作成した。<br><br>原子燃料計画グループ長は、工事計画認可申請書案を確認し、工事計画認可申請の手続きを原子力工事グループ長へ依頼した<br><br>原子力工事グループ長は、資料 11－1 の「3.3.3(5)d. 工事計画認可申請（届出）書案のチェック」に基づき、工事計画届出書案について関係各グループ及び発電所関係各課のチェックを受けた。 | ・工事計画認可申請書案<br>・工事計画関連資料チェックシート（兼）依頼書 | |
| 設計 | 3.3.3<br>(6) | 工事計画認可申請書の承認 | | ◎ | — | — | ○ | 資料 11－1 の「3.3.3(4) 設計のアウトプットに対する検証」及び「3.3.3(5)d. 工事計画認可申請（届出）書案のチェック」を実施した工事計画認可申請書案について、原子燃料計画グループ長は、資料 11－1 の「3.3.3(6) 工事計画認可申請（届出）書の承認」に基づき、原子力発電安全委員会における審議を経て、原子力建設部長の承認を受けた。 | ・工事計画認可申請書案<br>・原子力発電安全委員会議事録 | |

| 各段階 | | 設計、工事及び検査の業務フロー<br>当社 | 設計、工事及び検査の業務フロー<br>供給者 | 組織内外の部門間の相互関係<br>◎:主担当、○:関連<br>本店 | 組織内外の部門間の相互関係<br>◎:主担当、○:関連<br>発電所 | 組織内外の部門間の相互関係<br>◎:主担当、○:関連<br>供給者 | 実績(○)／計画(△) | 実施の内容<br>(設計、工事及び検査に係る品質管理の方法等に関する活動の実施結果)<br>業務実績又は業務計画 | 実施の内容<br>(設計、工事及び検査に係る品質管理の方法等に関する活動の実施結果)<br>記録等 | 備考 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 工事及び検査 | 3.4.1<br>3.4.2<br>3.4.3<br>3.4.4<br>3.4.5 | 本工事計画に基づく設備の具体的な設計の実施（設計3）<br>工事の実施<br>設計結果と検査対象の明確化<br>適合性確認検査の計画<br>検査計画の管理 | （3.5 調達）設備設計に係る調達管理の実施<br>（3.5 調達）設備設計に係る調達管理の実施 | — | ◎ | ○ | △ | 発電所で設備を主管する組織の長は、資料 11－1 の「3.4.1 本工事計画に基づく設備の具体的な設計の実施（設計 3)」に基づき、本工事計画を実現するための具体的な設計を実施する。<br><br>発電所で設備を主管する組織の長は、資料 11－1 の「3.4.2 設備の具体的な設計に基づく工事の実施」に基づき、本工事計画の対象となる設備の工事を実施する。<br><br>発電所で設備を主管する組織の長は、本工事計画に必要な調達を行う場合、資料 11－1 の「3.5 本工事計画における調達管理の方法」に基づき、供給者から必要な調達を実施する。<br>調達にあたっては、資料 11－1 の「3.5.3(1)調達仕様書の作成」に基づき、必要な調達要求事項を「調達仕様書」へ明記し、供給者との情報伝達を確実に行う。<br><br>発電所で設備を主管する組織の長は、資料 11－1 の「3.4.3 設計の結果と適合性確認検査対象の繋がりの明確化」に基づき、本工事計画の対象設備（本工事計画に関連する設備を含む。）が、技術基準規則の要求を満たした設計の結果である本工事計画に適合していることを確認するために、様式－8 の「工認設計結果」、「設備の具体的設計結果」を取りまとめ、適合性確認検査を計画する。<br>発電所で設備を主管する組織の長は、適合性確認検査の計画にあたって、資料 11－1 の「3.4.4(1)適合性確認検査の方法の決定」に基づき、検査項目、検査方法、判定基準、並びに代替検査で行う場合の確認方法及び判定基準を決定し、様式－8 の「確認方法」欄へ検査項目及び検査方法並びにそれらの設計結果とのつながりを明記する。<br><br>発電所で工程を管理する組織の長は、適合性確認検査を実施するための工程を資料 11－1 の「3.4.5 検査計画の管理」に基づき管理する。 | ・様式－8<br>・調達仕様書<br>・作業実施要領書<br>・検査計画 | |

