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-1102　改1
提出年月日	平成30年10月1日

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

目次

1.　概要

本資料は，原子炉建屋地下排水設備地下排水上屋（以下「地下排水上屋」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，「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，地下排水設備を設置する地下排水上屋について，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，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φ1.0 m のヒューム管である。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φ0.3 m のヒューム管であり，久米層上面に直接設置し集水ピットに接続している。

また，排水シャフト及び集水ピットのうち久米層上端以浅の部分については，その周囲をセメント系の改良地盤とする。

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2-4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

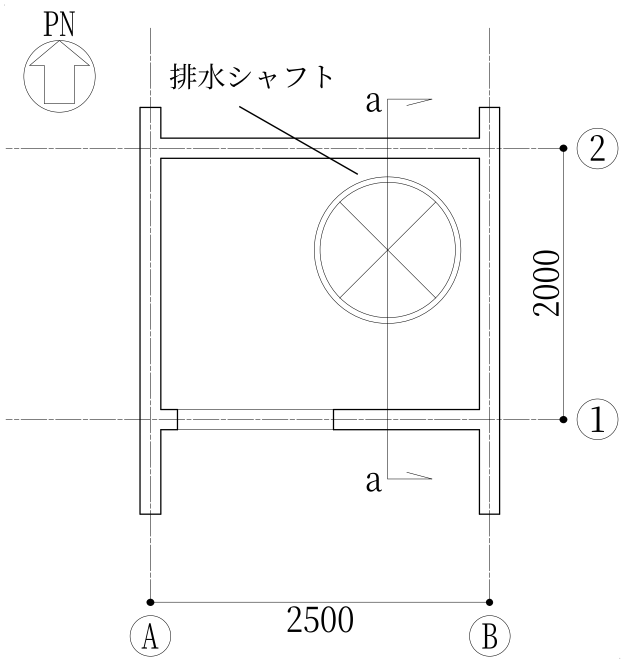


図 2-3　地下排水上屋の概略平面図（南西隅）

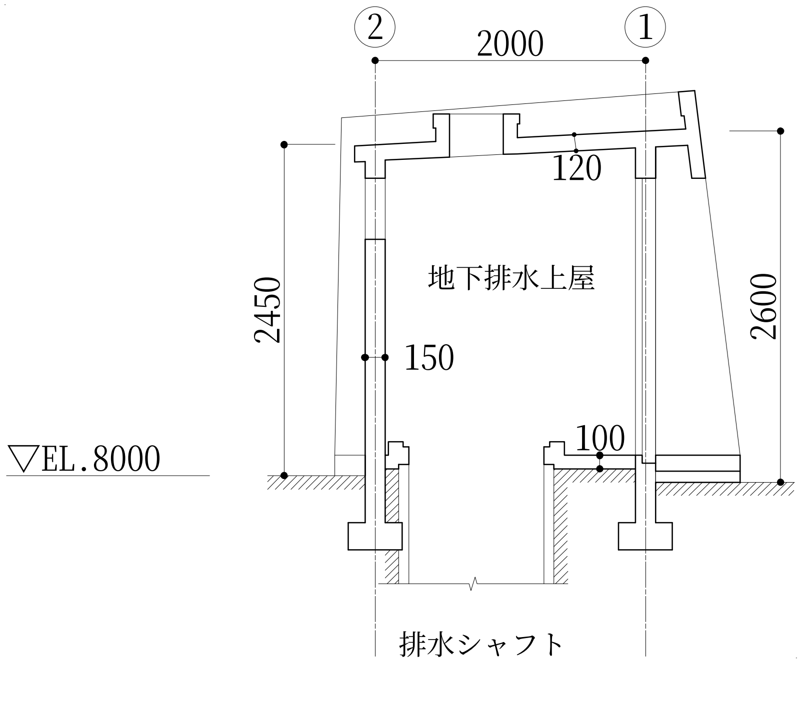


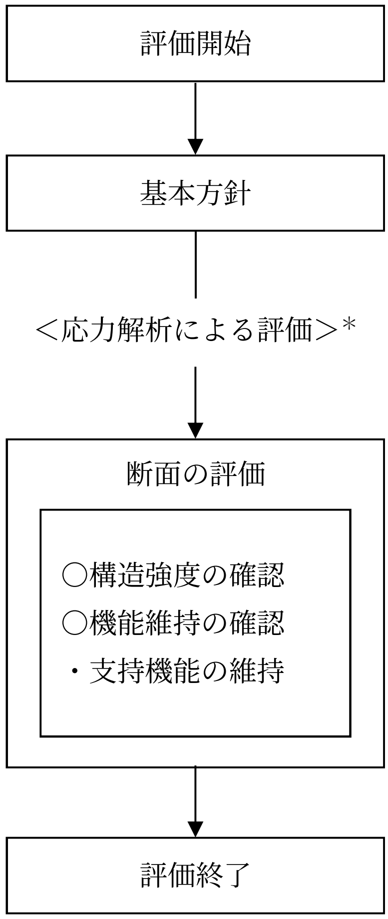
図 2-4　地下排水上屋の概略断面図（a-a 矢視　NS 方向断面）

2.3　評価方針

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ことから，地下排水設備を設置する地下排水上屋について，S_s地震時に対する評価を行う。

地下排水上屋の評価は，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，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」の結果を踏まえたものとする。評価に当たっては地盤物性のばらつきを考慮する。

地下排水上屋の評価フローを図 2-5 に示す。



注記　＊：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」の結果を踏まえた評価を行う。

図 2-5　地下排水上屋の評価フロー

2.4 適用規格・基準等

排水施設の評価において，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ＪＥＡＧ４６０１－1987（(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ＪＥＡＧ４６０１・補－1984（(社）日本電気協会）
- 原子力発電所耐震設計技術指針ＪＥＡＧ４６０１－1991 追補版（(社）日本電気協会）
- 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）
- 原子力施設鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説（(社）日本建築学会，2005）（以下「ＲＣ－Ｎ規準」という。）

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

地下排水上屋の応力解析による評価対象部位は，耐震壁，屋根スラブ及び基礎スラブとする。評価にあたっては，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」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，地盤物性のばらつきを考慮した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，「ＲＣ－Ｎ規準」に基づき設定した許容限界を超えないことを確認する。

