

女川原子力発電所第2号機 工事計画審査資料	
資料番号	02-補-E-01-0140-1_改 36
提出年月日	2021年10月29日

02-補-E-01-0140-1\_改 35 (2021年10月28日提出)  
から修正箇所のみ抜粋

補足-140-1 津波への配慮に関する説明書の補足説明資料

## 目次

1. 入力津波の評価
  - 1.1 潮位観測記録の考え方について
  - 1.2 遡上・浸水域の考え方について
  - 1.3 港湾内の局所的な海面の励起について
  - 1.4 管路解析モデルについて
  - 1.5 入力津波の不確かさの考慮について
  - 1.6 津波シミュレーションにおける解析モデルについて
  - 1.7 非常用取水設備内に貯留される水量の算定について
2. 津波防護対象設備
  - 2.1 津波防護対象設備の選定及び配置について
3. 取水性に関する考慮事項
  - 3.1 砂移動による影響確認について
  - 3.2 除塵装置の取水性への影響について
  - 3.3 非常用海水ポンプの波力に対する強度評価について
4. 漂流物に関する考慮事項
  - 4.1 設計に用いる遡上波の流速について
  - 4.2 取水口付近の漂流物に対する取水性
  - 4.3 漂流物による衝突荷重について
5. 設計における考慮事項
  - 5.1 地震と津波の組合せで考慮する荷重について
  - 5.2 耐津波設計における現場確認プロセスについて
  - 5.3 津波防護に関する施設の機能設計・構造設計に係る許容限界について
  - 5.4 津波波圧の算定に用いた規格・基準類の適用性について
  - 5.5 スロッシングによる貯水量に対する影響評価
  - 5.6 津波防護施設の強度計算における津波荷重，余震荷重及び衝突荷重の組合せについて
  - 5.7 浸水防護施設の評価における衝突荷重，風荷重及び積雪荷重について
  - 5.8 強度計算における津波時及び重畳時の荷重作用状況について
  - 5.9 耐震及び耐津波設計における許容限界について
  - 5.10 津波防護施設の設計における評価対象断面の選定について
  - 5.11 地殻変動後の津波襲来時における海水ポンプの取水性への影響について
  - 5.12 浸水防護施設のアンカーボルトの設計について

- 5.13 強度計算に用いた規格・基準類の適用性について
- 5.14 自然現象を考慮する浸水防護施設の選定について
- 5.15 浸水量評価について
- 5.16 強度評価における津波荷重等の鉛直方向荷重の考え方について
- 5.17 津波に対する止水性能を有する施設の評価について
- 5.18 防潮壁内のスロッシングによる非常用海水ポンプへの没水影響について
- 5.19 津波監視設備の設備構成及び電源構成について
- 5.20 軽油タンクエリアにおける浸水防護重点化範囲について
- 5.21 屋外タンク等からの溢水影響評価について
- 5.22 復水器水室出入口弁の津波に対する健全性について
- 5.23 タービン補機冷却海水系ポンプ吐出弁の津波に対する健全性について
- 5.24 津波の流入防止に係る津波バウンダリとなる設備の評価
  - 5.24.1 3号機補機放水側配管の基準地震動  $S_s$  に対する耐震評価
  - 5.24.2 3号機海水系ポンプの基準地震動  $S_s$  に対する耐震評価
  - 5.24.3 3号機取水側海水系配管の基準地震動  $S_s$  に対する耐震評価
  - 5.24.4 2号機および3号機海水ポンプの津波に対する強度評価
  - 5.24.5 2号機および3号機海水系配管・弁の津波に対する強度評価
- 5.25 第3号機海水熱交換器建屋の回転の影響について
- 5.26 大津波警報発表時等における常用系海水系の運用について
- 5.27 防潮壁の止水構造について
- 5.28 3号機海水系に関する津波時の敷地への流入影響について
- 6. 浸水防護施設に関する補足資料
  - 6.1 防潮堤に関する補足説明
  - 6.2 取放水路流路縮小工に関する補足説明
  - 6.3 防潮壁に関する補足説明
  - 6.4 貯留堰に関する補足説明
  - 6.5 浸水防止設備に関する補足説明
    - 6.5.1 逆流防止設備に関する補足説明
    - 6.5.2 水密扉に関する補足説明
    - 6.5.3 浸水防止蓋に関する補足説明
    - 6.5.4 浸水防止壁に関する補足説明
    - 6.5.5 逆止弁付ファンネルに関する補足説明
    - 6.5.6 貫通部止水処置に関する補足説明
  - 6.6 津波監視設備に関する補足説明
    - 6.6.1 津波監視カメラに関する補足説明

## 6.6.2 取水ピット水位計に関する補足説明

: 本日の説明範囲



## 5.27 防潮壁の止水構造について

### 1. 概要

杭基礎構造防潮壁については、津波防護施設に該当し、地震後の津波の敷地への流入を防止する役割を担っている。杭基礎構造防潮壁については、他設備との取り合いや干渉等を考慮し止水性を確保していることから、止水性確保について様々な構造を有している。

止水に当たっては津波による水圧の他、ボイリングによる影響も踏まえ評価を行っている。

本書では、杭基礎防潮壁の止水構造について、後述する止水パターンにおける止水性確保(ボイリング対策を含む)の考え方を示す。計 13 パターンの止水構造があるが、それぞれについて止水性が確保されていることを示した。

## 2. 構造物及び周囲の改良地盤位置

杭基礎防潮壁の位置及び周辺の改良地盤位置を図2-1に、また、各防潮壁位置における改良地盤の縦断面図を図2-2に示す。杭基礎防潮壁は、第2号機海水ポンプ室、第3号機海水ポンプ室、第2号機放水立坑、第3号機放水立坑の周囲に設置される。

ボーリング対策も含めた止水性確保にあたっては、防潮壁周囲における地中部の改良地盤\*の配置状況等を踏まえ、所定の安全性が確保されるよう検討を実施している。

なお、第2号機放水立坑並びに第3号機放水立坑については、一面が杭基礎防潮壁にて囲われており、他設備との取り合いが無いことや、地盤改良についても実施することから、止水性確保の考え方については後述する第2号機海水ポンプ室及び第3号機海水ポンプ室の止水性確保の考え方に包含される。

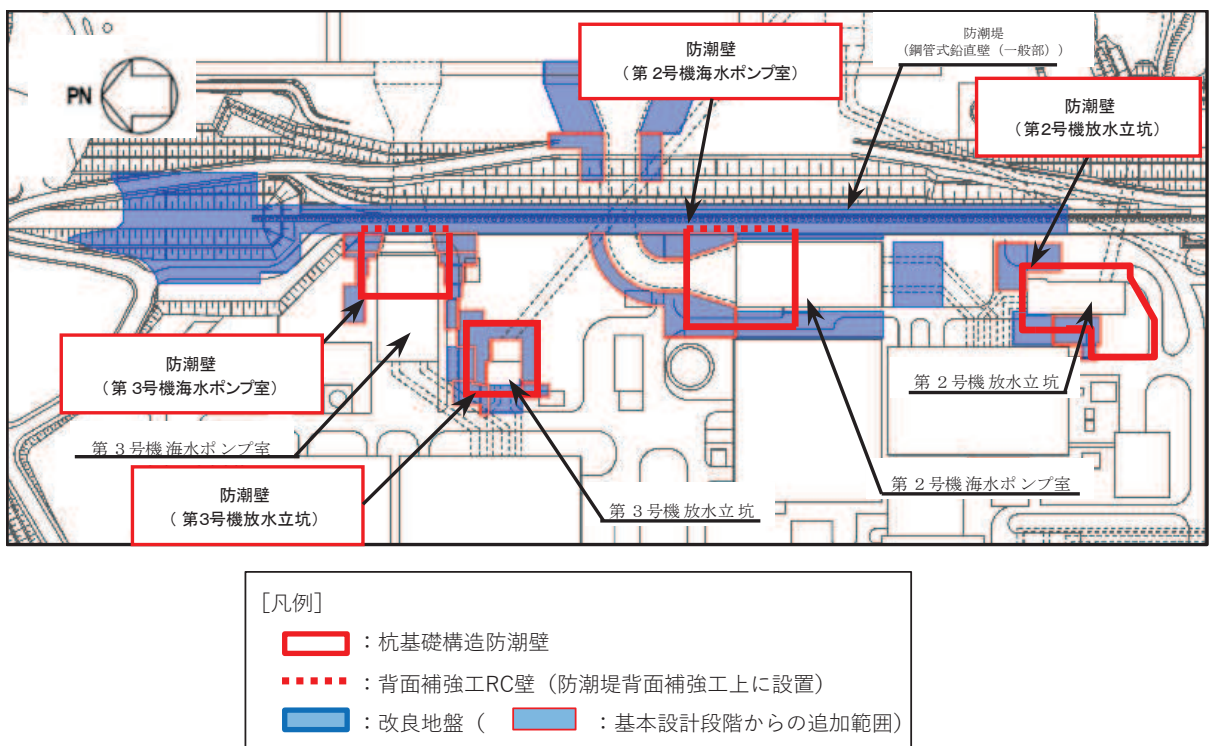
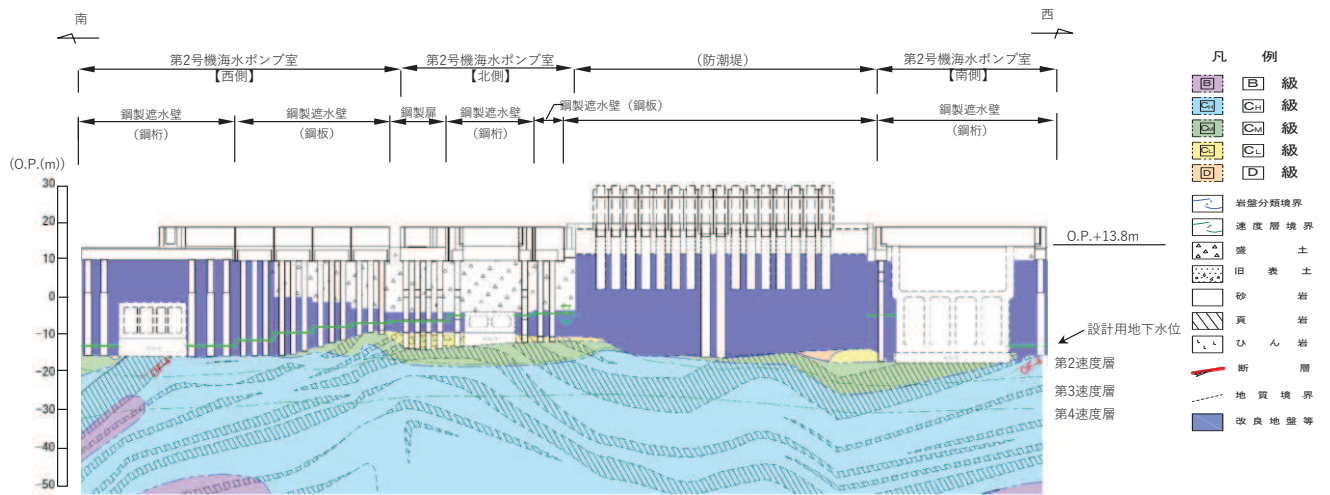


図2-1 杭基礎防潮壁の位置及び周辺の改良地盤位置 (平面図) \*

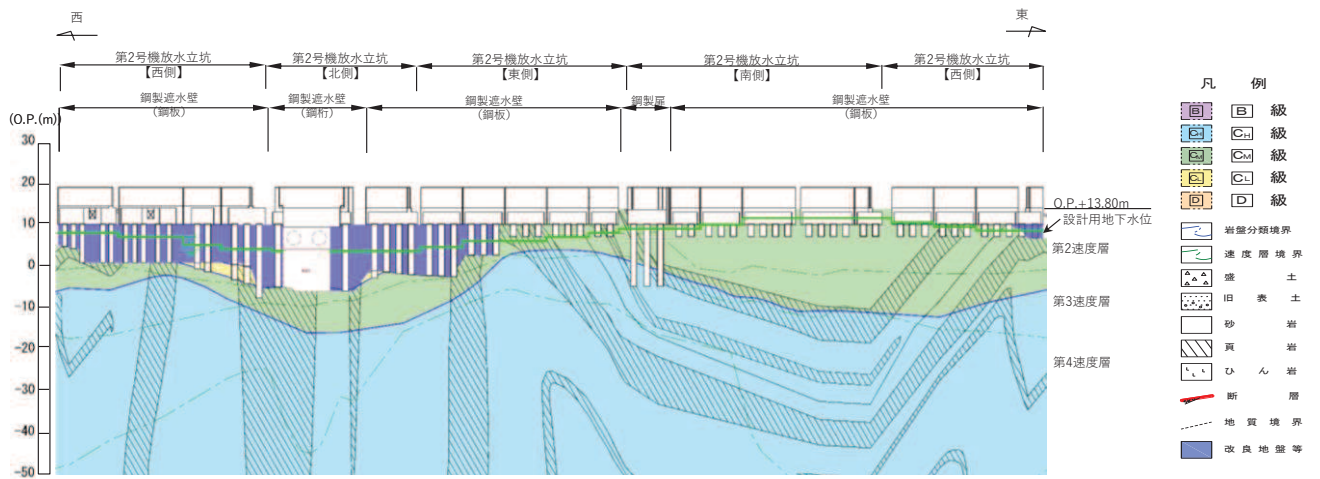
注記\* : 防潮壁の基礎杭周辺において旧表土或いは盛土に地下水位が存在する箇所は、変形抑制及び液状化対策を目的とし、余裕を考慮し設計用地下水位+1m以深を地盤改良し、改良幅は地盤改良高さの2倍を確保している。

なお、周辺には、屋外重要土木構造物等の耐震裕度向上のため躯体周辺に地盤改良が実施されている箇所もある。

また、第3号機放水立坑周辺の地盤改良は、放水立坑の損壊時を仮定した場合の周辺土砂の流出防止対策が目的であり、防潮壁の変形抑制及び液状化対策としての効果を期待できる改良幅 (地盤改良高さの2倍) を満足していないが、基準地震動S<sub>s</sub>時に対する安定性が確保されていることから、ボーリング対策を検討する上で考慮する。

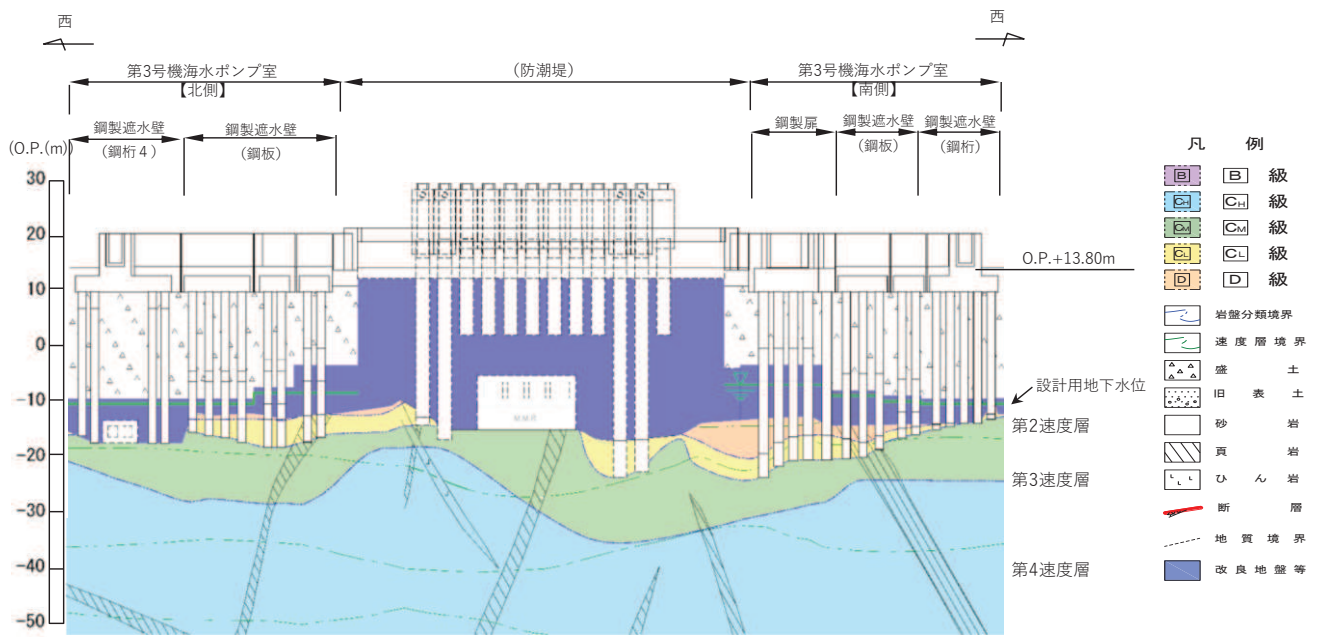


(第2号機海水ポンプ室)

