

島根原子力発電所第2号機 審査資料	
資料番号	NS2-添 2-011-17改02
提出年月日	2023年3月24日

VI-2-10-2-13 堰の耐震性についての計算書

S2 補 VI-2-10-2-13 R0

2023年3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。

目 次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 検討対象堰一覧	1
2.2 配置概要	2
2.3 構造計画	22
2.3.1 柱支持型堰の構造	22
2.3.2 鋼板折曲げ型堰の構造	23
2.3.3 鉄筋コンクリート製堰の構造	24
2.4 評価方針	25
2.5 適用規格	25
2.6 記号の説明	26
3. 固有振動数及び設計用地震力	29
3.1 固有振動数の計算方法	29
3.1.1 解析モデルの設定	29
3.1.2 記号の説明	30
3.1.3 固有振動数の算出方法	30
3.2 固有振動数の計算条件	31
3.3 固有振動数の計算結果	46
3.4 設計用地震力	54
4. 構造強度評価	56
4.1 評価対象部位及び評価対象設備	56
4.1.1 柱支持型堰	56
4.1.2 鋼板折曲げ型堰	61
4.1.3 鉄筋コンクリート製堰	63
4.2 荷重及び荷重の組合せ	64
4.2.1 荷重の組合せ	64
4.2.2 荷重	64
4.3 許容限界	65
4.3.1 柱支持型堰の許容限界	65
4.3.2 鋼板折曲げ型堰の許容限界	67
4.3.3 鉄筋コンクリート製堰の許容限界	68
4.4 評価方法	69
4.4.1 柱支持型堰の評価方法	69
4.4.2 鋼板折曲げ型堰の評価方法	77
4.4.3 鉄筋コンクリート製堰の評価方法	79
4.5 評価条件	84
5. 評価結果	86

1. 概要

本資料は、VI-1-1-9-5「溢水防護に関する施設の詳細設計」に示すとおり、浸水防護施設である溢水用堰及び管理区域堰（以下「堰」という。）があり、溢水用堰については基準地震動 S_s による地震力に対して、管理区域堰については耐震設計上の重要度分類 B クラスの施設に適用される地震力 S_B に対して溢水伝播を防止する機能を維持するために、十分な構造強度を有することを説明するものである。その耐震評価は、応力評価により行う。

堰は設計基準対象施設においては耐震設計上の重要度分類 B クラス及び C-2* クラスに分類される。以下、設計基準対象施設としての構造強度評価を示す。

注記*： 工事計画の基本方針に示す原子炉本体の主要設備リストに記載される略語の定義のうち、基準地震動による地震力に対して火災感知及び消火の機能又は溢水伝播を防止する機能を保持できる設計とするもの。

2. 一般事項

2.1 検討対象堰一覧

検討対象の堰の各建物の数を表 2-1 に示す。

表 2-1 検討対象堰

設置建物	対象堰数
原子炉建物	50
タービン建物	12
廃棄物処理建物	14
制御室建物	5
サイトバンカ建物	13
合計	94

2.2 配置概要

堰は、VI-1-1-9-5「溢水防護に関する施設の詳細設計」の「4.1.2 溢水用堰の設計方針」及び「4.1.5 管理区域水密扉、堰及び防水板の設計方針」に示すとおり、原子炉建物、タービン建物、廃棄物処理建物、制御室建物及びサイトバンカ建物に設置する。堰の設置位置及び堰の名称を図 2-1 に示す。

