

柏崎刈羽原子力発電所第6号機	設計及び工事計画審査資料
資料番号	KK6 添-2-074-9 改0
提出年月日	2023年12月1日

VI-2-2-別添1-2-9 サブドレン管の耐震性についての計算書

K6 ① VI-2-2-別添 1-2-9 R0

2023年12月
東京電力ホールディングス株式会社

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	4
2.4 適用規格・基準等	5
3. 解析方法	6
3.1 評価対象部位及び評価方針	6
3.2 荷重及び荷重の組合せ	7
3.2.1 荷重	7
3.2.2 荷重の組合せ	7
3.3 許容限界	8
3.4 評価方法	10
3.4.1 サブドレン管の変形量算出方法	10
3.4.2 断面の評価方法	12
4. 評価結果	13
4.1 フレーム解析による評価結果	13

1. 概要

建屋評価における前提条件を満たすために、6号機地下水排水設備は、建屋の耐震性を確保するため地下水位を建屋基礎スラブ底面レベル以深に維持する機能を有する。

6号機地下水排水設備の評価においては、VI-2-1-1「耐震設計の基本方針」のうち、「10. 耐震計算の基本方針 10.1 建物・構築物」及びVI-1-1-9「発電用原子炉施設の溢水防護に関する説明書」に基づき、基準地震動 S_s による地震力に対して機能を維持できることを確認する。

本計算書は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、6号機地下水排水設備のうちサブドレン管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説明するものである。

2. 基本方針

原子炉建屋，タービン建屋，コントロール建屋，廃棄物処理建屋の地下水排水設備（以下，「地下水排水設備」という。）は，各建屋に対し，その耐震性を確保するため地下水位を建屋基礎スラブ底面レベル以深に維持する機能を有し，基準地震動 S_s に対する機能維持を確認する必要があることから，地下水排水設備を構成するサブドレン管について，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。）を実施する。