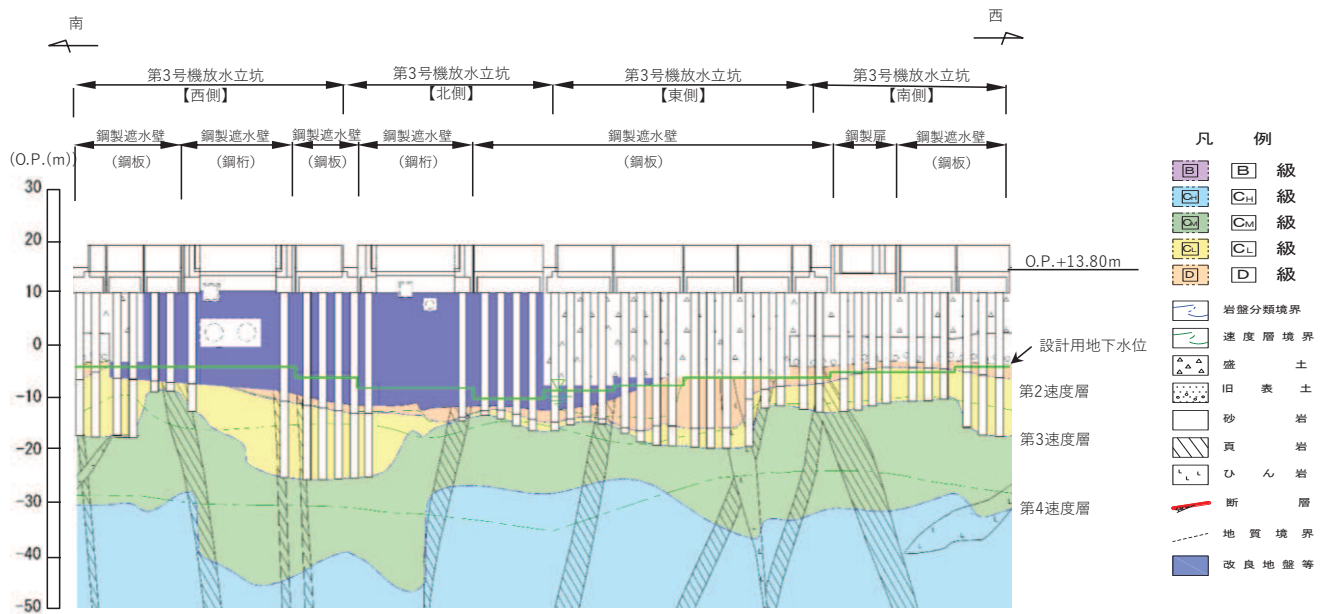


(第2号機放水立坑)

図 2-2(1) 各防潮壁における改良地盤位置(縦断面図)



(第3号機海水ポンプ室)



(第3号機放水立坑)

図 2-2(2) 各防潮壁における改良地盤位置(縦断図)

### 3. 止水パターンについて

#### 3.1 各止水パターン位置

各止水パターンの位置を図 3.1-1 及び図 3.1-2 に示す。止水パターンについては、止水性確保に資する構造的特徴を踏まえて網羅的に抽出した。止水性確保に資する構造的特徴を表 3.1-1 に示す。また、ボーリング対策の考え方を表 3.1-2 に示す。

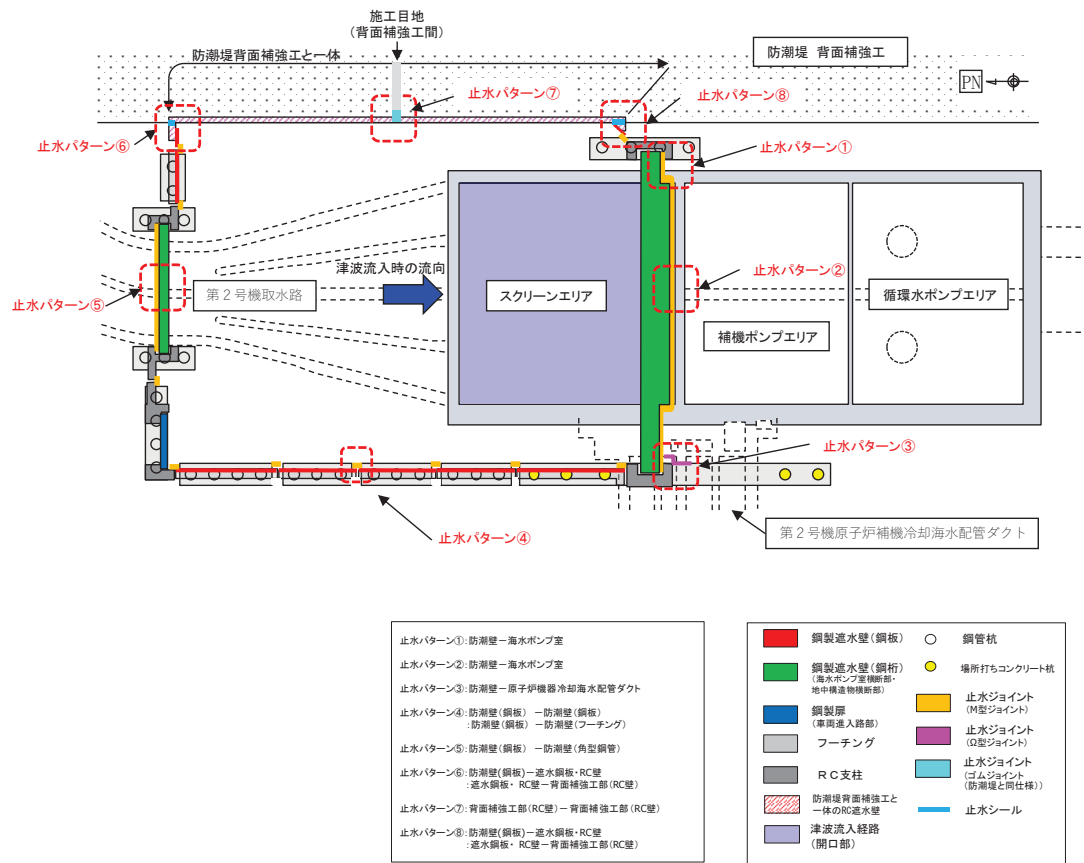


図 3.1-1(1) 各止水パターンの位置(第2号機海水ポンプ室)

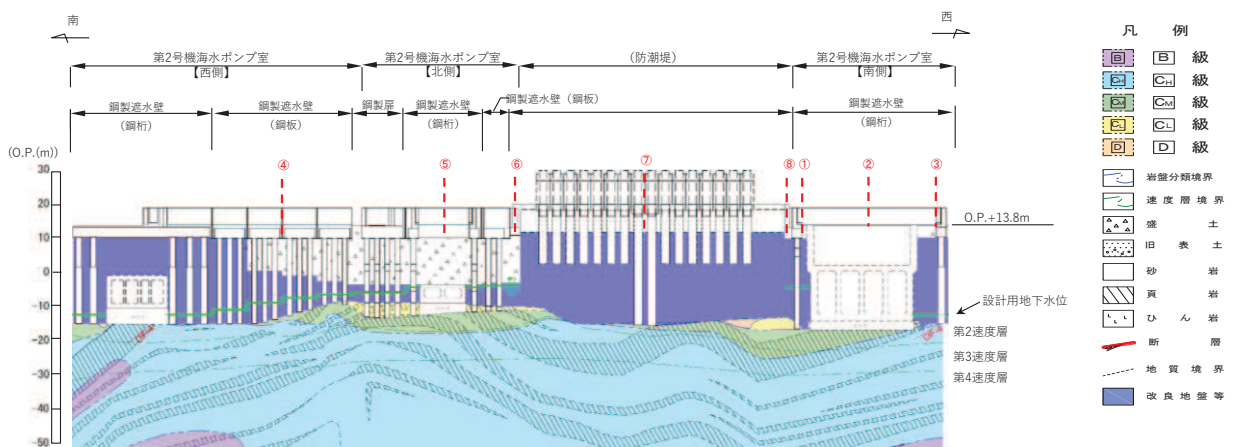


図 3.1-1(2) 改良地盤と各止水パターンの位置(第2号機海水ポンプ室)



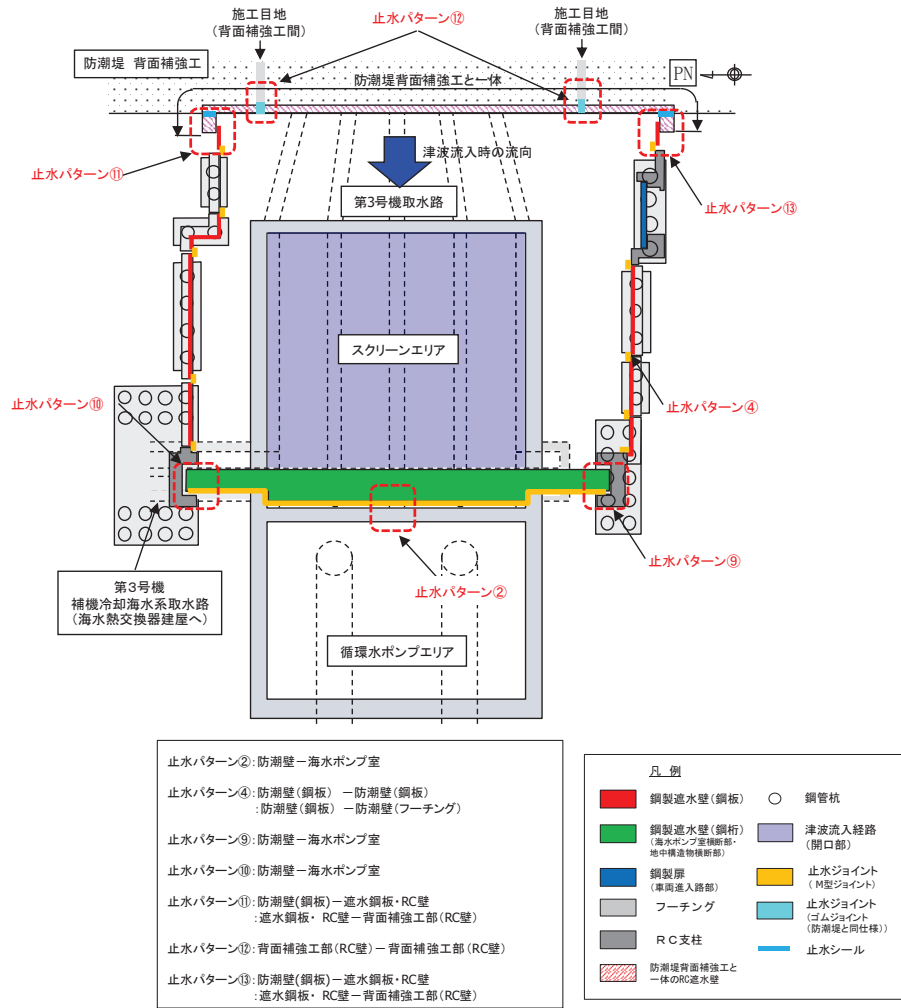


図 3.1-2(1) 各止水パターンの位置(第3号機海水ポンプ室)

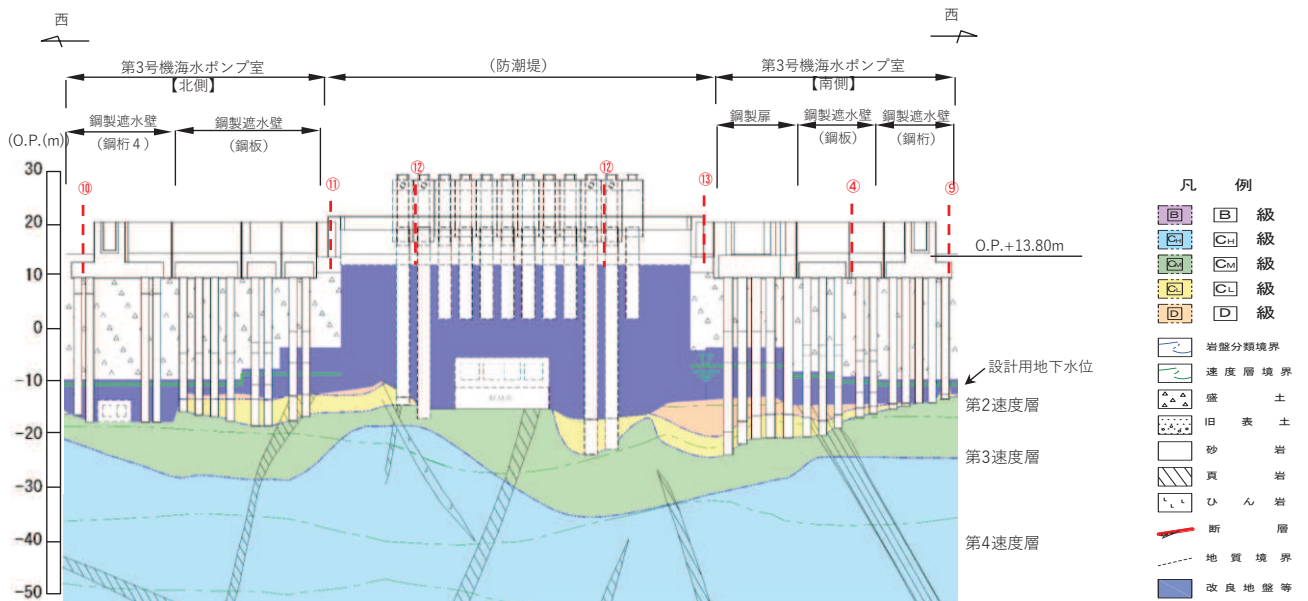


図 3.1-2(2) 改良地盤と各止水パターンの位置(第3号機海水ポンプ室)

表 3.1-1 各止水パターンにおける構造的特徴

止水パターン	天端高さ (m)	接続される構造物	止水部材
①	0. P. +19. 0	防潮壁 (RC 支柱) - 防潮壁 (鋼桁) 防潮壁 (フーチング) - 第 2 号機海水ポンプ室	止水ジョイント (M型ジョイント) *1, 3
②		防潮壁 (鋼桁) - 第 2 号機海水ポンプ室隔壁	止水ジョイント (M型ジョイント) *1, 3
③		防潮壁 (RC 支柱) - 防潮壁 (鋼桁) 防潮壁 (フーチング) - 原子炉機器冷却海水配管ダクト	止水ジョイント (M型ジョイント及びΩ型ジョイント) *1, 3
④		防潮壁 (鋼板) - 防潮壁 (鋼板) 防潮壁 (鋼板) - 防潮壁 (フーチング) 防潮壁 (フーチング) - 防潮壁 (フーチング)	止水ジョイント (M型ジョイント及びΩ型ジョイント) *1, 3
⑤		防潮壁 (鋼桁) - 防潮壁 (RC 支柱) 防潮壁 (鋼桁) - 鋼矢板 (角型鋼管) 防潮壁 (フーチング) - 鋼矢板 (鋼板)	止水ジョイント (M型ジョイント) *1, 3
⑥	0. P. +19. 0	防潮壁 (鋼板) - 防潮堤取り合い部 防潮堤取り合い部 - 背面補強工部 防潮堤取り合い部 - 鋼矢板 (角型鋼管) 防潮壁 (フーチング) - 鋼矢板 (鋼板) 背面補強工 - 鋼矢板 (鋼板)	止水ジョイント (M型ジョイント) *1, 3 止水シール*1
⑦	0. P. +20. 0	背面補強工 - 背面補強工	止水ジョイント (ゴムジョイント) *2
⑧	0. P. +20. 0	防潮壁 (鋼板) - 防潮堤取り合い部 防潮堤取り合い部 - 背面補強工部	止水ジョイント (M型ジョイント) *1, 3 止水シール*1
⑨		防潮壁 (RC 支柱) - 防潮壁 (鋼桁) 防潮壁 (鋼桁) - 鋼矢板 (角型鋼管) 防潮壁 (フーチング) - 鋼矢板 (鋼板) 鋼矢板 (鋼板) - 第 3 号機海水ポンプ室	止水ジョイント (M型ジョイント) *1, 3
⑩		防潮壁 (鋼板) - 防潮堤取り合い部 防潮堤取り合い部 - 背面補強工部 防潮堤取り合い部 - 鋼矢板 (角型鋼管) 防潮壁 (フーチング) - 鋼矢板 (鋼板) 背面補強工 - 鋼矢板 (鋼板)	止水ジョイント (M型ジョイント) *1, 3 止水シール*1
⑪	0. P. +20. 0 0. P. +21. 0	背面補強工 - 背面補強工	止水ジョイント (ゴムジョイント) *2
⑫	0. P. +20. 0 0. P. +21. 0	防潮壁 (鋼板) - 防潮堤取り合い部 防潮堤取り合い部 - 背面補強工部 防潮堤取り合い部 - 鋼矢板 (角型鋼管) 防潮壁 (フーチング) - 鋼矢板 (鋼板) 防潮堤背面補強工 - 鋼矢板 (鋼板)	止水ジョイント (M型ジョイント) *1, 3 止水シール*1
⑬	0. P. +20. 0 0. P. +21. 0		

注記\*1: 止水ジョイント(M型ジョイント, Ω型ジョイント, 止水シール)の止水試験結果については、「6.3.9 杭基礎構造防潮壁の止水ジョイント部材及び止水シールについて」に、相対変位の評価結果については、「6.3.10 杭基礎構造防潮壁の止水ジョイント部材の相対変位量に関する補足説明」に示す。

\*2: 止水ジョイント(ゴムジョイント)の止水試験結果については、「6.1.5 防潮堤(鋼管式鉛直壁)の止水ジョイント部材について」に、相対変位の評価結果については、「6.1.6 防潮堤(鋼管式鉛直壁)の止水ジョイント部材の相対変位量に関する補足説明」に示す。

