

資料 1 - 1

泊発電所 3 号炉審査資料	
資料番号	DB04 r. 3. 27
提出年月日	令和5年7月24日

泊発電所 3 号炉

設置許可基準規則等への適合状況について  
(設計基準対象施設等)

第4条 地震による損傷の防止

令和 5 年 7 月  
北海道電力株式会社

枠囲みの内容は機密情報に属しますので公開できません。

## 屋外重要土木構造物等の耐震評価における断面選定の考え方

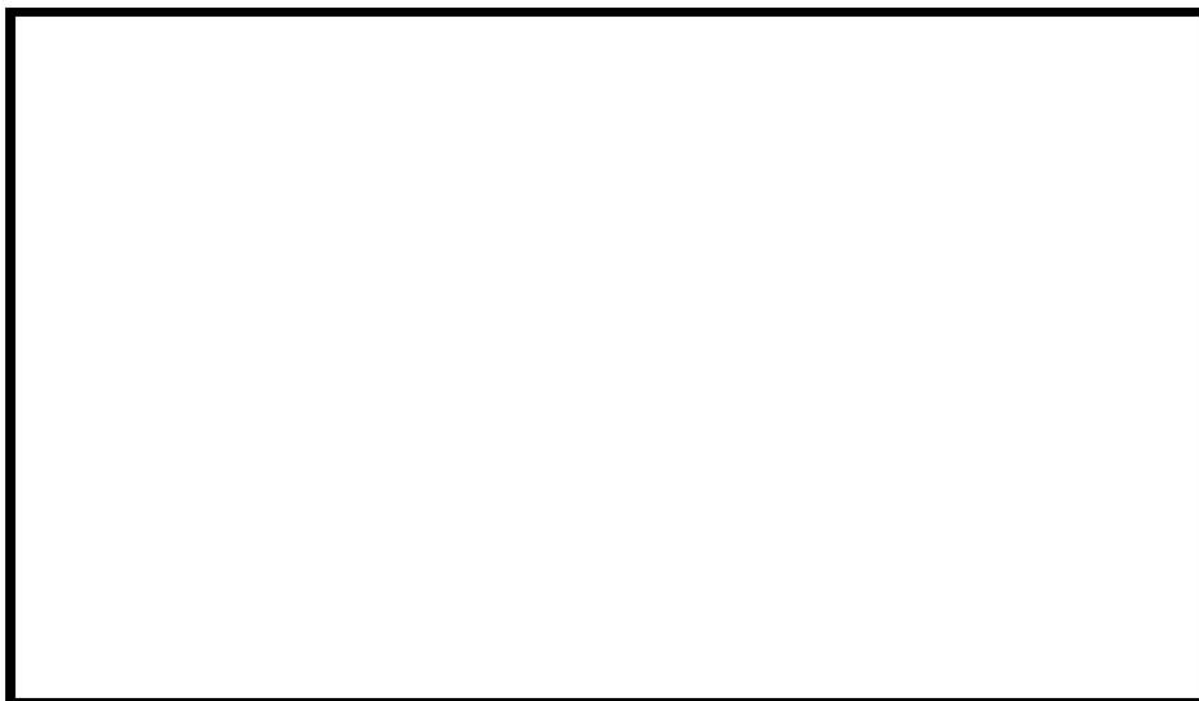
## 1. 方針

本資料では、屋外重要土木構造物等<sup>(注)</sup>の耐震評価における断面選定の考え方について示す。なお、津波防護施設については「泊発電所3号炉 津波による損傷の防止」に示す。

(注) 以下のいずれかに該当するか、又は兼務する構造物を「屋外重要土木構造物等」という。

- ・ 屋外重要土木構造物
- ・ 常設耐震重要重大事故防止設備又は常設重大事故緩和設備のうち土木構造物
- ・ 常設耐震重要重大事故防止設備又は常設重大事故緩和設備が設置される重大事故等対処施設（特定重大事故等対処施設を除く）のうち土木構造物

本資料で記載する屋外重要土木構造物等に設置される設備の一覧表を第6-1表に、全体配置図を第6-1図に示す。



第6-1図 全体配置図

枠囲みの内容は機密情報に属しますので公開できません。

第6-1表 屋外重要土木構造物等に設置される設備一覧

名称	屋外重要土木構造物	常設重大事故等対処設備	常設重大事故等対処施設	設置される設備			
				名称	耐震	耐津波	常設重大事故等対処設備
取水口	○	○ (注)	○	貯留堰	-	○	○
取水路	○	○ (注)		-	-	-	-
原子炉補機冷却海水管ダクト	○		○	原子炉補機冷却海水設備配管	○	-	○
B1, B2-ディーゼル発電機燃料油貯槽トレンチ	○		○	ディーゼル発電機燃料油移送配管	○	-	○
取水ピットスクリーン室	○	○ (注)		潮位計	-	○	-
取水ピットポンプ室	○	○ (注)		取水ピット水位計	-	○	-
				3号炉取水ピットスクリーン室防水壁	-	○	-
				原子炉補機冷却海水ポンプ	○	-	○
				原子炉補機冷却海水設備配管	○	-	○
			○	浸水防止蓋	-	○	-
				ドレンライン逆止弁	-	○	-
				貫通部止水処置	-	○	-
原子炉補機冷却海水ポンプ出口ストレーナ	○		○	原子炉補機冷却海水ポンプ出口ストレーナ	○	-	○
				原子炉補機冷却海水設備配管	○	-	○

屋外重要土木構造物 : 耐震上重要な機器・配管系の間接支持機能, 若しくは非常時における海水の通水機能を求められる土木構造物

常設重大事故等対処設備 : 常設耐震重要重大事故防止設備又は常設重大事故緩和設備

常設重大事故等対処施設 : 常設耐震重要重大事故防止設備又は常設重大事故緩和設備が設置される重大事故等対処施設 (特定重大事故等対処施設を除く)

耐震 : 耐震重要施設 (津波防護施設, 浸水防止設備, 津波監視設備を除く)

耐津波 : 津波防護施設, 浸水防止設備, 津波監視設備

(注) : 非常用取水設備

## 1.1 基本的な考え方

泊発電所の屋外重要土木構造物等は、護岸構造物、線状構造物及び箱型構造物の3つの構造形式に分類される。以下に、構造形式ごとの構造的特徴を踏まえた断面選定の基本的な考え方を示す。

### ① 護岸構造物（取水口）

海水を取水するため護岸コンクリートで海水の流路を形成している構造物（以下「護岸構造物」という。）は、延長方向（通水方向）におおむね同一構造が連続している。また、横断方向（延長方向に直交する方向）は、前面に海水があり、背面には埋戻土が分布している。

護岸構造物は、前面側から海水による水圧を受けるものの、背面側からの土圧の方が大きく、横断方向加振に対して前面側（海水側）に滑動・転倒しやすい構造であることから、横断方向が明確に弱軸となるため、横断方向の二次元地震応答解析により耐震評価を行う。

よって、構造物の応答が耐震評価上最も厳しくなると考えられる断面を横断方向から評価対象断面として選定する。

### ② 線状構造物（取水路、原子炉補機冷却海水管ダクト、B1、B2ディーゼル発電機燃料油貯油槽トレンチ）

延長方向への海水の通水機能や配管等の支持機能を維持するため、延長方向に対して空間を保持できるように構造部材が配置される構造物（以下「線状構造物」という。）は、横断方向（延長方向に直交する方向）に設置される構造部材が少なく、横断方向が明確に弱軸となることから、横断方向の二次元地震応答解析により耐震評価を行う。

よって、構造物の応答が耐震評価上最も厳しくなると考えられる断面を横断方向から評価対象断面として選定する。

### ③ 箱型構造物（取水ピットスクリーン室、取水ピットポンプ室、原子炉補機冷却海水ポンプ出口ストレナ室）

加振方向と平行に配置される妻壁や隔壁等を有する構造物（以下「箱型構造物」という。）は、加振直交方向の構造物長さと同加振方向と平行に配置される壁の総厚との比が小さい方が弱軸となり、大きい方が強軸となる。

箱型構造物のうち取水ピットスクリーン室は、横断方向（延長方向に直交する方向）に配置される壁部材は構造物南面の妻壁のみであるのに対し、延長方向には側壁及び隔壁が多数配置されていることから、横断方向が弱軸となる。また、ほぼ同一の断面が延長方向に連続しており、三次元的な応答の影響は小さいことから、妻壁を耐震部材として見込まず、弱軸方向の二次元地震応答解析により耐震評価を行う。よって、構造物の応答が耐震評価上最も厳しくなると考えられる断面を弱軸方向から評価対象断面として選定する。また、強軸方向についても間接支持する機器・配管の応答影響を評価する必要があることから、評価対象断面（床応答値算出断面）として選定する。

箱型構造物のうち取水ピットポンプ室及び原子炉補機冷却海水ポンプ出口ストレーナ室は、延長方向に妻壁や隔壁等を複数有することから、妻壁や隔壁等の面部材を耐震部材として考慮することとし、三次元モデルを用いて水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響を考慮して耐震評価を行う。よって、三次元モデルに作用させる荷重を適切に評価することが可能な断面を直交する2方向から評価対象断面（地震時荷重算定断面）として選定する。

上記を考慮した屋外重要土木構造物等の断面選定の基本的な考え方を第6-2表に示す。

第 6-2 表 屋外重要土木構造物等の断面選定の基本的な考え方

名称	断面選定の考え方		
	A:	B:	C:
	<p>A: 横断方向が明確に弱軸となることから、横断方向の二次元地震応答解析により耐震評価を行う線状構造物及び護岸構造物</p> <p>⇒ 構造物の応答が耐震評価上最も厳しくなると考えられる位置を横断方向から評価対象断面に選定する。</p>	<p>B: 妻壁や隔壁等の面材を耐震部材として考慮せず、弱軸方向の二次元地震応答解析による耐震評価及び強軸方向の二次元地震応答解析により床応答を算出する箱型構造物</p> <p>⇒ 構造物の応答が耐震評価上最も厳しくなると考えられる位置を弱軸方向から評価対象断面に選定する。また、弱軸方向についても床応答算出断面として評価対象断面に選定する。</p>	<p>C: 妻壁や隔壁等の面材を耐震部材として考慮して、三次元モデルを用いて水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せを考慮して耐震評価を行う箱型構造物</p> <p>⇒ 三次元モデルに作用させる荷重を適切に評価することが可能な断面を、直交する2方向から地震時荷重算定断面として評価対象断面に選定する。</p>
取水口	○	-	-
取水路	○	-	-
原子炉補機冷却海水管ダクト	○	-	-
B1, B2-ディーゼル発電機燃料油貯油槽	○	-	-
取水ピットスクリーン室	-	○	-
取水ピットポンプ室	-	-	○
原子炉補機冷却海水ポンプ出口ストレーナ室	-	-	○

## 1.2 評価対象断面の選定の流れ

評価対象断面の選定の流れを以下に示す。

### (1) 評価対象候補断面の整理

設置許可段階において、以下の観点にて、評価対象候補断面を整理する。(整理結果を別紙-8に示す。)

#### ① 要求機能並びに間接支持する機器・配管の有無及び設置状況

- ・要求機能に差異がある場合、耐震評価において要求機能に応じた許容限界を設定する必要があることから、要求機能の差異の有無により評価対象候補断面を整理する。
- ・間接支持する機器・配管系の種類及び設置状況に差異がある場合は、構造物に作用する荷重及び床応答特性が異なり、評価対象構造物及び機器・配管系の耐震評価に影響することから、間接支持する機器・配管系の種類や設置状況に係る差異の有無により評価対象候補断面を整理する。

#### ② 構造的特徴（部材厚，内空断面，配筋，断面急変部，構造物間の連結部等）

- ・構造的特徴に差異がある場合は、構造物に作用する土圧等の荷重及び床応答特性が異なり、評価対象構造物及び機器・配管系の耐震評価に影響することから、構造的特徴の差異の有無により評価対象候補断面を整理する。

#### ③ 周辺状況（上載荷重，土被り厚，周辺地質，周辺地質変化部，隣接構造物，地下水位，断層）

- ・周辺地質の差異や周辺地質変化部及び構造物と断層の交差部がある場合は、構造物に作用する土圧等の荷重，地震波の伝播特性及び床応答特性が異なり、評価対象構造物及び機器・配管系の耐震評価に影響することから、周辺地質等の差異の有無により評価対象候補断面を整理する。
- ・MMR（マンメイドロック）は、構造物を支持する又は構造物の周囲を埋め戻すコンクリートである。MMRの分布により、構造物に作用する土圧等の荷重，地震波の伝播特性及び床応答特性に影響を与えることから、周辺地質の中で整理する。
- ・隣接構造物による影響については、二次元FEMにてモデル化する隣接構造物の有無や種類に差異がある場合、構造物の地震時応答が異なり評価対象構造物及び機器・配管系の耐震評価に影響することから、モデル化する隣接構造物の差異の有無により評価対象候補断面を整理する。
- ・隣接構造物のモデル化方針は以下のとおりとし、評価対象構造物と隣接構造物の位置関係の例を第6-2図に示す。なお、モデル化対象とする隣接構造物は、耐震性を有し、岩着（MMRを介する場合も含む）で評価対象構造物と同等以上の大きさの構造物とする。

(a) 評価対象構造物と隣接構造物が接している場合

評価対象構造物と隣接構造物が接している場合、隣接構造物の地震時応答が評価対象構造物に伝達することが考えられる。よって、隣接構造物の地震時応答を考慮するため隣接構造物をモデル化する。

(b) 評価対象構造物と隣接構造物との間が埋戻土の場合

地中構造物の耐震評価においては、埋戻土より剛性の大きい隣接構造物をモデル化することにより、周辺地盤の変形が抑制されると考えられる。よって、評価対象構造物に作用する土圧を保守的に評価するため、隣接構造物の設置範囲を埋戻土としてモデル化する。

・防潮堤は、地中部に大きなセメント改良土を有しており、これらの地震応答は周辺地盤の挙動に影響を及ぼすものと考えられる。よって、防潮堤が評価対象構造物の近傍（解析モデル化範囲内）に存在する場合は、防潮堤をモデル化する。

・地下水位について、T.P. 10.0m 盤エリアに設置される施設等のうち防潮堤よりも山側に設置される施設は、設計地下水位を地表面に設定する方針であり、防潮堤よりも海側に設置される施設は、耐震評価が保守的となるよう個別に設計地下水位を設定する方針であることを踏まえて、地下水位設定の差異の有無により評価対象候補断面を整理する。（地下水位の設定方針に関する詳細は、別紙—10「設計地下水位の設定方針について」に示す。）

④ 地震波の伝播特性

・地震波の伝播特性は、周辺状況のうち評価対象構造物下部の岩盤等の周辺地質の状況により異なることから、観点③の整理を踏まえ、地震波の伝播特性に係る差異の有無により評価対象候補断面を整理する。

⑤ 床応答特性

・観点①～③の整理を踏まえ、床応答特性の差異の有無により評価対象候補断面を整理する。

(2) 評価対象断面の選定

(1)にて整理した評価対象候補断面を踏まえ、詳細設計段階において、以下に示す考えで評価対象断面を選定する。

⑥ 評価対象断面の選定

a. 構造的特徴による選定

横断方向の二次元地震応答解析により耐震評価を実施する構造物については、候補断面の部材厚や内空断面等の構造的特徴を比較し、他の候補断面より耐震評価上厳しくなることが想定される候補断面を評価対象断面として選定する。同一断面となる場合には、同一断面となる区間ごとに後述する他の観点で評価対象断面を選定する。

三次元モデルで耐震評価を実施する構造物については、地震時荷重を算出する二次元地震応答解析を実施する断面を、構造的特徴を踏まえて選定する。



b. 周辺状況による選定

上載荷重，土被り厚，周辺地質，隣接構造物にて耐震評価上厳しくなる断面を選定する。

同一構造で延長方向に設置深さが異なる線状構造物は，上載荷重が最大となる断面や土被り厚が最大となる断面を評価対象断面として選定する。

評価対象候補断面の中で，隣接構造物との位置関係により土圧が作用しない断面と，周辺地質が埋戻土となる断面がある場合のように，構造物に作用する土圧が大きく評価される候補断面が明確な場合には，その候補断面を評価対象断面として選定する。

⑦ 評価対象断面の絞り込み

- ・⑥においてそれぞれの観点から評価対象断面が複数抽出される場合，地震応答解析を実施して評価対象断面の絞り込みを行う場合もある。

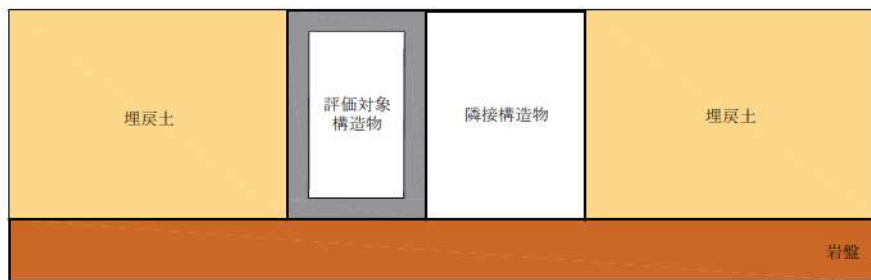
⑧ 床応答算出断面の選定

- ・耐震評価上の観点以外に機器・配管系の応答加速度及び応答変位の観点から，床応答算出用の断面を評価対象断面に選定する。

評価対象断面のモデル化範囲（二次元FEM解析モデル）については，以下に考え方を示す。

二次元FEMによる地震応答解析モデルの範囲は地盤及び構造物の応力状態に影響を及ぼさないよう，十分広い領域とする。具体的には，「原子力耐震設計技術指針 JEAG4601-1987」を適用し，モデル幅を構造物基礎幅の5倍以上，地盤モデルの入力基盤深さを構造物下端から構造物基礎幅の2倍以上確保する。

二次元FEMにおけるモデル化範囲の考え方を第6-3図に示す。

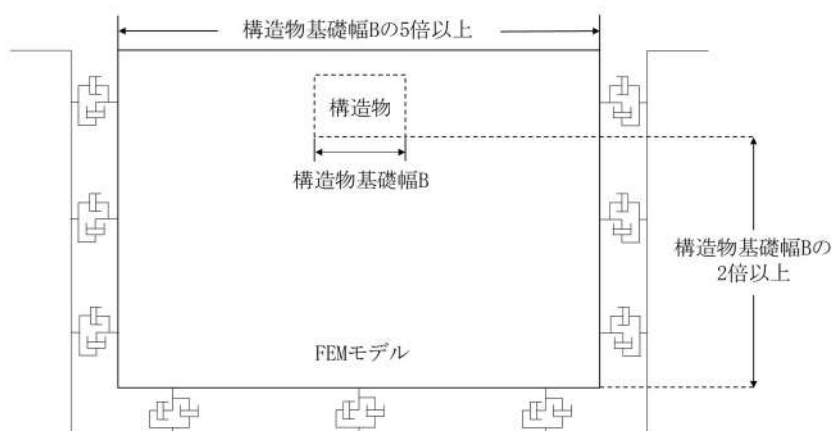


(a) 評価対象構造物と隣接構造物が接している場合



(b) 評価対象構造物と隣接構造物の間が埋戻土で埋め戻されている場合

第 6-2 図 隣接構造物との位置関係の例



第 6-3 図 2次元FEMにおけるモデル化範囲の考え方

## 2. 屋外重要土木構造物等の耐震評価における断面選定の考え方

### 2.1 各施設の配置


本章では屋外重要土木構造物等である，取水口，取水路，取水ピットスクリーン室，取水ピットポンプ室，原子炉補機冷却海水ポンプ出口ストレーナ室，原子炉補機冷却海水管ダクト，B1，B2-ディーゼル発電機燃料油貯油槽トレンチの断面選定の考え方を示す。

第6-4図に屋外重要土木構造物等の平面配置図を示す。

なお，取水ピットポンプ室の耐震裕度向上を目的とした，取水ピットポンプ室周辺の地盤についてはMMRによる耐震補強を検討中であり，取水ピットポンプ室，原子炉補機冷却海水ポンプ出口ストレーナ室及び原子炉補機冷却海水管ダクトは，MMRを考慮して評価対象候補断面を選定する。



第6-4図 屋外重要土木構造物等の平面配置図

 枠囲みの内容は機密情報に属しますので公開できません。

## 2.2 取水口

取水口の配置図を第 6-5 図に、平面図を第 6-6 図に、断面図を第 6-7 図～第 6-9 図に、地質断面図を第 6-10 図及び第 6-11 図にそれぞれ示す。

取水口は、非常用取水設備であり、通水機能、貯水機能並びに津波防護施設及び常設重大事故等対処設備である貯留堰の間接支持機能が要求される。

取水口は、延長 35.0m のコンクリート造の護岸コンクリートにより構成され、延長方向に断面の変化が少ない護岸構造物であり、上部には鉄筋コンクリート造の L 型擁壁が設置されている。

地下水位の設定については、取水口の滑動及び転倒評価が保守的となるように設定する。取水口背面の地下水位は、「港湾の施設の技術上の基準・同解説（上）（平成 19 年 7 月）」の残留水位<sup>(注)</sup>の設定方法に基づき T.P. 0.55m とし、取水口前面の海水位は、最低潮位の T.P. -0.36m とする。


よって、二次元地震応答解析により耐震評価を行う上で、構造的特徴、周辺状況及び地震波の伝播特性等を考慮して、構造物の応答が耐震評価上最も厳しくなると考えられる断面を評価対象断面として選定する。

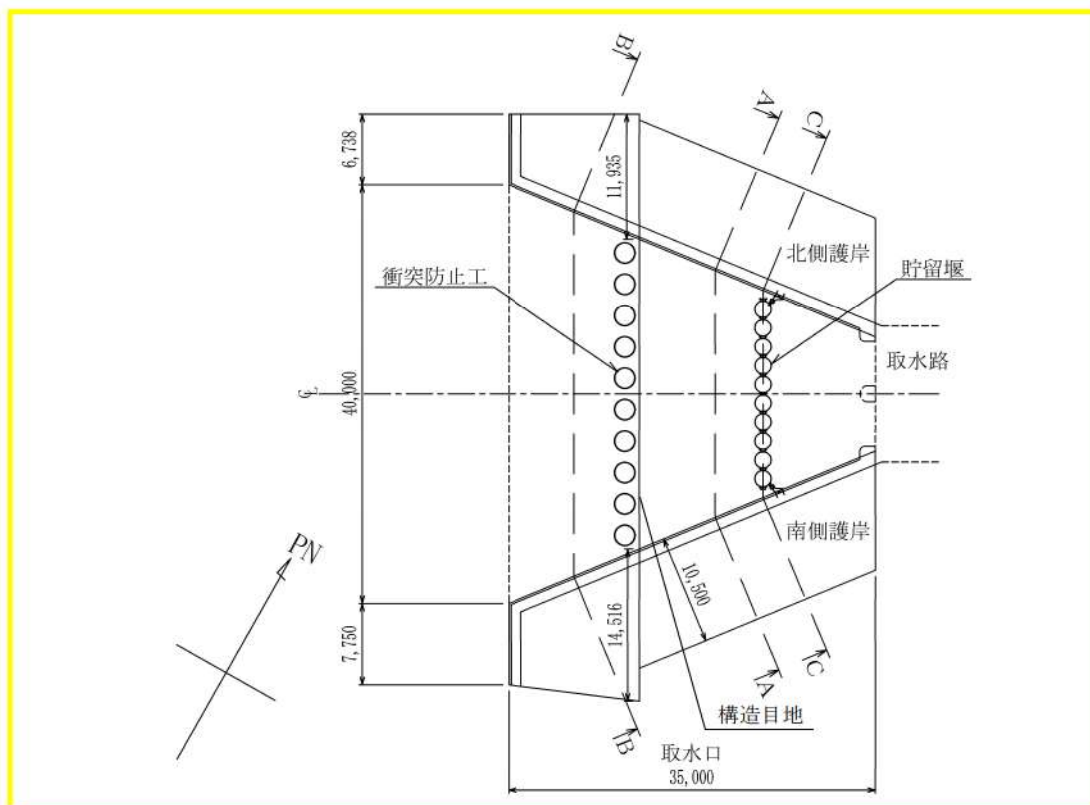
(注) 残留水位 = 最低潮位 + (最高潮位 - 最低潮位) × 2/3

$$= \text{T.P. } -0.36\text{m} + (\text{T.P. } 1.00\text{m} - \text{T.P. } -0.36\text{m}) \times 2/3 \approx \text{T.P. } 0.55\text{m}$$

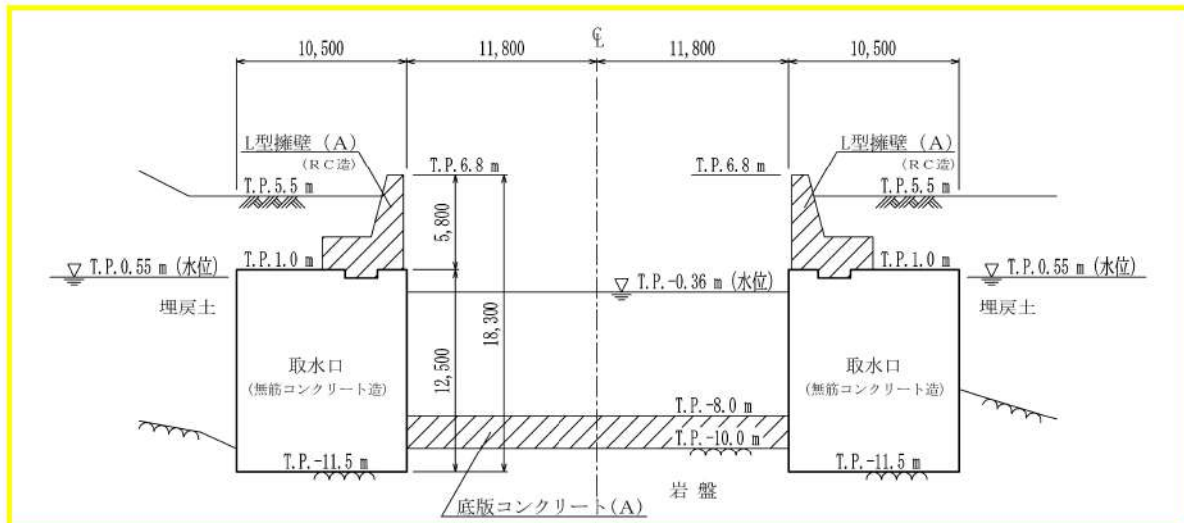


第 6-5 図 取水口 配置図

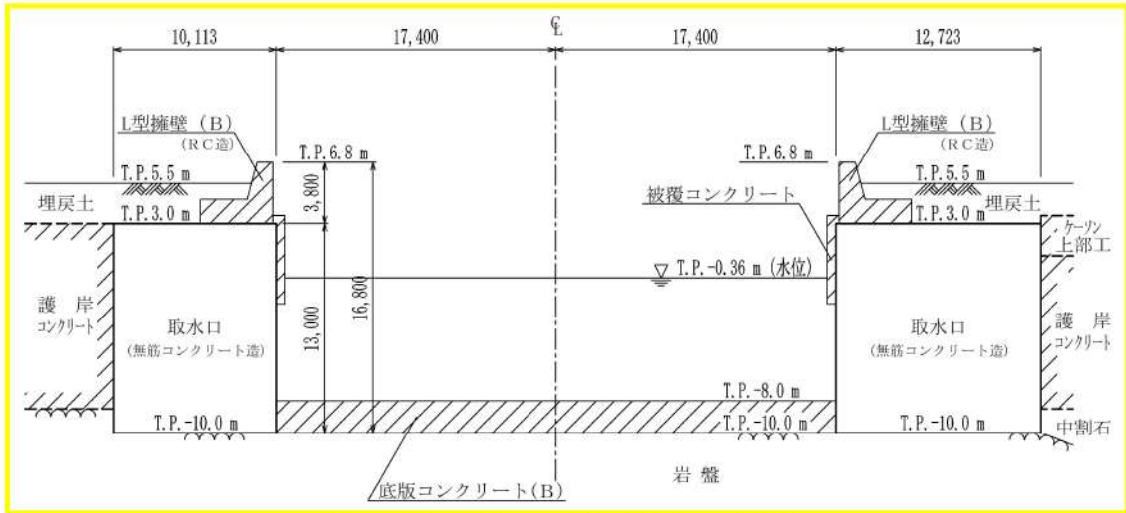
 枠囲みの内容は機密情報に属しますので公開できません。



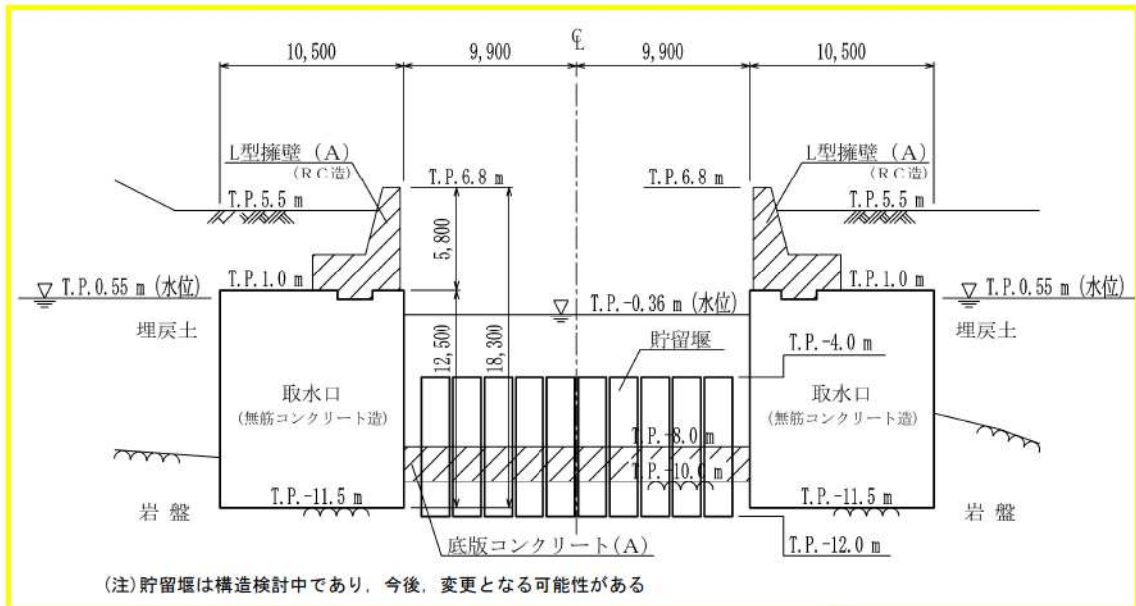
第 6-6 図 取水口 平面図



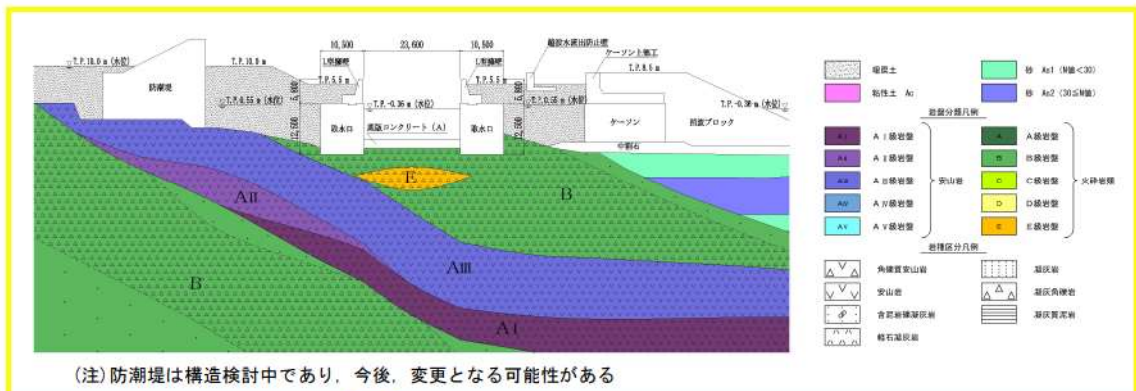
第 6-7 図 取水口 断面図 (A-A 断面)



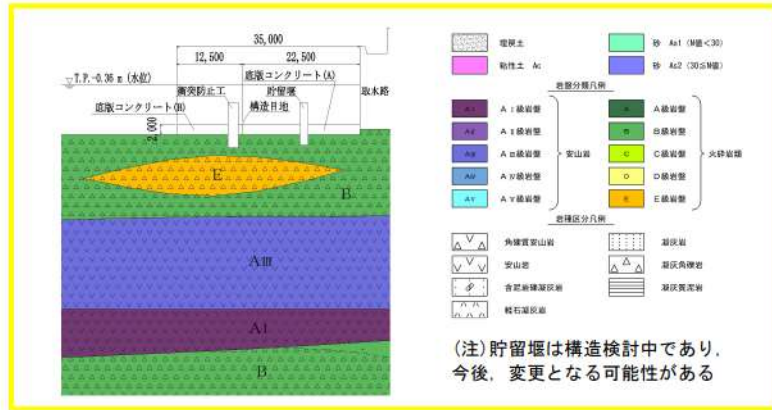
第 6-8 図 取水口 断面図 (B-B 断面)



第 6-9 図 取水口 断面図 (C-C 断面)



第 6-10 図 取水口 地質断面図 (A-A 断面)



第 6-11 図 取水口 地質断面図 (縦断面)

### 2.3 取水路

取水路の配置図を第6-12図に、平面図を第6-13図に、断面図を第6-14図～第6-20図に、地質断面図を第6-21図～第6-24図にそれぞれ示す。

取水路は、非常用取水設備であり、通水機能、貯水機能及び津波防護施設である防潮堤の間接支持機能が要求される。

取水路は、延長約109.9mの鉄筋コンクリート造の地中構造物であり、2連カルバートと高さ約13.1mの立坑が一体化している立坑部と、2連及び4連カルバート構造の蓋渠部により構成され、延長方向に断面の変化が小さい線状構造物であり、同一断面形状区間で一様な配筋となっている。

防潮堤より海側の範囲における地下水位の設定については、海水位による影響が支配的であると考えられることから、地下水位は海水面（T.P.0m）程度と想定されるが、耐震評価が保守的となるよう、朔望平均満潮位のT.P.0.26mとする。

よって、二次元地震応答解析により耐震評価を行う上で、構造的特徴、周辺状況及び地震波の伝播特性等を考慮して、構造物の応答が耐震評価上最も厳しくなると考えられる断面を評価対象断面として選定する。



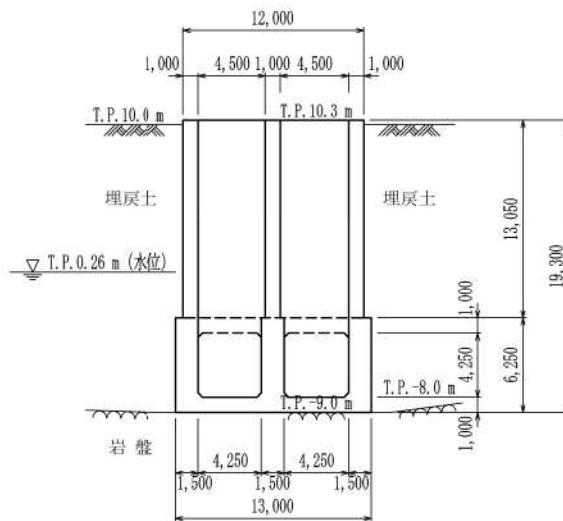
第6-12図 取水路 配置図

 枠囲みの内容は機密情報に属しますので公開できません。

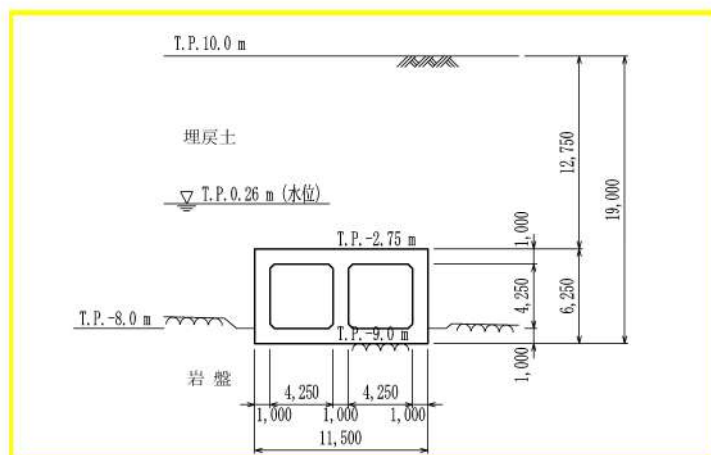




第 6-13 図 取水路 平面図

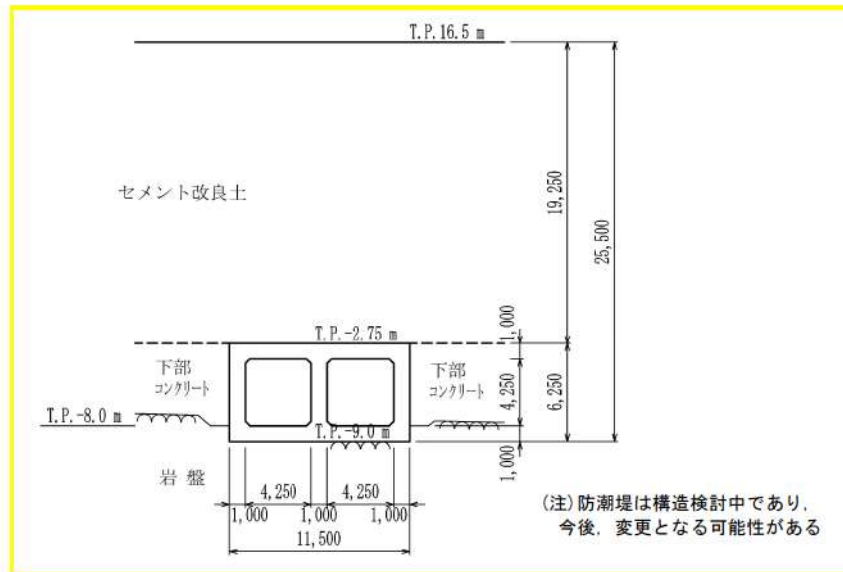


第 6-14 図 取水路 断面図 (A-A 断面)

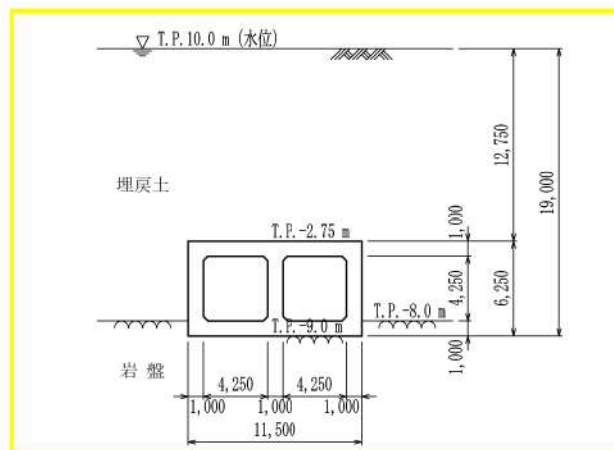


第 6-15 図 取水路 断面図 (B-B 断面)

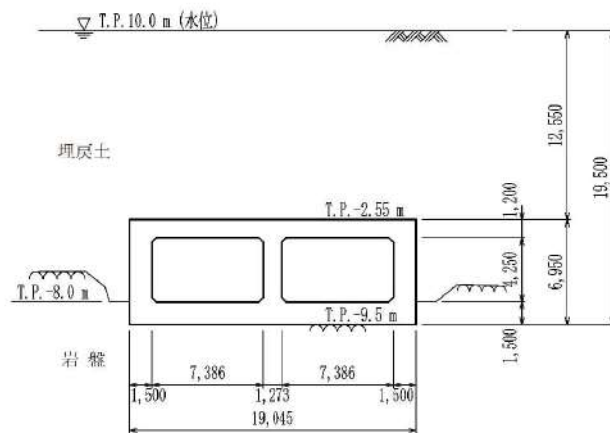
枠囲みの内容は機密情報に属しますので公開できません。



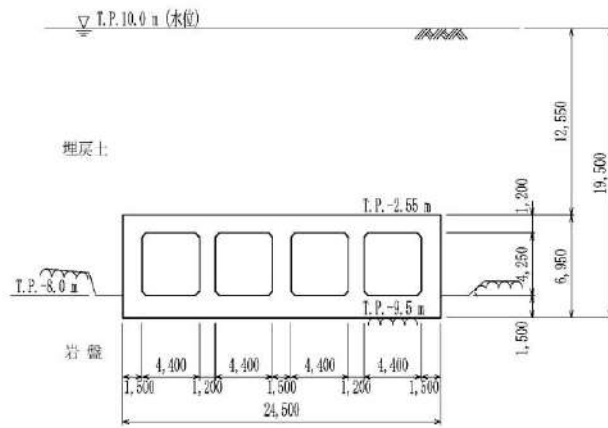
第 6-16 図 取水路 断面図 (C-C 断面)



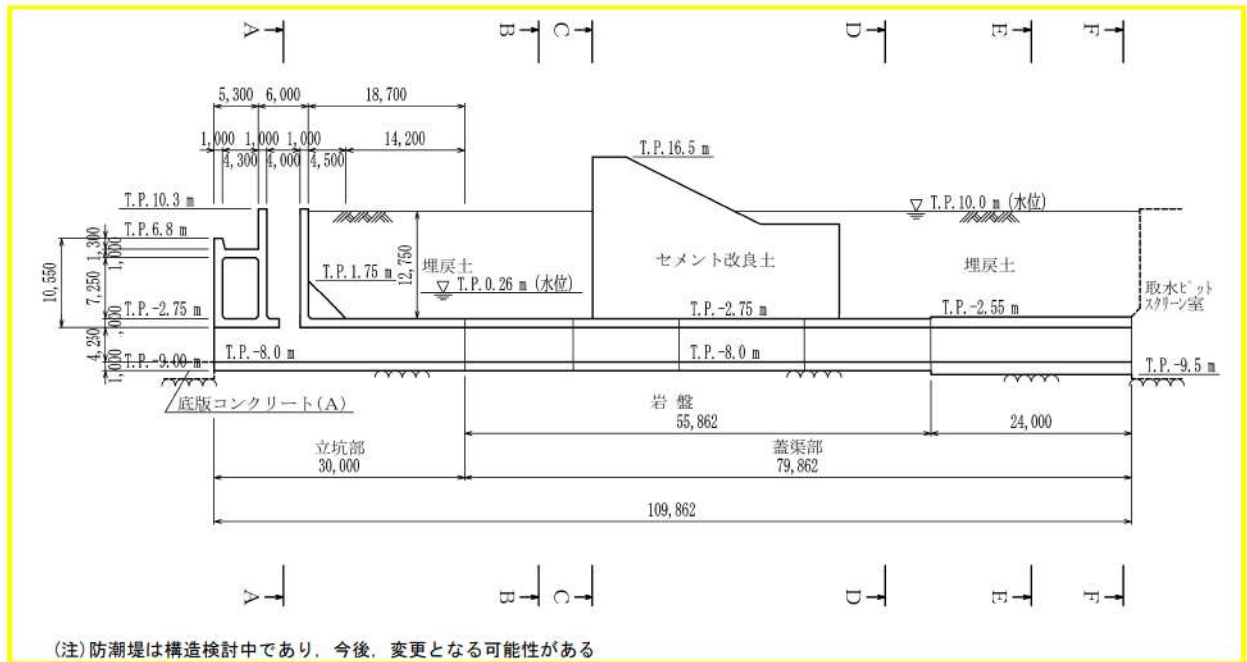
第 6-17 図 取水路 断面図 (D-D 断面)



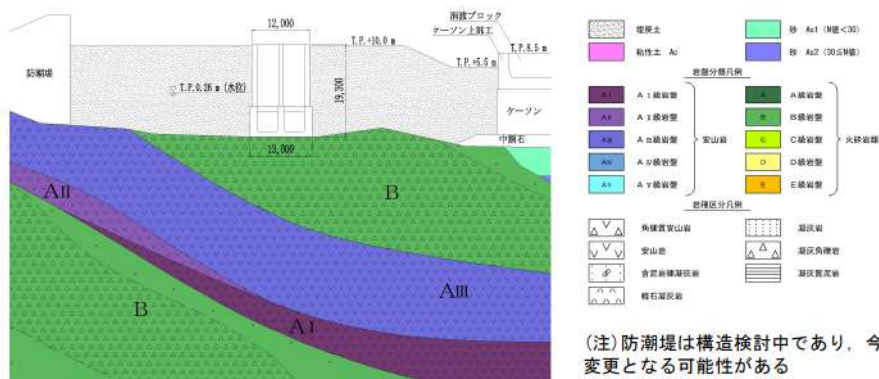
第 6-18 図 取水路 断面図 (E-E 断面)



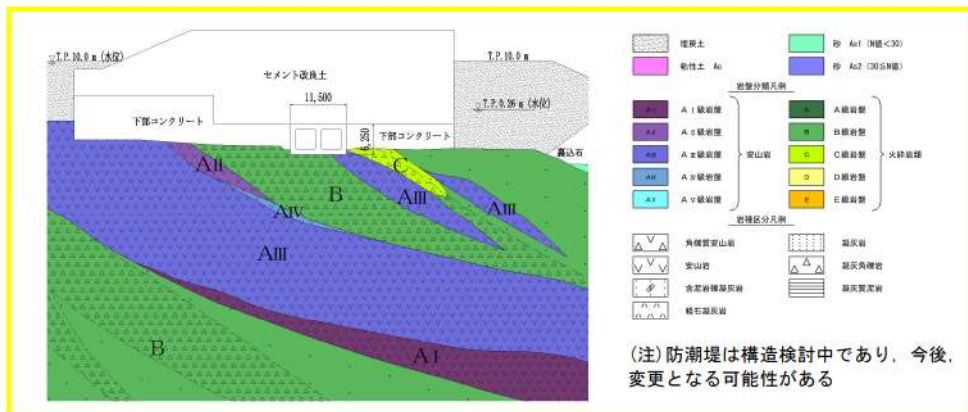
第6-19図 取水路 断面図 (F-F断面)



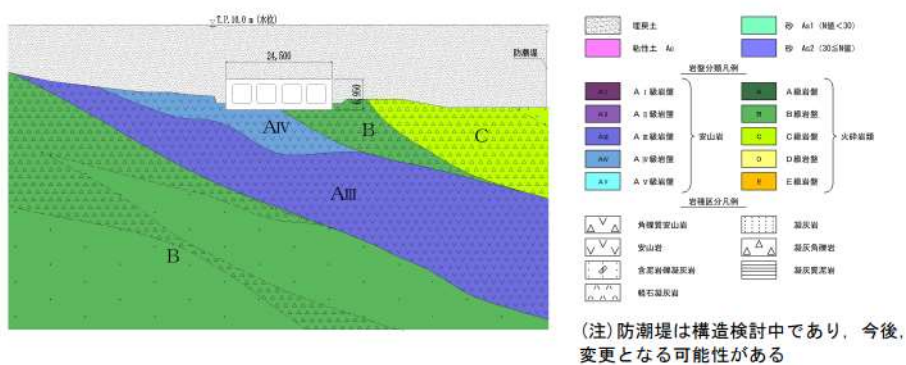
第6-20図 取水路 断面図 (縦断面)



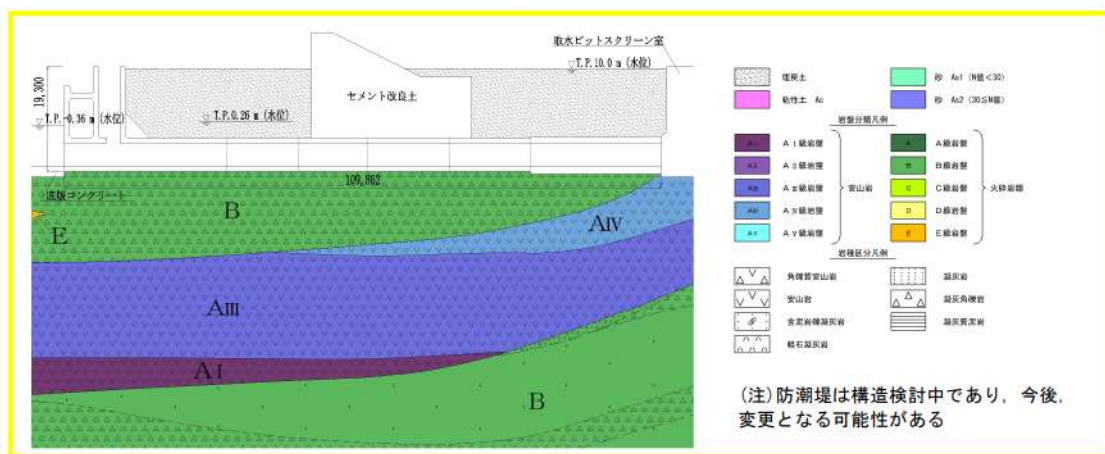
第6-21図 取水路 地質断面図 (A-A断面)



第 6-22 図 取水路 地質断面図 (C-C 断面)



第 6-23 図 取水路 地質断面図 (F-F 断面)



第 6-24 図 取水路 地質断面図 (縦断面)

#### 2.4 原子炉補機冷却海水管ダクト

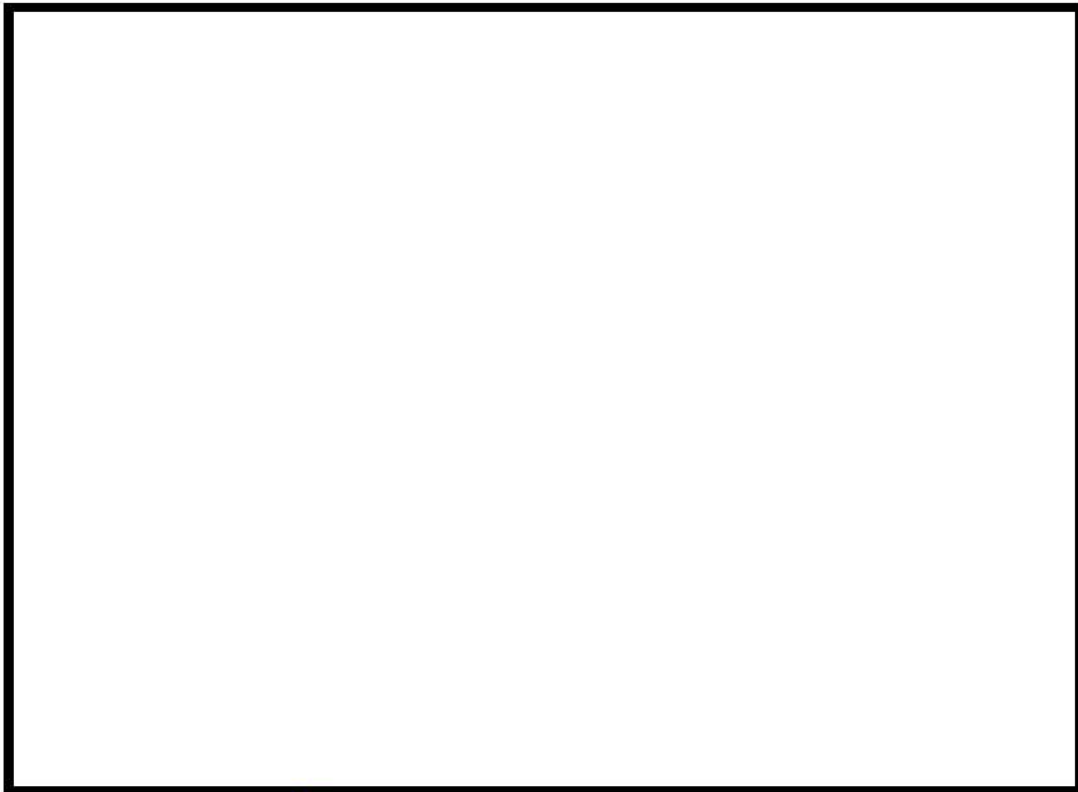
原子炉補機冷却海水管ダクトの配置図を第 6-25 図に、平面図を第 6-26 図に、断面図を第 6-27 図～第 6-32 図に、地質断面図を第 6-33 図～第 6-36 図にそれぞれ示す。