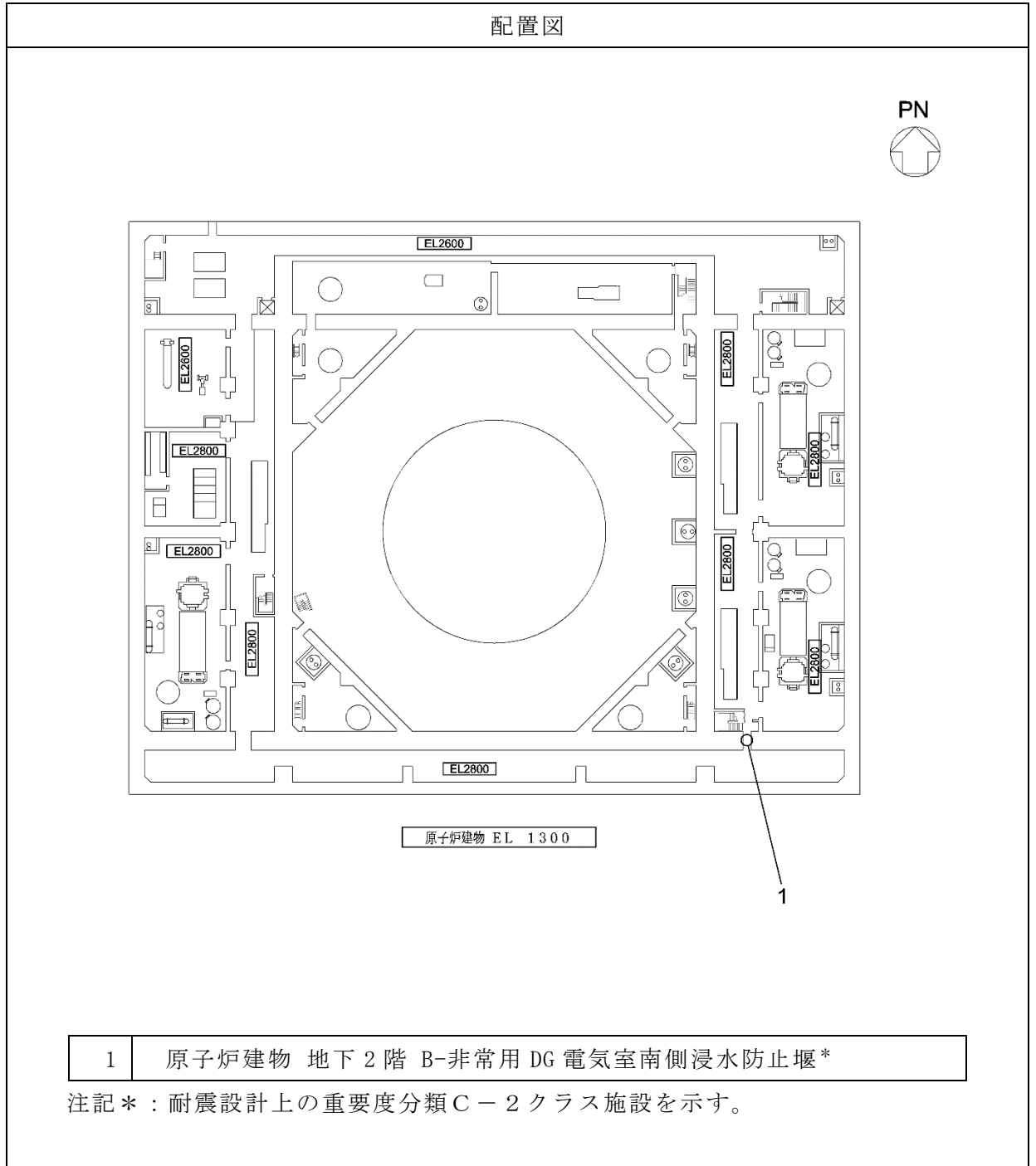


図 2-1(1) 設置位置図

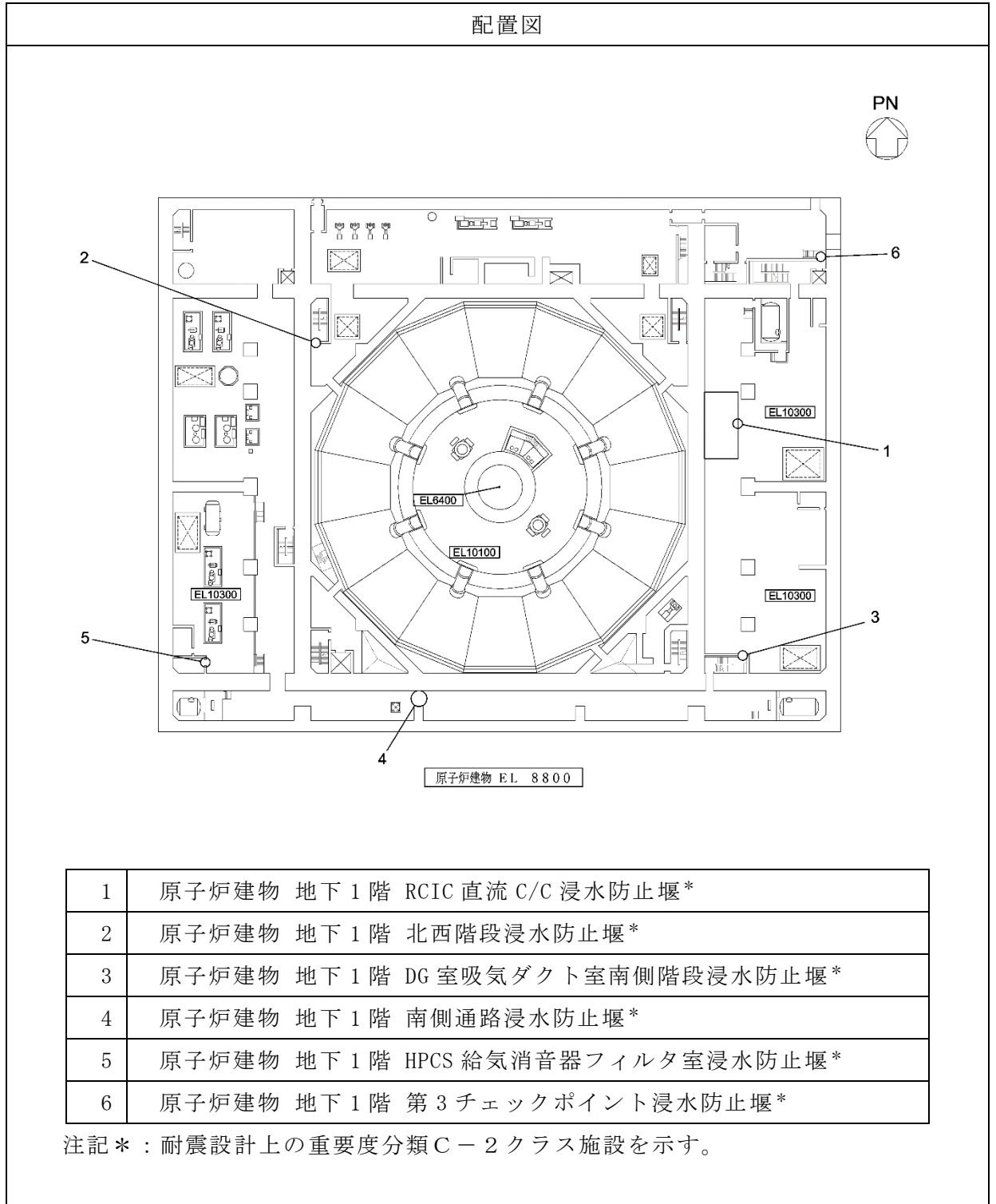


図 2-1(2) 設置位置図

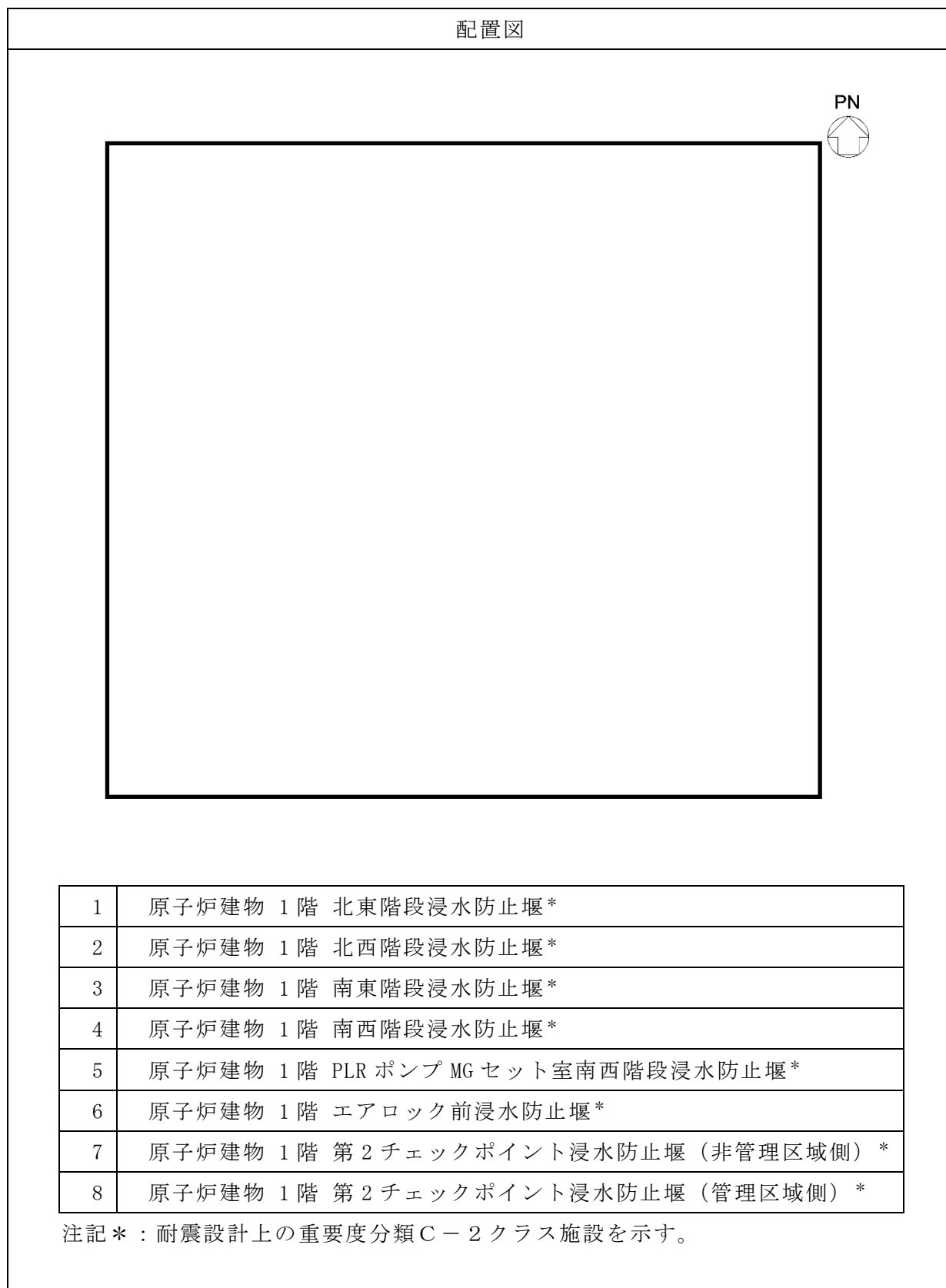


図 2-1(3) 設置位置図

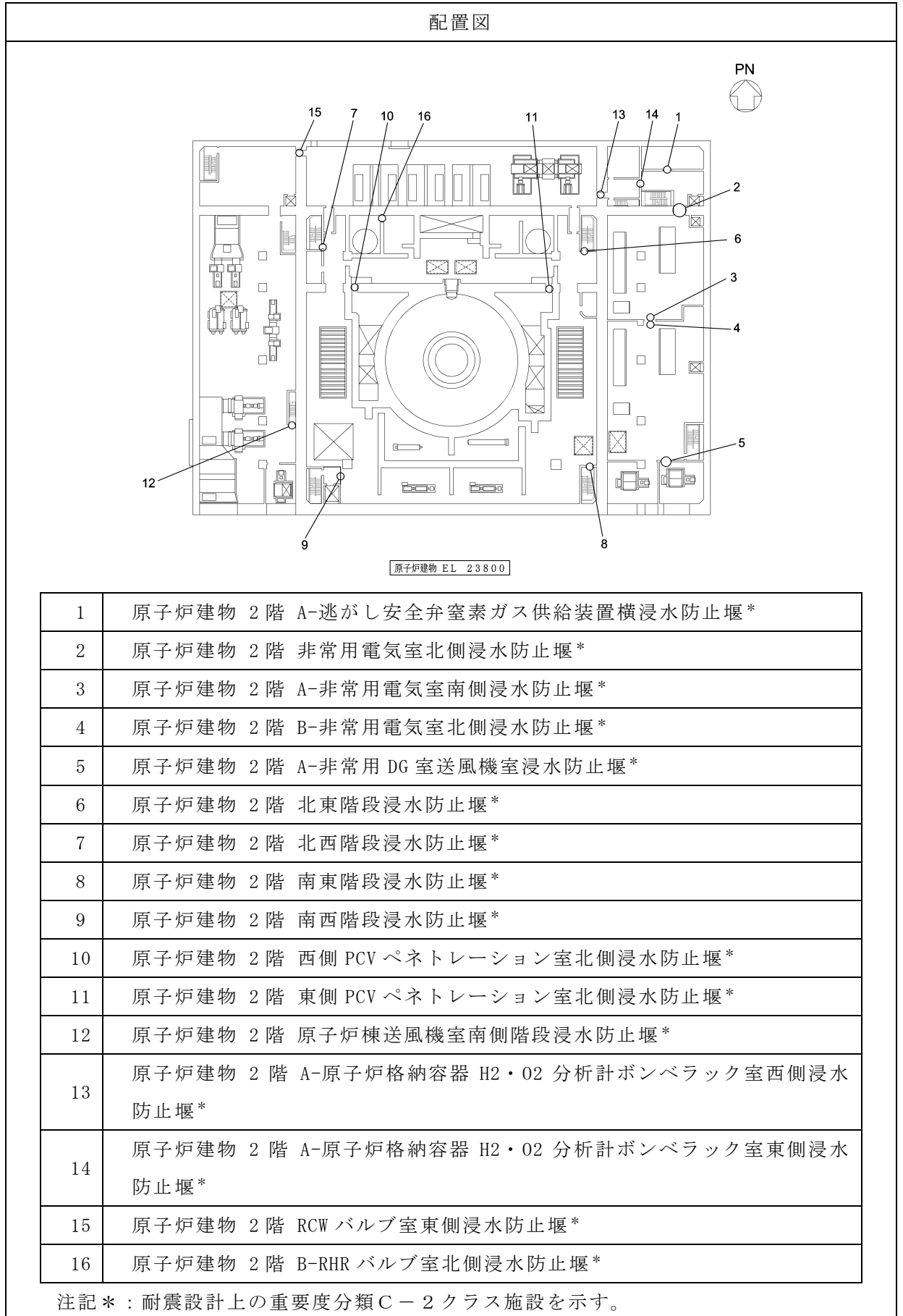


図 2-1(4) 設置位置

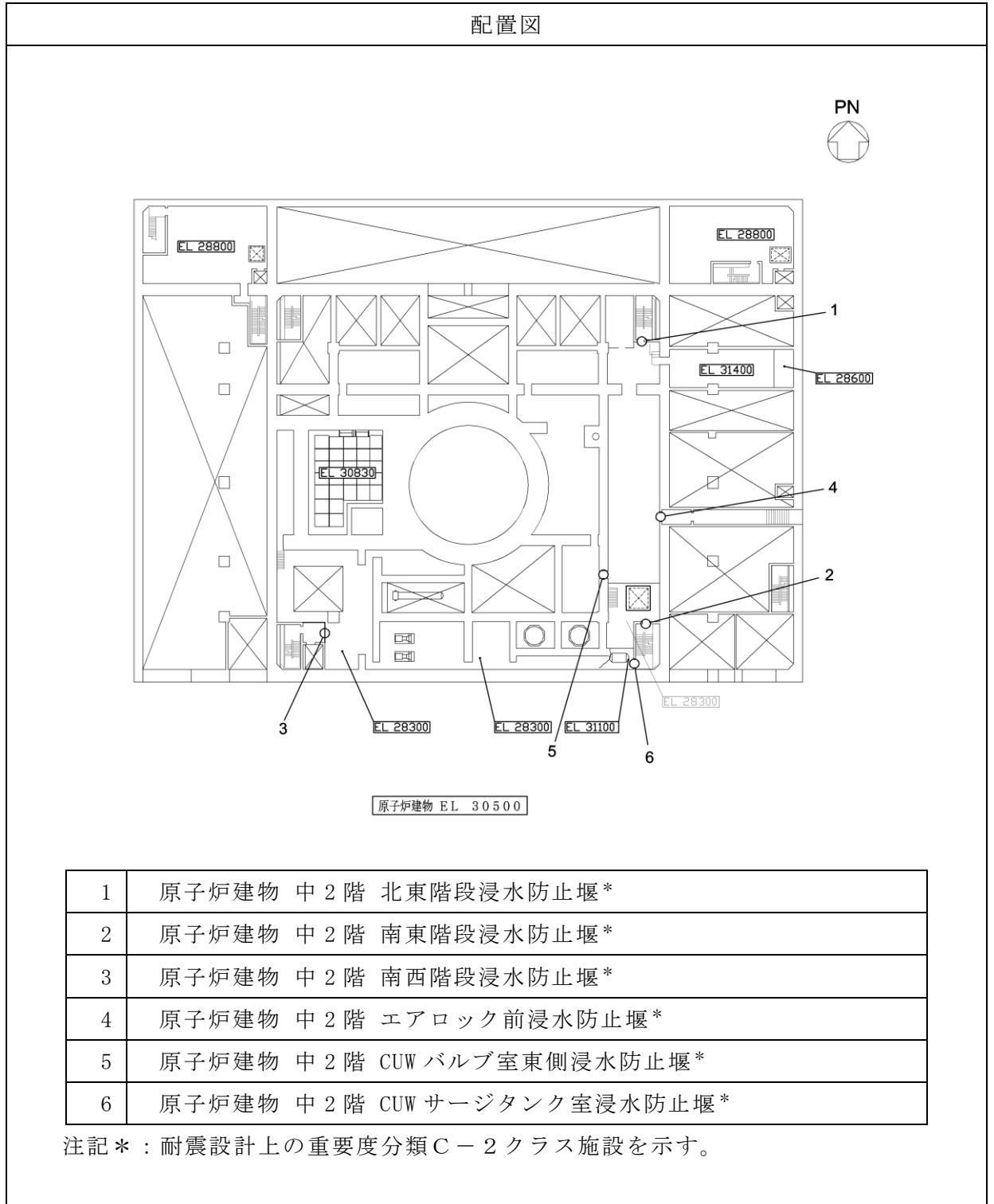


図 2-1(5) 設置位置図

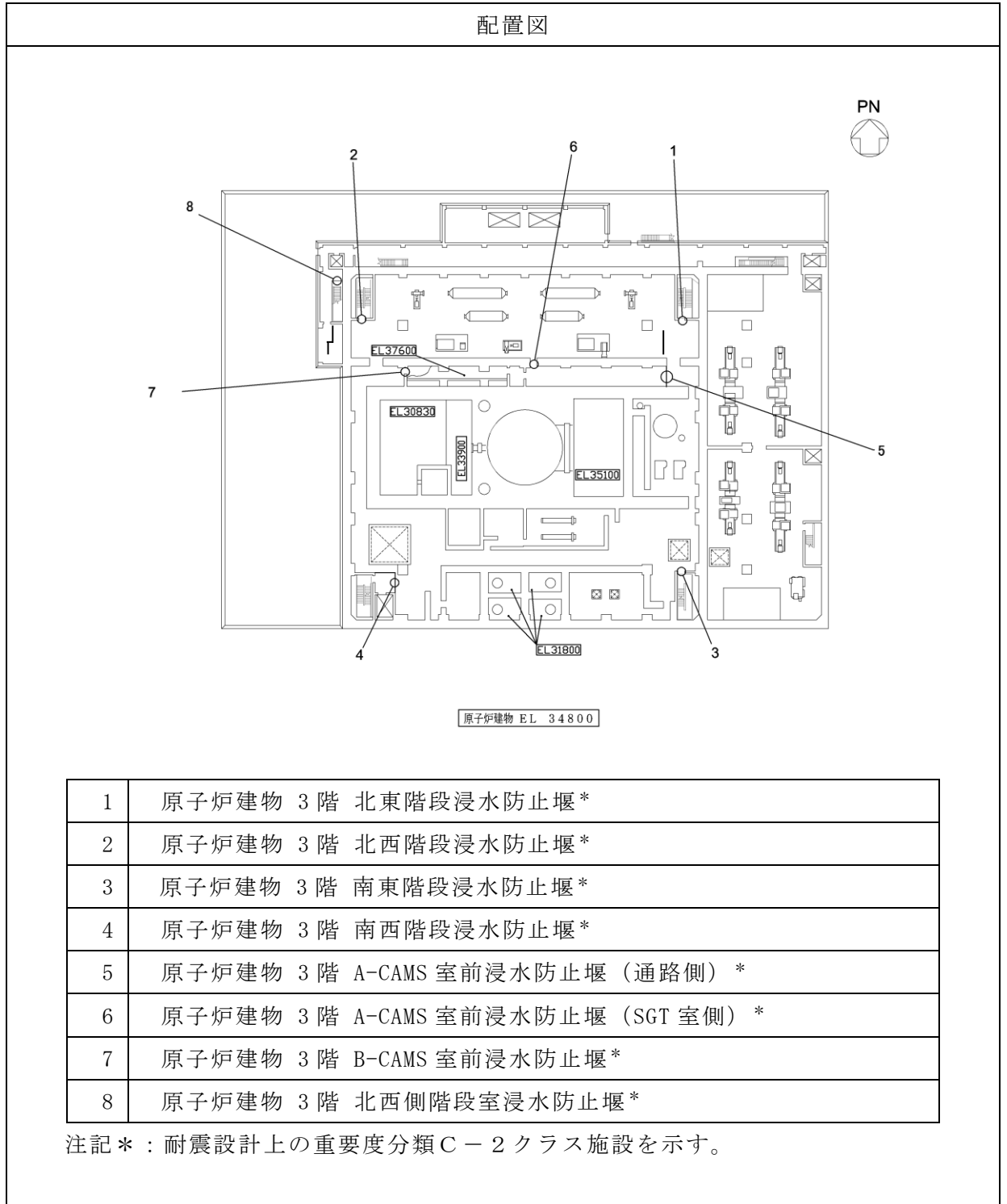


図 2-1(6) 設置位置図

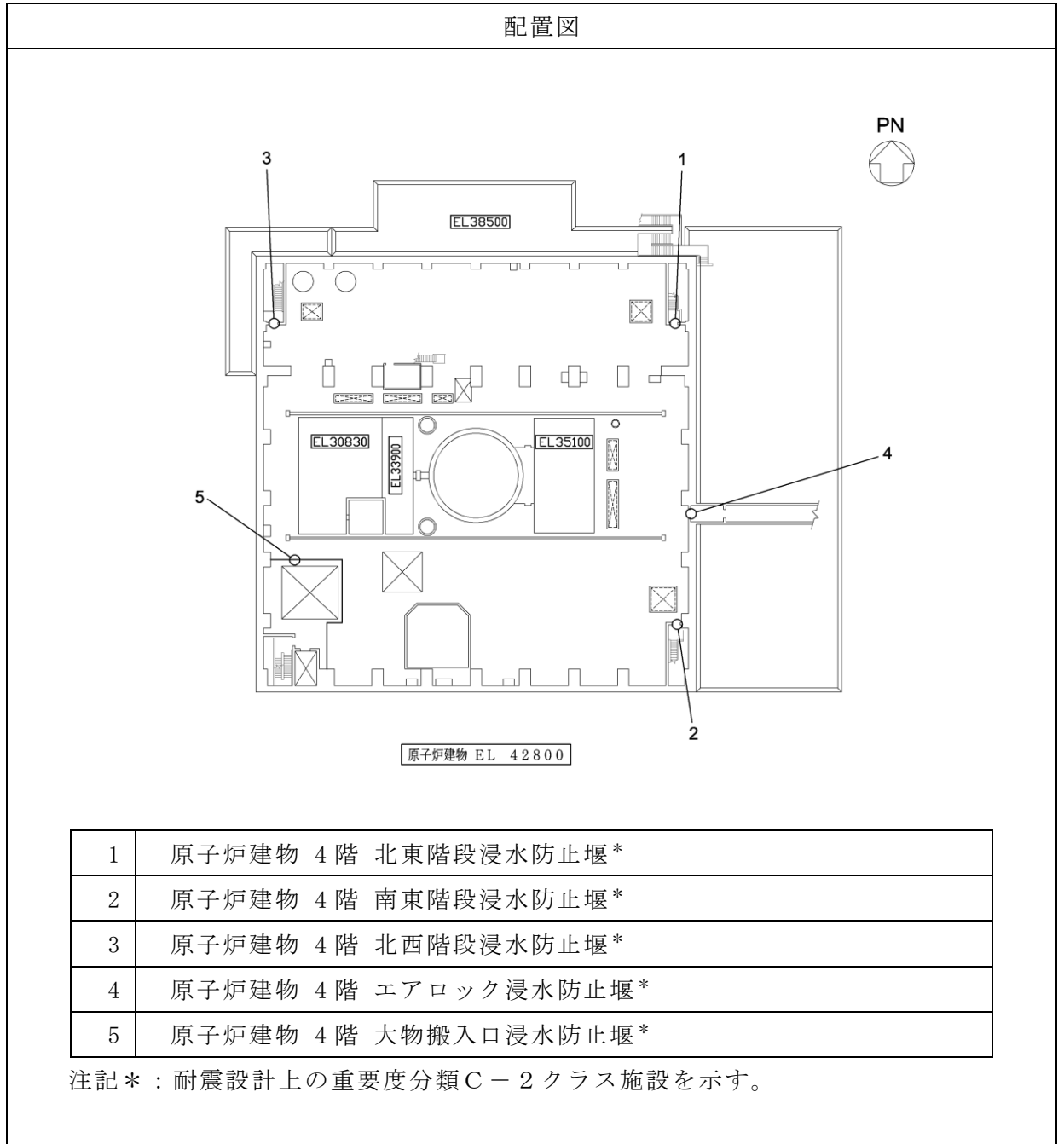


図 2-1(7) 設置位置図

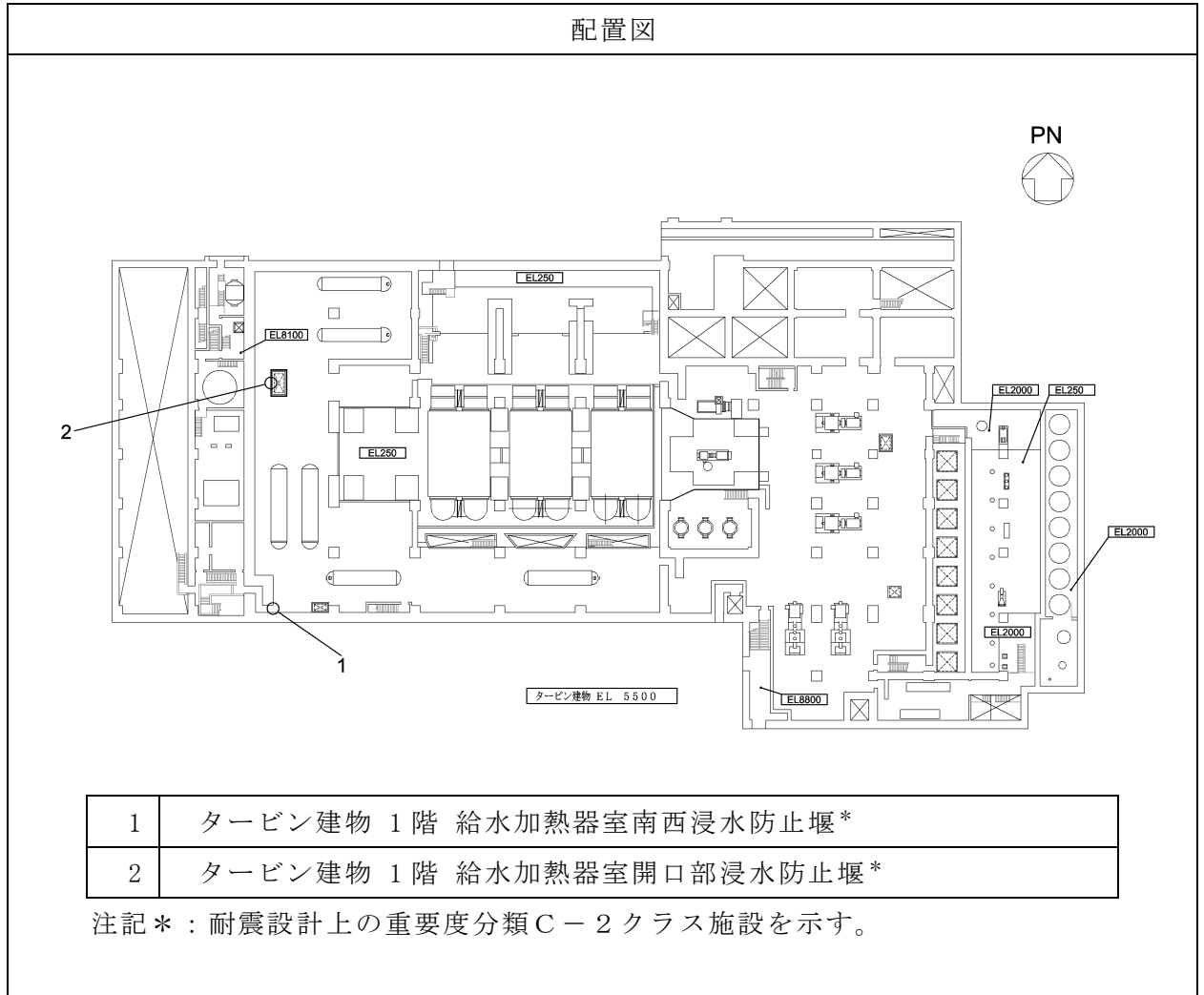


図 2-1(8) 設置位置図

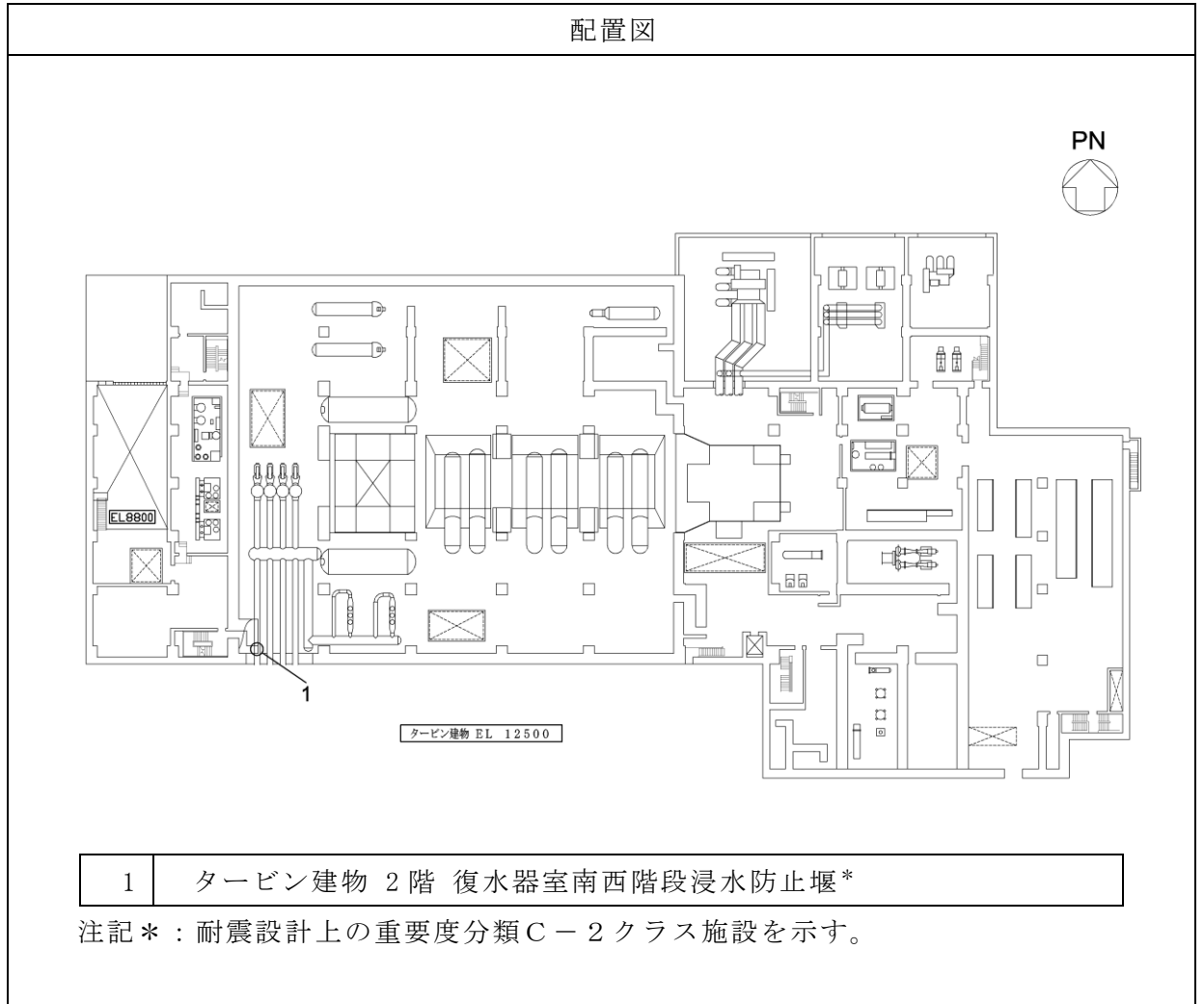


図 2-1(9) 設置位置図

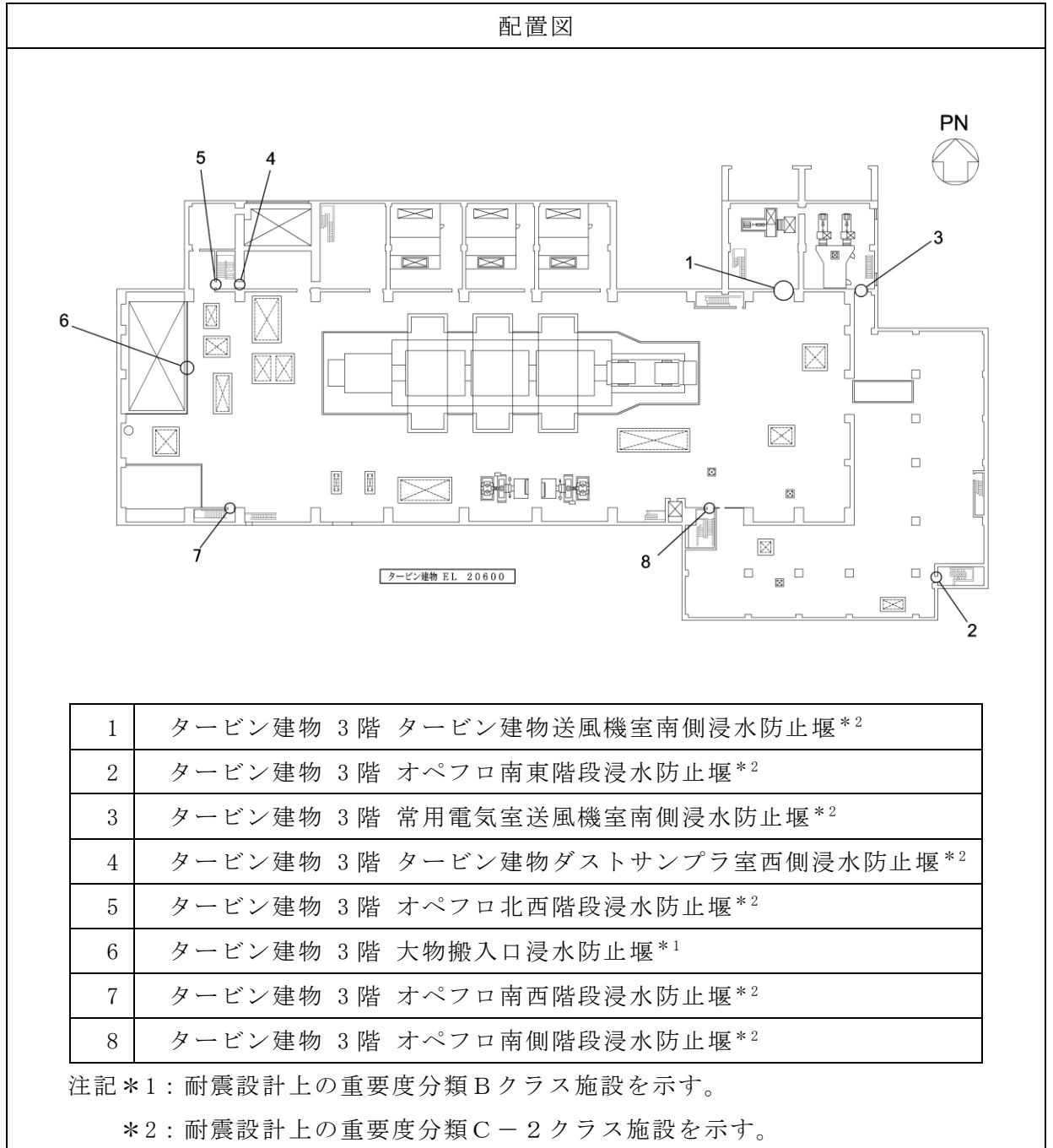


図 2-1(10) 設置位置図

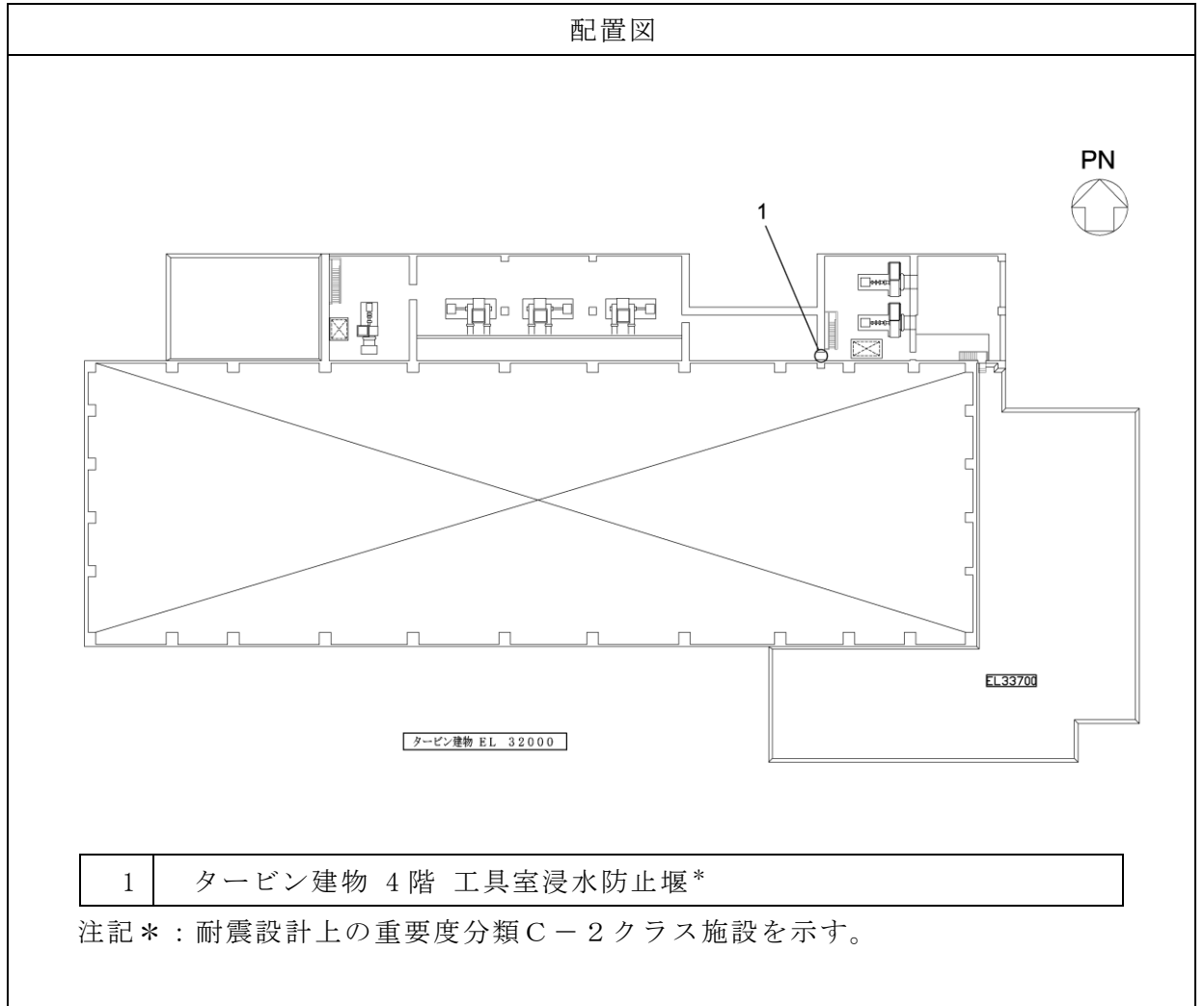


図 2-1(11) 設置位置図

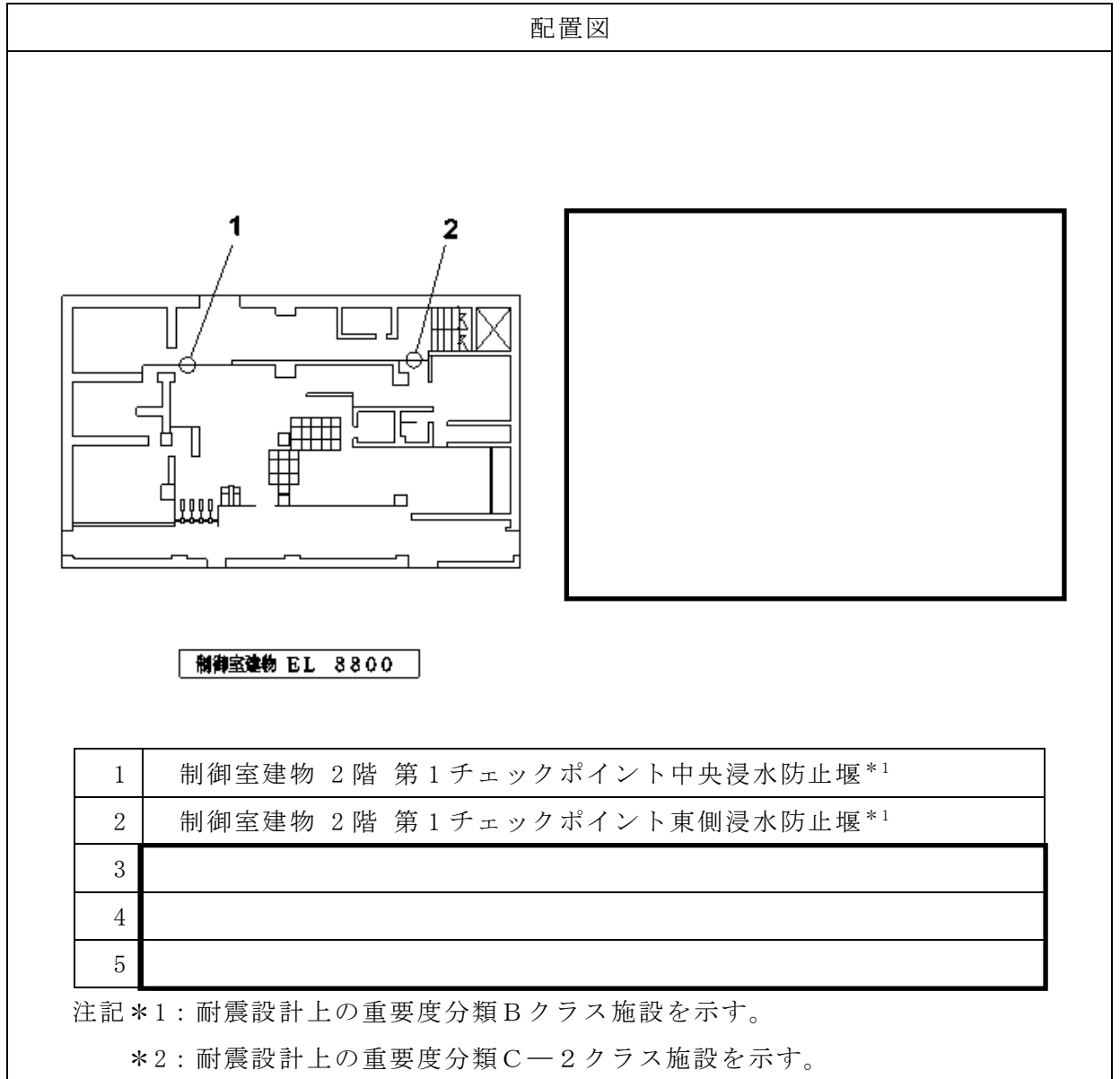


図 2-1(12) 設置位置図

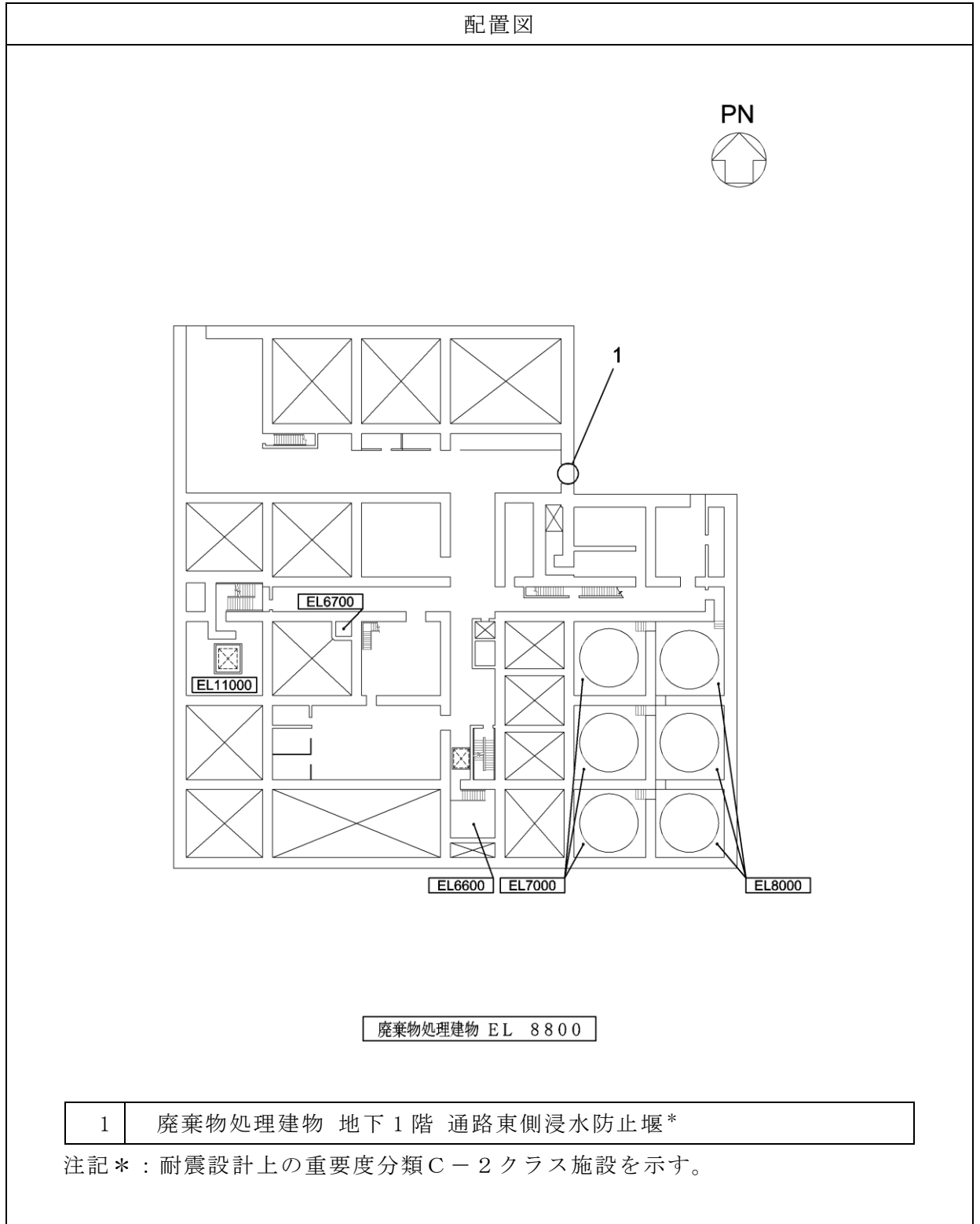


図 2-1(13) 設置位置図

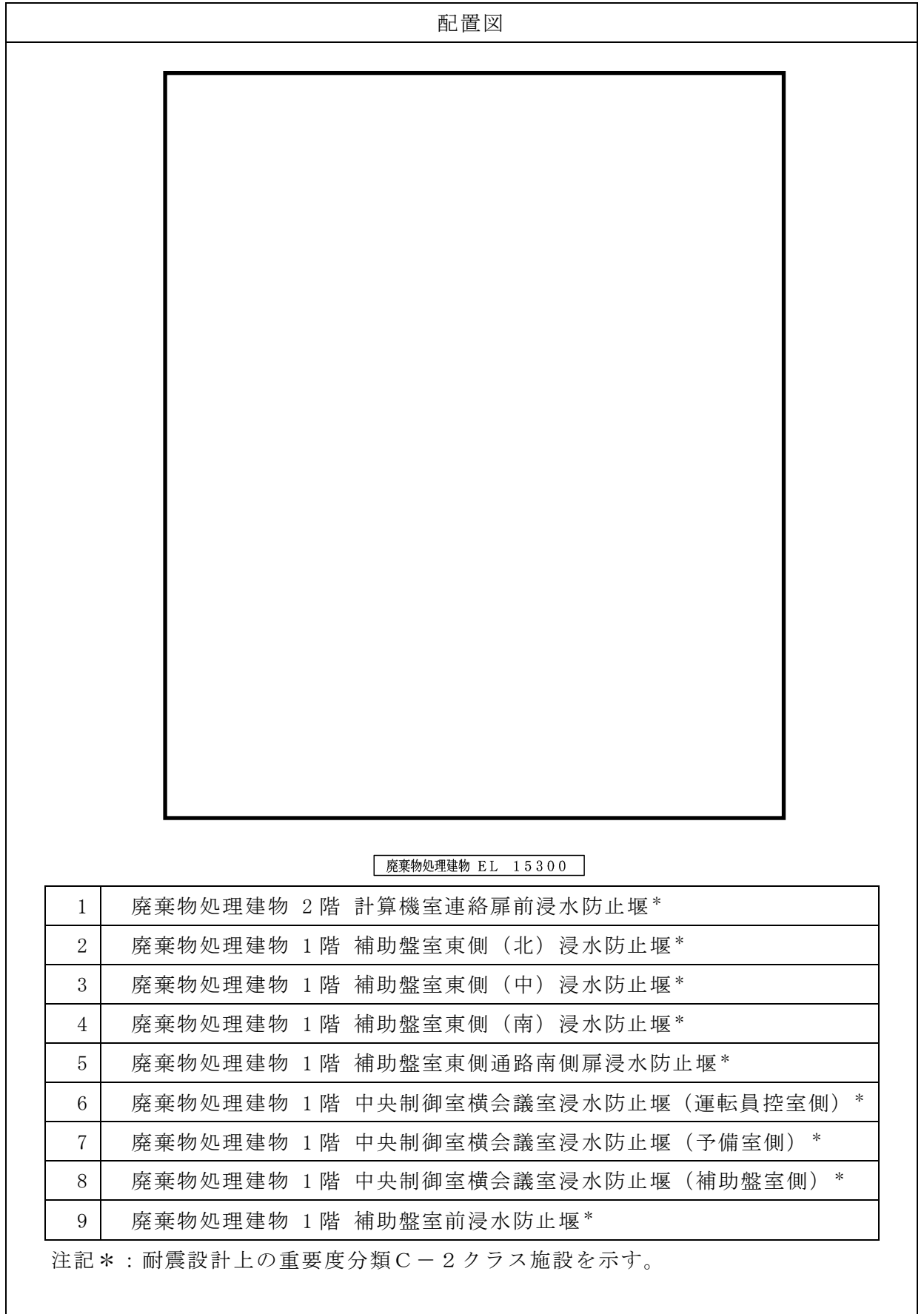


図 2-1(14) 設置位置図

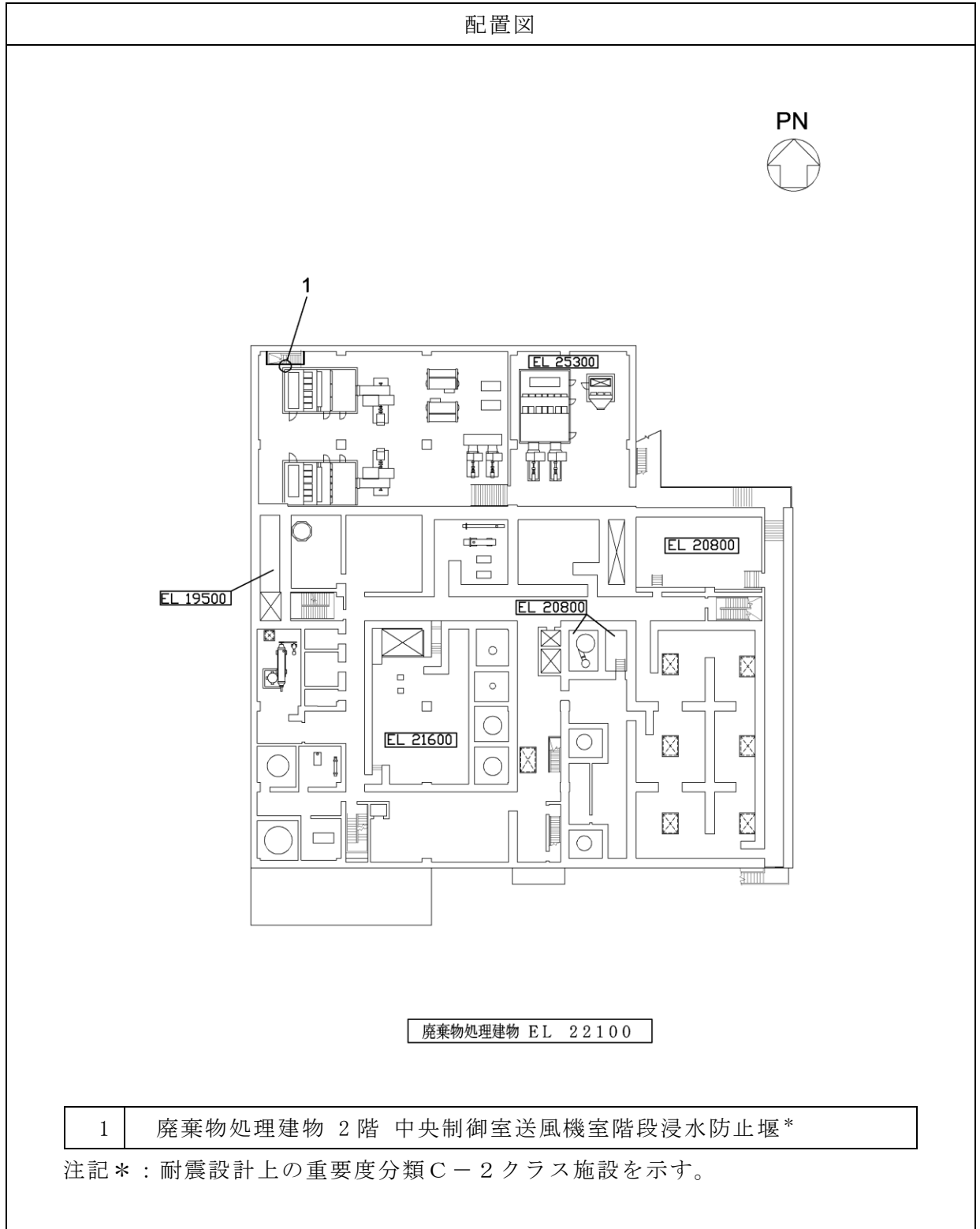


図 2-1(15) 設置位置図

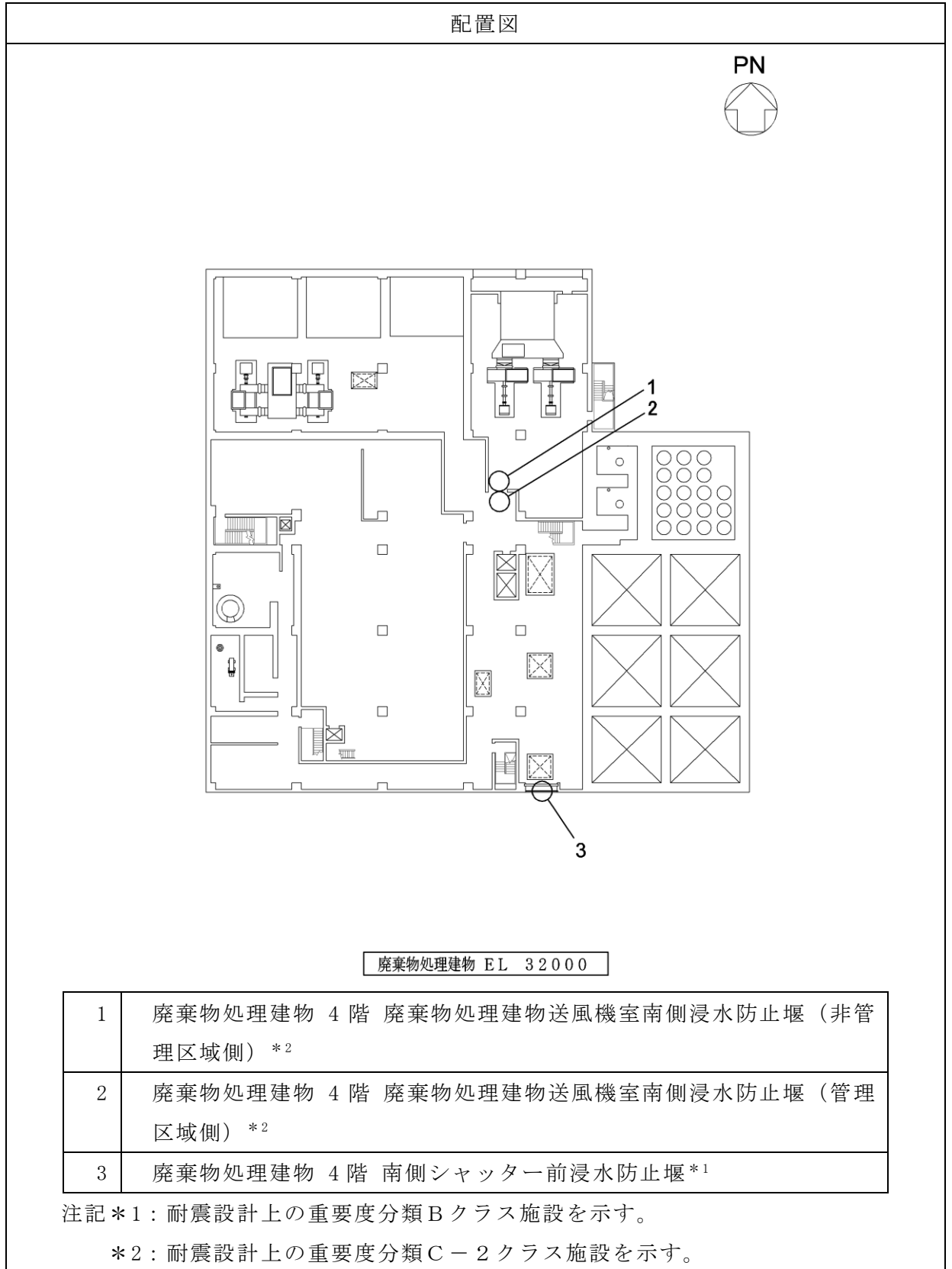


図 2-1(16) 設置位置図

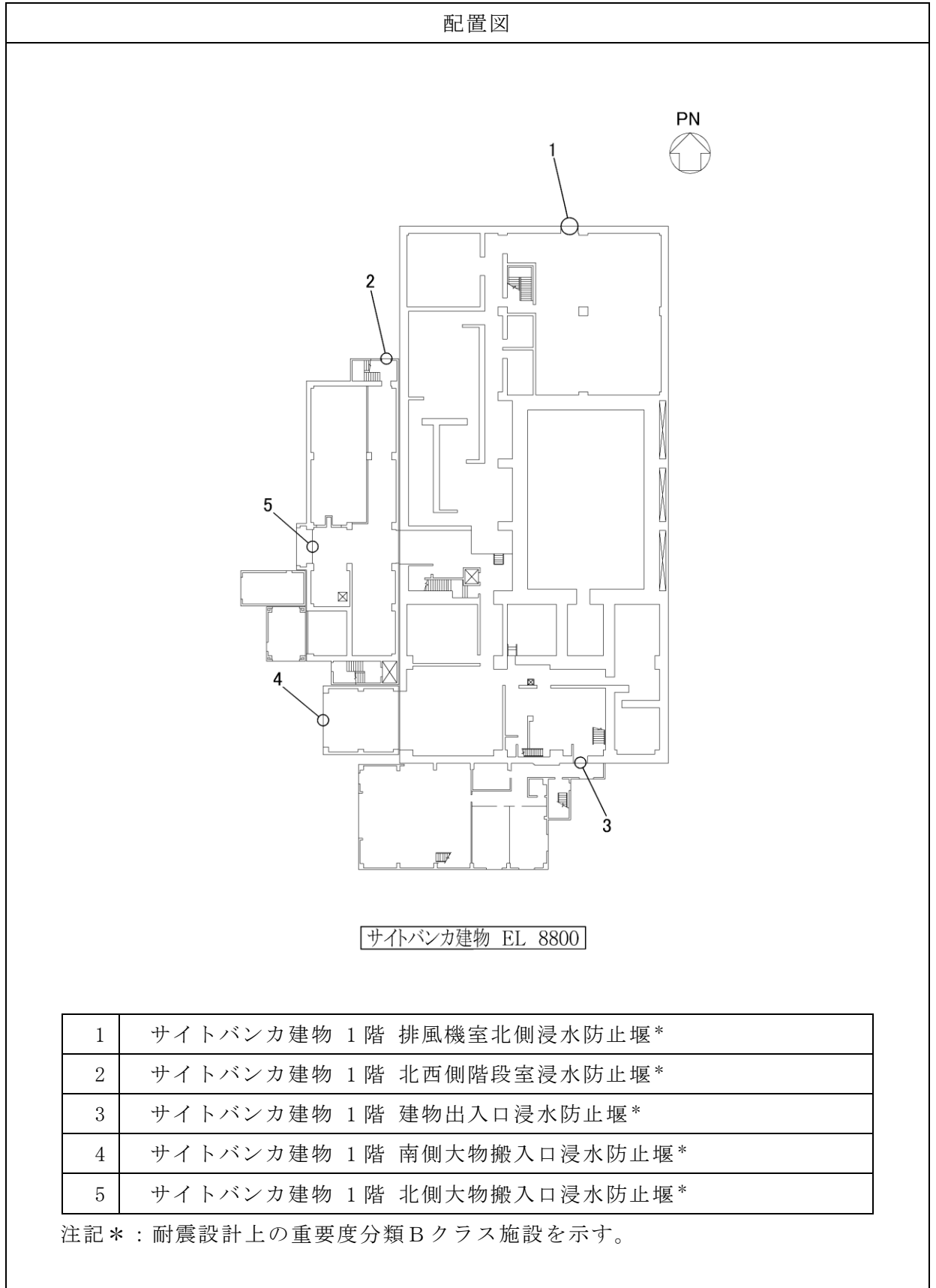


図 2-1(17) 設置位置図

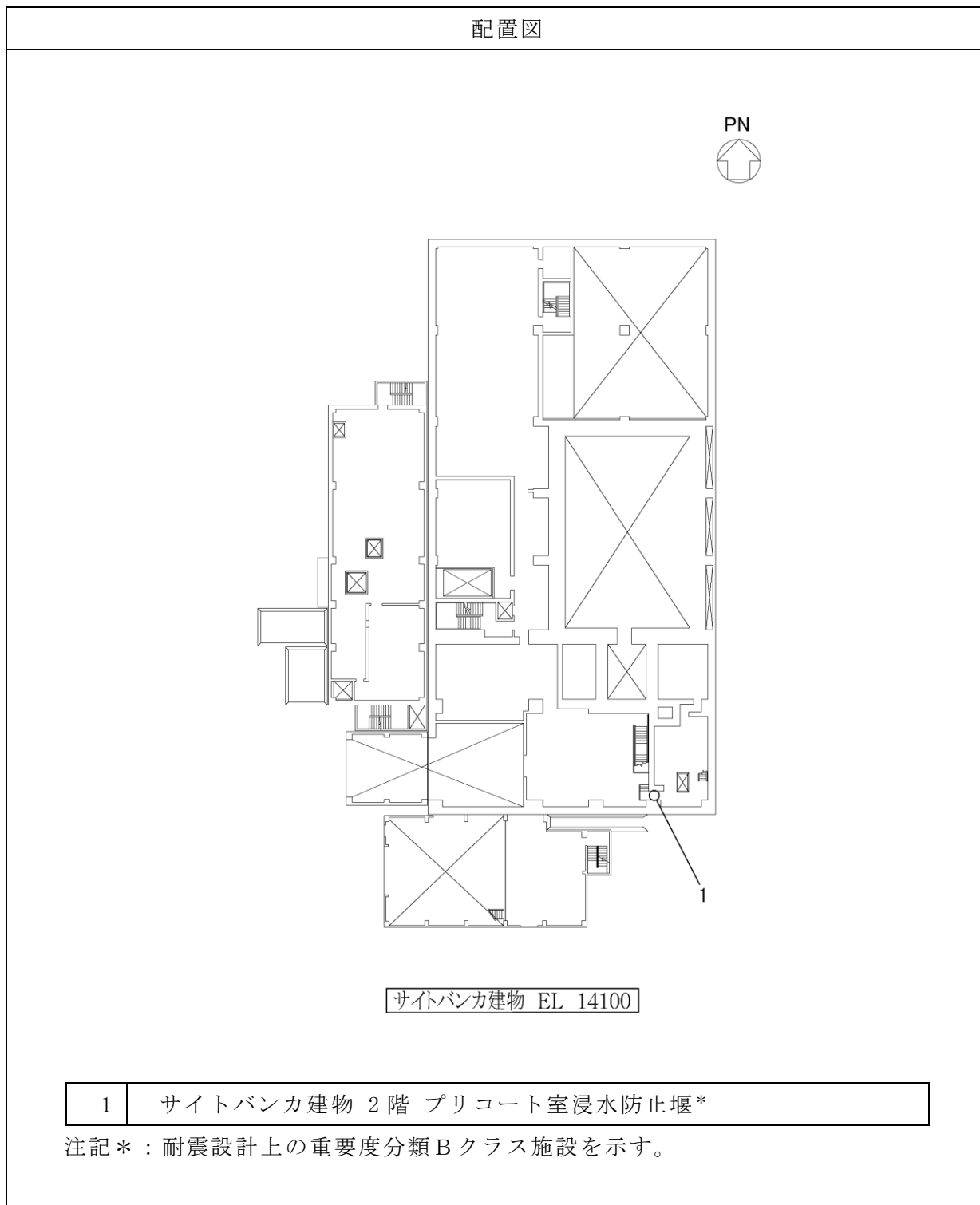


図 2-1(18) 設置位置図

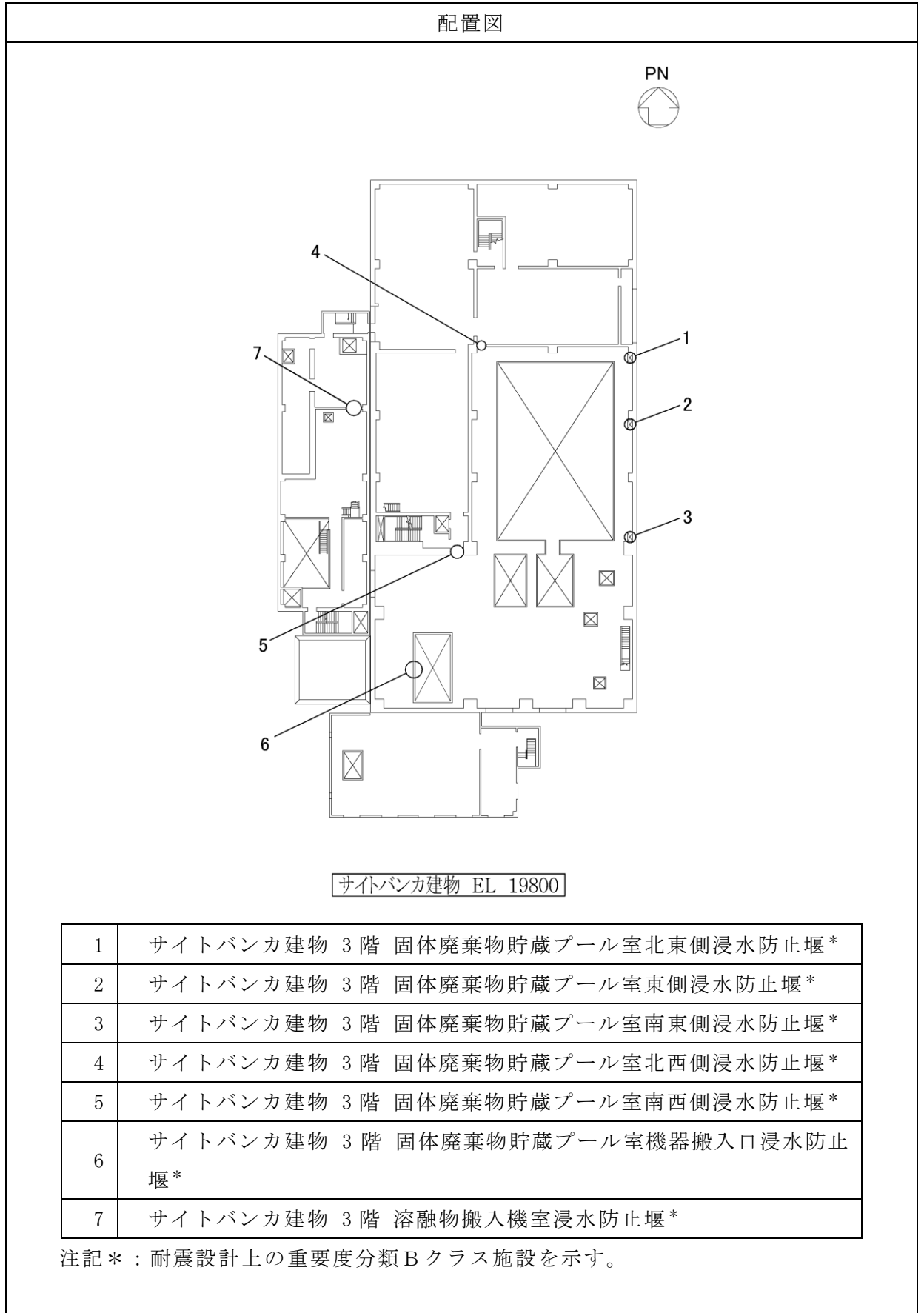


図 2-1(19) 設置位置図

2.3 構造計画

堰の構造は、VI-1-1-9-5「溢水防護に関する施設の詳細設計」の「3. 要求機能及び性能目標」に示す構造計画を踏まえて、詳細な構造を設定する。堰は、柱支持型堰、鋼板折曲げ型堰及び鉄筋コンクリート製堰に分類される構造とする。

2.3.1 柱支持型堰の構造

柱支持型堰は、鋼板、はり材、柱材及びアンカーボルトから構成され、アンカーボルトにより床面及び必要に応じ壁面と接合する構造とする。柱支持型堰の構造計画を表2-2に、概略構造図を図2-2に示す。

表2-2 柱支持型堰の構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
柱材を床面及び必要に応じ壁面にアンカーボルトにて固定する。	鋼板、はり材、柱材及びアンカーボルトにて構成する。	図2-2

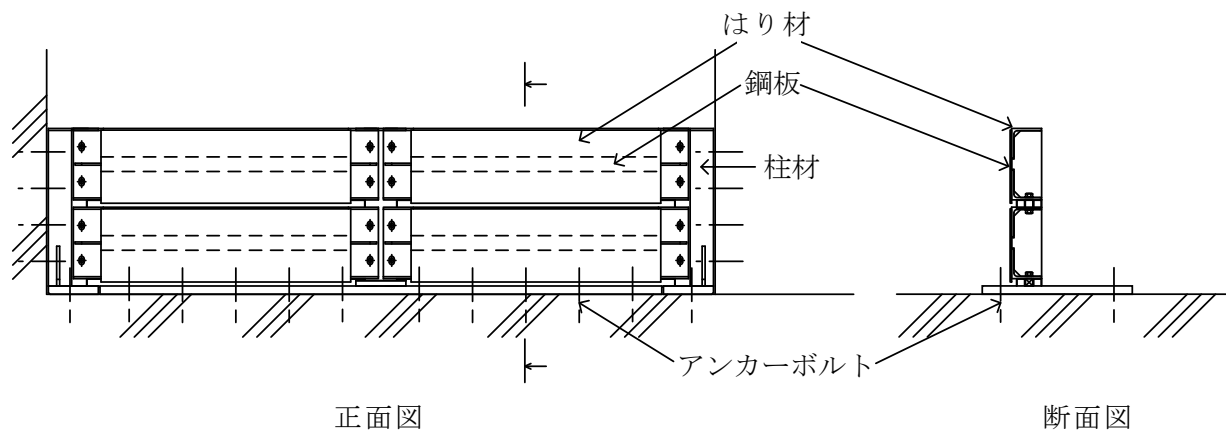


図2-2 柱支持型堰の概略構造図

2.3.2 鋼板折曲げ型堰の構造

