

本資料のうち、枠囲みの内容は、営業秘密又は防護上の観点から公開できません。

東海第二発電所 工事計画審査資料	
資料番号	TK-1-2157 改0
提出年月日	平成30年9月28日

## V-2-2-2-7 原子炉建屋地下排水設備排水シャフトの

### 耐震性についての計算書

## V-2-2-2-8 原子炉建屋地下排水設備集水管の

### 耐震性についての計算書

(概要)

## 目次

1. 概要 .....	2
2. 基本方針 .....	3
2.1 位置 .....	3
2.2 構造概要 .....	4
2.3 評価方針 .....	7
2.4 適用規格・基準等 .....	8
3. 応力解析による評価方法 .....	9
3.1 評価対象部位及び評価方針 .....	9
3.2 荷重及び荷重の組合せ .....	10
3.2.1 荷重の組合せ .....	10
3.3 許容限界 .....	10
3.4 評価方法 .....	11
3.4.1 応力解析方法 .....	11
3.4.2 断面の評価方法 .....	14
4. 評価結果 .....	15
4.1 応力解析による評価結果 .....	15

## 1. 概要

本資料は、原子炉建屋地下排水設備排水シャフト（以下、「排水シャフト」という。）及び原子炉建屋地下排水設備集水管（以下、「集水管」という。）について、添付書類「V-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき、地震時の構造強度及び機能維持の確認について説明するものであり、その評価は、応力解析による評価により行う。

## 2. 基本方針

原子炉建屋地下排水設備を構成する集水管は，原子炉建屋に対し，その耐震性を確保するため地下水位を原子炉建屋基礎盤底面レベル以深に維持する機能を有している。原子炉建屋が「Sクラスの施設の間接支持構造物」及び「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の間接支持構造物」であることから，集水管について，基準地震動  $S_s$  による地震力に対する評価を実施する。

