

柏崎刈羽原子力発電所第7号機 工事計画審査資料	
資料番号	KK7 補足-026-5 改3
提出年月日	2020年6月17日

格納容器圧力逃がし装置基礎の耐震性についての計算書  
に関する補足説明資料

2020年6月

東京電力ホールディングス株式会社

1. 工事計画添付書類に係る補足説明資料

V-2-2-14「格納容器圧力逃がし装置基礎の耐震性についての計算書」の記載内容を補足するための資料を以下に示す。

別紙1 応力解析におけるモデル化，境界条件及び拘束条件の考え方

別紙2 地震荷重の入力方法

別紙3 応力解析における断面の評価部位の選定

別紙4 杭の極限支持力及び極限引抜き抵抗力の設定

別紙5 杭頭接合部の検討

下線部：今回ご提示資料

## 別紙 1 応力解析におけるモデル化, 境界条件及び拘束条件の考え方

## 目 次

1. 概要 ..... 別紙 1-1
2. 応力解析におけるモデル化, 境界条件及び拘束条件 ..... 別紙 1-2

別紙 1-1 底面地盤ばねの設定方法

## 1. 概要

本資料は、格納容器圧力逃がし装置基礎（以下「装置基礎」という。）の基礎スラブの応力解析におけるモデル化、境界条件及び拘束条件についての概要を示すものである。

## 2. 応力解析におけるモデル化，境界条件及び拘束条件

装置基礎の基礎スラブの応力解析におけるモデル化，境界条件及び拘束条件を表 2-1 に示す。

杭基礎の底面地盤ばねの設定における基本的な考え方は，以下のとおり。

### ・水平ばね

地震応答解析モデルにおける地盤部分の 3 次元 FEM モデルを用いて無質量剛基礎による水平方向の加振解析を行い，算定した複素インピーダンスの実部から設定する。

### ・鉛直ばね

水平ばねと同様に算定した複素インピーダンスの実部から設定する。水平加力時の鉛直ばねについては，転倒モーメントを適切に評価するため，回転方向の加振解析により算出した回転ばねより設定する。鉛直加力時及び長期荷重時の鉛直ばねについては，ロッキング挙動が卓越しないため，鉛直方向の加振解析から算出した鉛直ばねより設定する。

有限要素法を用いた解析モデルにおける要素分割の考え方\*については，以下のとおり。

### ・シェル要素

要素分割は，基本的には発生する応力状態によって決まり，構造形状と荷重状態より要素分割数を考慮する。要素形状の縦横比（アスペクト比）は，重要部分で 1：2 以下，その他の領域や応力変化が少ない領域では，1：3 程度までで，分割に際しては 4 角形要素を利用して格子状とするのが一般的である。また，面内曲げ・軸力及び面外のせん断や曲げを受ける部材のシェル要素の辺の長さは，シェルの広がり方向の応力分布の状態から決まり，応力変化が大きい領域は要素を小さくする必要がある。

注記\*：構造解析のための有限要素法実践ハンドブック（非線形 CAE 協会，2008 年）

表 2-1 装置基礎の基礎スラブ(1/4)

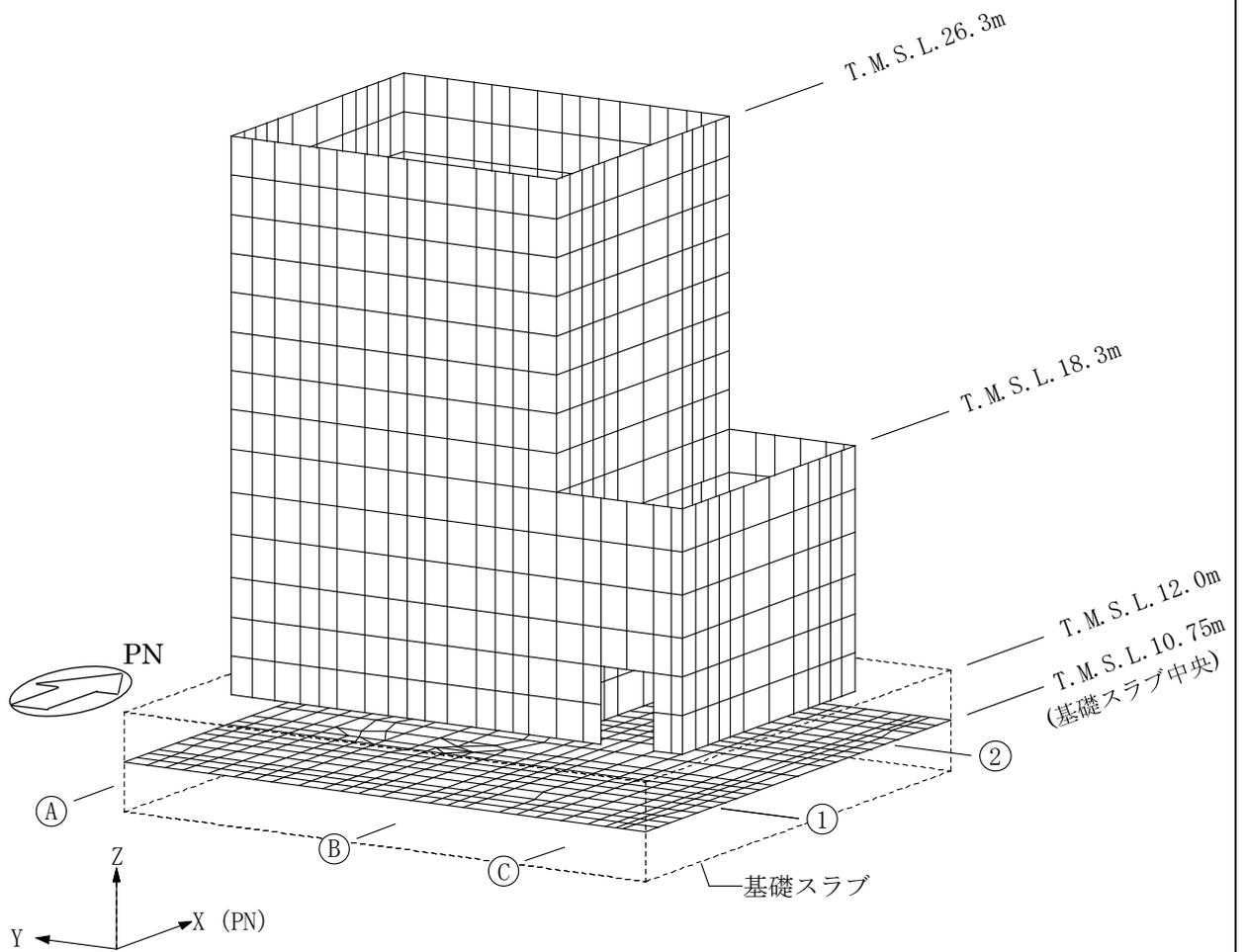
モデル概要

○モデル化範囲

- ・基礎スラブ及び遮蔽壁をモデル化する。

○使用要素

- ・基礎スラブ, 遮蔽壁: シェル要素



(単位: m)

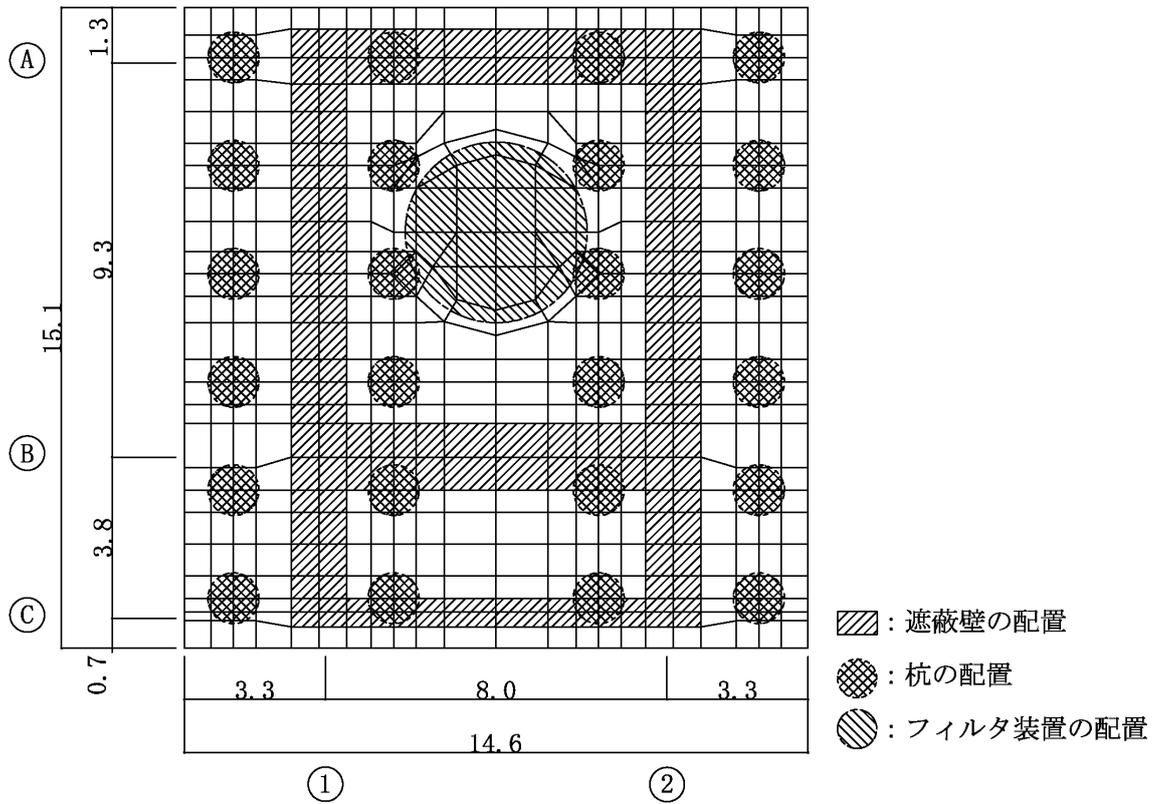
モデル概要 (全体図)