鋼板折曲げ型堰は、鋼板及びアンカーボルトから構成され、アンカーボルトにより床面及び必要に応じ壁面と接合する構造とする。鋼板折曲げ型堰の構造計画を表 2-3 に、概略構造図を図 2-3 に示す。

表 2-3 鋼板折曲げ型堰の構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
鋼板を床面及び必要に応じ壁面にアンカーボルトにて固定する。	鋼板及びアンカーボルトにて構成する。	図 2-3

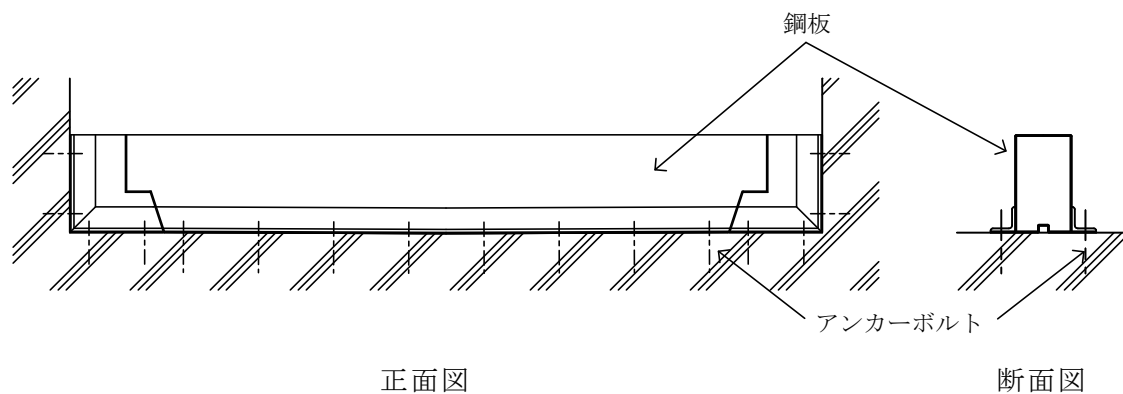


図 2-3 鋼板折曲げ型堰の概略構造図

2.3.3 鉄筋コンクリート製堰の構造

鉄筋コンクリート製堰は、アンカー筋により既存躯体と堰を一体化させた鉄筋コンクリート構造物である。鉄筋コンクリート製堰の構造計画を表 2-4 に示す。

表 2-4 鉄筋コンクリート製堰の構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
堰を既設コンクリート床面にアンカー筋で固定する。	コンクリート、主筋及びアンカー筋により構成する。	

2.4 評価方針

堰の耐震評価は、「3. 固有振動数及び設計用地震力」にて算出した固有振動数に基づく設計用地震力による応力等が許容限界内に収まることを「4. 構造強度評価」に示す方法にて確認することで実施する。堰の耐震評価フローを図 2-4 に示す。

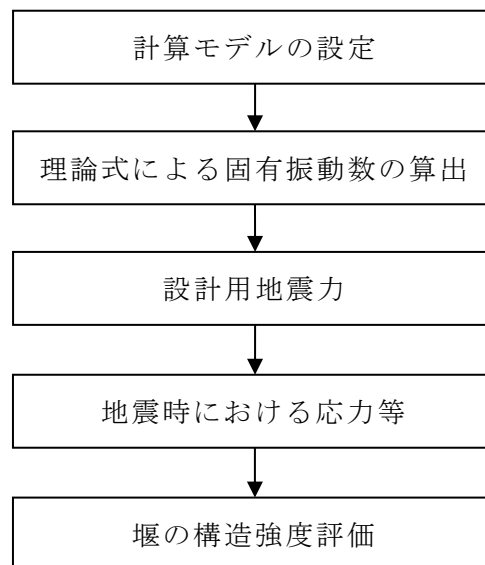


図 2-4 堰の耐震評価フロー

2.5 適用規格

適用する規格・基準等を以下に示す。

- ・ 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 改定）
- ・ 鋼構造設計規準―許容応力度設計法―（（社）日本建築学会，2005 改定）
- ・ 各種合成構造設計指針・同解説（（社）日本建築学会，2010 改定）
- ・ 日本産業規格（J I S）（日本規格協会）
- ・ 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 -1987（（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）
- ・ 構造力学公式集（（社）土木学会）

2.6 記号の説明

柱支持型堰の耐震評価に用いる記号を表2-5に、鋼板折曲げ型堰の耐震評価に用いる記号を表2-6に、鉄筋コンクリート製堰の耐震評価に用いる記号を表2-7に示す。

表2-5(1) 柱支持型堰の耐震評価に用いる記号

記号	単位	定義
ρ	kN/m^3	鋼板の単位体積重量
t	mm	鋼板の板厚
k_H	—	水平方向の設計震度
P_w'	N/mm^2	地震荷重による分布荷重
L_1	mm	はり材間距離
Z	mm^3/mm	鋼板の断面係数
σ_ρ	N/mm^2	鋼板に生じる曲げ応力度
L_1'	mm	はり材1本当たりが負担する鋼板の幅
w_1	kg/m	はり材の単位質量
g	m/s^2	重力加速度
$w_{f'}$	N/mm	はり材の単位長さ当たりの水平荷重
L_2	mm	はり材の長さ
Z_f	mm^3	はり材の断面係数
σ_f	N/mm^2	はり材の曲げ応力度
A_f	mm^2	はり材のせん断断面積
τ_f	N/mm^2	はり材のせん断応力度
σ_{ef}	N/mm^2	はり材の組合せ応力度
H	mm	柱材の長さ
n	本	はり材の本数
L_2'	mm	柱材1本当たりが負担するはり材の長さ
w_2	kg/m	柱材の単位質量
w_{f_2}'	N/mm	柱材の単位長さ当たりの水平荷重