原子炉補機冷却海水管ダクトは、耐震重要施設及び常設重大事故等対処設備である原子炉補機冷却海水設備配管の間接支持機能が要求される。

原子炉補機冷却海水管ダクトは、延長約 197.3m、幅 5.2m、高さ 4.8m の鉄筋コンクリート造の地中構造物であり、埋設深さによって最深部、中間部及び最浅部に区分され、延長方向に断面の変化がない線状構造物である。

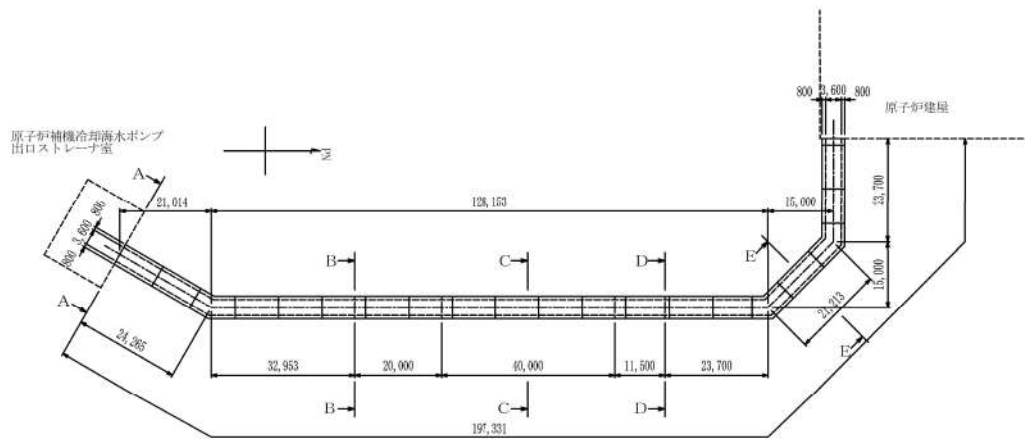
配筋については、埋設深さごとに異なる構造となっている。また、最深部－中間部間の傾斜部は、最深部の配筋と同一配筋であり、中間部－最浅部間の傾斜部は、中間部の配筋と同一配筋である。

よって、二次元地震応答解析により耐震評価を行う上で、間接支持する設備、構造的特徴、周辺状況及び地震波の伝播特性等を考慮して、構造物の応答が耐震評価上最も厳しくなると考えられる断面を評価対象断面として選定する。

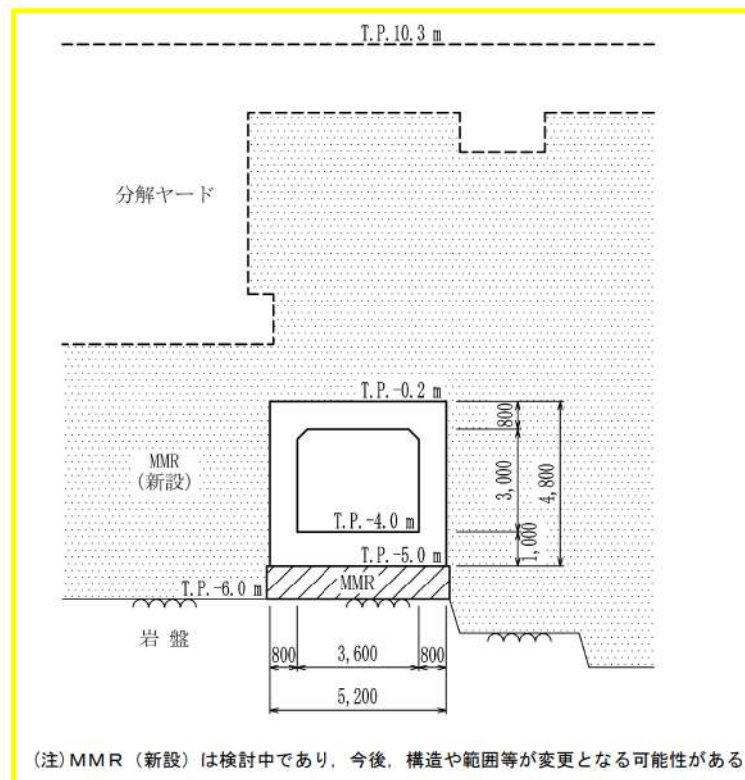


第 6-25 図 原子炉補機冷却海水管ダクト 配置図

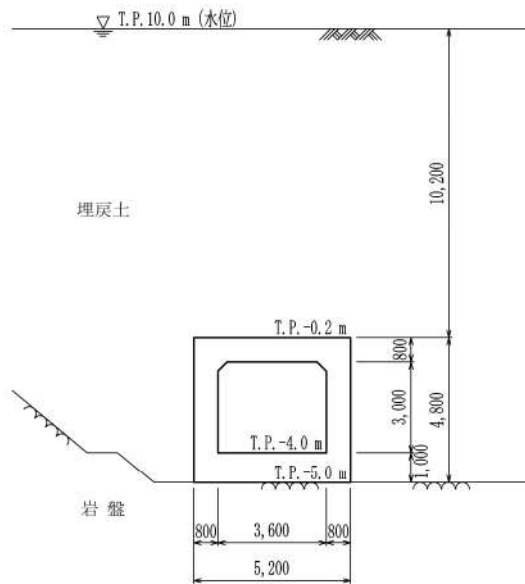
枠囲みの内容は機密情報に属しますので公開できません。



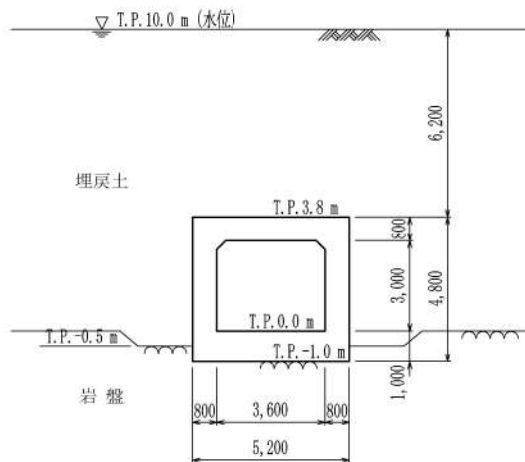
第 6-26 図 原子炉補機冷却海水管ダクト 平面図



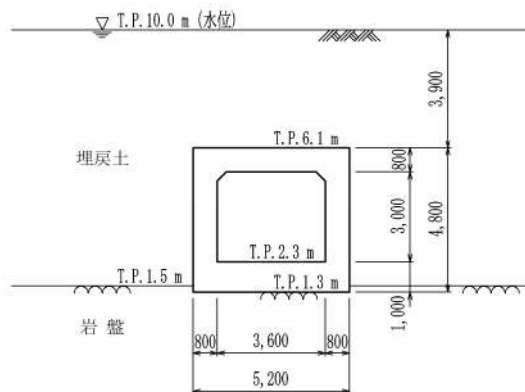
第 6-27 図 原子炉補機冷却海水管ダクト 断面図 (A-A 断面)



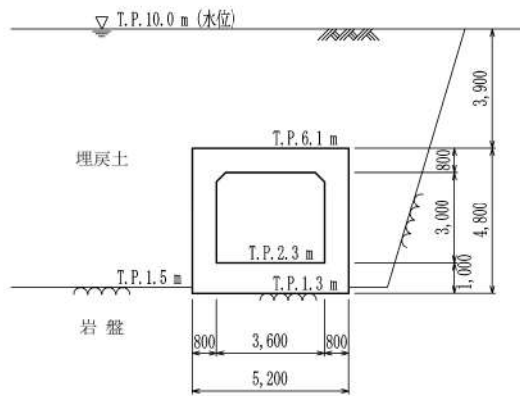
第 6-28 図 原子炉補機冷却海水管ダクト 断面図 (B-B 断面)



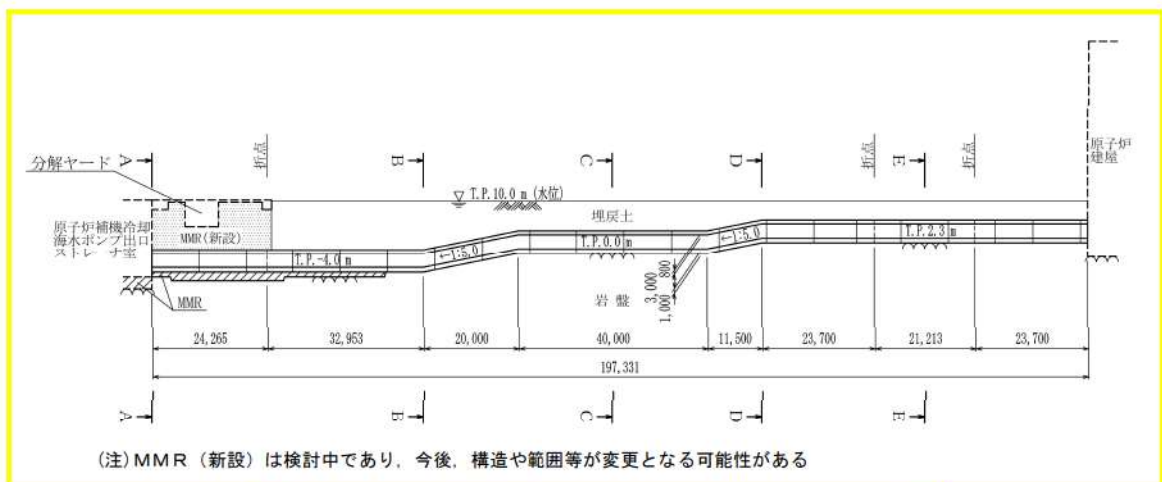
第 6-29 図 原子炉補機冷却海水管ダクト 断面図 (C-C 断面)



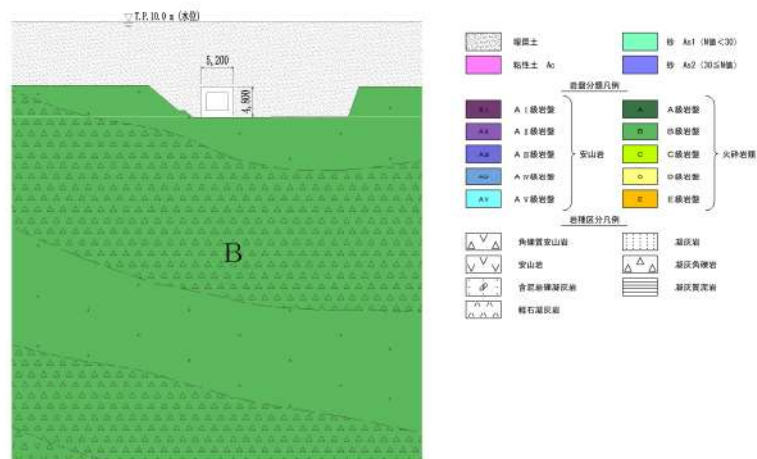
第 6-30 図 原子炉補機冷却海水管ダクト 断面図 (D-D 断面)



第 6-31 図 原子炉補機冷却海水管ダクト 断面図 (E-E 断面)

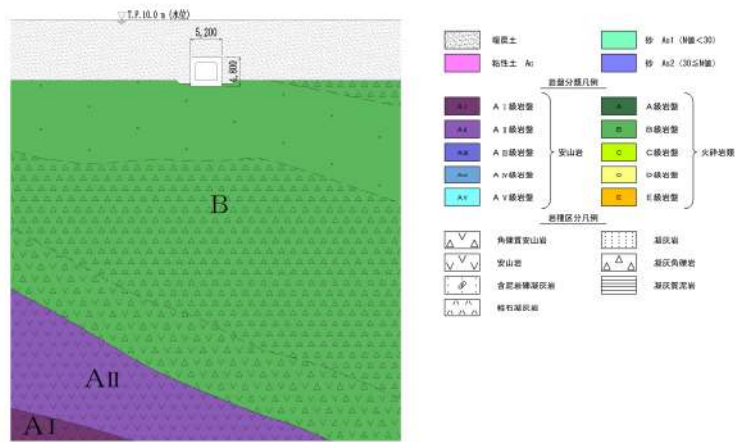


第 6-32 図 原子炉補機冷却海水管ダクト 断面図 (縦断面)

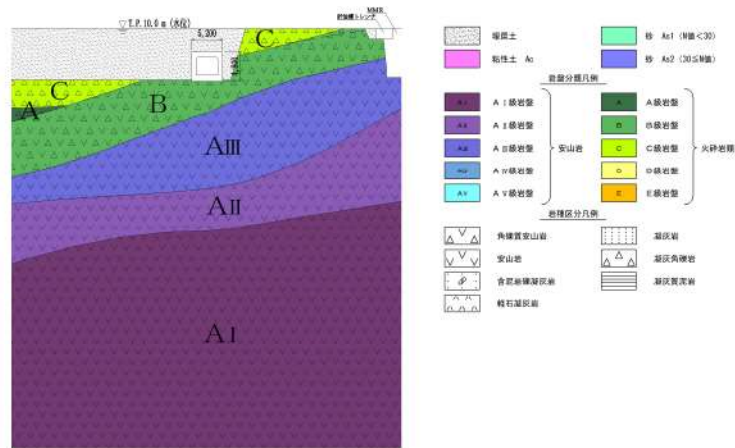


第 6-33 図 原子炉補機冷却海水管ダクト 地質断面図 (最深部 : B-B 断面)

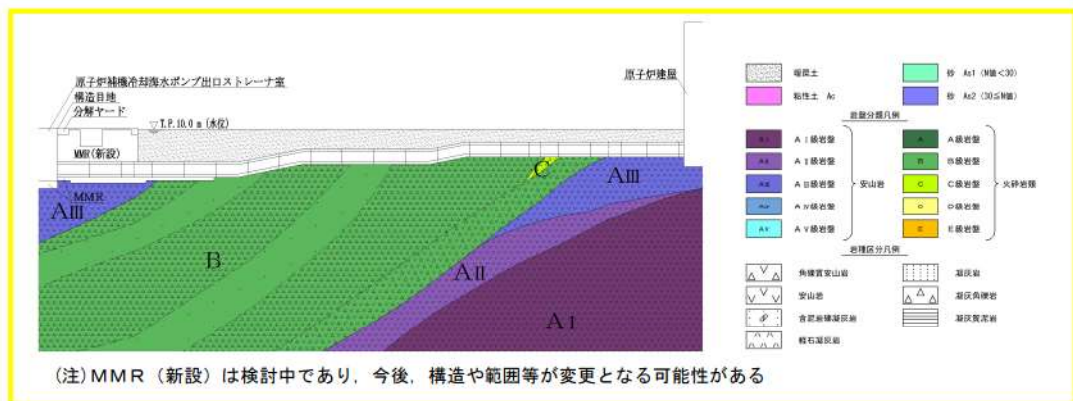




第 6-34 図 原子炉補機冷却海水管ダクト 地質断面図 (中間部：C-C 断面)



第 6-35 図 原子炉補機冷却海水管ダクト 地質断面図 (最浅部：E-E 断面)



第 6-36 図 原子炉補機冷却海水管ダクト 地質断面図 (縦断面)

## 2.5 B1, B2-ディーゼル発電機燃料油貯油槽トレンチ

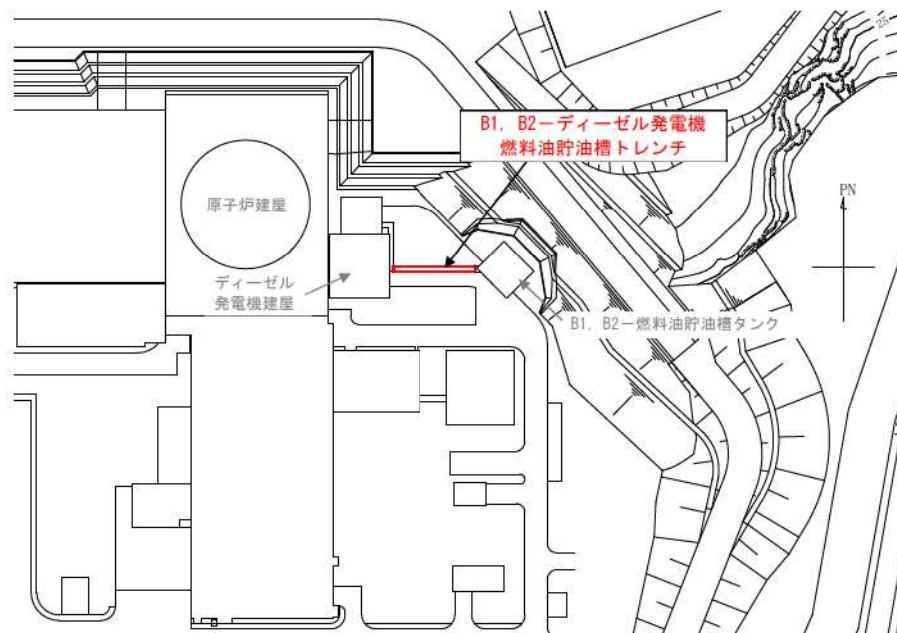
B1, B2-ディーゼル発電機燃料油貯油槽トレンチの配置図を第6-37図に、平面図を第6-38図に、断面図を第6-39図～第6-42図に、地質断面図を第6-43図及び第6-44図にそれぞれ示す。

B1, B2-ディーゼル発電機燃料油貯油槽トレンチは、耐震重要施設及び常設重大事故等対処設備であるディーゼル発電機燃料油移送配管の間接支持機能が要求される。

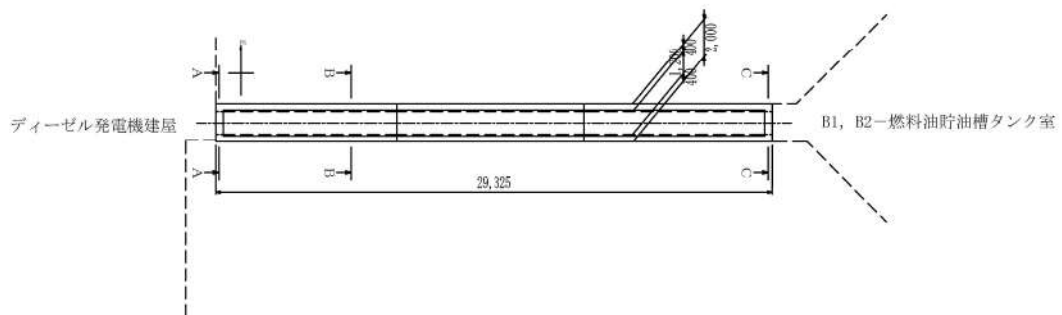
B1, B2-ディーゼル発電機燃料油貯油槽トレンチは、延長約29.3m、幅2.0m、高さ1.75mの鉄筋コンクリート造の地中構造物であり、延長方向に断面の変化が小さい線状構造物である。

配筋については、延長方向に一様な構造となっている。

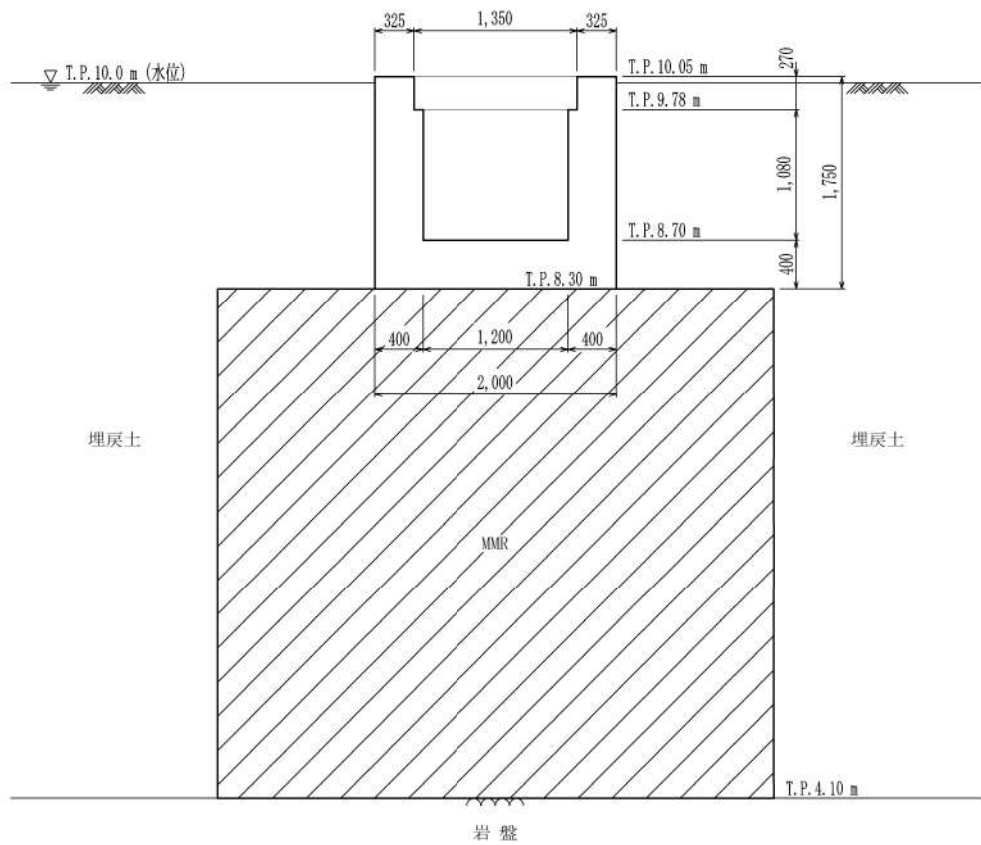
よって、二次元地震応答解析により耐震評価を行う上で、間接支持する設備、構造的特徴、周辺状況及び地震波の伝播特性等を考慮して、構造物の応答が耐震評価上最も厳しくなると考えられる断面を評価対象断面として選定する。



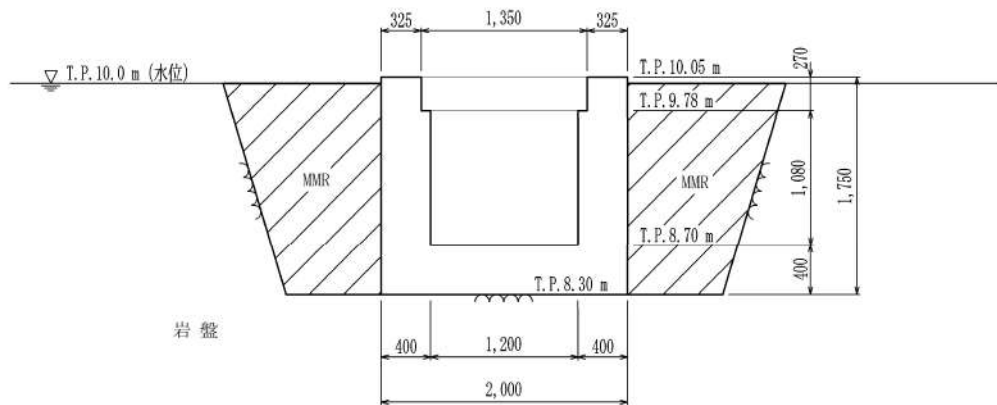
第6-37図 B1, B2-ディーゼル発電機燃料油貯油槽トレンチ 配置図



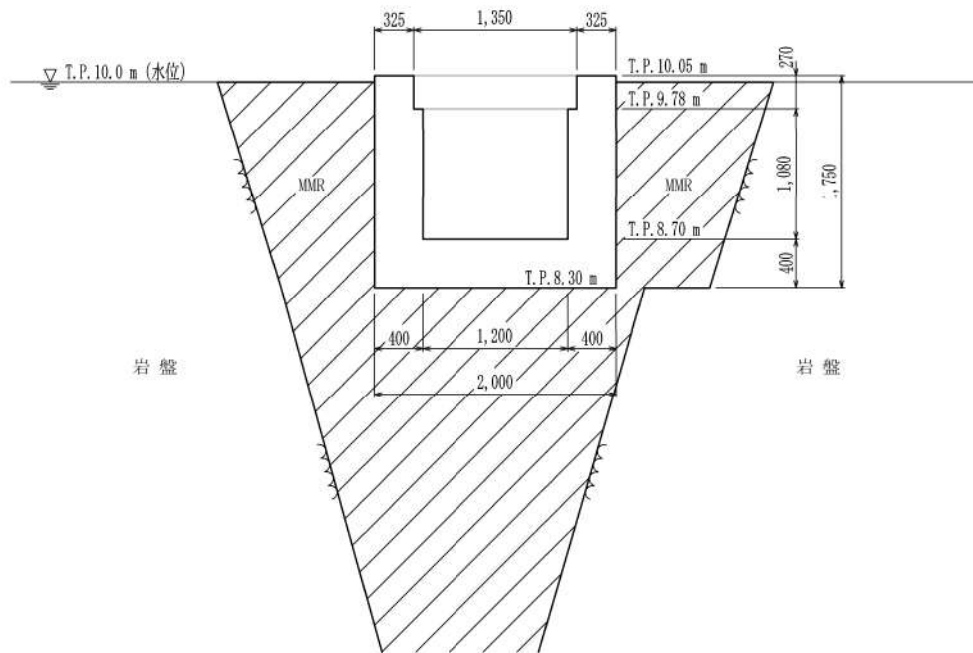
第6-38図 B1, B2-ディーゼル発電機燃料油貯油槽トレンチ 平面図



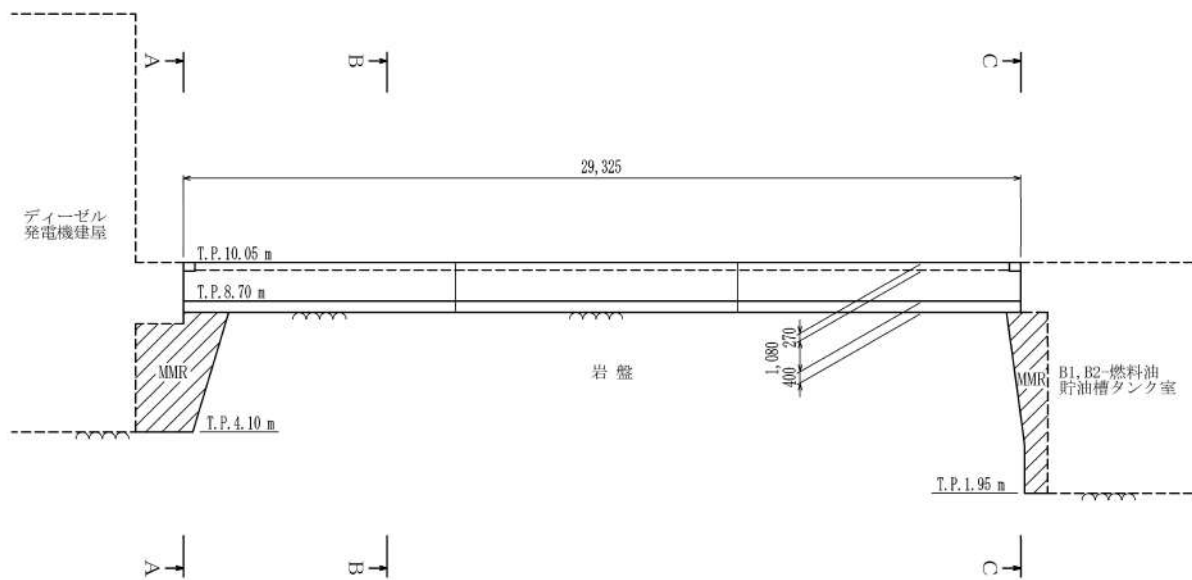
第 6-39 図 B1, B2-ディーゼル発電機燃料油貯油槽トレンチ 断面図 (A-A 断面)



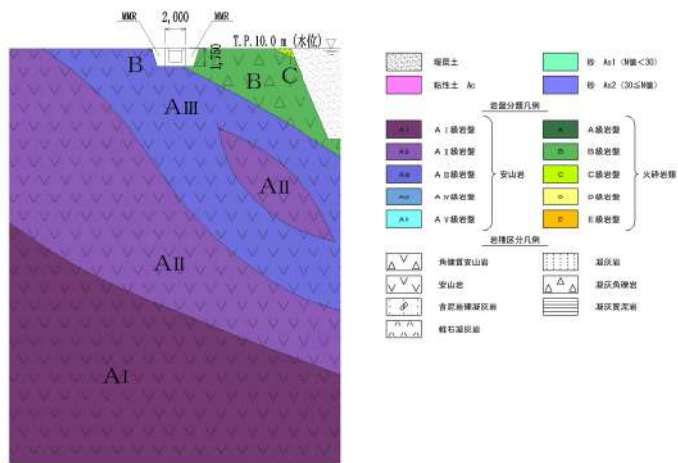
第 6-40 図 B1, B2-ディーゼル発電機燃料油貯油槽トレンチ 断面図 (B-B 断面)



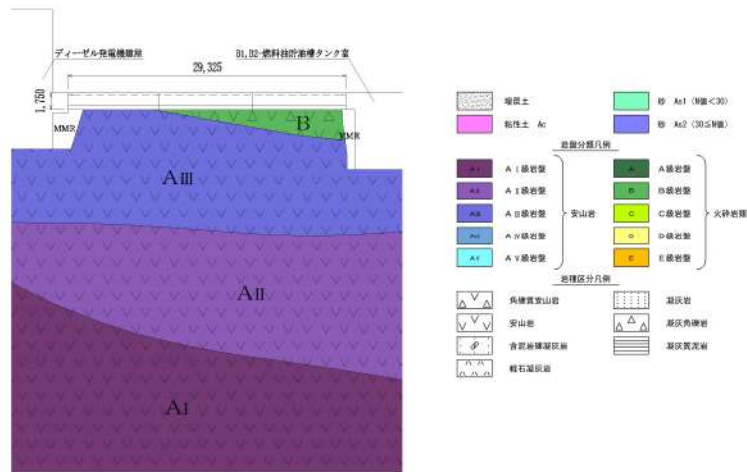
第6-41図 B1, B2-ディーゼル発電機燃料油貯油槽トレンチ 断面図 (C-C 断面)



第6-42図 B1, B2-ディーゼル発電機燃料油貯油槽トレンチ 断面図 (縦断面)



第 6-43 図 B1, B2-ディーゼル発電機燃料油貯油槽トレンチ 地質断面図 (B-B 断面)



第 6-44 図 B1, B2-ディーゼル発電機燃料油貯油槽トレンチ 地質断面図 (縦断面)

## 2.6 取水ピットスクリーン室

取水ピットスクリーン室の配置図を第6-45図に、平面図を第6-46図に、断面図を第6-47図～第6-50図に、地質断面図を第6-51図及び第6-52図にそれぞれ示す。

取水ピットスクリーン室は、非常用取水設備としての通水機能、貯水機能と津波防護施設である3号炉取水ピットスクリーン室防水壁等の間接支持機能が要求される。

取水ピットスクリーン室は、延長23.0m、幅25.5m、高さ20.3m～22.9mの鉄筋コンクリート造の地中構造物であり、延長方向（通水方向）に断面の変化が小さい箱型構造物である。

配筋については、延長方向に一様な構造となっている。

取水ピットスクリーン室は、第6-46図に示すとおり、東西方向に加振した場合に加振直交方向の構造物長さと同様に配置される壁の総厚の比が小さくなるため、東西方向が弱軸となり、南北方向が強軸となる。

取水ピットスクリーン室は、構造物南面に妻壁を有するものの、ほぼ同一の断面が延長方向に連続しており、三次元的な応答の影響は小さい。また、土圧等の外力に対して側壁と妻壁で負担する構造であり、弱軸方向加振に対しては、側壁よりも妻壁の方が外力を多く負担するが、妻壁を考慮せずに評価することで、取水ピットスクリーン室の側壁に作用する外力を多く見込んだ設計となり保守的な評価となる。よって、妻壁を耐震部材として見込まず、弱軸方向の二次元地震応答解析により耐震評価を実施する。また、強軸方向についても、妻壁に3号炉取水ピットスクリーン室防水壁を設置する方針であり、間接支持機能に対する確認として妻壁の耐震評価を実施すること及び間接支持する機器・配管の応答影響を評価する必要があることから、二次元地震応答解析を実施する。

よって、二次元地震応答解析により耐震評価を行う上で、間接支持する設備、構造的特徴、周辺状況及び地震波の伝播特性等を考慮して、構造物の応答が耐震評価上最も厳しくなると考えられる断面を直交する2方向から評価対象断面として選定する。

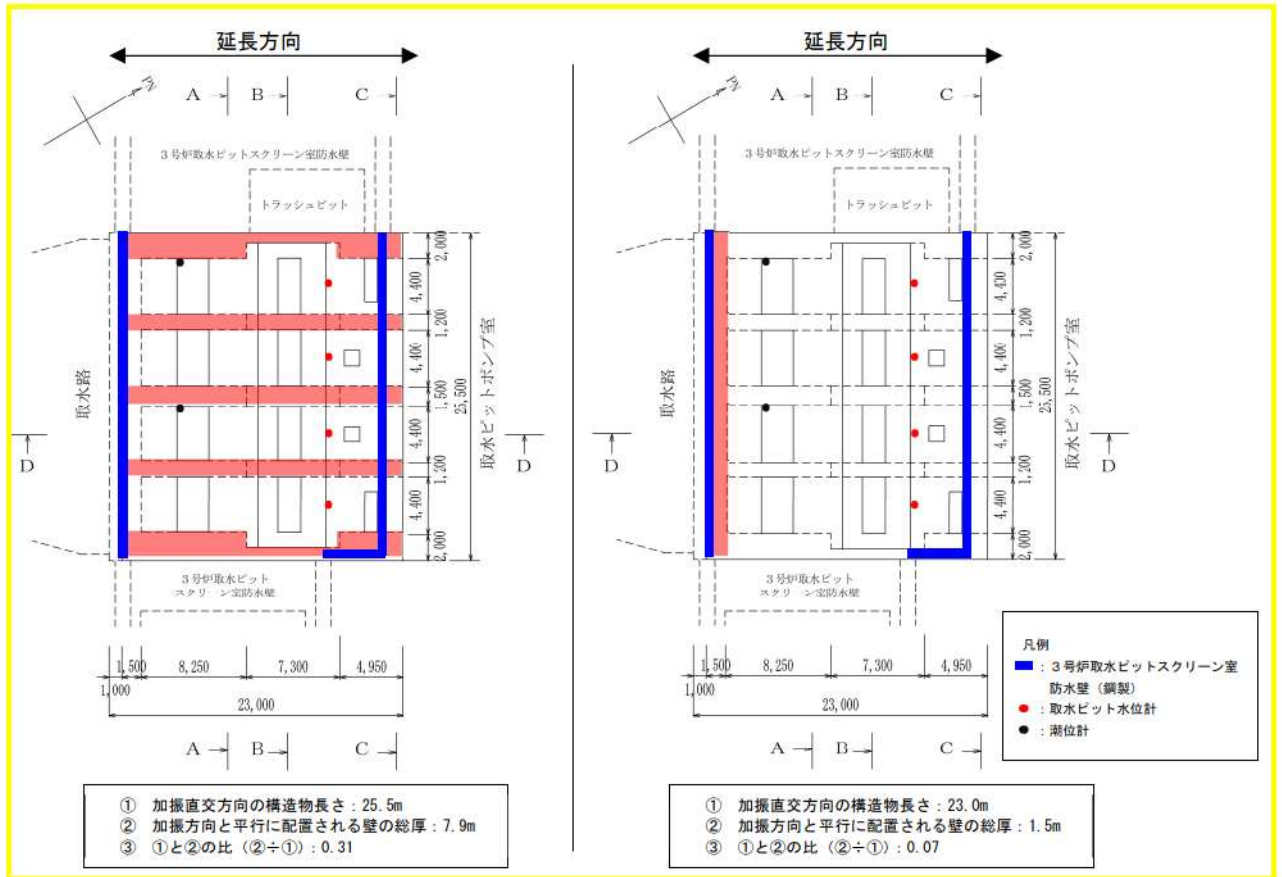


第6-45図 取水ピットスクリーン室 配置図



枠囲みの内容は機密情報に属しますので公開できません。

4条-別添6-29

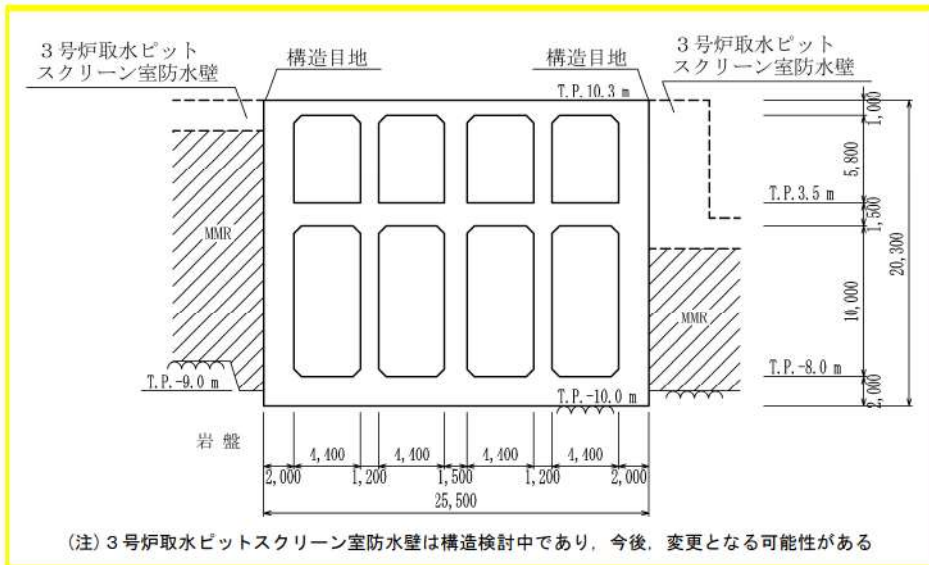


凡例  
 ■：加振方向と平行に配置される壁部材（南北方向に加振した場合）

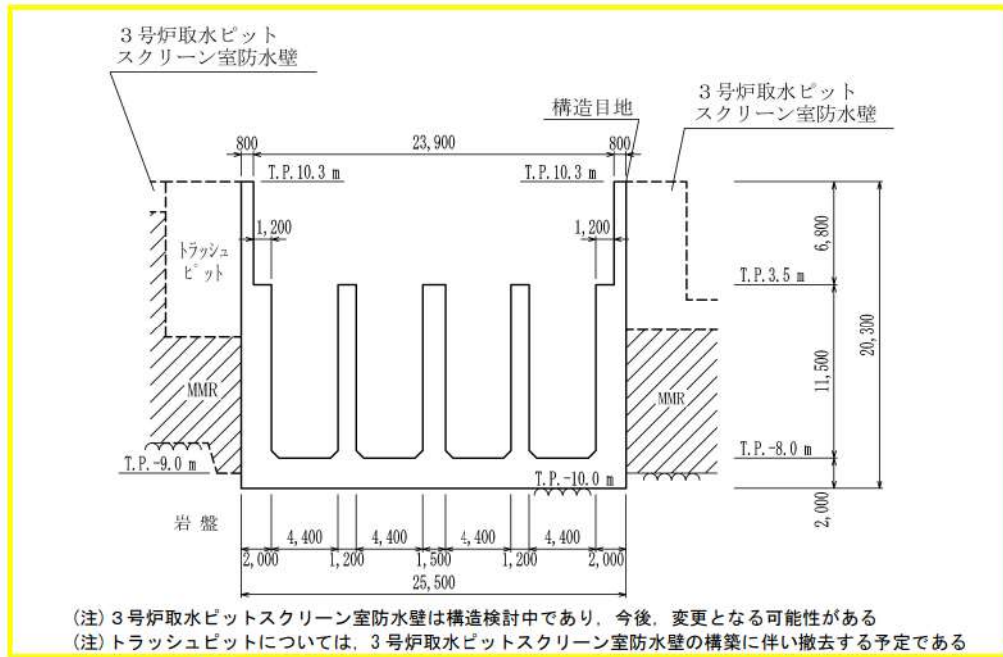
凡例  
 ■：加振方向と平行に配置される壁部材（東西方向に加振した場合）

(注) トラッシュピットについては、3号炉取水ピットスクリーン室防水壁の構造に伴い撤去する予定である

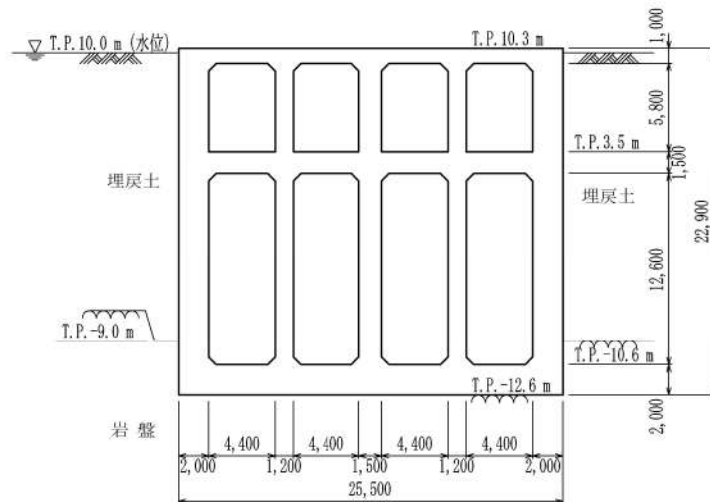
第6-46図 取水ピットスクリーン室 平面図



第6-47図 取水ピットスクリーン室 断面図 (A-A 断面)

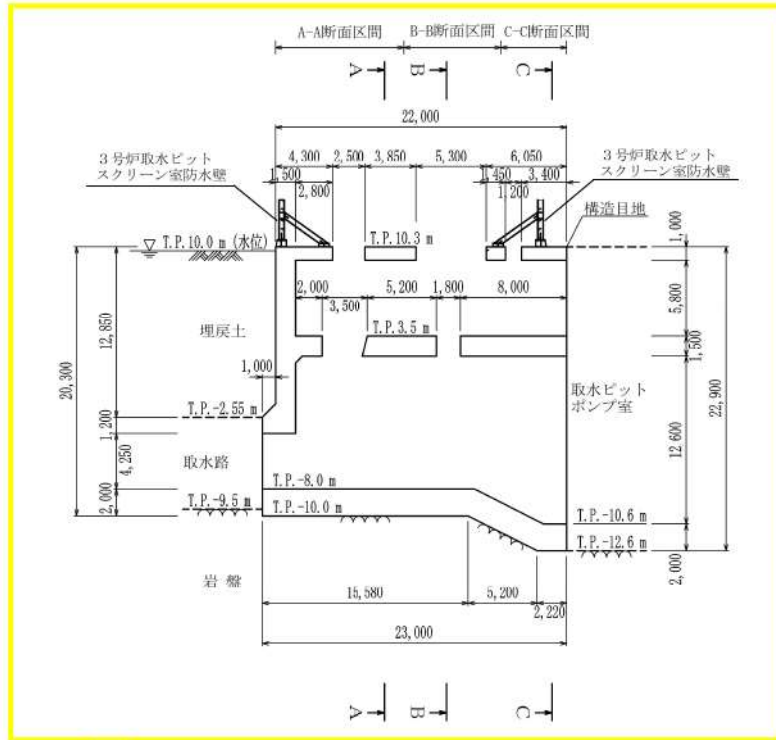


第6-48図 取水ピットスクリーン室 断面図 (B-B 断面)

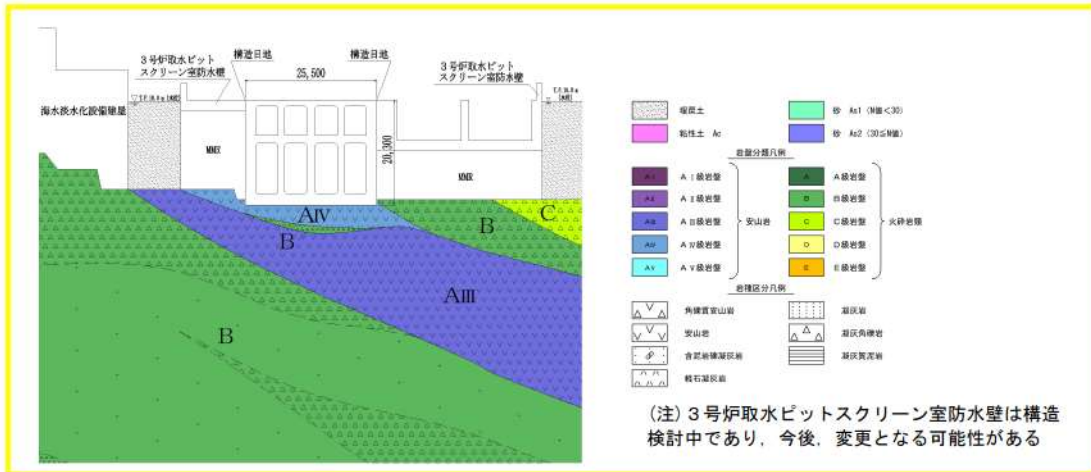


第6-49図 取水ピットスクリーン室 断面図 (C-C 断面)

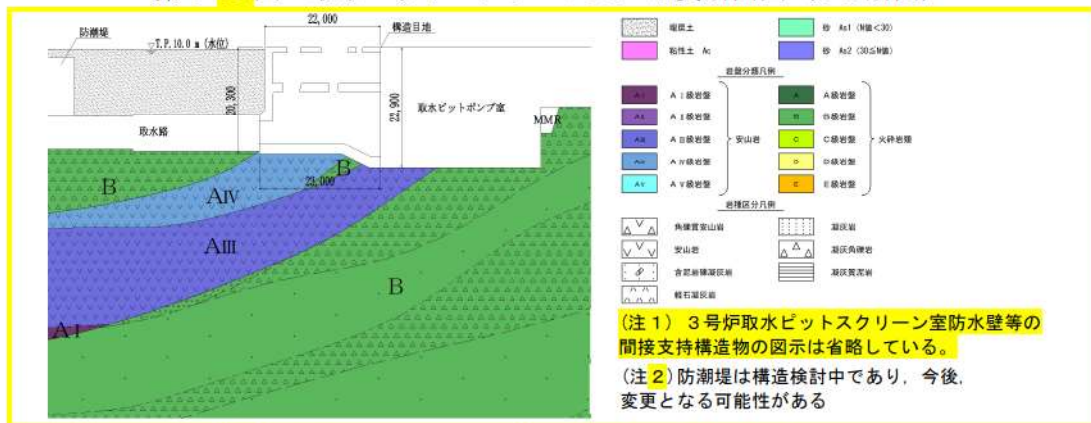




第6-50図 取水ピットスクリーン室 断面図 (D-D 断面)



第6-51図 取水ピットスクリーン室 地質断面図 (A-A 断面)



第6-52図 取水ピットスクリーン室 地質断面図 (D-D 断面)

## 2.7 取水ピットポンプ室

取水ピットポンプ室の配置図を第 6-53 図に、平面図を第 6-54 図に、設置される浸水防止設備等の配置図を第 6-55 図に、断面図を第 6-56 図～第 6-59 図に、地質断面図を第 6-60 図～第 6-63 図にそれぞれ示す。

取水ピットポンプ室は、耐震重要施設及び常設重大事故等対処設備である原子炉補機冷却海水ポンプ等の間接支持機能と、非常用取水設備としての通水機能及び貯水機能と、浸水防護重点化範囲の保持のため止水機能が要求される。

浸水防護重点化範囲を保持するために止水機能が求められる部位は、原子炉補機冷却海水ポンプが設置されるエリアの中床版 (T.P. 2.5m) 並びに妻壁及び中壁 (T.P. 2.5m～T.P. 10.3m) である。

取水ピットポンプ室は、延長 42.5m、幅 25.5m、高さ 11.3m～22.9m の鉄筋コンクリート造の地中構造物であり、構造物の断面が延長方向 (通水方向) で異なり、加振方向と平行に配置される妻壁や隔壁等の面部材を有する箱型構造物である。

配筋については、同一断面形状区間で一様な配筋となっている。

取水ピットポンプ室は、第 6-54 図に示すとおり、東西方向に加振した場合に加振直交方向の構造物長さと同様に配置される壁の総厚の比が小さくなるため、東西方向が弱軸となり、南北方向が強軸となる。

