

本資料のうち、枠囲みの内容は、
営業秘密又は防護上の観点から
公開できません。

東海第二発電所 工事計画審査資料	
資料番号	補足-340-7 改8
提出年月日	平成30年9月13日

工事計画に係る補足説明資料

耐震性に関する説明書のうち

補足-340-7 【水平2方向及び鉛直方向の適切な組合せに
関する検討について】

平成30年9月

日本原子力発電株式会社

目次

1. 検討の目的	1
2. 水平 2 方向及び鉛直方向地震力による影響評価に用いる地震動	2
2.1 東海第二発電所の基準地震動	2
2.2 水平 2 方向及び鉛直方向地震力による影響評価に用いる地震動	6
3. 各施設における水平 2 方向及び鉛直方向地震力の影響評価	7
3.1 建物・構築物	7
3.2 機器・配管系	X
3.3 <u>屋外重要土木構造物</u>	<u>X</u>
3.4 津波防護施設, 浸水防止設備及び津波監視設備	X

別紙 1 評価部位の抽出に関する説明資料

別紙 2 3次元 FEM モデルを用いた精査

別紙 3 3次元 FEM モデルによる地震応答解析

別紙 4 機器・配管系に関する説明資料

下線部：ご提出資料

3.3 屋外重要土木構造物

3.3.1 水平方向及び鉛直方向地震力の組合せによる従来設計の考え方

従来設計手法の考え方について、RC 構造物である取水構造物を例に第 3-3-1 表に示す。

一般的な地上構造物では、躯体の慣性力が主たる荷重であるのに対し、屋外重要土木構造物は、概ね地中に埋設されているため、動土圧や動水圧等の外力が主たる荷重となる。また、屋外重要土木構造物は、比較的単純な構造部材の配置で構成され、ほぼ同一の断面が奥行き方向に連続する構造的特徴を有することから、3次元的な応答の影響は小さいため、2次元断面での耐震評価を行っている。

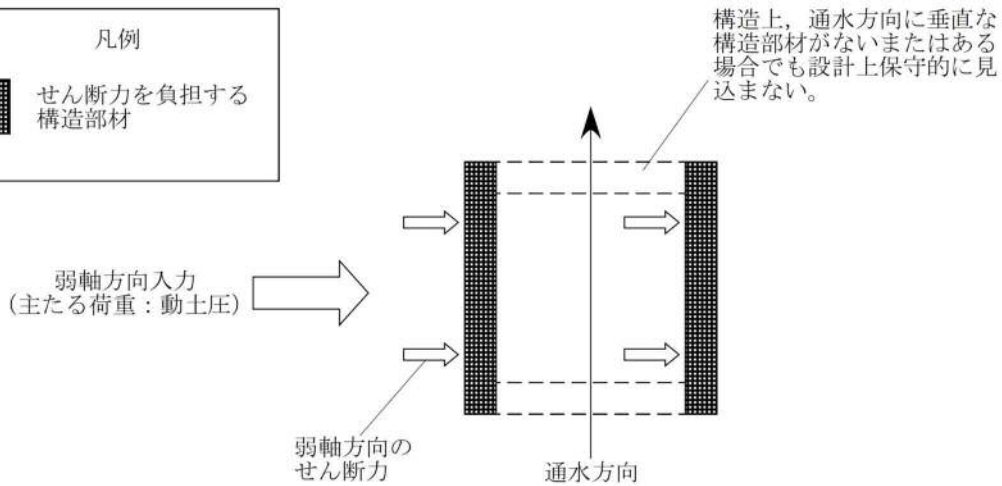
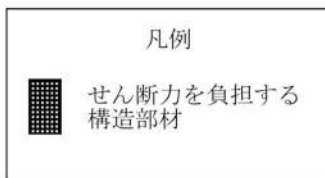
屋外重要土木構造物は、主に海水の通水機能や配管等の間接支持機能を維持するため、通水方向や管軸方向に対して空間を保持できるように構造部材が配置されることから、構造上の特徴として、明確な弱軸断面方向及び強軸断面方向を有する。

強軸断面方向の地震時挙動は、弱軸断面方向に対して顕著な影響を及ぼさないことから、従来設計手法では、弱軸断面方向を評価対象断面として、耐震設計上求められる水平1方向及び鉛直方向地震力による耐震評価を実施している。

第3-3-1図に示すとおり、従来設計手法では、屋外重要土木構造物の構造上の特徴から、弱軸断面方向の地震荷重に対して保守的に加振方向に平行な壁部材を見込まず、垂直に配置された構造部材のみで受けもつよう設計している。

第 3-3-1 表 従来設計における評価対象断面の考え方（取水構造物の例）

	横断方向の加振	縦断方向の加振
従来設計 の評価対 象断面の 考え方		



第 3-3-1 図 従来設計手法の考え方

3.3.2 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響評価方針

屋外重要土木構造物において、水平 2 方向及び鉛直方向地震力を考慮した場合に影響を受ける可能性がある構造物の評価を行う。

評価対象は、屋外重要土木構造物である、取水構造物及び屋外二重管並びに波及影響防止のために耐震評価する土木構造物とする。また、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の間接支持構造物のうち常設代替高圧電源装置置場、常設代替高圧電源装置用カルバート、代替淡水貯槽、常設低圧代替注水系ポンプ室、常設低圧代替注水系配管カルバート、緊急用海水ポンプピット、格納容器圧力逃がし装置用配管カルバート、緊急時対策所用発電機燃料油貯蔵タンク基礎及び可搬型設備用軽油タンク基礎並びに重大事故時における海水の通水構造物のうち S A 用海水ピット取水塔、海水引込み管、S A 用海水ピット及び緊急用海水取水管も本評価では屋外重要土木構造物として扱うこととし、評価対象に含める。

屋外重要土木構造物を構造形式ごとに分類し、構造形式ごとに作用すると考えられる荷重を整理し、荷重が作用する構造部材の配置等から水平 2 方向及び鉛直方向地震力による影響を受ける可能性のある構造物を抽出する。

抽出された構造物については、従来設計手法での評価対象断面の地震応答解析に基づく構造部材の照査において、評価対象断面に直交する断面の地震応答解析に基づく構造部材の発生応力等を評価し、適切に組合せることで、水平 2 方向及び鉛直方向地震力による構造部材の発生応力を算出し、構造物が有する耐震性への影響を確認する。

構造物が有する耐震性への影響が確認された場合は、詳細な手法を用いた検討等、新たに設計上の対応策を講じる。

3.3.3 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響評価方法

屋外重要土木構造物において、水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響を受ける可能性があり、水平 1 方向及び鉛直方向の従来評価に加え、更なる設計上の配慮が必要な構造物について、構造形式及び作用荷重の観点から影響評価の対象とする構造物を抽出し、構造物が有する耐震性への影響を評価する。影響評価のフローを第 3-3-2 図に示す。

(1) 影響評価対象構造物の抽出

① 構造形式の分類

評価対象構築物について、各構造物の構造上の特徴や従来設計手法の考え方を踏まえ、構造形式ごとに大別する。

② 従来設計手法における評価対象断面に対して直交する荷重の整理

従来設計手法における評価対象断面に対して直交する荷重を抽出する。

③ 荷重の組合せによる応答特性が想定される構造物形式の抽出

②で整理した荷重に対して、構造形式ごとにどのように作用するかを整理し、耐震性に与える影響程度を検討した上で、水平 2 方向及び鉛直方向地震力の影響が想定される構造形式を抽出する。

④ 従来設計手法における評価対象断面以外の 3 次元的な応答特性が想定される箇所抽出

③で抽出されなかった構造形式について、従来設計手法における評価対象断面以外の箇所で、水平 2 方向及び鉛直方向地震力の影響により 3 次元的な応答が想定される箇所を抽出する。

⑤ 従来設計手法の妥当性の確認

④で抽出された箇所が、水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せに対して、従来設計手法における評価対象断面の耐震評価で満足できるか検討を行う。

(2) 影響評価手法

⑥ 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の影響評価

評価対象として抽出された構造物について、従来設計手法での評価対象断面の地震応答解析に基づく構造部材の照査において、評価対象断面に直交する断面の地震応答解析に基づく構造部材の発生応力等を評価し、適切に組合せることで、水平 2 方向及び鉛直方向地震力による構造部材の発生応力を算出し、構造物が有す

る耐震性への影響を確認する。

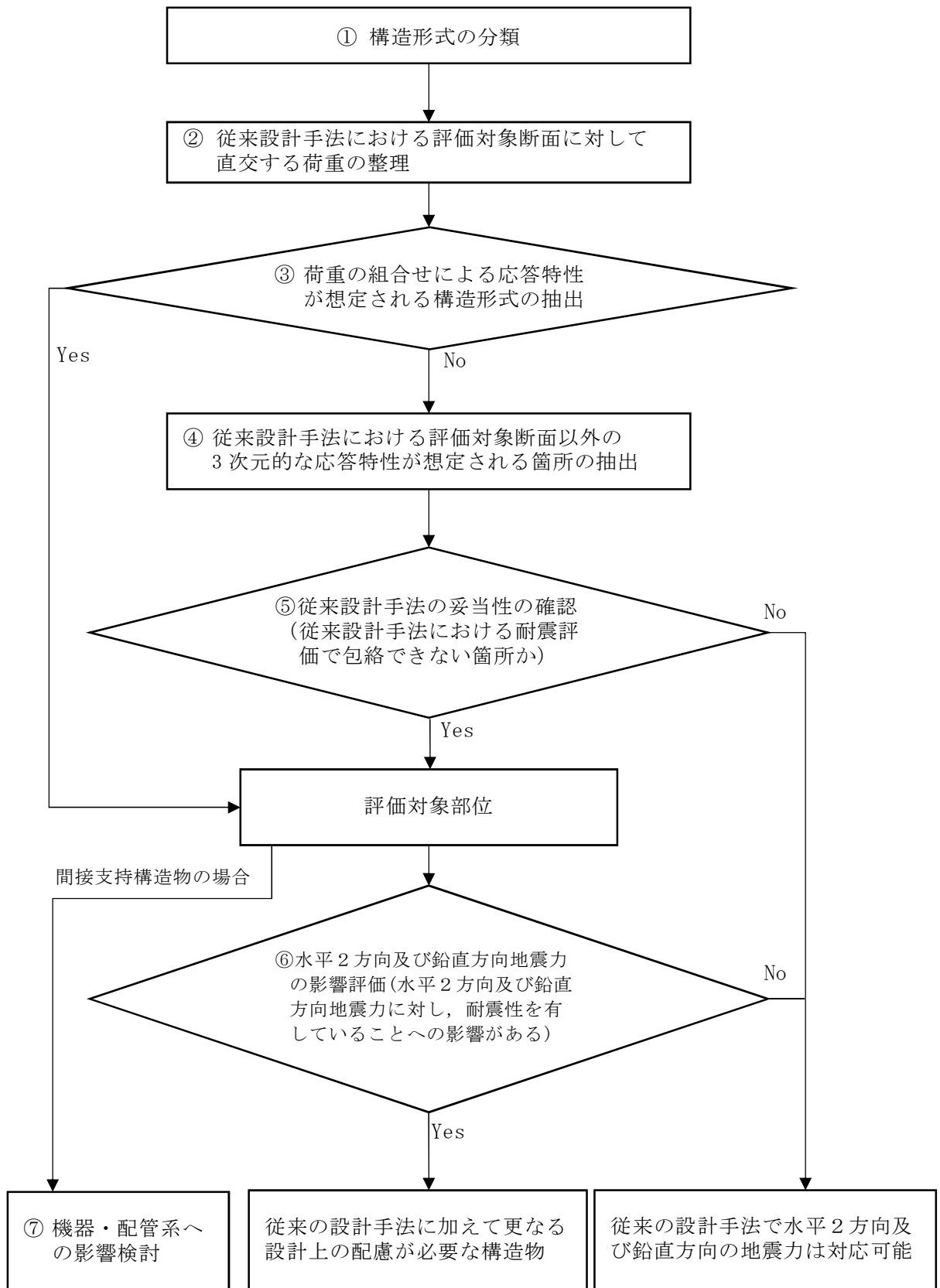
評価手法については、評価対象構造物の構造形式を考慮し選定する。

⑦ 機器・配管系への影響検討

評価対象として抽出された構造物が、耐震重要施設、常設耐震重要重大事故防止設備又は常設重大緩和設備が設置される重大事故等対処施設の機器・配管系の間接支持構造物である場合、水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる応答値への影響を確認する。

水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる応答値への影響が確認された場合、機器・配管系の影響評価に反映する。

なお、④及び⑤の精査にて、屋外重要土木構造物の影響の観点から抽出されなかった部位であっても、地震応答解析結果から機器・配管系への影響の可能性が想定される部位については検討対象として抽出する。



第3-3-2図 水平2方向及び鉛直方向地震力による影響評価のフロー

3.3.4 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの評価対象構造物の抽出

(1) 構造形式の分類

第3-3-3図に屋外重要土木構造物の配置図を示す。

屋外重要土木構造物は、その構造形式より1) 取水構造物、常設代替高圧電源装置置場、緊急時対策所用発電機燃料油貯蔵タンク基礎、可搬型設備用軽油タンク基礎のような箱型構造物、2) 常設代替高圧電源装置用カルバート（トンネル部）、常設代替高圧電源装置用カルバート（カルバート部）、常設低圧代替注水系配管カルバート、格納容器圧力逃がし装置用配管カルバートのような線状構造物、3) 常設代替高圧電源装置用カルバート（立坑部）、常設低圧代替注水系ポンプ室、緊急用海水ポンプピットのような立坑構造物（矩形）、4) 代替淡水貯槽、SA用海水ピット、SA用海水ピット取水塔のような立坑構造物（円筒形）、5) 取水構造物、屋外二重管、常設代替高圧電源装置用カルバート（カルバート部）、緊急時対策所用発電機燃料油貯蔵タンク基礎、可搬型設備用軽油タンク基礎の鋼管杭基礎、並びに6) 緊急用海水取水管、海水引込み管のような管路構造物の6つに大別される。