表 2-1 装置基礎の基礎スラブ(2/4)

モデル概要

○要素分割

- ・要素の一辺の長さを 1m 以下として分割する。上部構造及び杭のモデル化に加え、フィルタ装置の荷重を考慮するため、遮蔽壁、杭及びフィルタ装置の位置を考慮して分割する。



- ▨ : 遮蔽壁の配置
- ⊗ : 杭の配置
- ▨ : フィルタ装置の配置

(単位 : m)

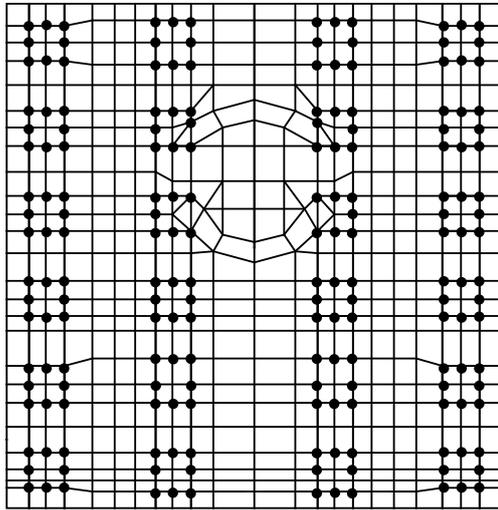
モデル概要 (基礎スラブ)

表 2-1 装置基礎の基礎スラブ(3/4)

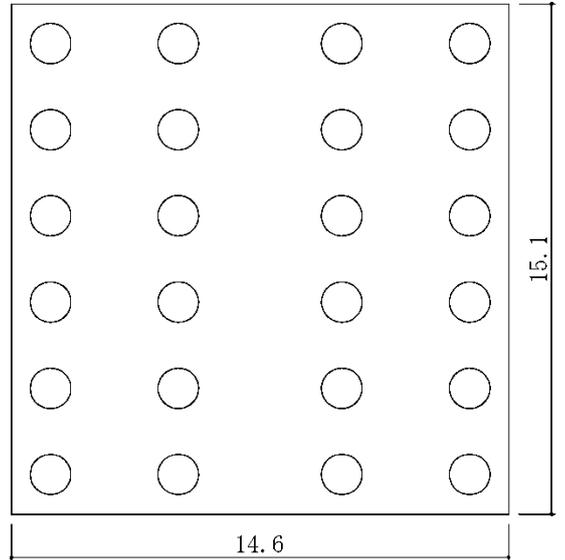
境界条件, 拘束条件
<p>上部構造物と基礎スラブの境界</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・基礎スラブと上部構造物との境界部においては, 上部構造物の剛性を考慮することで, 基礎スラブの応力・変形状態を評価する。</li> <li>・主要な開口部については, 要素を設置しないことで考慮する。</li> </ul>
<p>基礎スラブと地盤の境界</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・基礎スラブ底面の地盤ばね                      設定に用いる水平ばね, 回転ばね及び鉛直ばねは, 地震応答解析モデルにおける地盤部分の 3 次元 FEM モデルを用いて加振解析を行い, 算定した複素インピーダンスの実部から設定する。                      解析に用いる水平ばね及び鉛直ばねは以下のとおりとする。                      水平ばね: 設定した水平ばねを以下の式で離散化  <math display="block">K_H = k_H / n</math>                      鉛直ばね: 水平加力時は設定した回転ばねを以下の式で離散化し, NS 方向と EW 方向の平均値により鉛直ばねを算定  <math display="block">K_V = k_R / \sum_{i=1}^n L_i^2</math>                      鉛直加力時及び長期荷重時は鉛直ばねを以下の式で離散化  <math display="block">K_V = k_V / n</math>                      ここで,  <math>K_H</math>: 応力解析で用いる水平地盤ばね定数  <math>K_V</math>: 応力解析で用いる鉛直地盤ばね定数  <math>k_H</math>: 加振解析により設定した水平地盤ばね定数  <math>k_R</math>: 加振解析により設定した回転地盤ばね定数  <math>k_V</math>: 加振解析により設定した鉛直地盤ばね定数  <math>n</math>: 杭本数  <math>L_i</math>: 各杭の中心と基礎スラブの回転中心軸との距離                 </li> <li>・上記の地盤ばね (3 方向) は各杭位置周辺の 7~8 節点に均等に離散化してモデル化する。</li> </ul>

表 2-1 装置基礎の基礎スラブ(4/4)

基礎スラブと地盤の境界

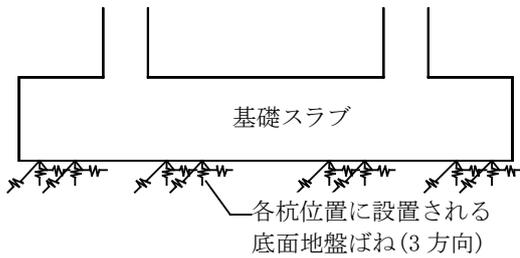


●: 地盤ばね



(単位 : m)

○ : 場所打ち鋼管コンクリート杭



モデル概要

## 別紙1-1 底面地盤ばねの設定方法

## 目 次

1. 概要 ..... 別紙 1-1-1
2. 算出方法 ..... 別紙 1-1-1
3. 算出結果 ..... 別紙 1-1-5

## 1. 概要

本資料は、V-2-2-14「格納容器圧力逃がし装置基礎の耐震性についての計算書」における、応力解析に用いる基礎スラブ底面の地盤ばね定数の設定方法を示すものである。

## 2. 算出方法

格納容器圧力逃がし装置基礎（以下「装置基礎」という。）は3次元FEMモデルを用いた地震応答解析を行っている。そのため、応力解析に用いる基礎スラブ底面の地盤ばね定数も同様の3次元FEMモデルを用いた加振解析により算出する。

解析モデルは、V-2-2-13「格納容器圧力逃がし装置基礎の地震応答計算書」における3次元FEMモデルのうち、遮蔽壁及び基礎スラブの一軸多質点系モデルを除いたものとする。なお、基礎スラブー原地盤間、杭ー原地盤間及び地盤改良体ー原地盤間のジョイント要素は削除し、基礎スラブー原地盤間は相互作用のない二重節点とし、杭ー原地盤間及び地盤改良体ー原地盤間は節点共有とする。地盤定数は、地震時に地盤の非線形化が最も進行する基準地震動Ss-1の等価地盤物性値とする。解析モデルを図2-1に、地盤定数を表2-1に示す。

加振方法は単位加振、加振位置は基礎スラブ中央とし、加振方向はNS方向、EW方向及び鉛直方向とする。加振位置と加振方向を図2-2に示す。加振解析には、解析コード「SoilPlus」を用いる。