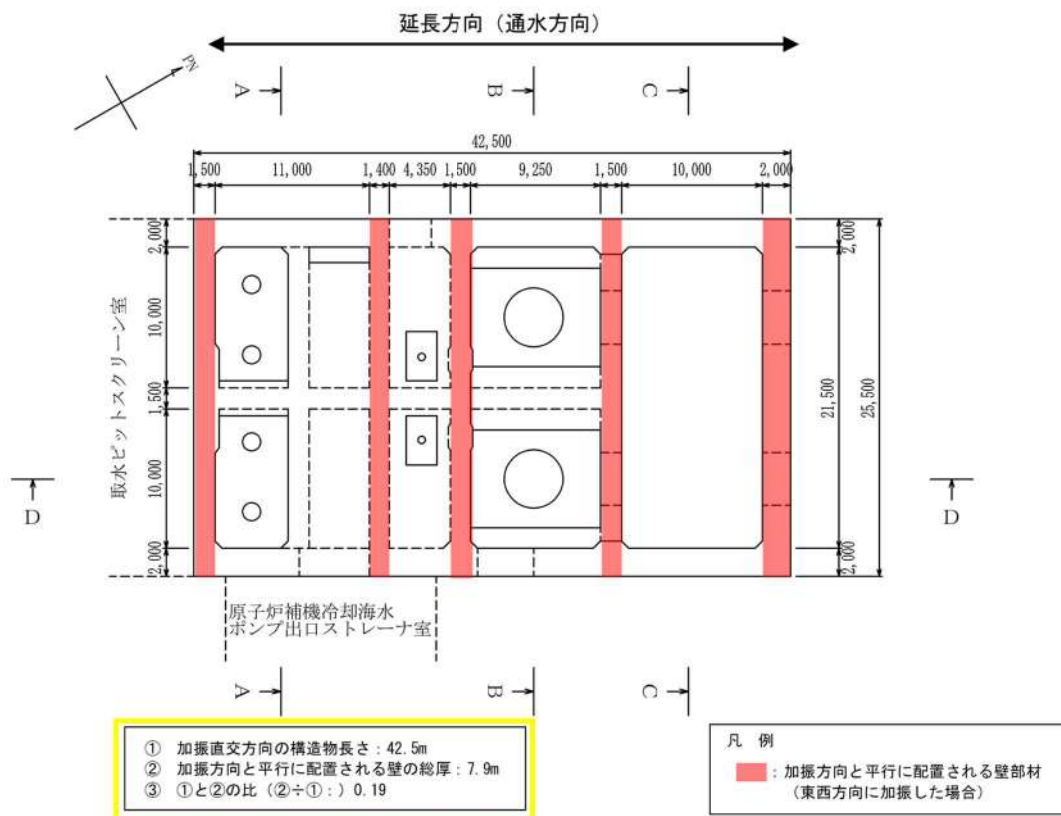
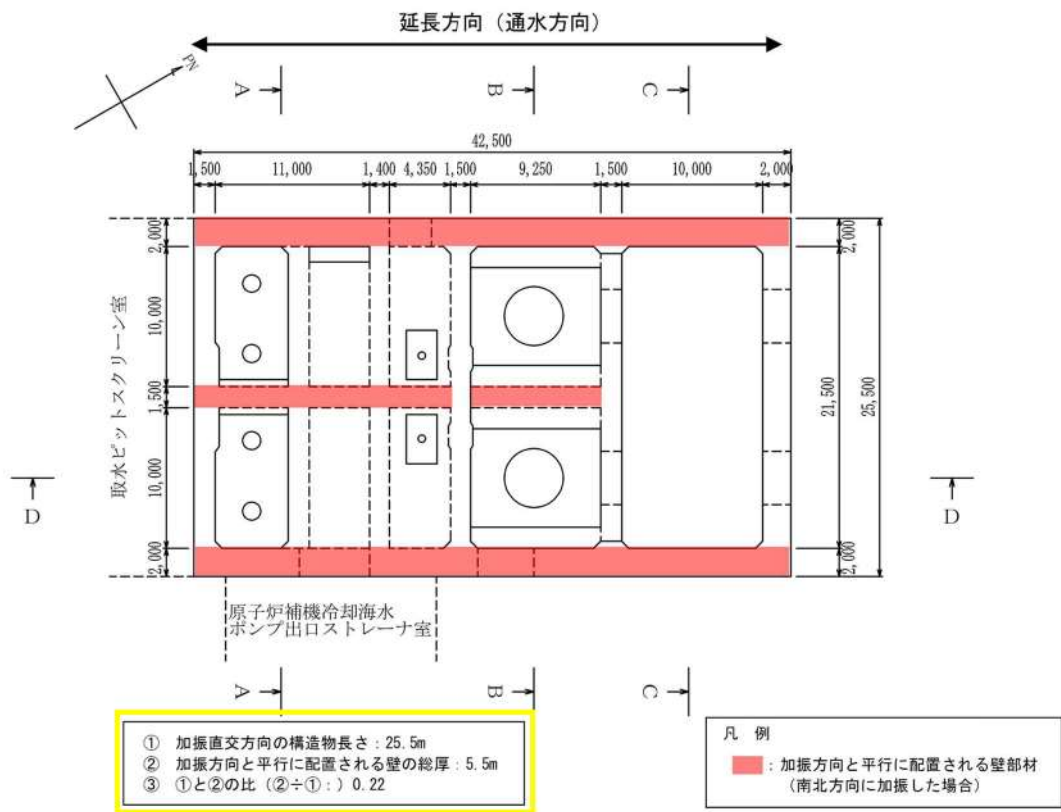
耐震評価に当たっては、加振方向と平行に配置される妻壁や隔壁等の面部材を耐震部材として考慮することとし、二次元地震応答解析により得られる土圧等の荷重を三次元モデルに作用させて耐震評価を行う。

よって、間接支持する設備、構造的特徴、周辺状況、地震力の伝播特性等を考慮して、三次元モデルに作用させる荷重を適切に評価することが可能な断面を、直交する 2 方向から評価対象断面 (地震時荷重算定断面) として選定する。

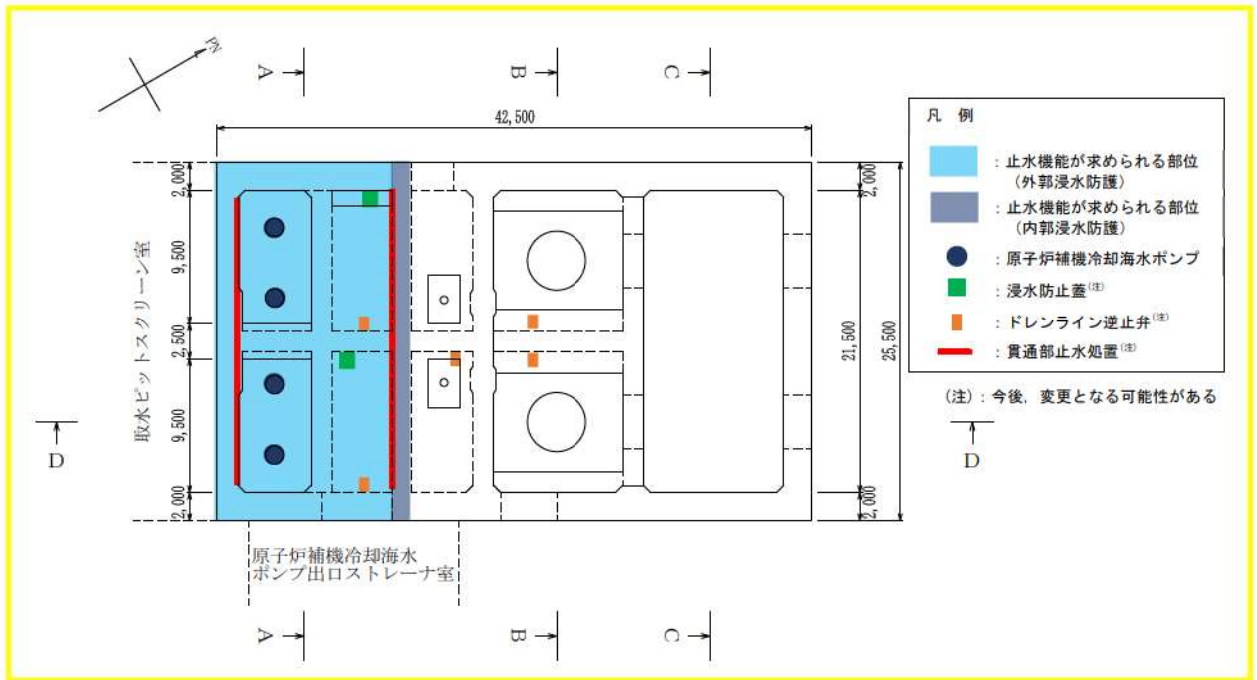


第 6-53 図 取水ピットポンプ室 配置図

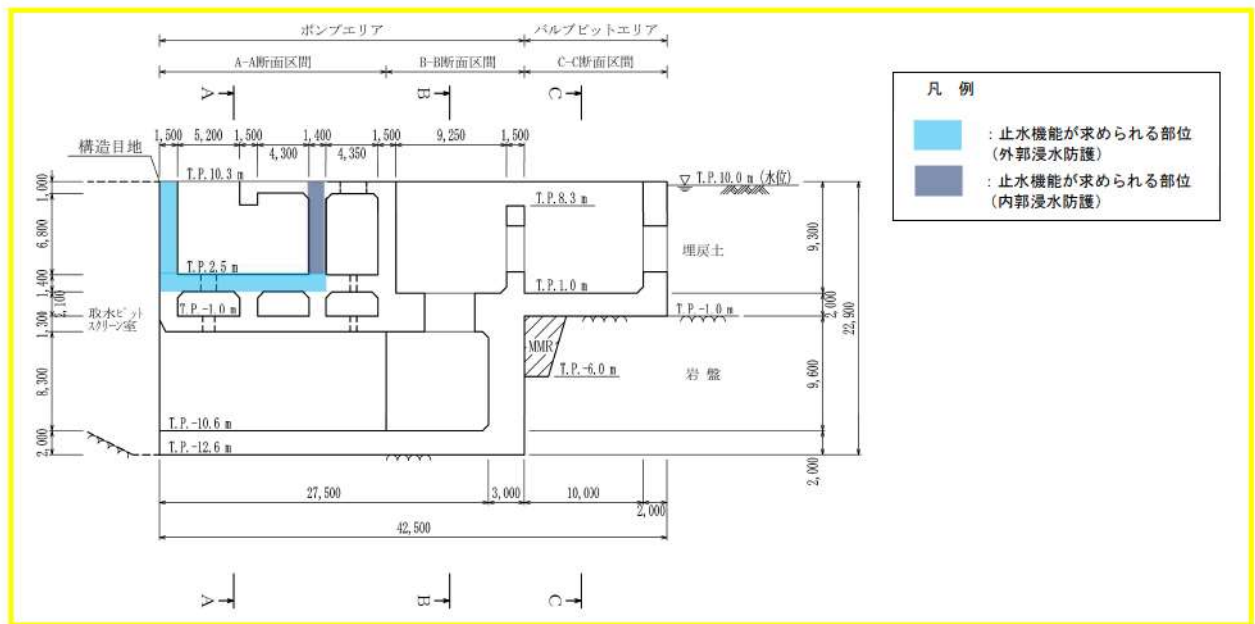
枠囲みの内容は機密情報に属しますので公開できません。



第6-54図 取水ピットポンプ室 平面図

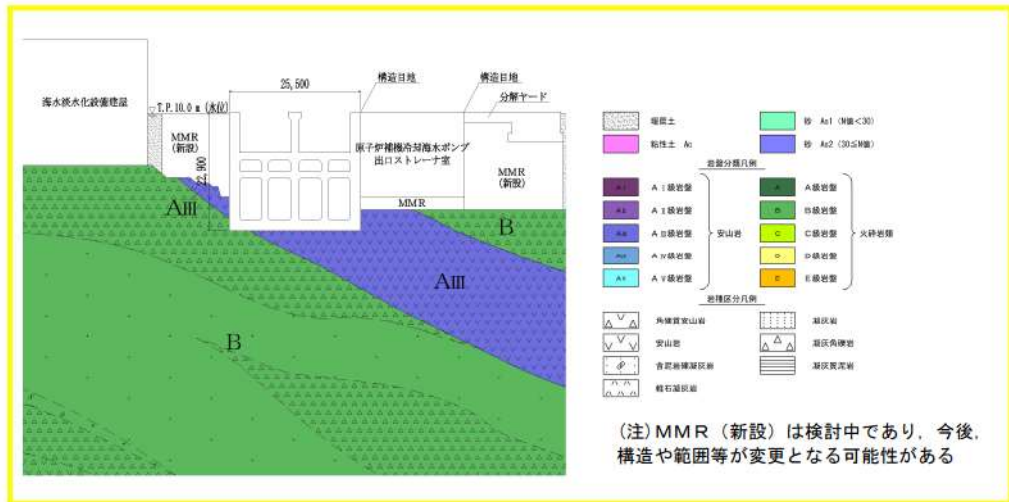


第6-55 図 取水ピットポンプ室 設置される設備の配置図 (平面図)

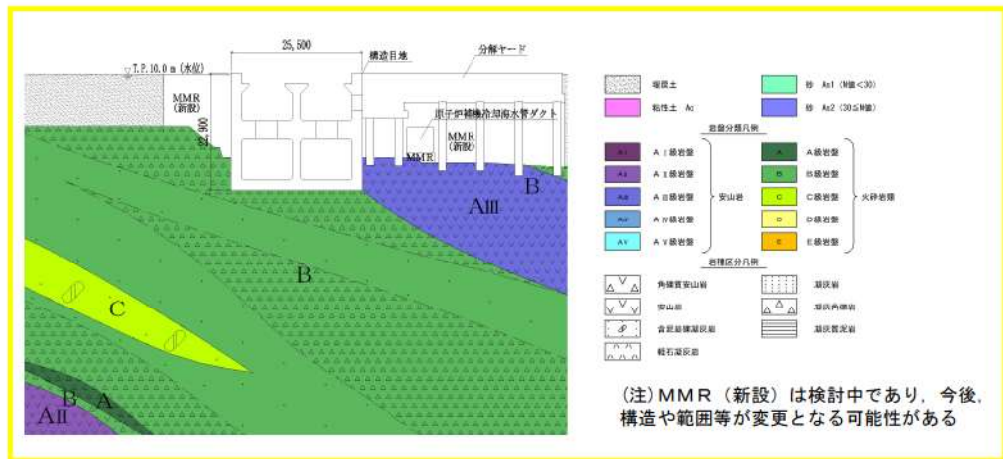


第6-56 図 取水ピットポンプ室 断面図 (D-D 断面)

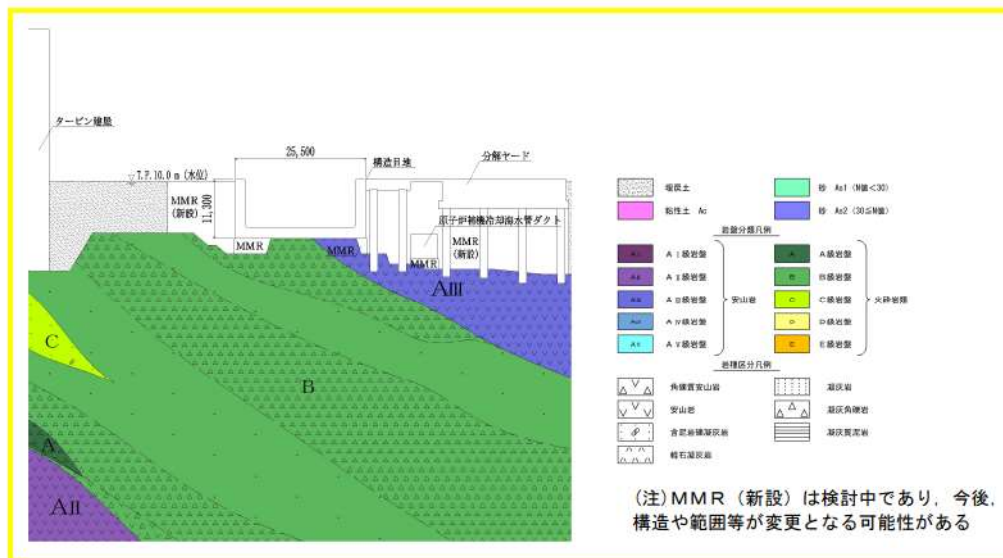




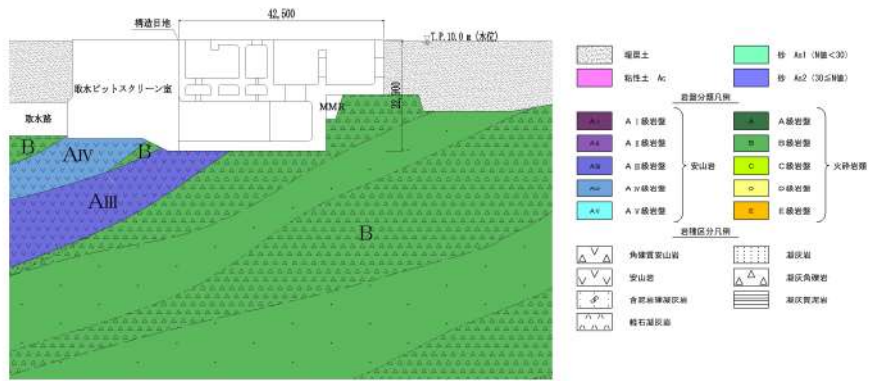
第 6-60 図 取水ピットポンプ室 地質断面図 (A-A 断面)



第 6-61 図 取水ピットポンプ室 地質断面図 (B-B 断面)



第 6-62 図 取水ピットポンプ室 地質断面図 (C-C 断面)



第6-63図 取水ピットポンプ室 地質断面図 (D-D断面)

## 2.8 原子炉補機冷却海水ポンプ出口ストレーナ室

原子炉補機冷却海水ポンプ出口ストレーナ室の配置図を第6-64図に、平面図を第6-65図に、断面図を第6-66図～第6-69図に、地質断面図を第6-70図、第6-71図にそれぞれ示す。

原子炉補機冷却海水ポンプ出口ストレーナ室は、耐震重要施設及び常設重大事故等対処設備である原子炉補機冷却海水ポンプ出口ストレーナ等の間接支持機能が要求される。

原子炉補機冷却海水ポンプ出口ストレーナ室は、延長20.0m、幅15.0m、高さ16.3mの鉄筋コンクリート造の地中構造物であり、構造物の断面が延長方向で異なり、加振方向と平行に配置される妻壁や隔壁等の面部材を有する箱型構造物である。

配筋については、同一断面形状区間で一様な配筋となっている。

原子炉補機冷却海水ポンプ出口ストレーナ室は、第6-65図に示すとおり、南北方向に加振した場合に加振直交方向の構造物長さと同様に配置される壁の総厚の比が小さくなるため、南北方向が弱軸となり、東西方向が強軸となる。

耐震評価に当たっては、加振方向と平行に設置される妻壁や隔壁等の面部材を耐震部材として考慮することとし、二次元地震応答解析により得られる土圧等の荷重を三次元モデルに作用させて耐震評価を行う。

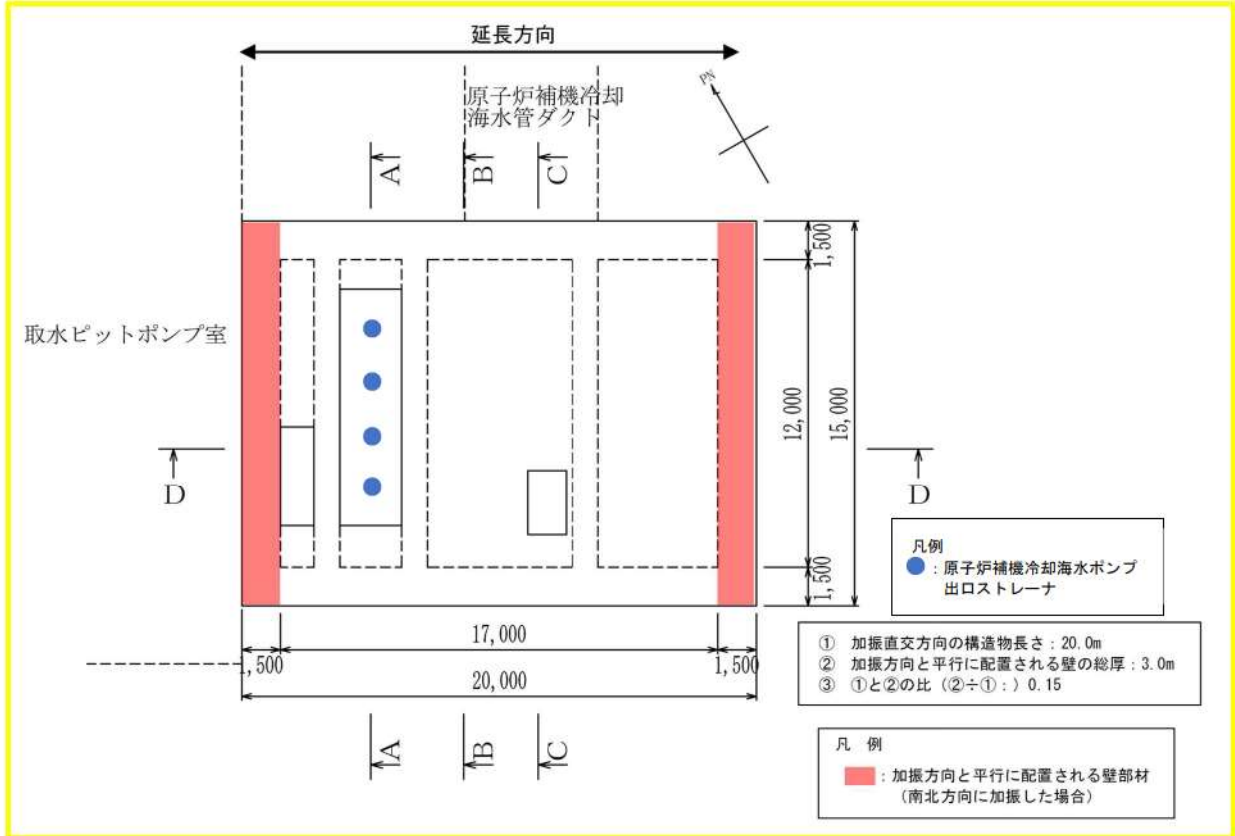
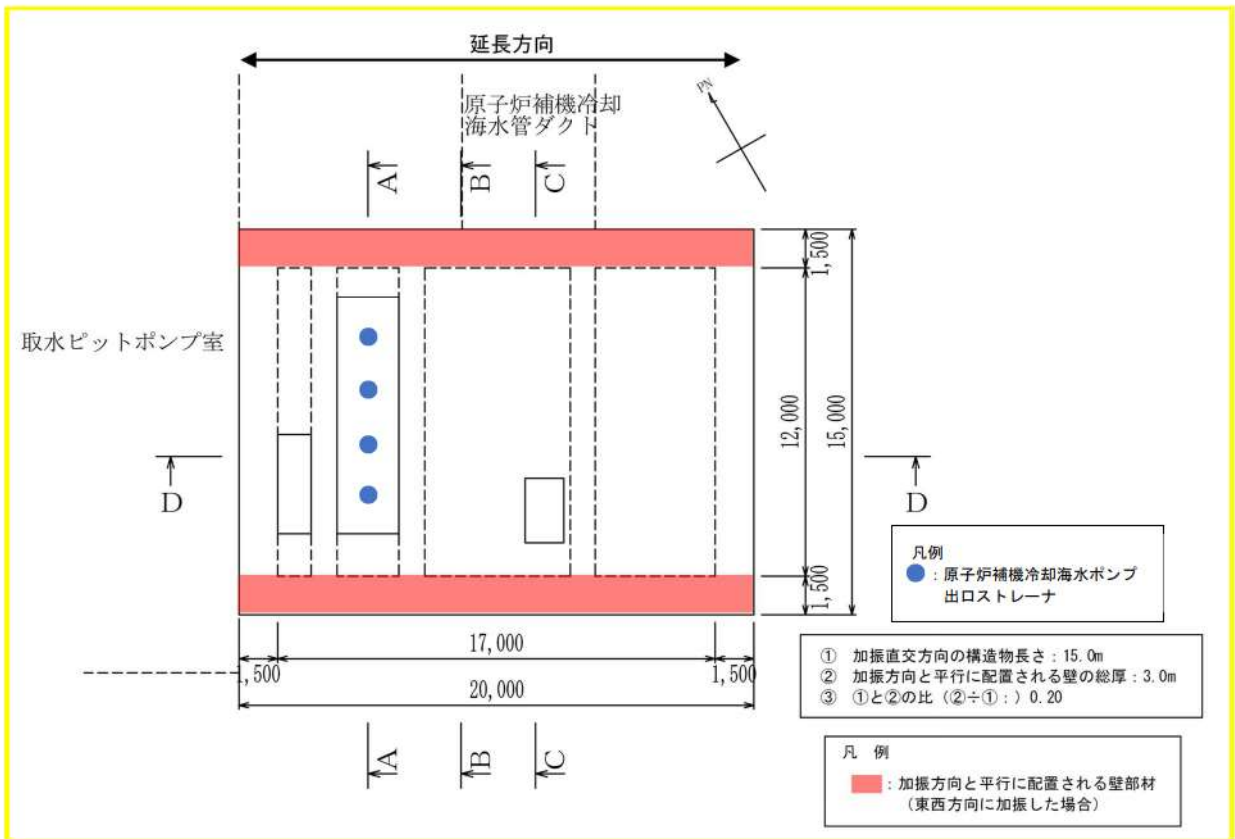
よって、間接支持する設備、構造的特徴、周辺状況、地震力の伝播特性等を考慮して、三次元モデルに作用させる荷重を適切に評価することが可能な断面を、直交する2方向から評価対象断面（地震時荷重算定断面）として選定する。



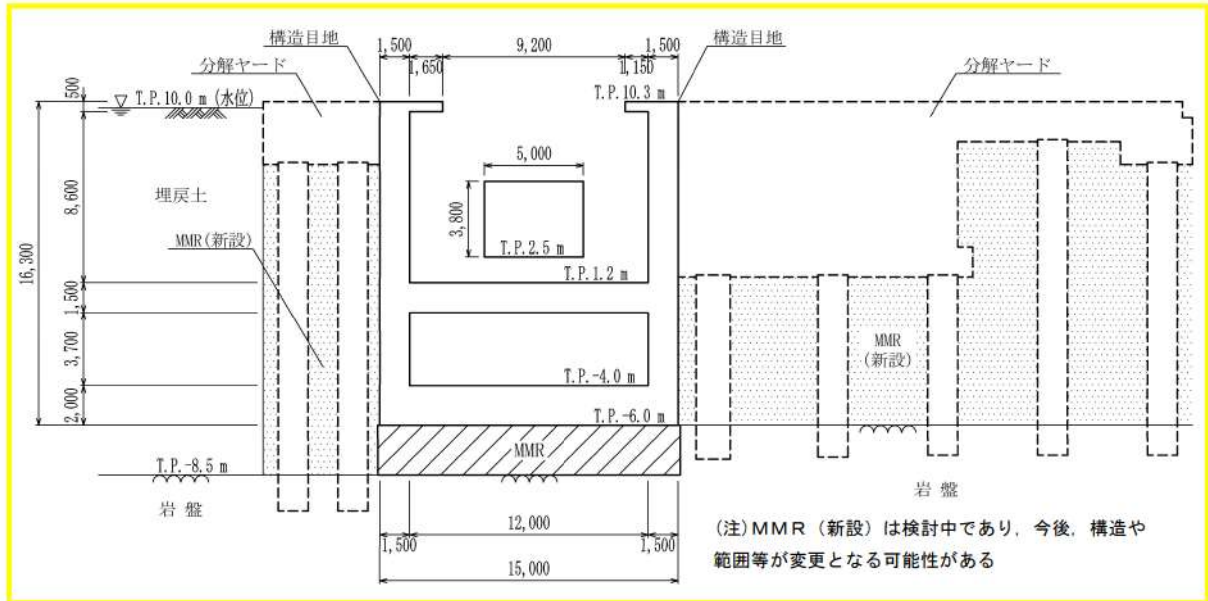
第6-64図 原子炉補機冷却海水ポンプ出口ストレーナ室 配置図

□ 枠囲みの内容は機密情報に属しますので公開できません。

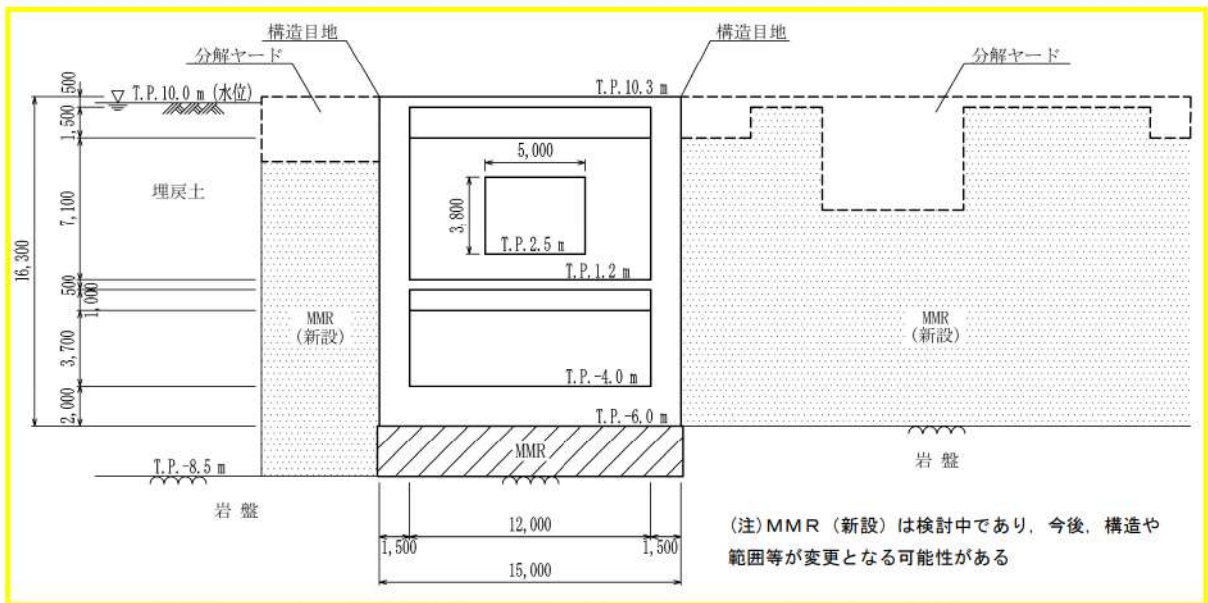




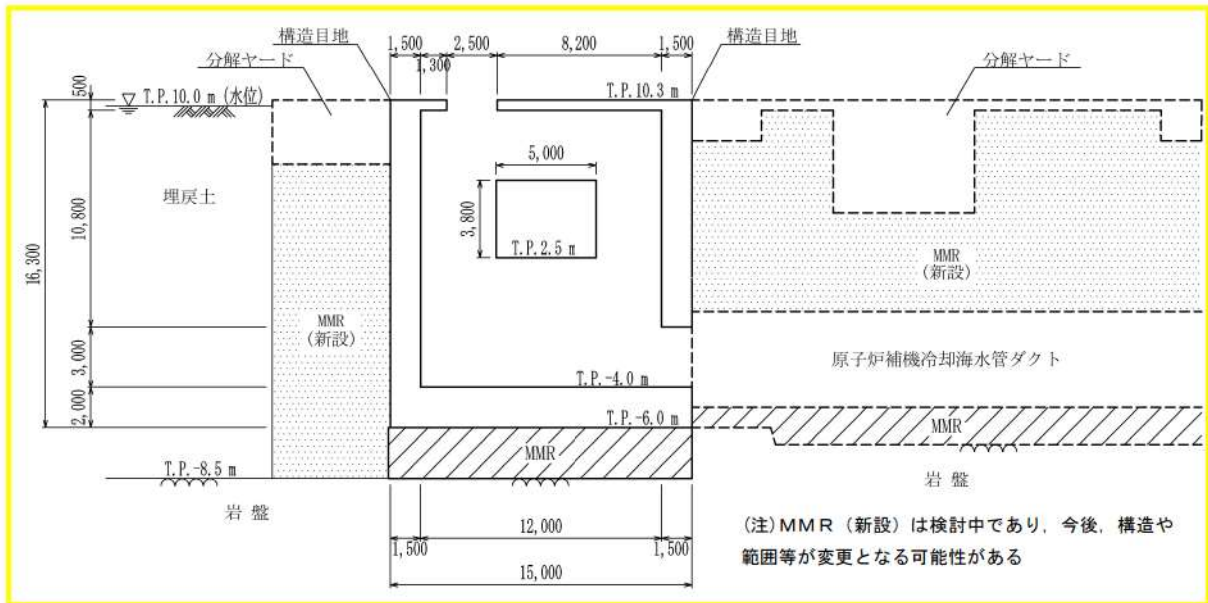
第6-65図 原子炉補機冷却海水ポンプ出口ストレーナ室 平面図



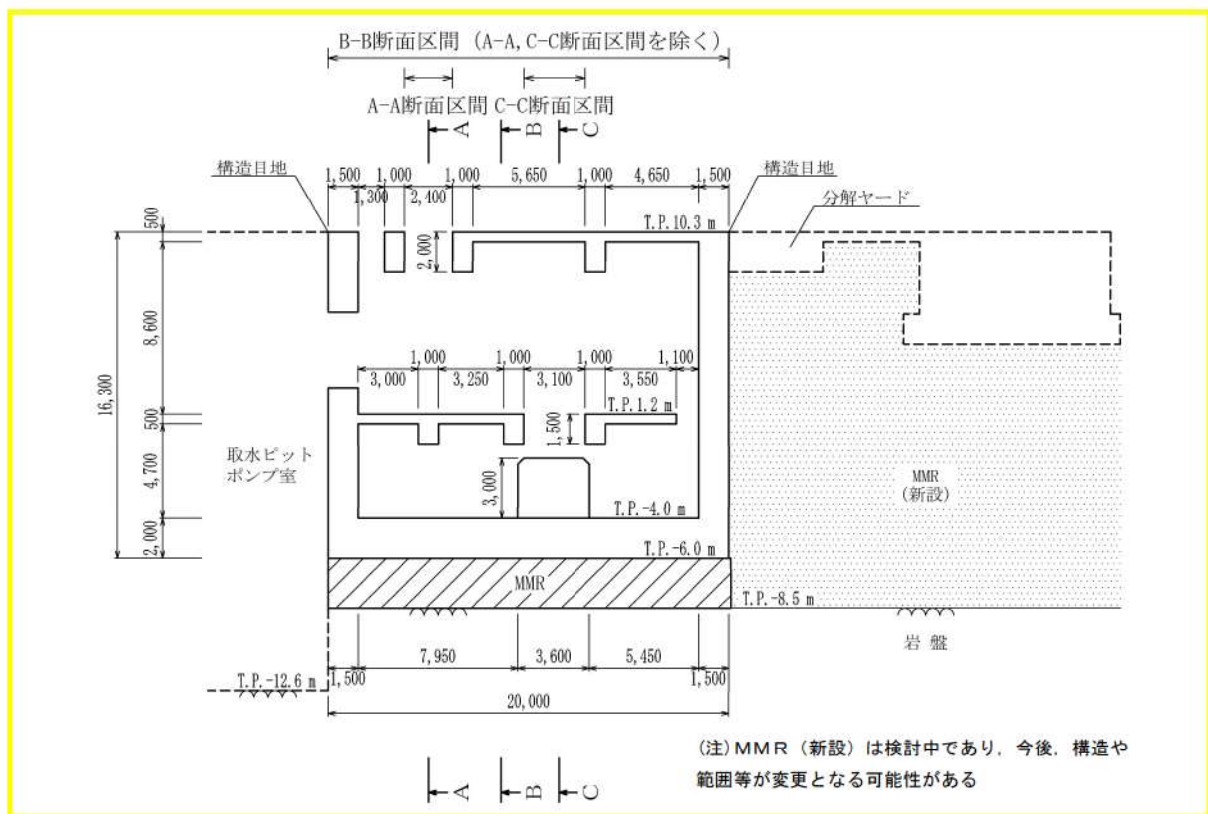
第 6-66 図 原子炉補機冷却海水ポンプ出口ストレーナ室 断面図 (A-A 断面)



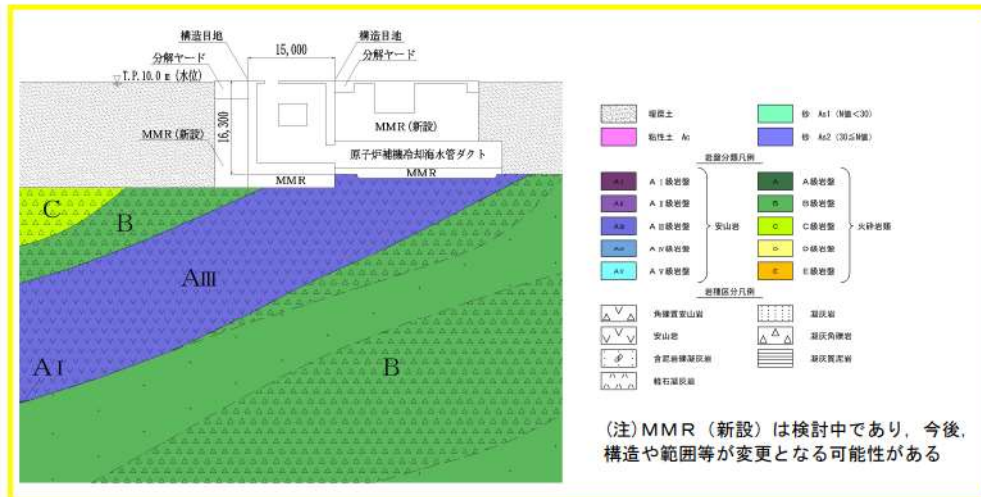
第 6-67 図 原子炉補機冷却海水ポンプ出口ストレーナ室 断面図 (B-B 断面)



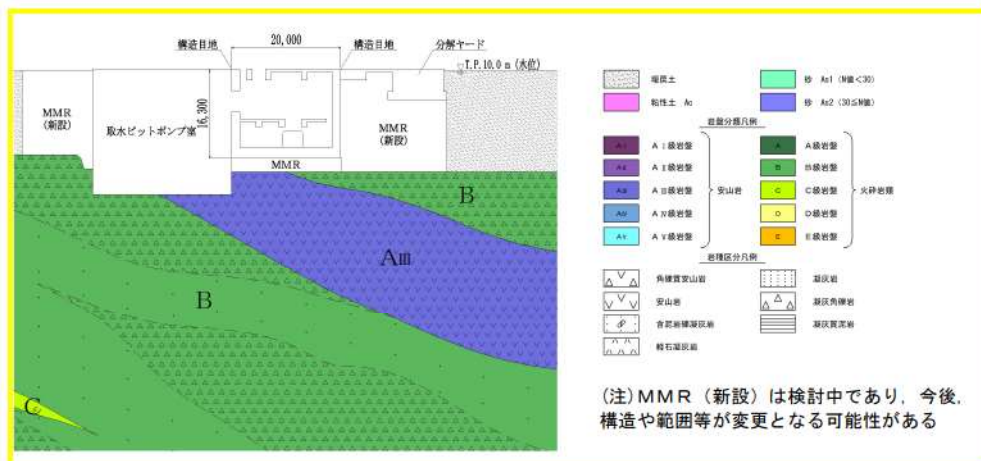
第 6-68 図 原子炉補機冷却海水ポンプ出口ストレーナ室 断面図 (C-C 断面)



第 6-69 図 原子炉補機冷却海水ポンプ出口ストレーナ室 断面図 (D-D 断面)



第 6-70 図 原子炉補機冷却海水ポンプ出口ストレーナ室 地質断面図 (C-C 断面)



第 6-71 図 原子炉補機冷却海水ポンプ出口ストレーナ室 地質断面図 (D-D 断面)

## 泊発電所 3 号炉

土木構造物の解析手法及び  
解析モデルの精緻化について

## 目次

1. 屋外重要土木構造物等の評価手法の概要
2. 土木学会マニュアルの適用性について
  - 2.1 曲げ照査に係る土木学会マニュアルの適用性について
  - 2.2 せん断照査に係る土木学会マニュアルの適用性について
    - 2.2.1 せん断耐力評価式
    - 2.2.2 材料非線形解析を用いたせん断耐力評価
3. 屋外重要土木構造物の減衰定数
  - 3.1 減衰の設定について
  - 3.2 建設工認と今回工認の相違について
4. 耐震性能照査の手順
5. 参考文献

参考資料1 取水口の評価方針

参考資料2 Rayleigh 減衰の設定の妥当性について

1. 屋外重要土木構造物等<sup>(注)</sup>の評価手法の概要

屋外重要土木構造物等の耐震安全性評価について、泊発電所3号炉の今回の工事計画認可申請書（以下「今回工認」という。）では、屋外重要土木構造物等の変位や変形をより実状に近い応答に精緻化することを目的に、評価手法の高度化として、解析手法と減衰定数の変更を予定している。泊発電所3号炉の建設時の工事計画認可（平成15年11月）（以下「建設工認」という。）と今回工認との手法の比較を第6-1表に示す。

（注）以下のいずれかに該当するか、又は兼務する構造物を「屋外重要土木構造物等」という。

- ・屋外重要土木構造物
- ・常設耐震重要重大事故防止設備又は常設重大事故緩和設備のうち土木構造物
- ・常設耐震重要重大事故防止設備又は常設重大事故緩和設備が設置される重大事故等対処施設（特定重大事故等対処施設を除く）のうち土木構造物
- ・波及的影響を及ぼすおそれのある下位クラス施設のうち土木構造物

建設工認との相違点のうち、解析手法として適用している「時刻歴応答解析、限界状態設計法」は、新規制基準対応工認にて適用例がある手法である。

なお、土木構造物の地震時の挙動は、地盤の影響を受けることを踏まえると、地盤特性を適切にモデル化することにより、実応答に近い形で評価できるものと考えられる。このため、コンクリート強度は、建設工認と同じく設計基準強度を採用する方針とする。

第6-1表 建設工認と今回工認との手法の比較

	解析手法	解析モデル	減衰定数	コンクリート強度
建設工認	周波数応答解析 許容応力度法	地質データに基づく FEMモデル	構造物の減衰5%	設計基準強度
今回工認	時刻歴応答解析 限界状態設計法又は 許容応力度法	地質データに基づく FEMモデル	構造物の履歴減衰 <sup>(注)</sup> +Rayleigh減衰	設計基準強度
比較結果	●異なる	○同じ	●異なる	○同じ
適用例	○あり	○あり	○あり	○あり

（注）構造物を線形でモデル化する場合は、Rayleigh減衰のみとする。

屋外重要土木構造物等の耐震安全性評価については、建設工認では、第6-2表に示すとおり、地震応答解析手法として周波数応答解析を採用し、許容応力度法による設計として、構造部材の曲げ及びせん断について許容応力度に対して妥当な裕度を持つことを確認することを基本としていた。

今回工認では、第6-3表に示すとおり、屋外重要土木構造物等の地震応答解析手法に時刻歴応答

解析を適用した限界状態設計法による設計を採用する。減衰定数は、構造物の履歴減衰及び Rayleigh 減衰とする。なお、構造物を線形でモデル化する場合は、Rayleigh 減衰のみとする。

構造部材の曲げについては限界層間変形角又は許容応力度に対して十分な安全余裕を持つこと、せん断についてはせん断耐力又は許容応力度に対して妥当な安全余裕を持つことを確認する。また、各設備の要求機能（支持機能、通水機能、貯水機能、止水機能）を踏まえて照査項目・内容を追加する。

支持機能及び通水機能が要求される構造部材については、目標性能としては部材が終局状態に至らないことが求められるため、構造部材の曲げについては限界層間変形角又は許容応力度に対して十分な安全余裕を持つこと、せん断についてはせん断耐力又は許容応力度に対して妥当な安全余裕を持つことを確認する。

貯水機能及び止水機能が要求される構造部材については、第 6-4 表に示す「水道施設耐震工法指針・解説 2009」に規定されている照査基準のとおり、漏水が生じるような顕著な（部材を貫通するような）ひび割れが発生しないよう、目標性能としては鉄筋が降伏しないこと及び発生せん断力がせん断耐力以下になることが求められるため、構造物の曲げについては、許容応力度又は構造部材の曲げ-曲率関係（ $M-\phi$  曲線）にて、応答が第 6-1 図に示す鉄筋降伏に対して妥当な安全余裕を持つことを確認する。せん断については、許容応力度又はせん断耐力に対して妥当な安全余裕を持つことを確認する。

「2. 土木学会マニュアルの適用性について」では、「耐震設計に係る工認審査ガイド」において、適用実績のある耐震設計に関連した規格及び基準等で示されていないが、先行サイトの審査で実績のある「原子力発電所屋外重要土木構造物の耐震性能照査指針・マニュアル（土木学会、2005）」（以下「土木学会マニュアル」という。）の適用性について検討を行う。



第 6-2 表 耐震評価条件整理一覧表 (建設工認)

分類	設備名称	要求機能	要求機能に対する 目標性能	許容限界		解析手法	減衰	解析モデル
				曲げ	せん断			
設計基準 対象施設 のうち屋 外重要土 木構造物	取水路	通水機能	終局状態に至らない	コンクリート許容応力度 鉄筋許容引張応力度	許容せん断応力度	周波数応答解析	構造物の減衰 5%	地質データに基づく FEM モデル
	取水ピットスクリーン室	通水機能	終局状態に至らない	コンクリート許容応力度 鉄筋許容引張応力度	許容せん断応力度	周波数応答解析	構造物の減衰 5%	地質データに基づく FEM モデル
	取水ピットポンプ室	通水機能 間接支持機能	終局状態に至らない	コンクリート許容応力度 鉄筋許容引張応力度	許容せん断応力度	周波数応答解析 三次元静的線形解析	構造物の減衰 5%	地質データに基づく FEM モデル
	原子炉補機冷却海水ポンプ出口ストレート室	間接支持機能	終局状態に至らない	コンクリート許容応力度 鉄筋許容引張応力度	許容せん断応力度	周波数応答解析 三次元静的線形解析	構造物の減衰 5%	地質データに基づく FEM モデル
	原子炉補機冷却海水管ダクト	間接支持機能	終局状態に至らない	コンクリート許容応力度 鉄筋許容引張応力度	許容せん断応力度	周波数応答解析	構造物の減衰 5%	地質データに基づく FEM モデル

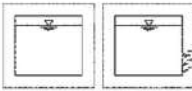


第 6-3 表 耐震評価条件整理一覧表 (今回工認)

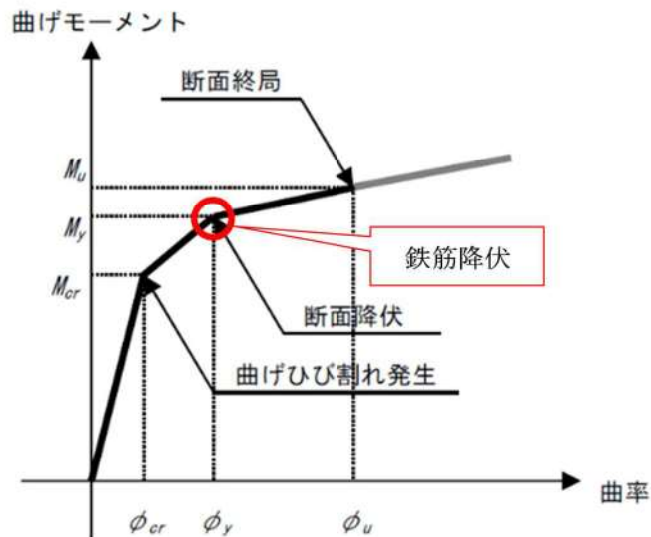
分類	設備名称	要求機能	要求機能に対する 自衛性能	許容限界		解析手法	減衰	解析モデル
				曲げ	せん断			
屋外重要 土木構造物等	取水口	通水機能	護岸コンクリートが滑動、転倒しない	—	—	時刻歴応答解析	Rayleigh 減衰	地質データに基づく FEM モデル
		貯水機能	護岸コンクリートに貫通するような 顕著なひび割れが生じない 護岸コンクリート前面側の表面に通 水方向のひび割れが生じない	—	—			
		支持機能	アンカー定着部周辺にひび割れが生 じない	—	—			
	取水塔	通水機能	終局状態に至らない	限界開閉変形角	せん断耐力	時刻歴応答解析	Rayleigh 減衰 + 構造物の履歴減衰	地質データに基づく FEM モデル
		貯水機能	鉄筋が降伏しない 発生せん断力がせん断耐力以下	M-φ 曲線における鉄筋降伏点	せん断耐力			
		支持機能	終局状態に至らない	限界開閉変形角	せん断耐力			
	取水ピストンストレーン室	通水機能	終局状態に至らない	限界開閉変形角	せん断耐力	時刻歴応答解析	Rayleigh 減衰 + 構造物の履歴減衰	地質データに基づく FEM モデル
		貯水機能	鉄筋が降伏しない 発生せん断力がせん断耐力以下	M-φ 曲線における鉄筋降伏点	せん断耐力			
		支持機能	終局状態に至らない	限界開閉変形角	せん断耐力			
	取水ピストンポンプ室	通水機能	終局状態に至らない	コンクリート許容圧縮応力度 鉄筋許容引張応力度	許容せん断応力度	時刻歴応答解析 二次元的線形解析	Rayleigh 減衰	地質データに基づく FEM モデル
		貯水機能	鉄筋が降伏しない 発生せん断力がせん断耐力以下	コンクリート許容圧縮応力度 鉄筋許容引張応力度	せん断耐力			
		止水機能	終局状態に至らない	コンクリート許容圧縮応力度 鉄筋許容引張応力度	許容せん断応力度			
	原子炉増熱冷却海水ポンプ出口ストレーン室	支持機能	終局状態に至らない	コンクリート許容圧縮応力度 鉄筋許容引張応力度	許容せん断応力度	時刻歴応答解析 二次元的線形解析	Rayleigh 減衰 + 構造物の履歴減衰	地質データに基づく FEM モデル
		支持機能	終局状態に至らない	コンクリート許容圧縮応力度 鉄筋許容引張応力度	せん断耐力			
		支持機能	終局状態に至らない	コンクリート許容圧縮応力度 鉄筋許容引張応力度	許容せん断応力度			
B1、B2-ディーゼル発電機燃料油貯油槽トレンチ	支持機能	終局状態に至らない	コンクリート許容圧縮応力度 鉄筋許容引張応力度	許容せん断応力度	時刻歴応答解析	Rayleigh 減衰 + 構造物の履歴減衰	地質データに基づく FEM モデル	
	支持機能	終局状態に至らない	コンクリート許容圧縮応力度 鉄筋許容引張応力度	せん断耐力				
	支持機能	終局状態に至らない	コンクリート許容圧縮応力度 鉄筋許容引張応力度	許容せん断応力度				
取水口 L 型溝壁 (A)	—	L 型溝壁が滑動、転倒しない 終局状態に至らない	コンクリート許容圧縮応力度 鉄筋許容引張応力度	許容せん断応力度	時刻歴応答解析	Rayleigh 減衰	地質データに基づく FEM モデル	
	3号バックアップコンクリート	3号バックアップコンクリートが 滑動、転倒しない 終局状態に至らない	コンクリート許容圧縮応力度 鉄筋許容引張応力度	許容せん断応力度				
	分解ヤード	終局状態に至らない	曲げ耐力 終局曲率	せん断耐力				
構内排水設備 (排水管)	—	終局状態に至らない	許容曲げ応力度	許容せん断応力度	時刻歴応答解析	Rayleigh 減衰	地質データに基づく FEM モデル	
	構内排水設備 (排水管)	終局状態に至らない	コンクリート許容圧縮応力度 鉄筋許容引張応力度	許容せん断応力度				
	構内排水設備 (排水管)	終局状態に至らない	コンクリート許容圧縮応力度 鉄筋許容引張応力度	許容せん断応力度				
衝突防止工	—	おおむね弾性状態にとどまる	許容曲げ応力度	許容せん断応力度	時刻歴応答解析	Rayleigh 減衰	地質データに基づく FEM モデル	
	—	—	—	—				
	—	—	—	—				

(注1) 波及的影響防止のために耐震評価を実施する土木構造物を記載する。

(注2) 3号バックアップコンクリートの評価は、地盤・斜面の安定性評価において実施する地盤応答解析 (両端応答解析) から応答加速度を抽出し、滑動・転倒に対する安定性評価及び構造部材の健全性に対する評価を行う。

