

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。

添付1

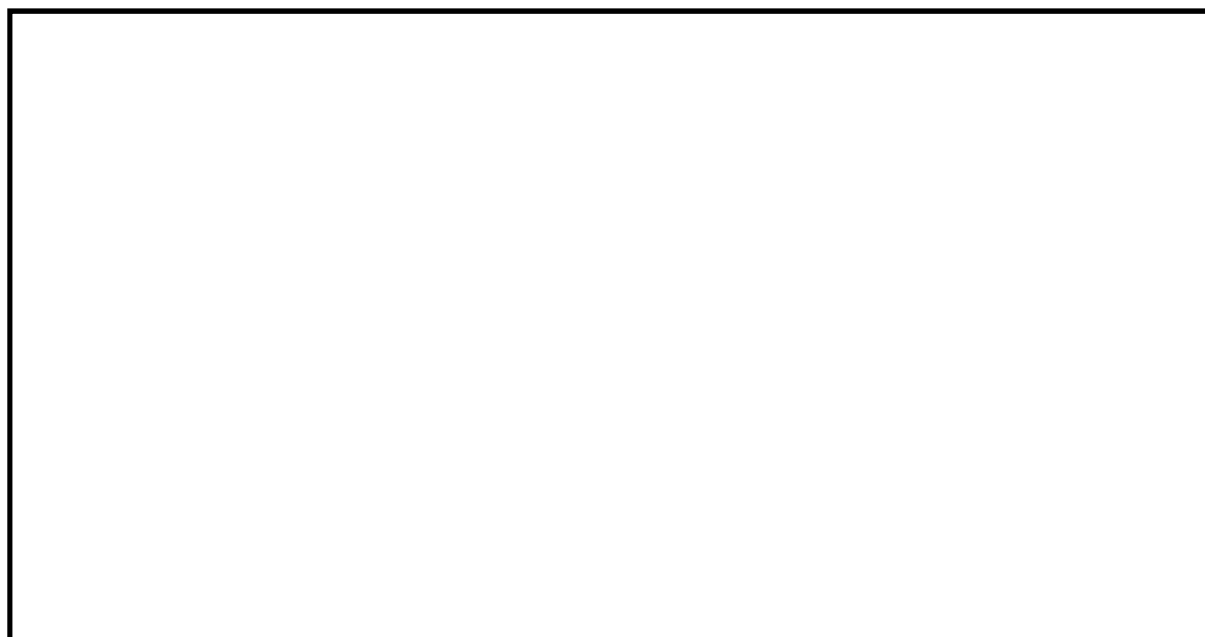
地震後の排水設備の機能に期待しない場合の止水壁内の地下水流量評価

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) 止水壁の概要

止水壁は原子炉建屋周辺を囲う延長約700m、厚さ60cmの鉄筋コンクリートの連壁であり、岩盤に根入れしている。止水壁周辺の地盤は概ね水平成層に分布しており、止水壁内側の地盤は原子炉建屋設置工事の掘削により一部埋戻土が存在している。

また、止水壁内側に設置している排水設備により、止水壁内の地下水位は、概ねEL.-15mを維持している。止水壁の平面図及び止水壁周辺の地層分布図を図1に示す。



**地質構成表**

地質時代	地質区分	記号	岩相		
第 新 世	砂丘砂層	du	砂		
		Ag2	砂礫		
	沖積層	al	Ac	粘土	
		As	As	砂	
		Ag1	Ag1	砂礫	
		D2c-3	D2c-3	シルト	
	四 更 新 紀	D2	D2s-3	砂	
			D2g-3	砂礫	
		段丘堆積物	D2c-2	D2c-2	シルト
			D2g-2	D2g-2	砂礫
Im			Im	ローム	
D1	D1c-1	D1c-1	シルト		
	D1g-1	D1g-1	砂礫		
新第三紀 鮮新世	久米層	Km	砂質泥岩		

~~~~~ 不整合

※Rは埋戻土

図1 止水壁周位置図及び止水壁周辺の地質分布図

## (2) 止水壁の地震時損傷状況の評価

### 1) 検討内容及び条件

止水壁を非線形の梁でモデル化し応答変位法を実施した。止水壁のモデル化位置は図2に示すように岩盤が深い位置（壁高が高い位置）及び浅い位置（壁高が低い位置）とした。

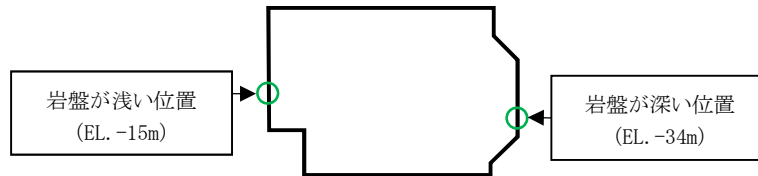


図2 止水壁のモデル化位置

止水壁内側の地下水位は、概ね岩盤上限面（EL. -15m程度）にあり、止水壁外側の地下水位は地表付近（EL. +8m程度）に設定していることから、止水壁外側から内側に向かって高低差約23mの水圧が作用している条件で評価する。

また、止水壁外側の地盤には敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化特性により強制的に液状化させることを仮定して評価することから、基準地震動 $S_s$ を用いた1次元有効応力解析の結果では、止水壁外側の地表部の水平変位量は止水壁の内側の約4倍となるが、更なる安全余裕を確保するため50cmの水平変位量を設定する（止水壁外側の最大水平変位量約36cm、止水壁内側の最大水平変位約9cm）。

したがって、止水壁の外側から内側に向かって大きな水圧及び地震時変位量（土圧）を作用させることで、止水壁の損傷に対する保守的な荷重を考慮して、止水壁内の地下水流量を評価する。

図3に止水壁に作用する荷重イメージ図を示す。また、参考1に1次元有効応力解析の地盤の水平変位量の妥当性について記載する。

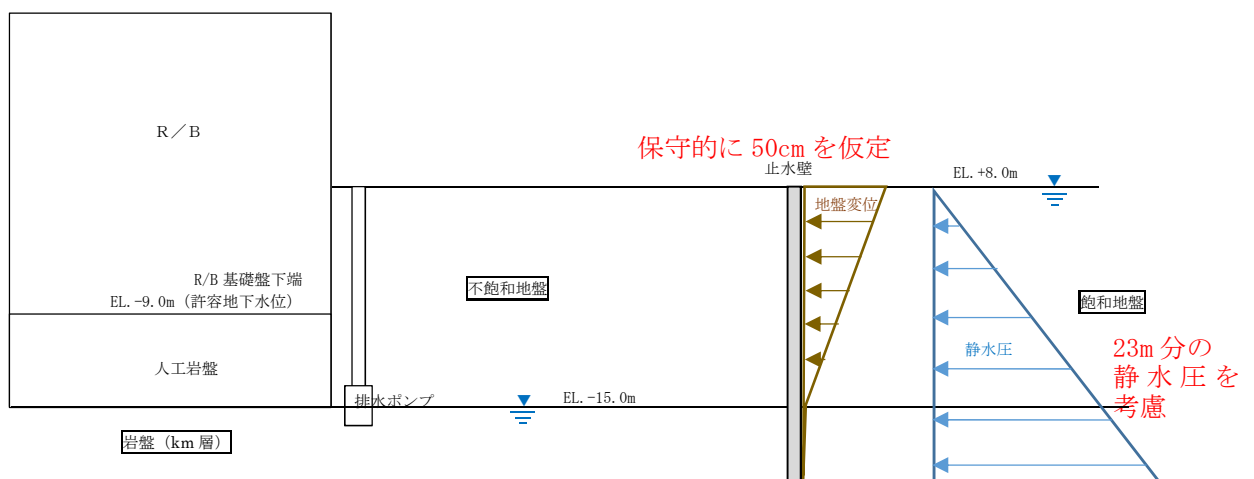


図3 止水壁に作用する荷重イメージ図

地盤ばねのばね定数及び反力上限値は、1次元有効応力解析により算定した各要素の平均有効主応力 $\sigma_m'$ 及びせん断ひずみ $\gamma$ を用いて、「道路橋示方書・同解説IV下部構造編（日本道路協会、平成14年3月）」に基づきを設定した。止水壁内側の地盤ばねは埋土地盤、止水壁外側の地盤ばねは豊浦標準砂として設定した。

応答変位法のモデルを図4に示す。なお、地盤変位量は止水壁のRC部材の下端位置に対する上端位置の最大相対変位発生時刻に着目して抽出した。

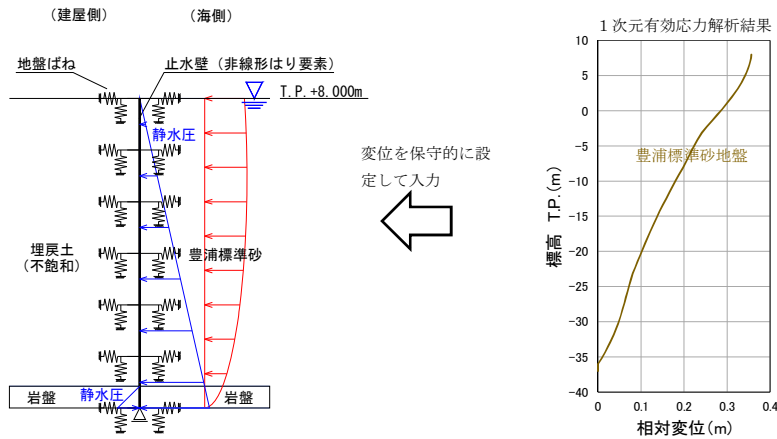


図4 応答変位法解析モデル図

2) 評価結果

応答変位法の評価結果を表1及び図5に示す。

鉄筋コンクリート部材の曲げ軸力に対する照査は、最大発生曲げモーメントに対して降伏モーメント以下であることを確認した。

鉄筋コンクリートのせん断力に対する照査は、発生せん断力が鉄筋コンクリート部のうちコンクリートのみのせん断耐力で受け持てることを確認した。

表1 (1) 止水壁の曲げ軸力に対する照査結果

|                    | 曲げモーメント[kNm] | 降伏モーメント[kNm] | 照査値  |
|--------------------|--------------|--------------|------|
| 岩盤が浅い位置 (EL. -19m) | 61           | 214          | 0.29 |
| 岩盤が深い位置 (EL. -37m) | 213          | 235          | 0.91 |

表1 (2) 止水壁のせん断に対する照査結果

|                    | せん断力[kN] | せん断耐力[kN] | 照査値  |
|--------------------|----------|-----------|------|
| 岩盤が浅い位置 (EL. -19m) | 30       | 277       | 0.11 |
| 岩盤が深い位置 (EL. -37m) | 200      |           | 0.73 |

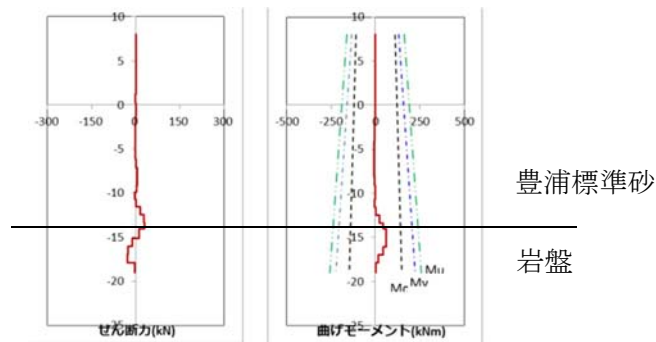


図5 (1) 断面力図 (岩盤が浅い位置)

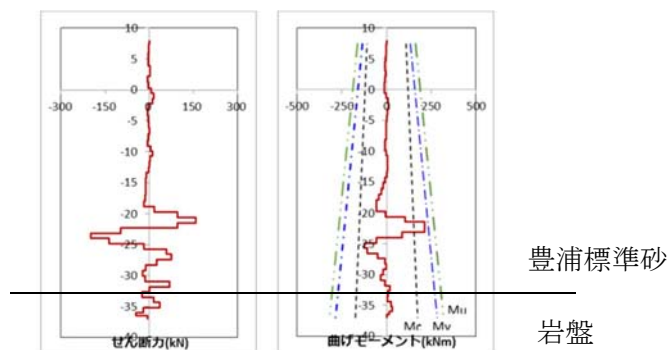


図5 (2) 断面力図 (岩盤が深い位置)

(3) 止水壁のひび割れ位置の仮定

止水壁は、図6に示すとおり厚さ 0.6m, 幅約 6m の鉄筋コンクリートのブロックからなる構造である。

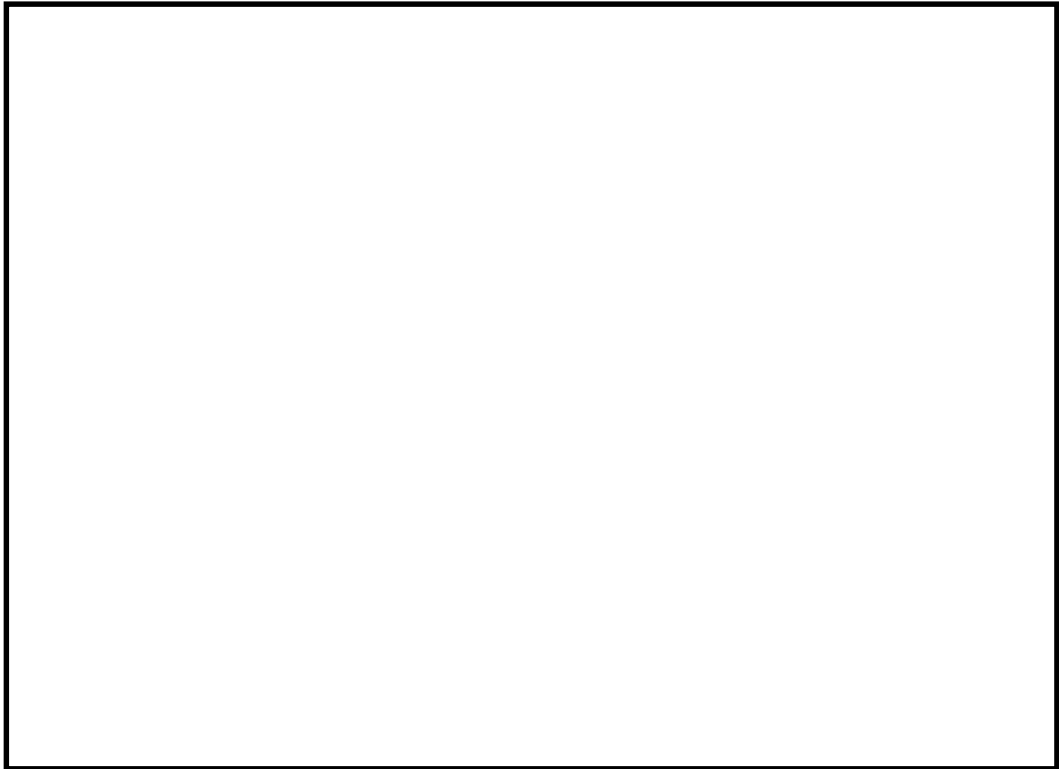


図6 止水壁構造図

また、止水壁には図7に示すとおり、幅約 6m の鉄筋コンクリートのブロック境界に施工継目が存在し、当該箇所に鉄筋は設置されていない。施工継目は全周で計 114 箇所ある。

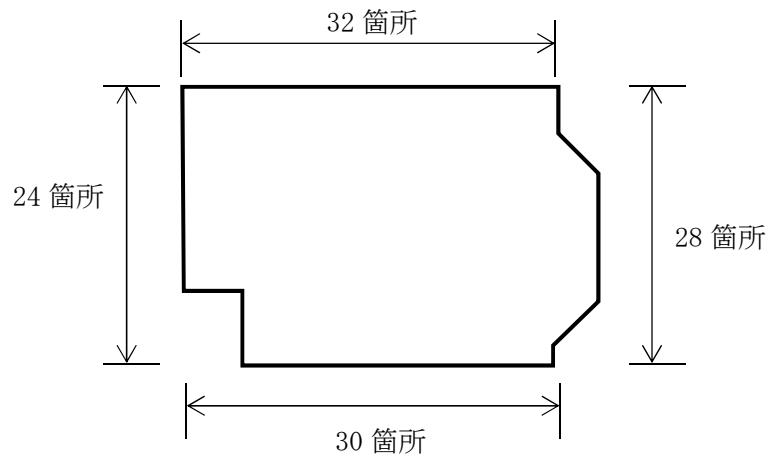


図7 止水壁の施工継目箇所図

## 1) 止水壁の横断面に仮定するひび割れ位置

止水壁の横断面の最大発生曲げモーメントは、降伏モーメント以下であるものの、保守的な設定として、曲げモーメント分布における曲げモーメントが卓越する1箇所を水平方向の曲げひび割れを仮定する。水平方向のひび割れ仮定位置を図8に示す。

止水壁の横断面に発生するせん断力は、コンクリートのせん断耐力以下であることから、水平方向のせん断ひび割れは考慮しない。

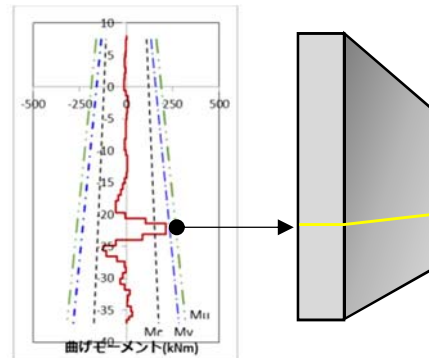


図8 水平方向ひび割れ仮定位置図

## 2) 止水壁の縦断面に仮定するひび割れ位置

### ① 止水壁の縦断面における直線部に仮定するひび割れ位置

止水壁の縦断面においては、直線部と隅角部が存在する。