地盤ばね定数は、加振解析で算出したインピーダンスの実部の値のうち、振動数が0.2Hzの際の値とする。地盤ばね定数とインピーダンスの概念図を図2-3に示す。

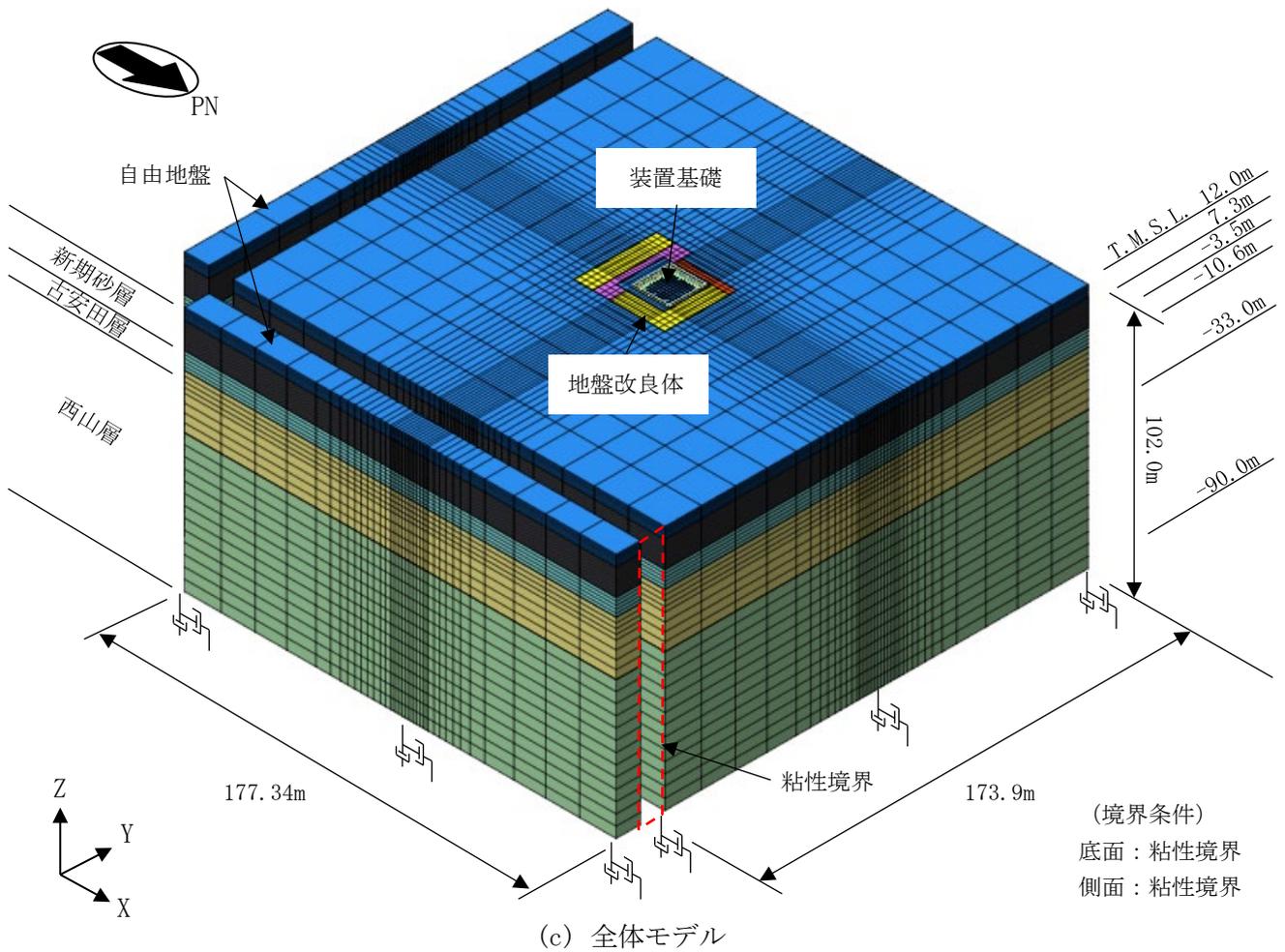
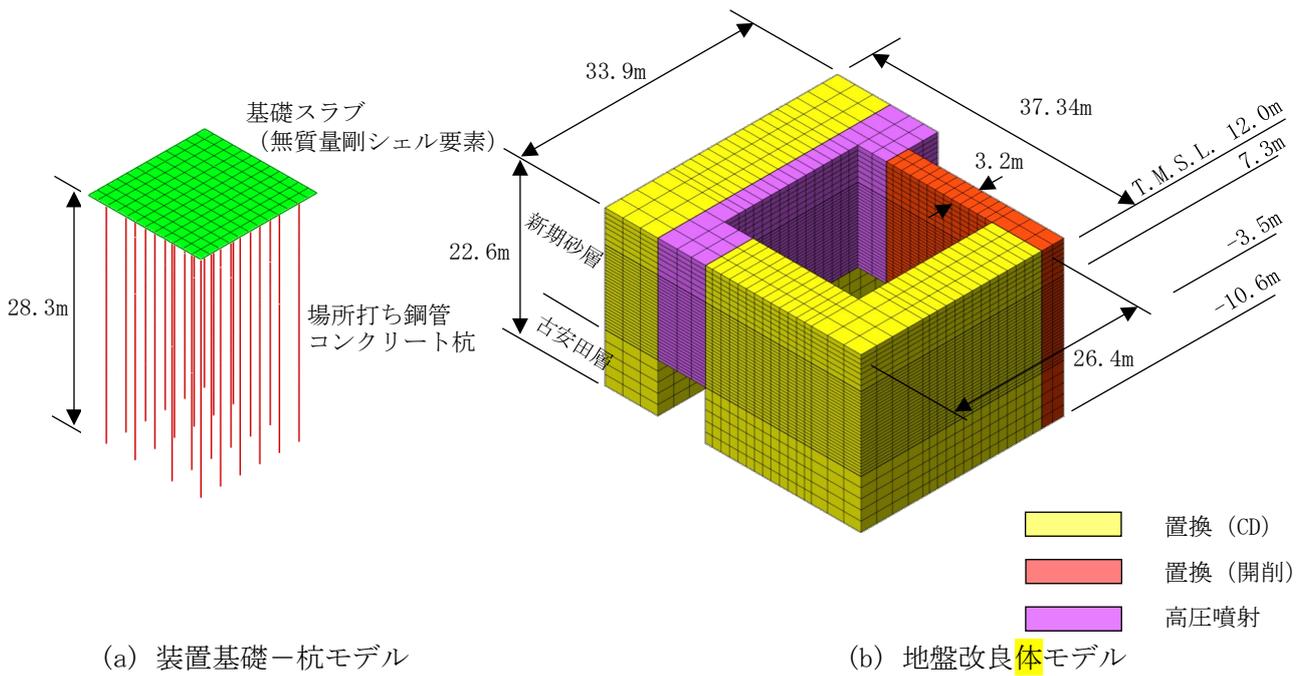


図 2-1 解析モデル

表 2-1 地盤定数

(a) 原地盤

標高 T. M. S. L. (m)	地層	せん断波 速度 $V_s$ (m/s)	単位体積 重量 $\gamma_t$ (kN/m <sup>3</sup> )	ポアソン比 $\nu$	せん断 弾性係数 G (kN/m <sup>2</sup> )	初期せん断 弾性係数 G <sub>0</sub> (kN/m <sup>2</sup> )	剛性 低下率 G/G <sub>0</sub>	減衰 定数 h (%)
+12.0	新期砂層	150	16.1	0.347	15100	36900	0.41	18
+7.3		200	16.1	0.308	7220	65700	0.11	29
-3.5	古安田層	330	17.3	0.462	101000	192000	0.53	6
-10.6	西山層	490	17.0	0.451	391000	416000	0.94	3
-33.0		530	16.6	0.446	427000	475000	0.90	3
-90.0								

(b) 地盤改良体 (置換 (CD))

標高 T. M. S. L. (m)	地層	せん断波 速度 $V_s$ (m/s)	単位体積 重量 $\gamma_t$ (kN/m <sup>3</sup> )	ポアソン比 $\nu$	せん断 弾性係数 G (kN/m <sup>2</sup> )	初期せん断 弾性係数 G <sub>0</sub> (kN/m <sup>2</sup> )	剛性 低下率 G/G <sub>0</sub>	減衰 定数 h (%)
+12.0	地盤改良体 (置換 (CD))	800	17.9	0.302	1130000	1170000	0.97	1
+7.3		800	17.9	0.302	1130000	1170000	0.97	1
-3.5 -10.6		800	18.0	0.302	1080000	1170000	0.93	1

注：T. M. S. L. -10.6m以深は原地盤の値を採用する

(c) 地盤改良体 (置換 (開削))

標高 T. M. S. L. (m)	地層	せん断波 速度 $V_s$ (m/s)	単位体積 重量 $\gamma_t$ (kN/m <sup>3</sup> )	ポアソン比 $\nu$	せん断 弾性係数 G (kN/m <sup>2</sup> )	初期せん断 弾性係数 G <sub>0</sub> (kN/m <sup>2</sup> )	剛性 低下率 G/G <sub>0</sub>	減衰 定数 h (%)
+12.0	地盤改良体 (置換 (開削))	840	18.1	0.302	1270000	1310000	0.97	1
+7.3		840	18.1	0.302	1270000	1310000	0.97	1
-3.5 -10.6		840	18.1	0.302	1230000	1310000	0.94	1

注：T. M. S. L. -10.6m以深は原地盤の値を採用する

(d) 地盤改良体 (高圧噴射)

