

東海第二発電所 原子炉建屋地下排水設備の信頼性向上について

1. 概要

東海第二発電所の原子炉建屋地下排水設備（以下、「排水設備」という。）は、その機能喪失時にも原子炉建屋の耐震性に影響が及ぶには十分な余裕時間が確保され資機材による対応が十分可能である。ただし、余裕時間を超えて排水機能が損なわれた場合には、安全上の影響が出る可能性があるため、信頼性向上の観点から、常設の排水設備の耐震性を確保（S_s機能維持）するとともに、非常用電源化する等の自主対策を採ることとする。

2. 排水設備停止時の排水機能の維持について（添付1～3）

排水設備が停止した際の地下水位の上昇について、止水壁の地震による損傷の影響を含めて検討した。その結果、原子炉建屋近傍の地下水位が、地震時にも原子炉建屋の健全性に影響がない許容水位に到達するまでの時間は、30日以上と評価した（添付1）。

また、排水設備停止時においても、資機材を用いた運用・管理により、上記時間に対して十分短時間で、地下水の排水を開始できる（添付2）。

以上のことから、排水設備が停止しても、安全上の影響が生じることはなく、資機材による運用・管理での対応が十分可能であり、必要な排水機能は維持される。

なお、仮に排水が停止したまま地下水位が地表面に達した場合でも、原子炉建屋に生じる応力は、長期許容応力度を超えないことを確認している（添付3）。

3. 排水設備の信頼性向上対策について（添付4）

上記2.のとおり排水機能は維持されるが、地震時や外部電源喪失時における信頼性を向上させる観点から、自主的に以下の対策を採ることとし、工認の補足説明資料に、関連する説明を記載する。

- (1) 排水設備及び地下水位検知設備の耐震性確保及び非常用電源化
- (2) 排水設備の作動状況に係る検知性向上

これらの対策により、地震時や外部電源喪失時においても排水設備の機能を維持できる。なお、万一、排水設備が停止した場合においても、運用・管理にて対応できるよう、可搬設備による対応も社内規程に定めることとする。

以上

地震後の排水設備の機能に期待しない場合の止水壁内への地下水流量評価

地震後の排水設備の機能に期待しない場合の止水壁内の地下水流量及び許容水位への到達時間について検討した。

1. 止水壁天端標高の嵩上げ及び止水壁内外の地下水位標高の設定

止水壁の天端は、EL. +4.5mであるが、防潮堤設置後、堤内側の地下水位が変化する可能性があること、及び構造物の耐震評価の設定条件として保守的に地下水位を地表面に設定していることから、止水壁の天端は地表面（EL. +8m）まで嵩上げすることとする。

図 1 に止水壁の天端嵩上げ概念図を示す。

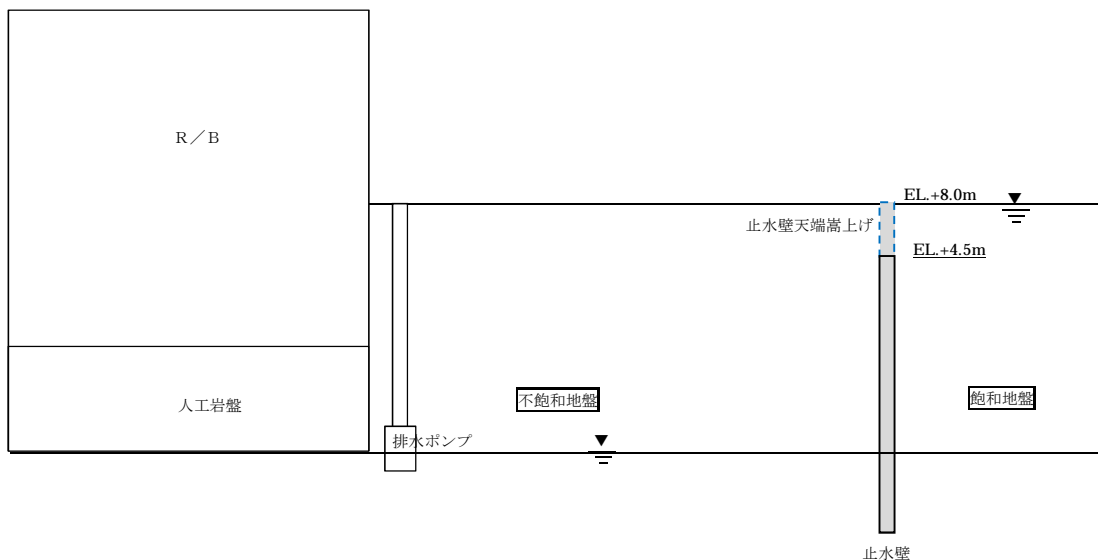


図 1 止水壁の天端嵩上げ概念図

2. 地震後の排水設備の機能に期待しない場合における止水壁内の許容地下水位到達までの時間評価

(1) 止水壁の地震時損傷状況の設定

1) 検討内容

止水壁近傍の構造物の耐震評価結果から止水壁のSs地震時の発生応力を推定し、止水壁の損傷を仮定する際に考慮する。検討は以下の手順で行う。

- ① 止水壁位置を検討断面としている屋外二重管の耐震評価結果を使用する。止水壁の発生断面力として、線形はり要素でモデル化している屋外二重管の杭基礎部材に発生する最大断面力（岩盤表面近傍の最大曲げモーメント及び最大曲げモーメント発生時刻の軸力）を抽出する。図2に屋外二重管基礎の岩盤基礎部付近の断面力図を示す。
- ② 抽出した最大断面力を用いて、RC断面計算により止水壁の鉄筋に発生する引張応力度を算出し、止水壁の損傷を仮定する際に考慮する。

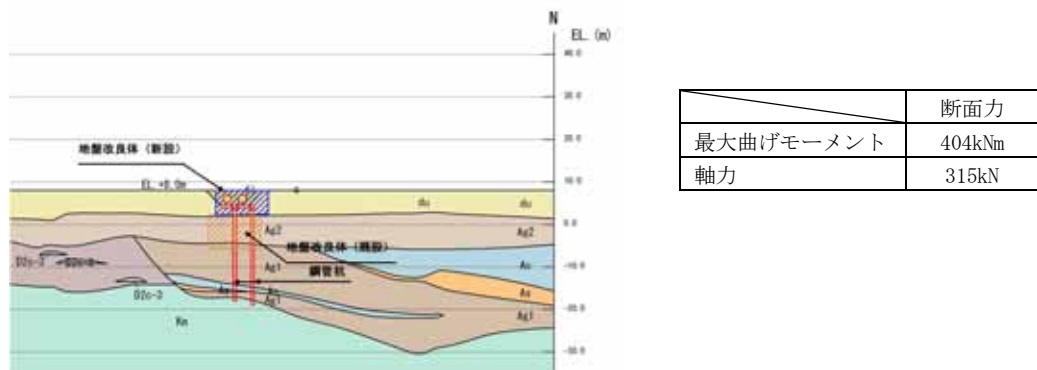


図2 止水壁近傍の屋外二重管基礎部材に発生する曲げモーメント及び軸力図
(曲げモーメント最大時刻)

2) 止水壁の曲げひび割れ幅の算定

ひび割れ幅の算定は、「コンクリート標準示方書【構造性能照査編】(土木学会, 2002年)に基づき行った。その結果、曲げひび割れは1.5mmと算定された。

$$w = 1.1k_1k_2k_3\{4c + 0.7(c_s - \phi)\} \left[\frac{\sigma_{se}}{E_s} + \varepsilon'_{csa} \right]$$

ここで、

w : 曲げひび割れ幅 (mm)

k₁ : 鋼材の表面形状がひび割れ幅に及ぼす影響を表す係数で、
一般に、異形鉄筋の場合に1.0としてよい。

k₂ : コンクリートの品質がひび割れ幅に及ぼす影響を表す係数
で、下式による。

$$k_2 = \frac{15}{f'_c + 20} + 0.7$$

f'_c : コンクリートの圧縮強度 (N/mm²)。

一般に、設計圧縮強度 f'_{ca} を用いてよい。

k₃ : 引張鋼材の段数の影響を表す係数で、下式による。

$$k_3 = \frac{5(n+2)}{7n+8}$$

n : 引張鋼材の段数

c : かぶり (mm)

c_s : 鋼材の中心間隔 (mm)

φ : 鋼材径 (mm)

ε'_{ecc} : コンクリートの収縮及びクリープ等によるひび割れ幅の増加
を考慮するための数値。一般に、150×10⁻⁶程度としてよい。

σ_{se} : 鋼材位置のコンクリート応力が0の状態からの鉄筋応力度の
増加量 (N/mm²)

E_s : 鉄筋のヤング係数 (N/mm²)