屋外重要土木構造物の構造形式を第3-3-2表に示す。



第 3-3-3 図 屋外重要土木構造物配置図

第 3-3-2 表 屋外重要土木構造物の構造形式

対象構造物	構造形式					
	1) 箱型 構造物	2) 線状 構造物	3) 立坑構造物 (矩形)	4) 立坑構造物 (円筒形)	5) 鋼管杭 基礎	6) 管路 構造物
取水構造物	○				○	
屋外二重管			○			
常設代替高压電源装置場及び西側淡水貯水設備	○					
常設代替高压電源装置用カルバート (トンネル部)		○				
常設代替高压電源装置用カルバート (立坑部)			○			
常設代替高压電源装置用カルバート (カルバート部)		○			○	
代替淡水貯槽				○		
常設低圧代替注水系ポンプ室			○			
常設低圧代替注水系配管カルバート		○				
格納容器圧力逃がし装置用配管カルバート		○				
緊急用海水ポンプピット			○			
緊急用海水取水管						○
S A用海水ピット				○		
海水引込み管						○
S A用海水ピット取水塔				○		
緊急時対策所用発電機燃料油貯蔵タンク基礎	○				○	
可搬型設備用軽油タンク基礎	○				○	

(2) 従来設計手法における評価対象断面に対して直交する荷重の整理

第3-3-2表に、従来設計手法における評価対象断面に対して直交する荷重を示す。

従来設計手法における評価対象断面に対して直交する荷重として、動土圧及び動水圧、摩擦力、慣性力が挙げられる。

第3-3-2表 従来設計手法における評価対象断面に対して直交する荷重

作用荷重		作用荷重のイメージ(注)
㊦動土圧及び動水圧	従来設計手法における評価対象断面に対して、平行に配置される構造部材に作用する動土圧及び動水圧	<p>従来設計手法の評価対象断面</p> <p>動土圧・動水圧</p> <p>加振方向</p>
㊧摩擦力	周辺の埋戻土と躯体間で生じる相対変位に伴い発生する摩擦力	<p>従来設計手法の評価対象断面</p> <p>摩擦力</p> <p>加振方向</p>
㊨慣性力	躯体に作用する慣性力	<p>従来設計手法の評価対象断面</p> <p>慣性力</p> <p>加振方向</p>

(注) 作用荷重のイメージ図は平面図を示す。

(3) 荷重の組合せによる応答特性が想定される構造形式の抽出

第3-3-3表に、3.3.4(1)で整理した構造形式毎に、3.3.4(2)で整理した荷重作用による影響程度を示す。

評価対象構造物の地震時の挙動は、躯体が主に地中に埋設されることから、周辺地盤の挙動に大きく影響される。3.3.4(2)で整理した荷重のうち④摩擦力や⑤慣性力は、⑦動土圧及び動水圧と比較するとその影響は小さいことから、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響検討の対象とする構造物の抽出では、⑦動土圧及び動水圧による影響を考慮する。

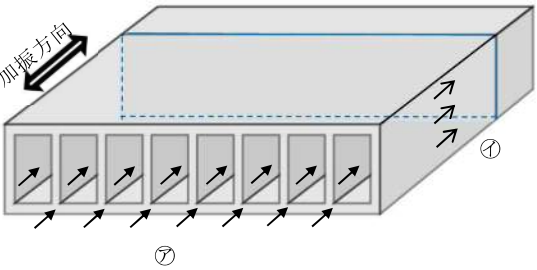
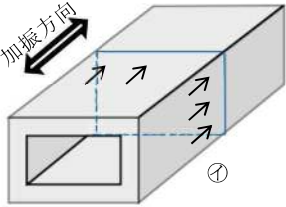
線状構造物及び管路構造物については、その構造上の特徴として、妻壁（評価対象断面に対して平行に配置される壁部材）等を有さない若しくは妻側（小口）の面積が小さいことから、従来設計手法における評価対象断面に対して直交する⑦動土圧及び動水圧は作用しない。

箱型構造物は、妻壁等を有することから、従来設計手法における評価対象断面に対して直交する⑦動土圧及び動水圧が作用する。

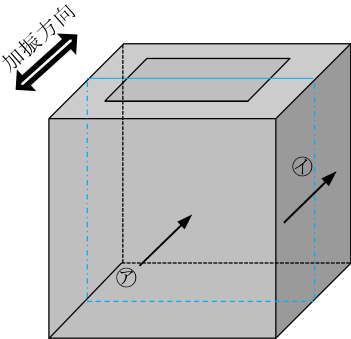
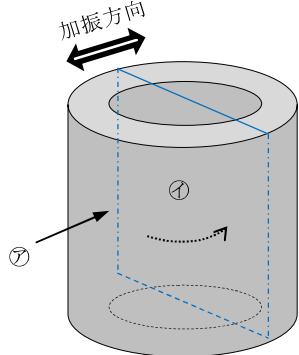
立坑構造物(矩形)及び立坑構造物(円筒形)は、その構造形状の特徴として第3-3-3表に示すように従来設計手法における評価対象断面に対して直交する⑦動土圧及び動水圧が作用する。

以上のことから、荷重の組合せによる応答特性が想定される構造形式として、従来評価手法における評価対象断面に対して直交する⑦動土圧及び動水圧が作用する箱型構造物、立坑構造物(矩形)、立坑構造物(円筒形)及び鋼管杭基礎を抽出する。

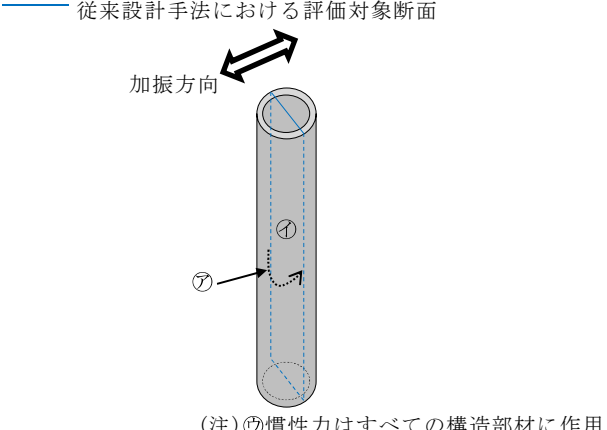
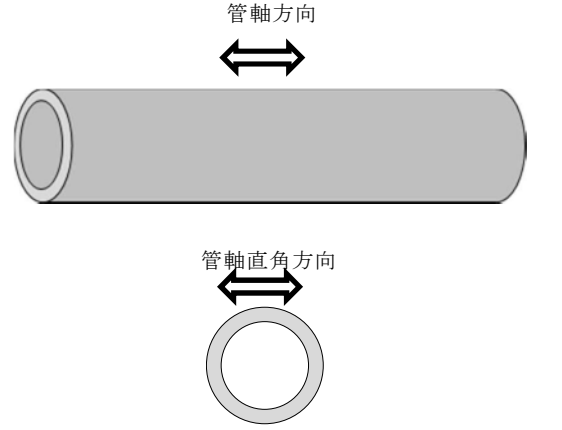
第 3-3-3 表 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せの評価対象構造物の抽出 (1/3)

3.3.4 (1) で整理した構造形式の分類	1) 箱型構造物 (取水構造物等)	2) 線状構造物 (常設低圧代替注水系配管カルバート (トンネル部等))		
3.3.4 (2) で整理した荷重の作用状況	 <p>(注)㊦慣性力はすべての構造部材に作用</p>	 <p>(注)㊦慣性力はすべての構造部材に作用</p>		
	㊦動土圧及び動水圧	主に妻壁に作用	㊦動土圧及び動水圧	作用しない
	㊧摩擦力	側壁に作用	㊧摩擦力	側壁, 頂版に作用
	㊨慣性力	全ての部材に作用	㊨慣性力	全ての部材に作用
従来設計手法における評価対象断面に対して直交する荷重の影響程度	従来設計手法における評価対象断面に対して平行に配置される構造部材 (妻壁) を有し, ㊦動土圧及び動水圧による荷重が作用するため影響大	従来設計手法における評価対象断面に対して平行に配置される構造部材を有さず㊦動土圧及び動水圧による荷重が作用しないため影響小		
抽出結果 (○: 影響検討実施)	○	×		

第 3-3-3 表 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せの評価対象構造物の抽出 (2/3)

3.3.4 (2) で整理した構造形式の分類	3) 立坑構造物(矩形) (常設低圧代替注水系配管カルバート (立坑部) 等)	4) 立坑構造物(円筒形) (屋外二重管基礎コンクリート)		
3.3.4 (2) で整理した荷重の作用状況	 <p>(注) ㊦慣性力はすべての構造部材に作用</p>	 <p>(注) ㊦慣性力はすべての構造部材に作用</p>		
	㊦動土圧及び動水圧	主に胴体部に作用	㊦動土圧及び動水圧	主に胴体部に作用
	㊧摩擦力	主に胴体部に作用	㊧摩擦力	主に胴体部に作用
	㊨慣性力	全ての部材に作用	㊨慣性力	全ての部材に作用
従来設計手法における評価対象断面に対して直交する荷重の影響程度	胴体部において, ㊦動土圧及び動水圧による荷重が作用するため影響大		胴体部において, ㊦動土圧及び動水圧による荷重が作用するため影響大	
抽出結果 (○: 影響検討実施)	○		○	

第 3-3-3 表 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せの評価対象構造物の抽出 (3/3)

3.3.4 (1) で整理した構造形式の分類	5) 鋼管杭基礎 (取水構造物等の杭基礎)	6) 管路構造物 (屋外二重管等)		
3.3.4 (2) で整理した荷重の作用状況	 <p>従来設計手法における評価対象断面</p> <p>加振方向</p> <p>⑦</p> <p>①</p> <p>(注) ⑦慣性力はすべての構造部材に作用</p>	 <p>管軸方向</p> <p>管軸直角方向</p>		
	⑦動土圧及び動水圧	主に胴体部に作用	⑦動土圧及び動水圧	作用しない
	①摩擦力	主に胴体部に作用	①摩擦力	側壁, 頂版に作用
	⑦慣性力	全ての部材に作用	⑦慣性力	全ての部材に作用
従来設計手法における評価対象断面に対して直交する荷重の影響程度	胴体部において, ⑦動土圧及び動水圧による荷重, 及び上部工からの荷重が作用するため影響大。		従来設計手法における評価対象断面に対して平行に配置される構造部材を有さず⑦動土圧及び動水圧による荷重が作用しないため影響小	
抽出結果 (○: 影響検討実施)	○		×	

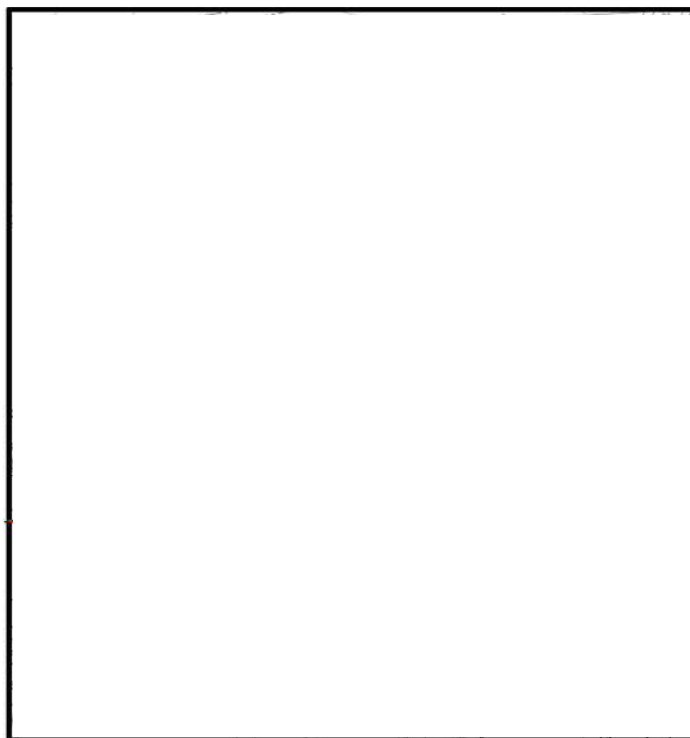
(4) 従来設計手法における評価対象断面以外の3次元的な応答特性が想定される箇所の抽出

(3)で抽出しなかった構造形式である線状構造物について、構造物ごとの平面・断面図を以下に示す。各構造物の構造、地盤条件等を考慮した上で、従来設計手法における評価対象断面以外の3次元的な応答特性が想定される箇所を抽出する。なお、管路構造物については、従来設計手法において管軸方向と管軸直角方向の応力を合成した応力評価を実施しており、水平2方向及び鉛直方向の地震力を同時に作用させて評価を行っているため、抽出の対象外とする。