\*3: 止水ジョイントの相対変位の評価については、「6.3.10 杭基礎構造防潮壁の止水ジョイント部材の相対変位量に関する補足説明」に示すとおり、フーチング周辺の埋込効果を考慮しないモデルにおいて解析を行った上で、止水ジョイントが設置される上下区間において最も変位の生じやすい防潮壁天端の値を用いて評価しており問題ないことを確認している。なお、土中部に埋め込む止水ジョイントには土圧が作用するが、両側から作用するため止水ジョイントの健全位に有意な影響を与えるものではない。

表 3.1-2 ボイリングに対する止水性確保の考え方

ボイリング対策		ボイリングに対する 止水性確保の考え方	対応する 止水パターン
タイプ	構造		
A	フーチング +周辺埋戻し*	フーチングによる根入れ長を確保するとともに前後の埋戻土により止水性を確保	フーチング設置箇所全般
B	M型ジョイント (or Ω型 ジョイント) +周辺埋戻し*	M型ジョイント或いはΩ型ジョイントを土中に埋め込み根入れ長を確保するとともに前後の埋戻土により止水性を確保	パターン①, ③, ④
C	<M型ジョイント+鋼矢板> +周辺埋戻し*	M型ジョイント並びに鋼矢板を土中に埋め込み根入れ長を確保するとともに前後の埋戻土により止水性を確保	パターン⑤, ⑥, ⑨, ⑩, ⑪, ⑬
D	セメント改良土	防潮堤と海水ポンプ室間に囲まれ下方に地盤改良体が構築されていることから相対変位は微小と考えられ, 当該箇所をセメント改良土で埋め戻すとともに, さらにM型ジョイントを改良体まで埋め込むことで止水性を確保	パターン⑧
E	ゴムジョイント +改良地盤	防潮堤施工目地部にゴムジョイントを下部の改良地盤まで設置し止水性を確保	パターン⑦, ⑫

注記\* : ボイリングに対する所定の安全率が盛土で確保されない場合に, 浸透圧に対する抵抗重量確保のためセメント改良土による埋戻しを行う (防潮壁 (第 3 号機海水ポンプ室), 防潮壁 (第 2 号機海水ポンプ室) のうちパターン④の一部, ⑤, ⑥)



#### 4 各止水パターンにおける止水性の確保詳細

##### 4.1 止水パターン①（防潮壁（RC支柱・鋼桁）間及び防潮壁（鋼桁）・第2号機海水ポンプ室間）

止水パターン①の構造概要を図4.1-1に示す。止水パターン①（防潮壁（RC支柱・鋼桁）間及び防潮壁（鋼桁）・第2号機海水ポンプ室間）については、構造物に鋼製ブラケットを介してM型ジョイントをフーチング下端位置まで構築することにより止水性を確保する。止水ジョイント(M型ジョイント)の止水試験結果については、「6.3.9 杭基礎構造防潮壁の止水ジョイント部材及び止水シールについて」に、相対変位の評価結果については、「6.3.10 杭基礎構造防潮壁の止水ジョイント部材の相対変位量に関する補足説明」に示す。また、M型ジョイント前後については盛土にて埋戻しを行うことから、「6.3 防潮壁に関する補足説明 参考資料4 地中部からの津波の回り込み（ボイリング）対策について」のとおりボイリングによる津波の回り込みは生じない。

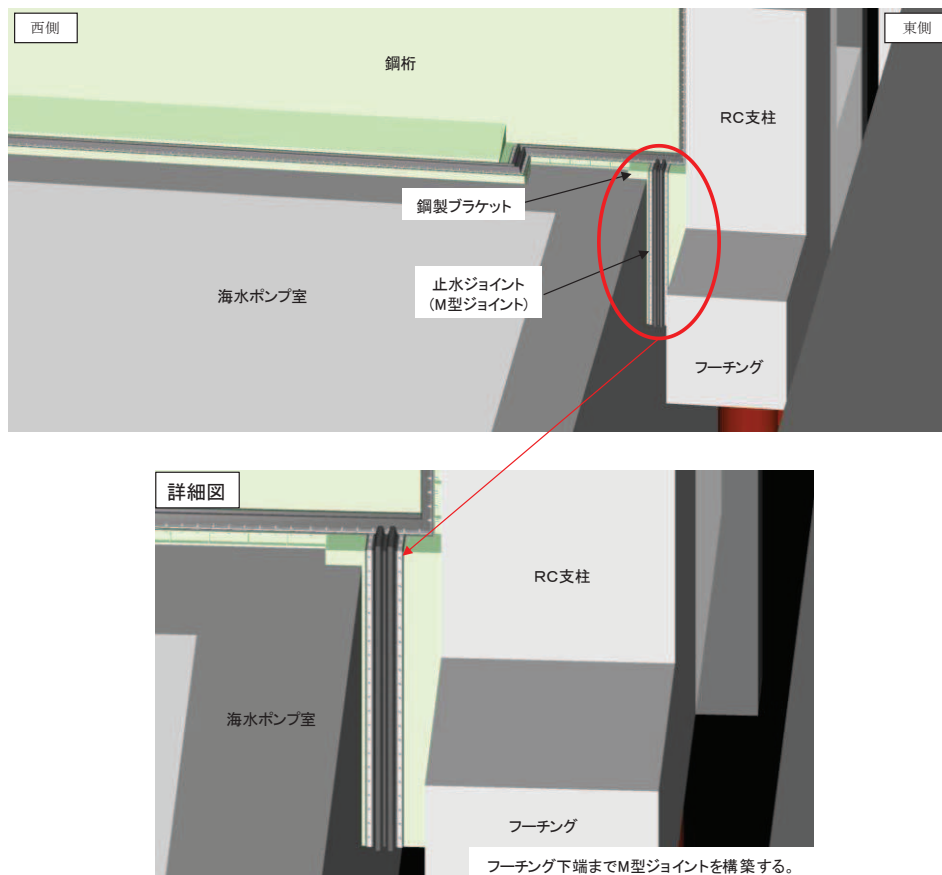


図 4.1-1(1) 止水パターン①の構造概要(概要図)

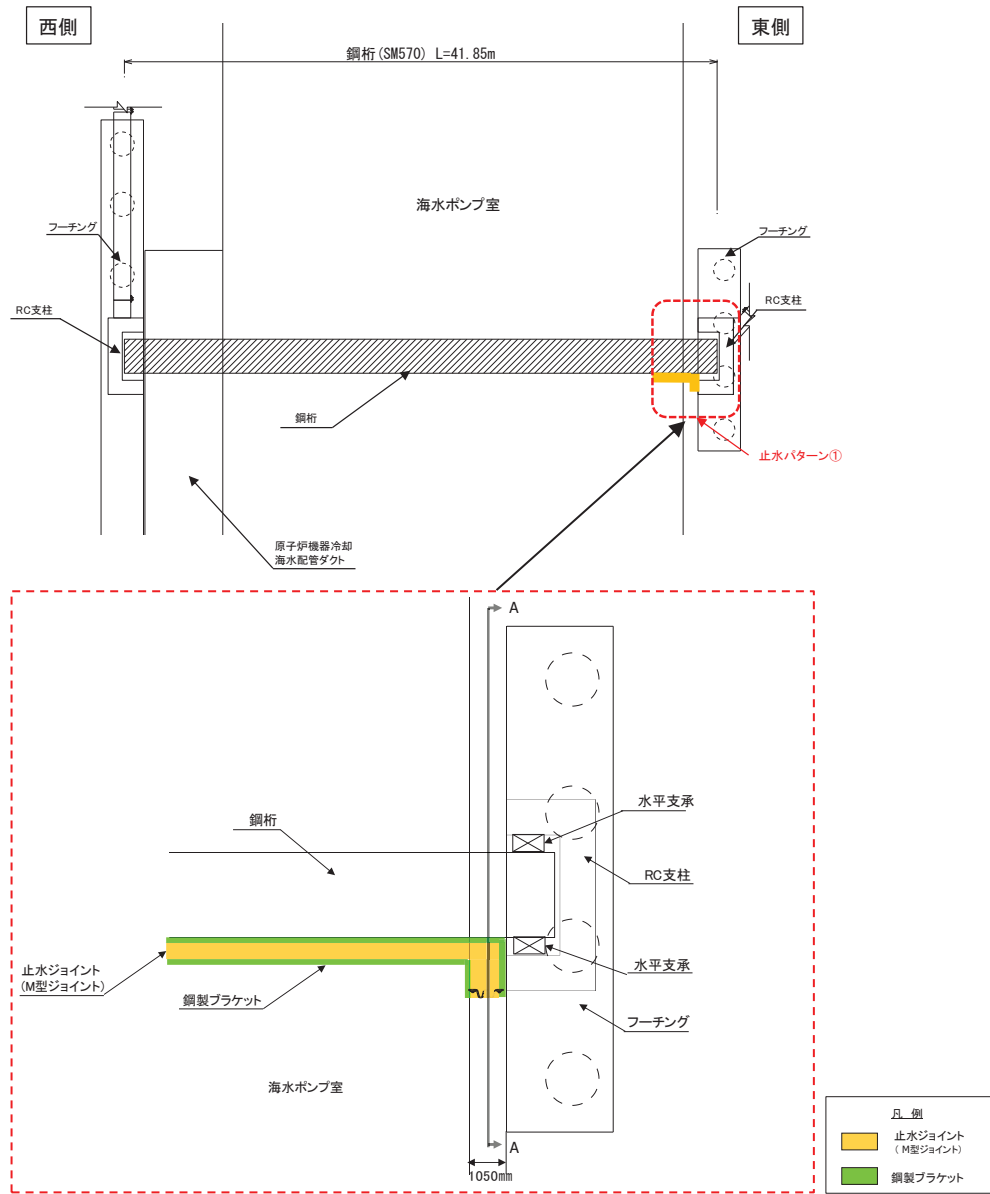


図 4.1-1(2) 止水パターン①の構造概要(平面図)

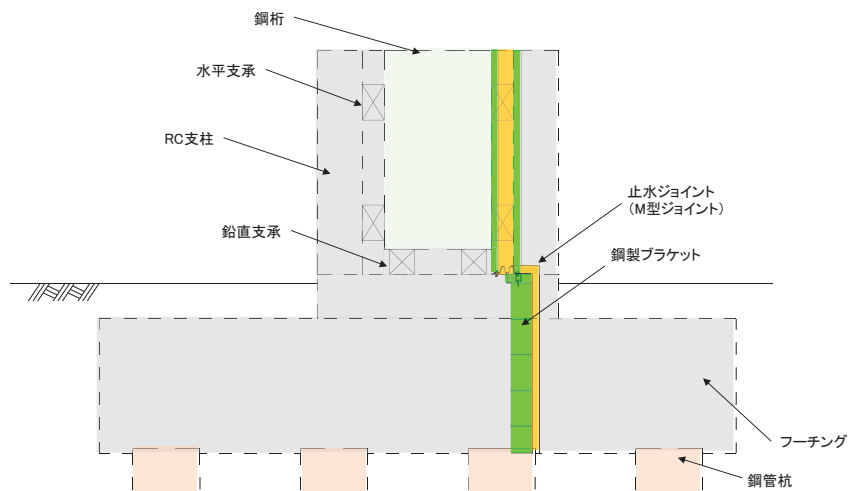


図 4.1-1(3) 止水パターン①の構造概要(断面図(A-A))

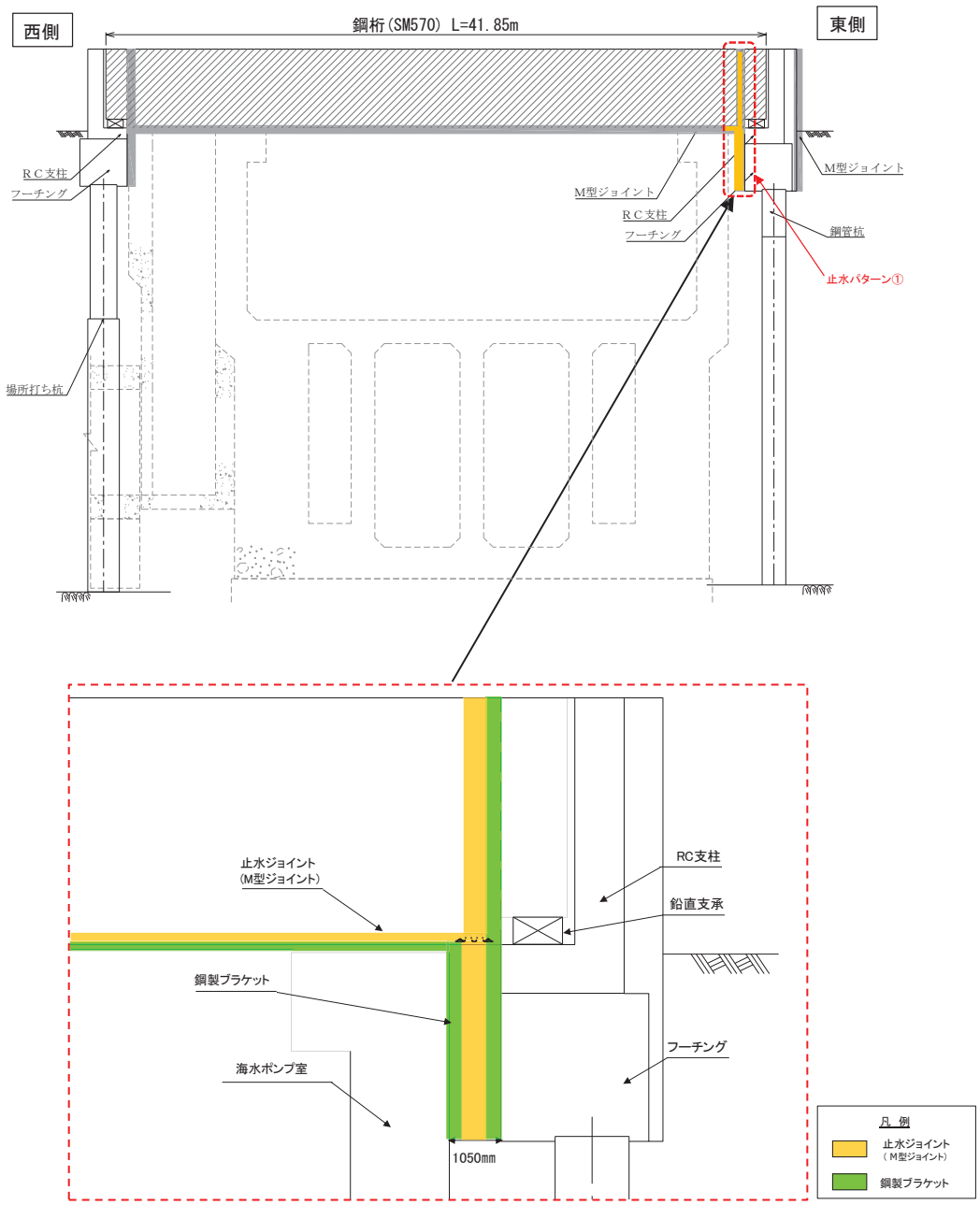


図 4.1-1(4) 止水パターン①の構造概要(正面図)

#### 4.2 止水パターン②（防潮壁（鋼桁）・海水ポンプ室隔壁間）

止水パターン②の構造概要を図4.2-1に示す。止水パターン②（防潮壁（鋼桁）・海水ポンプ室隔壁間）については、第2号機海水ポンプ室と鋼桁に鋼製ブラケットを介してM型ジョイントを構築することにより止水性を確保する。なお、止水ジョイント(M型ジョイント)の止水試験結果については、「6.3.9 杭基礎構造防潮壁の止水ジョイント部材及び止水シールについて」に、相対変位の評価結果については、「6.3.10 杭基礎構造防潮壁の止水ジョイント部材の相対変位量に関する補足説明」に示す。また、ブラケットの評価結果については、「6.3.2 杭基礎構造防潮壁 鋼製遮水壁（鋼桁）の耐震性についての計算書に関する補足説明」及び「6.3.5 杭基礎構造防潮壁 鋼製遮水壁（鋼桁）の強度計算書に関する補足説明」に示す。

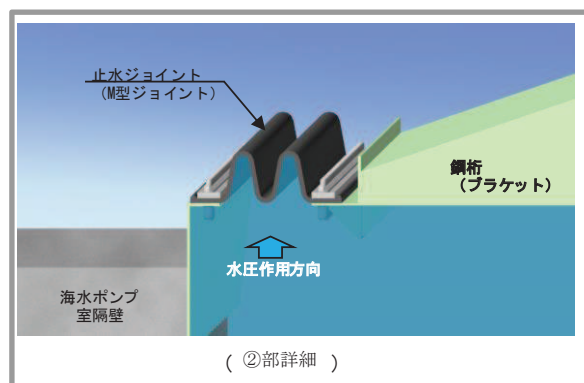
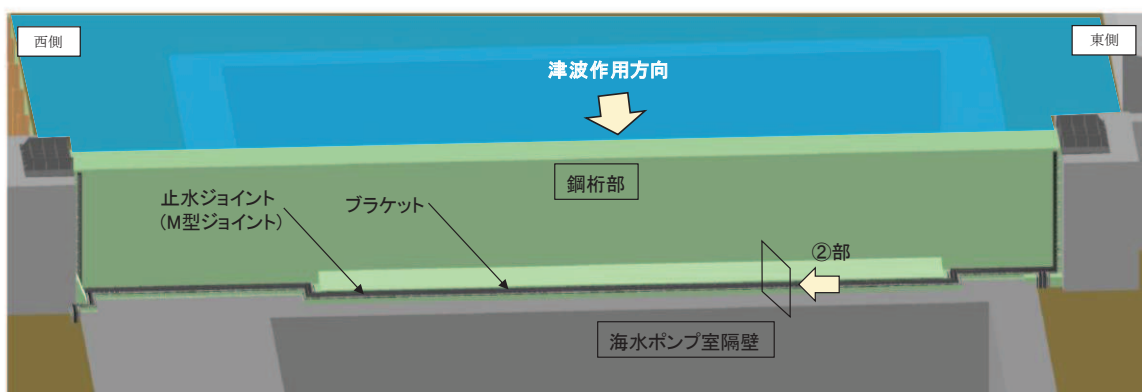