| 各段階 | | 設計、工事及び検査の業務フロー | | 組織内外の部門間の相互関係<br>◎:主担当、○:関連 | | | 実績(○)／計画(△) | 実施の内容<br>(設計、工事及び検査に係る品質管理の方法等に関する活動の実施結果) | | 備考 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 当社 | 供給者 | 本店 | 発電所 | 供給者 | | 業務実績又は業務計画 | 記録等 | |
| 工事及び検査 | 3.4.6<br>3.6.2 | 適合性確認検査の実施 | | — | ◎ | — | △ | 発電所で設備を主管する組織の長は、資料11－1の「3.4.4(1)適合性確認検査の方法の決定」で計画した適合性確認検査を実施するため、資料11－1の「3.4.6(1) 適合性確認検査の検査要領書の作成」に基づき、以下の項目を明確にした「検査要領書」を作成し、「適合性確認実施要領」に基づき関係する主任技術者及び品質保証担当の審査を経て制定する。<br>・検査目的、検査対象範囲、検査項目、検査方法、判定基準、検査体制、不適合管理、検査手順、検査成績書の事項<br><br>発電所で設備を主管する組織の長は、資料11－1の「3.6.2識別管理及び追跡可能性」に基づき、適合性確認検査対象設備を識別する。<br><br>発電所で設備を主管する組織の長は、資料11－1の「3.4.6(3)適合性確認検査の体制」に基づく検査体制を確立した上で、資料11－1の「3.4.6(4)適合性確認検査の実施」に基づき、検査担当者に「検査要領書」に基づく検査を実施させ、検査記録を作成させる。<br>発電所で設備を主管する組織の長は、検査実施責任者として、適合性確認検査が検査要領書に基づき適切に実施されたこと及び検査結果が判定基準に適合していることを確認後、「適合性確認実施要領」に基づき関係する主任技術者の審査を受ける。 | ・検査要領書<br>・検査記録 | |