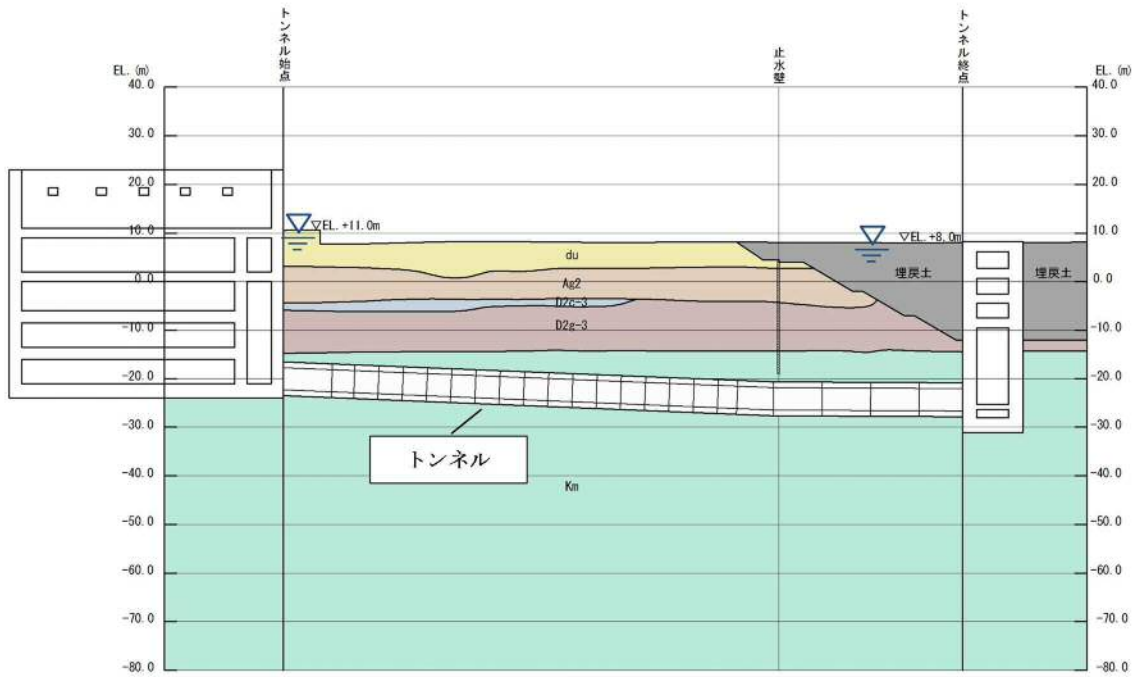
a) 常設代替高圧電源装置用カルバート（トンネル部）【線状構造物】

第3-3-5図に常設代替高圧電源装置用カルバート（トンネル部）の配置図、第3-3-6図及び第3-3-7図に当該トンネル部の断面図を示す。

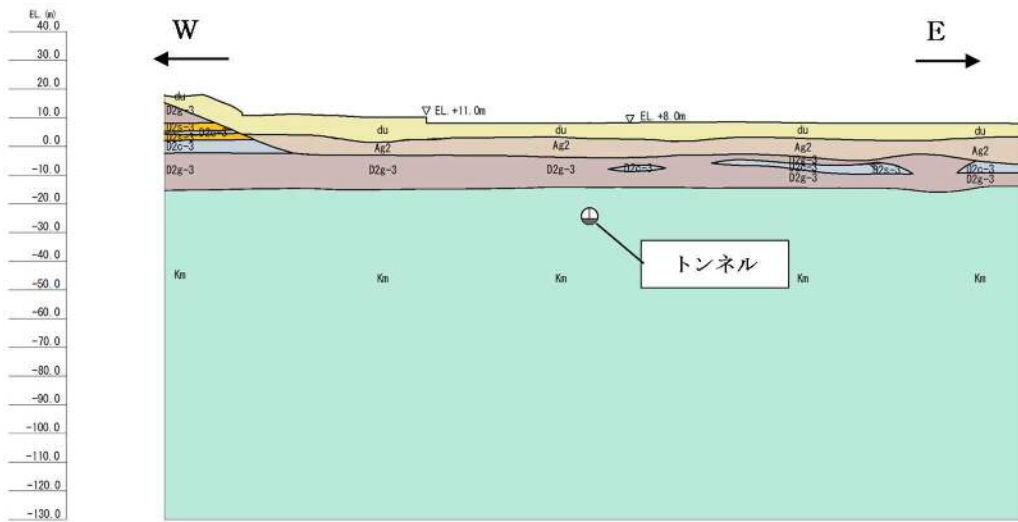
当該トンネルは、断面変化がほとんどないが、緩やかな曲線部が計画されている。第3-3-8図（施工目地の割り付け図）に示すように、適切な間隔で施工目地を設けることにより、構造物に応力集中が発生しないような設計方針とする。なお、施工目地の間隔は、トンネルの適用事例が多い「トンネル標準示方書：土木学会」に基づき決定する。



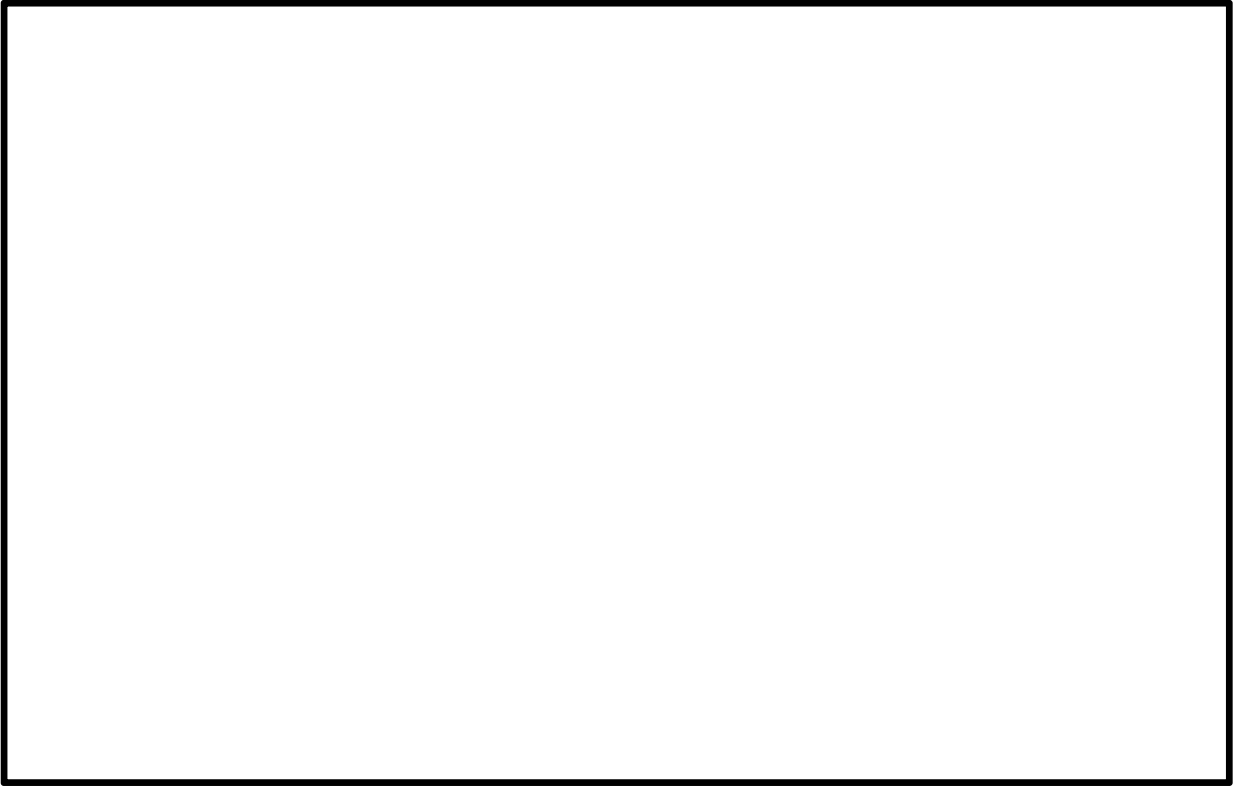
第3-3-5図 常設代替高圧電源装置用カルバート配置図



第 3-3-6 図 常設代替高圧電源装置用カルバート（トンネル部）縦断面図



第 3-3-7 図 常設代替高圧電源装置用カルバート（トンネル部）横断面図

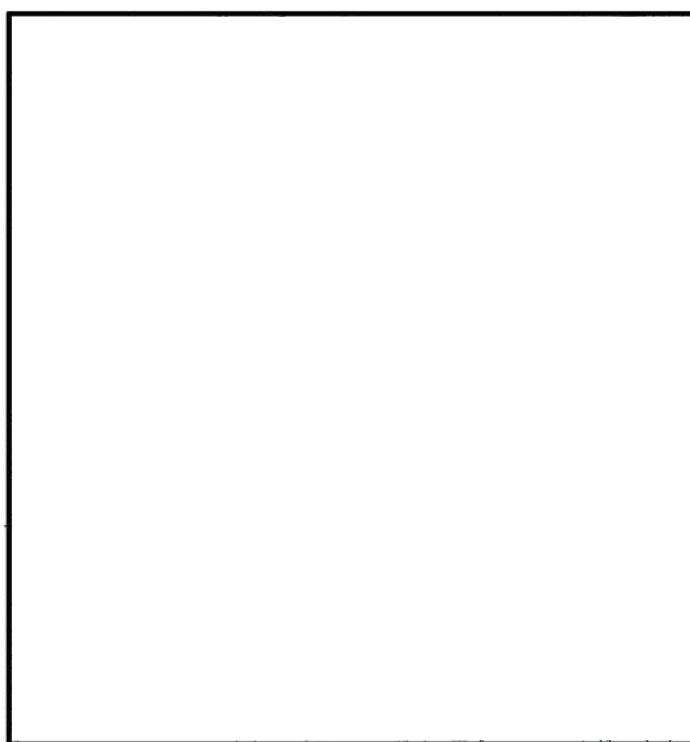


第 3-3-8 図 常設代替高圧電源装置用カルバート（トンネル部）
施工目地の割り付け図

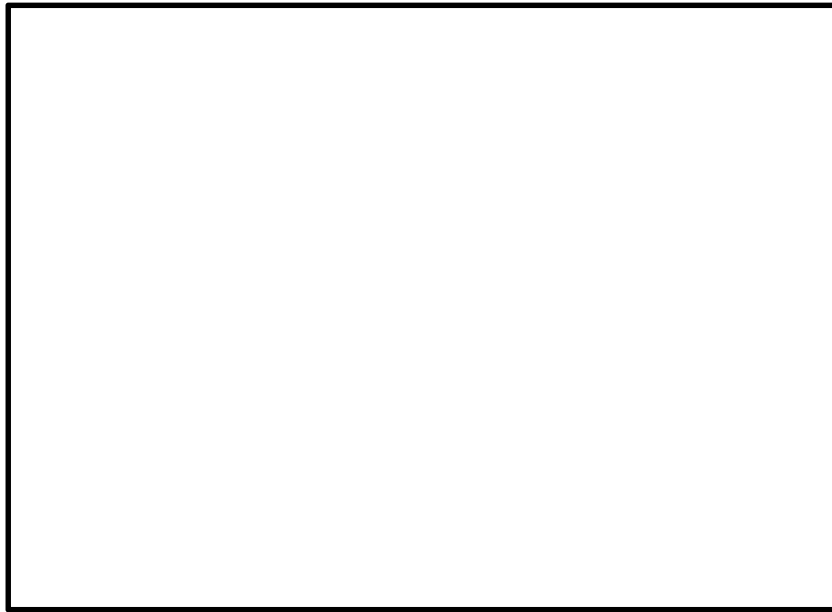
b) 常設代替高圧電源装置用カルバート（カルバート部）【線状構造物】

第3-3-9図に常設代替高圧電源装置用カルバート（カルバート部）の配置図，第3-3-10図及び第3-3-11図にカルバート部の平面図及び断面図を示す。

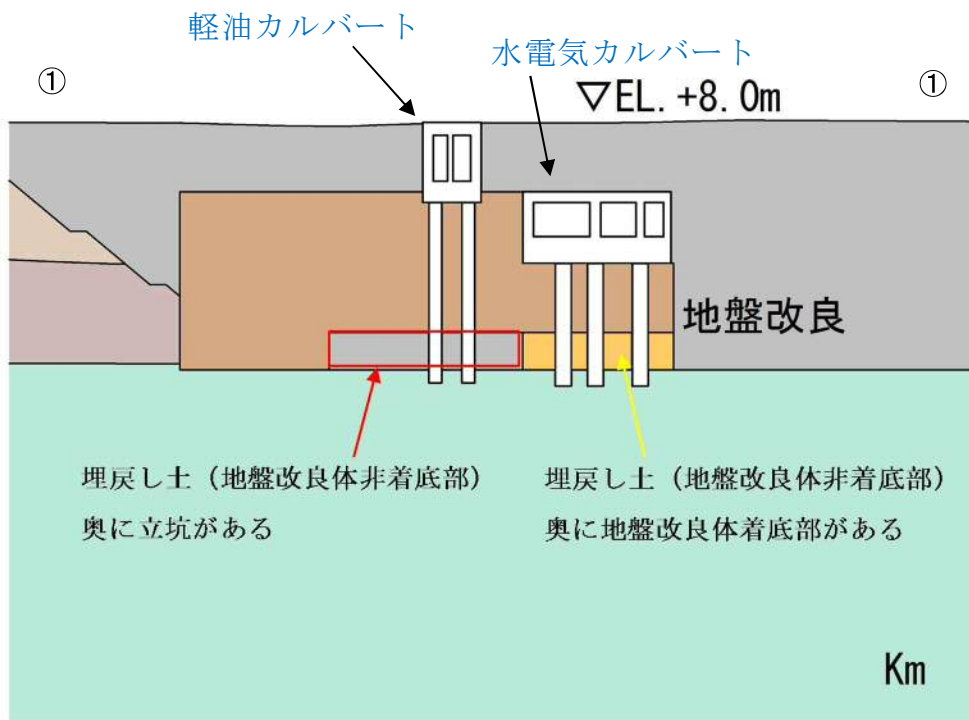
内空幅約2m，内空高さ約3mの軽油カルバートは，断面変化もほとんどなく直線である。また，杭を介して十分な支持性能を有する岩盤に設置されるため，強軸断面方向の曲げの影響をほとんど受けない。一方，内空幅約12m，内空高さ約3mの水電気カルバートは，内空寸法はほぼ一様であるが屈曲部(隅角部)を有するため，水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響として，弱軸断面方向のせん断変形や強軸断面方向の曲げ変形への影響が想定される。



