

島根原子力発電所第2号機 審査資料	
資料番号	NS2-補-027-08 改 05
提出年月日	2022年11月2日

浸水防護施設の耐震性に関する説明書の補足説明資料

2022年11月

中国電力株式会社

本資料のうち、枠囲みの内容は機密に係る事項のため公開できません。

補足説明資料目次

今回提出範囲：

1. 浸水防護施設の設計における考慮事項
 - 1.1 津波と地震の組合せで考慮する荷重
 - 1.2 自然現象を考慮する浸水防護施設の選定
 - 1.3 津波防護に関する施設の機能設計・構造強度設計に係る許容限界
 - 1.4 津波防護施設の強度計算における津波荷重，余震荷重及び漂流物衝突荷重の組合せ
 - 1.5 浸水防護施設の評価における漂流物衝突荷重，風荷重及び積雪荷重の設定
 - 1.6 津波波圧の算定に用いた規格・基準類の適用性
 - 1.7 浸水防護施設のアンカーボルトの設計
 - 1.8 津波防護施設の設計における評価対象断面の選定
 - 1.9 強度計算における津波時及び重畳時の荷重作用状況
 - 1.10 耐震及び耐津波設計における許容限界
 - 1.11 強度計算に用いた規格・基準類の適用性
 - 1.12 津波に対する止水性能を有する施設の評価

2. 津波防護対象設備
 - 2.1 防波壁に関する補足説明
 - 2.2 防波壁通路防波扉に関する補足説明
 - 2.3 1号機取水槽流路縮小工に関する補足説明
 - 2.4 浸水防止設備に関する補足説明
 - 2.5 津波監視設備に関する補足説明
 - 2.6 漂流防止装置に関する補足説明
 - 2.7 強度評価における鉛直方向荷重の考え方
 - 2.8 津波の流入防止に係る津波バウンダリとなる設備の評価

2.4.4.1 床ドレン逆止弁を構成する各部材の評価及び機能保持の確認方法について

(1) 概要

浸水防止設備のうち、床ドレン逆止弁について、添付書類「VI-2-10-2-10 床ドレン逆止弁の耐震性についての計算書」、添付書類「VI-3-別添3-2-7 床ドレン逆止弁の強度計算書」及び添付書類「VI-3-別添3-4-3 床ドレン逆止弁の強度計算書（溢水）」において、耐津波及び内部溢水のバウンダリとなる各部材の評価を示している。

本資料では、床ドレン逆止弁を構成する部材を評価し、床ドレン逆止弁としての性能目標を満足することを確認する。

(2) 床ドレン逆止弁を構成する各部材の評価及び機能保持の確認方針

床ドレン逆止弁の性能目標として、地震後、津波後の再使用性や津波の繰返しの作用及び内部溢水を想定し、部材がおおむね弾性状態にとどまることとし、止水機能を喪失しない設計としている。

以上に示した性能目標を満足していることを確認する方法として、加振試験、水圧試験及び漏えい試験を実施し、各部材の構造健全性及び弁座部の止水性を確認することにより止水機能が保持されていることを確認する方針とする。

具体的には、地震後、津波後の再使用性や津波の繰返しの作用及び内部溢水を想定した止水機能保持確認として、次に示す試験にて確認する方針とする。

地震を想定して、加振試験を実施し、各部材の構造健全性を確認する。また、加振試験後に水圧試験を実施し、各部材の構造健全性を確認する。さらに、水圧試験後に漏えい試験を実施し、弁座部の止水性を確認する。

表2.4.4.1-1に止水機能保持確認方針として、床ドレン逆止弁の各部材の限界状態と評価内容を示す。また、図2.4.4.1-1、図2.4.4.1-2及び図2.4.4.1-3に床ドレン逆止弁の構造を示す。

表 2.4.4.1-1 床ドレン逆止弁の止水機能保持確認方針

部材	限界状態	評価内容
弁本体	変形, 損傷	<ul style="list-style-type: none"> ・加振試験を実施し, 構造健全性を確認する。 ・加振試験後に水圧試験を実施し, 構造健全性を確認する。 ・水圧試験後に漏えい試験を実施し, 弁座部の止水性を確認する。 ・応力評価の評価対象部材として強度評価を実施する。
フロート	変形, 損傷, 漏えい	<ul style="list-style-type: none"> ・加振試験を実施し, 構造健全性を確認する。 ・加振試験後に水圧試験を実施し, 構造健全性を確認する。
弁座	変形, 損傷, 漏えい	<ul style="list-style-type: none"> ・水圧試験後に漏えい試験を実施し, 弁座部の止水性を確認する。
フロートガイド	変形, 損傷	<ul style="list-style-type: none"> ・加振試験を実施し, 構造健全性を確認する。 ・応力評価の評価対象部材として強度評価を実施する。
基礎ボルト	変形, 損傷	<ul style="list-style-type: none"> ・応力評価の評価対象部材として強度評価を実施する。
取付部 (配管)	変形, 損傷	