図4.2-1 止水パターン②の構造概要

#### 4.3 止水パターン③（防潮壁（RC 支柱・鋼桁）間及び防潮壁（フーチング）・原子炉機器冷却海水配管ダクト間）

止水パターン③の構造概要を図 4.3-1 に示す。止水パターン③（防潮壁（RC 支柱・鋼桁）間及び防潮壁（フーチング）・原子炉機器冷却海水配管ダクト間）については、RC 支柱に鋼製ブラケットを介してM型ジョイント及びΩ型ジョイントをフーチング下端位置まで構築することにより止水性を確保する。止水ジョイント(M型ジョイント, Ω型ジョイント)の止水試験結果については、「6.3.9 杭基礎構造防潮壁の止水ジョイント部材及び止水シールについて」に、相対変位の評価結果については、「6.3.10 杭基礎構造防潮壁の止水ジョイント部材の相対変位量に関する補足説明」に示す。また、M型ジョイントとΩ型ジョイントの接合部については、「6.3.9 杭基礎構造防潮壁の止水ジョイント部材及び止水シールについて」にて示すとおり、工場で一体成型して設置することにより、交差箇所の止水性を確保する。なお、構造物間については、約 10 cm 程度のクリアランスがあることから、適切に密度管理した埋戻し材にて埋め戻すこととする。埋戻し材を適切に密度管理することにより、「6.3 防潮壁に関する補足説明 参考資料 4 地中部からの津波の回り込み（ボイリング）対策について」のとおりボイリングによる津波の回り込みは生じない。

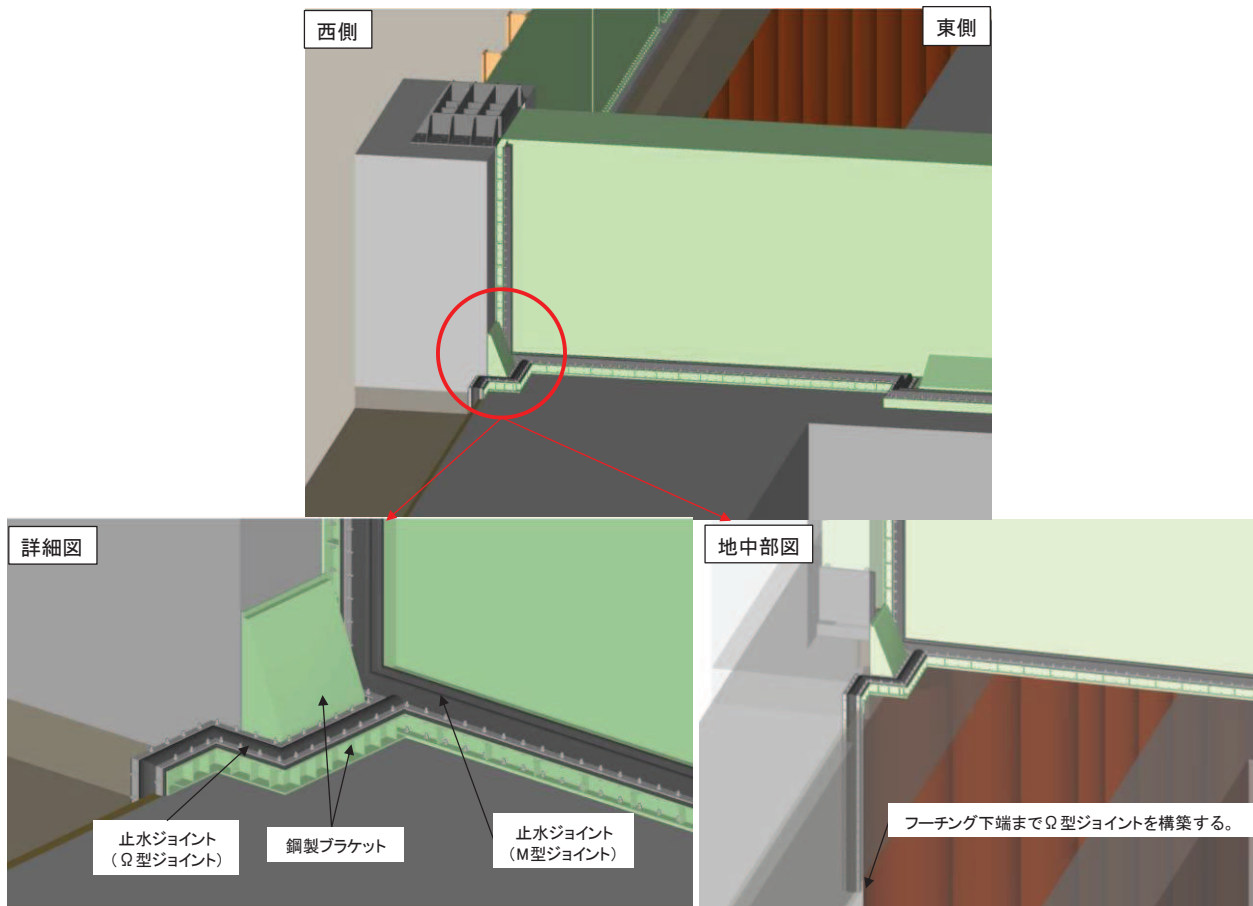


図 4.3-1(1) 止水パターン③の構造概要（概要図）

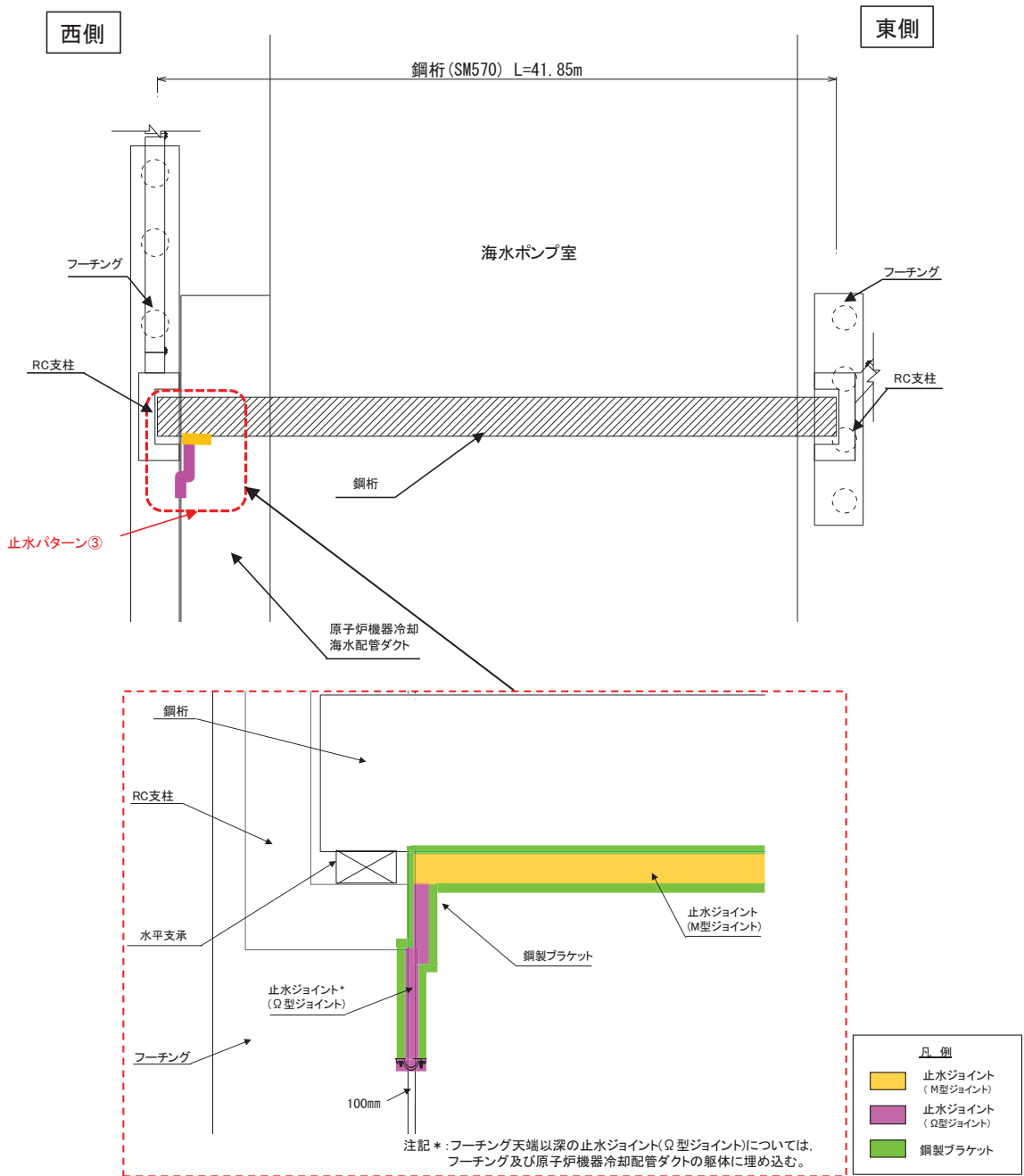


図 4.3-1(2) 止水パターン③の構造概要(平面図)

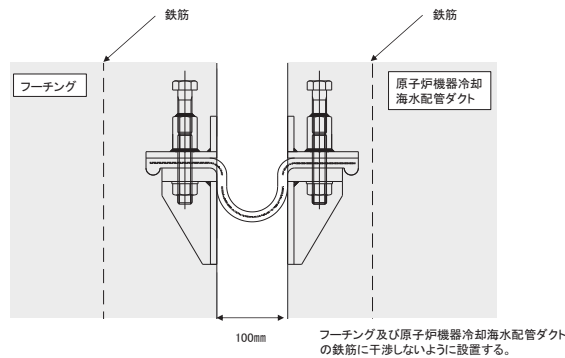


図 4.3-1(3) 止水パターン③の止水ジョイント構造概要(Ω型ジョイント施工イメージ)

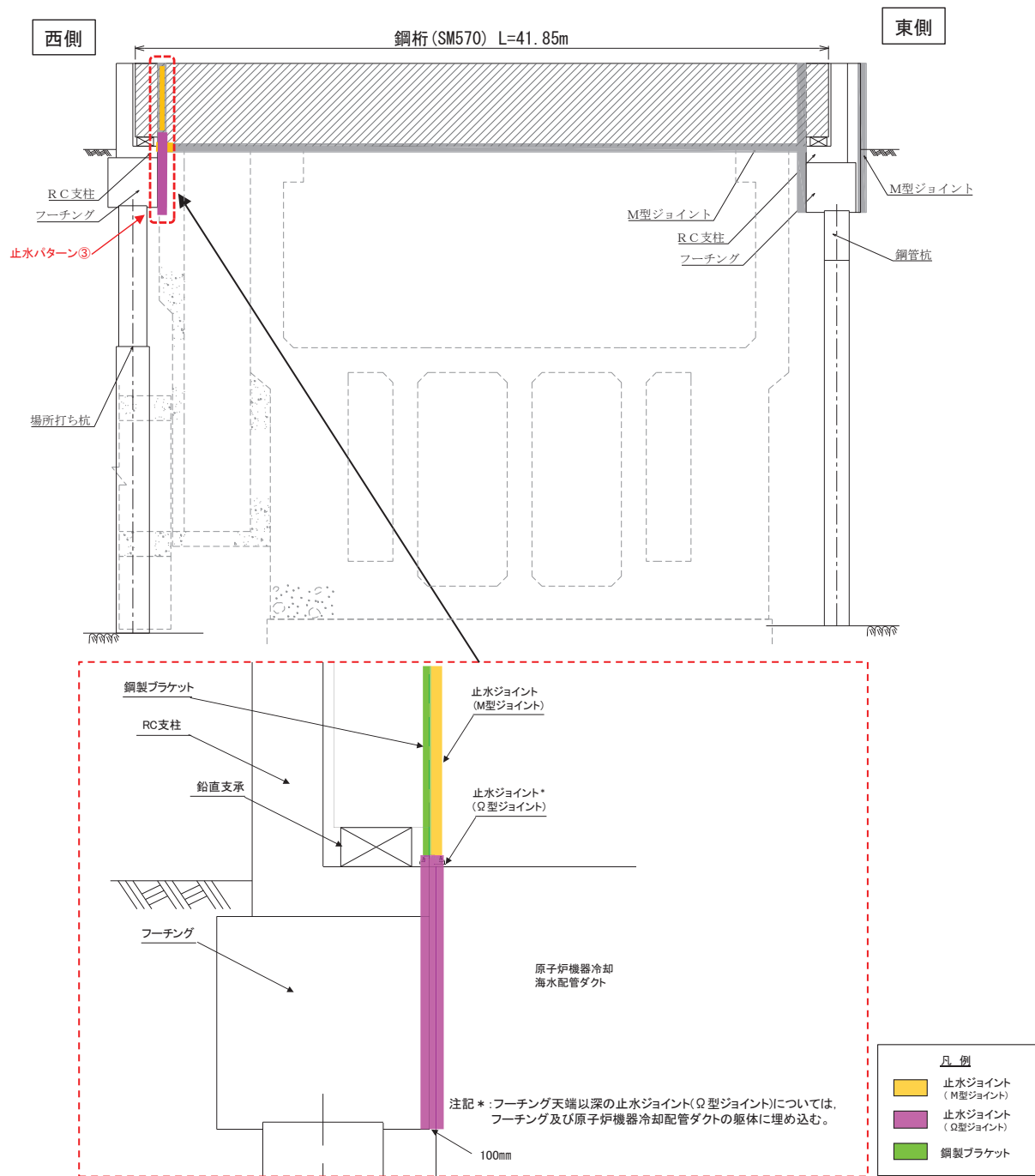


図 4.3-1(4) 止水パターン③の構造概要(正面図)

#### 4.4 止水パターン④ (防潮壁(鋼板・鋼板)間)

止水パターン④の構造概要を図4.4-1に示す。止水パターン④ (防潮壁(鋼板・鋼板)間)については、鋼板及びフーチング張り出し部同士をM型ジョイントで接続することにより止水性を確保し、また、鋼板とフーチング間については、Ω型ジョイントで接続することにより止水性を確保する。なお、止水ジョイント(M型ジョイント、Ω型ジョイント)の止水試験結果については、「6.3.9 杭基礎構造防潮壁の止水ジョイント部材及び止水シールについて」に、相対変位の評価結果については、「6.3.10 杭基礎構造防潮壁の止水ジョイント部材の相対変位量に関する補足説明」に示す。また、M型ジョイントとΩ型ジョイントの接合部については、「6.3.9 杭基礎構造防潮壁の止水ジョイント部材及び止水シールについて」にて示すとおり、工場一体成型して設置することにより、交差箇所の止水性を確保する。

