

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-1105 改1
提出年月日	平成30年10月3日

V-2-2-2-9 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

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. 応力解析による評価方法	10
3.1 評価対象部位及び評価方針	10
3.2 荷重及び荷重の組合せ	12
3.2.1 荷重	12
3.2.2 荷重の組合せ	12
3.3 許容限界	13
3.4 評価方法	14
3.4.1 応力解析方法	14
3.4.2 断面の評価方法	16
4. 評価結果	17
4.1 応力解析による評価結果	17

1. 概要

本資料は、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（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排水シャフトについて、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。

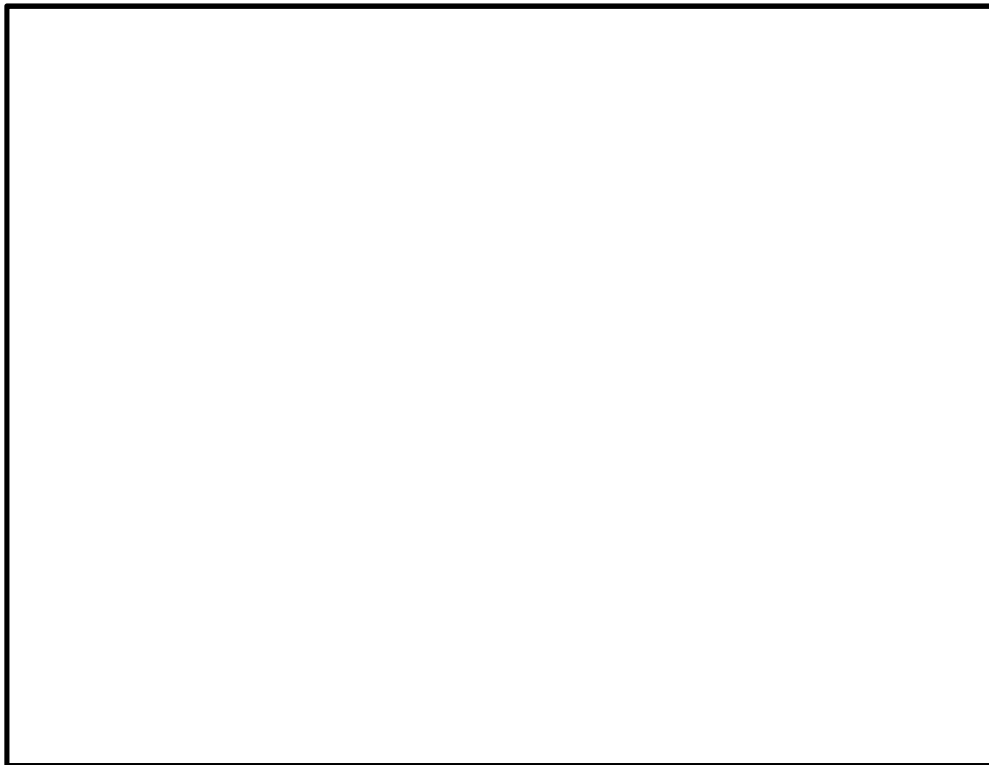


図 2-1 地下排水設備の設置位置

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。

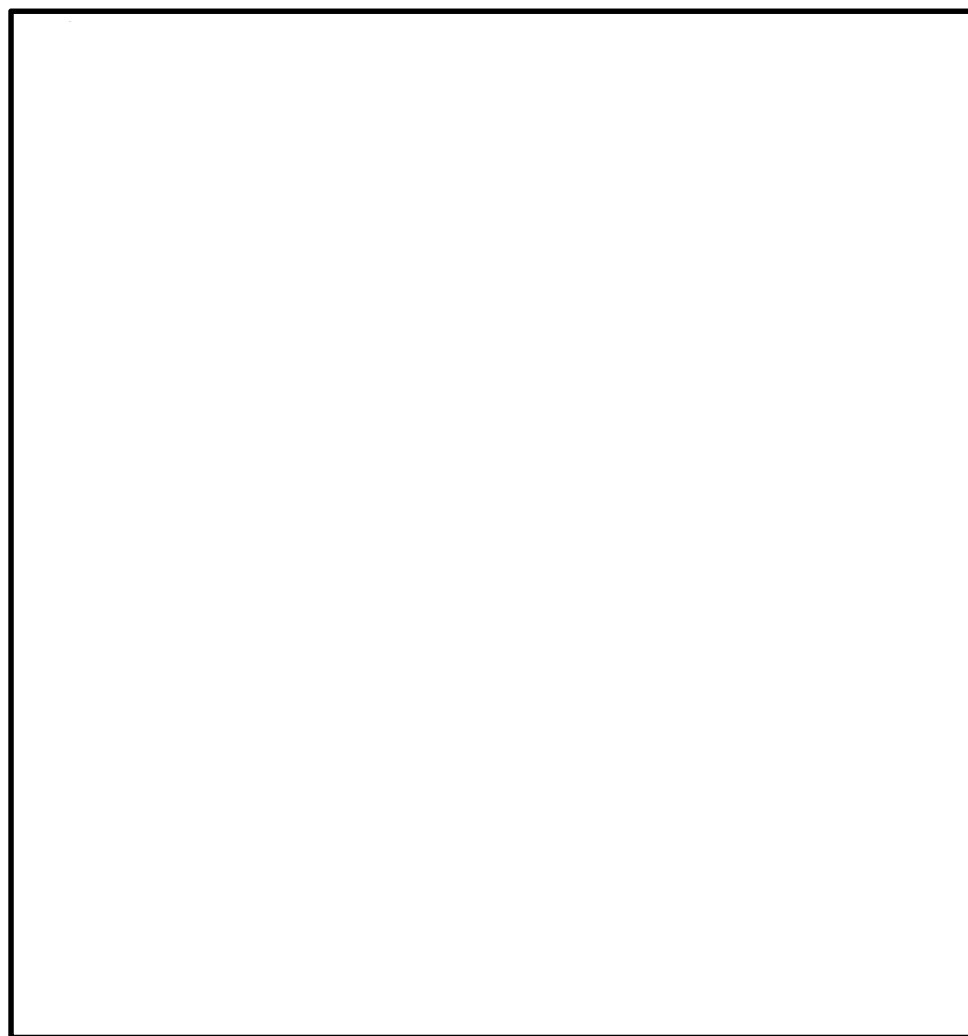


図2-2 地下排水上屋，排水シャフト，集水ピット及び集水管の概略配置図

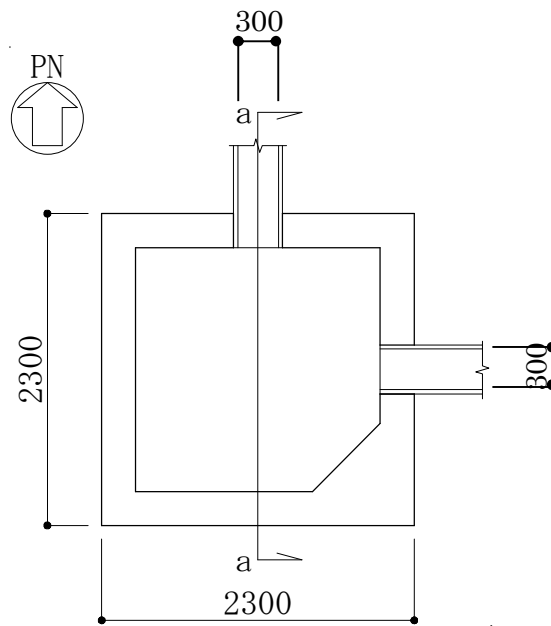