応力解析による評価フローを図3-1に示す。

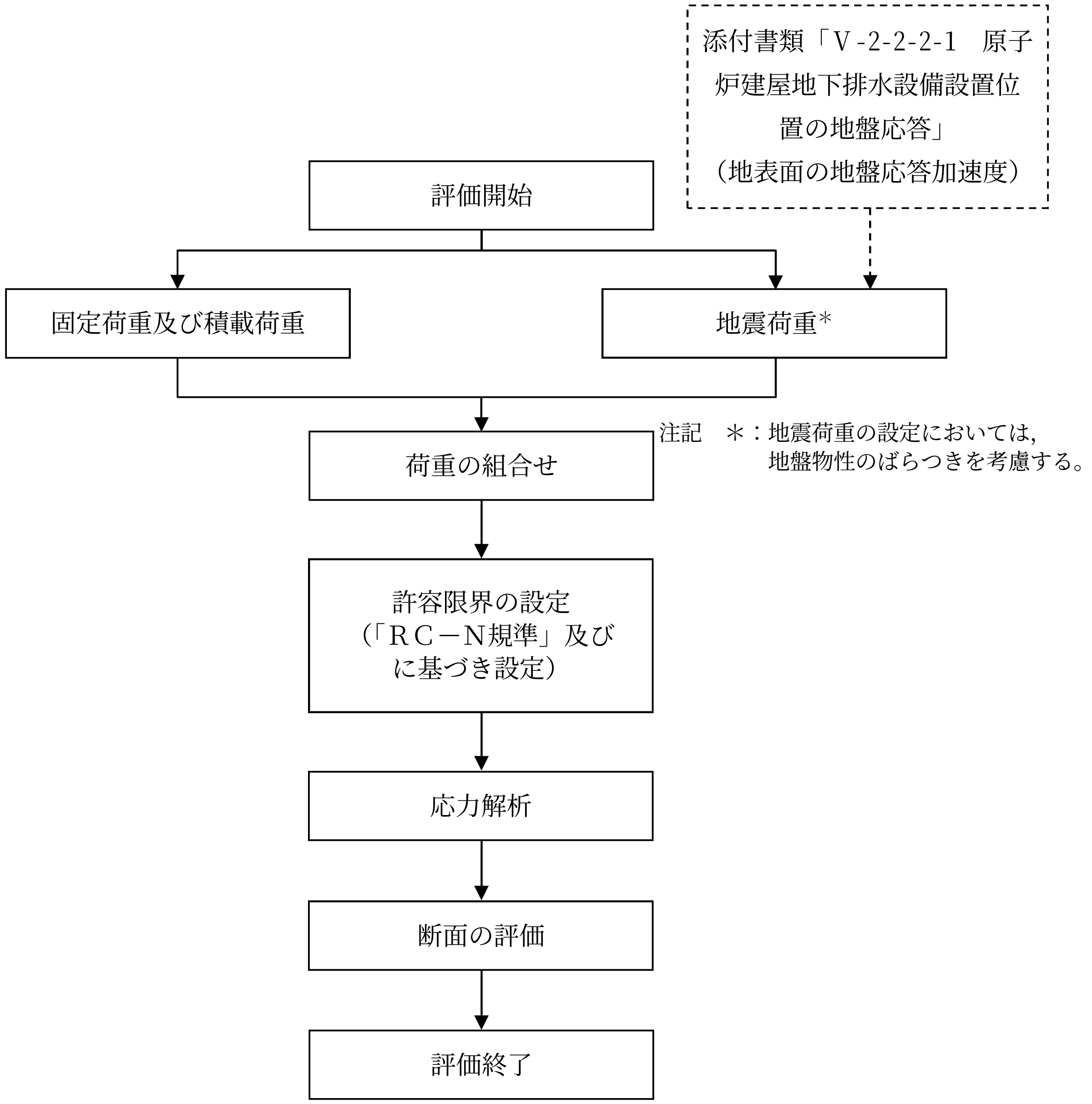


図 3-1　応力解析による評価フロー

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）及び積載荷重（LL）

応力解析において考慮する固定荷重及び積載荷重を表 3-1 及び表 3-2 に示す。

表 3-1　固定荷重

部位	固定荷重（kN/m^2）
屋根スラブ	3.43
床スラブ	2.35
壁	3.53

表 3-2　積載荷重

部位	積載荷重（kN/m^2）
屋根スラブ	1.96[*1]
床スラブ	1.96[*2]

注記　＊１：ポンプ点検時荷重
　　　＊２：機器荷重を含む

(2)　積雪荷重（S）

積雪荷重は，表 3-3 のとおり設定する。

表 3-3　積雪荷重

部位	荷重及び外力について想定する状態	積雪荷重
屋根スラブ	地震時	210 N/m^2

(3)　地震荷重（Ss）

地震力は，基準地震動S_s対する地盤応答より算定される動的地震力に地盤物性のばらつきを考慮して設定する。

地震荷重は，地表面の水平方向及び鉛直方向の最大応答加速度より算定される震度とする。

3.2.2　荷重の組合せ

荷重の組合せを表 3-4 に示す。積雪のある状態でポンプの点検を行うことはないため，積雪荷重と積載荷重の組合せは考慮しないこととし，積雪荷重は積載荷重に包絡される。

表 3-4　荷重の組合せ

荷重状態	荷重の組合せ
S_s地震時	DL＋LL＋Ss

DL　：固定荷重

LL　：積載荷重

Ss　：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排水施設の許容限界は，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 3-5 のとおり設定する。