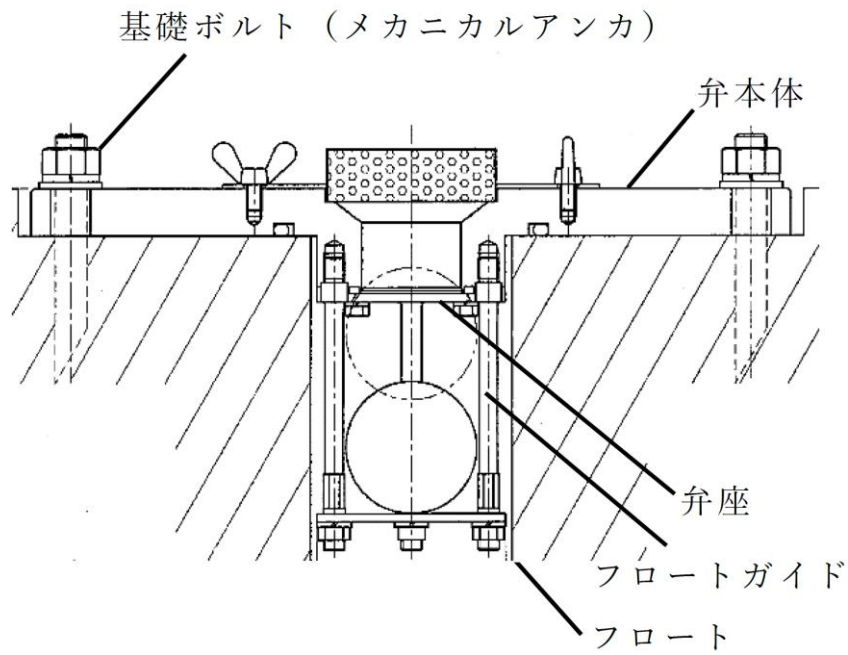


図 2. 4. 4. 1-1 床ドレン逆止弁(80A 型(ボルト取付式))の構造図

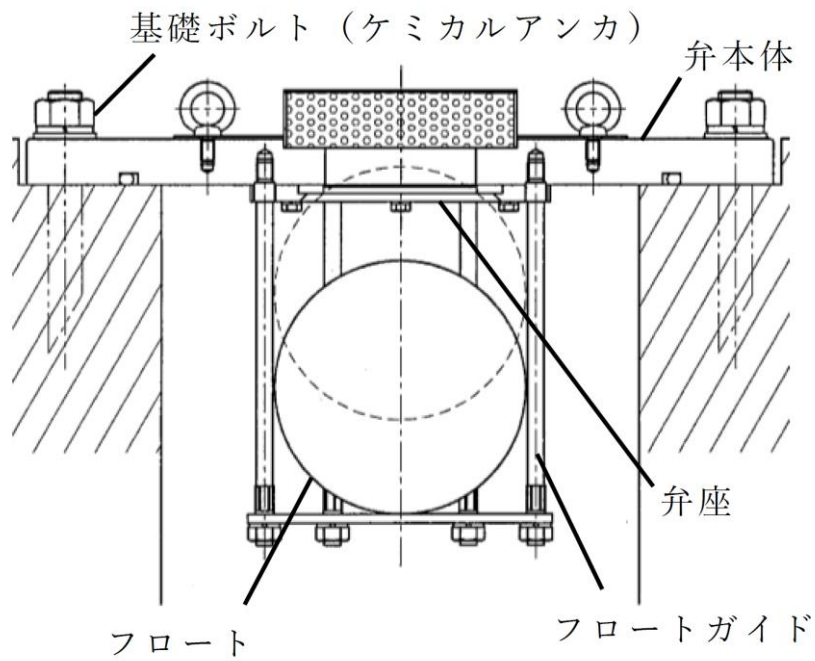


図 2. 4. 4. 1-2 床ドレン逆止弁(300A 型(ボルト取付式))の構造図

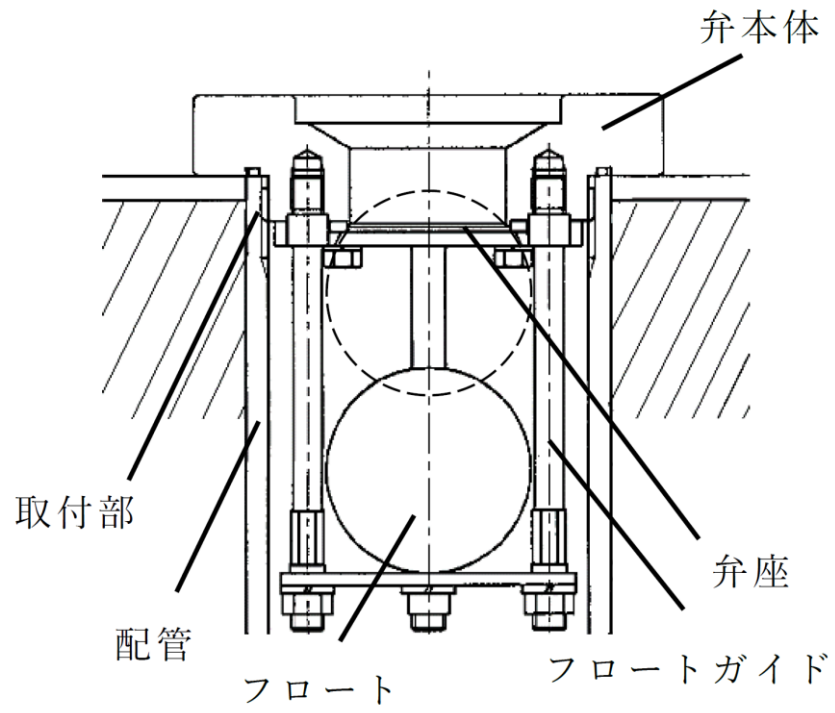


図 2.4.4.1-3 床ドレン逆止弁(80A型(ねじ込み取付式))の構造図

(3) 評価方法

以下に示す条件にて試験を実施し、試験毎に示す判定基準により評価する。

a. 加振試験

基準地震動 S_s による床ドレン逆止弁の設置箇所の設計震度*を上回るものとして、「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）」に示される一般弁の機能確認済加速度と同じ $6G(58.8m/s^2)$ で加振する。

なお、加振試験を実施する前に、水平、鉛直方向それぞれについて、振動数5～50Hzの範囲で掃引試験を行い、振動数5～50Hzの範囲に固有振動数がなく、床ドレン逆止弁が剛構造として加振試験を実施できることを確認する。

表2.4.4.1-2に加振試験の条件、方法及び判定基準を示す。また、表2.4.4.1-3に加振試験装置の主要仕様を示す。

注記*：各床ドレン逆止弁設置箇所の設計震度は以下のとおり。

- ・取水槽 EL 1.1m[水平方向：1.32, 鉛直方向：0.93]
- ・タービン建物 EL 2.0m[水平方向：1.46, 鉛直方向：0.83]
- ・原子炉建物 EL 2.8m[水平方向：1.29, 鉛直方向：0.96]
EL 1.3m[水平方向：1.17, 鉛直方向：0.87]

表 2.4.4.1-2 加振試験の条件，方法及び判定基準

試験条件	試験方法	判定基準
<ul style="list-style-type: none"> ・振動波形：正弦波 ・最大加速度：水平6G, 鉛直6G ・振動数：20Hz* ・加振時間：5分 	加振した後に、外観目視により各部材を確認する。 水平方向と鉛直方向毎に、それぞれで加振する。	機能に影響を及ぼす変形及び損傷がないこと。

注記*：掃引試験の結果、5～50Hzに共振する振動数がないことから、剛構造で想定される最低の振動数20Hzとした。

表 2.4.4.1-3 加振試験装置主要仕様

項目		仕様	
		鉛直加振	水平加振
最大加振力	サイン波	54kN	54kN
	ショック波	112kN	112kN
	ランダム波	54kN	54kN
最大加速度		$857m/s^2$	$253m/s^2$