2.1 位置

地下水排水設備の概略配置を図 2-1 に示す。

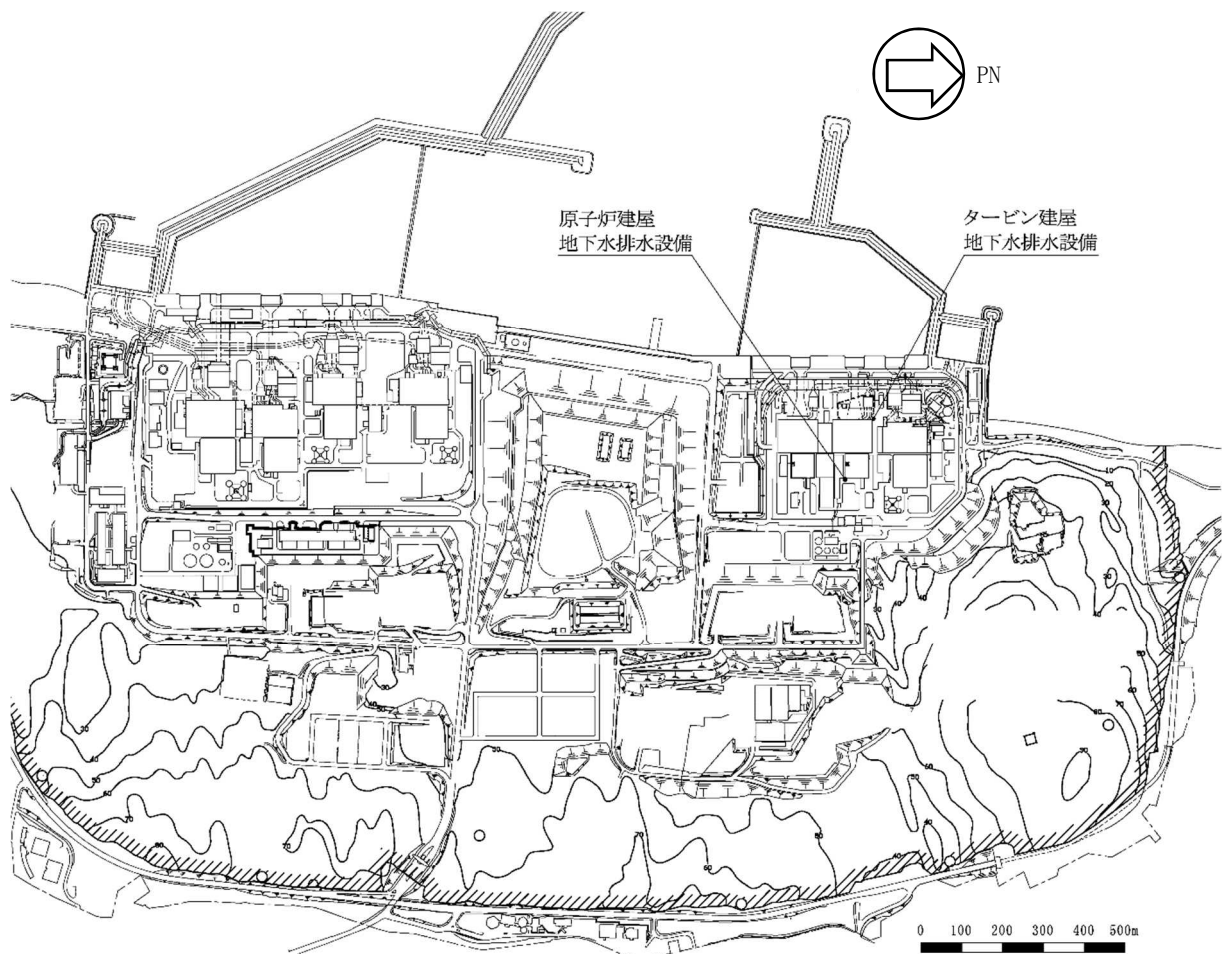


図 2-1 地下水排水設備の概略配置図

2.2 構造概要

サブドレン管は原子炉建屋，コントロール建屋の下に配置するφ50mmの塩ビ管であり，支持地盤である西山層に直接またはマンメイドロックを介して設置し，集水管（SUS管）に接続している。

サブドレン管の概略平面図及び概略断面図を図2-2に示す。

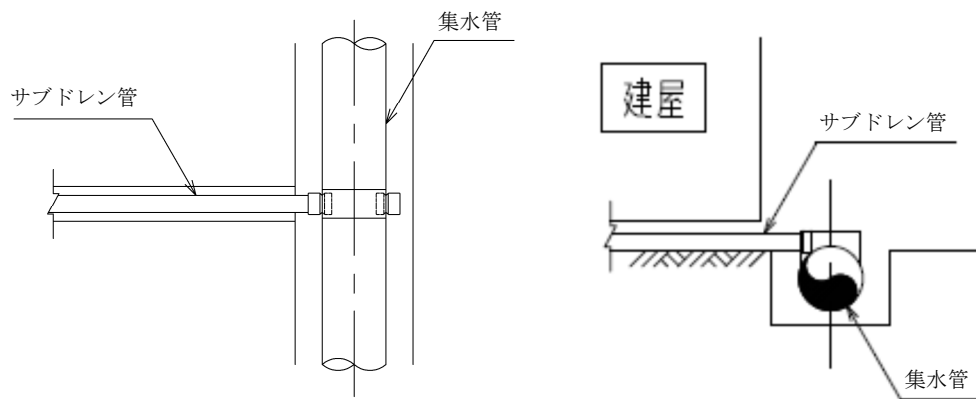


図2-2 概略平面図・断面図

2.3 評価方針

サブドレン管の評価は、VI-2-1-1「耐震設計の基本方針」に基づき、サブドレン管の変形量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。サブドレン管の評価フローを図2-3に示す。