標高 T. M. S. L. (m)	地層	せん断波 速度 $V_s$ (m/s)	単位体積 重量 $\gamma_t$ (kN/m <sup>3</sup> )	ポアソン比 $\nu$	せん断 弾性係数 G (kN/m <sup>2</sup> )	初期せん断 弾性係数 G <sub>0</sub> (kN/m <sup>2</sup> )	剛性 低下率 G/G <sub>0</sub>	減衰 定数 h (%)
+12.0	地盤改良体 (高圧噴射)	810	19.7	0.375	1280000	1320000	0.97	1
+7.3 -3.5		810	19.7	0.375	1280000	1320000	0.97	1

注：T. M. S. L. -3.5m以深は原地盤の値を採用する

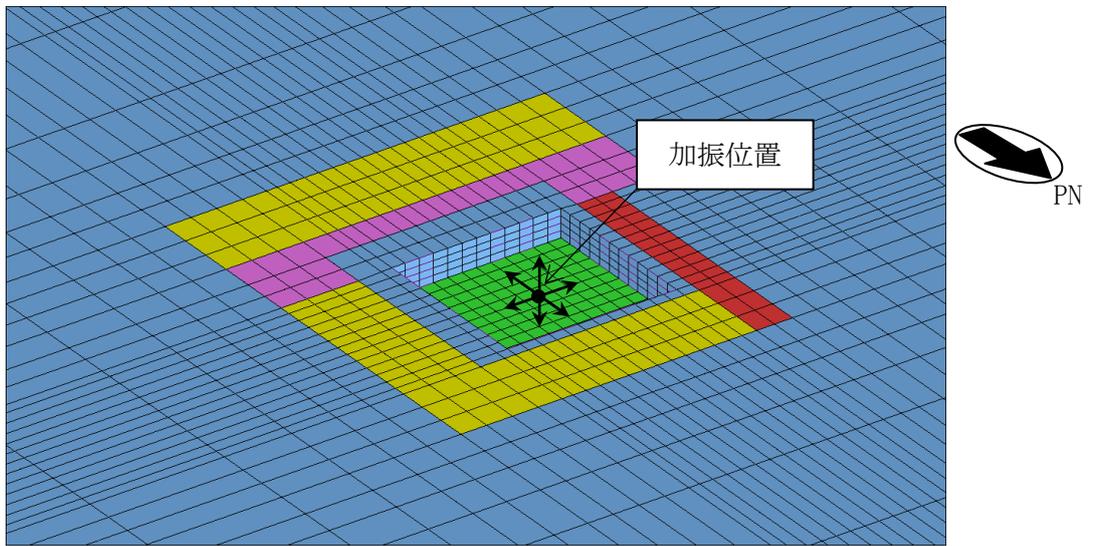


図 2-2 加振位置と加振方向

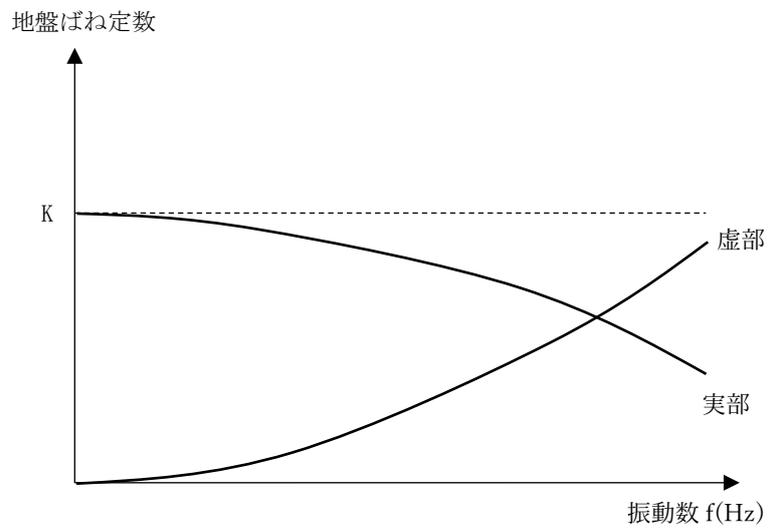
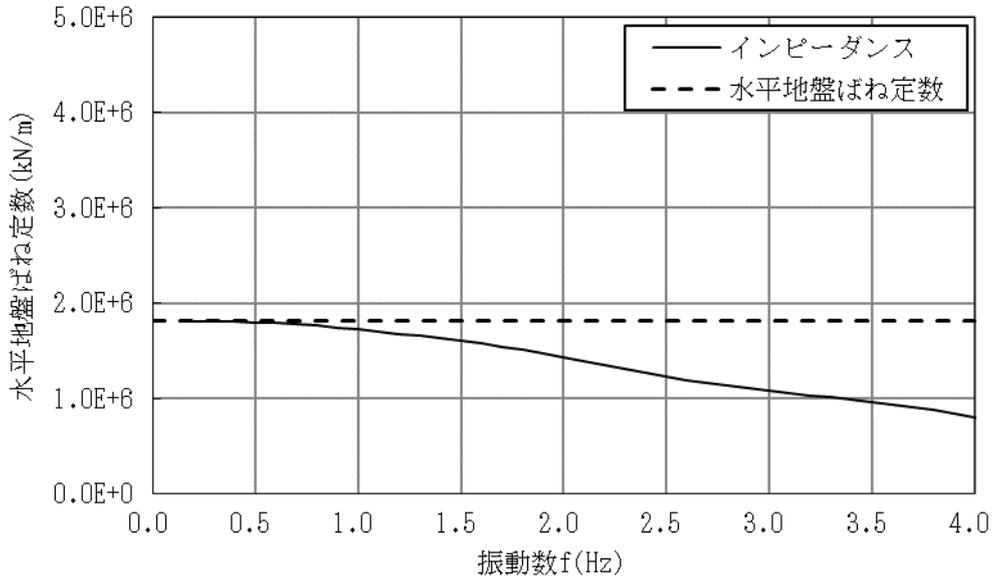