第3-3-9図 常設代替高圧電源装置用カルバート配置図



第 3-3-10 図 常設代替高压電源装置用カルバート
(カルバート部) 平面図

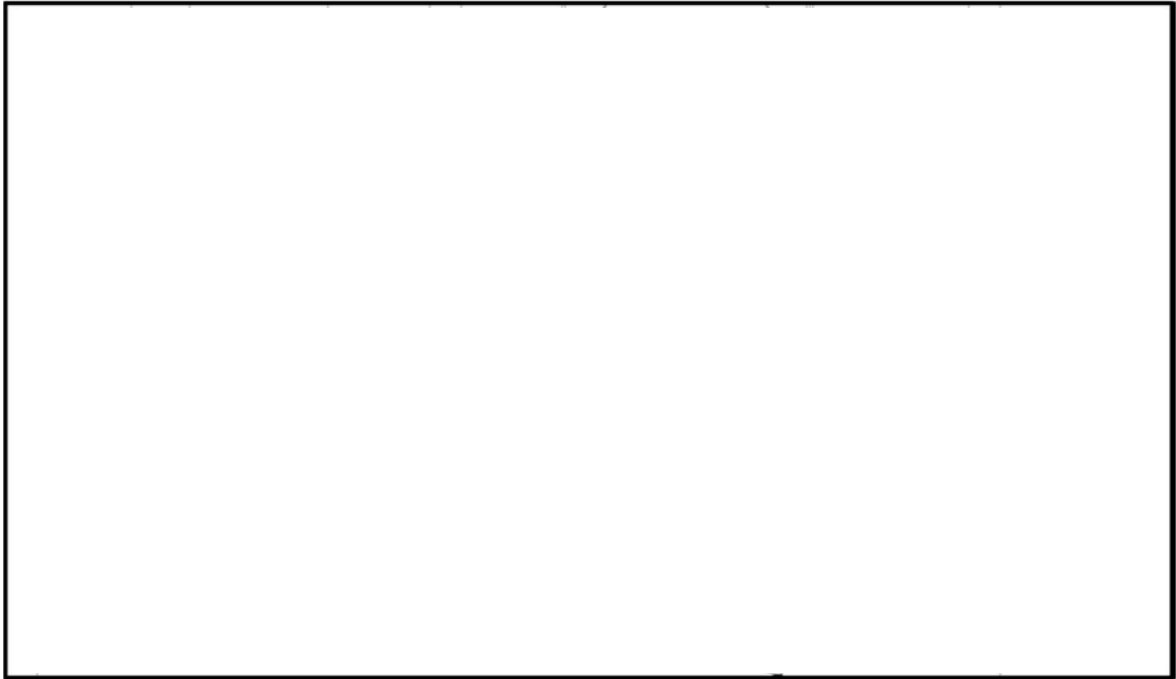


第 3-3-11 図 常設代替高压電源装置用カルバート
(カルバート部) 断面図 (①-①' 断面)

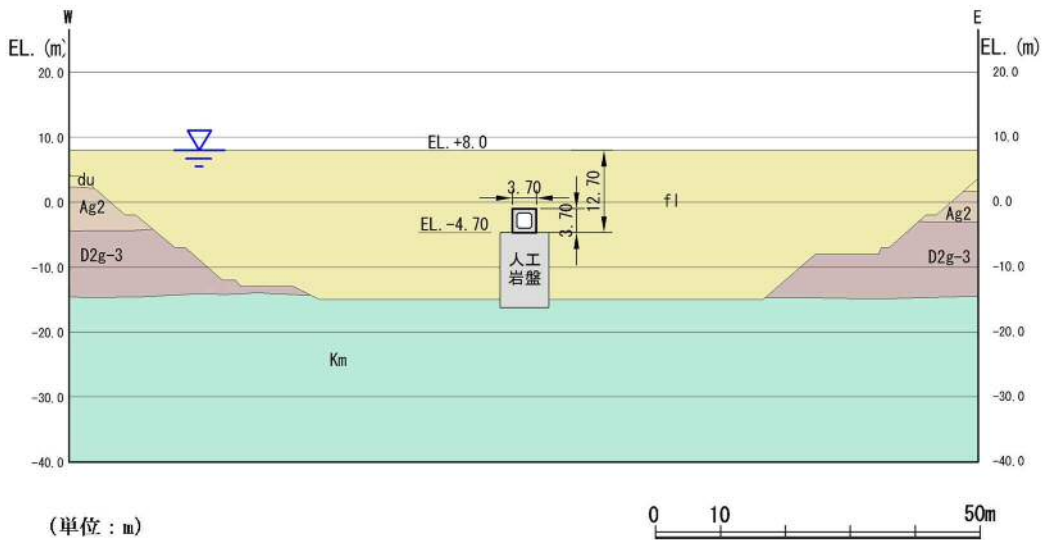
c) 常設低圧代替注水系配管カルバート【線状構造物】

第 3-3-12 図及び第 3-3-13 図に常設低圧代替注水系配管カルバートの平面図及び断面図を示す。

当該構造物は、断面変化もほとんどなく直線である。また、人工岩盤を介して十分な支持性能を有する岩盤に設置されるため、強軸断面方向の曲げの影響をほとんど受けない。



第 3-3-12 図 常設低圧代替注水系配管カルバート平面図

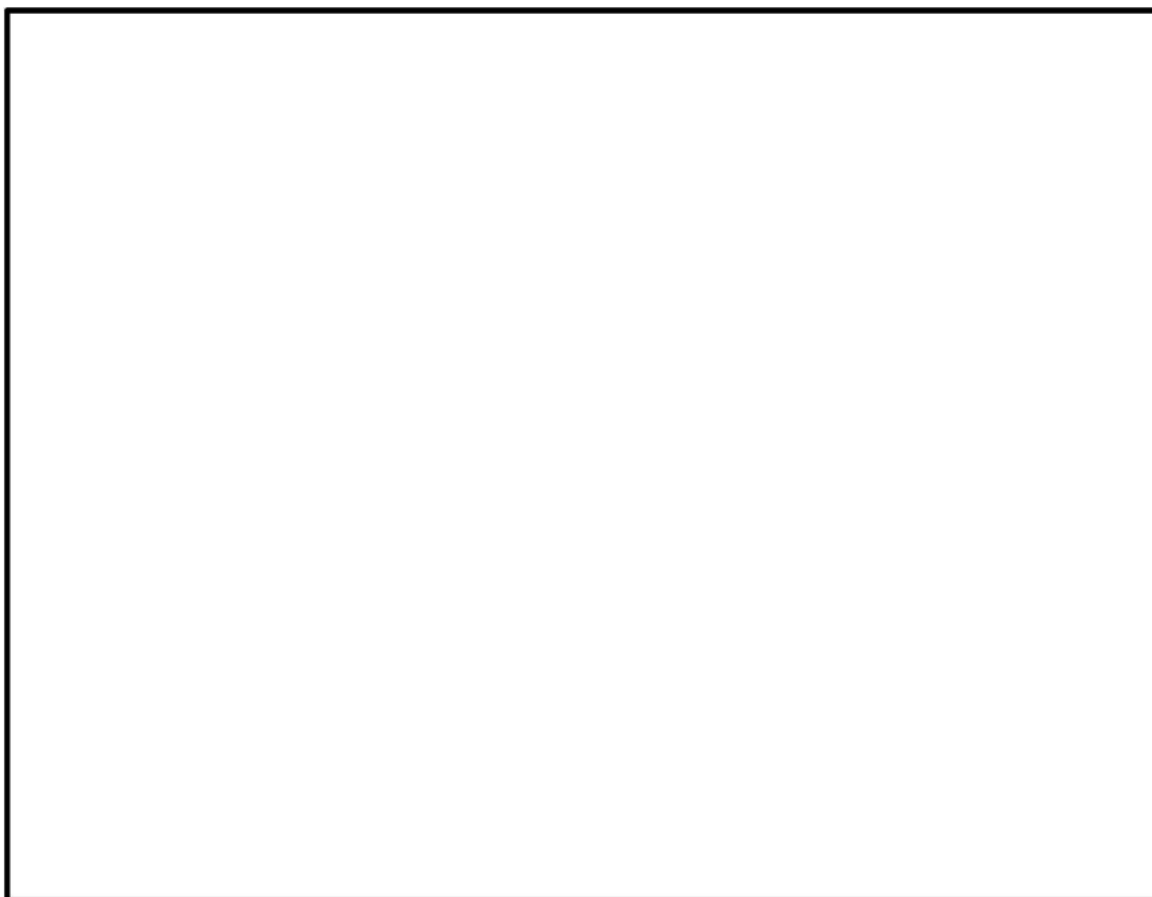


第 3-3-13 図 常設低圧代替注水系配管カルバート断面図 (東西断面)

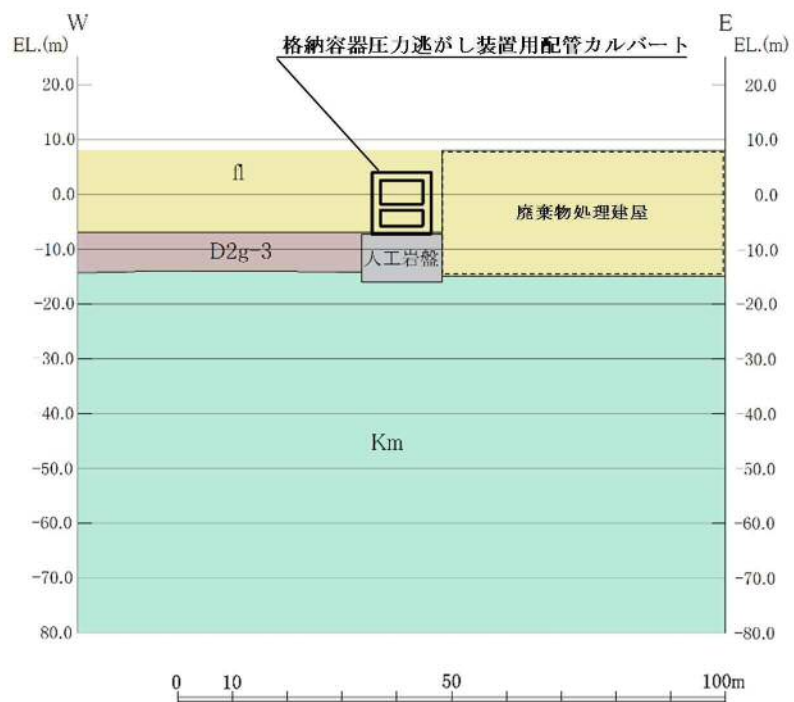
d) 格納容器圧力逃がし装置用配管カルバート【線状構造物】

第3-3-14図、第3-3-15図及び第3-3-16図に格納容器圧力逃がし装置用配管カルバートの平面図及び断面図を示す。

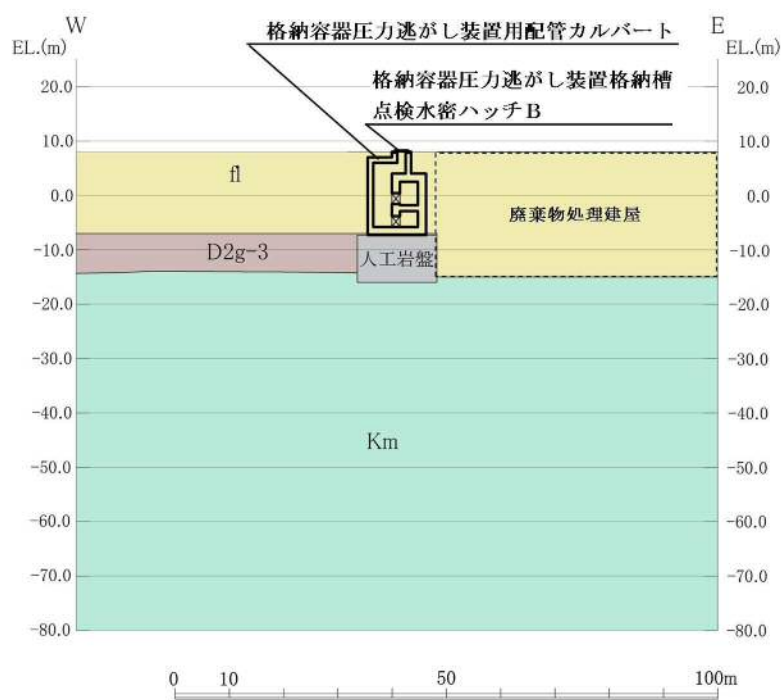
当該構造物は、断面変化があり屈曲部を有するため、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響として、弱軸断面方向のせん断変形や強軸断面方向の曲げ変形への影響が想定される。



第3-3-14図 格納容器圧力逃がし装置用配管カルバート平面図



第 3-3-15 図 格納容器圧力逃がし装置用配管カルバート
断面図 (A-A 断面)



第 3-3-16 図 格納容器圧力逃がし装置用配管カルバート
断面図 (D-D 断面)

