

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	工認-1104 改2
提出年月日	平成30年10月3日

V-2-2-2-8 原子炉建屋地下排水設備集水ピットの耐震性についての計算書

目次

1. 概要	1
2. 基本方針	2
2.1 位置	2
2.2 構造概要	3
2.3 評価方針	7
2.4 適用規格・基準等	9
3. 地震応答解析による評価方法	10
4. 応力解析による評価方法	11
4.1 評価対象部位及び評価方針	11
4.2 荷重及び荷重の組合せ	13
4.2.1 荷重	13
4.2.2 荷重の組合せ	14
4.3 許容限界	15
4.4 解析モデル	16
4.5 評価方法	17
4.5.1 応力解析方法	17
4.5.2 断面の評価方法	18
5. 評価結果	19
5.1 地震応答解析による評価結果	19
5.2 応力解析による評価結果	20

1. 概要

本資料は、原子炉建屋地下排水設備集水ピット（以下「集水ピット」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、地震応答解析による評価及び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（以下「地下排水設備」という。）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する。原子炉建屋は、「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、地下排水設備は、基準地震動 S_s に対する機能維持を確認することとしている。したがって、地下排水設備を設置する集水ピットについて、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。）を実施する。

2.1 位置

地下排水設備の設置位置を図 2-1 に示す。

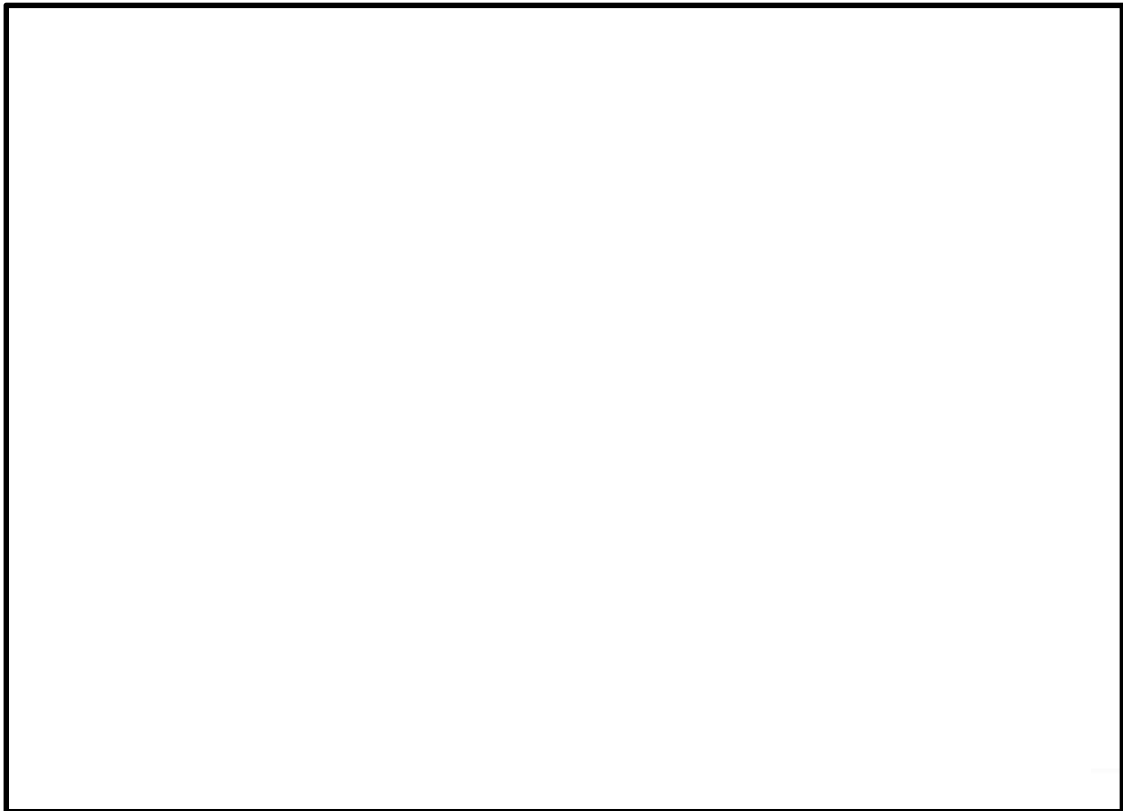


図 2-1 地下排水設備の設置位置

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，原子炉建屋の南東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2.0 m，東西方向2.5 m，地上高さ2.6 m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り，**支持地盤である砂質泥岩上に地盤改良体を介して設置されている**。集水ピットは，平面が南北方向2.3 m，東西方向2.3 m，高さ4.85 mの鉄筋コンクリート造であり，**支持地盤である砂質泥岩に直接設置されている**。排水シャフトは，集水ピットと地下排水上屋を接続する内径 $\phi 1.0$ mの**遠心力鉄筋コンクリート管（以下「ヒューム管」という。）**である。集水管は，原子炉建屋の東面，西面及び南面に配置する内径 $\phi 0.3$ mのヒューム管であり，**支持地盤である砂質泥岩に直接設置し集水ピットに接続している**。

地下排水設備設置位置のうち，排水シャフト及び集水ピットの周囲は，地盤の変位を抑制することを目的として，支持岩盤である**砂質泥岩**の上部をセメント系固化により地盤改良を行う。