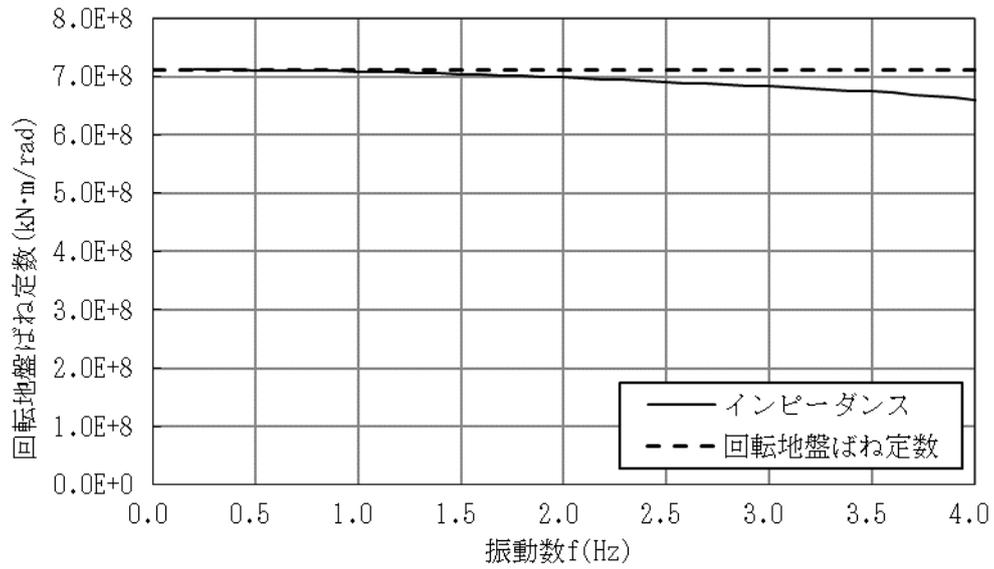
図 2-3 地盤ばね定数とインピーダンスの概念図

### 3. 算出結果

杭頭位置を水平，回転及び鉛直に加振した際のインピーダンスの算出結果を図 3-1～図 3-3 に，作成した地盤ばね定数を表 3-1 に示す。

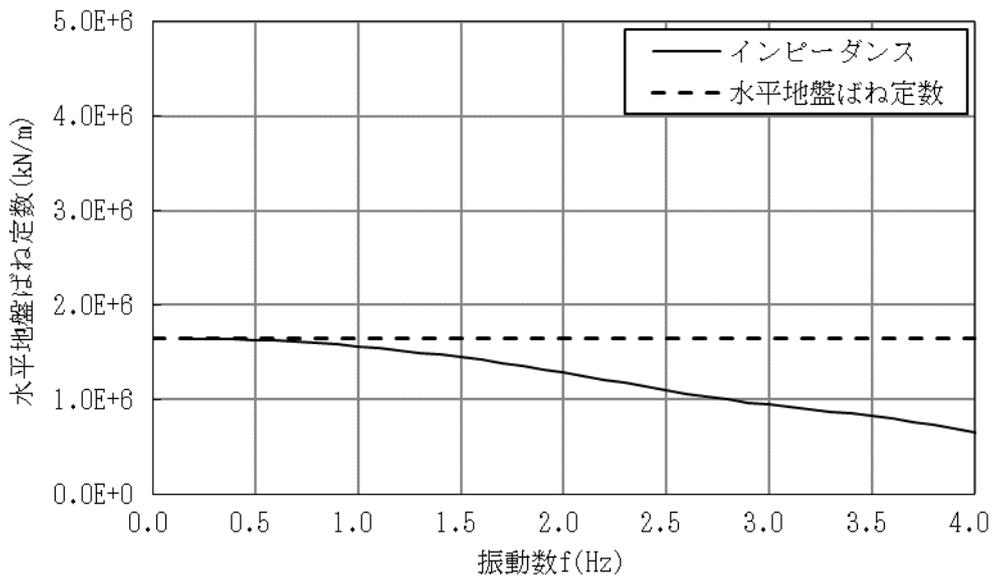


(a) 水平方向

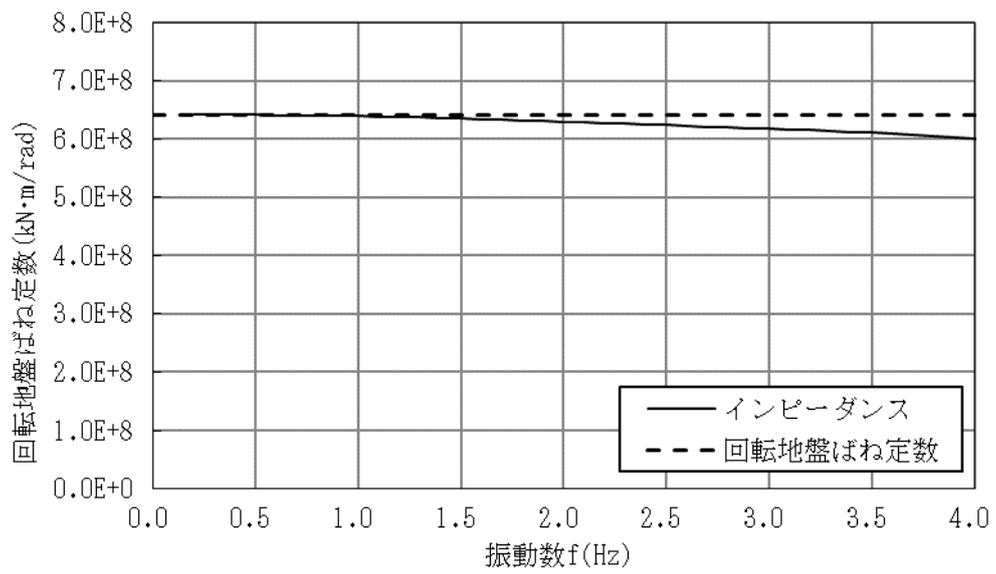


(b) 回転方向

図 3-1 杭頭インピーダンス (NS 方向)



(a) 水平方向



(b) 回転方向

図 3-2 杭頭インピーダンス (EW 方向)

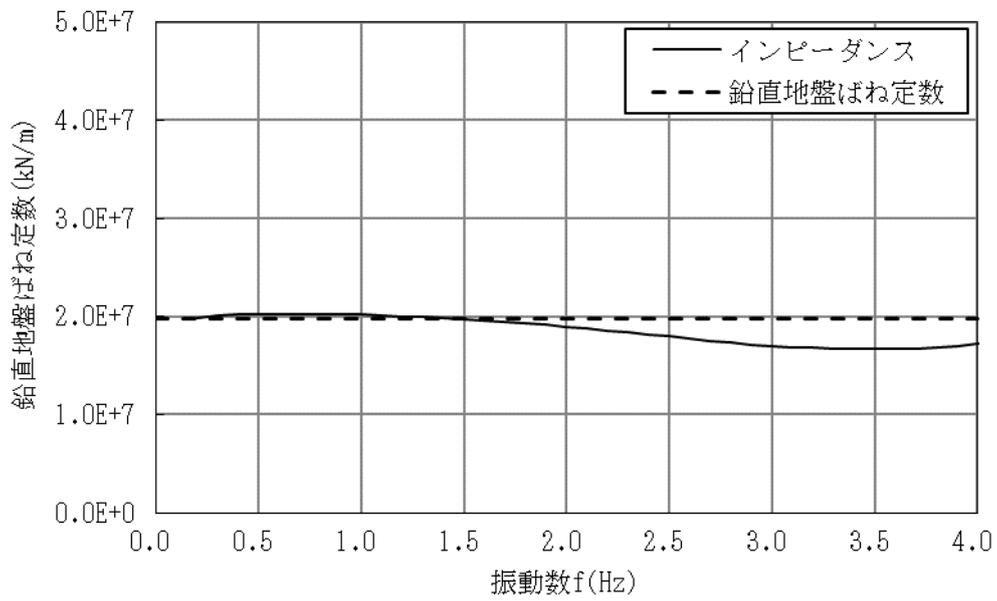


図 3-3 杭頭インピーダンス (鉛直方向)

表 3-1 地盤ばね定数

ばねの種類	NS 方向	EW 方向	鉛直方向
水平地盤ばね $k_H$ (kN/m)	$1.81 \times 10^6$	$1.65 \times 10^6$	—
回転地盤ばね $k_R$ (kN·m/rad)	$7.12 \times 10^8$	$6.42 \times 10^8$	—
鉛直地盤ばね $k_V$ (kN/m)	—	—	$1.98 \times 10^7$

### 別紙 3 応力解析における断面の評価部位の選定

## 目 次

- |                     |        |
|---------------------|--------|
| 1. 概要 .....         | 別紙 3-1 |
| 2. 断面の評価部位の選定 ..... | 別紙 3-2 |

## 1. 概要

本資料は、格納容器圧力逃がし装置基礎（以下「装置基礎」という。）の基礎スラブの応力解析における断面の評価部位の選定に関し、工認記載の断面の評価要素の選定結果について示すものである。

## 2. 断面の評価部位の選定

装置基礎の基礎スラブの荷重の組合せケースを表 2-1 に、基礎スラブの配筋一覧を表 2-2 及び表 2-3 に、せん断補強筋の配筋領域を図 2-1 に示す。

装置基礎の面外せん断力の検討においては、開口部の範囲を除く遮蔽壁直下の要素を評価対象外とする。ただし、B 通りの開口部については、基礎スラブ上端から開口下端までの高さが 3300mm あることから、当該開口部直下の基礎スラブの面外変形は十分に拘束されると判断できるため、評価対象外とする。また、装置基礎においては、基礎スラブ厚さに対して杭と遮蔽壁の間隔が狭く、せん断スパン比が 1 以下であることから、遮蔽壁からの地震力は基礎スラブ内でアーチ作用により斜めに伝わる圧縮力として杭へ流れる。そのため、遮蔽壁と杭の間の要素のうち、遮蔽壁からの距離が基礎スラブ厚の 1/2 に包絡される要素についても、面外せん断力の評価対象外とする。面外せん断力の評価対象外範囲を図 2-2 に示す。

各評価項目の検定値一覧を表 2-4 に、断面力ごとの検定値が最大となる要素及び断面の評価結果を図 2-3 に、断面の評価部位の選定に関する荷重組合せケースの応力コンター図を図 2-4 に示す。