線状構造物として大別した常設代替高圧電源装置用カルバート（カルバート部）及び格納容器圧力逃がし装置用配管カルバートは、構造物の配置上、屈曲部を有する。線状構造物の屈曲部では、水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響として、弱軸断面方向のせん断変形や強軸断面方向の曲げ変形への影響が想定される。

以上のことから、常設代替高圧電源装置用カルバート（カルバート部）及び格納容器圧力逃がし装置用配管カルバートの屈曲部について水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響を検討する。

(5) 従来設計手法の妥当性の確認

i) 常設代替高圧電源装置用カルバート（カルバート部）

常設代替高圧電源装置用カルバート（カルバート部）【水電気カルバート】の従来設計では、第 3-3-4 表に示す通り、屈曲部における 3 次元的な拘束効果（評価対象断面のせん断変形を抑制する箇所や構造部材）を期待せず、保守的に評価対象断面に直交する部材のみで荷重を受け持たせる設計となっている。また、常設代替高圧電源装置用カルバート（カルバート部）は、杭を介して十分な支持性能を有する岩盤に設置されるため、躯体が底面で拘束されていることから、屈曲部における強軸断面方向の曲げの影響もほとんど受けない。

以上のことから、常設代替高圧電源装置用カルバート（カルバート部）における屈曲部での水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響は、従来設計手法における評価対象断面での耐震評価で担保される。

第 3-3-4 表 屈曲部における 3 次元的な拘束効果
(常設代替高圧電源装置用カルバート)

--

ii) 格納容器圧力逃がし装置用配管カルバート

格納容器圧力逃がし装置用配管カルバートの従来設計では、第 3-3-5 表に示す通り、屈曲部における 3 次元的な拘束効果（評価対象断面のせん断変形を抑制する箇所や構造部材）を期待せず、保守的に評価対象断面に直交する部材のみで荷重を受け持たせる設計となっている。また、格納容器圧力逃がし装置用配管カルバートは、人工岩盤を介して十分な支持性能を有する岩盤に設置されるため、躯体が底面で拘束されていることから、屈曲部における強軸断面方向の曲げの影響もほとんど受けない。

以上のことから、格納容器圧力逃がし装置用配管カルバートにおける屈曲部での水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響は、従来設計手法における評価対象断面での耐震評価で担保される。

第 3-3-5 表 屈曲部における 3 次元的な拘束効果
(格納容器圧力逃がし装置用配管カルバート)

--

3.3.5 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せの評価対象構造物の抽出結果

3.3.4 の検討を踏まえ、水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価を検討すべき構造物として、構造及び作用荷重の観点から、箱型構造物及び鋼管杭基礎を抽出する。なお、立坑構造物(矩形)、立坑構造物(円筒形)及び管路構造物については、耐震設計手法において水平 2 方向及び鉛直方向の地震力に基づく荷重を考慮した設計を行っているため対象外とする。

箱型構造物については、構造物の規模等を考慮し、長辺、短辺、高さが最も大きい常設代替高圧電源装置置場を代表構造物として選定し、影響評価を行う。第 3-3-6 表に箱型構造物の代表構造物の選定結果を、第 3-3-17 図から第 3-3-34 図に各構造物の概要図を示す。

鋼管杭基礎については、鋼管杭の材料、孔径、杭間隔、長さ及び周辺地盤の状況が施設毎に異なり、定性的に代表構造物を選定することが困難であるため、各施設の耐震評価対象断面における鋼管杭の照査値（水平 1 方向及び鉛直方向地震力の組合せに基づく耐震評価結果）に基づき代表構造物を選定し、影響評価を行う。第 3-3-6 表に鋼管杭基礎構造物及び最も厳しい照査値を示す。同表より、緊急時対策所用発電機燃料油貯蔵タンク基礎の鋼管杭の曲げ軸力照査について影響評価を行う。

第3-3-6表 箱型構造物の代表構造物の選定結果

構造形式	構造物（施設）名	規模			選定結果	選定理由
		長辺	短辺	高さ		
箱型	取水構造物	約56m	約43m	約12m		
	常設代替高圧電源装置置場	約56m	約46m	約47m	○	長辺・短辺・高さが最大
	常設代替高圧電源装置用カルバート（立坑部）	約15m	約11m	約39m		
	常設低圧代替注水系ポンプ室	約15m	約11m	約30m		
	緊急用海水ポンプピット	約12m	約12m	約36m		
	緊急時対策所用発電機用燃料油タンク基礎	約12m	約7m	約7m		
	可搬型設備用軽油タンク基礎（西側）・（南側）	約17m	約15m	約7m		

※緑色ハッチングが、代表構造物(施設)

第3-3-6表 鋼管杭基礎の選定結果

構造形式	構造物（施設）名	照査値		選定結果	選定理由
		曲げ軸力照査	せん断力照査		
鋼管杭基礎	取水構造物	0.32	0.68		
	屋外二重管	0.90	0.21		
	常設代替高圧電源装置用カルバート（カルバート部）	0.34	0.26		
	緊急時対策所用発電機用燃料油タンク基礎	0.94	0.32	○	照査値が最大
	可搬型設備用軽油タンク基礎	0.74	0.25		

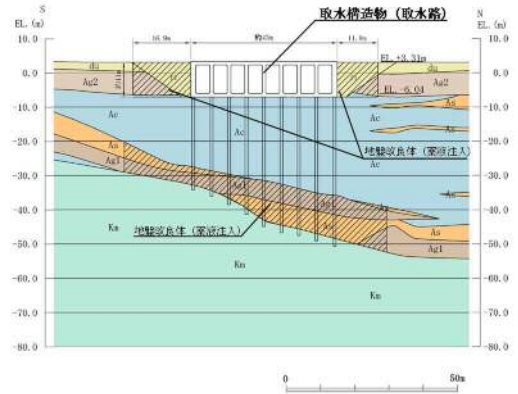
※緑色ハッチングが、代表構造物(施設)

a) 取水構造物 【箱型構造物】 【鋼管杭基礎の代表】

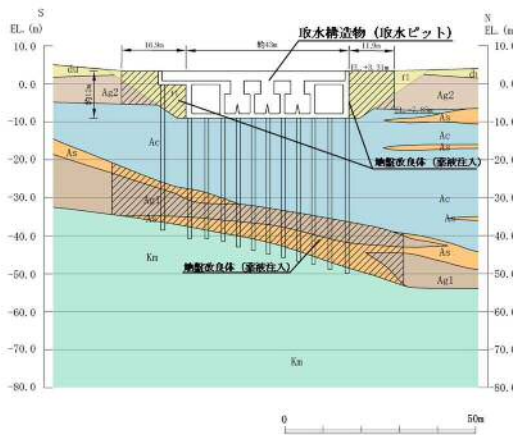
第 3-3-17 図から第 3-3-20 図に取水構造物の平面図及び断面図を示す。



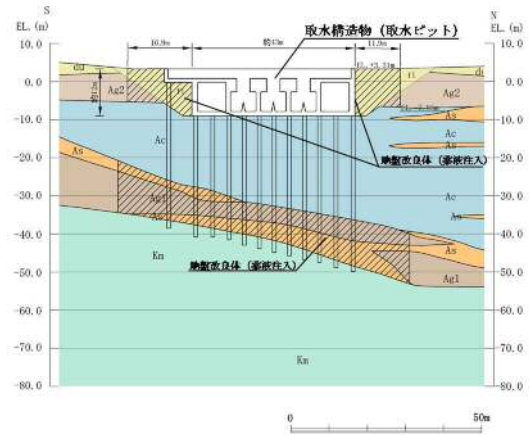
第 3-3-17 図 取水構造物
平面図



第 3-3-18 図 取水構造物
縦断面図 (A-A 断面)



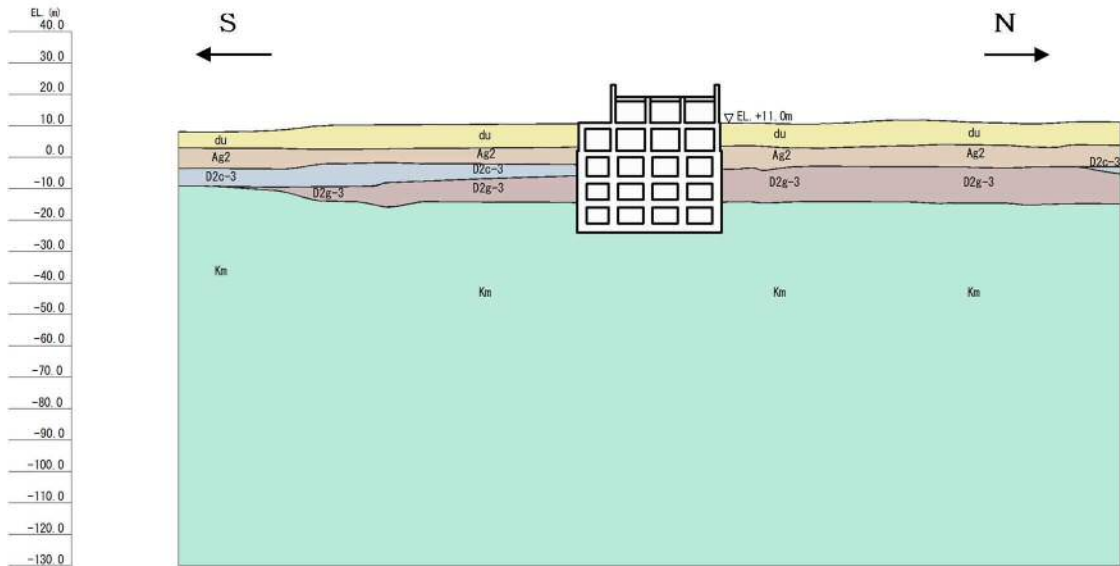
第 3-3-19 図 取水構造物
縦断面図 (B-B 断面)



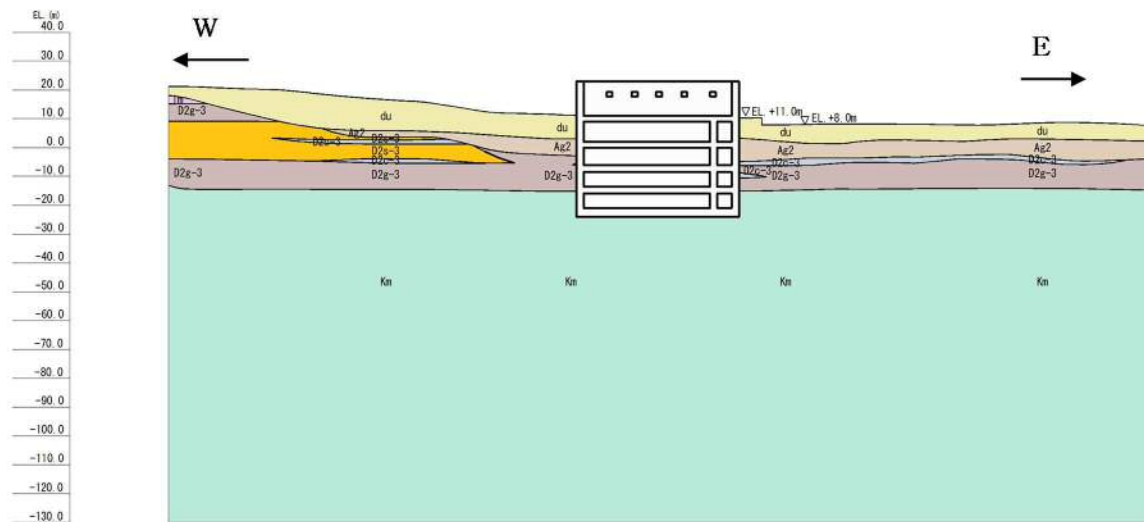
第 3-3-20 図 取水構造物
縦断面図 (C-C 断面)