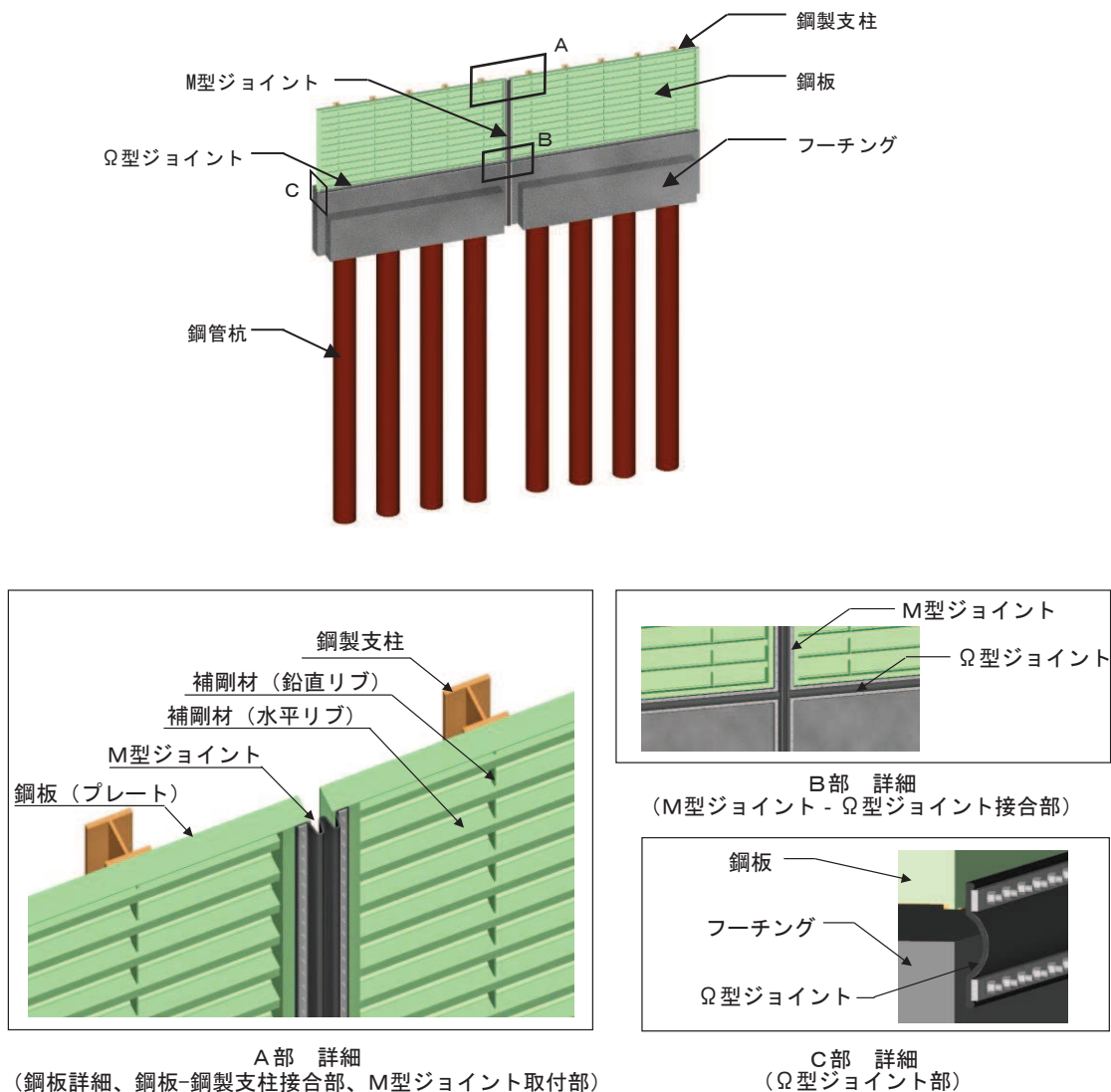


図 4.4-1 止水パターン④の構造概要



#### 4.5 止水パターン⑤（防潮壁（鋼桁・RC支柱）間及び防潮壁（鋼桁）・鋼矢板間）

止水パターン⑤の構造概要を図4.5-1に示す。止水パターン⑤（防潮壁（鋼桁・RC支柱）間及び防潮壁（鋼桁）・鋼矢板間）については、構造物間にM型ジョイントを構築することにより止水性を確保する。なお、止水ジョイント(M型ジョイント)の止水試験結果については、「6.3.9 杭基礎構造防潮壁の止水ジョイント部材及び止水シールについて」に、相対変位の評価結果については、「6.3.10 杭基礎構造防潮壁の止水ジョイント部材の相対変位量に関する補足説明」に示す。また、鋼桁下部には鋼矢板を設置することとし、鋼矢板の評価結果については、「6.3.11 鋼矢板の耐震及び強度に関する補足説明」に示す。

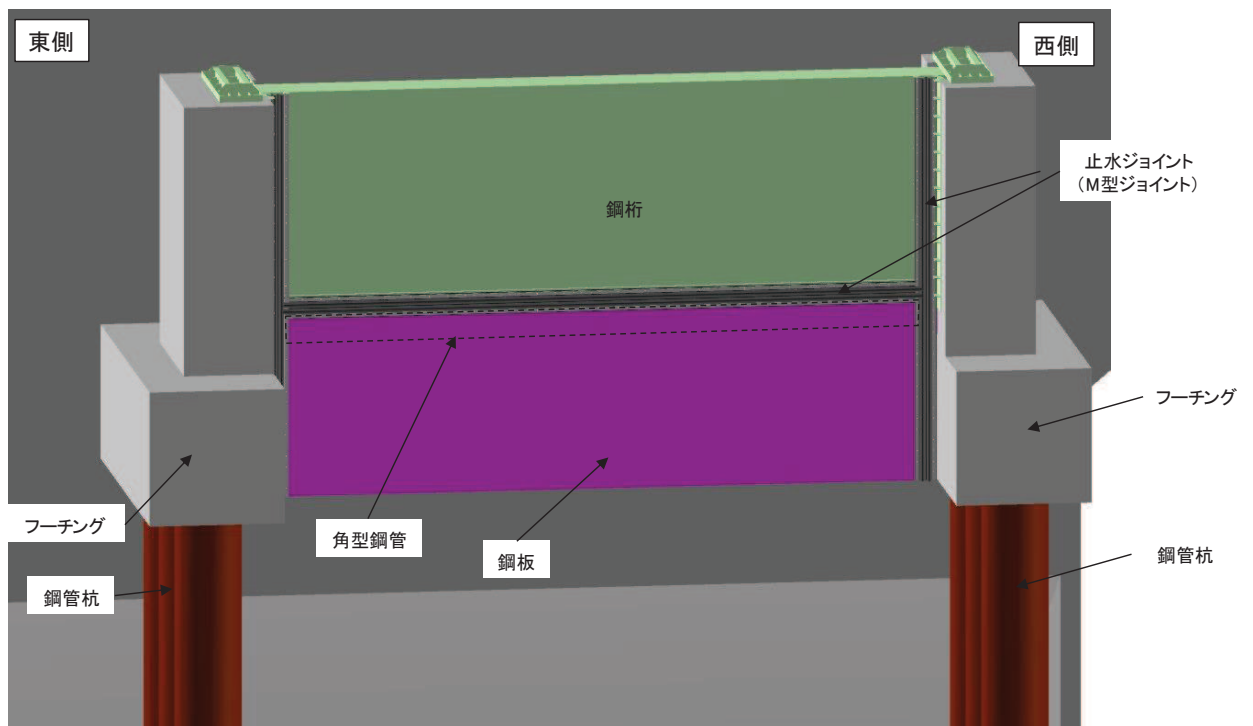
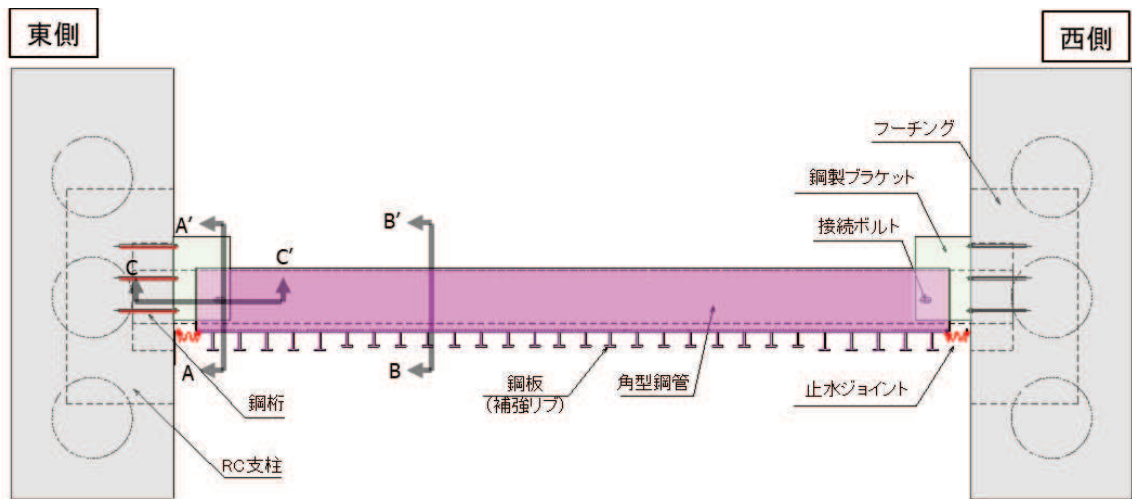


図4.5-1(1) 止水パターン⑤の構造概要(概要図)



(平面図)

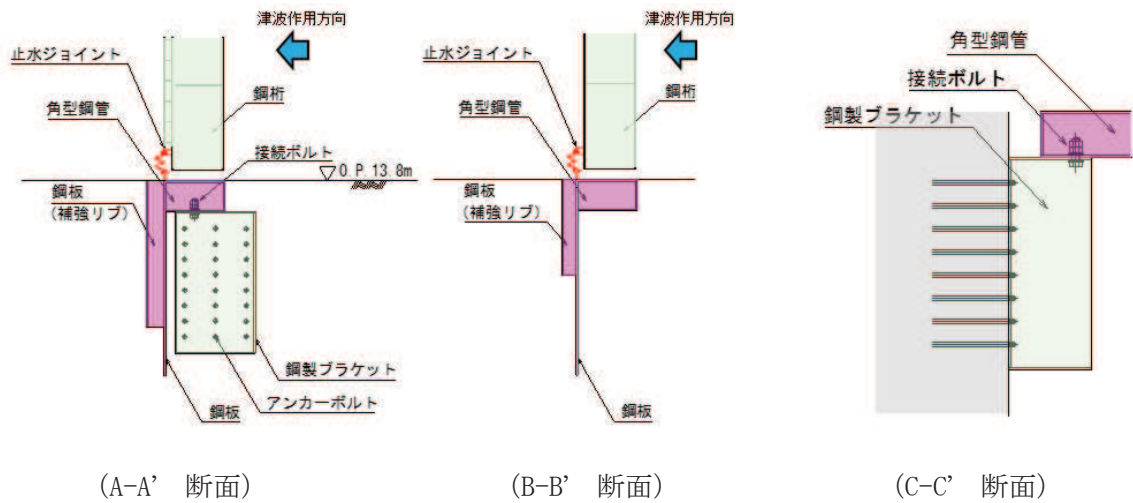


図 4.5-1 止水パターン⑤の構造概要 (平面図, 断面図)

4.6 止水パターン⑥(防潮堤取り合い部(鋼矢板設置箇所)), ⑦(背面補強工間), ⑧(防潮堤取り合い部(セメント改良土埋戻し箇所))

止水パターン⑥, ⑦, ⑧の構造概要を図 4.6-1 に示す。止水パターン⑥(防潮堤取り合い部(鋼矢板設置箇所)), ⑦(背面補強工間), ⑧(防潮堤取り合い部(セメント改良土埋戻し箇所))については, 防潮堤背面補強工から張り出した鉄筋コンクリート壁(以下, RC 壁という。)に鋼板を取り付け, 防潮壁との間に止水ジョイント(M型ジョイント)を取り付けることで, 止水性を確保する。また, RC 壁と防潮堤背面補強工を接続するため, 防潮堤背面補強工と一体の鉄筋コンクリート壁(以下, 背面補強工 RC 壁という。)を設置し, 止水性を確保する。また, RC 壁と背面補強工 RC 壁の構造目地間には, 止水ジョイント(止水シール)を設置することで止水性を確保する。また, 止水パターン⑥及び⑧の下部について, 止水パターン⑥は, 鋼矢板を設置することでボーリングに対する止水性を確保する。止水パターン⑧については, 防潮堤と海水ポンプ室間に囲まれ下方に地盤改良体が構築されており, 当該箇所における相対変位は微小で不同沈下のおそれはないものと考えられることから, 地盤改良体とフーチングとの間をセメント改良土で埋め戻すことで止水性を確保する。また, 上部に設置するM型ジョイントについては, セメント改良体との境界部における止水性を確保するため下部まで埋め込むこととする。なお, 止水ジョイント(M型ジョイント, 止水シール)の止水試験結果については, 「6.3.9 杭基礎構造防潮壁の止水ジョイント部材及び止水シールについて」に, 相対変位の評価結果については, 「6.3.10 杭基礎構造防潮壁の止水ジョイント部材の相対変位量に関する補足説明」に示す。また, 止水ジョイント(ゴムジョイント)の止水試験結果については, 「6.1.5 防潮堤(鋼管式鉛直壁)の止水ジョイント部材について」に, 相対変位の評価結果については, 「6.1.6 防潮堤(鋼管式鉛直壁)の止水ジョイント部材の相対変位量に関する補足説明」に示す。また, RC 壁及び鋼板の評価結果については, 「6.3.12 防潮堤取り合い部の耐震・強度に関する補足説明」に, 背面補強工部(RC 壁)の評価結果については「6.3.15 防潮堤背面補強工部の耐震・強度に関する補足説明」に示す。また, 止水パターン⑥の下部に設置される鋼矢板の評価結果については, 「6.3.11 鋼矢板の耐震及び強度に関する補足説明」に示す。

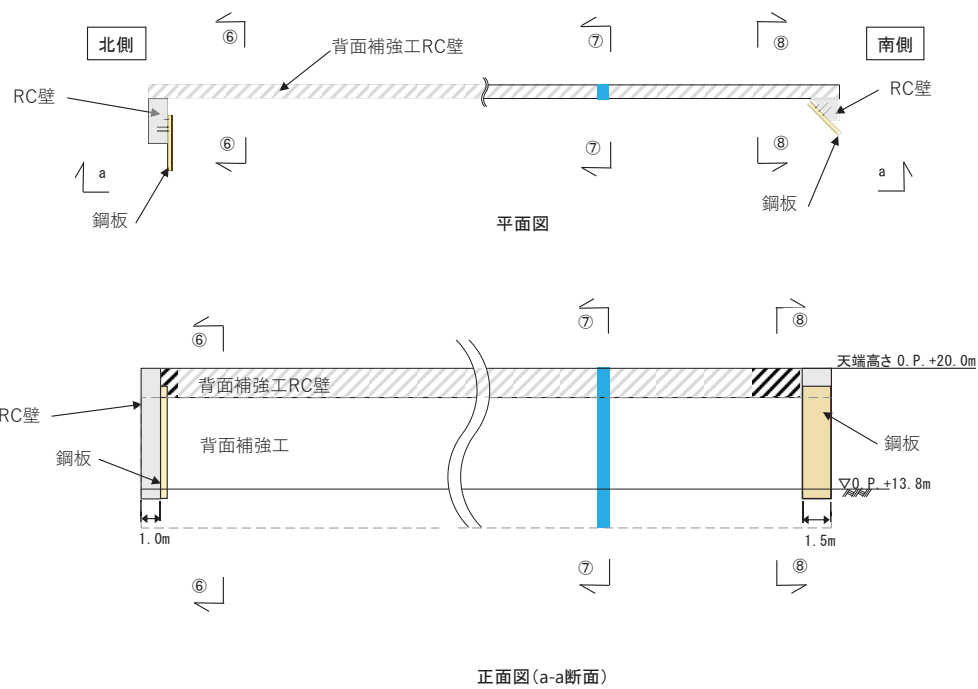


図 4.6-1(1) 止水パターン⑥, ⑦, ⑧の構造概要(平面図, 正面図)

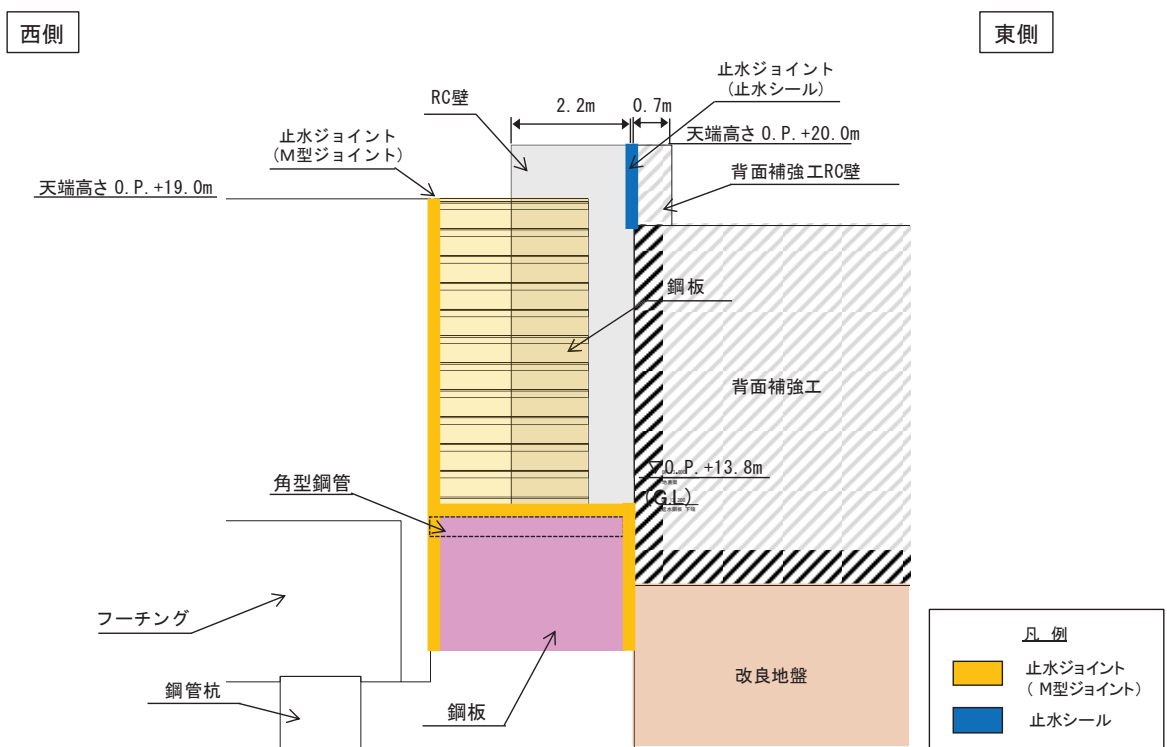


図 4.6-1(2) 止水パターン⑥の構造概要(⑥-⑥断面図)