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2-8に示す。

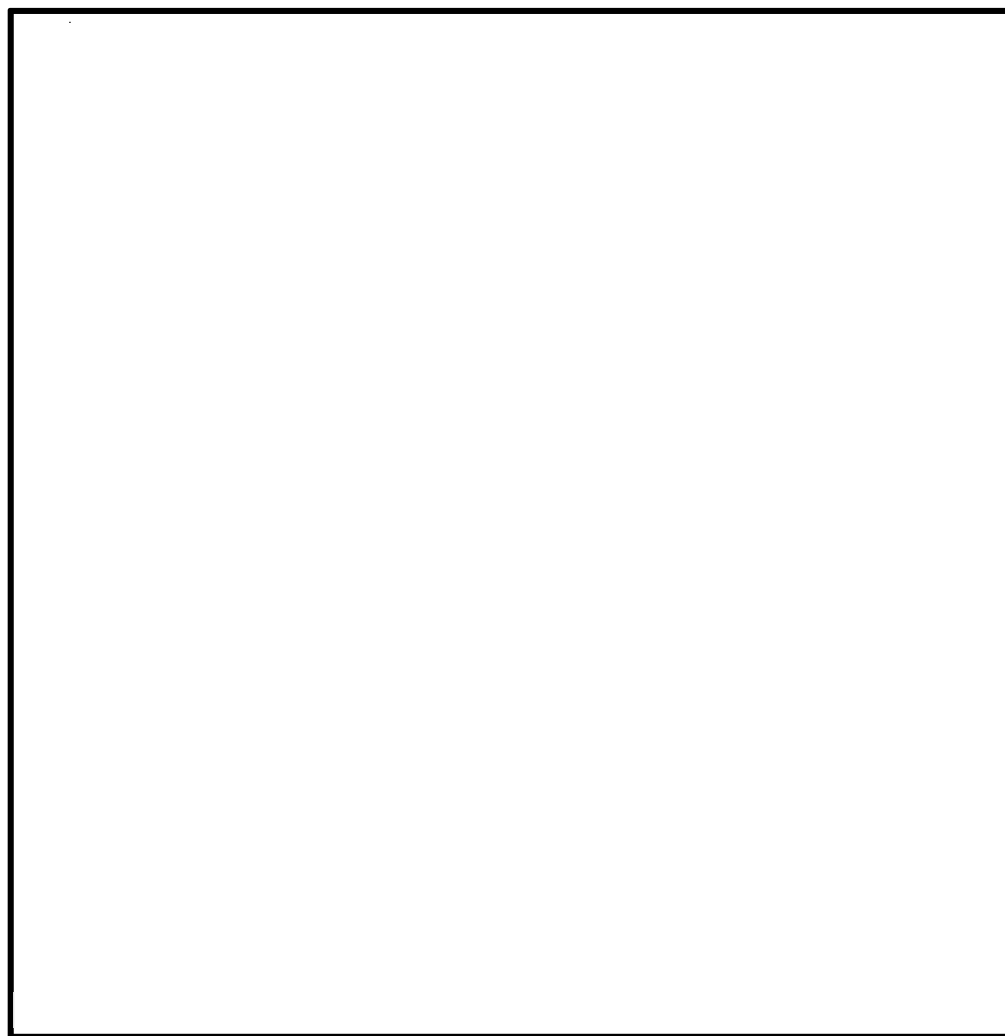


図2-2 地下排水上屋，排水シャフト，集水ピット及び集水管の概略配置図

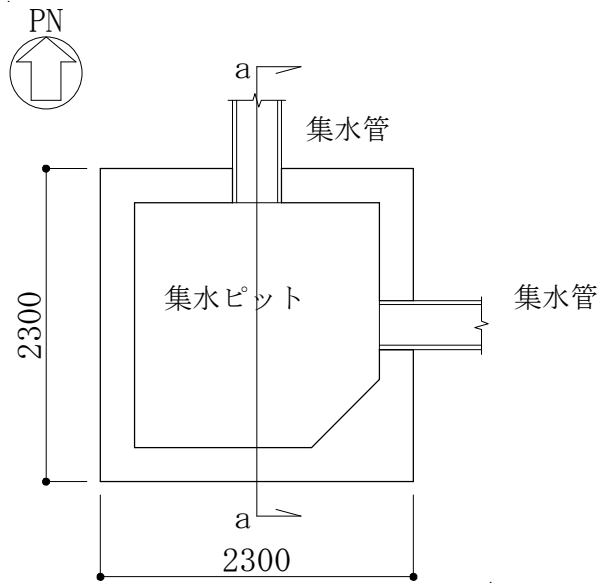


図 2-3 集水ピットの概略平面図 (南西隅)