また，コンクリート及び鉄筋の許容応力度を表 3-6 及び表 3-7 に示す。

表 3-5　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	耐震壁 屋根スラブ 基礎スラブ 基礎	部材に生じる応力が構造強度を確保するための許容限界を超えないことを確認	「ＲＣ－N規準」に基づく短期許容応力度
支持機能	機器・配管系等の設備を支持する機能を損なわないこと	基準地震動 S_s	耐震壁 基礎スラブ 基礎	部材に生じる応力が支持機能を維持するための許容限界を超えないことを確認	「ＲＣ－N規準」に基づく短期許容応力度

表 3-6　コンクリートの許容応力度（短期許容応力度）

Fc (N/mm^2)	圧縮 (N/mm^2)	せん断 (N/mm^2)
17.7	11.8	0.885

表 3-7　鉄筋の許容応力度（短期許容応力度）

鉄筋 種別	引張及び圧縮 (N/mm^2)	せん断補強 (N/mm^2)
SR24＊1	235	235
SD30＊2	295	295

注記　＊1：建設当時の鉄筋の種類は SR24 であるが現在の規格（SR235）に読み替えた許容応力度を示す。

＊2：建設当時の鉄筋の種類は SD30 であるが現在の規格（SD295）に読み替えた許容応力度を示す。

3.4 解析モデル

(1) 屋根スラブ及び基礎スラブ

屋根スラブ及び基礎スラブの鉛直地震動による影響に対する検討において，耐震壁で囲まれた範囲についてモデル化する。

屋根スラブ及び基礎スラブの解析モデルは，四辺固定版として評価する。屋根スラブ及び基礎スラブの解析モデルを図 3-2 に示す。

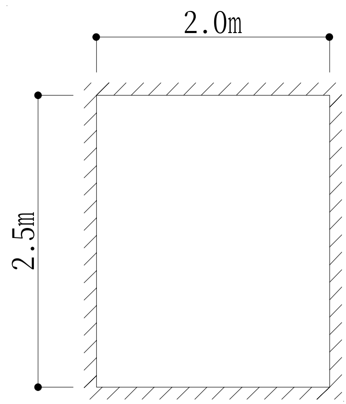
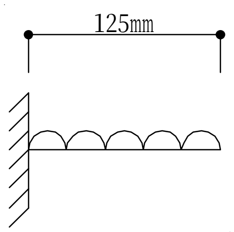


図 3-2 解析モデル（屋根スラブ及び基礎スラブ）

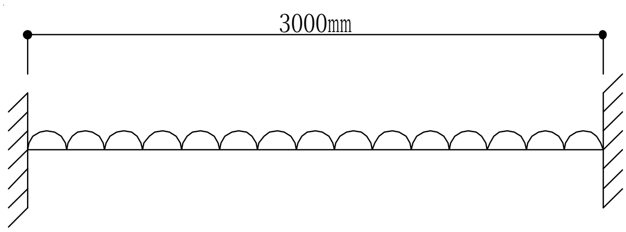
(2) 基礎

基礎の鉛直地震動による影響に対する検討において，フーチング及び基礎梁をモデル化する。

フーチングは等分布荷重を受ける片持梁として，基礎梁は等分布荷重を受ける両端固定梁としてそれぞれ評価する。基礎の解析モデルを図 3-3 に示す。



（フーチング）



（基礎梁）

図 3-3 解析モデル（基礎）

3.5 評価方法

3.5.1 応力解析方法

(1) 荷重ケース

a. 耐震壁

地震荷重は，NS 方向及び EW 方向を考慮する。

b. 屋根スラブ及び基礎スラブ

地震荷重は，固定荷重及び積載荷重と同じ下向きに作用する場合に生じる応力が最大となるため，鉛直下向きの場合のみを考慮する。

c. 基礎

地震荷重は，固定荷重及び積載荷重と同じ下向きに作用する場合に生じる応力が最大となるため，鉛直下向きの場合のみを考慮する。

(2) 応力の算出方法

a. 耐震壁

耐震壁に生じる応力は，耐震壁に作用する固定荷重及び積載荷重に対し，地表面の水平方向最大応答加速度より算出した水平震度を乗じることにより算出する。水平方向最大応答加速度を表 3-8 に，算出したせん断力を表 3-9 に示す。