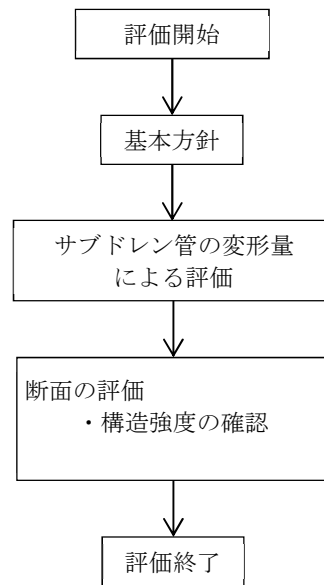


図2-3 サブドレン管の評価フロー

2.4 適用規格・基準等

サブドレン管の評価において、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)
- ・水道用硬質ポリ塩化ビニル管技術資料 (塩化ビニル管・継手協会)
- ・日本産業規格 (J I S)

3. 解析方法

3.1 評価対象部位及び評価方針

評価対象部位はサブドレン管とし、 S_s 地震時の変形量により評価を行う。
 S_s 地震時に対する評価は、サブドレン管に生じる応力及びたわみ量が地下水排水設備の建設時に実施した強度試験結果に基づき設定した許容限界を超えないことを確認する。
サブドレン管の評価フローを図3-1に示す。

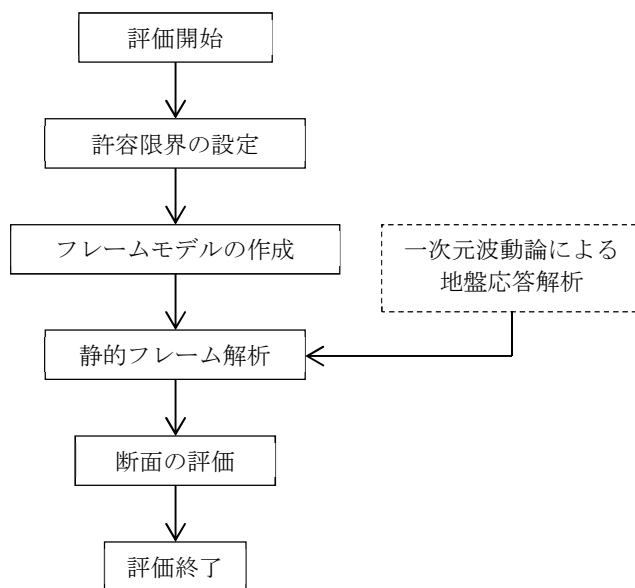


図3-1 サブドレン管の評価フロー

3.2 荷重及び荷重の組合せ

荷重及び荷重の組合せは、VI-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の組合せを用いる。

3.2.1 荷重

サブドレン管に作用する荷重は、サブドレン管が岩盤を掘り込んだ建屋基礎スラブ底面の空隙内に設置されていることを踏まえ設定する。

VI-2-9-3-4「原子炉建屋基礎スラブの耐震性についての計算書」において、建屋基礎スラブ底面にある西山層の極限支持力は 5980kN/m^2 で、原子炉建屋の接地圧は 2560kN/m^2 であり、西山層の極限支持力は十分な余裕を持っている。

よって、サブドレン管を設置している空隙は、 S_s 地震時においても形状が保持されることが考えられることから、サブドレン管には建屋基礎スラブ及び西山層からの鉛直及び水平の土圧は作用しない。

(1) 固定荷重 (G)

固定荷重としてサブドレン管自体の自重と空隙内の砂の上載土荷重を考慮する。空隙内の砂の自重による鉛直荷重は軽微であり、空隙内の拘束力は小さいため、鉛直土圧による水平土圧は見込まないものとする。水平土圧は、上載土荷重を打ち消す効果があるため、水平土圧を見込まない場合のひずみ率は、判定として保守的な値となる。

(2) 地震荷重 (S_s)

地震荷重は、基準地震動 S_s に対する一次元波動論による地盤の応答解析より設定する。なお、地盤物性の不確かさを考慮した地盤の応答解析結果を包絡したものとする。

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	$G + S_s$

G : 固定荷重

S_s : S_s 地震荷重

3.3 許容限界

サブドレン管の評価における許容限界は、VI-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SD集水管・排水管材料試験報告書（竣工図書『柏崎刈羽原子力発電所6号機工事の内発電所本館建物新設工事 原子力建屋』）に基づき設定する。