(2) 地下水浸透流解析

1) 解析モデル

解析モデルを図3に示す（ダルシー則に基づく1次元定常浸透流地盤モデル）。

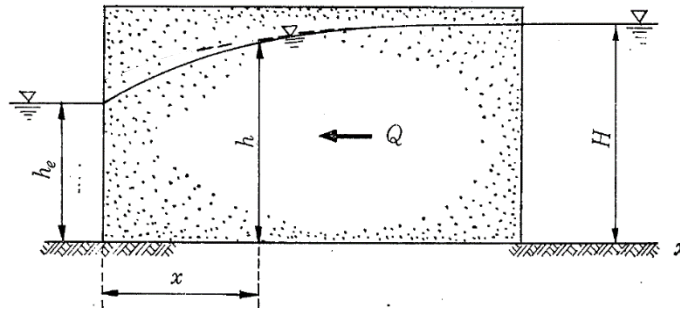


図3 不圧一次元定常浸透流地盤モデル

$$Q = \kappa \times h \times \frac{dh}{dx} = \frac{\kappa}{2 \times L} (H^2 - h_e^2)$$

ここに、 Q ：流量（ $m^3/日$ ）， κ ：透水係数（ $m/日$ ）， H ：地下水位（ m ）

2) 解析用物性値

解析に用いた物性値を表1に示す。

表1 地下水浸透流解析に用いた物性値

物性値	設定値	設定内容
土層の透水係数 (飽和地盤) κ_{sat}	$3.23 \times 10^{-2} \text{ cm/s}$	東海第二発電所の止水壁近傍の地層は埋戻土（f1層）であるが、保守的な評価とするため、地盤の透水性に影響を及ぼす粒度試験結果のD10（通過質量百分率10%の粒径）又はD20（通過百分率20%時の粒径）が小さく、細粒分含有率も少ない砂層（du層）の揚水試験結果を用いる。
土層の透水係数 (不飽和地盤) κ_{unsat}	$\kappa_{sat} \times 0.1$ $= 3.23 \times 10^{-3} \text{ cm/s}$	東海第二発電所敷地内の砂層（du層）の飽和・不飽和透水試験結果では、不飽和地盤の透水係数と飽和地盤の透水係数の比（ $\kappa_{unsat} / \kappa_{sat}$ ）は0.003～0.07であることから、保守的な評価とするため0.1を用いる。
土層の間隙率	0.30	東海第二発電所敷地内の砂層（du層）の間隙率は0.30～0.32の範囲であることから、保守的な評価とするため0.30を用いる。
止水壁の透水係数	$1.98 \times 10^{-6} \text{ cm/s}$	止水壁内の排水記録から算定した透水係数。止水壁の貫通ひび割れを仮定した場合、貫通ひび割れ部の透水係数は、周辺地盤の土粒子に埋もれることを仮定し、ひび割れ幅範囲に砂（du層）の透水係数を用いる。
止水壁から原子炉までの到達距離	44m	止水壁内部の地下水流域とR/B領域の面積と同様な円状の半径（等価半径距離）を用いる。

3) 評価結果

原地盤の調査結果から得られた止水壁内の観測地下水流量を再現計算することにより、透水係数を同定し、止水壁外の水位を地表面と仮定した場合における止水壁内の地下水位の変化量及びこれに関する経過日数を推定した。その際、止水壁内は不飽和であること及び止水壁内の水位の変化に応じて止水壁内外の水頭差が減少して行くことを考慮する。

図4に検討概念図を、表2に止水壁内への地下水流量及びR/B基礎盤下端まで上昇する時間を算定した結果を示す。なお、S_s地震時に仮定したひび割れ幅については、算定の結果1.5mmの曲げひび割れであるが、保守的な評価を行うため、止水壁全周にわたって幅1.5mmの貫通ひび割れとして設定した。

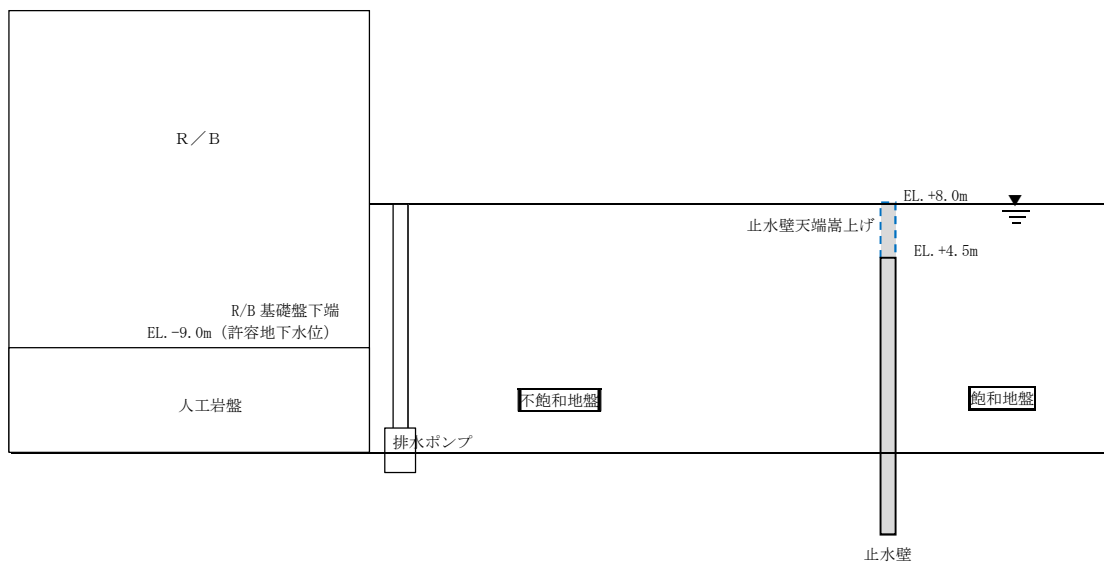


図4 検討概念図

表2 地震後の排水設備の機能に期待しない場合の止水壁内への地下水流量及び許容水位到達までの時間算定結果表

想定貫通ひび割れ幅 (mm)	R/B 基礎盤下端まで上昇する時間 (日)	止水壁内への最大地下水流量 (m ³ /日)	備考
0.0mm	81 日	395m ³ /日	<ul style="list-style-type: none"> ・現状、排水設備は2系統設置されている。 ・R/B 基礎盤下端標高は EL. -9.0m
1.5mm	61 日	415m ³ /日	

3. まとめ

常時において排水設備の機能に期待しない場合，許容水位標高までの地下水到達時間は 81 日である。

また，地震後の排水設備の機能に期待しない場合は，許容水位標高までの地下水到達時間は 30 日程度以上である（止水壁全周に貫通ひび割れを保守的に仮定した場合）。

以 上

原子炉建屋地下排水設備停止時の対応について

1. 概 要

原子炉建屋基盤近傍の地下水は、原子炉建屋地下排水設備（以下「排水設備」という。）により排水することで地下水位を低水位に維持する。当該排水機能が喪失した場合でも、原子炉建屋の耐震性に影響が及ぶには十分な余裕時間があると評価しており、資機材による対応が十分可能である。

ここでは、排水設備の機能が喪失した場合の対応について説明する。

(1) 排水設備の異常の検知

排水設備の止水壁排水ポンプに異常が発生した場合には、中央制御室に発報する集水ピットの「水位高」警報及び巡視による止水壁排水ポンプの運転状況の確認によりその異常を検知する。

(2) 可搬型排水ポンプを用いた対応

排水設備の異常を検知し、止水壁排水ポンプの運転ができないと判断した場合には、可搬型排水ポンプによる排水対応を行う。この対応に必要な資機材はあらかじめ確保する。

- ・ 止水壁排水ポンプと同等の排水能力を有する可搬型排水ポンプ
- ・ ホース、電源ケーブル
- ・ 資機材の運搬・設置に必要な台車やチェーンブロック等

(3) 地下排水上屋へのアクセス

可搬型排水ポンプを設置する地下排水上屋へは、地下排水上屋は、重大事故等時に可搬型重大事故等対処設備を運搬するために確保するアクセスルートの近傍にあることから、台車等を用いて設置する資機材を徒歩で運搬できる。

(4) 可搬型排水ポンプの設置に係る要員と所要時間

止水壁排水ポンプ点検時の可搬型排水ポンプの設置作業の実績より、5名の要員で可搬型排水ポンプの設置することが可能。可搬型排水ポンプの設置、排水開始までにかかる時間は6時間程度（対応要員を招集する時間は除く）と評価している。

以 上

添付資料 可搬型排水ポンプによる排水対応について

可搬型排水ポンプによる排水対応について

1. 排水設備の異常の検知と対応

(1) 異常の検知

排水設備の異常を検知するために、集水ピットの水位の計測については、非常用電源化及び耐震性を確保（S s機能維持）すること等の対策を採ることで、検知の信頼性を向上させる。（図1参照）

排水設備の異常については以下の2通りで検知することが可能。

① 中央制御室での警報による異常の検知

中央制御室では、排水設備の集水ピットの「水位高」及び、排水設備の「電源喪失」の警報が発報することから、排水設備の異常を検知することができる。

② 巡視による異常の検知

巡視では、排水設備の集水ピットの水位や水位の増減状況及び止水壁排水ポンプの運転時間を確認することで、止水壁排水ポンプの排水機能が健全であることを確認できる。巡視では以下の事項を確認する。