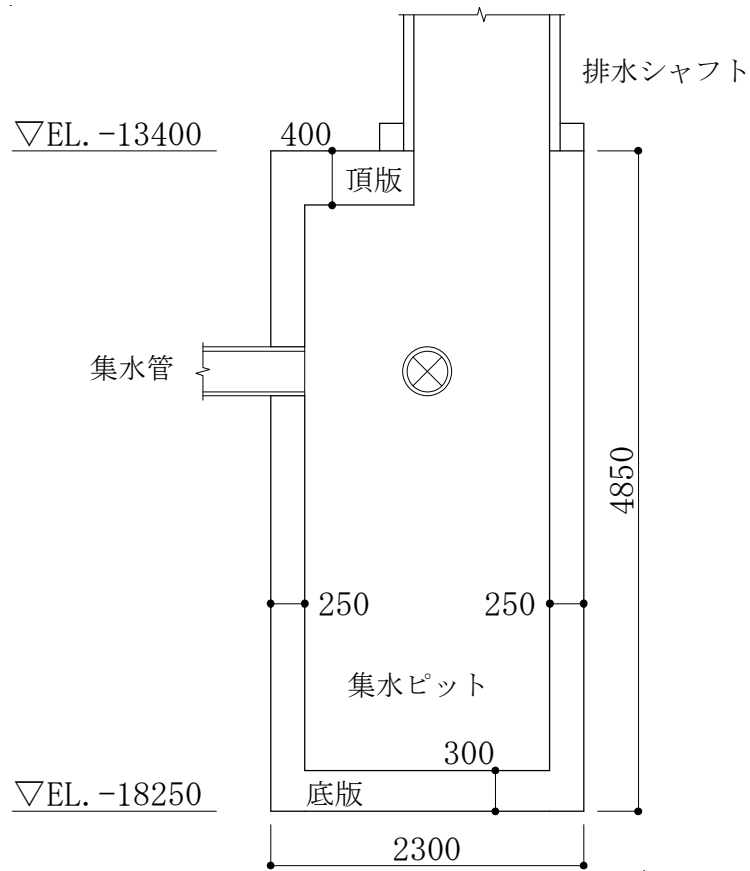


図 2-4 集水ピットの概略断面図 (a-a 断面)

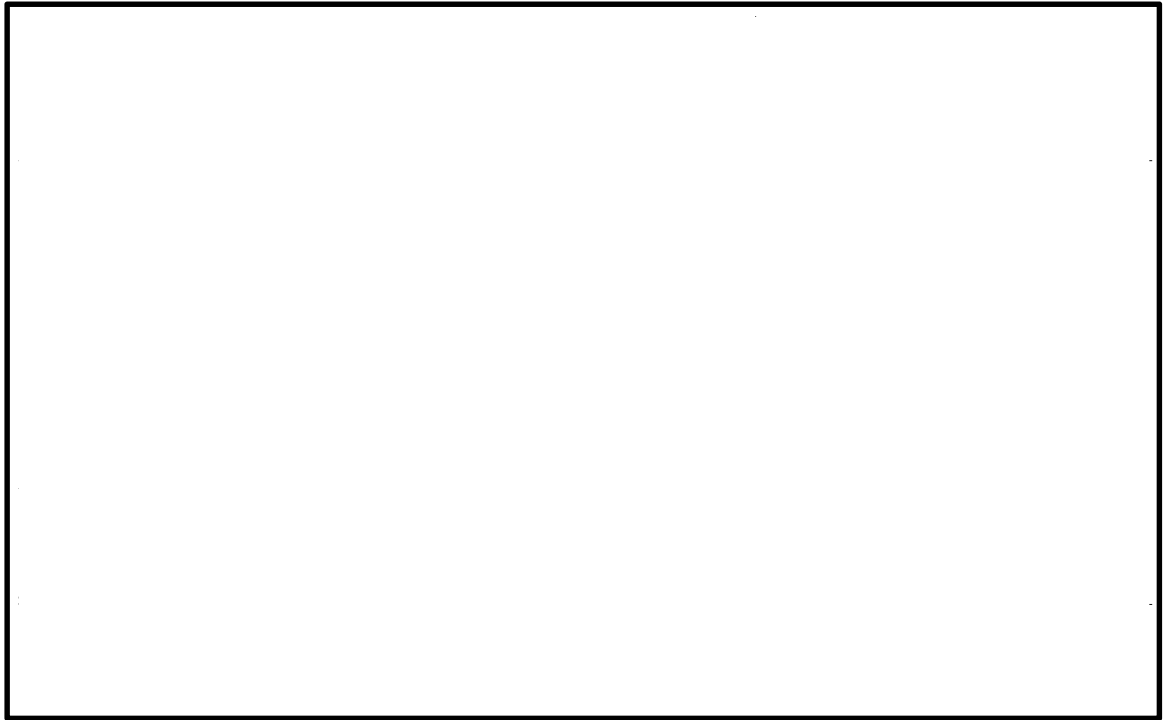


図 2-5 排水シャフトの概略断面図 (A-A断面)