第 6-4 表 池状構造物 (RC 構造物) 耐震性能と照査基準

耐震性能	耐震性能 1	耐震性能 2	耐震性能 3
限界状態 <sup>※1</sup>	限界状態 1 (降伏耐力以下)	限界状態 2 (最大耐力以下)	限界状態 3 (終局変位以下、せん断耐力以下)
損傷状態			
	無被害又はひび割れは生じ るが漏水は生じない。修復 の必要ない。	軽微なひび割れから漏水は 生じるが地震後に早期に修 復可能である。	ひび割れ幅が拡大し、漏水 が生じるが施設全体が崩壊 しない。修復可能。
照査項目例 <sup>※2</sup>	断面力 (曲げ、せん断)、応 力度	断面力 (曲げ、せん断)、塑 性率	変位量、曲率、断面力 (せん 断)
照査用 限界値例 <sup>※3</sup>	断面力 (曲げ) $\leq$ 降伏曲げ耐力 断面力 (せん断) $\leq$ せん断耐力 応力度 $\leq$ 許容応力度	断面力 (曲げ) $\leq$ 最大曲げ耐力 断面力 (せん断) $\leq$ せん断耐力 塑性率 $\leq$ 許容塑性率	変位量 $\leq$ 終局変位量 曲率 $\leq$ 終局曲率 断面力 (せん断) $\leq$ せん断耐力



第 6-1 図 鉄筋コンクリート部材のM-φ 関係 (土木学会マニュアルより引用)

## 2. 土木学会マニュアルの適用性について

### 2.1 曲げ照査に係る土木学会マニュアルの適用性について

今回工認における曲げに対する照査は、土木学会マニュアルに基づき、照査用層間変形角が限界層間変形角を超えないことを確認する。

「コンクリート標準示方書[構造性能照査編]（土木学会，2002年制定）」（以下「コンクリート標準示方書2002」という。）では、構造部材の終局変位は、部材の荷重－変位関係の骨格曲線において、荷重が降伏荷重を下回らない最大の変位として求めてよいとしている。コンクリート標準示方書2002による構造部材の終局変位の考え方を第6-2図に示す。

一方、土木学会マニュアルでは、以下の考え方に基づいている。屋外重要土木構造物を模したラーメン構造の破壊実験の結果より、かぶりコンクリートが剥落すると荷重が低下し始める。層間変形角 $1/100$ に至る状態は、かぶりコンクリートの剥落が発生する前の状態であることを確認しており<sup>(1), (2)</sup>、荷重が低下しない範囲にある。当該限界値を限界状態とすることで、構造全体としての安定性が確保できるものとして設定されたものである。ラーメン構造の破壊実験の例を第6-3図に示す。

したがって、土木学会マニュアルによる曲げ照査手法は、コンクリート標準示方書2002による照査よりも安全側の評価を与えるため、適用性を有している。

さらに、土木学会マニュアルでは、「鉄筋コンクリート造建物の靱性保証型耐震設計指針（案）・同解説（日本建築学会，1997）」（以下「日本建築学会」という。）にて記載されている設計限界変形 $1/100$ 、終局限界変形 $1/80$ 等を基準値として参照している。

対象は同じラーメン構造であり、軸力比（軸応力度／コンクリート圧縮強度比）は建築物よりも屋外重要土木構造物の方が小さいと考えられることから、変形性能がより大きくなる傾向にあり、層間変形角 $1/100$ は安全側であると考えられる。機能維持確保の観点からも耐荷性能が確保されることが担保できるため限界値として適切である。

参考に、日本建築学会における曲げ降伏先行型の部材について、復元力特性と限界状態（損傷度）の関係の概念図を第6-4図に、土木学会マニュアルにおける鉄筋コンクリートはり部材の荷重変位関係と損傷状態に対する概念図を第6-5図に示す。日本建築学会と土木学会マニュアルにおいておおむね対応が取れており、土木学会マニュアルの各損傷状態の設定は妥当であると考えられる。第6-5図において層間変形角 $1/100$ は第4折れ点よりも手前にあり、屋外重要土木構造物の限界状態に至っていないと考えられる。また、第3折れ点は層間変形角 $1/100$ よりも更に手前にある。

耐震安全性評価では、当該許容限界値に対して、妥当な安全裕度を確保するため、構造部材の照査の過程において複数の安全係数と、地盤物性のばらつきの影響を考慮する。安全係数は、材料係数、部材係数、荷重係数、構造解析係数及び構造物係数の5種に分けられる。それぞれの安全係数の考え方を第6-6図に示す。

また、地盤物性のばらつきについては、これらの影響を見込んだ照査を詳細設計段階において実施する。地盤物性のばらつきは、周辺地盤の変形特性について、平均値を基本ケースとした場合に、平均値 $\pm 1.0 \times$ 標準偏差( $\sigma$ )のケースについて確認を行う。

耐震安全性評価において、基準地震動全波を用いて基本ケースでの評価を実施し、基本ケースにおいて、曲げに対する照査が厳しい(許容限界に対する余裕が小さい)地震動を用い、地盤物性のばらつきを考慮した確認を行う。

曲げに対する照査において考慮している安全係数は第 6-5 表に示すとおり、材料係数、部材係数、荷重係数、構造解析係数、構造物係数がある。これらの安全係数は土木学会マニュアルにおいて以下の考えにより定められている。

#### (1) 材料係数

コンクリート強度の特性値は、製造において、その値を下回る強度が発現する確率が 5 % 以内となるように設定する。また、鉄筋の機械的性質の特性値に関しても、日本工業規格(JIS)の規格範囲の下限值を設定してよいとしている。このように、双方とも特性値の段階で実強度に対して小さい値を設定しており、応答値・限界値ともに安全側の照査がなされているため、材料係数は 1.0 としている。

#### (2) 部材係数

安全側に配慮した設定を行っていることから、部材係数は 1.0 としている。

#### (3) 荷重係数

地震の影響以外の荷重の評価精度は、かなり高いものと考えられ、地震の影響については入力地震動そのものが最近の研究成果に基づいて設定されるため、荷重係数は 1.0 としている。

#### (4) 構造解析係数

限られた条件での実験であること、地盤パラメータの設定が応答解析結果に及ぼす影響等を考え併せて、構造解析係数は 1.2 以上を標準としている。

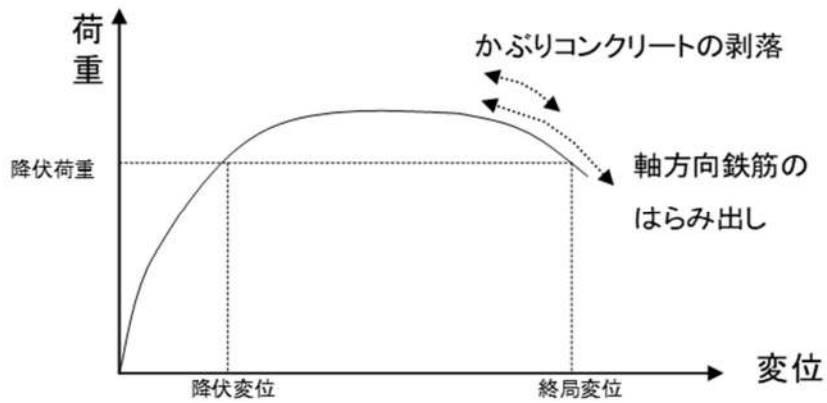
#### (5) 構造物係数

屋外重要土木構造物は重要度ごとに適切な地震動が設定される。したがって、構造物係数により更に構造物の重要性を考慮する必要はなく、耐震性能照査における構造物係数は 1.0 としている。

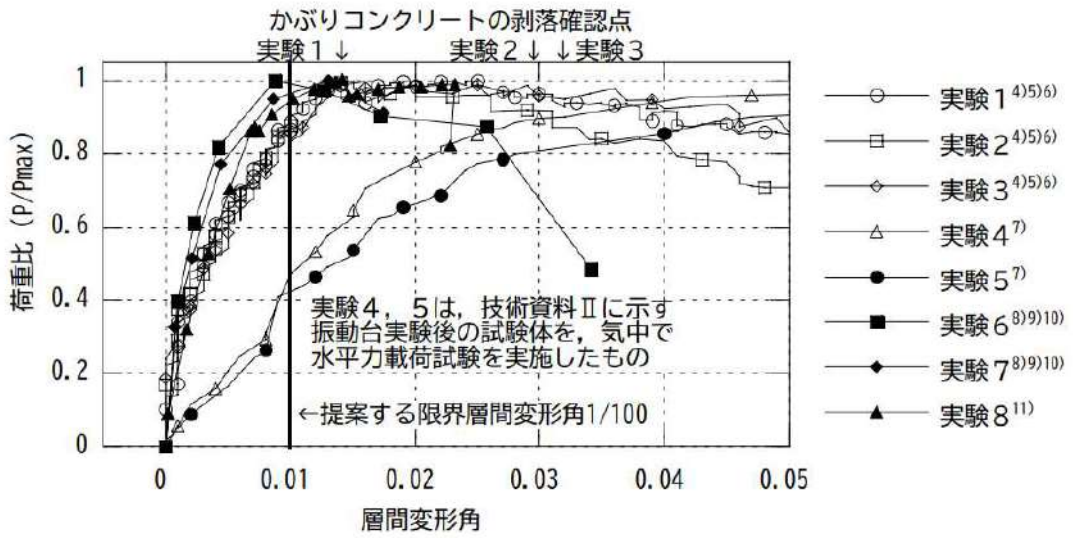
以上のことから、土木学会マニュアルによる曲げ照査手法は、コンクリート標準示方書 2002 による照査よりも安全側の評価を与えるため、技術的妥当性及び適用性を有するとともに適切な余裕が確保されていると判断できる。

第 6-5 表 曲げ評価において考慮している安全係数

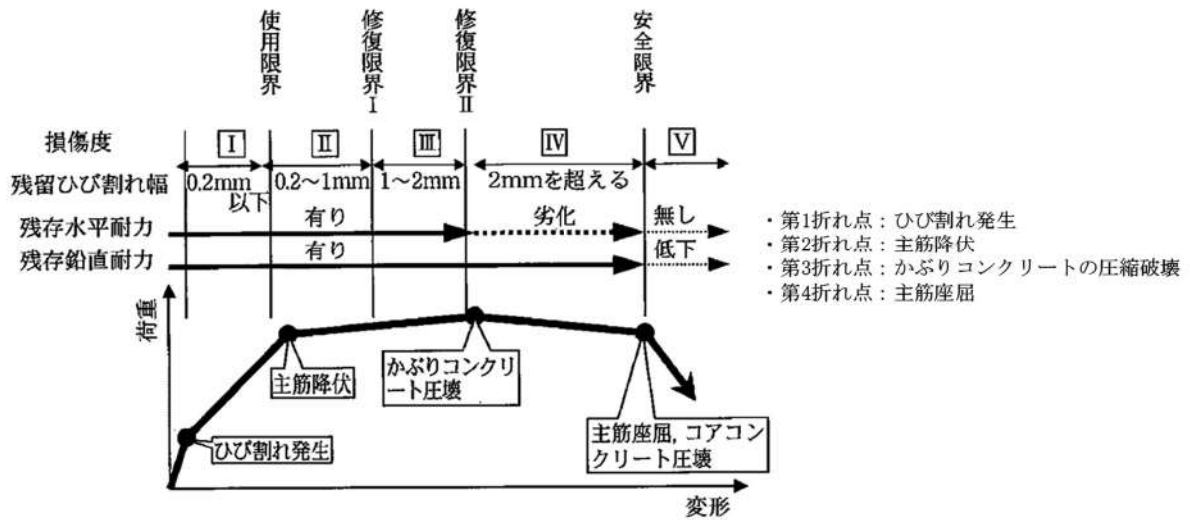
安全係数		曲げ照査	
		応答値算定	限界値算定
材料係数	コンクリート	1.0	1.0
	鉄筋	1.0	1.0
	地盤	1.0	—
部材係数		—	1.0
荷重係数		1.0	
構造解析係数		1.2	—
構造物係数		1.0	



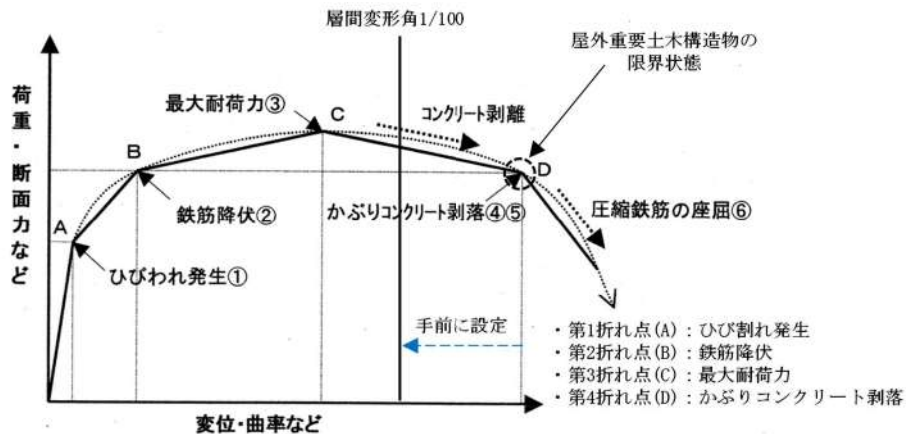
第 6-2 図 コンクリート標準示方書 2002 による構造部材の終局変位の考え方



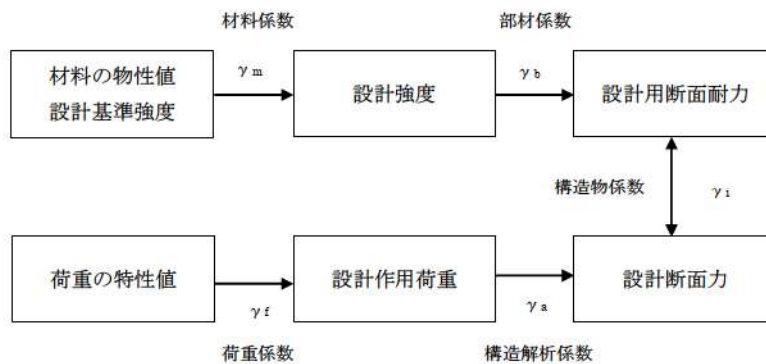
第 6-3 図 鉄筋コンクリート製ラーメン構造の破壊実験 (1), (2)  
(土木学会マニュアル)



第 6-4 図 曲げ降伏先行型の部材の復元力特性の限界状態 (損傷度) の  
関係の概念図 (日本建築学会)



第 6-5 図 鉄筋コンクリートはり部材の荷重－変位関係と損傷状態に対する概念図（土木学会マニュアル）



第 6-6 図 安全係数の考え方

## 2.2 せん断照査に係る土木学会マニュアルの適用性について

今回工認におけるせん断に対する照査は、土木学会マニュアルに基づき、照査用せん断力が、せん断耐力を下回ることを確認する。

なお、せん断耐力は、せん断耐力評価式（分布荷重を受ける部材のせん断耐力評価法を含む）及び材料非線形解析を用いる方法のいずれかを用いて評価する。

### 2.2.1 せん断耐力評価式

コンクリート標準示方書 2002 では、棒部材及びディープビームについて第 6-6 表に示すとおりせん断耐力式を定義している。このうち、ディープビームについては、コンクリート標準示方書 2002 及び土木学会マニュアルにおいて同様の評価式となっている。

土木学会マニュアルでは、コンクリート標準示方書 2002 におけるせん断耐力式のうち棒部材式において、等価せん断スパンにより設定可能な係数  $\beta_a$  を考慮している。これは屋外重要



土木構造物が地中に埋設されたラーメン構造で、土圧、水圧、地震時慣性力等の多数の分布荷重が作用していることによる分布荷重が卓越し、スパン内に反曲点が存在する等の载荷形態にある条件下では、せん断耐力が増大するという実験的知見を踏まえ、より合理的なせん断耐力を与えるよう、コンクリート標準示方書 2002 のせん断耐力式を精緻化したものである。当該せん断耐力式は、第 6-8 図に示すとおり、屋外重要土木構造物を模した破壊試験より得られるせん断耐力と整合的であり、合理的な評価が可能であることが確認されている<sup>(3), (4)</sup>。

また、これら多数の荷重の複合作用を個々に分解することは困難であることから、せん断耐力の算定時に個々の荷重作用を区分せず最終的な設計用断面力分布を用いて合理的なせん断耐力を算定することとしている<sup>(4)</sup>。

耐震安全性評価では、当該許容限界値に対して、妥当な安全余裕を確保するため、構造部材の照査の過程において複数の安全係数と、地盤物性のばらつきの影響を考慮する。安全係数は、材料係数、部材係数、荷重係数、構造解析係数及び構造物係数の 5 種に分けられる。それぞれの安全係数の考え方を第 6-7 図に示す。

また、地盤物性のばらつきについては、これらの影響を見込んだ照査を詳細設計段階において実施する。地盤物性のばらつきは、周辺地盤の変形特性について、平均値を基本ケースとした場合に、平均値 $\pm 1.0 \times$ 標準偏差 ( $\sigma$ ) のケースについて確認を行う。

耐震安全性評価において、基準地震動全波を用いて基本ケースでの評価を実施し、基本ケースにおいて、せん断に対する照査が厳しい（許容限界に対する余裕が小さい）地震動を用い、地盤物性のばらつきを考慮した確認を行う。

せん断に対する照査において考慮している安全係数は第 6-7 表に示すとおり、材料係数、部材係数、荷重係数、構造解析係数、構造物係数がある。これらの安全係数は土木学会マニュアルにおいて以下の考えにより定められている。

#### (1) 材料係数

限界値算定時に適用する材料係数はコンクリート標準示方書 2002 に準拠して、コンクリートに対して 1.3、鉄筋に対して 1.0 としている。応答値算定時に適用する材料係数は、コンクリートと鉄筋の物性値が、特性値の段階で実強度に対して小さい値を設定していることから安全側の照査がなされているため、材料係数は 1.0 としている。

#### (2) 部材係数

コンクリート標準示方書 2002 に準拠して、コンクリート寄与分に対して 1.3、鉄筋寄与分に対して 1.1 としている。

#### (3) 荷重係数

地震の影響以外の荷重の評価精度は、かなり高いものと考えられ、地震の影響については入力地震動そのものが最近の研究成果に基づいて設定されるため、荷重係数は 1.0 として

いる。

(4) 構造解析係数

変形に関する応答値の評価精度に比較して、断面力に関する応答値の評価精度は高いと考えられることから、変形照査の場合より低減させて1.05としている。

(5) 構造物係数

基準地震動は地点ごとにサイト特性を考慮して設定され、重要度分類に対応して入力地震動が選定される。したがって、構造物係数により更に構造物の重要性を考慮する必要はなく、耐震性能照査における構造物係数は1.0としている。

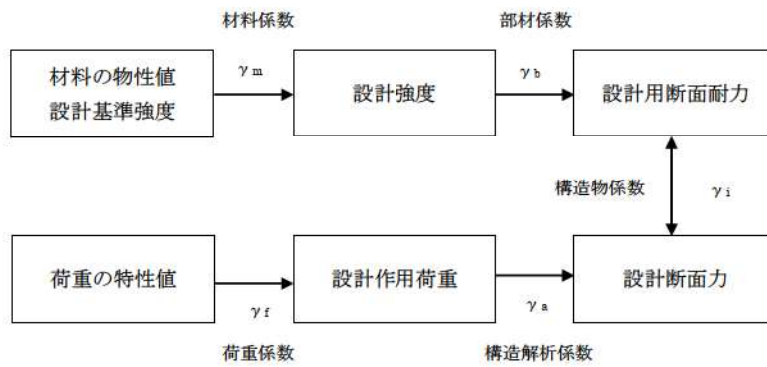
以上のことから、土木学会マニュアルによるせん断照査手法は、屋外重要土木構造物の構造的特徴を踏まえ設定された手法であるため、技術的妥当性及び適用性を有すると判断できる。

第 6-6 表 せん断耐力式の比較表

	コンクリート標準示方書2002	土木学会マニュアル
棒部材	$V_{yd} = V_{cd} + V_{sd}$ <p> <math>V_{yd}</math> : せん断耐力  <math>V_{cd}</math> : コンクリート負担  <math>V_{sd}</math> : せん断補強筋負担                 </p> $V_{cd} = \beta_d \cdot \beta_p \cdot \beta_n \cdot f_{vcd} \cdot b_w \cdot d / \gamma_b$ <p> <math>\beta_d, \beta_p</math> : 構造寸法や鉄筋量で決まる係数  <math>\beta_n</math> : 発生曲げモーメントで決まる係数  <math>f_{vcd}</math> : 設計基準強度, 安全係数等で決まる  <math>b_w</math> : 腹部の幅  <math>d</math> : 有効高さ  <math>\gamma_b</math> : 安全係数                 </p>	$V_{yd} = V_{cd} + V_{sd}$ <p> <math>V_{yd}</math> : せん断耐力  <math>V_{cd}</math> : コンクリート負担  <math>V_{sd}</math> : せん断補強筋負担                 </p> $V_{cd} = \beta_d \cdot \beta_p \cdot \beta_n \cdot \beta_a \cdot f_{vcd} \cdot b_w \cdot d / \gamma_b$ <p> <math>\beta_d, \beta_p</math> : 構造寸法や鉄筋量で決まる係数  <math>\beta_n</math> : 発生曲げモーメントで決まる係数  <math>\beta_a = 0.75 + \frac{1.4}{a/d}</math>  <math>a</math> : せん断スパン長  <math>f_{vcd}</math> : 設計基準強度, 安全係数等で決まる  <math>b_w</math> : 腹部の幅  <math>d</math> : 有効高さ  <math>\gamma_b</math> : 安全係数                 </p>
	せん断スパンより設定される係数を考慮し, コンクリート標準示方書2002のせん断耐力式を精緻化	
デ イ ー ブ ビ ー ム	$V_{ydd} = V_{cdd} + V_{sdd}$ <p> <math>V_{ydd}</math> : せん断耐力  <math>V_{cdd}</math> : コンクリート負担  <math>V_{sdd}</math> : せん断補強筋負担                 </p> $V_{cdd} = \beta_d \cdot \beta_p \cdot \beta_a \cdot f_{dd} \cdot b_w \cdot d / \gamma_b$ $\beta_a = \frac{5}{1+(a_v/d)^2}$ <p> <math>a_v</math> : 荷重作用点から支承全面までの距離  <math>f_{dd}</math> : 設計基準強度, 安全係数等で決まる                 </p>	$V_{ydd} = V_{cdd} + V_{sdd}$ <p> <math>V_{ydd}</math> : せん断耐力  <math>V_{cdd}</math> : コンクリート負担  <math>V_{sdd}</math> : せん断補強筋負担                 </p> $V_{cdd} = \beta_d \cdot \beta_p \cdot \beta_a \cdot f_{dd} \cdot b_w \cdot d / \gamma_b$ $\beta_a = \frac{5}{1+(a_v/d)^2}$ <p> <math>a_v</math> : 荷重作用点から支承全面までの距離  <math>f_{dd}</math> : 設計基準強度, 安全係数等で決まる                 </p>
	コンクリート標準示方書2002と土木学会マニュアルにおいて同一の評価式となっている	

第6-7表 せん断耐力評価において考慮している安全係数

安全係数		せん断照査	
		応答値算定	限界値算定
材料係数	コンクリート	1.0	1.3
	鉄筋	1.0	1.0
	地盤	1.0	—
部材係数	コンクリート	—	1.3
	鉄筋	—	1.1
荷重係数		1.0	—
構造解析係数		1.05	—
構造物係数		1.0	

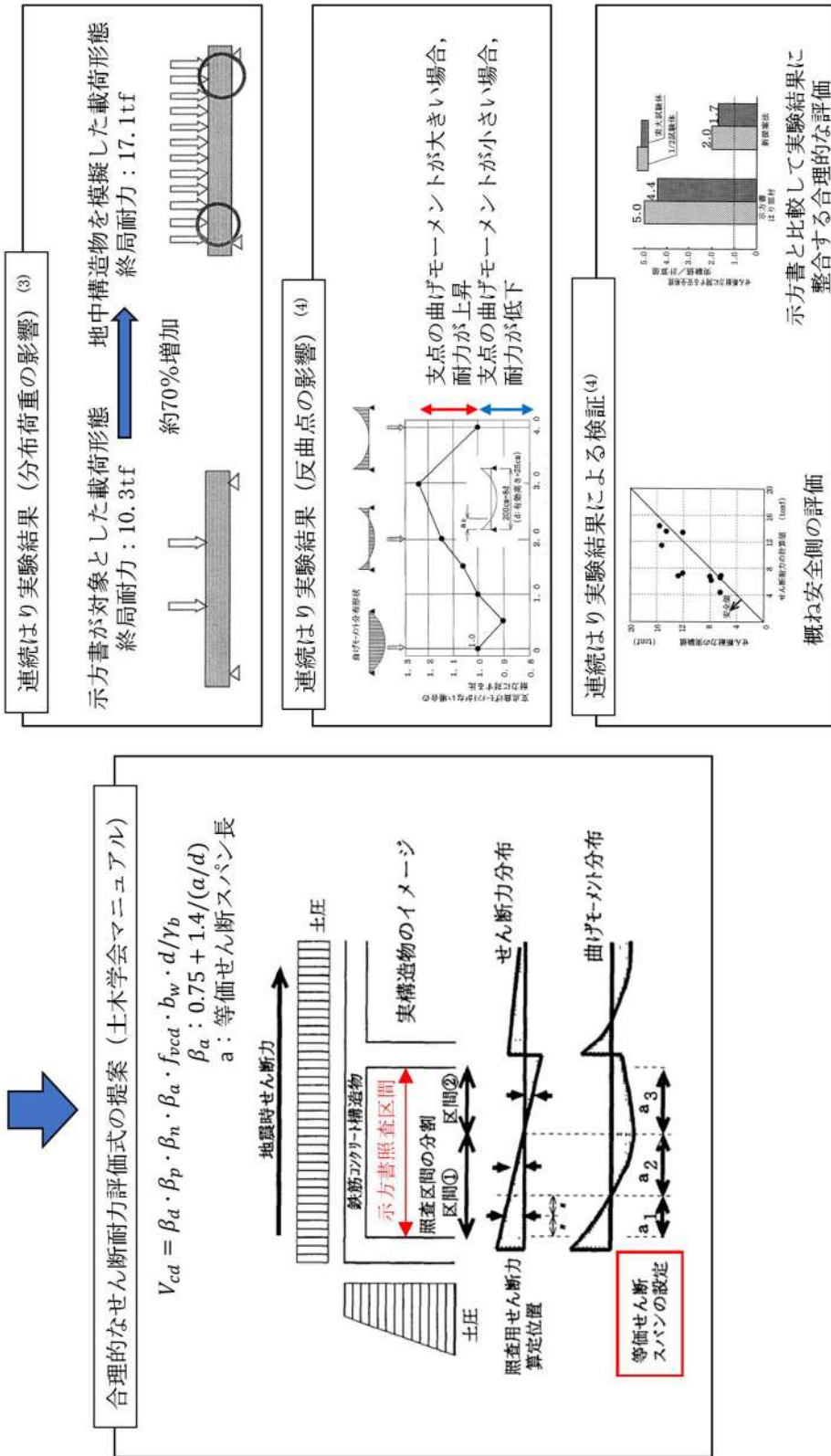


第6-7図 安全係数の考え方  
(第6-6図の再掲)

○コンクリート標準示方書2002におけるせん断耐力式  $V_{cd} = \beta_d \cdot \beta_p \cdot \beta_n \cdot f_{vcd} \cdot b_w \cdot d / \gamma_b$   
 2点载荷の単純はりの実験結果に基づいた単純な載荷形態あるいは単純な断面力分布は精度良くせん断耐力を評価する。

<問題点>

- ・分布荷重が卓越する場合、支点付近に大きな荷重が加わる場合及び支点反力が大きい場合において、せん断耐力を過小評価する。
- 地中構造物を模擬した実験によるせん断耐力評価式  
 地中に埋設されたラーメン構造で、分布荷重が卓越、スパン内に反曲点がある等複雑な載荷形態を考慮してせん断耐力を評価する。



第6-8図 土木学会マニュアルによるせん断耐力式評価の設定経緯

## 2.2.2 材料非線形解析を用いたせん断耐力評価

構造部材の照査において発生するせん断力が、せん断耐力式によるせん断耐力を上回る部材については、以下で示す材料非線形解析を用いたせん断耐力評価を実施する。

### (1) 評価条件

2.2.1 で示したせん断耐力式は、既往の実験等から一般化されたものであることから、構造部材の形状、作用荷重及び鉄筋コンクリートの非線形特性を踏まえた材料非線形解析を実施することにより、より高い精度でせん断耐力を求め、構造部材のせん断照査を行う。

第 6-8 表及び第 6-9 表に材料非線形解析の概要を示す。

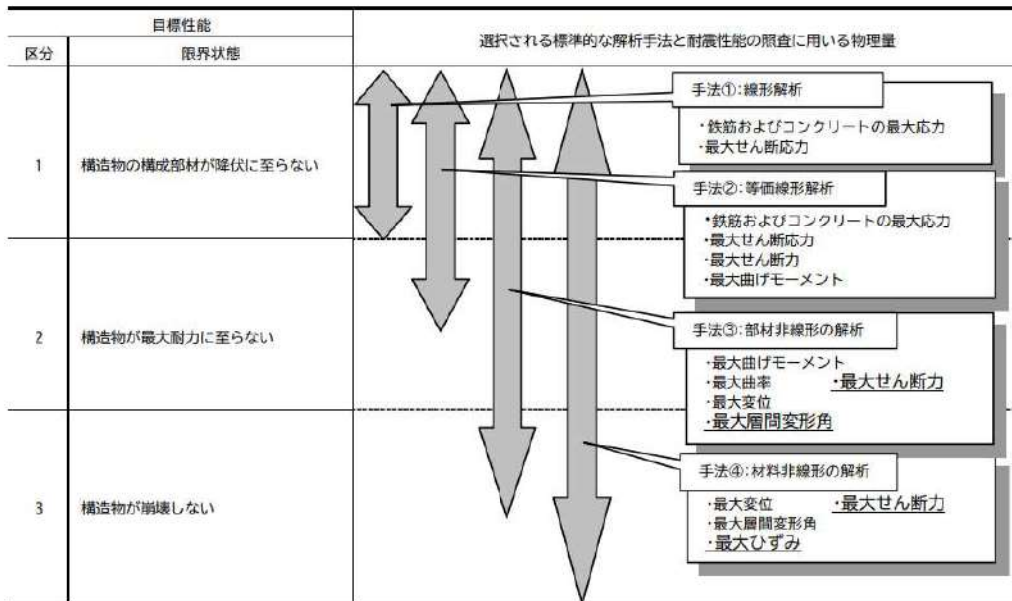
材料非線形解析は、90 年代までに、ひび割れの進展モデルや破壊エネルギーの概念等、基本となるモデルが提示され、様々な問題に適用されながら有効性と信頼性を高めており、「コンクリート標準示方書 設計編(土木学会, 2012)」(以下「コンクリート標準示方書 2012」という。)や土木学会マニュアル等で取り扱われている。

材料非線形解析にて用いる鉄筋コンクリートの構成則については種々あるが、ここでは、現在までに実務でも使用され、適用性と信頼性が確認されており、コンクリート標準示方書 2012 において標準とされる以下の手法とする。

- ① 鉄筋とコンクリートとの一体性を前提とする分散ひび割れモデルにてモデル化する。
- ② 鉄筋との複合作用が支配的な鉄筋周辺のコンクリートについては、平均化構成則を用いる。
- ③ 鉄筋との複合作用が及ばない領域では、コンクリートの破壊力学の概念を導入する。

なお、材料非線形解析の適用に当たっては、当該構造物の構造的な特徴や荷重条件が類似する既往の実験等から得られたせん断耐力と、材料非線形解析によるせん断耐力を比較し、その適用性を判断した上で、モデル化や各種パラメータの設定に係る解析者の差を考慮した安全係数を設定する。

第 6-8 表 材料非線形解析の位置付け（土木学会マニュアル）



第 6-9 表 部材非線形解析と材料非線形解析の特徴

	部材非線形解析		材料非線形解析	
モデル化	骨組モデル		有限要素	
解析次元	1次元		2次元	3次元
構成則	M-φ, M-θ 等	応力-ひずみ関係		
要素	はり要素	ファイバー要素	平面ひずみ要素	立体要素
特徴	(汎用性) (解析時間)	狭い ← → 広い 短い ← → 長い		

a. 適用基準

材料非線形解析については、土木学会マニュアル、コンクリート標準示方書 2012 等に基づき実施する。基準と異なる設定を用いる場合には、設定根拠の妥当性を確認する。

第 6-10 表に参考とする主な基準・文献を示す。

第 6-10 表 参考とする主な基準等

項目	参考とする主な基準等	備考
材料定数 ・材料特性	・コンクリート標準示方書2012 ・土木学会マニュアル	—
許容限界	—	・せん断力-相対変位関係より設定した許容限界（破壊基準）が、部材係数の設定における材料非線形解析にて、実験結果とおおむね整合的であることを確認

b. 材料定数

耐震安全性評価に用いる材料定数は、設計図書及び文献等を基に設定する。コンクリート及び鉄筋の材料定数を第 6-11 表及び第 6-12 表に示す。

第 6-11 表 コンクリートの材料定数

	設定値	諸元
単位体積重量	0.0kN/m <sup>3</sup>	材料非線形解析による荷重に含まれることから考慮しない
圧縮強度	18.5N/mm <sup>2</sup>	設計基準強度(設計図書24.0N/mm <sup>2</sup> ) /材料係数 <sup>(注)</sup>
引張強度	1.47N/mm <sup>2</sup>	引張強度/材料係数 <sup>(注)</sup>
圧縮ピークひずみ	0.19%	コンクリート標準示方書2012
ひび割れ—せん断 伝達係数	1.0	コンクリート標準示方書2012
破壊エネルギー	0.0718N/mm	コンクリート標準示方書2012

(注) 材料係数を 1.3 として算出

第 6-12 表 鉄筋の材料定数

	設定値	諸元	
単位体積重量	0.0kN/m <sup>3</sup>	材料非線形解析による荷重に含まれることから考慮しない	
ヤング係数	206kN/mm <sup>2</sup>	コンクリート標準示方書2012	
降伏強度	主鉄筋	3432N/mm <sup>2</sup>	せん断破壊先行型の破壊形態となるよう曲げ耐力が増大するように設定
	せん断補強筋	345N/mm <sup>2</sup>	設計図書 (SD345)

c. 解析モデルの要素分割

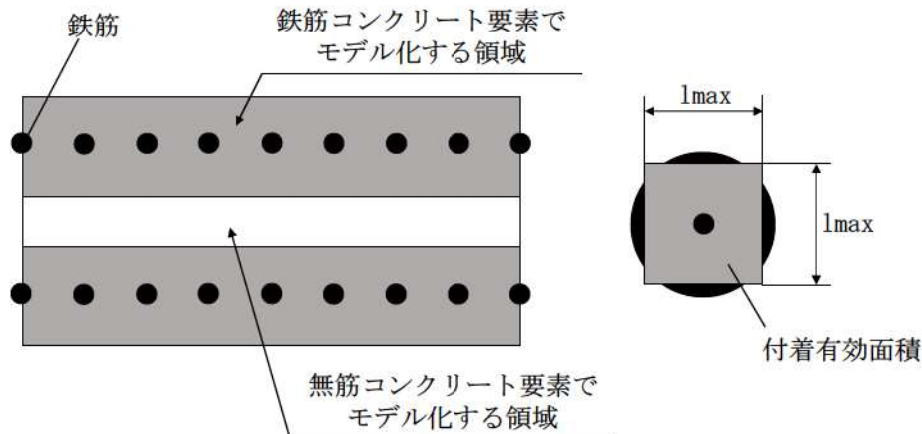
材料非線形解析の対象とする構造部材を平面ひずみ要素でモデル化する。構造部材のモデル化に当たっては、第 6-9 図に示すとおり、鉄筋の付着が有効な領域を鉄筋コンクリート要素としてモデル化し、付着の影響が及ばない領域を無筋コンクリート要素としてモデル化する。

部材厚方向の要素分割数については、鉄筋を含む要素と無筋要素を明確に指定できる分割数が望ましいこと、及び 3 層以上の分割数をとる場合、解析結果に大きな差異が生じないことから 3 層以上に設定することとする。



具体的には、鉄筋を含む要素は、鉄筋を中心としてかぶり厚さの2倍とし、無筋領域については、要素形状が極端に扁平とならないように分割する。

なお、対象とする構造部材に接合する部材は、弾性要素でモデル化し、モデル下端を固定境界とする。



$$l_{max} = \frac{\sqrt{\pi}}{2} D_b \sqrt{\frac{f_y}{f_t}}$$

ここに、

- $l_{max}$  : 鉄筋一本当たりの付着有効面積を正方形で考えた場合の一辺の長さ
- $D_b$  : 鉄筋の直径
- $f_y$  : 鉄筋の降伏強度
- $f_t$  : コンクリートの引張強度

第 6-9 図 鉄筋付着有効領域と無筋領域の分割の概要

#### d. コンクリートの非線形特性

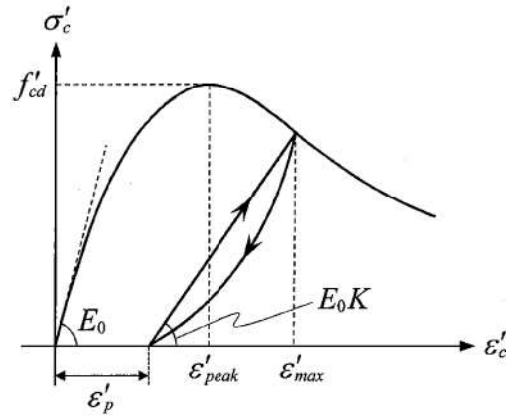
耐震安全性評価に用いる要素は鉄筋コンクリート要素及び無筋コンクリート要素に分類されるが、それぞれの非線形特性は同一の考え方で表される。

##### ・圧縮応力下における応力-ひずみ関係

第 6-10 図に一軸圧縮応力下における応力-ひずみ関係を示す。

圧縮応力下の応力-ひずみの骨格曲線は、最大応力点までの硬化域と、最大応力点を越えた軟化域で表され、残留塑性ひずみと除荷再載荷時の剛性低下を考慮している。

また、ひび割れ発生後のコンクリートの圧縮強度については、第 6-11 図に示す、低減係数を破壊パラメータに乗じることで、ひび割れ発生後の圧縮強度の低下を考慮する。



$$\sigma'_c = E_0 K (\epsilon'_c - \epsilon'_p) \geq 0$$

$$E_0 = \frac{2 \cdot f'_{cd}}{\epsilon'_{peak}}$$

$$K = \exp \left\{ -0.73 \frac{\epsilon'_{max}}{\epsilon'_{peak}} \left( 1 - \exp \left( -1.25 \frac{\epsilon'_{max}}{\epsilon'_{peak}} \right) \right) \right\}$$

$$\epsilon'_p = \epsilon'_{max} - 2.86 \cdot \epsilon'_{peak} \left\{ 1 - \exp \left( -0.35 \frac{\epsilon'_{max}}{\epsilon'_{peak}} \right) \right\}$$

$$f'_{cd} = f'_{ck} / \gamma_c$$

ここに,

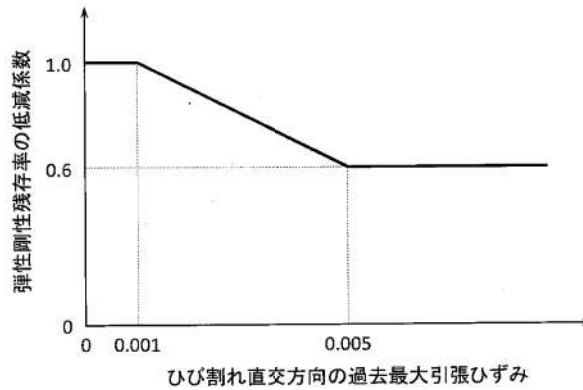
$\epsilon'_{peak}$  : 圧縮強度に対応するひずみ (一般に, 0.002 としてもよい)

$\epsilon'_{max}$  : 過去に受けた圧縮ひずみの最大値

$\epsilon'_p$  : 塑性ひずみ

$K$  : 弾性剛性残存率

第 6-10 図 圧縮応力下におけるコンクリートの非線形特性

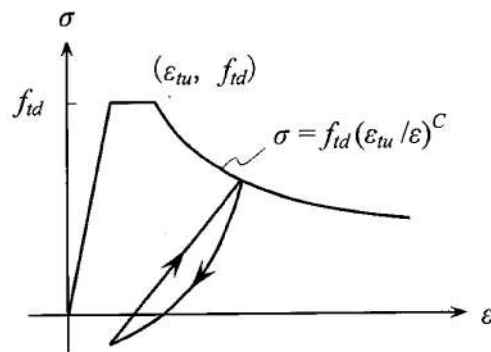


第 6-11 図 弾性剛性残存率の低減係数

・引張応力下における応力-ひずみ関係

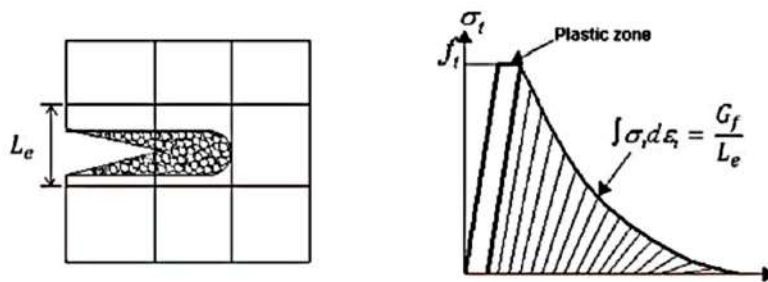
引張応力下における応力-ひずみ関係は、ひび割れ発生までは線形弾性とし、ひび割れ強度以降は、鉄筋とコンクリートの付着の影響等を考慮し、第 6-12 図に示す骨格曲線を用いて、ひび割れ間のコンクリートに引張応力分担を考慮する。

引張力を受ける無筋コンクリート要素では、引張軟化挙動は、破壊エネルギー ( $G_f$ ) によって定義する。引張軟化挙動の考慮に当たっては、第 6-13 図に示すひび割れ発生後の軟化曲線とひび割れ発生点からの除荷曲線とで囲まれる面積が  $G_f/L_e$  (要素寸法) に一致するように、軟化特性を表す係数  $C$  を用いる。



- $f_{td}$  : 設計引張強度
- $\epsilon_{tu}$  : 引張軟化開始ひずみ
- $C$  : 引張軟化特性を表す係数

第 6-12 図 引張応力下における鉄筋とコンクリートの付着効果を考慮した応力-ひずみ関係

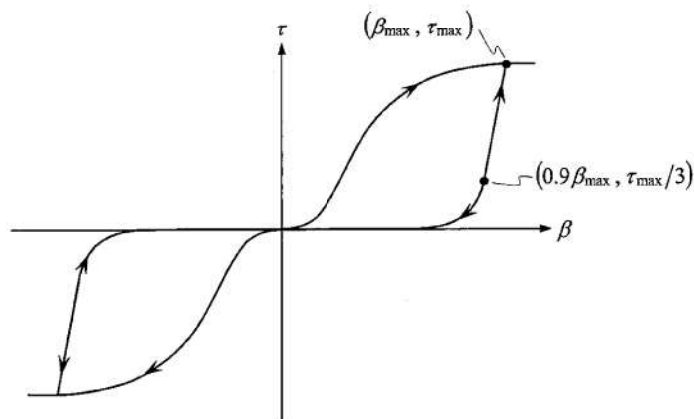


第 6-13 図 応力-ひずみ曲線と破壊エネルギー  $G_f$  の関係

・ ひび割れ面でのせん断伝達関係

コンクリートのひび割れ発生後にひび割れ角度を固定する固定ひび割れモデルでは、ひび割れ面のずれによるせん断応力伝達特性を考慮する必要がある。

ひび割れ面でのせん断伝達挙動は、斜めひび割れの発生に伴う剛性低下や破壊を評価するため、第 6-14 図に示すとおり、ひび割れ面におけるせん断ひずみ  $\gamma$  とひび割れ開口ひずみ  $\varepsilon$  の比をパラメータとし、コンクリートの剛性低下を考慮するモデルを用いる。

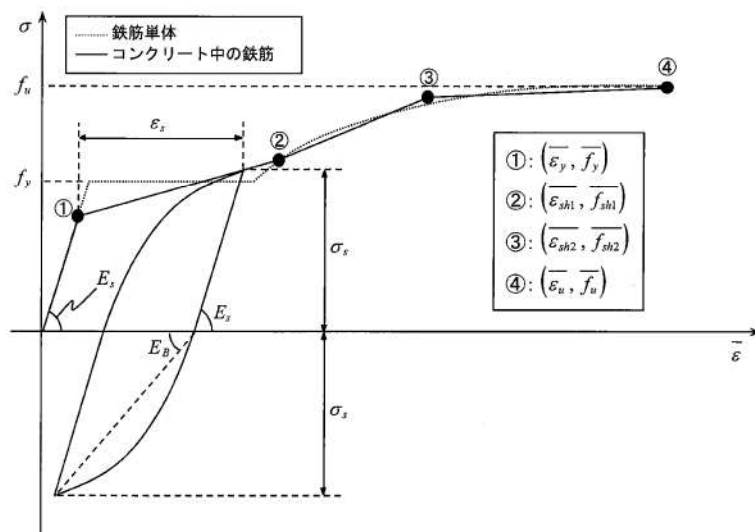


- $\beta$  : ひび割れ面におけるせん断ひずみ $\gamma$ とひび割れ開口ひずみ $\varepsilon$ の比( $\gamma/\varepsilon$ )
- $\tau$  : ひび割れ面でのせん断応力
- $\tau_{max}$  : 除荷開始時せん断応力
- $\beta_{max}$  : 除荷開始時せん断ひずみ $\gamma$ とひび割れ開口ひずみ $\varepsilon$ の比

第 6-14 図 ひび割れ面でのせん断伝達モデル

e. 鉄筋の非線形特性

ひび割れを複数含む領域におけるコンクリート中の鉄筋の平均応力-平均ひずみ関係は、単体鉄筋の応力-ひずみ関係と異なり、第 6-15 図に示すひずみ硬化特性を考慮する。



第 6-15 図 ひずみ硬化域までモデル化した鉄筋の平均応力-平均ひずみ関係

f. 鉄筋コンクリートとしてのモデル化

コンクリートと鉄筋の界面の付着特性をテンションスティフニング効果(引張特性が硬化する現象)として、鉄筋コンクリート要素の中に取り込むことにより、鉄筋コンクリートの構成則を直接与える。

鉄筋コンクリートの引張応力下の平均応力は、以下の式で表される。

$$\bar{\sigma}_{RC} = \frac{A_s}{A_{RC}} \bar{\sigma}_s + \frac{A_c}{A_{RC}} \bar{\sigma}_c$$

ここに、

$\bar{\sigma}_s, \bar{\sigma}_c$  : それぞれ鉄筋とコンクリートの平均応力

$A_s, A_c$  : それぞれ鉄筋とコンクリートの断面積  $A_{RC} = A_s + A_c$

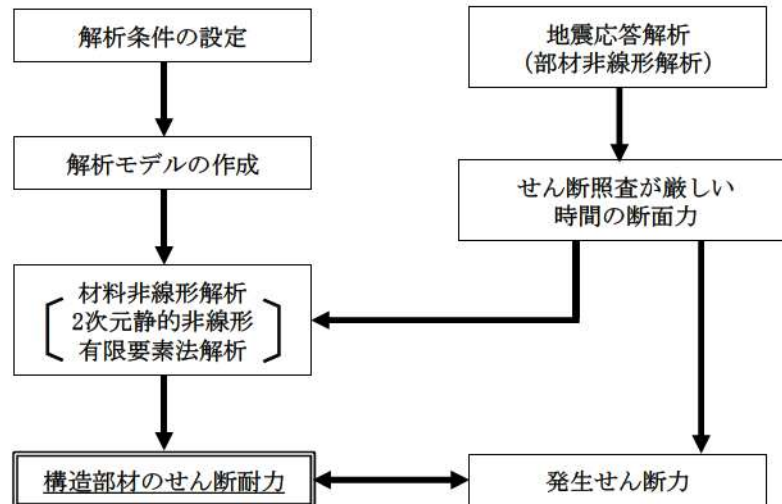
g. 荷重の組合せ

材料非線形解析においては、地震応答解析(部材非線形解析)により得られた荷重を用いることから、荷重の組み合わせは、地震応答解析と同様である。

## (2) 評価方法

### a. 耐震安全性評価フロー

材料非線形解析を用いたせん断耐力評価の評価フローを第 6-16 図に示す。



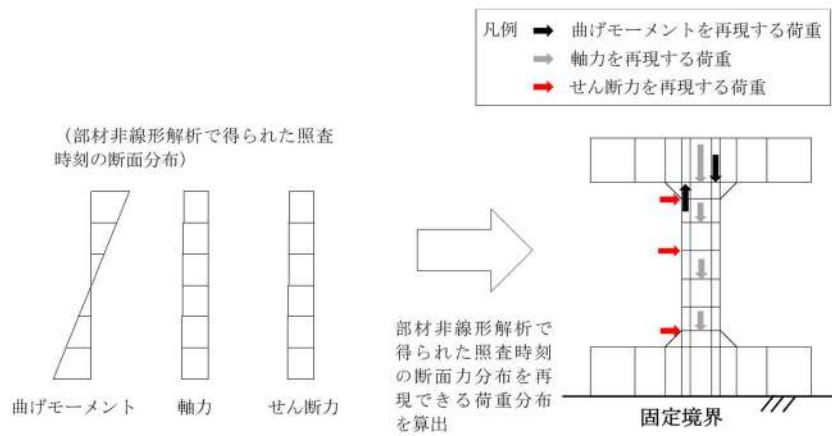
第 6-16 図 材料非線形解析の耐震安全性評価フロー

### b. 荷重の設定

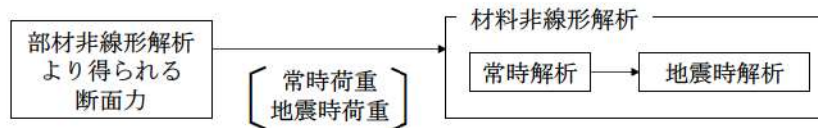
材料非線形解析にて考慮する荷重は、地震応答解析（部材非線形解析）から得られる荷重を考慮する。具体的には、地震応答解析（部材非線形解析）で評価対象部材のせん断照査結果が厳しくなる時刻における断面力（曲げモーメント、軸力、せん断力）を材料非線形解析モデルに第 6-17 図に示すとおり作用させる。

材料非線形解析では、部材非線形解析で得られた照査時刻の断面力分布を再現できる荷重分布を算出し、この荷重比率を維持しながら漸増载荷する。

作用荷重は、常時荷重及び地震時荷重に分けて、第 6-18 図に示すとおり常時解析と地震時解析に分けて、材料非線形解析を実施する。



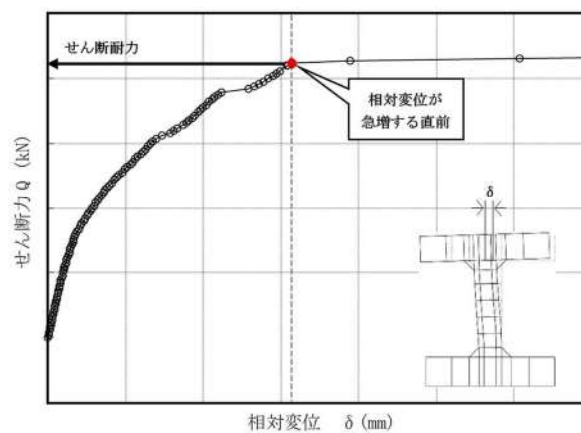
第 6-17 図 材料非線形解析における载荷状況



第 6-18 図 荷重の作用手順

c. せん断耐力

材料非線形解析を用いたせん断耐力は、材料非線形解析におけるせん断力-相対変位関係から設定する。具体的には、第 6-19 図に示す例のとおり、せん断力-相対変位関係においてせん断力の増分に対して相対変位が急増する直前の点又はせん断力が最大となる点を部材のせん断耐力と判断する。