### 2.1 位置

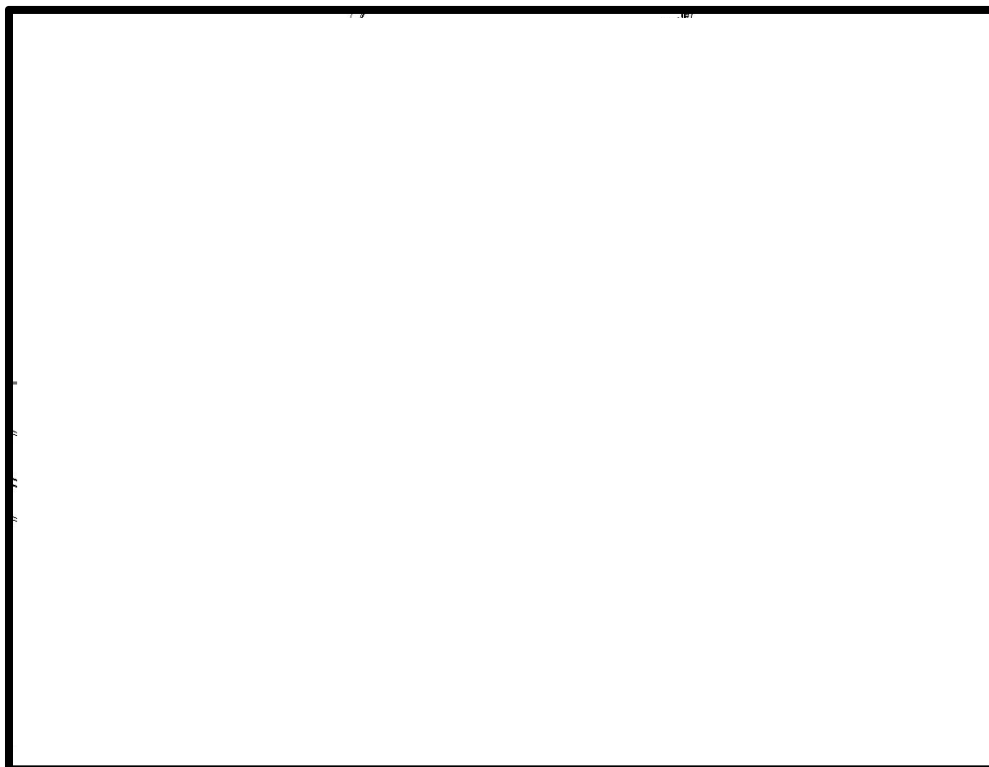


図 2-1 集水管の設置位置

## 2.2 構造概要

地下排水上屋、排水シャフト及び集水ピットはそれぞれ東西2箇所設置し、原子炉建屋の東西角部及び南西角部付近に位置する。地下排水上屋は、地上1階、平面が南北方向2.0m、東西方向2.5m、地上高さ2.6mの鉄筋コンクリート造である。地下排水上屋の基礎は連続基礎である。集水ピットは、平面が南北方向2.3m、東西方向2.3m、高さ4.85mの鉄筋コンクリート造であり、排水シャフトは、集水ピットと地下排水上屋を接続するヒューム管である。集水管は、原子炉建屋の東、西、南面に配置するヒューム管であり、久米層上面に直接設置し集水ピットに接続している。また、排水シャフト及び集水ピットのうち久米層上端以浅の部分については、その周囲をセメント系の改良地盤とする。