《通常時》：1回／日

巡視で確認する事項	確認可能なパラメータ
集水ピットの水位	水位計の指示 (水位計の指示が止水壁排水ポンプの起動/停止の範囲内にあること)
集水ピットの水位の傾向	水位記録計（新設）の水位の指示 (水位記録計により水位の増減の状況を監視。地下水の流入による水位上昇/排水による水位下降の傾向を確認し、止水壁排水ポンプの排水機能が健全であること)
止水壁排水ポンプの運転時間	止水壁排水ポンプの運転時間カウンター (運転時間が極端に増えていないこと)

《地震発生後》：地震発生後に巡視^{*}を行う。

巡視で確認する事項	確認可能なパラメータ
止水壁排水ポンプの運転確認	水位計の指示 (止水壁排水ポンプを運転確認し、集水ピットの水位が下降すること) フローグラス（新設）の目視確認 (フローグラスを確認し、止水壁排水ポンプの排水が排水先に送られていること)

^{*} 通常時の確認事項に加え、止水壁排水ポンプを運転確認し、止水壁排水ポンプの排水機能が健全であることを確認する。

集水ピットの水位が Lo レベルで止水壁排水ポンプが運転できない場合には、時間を空けて集水ピットの水位を上昇させてから再度運転を試みる。

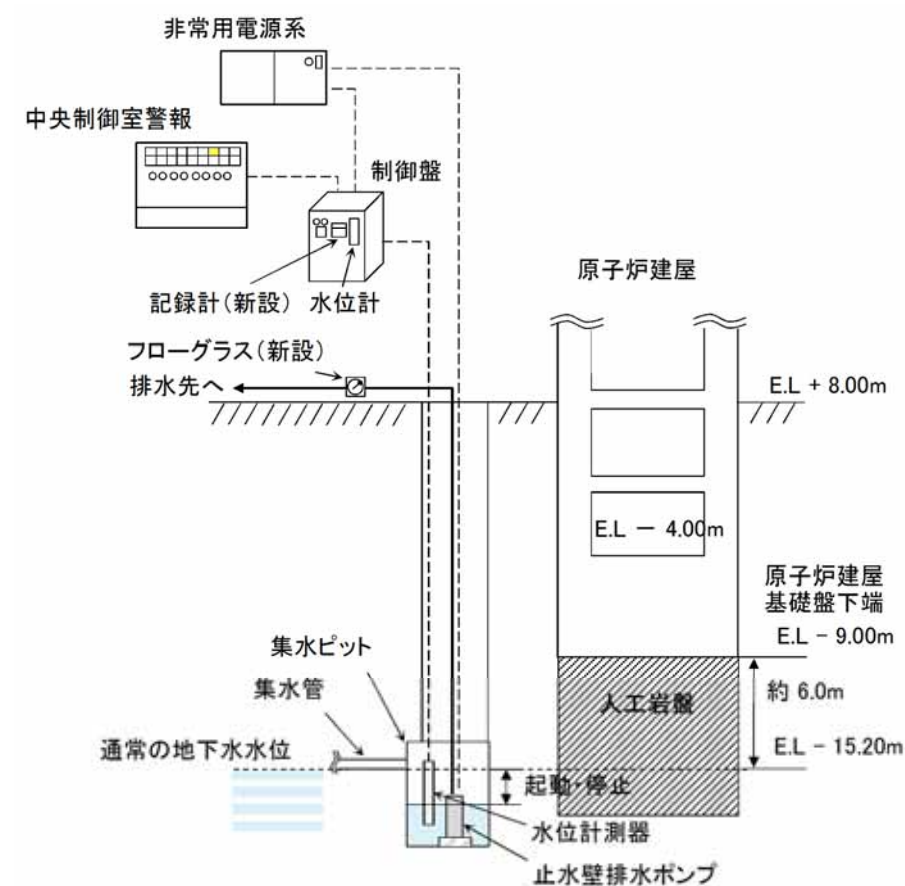


図1 排水設備と原子炉建屋との相関図

(2) 異常の検知後の対応

(1) で示した中央制御室での警報及び巡視により排水設備の異常を検知し、発電長が止水壁排水ポンプによる排水が行えていないことを判断した場合には、2. に示す可搬型排水ポンプによる排水対応に移行する。

《可搬型排水ポンプによる排水対応への移行》

状 況	確認事項
通常時	<ul style="list-style-type: none"> ・集水ピットの水位が、「水位高」警報レベルを超えているにも関わらず、止水壁排水ポンプが運転していない場合、又は止水壁排水ポンプが運転しているが水位上昇が継続している場合。 又は ・電源が喪失により、止水壁排水ポンプの運転ができない場合。
地震発生時	<ul style="list-style-type: none"> ・止水壁排水ポンプの運転確認を実施しても集水ピットの水位が低下しない場合。 又は ・フローグラスにより排水が排水先に送られていることを確認できない場合。

2. 可搬型排水ポンプによる排水

排水設備は原子炉建屋の東側及び西側に設置されており、集水ピット及び止水壁排水ポンプにより構成され、集水ピット間は集水管で相互に接続されている。

このため、東側及び西側のいずれかの排水設備の集水ピット内に可搬型排水ポンプを設置することで集水ピット内に流入した地下水は排水できる。

可搬型排水ポンプは、止水壁排水ポンプと同等の排水能力のポンプを確保する。また、排水に係るホース、電源ケーブル等の運搬・設置に必要な台車やチェーンブロック等をあらかじめ用意しておく。

非常用電源系の接続口を屋外に設置し、可搬型排水ポンプの動力源として活用する。(図2参照)

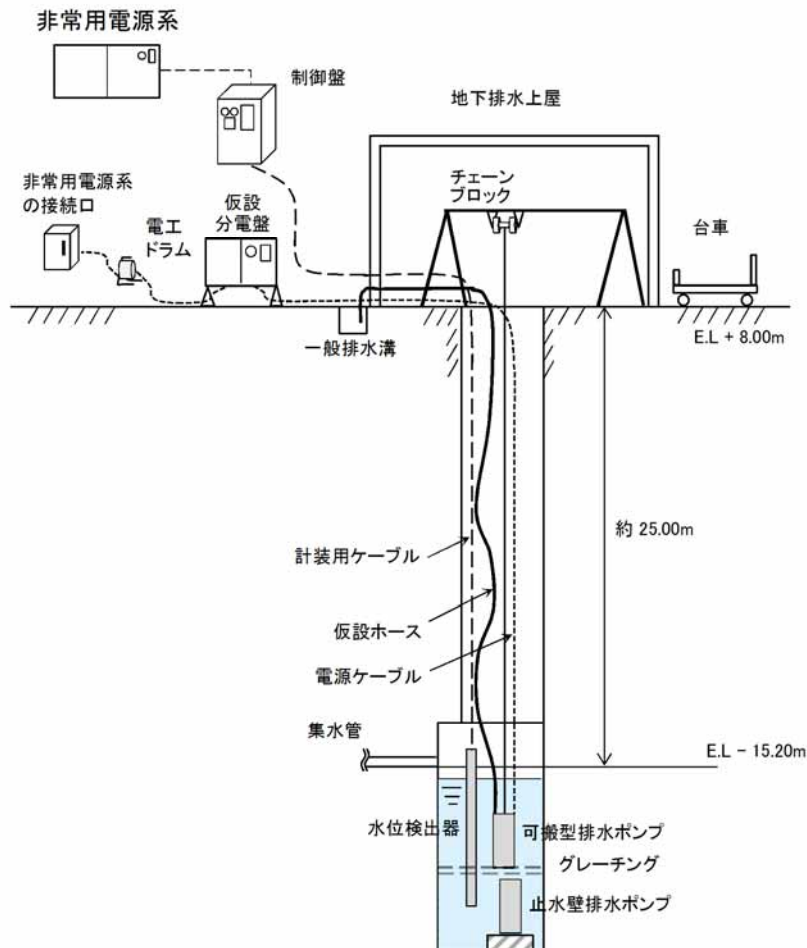


図2 可搬型排水ポンプの設置図 (イメージ図)

3. 可搬型排水ポンプの運搬及び保管場所

排水設備が設けられている地下排水上屋はアクセスルートに接して設置されていることから、地下排水上屋までのアクセスルートは、地震による影響(周辺構造物等の損壊等)を受けないと評価している。仮に地震による影響が発生しても、撤去、乗り越えが可能と評価していることから、地下排水上屋までのアクセス性に支障はない。(図3参照)

また、地下排水上屋の周囲で可搬型重大事故等対処設備のホース及びケーブル等が展開された場合でも、可搬型排水ポンプの運搬及び資機材の設置は可能である。(図4参照)