図 2-3 集水ピット及び集水管の概略平面図（南西隅）

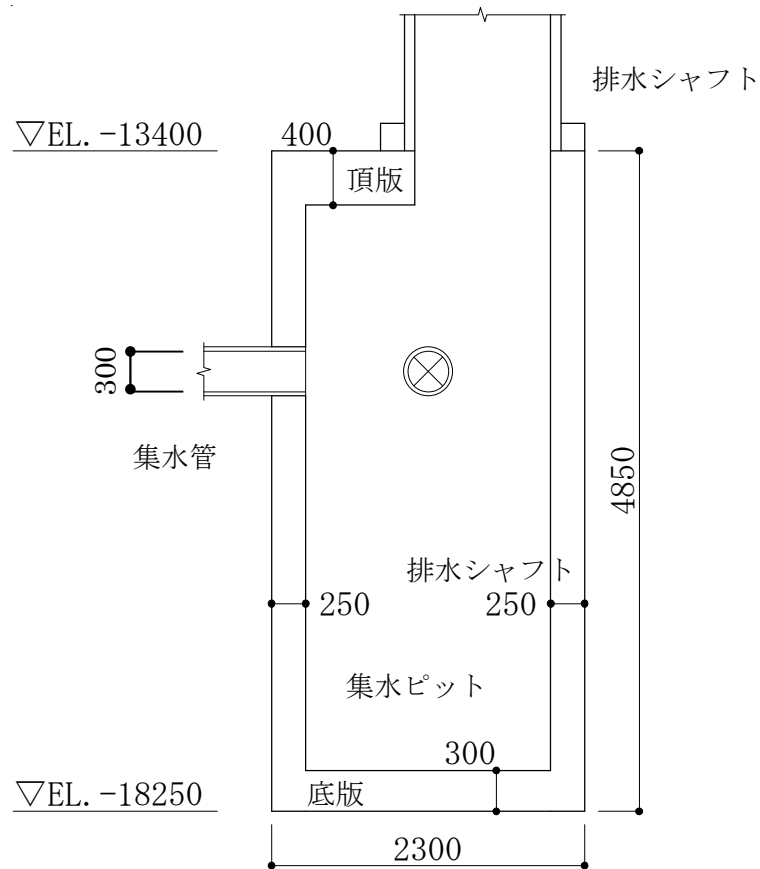


図 2-4 排水シャフト及び集水管の概略断面図（a-a 断面）

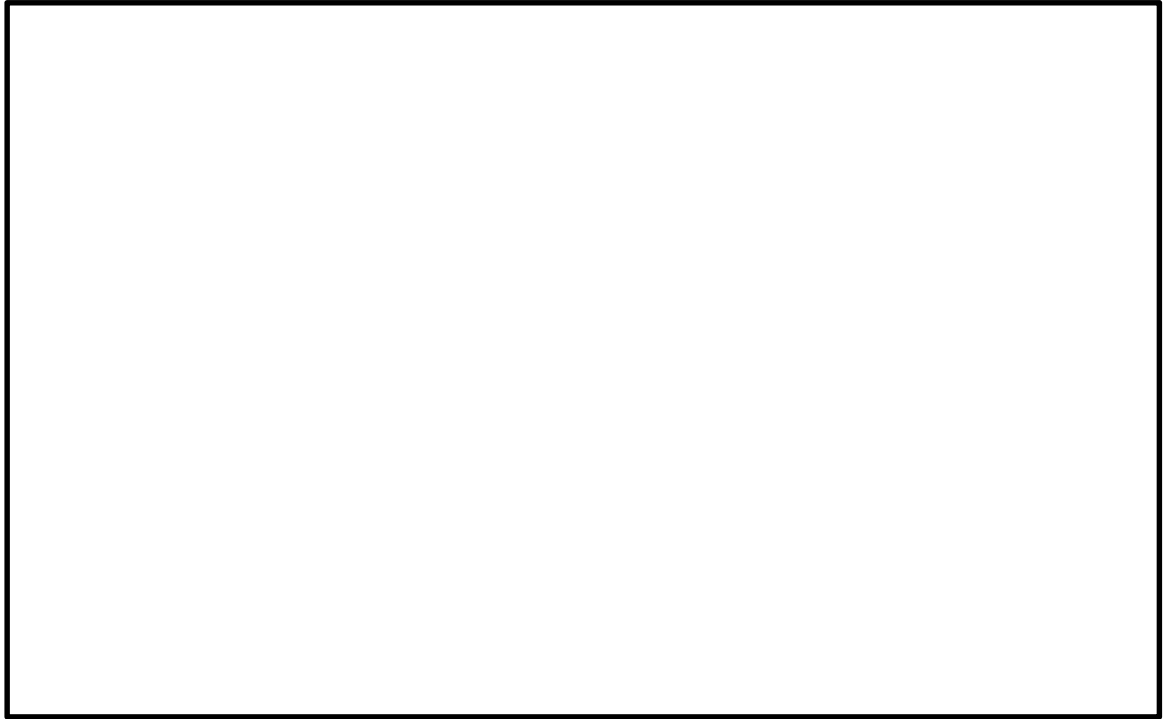


図 2-5 排水シャフトの概略断面図 (A-A断面)

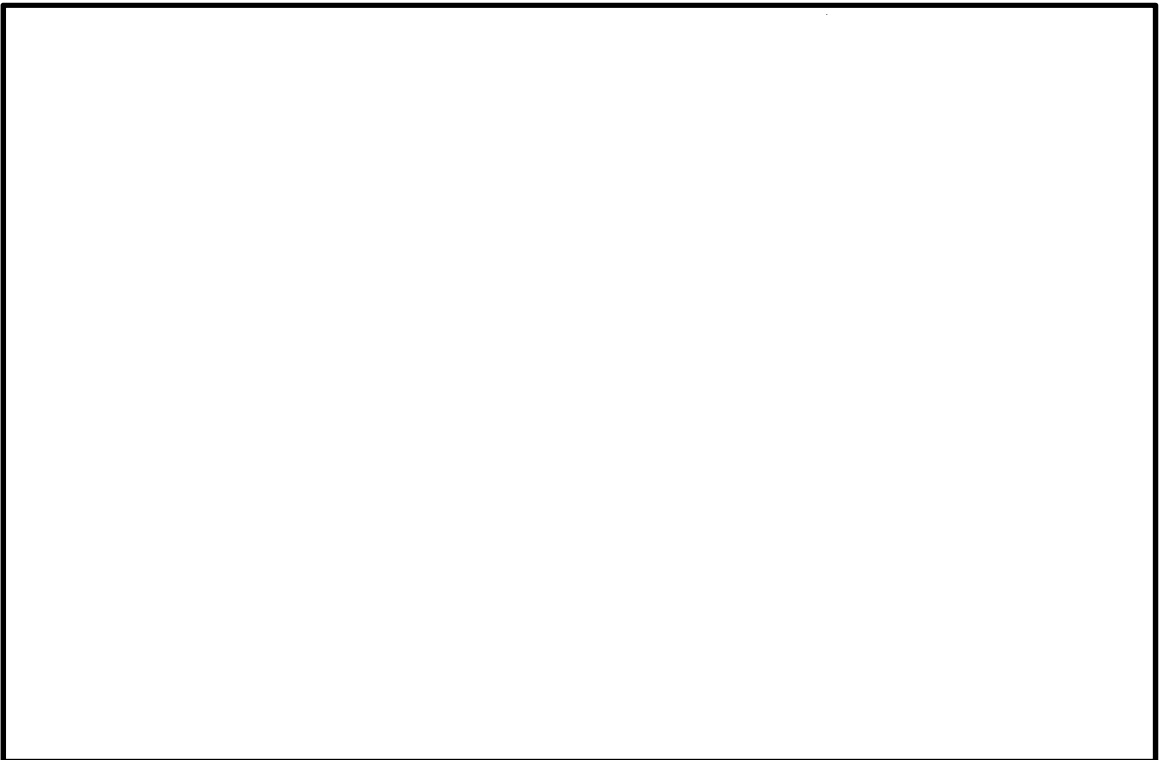


図 2-6 排水シャフトの概略断面図 (B-B断面 西側)