b) 常設代替高圧電源装置置場 【箱型構造物の代表】

第 3-3-21 図及び第 3-3-22 図に常設代替高圧電源装置置場の断面図を示す。



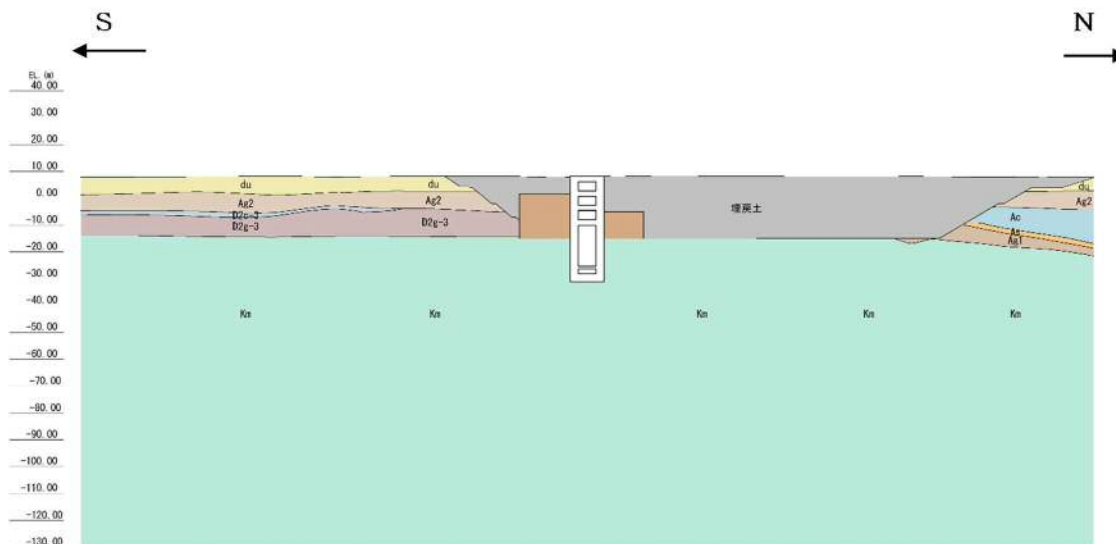
第 3-3-21 図 常設代替高圧電源装置置場断面図（東西断面）



第 3-3-22 図 常設代替高圧電源装置置場断面図（南北断面）

c) 常設代替高圧電源装置用カルバート（立坑部） 【箱型構造物】

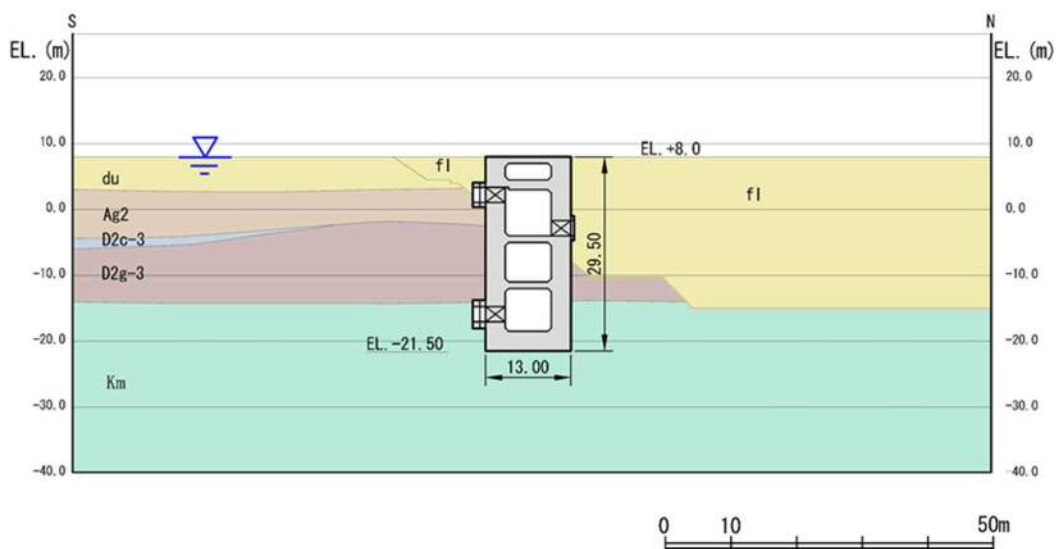
第 3-3-23 図に常設代替高圧電源装置用カルバート(立坑部)の断面図を示す。



第 3-3-23 図 常設代替高圧電源装置用カルバート（立坑部）断面図

d) 常設低圧代替注水系ポンプ室 【箱型構造物】

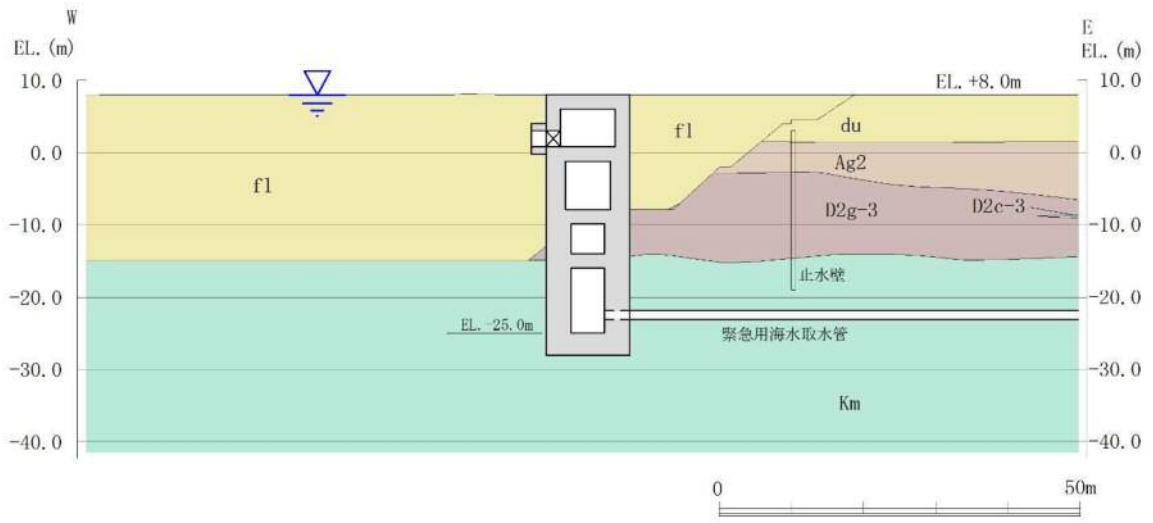
第 3-3-24 図に常設低圧代替注水系ポンプ室の断面図を示す。



第 3-3-24 図 常設低圧代替注水系ポンプ室断面図（南北断面）

e) 緊急用海水ポンプピット 【箱型構造物】

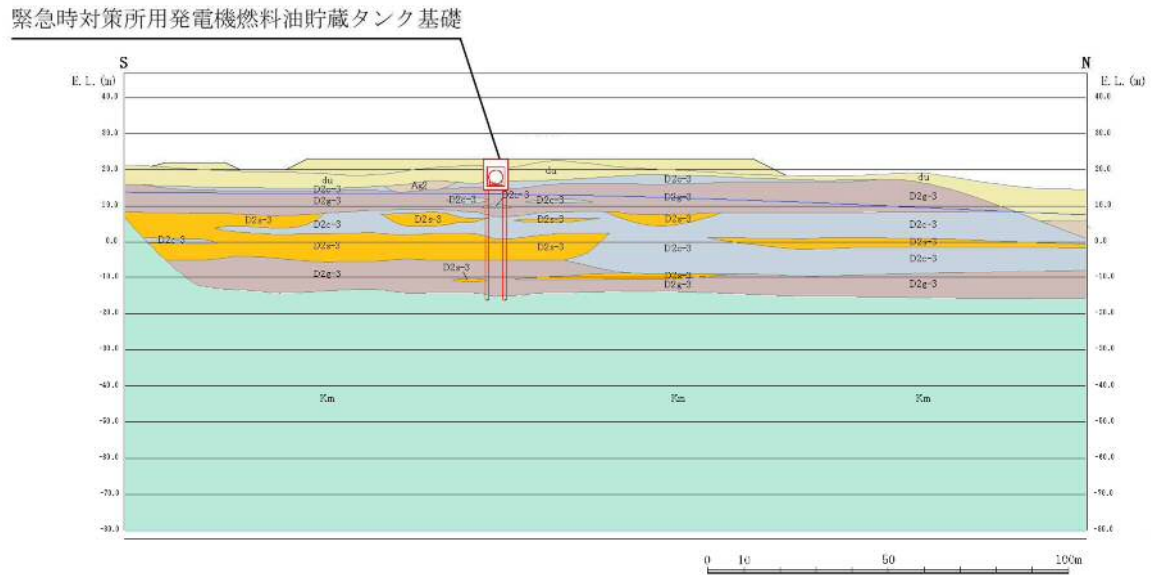
第 3-3-25 図に緊急用海水ポンプピットの断面図を示す。



第 3-3-25 図 緊急用海水ポンプピット断面図（東西断面）

f) 緊急時対策所用発電機燃料油貯蔵タンク基礎 【箱型構造物】 【鋼管杭基礎】

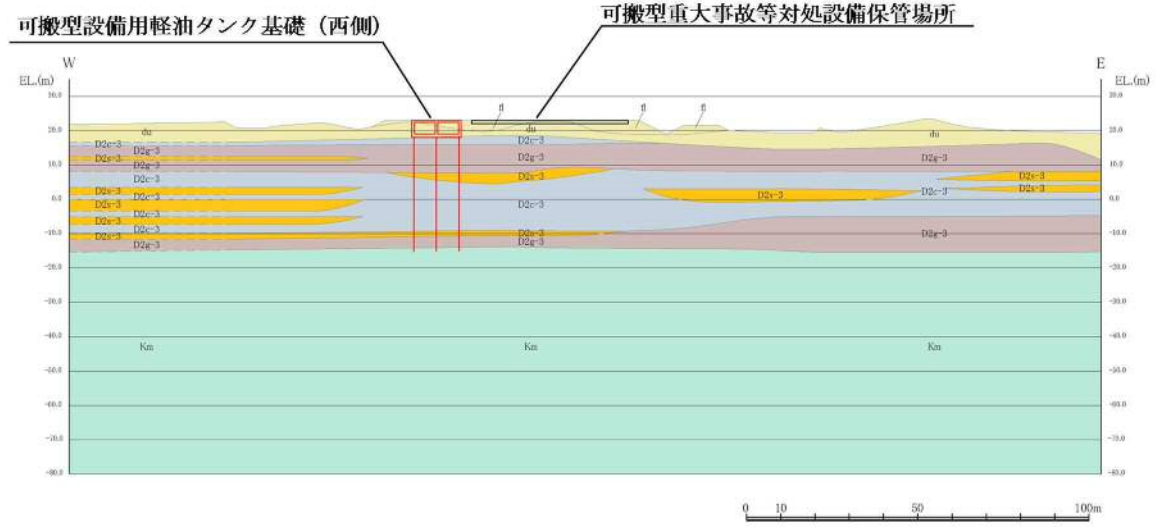
第 3-3-26 図に緊急時対策所用発電機燃料油貯蔵タンク基礎の断面図を示す。



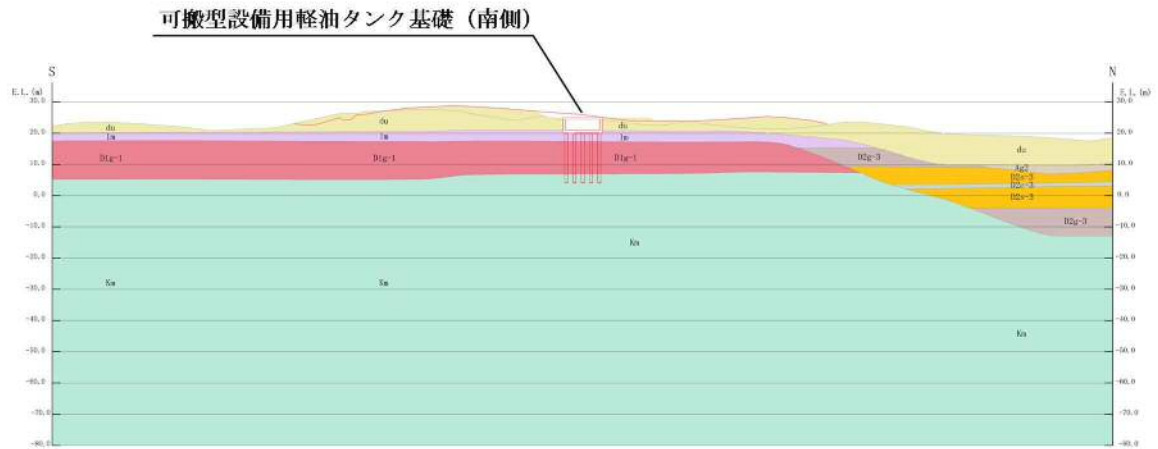
第 3-3-26 図 緊急時対策所用発電機燃料油貯蔵タンク基礎断面図

g) 可搬型設備用軽油タンク基礎 【箱型構造物】 【鋼管杭基礎】

第 3-3-27 図及び第 3-3-28 図に可搬型設備用軽油タンク基礎の断面図を示す。



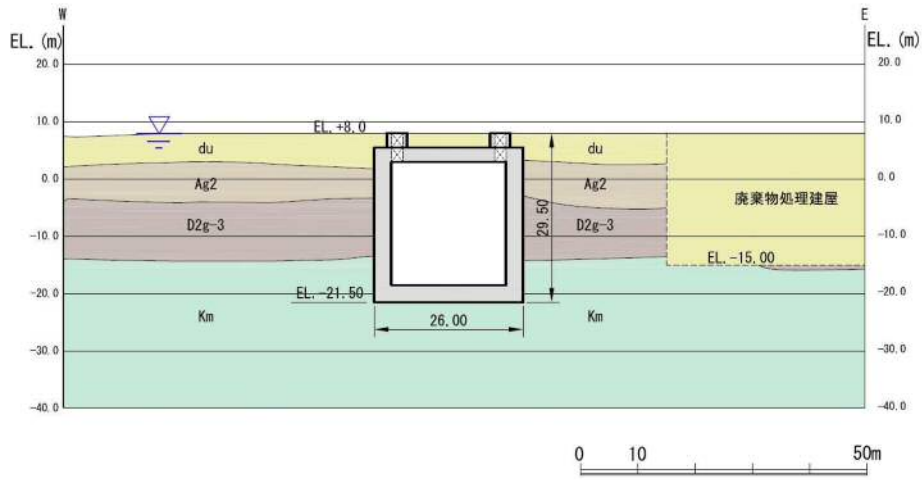
第 3-3-27 図 可搬型設備用軽油タンク基礎断面図 (東西断面)