第 6-19 図 材料非線形解析を用いたせん断耐力の設定例

d. 安全係数の設定

材料非線形解析では、地震応答解析（部材非線形解析）で得られる断面力（曲げモーメント、軸力、せん断力）を材料非線形解析に作用させた時のせん断力  $V$  と材料非線形解析で得られるせん断耐力  $V_y$  に、以下のとおり部材係数  $\gamma_{b1}$ 、 $\gamma_{b2}$ 、構造解析係数  $\gamma_a$ 、構造物係数  $\gamma_i$  を考慮し、照査用せん断力  $V_d$ 、設計せん断耐力  $V_{yd}$  を算定する。

$$V_d = \gamma_i \cdot \gamma_a \cdot V$$

$$V_{yd} = V_y / (\gamma_{b1} \cdot \gamma_{b2})$$

考慮する安全係数の設定例を第 6-13 表に示す。ここで、部材係数  $\gamma_{b1}$  については、実験又はせん断耐力式により得られるせん断耐力と材料非線形解析により得られるせん断耐力との比率により設定することとし、解析における構成則の相違や要素の種類、要素分割、材料物性の設定、入力増分等、多岐にわたる解析者間の差を考慮する。

具体的には、土木学会マニュアルに示される 17 ケースの材料非線形解析を実施し、実験又はせん断耐力との差が最も大きい Case No. 11 の部材係数 1.38 を設定する（第 6-14 表）。

第 6-13 表 考慮する安全係数

安全係数		値	設定根拠
部材係数	$\gamma_{b1}$	1.38	別途実施する材料非線形解析により設定
	$\gamma_{b2}$	1.0	地震応答解析による層間変形角より設定
構造物係数	$\gamma_i$	1.0	構造物の重要度は、基準地震動 $S_s$ により評価することで包絡されていると判断
構造解析係数	$\gamma_a$	1.05	各種文献より保守的に設定
材料係数	$\gamma_i$	1.3	各種文献より設定



第 6-14 表 部材係数  $\gamma_{bl}$  の設定

Case No.	試験結果	解析結果	部材係数 (解析結果/ 実験結果) (②/①)	備考
	せん断耐力 (kN) ①	せん断耐力 (kN) ②		
1	475	462	0.97	
2	1187	1276	1.07	
3	324	347	1.07	
4	294	304	1.03	
5	581	531	0.91	
6	329	362	1.10	
7	1587	1783	1.12	
8	350	402	1.15	
9	855	864	1.01	
10	165	200	1.21	
11	333	461	1.38	最大値
12	127	167	1.31	
13	188	192	1.02	
14	163	192	1.18	
15	273	212	0.78	
16	356	271	0.76	
17	432	361	0.84	

(3) 適用範囲

適用範囲は、二次元時刻歴応答解析により断面力等を算出して耐震安全性評価を行う構造物とし、後施工せん断補強筋 (CCb) により耐震補強を行っている部材は適用範囲外とする。

### 3. 屋外重要土木構造物の減衰定数

#### 3.1 減衰の設定について

今回工認で採用している時刻歴応答解析において、地盤及び構造物の減衰は、粘性減衰と履歴減衰で考慮している。

粘性減衰による減衰は、固有値解析にて求められる固有周期と各材料の減衰比に基づき、質量マトリックス及び剛性マトリックスの線形結合で表される以下の Rayleigh 減衰を解析モデル全体に与える。

$$[C] = \alpha [M] + \beta [K]$$

[C] : 減衰係数マトリックス, [M] : 質量マトリックス,

[K] : 剛性マトリックス,  $\alpha$ ,  $\beta$  : 係数

係数 $\alpha$ について、有効応力による時刻歴応答解析では、地震力による時系列での地盤剛性の軟化に伴い1次固有振動数の低振動数側へのシフトに応じて、地盤応答の保守的な評価が行えるように係数 $\alpha=0$ として設定し、低振動数帯で減衰 $\alpha$ の影響がない剛性比例型減衰とする。

係数 $\beta$ については、「FLIP研究会14年間の検討成果のまとめ「理論編」」において実施した検討結果や先行サイトでの実績を参考に、減衰定数を定めずに決めた値として $\beta=0.002$ を設定し、解析モデル全体に Rayleigh 減衰を与える。ただし、 $\beta$ の値は地盤条件によって変動することから、泊発電所の地盤条件に対して $\beta=0.002$ を設定することの妥当性については、参考資料2「Rayleigh減衰の設定の妥当性について」で確認する。

履歴減衰による減衰は、構造部材の部材非線形性（曲げモーメント-曲率関係）における非線形の程度に応じた値となる。なお、構造物を線形でモデル化する場合は、Rayleigh減衰のみ設定する。

#### 3.2 建設工認と今回工認の相違について

今回工認で採用する粘性減衰は、材料ごとに個別の減衰を考慮せず解析モデル全体に Rayleigh 減衰 ( $\alpha=0$ ,  $\beta=0.002$ ) にて与える。

建設工認では、JEAG4601-1987において鉄筋コンクリート構造物の減衰定数は5%が慣用的に使用されていることが示されていることを参考に、周波数応答解析における構造物の減衰定数は5%を用いた。

#### 4. 耐震性能照査の手順

機器・配管を支持する屋外重要土木構造物の照査では、想定される荷重条件に対して機器・配管の機能を維持することが主たる目的となる。このため、土木学会マニュアルでは、機器・配管を支持する屋外重要土木構造物の耐震性能評価においては、機器・配管の機能維持のために屋外重要土木構造物に求められる制約条件を与条件としている。

屋外重要土木構造物の耐震性能の照査に当たっては、地盤と構造物の連成解析を行い、床応答や変位を算定する。機器・配管の耐震安全性は、当該構造物を支持する屋外重要土木構造物の床応答や変位を用いて、別途確認を行う。第 6-15 表に対象構造物の例を示す。

第 6-15 表 検討対象構造物の例

屋外重要土木構造物	機器・配管
取水ピットポンプ室	原子炉補機冷却海水ポンプ 原子炉補機冷却海水設備配管
原子炉補機冷却海水管ダクト	原子炉補機冷却海水設備配管

#### 5. 参考文献

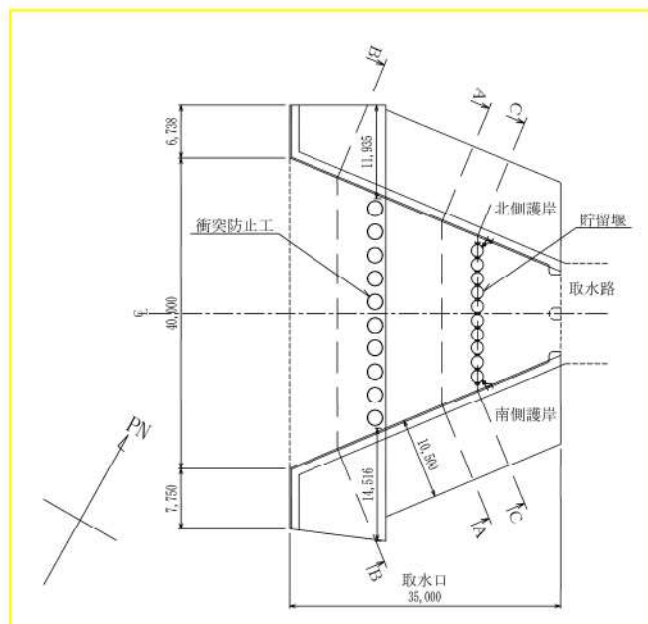
- (1) 松尾ら：コンクリート製地中構造物の合理的な耐震性能評価指標に関する検討，土木学会地震工学論文集，2003
- (2) 石川ら：鉄筋コンクリート製地中構造物の変形性状と損傷状態に関わる実験的考察，第26回地震工学研究発表会講演論文集，pp885-888
- (3) 遠藤ら：鉄筋コンクリート製地中構造物の限界状態に用いるせん断耐力評価法，電力中央研究所報告
- (4) 原子力土木委員会・限界状態設計部会：原子力発電所・鉄筋コンクリート製屋外重要土木構造物への限界状態設計法の適用・安全性照査マニュアルの提案，土木学会論文集No. 442/V-16

取水口の評価方針

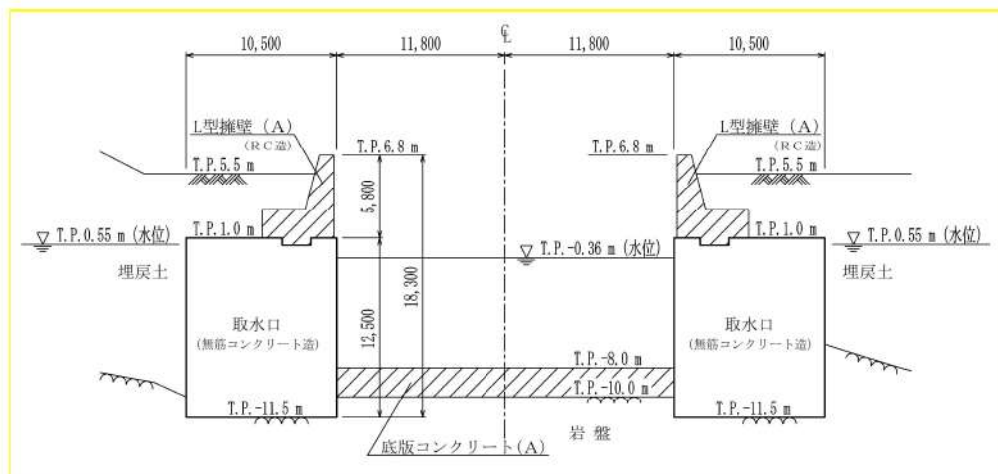
1. 要求機能

取水口の平面図を参考 1-1 図に、断面図を参考 1-2 図～参考 1-4 図に示す。屋外重要土木構造物のうち取水口は、無筋の護岸コンクリートにより構成され、津波防護施設及び常設重大事故等対処設備である貯留堰が設置される。取水口の要求機能は、A-A 断面では通水機能及び貯水機能、B-B 断面では通水機能、C-C 断面では通水機能、貯水機能及び支持機能である。

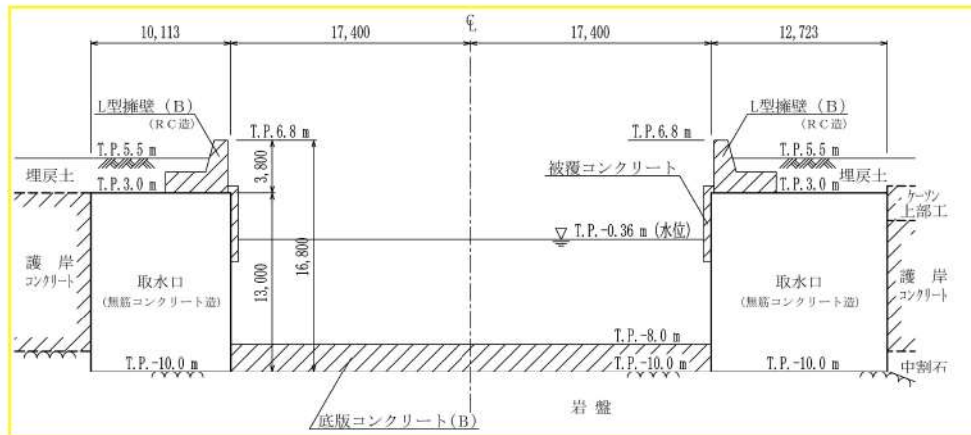
また、取水口の上部に設置される鉄筋コンクリート造の L 型擁壁についても波及的影響の観点で、取水口の取水性に影響を及ぼさないよう安定性を保持すること及び構造部材が終局状態に至らないことを確認する。



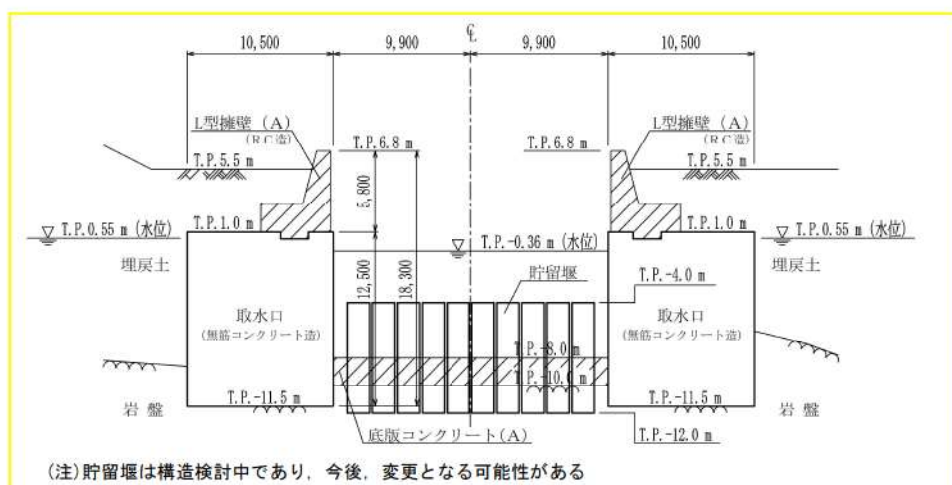
参考 1-1 図 取水口 平面図



参考 1-2 図 取水口 断面図 (A-A 断面)



参考 1-3 図 取水口 断面図 (B-B 断面)

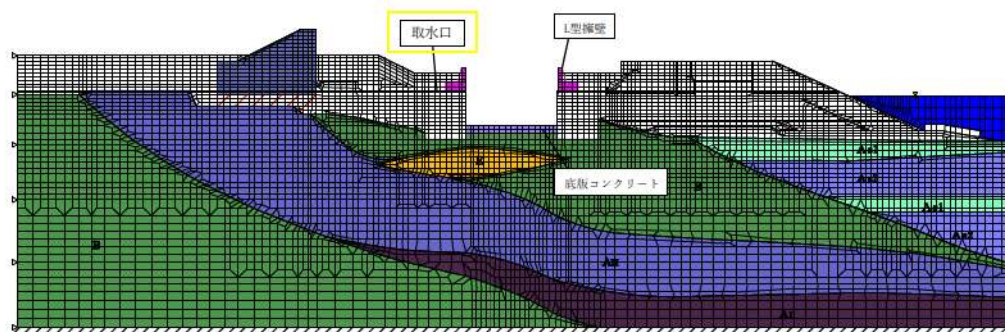


(注) 貯留堰は構造検討中であり、今後、変更となる可能性がある

参考 1-4 図 取水口 断面図 (C-C 断面)

## 2. 評価方法

取水口の耐震安全性評価については、地震応答解析手法に時刻歴応答解析を適用することとし、要求機能ごとに許容限界を定めて評価を実施する。解析モデルを参考 1-5 図に示す。



(注) 防潮堤は構造検討中であり、今後、変更となる可能性がある。

参考 1-5 図 取水口の解析モデル

## 2.1 通水機能に対する評価方法

取水口及びL型擁壁の滑動及び転倒により通水断面の閉塞につながる可能性があることから、取水口の通水機能に対する目標性能は、取水口及びL型擁壁が滑動及び転倒しないこととする。

滑動及び転倒評価に当たっては、地震時荷重を二次元地震応答解析により算定し、水平力が最大となる時刻の荷重を用いて評価する。

また、L型擁壁は、許容応力度法により耐震評価を実施し、構造部材が破壊に至らないことを確認する。

### (1) 滑動評価

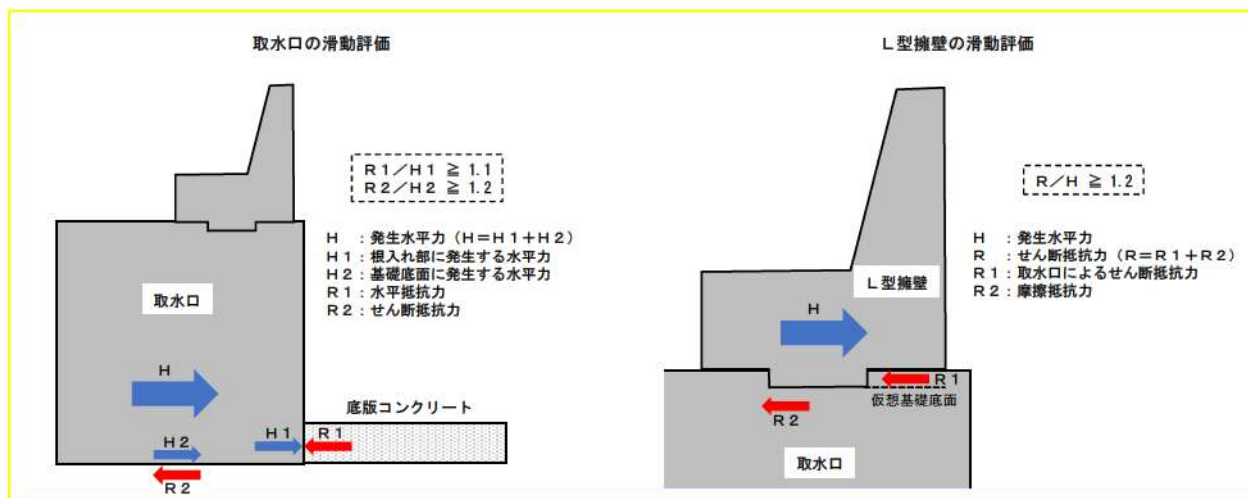
#### ① 取水口

取水口の滑動評価については、「道路橋示方書・同解説 IV下部構造編（（社）日本道路協会、平成14年3月）」（以下「道路橋示方書（下部構造編）」という。）を参考に、発生水平力を取水口側面の底版コンクリートと接している部分（以下「根入れ部」という。）に発生する水平力と取水口底面に発生する水平力に分けて評価することとして、根入れ部に発生する水平力と水平抵抗力の比が1.1以上となること、及び取水口底面に発生する水平力とせん断抵抗力の比が1.2以上となることを確認する。

#### ② L型擁壁

L型擁壁の滑動評価については、道路橋示方書（下部構造編）を参考に、発生水平力とせん断抵抗力の比が1.2以上となることを確認する。

L型擁壁には底版に突起部を設けていることから、せん断抵抗力は、道路橋示方書（下部構造編）を参考に、突起部の先端を通るL型擁壁の底版と平行な面を仮想の基礎底面とみなして、突起部前面の取水口によるせん断抵抗力と突起部底面及び突起部後方の摩擦抵抗として算出する。



参考 1-6 図 滑動評価 イメージ図

## (2) 転倒評価

取水口及びL型擁壁の転倒評価については、「港湾の施設の技術上の基準・同解説（国土交通省港湾局，2007年版）」を参考に，妥当な安全余裕を確保する観点から転倒モーメントと抵抗モーメントの比が1.1以上となることを確認する。

### 2.2 貯水機能に対する評価方法

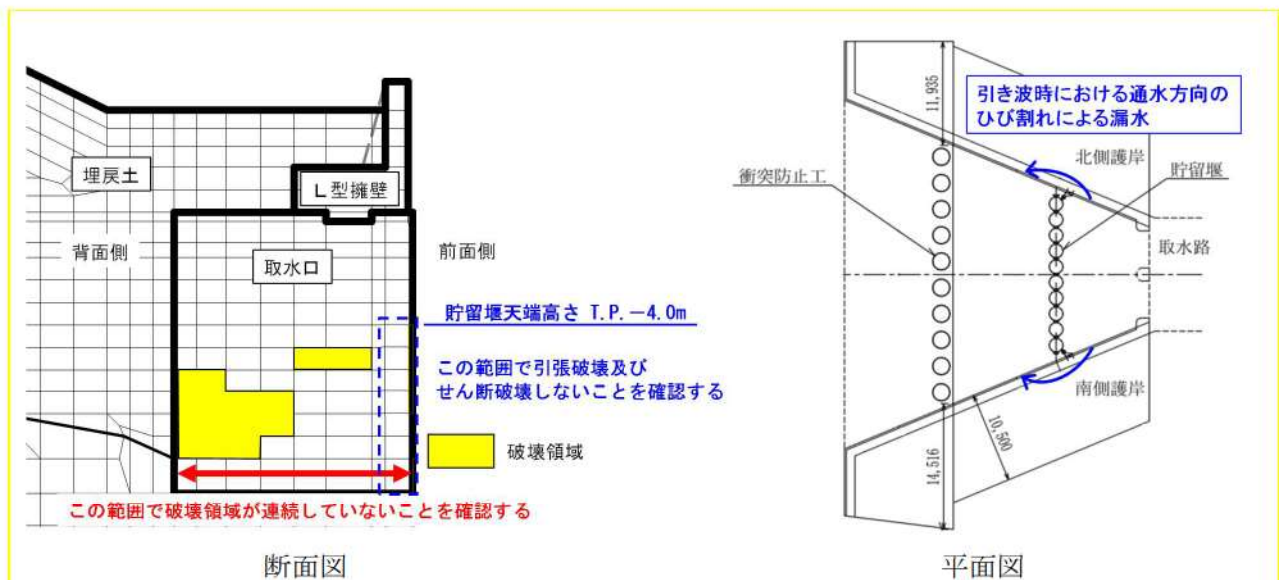
取水口にひび割れが発生し，ひび割れから漏水する可能性があることから，取水口の貯水機能に対する目標性能は，取水口を貫通するような顕著なひび割れが発生しないこととする。また，取水口前面側の表面に通水方向のひび割れが発生した場合，引き波時にひび割れから漏水する可能性があることから，前面側の取水口表面にひび割れが発生しないことを確認する。

具体的な評価方法は，取水口に該当する要素の局所安全係数を算出し，破壊領域（引張破壊及びせん断破壊）が取水口の背面から前面にかけて連続していないこと及び貯留堰の天端高さ以下の範囲で，取水口前面側の表面が引張破壊及びせん断破壊していないことを確認する。局所安全係数の算出にあたっては，コンクリートの材料強度<sup>(注)</sup>を使用する。局所安全係数による評価のイメージ図を参考1-7図に示す。

(注) コンクリートのせん断強度： $f_{ck}'/5$ （コンクリート標準示方書，ダムコンクリート編2013）

コンクリートの引張強度： $0.23f_{ck}'^{2/3}$ （コンクリート標準示方書2002）

ここに， $f_{ck}'$ ：コンクリートの設計基準強度

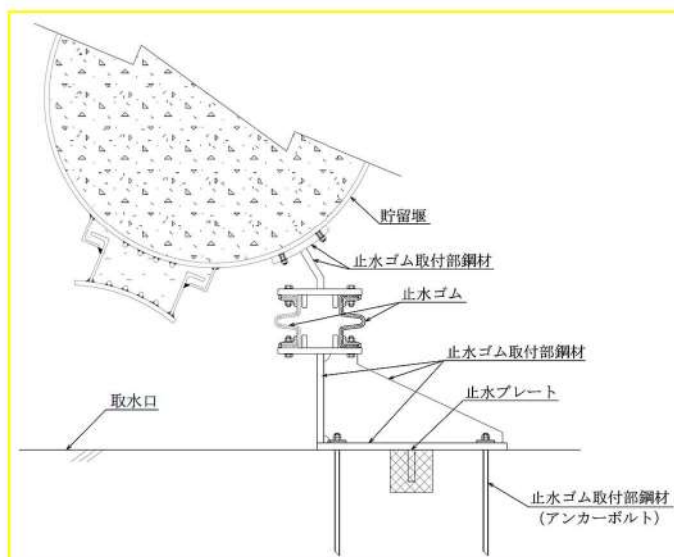


参考1-7図 局所安全係数による評価 イメージ図

### 2.3 支持機能に対する評価方法

津波の引き波時による取水ピットの水位低下に対して、原子炉補機冷却海水ポンプの取水に必要な高さの海水を確保するために、取水口に貯留堰を設置する（参考 1-1 図及び参考 1-4 図参照）。取水口と貯留堰の接続部（以下「護岸接続部」という。）は、参考 1-8 図に示すとおり、止水ゴム取付部鋼材をアンカーボルトで取水口に固定することで、止水ゴムと止水プレートにより、護岸接続部からの漏水を防止する設計方針としている。

よって、取水口の損傷によりアンカーボルトの定着に影響を及ぼし、貯留堰の止水性を損なうおそれがあることから、取水口の支持機能に対する目標性能は、護岸接続部周辺の取水口においてひび割れが発生しないこととする。具体的な評価方法は、アンカーボルト定着部の取水口に発生する最大引張応力度及び最大せん断応力度が各種強度に対して妥当な安全余裕を持つことを確認する。引張強度及びせん断強度には、2.2 に示すコンクリートの引張強度及びせん断強度を使用する。



参考 1-8 図 護岸接続部 概略図

### 3. コンクリートのせん断強度の妥当性について

貯水機能に対する評価において、せん断強度をコンクリート標準示方書（ダムコンクリート編，2013）（以下「ダムコンクリート編」という。）に基づいて設定することの妥当性を確認する。

ダムコンクリート編において取り扱うコンクリートは、発生する応力が曲げ主体ではなく、地盤のようにせん断で抵抗する形状のコンクリートである。

先行審査において適用実績のある女川 2 号炉では、防潮堤の背面補強工及び置換コンクリート、取放水路流路縮小工並びに MMR に対してダムコンクリート編に準拠したせん断強度を設定しており、いずれも上記と同様の形状のコンクリートである。

また、「ダムおよび他の大型構造物に用いるマスコンクリート（その 2）（コンクリートジャーナル，1971）」では、参考 1-1 表、参考 1-2 表に示すとおり、コンクリートのせん断強度と圧縮強度



の関係性について、複数のダムを対象に、圧縮強度が 123.02kg/cm<sup>2</sup>～597.55kg/cm<sup>2</sup> の範囲において試験を実施しており、せん断強度は、材料及び配合条件の違いやコンクリートの圧縮強度の値によらず、圧縮強度のおおむね 0.20～0.23 倍程度であることが示されている。

泊 3 号炉の取水口は、適用実績のある構造物と同様な形状であること。また、取水口的设计基準強度は 18.00N/mm<sup>2</sup> (183.55kg/cm<sup>2</sup>) であり、参考 1-1 表で確認された範囲内であることから、取水口の評価において、コンクリートのせん断強度を设计基準強度の 1/5 として設定することは妥当であると考えられる。

参考 1-1 表 コンクリートの圧縮強度とせん断強度の関係性

ダム名	材令 (日)	W/C	圧縮強度 (C)	せん断強度 (S)	tan φ	S/C
			kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>		
Grand Coulee	28	0.52	369.08	82.25	0.90	0.223
	28	0.58	318.46	71.71	0.89	0.225
	28	0.64	267.84	58.35	0.92	0.218
	90	0.58	333.93	71.00	0.97	0.212
	112	0.58	345.88	68.89	1.05	0.199
	365	0.58	597.55	132.16	0.91	0.221
Hungry Horse	104	0.55†	158.18	35.15	0.90	0.222
	140	0.55†	213.71	47.80	0.89	0.224
	622	0.60†	123.02	28.12	0.86	0.229
Monticello	28	0.62†	196.84	42.88	0.93	0.218
	40	0.62†	289.64	66.78	0.85	0.231
Shasta	28	0.50	403.52	80.14	1.05	0.199
	28	0.60	345.88	74.52	0.95	0.215
	90	0.50	383.14	76.63	1.05	0.200
	90	0.50	463.28	95.61	1.01	0.206
	90	0.60	351.50	73.11	1.00	0.208
	245	0.50	430.24	86.47	1.04	0.201

注) \* φ15×h30 cm の供試体で骨材最大寸法は 40 mm  
† W/C+P

参考 1-2 表 各ダムに使用されている粗骨材の種類※

ダム名	粗骨材の種類
Grand Coulee	玄武岩
Hungry Horse	砂岩
Monticello	(砂岩 (硬質砂岩) 珪岩
Shasta	(安山岩 粘板岩

※：「ダムおよび他の大型構造物に用いるマスコンクリート（その2）」から該当箇所を抜粋

## Rayleigh 減衰の設定の妥当性について

## 1. Rayleigh 減衰の概要

Rayleigh 減衰は、質量マトリックスと剛性マトリックスの線形結合で減衰が与えられるものとして以下の式で表され、目標とした固有周期よりも周期が長い（振動数が小さい）振動に対しては係数  $\alpha$  が支配的となり、周期が短い（振動数が大きい）振動に対しては係数  $\beta$  が支配的となる特徴がある。係数  $\alpha$  及び  $\beta$  は、固有値解析の結果から卓越するモードを選定し、そのモードにおける固有振動数及び減衰定数から算出する方法が一般的である。

$$[C] = \alpha [M] + \beta [K]$$

$[C]$  : 減衰係数マトリックス,  $[M]$  : 質量マトリックス,

$[K]$  : 剛性マトリックス,  $\alpha, \beta$  : 係数

今回工認においては、有効応力による時刻歴応答解析を実施する方針であるため、地震力による時系列での地盤剛性の軟化に伴い 1 次固有振動数は低振動数側へシフトすることを踏まえ、地盤応答が保守的となるよう  $\alpha = 0$  の剛性比例型減衰とする。

係数  $\beta$  については、「FLIP 研究会 14 年間の検討成果のまとめ「理論編」」の検討結果や先行サイトでの実績を参考に、 $\beta = 0.002$  を設定する。

2. 係数  $\beta$  の妥当性確認

前述のとおり、係数  $\alpha$  及び  $\beta$  の設定にあたっては、固有値解析の結果に基づいて定めることが一般的であることから、固有振動数及び減衰定数を定めずに決めた値である  $\beta = 0.002$  を泊発電所の地盤条件に対して設定することの妥当性を確認する。

## 2.1 確認方法

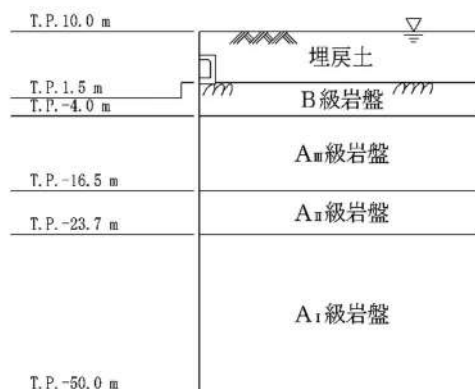
係数  $\beta$  の確認方法は、「FLIP 研究会 14 年間の検討成果のまとめ「理論編」」で係数  $\beta$  の設定方法の 1 つとして提案されている「自由地盤部の固有周期と減衰定数に基づく方法」により確認する。この方法は、自由地盤部の土層構造を用いて、1 次固有周期  $T_G$  を求め、 $\beta = h \cdot T_G / \pi$  ( $h$  : 減衰定数) により係数  $\beta$  を算定する方法である。 $T_G$  は「建築基礎構造設計指針（日本建築学会、2001）」に基づき、 $T_G = 4 \sum (H_i / V_{Si})$  ( $H_i$  :  $i$  層の層厚 (m),  $V_{Si}$  :  $i$  層の S 波速度 (m/s)) により算定する。

上記の方法により係数  $\beta$  を算定し、算定された  $\beta$  が 0.002 と同等以上であれば、 $\beta = 0.002$  による減衰は保守的な設定となっており妥当である。

## 2.2 検討条件

対象地盤は、泊発電所における屋外重要土木構造物の周辺地盤とし、時刻歴地震応答解析との整合性の観点から、時刻歴地震応答解析のモデル領域（モデル高さ）に着目して選定する。建築基礎構造設計指針に基づく  $T_G$  から係数  $\beta$  を算出する場合、係数  $\beta$  が小さくなる条件は、「解析モ

「埋戻土層厚が小さい」であることを踏まえ、原子炉補機冷却海水管ダクト（最浅部）の地盤を検討対象とする。原子炉補機冷却海水管ダクト（最浅部）の地盤モデルを参考 2-1 図に示す。



参考 2-1 図 原子炉補機冷却海水管ダクト（最浅部） 地盤モデル

### 2.3 検討結果

原子炉補機冷却海水管ダクト（最浅部）における係数  $\beta$  の算定結果を参考 2-1 表に示す。 $\beta = 0.003 \geq 0.002$  より、泊発電所の地盤に対して  $\beta = 0.002$  は保守的な設定であり妥当である。

参考 2-1 表 原子炉補機冷却海水管ダクト（最浅部）における係数  $\beta$  の算定結果

地盤	層上面標高 T.P. (m)	層厚H (m)	S波速度 $V_s$ (m/s)	$H/V_s$ (s)
埋戻土	10.0	1.0	150.6	0.007
	9.0	1.0	196.7	0.005
	8.0	1.0	222.6	0.004
	7.0	1.0	241.6	0.004
	6.0	1.0	256.8	0.004
	5.0	1.0	269.7	0.004
	4.0	1.0	280.8	0.004
	3.0	1.0	290.8	0.003
	2.0	0.5	297.6	0.002
B級岩盤	1.5	5.5	1,300	0.004
AIII級岩盤	-4.0	12.5	1,400	0.009
AII級岩盤	-16.5	7.2	1,700	0.004
AI級岩盤	-23.7	26.3	1,800	0.015
	-50.0	—	1,800	—
合計 (s)				0.069
1次固有周期 $T_G$ (s)				0.276
係数 $\beta$ (注)				0.003

(注)：減衰定数  $h = 3\%$  として係数  $\beta$  を算定している。

## 泊発電所3号炉

屋外重要土木構造物等の耐震評価における  
断面選定について

## 1. 方針

本資料では、屋外重要土木構造物等<sup>(注)</sup>の耐震評価における断面選定の考え方について示す。

なお、津波防護施設については「泊発電所3号炉 津波による損傷の防止」に示す。


(注)：以下のいずれかに該当するか、又は兼務する構造物を「屋外重要土木構造物等」という。

- ・屋外重要土木構造物
- ・常設耐震重要重大事故防止設備又は常設重大事故緩和設備のうち土木構造物
- ・常設耐震重要重大事故防止設備又は常設重大事故緩和設備が設置される重大事故等対処施設（特定重大事故等対処施設を除く）のうち土木構造物

本資料で記載する屋外重要土木構造物等に設置される主要な設備の一覧を第8-1-1表に、全体配置図を第8-1-1図に示す。



第8-1-1図 全体配置図

 枠囲みの内容は機密情報に属しますので公開できません。

第8-1-1表 屋外重要土木構造物等に設置される設備一覧

名称	屋外重要土木構造物	常設重大事故等対処設備	常設重大事故等対処施設	設置される設備		
				名称	耐震	耐津波
取水口	○	○ (注)	○	貯留堰	—	○
取水路	○	○ (注)		—	—	—
原子炉補機冷却海水管ダクト	○		○	原子炉補機冷却海水設備配管	○	○
B1, B2-ディーゼル発電機燃料油貯槽トレンチ	○		○	ディーゼル発電機燃料油移送配管	○	○
取水ピットスクリーン室	○	○ (注)		潮位計	—	○
				取水ピット水位計	—	○
				3号炉取水ピットスクリーン室防水壁	—	○
				原子炉補機冷却海水ポンプ	○	○
				原子炉補機冷却海水設備配管	○	○
取水ピットポンプ室	○	○ (注)	○	浸水防止蓋	—	○
				ドレンライン逆止弁	—	○
				貫通部止水処置	—	○
原子炉補機冷却海水ポンプ出口ストレーナ室	○		○	原子炉補機冷却海水ポンプ出口ストレーナ	○	○
				原子炉補機冷却海水設備配管	○	○

屋外重要土木構造物 : 耐震上重要な機器・配管系の間接支持機能, 若しくは非常時における海水の通水機能を求められる土木構造物

常設重大事故等対処設備 : 常設耐震重要重大事故防止設備又は常設重大事故緩和設備

常設重大事故等対処施設 : 常設耐震重要重大事故防止設備又は常設重大事故緩和設備が設置される重大事故等対処施設 (特定重大事故等対処施設を除く)

耐震 : 耐震重要施設 (津波防護施設, 浸水防止設備, 津波監視設備を除く)

耐津波 : 津波防護施設, 浸水防止設備, 津波監視設備

(注) : 非常用取水設備

## 1.1 基本的な考え方

泊発電所の屋外重要土木構造物等は、護岸構造物、線状構造物及び箱型構造物の3つの構造形式に分類される。以下に、構造形式ごとの構造的特徴を踏まえた断面選定の基本的な考え方を示す。

### ① 護岸構造物（取水口）

海水を取水するため護岸コンクリートで海水の流路を形成している構造物（以下「護岸構造物」という。）は、延長方向（通水方向）におおむね同一構造が連続している。また、横断方向（延長方向に直交する方向）は、前面に海水があり、背面には埋戻土が分布している。

護岸構造物は、前面側から海水による水圧を受けるものの、背面側からの土圧の方が大きく、横断方向加振に対して前面側（海水側）に滑動・転倒しやすい構造であることから、横断方向が明確に弱軸となるため、横断方向の二次元地震応答解析により耐震評価を行う。

よって、構造物の応答が耐震評価上最も厳しくなると考えられる断面を横断方向から評価対象断面として選定する。

### ② 線状構造物（取水路，原子炉補機冷却海水管ダクト，B1，B2-ディーゼル発電機燃料油貯油槽トレンチ）

延長方向への海水の通水機能や配管等の支持機能を維持するため、延長方向に対して空間を保持できるように構造部材が配置される構造物（以下「線状構造物」という。）は、横断方向（延長方向に直交する方向）に設置される構造部材が少なく、横断方向が明確に弱軸となることから、横断方向の二次元地震応答解析により耐震評価を行う。

よって、構造物の応答が耐震評価上最も厳しくなると考えられる断面を横断方向から評価対象断面として選定する。

### ③ 箱型構造物（取水ピットスクリーン室，取水ピットポンプ室，原子炉補機冷却海水ポンプ出口ストレナ室）

加振方向と平行に配置される妻壁や隔壁等を有する構造物（以下「箱型構造物」という。）は、加振直交方向の構造物長さと同様に配置される壁の総厚との比が小さい方が弱軸となり、大きい方が強軸となる。

箱型構造物のうち取水ピットスクリーン室は、横断方向（延長方向に直交する方向）に配置される壁部材は構造物南面の妻壁のみであるのに対し、延長方向には側壁及び隔壁が多数配置されていることから、横断方向が弱軸となる。また、ほぼ同一の断面が延長方向に連続しており、三次元的な応答の影響は小さいことから、妻壁を耐震部材として見込まず、弱軸方向の二次元地震応答解析により耐震評価を行う。よって、構造物の応答が耐震評価上最も

厳しくなると考えられる断面を弱軸方向から評価対象断面として選定する。また、強軸方向についても間接支持する機器・配管の応答影響を評価する必要があることから、評価対象断面（床応答値算出断面）として選定する。

箱型構造物のうち取水ピットポンプ室及び原子炉補機冷却海水ポンプ出口ストレーナ室は、延長方向に妻壁や隔壁等を複数有することから、妻壁や隔壁等の面部材を耐震部材として考慮することとし、三次元モデルを用いて水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響を考慮して耐震評価を行う。よって、三次元モデルに作用させる荷重を適切に評価することが可能な断面を直交する2方向から評価対象断面（地震時荷重算定断面）として選定する。

上記を考慮した屋外重要土木構造物等の断面選定の基本的な考え方を第8-1-2表に示す。



第8-1-2表 屋外重要土木構造物等の断面選定の基本的な考え方

名称	断面選定の考え方		
	A:	B:	C:
取水口	<p>A: 横断方向が明確に弱軸となることから、横断方向の二次元地震応答解析により耐震評価を行う線状構造物及び護岸構造物</p> <p>⇒ 構造物の応答が耐震評価上最も厳しくなると考えられる位置を横断方向から評価対象断面に選定する。</p>	<p>B: 妻壁や隔壁等の面節材を耐震部材として考慮せず、弱軸方向の二次元地震応答解析による耐震評価及び強軸方向の二次元地震応答解析により床応答を算出する箱型構造物</p> <p>⇒ 構造物の応答が耐震評価上最も厳しくなると考えられる位置を弱軸方向から評価対象断面に選定する。また、弱軸方向についても床応答算出断面として評価対象断面に選定する。</p>	<p>C: 妻壁や隔壁等の面節材を耐震部材として考慮して、三次元モデルを用いて水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せを考慮して耐震評価を行う箱型構造物</p> <p>⇒ 三次元モデルに作用させる荷重を適切に評価することが可能な断面を、直交する2方向から地震時荷重算定断面として評価対象断面に選定する。</p>
取水路	○	○	○
原子炉補機冷却海水管ダクト	○	○	○
B1, B2-ディーゼル発電機燃料油貯油槽	○	○	○
取水ピットスクリーン室	-	○	-
取水ピットポンプ室	-	-	○
原子炉補機冷却海水ポンプ出口ストレーナ室	-	-	○

## 1.2 評価対象断面の選定の流れ

評価対象断面の選定の流れを以下に示す。

### (1) 評価対象候補断面の整理

設置許可段階において、以下の観点にて、評価対象候補断面を整理する。

#### ① 要求機能並びに間接支持する機器・配管の有無及び設置状況

- ・要求機能に差異がある場合、耐震評価において要求機能に応じた許容限界を設定する必要があることから、要求機能の差異の有無により評価対象候補断面を整理する。
- ・間接支持する機器・配管系の種類及び設置状況に差異がある場合は、構造物に作用する荷重及び床応答特性が異なり、評価対象構造物及び機器・配管系の耐震評価に影響することから、間接支持する機器・配管系の種類や設置状況に係る差異の有無により評価対象候補断面を整理する。

#### ② 構造的特徴（部材厚、内空断面、配筋、断面急変部、構造物間の連結部等）

- ・構造的特徴に差異がある場合は、構造物に作用する土圧等の荷重及び床応答特性が異なり、評価対象構造物及び機器・配管系の耐震評価に影響することから、構造的特徴の差異の有無により評価対象候補断面を整理する。

#### ③ 周辺状況（上載荷重、土被り厚、周辺地質、周辺地質変化部、隣接構造物、地下水位、断層）

- ・周辺地質の差異や周辺地質変化部及び構造物と断層の交差部がある場合は、構造物に作用する土圧等の荷重、地震波の伝播特性及び床応答特性が異なり、評価対象構造物及び機器・配管系の耐震評価に影響することから、周辺地質等の差異の有無により評価対象候補断面を整理する。
- ・MMR（マンメイドロック）は、構造物を支持する又は構造物の周囲を埋め戻すコンクリートである。MMRの分布により、構造物に作用する土圧等の荷重、地震波の伝播特性及び床応答特性に影響を与えることから、周辺地質の中で整理する。
- ・隣接構造物による影響については、二次元FEMにてモデル化する隣接構造物の有無や種類に差異がある場合、構造物の地震時応答が異なり評価対象構造物及び機器・配管系の耐震評価に影響することから、モデル化する隣接構造物の差異の有無により評価対象候補断面を整理する。
- ・隣接構造物のモデル化方針は以下のとおりとし、評価対象構造物と隣接構造物の位置関係の例を第8-1-2図に示す。なお、モデル化対象とする隣接構造物は、耐震性を有し、岩着（MMRを介する場合も含む）で評価対象構造物と同等以上の大きさの構造物とする。

(a) 評価対象構造物と隣接構造物が接している場合

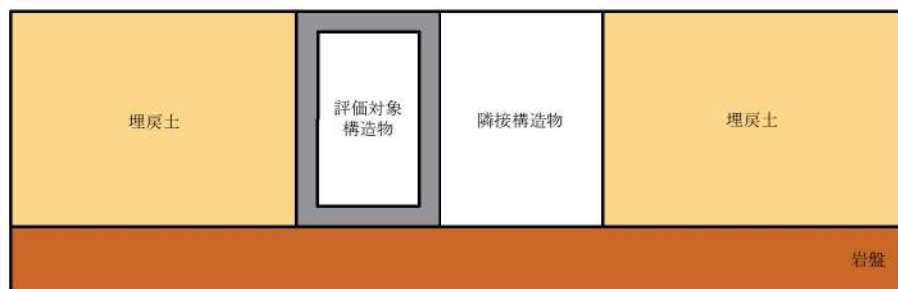
評価対象構造物と隣接構造物が接している場合、隣接構造物の地震時応答が評価対象構造物に伝達することが考えられる。よって、隣接構造物の地震時応答を考慮するため隣接構造物をモデル化する。

(b) 評価対象構造物と隣接構造物との間が埋戻土の場合

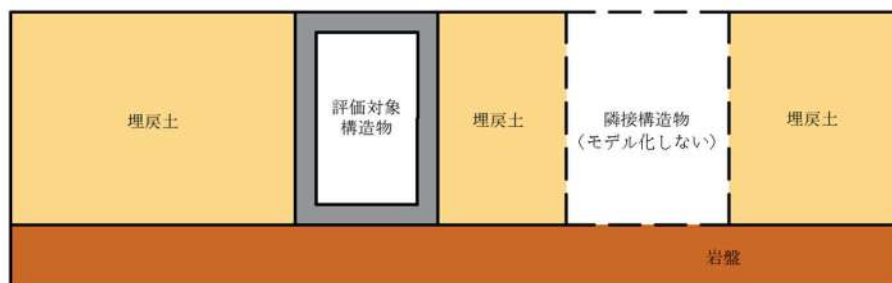
地中構造物の耐震評価においては、埋戻土より剛性の大きい隣接構造物をモデル化することにより、周辺地盤の変形が抑制されると考えられる。よって、評価対象構造物に作用する土圧を保守的に評価するため、隣接構造物の設置範囲を埋戻土としてモデル化する。

・防潮堤は、地中部に大きなセメント改良土を有しており、これらの地震応答は周辺地盤の挙動に影響を及ぼすものと考えられる。よって、防潮堤が評価対象構造物の近傍（解析モデル化範囲内）に存在する場合は、防潮堤をモデル化する。

・地下水位について、T.P. 10.0m 盤エリアに設置される施設等のうち防潮堤よりも山側に設置される施設は、設計地下水位を地表面に設定する方針であり、防潮堤よりも海側に設置される施設は、耐震評価が保守的となるよう個別に設計地下水位を設定する方針であることを踏まえて、地下水位設定の差異の有無により評価対象候補断面を整理する。（地下水位の設定方針に関する詳細は、別紙—10「設計地下水位の設定方針について」に示す。）



(a) 評価対象構造物と隣接構造物が接している場合



(b) 評価対象構造物と隣接構造物の間が埋戻土で埋め戻されている場合

第 8-1-2 図 隣接構造物との位置関係の例

④ 地震波の伝播特性

- ・地震波の伝播特性は、周辺状況のうち評価対象構造物下部の岩盤等の周辺地質の状況により異なることから、観点③の整理を踏まえ、地震波の伝播特性に係る差異の有無により評価対象候補断面を整理する。

⑤ 床応答特性

- ・観点①～③の整理を踏まえ、床応答特性の差異の有無により評価対象候補断面を整理する。

(2) 評価対象断面の選定

(1)にて整理した評価対象候補断面を踏まえ、詳細設計段階において、以下に示す考えで評価対象断面を選定する。

⑥ 評価対象断面の選定

a. 構造的特徴による選定

横断方向の二次元地震応答解析により耐震評価を実施する構造物については、候補断面の部材厚や内空断面等の構造的特徴を比較し、他の候補断面より耐震評価上厳しくなることが想定される候補断面を評価対象断面として選定する。同一断面となる場合には、同一断面となる区間ごとに後述する他の観点で評価対象断面を選定する。

三次元モデルで耐震評価を実施する構造物については、地震時荷重を算出する二次元地震応答解析を実施する断面を構造的特徴を踏まえて選定する。

b. 周辺状況による選定

上載荷重、土被り厚、周辺地質、隣接構造物にて耐震評価上厳しくなる断面を選定する。

同一構造で延長方向に設置深さが異なる線状構造物は、上載荷重が最大となる断面や土被り厚が最大となる断面を評価対象断面として選定する。

評価対象候補断面の中で、隣接構造物との位置関係により土圧が作用しない断面と、周辺地質が埋戻土となる断面がある場合のように、構造物に作用する土圧が大きく評価される候補断面が明確な場合には、その候補断面を評価対象断面として選定する。

⑦ 評価対象断面の絞り込み

- ・⑥においてそれぞれの観点から評価対象断面が複数抽出される場合、地震応答解析を実施して評価対象断面の絞り込みを行う場合もある。

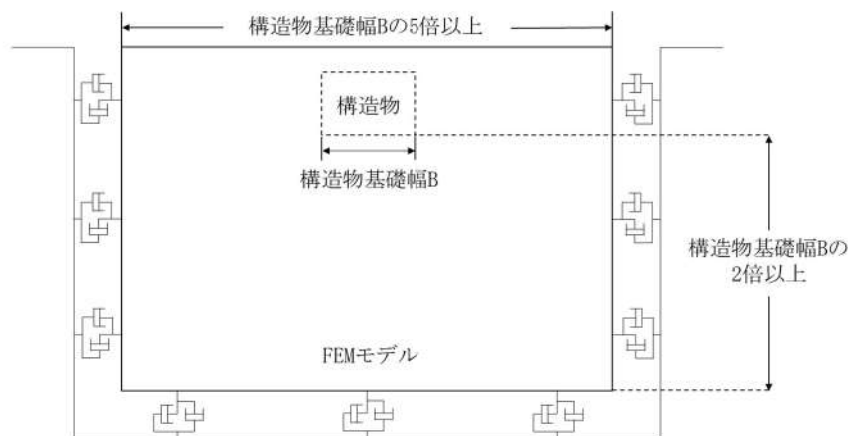
⑧ 床応答算出断面の選定

- ・耐震評価上の観点以外に機器・配管系の応答加速度及び応答変位の観点から、床応答算出用の断面を評価対象断面に選定する。

評価対象断面のモデル化範囲（二次元FEM解析モデル）については、以下に考え方を示す。

二次元FEMによる地震応答解析モデルの範囲は地盤及び構造物の応力状態に影響を及ぼさないよう、十分広い領域とする。具体的には、「原子力耐震設計技術指針 JEAG4601-1987」を適用し、モデル幅を構造物基礎幅の5倍以上、地盤モデルの入力基盤深さを構造物下端から構造物基礎幅の2倍以上確保する。

二次元FEMにおけるモデル化範囲の考え方を第8-1-3図に示す。



第8-1-3図 二次元FEMにおけるモデル化範囲の考え方

## 2. 屋外重要土木構造物等の耐震評価における断面選定の考え方

### 2.1 各施設の配置

本章では屋外重要土木構造物等である，取水口，取水路，取水ピットスクリーン室，取水ピットポンプ室，原子炉補機冷却海水ポンプ出口ストレーナ室，原子炉補機冷却海水管ダクト，B1，B2-ディーゼル発電機燃料油貯油槽トレンチの断面選定の考え方を示す。