止水壁周辺の地盤は、概ね水平成層に分布することから、縦断面の直線部に対しては局所的に大きな土圧が作用することはないため、鉛直方向のひび割れが生じるとは考えにくい。しかしながら、直線部において、1次元有効応力解析で求めた地表面最大相対変位量を用いて引張りひずみを算定し、コンクリートの引張強度から求められる限界引張りひずみと比較した。図9及び表2に算定結果を示す。

直線部においては距離が短い区間で限界引張りひずみを超えるため、各施工継目に鉛直方向のひび割れを仮定するが、図10に示すように、保守的な評価となるよう全施工継目を対象にひび割れを仮定する。

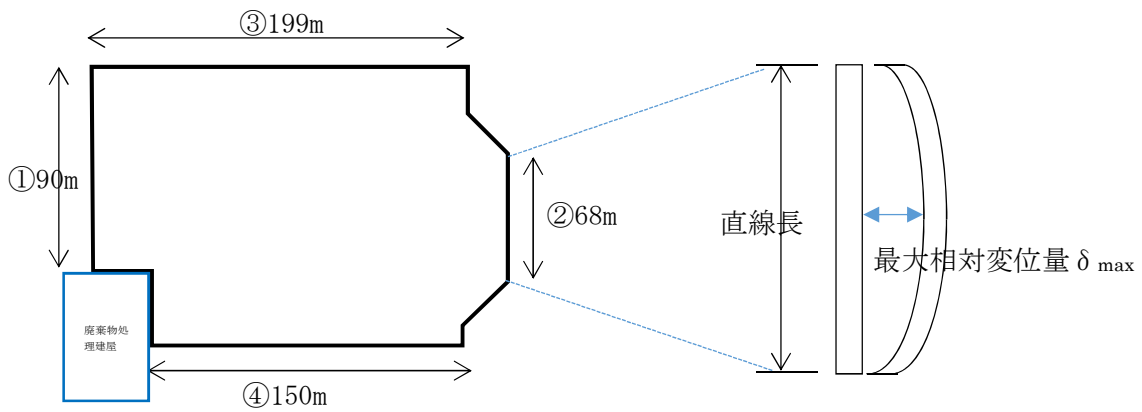


図9 止水壁直線部の評価位置図及び評価法

表2 止水壁直線部のコンクリートの引張りひずみ

|      | 最大相対変位量<br>$\delta_{max}$ (m) | 直線長<br>(m) | 応答変位時のスパン長<br>(m)                                       | 引張ひずみ<br>$\epsilon_d$                    | 判定                                      |
|------|-------------------------------|------------|---------------------------------------------------------|------------------------------------------|-----------------------------------------|
| ①直線部 | 0.5                           | 90         | $2 \times \sqrt{\{(90/2)^2 + (0.5)^2\}}$<br>=90.00555   | $0.00555/90$<br>= $61.7 \times 10^{-6}$  | $\epsilon_d < \epsilon_{tk}^{**}$<br>OK |
| ②直線部 | 0.5                           | 68         | $2 \times \sqrt{\{(68/2)^2 + (0.5)^2\}}$<br>=68.00734   | $0.00734/68$<br>= $1.1 \times 10^{-4}$   | 限界引張り<br>歪以上                            |
| ③直線部 | 0.5                           | 199        | $2 \times \sqrt{\{(199/2)^2 + (0.5)^2\}}$<br>=199.00251 | $0.00251/199$<br>= $12.6 \times 10^{-6}$ | $\epsilon_d < \epsilon_{tk}^{**}$<br>OK |
| ④直線部 | 0.5                           | 150        | $2 \times \sqrt{\{(150/2)^2 + (0.5)^2\}}$<br>=150.00333 | $0.00333/150$<br>= $22.2 \times 10^{-6}$ | $\epsilon_d < \epsilon_{tk}^{**}$<br>OK |

※コンクリートの引張り強度から求められる限界引張ひずみ

- ・止水壁コンクリートの引張強度  $f_{tk} = 0.23 \times 21^{2/3} = 1.75 \text{ N/mm}^2$
- ・止水壁コンクリートの限界引張ひずみ  $\epsilon_{tk} = f_{tk}/E_c = 1.75/23.5/1000 = 74.5 \times 10^{-6}$

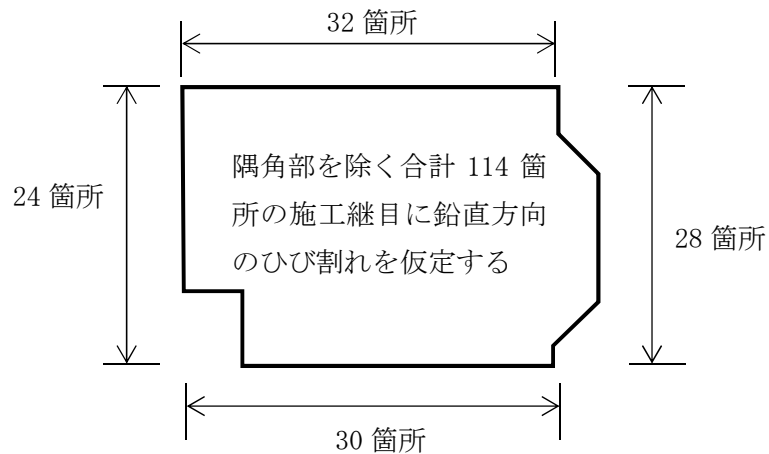


図10 止水壁縦断面の直線部に仮定する鉛直方向ひび割れ

## ②止水壁の縦断面における隅角部に仮定するひび割れ位置

止水壁の縦断面の隅角部においては、直線部に比べ応力集中しやすい可能性がある。止水壁の北側においては、岩盤が深く隅角部が複数存在することから、応答変位法を用いて隅角部の地震時の影響評価を行った。

応答変位法に用いる地盤変位量は、1次元有効応力解析で抽出した相対変位量を用い、止水壁内側の地盤ばねは埋土地盤、止水壁外側の地盤ばねは豊浦標準砂により設定した。

モデル端部の境界は固定条件とし、モデル端部にも曲げモーメントとせん断力が発生するような安全側の設定とした。

応答変位法のモデル図を図1-1に、評価結果を表3及び図1-2に示す。隅角部の曲げモーメントは、降伏モーメントを超えるが終局モーメント以下である。また、せん断力に対しては鉄筋コンクリートのうちコンクリートのせん断耐力のみでも受け持てることを確認した。

隅角部に仮定するひび割れ幅としては、保守的な評価として隅角部10箇所鉛直方向の曲げひび割れを仮定する。仮定したひび割れ位置について図1-3に示す。

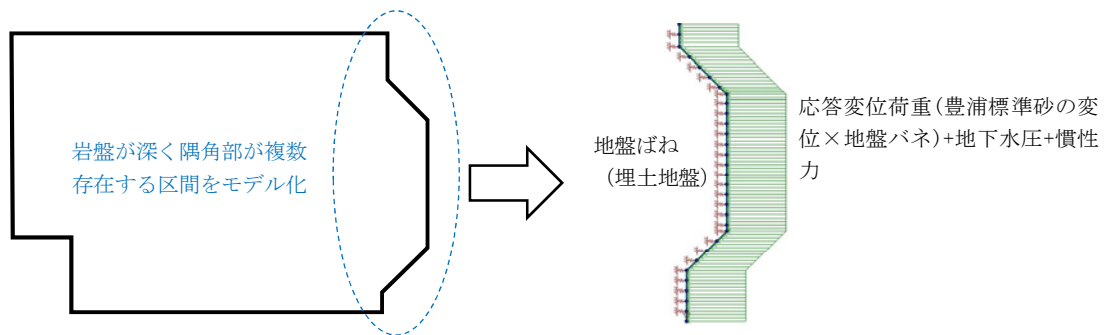


図1-1 縦断面の応答変位法モデル図

表3 (1) 隅角部の曲げモーメントに対する照査結果

|     | 曲げモーメント [kNm] | 降伏モーメント [kNm] | 照査値  |
|-----|---------------|---------------|------|
| 隅角部 | 140           | 119           | 1.18 |

表3 (2) 隅角部のせん断力に対する照査結果

|     | せん断力 [kN] | せん断耐力 [kN] | 照査値  |
|-----|-----------|------------|------|
| 隅角部 | 253       | 277        | 0.92 |

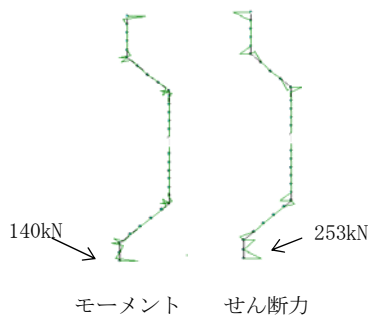


図1-2 評価結果図 (断面力図)



図1-3 隅角部の鉛直方向ひび割れ設定位置図



### 3) 止水壁に仮定するひび割れ位置のまとめ

止水壁に仮定するひび割れ位置を表4に示す。

表4 ひび割れ仮定位置表

| 設定        | ひび割れ仮定位置                                                                                                                                   |
|-----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 水平方向のひび割れ | <ul style="list-style-type: none"><li>・ 曲げモーメント図から 1 箇所を設定</li><li>・ 保守的な設定として、ひび割れ幅を貫通ひび割れと仮定し、かつ止水壁全周に設定</li></ul>                       |