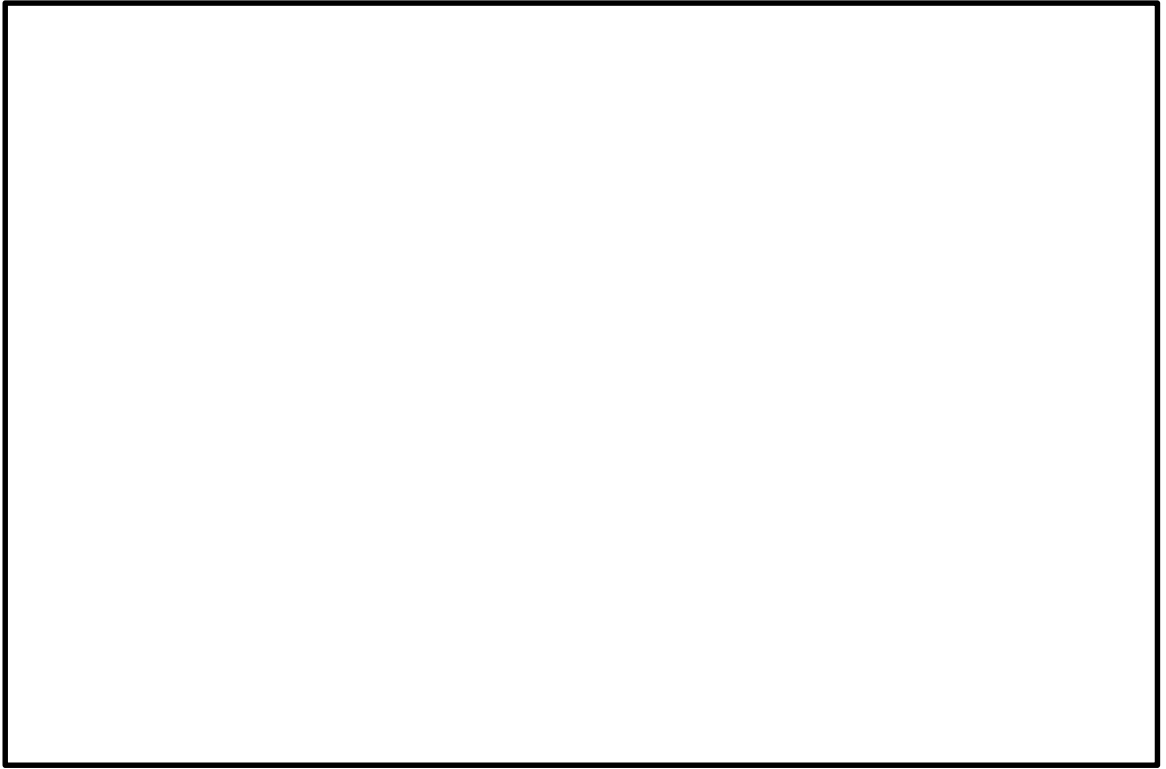


図 2-7 排水シャフトの概略断面図 (B-B 断面 東側)