第8-2-1-1図に屋外重要土木構造物等の平面配置図を示す。

なお，取水ピットポンプ室の耐震裕度向上を目的とした，取水ピットポンプ室周辺の地盤についてはMMRによる耐震補強を検討中であり，取水ピットポンプ室，原子炉補機冷却海水ポンプ出口ストレーナ室及び原子炉補機冷却海水管ダクトは，MMRを考慮して評価対象候補断面を選定する。



第8-2-1-1図 屋外重要土木構造物等の平面配置図

 枠囲みの内容は機密情報に属しますので公開できません。

## 2.2 取水口

取水口の配置図を第 8-2-2-1 図に、平面図を第 8-2-2-2 図に、断面図を第 8-2-2-3 図～第 8-2-2-5 図に、地質断面図を第 8-2-2-6 図及び第 8-2-2-7 図にそれぞれ示す。

取水口は、非常用取水設備であり、通水機能、貯水機能並びに津波防護施設及び常設重大事故等対処設備である貯留堰の間接支持機能が要求される。

取水口は、延長 35.0m のコンクリート造の護岸コンクリートにより構成され、延長方向に断面の変化が少ない護岸構造物であり、上部には鉄筋コンクリート造の L 型擁壁が設置されている。

地下水位の設定については、取水口の滑動及び転倒評価が保守的となるように設定する。取水口背面の地下水位は、「港湾の施設の技術上の基準・同解説（上）（平成 19 年 7 月）」の残留水位<sup>(注)</sup>の設定方法に基づき T.P. 0.55m とし、取水口前面の海水位は、最低潮位の T.P. -0.36m とする。

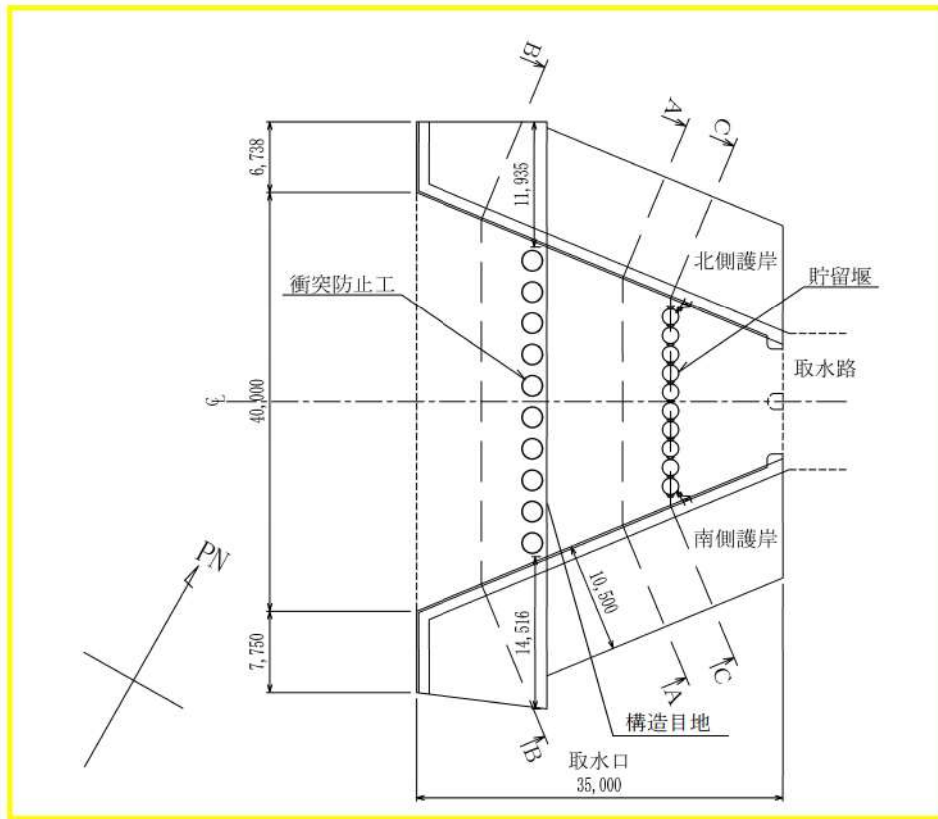
(注) 残留水位 = 最低潮位 + (最高潮位 - 最低潮位) × 2/3

$$= \text{T.P. } -0.36\text{m} + (\text{T.P. } 1.00\text{m} - \text{T.P. } -0.36\text{m}) \times 2/3 \approx \text{T.P. } 0.55\text{m}$$

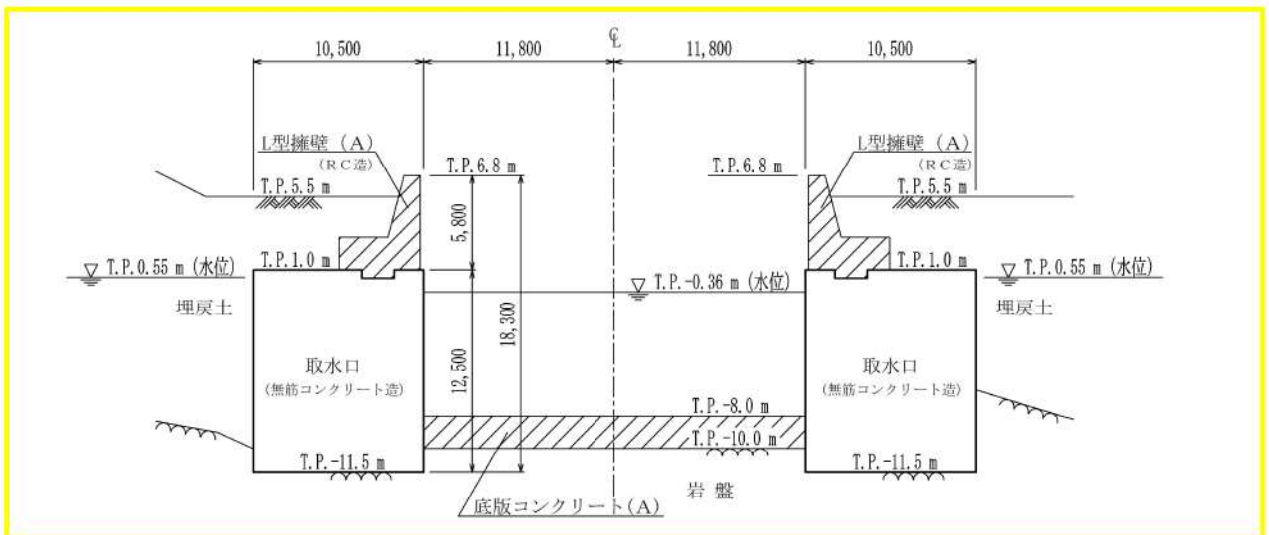


第 8-2-2-1 図 取水口 配置図

 枠囲みの内容は機密情報に属しますので公開できません。

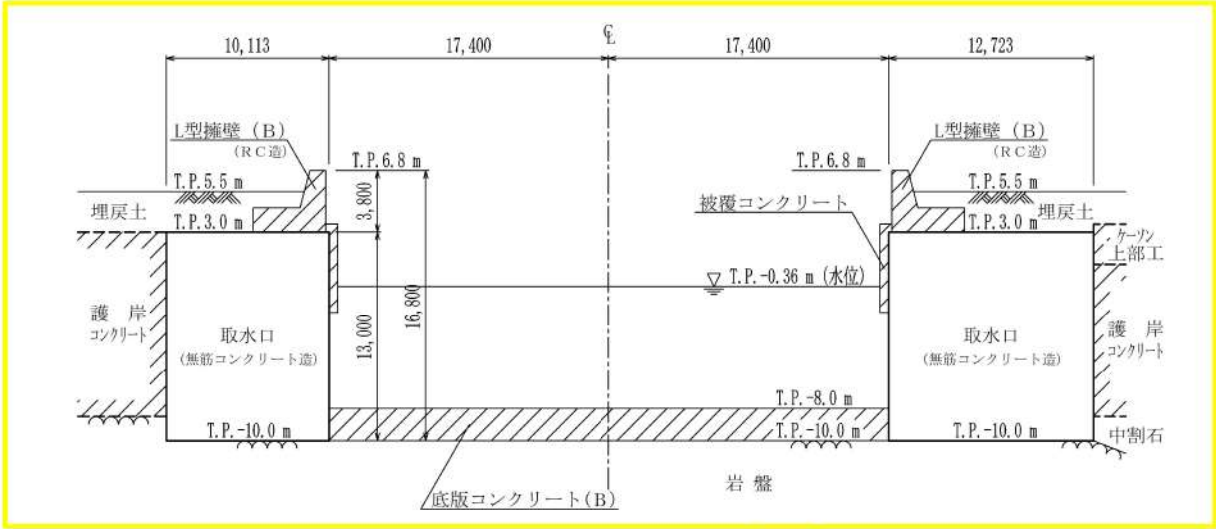


第 8-2-2-2 図 取水口 平面図

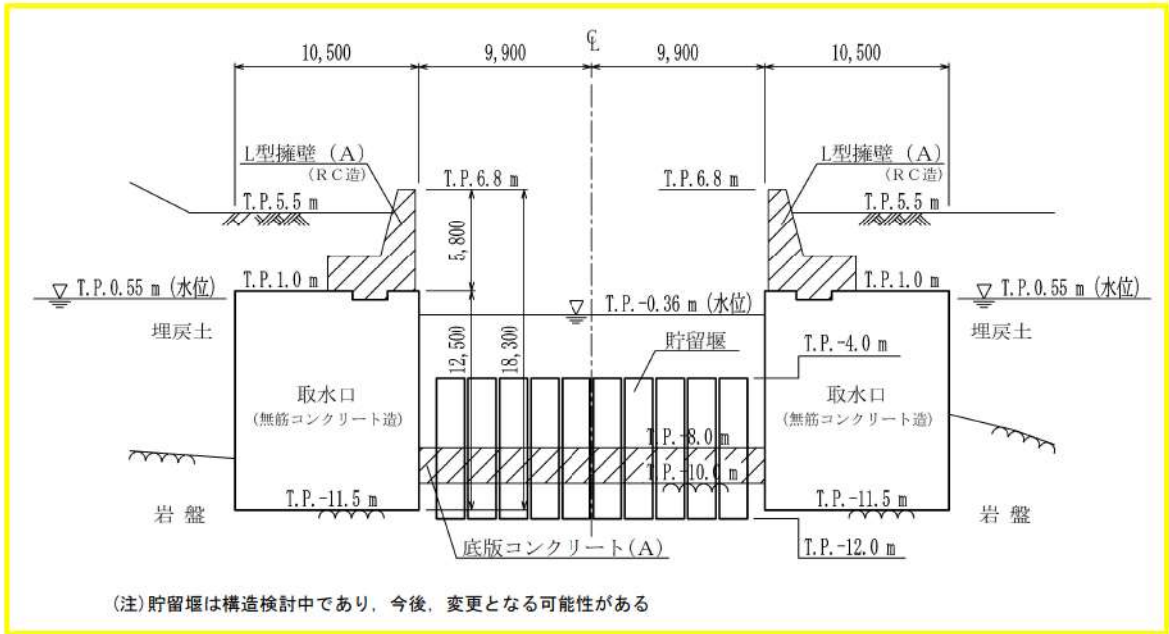


第 8-2-2-3 図 取水口 断面図 (A-A 断面)

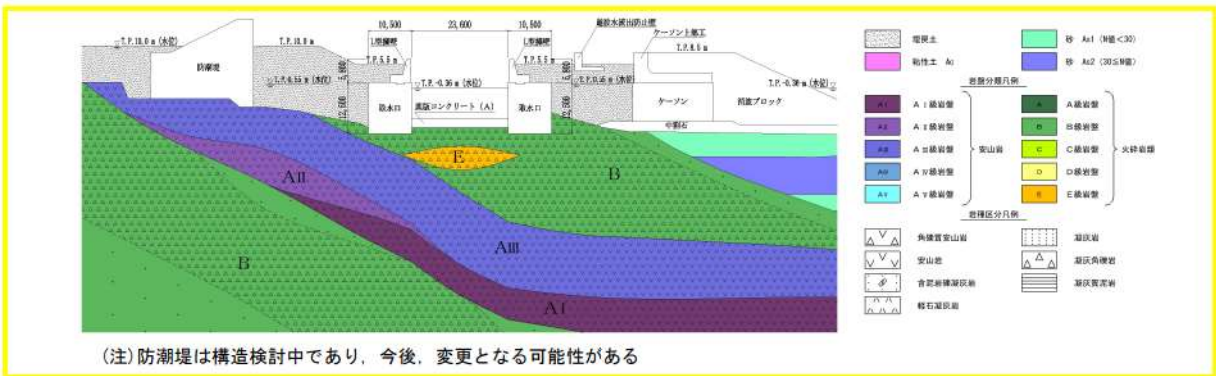




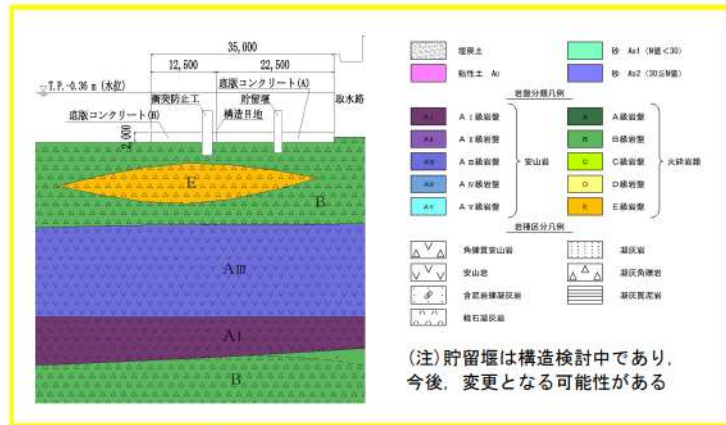
第 8-2-2-4 図 取水口 断面図 (B-B 断面)



第 8-2-2-5 図 取水口 断面図 (C-C 断面)



第 8-2-2-6 図 取水口 地質断面図 (A-A 断面)



第 8-2-2-7 図 取水口 地質断面図 (縦断面)

取水口について、間接支持する設備、構造的特徴、周辺状況及び地震波の伝播特性等の観点を踏まえて整理した評価対象候補断面を第 8-2-2-1 表に示す。

第 8-2-2-1 表 評価対象候補断面の整理 (取水口)

観点	取水口		
	A-A 断面	C-C 断面	B-B 断面
①要求機能並びに間接支持する機器・配管の有無及び設置状況	要求機能	・通水機能 ・貯水機能	・通水機能
	間接支持する設備	・なし	・貯留堰
②構造的特徴	形式	・無筋コンクリート造の護岸構造物	
	寸法	・幅 10.5m, 高さ 12.5m	・幅 6.738m~11.935m (北側護岸), 7.750m~14.516m (南側護岸) ・高さ 13.0m
③周辺状況	周辺地質	・B級岩盤に直接支持されている ・構造物背面に埋戻土が分布している	・B級岩盤に直接支持されている ・構造物背面に護岸コンクリートが分布している
	断層交差部	・なし	
	土被厚 上載荷重	・土被厚 4.5m ・構造物上部にL型擁壁 (A) が設置されている	・土被厚 2.5m ・構造物上部にL型擁壁 (B) が設置されている
	地下水位	・構造物背面: 残留水位 T.P. 0.55m ・構造物前面: 最低潮位 T.P. -0.36m	
モデル化する隣接構造物	・防潮堤	・防潮堤 ・貯留堰	・防潮堤
④地震波の伝播特性	・観点③での整理のとおり、各断面で周辺状況に差異があり、地震波の伝播特性が異なる		
⑤床応答特性	・観点①~③での整理のとおり、間接支持する設備、構造的特徴及び周辺状況に差異があることから、各断面の床応答特性が異なる		

以上の整理を踏まえ、詳細設計段階において、地震応答解析により耐震評価を行う上で、構造物の応答が耐震評価上厳しくなると考えられる断面を評価対象断面として選定する。

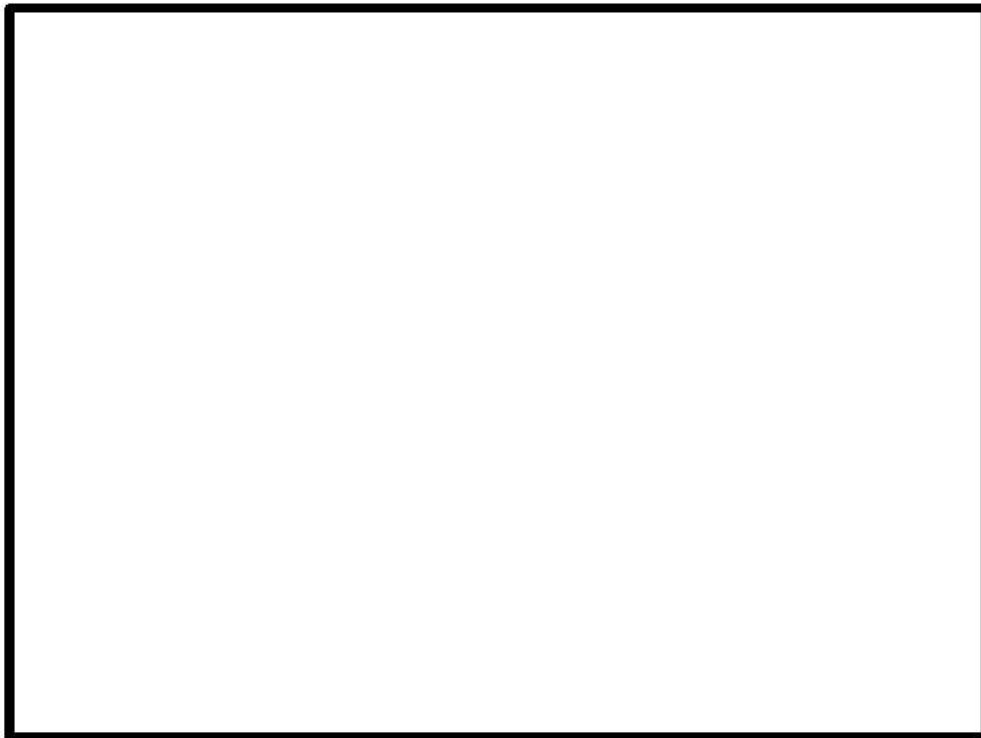
## 2.3 取水路

取水路の配置図を第 8-2-3-1 図に、平面図を第 8-2-3-2 図に、断面図を第 8-2-3-3 図～第 8-2-3-9 図に、地質断面図を第 8-2-3-10 図～第 8-2-3-13 図にそれぞれ示す。

取水路は、非常用取水設備であり、通水機能、貯水機能及び津波防護施設である防潮堤の間接支持機能が要求される。

取水路は、延長約 109.9m の鉄筋コンクリート造の地中構造物であり、2 連カルバートと高さ約 13.1m の立坑が一体化している立坑部と、2 連及び 4 連カルバート構造の蓋渠部により構成され、延長方向に断面の変化が小さい線状構造物であり、同一断面形状区間で一様な配筋となっている。

防潮堤より海側の範囲における地下水位の設定については、海水位による影響が支配的であると考えられることから、地下水位は海水面 (T.P.0m) 程度と想定されるが、耐震評価が保守的となるよう、朔望平均満潮位の T.P.0.26m とする。

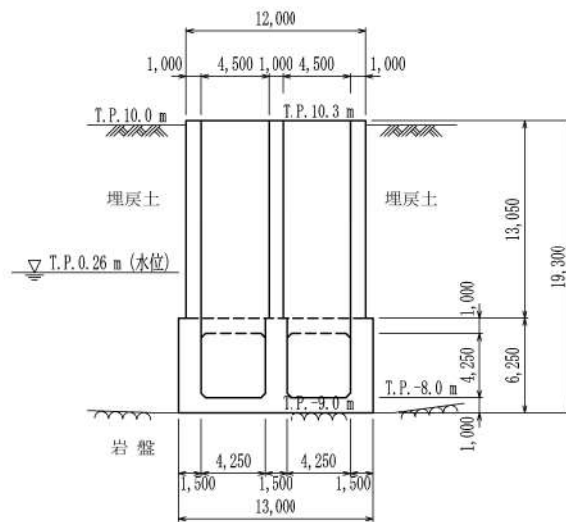


第 8-2-3-1 図 取水路 配置図

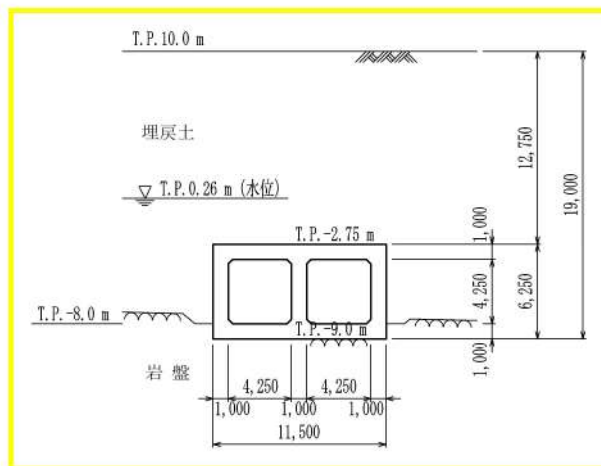
□ 枠囲みの内容は機密情報に属しますので公開できません。



第 8-2-3-2 図 取水路 平面図

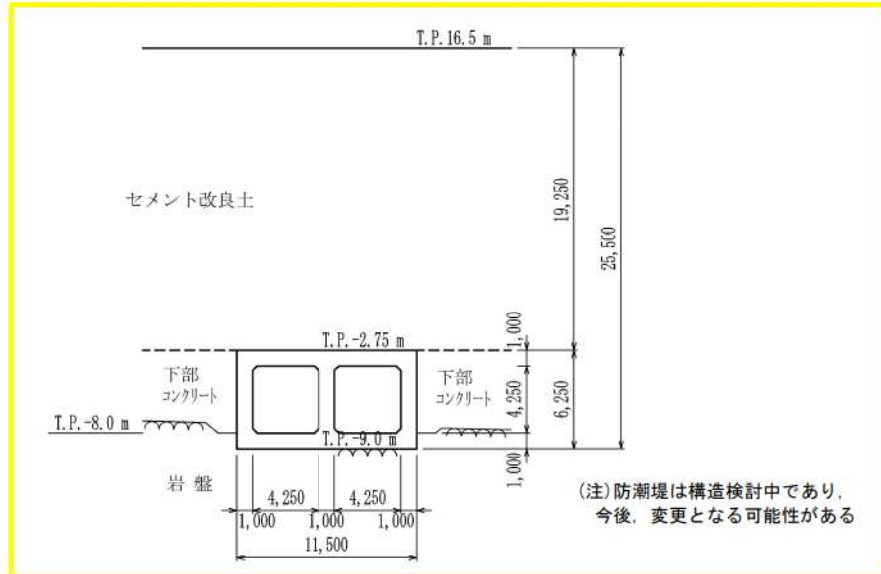


第 8-2-3-3 図 取水路 断面図 (A-A 断面)

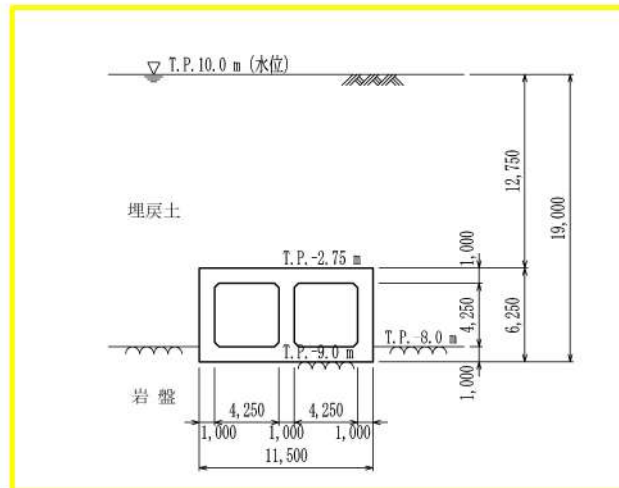


第 8-2-3-4 図 取水路 断面図 (B-B 断面)

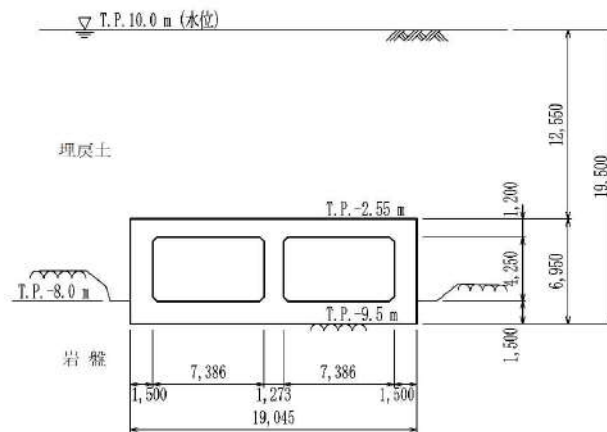
□ 枠囲みの内容は機密情報に属しますので公開できません。



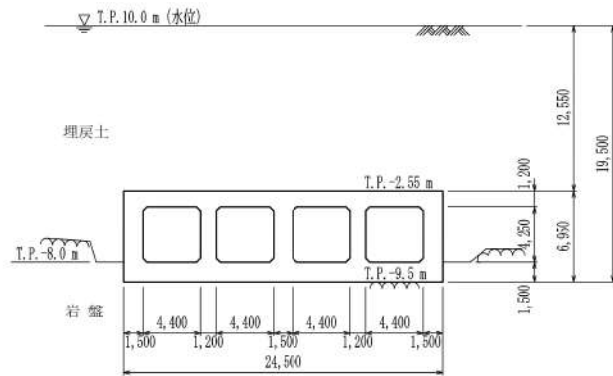
第 8-2-3-5 図 取水路 断面図 (C-C 断面)



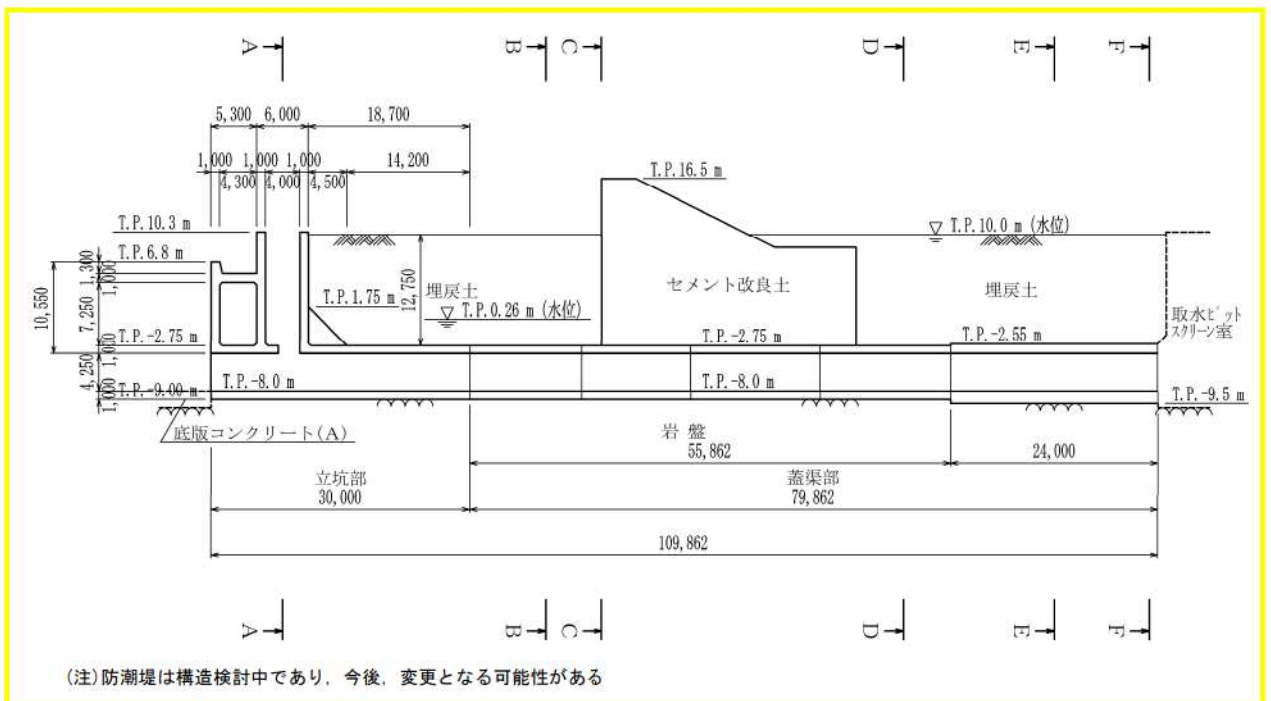
第 8-2-3-6 図 取水路 断面図 (D-D 断面)



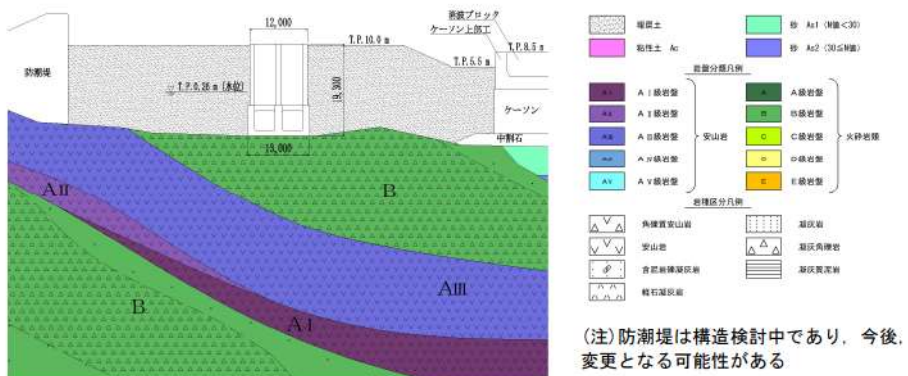
第 8-2-3-7 図 取水路 断面図 (E-E 断面)



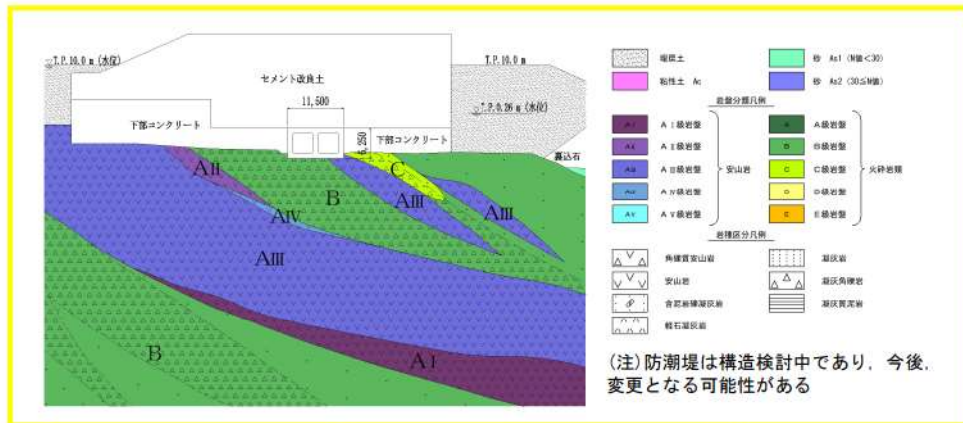
第 8-2-3-8 図 取水路 断面図 (F-F 断面)



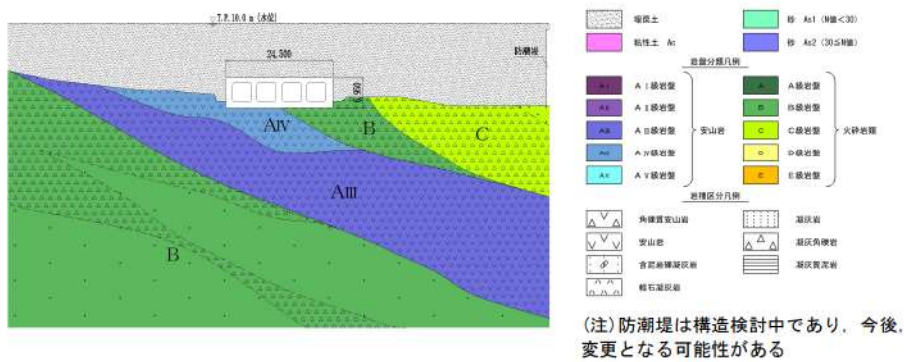
第 8-2-3-9 図 取水路 断面図 (縦断面)



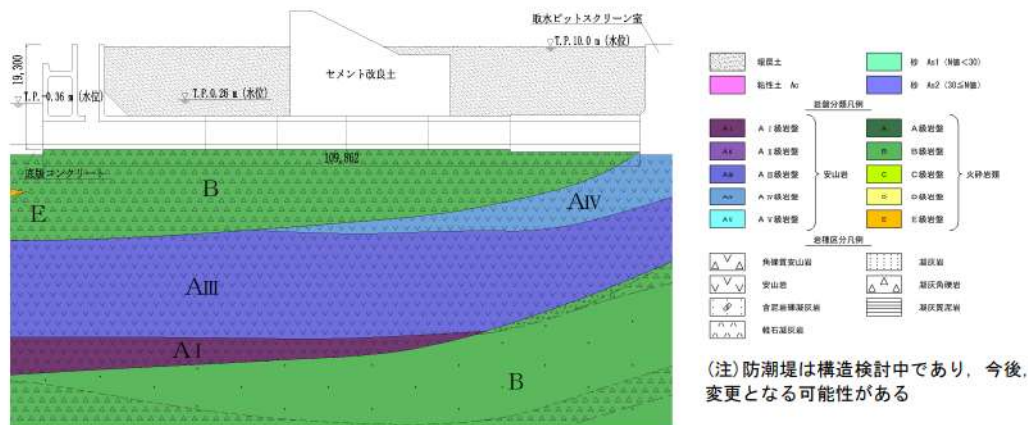
第 8-2-3-10 図 取水路 地質断面図 (A-A 断面)



第 8-2-3-11 図 取水路 地質断面図 (C-C 断面)



第 8-2-3-12 図 取水路 地質断面図 (F-F 断面)



第 8-2-3-13 図 取水路 地質断面図 (縦断面)

取水路について、間接支持する設備、構造的特徴、周辺状況及び地震波の伝播特性等の観点を踏まえて整理した評価対象候補断面を第 8-2-3-1 表に示す。

第 8-2-3-1 表に示す整理を踏まえ、詳細設計段階において、地震応答解析により耐震評価を行う上で、構造物の応答が耐震評価上厳しくなると考えられる断面を評価対象断面として選定する。

第8-2-3-1表 評価対象候補断面の整理（取水路）

観点		取水路					
		A-A 断面	B-B 断面	C-C 断面	D-D 断面	E-E 断面	F-F 断面
①要求機能並びに 間接支持する機器 ・配管の有無及び 設置状況	要求機能	<ul style="list-style-type: none"> <li>通水機能</li> <li>貯水機能</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>通水機能</li> <li>貯水機能</li> <li>間接支持機能</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>通水機能</li> <li>貯水機能</li> </ul>		
	間接支持する 設備	なし		防潮堤	なし		
②構造的特徴	形式	<ul style="list-style-type: none"> <li>鉄筋コンクリート造の地中構造物</li> <li>2連のボックスカルバート</li> <li>上部に立坑が存在する</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>2連のボックスカルバート</li> </ul>			<ul style="list-style-type: none"> <li>4連のボックスカルバート</li> </ul>	
	寸法	<ul style="list-style-type: none"> <li>幅 13.0m, 高さ 19.3m</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>幅 11.5m, 高さ 6.25m</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>幅 19.0m, 高さ 6.95m</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>幅 24.5m, 高さ 6.95m</li> <li>A<sub>0</sub>級岩盤に直接支持されている</li> </ul>	
③周辺状況	周辺地質	<ul style="list-style-type: none"> <li>B級岩盤に直接支持されている</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>構造物側部に下部コンクリートが分布している</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>構造物側部に埋戻土が分布している</li> </ul>		
	所層交差部	なし					
④地震波の伝播特性	土被厚 上載荷重	—	土被厚 12.75m	防潮堤が上載している 土被厚 19.25m	土被厚 12.75m	土被厚 12.55m	
	地下水位		朝望平均満潮位 T.P. 0.26m			地表面 T.P. 10.00m	
	モデル化する隣接構造物			防潮堤			
⑤床応答特性	④地震波の伝播特性	<ul style="list-style-type: none"> <li>観点③での整理のとおり、周辺状況が各断面で異なり、地震波の伝播特性が異なる</li> </ul>					
	⑤床応答特性	<ul style="list-style-type: none"> <li>観点①～③での整理のとおり、間接支持する設備、構造的特徴及び周辺状況に差異があることから、各断面の床応答特性が異なる</li> </ul>					



## 2.4 原子炉補機冷却海水管ダクト

原子炉補機冷却海水管ダクトの配置図を第8-2-4-1図に、平面図を第8-2-4-2図に、断面図を第8-2-4-3図～第8-2-4-8図に、地質断面図を第8-2-4-9図～第8-2-4-12図にそれぞれ示す。

原子炉補機冷却海水管ダクトは、耐震重要施設及び常設重大事故等対処設備である原子炉補機冷却海水設備配管の間接支持機能が要求される。

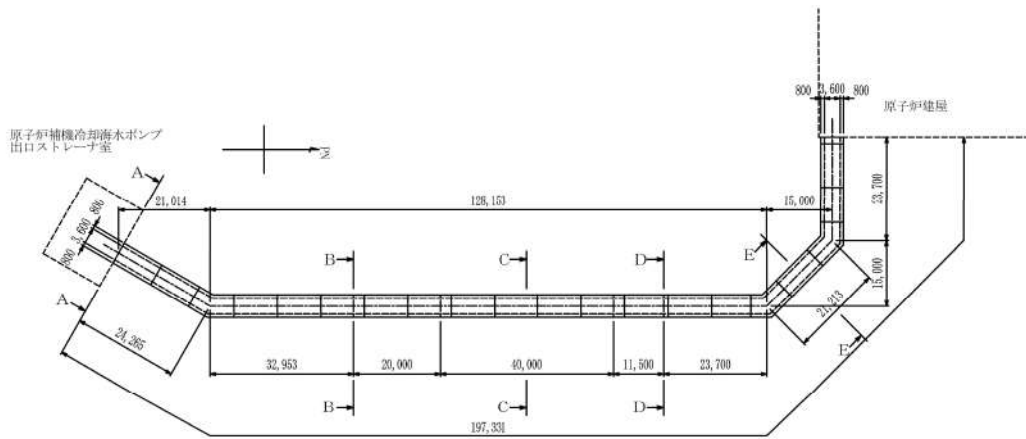
原子炉補機冷却海水管ダクトは、延長約197.3m、幅5.2m、高さ4.8mの鉄筋コンクリート造の地中構造物であり、埋設深さによって最深部、中間部及び最浅部に区分され、延長方向に断面の変化がない線状構造物である。

配筋については、埋設深さごとに異なる構造となっている。また、最深部－中間部間の傾斜部は、最深部の配筋と同一配筋であり、中間部－最浅部間の傾斜部は、中間部の配筋と同一配筋である。

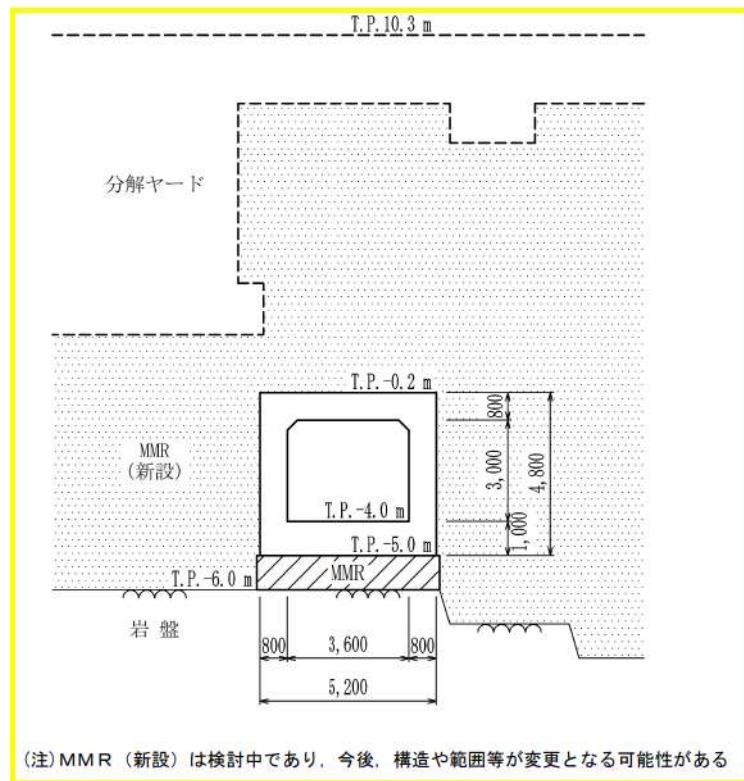


第8-2-4-1図 原子炉補機冷却海水管ダクト 配置図

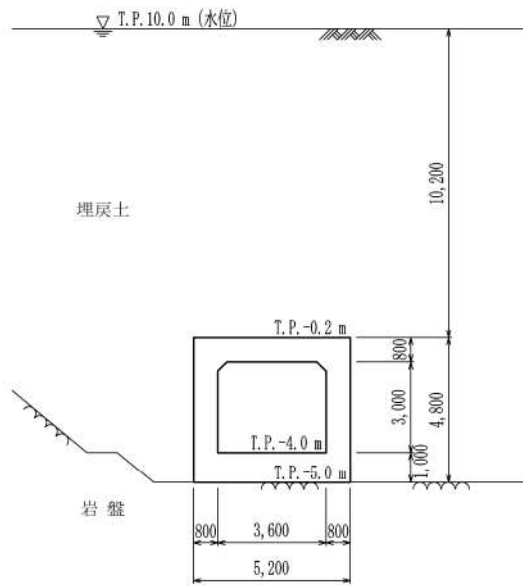
□ 枠囲みの内容は機密情報に属しますので公開できません。



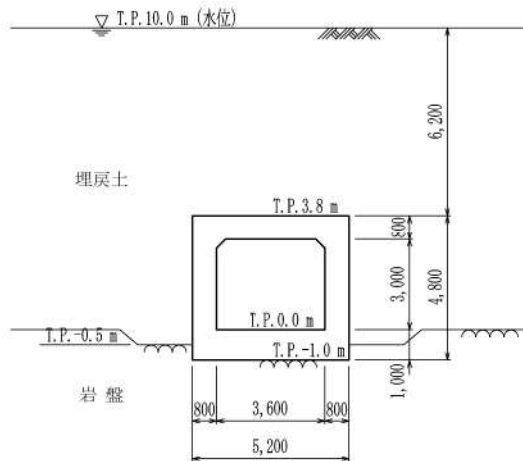
第 8-2-4-2 図 原子炉補機冷却海水管ダクト 平面図



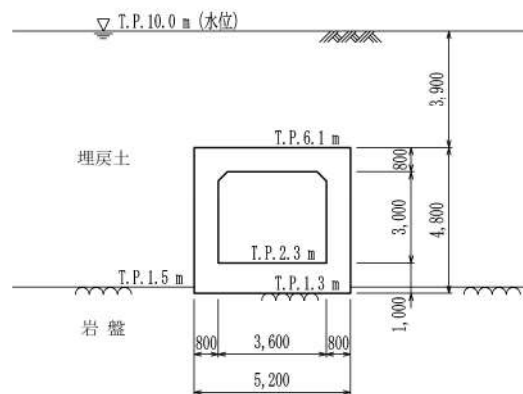
第 8-2-4-3 図 原子炉補機冷却海水管ダクト 断面図 (A-A 断面)



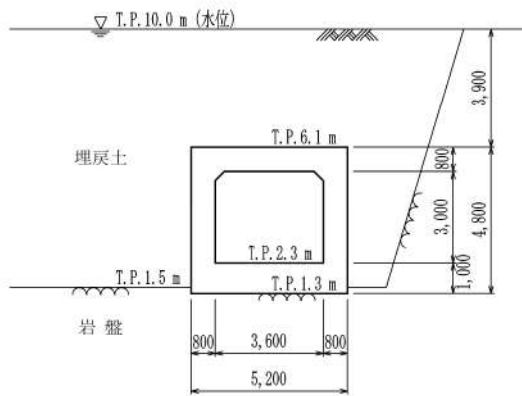
第 8-2-4-4 図 原子炉補機冷却海水管ダクト 断面図 (B-B 断面)



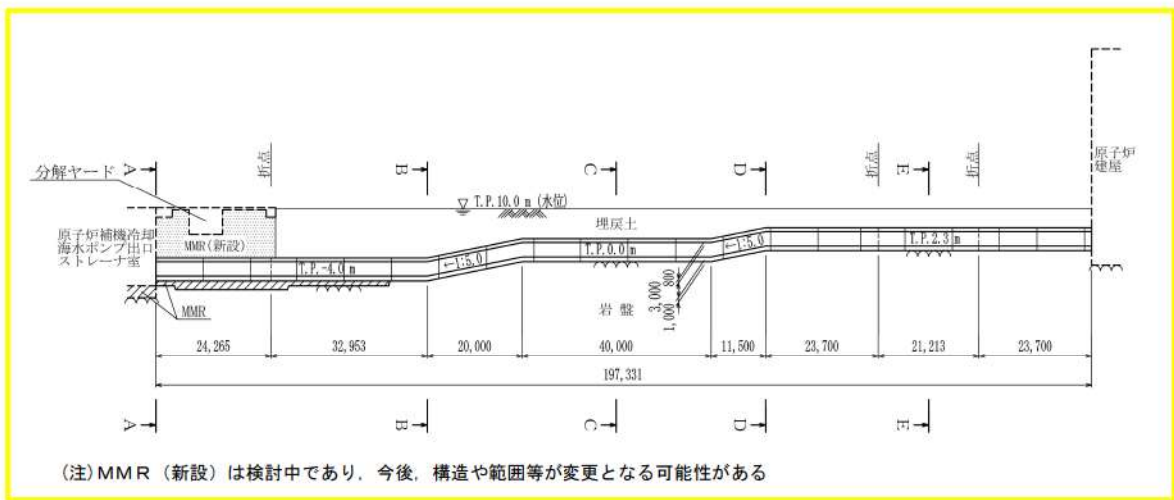
第 8-2-4-5 図 原子炉補機冷却海水管ダクト 断面図 (C-C 断面)



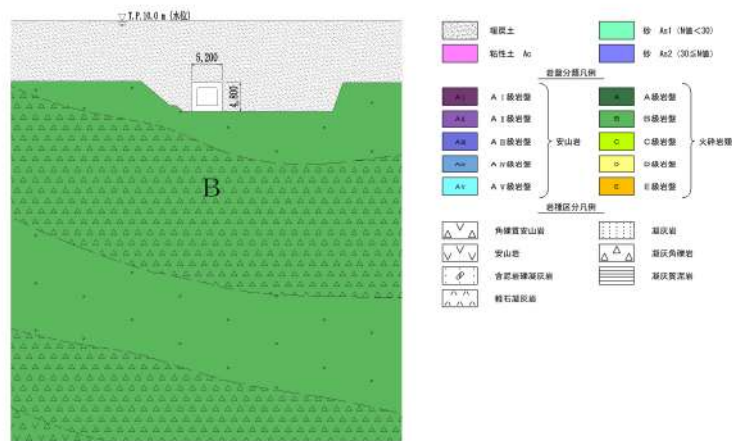
第 8-2-4-6 図 原子炉補機冷却海水管ダクト 断面図 (D-D 断面)



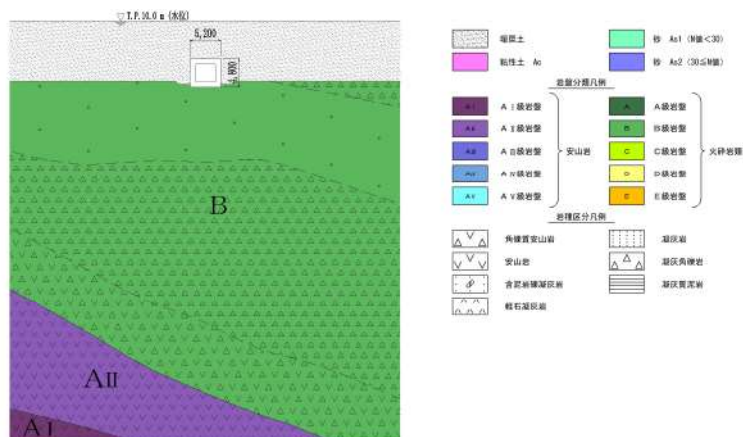
第 8-2-4-7 図 原子炉補機冷却海水管ダクト 断面図 (E-E 断面)



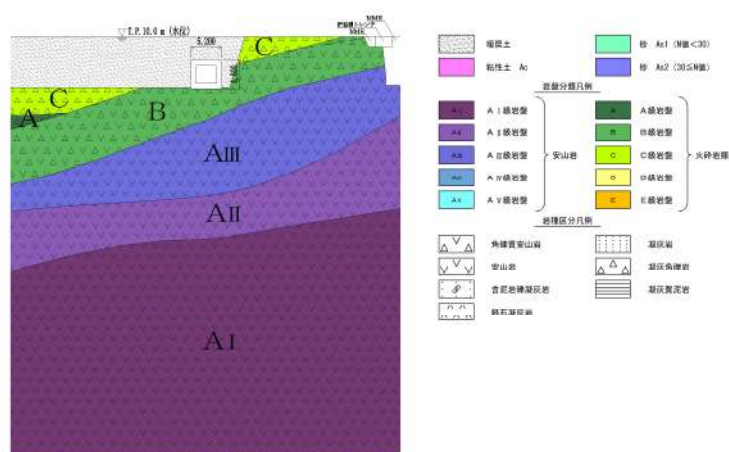
第 8-2-4-8 図 原子炉補機冷却海水管ダクト 断面図 (縦断面)



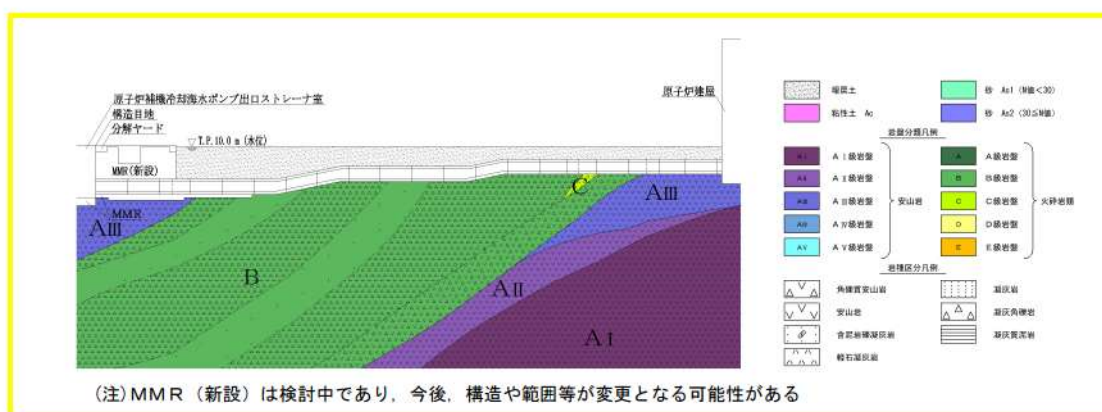
第 8-2-4-9 図 原子炉補機冷却海水管ダクト 地質断面図 (最深部: B-B 断面)