※ ----►：必要に応じ実施する。

# 添付図面目次

第１図　　核燃料物質の取扱施設及び貯蔵施設に係る機器の配置を明示した図面
（使用済燃料ラック及び破損燃料容器ラック）

第２－１図　核燃料物質の取扱施設及び貯蔵施設の系統図
（使用済燃料貯蔵槽冷却浄化設備）(1/2)（設計基準対象施設）

第２－２図　核燃料物質の取扱施設及び貯蔵施設の系統図
（使用済燃料貯蔵槽冷却浄化設備）(2/2)（設計基準対象施設）

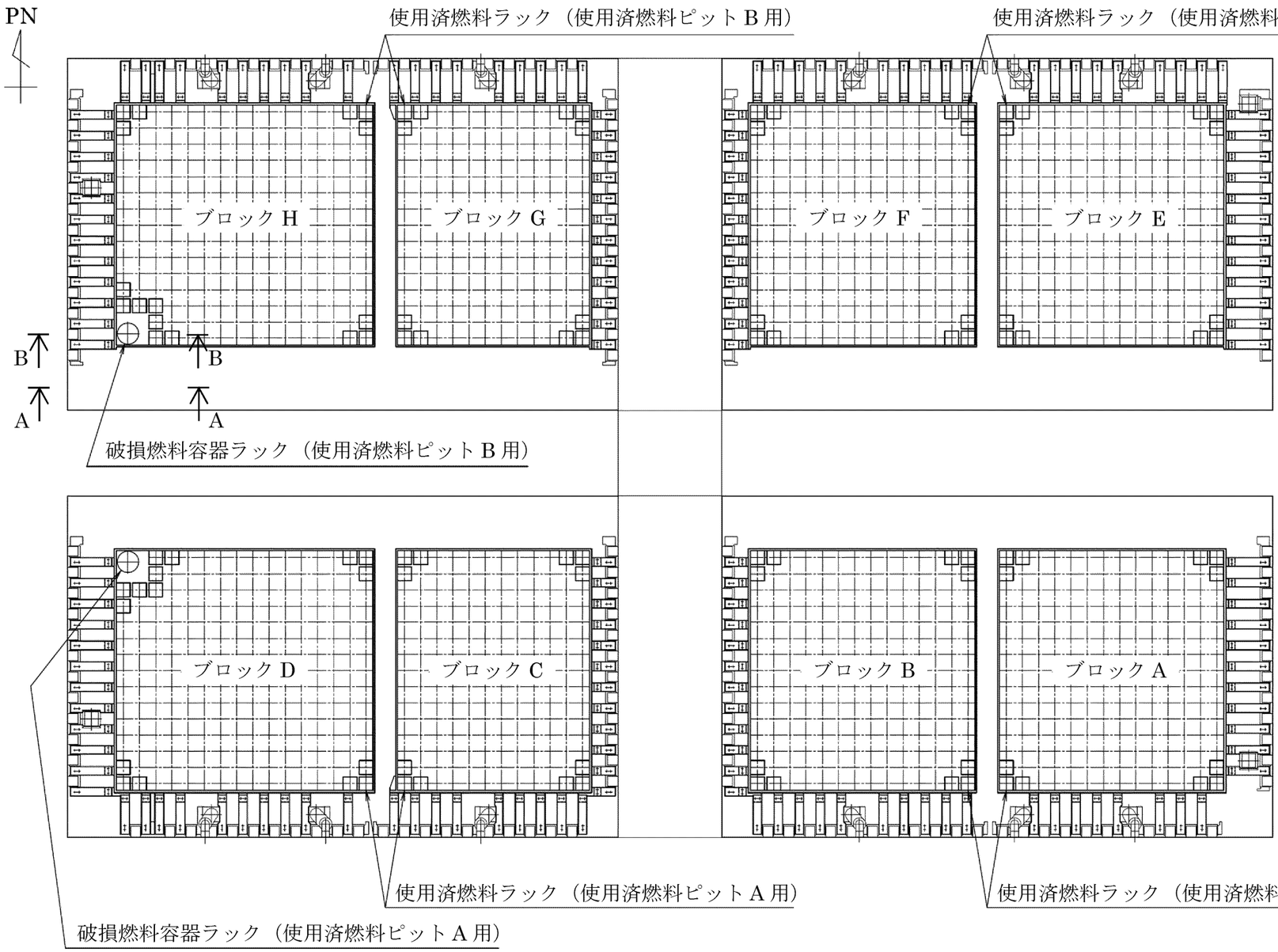
第３－１図　核燃料物質の取扱施設及び貯蔵施設の構造図
（使用済燃料貯蔵設備）使用済燃料ラック及び破損燃料容器ラック

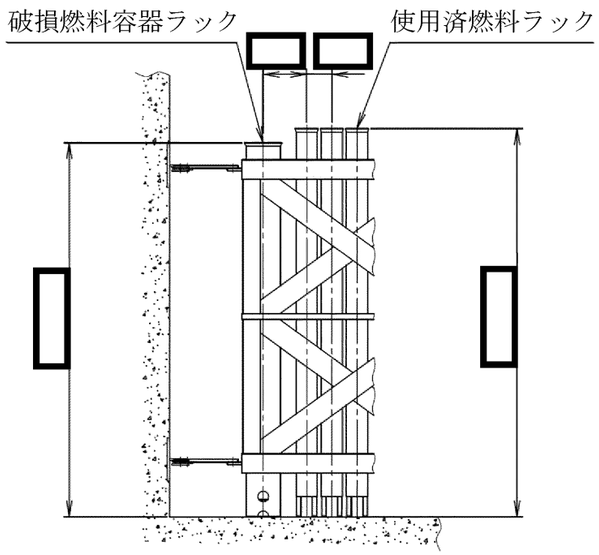
第３－２図　核燃料物質の取扱施設及び貯蔵施設の構造図
（使用済燃料貯蔵槽冷却浄化設備）使用済燃料ピット冷却器

| | |
|---|---|
| 工事計画認可申請 | 第１図 |
| 玄海原子力発電所第３号機 | |
| 核燃料物質の取扱施設<br>及び貯蔵施設に係る<br>機器の配置を明示した図面<br>（使用済燃料ラック<br>及び破損燃料容器ラック） | |
| 九　州　電　力　株　式　会　社 | |