最大変位		100mm _{p-p}	100mm _{p-p}
振動数範囲		5～2600Hz	5～1000Hz
最大積載量		1000kg	1000kg
振動台寸法		φ 446mm	1000mm×1000mm

b. 水圧試験

基準津波による床ドレン逆止弁の設置箇所の許容津波高さに津波の突き上げ力を考慮した圧力*を上回る圧力として、2.0MPaの水圧とする。

水圧の保持時間は、「J S M E S N C 1-2005/2007 発電用原子力設備規格設計・建設規格」に示される耐圧試験に準じて、10分間とする。

また、水圧試験は加振試験実施後に行うことを条件とする。表2.4.4.1-4に水圧試験の条件、方法及び判定基準を示す。

注記*：許容津波高さに津波の突き上げ力を考慮した圧力は、以下のとおり。

- ・取水槽EL 1.1m：0.11MPa (0.103MPaを切り上げた値。他設置の床ドレン逆止弁については津波の突き上げ力が作用しないため記載を省略する。)

表 2.4.4.1-4 水圧試験の条件，方法及び判定基準

試験条件	試験方法	判定基準
<ul style="list-style-type: none"> ・試験圧力：2.0MPaの水圧 ・水圧保持時間：10分間 ・加振試験後に実施 	試験条件に示した圧力及び保持時間で加圧する。 加圧後に外観目視により各部材を確認する。	機能に影響を及ぼす変形及び損傷がないこと。

c. 漏えい試験

床ドレン逆止弁の設置箇所に加わる津波又は溢水水位を考慮した圧力*を上回る圧力として、0.3MPaを最大として段階的に漏えい試験を行う。

漏えい量を測定する時間は、メーカー実績より1分間とする。また、漏えい試験は、水圧試験実施後に行うことを条件とする。

判定基準は、VI-1-1-3-2-4「入力津波による津波防護対象設備への影響評価」において、外郭防護2の浸水量評価にて設定している許容漏えい量0.13L/min以下とする。

表2.4.4.1-5に漏えい試験の条件、方法及び判定基準を示す。

注記*：津波又は溢水水位を考慮した圧力は、以下のとおり。

- ・取水槽 EL 1.1m：0.11MPa (0.102MPaを切り上げた値)
- ・タービン建物 EL 2.0m：0.04MPa
- ・原子炉建物 EL 2.8m：0.01MPa
EL 1.3m：0.01MPa

表 2.4.4.1-5 漏えい試験条件，方法及び判定基準

試験条件	試験方法	判定基準
<ul style="list-style-type: none"> ・試験圧力：0.3MPa (最大) ・水圧保持時間：1分間 ・水圧試験後に実施 	試験条件に示した圧力及び時間で弁座部からの漏えい量を測定する。	許容漏えい量 (0.13L/min) 以下であること。