表 2-1 荷重の組合せケース

ケース No.	水平：鉛直	鉛直震度	荷重の組合せケース
1	1.0 : 0.4	上向き	$G + E + P_s + 1.0S_{s_{WE}} - 0.4S_{s_{UD}} + B L$
2		下向き	$G + E + P_s + 1.0S_{s_{WE}} + 0.4S_{s_{UD}} + B L$
3		上向き	$G + E + P_s + 1.0S_{s_{EW}} - 0.4S_{s_{UD}} + B L$
4		下向き	$G + E + P_s + 1.0S_{s_{EW}} + 0.4S_{s_{UD}} + B L$
5		上向き	$G + E + P_s + 1.0S_{s_{SN}} - 0.4S_{s_{UD}} + B L$
6		下向き	$G + E + P_s + 1.0S_{s_{SN}} + 0.4S_{s_{UD}} + B L$
7		上向き	$G + E + P_s + 1.0S_{s_{NS}} - 0.4S_{s_{UD}} + B L$
8		下向き	$G + E + P_s + 1.0S_{s_{NS}} + 0.4S_{s_{UD}} + B L$
9	0.4 : 1.0	上向き	$G + E + P_s + 0.4S_{s_{WE}} - 1.0S_{s_{UD}} + B L$
10		下向き	$G + E + P_s + 0.4S_{s_{WE}} + 1.0S_{s_{UD}} + B L$
11		上向き	$G + E + P_s + 0.4S_{s_{EW}} - 1.0S_{s_{UD}} + B L$
12		下向き	$G + E + P_s + 0.4S_{s_{EW}} + 1.0S_{s_{UD}} + B L$
13		上向き	$G + E + P_s + 0.4S_{s_{SN}} - 1.0S_{s_{UD}} + B L$
14		下向き	$G + E + P_s + 0.4S_{s_{SN}} + 1.0S_{s_{UD}} + B L$
15		上向き	$G + E + P_s + 0.4S_{s_{NS}} - 1.0S_{s_{UD}} + B L$
16		下向き	$G + E + P_s + 0.4S_{s_{NS}} + 1.0S_{s_{UD}} + B L$
17	1.0 : 0.4	上向き	$G + E + P_s + 1.0S_{s_{WE}} - 0.4S_{s_{UD}}$
18		下向き	$G + E + P_s + 1.0S_{s_{WE}} + 0.4S_{s_{UD}}$
19		上向き	$G + E + P_s + 1.0S_{s_{EW}} - 0.4S_{s_{UD}}$
20		下向き	$G + E + P_s + 1.0S_{s_{EW}} + 0.4S_{s_{UD}}$
21		上向き	$G + E + P_s + 1.0S_{s_{SN}} - 0.4S_{s_{UD}}$
22		下向き	$G + E + P_s + 1.0S_{s_{SN}} + 0.4S_{s_{UD}}$
23		上向き	$G + E + P_s + 1.0S_{s_{NS}} - 0.4S_{s_{UD}}$
24		下向き	$G + E + P_s + 1.0S_{s_{NS}} + 0.4S_{s_{UD}}$
25	0.4 : 1.0	上向き	$G + E + P_s + 0.4S_{s_{WE}} - 1.0S_{s_{UD}}$
26		下向き	$G + E + P_s + 0.4S_{s_{WE}} + 1.0S_{s_{UD}}$
27		上向き	$G + E + P_s + 0.4S_{s_{EW}} - 1.0S_{s_{UD}}$
28		下向き	$G + E + P_s + 0.4S_{s_{EW}} + 1.0S_{s_{UD}}$
29		上向き	$G + E + P_s + 0.4S_{s_{SN}} - 1.0S_{s_{UD}}$
30		下向き	$G + E + P_s + 0.4S_{s_{SN}} + 1.0S_{s_{UD}}$
31		上向き	$G + E + P_s + 0.4S_{s_{NS}} - 1.0S_{s_{UD}}$
32		下向き	$G + E + P_s + 0.4S_{s_{NS}} + 1.0S_{s_{UD}}$

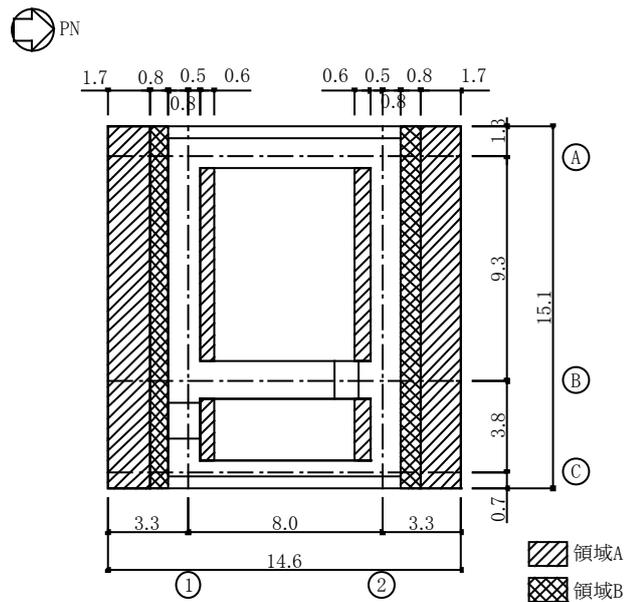
- G : 固定荷重
- E : 機器荷重
- $P_s$  : 積雪荷重
- $S_{s_{WE}}$  : 水平地震荷重 (W→E 入力, EW 方向)
- $S_{s_{EW}}$  : 水平地震荷重 (E→W 入力, EW 方向)
- $S_{s_{SN}}$  : 水平地震荷重 (S→N 入力, NS 方向)
- $S_{s_{NS}}$  : 水平地震荷重 (N→S 入力, NS 方向)
- $S_{s_{UD}}$  : 鉛直地震荷重
- B L : 浮力

表 2-2 装置基礎の基礎スラブの配筋（主筋）

スラブ厚 (m)	方向	位置	設計配筋	断面積 (mm <sup>2</sup> /m)
2.5	NS	上ば筋	2-D38@200	11400
		下ば筋	2-D38@200	11400
	EW	上ば筋	2-D38@200	11400
		下ば筋	2-D38@200	11400

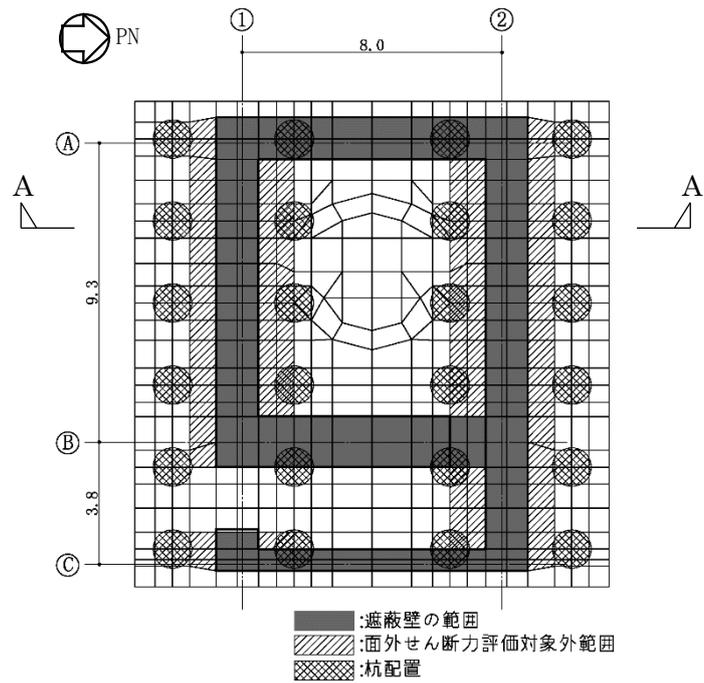
表 2-3 装置基礎の基礎スラブの配筋（せん断補強筋）

	鉄筋	ピッチ	断面積 (mm <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> )
領域 A	D25	@400×@400	3169
領域 B	D25	@400×@200	6338

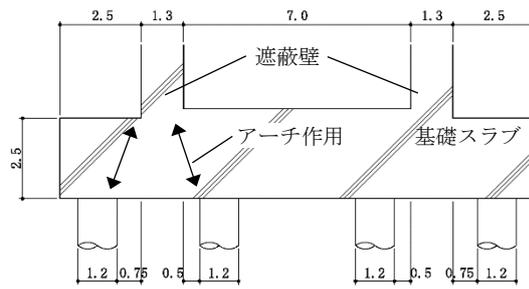


(単位：m)

図 2-1 装置基礎の基礎スラブの配筋領域（せん断補強筋）



(a) 平面図



(単位：m)

(b) A-A 断面図

図 2-2 面外せん断力評価対象外範囲

表 2-4 各評価項目の検定値一覧

項目	方向	要素番号	荷重 ケース	検定値
軸力 + 曲げモーメント + 面内せん断力	NS	1319	24	0.549
	EW	3120	18	0.522
面外せん断力	NS	1604	24	0.759
	EW	3120	20	0.706