第 8-2-4-10 図 原子炉補機冷却海水管ダクト 地質断面図 (中間部：C-C 断面)



第 8-2-4-11 図 原子炉補機冷却海水管ダクト 地質断面図 (最浅部：E-E 断面)



第 8-2-4-12 図 原子炉補機冷却海水管ダクト 地質断面図 (縦断面)

原子炉補機冷却海水管ダクトについて、間接支持する設備、構造的特徴、周辺状況及び地震波の伝播特性等の観点を踏まえて整理した評価対象候補断面を第 8-2-4-1 表に示す。

第 8-2-4-1 表 評価対象候補断面の整理 (原子炉補機冷却海水管ダクト)

観点		原子炉補機冷却海水管ダクト				
		最深部		中間部	最浅部	
		A-A 断面	B-B 断面	C-C 断面	D-D 断面	E-E 断面
①要求機能並びに 間接支持する機器 ・配管の有無及び 設置状況	要求機能	・間接支持機能				
	間接支持する 設備	・原子炉補機冷却海水設備配管				
②構造的特徴	形式	・鉄筋コンクリート造の地中構造物 ・ボックスカルバート				
	寸法	・幅 5.2m, 高さ 4.8m				
③周辺状況	周辺地質	・MMR を介して A <sub>m</sub> 級岩盤に支 持されている ・下方には A <sub>m</sub> 級 岩盤に加え B 級 岩盤が厚く堆積 している	・ B 級岩盤に直接支持されている ・下方には B 級岩盤が厚く堆積してい る	・ B 級岩盤に直接 支持されている ・下方には A <sub>1</sub> ~ A <sub>m</sub> 級岩盤が厚 く堆積している	・ B 級岩盤に直接 支持されている ・下方には A <sub>1</sub> ~ A <sub>m</sub> 級岩盤が厚 く堆積している ・北側に岩盤斜面 が存在する	
		・構造物側部に M MR が分布して いる	・構造物側部に埋戻土が分布している			
	断層交差部	・なし				
	土被厚 上載荷重	・土被厚 10.2m		・土被厚 6.2m	・土被厚 3.9m	
	地下水位	・地表面 T. P. 10.00m				
	モデル化する 隣接構造物	・なし				
	④地震波の伝播特性	・観点③での整理のとおり、各断面で周辺状況に差異があり、地震波の伝播特性が異なる				
⑤床応答特性	・観点①~③での整理のとおり、間接支持する設備及び構造的特徴に差異はないが、周辺状況に差異があることから、各断面の床応答特性が異なる					

以上の整理を踏まえ、詳細設計段階において、地震応答解析により耐震評価を行う上で、構造物の応答が耐震評価上厳しくなると考えられる断面を評価対象断面として選定する。

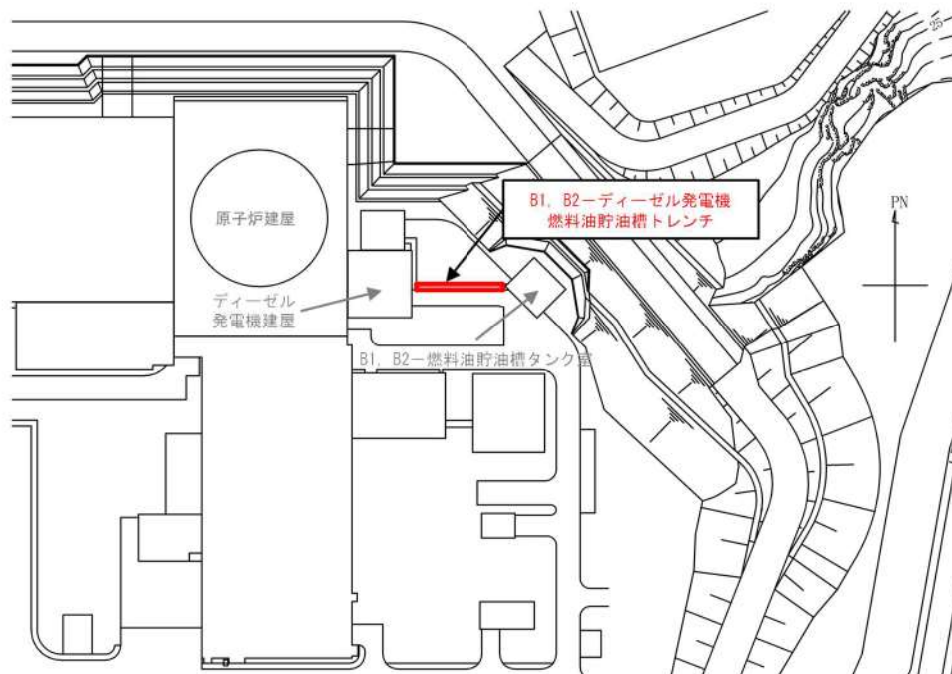
## 2.5 B1, B2-ディーゼル発電機燃料油貯油槽トレンチ

B1, B2-ディーゼル発電機燃料油貯油槽トレンチの配置図を第8-2-5-1図に、平面図を第8-2-5-2図に、断面図を第8-2-5-3図～第8-2-5-6図に、地質断面図を第8-2-5-7図及び第8-2-5-8図にそれぞれ示す。

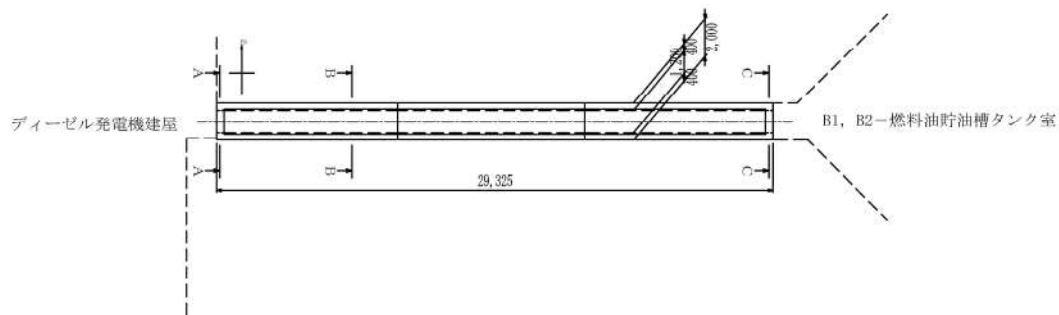
B1, B2-ディーゼル発電機燃料油貯油槽トレンチは、耐震重要施設及び常設重大事故等対処設備であるディーゼル発電機燃料油移送配管の間接支持機能が要求される。

B1, B2-ディーゼル発電機燃料油貯油槽トレンチは、延長約29.3m、幅2.0m、高さ1.75mの鉄筋コンクリート造の地中構造物であり、延長方向に断面の変化が小さい線状構造物である。

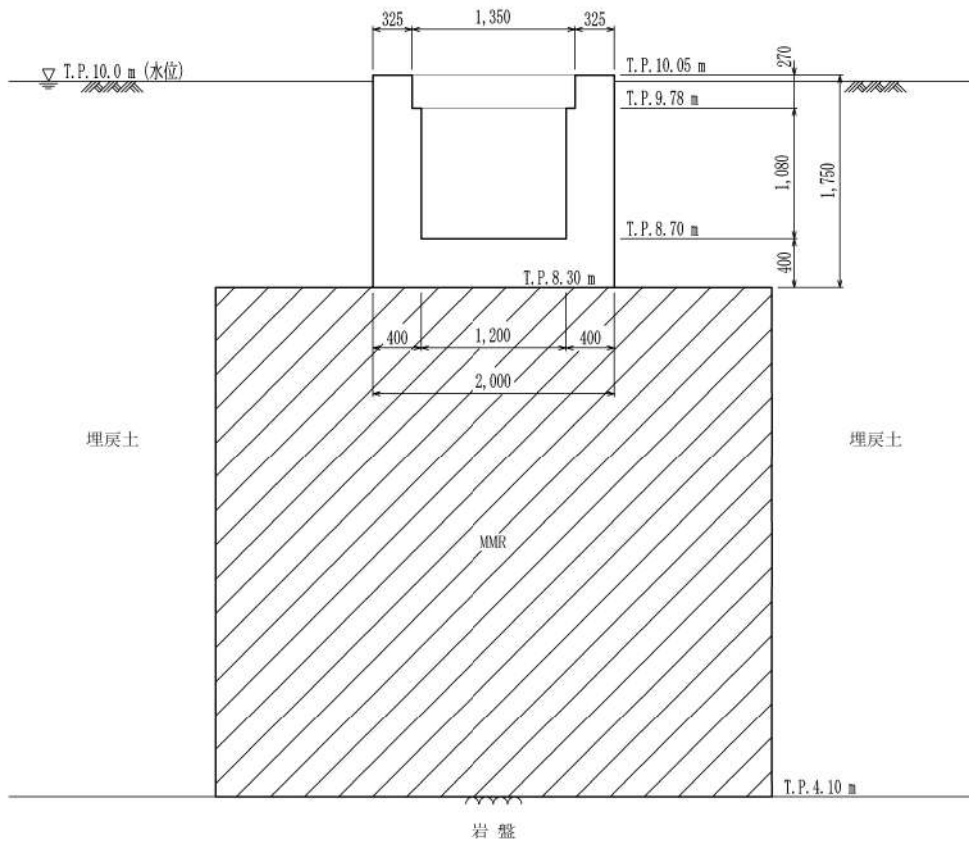
配筋については、延長方向に一様な構造となっている。



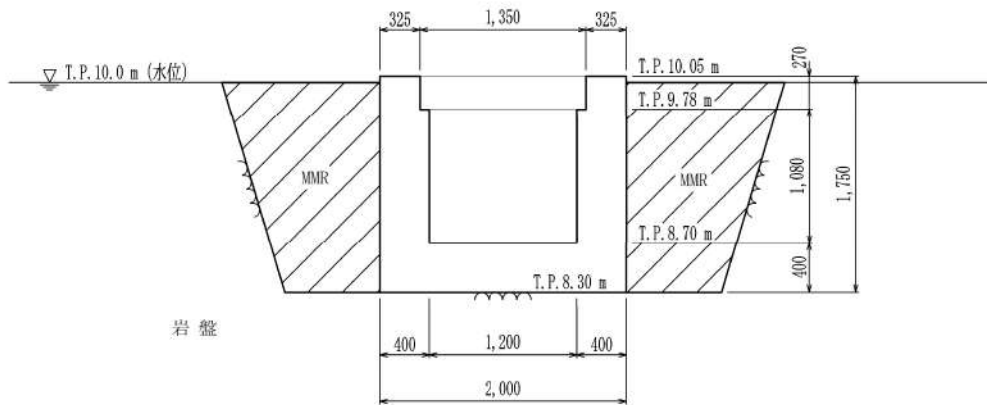
第8-2-5-1図 B1, B2-ディーゼル発電機燃料油貯油槽トレンチ 配置図



第8-2-5-2図 B1, B2-ディーゼル発電機燃料油貯油槽トレンチ 平面図

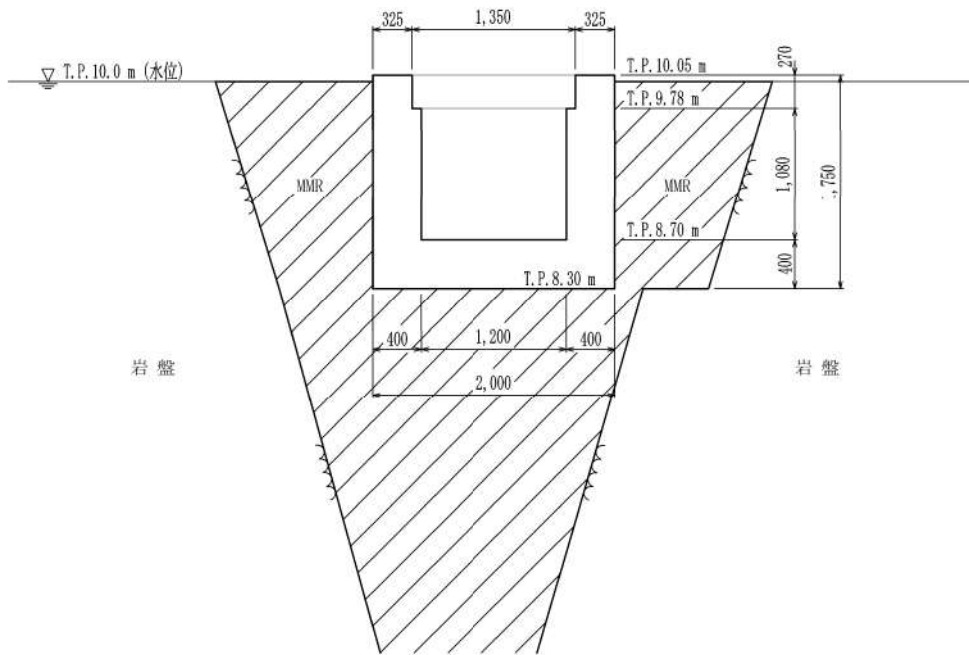


第 8-2-5-3 図 B1, B2-ディーゼル発電機燃料油貯油槽トレンチ 断面図 (A-A 断面)

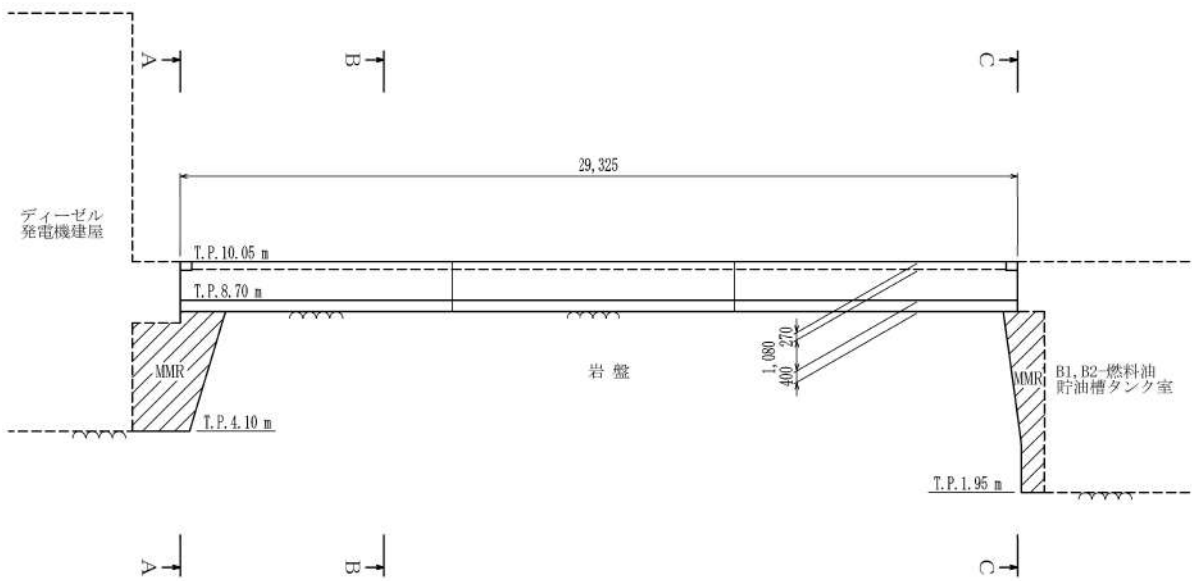


第 8-2-5-4 図 B1, B2-ディーゼル発電機燃料油貯油槽トレンチ 断面図 (B-B 断面)

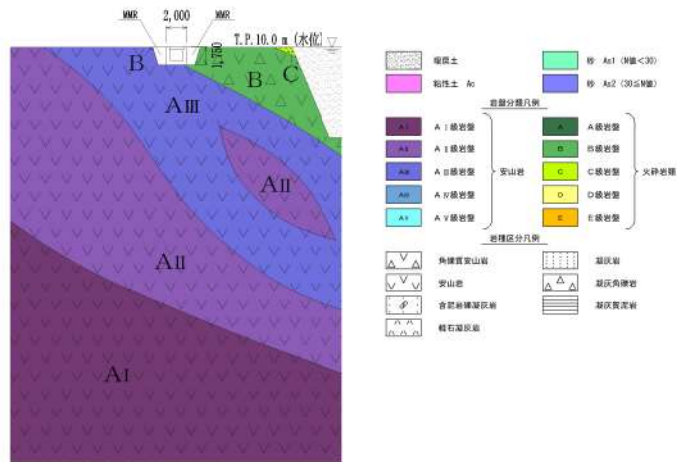




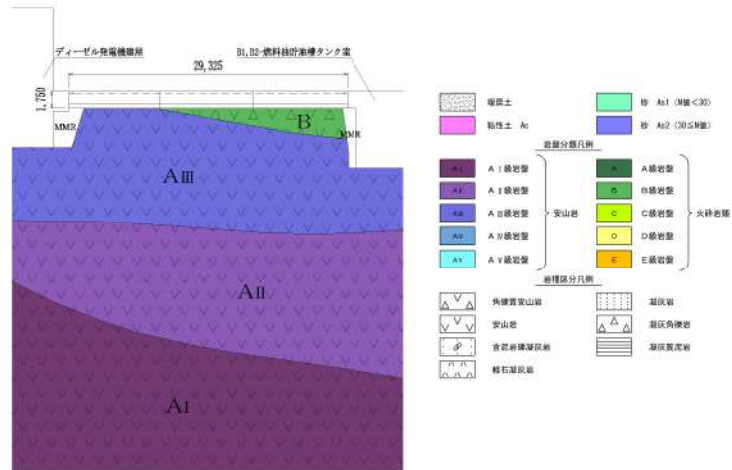
第 8-2-5-5 図 B1, B2-ディーゼル発電機燃料油貯油槽トレンチ 断面図 (C-C 断面)



第 8-2-5-6 図 B1, B2-ディーゼル発電機燃料油貯油槽トレンチ 断面図 (縦断面)



第 8-2-5-7 図 B1, B2-ディーゼル発電機燃料油貯油槽トレンチ 地質断面図 (B-B 断面)



第 8-2-5-8 図 B1, B2-ディーゼル発電機燃料油貯油槽トレンチ 地質断面図 (縦断面)

B1, B2-ディーゼル発電機燃料油貯油槽トレンチについて、間接支持する設備、構造的特徴、周辺状況及び地震波の伝播特性等の観点を踏まえて整理した評価対象候補断面を第 8-2-5-1 表に示す。

第 8-2-5-1 表 評価対象候補断面の整理 (B1, B2-ディーゼル発電機燃料油貯油槽トレンチ)

観点		B1, B2-ディーゼル発電機燃料油貯油槽トレンチ		
		A-A 断面	B-B 断面	C-C 断面
①要求機能並びに 間接支持する機器 ・配管の有無及び 設置状況	要求機能	・間接支持機能		
	間接支持する 設備	・ディーゼル発電機燃料油移送配管		
②構造的特徴	形式	・鉄筋コンクリート造の地中構造物 ・U型カルバート		
	寸法	・幅 2.0m, 高さ 1.75m		
③周辺状況	周辺地質	・MMRを介してA <sub>m</sub> 級岩盤に支持されている	・B級岩盤に直接支持されている	・MMRを介してB級岩盤に支持されている
		・構造物側部に埋戻土が分布している	・構造物側部にMMRが分布している	
	断層交差部	・なし		
	土被厚 上載荷重	・なし		
	地下水位	・地表面 T.P. 10.00m		
	モデル化する 隣接構造物	・なし		
④地震波の伝播特性		・観点③での整理のとおり, 各断面で周辺状況に差異があり, 地震波の伝播特性が異なる		
⑤床応答特性		・観点①～③での整理のとおり, 間接支持する設備及び構造的特徴に差異はないが, 周辺状況に異なることから, 各断面の床応答特性が異なる		

以上の整理を踏まえ、詳細設計段階において、地震応答解析により耐震評価を行う上で、構造物の応答が耐震評価上厳しくなると考えられる断面を評価対象断面として選定する。

## 2.6 取水ピットスクリーン室

取水ピットスクリーン室の配置図を第8-2-6-1図に、平面図を第8-2-6-2図に、断面図を第8-2-6-3図～第8-2-6-6図に、地質断面図を第8-2-6-7図及び第8-2-6-8図にそれぞれ示す。

取水ピットスクリーン室は、非常用取水設備としての通水機能、貯水機能及び津波防護施設である3号炉取水ピットスクリーン室防水壁等の間接支持機能が要求される。

取水ピットスクリーン室は、延長23.0m、幅25.5m、高さ20.3m～22.9mの鉄筋コンクリート造の地中構造物であり、延長方向（通水方向）に断面の変化が小さい箱型構造物である。

配筋については、延長方向に一樣な構造となっている。

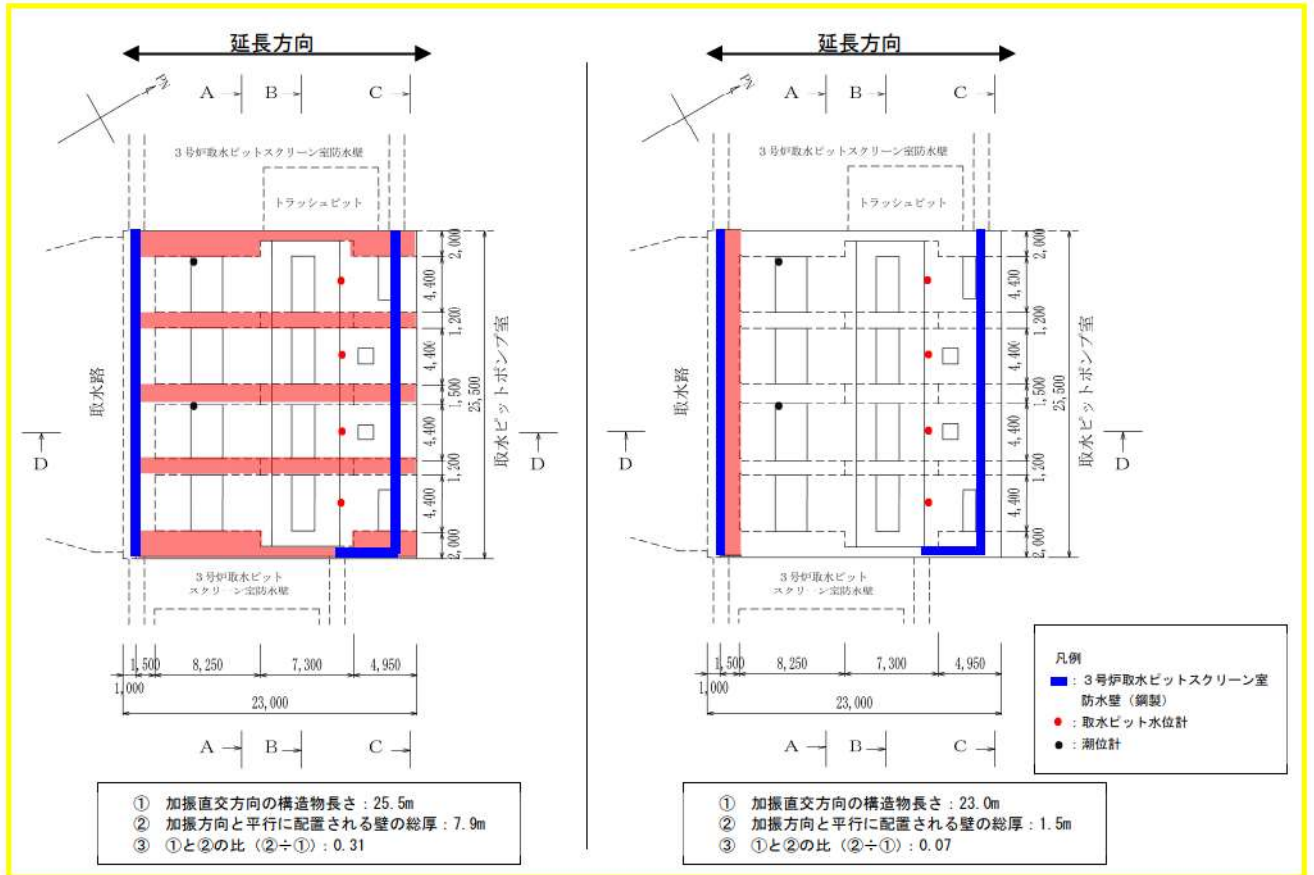
取水ピットスクリーン室は、第8-2-6-2図に示すとおり、東西方向に加振した場合に加振直交方向の構造物長さと同様に配置される壁の総厚の比が小さくなるため、東西方向が弱軸となり、南北方向が強軸となる。

取水ピットスクリーン室は、構造物南面に妻壁を有するものの、ほぼ同一の断面が延長方向に連続しており、三次元的な応答の影響は小さい。また、土圧等の外力に対して側壁と妻壁で負担する構造であり、弱軸方向加振に対しては、側壁よりも妻壁の方が外力を多く負担するが、妻壁を考慮せずに評価することで、取水ピットスクリーン室の側壁に作用する外力を多く見込んだ設計となり保守的な評価となる。よって、妻壁を耐震部材として見込まず、弱軸方向の二次元地震応答解析により耐震評価を実施する。また、強軸方向についても、妻壁に3号炉取水ピットスクリーン室防水壁を設置する方針であり、間接支持機能に対する確認として妻壁の耐震評価を実施すること、及び間接支持する機器・配管の応答影響を評価する必要があることから、二次元地震応答解析を実施する。



第8-2-6-1図 取水ピットスクリーン室 配置図

枠囲みの内容は機密情報に属しますので公開できません。

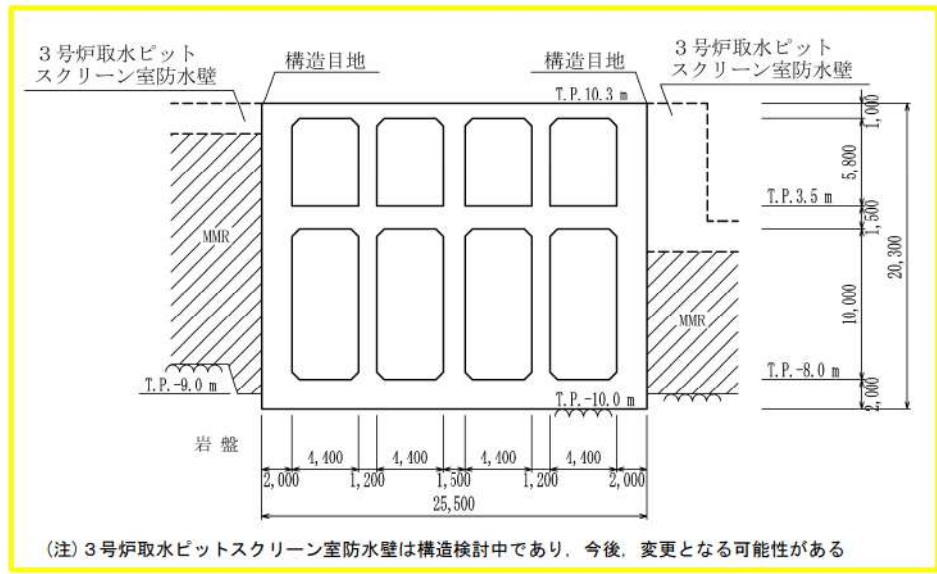


凡例  
 ■：加振方向と平行に配置される壁部材（南北方向に加振した場合）

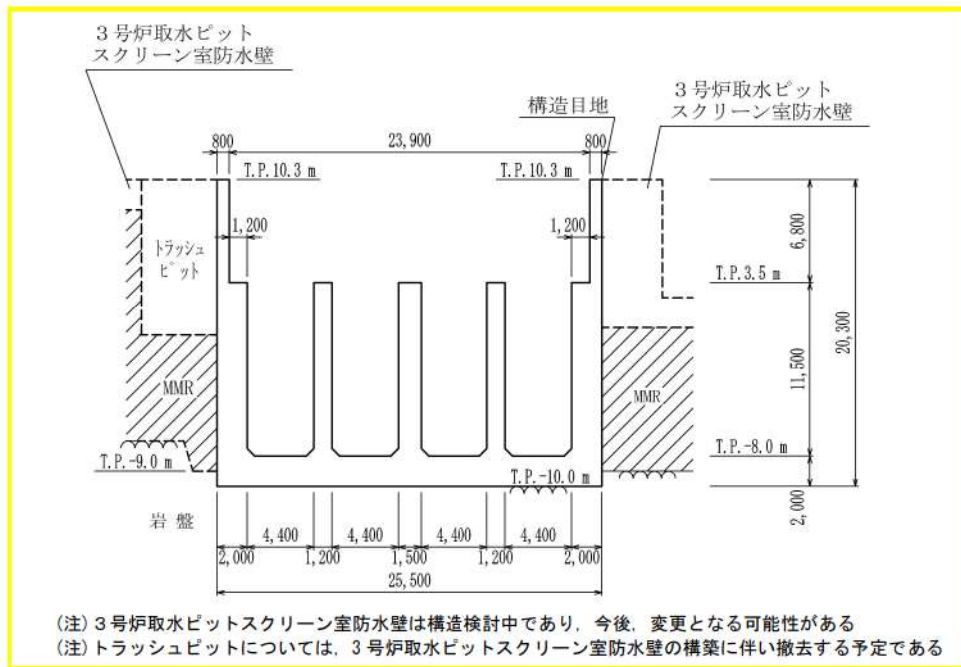
凡例  
 ■：加振方向と平行に配置される壁部材（東西方向に加振した場合）

(注) トラッシュピットについては、3号炉取水ピットスクリーン室防水壁の構築に伴い撤去する予定である

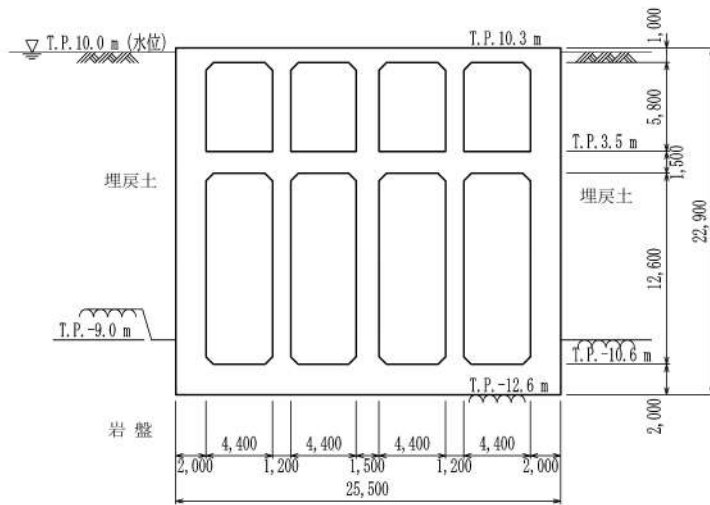
第8-2-6-2図 取水ピットスクリーン室 平面図



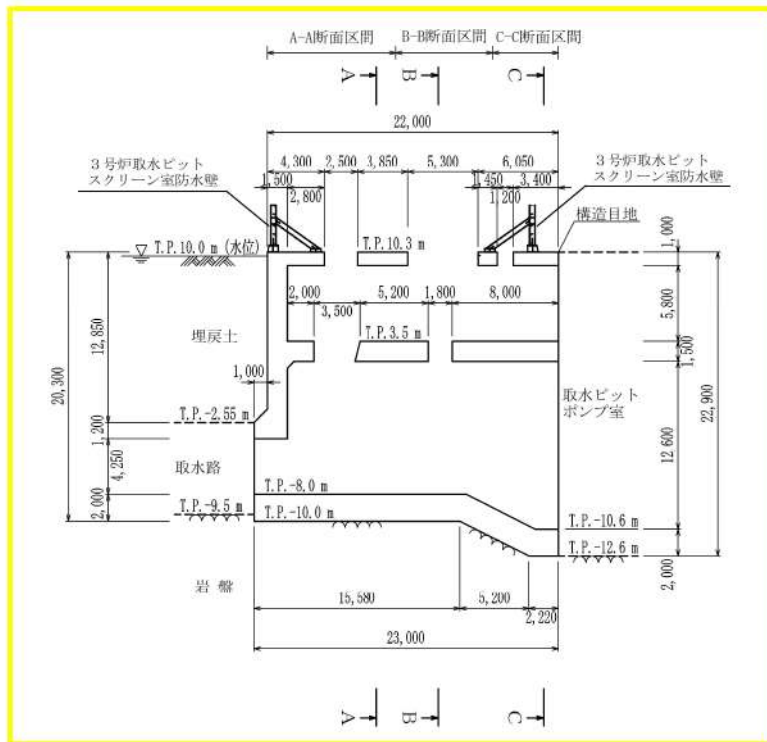
第8-2-6-3図 取水ピットスクリーン室 断面図 (A-A断面)



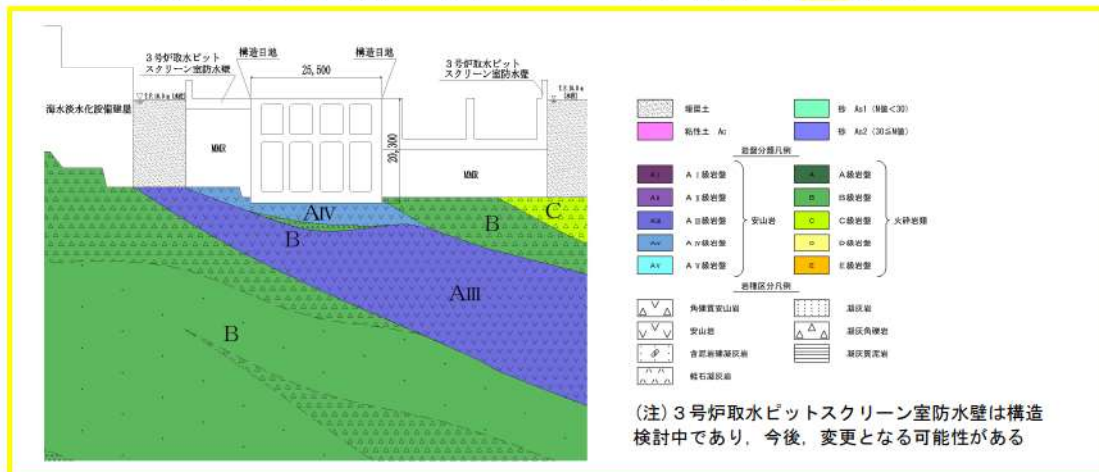
第8-2-6-4図 取水ピットスクリーン室 断面図 (B-B断面)



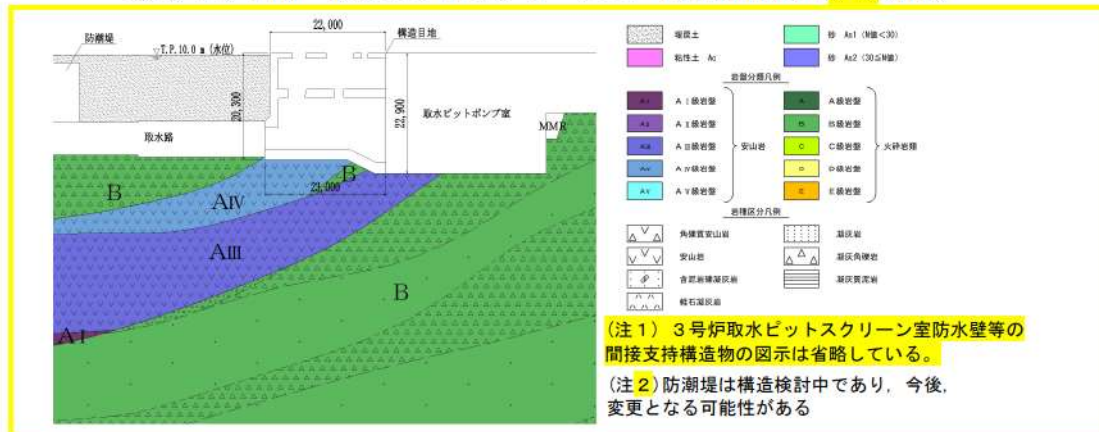
第8-2-6-5図 取水ピットスクリーン室 断面図 (C-C断面)



第8-2-6-6図 取水ピットスクリーン室 断面図 (D-D断面)



第8-2-6-7図 取水ピットスクリーン室 地質断面図 (A-A断面)



第8-2-6-8図 取水ピットスクリーン室 地質断面図 (D-D断面)

取水ピットスクリーン室について、間接支持する設備、構造的特徴、周辺状況及び地震波の伝播特性等の観点を踏まえて整理した評価対象候補断面を第8-2-6-1表に示す。

第8-2-6-1表 評価対象候補断面の整理（取水ピットスクリーン室）

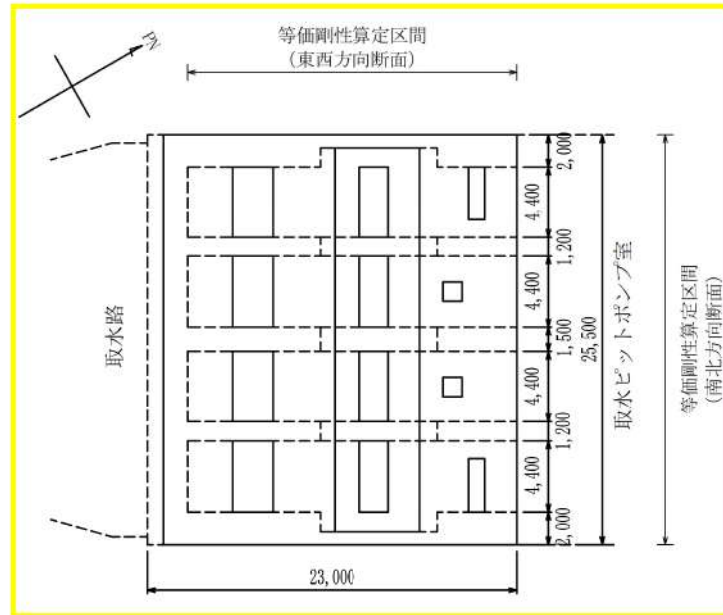
観点		取水ピットスクリーン室			
		東西方向（弱軸方向）			南北方向（強軸方向）
		A-A断面	B-B断面	C-C断面	D-D断面
①要求機能並びに間接支持する機器・配管の有無及び設置状況	要求機能	<ul style="list-style-type: none"> <li>・通水機能</li> <li>・貯水機能</li> <li>・間接支持機能</li> </ul>			
	間接支持する設備	<ul style="list-style-type: none"> <li>・潮位計</li> <li>・取水ピット水位計</li> <li>・3号貯取水ピットスクリーン室防水壁</li> </ul>			
②構造的特徴	形式	<ul style="list-style-type: none"> <li>・鉄筋コンクリート造の地中構造物</li> <li>・上部のスクリーン室及び下部の4連のボックスカルバートにより構成される</li> </ul>			
	寸法	幅 25.5m, 高さ 20.3m	幅 25.5m, 高さ 22.9m	幅 23.0m, 高さ 20.3～22.9m	幅 23.0m, 高さ 20.3～22.9m
③周辺状況	周辺地質	<ul style="list-style-type: none"> <li>・A<sub>N</sub>級岩盤に直接支持されている</li> <li>・構造物側部にMMRが分布している</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・A<sub>M</sub>級岩盤に直接支持されている</li> <li>・構造物側部に埋戻土が分布している</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・A<sub>M</sub>級, A<sub>N</sub>級及びB<sub>N</sub>級岩盤に直接支持されている</li> <li>・構造物南面に埋戻土が分布している</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・A<sub>M</sub>級, A<sub>N</sub>級及びB<sub>N</sub>級岩盤に直接支持されている</li> <li>・構造物南面に埋戻土が分布している</li> </ul>
	断層交差部	・なし			
	土被厚 上載荷重	・なし			
	地下水水位	・地表面 T.P. 10.00m			
モデル化する隣接構造物	<ul style="list-style-type: none"> <li>・防潮堤</li> <li>・3号貯取水ピットスクリーン室防水壁</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・防潮堤</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・取水ピットポンプ室</li> <li>・防潮堤</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・取水ピットポンプ室</li> <li>・防潮堤</li> </ul>	
④地震波の伝播特性	・観点③での整理のとおり、各断面で周辺状況に差異があり、地震波の伝播特性が異なる				
⑤床応答特性	・観点①～③での整理のとおり、間接支持する設備に差異はないが、構造的特徴及び周辺状況に差異があることから、各断面の床応答特性が異なる				

以上の整理を踏まえ、地震応答解析により耐震評価を行う上で、構造物の応答が耐震評価上厳しくなると考えられる断面を東西方向（弱軸方向）から評価対象断面として選定する。また、南北方向（強軸方向）についても、床応答特性の観点から床応答算出断面として評価対象断面を選定する。

東西方向は、おおむね A-A 断面に示す構造が延長方向に連続する構造である。また、構造物側方の周辺地質はMMRが大部分を占めており、周辺状況についてもおおむね一様であることから、A-A 断面を評価対象断面として選定する。二次元地震応答解析においては、頂版及び中床版に開口が存在しているため、第8-2-6-9図に示すとおり、延長方向全長に対して等価な剛性（各部材に対して開口分の剛性を低減させた剛性）を算定する。

南北方向は、構造物が軸心を中心とする対称性を有し、周辺状況の差異がないことから、構造物の中心を通る断面を評価対象断面に選定する。二次元地震応答解析においては、第8-2-6-9図に示すとおり、構造物幅に対して等価な剛性を算定する。





第 8-2-6-9 図 取水ピットスクリーン室 等価剛性算定区間

## 2.7 取水ピットポンプ室

取水ピットポンプ室の配置図を第8-2-7-1図に、平面図を第8-2-7-2図に、設置される浸水防止設備等の配置図を第8-2-7-3図に、断面図を第8-2-7-4図～第8-2-7-7図に、地質断面図を第8-2-7-8図～第8-2-7-11図にそれぞれ示す。

取水ピットポンプ室は、耐震重要施設及び常設重大事故等対処設備である原子炉補機冷却海水ポンプ等の間接支持機能と、非常用取水設備としての通水機能及び貯水機能と、浸水防護重点化範囲の保持のため止水機能が要求される。

浸水防護重点化範囲を保持するために止水機能が求められる部位は、原子炉補機冷却海水ポンプが設置されるエリアの中床版（T.P. 2.5m）並びに妻壁及び中壁（T.P. 2.5m～T.P. 10.3m）である。

取水ピットポンプ室は、延長42.5m、幅25.5m、高さ11.3m～22.9mの鉄筋コンクリート造の地中構造物であり、構造物の断面が延長方向（通水方向）で異なり、加振方向と平行に配置される妻壁や隔壁等の面部材を有する箱型構造物である。

配筋については、同一断面形状区間で一様な配筋となっている。

取水ピットポンプ室は、第8-2-7-2図に示すとおり、東西方向に加振した場合に加振直交方向の構造物長さとの加振方向と平行に配置される壁の総厚の比が小さくなるため、東西方向が弱軸となり、南北方向が強軸となる。

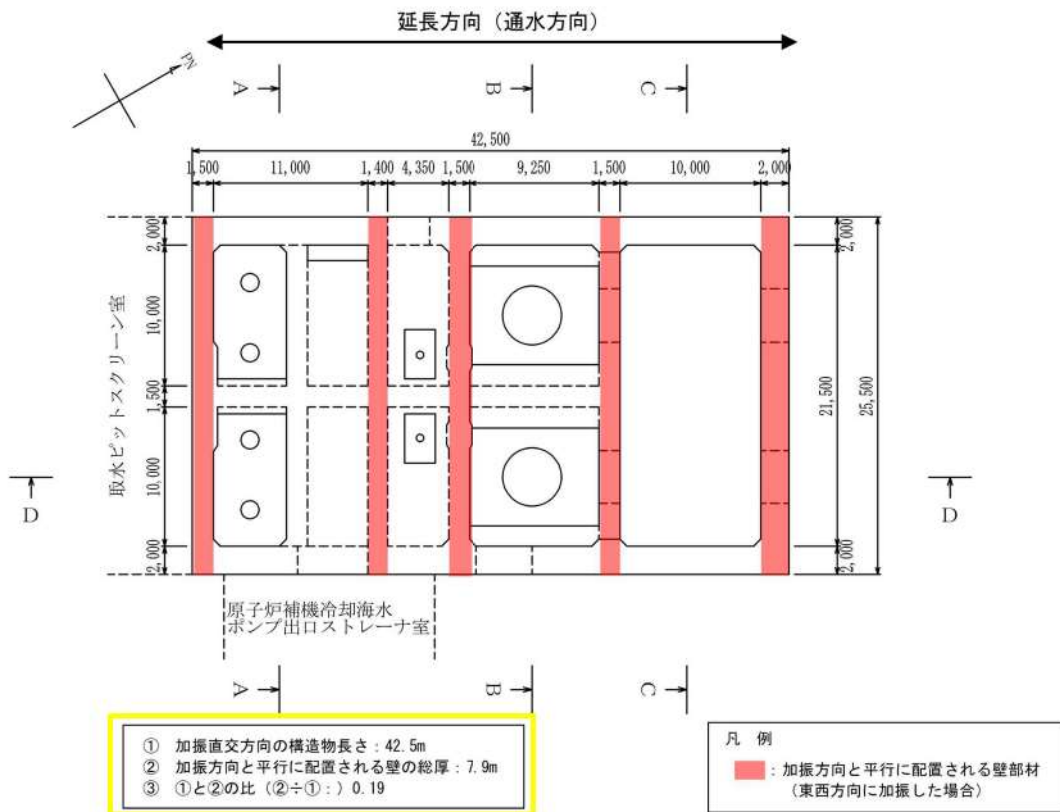
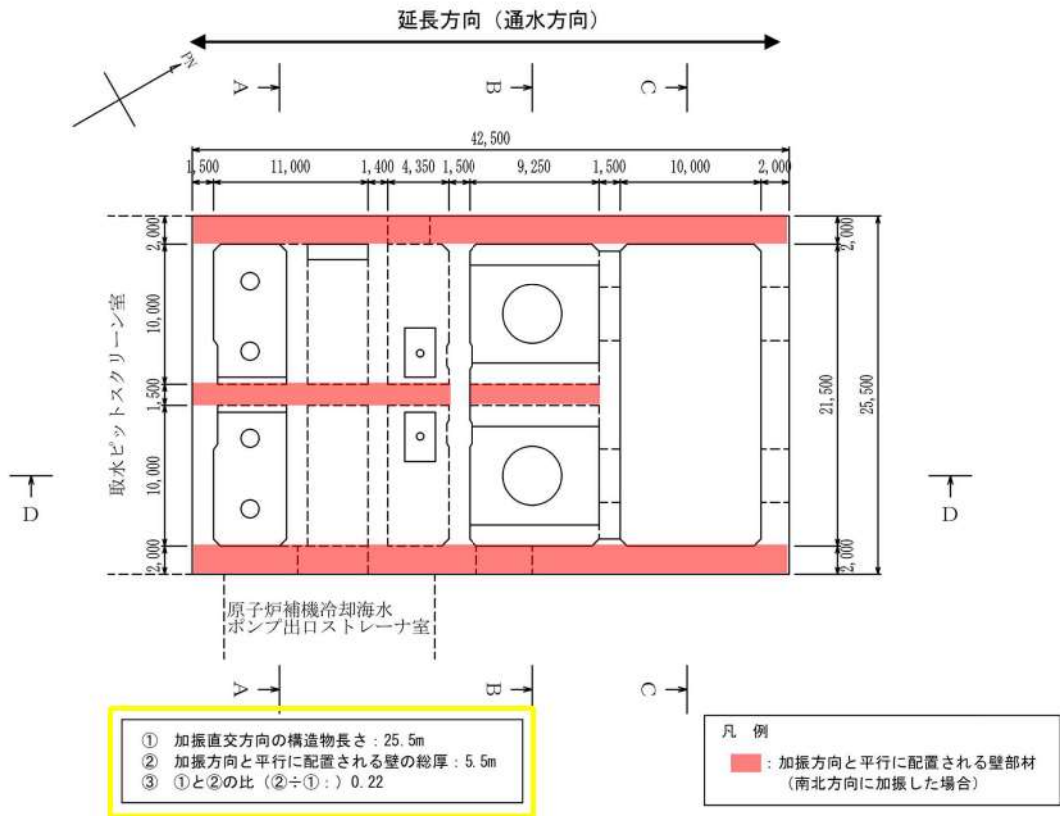
耐震評価に当たっては、加振方向と平行に配置される妻壁や隔壁等の面部材を耐震部材として考慮することとし、二次元地震応答解析により得られる土圧等の荷重を三次元モデルに作用させて耐震評価を行う。



