

東海第二発電所	工事計画審査資料
資料番号	補足-370-10 改1
提出年月日	平成30年10月3日

建物・構築物の地震応答解析についての補足説明資料

補足-370-10 【原子炉建屋地下排水設備に関する補足説明】

平成30年10月

日本原子力発電株式会社

目次

1. 概要.....	1
2. 各部の評価方法について.....	2
3. ヒューム管の評価方法について.....	4

1. 概要

本資料では、原子炉建屋地下排水設備を設置する施設の耐震評価について説明する。
また、本資料は、以下の添付資料の補足説明をするものである。

- ・添付書類「V-2-2-2-6 原子炉建屋地下排水設備地下排水上屋の耐震性についての計算書」
- ・添付書類「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」
- ・添付書類「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」
- ・添付書類「V-2-2-2-9 原子炉建屋地下排水設備地下排水上屋の耐震性についての計算書」

2. 各部の評価方法について

2.1 地下排水上屋の評価に用いる地震荷重

地下排水上屋の評価に用いる地震荷重は、建屋が壁式構造であり且つ屋根重量も小さいため、建屋の増幅は小さいと考えらる。したがって、建屋評価に用いる地震荷重算定の震度には地表面の最大応答加速度を用いる。

2.2 スラブ評価の考え方

(1) 地下排水上屋床スラブ

地下排水上屋の床スラブについては、荷重として固定荷重、積載荷重及び地震荷重を考慮する。また、積載荷重には機器荷重を含むものとする。地震荷重は地表面 (EL. 8.0 m) の鉛直方向の最大加速度より算定される鉛直震度とする。

応力を算出する解析モデルは、四辺支持版として評価する。

(2) 集水ピット頂版

集水ピットの頂版については、荷重として頂版及び排水シャフトの固定荷重及び地震荷重を考慮する。地震荷重は原子炉建屋基礎下 (EL. -9.0 m) 地盤の鉛直方向の最大加速度より算定される鉛直震度とする。

頂版には地盤改良体が上載しているが、以下に示すような状況であることから、改良土自体が自立していると考えられるため、頂版への上載荷重として考慮しない。

- ・改良土は集水ピット側面まで造成されており、岩着している。
- ・地盤応答解析により改良土に発生するせん断応力度が改良土のせん断強度以下であるため、改良土はせん断破壊しない。(表 2-1 参照)

応力を算出する解析モデルは、排水シャフトが接続する開口を考慮して、三辺固定版として評価する。

表 2-1 改良土の地盤応答解析結果

ケース	発生せん断応力 (kN/m ²)	せん断強度 (kN/m ²)
S s - 3 1	190	1500

(3) 集水ピット底版

集水ピットの底版については、荷重として固定荷重、積載荷重及び地震荷重を考慮する。積載荷重は、集水ピットに設定している常水位 2.75 m 及びポンプ重量 1000 kg より算定している。地震荷重は原子炉建屋基礎下 (EL. -9.0 m) 地盤の鉛直方向の最大加速度より算定される鉛直震度とする。

応力を算出する解析モデルは，四辺単純支持版として評価する。底版は，全体の固定荷重及び積載荷重から底版の固定荷重及び積載荷重を除いた重量に対して鉛直地震力を考慮した際に生じる地反力に対して評価する。

3. ヒューム管の評価方法について

原子炉建屋地下排水設備の排水シャフト及び集水管を構成するヒューム管（遠心力鉄筋コンクリート管）は、鉄筋コンクリート製の円形管きよであり、日本工業規格「JIS A 5303 遠心力鉄筋コンクリート管」に基づく工場製品である。

表 3-1 に建設当時の設計年代に該当する JIS で規定されたヒューム管の形状寸法を示す。排水シャフトは呼び径 1000，集水管は呼び径 300 の製品を使用している。

表 3-1 ヒューム管の形状寸法（JIS A 5303：1972 年改正）

呼び径	内径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)		
			A形	B形	C形
150	150	26	2000	2000	
200	200	27	2000	2000	
250	250	28	2000	2000	
300	300	30	2000	2000	
350	350	32	2000	2000	
400	400	35	2430	2430	
450	450	38	2430	2430	
500	500	42	2430	2430	
600	600	50	2430	2430	
700	700	58	2430	2430	
800	800	66	2430	2430	
900	900	75	2430	2430	2360
1000	1000	82	2430	2430	2360
1100	1100	88	2430	2430	2360
1200	1200	95	2430	2430	2360
1350	1350	103	2430	2430	2360
1500	1500	112	2430	2430	2360
1650	1650	120	2430	2430	2360
1800	1800	127	2430	2430	2360
2000	2000	145	2430	2430	2360
2200	2200	160	2430		2360
2400	2400	175	2430		2360
2600	2600	190	2430		2360
2800	2800	205	2430		2360
3000	3000	220	2430		2360