(4) 評価結果

以下に、加振試験、水圧試験及び漏えい試験の結果と止水機能保持の確認結果を示す。

a. 加振試験

表2.4.4.1-6に床ドレン逆止弁の加振試験結果を示す。なお、掃引試験により、振動数5～50Hzに床ドレン逆止弁の固有振動数がないことを確認した。

表 2.4.4.1-6 床ドレン逆止弁の加振試験結果

部位	加振試験結果
弁本体	変形及び損傷なし
弁座	変形及び損傷なし
フロート	変形及び損傷なし
フロートガイド	変形及び損傷なし

b. 水圧試験

表2.4.4.1-7に床ドレン逆止弁の水圧試験結果を示す。

表 2.4.4.1-7 床ドレン逆止弁の水圧試験結果

部位	水圧試験結果
弁本体	変形及び損傷なし
弁座	変形及び損傷なし
フロート	変形及び損傷なし

c. 漏えい試験

表2.4.4.1-8に床ドレン逆止弁の漏えい試験結果及び止水機能保持確認結果を示す。

表2.4.4.1-8 床ドレン逆止弁の漏えい試験結果

部位	漏えい試験結果	止水機能保持確認結果
弁座	漏えいなし (0L/min)	止水機能は保持されている。
フロート	漏えいなし (0L/min)	

2.4.4.2 床ドレン逆止弁の配置について

床ドレン逆止弁の設置位置を図2.4.4.2-1に示す。

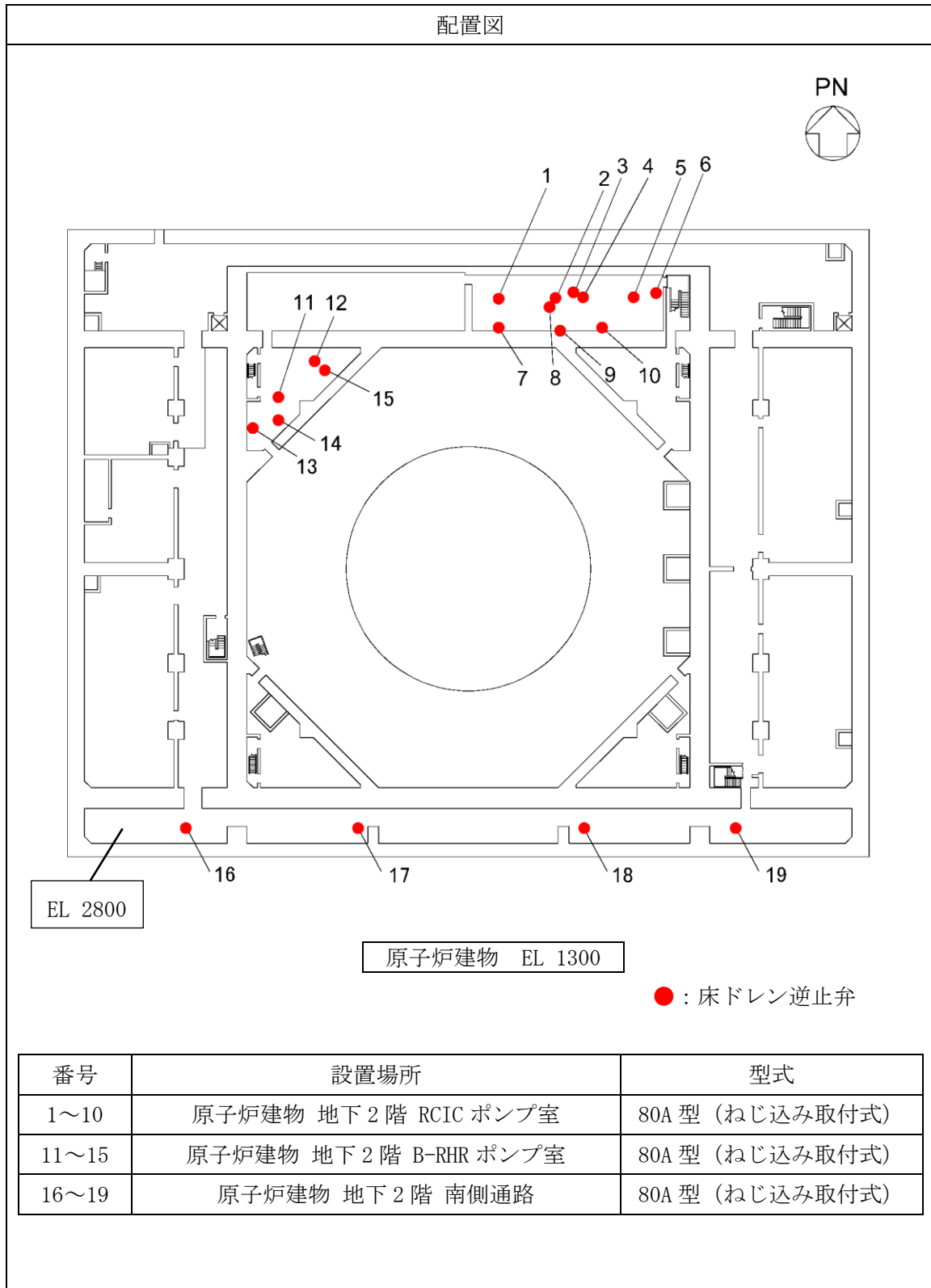


図2.4.4.2-1 床ドレン逆止弁の設置位置図 (1/3)