Z_Y	mm^3	柱材の断面係数
σ_Y	N/mm^2	柱材の曲げ応力度
A_Y	mm^2	柱材のせん断断面積
τ_Y	N/mm^2	柱材のせん断応力度
σ_{eY}	N/mm^2	柱材の組合せ応力度

表 2-5(2) 柱支持型堰の耐震評価に用いる記号

記号	単位	定義
L_3	mm	ベースプレートの幅
e	mm	アンカーボルトの穴縁端距離
N_1	本	引張を受けるアンカーボルトの本数
N_2	本	せん断を受けるアンカーボルトの本数
T	kN	アンカーボルト 1 本あたりに生じる引張力
q	kN	アンカーボルト 1 本あたりに生じるせん断力
T_a	kN	アンカーボルトの引張に対する短期許容荷重
Q_a	kN	アンカーボルトのせん断に対する短期許容荷重

表 2-6 鋼板折曲げ型堰の耐震評価に用いる記号

記号	単位	定義
M	$N \cdot mm$	鋼板の曲げモーメント
Z	mm^3	鋼板の断面係数
σ	N/mm^2	鋼板の曲げ応力度
R_v	kN	支点反力（鉛直方向）
N_1	本	引張を受ける 1m 当たりのアンカーボルトの本数
T	kN	アンカーボルト 1 本あたりに生じる引張力
R_H	kN	支点反力（水平方向）
N_2	本	せん断を受ける 1m 当たりのアンカーボルトの本数
q	kN	アンカーボルト 1 本あたりに生じるせん断力
T_a	kN	アンカーボルトの引張に対する短期許容荷重
Q_a	kN	アンカーボルトのせん断に対する短期許容荷重
B	mm	堰の幅
H	mm	堰の高さ

表 2-7(1) 鉄筋コンクリート製堰の耐震評価に用いる記号

記号	単位	定義
w_1	kN/m	単位長さ当たりの鉄筋コンクリート製堰の重量
ρ	kN/m^3	コンクリートの単位体積重量
B	m	鉄筋コンクリート製堰の幅

表 2-7(2) 鉄筋コンクリート製堰の耐震評価に用いる記号

記号	単位	定義
H	m	鉄筋コンクリート製堰の高さ
M_h	kN・m/m	鉄筋コンクリート製堰の曲げモーメント
k_H	—	水平方向の設計震度
b_1'	m	アンカー筋の重心位置から躯体端部までの距離
N_1	本	引張を受ける 1m 当たりのアンカー筋の本数
T_1	kN/本	アンカー筋に生じる引張力
F_H	kN/m	設計用水平地震力
N_2	本	せん断を受ける 1m 当たりのアンカー筋の本数
q_1	kN/本	アンカー筋に生じるせん断力
T_{a1}	kN/本	アンカー筋の引張に対する短期許容荷重
Q_{a1}	kN/本	アンカー筋のせん断に対する短期許容荷重
b_2'	m	主筋の重心位置から躯体端部までの距離
N_3	本	引張を受ける 1m 当たりの主筋の本数
T_2	kN/本	主筋に生じる引張力
N_4	本	せん断を受ける 1m 当たりの主筋の本数
q_2	kN/本	主筋に生じるせん断力
T_{a2}	kN/本	主筋の引張に対する短期許容荷重
Q_{a2}	kN/本	主筋のせん断に対する短期許容荷重
τ'	N/mm ²	堰底部のコンクリートのせん断応力度
F_v	kN/m	設計用鉛直地震力
k_v	—	鉛直方向の設計震度
Z	mm ³ /m	鉄筋コンクリート製堰の断面係数
σ_c	N/mm ²	堰底部のコンクリートに生じる圧縮応力度

3. 固有振動数及び設計用地震力

3.1 固有振動数の計算方法

堰の構造に応じて解析モデルを設定し、固有振動数を求める。

3.1.1 解析モデルの設定

(1) 柱支持型堰

各部位の寸法や形状を踏まえ柱支持型堰は柱材を片持ちはりに単純化したモデルとし、堰の評価モデル図を図3-1に示す。評価モデルの高さ (ℓ) は柱材の長さ (H) とする。