| 鉛直方向のひび割れ | <ul style="list-style-type: none"><li>・ 止水壁の全施工継目 114 箇所</li><li>・ 止水壁隅角部 10 箇所</li><li>・ 保守的な設定として、ひび割れ幅を貫通ひび割れと仮定し、止水壁天端～下端に設定</li></ul> |

(4) ひび割れ幅の仮定

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。

なお、仮定したひび割れから流入する地下水量の算定では、実際には貫通していないひび割れであるが、保守的な配慮として、一様に壁厚方向に貫通したひび割れ幅と仮定して評価した。

① 止水壁の横断断面に仮定する水平方向のひび割れ幅

止水壁の横断断面に仮定する水平方向のひび割れ幅は、応答変位法から抽出した最大曲げモーメントから断面計算により鉄筋応力を算出し、その鉄筋応力を用いて「コンクリート標準示方書【構造性能照査編】(土木学会, 2002年)」の式により算定した。表5に設定値を示す。

$$w = 1.1k_1k_2k_3\{4c + 0.7(c_s - \phi)\} \left[ \frac{\sigma_{se}}{E_s} + \varepsilon'_{csd} \right] = 1.18\text{m} \approx 1.2\text{mm}$$

$$k_2 = \frac{15}{f'_c + 20} + 0.7 \quad k_3 = \frac{5(n+2)}{7n+8}$$

表5 水平方向のひび割れ幅算定の設定値

| 係数                   | 設定値                  | 単位                 | 備考                                                     |
|----------------------|----------------------|--------------------|--------------------------------------------------------|
| $E_s$                | 200                  | kN/mm <sup>2</sup> | 鉄筋のヤング係数                                               |
| $k_1$                | 1.0                  | —                  | 鉄筋の表面形状がひび割れ幅に及ぼす影響を表す係数<br>(異形鉄筋=1.0, 普通丸鋼及びPC鋼材=1.3) |
| $f'_c$               | 21                   | N/mm <sup>2</sup>  | コンクリート圧縮強度 (設計基準強度を使用)                                 |
| $n$                  | 1                    | 段                  | 引張鉄筋の段数                                                |
| $c$                  | 90.5                 | mm                 | かぶり (純かぶり)                                             |
| $c_s$                | 300                  | mm                 | 鉄筋の中心間隔                                                |
| $\phi$               | 19                   | mm                 | 鉄筋径                                                    |
| $\varepsilon'_{csd}$ | $100 \times 10^{-6}$ | $\mu$              | コンクリートの収縮及びクリープによるひび割れ幅の増加を表す係数 (収縮量: 常時湿潤環境 (土中部材))   |
| $\sigma_{se}$        | 341.1                | N/mm <sup>2</sup>  | 鉄筋位置のコンクリートの応力度が0の状態からの鉄筋応力度の増加量                       |



止水壁横断面の水平方向のひび割れ幅は 1.2mm とし、  
全周方向に 1 箇所仮定する。

②止水壁の縦断面（直線部）に仮定する鉛直方向のひび割れ幅

止水壁の縦断面（直線部）に仮定する鉛直方向のひび割れ幅は、1次元有効応力解析で求めた地表面最大相対変位量に余裕を持たせた変位量 50cm を用いて応答変位時の直線長の伸び量を算定し、その伸び量を施工継目の数で除した値を施工継目 1箇所当たりのひび割れ幅として求めた。

ひび割れ幅の仮定としては安全側の評価を行うため、この中で最も大きいひび割れ幅を全施工継目に仮定した。表 6 に算定結果を示す。

表 6 止水壁直線部のコンクリートの引張りひずみ

|     | 最大相対変位量<br>$\delta_{\max}$ (m) | 直線長<br>(m) | 応答変位時の直線長の<br>伸び量(m)                                          | 施工継<br>目の数 | 1箇所当たりの<br>ひび割れ幅  |
|-----|--------------------------------|------------|---------------------------------------------------------------|------------|-------------------|
| 直線部 | 0.5                            | 90         | $(2 \times \sqrt{\{(90/2)^2 + (0.5)^2\}}) - 90$<br>=0.00555   | 15         | 0.37mm<br>≒0.4mm  |
| 直線部 | 0.5                            | 68         | $(2 \times \sqrt{\{(68/2)^2 + (0.5)^2\}}) - 68$<br>=0.00734   | 11         | 0.67mm<br>≒0.7mm  |
| 直線部 | 0.5                            | 199        | $(2 \times \sqrt{\{(199/2)^2 + (0.5)^2\}}) - 199$<br>=0.00251 | 32         | 0.08mm<br>≒0.10mm |