地下排水上屋、排水シャフト、集水ピット及び集水管の概略配置図、概略平面図及び概略断面図を図2-2～図2-3に示す。

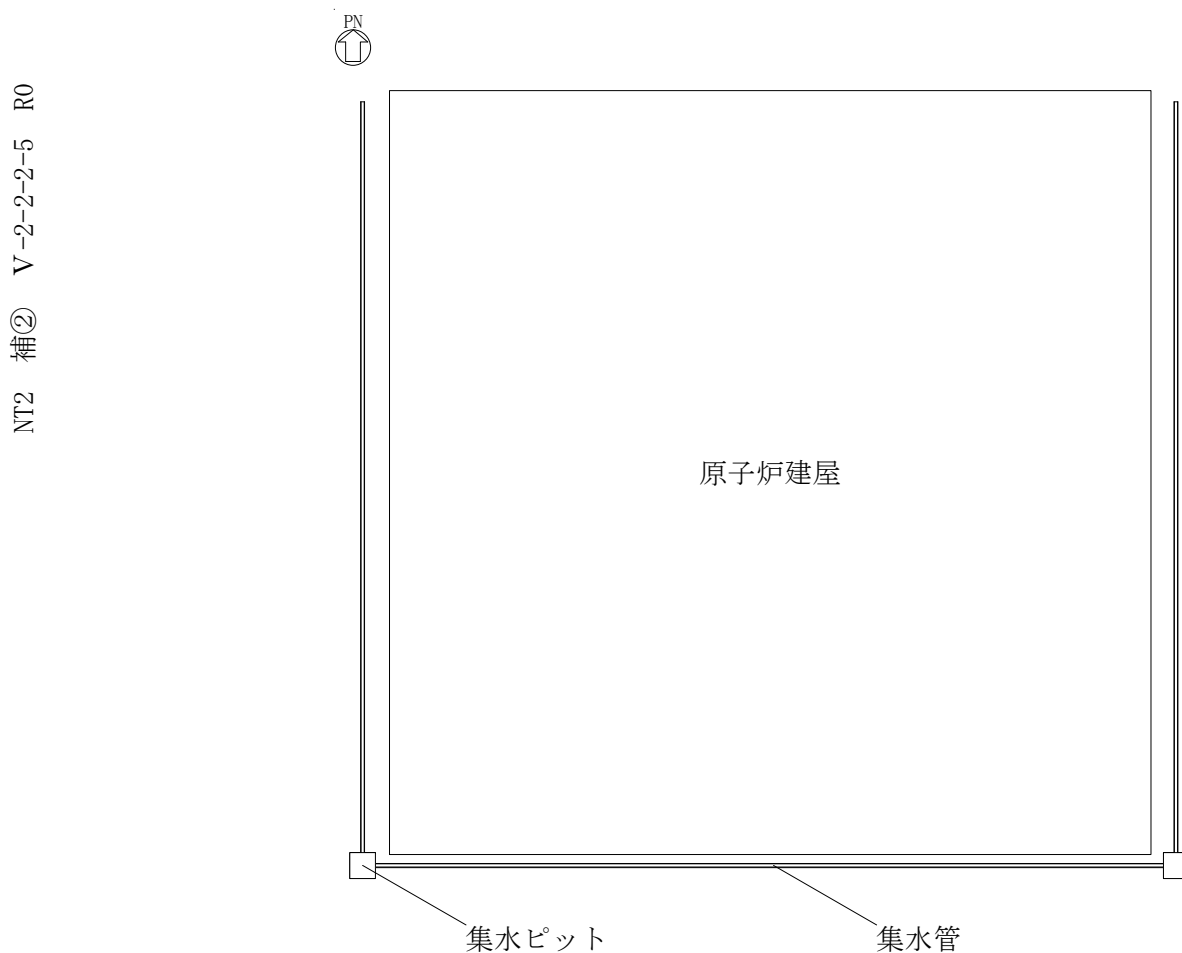


図2-2 排水シャフト及び集水管の概略配置図

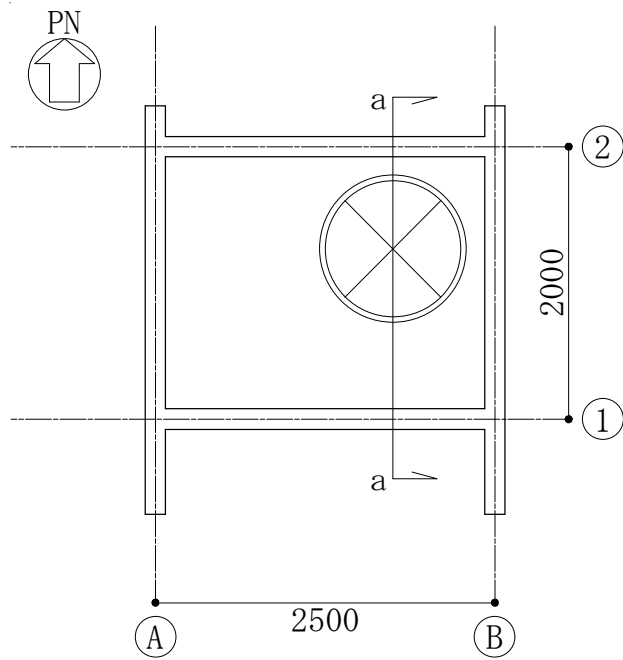