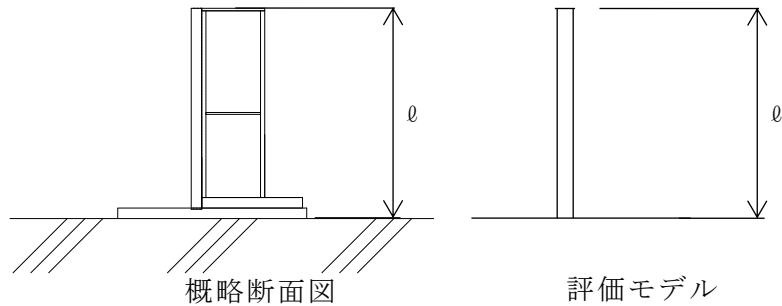


図3-1 柱支持型堰の評価モデル図

(2) 鋼板折曲げ型堰

各部位の寸法や形状を踏まえ鋼板折曲げ型堰は単位幅のはり要素でモデル化し、実状に合わせて境界条件を定めた解析モデルとし、堰の評価モデル図を図3-2に示す。評価モデルの高さ (ℓ) は堰の高さ (H) とする。

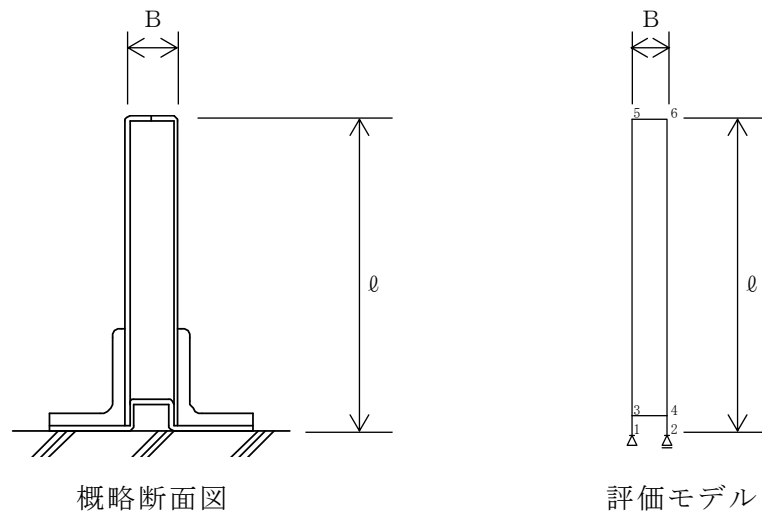


図3-2 鋼板折曲げ型堰の評価モデル図

(3) 鉄筋コンクリート製堰

各部位の寸法や形状を踏まえ鉄筋コンクリート製堰は片持ちはりに単純化したモデルとし、堰の評価モデル図を図3-3に示す。評価モデルの高さ（ ℓ ）は鉄筋コンクリート製堰の高さ（ H ）とする。

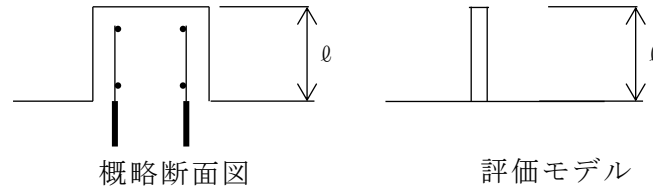


図3-3 鉄筋コンクリート製堰の評価モデル図

3.1.2 記号の説明

堰の固有振動数算出に用いる記号を表3-1に示す。

表3-1 堰の固有振動数算出に用いる記号

記号	単位	定義
f	Hz	固有振動数
ℓ	mm	堰高さ
E	N/mm ²	ヤング率
I	mm ⁴	断面2次モーメント
m	kg/m	単位長さ当たりの質量

3.1.3 固有振動数の算出方法

(1) 柱支持型堰及び鉄筋コンクリート製堰

固有振動数 f を「土木学会 構造力学公式集」に基づき以下の式より算出する。

$$f = \frac{1.875^2}{2\pi\ell^2} \sqrt{\frac{E I}{m}} \times 10^6$$

(2) 鋼板折曲げ型堰

「3.1.1 解析モデルの設定」にて設定した解析モデルを用いて、固有値解析により算出する。

解析プログラムは、「KANSAS2」とする。なお、解析プログラムの検証及び妥当性の確認の概要については、VI-5「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

3.2 固有振動数の計算条件

柱支持型堰の固有振動数の計算条件を表3-2に、鋼板折曲げ型堰の固有振動数の計算条件を表3-3に、鉄筋コンクリート製堰の固有振動数の計算条件を表3-4に示す。

表3-2(1) 柱支持型堰の固有振動数の計算条件

設置場所	設備名称	堰高さ \varnothing (mm)	ヤング率 E (N/mm ²)	断面2次 モーメント I (mm ⁴)	質量分布 m (kg/m)
原子炉建物 EL 2800mm	原子炉建物 地下2階 B-非常用 DG 電気室南側浸水防止堰	500	2.05×10^5	5.630×10^6	129.1
原子炉建物 EL 8800mm	原子炉建物 地下1階 北西階段浸水防止堰	500	2.05×10^5	5.630×10^6	135.9
原子炉建物 EL 8800mm	原子炉建物 地下1階 南側通路浸水防止堰	500	2.05×10^5	5.630×10^6	133.6
原子炉建物 EL 10300mm	原子炉建物 地下1階 HPCS 給気消音器フィルタ室浸水防止堰	708	2.05×10^5	5.630×10^6	150.5
原子炉建物 EL 15300mm	原子炉建物 1階 北東階段浸水防止堰	500	2.05×10^5	5.630×10^6	161.1
原子炉建物 EL 15300mm	原子炉建物 1階 北西階段浸水防止堰	500	2.05×10^5	5.630×10^6	133.1
原子炉建物 EL 15300mm	原子炉建物 1階 南東階段浸水防止堰	500	2.05×10^5	5.630×10^6	146.2

表 3-2(2) 柱支持型堰の固有振動数の計算条件

設置場所	設備名称	堰高さ \varnothing (mm)	ヤング率 E (N/mm ²)	断面 2 次 モーメント I (mm ⁴)	質量分布 m (kg/m)
原子炉建物 EL 15300mm	原子炉建物 1 階 南西階段浸 水防止堰	500	2.05×10^5	5.630×10^6	131.4
原子炉建物 EL 15300mm	原子炉建物 1 階 PLR ポンプ MG セット室南 西階段浸水防 止堰	400	2.05×10^5	5.630×10^6	147.2
原子炉建物 EL 15300mm	原子炉建物 1 階 エアロック 前浸水防止堰	500	2.05×10^5	5.630×10^6	147.6
原子炉建物 EL 15300mm	原子炉建物 1 階 第 2 チェッ クポイント浸 水防止堰(非管 理区域側)	500	2.05×10^5	5.630×10^6	135.9
原子炉建物 EL 15300mm	原子炉建物 1 階 第 2 チェッ クポイント浸 水防止堰(管理 区域側)	500	2.05×10^5	5.630×10^6	112.6
原子炉建物 EL 23800mm	原子炉建物 2 階 A-逃がし安 全弁窒素ガス 供給装置横浸 水防止堰	600	2.05×10^5	1.600×10^7	272.1
原子炉建物 EL 23800mm	原子炉建物 2 階 非常用電気 室北側浸水防 止堰	500	2.05×10^5	5.630×10^6	133.6

表 3-2(3) 柱支持型堰の固有振動数の計算条件

設置場所	設備名称	堰高さ \varnothing (mm)	ヤング率 E (N/mm ²)	断面 2 次 モーメント I (mm ⁴)	質量分布 m (kg/m)
原子炉建物 EL 23800mm	原子炉建物 2 階 A-非常用電 気室南側浸水 防止堰	600	2.05×10^5	5.630×10^6	164.1
原子炉建物 EL 23800mm	原子炉建物 2 階 B-非常用電 気室北側浸水 防止堰	600	2.05×10^5	5.630×10^6	141.5
原子炉建物 EL 23800mm	原子炉建物 2 階 A-非常用 DG 室送風機室 浸水防止堰	500	2.05×10^5	5.630×10^6	172.6
原子炉建物 EL 23800mm	原子炉建物 2 階 北東階段浸 水防止堰	500	2.05×10^5	5.630×10^6	130.8
原子炉建物 EL 23800mm	原子炉建物 2 階 北西階段浸 水防止堰	600	2.05×10^5	5.630×10^6	126.6
原子炉建物 EL 23800mm	原子炉建物 2 階 南東階段浸 水防止堰	600	2.05×10^5	5.630×10^6	114.2
原子炉建物 EL 23800mm	原子炉建物 2 階 南西階段浸 水防止堰	600	2.05×10^5	5.630×10^6	147.7
原子炉建物 EL 23800mm	原子炉建物 2 階 西側 PCV ペ ネトレーショ ン室北側浸水 防止堰	708	2.05×10^5	2.038×10^7	77.25

表 3-2(4) 柱支持型堰の固有振動数の計算条件

設置場所	設備名称	堰高さ \varnothing (mm)	ヤング率 E (N/mm ²)	断面 2 次 モーメント I (mm ⁴)	質量分布 m (kg/m)
原子炉建物 EL 23800mm	原子炉建物 2 階 東側 PCV ペ ネトレーショ ン室北側浸水 防止堰	708	2.05×10^5	2.038×10^7	77.48
原子炉建物 EL 23800mm	原子炉建物 2 階 原子炉棟送 風機室南側階 段浸水防止堰	600	2.05×10^5	5.630×10^6	106.3
原子炉建物 EL 23800mm	原子炉建物 2 階 A-原子炉格 納容器 H2・02 分析計ボンベ ラック室西側 浸水防止堰	500	2.05×10^5	2.038×10^7	85.9
原子炉建物 EL 23800mm	原子炉建物 2 階 A-原子炉格 納容器 H2・02 分析計ボンベ ラック室東側 浸水防止堰	755	2.05×10^5	1.600×10^7	203.7
原子炉建物 EL 23800mm	原子炉建物 2 階 RCW バルブ 室東側浸水防 止堰	800	2.05×10^5	5.630×10^6	124.9
原子炉建物 EL 23800mm	原子炉建物 2 階 B-RHR バル ブ室北側浸水 防止堰	600	2.05×10^5	5.630×10^6	107.5

表 3-2(5) 柱支持型堰の固有振動数の計算条件

設置場所	設備名称	堰高さ \varnothing (mm)	ヤング率 E (N/mm ²)	断面 2 次 モーメント I (mm ⁴)	質量分布 m (kg/m)
原子炉建物 EL 30500mm	原子炉建物 中 2 階 北東階段 浸水防止堰	312	2.05×10^5	7.400×10^6	84.87
原子炉建物 EL 28300mm	原子炉建物 中 2 階 南東階段 浸水防止堰	600	2.05×10^5	5.630×10^6	118.7
原子炉建物 EL 28300mm	原子炉建物 中 2 階 南西階段 浸水防止堰	600	2.05×10^5	5.630×10^6	147.7
原子炉建物 EL 30500mm	原子炉建物 中 2 階 エアロッ ク前浸水防止 堰	600	2.05×10^5	5.630×10^6	144.5
原子炉建物 EL 30500mm	原子炉建物 中 2 階 CUW バル ブ室東側浸水 防止堰	500	2.05×10^5	2.038×10^7	85.90
原子炉建物 EL 31100mm	原子炉建物 中 2 階 CUW サー ジタンク室浸 水防止堰	500	2.05×10^5	5.630×10^6	120.7
原子炉建物 EL 34800mm	原子炉建物 3 階 北東階段浸 水防止堰	500	2.05×10^5	5.630×10^6	129.1
原子炉建物 EL 34800mm	原子炉建物 3 階 北西階段浸 水防止堰	500	2.05×10^5	5.630×10^6	124.4
原子炉建物 EL 34800mm	原子炉建物 3 階 南東階段浸 水防止堰	500	2.05×10^5	5.630×10^6	124.4

表 3-2(6) 柱支持型堰の固有振動数の計算条件

設置場所	設備名称	堰高さ \varnothing (mm)	ヤング率 E (N/mm ²)	断面 2 次 モーメント I (mm ⁴)	質量分布 m (kg/m)
原子炉建物 EL 34800mm	原子炉建物 3 階 南西階段浸 水防止堰	250	2.05×10^5	5.630×10^6	147.7
原子炉建物 EL 34800mm	原子炉建物 3 階 A-CAMS 室 前浸水防止堰 (通路側)	500	2.05×10^5	5.630×10^6	114.9
原子炉建物 EL 34800mm	原子炉建物 3 階 A-CAMS 室 前浸水防止堰 (SGT 室側)	500	2.05×10^5	2.038×10^7	86.18
原子炉建物 EL 34800mm	原子炉建物 3 階 B-CAMS 室 前浸水防止堰	500	2.05×10^5	5.630×10^6	133.9
タービン建物 EL 5500mm	タービン建物 1 階 給水加熱 器室南西浸水 防止堰	609	2.05×10^5	5.630×10^6	100.6
タービン建物 EL 5500mm	タービン建物 1 階 給水加熱 器室開口部浸 水防止堰	500	2.05×10^5	5.630×10^6	151.8
タービン建物 EL 12500mm	タービン建物 2 階 復水器室 南西階段浸水 防止堰	541	2.05×10^5	5.630×10^6	106.2

表 3-2(7) 柱支持型堰の固有振動数の計算条件

設置場所	設備名称	堰高さ \varnothing (mm)	ヤング率 E (N/mm ²)	断面 2 次 モーメント I (mm ⁴)	質量分布 m (kg/m)
タービン建物 EL 20600mm	タービン建物 3 階 タービン 建物送風機室 南側浸水防止 堰	600	2.05×10^5	5.630×10^6	137.8
タービン建物 EL 20600mm	タービン建物 3 階 オペフロ 南東階段浸水 防止堰	600	2.05×10^5	5.630×10^6	123.4
タービン建物 EL 20600mm	タービン建物 3 階 常用電気 室送風機室南 側浸水防止堰	600	2.05×10^5	5.630×10^6	132.3
タービン建物 EL 20600mm	タービン建物 3 階 タービン 建物ダストサ ンプラ室西側 浸水防止堰	600	2.05×10^5	5.630×10^6	101.3
タービン建物 EL 20600mm	タービン建物 3 階 オペフロ 北西階段浸水 防止堰	600	2.05×10^5	5.630×10^6	119.9
タービン建物 EL 20600mm	タービン建物 3 階 大物搬入 口浸水防止堰	600	2.05×10^5	5.630×10^6	128.4
タービン建物 EL 20600mm	タービン建物 3 階 オペフロ 南西階段浸水 防止堰	600	2.05×10^5	5.630×10^6	118.9

表 3-2(8) 柱支持型堰の固有振動数の計算条件

設置場所	設備名称	堰高さ \varnothing (mm)	ヤング率 E (N/mm ²)	断面 2 次 モーメント I (mm ⁴)	質量分布 m (kg/m)
タービン建物 EL 20600mm	タービン建物 3階 オペフロ 南側階段浸水 防止堰	600	2.05×10^5	5.630×10^6	118.9
タービン建物 EL 32000mm	タービン建物 4階 工具室浸 水防止堰	600	2.05×10^5	5.630×10^6	103.1
廃棄物処理建物 EL 8800mm	廃棄物処理建 物 地下 1階 通路東側浸水 防止堰	600	2.05×10^5	5.630×10^6	157.2
廃棄物処理建物 EL 32000mm	廃棄物処理建 物 4階 廃棄 物処理建物送 風機室南側浸 水防止堰(非管 理区域側)	1050	2.05×10^5	5.630×10^6	119.6
廃棄物処理建物 EL 32000mm	廃棄物処理建 物 4階 廃棄 物処理建物送 風機室南側浸 水防止堰(管理 区域側)	750	2.05×10^5	5.630×10^6	144.2
廃棄物処理建物 EL 32000mm	廃棄物処理建 物 4階 南側 シャッター前 浸水防止堰	750	2.05×10^5	5.630×10^6	127.2

表 3-2(9) 柱支持型堰の固有振動数の計算条件

設置場所	設備名称	堰高さ \varnothing (mm)	ヤング率 E (N/mm ²)	断面 2 次 モーメント I (mm ⁴)	質量分布 m (kg/m)
サイトバンカ建物 EL 10200mm	サイトバンカ 建物 1 階 排 風機室北側浸 水防止堰	300	2.05×10^5	5.630×10^6	135.8
サイトバンカ建物 EL 8800mm	サイトバンカ 建物 1 階 北 西側階段室浸 水防止堰	650	2.05×10^5	5.630×10^6	85.82
サイトバンカ建物 EL 14800mm	サイトバンカ 建物 2 階 プ リコート室浸 水防止堰	500	2.05×10^5	1.210×10^7	72.88
サイトバンカ建物 EL 19800mm	サイトバンカ 建物 3 階 固 体廃棄物貯蔵 プール室北東 側浸水防止堰	500	2.05×10^5	5.630×10^6	137.5
サイトバンカ建物 EL 19800mm	サイトバンカ 建物 3 階 固 体廃棄物貯蔵 プール室東側 浸水防止堰	500	2.05×10^5	5.630×10^6	137.0
サイトバンカ建物 EL 19800mm	サイトバンカ 建物 3 階 固 体廃棄物貯蔵 プール室南東 側浸水防止堰	500	2.05×10^5	5.630×10^6	134.7

表 3-2(10) 柱支持型堰の固有振動数の計算条件

設置場所	設備名称	堰高さ \varnothing (mm)	ヤング率 E (N/mm ²)	断面 2 次 モーメント I (mm ⁴)	質量分布 m (kg/m)
サイトバンカ建物 EL 19800mm	サイトバンカ 建物 3 階 固 体廃棄物貯蔵 プール室北西 側浸水防止堰	500	2.05×10^5	5.630×10^6	121.3
サイトバンカ建物 EL 19800mm	サイトバンカ 建物 3 階 固 体廃棄物貯蔵 プール室機器 搬入口浸水防 止堰	500	2.05×10^5	5.630×10^6	141.5
サイトバンカ建物 EL 20300mm	サイトバンカ 建物 3 階 溶 融物搬入機室 浸水防止堰	300	2.05×10^5	5.630×10^6	134.8

表 3-3(1) 鋼板折曲げ型堰の固有振動数の計算条件

設置場所	設備名称	堰高さ ℓ (mm)	ヤング率 E (N/mm ²)	板厚 t (mm)	単位体積 重量 ρ (kN/m ³)	堰幅 B (mm)
原子炉建物 EL 10300mm	原子炉建物 地下1階 RCIC直 流 C/C 浸水防 止堰	260	2.05×10^5	3.2	77.0	150
原子炉建物 EL 10300mm	原子炉建物 地下1階 DG室給 気ダクト室南 側階段浸水防 止堰	260	2.05×10^5	3.2	77.0	150
原子炉建物 EL 10300mm	原子炉建物 地下1階 第3チ ェックポイン ト浸水防止堰	300	2.05×10^5	3.2	77.0	36
原子炉建物 EL 34800mm	原子炉建物 3 階 北西側階段 室浸水防止堰	300	2.05×10^5	3.2	77.0	36
原子炉建物 EL 42800mm	原子炉建物 4 階 北東階段浸 水防止堰	300	2.05×10^5	3.2	77.0	150
原子炉建物 EL 42800mm	原子炉建物 4 階 南東階段浸 水防止堰	300	2.05×10^5	3.2	77.0	150
原子炉建物 EL 42800mm	原子炉建物 4 階 北西階段浸 水防止堰	300	2.05×10^5	3.2	77.0	150
原子炉建物 EL 42800mm	原子炉建物 4 階 エアロック 浸水防止堰	300	2.05×10^5	3.2	77.0	150

表 3-3(2) 鋼板折曲げ型堰の固有振動数の計算条件

設置場所	設備名称	堰高さ ℓ (mm)	ヤング率 E (N/mm ²)	板厚 t (mm)	単位体積 重量 ρ (kN/m ³)	堰幅 B (mm)
原子炉建物 EL 42800mm	原子炉建物 4 階 大物搬入口 浸水防止堰	300	2.05×10^5	3.2	77.0	150
制御室建物 EL 8800mm	制御室建物 2 階 第1チェッ クポイント中 央浸水防止堰	300	2.05×10^5	3.2	77.0	36
制御室建物 EL 8800mm	制御室建物 2 階 第1チェッ クポイント東 側浸水防止堰	290	2.05×10^5	3.2	77.0	150
廃棄物処理建物 EL 21150mm	廃棄物処理建 物 2階 計算 機室連絡扉前 浸水防止堰	210	2.05×10^5	3.2	77.0	150
廃棄物処理建物 EL 16900mm	廃棄物処理建 物 1階 補助 盤室東側(北) 浸水防止堰	260	2.05×10^5	3.2	77.0	150
廃棄物処理建物 EL 16900mm	廃棄物処理建 物 1階 補助 盤室東側(中) 浸水防止堰	260	2.05×10^5	3.2	77.0	150
廃棄物処理建物 EL 16900mm	廃棄物処理建 物 1階 補助 盤室東側(南) 浸水防止堰	260	2.05×10^5	3.2	77.0	150

表 3-3(3) 鋼板折曲げ型堰の固有振動数の計算条件

設置場所	設備名称	堰高さ ℓ (mm)	ヤング率 E (N/mm ²)	板厚 t (mm)	単位体積 重量 ρ (kN/m ³)	堰幅 B (mm)
廃棄物処理建物 EL 16900mm	廃棄物処理建物 1階 補助 盤室東側通路 南側扉浸水防 止堰	260	2.05×10^5	3.2	77.0	150
廃棄物処理建物 EL 16900mm	廃棄物処理建物 1階 中央 制御室横会議 室浸水防止堰 (運転員控室 側)	300	2.05×10^5	3.2	77.0	36
廃棄物処理建物 EL 16900mm	廃棄物処理建物 1階 中央 制御室横会議 室浸水防止堰 (予備室側)	300	2.05×10^5	3.2	77.0	36
廃棄物処理建物 EL 16900mm	廃棄物処理建物 1階 中央 制御室横会議 室浸水防止堰 (補助盤室側)	250	2.05×10^5	3.2	77.0	36
廃棄物処理建物 EL 16900mm	廃棄物処理建物 1階 補助 盤室前浸水防 止堰	310	2.05×10^5	3.2	77.0	36
廃棄物処理建物 EL 22100mm	廃棄物処理建物 2階 中央 制御室送風機 室階段浸水防 止堰	210	2.05×10^5	3.2	77.0	150