可搬型排水ポンプ及びホース等の資機材一式は、地震及び津波を考慮して緊急時対策室建屋内に保管する。

可搬型排水ポンプの運搬には、重量物の運搬を考慮し、台車等をあらかじめ確保する。

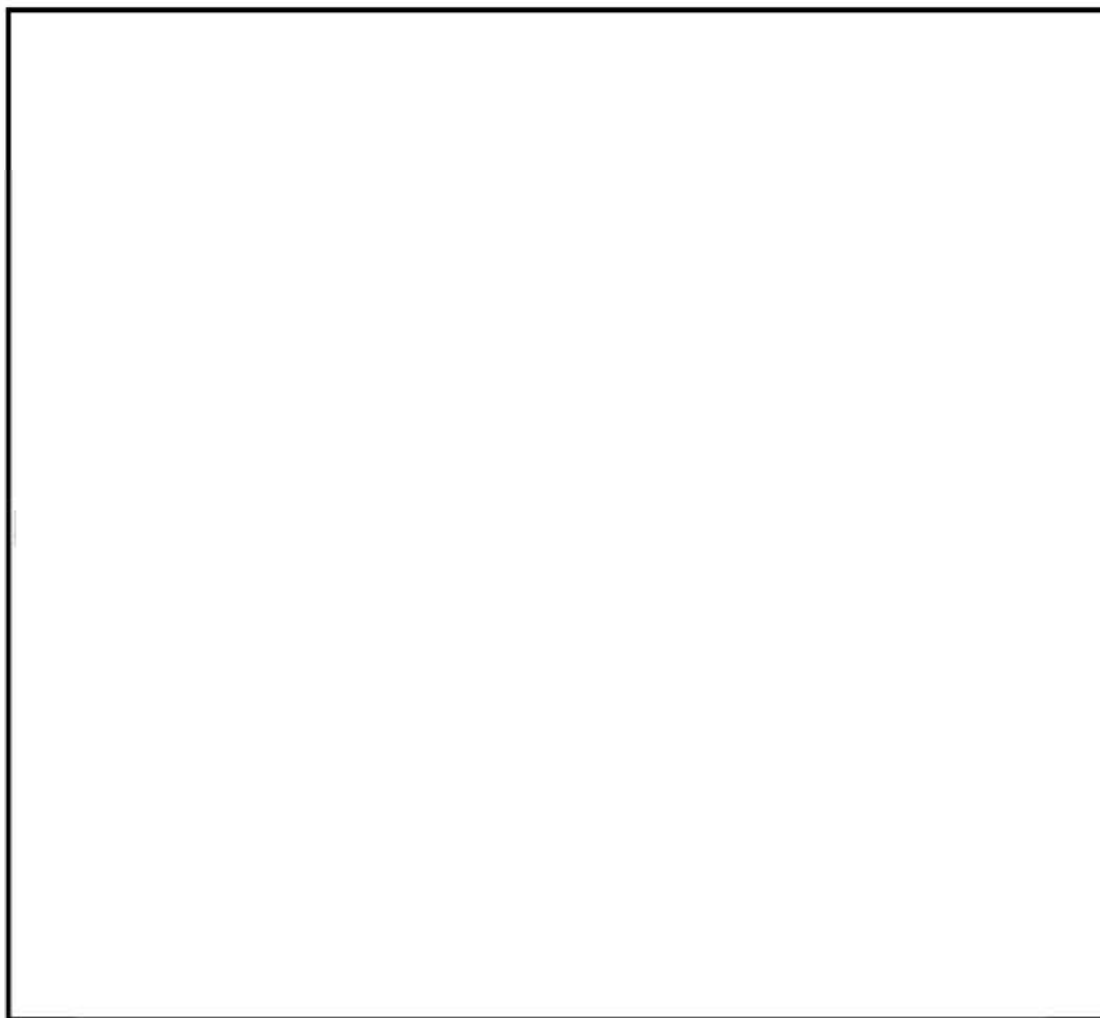


図3 地下排水上屋へのアクセスルート

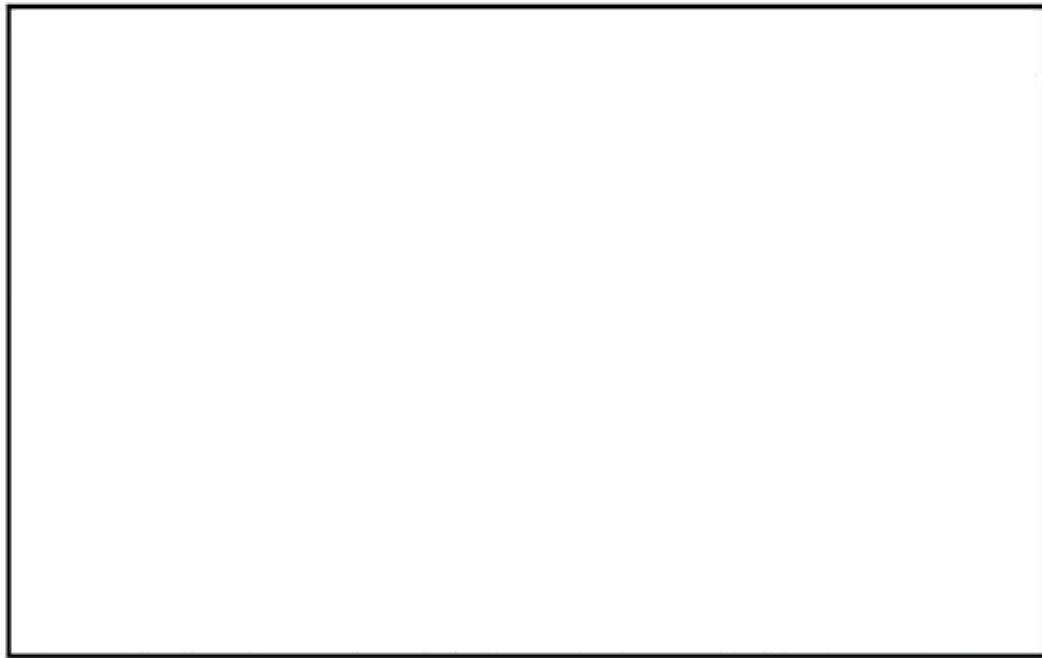
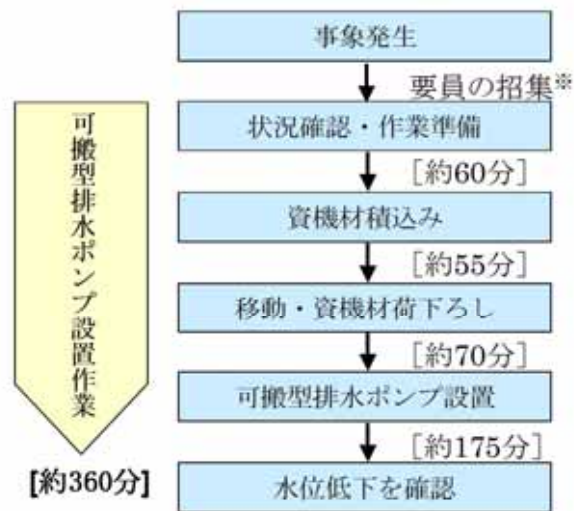


図4 可搬型排水ポンプ及び資機材の配置

4. 可搬型排水ポンプの設置に当たる要員

作業実績より、要員 5 名にて可搬型排水ポンプの設置は可能である。また、可搬型排水ポンプの設置、排水開始までにかかる時間は 6 時間程度（対応要員を招集する時間は除く）と評価している。（図 5 参照）



※ 対応する要員の招集に要する時間は、約2時間と評価している。

図5 可搬型排水ポンプの設置に係る対応の流れ

原子炉建屋への地下水位の影響

1. 概要

原子炉建屋の周辺には、地下水位低減を目的としたサブドレン設備が設置されている。水位 EL. -15.2m で排水ポンプが起動する設定となっており、原子炉建屋周辺の地下水位は、通常において EL. -15.2m 以下となっている。

本検討では、地震時のポンプの故障等により排水されなくなった場合に、浮力及び水圧が原子炉建屋に与える影響について検討する。浮力及び水圧の影響を受ける部位は地下部分であるため、検討対象は地下外壁及び原子炉建屋基礎盤（以下「基礎盤」という）とする。