図 2-3 地下排水上屋及び排水シャフトの概略平面図（南西隅）

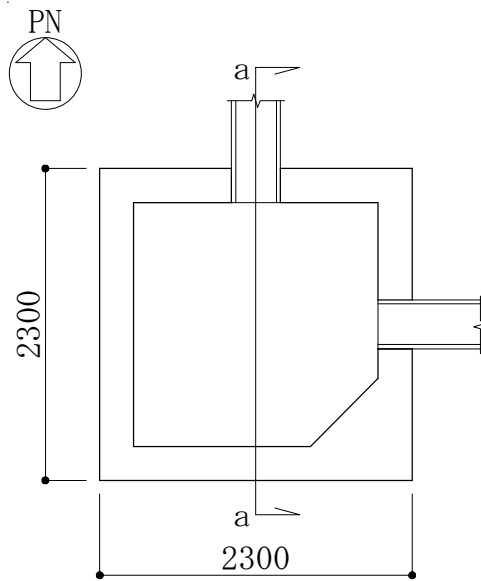


図 2-4 集水ピット及び集水管の概略平面図（南西隅）

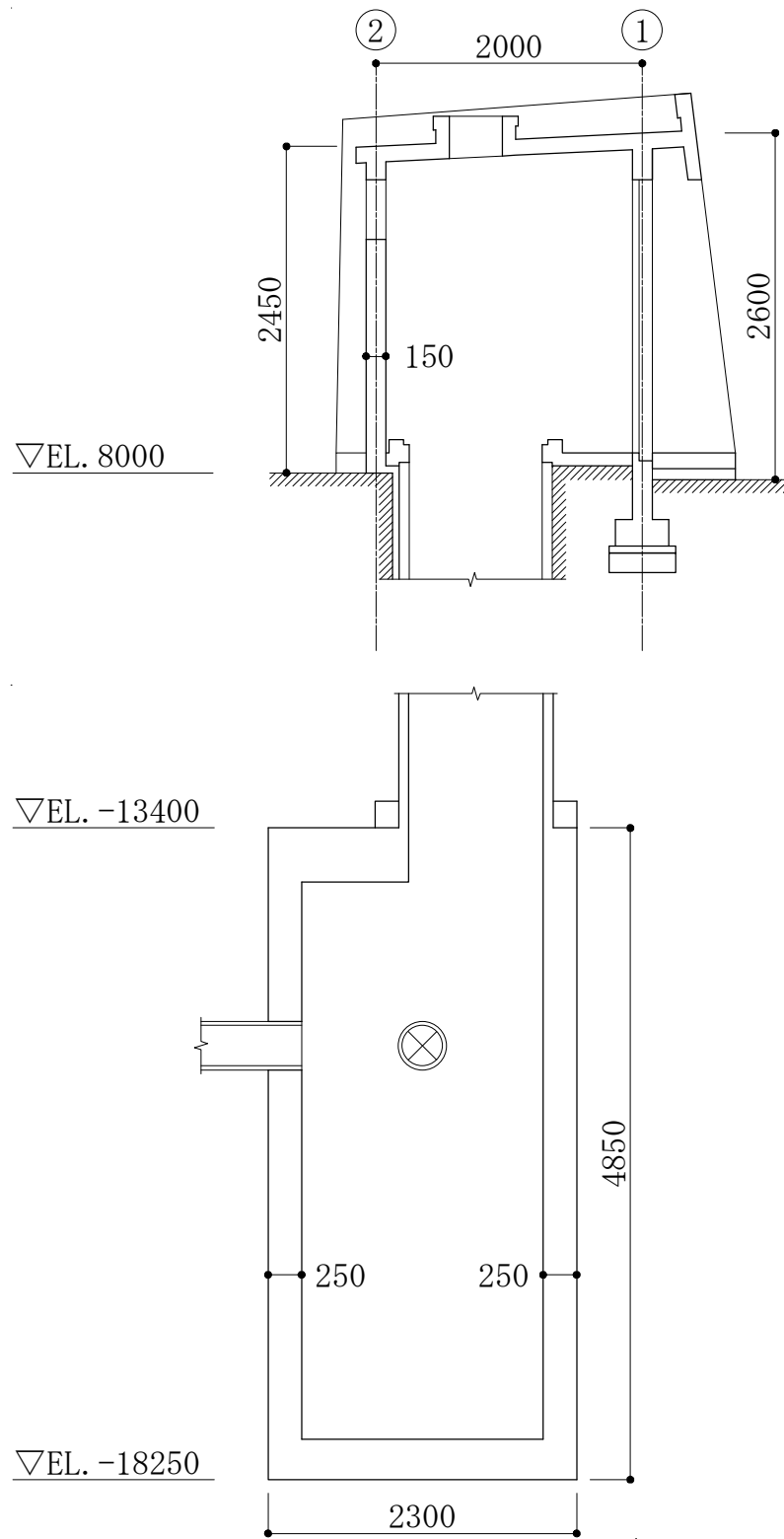


図 2-5 排水シャフト及び集水管の概略断面図 (a-a 矢視/NS 方向断面)