表 3-8 地盤応答の最大応答加速度（水平方向）

レベル	基 本*1 (cm/s²)	地盤 ＋σ相当*2 (cm/s²)	地盤 －σ相当*2 (cm/s²)	最大値 (cm/s²)
地表面（EL.8.0 m）	886	946	767	946

注記 ＊1：S_s－Ｄ１，S_s－１１，S_s－１２，S_s－１３，S_d－１４，S_d－２１，S_s－２２及びS_s－３１の最大値
＊2：S_s－Ｄ１，S_s－２１，S_s－２２及びS_s－３１の最大値

表 3-9 水平震度より算出したせん断力

部 位	方 向	検討用 水平震度	せん断力 (kN)
耐震壁	EW 方向	0.97	112
	NS 方向	0.97	112

b.　屋根スラブ及び基礎スラブ

屋根スラブ及び基礎スラブに生じる応力は，屋根スラブ又は基礎スラブに作用する固定荷重及び積載荷重に対し，地表面の鉛直方向最大応答加速度より算出した鉛直震度により係数倍することで算出する。鉛直方向最大応答加速度を表 3-10 に，算出した屋根スラブ及び基礎スラブに生じる曲げモーメント及びせん断力を表 3-11 に示す。

表 3-10　地盤応答の最大応答加速度（鉛直方向）

レベル	基　本*1 (cm/s^2)	地盤 ＋σ相当*2 (cm/s^2)	地盤 －σ相当*2 (cm/s^2)	最大値 (cm/s^2)
地表面（EL.8.0 m）	823	893	803	893

注記　＊1：Ｓ$_s$－Ｄ１，Ｓ$_s$－１１，Ｓ$_s$－１２，Ｓ$_s$－１３，Ｓ$_d$－１４，Ｓ$_d$－２１，Ｓ$_s$－２２及びＳ$_s$－３１の最大値
＊2：Ｓ$_s$－Ｄ１，Ｓ$_s$－２１，Ｓ$_s$－２２及びＳ$_s$－３１の最大値

表 3-11　鉛直震度より算出したモーメント及びせん断力

部　位	方　向	検討用鉛直震度	端部モーメント (kN･m/m)	中央モーメント (kN･m/m)	せん断力 (kN/m)
屋根スラブ	短辺（NS）	1.91	2.43	1.62	9.47
	長辺（EW）	1.91	1.72	1.14	10.7
床スラブ	短辺（NS）	1.91	1.95	1.30	7.57
	長辺（EW）	1.91	1.37	0.915	8.56

c.　基礎

基礎に生じる応力は，基礎に作用する固定荷重及び積載荷重に対し，地表面の鉛直方向最大応答加速度より算出した鉛直震度により係数倍することで算出する。鉛直方向最大応答加速度を表 3-10 に，算出した基礎に生じる曲げモーメント及びせん断力を表 3-12 に示す。

表 3-12　鉛直震度より算出したモーメント及びせん断力

検討用鉛直震度	フーチング		基礎梁	
	モーメント (kN･m/m)	せん断力 (kN/m)	モーメント (kN･m)	せん断力 (kN)
1.91	0.676	10.8	9.74	19.5