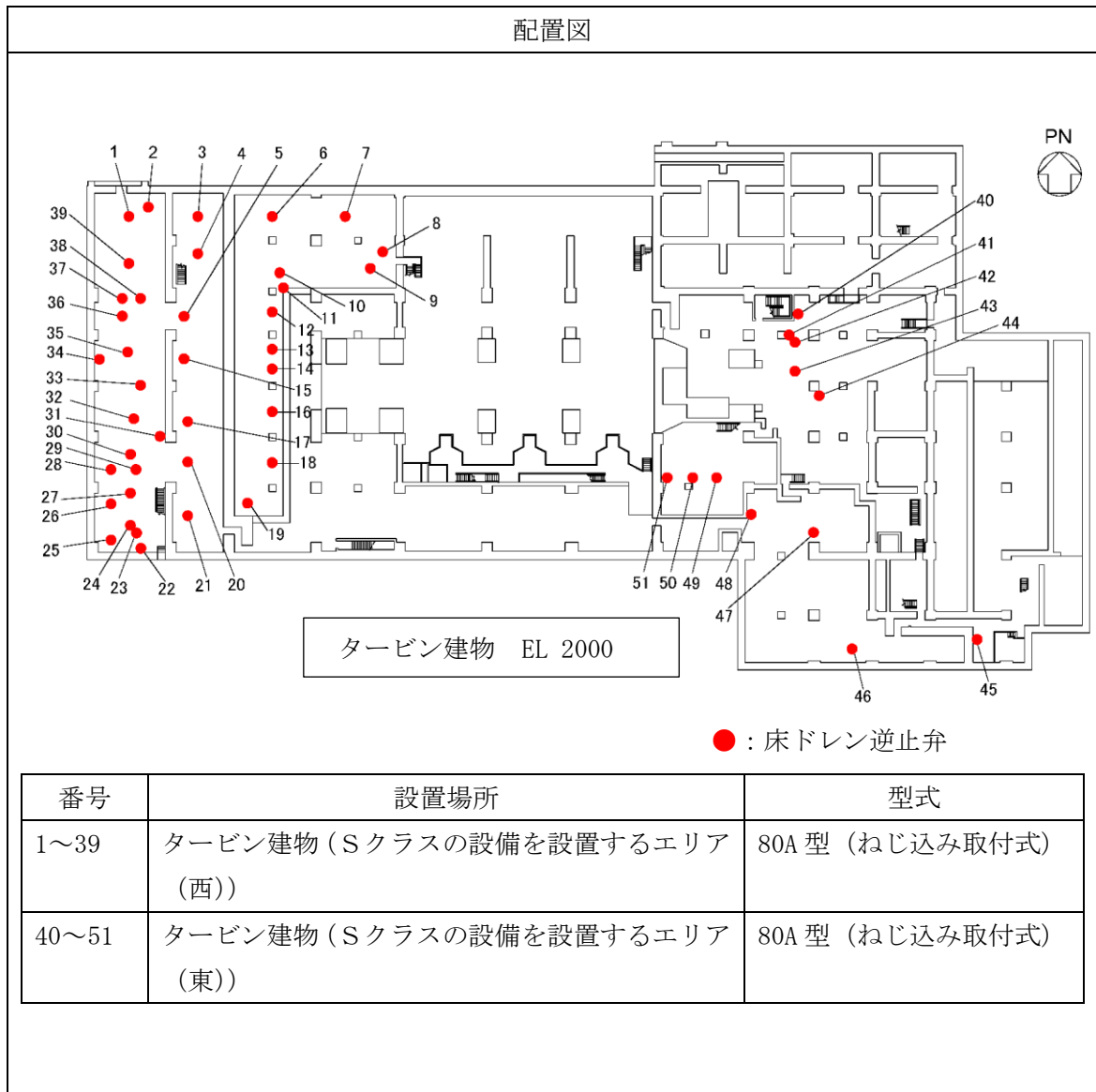


図2.4.4.2-1 床ドレン逆止弁の設置位置図 (2/3)