| 直線部 | 0.5                            | 150        | $(2 \times \sqrt{\{(150/2)^2 + (0.5)^2\}}) - 150$<br>=0.00333 | 23         | 0.16mm<br>≒0.2mm  |



止水壁縦断面（直線部）の鉛直方向のひび割れ幅は 0.7mm とし、  
全施工継目 114 箇所仮定する。

③止水壁の縦断面（隅角部）に仮定する鉛直方向のひび割れ幅

止水壁の縦断面（隅角部）に仮定する鉛直方向のひび割れ幅は、応答変位法から抽出した最大曲げモーメントから断面計算により鉄筋応力を算出し、その鉄筋応力を用いて「コンクリート標準示方書【構造性能照査編】」（土木学会，2002年）の式により算定した。表7に設定値を示す。

$$w = 1.1k_1k_2k_3\{4c + 0.7(c_s - \phi)\} \left[ \frac{\sigma_{se}}{E_s} + \varepsilon'_{csd} \right] = 1.51\text{mm} \approx 1.6\text{mm}$$

$$k_2 = \frac{15}{f'_c + 20} + 0.7 \quad k_3 = \frac{5(n+2)}{7n+8}$$

表7 鉛直方向のひび割れ幅算定の設定値

| 係数                   | 設定値                  | 単位                 | 備考                                                     |
|----------------------|----------------------|--------------------|--------------------------------------------------------|
| $E_s$                | 200                  | kN/mm <sup>2</sup> | 鉄筋のヤング係数                                               |
| $k_1$                | 1.0                  | —                  | 鉄筋の表面形状がひび割れ幅に及ぼす影響を表す係数<br>(異形鉄筋=1.0, 普通丸鋼及びPC鋼材=1.3) |
| $f'_c$               | 21                   | N/mm <sup>2</sup>  | コンクリート圧縮強度 (設計基準強度を使用)                                 |
| $n$                  | 1                    | 段                  | 引張鉄筋の段数                                                |
| $c$                  | 92.0                 | mm                 | かぶり (純かぶり)                                             |
| $c_s$                | 400                  | mm                 | 鉄筋の中心間隔                                                |
| $\phi$               | 16                   | mm                 | 鉄筋径                                                    |
| $\varepsilon'_{csd}$ | $100 \times 10^{-6}$ | $\mu$              | コンクリートの収縮及びクリープによるひび割れ幅の増加を表す係数 (収縮量: 常時湿潤環境 (土中部材))   |
| $\sigma_{se}$        | 384.5                | N/mm <sup>2</sup>  | 鉄筋位置のコンクリートの応力度が0の状態からの鉄筋応力度の増加量                       |



止水壁縦断面（隅角部）の鉛直方向のひび割れ幅は1.6mmとし、全隅角部10箇所仮定する。

(5) 止水壁内の地下水流量評価

1) 解析モデル

解析モデルを図 1.4 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)。

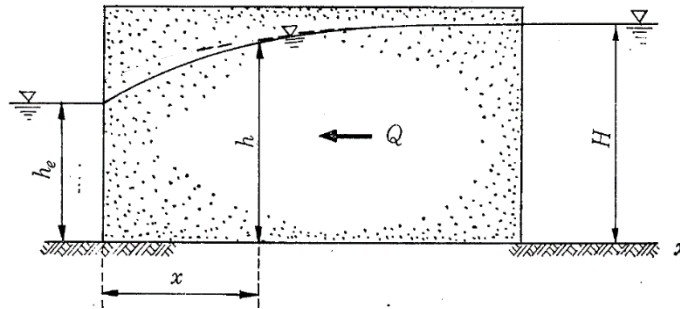


図 1.4 一次元定常浸透流地盤モデル

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

ここに,  $Q$ : 流量 ( $\text{m}^3/\text{日}$ ),  $\kappa$ : 透水係数 ( $\text{m}/\text{日}$ ),  $H$ : 地下水位 ( $\text{m}$ )

2) 解析用物性値

解析に用いた物性値を表 8 に示す。

表 8 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<br>(飽和地盤)<br>$\kappa_{\text{sat}}$    | $3.23 \times 10^{-2}$<br>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<br>(不飽和地盤)<br>$\kappa_{\text{unsat}}$ | $\kappa_{\text{sat}} \times 0.1$<br>$= 3.23 \times 10^{-3}$<br>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 ( $\kappa_{\text{unsat}} / \kappa_{\text{sat}}$ ) 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                                      | $1.98 \times 10^{-6}$<br>cm/s                                       | 止水壁内の排水設備の排水記録から算定した透水係数 (日最大排水量約 $230\text{m}^3/\text{日}$ が, 止水壁外から内側に浸透したと仮定した場合の透水係数。参考資料参照)。<br>なお, 止水壁の貫通ひび割れを仮定した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<br>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いくことを考慮する。