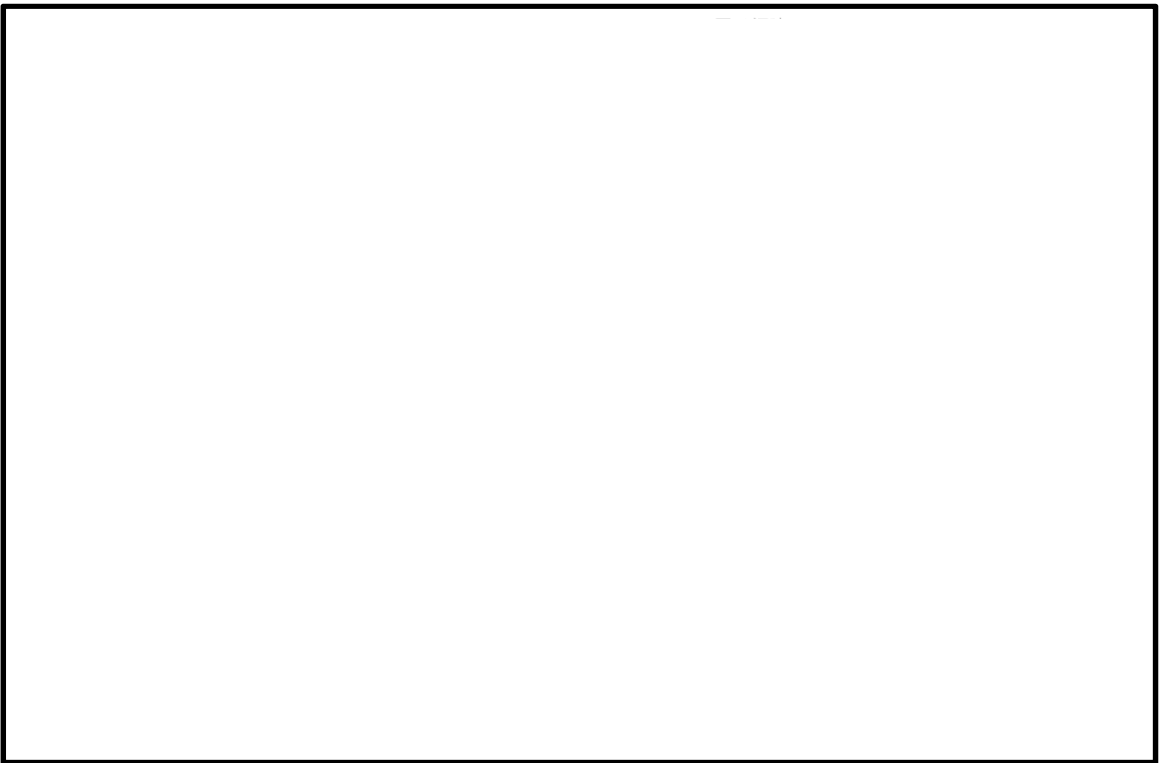


図 2-6 排水シャフトの概略断面図 (B-B断面 西側)

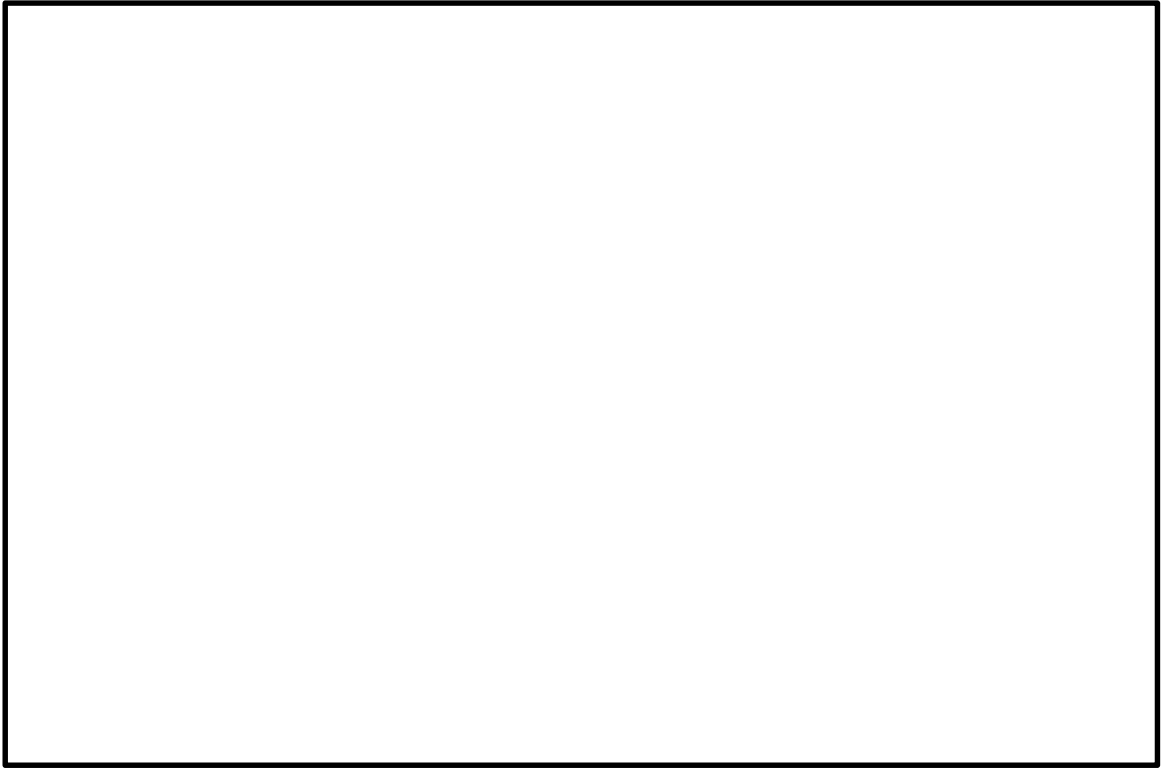


図 2-7 排水シャフトの概略断面図 (B-B断面 東側)