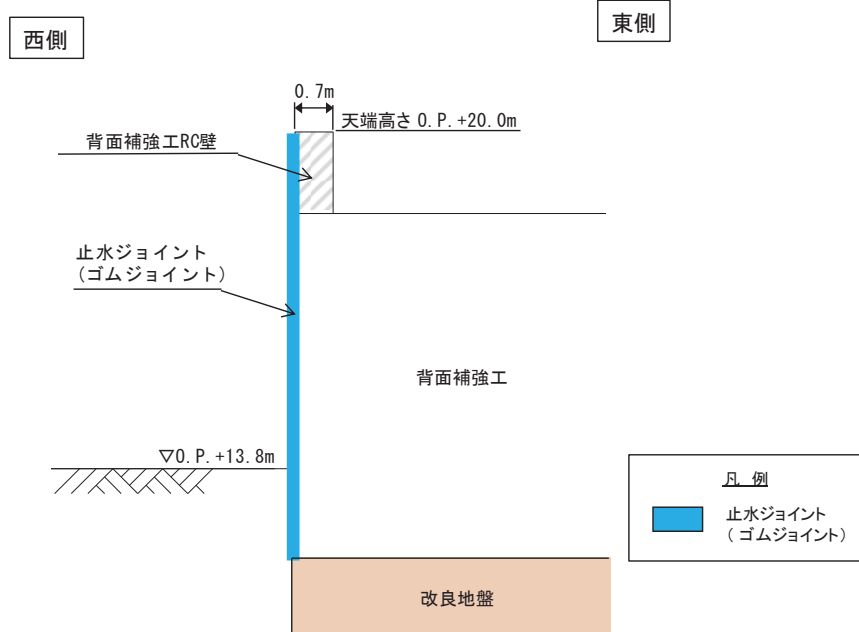
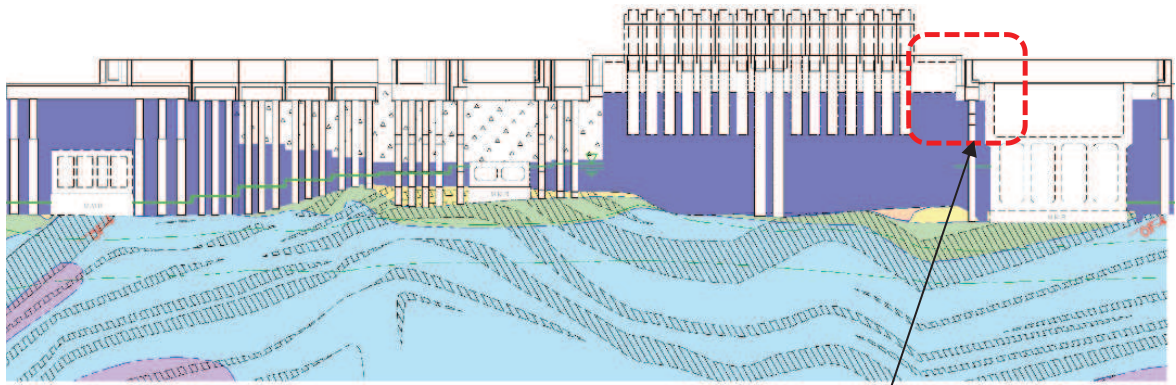
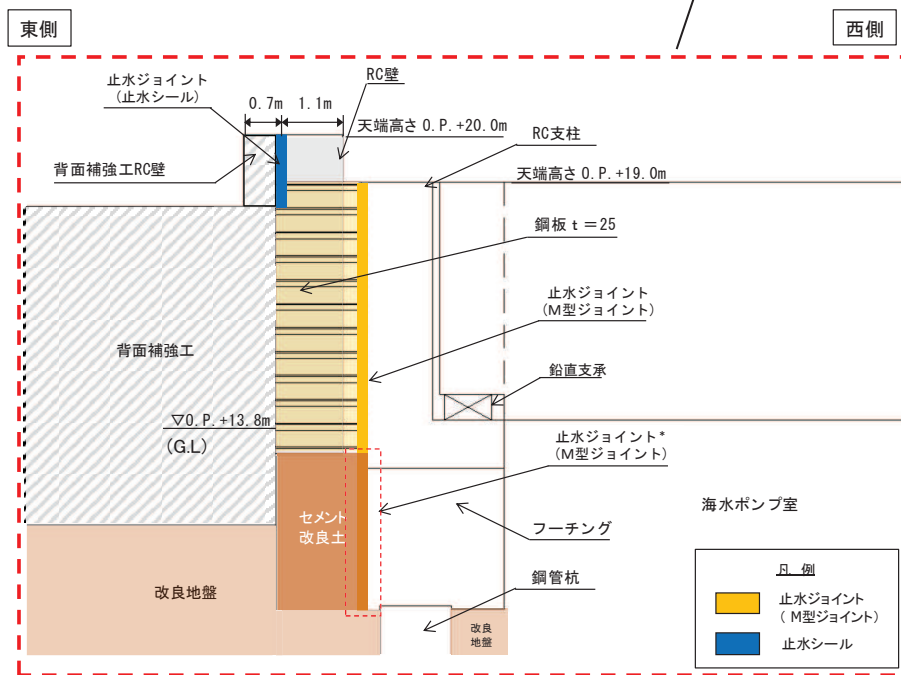


図 4.6-1(3) 止水パターン⑦の構造概要(⑦-⑦断面図)



(第2号機海水ポンプ室)



注記\* : セメント改良土とフーチング間については、止水ジョイントをセメント改良土に埋め込む構造とする。

止水ジョイントは、フーチングに取り付けるブラケットにより支持することとし、その周辺は小型の締固め器具を用いて止水ジョイントに損傷を与えないようセメント改良土にて埋戻す。

図 4.6-1(4) 止水パターン⑧の構造概要(⑧-⑧断面図)

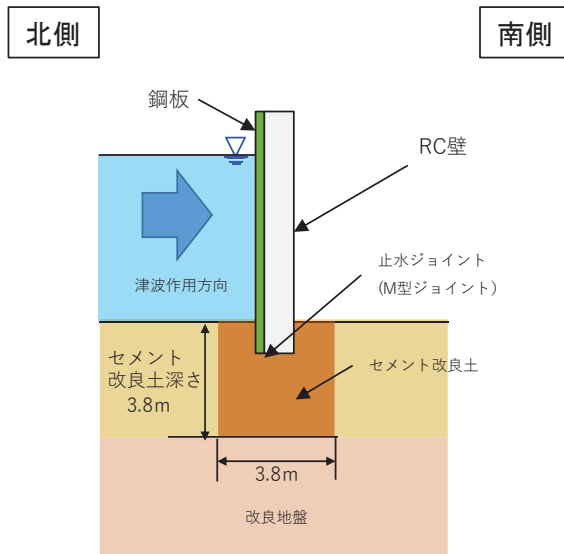


図 4.6-1 (5) 止水パターン⑧の構造概要 (⑧-⑧断面図)

4.7 止水パターン⑨, ⑩ (防潮壁 (RC 支柱・鋼桁)間及び防潮壁 (鋼桁)・第3号機海水ポンプ室間)

止水パターン⑨, ⑩の構造概要を図4.7-1に示す。止水パターン⑨, ⑩ (防潮壁 (RC 支柱・鋼桁)間及び防潮壁 (鋼桁)・第3号機海水ポンプ室間)については, 構造物に鋼製ブラケットを介してM型ジョイントをフーチング下端位置まで構築することにより止水性を確保する。なお, 止水ジョイント (M型ジョイント)の止水試験結果については, 「6.3.9 杭基礎構造防潮壁の止水ジョイント部材及び止水シールについて」に, 相対変位の評価結果については, 「6.3.10 杭基礎構造防潮壁の止水ジョイント部材の相対変位量に関する補足説明」に示す。また, 防潮壁と第3号機海水ポンプ室間の下部には鋼矢板を設置することとし, 鋼矢板の評価結果については, 「6.3.11 鋼矢板の耐震及び強度に関する補足説明」に示す。

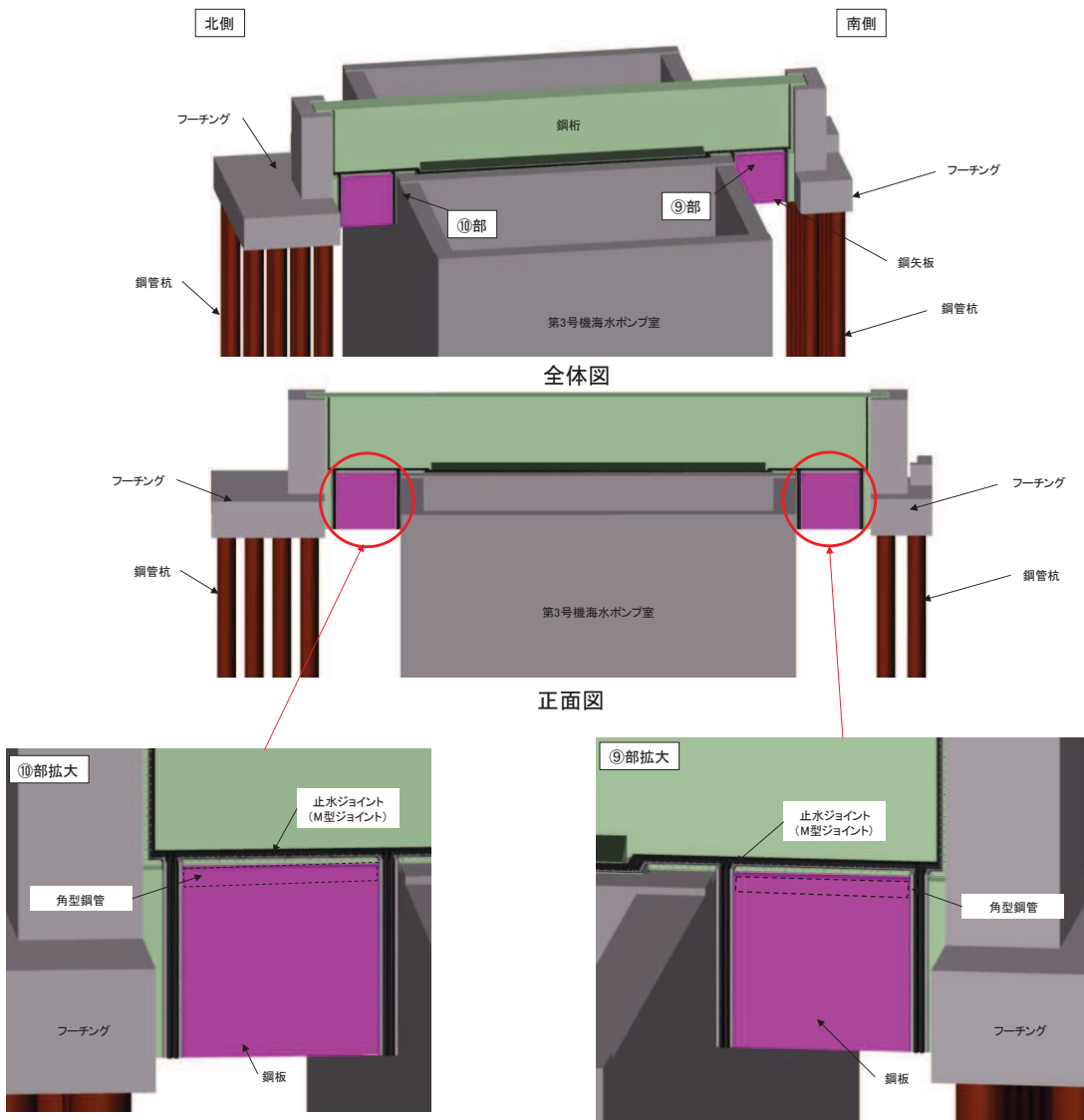


図4.7-1(1) 止水パターン⑨, ⑩の構造概要(概要図)



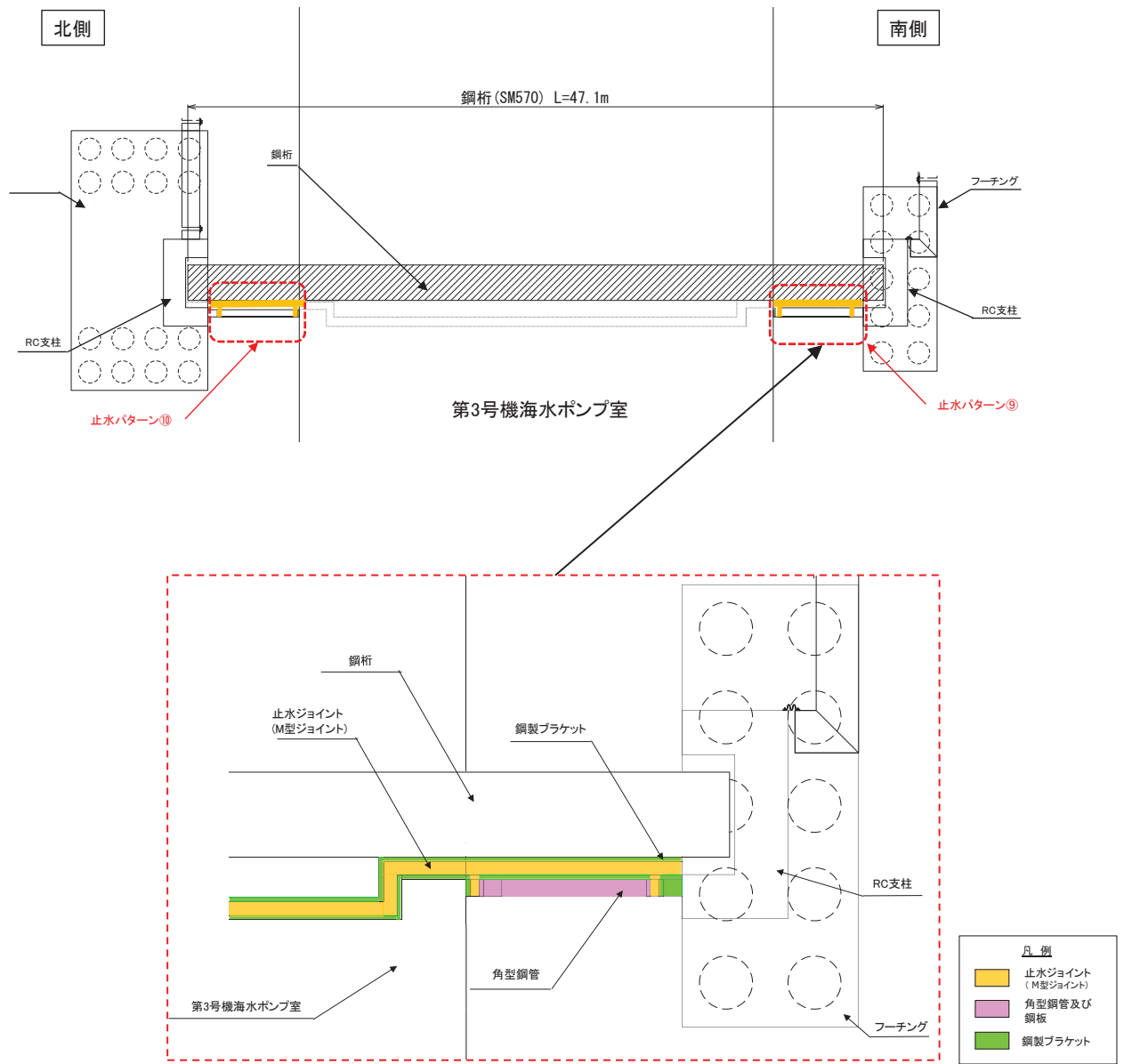


図 4.7-1(2) 止水パターン⑨, ⑩の構造概要(平面図)