表 3-3(4) 鋼板折曲げ型堰の固有振動数の計算条件

設置場所	設備名称	堰高さ ℓ (mm)	ヤング率 E (N/mm ²)	板厚 t (mm)	単位体積 重量 ρ (kN/m ³)	堰幅 B (mm)
サイトバンカ建物 EL 8800mm	サイトバンカ 建物 1階 建物 出入口浸水 防止堰	200	2.05×10^5	3.2	77.0	36
サイトバンカ建物 EL 8900mm	サイトバンカ 建物 1階 南 側大物搬入口 浸水防止堰	100	2.05×10^5	3.2	77.0	36
サイトバンカ建物 EL 8800mm	サイトバンカ 建物 1階 北 側大物搬入口 浸水防止堰	200	2.05×10^5	3.2	77.0	36
サイトバンカ建物 EL 19800mm	サイトバンカ 建物 3階 固 体廃棄物貯蔵 プール室南西 側浸水防止堰	200	2.05×10^5	3.2	77.0	36

表 3-4 鉄筋コンクリート製堰の固有振動数の計算条件

設置場所	設備名称	堰高さ \varnothing (mm)	ヤング率 E (N/mm ²)	断面 2 次 モーメント I (mm ⁴)	質量分布 m (kg/m)
制御室建物 EL 16900mm		200	2.20×10^4	2.250×10^9	783.1
制御室建物 EL 16900mm		200	2.20×10^4	4.094×10^8	416.0
制御室建物 EL 16900mm		200	2.20×10^4	4.860×10^8	440.5

3.3 固有振動数の計算結果

柱支持型堰の固有振動数の計算結果を表3-5に、鋼板折曲げ型堰の固有振動数の計算結果を表3-6に、鉄筋コンクリート製堰の固有振動数の計算結果を表3-7に示す。計算結果より、全ての堰が剛であることを確認した。

表3-5(1) 柱支持型堰の固有振動数の計算結果

設置場所	設備名称	固有振動数 f (Hz)
原子炉建物 EL 2800mm	原子炉建物 地下2階 B-非常用DG電気室南側浸水防止堰	211.617
原子炉建物 EL 8800mm	原子炉建物 地下1階 北西階段浸水防止堰	206.255
原子炉建物 EL 8800mm	原子炉建物 地下1階 南側通路浸水防止堰	208.023
原子炉建物 EL 10300mm	原子炉建物 地下1階 HPCS給気消音器フィルタ室浸水防止堰	44.443
原子炉建物 EL 15300mm	原子炉建物 1階 北東階段浸水防止堰	189.438
原子炉建物 EL 15300mm	原子炉建物 1階 北西階段浸水防止堰	208.413
原子炉建物 EL 15300mm	原子炉建物 1階 南東階段浸水防止堰	198.857
原子炉建物 EL 15300mm	原子炉建物 1階 南西階段浸水防止堰	209.757
原子炉建物 EL 15300mm	原子炉建物 1階 PLRポンプMGセット室南西階段浸水防止堰	309.656
原子炉建物 EL 15300mm	原子炉建物 1階 エアロック前浸水防止堰	197.911
原子炉建物 EL 15300mm	原子炉建物 1階 第2チェックポイント浸水防止堰（非管理区域側）	206.255
原子炉建物 EL 15300mm	原子炉建物 1階 第2チェックポイント浸水防止堰（管理区域側）	226.592
原子炉建物 EL 23800mm	原子炉建物 2階 A-逃がし安全弁窒素ガス供給装置横浸水防止堰	170.645

表 3-5(2) 柱支持型堰の固有振動数の計算結果

設置場所	設備名称	固有振動数 f (Hz)
原子炉建物 EL 23800mm	原子炉建物 2 階 非常用電気室北側浸水防止堰	208.023
原子炉建物 EL 23800mm	原子炉建物 2 階 A-非常用電気室南側浸水防止堰	130.346
原子炉建物 EL 23800mm	原子炉建物 2 階 B-非常用電気室北側浸水防止堰	140.370
原子炉建物 EL 23800mm	原子炉建物 2 階 A-非常用 DG 室送風機室浸水防止堰	183.018
原子炉建物 EL 23800mm	原子炉建物 2 階 北東階段浸水防止堰	210.237
原子炉建物 EL 23800mm	原子炉建物 2 階 北西階段浸水防止堰	148.400
原子炉建物 EL 23800mm	原子炉建物 2 階 南東階段浸水防止堰	156.249
原子炉建物 EL 23800mm	原子炉建物 2 階 南西階段浸水防止堰	137.392
原子炉建物 EL 23800mm	原子炉建物 2 階 西側 PCV ペネトレーション室北側浸水防止堰	118.025
原子炉建物 EL 23800mm	原子炉建物 2 階 東側 PCV ペネトレーション室北側浸水防止堰	117.850
原子炉建物 EL 23800mm	原子炉建物 2 階 原子炉棟送風機室南側階段浸水防止堰	161.951
原子炉建物 EL 23800mm	原子炉建物 2 階 A-原子炉格納容器 H2・O2 分析計ボンベラック室西側浸水防止堰	493.589
原子炉建物 EL 23800mm	原子炉建物 2 階 A-原子炉格納容器 H2・O2 分析計ボンベラック室東側浸水防止堰	124.558
原子炉建物 EL 23800mm	原子炉建物 2 階 RCW バルブ室東側浸水防止堰	84.041
原子炉建物 EL 23800mm	原子炉建物 2 階 B-RHR バルブ室北側浸水防止堰	161.045

表 3-5(3) 柱支持型堰の固有振動数の計算結果

設置場所	設備名称	固有振動数 f (Hz)
原子炉建物 EL 30500mm	原子炉建物 中 2 階 北東階段浸水防止堰	207.795
原子炉建物 EL 28300mm	原子炉建物 中 2 階 南東階段浸水防止堰	153.259
原子炉建物 EL 28300mm	原子炉建物 中 2 階 南西階段浸水防止堰	137.392
原子炉建物 EL 30500mm	原子炉建物 中 2 階 エアロック前浸水防止堰	138.905
原子炉建物 EL 30500mm	原子炉建物 中 2 階 CUW バルブ室東側浸水防止堰	493.589
原子炉建物 EL 31100mm	原子炉建物 中 2 階 CUW サージタンク室浸水防止堰	218.857
原子炉建物 EL 34800mm	原子炉建物 3 階 北東階段浸水防止堰	211.617
原子炉建物 EL 34800mm	原子炉建物 3 階 北西階段浸水防止堰	215.578
原子炉建物 EL 34800mm	原子炉建物 3 階 南東階段浸水防止堰	215.578
原子炉建物 EL 34800mm	原子炉建物 3 階 南西階段浸水防止堰	137.392
原子炉建物 EL 34800mm	原子炉建物 3 階 A-CAMS 室前浸水防止堰（通路側）	224.313
原子炉建物 EL 34800mm	原子炉建物 3 階 A-CAMS 室前浸水防止堰（SGT 室側）	492.786
原子炉建物 EL 34800mm	原子炉建物 3 階 B-CAMS 室前浸水防止堰	207.789
タービン建物 EL 5500mm	タービン建物 1 階 給水加熱器室南西浸水防止堰	73.989
タービン建物 EL 5500mm	タービン建物 1 階 給水加熱器室開口部浸水防止堰	195.154

表 3-5(4) 柱支持型堰の固有振動数の計算結果

設置場所	設備名称	固有振動数 f (Hz)
タービン建物 EL 12500mm	タービン建物 2 階 復水器室南西階段浸水防止堰	91.141
タービン建物 EL 20600mm	タービン建物 3 階 タービン建物送風機室南側浸水防止堰	142.242
タービン建物 EL 20600mm	タービン建物 3 階 オペフロ南東階段浸水防止堰	150.312
タービン建物 EL 20600mm	タービン建物 3 階 常用電気室送風機室南側浸水防止堰	145.168
タービン建物 EL 20600mm	タービン建物 3 階 タービン建物ダストサンプル室西側浸水防止堰	165.900
タービン建物 EL 20600mm	タービン建物 3 階 オペフロ北西階段浸水防止堰	152.490
タービン建物 EL 20600mm	タービン建物 3 階 大物搬入口浸水防止堰	147.356
タービン建物 EL 20600mm	タービン建物 3 階 オペフロ南西階段浸水防止堰	153.130
タービン建物 EL 20600mm	タービン建物 3 階 オペフロ南側階段浸水防止堰	153.130
タービン建物 EL 32000mm	タービン建物 4 階 工具室浸水防止堰	164.445
廃棄物処理建物 EL 8800mm	廃棄物処理建物 地下 1 階 通路東側浸水防止堰	133.176
廃棄物処理建物 EL 32000mm	廃棄物処理建物 4 階 廃棄物処理建物送風機室南側浸水防止堰 (非管理区域側)	49.855
廃棄物処理建物 EL 32000mm	廃棄物処理建物 4 階 廃棄物処理建物送風機室南側浸水防止堰 (管理区域側)	88.992
廃棄物処理建物 EL 32000mm	廃棄物処理建物 4 階 南側シャッター前浸水防止堰	94.752
サイトバンカ建物 EL 10200mm	サイトバンカ建物 1 階 排風機室北側浸水防止堰	573.141

表 3-5(5) 柱支持型堰の固有振動数の計算結果

設置場所	設備名称	固有振動数 f (Hz)
サイトバンカ建物 EL 8800mm	サイトバンカ建物 1 階 北西側階段室浸水防止堰	153.579
サイトバンカ建物 EL 14800mm	サイトバンカ建物 2 階 プリコート室浸水防止堰	412.903
サイトバンカ建物 EL 19800mm	サイトバンカ建物 3 階 固体廃棄物貯蔵プール室 北東側浸水防止堰	205.051
サイトバンカ建物 EL 19800mm	サイトバンカ建物 3 階 固体廃棄物貯蔵プール室 東側浸水防止堰	205.425
サイトバンカ建物 EL 19800mm	サイトバンカ建物 3 階 固体廃棄物貯蔵プール室 南東側浸水防止堰	207.171
サイトバンカ建物 EL 19800mm	サイトバンカ建物 3 階 固体廃棄物貯蔵プール室 北西側浸水防止堰	218.315
サイトバンカ建物 EL 19800mm	サイトバンカ建物 3 階 固体廃棄物貯蔵プール室 機器搬入口浸水防止堰	202.132
サイトバンカ建物 EL 20300mm	サイトバンカ建物 3 階 熔融物搬入機室浸水防止堰	575.263

表 3-6(1) 鋼板折曲げ型堰の固有振動数の計算結果

設置場所	設備名称	固有振動数 f (Hz)
原子炉建物 EL 10300mm	原子炉建物 地下 1 階 RCIC 直流 C/C 浸水防止堰	34.504
原子炉建物 EL 10300mm	原子炉建物 地下 1 階 DG 室給気ダクト室南側階段浸水防止堰	34.504
原子炉建物 EL 10300mm	原子炉建物 地下 1 階 第 3 チェックポイント浸水防止堰	40.865
原子炉建物 EL 34800mm	原子炉建物 3 階 北西側階段室浸水防止堰	40.865
原子炉建物 EL 42800mm	原子炉建物 4 階 北東階段浸水防止堰	27.247
原子炉建物 EL 42800mm	原子炉建物 4 階 南東階段浸水防止堰	27.247
原子炉建物 EL 42800mm	原子炉建物 4 階 北西階段浸水防止堰	27.247
原子炉建物 EL 42800mm	原子炉建物 4 階 エアロック浸水防止堰	27.247
原子炉建物 EL 42800mm	原子炉建物 4 階 大物搬入口浸水防止堰	27.247
制御室建物 EL 8800mm	制御室建物 2 階 第 1 チェックポイント中央浸水防止堰	40.865
制御室建物 EL 8800mm	制御室建物 2 階 第 1 チェックポイント東側浸水防止堰	28.827
廃棄物処理建物 EL 21150mm	廃棄物処理建物 2 階 計算機室連絡扉前浸水防止堰	48.648
廃棄物処理建物 EL 16900mm	廃棄物処理建物 1 階 補助盤室東側（北）浸水防止堰	34.504
廃棄物処理建物 EL 16900mm	廃棄物処理建物 1 階 補助盤室東側（中）浸水防止堰	34.504
廃棄物処理建物 EL 16900mm	廃棄物処理建物 1 階 補助盤室東側（南）浸水防止堰	34.504

表 3-6(2) 鋼板折曲げ型堰の固有振動数の計算結果

設置場所	設備名称	固有振動数 f (Hz)
廃棄物処理建物 EL 16900mm	廃棄物処理建物 1 階 補助盤室東側通路南側扉 浸水防止堰	34.504
廃棄物処理建物 EL 16900mm	廃棄物処理建物 1 階 中央制御室横会議室浸水 防止堰 (運転員控室側)	40.865
廃棄物処理建物 EL 16900mm	廃棄物処理建物 1 階 中央制御室横会議室浸水 防止堰 (予備室側)	40.865
廃棄物処理建物 EL 16900mm	廃棄物処理建物 1 階 中央制御室横会議室浸水 防止堰 (補助盤室側)	58.714
廃棄物処理建物 EL 16900mm	廃棄物処理建物 1 階 補助盤室前浸水防止堰	38.280
廃棄物処理建物 EL 22100mm	廃棄物処理建物 2 階 中央制御室送風機室階段 浸水防止堰	48.648
サイトバンカ建物 EL 8800mm	サイトバンカ建物 1 階 建物出入口浸水防止堰	91.192
サイトバンカ建物 EL 8900mm	サイトバンカ建物 1 階 南側大物搬入口浸水防 止堰	329.349
サイトバンカ建物 EL 8800mm	サイトバンカ建物 1 階 北側大物搬入口浸水防 止堰	91.192
サイトバンカ建物 EL 19800mm	サイトバンカ建物 3 階 固体廃棄物貯蔵プール 室南西側浸水防止堰	91.192

表 3-7 鉄筋コンクリート製堰の固有振動数の計算結果

設置場所	設備名称	固有振動数 f (Hz)
制御室建物 EL 16900mm		3516.873
制御室建物 EL 16900mm		2058.265
制御室建物 EL 16900mm		2179.311

3.4 設計用地震力

耐震設計上の重要度分類C-2クラス施設の堰の基準地震動 S_s による設計用地震力は、VI-2-2-2「原子炉建物の地震応答計算書」、VI-2-2-7「タービン建物の地震応答計算書」、VI-2-2-9「廃棄物処理建物の地震応答計算書」及びVI-2-2-5「制御室建物の地震応答計算書」に基づき設定する。

堰は建物・構築物として評価し、地震応答解析に基づいて算定された堰設置床の最大応答加速度（1.0ZPA）から各堰の設計震度を設定する。

耐震設計上の重要度分類Bクラスの施設の堰に要求される地震荷重は、VI-2-1-1「耐震設計の基本方針」に基づく静的地震力 S_B であるが、タービン建物、廃棄物処理建物及び制御室建物に設置するBクラスの堰は保守的な評価となるよう基準地震動 S_s による設計地震力を考慮する。なお、サイトバンカ建物に設置されるBクラスの堰については、静的地震力 S_B を考慮する。

耐震設計上の重要度分類C-2クラスの各堰の設置床の最大応答加速度から算出した設計震度及びBクラスの各堰の静的地震力から算出した設計震度を表3-8に示す。

表 3-8 堰の設計震度

建物	階	床高さ (EL)	水平震度* ¹ (-)	鉛直震度 (-)
原子炉建物	地上 4 階	42.8m	1.46	1.51
	地上 3 階	34.8m	1.17	1.49
	地上中 2 階	31.1m	1.46	1.49
		30.5m	1.46	1.44
		28.3m	1.46	1.44
	地上 2 階	23.8m	1.02	1.28
	地上 1 階	15.3m	0.92	0.97
	地下 1 階	10.3m	0.92	0.97
		8.8m	0.88	0.64
地下 2 階	2.8m	0.88	0.64	
タービン建物	地上 4 階	32.0m	2.47	1.24
	地上 3 階	20.6m	2.23	0.90
	地上 2 階	12.5m	1.61	0.72
	地上 1 階	5.5m	1.28	0.60
廃棄物処理建物	地上 4 階	32.0m	1.29	0.97
	地上 2 階	22.1m	1.10	0.92
		21.15m	1.10	0.92
	地上 1 階	16.9m	1.07	0.81
	地下 1 階	8.8m	1.02	0.64
制御室建物	地上 4 階	16.9m	1.96	0.88
	地上 2 階	8.8m	1.01	0.66
サイトバンカ建物	地上 3 階	20.3m	0.354* ²	—
		19.8m	0.314* ³	—
	地上 2 階	14.8m	0.314* ³	—
	地上 1 階	10.2m	0.278* ³	—
		8.9m	0.278* ³	—
		8.8m	0.240* ³	—

注記*1：N S 方向及び E W 方向の最大値を用いる。

*2：平成11年4月26日平成11・04・12資第24号にて認可された工事計画の添付書類「資料2-2 建物の耐震性についての計算書」による。

*3：昭和56年11月25日資庁第11398号にて認可された工事計画の添付書類「IV-1-(2)-h サイトバンカ建物の耐震性についての計算書」による。

4. 構造強度評価

4.1 評価対象部位及び評価対象設備

堰の評価対象部位は、自重及び地震荷重の作用方向及び伝達過程を考慮し設定する。

また、柱支持型堰、鋼板折曲げ型堰及び鉄筋コンクリート製堰において、代表として評価結果が厳しい評価対象部位を有する堰の耐震評価結果を示す。

4.1.1 柱支持型堰

柱支持型堰の評価対象部位は、自重及び地震に伴う慣性力が、鋼板、はり材及び柱材からアンカーボルトへ伝わり、アンカーボルトを介して躯体に伝わることから、鋼板、はり材、柱材及びアンカーボルトとする。

評価の対象となる柱支持型堰の選定結果を表 4-1 に示す。

表 4-1(1) 評価対象とする柱支持型堰の選定結果

設置場所	設備名称	評価対象 設備 (代表)
原子炉建物 EL 2800mm	原子炉建物 地下 2 階 B-非常用 DG 電気室南側浸水防止堰	
原子炉建物 EL 8800mm	原子炉建物 地下 1 階 北西階段浸水防止堰	
原子炉建物 EL 8800mm	原子炉建物 地下 1 階 南側通路浸水防止堰	
原子炉建物 EL 10300mm	原子炉建物 地下 1 階 HPCS 給気消音器フィルタ室浸水防止堰	○*
原子炉建物 EL 15300mm	原子炉建物 1 階 北東階段浸水防止堰	
原子炉建物 EL 15300mm	原子炉建物 1 階 北西階段浸水防止堰	
原子炉建物 EL 15300mm	原子炉建物 1 階 南東階段浸水防止堰	
原子炉建物 EL 15300mm	原子炉建物 1 階 南西階段浸水防止堰	
原子炉建物 EL 15300mm	原子炉建物 1 階 PLR ポンプ MG セット室南西階段浸水防止堰	

注記*：評価結果が厳しい評価対象部位を有する堰を選定

表 4-1(2) 評価対象とする柱支持型堰の選定結果

設置場所	設備名称	評価対象 設備 (代表)
原子炉建物 EL 15300mm	原子炉建物 1階 エアロック前浸水防止堰	
原子炉建物 EL 15300mm	原子炉建物 1階 第2チェックポイント浸水防止堰（非管理区域側）	
原子炉建物 EL 15300mm	原子炉建物 1階 第2チェックポイント浸水防止堰（管理区域側）	
原子炉建物 EL 23800mm	原子炉建物 2階 A-逃がし安全弁室素ガス供給装置横浸水防止堰	
原子炉建物 EL 23800mm	原子炉建物 2階 非常用電気室北側浸水防止堰	
原子炉建物 EL 23800mm	原子炉建物 2階 A-非常用電気室南側浸水防止堰	
原子炉建物 EL 23800mm	原子炉建物 2階 B-非常用電気室北側浸水防止堰	
原子炉建物 EL 23800mm	原子炉建物 2階 A-非常用 DG 室送風機室浸水防止堰	
原子炉建物 EL 23800mm	原子炉建物 2階 北東階段浸水防止堰	
原子炉建物 EL 23800mm	原子炉建物 2階 北西階段浸水防止堰	
原子炉建物 EL 23800mm	原子炉建物 2階 南東階段浸水防止堰	
原子炉建物 EL 23800mm	原子炉建物 2階 南西階段浸水防止堰	
原子炉建物 EL 23800mm	原子炉建物 2階 西側 PCV ペネトレーション室北側浸水防止堰	
原子炉建物 EL 23800mm	原子炉建物 2階 東側 PCV ペネトレーション室北側浸水防止堰	
原子炉建物 EL 23800mm	原子炉建物 2階 原子炉棟送風機室南側階段浸水防止堰	