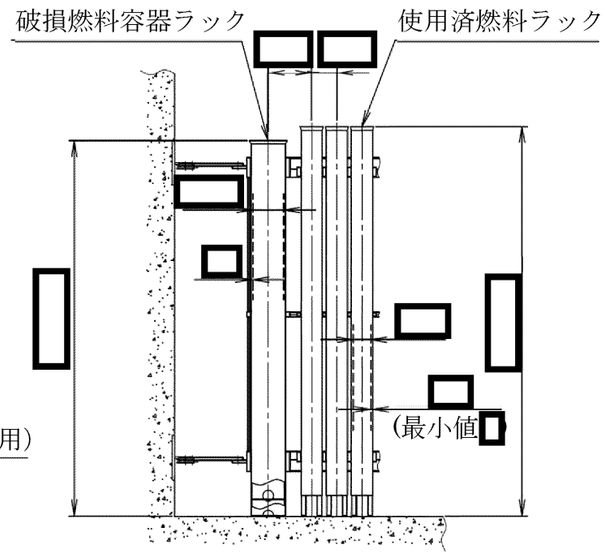
| | |
|---|---|
| 工事計画認可申請 | 第２－１図 |
| 玄海原子力発電所第３号機 | |
| 核燃料物質の取扱施設及び貯蔵施設の系統図<br>（使用済燃料貯蔵槽冷却浄化設備）<br>(1/2)（設計基準対象施設） | |
| 九州電力株式会社 | |

| | |
|---|---|
| 工事計画認可申請 | 第２－２図 |
| 玄海原子力発電所第３号機 | |
| 核燃料物質の取扱施設及び貯蔵施設の系統図<br>（使用済燃料貯蔵槽冷却浄化設備）<br>(2/2)（設計基準対象施設） | |
| 九州電力株式会社 | |




断面Ａ－Ａ




断面Ｂ－Ｂ

主　　要　　目　　表

| 名　称 | 使用済燃料ラック | | 破損燃料容器ラック | |
|---|---|---|---|---|
| | 使用済燃料ピットＡ用 | 使用済燃料ピットＢ用 | 使用済燃料ピットＡ用 | 使用済燃料ピットＢ用 |
| 種　類 | たて型貯蔵方式 | | たて型貯蔵方式 | |
| 容　量 | 燃料集合体 836 体 | 燃料集合体 836 体 | 燃料集合体１体 | 燃料集合体１体 |
| 材　料 | （ラック本体）<br>ボロン添加ステンレス鋼 | | （ラック本体）<br>SUS304 | |
| 個　数 | 4<br>（使用済燃料ラック<br>アセンブリ） | 4<br>（使用済燃料ラック<br>アセンブリ） | 1<br>（使用済燃料ラック<br>アセンブリ共用） | 1<br>（使用済燃料ラック<br>アセンブリ共用） |

（単位：　mm）

※設計基準対象施設としてのみ 3, 4 号機共用

| | |
|---|---|
| 工事計画認可申請 | 第 3－1 図 |
| 玄海原子力発電所第 3 号機 | |
| 核燃料物質の取扱施設及び貯蔵施設の構造図（使用済燃料貯蔵設備）<br>使用済燃料ラック及び<br>破損燃料容器ラック | |
| 九　州　電　力　株　式　会　社 | |

第３－１図「核燃料物質の取扱施設及び貯蔵施設の構造図（使用済燃料貯蔵設備）使用済燃料ラック及び破損燃料容器ラック」の補足

(1) 寸法許容範囲

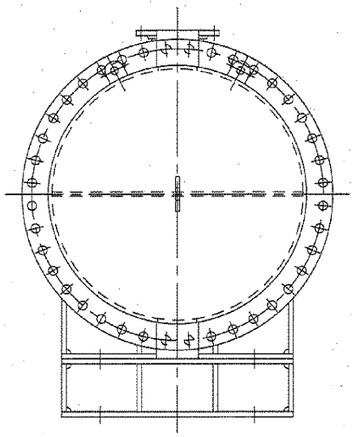
工事計画記載の使用済燃料ラック及び破損燃料容器ラックの公称値に対する寸法許容範囲は次のとおり。

| 名称 | | 適用寸法(mm) | | | 備　考 |
|---|---|---|---|---|---|
| | | 最大値 | 公称値 | 最小値 | |
| 使用済燃料ラック | 中心間距離 | | | | 第３－１図 |
| | 内のり | | | | |
| | 高さ | | | | |
| | 厚さ | | | | |
| 破損燃料容器ラック | 中心間距離 | | | | |
| | 内のり | | | | |
| | 高さ | | | | |
| | 厚さ | | | | |