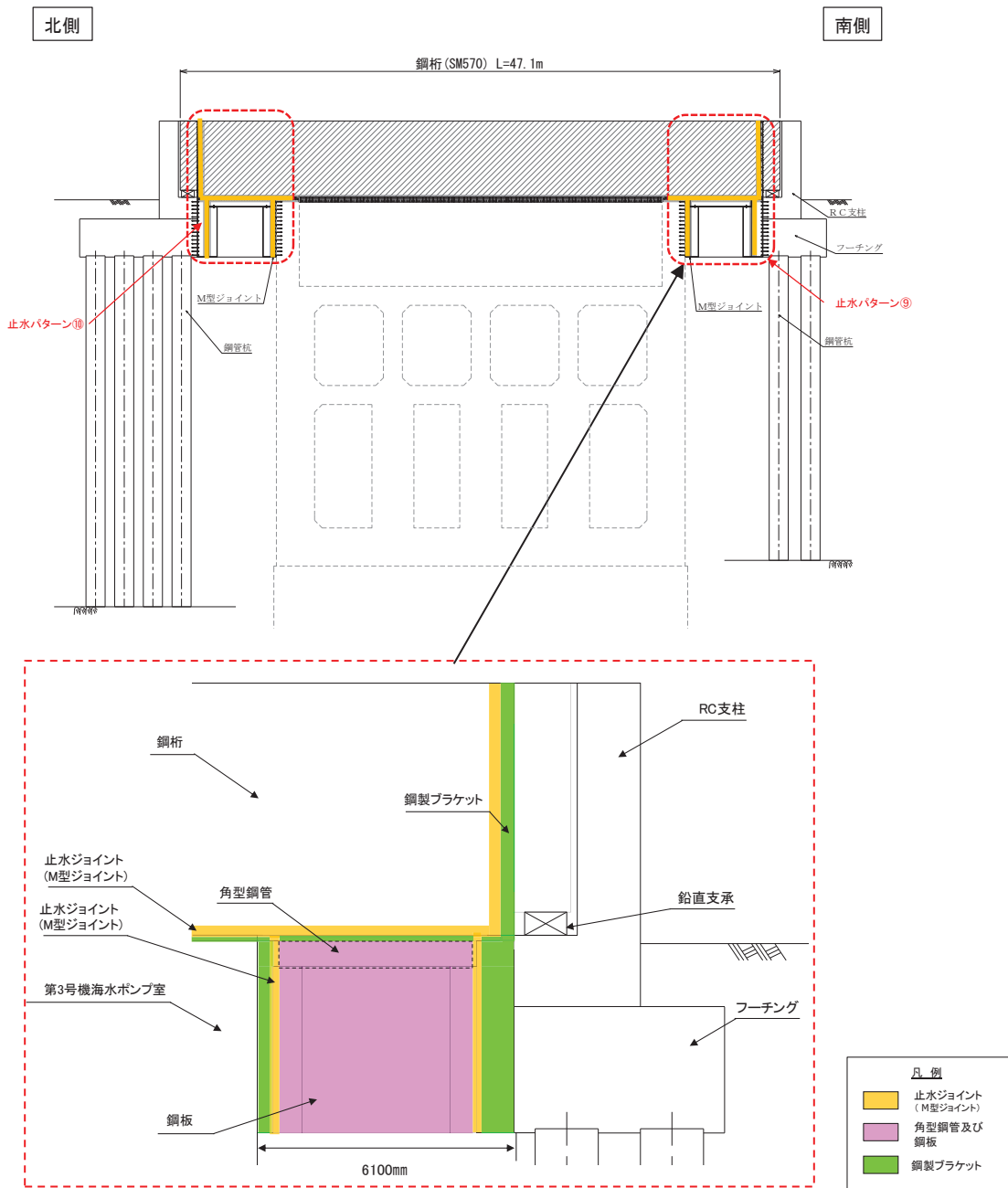
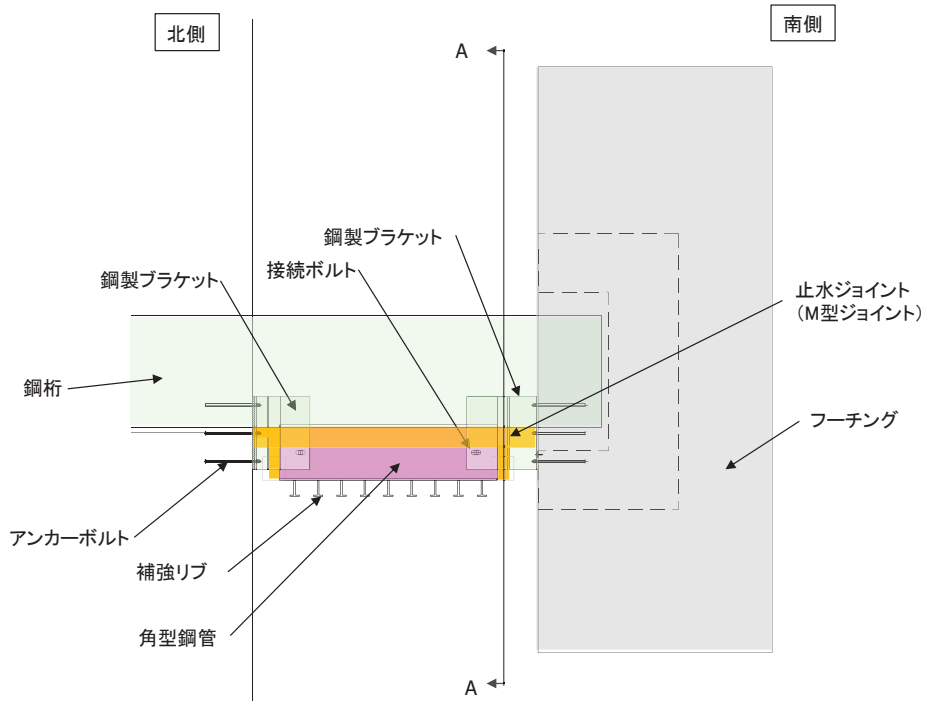
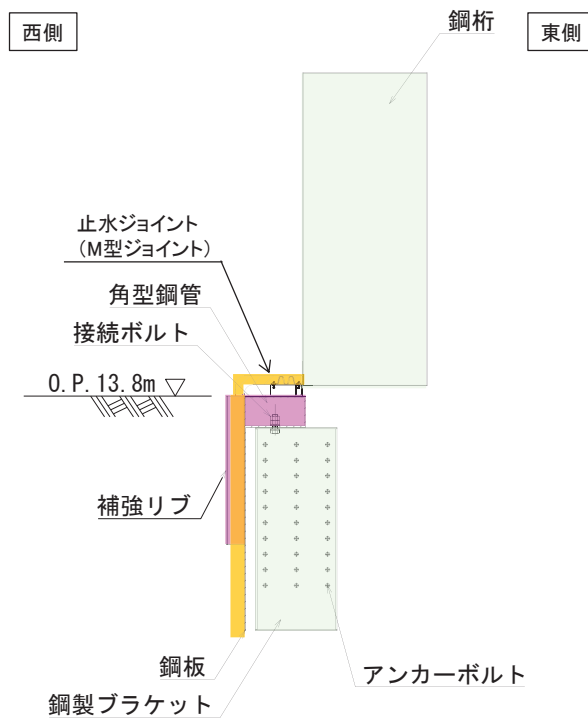


図 4.7-1(3) 止水パターン⑨, ⑩の構造概要(正面図)

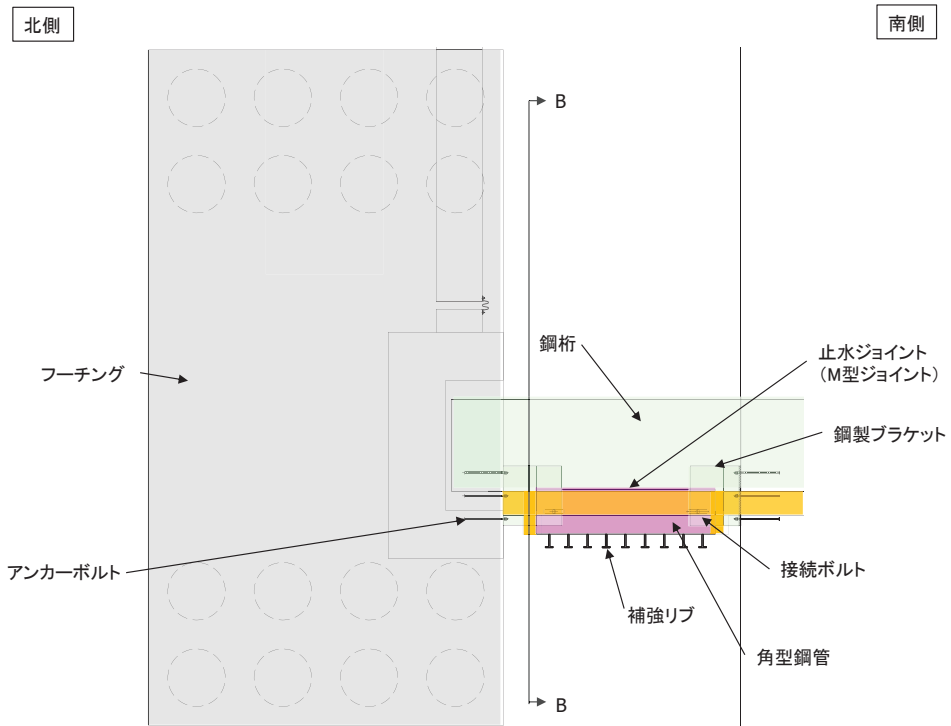


(平面図) (止水パターン⑨)

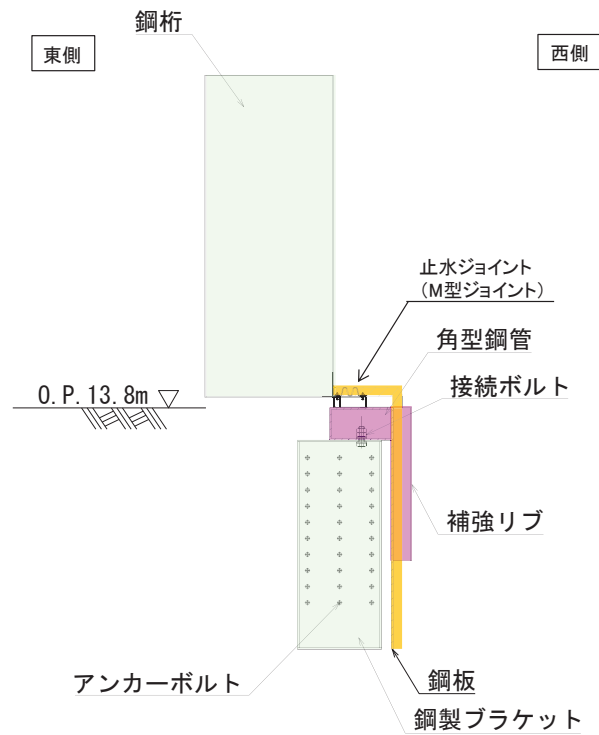


(断面図(A-A)) (止水パターン⑨)

図 4.7-1(4) 止水パターン⑨の構造概要(詳細図)



(平面図) (止水パターン⑩)



(断面図(B-B)) (止水パターン⑩)

図 4.7-1(5) 止水パターン⑩の構造概要(詳細図)

4.8 止水パターン①(防潮堤取り合い部(鋼矢板設置箇所)), ②(背面補強工間), ③(防潮堤取り合い部(鋼矢板設置箇所))

止水パターン①, ②, ③の構造概要を図4.8-1に示す。止水パターン①(防潮堤取り合い部(鋼矢板設置箇所)), ②(背面補強工間), ③(防潮堤取り合い部(鋼矢板設置箇所))については, 防潮堤背面補強工から張り出した鉄筋コンクリート壁(以下, RC壁という。)に鋼板を取り付け, 防潮壁との間に止水ジョイント(M型ジョイント)を取り付けることで, 止水性を確保する。また, RC壁と防潮堤背面補強工を接続するため, 防潮堤背面補強工と一体の鉄筋コンクリート壁(以下, 背面補強工RC壁という。)を設置し, 止水性を確保する。また, RC壁と背面補強工RC壁の構造目地間には, 止水ジョイント(止水シール)を設置することで止水性を確保する。また, 止水パターン①及び③の下部については鋼矢板を設置することでボイリングに対する止水性を確保する。なお, 止水ジョイント(M型ジョイント, 止水シール)の止水試験結果については, 「6.3.9 杭基礎構造防潮壁の止水ジョイント部材及び止水シールについて」に, 相対変位の評価結果については, 「6.3.10 杭基礎構造防潮壁の止水ジョイント部材の相対変位量に関する補足説明」に示す。また, 止水ジョイント(ゴムジョイント)の止水試験結果については, 「6.1.5 防潮堤(鋼管式鉛直壁)の止水ジョイント部材について」に, 相対変位の評価結果については, 「6.1.6 防潮堤(鋼管式鉛直壁)の止水ジョイント部材の相対変位量に関する補足説明」に示す。また, RC壁及び鋼板の評価結果については, 「6.3.12 防潮堤取り合い部の耐震・強度に関する補足説明」に, 背面補強工RC壁の評価結果については「6.3.15 防潮堤背面補強工部の耐震・強度に関する補足説明」に示す。また, 止水パターン①及び③の下部に設置される鋼矢板の評価結果については, 「6.3.11 鋼矢板の耐震及び強度に関する補足説明」に示す。

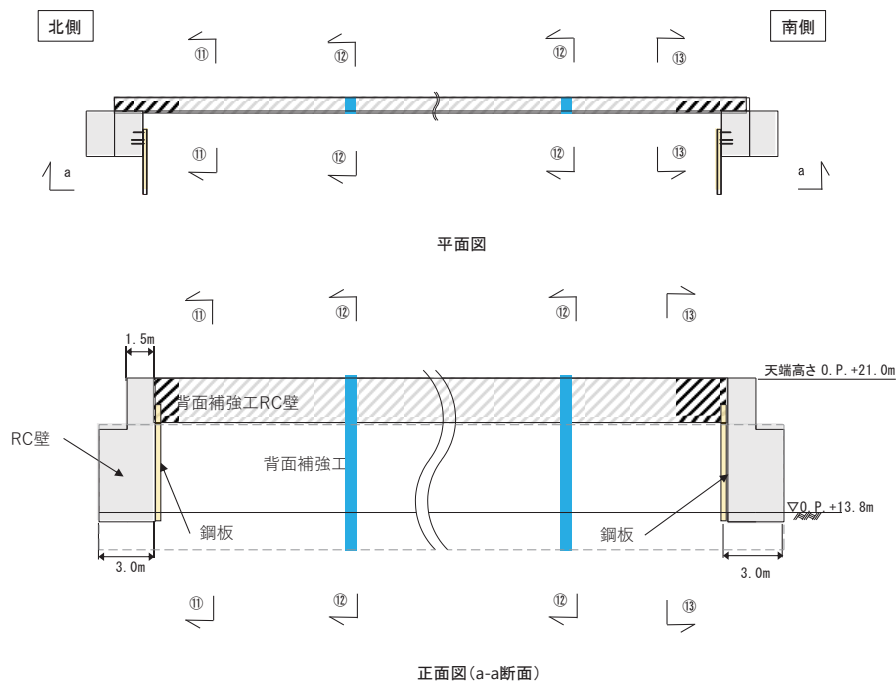


図4.8-1(1) 止水パターン①, ②, ③の構造概要(平面図, 正面図)

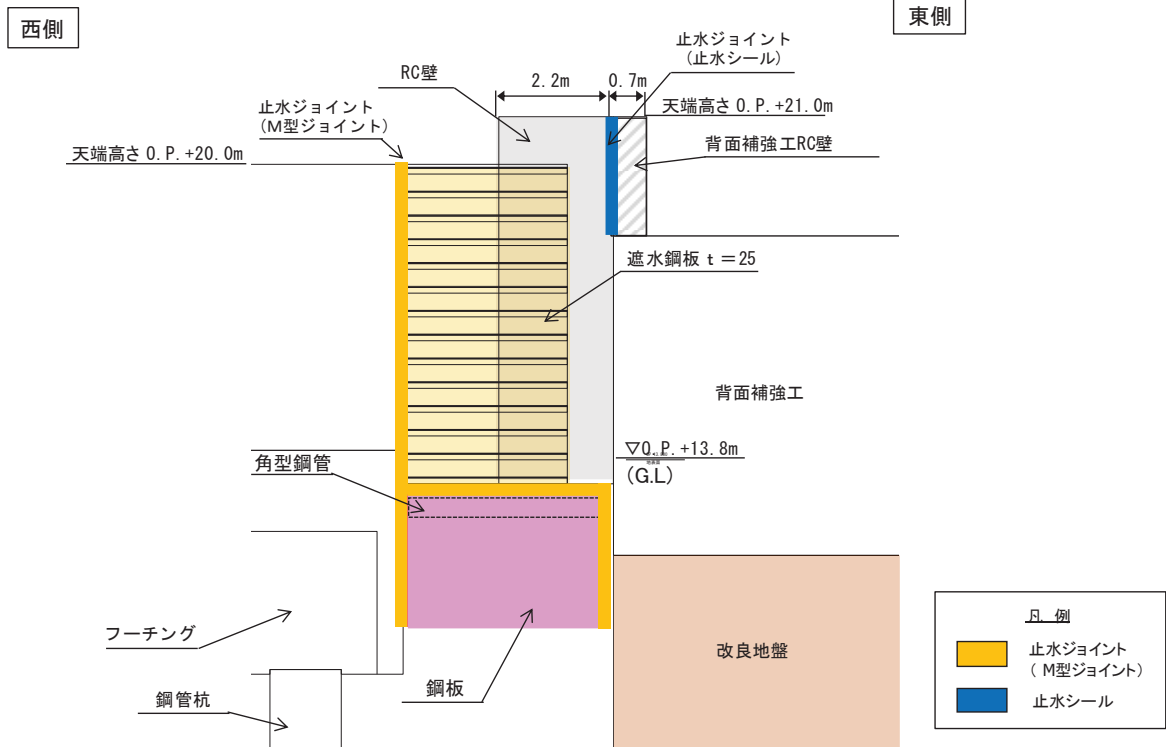


図 4.8-1(2) 止水パターン⑪の構造概要(⑪-⑪断面図)