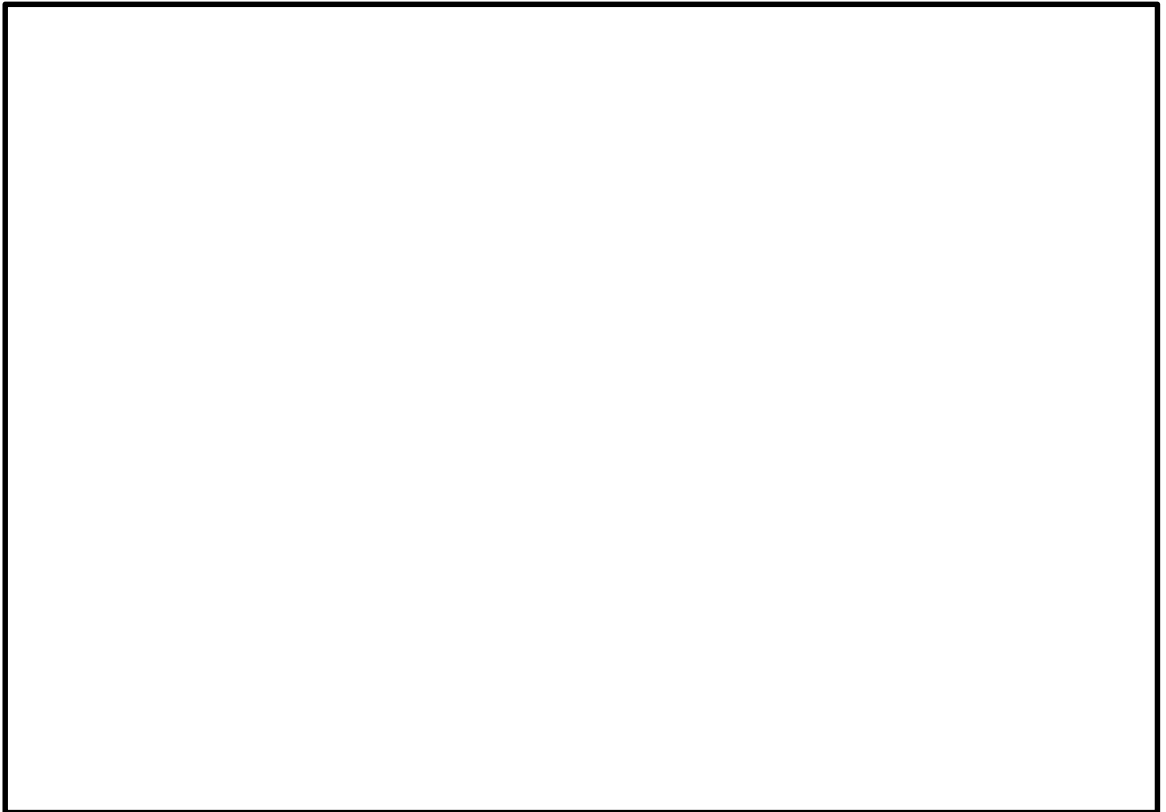


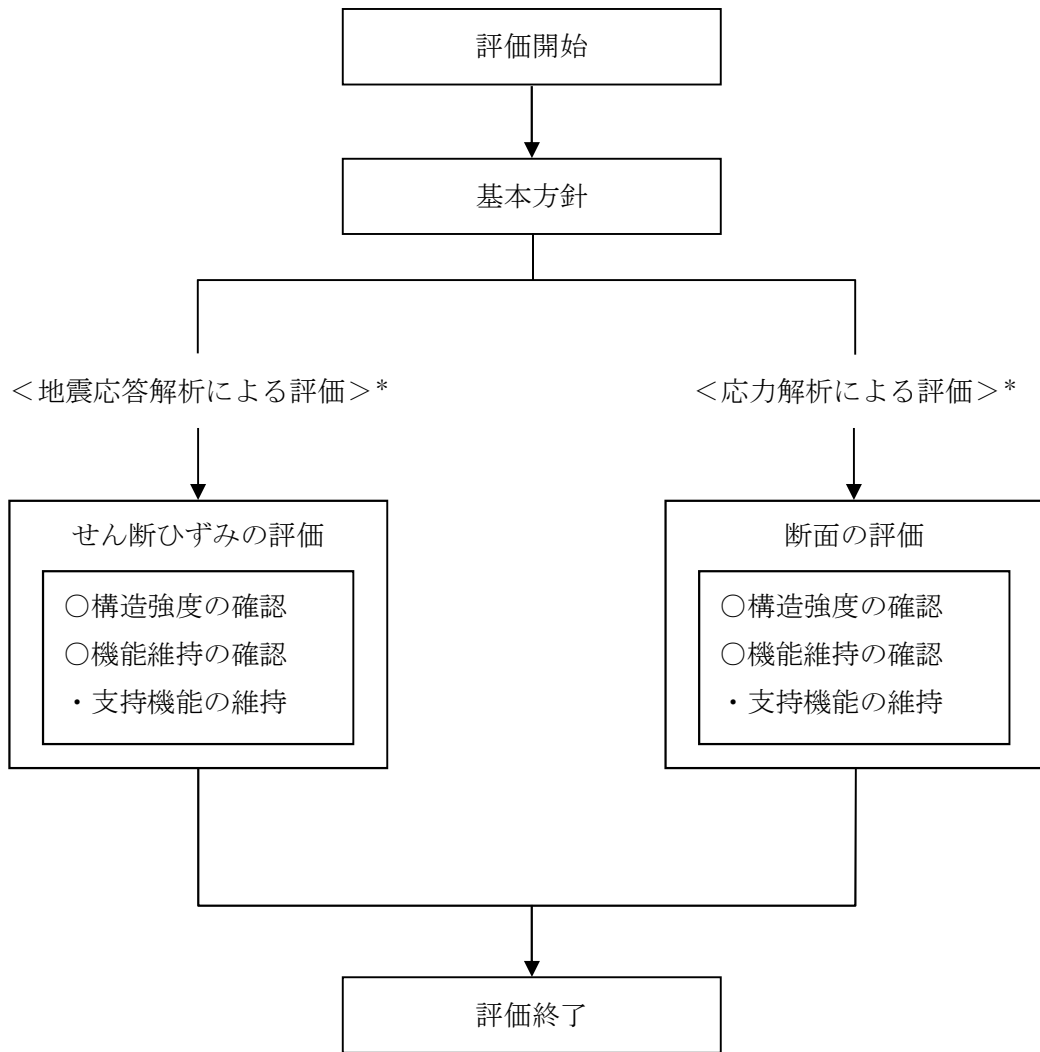
図 2-8 排水シャフトの概略断面図 (C-C断面)

2.3 評価方針

地下排水設備は、「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することから、地下排水設備を設置する地下排水上屋について、S_s地震時に対する評価を行う。

集水ピットの評価は、添付書類「V-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき、地震応答解析による評価においてはせん断ひずみの評価を、応力解析による評価においては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。それぞれの評価は、添付書類「V-2-2-2-1 原子炉建屋地下排水設備設置位置の地盤応答」及び「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 別紙 改良地盤を考慮した地盤応答」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。