2. 常時荷重に対する検討

2.1 検討方針

ポンプの故障等により排水されなくなった場合の保守的な評価として、地表面まで水位が上昇すると仮定し影響評価を実施する。

影響評価は、地下水位の上昇に伴う浮力及び水圧の影響を考慮した応力解析に基づく各部応力が長期許容応力度以下となることを確認する。

2.2 地下外壁への影響検討

(a) 許容限界

許容限界は長期許容応力度とする。コンクリートの長期許容応力度を表 2-1 及び表 2-2 に示す。

表 2-1 コンクリートの長期許容応力度

Fc (N/mm ²)	圧縮 (N/mm ²)	せん断 (N/mm ²)
22.1	7.36	0.711

表 2-2 鉄筋の長期許容応力度

引張及び圧縮 (N/mm ²)	せん断補強 (N/mm ²)
SD345* ¹	SD345* ¹
215 (195* ²)	195

注記 *1：建設当時の鉄筋の種類は SD35 であるが現在の規格 (SD345) に読み替えた許容応力度を示す。

*2：D29 以上の太さの鉄筋に対しては () 内の数値とする。

(b) 検討用荷重

地下外壁側面に考慮する水圧を図 2-1 に示す。地下外壁に取り付く床による外壁の拘束条件の違いから、外壁を 3 タイプに分類して静止土圧及び地下水圧による荷重を算定する。地下外壁の分類を図 2-2 に示す。静止土圧及び地下水圧を考慮した際に外壁に生じる端部モーメント、中央モーメント及びせん断力を表 2-3 に示す。

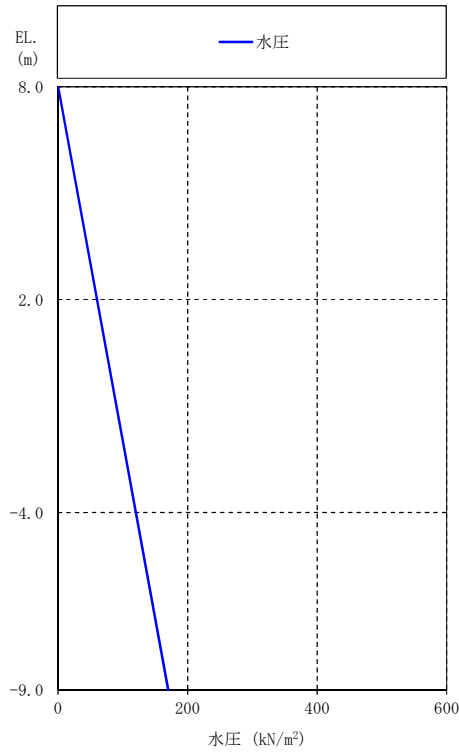


図 2-1 地下外壁側面に考慮する水圧

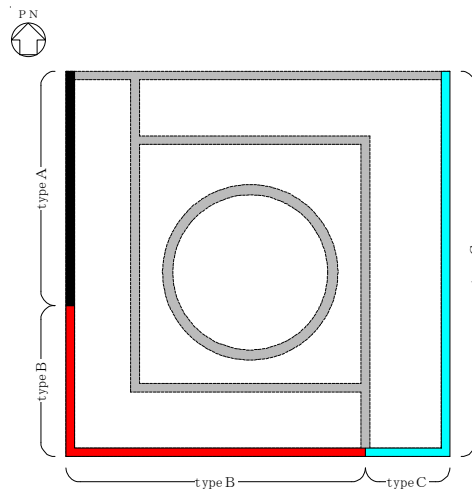


図 2-2 地下外壁の分類

表 2-3 端部モーメント, 中央モーメント及びせん断力

	壁方向	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)
type A	NS 方向	751	366	704
type B	NS 方向	464	274	428
	EW 方向	464	274	428
type C	NS 方向	2006	865	1088
	EW 方向	2006	865	1088

(c) 評価結果

地下水位を地表面まで考慮した場合の外壁の評価を表 2-4 に示す。表 2-4 より、地下水位を地表面まで考慮しても発生値が許容値を超えないことを確認した。したがって、ポンプの故障等により仮に地下水位が地表面まで上昇しても、地下外壁の健全性に問題は生じない。

表 2-4 (1/3) 南側壁

部 位		type B		type C	
		端部	中央	端部	中央
厚さ t (mm) × 幅 b (mm)		1500 × 1000		1500 × 1000	
有効せい d (mm)		1440		1440	
鉄筋量 (mm ²)	外側	14349	—	14349	—
	内側	—	9566	—	9566
土圧及 び水圧	発生曲げモーメント M (kN・m/m)	464	274	2006	865
鉄筋引張応力度 σ_t (N/mm ²)		25.7	22.7	111.0	71.8
許容値 f_t (N/mm ²)		195	195	195	195
検定値 σ_t/f_t		0.14	0.12	0.57	0.37
発生せん断力 Q (kN)		428		1088	
せん断スパン比による 割増係数 α		2.0		1.75	
許容値 Q_A (kN)		1791		1571	
検定値 Q/Q_A		0.24		0.70	
判 定		可	可	可	可

表 2-4 (2/3) 西側壁

部 位		ケース 1-1			
部 位		type A		type B	
		端部	中央	端部	中央
厚さ t (mm) × 幅 b (mm)		1500 × 1000		1500 × 1000	
有効せい d (mm)		1440		1440	
鉄筋量 (mm ²)	外側	17100	—	17100	—
	内側	—	11400	—	11400
土圧及 び水圧	発生曲げモーメント M (kN・m/m)	751	366	464	274
鉄筋引張応力度 σ_t (N/mm ²)		34.9	25.5	21.5	19.1
許容値 f_t (N/mm ²)		195	195	195	195
検定値 σ_t/f_t		0.18	0.14	0.12	0.10
発生せん断力 Q (kN)		704		428	
せん断スパン比による 割増係数 α		2.0		2.0	
許容値 Q_A (kN)		1791		1791	
検定値 Q/Q_A		0.40		0.24	
判 定		可	可	可	可

表 2-4 (3/3) 東側壁

部 位		type C	
		端部	中央
厚さ t (mm) × 幅 b (mm)		1500 × 1000	
有効せい d (mm)		1440	
鉄筋量 (mm ²)	外側	14349	—
	内側	—	9566
土圧及 び水圧	発生曲げモーメント M (kN・m/m)	2006	865
鉄筋引張応力度 σ_t (N/mm ²)		111.0	71.8
許容値 f_t (N/mm ²)		195	195
検定値 σ_t/f_t		0.57	0.37
発生せん断力 Q (kN)		1088	
せん断スパン比による 割増係数 α		1.75	
許容値 Q_A (kN)		1571	
検定値 Q/Q_A		0.70	
判 定		可	可

添付 3-4

2.3 基礎盤への影響検討

(a) 許容限界

許容限界は長期許容応力度とする。コンクリート及び鉄筋の長期許容応力度を表 2-1 及び表 2-2 に示す。

(b) 検討用荷重

検討するケースは通常運転時とし、温度荷重は考慮しない。

地下水位による荷重は、基礎版底面に作用する浮力 ($10 \text{ kN/m}^3 \times 17 \text{ m} = 170 \text{ kN/m}^3$) 及び側面の水圧とする。側面の水圧は、図 2-1 に示す地下外壁側面に考慮する水圧を考慮する。具体的には、表 2-3 に示す端部モーメントとせん断力を基礎盤端部に作用させる。

(c) 検討結果

コンクリートの圧縮応力及び鉄筋の引張応力及び面外せん断応力の検定値コンターを図 2-3 に示す。なお、図 2-3 には比較のため、地下水位の上昇を考慮しない通常運転時の検定値も併せて示している。図 2-3 に示すように検定値は十分余裕があり、ポンプの故障等により仮に地下水位が地表面まで上昇しても、基礎盤の健全性に問題は生じない。