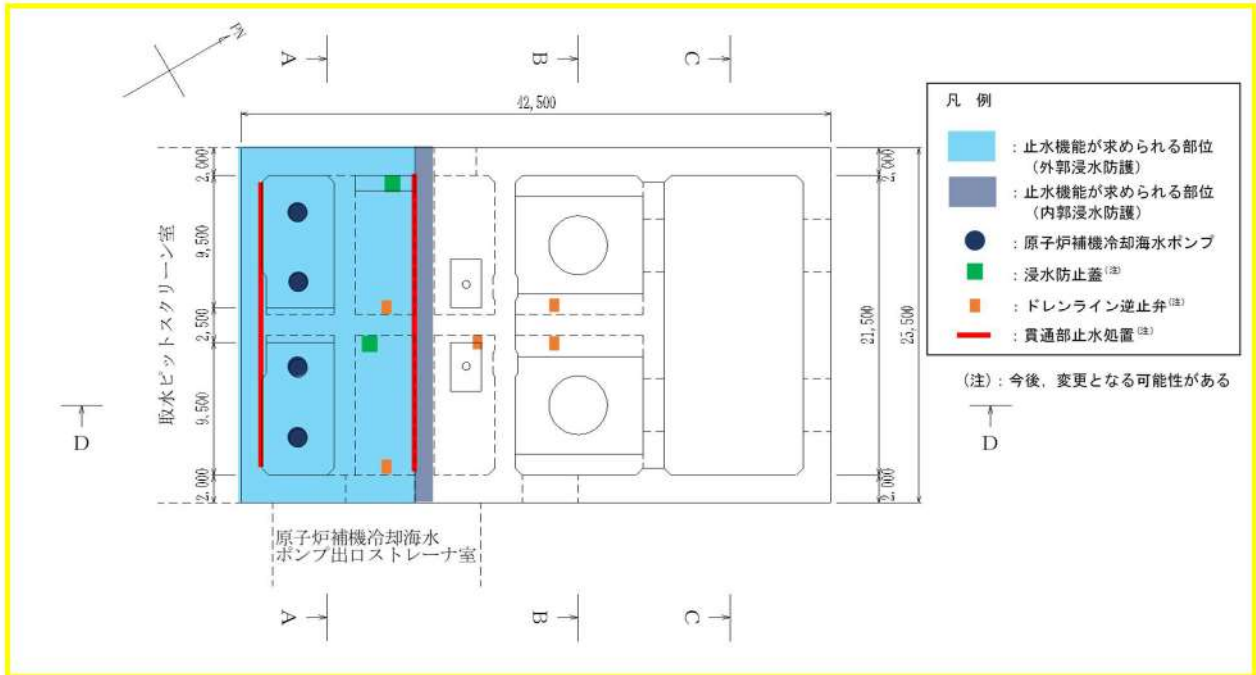
第8-2-7-1図 取水ピットポンプ室 配置図



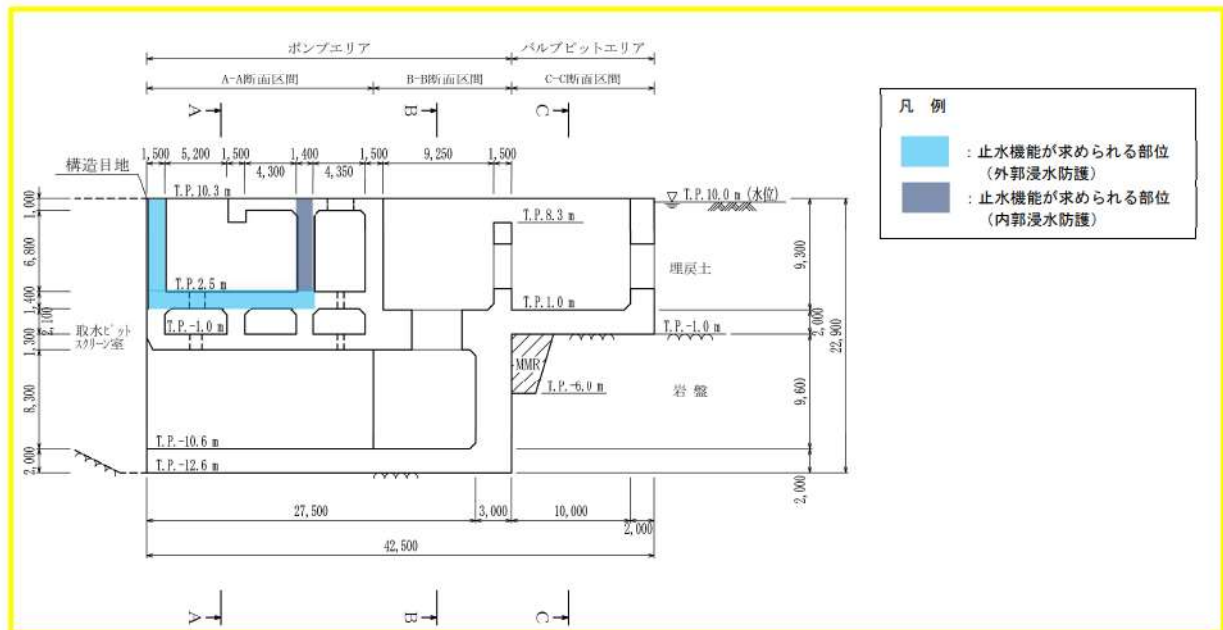
枠囲みの内容は機密情報に属しますので公開できません。



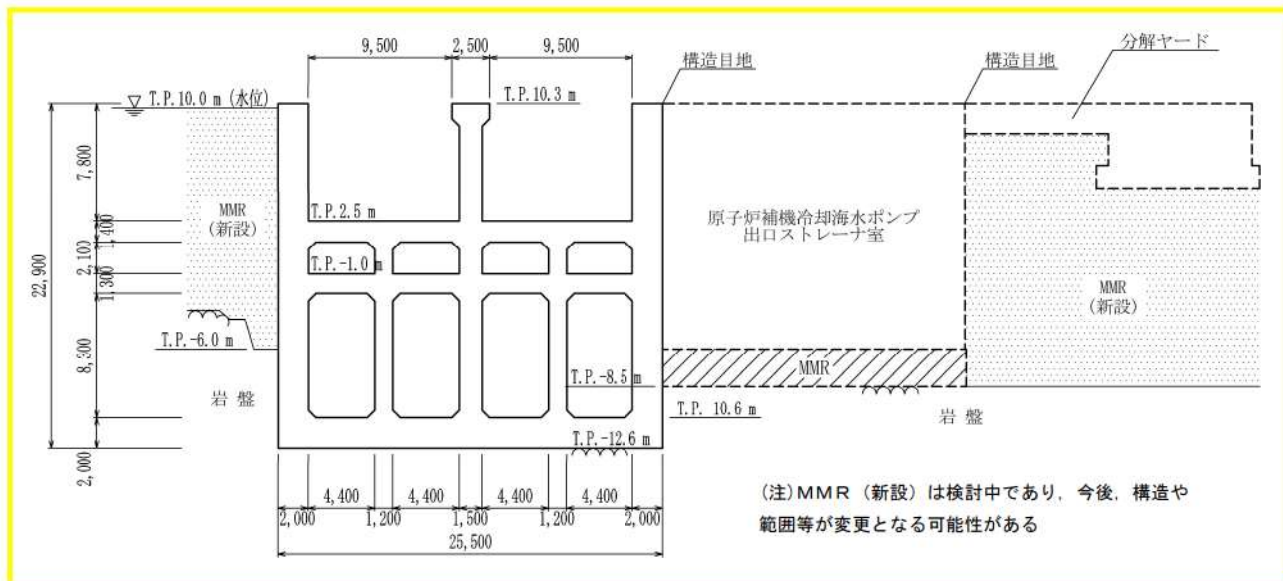
第8-2-7-2 図 取水ピットポンプ室 平面図



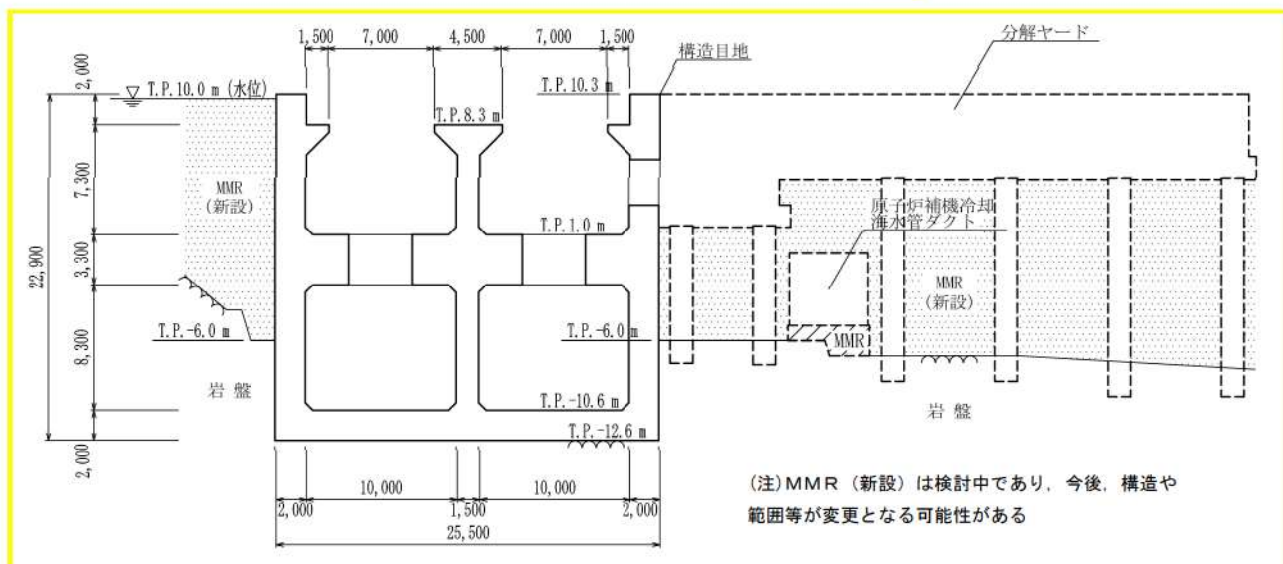
第8-2-7-3図 取水ピットポンプ室 設置される設備の配置図 (平面図)



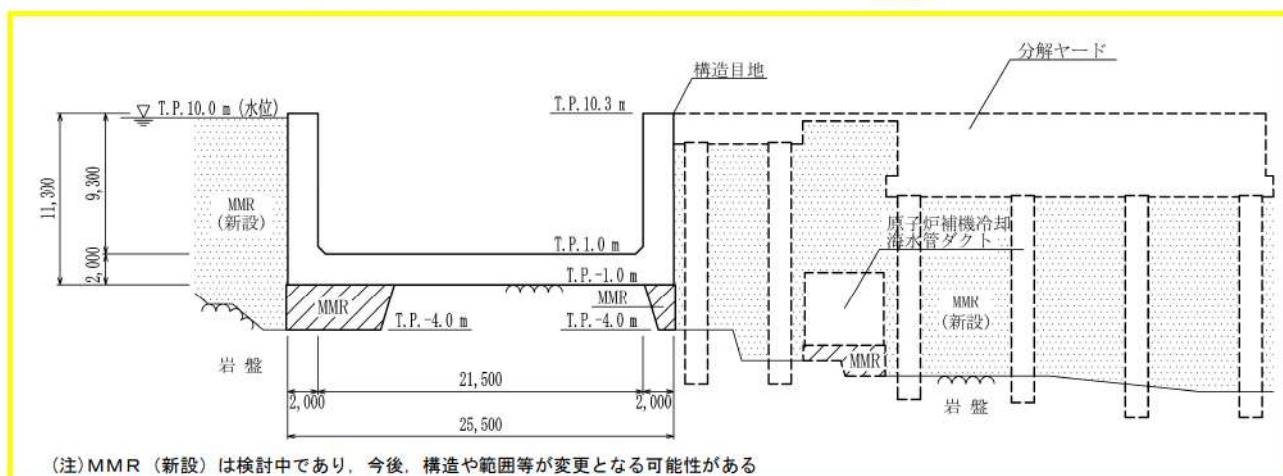
第8-2-7-4図 取水ピットポンプ室 断面図 (D-D 断面)



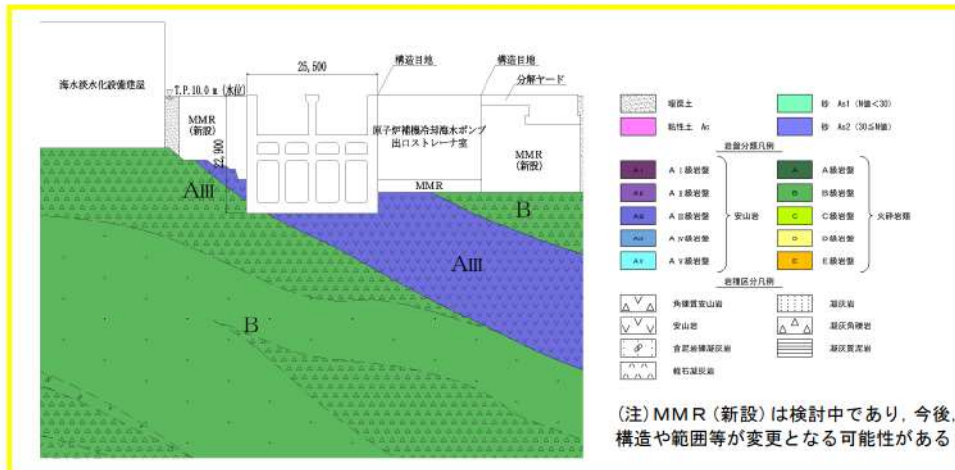
第 8-2-7-5 図 取水ピットポンプ室 断面図 (A-A 断面)



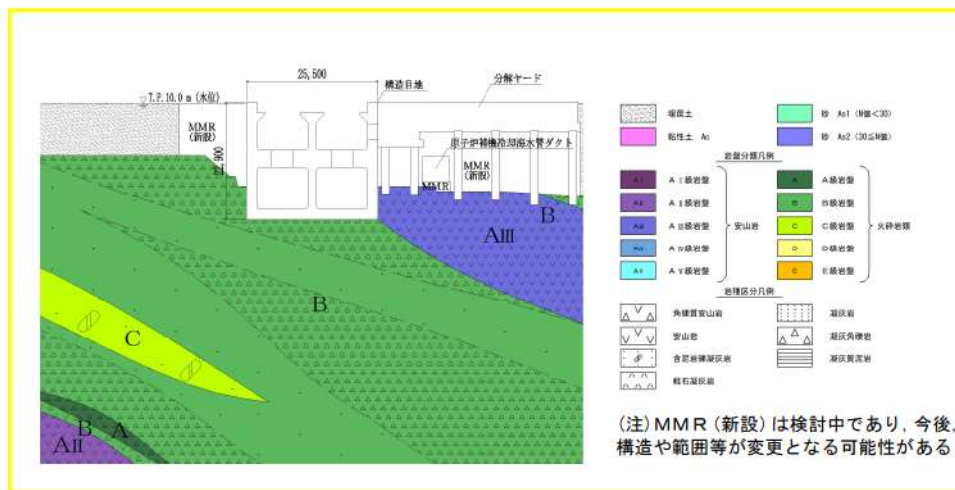
第 8-2-7-6 図 取水ピットポンプ室 断面図 (B-B 断面)



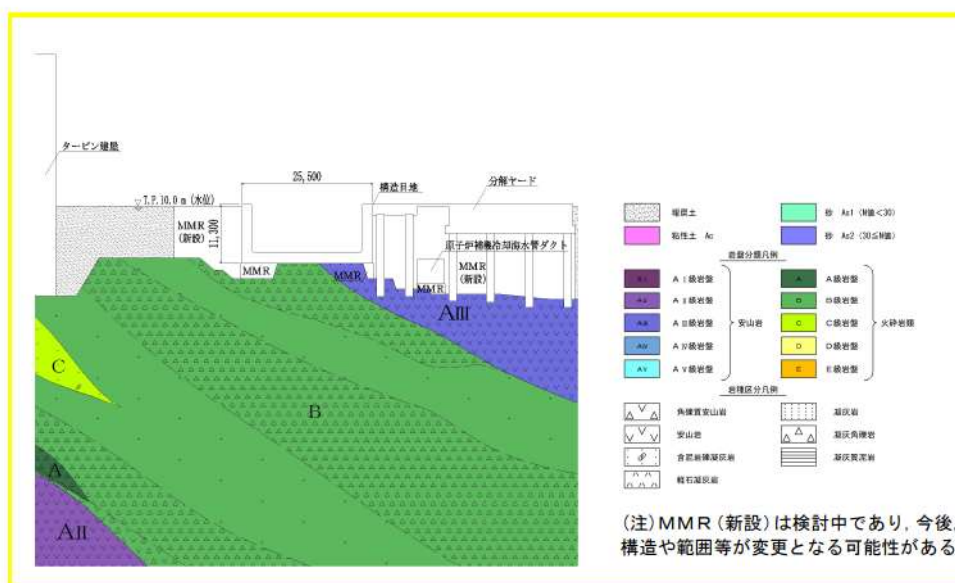
第 8-2-7-7 図 取水ピットポンプ室 断面図 (C-C 断面)



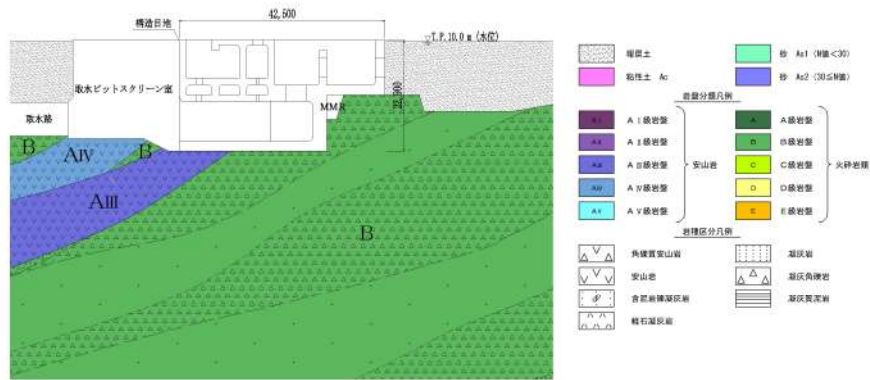
第 8-2-7-8 図 取水ピットポンプ室 地質断面図 (A-A 断面)



第 8-2-7-9 図 取水ピットポンプ室 地質断面図 (B-B 断面)



第 8-2-7-10 図 取水ピットポンプ室 地質断面図 (C-C 断面)



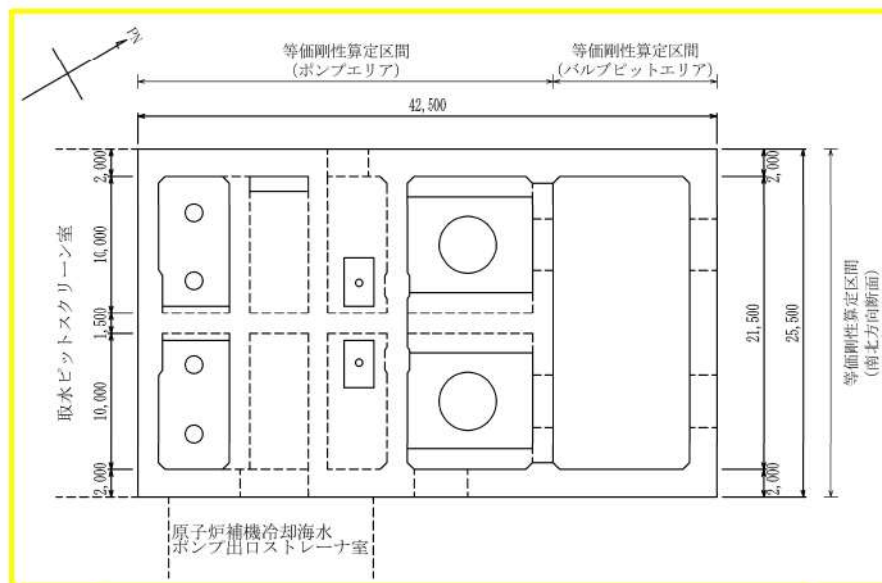
第 8-2-7-11 図 取水ピットポンプ室 地質断面図 (D-D 断面)

取水ピットポンプ室について、間接支持する設備、構造的特徴、周辺状況及び地震波の伝播特性等の観点を踏まえて整理した評価対象候補断面を第 8-2-7-1 表に示す。

第 8-2-7-1 表に示す整理を踏まえ、三次元モデルに作用させる地震力を適切に評価することが可能な断面を直交する 2 方向から地震時荷重算定断面として評価対象断面に選定する。

東西方向は、構造的な特徴からポンプエリアとバルブピットエリアに大別され、それぞれのエリアで剛性に差があることから、ポンプエリア及びバルブピットエリアを評価対象断面に選定する。二次元地震応答解析においては、第 8-2-7-12 図に示すとおり、各エリアに対して等価な剛性を算定する。

南北方向は、構造物が軸心を中心としてほぼ対称性を有し、周辺状況の差異がないことから、構造物の中心を通る断面を評価対象断面に選定する。二次元地震応答解析においては、第 8-2-7-12 図に示すとおり、構造物幅に対して等価な剛性を算定する。



第 8-2-7-12 図 取水ピットポンプ室 等価剛性算定区間

第8-2-7-1表 評価対象候補断面の整理 (取水ピットポンプ室)

観点		取水ピットポンプ室			
		東西方向 (弱軸方向)		南北方向 (強軸方向)	
		ポンプエリア		バルブピットエリア	
①要求機能並びに 間接支持する機器 ・配管の有無及び 設置状況	要求機能	A-A断面 ・通水機能 ・貯水機能 ・止水機能 ・間接支持機能	B-B断面 ・通水機能 ・貯水機能 ・間接支持機能	C-C断面 ・なし	D-D断面 ・通水機能 ・貯水機能 ・止水機能 ・間接支持機能
	間接支持する 設備	・原子炉補機冷却海水ポンプ ・原子炉補機冷却海水設備配管 ・浸水防止蓋 ・ドレンライン逆止弁			・原子炉補機冷却海水ポンプ ・原子炉補機冷却海水設備配管 ・浸水防止蓋 ・ドレンライン逆止弁
②構造的特徴	形式	・鉄筋コンクリート造の地中構造物			
	寸法	・上部のポンプエリア及び下部の4連のボックスカルバートにより構成される ・幅 25.5m, 高さ 22.9m	・上部のポンプエリア及び下部の2連のボックスカルバートにより構成される	・バルブピットエリアにより構成される ・幅 25.5m, 高さ 11.3m	・ポンプエリア及びバルブピットエリアにより構成される ・幅 42.5m, 高さ 11.3~22.9m
③周辺状況	周辺地質	・A <sub>m</sub> 級岩盤に直接支持されている	・B級岩盤に直接支持されている	・大部分はB級岩盤に直接支持されているが、一部分はMMRを介してB級岩盤に支持されている	・A <sub>m</sub> 級及びB級岩盤に直接支持されている ・構造物側部に埋戻土が分布している
	断層交差部 土被厚 上載荷重 地下水位 モダル化する隣接構造物	・なし			
④地震波の伝播特性 ⑤床芯答特性		・上部に循環水ポンプ建屋が設置されている ・地表面 T.P. 10.00m ・原子炉補機冷却海水ポンプ出口ストレート室 ・なし			
		・観点③での整理のとおり、各断面で周辺状況に差異があり、地震波の伝播特性が異なる ・観点①~③での整理のとおり、間接支持する設備、構造的特徴及び周辺状況に差異があることから、各断面の床芯答特性が異なる			



## 2.8 原子炉補機冷却海水ポンプ出口ストレーナ室

原子炉補機冷却海水ポンプ出口ストレーナ室の配置図を第8-2-8-1図に、平面図を第8-2-8-2図に、断面図を第8-2-8-3図～第8-2-8-6図に、地質断面図を第8-2-8-7図及び第8-2-8-8図にそれぞれ示す。

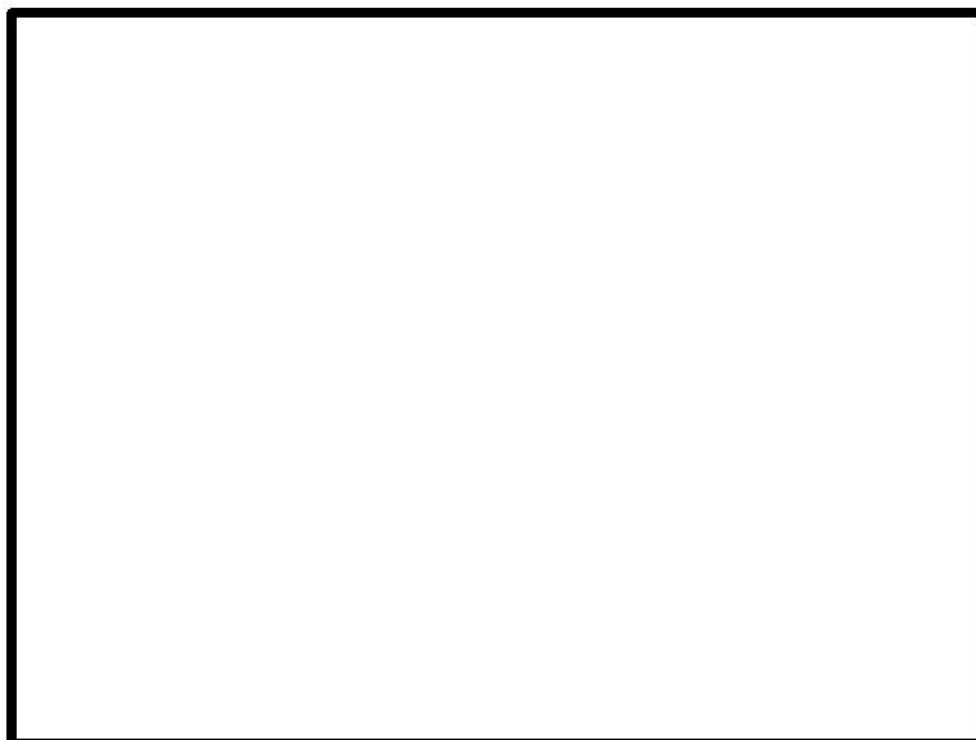
原子炉補機冷却海水ポンプ出口ストレーナ室は、耐震重要施設及び常設重大事故等対処設備である原子炉補機冷却海水ポンプ出口ストレーナ等の間接支持機能が要求される。

原子炉補機冷却海水ポンプ出口ストレーナ室は、延長20.0m、幅15.0m、高さ16.3mの鉄筋コンクリート造の地中構造物であり、構造物の断面が延長方向で異なり、加振方向と平行に配置される妻壁や隔壁等の面部材を有する箱型構造物である。


配筋については、同一断面形状区間で一様な配筋となっている。

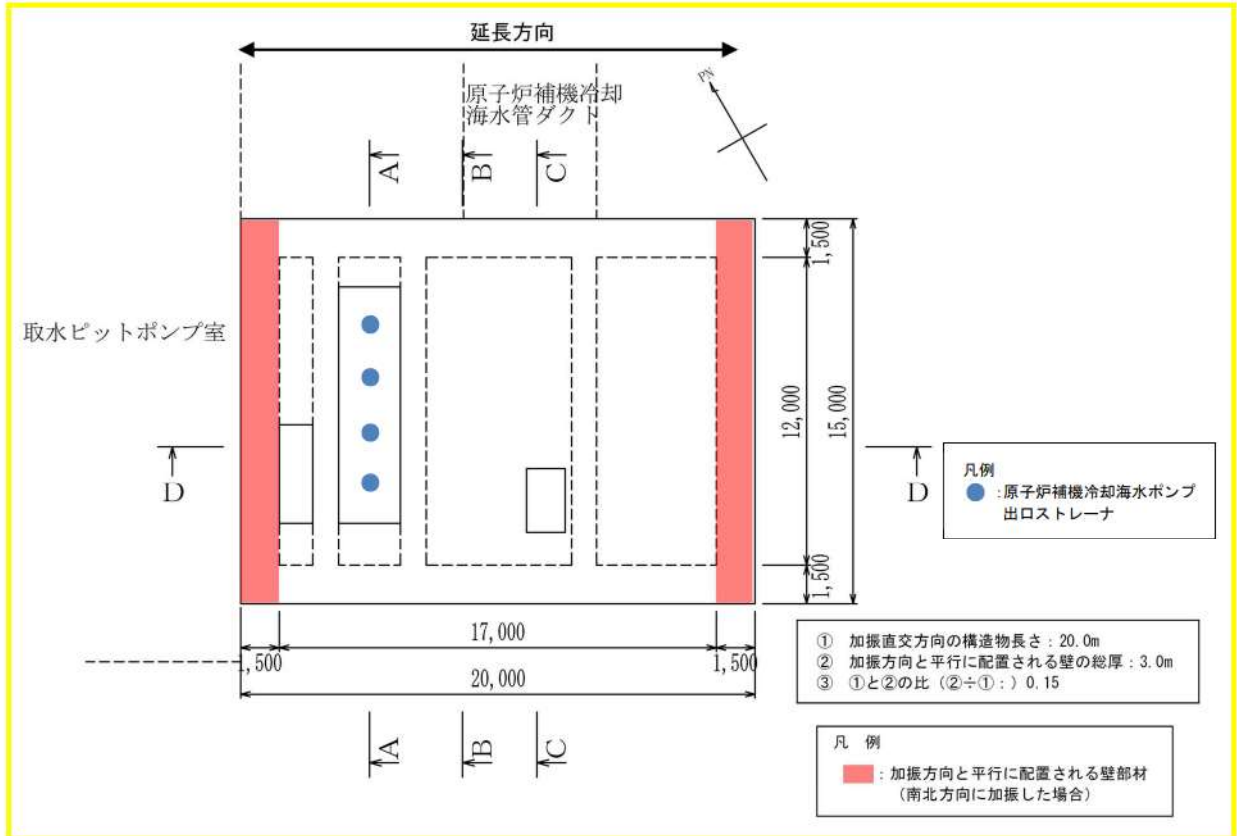
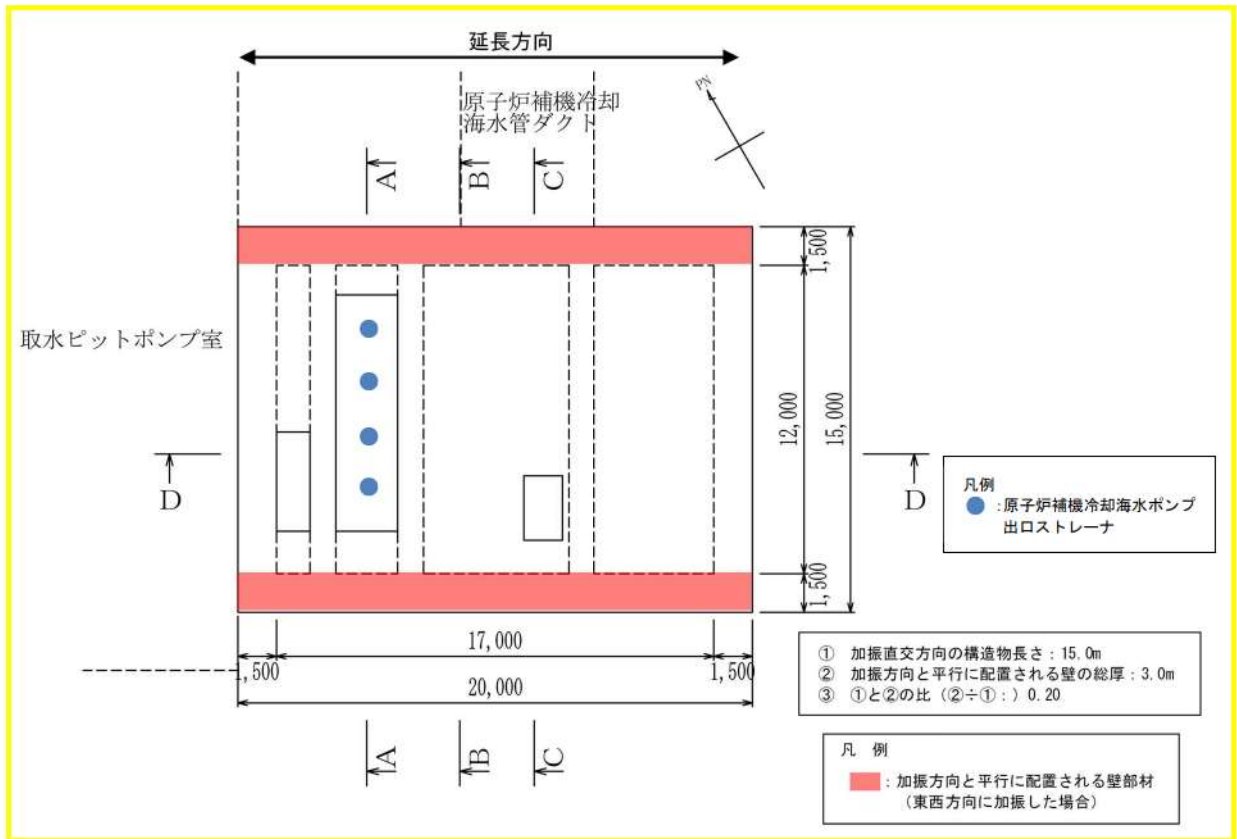
原子炉補機冷却海水ポンプ出口ストレーナ室は、第8-2-8-2図に示すとおり、南北方向に加振した場合に加振直交方向の構造物長さと同様に配置される壁の総厚の比が小さくなるため、南北方向が弱軸となり、東西方向が強軸となる。

耐震評価に当たっては、加振方向と平行に設置される妻壁や隔壁等の面部材を耐震部材として考慮することとし、二次元地震応答解析により得られる土圧等の荷重を三次元モデルに作用させて耐震評価を行う。

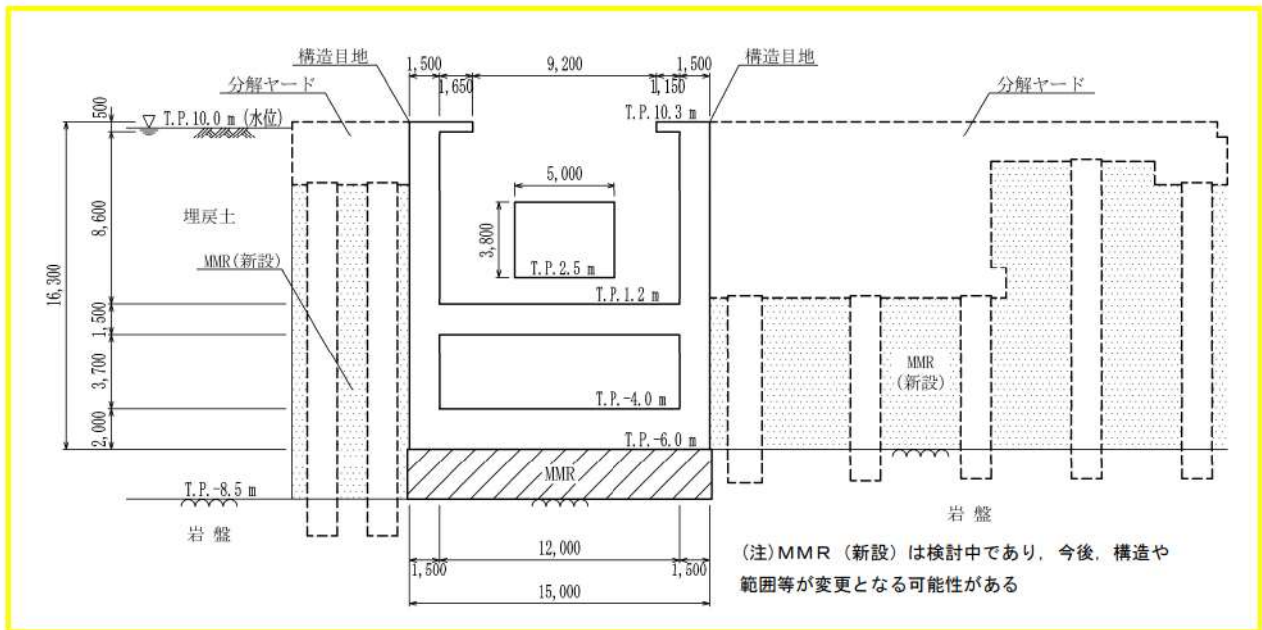


第8-2-8-1図 原子炉補機冷却海水ポンプ出口ストレーナ室 配置図

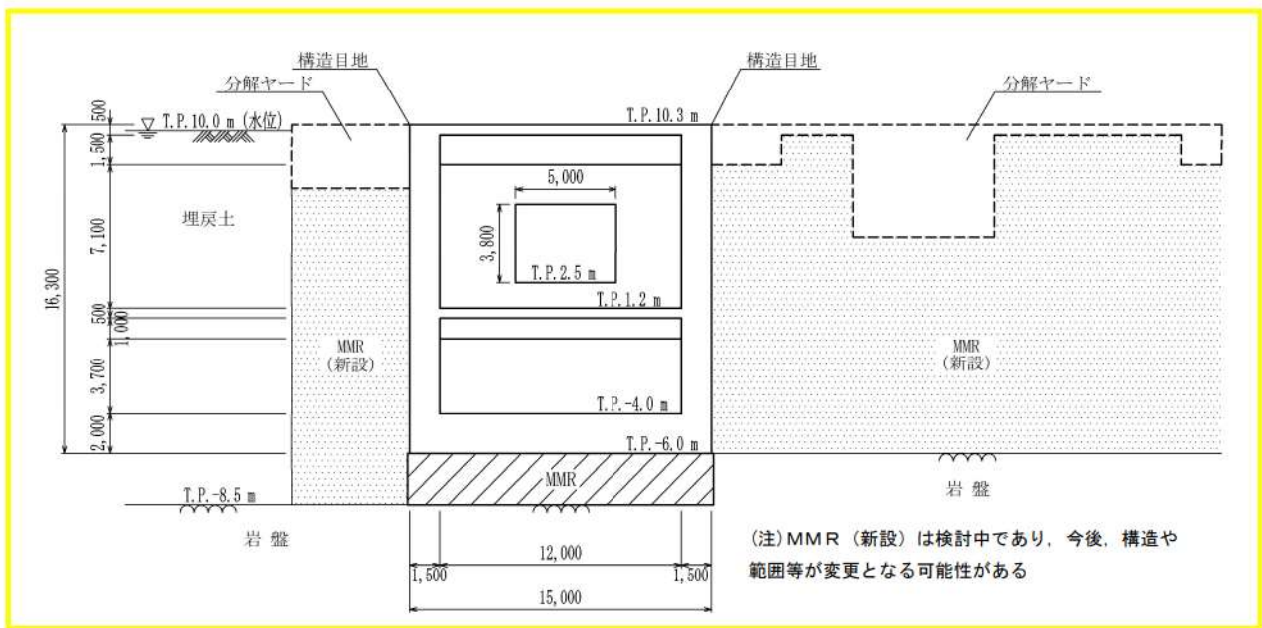
 枠囲みの内容は機密情報に属しますので公開できません。



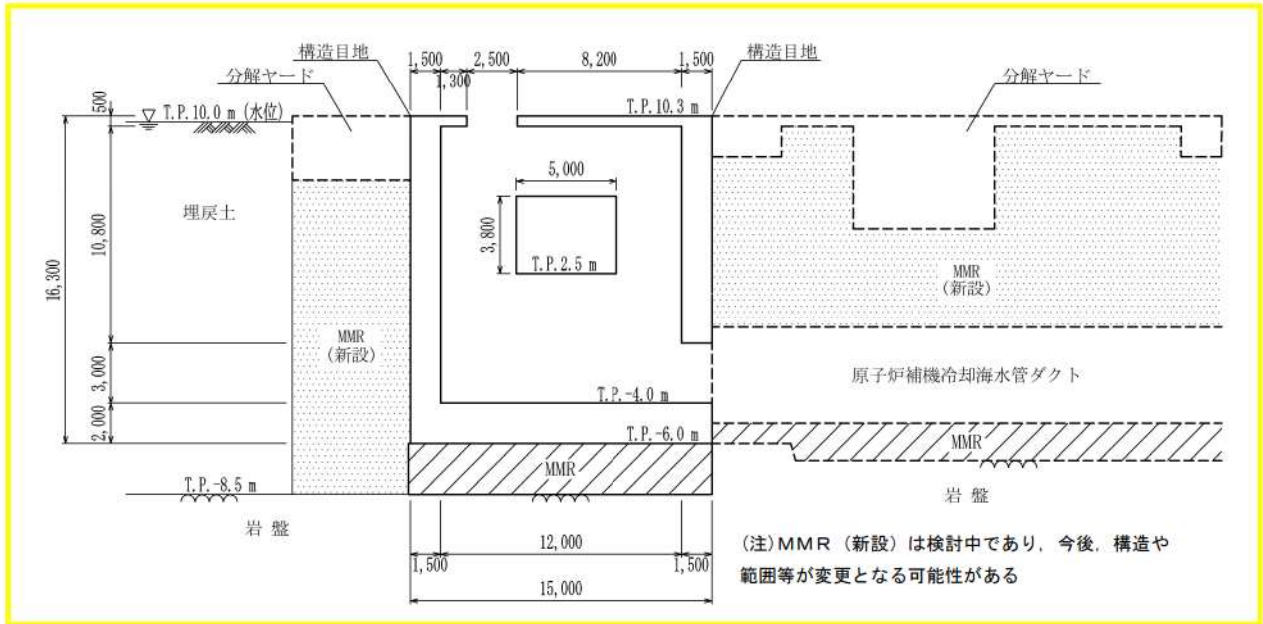
第 8-2-8-2 図 原子炉補機冷却海水ポンプ出口ストレーナ室 平面図



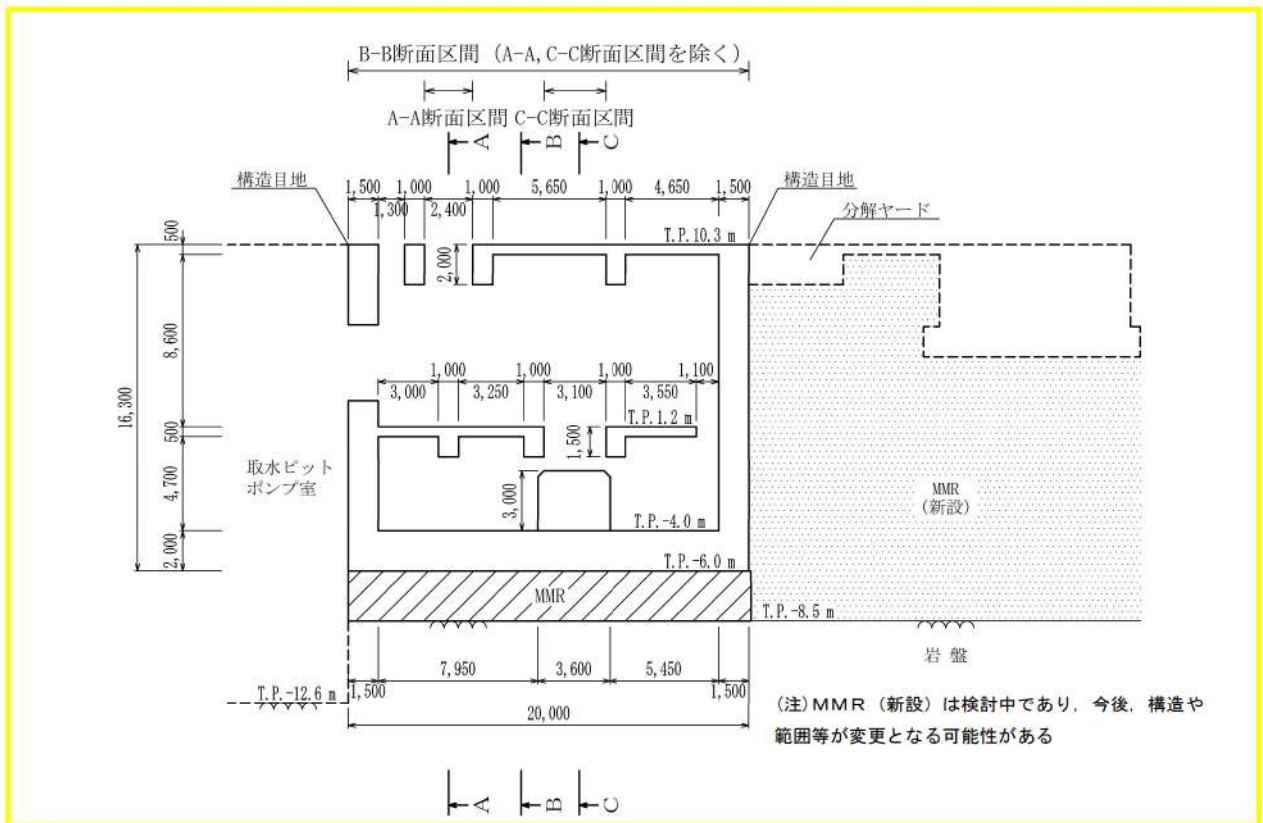
第8-2-8-3図 原子炉補機冷却海水ポンプ出口ストレーナ室 断面図 (A-A 断面)



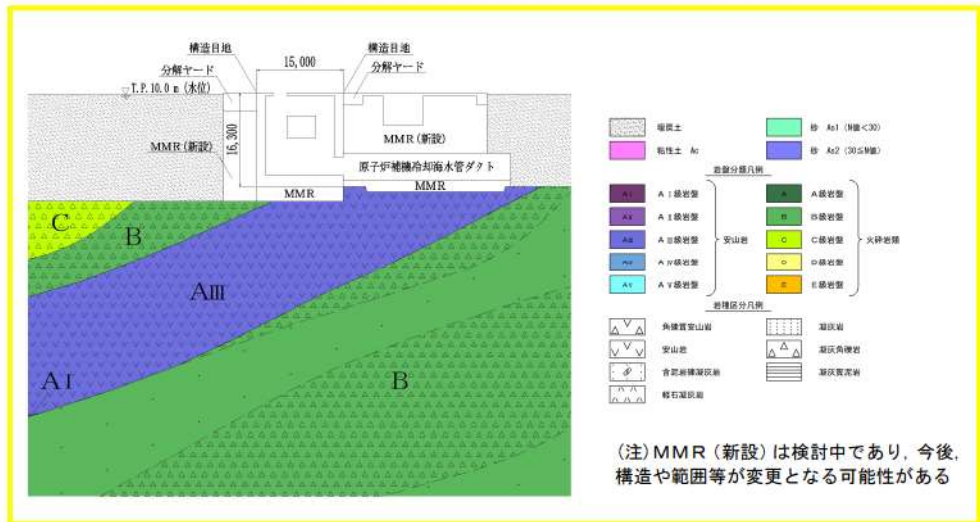
第8-2-8-4図 原子炉補機冷却海水ポンプ出口ストレーナ室 断面図 (B-B 断面)



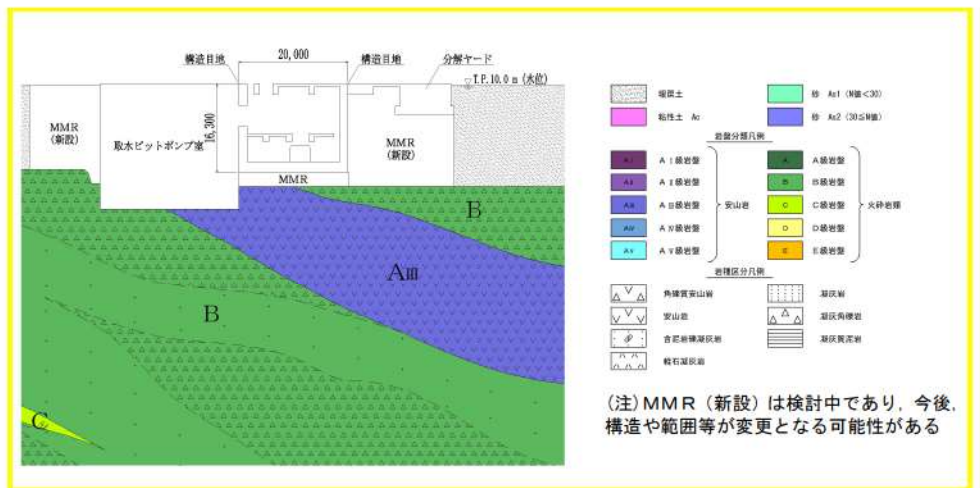
第 8-2-8-5 図 原子炉補機冷却海水ポンプ出口ストレーナ室 断面図 (C-C 断面)



第 8-2-8-6 図 原子炉補機冷却海水ポンプ出口ストレーナ室 断面図 (D-D 断面)



第 8-2-8-7 図 原子炉補機冷却海水ポンプ出口ストレーナ室 地質断面図 (C-C 断面)



第 8-2-8-8 図 原子炉補機冷却海水ポンプ出口ストレーナ室 地質断面図 (D-D 断面)

原子炉補機冷却海水ポンプ出口ストレーナ室について、間接支持する設備、構造的特徴、周辺状況及び地震波の伝播特性等の観点を踏まえて整理した評価対象候補断面を第 8-2-8-1 表に示す。

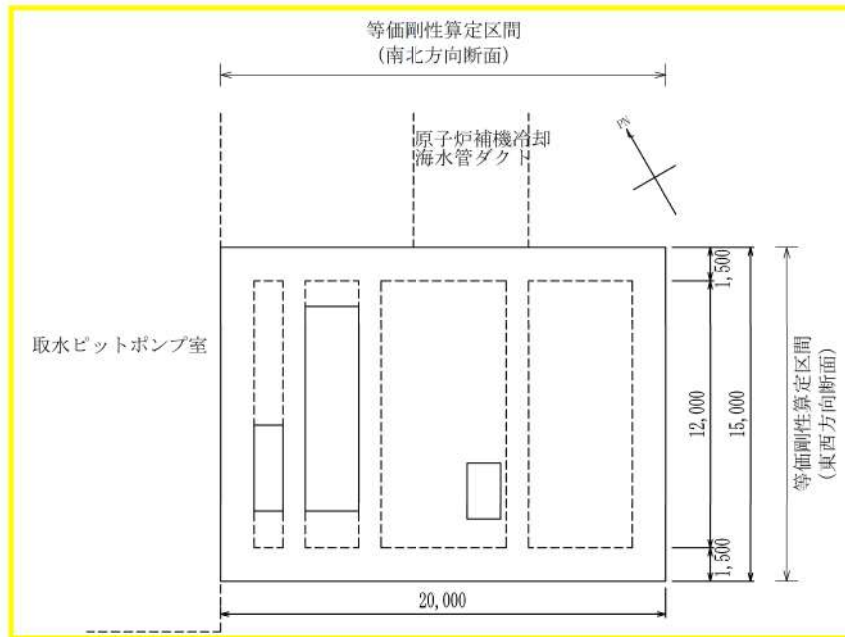
第 8-2-8-1 表 評価対象候補断面の整理（原子炉補機冷却海水ポンプ出口ストレーナ室）

観点		原子炉補機冷却海水ポンプ出口ストレーナ室			
		南北方向（弱軸方向）		東西方向（強軸方向）	
		A-A 断面	B-B 断面	C-C 断面	D-D 断面
①要求機能並びに 間接支持する機器 ・配管の有無及び 設置状況	要求機能	・間接支持機能			
	間接支持する 設備	・原子炉補機冷却海水ポンプ出口ストレーナ ・原子炉補機冷却海水設備配管			
②構造的特徴	形式	・鉄筋コンクリート造の地中構造物 ・頂版に開口が存在する		・頂版、側壁及び中床版 に開口が存在する	・頂版、中床版及び表壁 に開口が存在する
	寸法	・幅 15.0m, 高さ 16.3m		・幅 20.0m, 高さ 16.3m	
③周辺状況	周辺地質	・MMR を介して A <sub>m</sub> 級岩盤に支持されている ・構造物側部に MMR が分布している			・MMR を介して A <sub>m</sub> 級及 び B 級岩盤に支持され ている
	断層交差部	・なし			
	土被厚 上載荷重	・なし			
	地下水位	・地表面 T. P. 10.00m			
	モデル化する 隣接構造物	・なし			・取水ピットポンプ室
④地震波の伝播特性		・観点③での整理のとおり、各断面で周辺状況に差異があり、地震波の伝播特性が異なる			
⑤床応答特性		・観点①～③での整理のとおり、間接支持する設備に差異はないが、構造的特徴及び周辺状況に差異があることから、各断面の床応答特性が異なる			

以上の整理を踏まえ、三次元モデルに作用させる地震力を適切に評価することが可能な断面を直交する 2 方向から地震時荷重算定断面として評価対象断面に選定する。

南北方向は、おおむね B-B 断面に示す構造が延長方向に連続する構造であり、周辺状況の差異がないことから、B-B 断面を評価対象断面に選定する。二次元地震応答解析においては、頂版、側壁及び中床版に開口が存在しているため、第 8-2-8-9 図に示すとおり、延長方向全長に対して等価な剛性を算定する。

東西方向は、構造物が軸心を中心としてほぼ対称性を有し、周辺状況の差異がないことから、構造物の中心を通る断面を評価対象断面に選定する。二次元地震応答解析に反映する構造物の剛性は、第 8-2-8-9 図に示すとおり、構造物幅に対して等価な剛性を算定する。



第 8-2-8-9 図 原子炉補機冷却海水ポンプ出口ストレーナ室 等価剛性算定区間