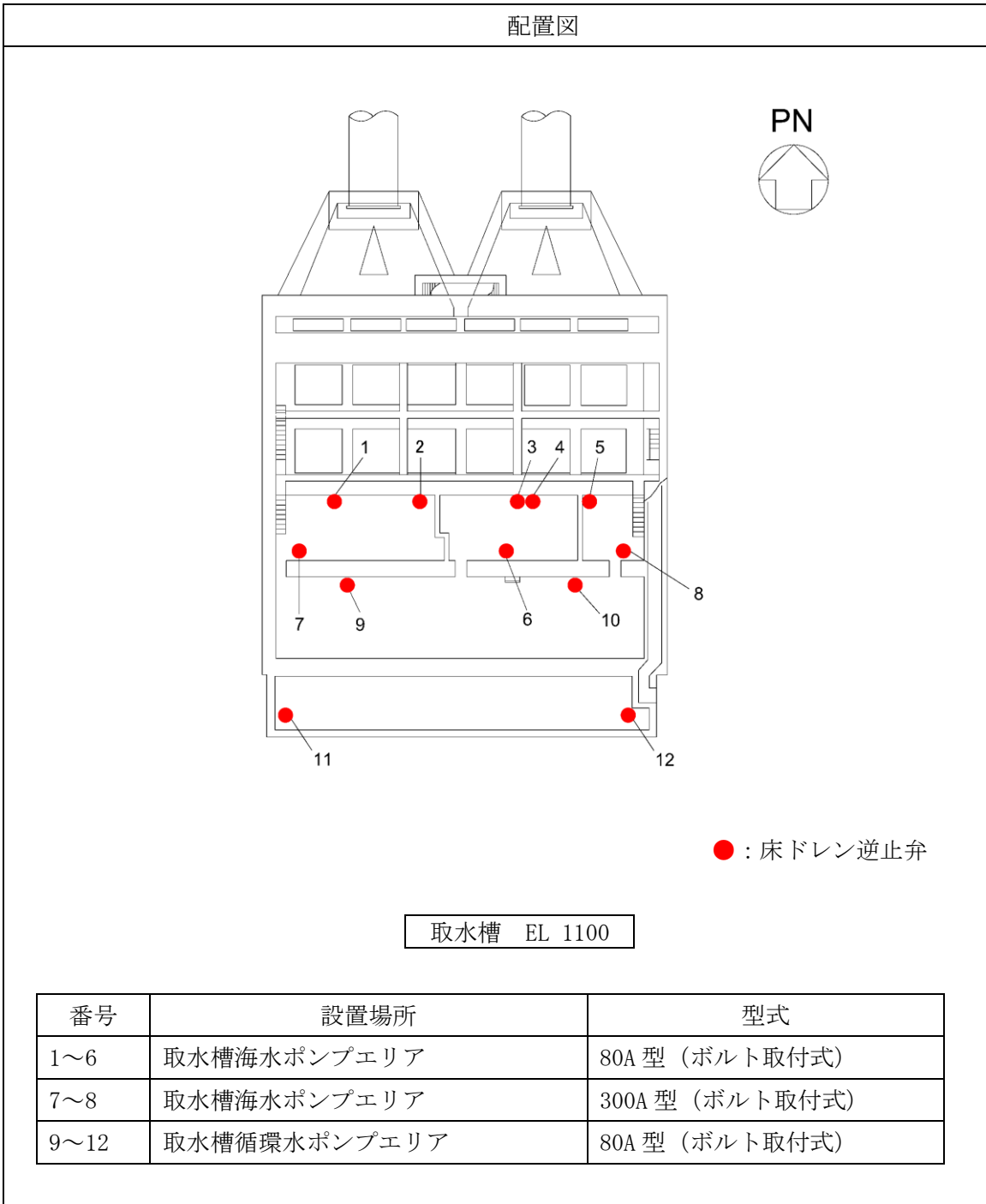


図2.4.4.2-1 床ドレン逆止弁の設置位置図 (3/3)

2.4.6 貫通部止水処置に関する健全性

1. 貫通部止水処置に関する漏えい試験について

浸水防護施設のうち貫通部止水処置については、添付書類VI-1-1-3-2-5「津波防護に関する施設の設計方針」及び添付書類VI-1-1-9-5「溢水防護に関する施設の詳細設計」において漏えい試験により止水性を確認した設備を設置する設計としており、その漏えい試験の方法及び結果について説明する。