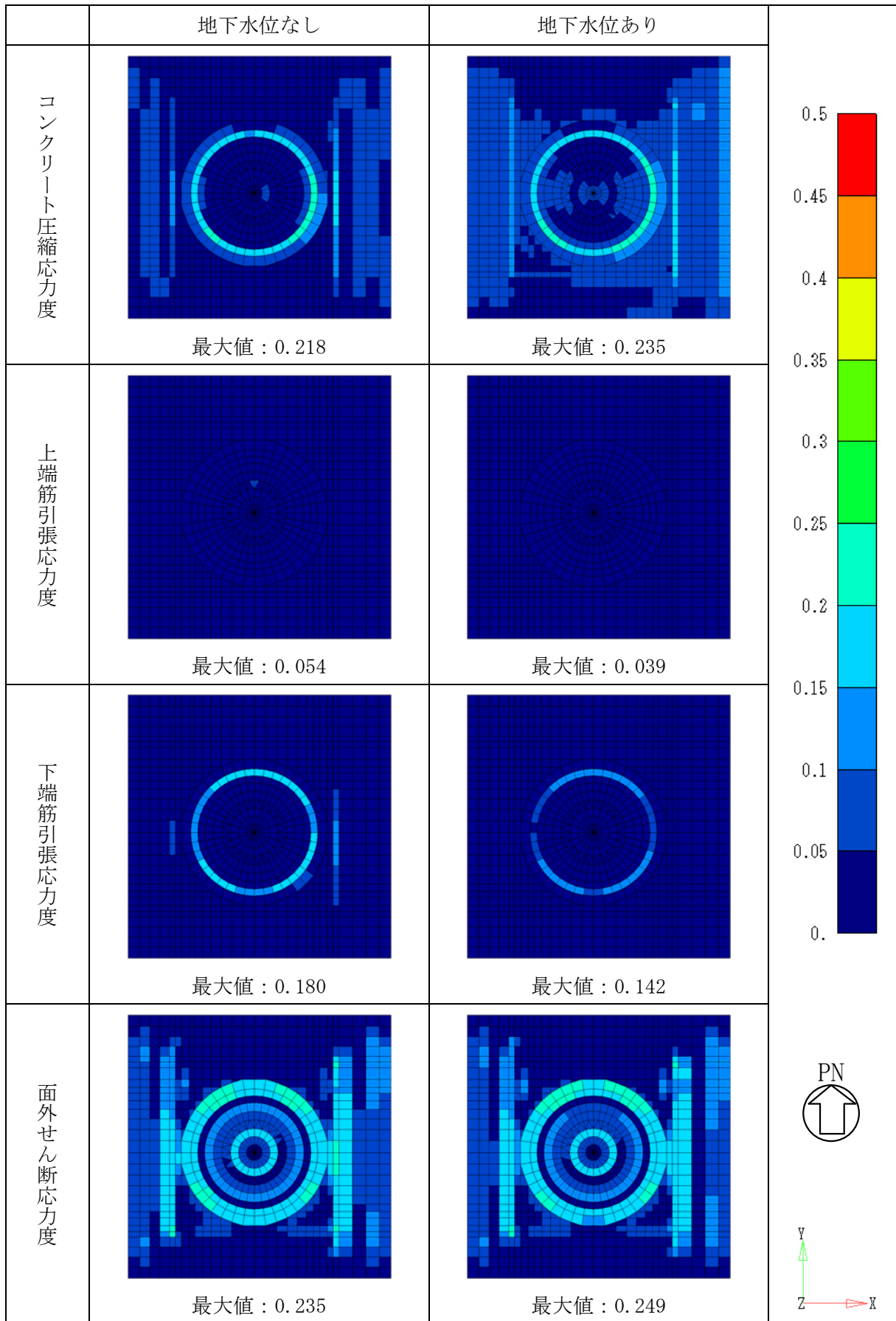


図 2-3 (1/2) 検定値コンター (X 方向または半径方向)

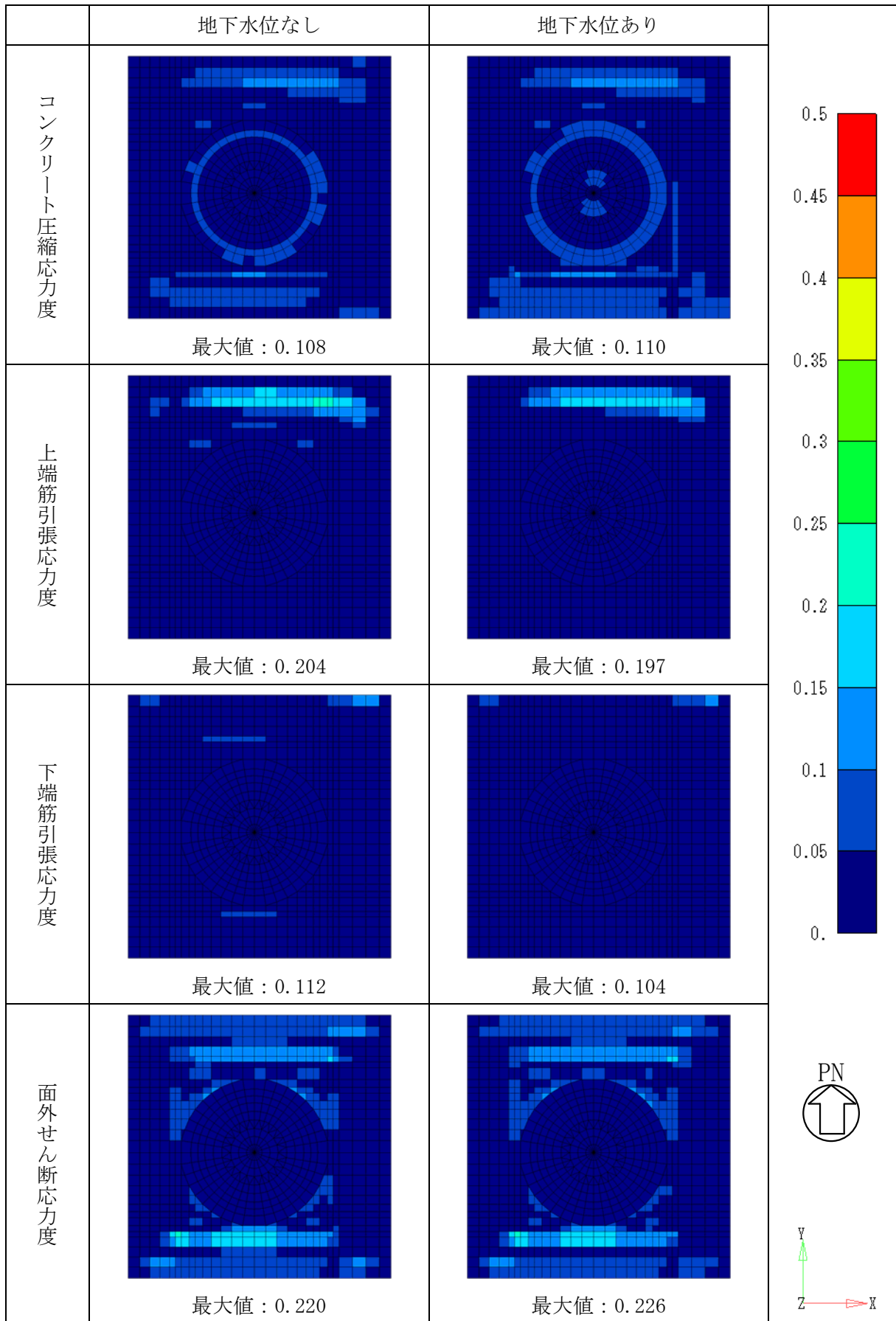


図 2-3 (2/2) 検定値コンター (Y 方向または円周方向)

3. 地震時荷重に対する検討

3.1 検討方針

基礎盤に対して地震時及びポンプの故障等により排水されなくなった場合を同時に考慮する検討として、地震時に対し、基礎盤に影響を与えない水位について確認する。

なお、基礎盤上端の水位と Ss 地震の組合せにおいて基礎盤の耐震性が担保できない結果となったことから、基礎盤上端以浅の水位による地下外壁の検討は省略する。

3.2 基礎盤への影響検討

(a) 検討方法

基礎盤の応力解析において、地下水位による浮力を考慮した場合の影響について確認する。

基礎盤は厚さ 5.0m の鉄筋コンクリートのスラブであり、そのレベルは、上端が EL-4.0m、下端が EL-9.0m である。

ここでは、地下水位について図 3-1 に示す 3 ケースを設定し、当該水位に相当する浮力と基準地震動 Ss による地震力を組み合わせ、応力解析を行い基礎盤の状態を確認する。

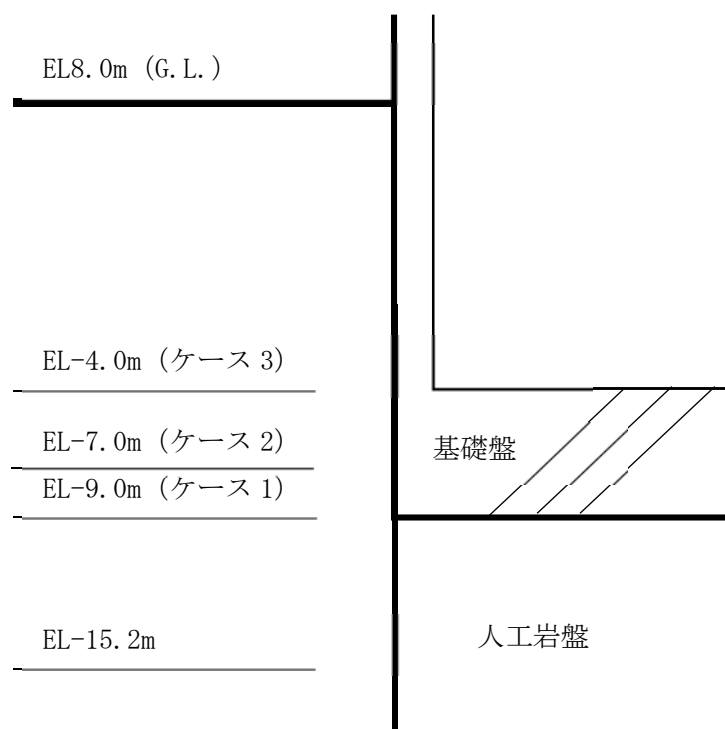


図 3-1 地下水位の設定ケース

(b) 検討結果

評価結果として、原子炉棟基礎及び付属棟基礎のケース1～3の検定値コンターをそれぞれ表3-1～表3-3に示す。結果は、Ss地震時の水平2方向作用時の全ケースの包絡値とする。