表 4-1(3) 評価対象とする柱支持型堰の選定結果

設置場所	設備名称	評価対象 設備 (代表)
原子炉建物 EL 23800mm	原子炉建物 2階 A-原子炉格納容器 H2・02 分析計ボンベ ラック室西側浸水防止堰	
原子炉建物 EL 23800mm	原子炉建物 2階 A-原子炉格納容器 H2・02 分析計ボンベ ラック室東側浸水防止堰	
原子炉建物 EL 23800mm	原子炉建物 2階 RCW バルブ室東側浸水防止堰	
原子炉建物 EL 23800mm	原子炉建物 2階 B-RHR バルブ室北側浸水防止堰	
原子炉建物 EL 30500mm	原子炉建物 中2階 北東階段浸水防止堰	
原子炉建物 EL 28300mm	原子炉建物 中2階 南東階段浸水防止堰	
原子炉建物 EL 28300mm	原子炉建物 中2階 南西階段浸水防止堰	
原子炉建物 EL 30500mm	原子炉建物 中2階 エアロック前浸水防止堰	
原子炉建物 EL 30500mm	原子炉建物 中2階 CUW バルブ室東側浸水防止堰	
原子炉建物 EL 31100mm	原子炉建物 中2階 CUW サージタンク室浸水防止堰	
原子炉建物 EL 34800mm	原子炉建物 3階 北東階段浸水防止堰	
原子炉建物 EL 34800mm	原子炉建物 3階 北西階段浸水防止堰	
原子炉建物 EL 34800mm	原子炉建物 3階 南東階段浸水防止堰	
原子炉建物 EL 34800mm	原子炉建物 3階 南西階段浸水防止堰	
原子炉建物 EL 34800mm	原子炉建物 3階 A-CAMS 室前浸水防止堰 (通路側)	

表 4-1(4) 評価対象とする柱支持型堰の選定結果

設置場所	設備名称	評価対象 設備 (代表)
原子炉建物 EL 34800mm	原子炉建物 3 階 A-CAMS 室前浸水防止堰 (SGT 室側)	
原子炉建物 EL 34800mm	原子炉建物 3 階 B-CAMS 室前浸水防止堰	
タービン建物 EL 5500mm	タービン建物 1 階 給水加熱器室南西浸水防止堰	
タービン建物 EL 5500mm	タービン建物 1 階 給水加熱器室開口部浸水防止堰	
タービン建物 EL 12500mm	タービン建物 2 階 復水器室南西階段浸水防止堰	
タービン建物 EL 20600mm	タービン建物 3 階 タービン建物送風機室南側浸水防止堰	
タービン建物 EL 20600mm	タービン建物 3 階 オペフロ南東階段浸水防止堰	
タービン建物 EL 20600mm	タービン建物 3 階 常用電気室送風機室南側浸水防止堰	
タービン建物 EL 20600mm	タービン建物 3 階 タービン建物ダストサンプル室西側浸水防止堰	
タービン建物 EL 20600mm	タービン建物 3 階 オペフロ北西階段浸水防止堰	
タービン建物 EL 20600mm	タービン建物 3 階 大物搬入口浸水防止堰	
タービン建物 EL 20600mm	タービン建物 3 階 オペフロ南西階段浸水防止堰	
タービン建物 EL 20600mm	タービン建物 3 階 オペフロ南側階段浸水防止堰	
タービン建物 EL 32000mm	タービン建物 4 階 工具室浸水防止堰	
廃棄物処理建物 EL 8800mm	廃棄物処理建物 地下 1 階 通路東側浸水防止堰	

表 4-1(5) 評価対象とする柱支持型堰の選定結果

設置場所	設備名称	評価対象 設備 (代表)
廃棄物処理建物 EL 32000mm	廃棄物処理建物 4階 廃棄物処理建物送風機室南側浸水防止堰 (非管理区域側)	
廃棄物処理建物 EL 32000mm	廃棄物処理建物 4階 廃棄物処理建物送風機室南側浸水防止堰 (管理区域側)	
廃棄物処理建物 EL 32000mm	廃棄物処理建物 4階 南側シャッター前浸水防止堰	
サイトバンカ建物 EL 10200mm	サイトバンカ建物 1階 排風機室北側浸水防止堰	
サイトバンカ建物 EL 8800mm	サイトバンカ建物 1階 北西側階段室浸水防止堰	
サイトバンカ建物 EL 14800mm	サイトバンカ建物 2階 プリコート室浸水防止堰	
サイトバンカ建物 EL 19800mm	サイトバンカ建物 3階 固体廃棄物貯蔵プール室北東側浸水防止堰	
サイトバンカ建物 EL 19800mm	サイトバンカ建物 3階 固体廃棄物貯蔵プール室東側浸水防止堰	
サイトバンカ建物 EL 19800mm	サイトバンカ建物 3階 固体廃棄物貯蔵プール室南東側浸水防止堰	
サイトバンカ建物 EL 19800mm	サイトバンカ建物 3階 固体廃棄物貯蔵プール室北西側浸水防止堰	
サイトバンカ建物 EL 19800mm	サイトバンカ建物 3階 固体廃棄物貯蔵プール室機器搬入口浸水防止堰	
サイトバンカ建物 EL 20300mm	サイトバンカ建物 3階 熔融物搬入機室浸水防止堰	

4.1.2 鋼板折曲げ型堰

鋼板折曲げ型堰の評価対象部位は、自重及び地震に伴う慣性力が、鋼板からアンカーボルトへ伝わり、アンカーボルトを介して躯体に伝わることから、鋼板、及びアンカーボルトとする。評価の対象となる鋼板折曲げ型堰の選定結果を表 4-2 に示す。

表 4-2(1) 評価対象とする鋼板折曲げ型堰の選定結果

設置場所	設備名称	評価対象 設備 (代表)
原子炉建物 EL 10300mm	原子炉建物 地下 1 階 RCIC 直流 C/C 浸水防止堰	
原子炉建物 EL 10300mm	原子炉建物 地下 1 階 DG 室給気ダクト室南側階段浸水防止堰	
原子炉建物 EL 10300mm	原子炉建物 地下 1 階 第 3 チェックポイント浸水防止堰	
原子炉建物 EL 34800mm	原子炉建物 3 階 北西側階段室浸水防止堰	
原子炉建物 EL 42800mm	原子炉建物 4 階 北東階段浸水防止堰	○*
原子炉建物 EL 42800mm	原子炉建物 4 階 南東階段浸水防止堰	
原子炉建物 EL 42800mm	原子炉建物 4 階 北西階段浸水防止堰	
原子炉建物 EL 42800mm	原子炉建物 4 階 エアロック浸水防止堰	
原子炉建物 EL 42800mm	原子炉建物 4 階 大物搬入口浸水防止堰	
制御室建物 EL 8800mm	制御室建物 2 階 第 1 チェックポイント中央浸水防止堰	
制御室建物 EL 8800mm	制御室建物 2 階 第 1 チェックポイント東側浸水防止堰	
廃棄物処理建物 EL 21150mm	廃棄物処理建物 2 階 計算機室連絡扉前浸水防止堰	

注記*：評価結果が厳しい評価対象部位を有する堰を選定

表 4-2(2) 評価対象とする鋼板折曲げ型堰の選定結果

設置場所	設備名称	評価対象 設備 (代表)
廃棄物処理建物 EL 16900mm	廃棄物処理建物 1階 補助盤室東側(北) 浸水防止堰	
廃棄物処理建物 EL 16900mm	廃棄物処理建物 1階 補助盤室東側(中) 浸水防止堰	
廃棄物処理建物 EL 16900mm	廃棄物処理建物 1階 補助盤室東側(南) 浸水防止堰	
廃棄物処理建物 EL 16900mm	廃棄物処理建物 1階 補助盤室東側通路南側扉浸水防止 堰	
廃棄物処理建物 EL 16900mm	廃棄物処理建物 1階 中央制御室横会議室浸水防止堰(運 転員控室側)	
廃棄物処理建物 EL 16900mm	廃棄物処理建物 1階 中央制御室横会議室浸水防止堰(予 備室側)	
廃棄物処理建物 EL 16900mm	廃棄物処理建物 1階 中央制御室横会議室浸水防止堰(補 助盤室側)	
廃棄物処理建物 EL 16900mm	廃棄物処理建物 1階 補助盤室前浸水防止堰	
廃棄物処理建物 EL 22100mm	廃棄物処理建物 2階 中央制御室送風機室階段浸水防止 堰	
サイトバンカ建物 EL 8800mm	サイトバンカ建物 1階 建物出入口浸水防止堰	
サイトバンカ建物 EL 8900mm	サイトバンカ建物 1階 南側大物搬入口浸水防止堰	
サイトバンカ建物 EL 8800mm	サイトバンカ建物 1階 北側大物搬入口浸水防止堰	
サイトバンカ建物 EL 19800mm	サイトバンカ建物 3階 固体廃棄物貯蔵プール室南西側 浸水防止堰	

4.1.3 鉄筋コンクリート製堰

鉄筋コンクリート製堰の評価対象部位は、堰に作用する自重及び地震荷重により応力が発生することから、堰と既存躯体の取合い部分の堰底部のコンクリート、アンカー筋及び主筋とする。評価の対象となる鉄筋コンクリート製堰の選定結果を表 4-3 に示す。

表 4-3 評価対象とする鉄筋コンクリート製堰の選定結果

設置場所	設備名称	評価対象 設備 (代表)
制御室建物 EL 16900mm		
制御室建物 EL 16900mm		
制御室建物 EL 16900mm		○*

注記*：評価結果が厳しい評価対象部位を有する堰を選定

4.2 荷重及び荷重の組合せ

4.2.1 荷重の組合せ

堰の評価に用いる荷重の組合せを下記に示す。

$$G + S_s$$

ここで、 G : 固定荷重 (kN)

S_s : 地震荷重 (kN)

4.2.2 荷重

(1) 固定荷重 (G)

固定荷重として堰の自重を考慮する。

(2) 地震荷重 (S_s)

耐震設計上の重要度分類 C-2 クラスの施設の地震荷重は、基準地震動 S_s による荷重を考慮する。

耐震設計上の重要度分類 B クラス施設の地震荷重は地震力 S_B による荷重を考慮する。なお、タービン建物、制御室建物及び廃棄物処理建物に設置される B クラスの堰は保守的に地震荷重 S_s による荷重を考慮する。地震荷重は「3. 固有振動数及び設計用地震力」で設定した設計震度を用いて、次式により算定する。

$$S_s = G \cdot K$$

ここで、 S_s : 地震荷重 (kN)

G : 固定荷重 (kN)

K : 設計震度

4.3 許容限界

許容限界は、「4.1 評価対象部位及び評価対象設備」にて設定している評価対象部位ごとに機能損傷モードを考慮し、短期許容応力度又は短期許容荷重とする。代表として評価する堰の許容限界を以下に示す。

4.3.1 柱支持型堰の許容限界

(1) 鋼板

「鋼構造設計規準－許容応力度設計法－（（社）日本建築学会，2005 改定）」（以下「S規準」という。）に基づき算定した短期許容応力度を表 4-4 に示す。

表 4-4 鋼板の短期許容応力度

材料	短期許容応力度	
	曲げ (N/mm ²)	
SS400	271	

(2) はり材

「S規準」に基づき算定した短期許容応力度を表 4-5 に示す。

表 4-5 はり材の短期許容応力度

材料	短期許容応力度		
	曲げ (N/mm ²)	せん断 (N/mm ²)	組合せ (N/mm ²)
SS400	235	135	235

(3) 柱材

「S 規準」に基づき算定した短期許容応力度を表 4-6 に示す。

表 4-6 柱材の短期許容応力度

材料	短期許容応力度		
	曲げ (N/mm ²)	せん断 (N/mm ²)	組合せ (N/mm ²)
SS400	235	135	235

(4) アンカーボルト

「各種合成構造設計指針・同解説（（社）日本建築学会，2010 改定）」（以下「各種合成構造設計指針・同解説」という。）に基づき算定した短期許容荷重を表 4-7 に示す。

なお，引張力を受ける場合においては，アンカーボルトの降伏により決まる許容荷重とアンカーボルトの付着力により決まる許容荷重を比較して，いずれか小さい値を採用する。せん断力を受ける場合においては，アンカーボルト母材のせん断強度より決まる許容荷重，定着したコンクリート躯体の支圧強度及びコーン状破壊により決まる許容荷重を比較して，いずれか小さい値を採用する。

表 4-7 アンカーボルトの短期許容荷重

材料	短期許容荷重	
	引張 (kN)	せん断 (kN)
SS400 (M20)	44	40

4.3.2 鋼板折曲げ型堰の許容限界

(1) 鋼板

「S規準」に基づき算定した短期許容応力度を表4-8に示す。

表4-8 鋼板の短期許容応力度

材料	短期許容応力度	
	曲げ (N/mm ²)	
SS400	271	

(2) アンカーボルト

「各種合成構造設計指針・同解説」に基づき算定した短期許容荷重を表4-9に示す。

なお、引張力を受ける場合においては、アンカーボルトの降伏により決まる許容荷重とアンカーボルトの付着力により決まる許容荷重を比較して、いずれか小さい値を採用する。せん断力を受ける場合においては、アンカーボルト母材のせん断強度より決まる許容荷重、定着したコンクリート躯体の支圧強度及びコーン状破壊により決まる許容荷重を比較して、いずれか小さい値を採用する。

表4-9 アンカーボルトの短期許容荷重

材料	短期許容荷重	
	引張 (kN)	せん断 (kN)
SS400 (M12)	11	11

4.3.3 鉄筋コンクリート製堰の許容限界

(1) コンクリート

「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 改定）」（以下「RC規準」という。）に基づき算定した短期許容応力度を表 4-10 に示す。

表 4-10 コンクリートの短期許容応力度

材料		短期許容応力度	
		圧縮 (N/mm ²)	せん断 (N/mm ²)
コンクリート	Fc22.1	14.6	1.06

(2) 鉄筋

「RC規準」に基づき算定した短期許容荷重を表 4-11 に示す。

表 4-11 鉄筋の短期許容荷重

材料	短期許容荷重	
	引張 (kN)	せん断 (kN)
SD345 (D13)	43	43

(3) アンカー筋

「各種合成構造設計指針・同解説」に基づき算定した短期許容荷重を表 4-12 に示す。

なお、引張力を受ける場合においては、アンカー筋の降伏により決まる許容荷重とアンカー筋の付着力により決まる許容荷重を比較して、いずれか小さい値を採用する。せん断力を受ける場合においては、アンカー筋母材のせん断強度より決まる許容荷重、定着したコンクリート躯体の支圧強度及びコーン状破壊により決まる許容荷重を比較して、いずれか小さい値を採用する。

表 4-12 アンカー筋の短期許容荷重

材料	短期許容荷重	
	引張 (kN)	せん断 (kN)
SD345 (D13)	34	29

4.4 評価方法

VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、堰の耐震評価は地震により生じる応力度及び荷重が、「4.3 許容限界」で設定した許容限界を超えないことを確認する。

4.4.1 柱支持型堰の評価方法

地震荷重を受けるはりモデルに置き換え、鋼板、はり材、柱材及びアンカーボルトに発生する応力を算定し、各許容限界との比較により耐震評価を行う。

(1) 応力算定

自重及び地震荷重を受ける鋼板、はり材及び柱材に生じる曲げ応力度及びせん断応力度、並びにアンカーボルトに生じる引張力及びせん断力に対する確認を行うに当たり、各荷重により生じる曲げ応力度及びせん断応力度を算定する。

柱支持型堰に生じる力の概念図を図4-1～図4-4に示す。

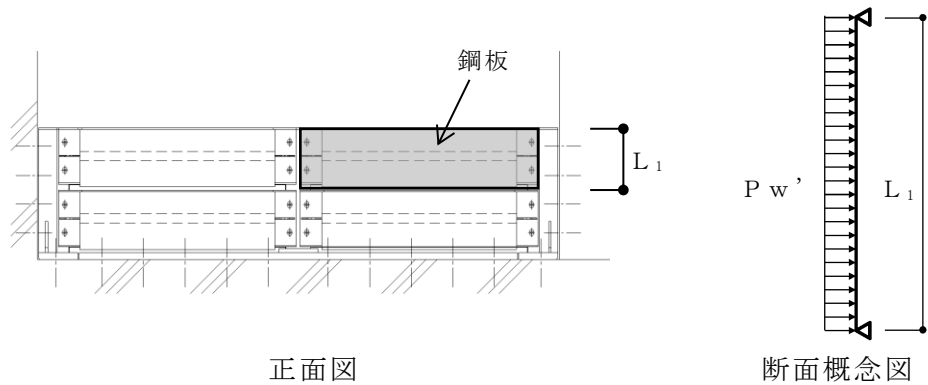


図4-1 地震時の鋼板に作用する荷重の例

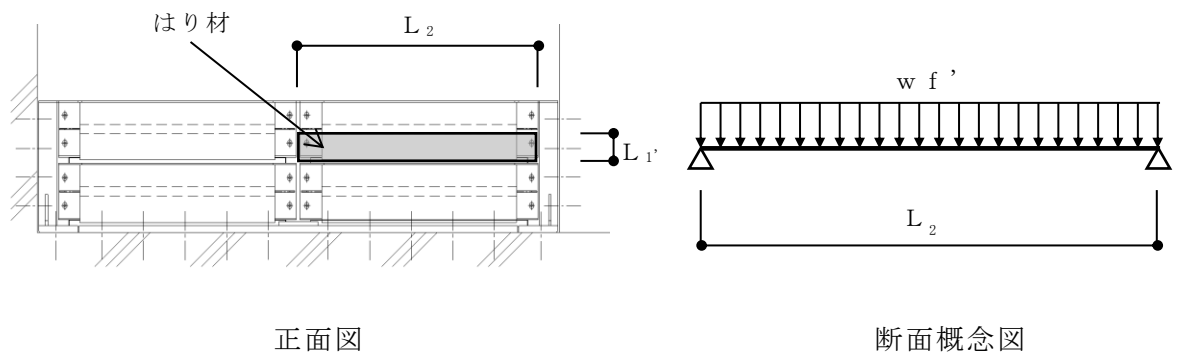


図4-2 地震時のはり材に生じる力の断面概念図

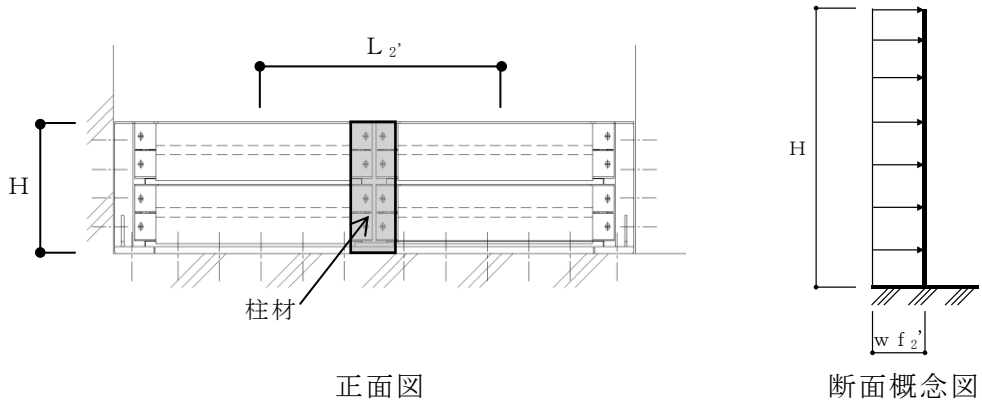


図 4-3 地震時の柱材に生じる力の断面概念図

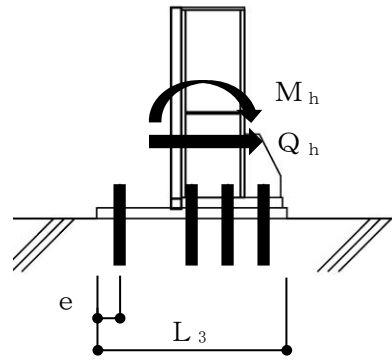


図 4-4 地震時のアンカーボルトに生じる力の断面概念図

(2) 断面検定

a. 鋼板

(a) 地震荷重による分布荷重

単位長さ当たりの地震荷重による分布荷重は、次式より算出する。

$$P w' = \rho \cdot t \cdot k_H \cdot 10^{-6}$$

ここで、 $P w'$: 地震荷重による分布荷重 (N/mm²)

ρ : 鋼板の単位体積重量 (kN/m³)

t : 鋼板の板厚 (mm)

k_H : 水平方向の設計震度

(b) 曲げ応力度に対する検定

鋼板に生じる曲げ応力度は、鋼板を両端ピンの単純はりとして次式により算出し、鋼板の短期許容曲げ応力度を下回ることを確認する。

$$\sigma_\rho = 1/8 \cdot P w' \cdot L_1^2 / Z$$

ここで、 σ_ρ : 鋼板に生じる曲げ応力度 (N/mm²)

$P w'$: 地震荷重による分布荷重 (N/mm²)

L_1 : はり材間距離 (mm)

Z : 鋼板の断面係数 (mm³/mm)

b. はり材

(a) 地震荷重による分布荷重

単位長さ当たりの地震時水平荷重は鋼板及びはり材に作用する地震力を考慮して次式より算出する。

$$w f' = (\rho \cdot t \cdot L_1' \cdot 10^{-6} + w_1 \cdot g \cdot 10^{-3}) \cdot k_H$$

ここで, $w f'$: はり材の単位長さ当たりの水平荷重 (N/mm)

ρ : 鋼板の単位体積重量 (kN/m³)

t : 鋼板の板厚 (mm)

L_1' : はり材 1 本当たりが負担する鋼板の幅 (mm)

w_1 : はり材の単位質量 (kg/m)

g : 重力加速度 (m/s²)

k_H : 水平方向の設計震度

(b) 曲げ応力度に対する検定

はり材に生じる曲げ応力度は、はり材を両端ピンの単純はりとして次式により算出し、はり材の短期許容曲げ応力度を下回ることを確認する。

$$\sigma_f = 1/8 \cdot w f' \cdot L_2^2 / Z_f$$

ここで, σ_f : はり材の曲げ応力度 (N/mm²)

$w f'$: はり材の単位長さ当たりの水平荷重 (N/mm)

L_2 : はり材の長さ (mm)

Z_f : はり材の断面係数 (mm³)

(c) せん断応力度に対する検定

はり材に生じるせん断応力度は、はり材を両端ピンの単純はりとして次式により算出し、はり材の短期許容せん断応力度を下回ることを確認する。

$$\tau_f = 1/2 \cdot w f' \cdot L_2 / A_f$$

ここで、 τ_f : はり材のせん断応力度 (N/mm²)
 $w f'$: はり材の単位長さ当たりの水平荷重 (N/mm)
 L_2 : はり材の長さ (mm)
 A_f : はり材のせん断断面積 (mm²)