サブドレン管のひずみ率は、油圧式耐圧試験機を用いたサブドレン管の直径方向のへん平試験を行って荷重変位曲線を求めている。

荷重変位曲線図を図3-2に示す。

サブドレン管の許容限界は、図3-2の荷重変位曲線図から概ね弾性と認められる許容強度範囲を設定して求めた、発生ひずみ率10%以下とする。

表3-2 サブドレン管の評価における許容限界

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	サブドレン管	部材に生じる応力が内空断面を確保するための許容限界を超えないことを確認	ひずみ率 10%
通水機能を損なわないこと	基準地震動 S _s	サブドレン管	部材に生じる応力が内空断面を確保するための許容限界を超えないことを確認	ひずみ率 10%

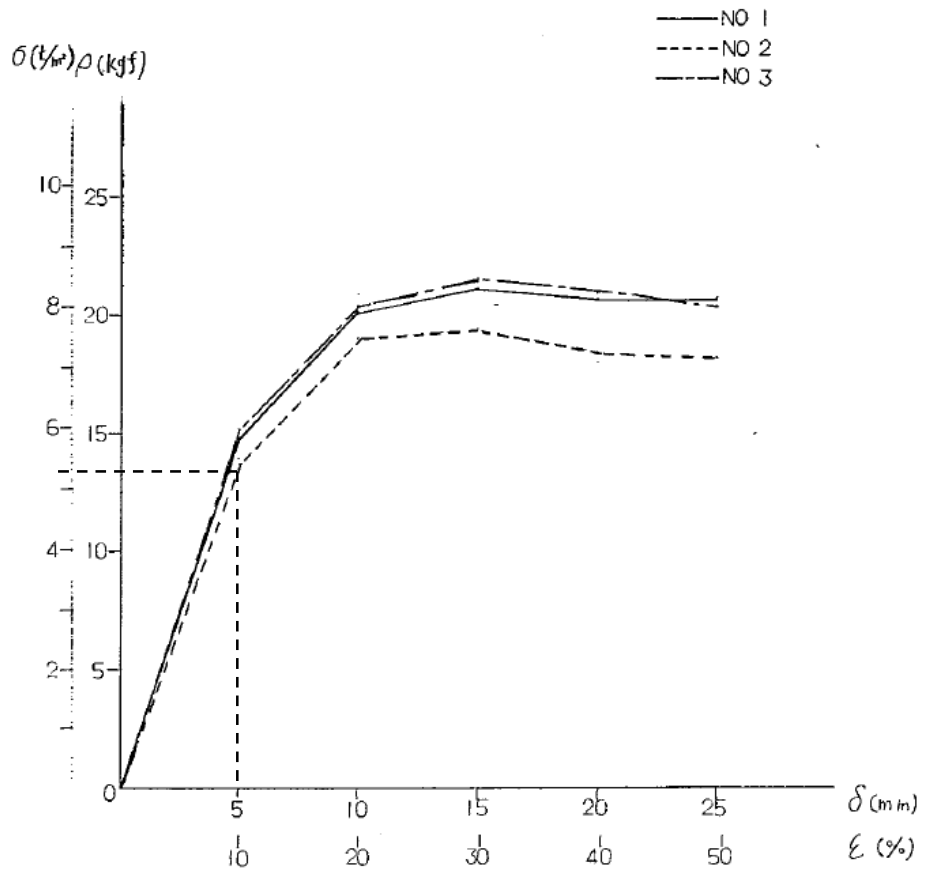


図 3-2 サブドレン管の荷重-変位曲線図

注 : S D集水管・排水管材料試験報告書 (竣工図書『柏崎刈羽原子力発電所 6 号機工事の内発電所本館建物新設工事 原子力建屋』) に加筆。

3.4 評価方法

3.4.1 サブドレン管の変形量算出方法

サブドレン管は，横断方向（管軸直交方向）について評価を実施する。

(1) 地震荷重の設定

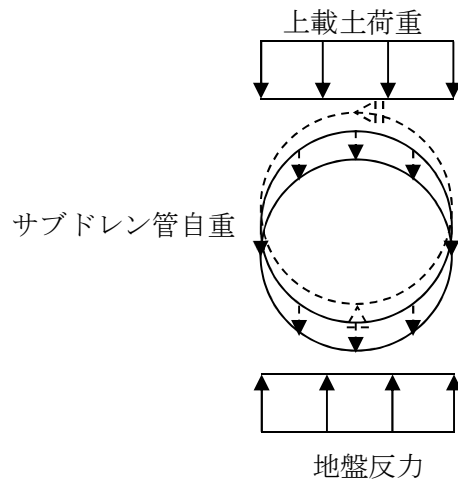
地震荷重は，原子炉建屋基礎スラブ底面位置の地盤に発生する鉛直方向の最大応答加速度を算出し設定する。

(2) 横断方向断面の検討

サブドレン管の横断方向断面の検討は，一次元波動論による地盤の応答解析によって得られた最大応答加速度を震度として設定したフレーム解析とする。震度は鉛直最大応答加速度に着目して，地震時慣性力を設定する。構造部材は円形状にモデル化した線形はり要素とし，地震時慣性力を一方向から静的に載荷して，最大変形量を算出する。解析には，解析コード「FRAME」を用いる。

図3-3に解析モデルを示す。また，サブドレン管の構造諸元と物性値を表3-3，表3-4に示す。

固定荷重 (G)