3.5.2 断面の評価方法

(1) せん断力に対する断面の評価方法

断面の評価は,「ＲＣ－Ｎ規準」に基づき，評価対象部位に生じる面内せん断力が，次式をもとに計算した許容面内せん断力を超えないことを確認する。

a. 耐震壁

$Q_{AL}=t\cdot l\cdot f_s$

ここで,

Q_{AL} ：許容面内せん断力（N）

t ：壁厚（mm）

l ：壁長（mm）

f_s ：コンクリートの短期許容せん断応力度で，表 3-6 に示す値（N/mm^2）

b. 屋根スラブ及び基礎スラブ

$Q_{AL}=b\cdot j\cdot f_s$

ここで,

Q_{AL} ：許容面内せん断力（N）

b ：スラブ幅（mm）

j ：断面の応力中心間距離（mm）

f_s ：コンクリートの短期許容せん断応力度で，表 3-6 に示す値（N/mm^2）

c. 基礎

$Q_{AL}=b\cdot j\cdot f_s$

ここで,

Q_{AL} ：許容面内せん断力（N）

b ：梁幅（mm）

j ：断面の応力中心間距離（mm）

f_s ：コンクリートの短期許容せん断応力度で，表 3-6 に示す値（N/mm^2）

(2) 曲げモーメントに対する断面の評価方法

断面の評価は,「ＲＣ－Ｎ規準」に基づき，評価対象部位に生じる曲げモーメントが，短期許容曲げモーメントを超えないことを確認する。

$M_A=a_t\cdot f_f\cdot j$

ここで,

M_A ：短期許容曲げモーメント（N·mm）

a_t ：引張鉄筋断面積（mm^2）

f_f ：引張鉄筋の短期許容引張応力度で，表 3-7 に示す値（N/mm^2）

j ：断面の応力中心間距離（mm）

NT2 補② V-2-2-2-6 R0

4. 評価結果

4.1 応力解析による評価結果

「3.5.2　断面の評価方法」に基づいた断面の評価結果を表 4-1～表 4-5 に示す。S_s地震時において，発生値が許容値を超えないことを確認した。

表 4-1　評価結果（地下排水上屋耐震壁）

方　向	EW 方向	NS 方向
厚さｔ（mm）×壁長Ｌ（mm）	北側：150×2350 南側：150×1200	東側：150×3000 西側：150×3000
発生せん断力　Q（kN）	112	112
許容値　Q_A（kN）	471	797
検定値　Q/Q_A	0.238	0.141
判　定	可	可

表 4-2　評価結果（屋根スラブ）

方向	NS（短辺）方向	EW（長辺）方向
厚さｔ（mm）	120	
有効せい　d(mm)	90	
配筋	9φ@200 (318 mm^2/m)	
発生曲げモーメント　M（kN･m/m）	2.43	1.72
許容値　M_A（kN･m/m）	5.88	5.88
検定値　M/M_A	0.414	0.293
発生せん断力　Q（kN/m）	9.47	10.7
許容値　Q_A（kN/m）	69.6	69.6
検定値　Q/Q_A	0.137	0.154
判定	可	可

NT2 補② V-2-2-2-6 R0

表 4-3 評価結果（床スラブ）

方向	NS（短辺）方向	EW（長辺）方向
厚さ t（mm）	100	
有効せい d(mm)	50	
配筋	D13@200 (633.5 mm^2/m)	
発生曲げモーメント M（kN･m/m）	1.95	1.37
許容値 M_A（kN･m/m）	8.17	8.17
検定値 M/M_A	0.239	0.168
発生せん断力 Q（kN/m）	7.57	8.56
許容値 Q_A（kN/m）	38.7	38.7
検定値 Q/Q_A	0.196	0.222
判定	可	可

表 4-4　評価結果（基礎/フーチング）

部位	フーチング
厚さ t（mm）	200
有効せい　d(mm)	140
配筋	D13@150 (844.7 mm^2/m)
発生曲げモーメント　M（kN･m/m）	0.676
許容値　M_A（kN･m/m）	30.5
検定値　M/M_A	0.023
発生せん断力　Q（kN/m）	10.8
許容値　Q_A（kN/m）	108
検定値　Q/Q_A	0.100
判定	可

表 4-5　評価結果（基礎/基礎梁）

部位	基礎梁
せい D（mm）×幅 b（mm）	700×150
有効せい　d(mm)	640
配筋	2-D13 上下 (253.4 mm^2)
発生曲げモーメント　M（kN･m）	9.74
許容値　M_A（kN･m）	41.8
検定値　M/M_A	0.234
発生せん断力　Q（kN）	19.5
許容値　Q_A（kN）	74.3
検定値　Q/Q_A	0.263
判定	可