注：■は、検定値が最大となる要素を示す。

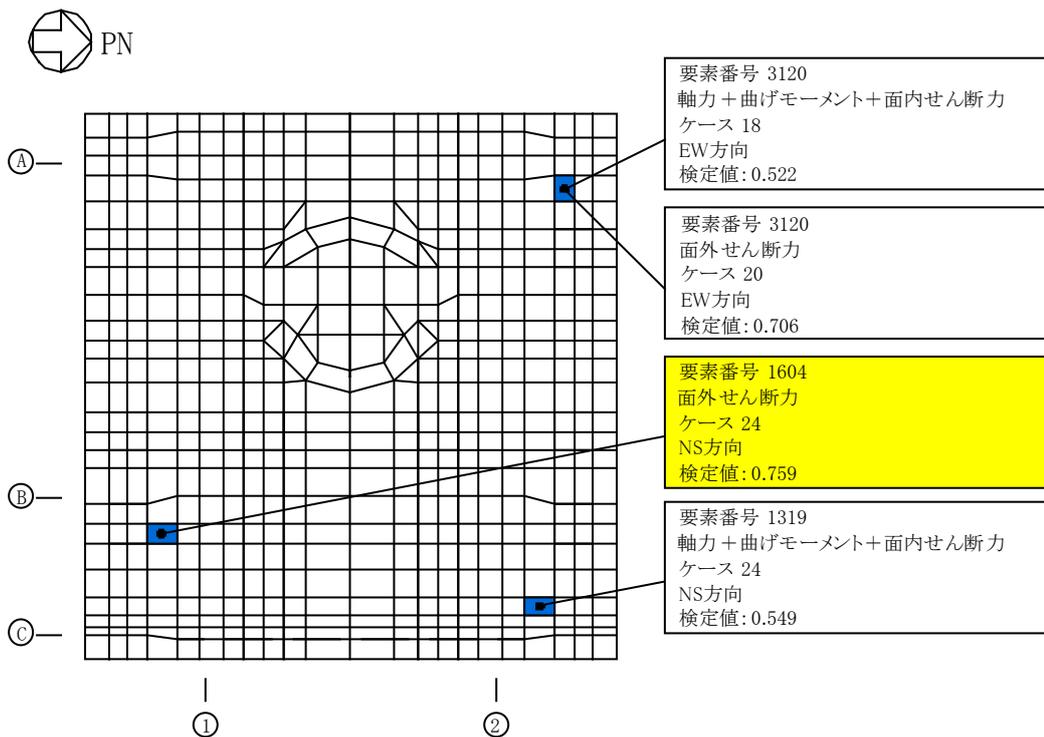


図 2-3 断面力ごとの検定値が最大となる要素及び断面の評価結果



## 別紙4 杭の極限支持力及び極限引抜き抵抗力の設定

## 目 次

1. 概要 .....	別紙 4-1
2. 杭の極限支持力の設定 .....	別紙 4-1
2.1 地盤から決まる極限支持力 .....	別紙 4-1
2.2 杭体から決まる極限支持力 .....	別紙 4-4
2.3 杭の極限支持力 .....	別紙 4-4
3. 杭の極限引抜き抵抗力の設定 .....	別紙 4-5
3.1 地盤から決まる極限引抜き抵抗力 .....	別紙 4-5
3.2 杭体から決まる極限引抜き抵抗力 .....	別紙 4-7
3.3 杭の極限引抜き抵抗力 .....	別紙 4-7

(参考資料 1) 杭の周面摩擦力を考慮しない鉛直支持力を用いた評価結果

## 1. 概要

本資料は、V-2-2-14「格納容器圧力逃がし装置基礎の耐震性についての計算書」において用いる杭の極限支持力及び極限引抜き抵抗力の設定方法を示すものである。

## 2. 杭の極限支持力の設定

格納容器圧力逃がし装置基礎（以下「装置基礎」という。）において、杭の極限支持力は「道路橋示方書（I 共通編・IV 下部構造編）・同解説」（（社）日本道路協会，平成14年3月）（以下「道路橋示方書」という。）に基づき，以下①及び②から設定する。

①地盤から決まる極限支持力

②杭体から決まる極限支持力

### 2.1 地盤から決まる極限支持力

地盤から決まる極限支持力の評価式を以下に，極限支持力の算定に用いる諸元と算定結果を表2-1に示す。

$$R_u = q_d A + U \sum L_i f_i$$

ここで，

$R_u$ ：地盤から決まる杭の極限支持力（kN）

$q_d$ ：杭先端における単位面積あたりの極限鉛直支持力度（kN/m<sup>2</sup>）

$A$ ：杭先端面積（m<sup>2</sup>）

$U$ ：杭の周長（m）

$L_i$ ：周面摩擦力を考慮する層の層厚（m）

$f_i$ ：周面摩擦力を考慮する層の最大周面摩擦力度であり，杭の施工方法及び地盤種別により，標準貫入試験の  $N$  値及び地盤の粘着力を用いて定められる。装置基礎に用いる場所打ち鋼管コンクリート杭では，施工時に鋼管の外周面にグラウトを充填することから，地盤との摩擦面は場所打ち杭と同等である。このため， $f_i$ は場所打ち杭工法の値を参考に，砂質土の場合は  $5N$ （ $\leq 200$ ）（kN/m<sup>2</sup>），粘性土の場合は  $c$  又は  $10N$ （ $\leq 150$ ）（kN/m<sup>2</sup>）とする（ $N$ は標準貫入試験の  $N$  値， $c$ は地盤の粘着力）。ここで， $N$  値は装置基礎直下地盤の地盤調査結果に基づき，各層の平均  $N$  値とする。場所打ち鋼管コンクリート杭の施工手順を図2-1に示す。

なお，周面摩擦力を考慮せずに設定した極限支持力を用いた鉛直支持力の評価結果を（参考資料1）に示す。

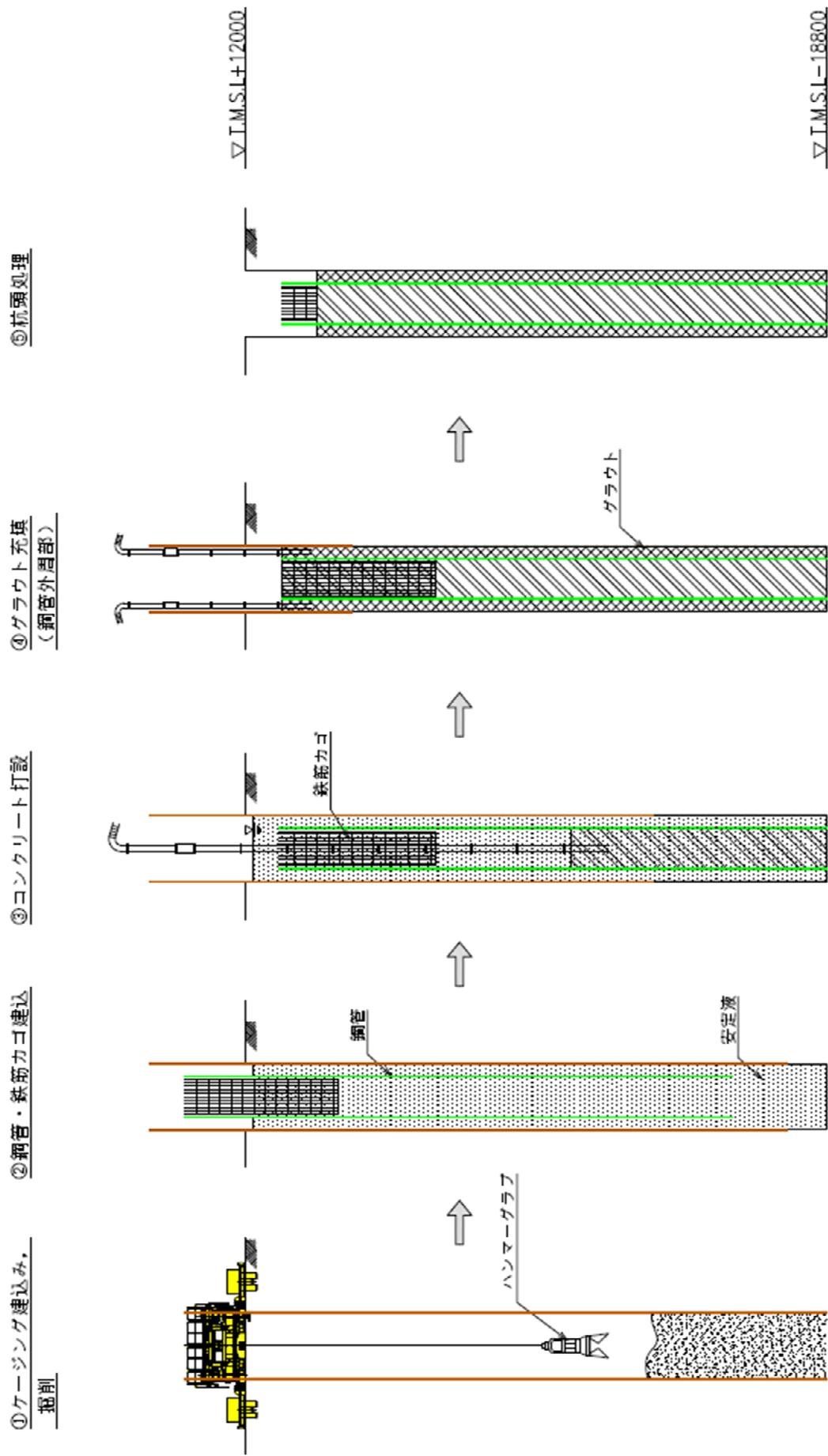


図2-1 場所打ち鋼管コンクリート杭の施工手順

表 2-1 地盤から決まる極限支持力の算定に用いる諸元と算定結果

項目		算定結果
地盤から決まる極限支持力 $R_u$ (kN)		24360
杭先端における単位面積あたりの極限鉛直支持力度 $q_d$ (kN/m <sup>2</sup> )		6178
杭先端面積 $A$ (m <sup>2</sup> )		1.131
杭の周長 $U$ (m)		3.770
周面摩擦力を考慮する層の 最大周面摩擦力度 $f_i$ (kN/m <sup>2</sup> )	新期砂層(1) (T. M. S. L. 9.5m ~ T. M. S. L. 7.3m)	95
	新期砂層(2) (T. M. S. L. 7.3m ~ T. M. S. L. -3.5m)	195
	古安田層 (T. M. S. L. -3.5m ~ T. M. S. L. -10.6m)	150
	西山層 (T. M. S. L. -10.6m ~ T. M. S. L. -18.8m)	150