図 15 に検討概念図を、表 9 に止水壁内の地下水流量及び 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。その結果、R/B 基礎盤下端まで上昇する地下水位の時間は 30 日程度以上となった。また、止水壁内への最大地下水流量としては  $1,071\text{m}^3/\text{日}$  であり、現状の排水設備の排水能力  $2016\text{m}^3/\text{日}\cdot\text{台}$  以下であることから、問題ないことを確認した。

なお、止水壁内への最大地下水流量に日最大降雨量を考慮しても、排水設備は十分な排水機能を有していると判断される。

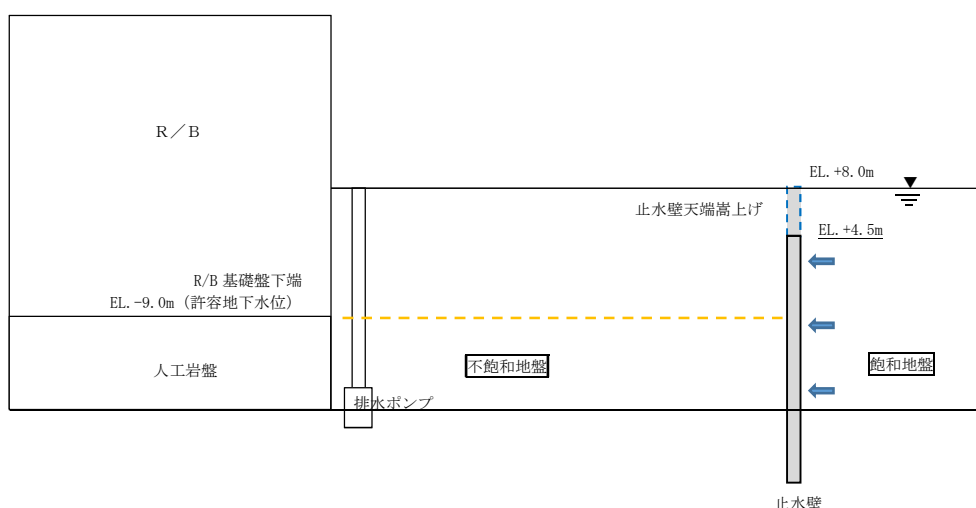


図 15 検討概念図

表 9 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到達までの時間算定結果表

|                          | R/B 基礎盤下端まで<br>上昇する時間 (日) | 止水壁内への最大地<br>下水流量 ( $\text{m}^3/\text{日}$ ) | 備考                                                       |
|--------------------------|---------------------------|---------------------------------------------|----------------------------------------------------------|
| 地震後の止水壁のひび<br>割れを仮定しない場合 | 81 日                      | $445\text{m}^3/\text{日}$                    | ・現状、排水設備は 2 系<br>統設置されている。<br>・R/B 基礎盤下端標高は<br>EL. -9.0m |
| 地震後の止水壁のひび<br>割れを仮定した場合  | 32 日                      | $1,071\text{m}^3/\text{日}$                  |                                                          |

(参考1) 応答変位法に用いる1次元有効応力解析の地盤の水平変位量について

応答変位法に入力する地盤の水平変位量は、1次元有効応力解析で算定した地盤の相対変位量を用いた。1次元有効応力解析モデルは、止水壁外側は豊浦標準砂と岩盤、止水壁内側は埋戻土と岩盤による土柱モデルである。

この1次元有効応力解析による地盤の水平変位量と、周辺構造物で実施している2次元有効応力解析で算定した地盤の水平変位量を比較した結果、止水壁外側の地盤はほぼ同様の変位量となるが一部の断面では1次元有効応力解析結果を上回る。したがって、応答変位法への変位入力については、1次元有効応力解析の変位量を保守的に50cmと設定した。止水壁外側の両解析の比較結果を表1に、2次元有効応力解析で抽出した変位量位置を図1に、解析結果図を図2に示す。また、図3に示すとおり、止水壁内側の不飽和土については、2次元等価線形解析結果での最大変位量を確認した結果7cm程度であり、1次元有効応力解析結果のほうが保守的であることを確認した。

表1 2次元有効応力解析による止水壁周辺地盤の水平変位量の比較表

| 位置 | 2次元有効応力解析<br>(豊浦標準砂)      | 応答変位法に用いる地盤の水平変位量                                                                                                                                                                                                   |
|----|---------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ①  | 約 32.9cm (TP. +8m~TP-15m) | 1次元有効応力解析(豊浦標準砂の土柱モデル)で算定した変位量は岩盤が浅い箇所では約31cm(TP.+8m~TP.-19m)、岩盤が深い箇所では約36cm(TP.+8m~TP.-37m)となった。<br><br>2次元有効応力解析で算定した地止水壁周辺の地盤の変位量は、上記1次元有効応力解析結果の変位量を一部上回ることを確認した。<br><br>したがって、応答変位法に用いる地盤の水平変位量については50cmと設定した。 |
| ②  | 約 36.5cm (TP. +8m~TP-20m) |                                                                                                                                                                                                                     |
| ③  | 約 31.7cm (TP. +8m~TP-32m) |                                                                                                                                                                                                                     |
| ④  | 約 35.1cm (TP. +8m~TP-25m) |                                                                                                                                                                                                                     |
| ⑤  | 約 33.6cm (TP. +8m~TP-33m) |                                                                                                                                                                                                                     |
| ⑥  | 約 32.2cm (TP. +8m~TP-50m) |                                                                                                                                                                                                                     |