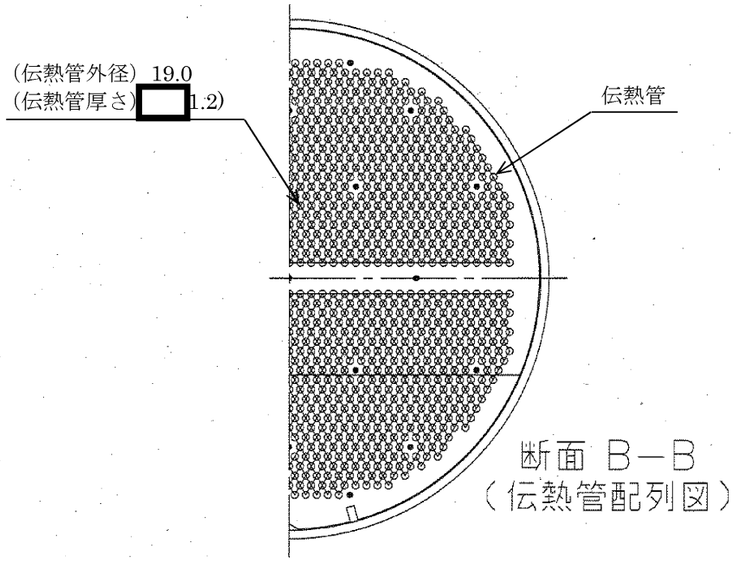
(2) 許容範囲の根拠

許容範囲の根拠となる許容差は次のとおり。

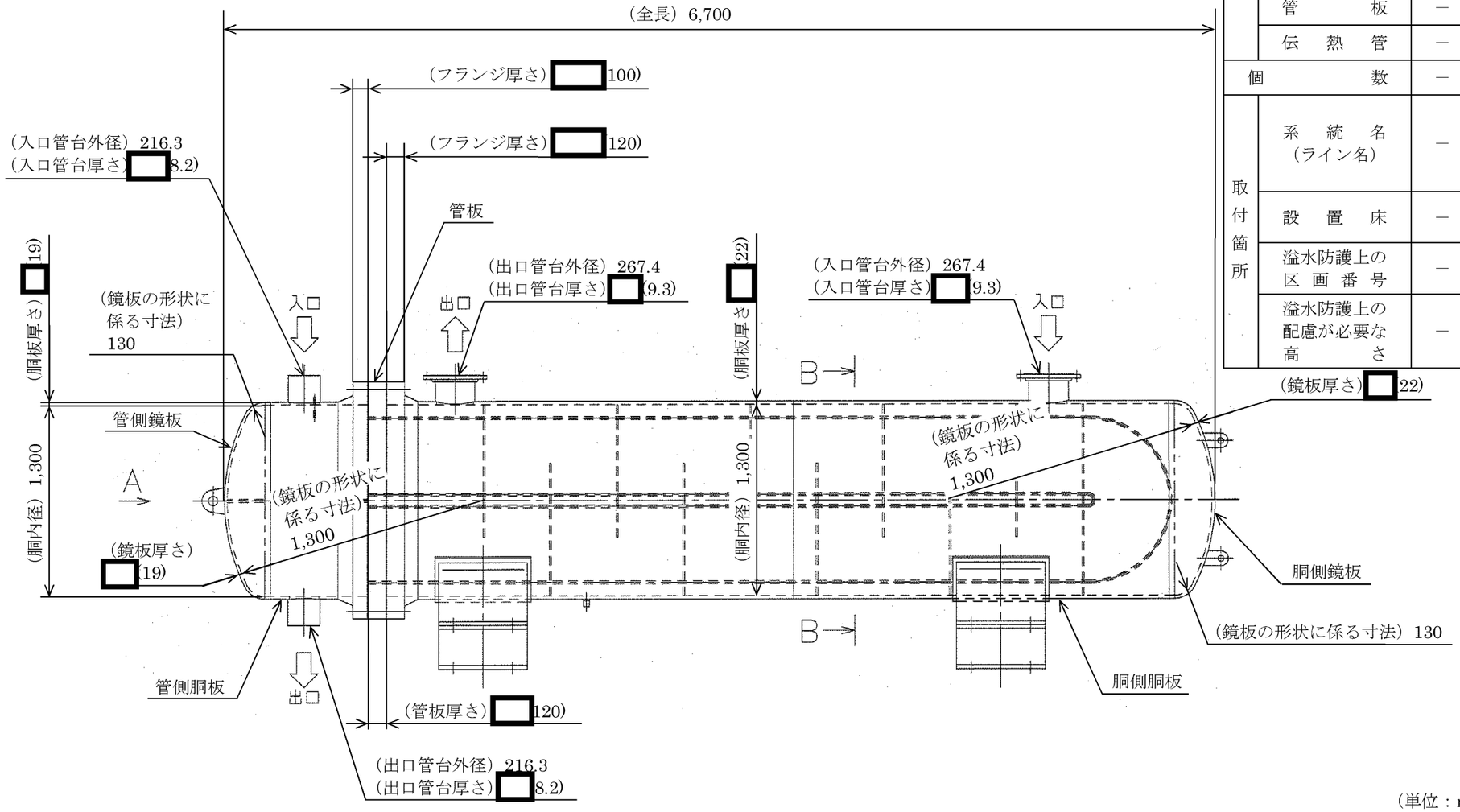
| 名称 | | 許容差(mm) | 根　拠 |
|---|---|---|---|
| 使用済燃料ラック | 中心間距離 | | 製造能力、製造実績を考慮したメーカ基準 |
| | 内のり | | 製造能力、製造実績を考慮したメーカ基準 |
| | 高さ | | 製造能力、製造実績を考慮したメーカ基準 |
| | 厚さ | | 製造能力、製造実績を考慮したメーカ基準 |
| 破損燃料容器ラック | 中心間距離 | | 製造能力、製造実績を考慮したメーカ基準 |
| | 内のり | | 製造能力、製造実績を考慮したメーカ基準 |
| | 高さ | | 製造能力、製造実績を考慮したメーカ基準 |
| | 厚さ | | 製造能力、製造実績を考慮したメーカ基準 |