集水ピットの評価フローを図2-9に示す。



注記 * : 添付書類「V-2-2-2-1 原子炉建屋地下排水設備設置位置の地盤応答」の結果を踏まえた評価を行う。

図 2-9 集水ピットの評価フロー

2.4 適用規格・基準等

集水ピットの評価において、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 ・補一1984 ((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)
- ・ 建築基準法・同施行令
- ・ 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)
- ・ 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) (以下「RC-N規準」という。)

3. 地震応答解析による評価方法

集水ピットの構造強度及び支持機能については、添付書類「V-2-2-2-1 原子炉建屋地下排水設備設置位置の地盤応答」の結果に基づき、地盤物性のばらつきを考慮した最大せん断ひずみが許容限界を超えないことを確認する。ここで、地中に設置する集水ピットのせん断ひずみは、地盤の変形に追従するものとして保守的に地盤のひずみを用いる。

地震応答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」に基づき、表 3-1 のとおり設定する。

表 3-1 地震応答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	集水ピット 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 2.0×10 ⁻³
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	集水ピット 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 2.0×10 ⁻³

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。

4. 応力解析による評価方法

4.1 評価対象部位及び評価方針

集水ピットの応力解析による評価対象部位は、頂版及び底版とする。評価にあたっては、添付書類「V-2-2-2-1 原子炉建屋地下排水設備設置位置の地盤応答」による結果を用いて、荷重の組合せを行う。

S₀地震時に対する評価は、地盤物性のばらつきを考慮した水平方向の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、「RC-N規準」に基づき設定した許容限界を超えないことを確認する。

応力解析による評価フローを図 4-1 に示す。

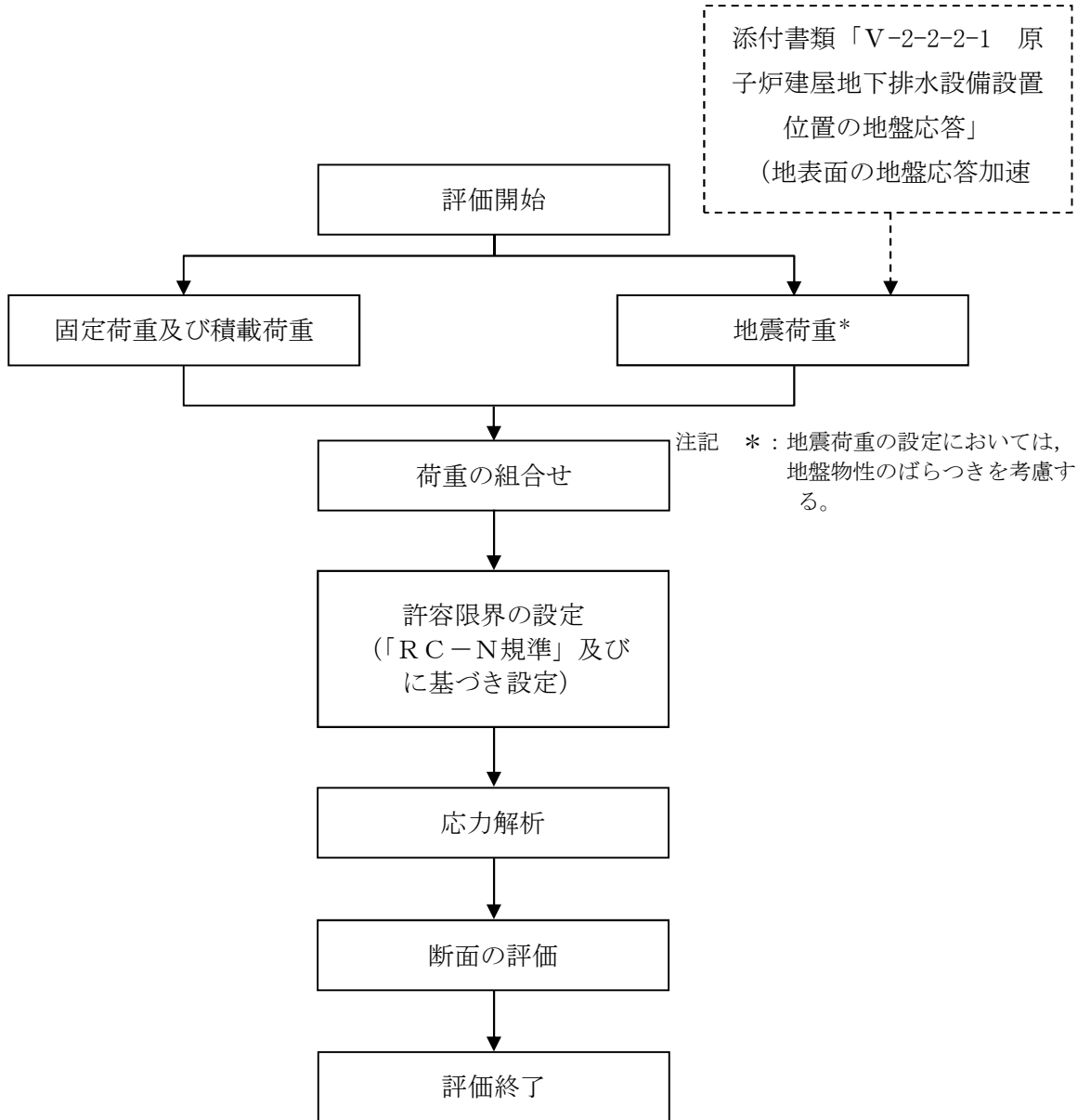


図 4-1 応力解析による評価フロー

4.2 荷重及び荷重の組合せ

荷重及び荷重の組合せは、添付書類「V-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している荷重及び荷重組合せを用いる。