なお、原子炉格納容器底部コンクリートマットについては、いずれのケースにおいても許容値に対して余裕があることを確認しており、ここでは記載を省略する。

ケース1 (EL-9.0m=基礎盤下端レベル) は、浮力を考慮しないレベルであり、工認での評価と同じである。

ケース2 (EL-7.0m=基礎盤下端+2.0m) では、原子炉棟基礎のシェル壁周辺及び付属棟基礎の内部ボックス壁出隅部の一部の要素において、面外せん断力の検定値が1を超えている。検定値1を超える要素が連続するシェル壁周辺部において、最も検定値の大きい要素について応力平均化の検討を図3-2に示す。応力平均化により1以下となることを確認した。なお、内部ボックス壁出隅の要素についても隣接する要素の検定値が小さいため応力平均化により1以下となる。

ケース3 (EL-9.0m=基礎盤上端レベル) では、原子炉棟基礎のシェル壁周辺の多数の要素で面外せん断力の検定値が1を超え、最大値が1.751である。検定値が1.0を超える要素が隣接していること、浮力を考慮しない場合に比べ検定比の平均で約3割程度大きくなっていること、浮力を考慮しない場合に応力平均化を行った後の検定値が0.8～0.9であることを踏まえると、地下水位を基礎上端まで考慮した場合には応力平均化を行ったとしても、許容値以下とはならないと考えられる。

(c) まとめ

地下水位が基礎版下端より2m上昇したEL-7.0mの場合、基礎盤の応力は許容値以下となり、機能維持に問題ないことが確認できた。また、地下水位が基礎盤上端のEL-4.0mの場合、基礎盤の応力は許容値を超えるため、工認計算書と評価手法では機能維持が担保できないこととなる。

表 3-1 原子炉棟基礎及び付属棟基礎の検定値
 (ケース 1 : 地下水位 EL-9.0m (基礎盤下端=浮力非考慮))

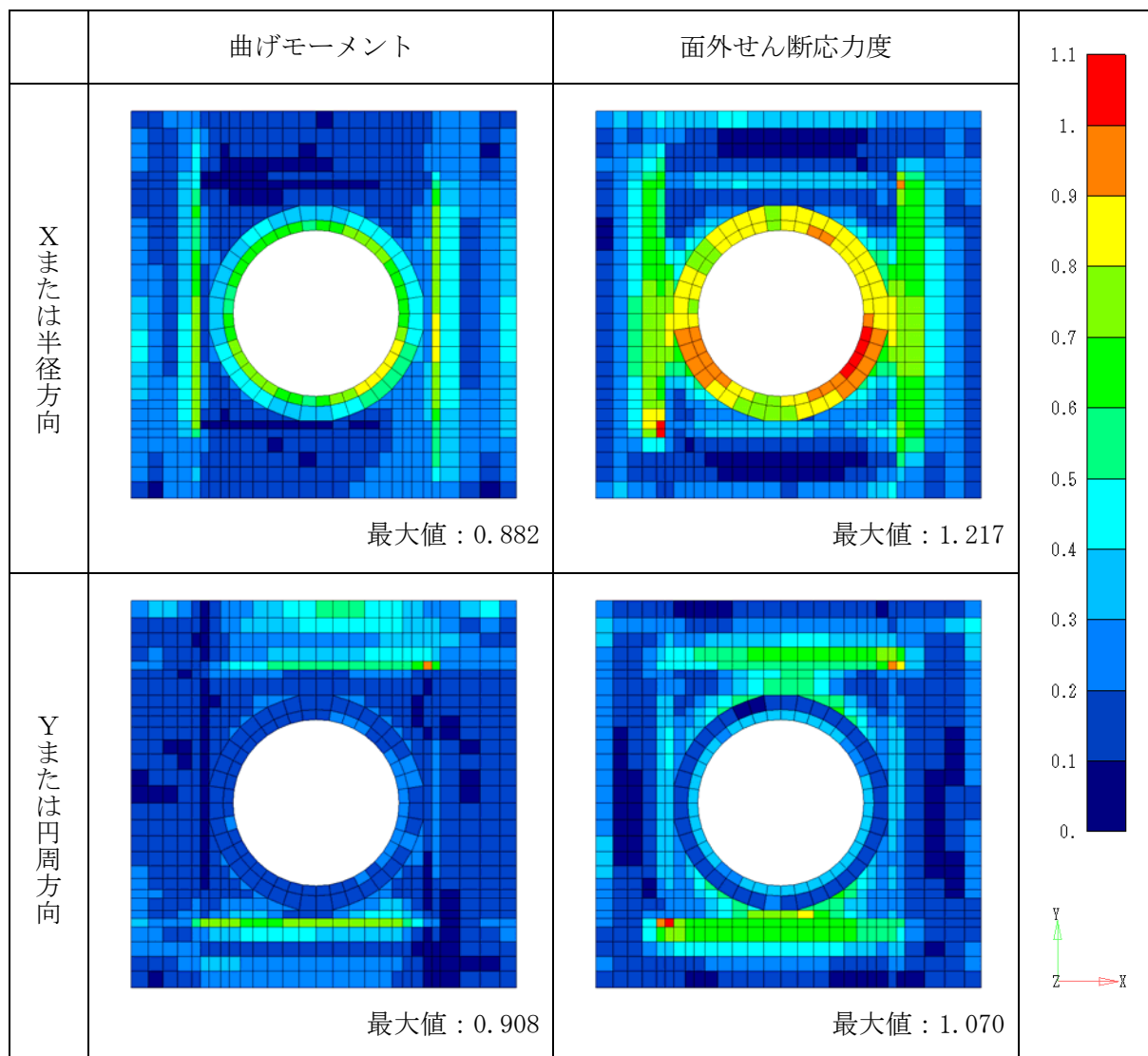


表 3-2 原子炉棟基礎及び付属棟基礎の検定値
 (ケース 2 : 地下水位 EL-7.0m (基礎盤下端+2m))