## 2.2 杭体から決まる極限支持力

杭体から決まる極限支持力の評価式を以下に、極限支持力の算定に用いる諸元と算定結果を表 2-2 に示す。

$$R_{PU} = 0.85\sigma_{ck}A_c + \sigma_y A_s$$

ここで、

$R_{PU}$  : 杭体から決まる極限支持力 (kN)

$\sigma_{ck}$  : コンクリートの設計基準強度 (kN/m<sup>2</sup>)

$A_c$  : コンクリートの断面積 (m<sup>2</sup>)

$\sigma_y$  : 鋼材の降伏点 (kN/m<sup>2</sup>)

$A_s$  : 鋼材の断面積 (m<sup>2</sup>)

表 2-2 杭体から決まる極限支持力の算定に用いる諸元と算定結果

項目	算定結果
杭体から決まる極限支持力 $R_{PU}$ (kN)	49960
コンクリートの設計基準強度 $\sigma_{ck}$ (kN/m <sup>2</sup> )	24000
コンクリートの断面積 $A_c$ (m <sup>2</sup> )	1.039
鋼材の降伏点 $\sigma_y$ (kN/m <sup>2</sup> )	325000
鋼材の断面積 $A_s$ (m <sup>2</sup> ) *	0.08852

注記\* : 鋼管の腐食代 1mm を考慮した値

## 2.3 杭の極限支持力

杭の極限支持力を表 2-3 に示す。

表 2-3 杭の極限支持力

(単位 :  $\times 10^3$ kN)

地盤から決まる極限支持力	杭体から決まる極限支持力	杭の極限支持力
24.4	50.0	24.0

### 3. 杭の極限引抜き抵抗力の設定

装置基礎において、杭の極限引抜き抵抗力は「道路橋示方書」に基づき、以下①及び②から設定する。

①地盤から決まる極限引抜き抵抗力

②杭体から決まる極限引抜き抵抗力

#### 3.1 地盤から決まる極限引抜き抵抗力

地盤から決まる極限引抜き抵抗力の評価式を以下に、極限引抜き抵抗力の算定に用いる諸元と算定結果を表 3-1 に示す。

$$P_u = P_U + W$$

$$P_U = U \sum L_i f_i$$

ここで、

$P_u$  : 杭の有効重量を考慮した地盤から決まる杭の極限引抜き抵抗力 (kN)

$W$  : 杭の有効重量 (kN)

$P_U$  : 地盤から決まる杭の極限引抜き抵抗力 (kN)

$U$  : 杭の周長 (m)

$L_i$  : 周面摩擦力を考慮する層の層厚 (m)

$f_i$  : 周面摩擦力を考慮する層の最大周面摩擦力度であり、杭の施工方法及び地盤種別により、標準貫入試験の  $N$  値及び地盤の粘着力を用いて定められる。装置基礎に用いる場所打ち鋼管コンクリート杭では、施工時に鋼管の外周面にグラウトを充填することから、地盤との摩擦面は場所打ち杭と同等である。このため、 $f_i$  は場所打ち杭工法の値を参考に、砂質土の場合は  $5N$  ( $\leq 200$ ) (kN/m<sup>2</sup>)、粘性土の場合は  $c$  又は  $10N$  ( $\leq 150$ ) (kN/m<sup>2</sup>) とする ( $N$  は標準貫入試験の  $N$  値、 $c$  は地盤の粘着力)。ここで、 $N$  値は装置基礎直下地盤の地盤調査結果に基づき、各層の平均  $N$  値とする。場所打ち鋼管コンクリート杭の施工手順については図 2-1 に示した通りである。

表 3-1 地盤から決まる極限引抜き抵抗力の算定に用いる諸元と算定結果

項目		算定結果
杭の有効重量を考慮した地盤から決まる極限引抜き抵抗力 $P_u$ (kN)		17830
地盤から決まる極限引抜き抵抗力 $P_u$ (kN)		17380
杭の有効重量 $W$ (kN)		454
杭の周長 $U$ (m)		3.770
周面摩擦力を考慮する層の 最大周面摩擦力度 $f_i$ (kN/m <sup>2</sup> )	新期砂層 (1) (T. M. S. L. 9.5m ~ T. M. S. L. 7.3m)	95
	新期砂層 (2) (T. M. S. L. 7.3m ~ T. M. S. L. -3.5m)	195
	古安田層 (T. M. S. L. -3.5m ~ T. M. S. L. -10.6m)	150
	西山層 (T. M. S. L. -10.6m ~ T. M. S. L. -18.8m)	150

### 3.2 杭体から決まる極限引抜き抵抗力

杭体から決まる極限引抜き抵抗力の評価式を以下に、極限引抜き抵抗力の算定に用いる諸元と算定結果を表 3-2 に示す。

$$P_{PU} = \sigma_y A_s$$

ここで、

$P_{PU}$  : 杭体から決まる極限引抜き抵抗力 (kN)

$\sigma_y$  : 鋼材の降伏点 (kN/m<sup>2</sup>)

$A_s$  : 鋼材の断面積 (m<sup>2</sup>)

表 3-2 杭体から決まる極限引抜き抵抗力の算定に用いる諸元と算定結果

項目	算定結果
杭体から決まる極限引抜き抵抗力 $R_{PU}$ (kN)	28760
鋼材の降伏点 $\sigma_y$ (kN/m <sup>2</sup> )	325000
鋼材の断面積 $A_s$ (m <sup>2</sup> ) *	0.08852

注記\* : 鋼管の腐食代 1mm を考慮した値

### 3.3 杭の極限引抜き抵抗力

杭の極限引抜き抵抗力を表 3-3 に示す。

表 3-3 杭の極限引抜き抵抗力

(単位 :  $\times 10^3$  kN)

地盤から決まる 極限引抜き抵抗力	杭体から決まる 極限引抜き抵抗力	杭の極限引抜き抵抗力
17.8	28.8	17.0

(参考資料1) 杭の周面摩擦力を考慮しない鉛直支持力を用いた評価結果

## 1. 概要

装置基礎の杭の評価は、V-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」の補足説明資料「地盤の支持性能について」に基づき、杭頭の発生軸力により評価を行っている。本資料は、参考用に周面摩擦力を考慮しない極限支持力と杭先端軸力を用いて評価した結果を示す。

## 2. 評価方法

杭の周面摩擦力を考慮しない極限支持力は、「道路橋示方書（I 共通編・IV 下部構造編）・同解説」（(社) 日本道路協会，平成14年3月）に示される地盤から決まる極限支持力の評価式のうち、周面摩擦力に関する項を無視した下式により算定する。

$$R_{pu} = q_d A$$

ここで、

$R_{pu}$  : 地盤から決まる杭先端の極限支持力 (kN)

$q_d$  : 杭先端における単位面積あたりの極限鉛直支持力度 (kN/m<sup>2</sup>)

$A$  : 杭先端面積 (m<sup>2</sup>)

極限支持力に周面摩擦力を考慮しないため、鉛直支持力の評価には杭頭軸力ではなく杭先端軸力を用いる。評価対象は、V-2-2-13「格納容器圧力逃がし装置基礎の地震応答計算書」の補足説明資料「格納容器圧力逃がし装置基礎の地震応答計算書に関する補足説明資料」の別紙3-2「材料物性の不確かさを考慮した地震応答解析結果」において、杭頭の最大応答軸力が最も大きくなるケース3（地盤剛性- $\sigma$ ）のSs-2の杭番号2401とする。

### 3. 評価結果

杭先端の最大応答軸力及び評価結果を表3-1に示す。検定値が1.0を超えないことを確認した。

表3-1 杭先端の最大応答軸力及び評価結果

杭 番号	杭先端の 最大応答軸力 ( $\times 10^3 \text{kN}$ )	杭先端における 単位面積あたりの 極限鉛直支持力度 $q_d$ ( $\text{kN/m}^2$ )	杭先端 面積 $A$ ( $\text{m}^2$ )	杭先端 極限支持力 $R_{pu}$ ( $\times 10^3 \text{kN}$ )	検定値
2401	5.03	6178	1.131	6.98	0.721