4.2.1 荷重

(1) 固定荷重 (DL) 及び積載荷重 (LL)

応力解析において考慮する固定荷重及び積載荷重を表 4-1 及び表 4-2 に示す。

表 4-1 固定荷重

部位	固定荷重 (kN/m ²)
頂版	9.80
底版	7.35
壁	6.00
排水シャフト	2.01

表 4-2 積載荷重

部位	積載荷重 (kN/m ²)
底版	27.0*

注記 * : 常水位 2.75 m 及びポンプ重量 10 kN を考慮

(2) 地震荷重 (Ss)

鉛直地震力は、基準地震動 S_s に対する地盤応答より算定される動的地震力に地盤物性のばらつきを考慮して設定する。

地震荷重は、建屋基礎下の鉛直方向最大応答加速度より算定される鉛直震度とする。

4.2.2 荷重の組合せ

荷重の組合せを表 4-3 に示す。

表 4-3 荷重の組合せ

荷重状態	荷重の組合せ
S _s 地震時	DL+LL+S _s

DL : 固定荷重

LL : 積載荷重

S_s : S_s地震荷重

4.3 許容限界

応力解析による評価における集水ピットの許容限界は、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 4-4 のとおり設定する。

また、コンクリート及び鉄筋の許容応力度を表 4-5 及び表 4-6 に示す。

表 4-4 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	集水ピット 頂版	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	「RC-N規準」に基づく 短期許容応力度
—	構造強度を有すること	基準地震動 S_s	集水ピット 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	「RC-N規準」に基づく 短期許容応力度

表 4-5 コンクリートの許容応力度（短期許容応力度）

F_c (N/mm^2)	圧縮 (N/mm^2)	せん断 (N/mm^2)
22.1	14.7	1.06

表 4-6 鉄筋の許容応力度（短期許容応力度）

引張及び圧縮 (N/mm^2)	せん断補強 (N/mm^2)
SD295*	SD295*
295	295

注記 * : 建設当時の鉄筋の種類は SD30 であるが現在の規格 (SD295) に読み替えた許容応力度を示す。

4.4 解析モデル

頂版及び底版の鉛直地震動に対する検討において、耐震壁で囲まれた範囲についてモデル化する。

頂版の解析モデルは、排水シャフトの開口を考慮して頂版①及び頂版②については三辺固定版として評価する。底版の解析モデルは、四辺支持版として評価する。頂版及び底版の解析モデル図 4-2 に示す。

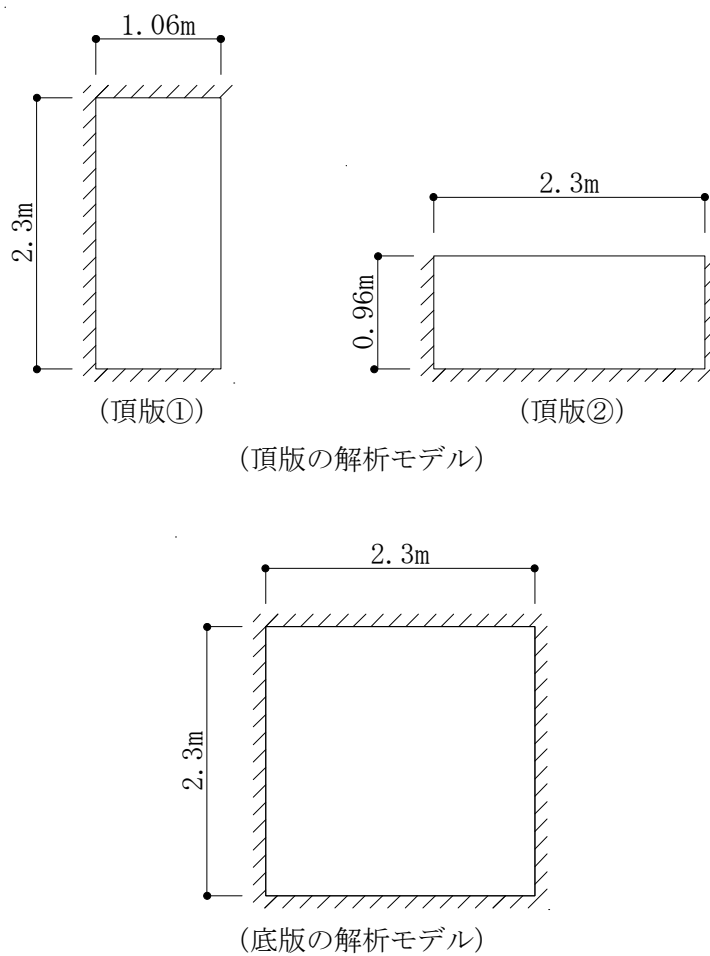


図 4-2 解析モデル

4.5 評価方法

4.5.1 応力解析方法

(1) 荷重ケース

地震荷重は、固定荷重及び積載荷重と同じ下向きに作用する場合に生じる応力が最大となるため、鉛直下向きのみを考慮する。

(2) 応力の算出方法

頂版に生じる応力は、頂版及び排水シャフトの固定荷重に対し、建屋基礎下の鉛直方向最大加速度より算出した鉛直震度により係数倍することで算出する。

底版に生じる応力は、底版、頂版、排水シャフト及び壁の固定荷重及び積載荷重に対し、建屋基礎下の鉛直加速度より算出した鉛直震度より係数倍することで算出する。

鉛直方向最大応答加速度を表 4-7 に、算出した頂版及び底版に生じる曲げモーメント及びせん断力を表 4-8 に示す。

表 4-7 地盤応答の最大応答加速度

レベル	基本*1 (cm/s ²)	地盤 +σ相当*2 (cm/s ²)	地盤 -σ相当*2 (cm/s ²)	最大値 (cm/s ²)
建屋基礎下 (EL. - 9.0m)	470	499	427	499