### 2.3 評価方針

原子炉建屋地下排水設備は、原子炉建屋に対し、その耐震性を確保するため地下水位を原子炉建屋基礎盤底面レベル以深に維持する機能を有している。原子炉建屋が「Sクラスの施設の間接支持構造物」及び「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の間接支持構造物」であることから、地下排水設備を構成する集水管について、基準地震動 $S_s$ による地震力に対する評価（以下「 $S_s$ 地震時に対する評価」という。）を行う。

集水管の評価は、添付書類「V-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき、応力解析による評価において断面の評価を行うことで、地震時の構造強度及び機能維持の確認を行う。評価は、「別紙 2 次元 FEM を用いた原子炉建屋周辺の地震応答解析」の結果を踏まえたものとする。評価に当たっては地盤物性のばらつきを考慮する。通水機能を維持するため、構造強度を確保することで、通水機能が維持できる設計とする。

集水管の評価フローを図 2-6 に示す。



## 2.4 適用規格・基準等

排水施設の評価において、適用する規格・基準等を以下に示す。

- ・ 原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1987 ((社) 日本電気協会)
- ・ 原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編 J E A G 4 6 0 1 ・補-1984 ((社) 日本電気協会)
- ・ 原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1991 追補版((社) 日本電気協会)
- ・ 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, 2002) (以下「道示IV」という。)
- ・ 道路橋示方書 (V 耐震設計編)・同解説 ((社) 日本道路協会, 2002)
- ・ コンクリート標準示方書 [構造性能照査編] ((社) 土木学会, 2002 年制定) (以下「RC 示方書」という。)
- ・ 日本工業規格 (JIS)
- ・ 下水道施設の耐震対策指針と解説-2014 年版- ((社) 日本下水道協会) (以下「下水道指針」という。)
- ・ ヒューム管設計施工要覧 (全国ヒューム管協会, 2009)

### 3. 応力解析による評価方法

#### 3.1 評価対象部位及び評価方針

排水施設の応力解析による評価対象部位は、排水シャフト及び集水管とし、線形はり－非線形地盤ばねモデルによる応答変位法や線形はりモデルによるフレーム解析により評価を行う。

応力解析にあたっては、原子炉建屋基礎地盤の地盤安定解析や1次元波動論による地震応答解析による結果を用いて、荷重の組合せを行う。

S s 地震時に対する評価は、地震力と地震力以外の荷重の組合せの結果、発生する応力が、「下水道指針」に基づき設定した許容限界を超えないことを確認する。

### 3.2 荷重及び荷重の組合せ

#### 3.2.1 荷重の組合せ

### 3.3 許容限界

応力解析による評価における排水施設の許容限界は、添付書類「V-2-1-9 機能維持の基本方針」に記載の構造強度上の制限及び機能維持の基本方針に基づき、表 3-1 のとおり設定する。

表 3-1 応力解析による評価における許容限界

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
—	構造強度を有すること	基準地震動 $S_s$	排水シャフト	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	「下水道指針」の破壊保証モーメント（暫定）
—	構造強度を有すること	基準地震動 $S_s$	集水管	部材に生じる応力が内空断面確保のための許容限界を超えないことを確認	「下水道指針」の破壊保証モーメント（暫定）
支持機能 *1	機器・配管系等の設備を支持する機能を損なわないこと	基準地震動 $S_s$	排水シャフト	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	「下水道指針」のひび割れ保証モーメント（暫定）
通水機能	通水機能を損なわないこと。	基準地震動 $S_s$	集水管	部材に生じる応力が内空断面確保のための許容限界を超えないことを確認	「下水道指針」の破壊保証モーメント（暫定）