第 3-3-28 図 可搬型設備用軽油タンク基礎断面図 (南北断面)

h) 代替淡水貯槽 【円筒状構造物の代表】

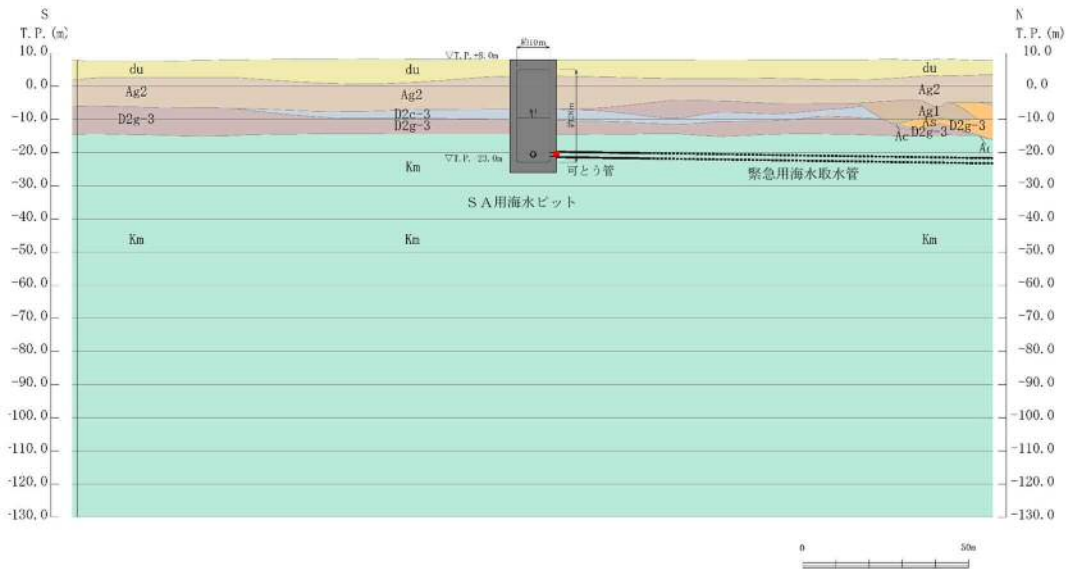
第 3-3-29 図に代替淡水貯槽の断面図を示す。



第 3-3-29 図 代替淡水貯槽断面図（東西断面）

i) S A用海水ピット 【円筒状構造物の代表】

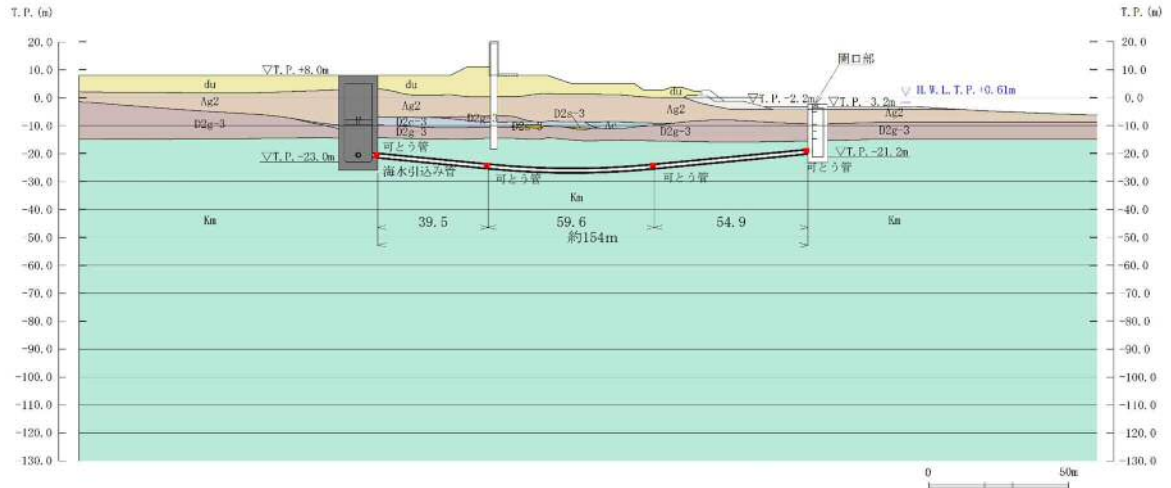
第 3-3-30 図に S A用海水ピットの断面図を示す。



第 3-3-30 図 S A用海水ピット断面図

j) S A用海水ピット取水塔 【円筒状構造物】

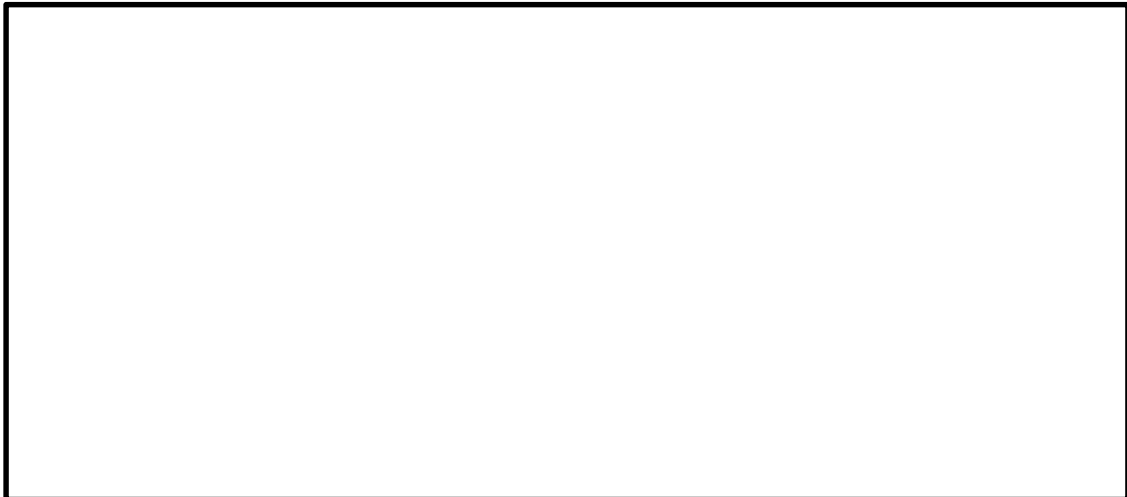
第3-3-31 図にS A用海水ピット取水塔の断面図を示す。



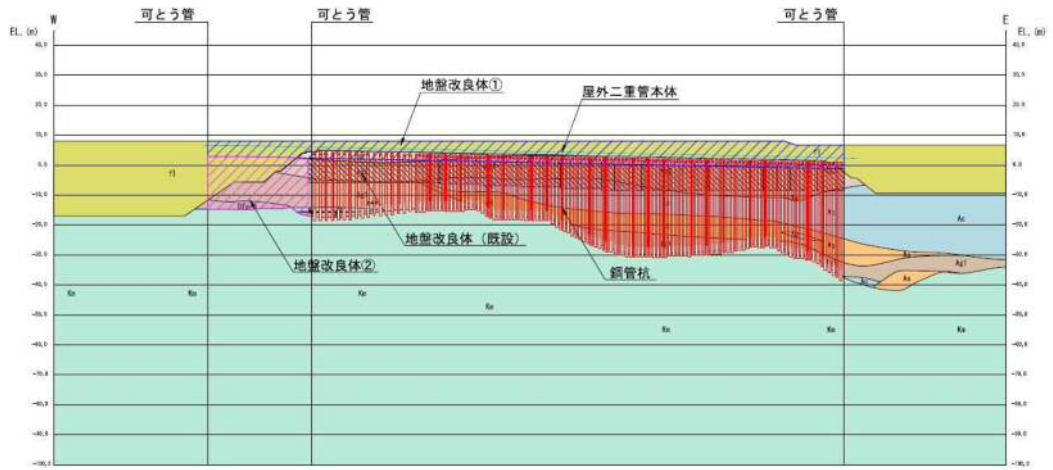
第3-3-31 図 S A用海水ピット取水塔断面図

k) 屋外二重管 【鋼管杭基礎】

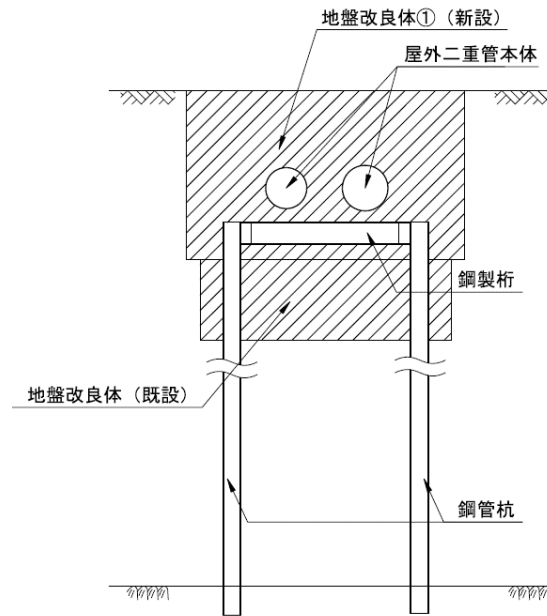
第3-3-32 図及び第3-3-33 図に屋外二重管の平面及び断面図を示す。第3-3-34 図に概念図を示す。



第3-3-32 図 屋外二重管平面図



第 3-3-33 図 屋外二重管縦断面図 (A-A 断面)



横断面図

第 3-3-34 図 屋外二重管概念図

3.3.6 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの評価

(1) 箱型構造物

水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価については、箱型構造物の弱軸断面方向（評価対象断面）と強軸断面方向（評価対象断面に直交する断面）におけるそれぞれの2次元の地震応答解析にて、互いに干渉し合う断面力や応力を選定し、弱軸断面方向加振における部材照査において、強軸断面方向加振の影響を考慮し評価する。

強軸断面方向加振については、箱型構造物の隔壁・側壁が、強軸断面方向加振にて耐震壁としての役割を担うことから、当該構造部材を耐震壁と見なし、「鉄筋コンクリート構造計算基準・同解説—許容応力度設計法—（日本建築学会，1999）」（以下「RC基準」という。）に準拠し耐震評価を実施する。

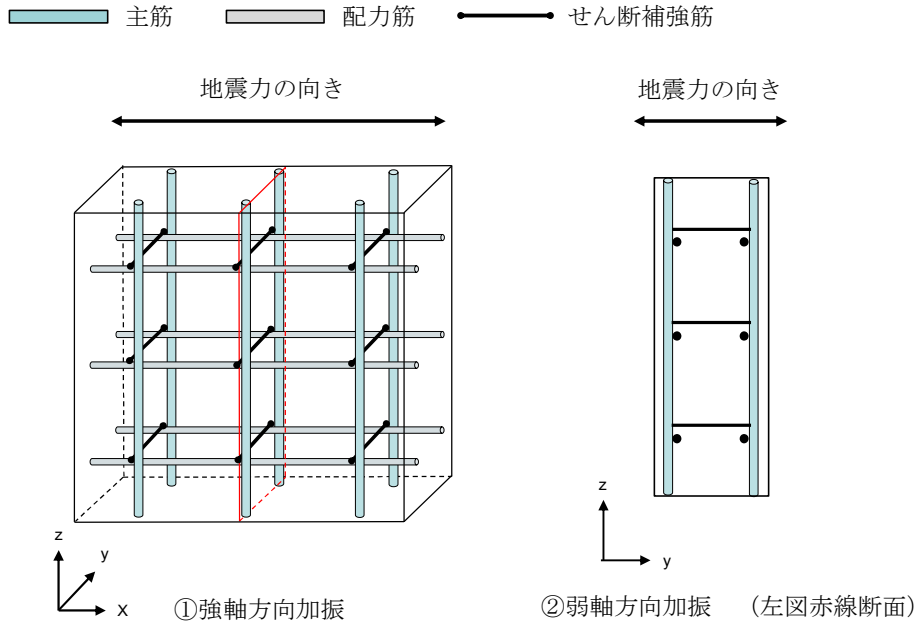
RC基準では、耐震壁に生じるせん断力（面内せん断）に対して、コンクリートのみで負担できるせん断耐力と、鉄筋のみで負担できるせん断耐力のいずれか大きい方を鉄筋コンクリートのせん断耐力として設定する。したがって、壁部材の生じるせん断力がコンクリートのみで負担できるせん断力以下であれば、鉄筋によるせん断負担は無く鉄筋には応力が発生しないものとして取り扱う。

一方、強軸断面方向加振にて生じるせん断力を、箱型構造物の隔壁・側壁のコンクリートのみで負担できず、鉄筋に負担させる場合、第3-3-35図に示すとおり、強軸断面方向加振にて発生する側壁・隔壁の主筋の発生応力が、弱軸断面方向における構造部材の照査に影響を及ぼす可能性がある。

したがって、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価においては、強軸断面方向加振にて発生する応力を、弱軸断面方向における構造部材の照査に付加することで、その影響の有無を検討する。

なお、弱軸断面方向及び強軸断面方向の地震応答解析では、保守的に両方とも基準地震動 S_s を用いる。

第3-3-36図に水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる評価フローをす。

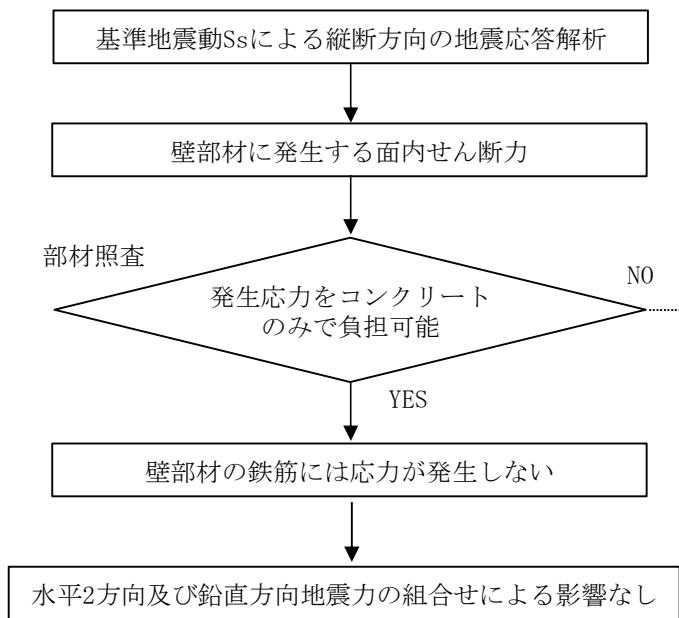


		①強軸方向加振	②弱軸方向加振	備考
断面力	My (y軸まわりの曲げモーメント)	△	×	
	Mx (x軸まわりの曲げモーメント)	×	○	
	Nz (鉛直方向軸力)	○	○	互いに干渉する可能性あり
	Nzx (zx平面内せん断)	○	×	
	Qz (z方向面外せん断)	×	○	
応力	主筋	○	○	互いに干渉する可能性あり
	配力筋	○	×	
	せん断補強筋	×	○	