「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。）では、JIS 製品である遠心力鉄筋コンクリート管を差し込み継手管きよの管路施設に分類している。重要な幹線等の管路施設については、レベル1地震動（施設の供用期間内に1～2度発生する確率を有する地震動）に対して設計流下能力を確保するとともに、レベル2地震動（施設の供用期間内に発生する確率は低いが大きな強度を有する地震動）に対して流下機能を確保することが耐震性能として設定されている。

これらの耐震性能を満足するために、レベル1地震動に対しては管きよ本体にひび割れが生じて漏水しない使用限界状態を想定し、許容応力度法に基づく許容耐力として、図3-1に示す薄肉リングの公式に基づく次式のひび割れ保証モーメントを照査基準値としている。表3-2に示すひび割れ荷重は、図3-1の荷重状態及び支持状態を再現した試験方法で設定されたものである。管きよが地中に配置される場合は、周囲の土圧によって円管の変形が拘束されてひび割れが発生しにくくなる。そのため、次式のひび割れ保証モーメントの算定条件は、地下排水設備の排水シャフト及び集水管の配置状況に対して保守的な設定となっている。ここで、排水シャフトは軸方向が鉛直方向となることから「下水道指針」のマンホールの規定に従うことも考えられるが、その場合の耐震照査は差し込み継手管きよと同様に許容応力度法に基づく許容耐力を基準値とすることから、基準値として次式を適用する。

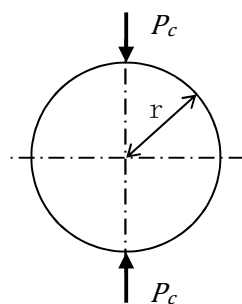
$$M_c = 0.318 \cdot P_c \cdot r + 0.239 \cdot W \cdot r$$

M_c : ひび割れ保証モーメント

P_c : ひび割れ荷重（表3-2参照）

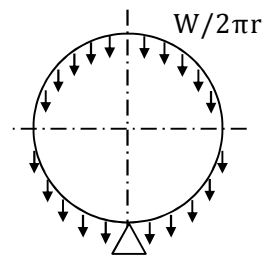
W : 管きよの自重

r : 管きよの管厚中心半径



$$M_{max} = 0.318 \cdot P_c \cdot r$$

相対する2点集中荷重



$$M_{max} = 0.239 \cdot W \cdot r$$

自重及び1点支持

図3-1 薄肉リングの公式

レベル2地震動に対しては管きよ本体の断面崩壊等が起こらないように、終局限界状態に対応するように補正した次式の破壊保証モーメントを照査基準値としている。

$$M_d = 0.318 \cdot P_e \cdot r + 0.239 \cdot W \cdot r$$

$$P_e = \frac{P_B}{C_S}$$

M_d : 破壊保証モーメント

P_B : 破壊荷重 (表 3-2 参照)

C_S : 構造物の靱性を考慮した補正係数

なお、下水道指針では、小口径円形管きよ ($\phi 700$) については、一定の地盤条件等を満たせば耐震性の照査は省略することができるとされている。

表 3-2 ヒューム管の外圧強さ (JIS A 5303 : 1972 年改正)

呼び径	外圧強さ 単位:kg/m			
	ひび割れ荷重		破壊荷重	
	1種	2種	1種	2種
150	1600	-	2500	-
200	1400	-	2200	-
250	1300	-	2000	-
300	1400	-	2000	-
350	1500	-	2200	-
400	1600	-	2400	-
450	1700	-	2700	-
500	1800	-	3000	-
600	2000	-	3600	-
700	2200	-	4300	-
800	2400	-	4900	-
900	2600	-	5500	-
1000	2800	5200	6100	10400
1100	2900	5400	6700	10800
1200	3000	5600	7300	11200
1350	3200	6000	8300	12000
1500	3400	6400	9300	12800
1650	3600	6800	10300	13600
1800	3800	7200	11300	14400
2000	4000	7700	12000	15400
2200	4200	8200	12600	16400
2400	4400	8700	13200	17400
2600	4600	9200	13800	18400
2800	4800	9700	14400	19400
3000	5000	10200	15000	20400

排水シャフトは地下排水設備の支持機能を有することから、保守的にひび割れを許容しないこととして許容応力度による照査を行う。また、集水管は、通水機能を有することから、断面崩壊を想定した終局限界状態に対する照査が求められる。それぞれの要求される耐震性能に応じて、「下水道指針」で規定された照査基準値を許容限界として適用した場合、排水シャフトはひび割れ保証モーメント、集水管は破壊保証モーメントを許容限界とできる。

ただし、ヒューム管の評価にあたっては、基準地震動 S_s に対する妥当な安全余裕を持たせるため、排水シャフト及び集水管ともに許容応力度によって照査することとし、両者の許容限界をひび割れ保証モーメントとする。ひび割れ荷重は強度の小さい1種の外圧強さを使用する。