A視




断面 B－B
（伝熱管配列図）




（単位：mm）

| 主　要　目　表 | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 種　　類 | | | － | 横置U字管式 |
| 容　　量（設計熱交換量） | | | kW/個 | ［　　］以上(6.25×10³) |
| 管側 | 最高使用圧力 | | MPa | 0.98 |
| | 最高使用温度 | | ℃ | 95 |
| 胴側 | 最高使用圧力 | | MPa | 1.4 |
| | 最高使用温度 | | ℃ | 95 |
| 伝熱面積 | | | m²/個 | ［　］以上(401) |
| 材料 | 管側 | 胴板 | － | SUS304 |
| | | 鏡板 | － | SUS304 |
| | | フランジ | － | SUSF304 |
| | 胴側 | 胴板 | － | SGV42 |
| | | 鏡板 | － | SGV42 |
| | | フランジ | － | SF50A |
| | 管板 | | － | SUS304 |
| | 伝熱管 | | － | SUS304TB |
| 個　　数 | | | － | 2 |
| 取付箇所 | 系統名（ライン名） | | － | A使用済燃料ピット冷却器<br>A使用済燃料ピット冷却浄化ライン | B使用済燃料ピット冷却器<br>B使用済燃料ピット冷却浄化ライン |
| | 設置床 | | － | 原子炉周辺建屋<br>EL.－8.05m | 原子炉周辺建屋<br>EL.－8.05m |
| | 溢水防護上の区画番号 | | － | － | |
| | 溢水防護上の配慮が必要な高さ | | － | | |

※3,4 号機共用

| | |
|---|---|
| 工事計画認可申請 | 第３－２図 |
| 玄海原子力発電所第３号機 | |
| 核燃料物質の取扱施設及び貯蔵施設の構造図<br>（使用済燃料貯蔵槽冷却浄化設備）<br>使用済燃料ピット冷却器 | |
| 九州電力株式会社 | |