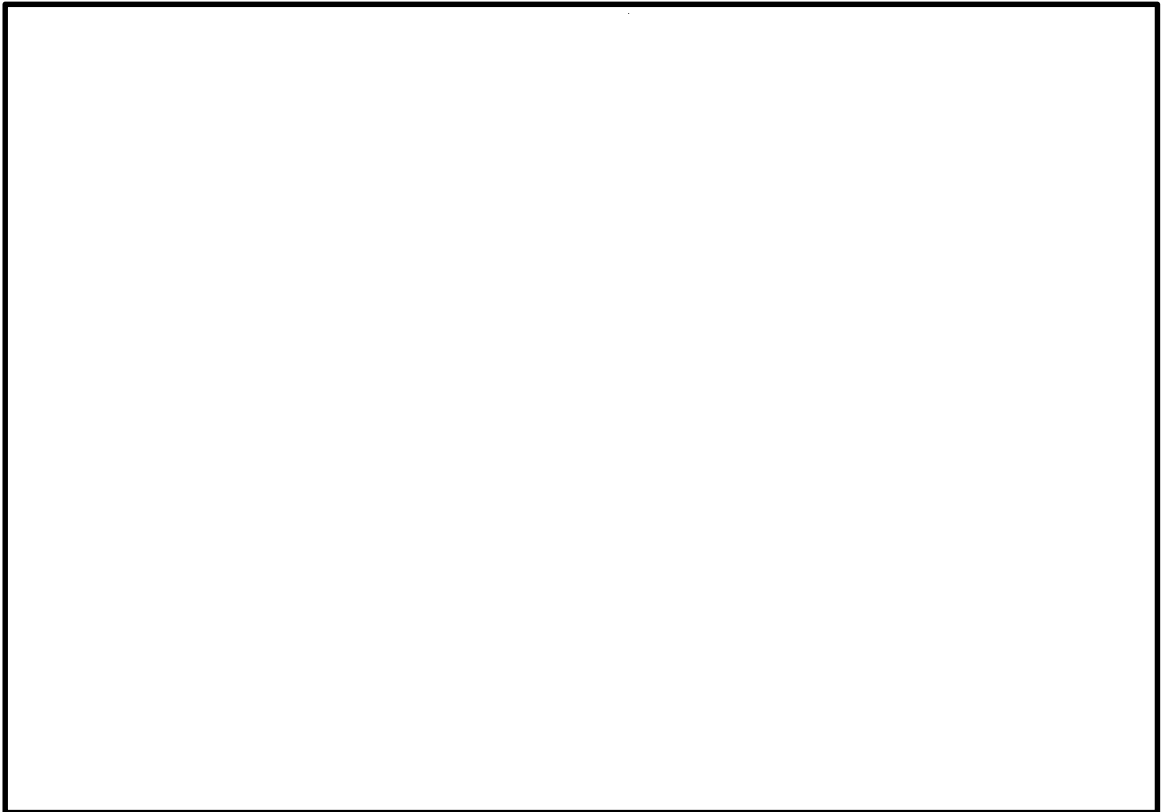


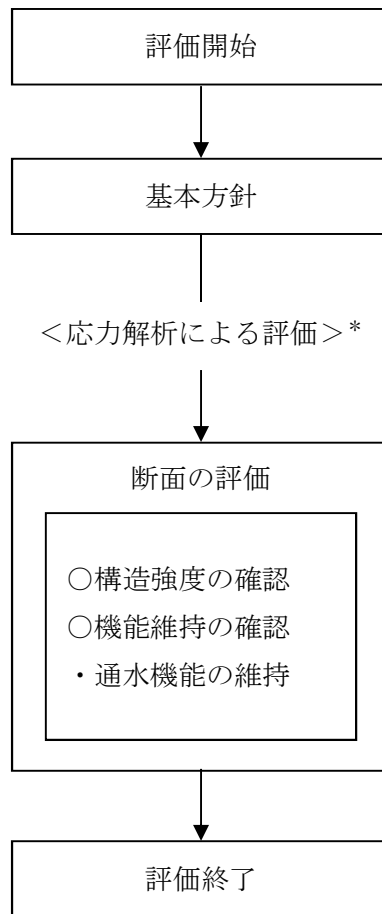
図 2-8 排水シャフトの概略断面図 (C-C 断面)

2.3 評価方針

原子炉建屋地下排水設備は、「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しているため、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、地下排水設備を構成する集水管について、 S_s 地震時に対する評価を実施する。

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、『既発電用原子炉設置変更許可申請 添付書類六（原規規発第1809264号 平成30年9月26日許可）』に示す原子炉建屋の基礎地盤安定性評価に用いた2次元FEM解析（以下「地盤安定解析」という。）の結果を踏まえたものとする。