(○：発生する可能性あり，△：発生する可能性があるが極めて軽微，×：発生しない)

第3-3-35 図 強軸断面方向加振及び弱軸断面方向加振において発生する断面力・応力

○強軸方向での地震応答解析及び部材照査

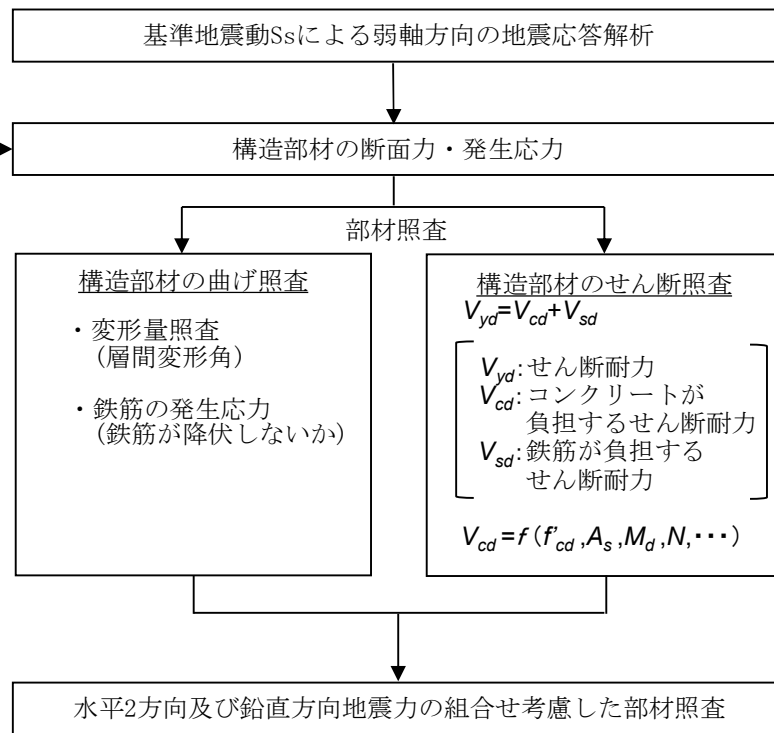


部材照査

強軸方向加振による
発生応力を考慮

..... : 両加振の耐震評価の関連性

○弱軸方向での地震応答解析及び部材照査



部材照査

構造部材の曲げ照査

- ・ 変形量照査
(層間変形角)
- ・ 鉄筋の発生応力
(鉄筋が降伏しないか)

構造部材のせん断照査

$$V_{yd} = V_{cd} + V_{sd}$$

- V_{yd} : せん断耐力
- V_{cd} : コンクリートが
負担するせん断耐力
- V_{sd} : 鉄筋が負担する
せん断耐力

$$V_{cd} = f(f'_{cd}, A_s, M_d, N, \dots)$$

水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せ考慮した部材照査

(2) 鋼管杭基礎

水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価については、鋼管構造物の弱軸断面方向（評価対象断面）と強軸断面方向（評価対象断面に直交する断面）におけるそれぞれの 2 次元有効応力解析にて評価した同要素及び同時刻の断面力を組み合わせて用いる。これにより算定した水平 2 方向及び鉛直方向地震力による発生応力が許容限界以下であることを確認する。

3.3.7 機器・配管系への影響評価

水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響が確認された構造物が耐震重要施設、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の機器・配管系の間接支持構造物である場合、水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる応答値への影響を確認する。

水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる応答値への影響が確認された場合、機器・配管系の影響評価に反映する。

なお、屋外重要土木構造物の影響の観点から抽出されなかった部位であっても、地震応答解析結果から機器・配管系への影響の可能性が想定される部位については検討対象として抽出する。

3.3.8 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの評価条件

(1) 東西方向の地震応答解析

a. 地震応答解析手法

電源装置置場の地震応答解析は、地盤と構造物の相互作用を考慮できる2次元有限要素法を用いて、基準地震動に基づき設定した水平地震動と鉛直地震動の同時加振による逐次時間積分の時刻歴応答解析にて行う。地震応答解析については、解析コード「FLIP Ver. 7.3.0_2」を使用する。また、東西方向における構造部材（壁部材）については、「鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説—許容応力度設計法—（日本建築学会，1999）」を参考に、以下の式で求まる許容せん断力（ Q_A ）を許容限界とする。

水平荷重を受ける耐震壁の許容水平せん断力 Q_A は（1）式による。

$$Q_A = r t l f_s \dots \dots \dots (1)$$

ただし、 r ：開口に対する低減率で、(2)式の r_1 と r_2 のうちいずれか小さい方による。

$$r_1 = 1 - \frac{l_o}{l}$$

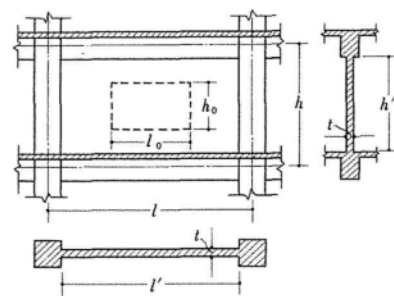
$$r_2 = 1 - \sqrt{\frac{h_o l_o}{A t}}$$

$$\dots \dots \dots (2)$$

$\left(\text{適用範囲 } \sqrt{\frac{h_o l_o}{A t}} \leq 0.4 \right)$

記号

- t : 壁板の厚さ
- l : 壁板周辺の柱中心間距離
- h : 壁板中心の梁中心間距離
- l_o : 開口部の長さ
- h_o : 開口部の高さ
- l' : 壁板の内法長さ
- h' : 壁板の内法高さ
- f_s : コンクリートの短期許容せん断応力度



(a) 構造部材

構造部材としてのスラブ，底版及び側壁を線形はり要素で，耐震壁の効果を期待する側壁及び隔壁を平面ひずみ要素でモデル化する。

(b) 地盤

常設代替高圧電源装置置場周辺の地盤条件については，V-2-2-22「常設代替高圧電源装置置場及び西側淡水貯水設備の地震応答計算書」に基づく。

(c) 減衰特性

減衰特性については，V-2-2-22「常設代替高圧電源装置置場及び西側淡水貯水設備の地震応答計算書」に基づく。

b. 地震応答解析手法

常設代替高圧電源装置置場東西方向における解析モデルを第3-3-37図に示す。

(a) 解析領域

地震応答解析モデルは，境界条件の影響が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。

(b) 境界条件

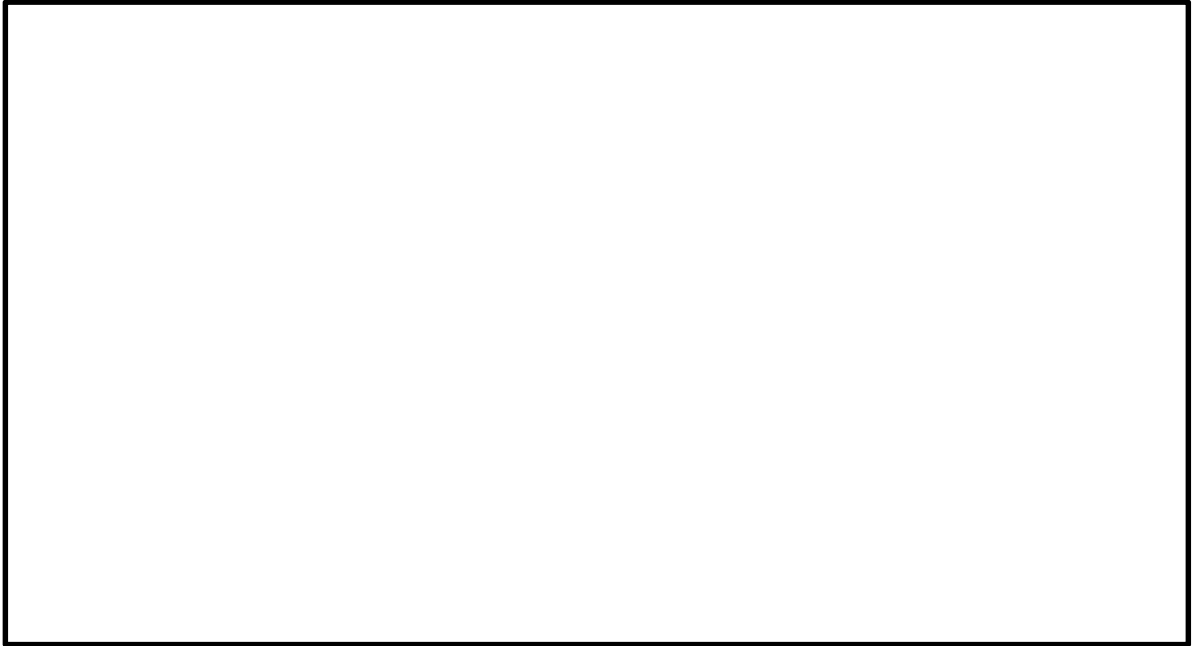
地震応答解析時の境界条件については，有限要素解析における半無限地盤を模擬するため，粘性境界を設ける。

(c) 構造物のモデル化

構造部材は，線形はり要素としてモデル化する。

(d) 地盤のモデル化

有効応力の変化に応じた地震時挙動を適切に考慮できるようにモデル化する。



第 3-3-37 図 常設代替高圧電源装置置場の地震応答解析モデル（東西断面）

3.3.9 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せの評価結果

(1) 構造物の耐震評価に与える影響

第 3-3-7 表に東西方向加振により壁部材に発生するせん断応力及び許容せん断応力を、第 3-3-38 図に評価対象部材の位置図を示す。なお、同表に示すせん断応力は、東西方向において、地中部及び及び地表部のせん断照査結果が最も厳しくなる時間のせん断ひずみを基に算定したものである。

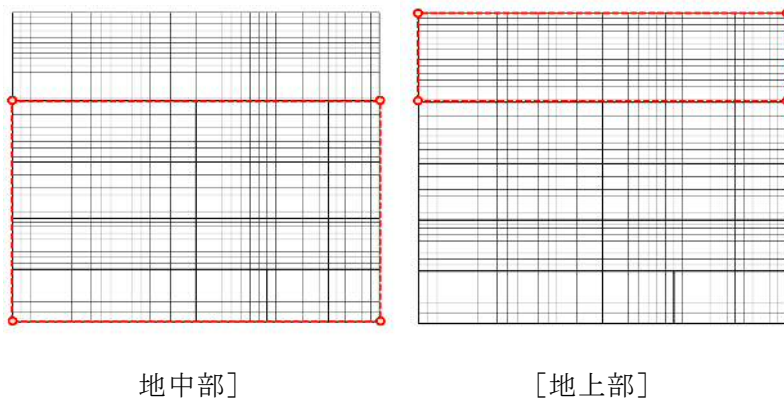
常設代替高圧電源装置置場の東西加振にて発生するせん断力は、地中部で 0.642N/mm^2 、地上部で 0.186N/mm^2 である。

一方、RC 基準によるコンクリートの許容せん断応力は、地中部で 0.878N/mm^2 、地上部で 1.134N/mm^2 であることから、壁部材に発生するせん断力はコンクリートの許容せん断力を下回る。

従って、東西方向加振において壁部材に発生するせん断力はコンクリートのみで負担でき、壁部材の鉄筋には顕著な応力は発生しないことから、東西方向加振にて壁部材に生じるせん断力は、横断方向の耐震評価に影響を与えることはない。

第3-3-7表 せん断評価結果（検討ケース④：S_s-D1（H+, V+））

対象	高さ	発生時刻	せん断応力	開口による 低減率	許容値	照査値
	H(m)					
地中部	32.500	53.88	0.642	0.65	0.878	0.73
地上部	13.000	53.89	0.186	0.84	1.134	0.16



第3-3-38図 せん断ひずみを算定する際の対象節点

(2) 機器・配管系への影響

(1)で示したとおり，常設代替高圧電源装置置場における東西方向加振の影響は東西方向に対して影響を与えることはないため，加速度応答についても，それぞれ独立すると判断できる。

また，水平2方向の地震力が床応答に与える影響については，構造体にねじれが発生する場合，応答に影響を与えると考えられるが，常設代替高圧電源装置置場の鉛直部材の配置状況より，地震力によるねじれは発生しない構造であるため，東西方向加振の影響は南北方向に対して顕著な影響を及ぼさないと考えられる。従って，加速度応答についても，それぞれ独立と見なしても実用上は問題ないと判断できる。

以上のことから，水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる機器・配管系への影響の可能性はない。

3.3.10 まとめ

屋外重要土木構造物において、水平2方向の地震力を受ける可能性がある構造物を抽出し、その構造物における従来の水平1方向及び鉛直方向地震力の組合せによる設計に対して影響を確認した結果、水平2方向及び鉛直方向地震力は、水平1方向及び鉛直方向地震力に対し影響を及ぼすことはなかった。

従って、水平2方向及び鉛直方向地震力に対しても、構造物が有する耐震性への影響はない。

また、機器・配管系への影響の可能性のある構造物については、抽出されなかった。