(1) 対象止水構造

対象止水構造を表 2.4.6-1 に示す。

表 2.4.6-1 対象止水構造

止水構造	材料	型番
シール材（充填）	シリコンゴム	
	ペネシール	
ブーツ	ラバーブーツ	

(2) 試験モデルの考え方

シール材及びブーツは、必要な水圧に耐えられるように施工しており、それを模擬した試験モデルとする。配管貫通部の試験モデルの例を図 2.4.6-1～3 に示す。

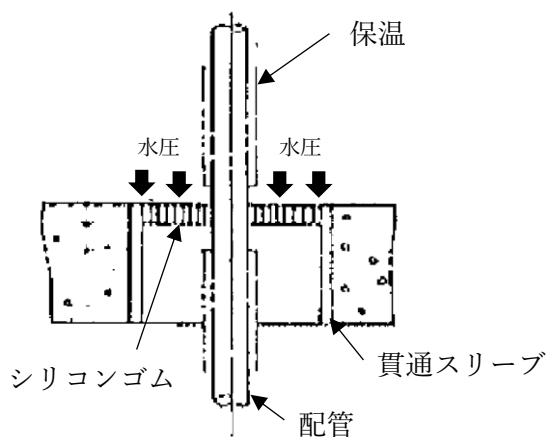


図 2.4.6-1 配管貫通部（シリコンゴム）の試験モデルの例

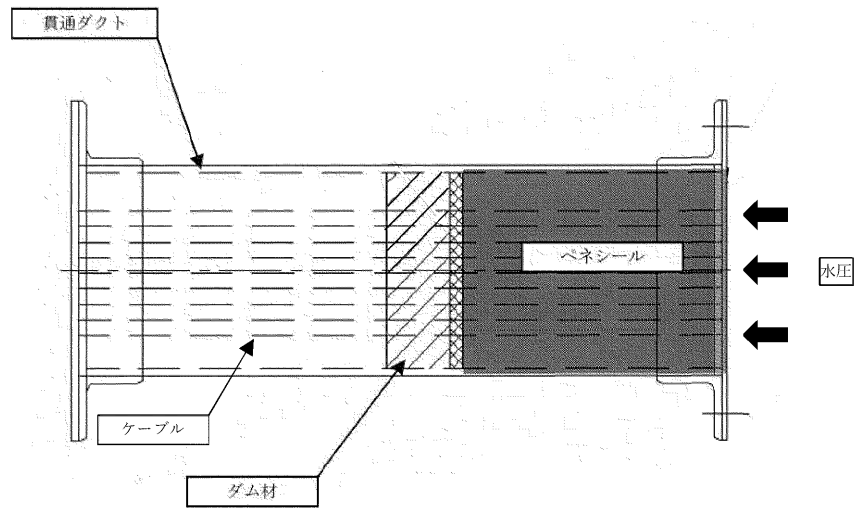


図 2.4.6-2 ケーブルトレイ貫通部（ペネシール）の試験モデルの例

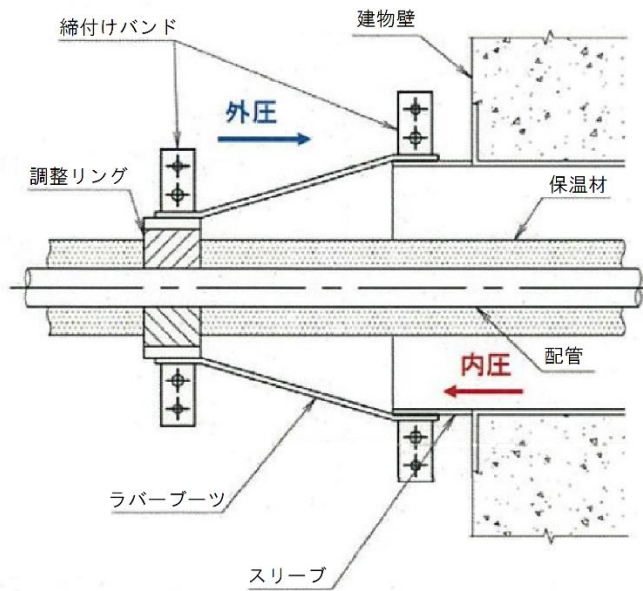


図 2.4.6-3 配管貫通部（ラバーブーツ）の試験モデルの例

(3) 試験要領

シール材の許容限界値は、実機で使用している形状、寸法の試験体にて静水圧を付加した水圧試験に基づき算出する。試験の概要を図 2.4.6-4～5 に示す。

ブーツの許容限界値は、実機で使用している形状、寸法の試験体にて静水圧を付加した水圧試験に基づき算出する。また、実機の施工状況を考慮し、内圧試験及び外圧試験の片ケース又は両ケースを実施する。試験の概要を図 2.4.6-6 に示す。