注記 *1: S_s-D 1, S_s-1 1, S_s-1 2, S_s-1 3, S_d-1 4, S_d-2 1, S_s-2 2 及び S_s-3 1 の最大値

*2: S_s-D 1, S_s-2 1, S_s-2 2 及び S_s-3 1 の最大値

表 4-8 鉛直震度より算出したモーメント及びせん断力

部 位	方 向	検討用 鉛直震度	モーメント (kN・m/m)	せん断力 (kN/m)
頂版①	短辺 (EW)	1.51	19.5	72.8
	長辺 (NS)	1.51	25.4	81.6
頂版②	短辺 (NS)	1.51	18.1	69.2
	長辺 (EW)	1.51	22.8	74.3
底版	—	1.51	23.2	127

4.5.2 断面の評価方法

(1) せん断力に対する断面の評価方法

断面の評価は、「RC-N規準」に基づき、評価対象部位に生じる面内せん断力が、次式をもとに計算した許容面内せん断力を超えないことを確認する。

$$Q_{AL}=b \cdot j \cdot f_s$$

ここで、

Q_{AL} : 許容面内せん断力 (N)

b : スラブ幅 (mm)

j : 断面の応力中心間距離 (mm)

f_s : コンクリートの短期許容せん断応力度で、表 4-5 に示す値 (N/mm²)

(2) 曲げモーメントに対する断面の評価方法

断面の評価は、「RC-N規準」に基づき、評価対象部位に生じる曲げモーメントが、短期許容曲げモーメントを超えないことを確認する。

$$M_A=a_t \cdot f_f \cdot j$$

ここで、

M_A : 短期許容曲げモーメント (N・mm)

a_t : 引張鉄筋断面積 (mm²)

f_f : 引張鉄筋の短期許容引張応力度で、表 4-6 に示す値 (N/mm²)

j : 断面の応力中心間距離 (mm)

5. 評価結果

5.1 地震応答解析による評価結果

集水ピットについて、 S_s 地震時の各層の最大せん断ひずみが許容限界 (2.0×10^{-3}) を超えないことを確認する。

地盤物性のばらつきを考慮した地盤の最大せん断ひずみは 0.843×10^{-3} (Km 層, 標準地盤, 水平方向, $S_s - 31$) であり, 許容限界 (2.0×10^{-3}) を超えないことを確認した。地盤モデルを図 5-1 に示す。

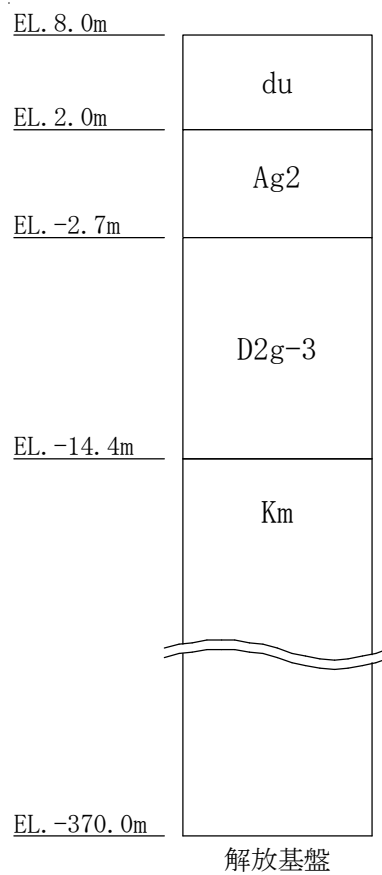


図 5-1 地盤モデル (水平方向)

5.2 応力解析による評価結果

「4.5.2 断面の評価方法」に基づいた断面の評価結果を表5-1に示す。S₀地震時において、発生値が許容値を超えないことを確認した。

表 5-1(1/2) 評価結果 (集水ピット)

(頂版①)

方向	EW (短辺) 方向	NS (長辺) 方向
厚さ t (mm) × 幅 b (mm)	400×1000	
配筋	D16@200 (993 mm ² /m)	
発生曲げモーメント M (kN・m/m)	19.5	25.4
許容値 M _A (kN・m/m)	87.1	87.1
検定値 M/M _A	0.224	0.292
発生せん断力 Q (kN/m)	72.8	81.6
許容値 Q _A (kN/m)	315	315
検定値 Q/Q _A	0.232	0.260
判定	可	可

(頂版②)

方向	NS (短辺) 方向	EW (長辺) 方向
厚さ t (mm) × 幅 b (mm)	400×1000	
配筋	D16@200 (993 mm ² /m)	
発生曲げモーメント M (kN・m/m)	18.1	22.8
許容値 M _A (kN・m/m)	87.1	87.1
検定値 M/M _A	0.208	0.262
発生せん断力 Q (kN/m)	69.2	74.3
許容値 Q _A (kN/m)	315	315
検定値 Q/Q _A	0.220	0.236
判定	可	可

表 5-1 (2/2) 評価結果 (集水ピット)
(底版)

方向	—
厚さ t (mm) × 幅 b (mm)	300 × 1000
配筋	D16@200 (993 mm ² /m)
発生曲げモーメント M (kN・m/m)	23.2
許容値 M_A (kN・m/m)	61.5
検定値 M/M_A	0.378
発生せん断力 Q (kN/m)	127
許容値 Q_A (kN/m)	222
検定値 Q/Q_A	0.573
判定	可