集水管の評価フローを図2-9に示す。



注記 * : 地盤安定解析の結果を踏まえた評価を行う。

図 2-9 集水管の評価フロー

2.4 適用規格・基準等

集水管の評価において、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)
- ・ 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。)
- ・ **日本工業規格 (J I S)**
- ・ 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

応力解析による評価対象部位は集水管とし、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、地盤安定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。

応力解析による集水管の評価フローを図 3-1 に示す。

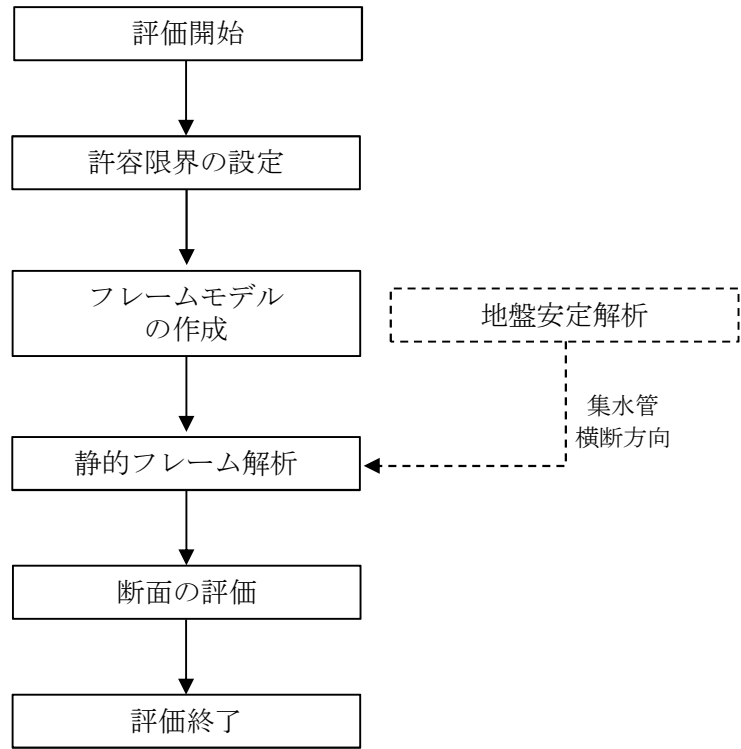


図 3-1 応力解析による集水管の評価フロー

3.2 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。

3.2.1 荷重

(1) 固定荷重 (DL)

固定荷重として、集水管管体の自重を考慮する。

(2) 地震荷重 (S_s)

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を考慮して設定する。

地震荷重は、集水管位置の地盤に発生する水平方向及び鉛直方向の最大応力度を考慮する。地盤物性のばらつきによる荷重増分として、1.5 倍の地震時土圧を考慮する。この荷重増分は、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」の解析における地盤物性のばらつきによる変位応答の変動が最大で約 1.3 倍であることを踏まえ保守的に設定した。

3.2.2 荷重の組合せ

荷重の組合せを表 3-1 に示す。

表 3-1 荷重の組合せ

荷重状態	荷重の組合せ
S _s 地震時	DL+S _s

DL : 固定荷重

S_s : S_s地震荷重

3.3 許容限界

応力解析による評価における集水管の許容限界は、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 3-2 のとおり設定する。

表 3-2 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」のひび割れ保証モーメント
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」のひび割れ保証モーメント

注記 *：通水機能に対して妥当な安全余裕を考慮し、ひび割れが発生する状態を許容限界とする。

集水管を構成するヒューム管の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 (0.74 kN・m)

P_c : ひび割れ荷重 (13.7 kN/m)

JIS A5303 規格 (1972 年改正), 呼び径 300, 1 種

W : 管きよの自重 (0.761 kN/m)

r : 管きよの管厚中心半径 (0.165 m)