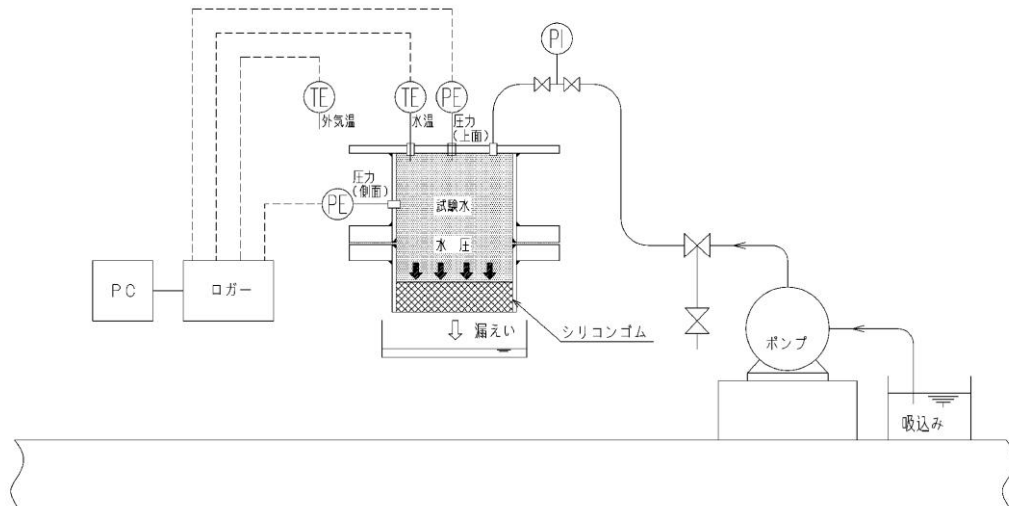


図 2.4.6-4 シリコンゴムの試験装置の概要例

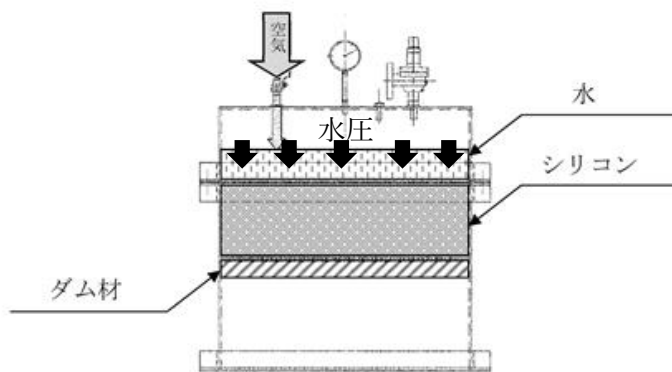


図 2.4.6-5 ペネシールの試験装置の概要例

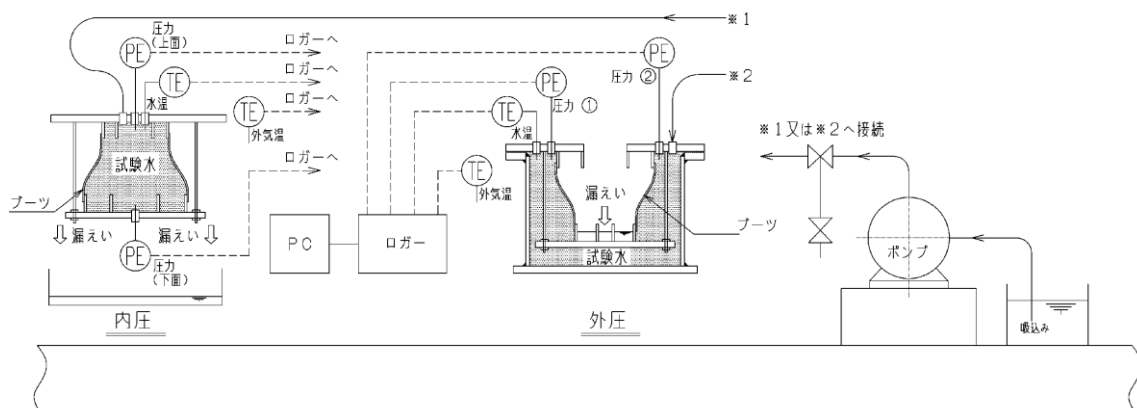


図 2.4.6-6 ラバーブーツの試験装置の概要例

(4) 試験結果

有意な漏えいがないことを確認した主な水圧試験結果を表 2.4.6-2 に示す。

表 2.4.6-2 水圧試験結果

止水構造	材料	型番	貫通部の対象	施工条件	試験水圧 [MPa]	漏えい量 [ℓ/h]
シール材 (充填)	シリコンゴム		配管			0
	ペネシール		ケーブルトレイ			0
			電線管			0
			電線管プルボックス			0
ブーツ	ラバーブーツ		配管			0
			配管			0

2.7 強度評価における鉛直方向荷重の考え方

床ドレン逆止弁の鉛直方向に作用する荷重については、自重、積雪荷重、余震荷重及び津波荷重を組み合わせる評価を行う。荷重の組合せについては、荷重が作用する向きを考慮し、安全側の評価となるように適切に組み合わせる。それぞれの荷重が作用する向きは表 2.7-1 及び図 2.7-1 に示す向きとなることから、津波荷重及び鉛直上向きの余震荷重を考慮し、自重、積雪荷重及び鉛直下向きの余震荷重は考慮しないこととする。

表 2.7-1 に床ドレン逆止弁に作用する鉛直方向荷重一覧、図 2.7-1 に床ドレン逆止弁に作用する鉛直方向荷重の概念図を示す。

表2.7-1 床ドレン逆止弁に作用する鉛直方向荷重一覧

	荷重の種類	荷重の向き	評価上の扱い
①	自重	鉛直下向き (↓)	考慮しない
②	積雪荷重	鉛直下向き (↓)	考慮しない
③	余震荷重	鉛直上向き (↑)	考慮する
④		鉛直下向き (↓)	考慮しない
⑤	津波荷重	鉛直上向き (↑)	考慮する

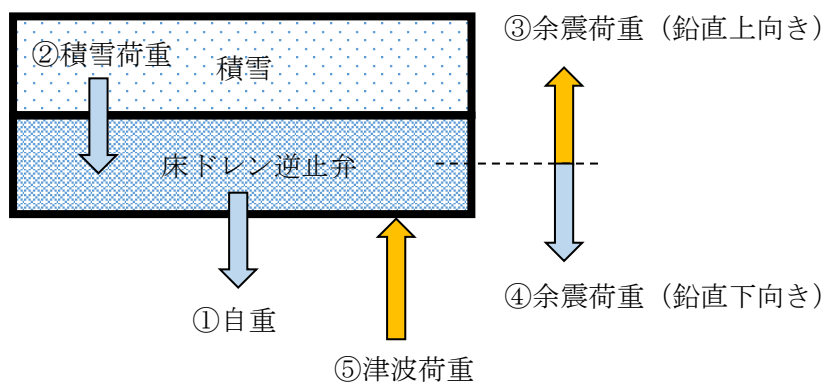


図2.7-1 床ドレン逆止弁に作用する鉛直方向荷重の概念図