| ⑦  | 約 24.5cm (TP. +8m~TP-17m) |                                                                                                                                                                                                                     |
| ⑧  | 約 21.5cm (TP. +8m~TP-43m) |                                                                                                                                                                                                                     |
| ⑨  | 約 30.4cm (TP. +8m~TP-60m) |                                                                                                                                                                                                                     |
| ⑩  | 約 43.2cm (TP. +8m~TP-15m) |                                                                                                                                                                                                                     |
| ⑪  | 約 46.0cm (TP. +8m~TP-37m) |                                                                                                                                                                                                                     |
| ⑫  | 約 44.8cm (TP. +8m~TP-58m) |                                                                                                                                                                                                                     |

なお、岩盤が傾斜する範囲に設置されている止水壁においては、地震時の地盤の液状化に伴う側方流動の影響が考えられるため液状化の程度と変位量について確認した。

同様の岩盤傾斜が認められる止水壁周辺地盤において、敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性により地盤を強制的に液状化させた場合の残留変位量を確認した。

その結果、図4に示す通り②と③地点における残留変位量分布は、深部において最大でも15cm程度である。

敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性により地盤を強制的に液状化させることを仮定した保守的な評価であり、岩盤傾斜部においては岩盤が低い方の残留変位量は多少大きくな

るものの、岩盤の傾斜方向が止水壁に向かう方向ではないことから、止水壁がその影響を受けることはない。



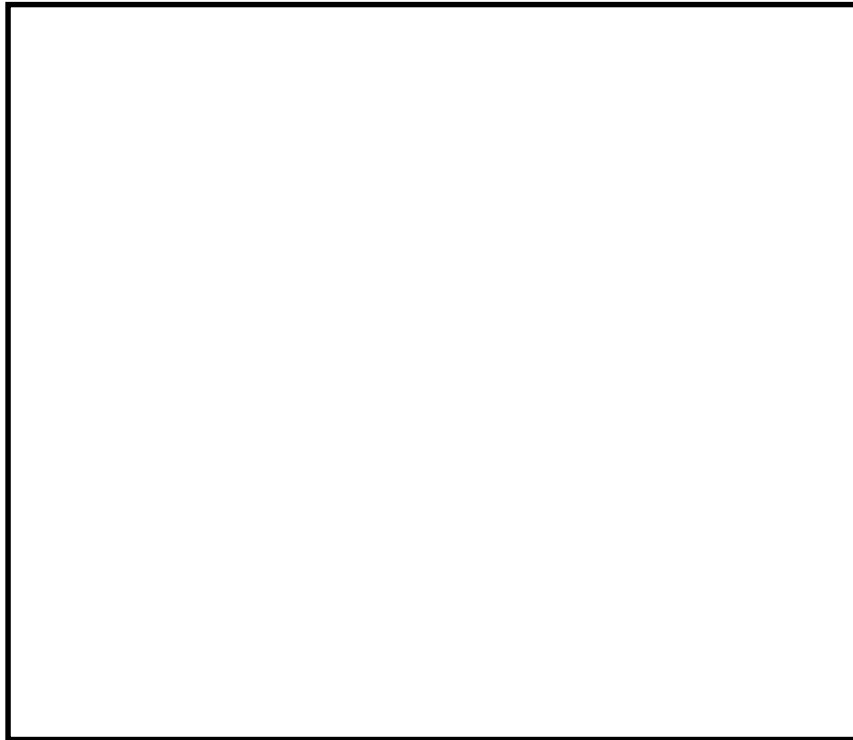


図1 (1) 2次元有効応力解析の地盤の最大水平変位量算定位置  
(敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性により地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース)

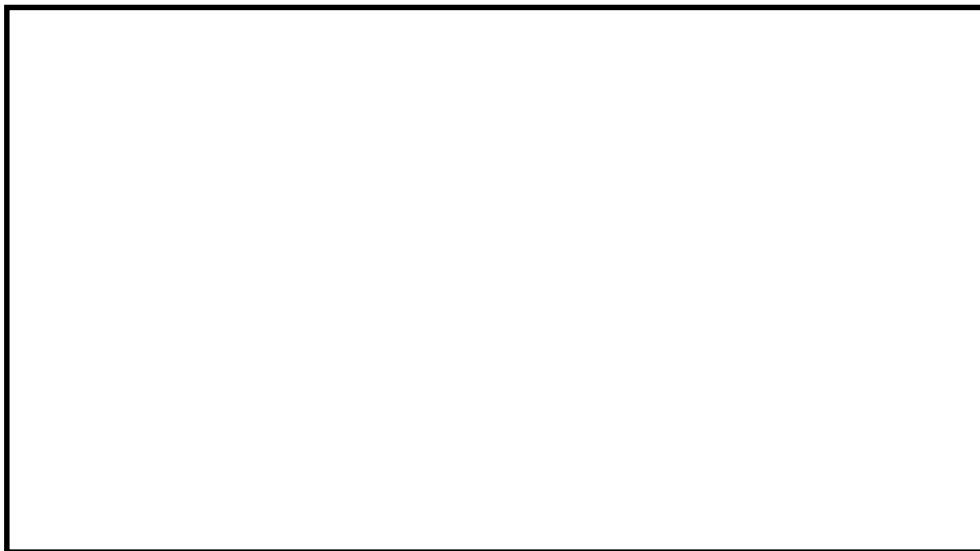


図1 (2) 止水壁周辺の岩盤コンター図

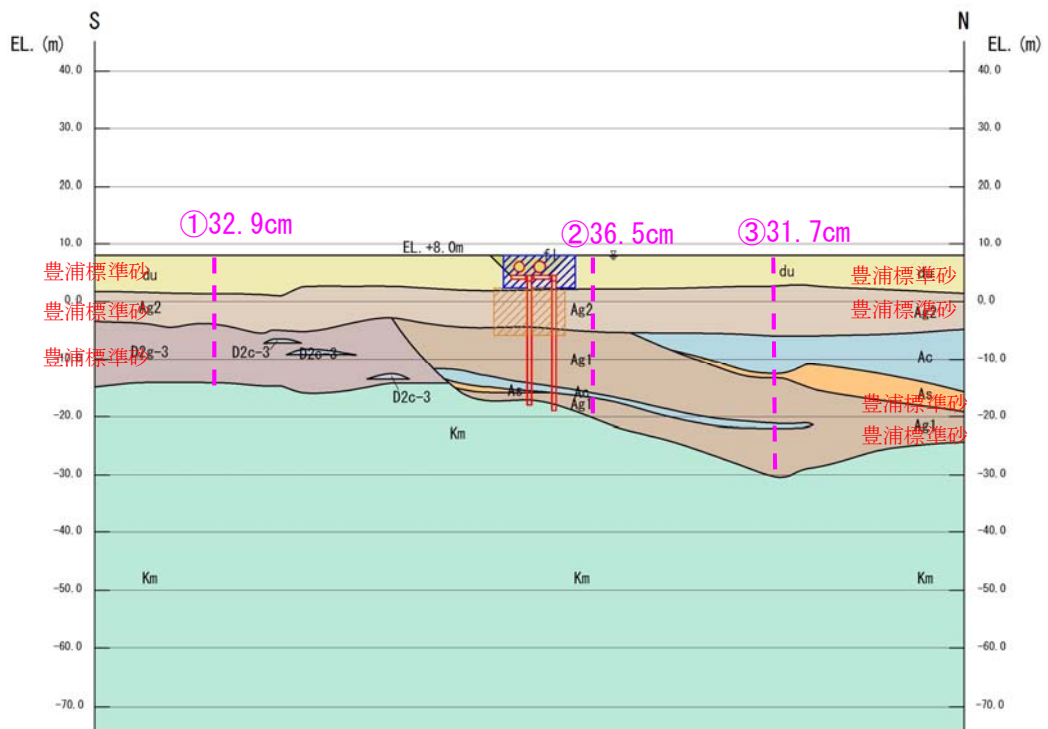


図 2 ( 1 ) 屋外二重管横断図 (二次元有効応力解析)

(敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性により地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース)

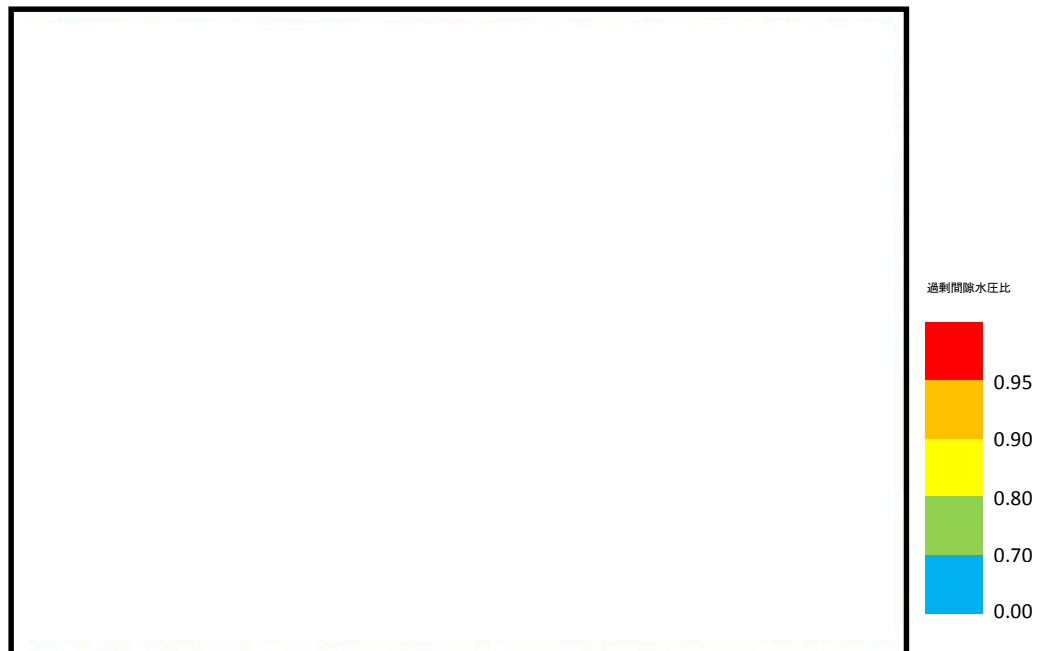


図 2 ( 2 ) 過剰間隙水圧図分布 (地震波 :  $S_s - D1$  [H-, V+])

(敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性により地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース)

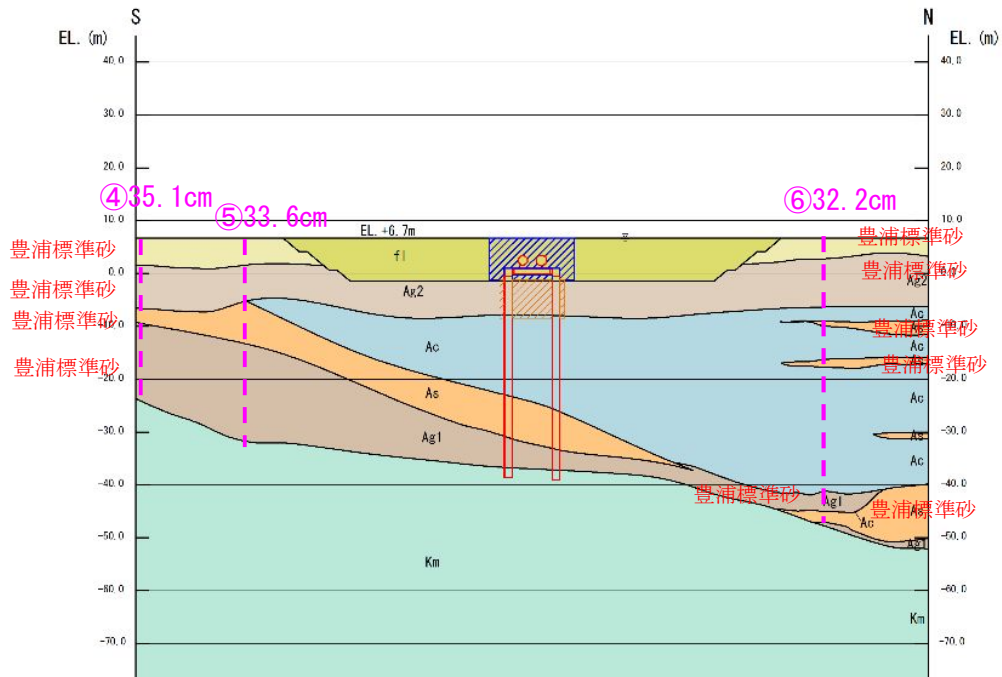


図 2 ( 3 ) 屋外二重管横断図 (二次元有効応力解析)

(敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性により地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース)

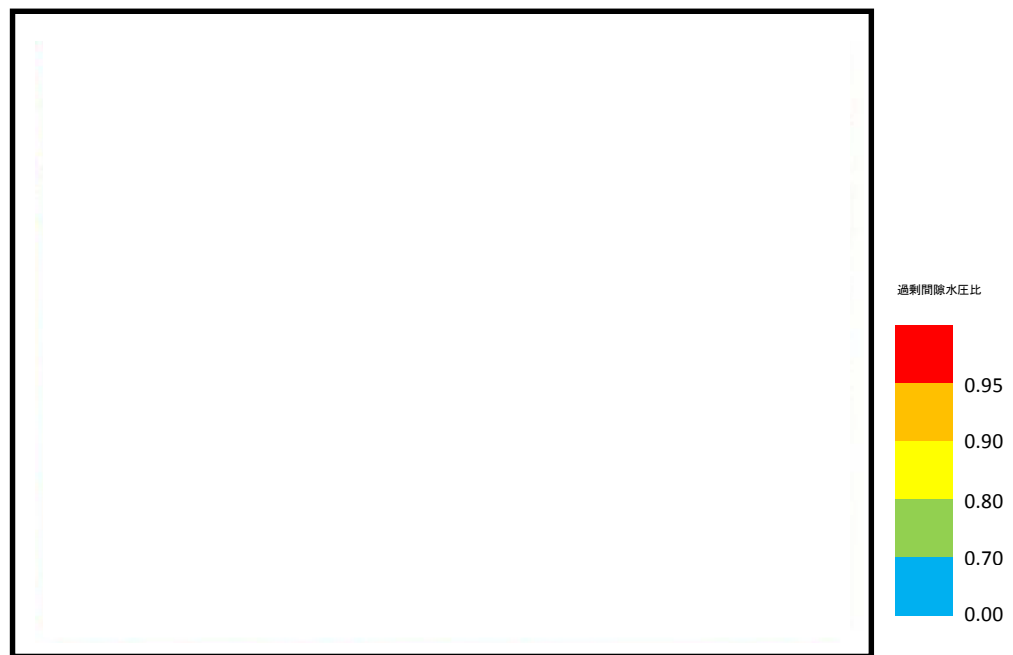


図 2 ( 4 ) 過剰間隙水圧図分布 (地震波 :  $S_s - D1 [H-, V+]$ )

(敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性により地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース)

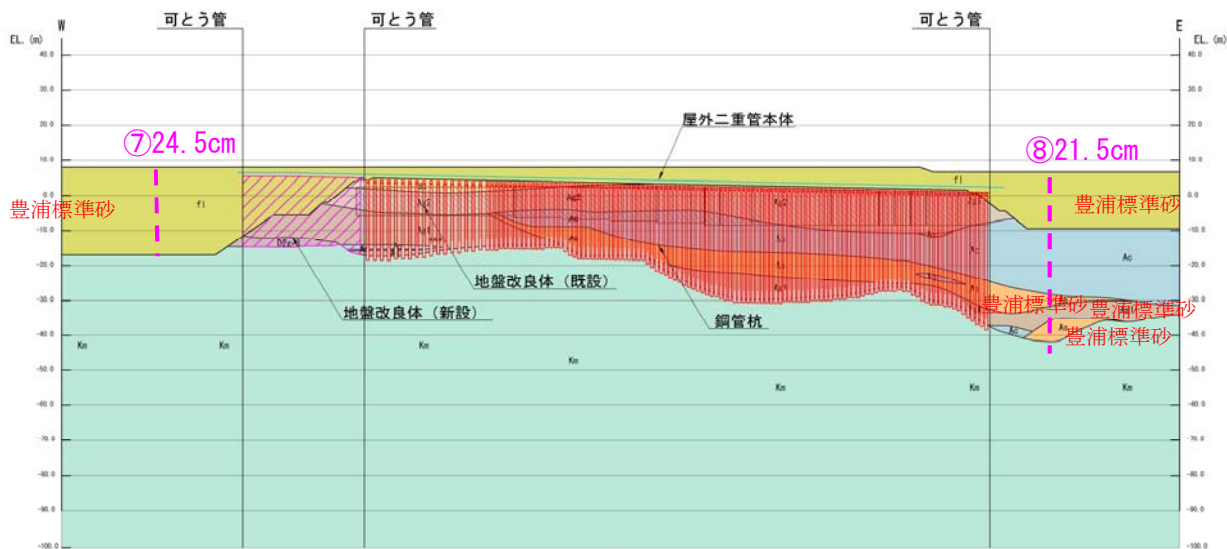


図 2 ( 5 ) 屋外二重管縦断図 (二次元有効応力解析)

(敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性により地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース)



図 2 ( 6 ) 過剰間隙水圧図分布 (地震波 :  $S_s - D1 [H+, V+]$ )

(敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性により地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース)

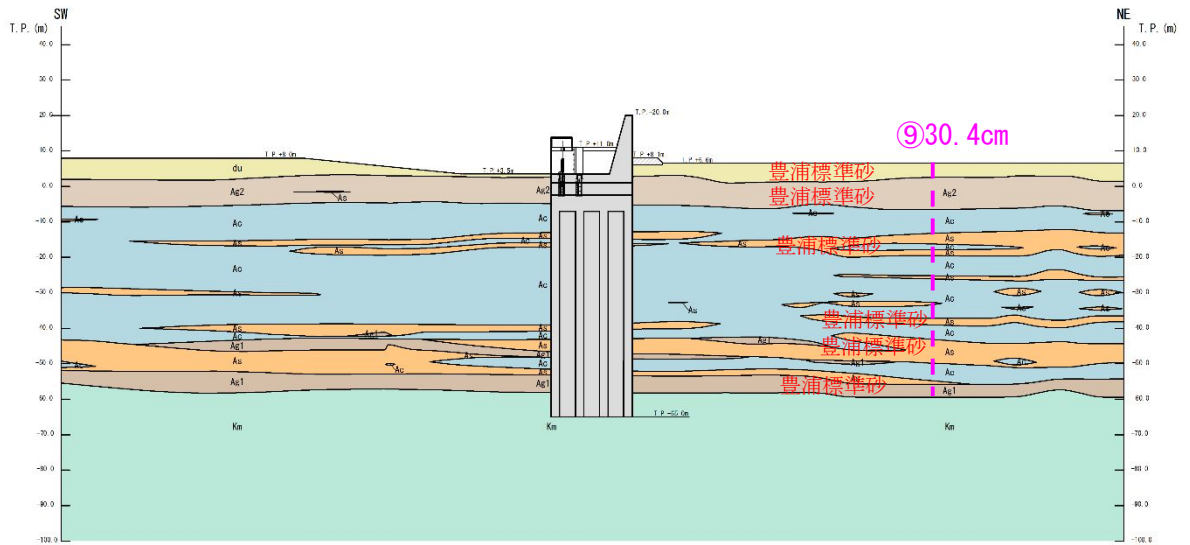


図2 (7) 鉄筋コンクリート防潮壁（放水路横断部）断面図（二次元有効応力解析）  
 （敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性により地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース）

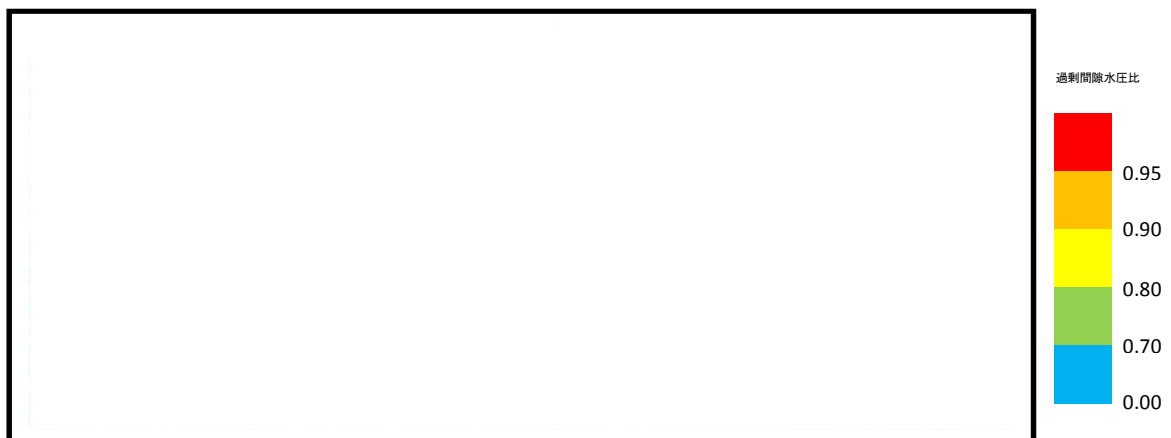


図2 (8) 過剰間隙水圧図分布（地震波： $S_s - D1$  [H+, V-]）  
 （敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性により地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース）

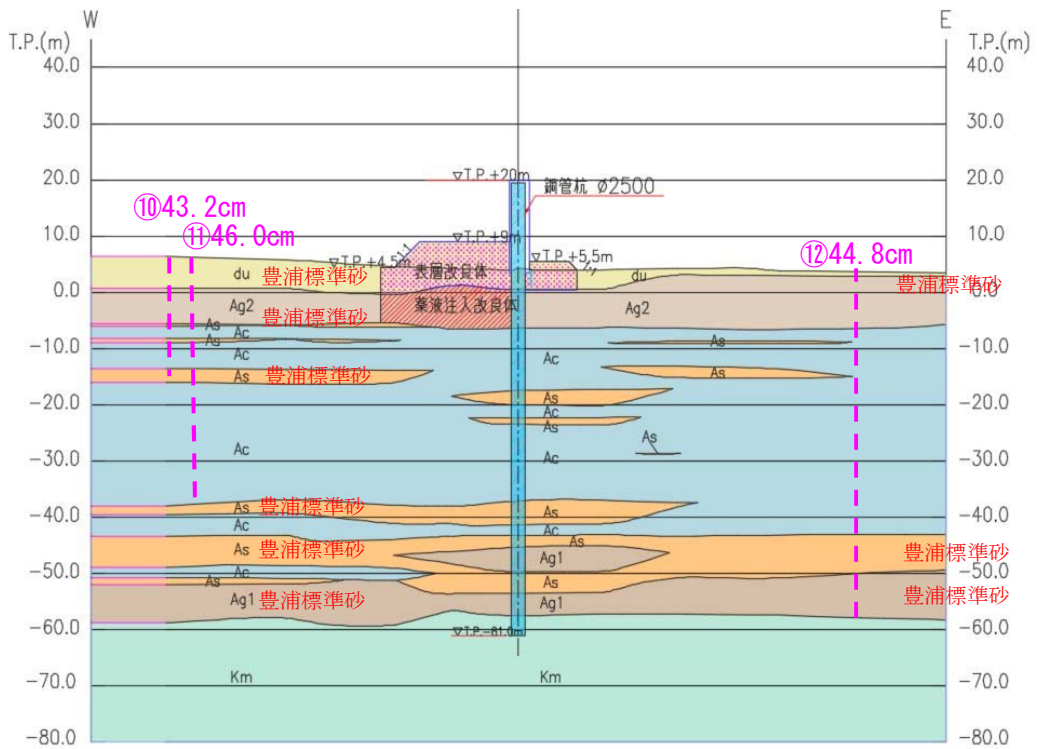


図 2 ( 9 ) 鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁断面図 (二次元有効応力解析)

(敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性により地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース)

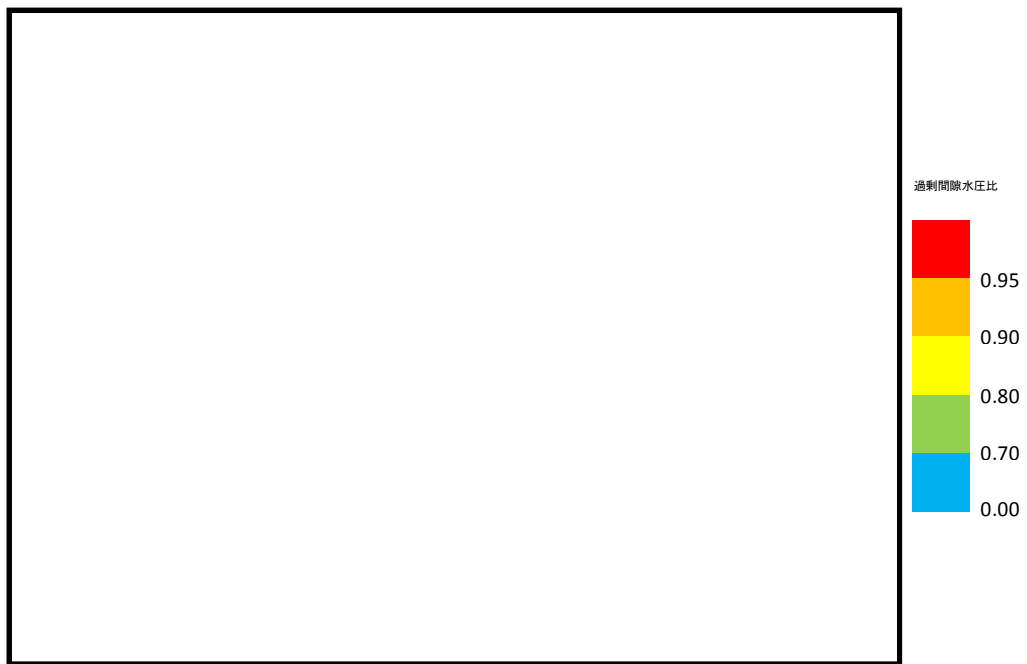
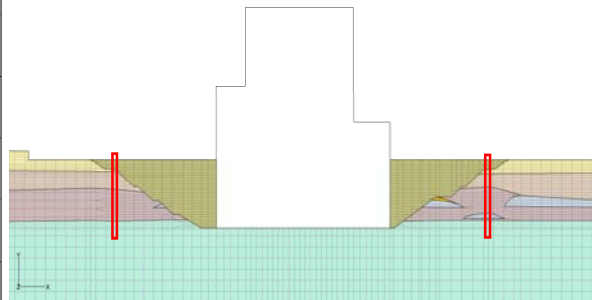
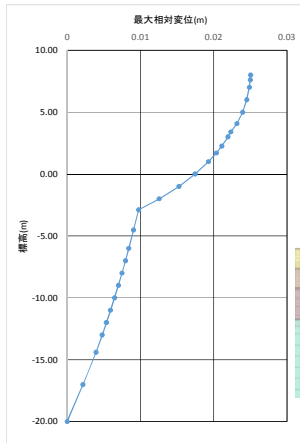


図 2 ( 1 0 ) 過剰間隙水圧図分布 (地震波 :  $S_s - D1 [H+, V+]$ )

(敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性により地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース)

最大水平変位量：2.50cm



最大水平変位量：2.83cm

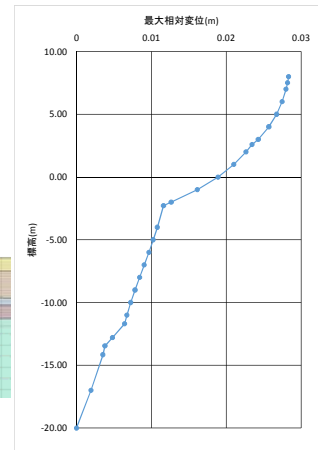
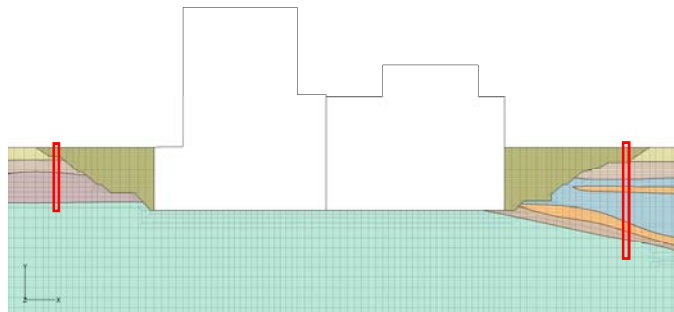
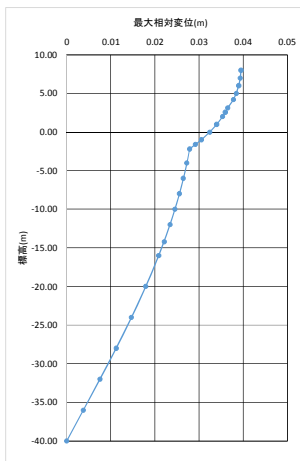


図3 (1) 原子炉建屋EW方向断面 止水壁位置の最大水平変位量  
(2次元等価線形解析)

最大水平変位量：3.95cm



最大水平変位量：7.16cm

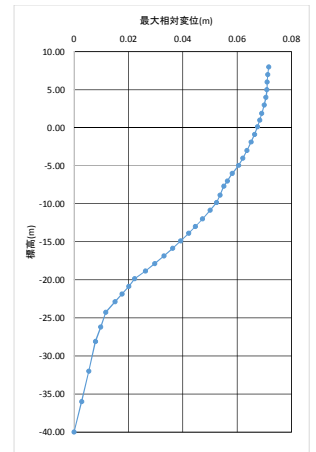


図3 (2) 原子炉建屋EW方向断面 止水壁位置の最大水平変位量  
(2次元等価線形解析)

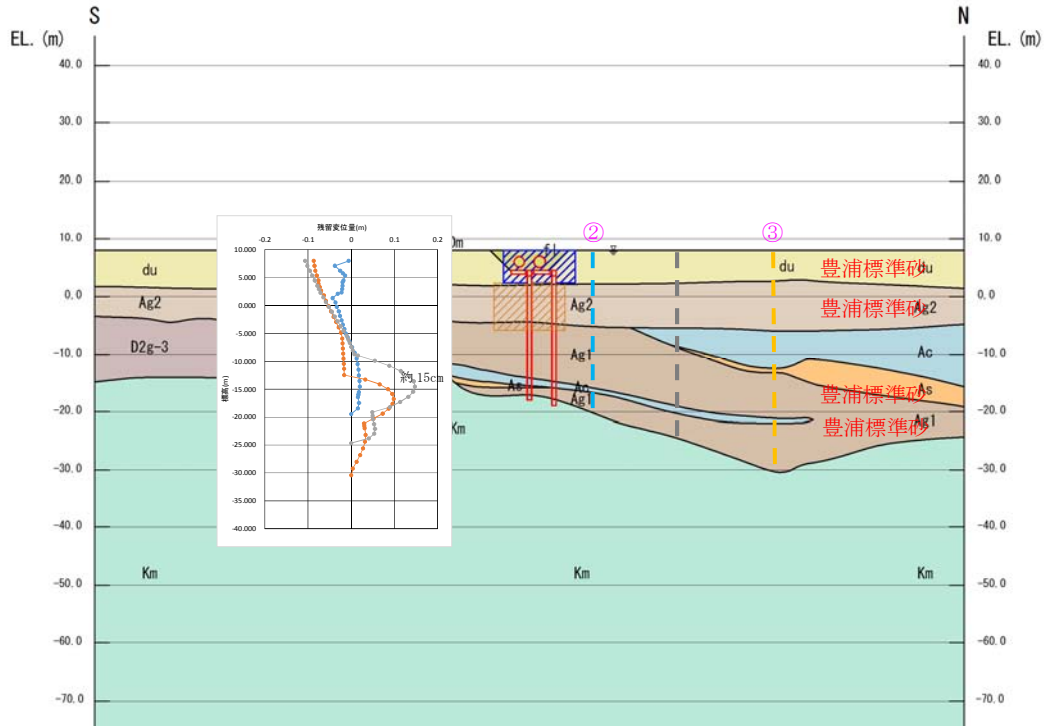


図 4 (1) 残留変位量 (二次元有効応力解析)

(敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性により地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース)

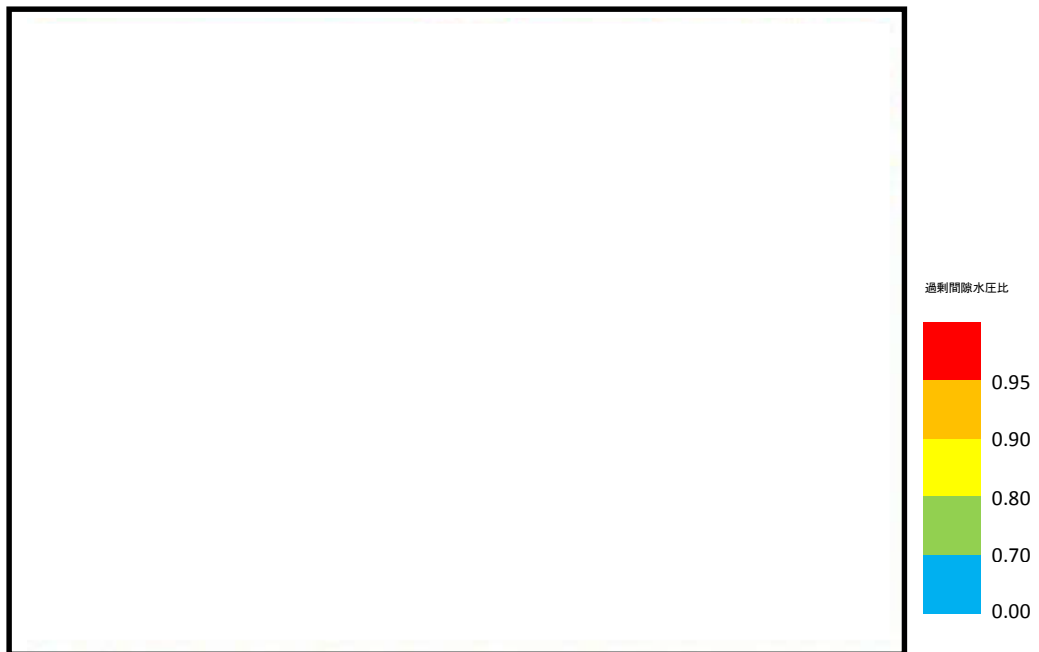


図 4 (2) 過剰間隙水圧図分布 (地震波:  $S_s - D1$  [H-, V+])

(敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性により地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース)



(参考2) 止水壁の透水係数の設定について

止水壁の透水係数については、止水壁内の排水設備による最大地下水排水量が止水壁外側から内側に浸透したと仮定して求めた。

1. 排水設備による地下水排水量

2014年6月1日～2015年5月30日の1年間における排水設備による地下水排水量と同時期における降雨量を図5に示す。

排水設備による最大地下水排水量は約230m<sup>3</sup>/日である。

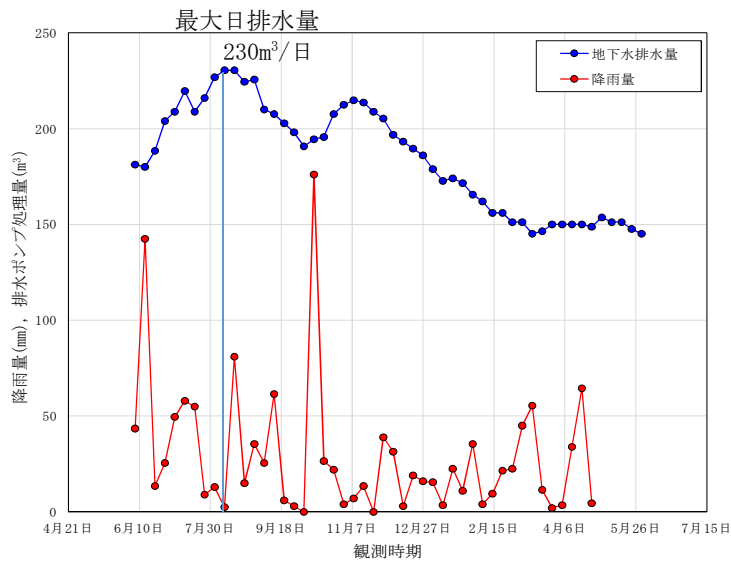


図5 排水設備による地下水排水量と降雨量

2. 止水壁の透水係数

止水壁の透水係数は、排水設備による最大地下水排水量 (Q=230m<sup>3</sup>/日) と止水壁外側の地下水水位を用いて算定した。この最大地下水排水量が、止水壁外側から止水壁を通過して止水壁内側に浸透したものと仮定した結果、止水壁の透水係数は 1.98×10<sup>-6</sup>cm/s となった。図6に検討概念図を示す。

$$\kappa_{con} = \frac{Q \times 2 \times L}{(H^2 - h_e^2)}$$

ここに、

Q：止水壁 1m 当たりの流量 (m<sup>3</sup>/日/m)

L：止水壁厚さ (m)

H：止水壁外側で仮定した地下水水位 (m)

h<sub>e</sub>：止水壁内側の初期水位 (m)

$$\kappa_{con} = \frac{0.44 \times 2 \times 0.6}{(17.5^2 - 0.2^2)} = 0.0017(\text{day}) = 1.98 \times 10^{-6}(\text{cm/s})$$



図6 検討概念図

なお、排水設備による地下水排水量は表2に示すとおり、降雨による止水壁内側の雨水を排水しているものがほとんどであり、止水壁を通過している地下水はほとんどないと判断される。したがって、止水壁の実際の透水係数は前述の  $1.98 \times 10^{-6} \text{cm/s}$  より小さいため保守的な設定となっている。図7に止水壁内側の状況図を示す。なお、止水壁については、今後、天端を地表面まで嵩上げする。



図7 止水壁内側の状況図

表2 止水壁内側の降雨量と地盤に浸透する雨水量

| 止水壁内側       | 面積                                                                                                                                                                                                                                           | 降雨量                     | 降雨量のうち地盤に浸透する雨量        |                        |                        |