(d) 曲げ応力度とせん断応力度の組合せに対する検定

はり材に生じる曲げ応力度とせん断応力度の組合せ応力度を「S規準」に基づく次式により算出し、はり材の短期許容組合せ応力度を下回ることを確認する。

$$\sigma_{ef} = \sqrt{\sigma_f^2 + 3 \cdot \tau_f^2}$$

ここで、 σ_{ef} : はり材の組合せ応力度 (N/mm²)
 σ_f : はり材の曲げ応力度 (N/mm²)
 τ_f : はり材のせん断応力度 (N/mm²)

c. 柱材

(a) 水平方向地震荷重

単位長さ当たりの地震時水平荷重は鋼板，はり材及び柱材に作用する地震力を考慮して次式より算出する。

$$w f_2' = \{ (\rho \cdot t \cdot H \cdot 10^{-6} + w_1 \cdot g \cdot n \cdot 10^{-3}) \cdot L_2' / H + w_2 \cdot g \cdot 10^{-3} \} \cdot k_H$$

ここで， $w f_2'$: 柱材の単位長さ当たりの水平荷重 (N/mm)

ρ : 鋼板の単位体積重量 (kN/m³)

t : 鋼板の板厚 (mm)

H : 柱材の長さ (mm)

w_1 : はり材の単位質量 (kg/m)

g : 重力加速度 (m/s²)

n : はり材の本数 (本)

L_2' : 柱材 1 本当たりが負担するはり材の長さ (mm)

w_2 : 柱材の単位質量 (kg/m)

k_H : 水平方向の設計震度

(b) 曲げ応力度に対する検定

柱材に生じる曲げ応力度は，柱材を片持ちはりとして次式により算出し，柱材の短期許容曲げ応力度を下回ることを確認する。

$$\sigma_Y = 1/2 \cdot w f_2' \cdot H^2 / Z_Y$$

ここで， σ_Y : 柱材の曲げ応力度 (N/mm²)

$w f_2'$: 柱材の単位長さ当たりの水平荷重 (N/mm)

H : 柱材の長さ (mm)

Z_Y : 柱材の断面係数 (mm³)

(c) せん断応力度に対する検定

柱材に生じるせん断応力度は、柱材を片持ちはりとして次式により算出し、柱材の短期許容せん断応力度を下回ることを確認する。

$$\tau_Y = w f_2' \cdot H / A_Y$$

ここで、 τ_Y : 柱材のせん断応力度 (N/mm²)
 $w f_2'$: 柱材の単位長さ当たりの水平荷重 (N/mm)
 H : 柱材の長さ (mm)
 A_Y : 柱材のせん断断面積 (mm²)

(d) 曲げ応力度とせん断応力度の組合せに対する検定

柱材に生じる曲げ応力度とせん断応力度の組合せ応力度を「S規準」に基づく次式により算出し、柱材の短期許容組合せ応力度を下回ることを確認する。

$$\sigma_{eY} = \sqrt{\sigma_Y^2 + 3 \cdot \tau_Y^2}$$

ここで、 σ_{eY} : 柱材の組合せ応力度 (N/mm²)
 σ_Y : 柱材の曲げ応力度 (N/mm²)
 τ_Y : 柱材のせん断応力度 (N/mm²)

d. アンカーボルト

(a) 引張力に対する検定

アンカーボルト 1 本あたりに生じる引張力は次式より算出し、アンカーボルトの短期許容引張荷重を下回ることを確認する。

$$T = M_h / ((L_3 - e) \cdot N_1) \cdot 10^{-3}$$

$$M_h = 1/2 \cdot w f_2' \cdot H^2$$

ここで、 T : アンカーボルト 1 本あたりに生じる引張力 (kN)

w f₂' : 柱材の単位長さ当たりの水平荷重 (N/mm)

H : 柱材の長さ (mm)

L₃ : ベースプレートの幅 (mm)

e : アンカーボルトの穴縁端距離 (mm)

N₁ : 引張を受けるアンカーボルトの本数 (本)

(b) せん断力に対する検定

アンカーボルト 1 本あたりに生じるせん断力は次式より算出し、アンカーボルトの短期許容せん断荷重を下回ることを確認する。

$$q = Q_h / N_2 \cdot 10^{-3}$$

$$Q_h = w f_2' \cdot H$$

ここで、 q : アンカーボルト 1 本あたりに生じるせん断力 (kN)

w f₂' : 柱材の単位長さ当たりの水平荷重 (N/mm)

H : 柱材の長さ (mm)

N₂ : せん断を受けるアンカーボルトの本数 (本)

(c) 引張力とせん断力の組合せに対する検定

組合せによる評価を「各種合成構造設計指針・同解説」に基づく次式により算出し、1 以下であることを確認する。

$$(T/T_a)^2 + (q/Q_a)^2 \leq 1$$

ここで、 T : アンカーボルト 1 本あたりに生じる引張力 (kN)

T_a : アンカーボルトの引張に対する短期許容荷重 (kN)

q : アンカーボルト 1 本あたりに生じるせん断力 (kN)

Q_a : アンカーボルトのせん断に対する短期許容荷重 (kN)

4.4.2 鋼板折曲げ型堰の評価方法

地震荷重を受ける単位幅のはり要素でモデル化し、実状に合わせて境界条件を定めた解析モデルに置き換え、鋼板及びアンカーボルトに発生する応力を応力解析により算定し、各許容限界との比較により耐震評価を行う。

(1) 応力算定

自重及び地震荷重を受ける鋼板に生じる曲げ応力度並びにアンカーボルトに生じる引張力及びせん断力に対する確認を行うに当たり、各荷重により生じる応力を「3. 固有振動数及び設計用地震力」にて設定した解析モデルを用いて、応力解析により算定する。

鋼板折曲げ型堰に生じる力の概念図を図4-5に示す。

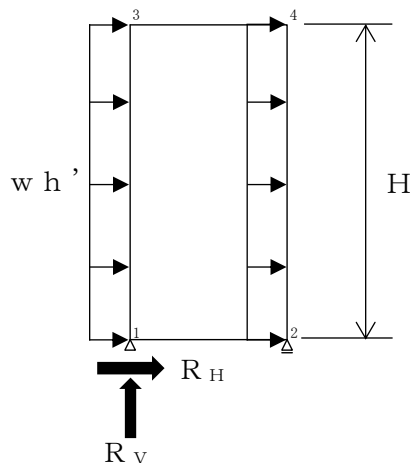


図4-5 地震時の鋼板及びアンカーボルトに生じる力の断面概念図

(2) 断面検定

a. 鋼板

鋼板に生じる曲げ応力度は、応力解析により求めた鋼板の最大曲げモーメントを用いて次式により算出し、鋼板の短期許容曲げ応力度を下回ることを確認する。

$$\sigma = M/Z$$

ここで、 σ : 鋼板の曲げ応力度 (N/mm²)
 M : 鋼板の曲げモーメント (N・mm)
 Z : 鋼板の断面係数 (mm³)

b. アンカーボルト

(a) 引張力に対する検定

アンカーボルト 1 本あたりに生じる引張力は、応力解析により求めた支点反力を用いて次式により算出し、アンカーボルトの短期許容引張荷重を下回ることを確認する。

$$T = R_v / N_1$$

ここで、 T : アンカーボルト 1 本あたりに生じる引張力 (kN)
 R_v : 支点反力 (鉛直方向) (kN)
 N_1 : 引張を受ける 1m 当たりのアンカーボルトの本数 (本)

(b) せん断力に対する検定

アンカーボルト 1 本あたりに生じるせん断力は、応力解析により求めた支点反力を用いて次式より算出し、アンカーボルトの短期許容せん断荷重を下回ることを確認する。

$$q = R_H / N_2$$

ここで、 q : アンカーボルト 1 本あたりに生じるせん断力 (kN)
 R_H : 支点反力 (水平方向) (kN)
 N_2 : せん断を受ける 1m 当たりのアンカーボルトの本数 (本)

(c) 引張力とせん断力の組合せに対する検定

組合せによる評価を「各種合成構造設計指針・同解説」に基づく次式により算出し、1 以下であることを確認する。

$$(T / T_a)^2 + (q / Q_a)^2 \leq 1$$

ここで、 T : アンカーボルト 1 本あたりに生じる引張力 (kN)
 T_a : アンカーボルトの引張に対する短期許容荷重 (kN)
 q : アンカーボルト 1 本あたりに生じるせん断力 (kN)
 Q_a : アンカーボルトのせん断に対する短期許容荷重 (kN)

4.4.3 鉄筋コンクリート製堰の評価方法

鉄筋コンクリート製堰に生じる応力は，地震荷重を受ける片持ちはりとして，既存躯体との接合部に生じる圧縮力及びせん断力を算定し，鉄筋に生じる引張力及びせん断力並びにコンクリートに生じるせん断力及び圧縮力に対する確認を行う。

(1) 応力算定

自重及び地震荷重を受けるアンカー筋，コンクリート及び主筋に対する確認を行うに当たり，各荷重により生じる応力を次式により算定する。

鉄筋コンクリート製堰に生じる力の概念図を図 4-6 に示す。

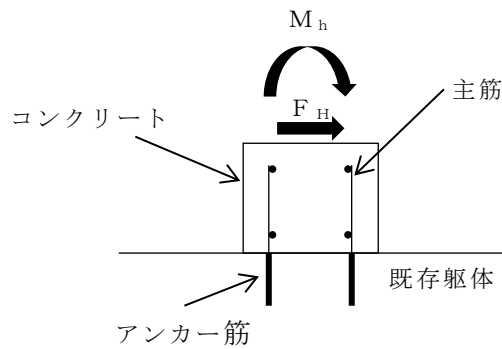


図 4-6 地震時の鉄筋コンクリート製堰に生じる力の断面概念図

(2) 断面検定

a. アンカー筋

(a) 引張力に対する検定

アンカー筋に作用する引張力は次式により算出し、アンカー筋の短期許容引張荷重を下回ることを確認する。

$$T_1 = M_h / b_1' / N_1$$

- ここで、
- T_1 : アンカー筋に生じる引張力 (kN/本)
 - M_h : 鉄筋コンクリート製堰の曲げモーメント
($w_1 \cdot k_H \cdot H/2$) (kN・m/m)
 - w_1 : 単位長さ当たりの鉄筋コンクリート製堰の重量
($\rho \cdot B \cdot H$) (kN/m)
 - ρ : コンクリートの単位体積重量 (kN/m³)
 - B : 鉄筋コンクリート製堰の幅 (m)
 - H : 鉄筋コンクリート製堰の高さ (m)
 - k_H : 水平方向の設計震度
 - b_1' : アンカー筋の重心位置から躯体端部までの距離 (m)
 - N_1 : 引張を受ける1m当たりのアンカー筋の本数 (本)

(b) せん断力に対する検定

アンカー筋に作用するせん断力は次式により算出し、アンカー筋の短期許容せん断荷重を下回ることを確認する。

$$q_1 = F_H / N_2$$

- ここで、
- q_1 : アンカー筋に生じるせん断力 (kN/本)
 - F_H : 設計用水平地震力 ($w_1 \cdot k_H$) (kN/m)
 - w_1 : 単位長さ当たりの鉄筋コンクリート製堰の重量
($\rho \cdot B \cdot H$) (kN/m)
 - ρ : コンクリートの単位体積重量 (kN/m³)
 - B : 鉄筋コンクリート製堰の幅 (m)
 - H : 鉄筋コンクリート製堰の高さ (m)
 - k_H : 水平方向の設計震度
 - N_2 : せん断を受ける1m当たりのアンカー筋の本数 (本)

(c) 引張力とせん断力の組合せに対する検定

組合せによる評価を「各種合成構造設計指針・同解説」に基づく次式により算出し、1以下であることを確認する。

$$(T_1/T_{a1})^2 + (q_1/Q_{a1})^2 \leq 1$$

ここで、 T_1 : アンカー筋に生じる引張力 (kN/本)
 T_{a1} : アンカー筋の引張に対する短期許容荷重 (kN/本)
 q_1 : アンカー筋に生じるせん断力 (kN/本)
 Q_{a1} : アンカー筋のせん断に対する短期許容荷重 (kN/本)

b. 主筋

(a) 引張力に対する検定

主筋に作用する引張力は次式により算出し、主筋に生じる引張力が短期許容引張荷重を下回ることを確認する。

$$T_2 = M_h / b_2' / N_3$$

ここで、 T_2 : 主筋に生じる引張力 (kN/本)
 w_1 : 単位長さ当たりの鉄筋コンクリート製堰の重量
($\rho \cdot B \cdot H$) (kN/m)
 ρ : コンクリートの単位体積重量 (kN/m³)
 B : 鉄筋コンクリート製堰の幅 (m)
 H : 鉄筋コンクリート製堰の高さ (m)
 M_h : 鉄筋コンクリート製堰の曲げモーメント
($w_1 \cdot k_H \cdot H/2$) (kN・m/m)
 k_H : 水平方向の設計震度
 b_2' : 主筋の重心位置から躯体端部までの距離 (m)
 N_3 : 引張を受ける1m当たりの主筋の本数 (本)

(b) せん断力に対する検定

主筋に作用するせん断力は次式により算出し、主筋の短期許容せん断荷重を下回ることを確認する。

$$q_2 = F_H / N_4$$

ここで、 q_2 : 主筋に生じるせん断力 (kN/本)
 F_H : 設計用水平地震力 ($w_1 \cdot k_H$) (kN/m)
 w_1 : 単位長さ当たりの鉄筋コンクリート製堰の重量
($\rho \cdot B \cdot H$) (kN/m)
 ρ : コンクリートの単位体積重量 (kN/m³)
 B : 鉄筋コンクリート製堰の幅 (m)
 H : 鉄筋コンクリート製堰の高さ (m)
 k_H : 水平方向の設計震度
 N_4 : せん断を受ける1m当たりの主筋の本数(本)

(c) 引張力とせん断力の組合せに対する検定

組合せによる評価を「各種合成構造設計指針・同解説」に基づく次式により算出し、1以下であることを確認する。

$$(T_2 / T_{a_2})^2 + (q_2 / Q_{a_2})^2 \leq 1$$

ここで、 T_2 : 主筋に生じる引張力 (kN/本)
 T_{a_2} : 主筋の引張に対する短期許容荷重 (kN/本)
 q_2 : 主筋に生じるせん断力 (kN/本)
 Q_{a_2} : 主筋のせん断に対する短期許容荷重 (kN/本)

c. 堰底部のコンクリート

(a) せん断力に対する検定

堰底部に生じるせん断力は次式により算出し、短期許容せん断荷重を下回ることを確認する。

$$\tau' = F_H / (B \cdot 10^3)$$

ここで、 τ' : 堰底部のコンクリートのせん断応力度 (N/mm²)
 F_H : 設計用水平地震力 ($w_1 \cdot k_H$) (kN/m)
 w_1 : 単位長さ当たりの鉄筋コンクリート製堰の重量
($\rho \cdot B \cdot H$) (kN/m)
 ρ : コンクリートの単位体積重量 (kN/m³)
 B : 鉄筋コンクリート製堰の幅 (m)
 H : 鉄筋コンクリート製堰の高さ (m)
 k_H : 水平方向の設計震度

(b) 圧縮力に対する検定

堰に生じる自重、鉛直下向きの地震荷重及び曲げモーメントによりコンクリートの圧縮縁に生じる応力度は次式により算出し、短期許容圧縮荷重を下回ることを確認する。

$$\sigma_c = (w_1 + F_V) / (B \cdot 10^3) + (M_h \cdot 10^6) / Z$$

ここで、 σ_c : 堰底部のコンクリートに生じる圧縮応力度 (N/mm²)
 w_1 : 単位長さ当たりの鉄筋コンクリート製堰の重量
($\rho \cdot B \cdot H$) (kN/m)
 ρ : コンクリートの単位体積重量 (kN/m³)
 B : 鉄筋コンクリート製堰の幅 (m)
 H : 鉄筋コンクリート製堰の高さ (m)
 F_V : 設計用鉛直地震力 ($w_1 \cdot k_V$) (kN/m)
 k_V : 鉛直方向の設計震度
 M_h : 鉄筋コンクリート製堰の曲げモーメント
($w_1 \cdot k_H \cdot H/2$) (kN・m/m)
 k_H : 水平方向の設計震度
 Z : 鉄筋コンクリート製堰の断面係数 (mm³/m)

4.5 評価条件

柱支持型堰の耐震評価に用いる入力値を表 4-13 に、鋼板折曲げ型堰の耐震評価に用いる入力値を表 4-14 に、鉄筋コンクリート製堰の耐震評価に用いる入力値を表 4-15 に示す。

表 4-13 柱支持型堰の耐震評価に用いる入力値

記号	単位	定義	数値
ρ	kN/m ³	鋼板の単位体積重量	77.0
t	mm	鋼板の板厚	4.5
k_H	—	水平方向の設計震度	0.92
L_1	mm	はり材間距離	350
Z	mm ³ /mm	鋼板の断面係数	3.375
L_1'	mm	はり材 1 本当たりが負担する鋼板の幅	175
w_1	kg/m	はり材の単位質量	9.590
g	m/s ²	重力加速度	9.80665
L_2	mm	はり材の長さ	1560
Z_f	mm ³	はり材の断面係数	14200
A_f	mm ²	はり材のせん断断面積	581
H	mm	柱材の長さ	1050
n	本	はり材の本数	6
L_2'	mm	柱材 1 本当たりが負担するはり材の長さ	1325
w_2	kg/m	柱材の単位質量	31.1
Z_Y	mm ³	柱材の断面係数	75100
A_Y	mm ²	柱材のせん断断面積	3000
L_3	mm	ベースプレートの幅	325
e	mm	アンカーボルトの穴縁端距離	110
N_1	本	引張を受けるアンカーボルトの本数	1
N_2	本	せん断を受けるアンカーボルトの本数	3

表 4-14 鋼板折曲げ型堰の耐震評価に用いる入力値

記号	単位	定義	数値
M	N・mm	鋼板の曲げモーメント	14000
Z	mm ³	鋼板の断面係数	1707
R _v	kN	支点反力（鉛直方向）	0.3238
N ₁	本/m	引張を受ける 1m 当たりのアンカーボルトの本数	5
R _H	kN	支点反力（水平方向）	0.3238
N ₂	本/m	せん断を受ける 1m 当たりのアンカーボルトの本数	10
B	mm	堰の幅	150
H	mm	堰の高さ	300

表 4-15 鉄筋コンクリート製堰の耐震評価に用いる入力値

記号	単位	定義	数値
ρ	kN/m ³	コンクリートの単位体積重量	24
B	m	鉄筋コンクリート製堰の幅	0.18
H	m	鉄筋コンクリート製堰の高さ	0.2
k _v	—	鉛直方向の設計震度	0.88
k _H	—	水平方向の設計震度	1.96
b ₁ '	m	アンカー筋の重心位置から躯体端部までの距離	0.09
N ₁	本	引張を受ける 1m 当たりのアンカー筋の本数	5
N ₂	本	せん断を受ける 1m 当たりのアンカー筋の本数	5
b ₂ '	m	主筋の重心位置から躯体端部までの距離	0.09
N ₃	本	引張を受ける 1m 当たりの主筋の本数	5
N ₄	本	せん断を受ける 1m 当たりの主筋の本数	5
Z	mm ³ /m	鉄筋コンクリート製堰の断面係数	5400000

5. 評価結果

柱支持型堰の耐震評価結果を表5-1に、鋼板折曲げ型堰の耐震評価結果を表5-2に、鉄筋コンクリート製堰の耐震評価結果を表5-3に示す。発生値は許容限界値以下であり、溢水用堰については基準地震動 S_s による地震力に対して、管理区域堰については耐震設計上の重要度分類Bクラスの施設に適用される地震力 S_B に対して溢水伝播を防止する機能を維持するために、十分な構造強度を有することを確認した。

表5-1 柱支持型堰の耐震評価結果

評価対象部位		発生値 (荷重又は 発生応力度)		許容限界		検定値
鋼板	曲げ	2	N/mm ²	271	N/mm ²	0.01 < 1.0
はり材	曲げ	4	N/mm ²	235	N/mm ²	0.02 < 1.0
	せん断	1	N/mm ²	135	N/mm ²	0.01 < 1.0
	組合せ	5	N/mm ²	235	N/mm ²	0.03 < 1.0
柱材	曲げ	10	N/mm ²	235	N/mm ²	0.05 < 1.0
	せん断	1	N/mm ²	135	N/mm ²	0.01 < 1.0
	組合せ	11	N/mm ²	235	N/mm ²	0.05 < 1.0
アンカー ボルト	引張	4	kN	44	kN	0.1 < 1.0
	せん断	1	kN	40	kN	0.03 < 1.0
	組合せ	—	—	—	—	0.01 < 1.0

表5-2 鋼板折曲げ型堰の耐震評価結果

評価対象部位		発生値 (荷重又は 発生応力度)		許容限界		検定値
鋼板	曲げ	9	N/mm ²	271	N/mm ²	0.04 < 1.0
アンカー ボルト	引張	0.1	kN	11	kN	0.01 < 1.0
	せん断	0.1	kN	11	kN	0.01 < 1.0
	組合せ	—	—	—	—	0.01 < 1.0

表 5-3 鉄筋コンクリート製堰の耐震評価結果

評価対象部位		発生値 (荷重又は 発生応力度)		許容限界		検定値
アンカー筋	引張	0.4	kN	34	kN	0.02 < 1.0
	せん断	0.4	kN	29	kN	0.02 < 1.0
	組合せ	—	—	—	—	0.01 < 1.0
主筋	引張	0.4	kN	43	kN	0.01 < 1.0
	せん断	0.4	kN	43	kN	0.01 < 1.0
	組合せ	—	—	—	—	0.01 < 1.0
堰底部の コンクリート	せん断	0.01	N/mm ²	1.06	N/mm ²	0.01 < 1.0
	圧縮	0.05	N/mm ²	14.6	N/mm ²	0.01 < 1.0