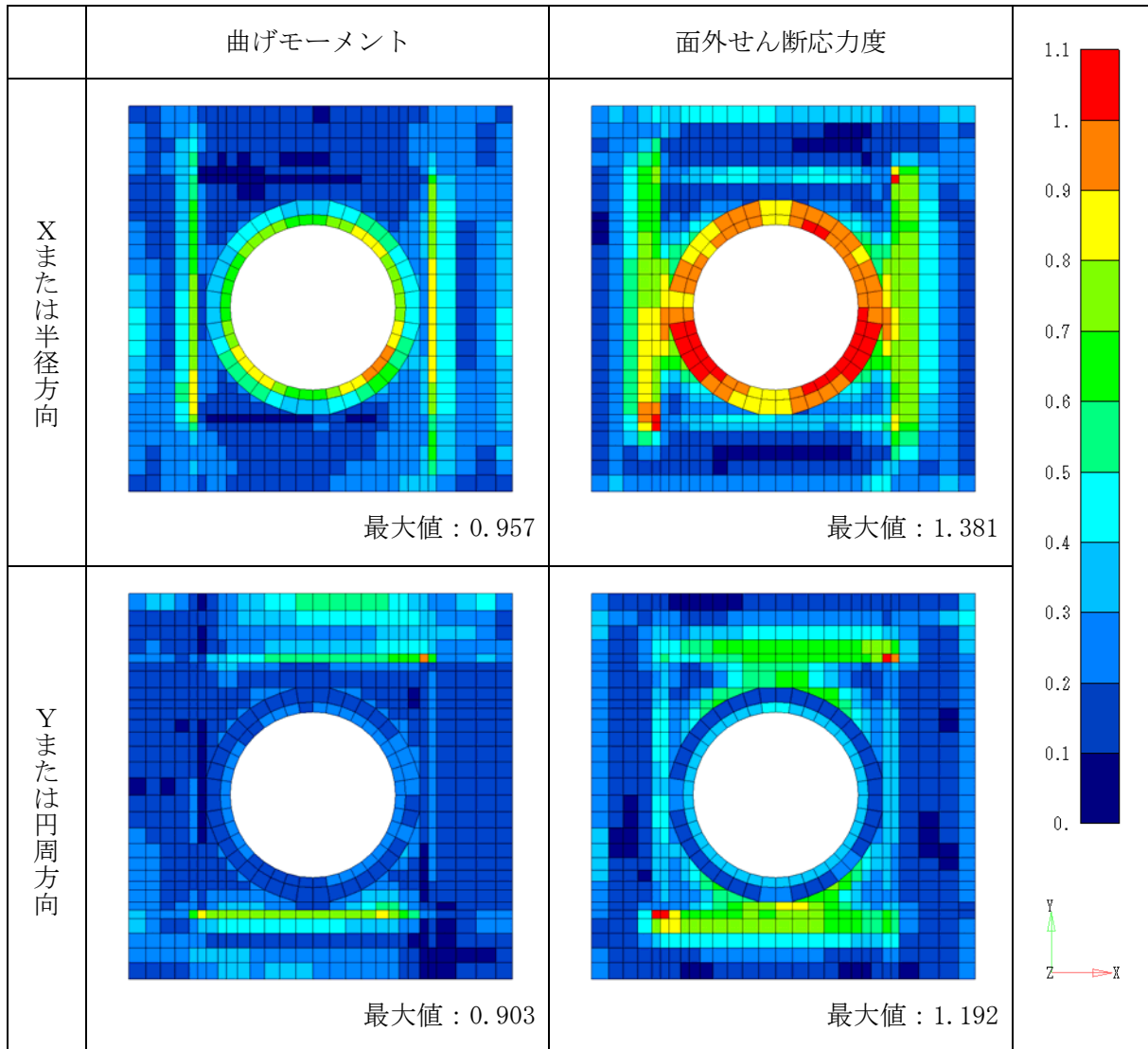
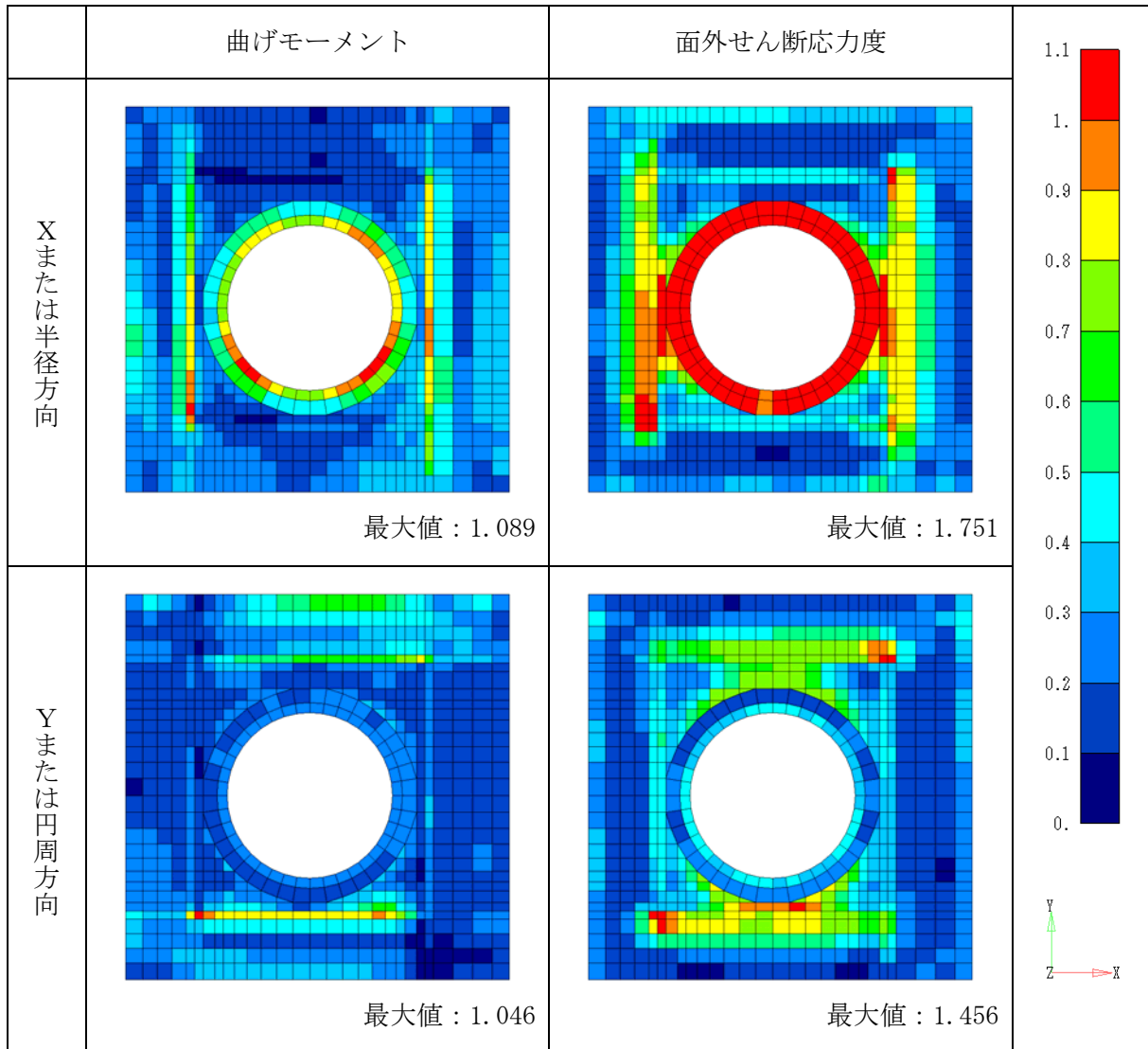
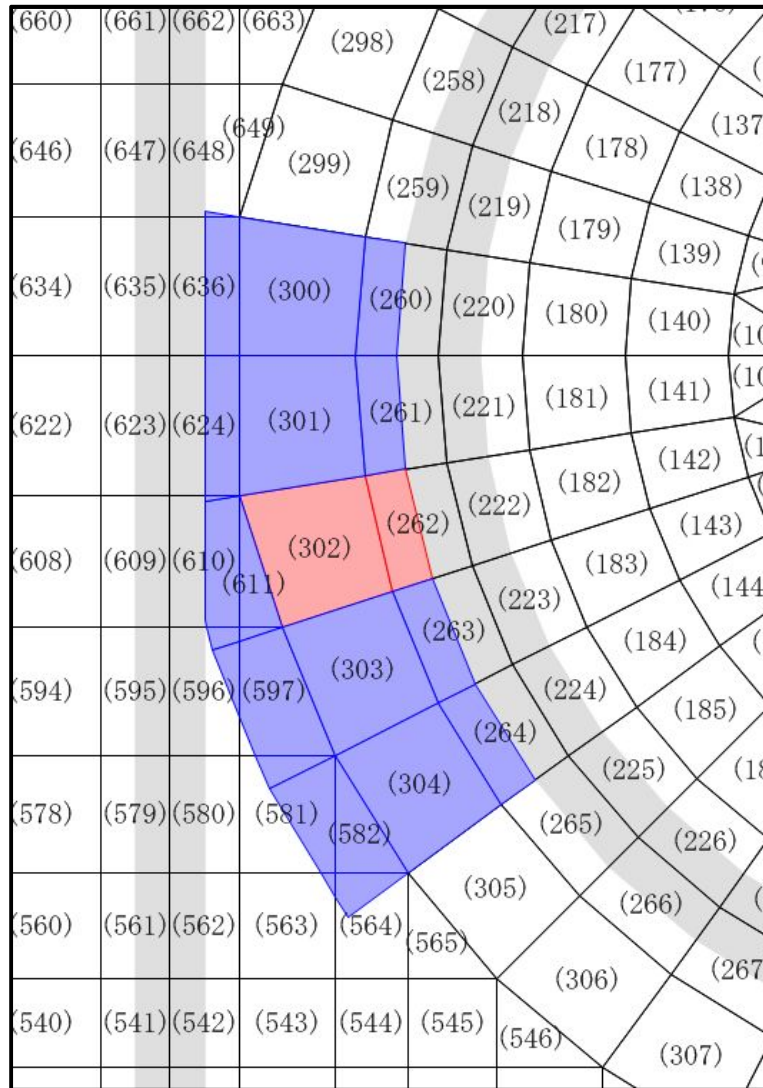


表 3-3 原子炉棟基礎及び付属棟基礎の検定値
 (ケース 3 : 地下水位 EL-4.0m (基礎盤上端))





	せん断力 (kN/m)	検定値
平均化前	9108	1.051
平均化後	8115	0.964

図 3-2 応力平均化例 (要素番号 262 及び 302)
(ケース 2 : 地下水位 EL-7.0m (基礎盤下端より 2m 上昇))

排水機能に関する設備ごとの信頼性

No.	設備	耐震性	Ss 地震時に対する検討
1	集水管	Ss 機能維持	・ 集水機能の維持を確認する
2	排水シャフト	Ss 機能維持	・ 支持機能の維持及び波及的影響の防止（閉塞しないこと）を確認する
3	集水ピット	Ss 機能維持	
4	地下排水上屋	Ss 機能維持	
5	排水ポンプ	Ss 機能維持	・ Ss 地震前後で排水機能が維持できる設計とする
6	配管	Ss 機能維持	・ Ss 地震前後で排水機能が維持できる設計とする ・ Ss 地震前後で排水の状態が確認できる設計とする
7	ポンプ電源	Ss 機能維持	・ 非常用電源から給電される設計とする
8	水位計	Ss 機能維持	・ Ss 地震前後で水位監視機能が維持できる設計とする
9	信号	Ss 機能維持	・ 水位計、ポンプ状態表示灯等の制御信号及び制御電源は、非常用電源から給電される設計とする
10	制御盤	Ss 機能維持	・ 現場制御盤は、Ss 機能維持を確保するよう耐震補強する