注記 \*1：「支持機能」の確認には、「内包する設備に対する波及的影響の確認」が含まれる。

### 3.4 評価方法

#### 3.4.1 応力解析方法

##### (1) 排水シャフト

排水シャフトは、軸方向断面及び横断面について耐震照査を実施する。

##### a. 地震荷重の設定

原子炉建屋基礎地盤の地盤安定性評価で実施した2次元FEM解析（全応力解析）に基づき、排水シャフト位置の岩盤上面に対する地表面の相対変位が最大となる地震動の解析ケースを選定する。この解析ケースについて、地盤改良体を考慮した1次元波動論による地震応答解析を実施し、この解析で得られる地盤変位を用いて地震荷重を設定する。【改良地盤のSHAKEは別紙】

##### b. 軸方向断面の応力解析

排水シャフトの軸方向（鉛直方向）断面の応力解析は、上述の地震応答解析で得られる地盤変位を用いた応答変位法とする。構造部材はヒューム管の断面性能を考慮した線形はり要素とし、地盤改良体を考慮した水平方向の地盤ばねを介して地盤変位を作用させ、地震時応力を算出する。地盤改良体を考慮した地盤ばねは、「道示IV」に基づき設定する。図3-1に解析モデルを示す。

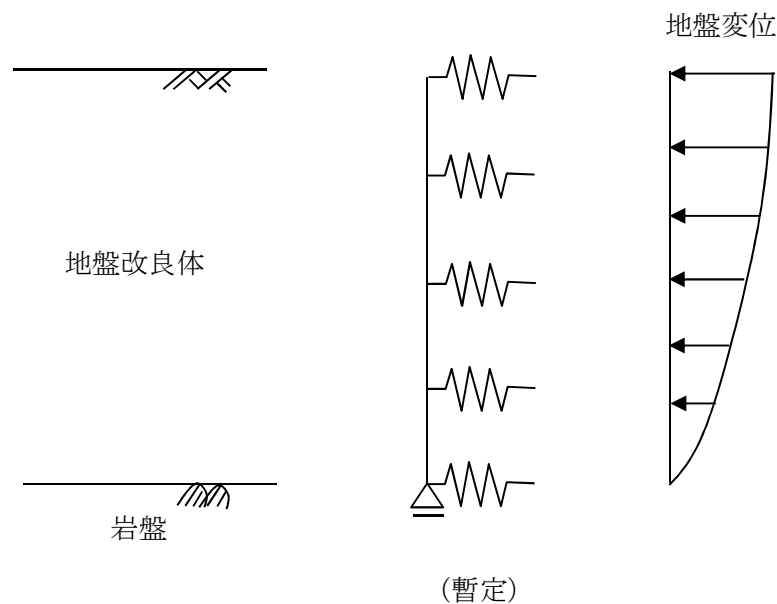
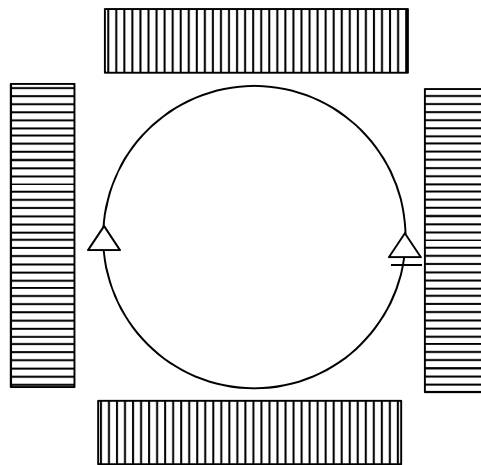


図3-1 軸方向断面の応力解析モデル

##### c. 横断向断面の応力解析

排水シャフトの横断方向（水平方向）断面の応力解析は、軸方向断面の応力解析で得られた地盤ばね反力の最大値を地震時土圧として設定したフレーム解析とする。構造部材は円形状にモデル化した線形はり要素とし、地震時土圧を周囲4方向から静的に載荷して、地震時応力を算出する。図3-2に解析モデルを示す。



(暫定)