|-------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
|             |                                                                                                                                                                                                                                              |                         | 最大浸透雨量                 | 最小浸透雨量                 | 平均浸透雨量                 |
| 建屋構築物範囲     | 17,600m <sup>2</sup>                                                                                                                                                                                                                         | 24,000m <sup>3</sup> /年 | 建屋構築物範囲では表面流出係数は1.0    |                        |                        |
| 舗装範囲        | 6,600m <sup>2</sup>                                                                                                                                                                                                                          | 9,000m <sup>3</sup> /年  | 1,350m <sup>3</sup> /年 | 900m <sup>3</sup> /年   | 1,130m <sup>3</sup> /年 |
| 緑地範囲 (砂利敷含) | 6,600m <sup>2</sup>                                                                                                                                                                                                                          | 9,000m <sup>3</sup> /年  | 8,470m <sup>3</sup> /年 | 6,690m <sup>3</sup> /年 | 7,580m <sup>3</sup> /年 |
| 合計          | 30,800m <sup>2</sup>                                                                                                                                                                                                                         | 42,000m <sup>3</sup> /年 | 9,820m <sup>3</sup> /年 | 7,590m <sup>3</sup> /年 | 8,710m <sup>3</sup> /年 |
| 備考          | 最小表面流出係数を用いた舗装範囲及び緑地範囲からの最大地盤浸透雨量は約9,820m <sup>3</sup> /年であり、観測年間排水量8,850m <sup>3</sup> /年より約970m <sup>3</sup> /年の増加となった。なお、排水増加量970m <sup>3</sup> /年において、最大日排水時の増加量は25m <sup>3</sup> /日である。<br>・舗装部の表面流出係数0.85~0.9、<br>・緑地部の表面流出係数0.05~0.15 |                         |                        |                        |                        |

(参考3) 止水壁の内側から外側の方向に荷重を作用させた応答変位法

止水壁の内側から外側に荷重を作用させた場合の応答変位法の評価結果を表3及び図8に示す。

鉄筋コンクリート部材の曲げ軸力に対する照査は、最大発生曲げモーメントに対して降伏モーメント以下であることを確認した。

鉄筋コンクリートのせん断力に対する照査は、発生せん断力が鉄筋コンクリート部のうちコンクリートのみのせん断耐力で受け持てることを確認した。

表3 (1) 止水壁の曲げ軸力に対する照査結果

|                    | 曲げモーメント [kNm] | 降伏モーメント [kNm] | 照査値  |
|--------------------|---------------|---------------|------|
| 岩盤が浅い位置 (EL. -19m) | 59            | 214           | 0.28 |
| 岩盤が深い位置 (EL. -37m) | 97            | 272           | 0.36 |

表3 (2) 止水壁のせん断に対する照査結果

|                    | せん断力 [kN] | せん断耐力 [kN] | 照査値  |
|--------------------|-----------|------------|------|
| 岩盤が浅い位置 (EL. -19m) | 59        | 277        | 0.22 |
| 岩盤が深い位置 (EL. -37m) | 110       |            | 0.40 |

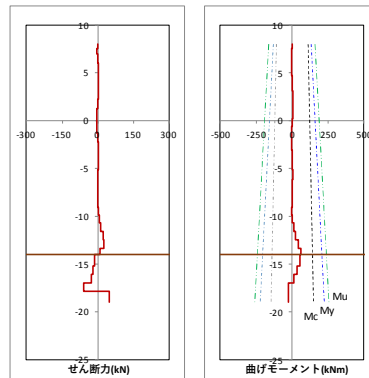


図8 (1) 断面力図 (岩盤が浅い位置)

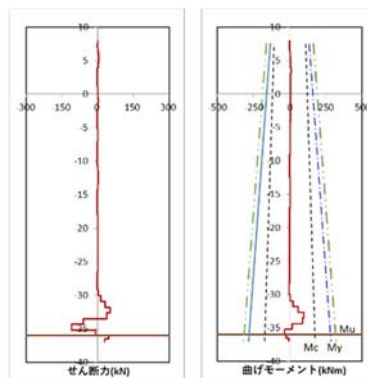


図8 (2) 断面力図 (岩盤が深い位置)