地震荷重 (S s)

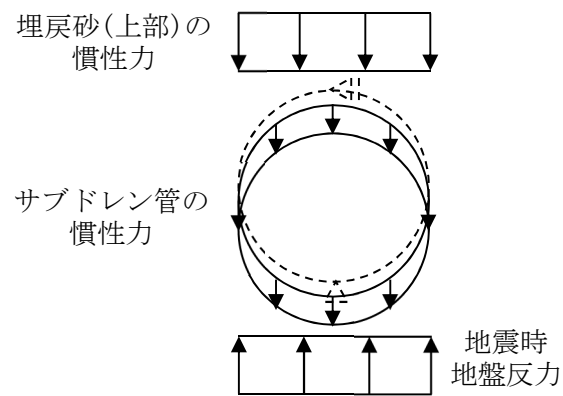


図 3-3 横断方向断面のフレーム解析モデル

表 3-3 サブドレン管(塩ビ管)の構造諸元

呼び径	外径	内径	厚さ
50mm	51mm	45mm	3mm

表 3-4 サブドレン管(塩ビ管)の物性値

材料	単位体積重量	ヤング係数
硬質ポリ塩化ビニル	14.0 kN/m ³	3.4×10 ⁶ kN/m ²

3.4.2 断面の評価方法

サブドレン管は、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ひずみ率が、許容限界を超えないことを確認する。

4. 評価結果

4.1 フレーム解析による評価結果

(1) 地震荷重

サブドレン管に作用する地震荷重は、原子炉建屋基礎スラブ底面位置（T.M.S.L. - 13.70m）における最大応答加速度を用いて、VI-2-2-別添 1-2-1「地下水排水設備設置位置の地盤応答」より一次元波動論による地盤の応答解析にて算出する。Ss-1～Ss-8 について標準地盤ケースおよび地盤定数の不確かさを考慮したケース（+ σ 地盤，- σ 地盤）を実施し、最大応答加速度が最大となった Ss-1（- σ 地盤）の結果を表 4-1 に示す。

表 4-1 地盤の応答解析より得られた最大応答加速度

方向	最大応答加速度 (m/s^2)	地震動
鉛直	6.08	Ss-1（- σ 地盤）

(2) 評価結果

フレーム解析より得られた最大変形量について、サブドレン管外径の 51 mm で除し、発生ひずみ率を算出する。サブドレン管の照査を実施した結果を表 4-2 に示す。

S s 地震時において、発生値が許容限界を超えないことを確認した。

表 4-2 サブドレン管の評価結果

検討条件	鉛直震度 Ss-1 (-σ 地盤)	$K_v=0.62$
最大変形量 発生ひずみ率	最大変形量	0.14 mm
	発生ひずみ率 (塩ビφ50 外径51mm)	0.27 %
許容限界	許容ひずみ率	10%