図 3-2 横断方向断面の応力解析モデル

(2) 集水管

集水管は、軸方向断面及び横断面について耐震照査を実施する。

a. 地震荷重の設定

原子炉建屋基礎地盤の地盤安定性評価で実施した 2 次元 FEM 解析（全応力解析）に基づき、原子炉建屋横の集水管位置における岩盤上面に対する相対変位及び地盤応力を抽出し、地震荷重を設定する。

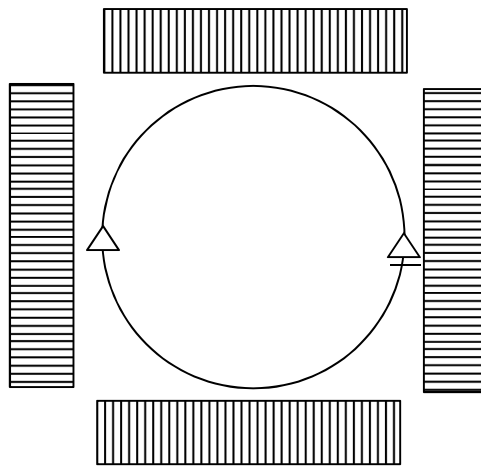
b. 軸方向断面の応力解析

集水管は岩盤表面に配置され、岩盤支持された安定している原子炉建屋脇に位置することから地震時の変位挙動はほとんどないと考えられ、2次元 FEM 解析による集水管位置の変位も小さいことが確認されている。【2次元 FEM 解析結果は別紙（原電殿所掌）】

そのため、地震時変位が集水管の軸方向断面に与える影響は微小であり、有意な応力が発生しないと考えられることから、軸方向断面の検討は省略する。

c. 横断方向断面の応力解析

集水管の横断方向（鉛直方向）断面の応力解析は、2次元 FEM 解析で得られた集水管位置の地盤応力の最大値を地震時土圧として設定したフレーム解析とする。地盤応力は水平応力最大時及び鉛直応力最大時に着目して、地震時土圧の荷重を設定する。構造部材は円形状にモデル化した線形はり要素とし、地震時土圧を周囲 4 方向から静的に載荷して、地震時応力を算出する。図 3-3 に解析モデルを示す。



(暫定)

図 3-3 横断向断面の応力解析モデル

### 3.4.2 断面の評価方法

#### (1) 排水シャフト

##### a. 軸方向断面

排水シャフトは、地震時に内包する排水設備を支持する必要がある。そのため、軸方向断面の曲げ軸力及びせん断に対する発生応力度が、「RC示方書」「道示IV」「JIS」に基づく短期許容応力度を超えないことを確認する。

##### b. 横断方向断面

地震時にひび割れが発生して弾性範囲を逸脱しないように、横断方向の発生曲げモーメントがひび割れ保証モーメントを超えないことを確認する。ひび割れ保証モーメントは「下水道指針」で規定される次式で算定する。

$$M_C = 0.318 \cdot P_C \cdot r + 0.239 \cdot W \cdot r,$$

$M_C$  : ひび割れ保証モーメント (kN・m)

$P_C$  : ひび割れ荷重 (kN/m)

$W$  : 管きよの自重 (kN/m)

$r$  : 管きよの管厚中心半径 (m)

#### (2) 集水管

##### a. 軸方向断面

集水管の軸方向断面は、発生変位が十分に小さく有意な応力を発生しないと考えられることから、検討を省略する。

##### b. 横断方向断面

集水管は、地震時に内空断面を確保して集水する機能が求められる。そのため、横断方向断面の発生曲げモーメントが、終局限界状態に対応する破壊保証モーメントを超えないことを確認する。破壊割れ保証モーメントは「下水道指針」で規定される次式で算定する。

$$M_B = 0.25 \cdot P_B \cdot r + 0.165 \cdot W \cdot r,$$

$M_C$  : 破壊保証モーメント (kN・m)

$P_C$  : 破壊荷重 (kN/m)

$W$  : 管きよの自重 (kN/m)

$r$  : 管きよの管厚中心半径 (m)

#### 4. 評価結果

##### 4.1 応力解析による評価結果

追而