3.4 評価方法

3.4.1 応力解析方法

集水管は、**横断方向断面（管軸直交方向）**について耐震照査を実施する。

(1) 地震荷重の設定

地盤安定解析に基づき、原子炉建屋横の**集水管位置の水平方向及び鉛直方向の最大地盤応力**を抽出し、地震荷重を設定する。

(2) 横断方向断面の応力解析

集水管の**横断方向断面**の応力解析は、地盤安定解析で得られた集水管位置の**最大地盤応力**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**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、地震時の**最大曲げモーメント**を算出する。

図3-2に解析モデルを示す。排水シャフトを構成するヒューム管の構造諸元と物性値を表3-3及び表3-4に示す。

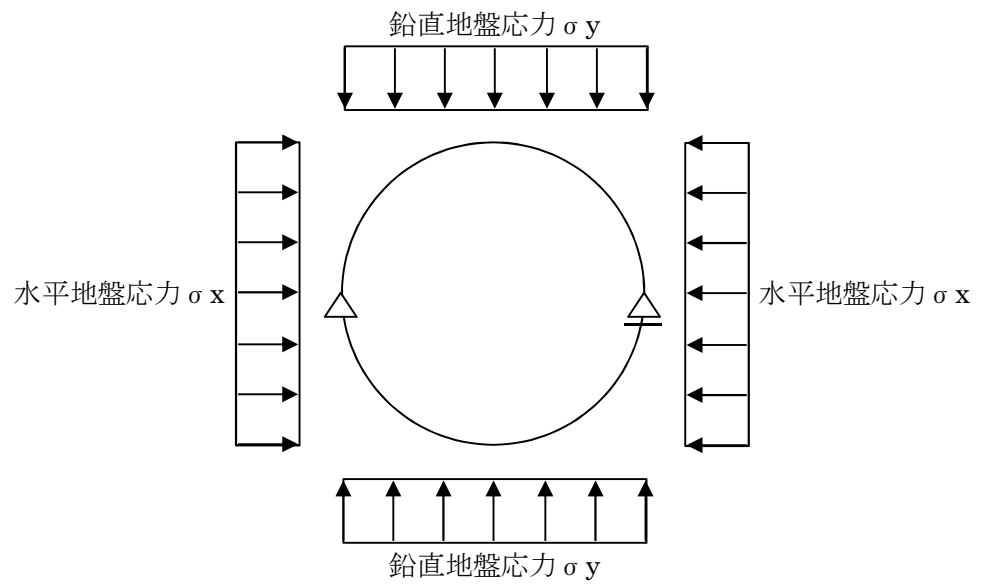


図 3-2 横断向断面の応力解析モデル

表 3-3 集水管の構造諸元

呼び径	内径	厚さ
300	300 mm	30 mm

表 3-4 集水管の物性値

材料	単位体積重量	ヤング係数
ヒューム管	24.5 kN/m ³	3.3×10^4 N/mm ²

3.4.2 断面の評価方法

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、横断方向断面に発生する最大曲げモーメントが、ひび割れ保証モーメントを超えないことを確認する。

4. 評価結果

4.1 応力解析による評価結果

(1) 地震荷重

地盤安定解析に基づき設定した集水管位置の最大地盤応力を表 4-1 に示す。

表 4-1 地盤安定解析による集水管位置の最大地盤応力

地震動	解析結果		地盤物性のばらつき考慮	
	水平応力	鉛直応力	水平応力	鉛直応力
S s - 3 1	1445 kN/m ²	1477 kN/m ²	2168 kN/m ²	2216 kN/m ²

(2) 評価結果

集水管の横断方向断面のフレーム解析で得られた最大曲げモーメントについて、ヒューム管断面の照査を実施した結果を表 4-2 に示す。

表 4-2 集水管の評価結果

構造諸元	呼び径	300
	内径 (mm) × 厚さ (mm)	300 × 30
発生断面力	最大曲げモーメント M (kNm/m)	0.67
許容限界	ひび割れ保証モーメント M_c (kNm/m)	0.74