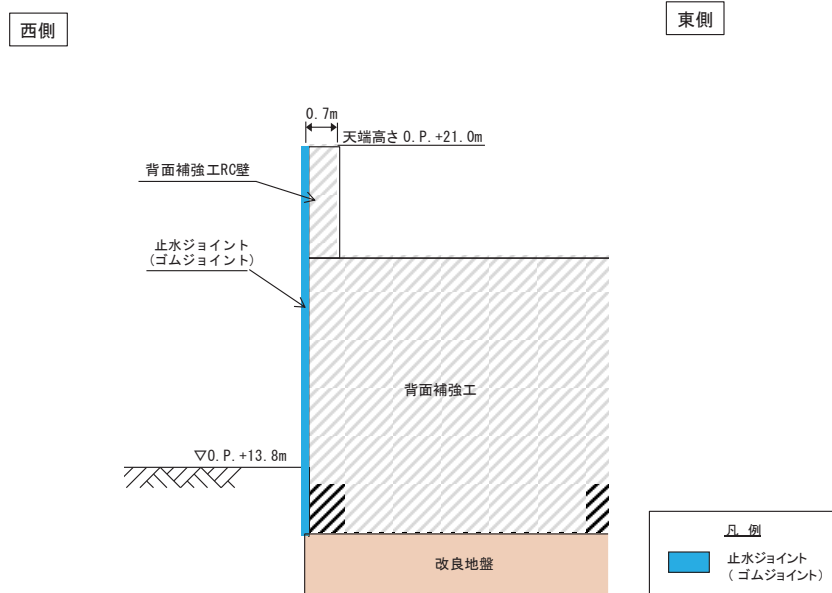


図 4.8-1(3) 止水パターン⑫の構造概要(⑫-⑫断面図)

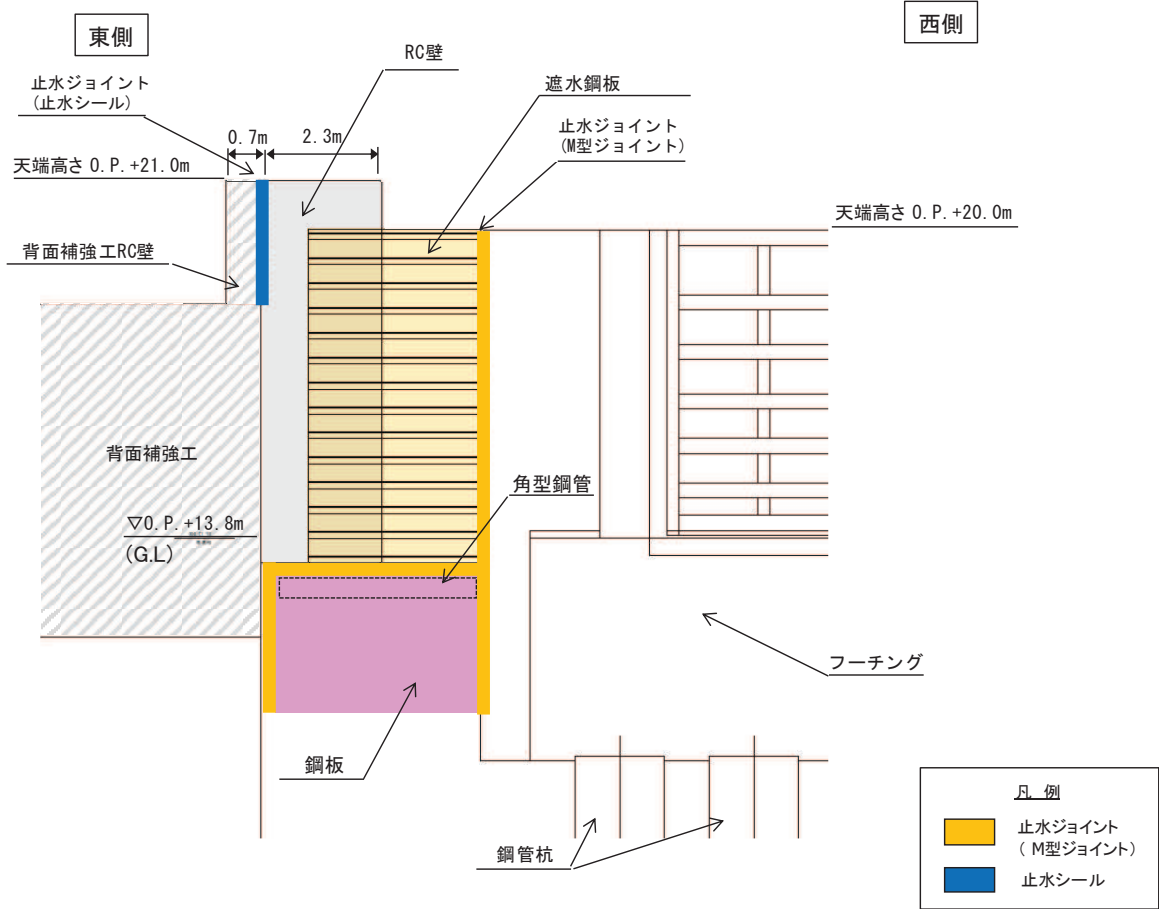


図 4. 8-1(4) 止水パターン⑬の構造概要(⑬-⑬断面図)

## 6. 浸水防護施設に関する補足資料

### 6.1 防潮堤に関する補足説明

#### 目 次

- 6.1.1 防潮堤（鋼管式鉛直壁）の耐震性についての計算書に関する補足説明
- 6.1.2 防潮堤（鋼管式鉛直壁）の強度計算書に関する補足説明
- 6.1.3 防潮堤（盛土堤防）の耐震性についての計算書に関する補足説明
- 6.1.4 防潮堤（盛土堤防）の強度計算書に関する補足説明
- 6.1.5 防潮堤（鋼管式鉛直壁）の止水ジョイント部材について
- 6.1.6 防潮堤（鋼管式鉛直壁）の止水ジョイント部材の相対変位量に関する補足説明
- 6.1.7 背面補強工及び置換コンクリートに使用するコンクリートのせん断強度について
- 6.1.8 セメント改良土の品質確認方針
- 6.1.9 防潮堤の設計・施工に関する補足説明
- 6.1.10 漂流物防護工の評価について
- 6.1.11 盛土・旧表土の液状化影響を考慮した安定性評価への影響について

   : 本日の説明範囲



- 6. 浸水防護施設に関する補足説明
- 6.1 防潮堤に関する補足説明
- 6.1.9 防潮堤の設計・施工に関する補足説明

## 目 次

1. 防潮堤の各部位の性能目標と許容限界	1
1.1 鋼管式鉛直壁	1
1.2 盛土堤防	8
2. 防潮堤に作用する荷重と部位の役割	12
2.1 地震時	12
2.2 津波時	16
2.3 重畳時（津波＋余震時）	19
3. 損傷モードの抽出と設計・施工上の配慮	23
3.1 サイト特性・制約条件を踏まえた構造の特異性	23
3.2 損傷モードの抽出と設計・施工上の配慮	24
4. 止水性に係る検討結果	36
4.1 構造境界部の剥離状況の確認結果	36
4.1.1 検討条件	36
4.1.2 検討結果	41
4.2 各部位（改良地盤，置換コンクリート及びセメント改良土）の内的安定確認結果	49
4.3 二次元浸透流解析による確認結果	49
5. 施工実績（一般産業施設における類似構造の設計・施工例）	52
6. 改良地盤の追加施工の成立性について	58
6.1 改良地盤の追加施工に関する検討フロー	58
6.2 改良地盤の要求機能の整理	59
6.3 施工時の課題抽出	60
6.4 女川防潮堤における施工実績	62
7. セメント改良土の耐侵食性・耐洗堀性について	84
7.1. セメント改良土の耐侵食性・耐洗堀性について	84
7.2 盛土堤防におけるセメント改良土の既設部と新設部の取扱いについて	86
8. 防潮堤を横断する構造物の取扱いについて	88
8.1 防潮堤を横断する構造物	88
8.2 各構造物の地震に対する評価	89
8.3 各構造物の保守管理	91

8.4	北側排水路の取扱い	92
9.	女川防潮堤の特徴と他サイト防潮堤との比較	96
9.1	比較の観点	96
9.2	構造形式の違いと考察	96
9.3	地震時における沈下の取扱い	98
9.4	女川防潮堤における構造設計の経緯	99
10.	漂流物防護工の構造及び施工方法について	101
10.1	目的	101
10.2	準拠事項	101
10.3	漂流物防護工の種類及び品質	101
10.4	施工方法について	102
10.4.1	施工フロー	102
10.4.2	架台設置	106
10.4.3	防護工設置	112
10.5	漂流物防護工維持管理方針の検討	114
11.	鋼管杭の上杭と下杭の接合部の構造及び施工方法について	116
11.1	鋼管杭の上杭と下杭の接合部の構造	116
11.2	鋼管杭の上杭と下杭の接合部の施工方法	116
12.	すべり線設定の考え方について	117
12.1	防潮堤（鋼管式鉛直壁）	117
12.2	防潮堤（盛土堤防）	118
13.	鋼管杭下方のMMR置換について	120
13.1	概要	120
13.2	施工方法及び品質管理	122
13.3	設計上の考慮事項	126
13.3.1	MMRの支持力の取り扱い	126
13.3.2	解析モデル上の取り扱い	127
13.3.3	解析結果を踏まえた解析条件の妥当性確認	129
13.3.4	まとめ	134
14.	置換コンクリートの施工について	135
14.1	概要	135
14.2	置換コンクリートの施工方法	135
(1)	施工範囲	135
(2)	施工フロー	136
(3)	土留掘削工	137
14.3	掘削に伴う防潮堤の安定性への影響について	140

：本日の説明範囲

## 14. 置換コンクリートの施工について

### 14.1 概要

鋼管式鉛直部（一般部）における置換コンクリートの施工概要について示す。

また、置換コンクリート設置に伴い防潮堤前面を長期間掘削することから、**切梁**支保工の設置及び安定性照査により、防潮堤前面掘削部の安定性を確認して施工する計画であることを示す。

### 14.2 置換コンクリートの施工方法

#### (1) 施工範囲

置換コンクリート工の施工範囲を図 14.2-1 に示す。置換コンクリートは、幅を 12.65m とし、高さ方向については、上端を O.P.+8.4m、下端を C<sub>M</sub> 級岩盤まで設置する計画としている。

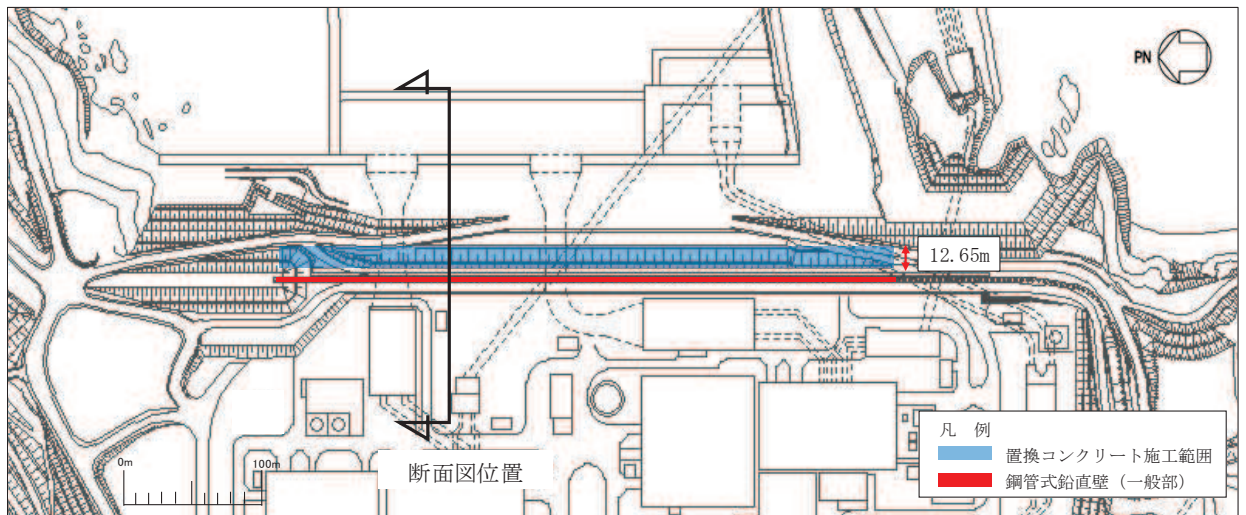


図 14.2-1 (1) 置換コンクリートの施工範囲（平面図）

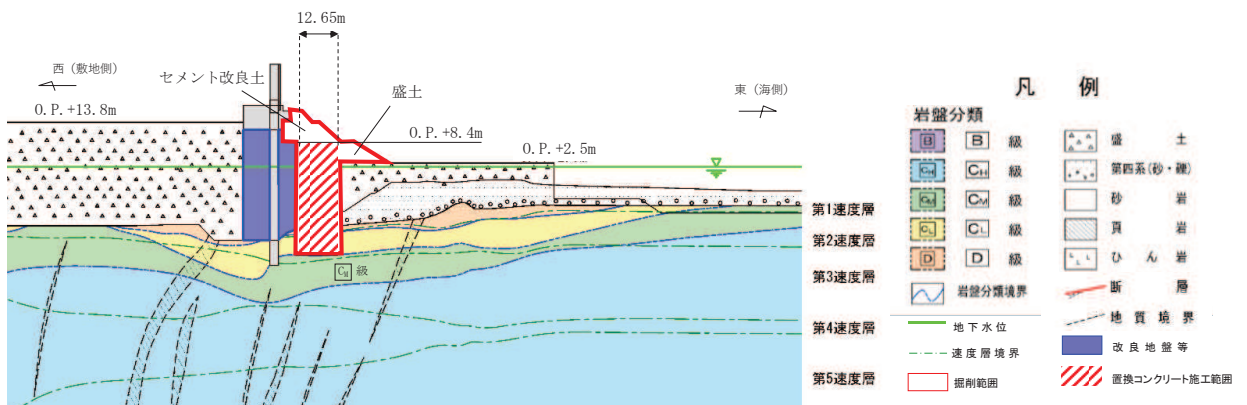


図 14.2-1 (2) 置換コンクリートの施工範囲図（断面図）

(2) 施工フロー

置換コンクリート工の施工フローを図 14.2-2 に示す。

掘削は切梁を設置しながら掘り下がっていき、支持岩盤を確認したのちコンクリートを打設する。

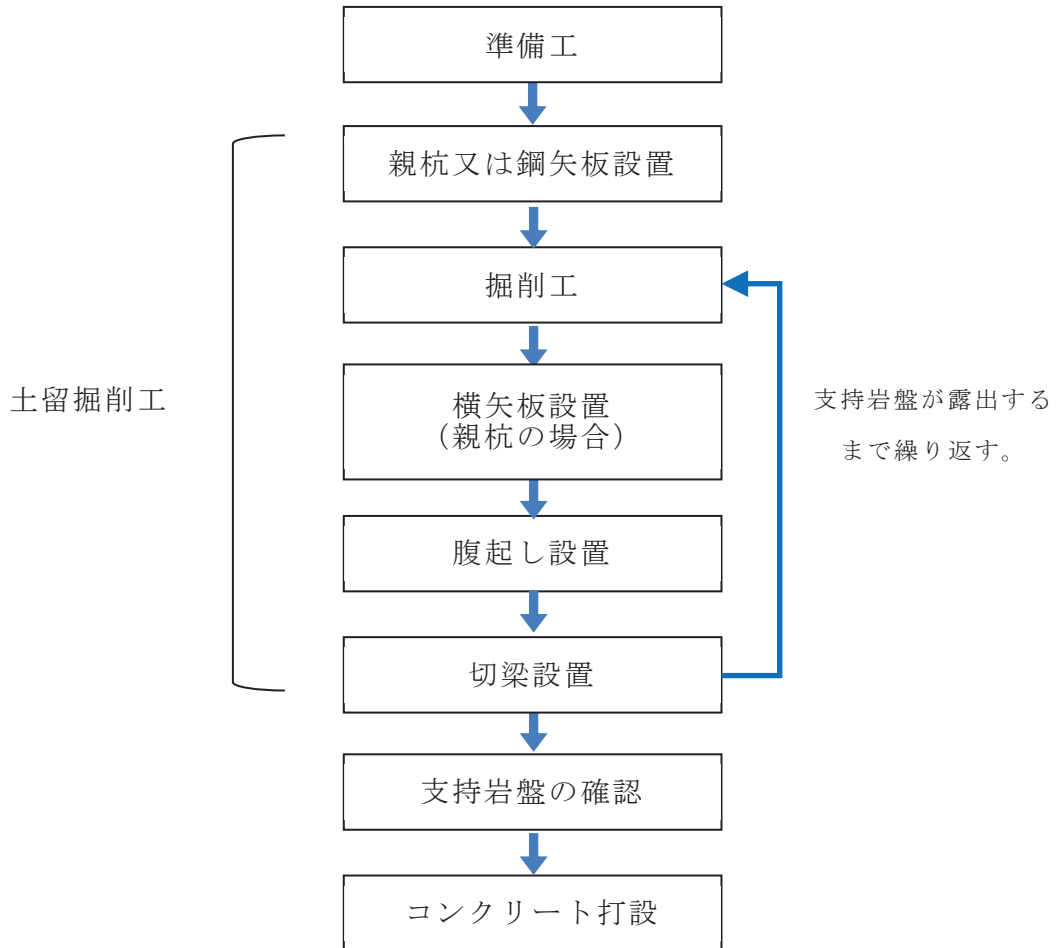


図 14.2-2 置換コンクリート工の施工フロー

### (3) 土留掘削工

掘削範囲の平面図を図 14.2-3 に、掘削標準断面図を図 14.2-4 に示す。

断面方向（東西方向）の掘削範囲は、図 14.2-1 (2) に示す鋼管式鉛直壁（一般部）前面の  $C_M$  級岩盤からセメント改良土までを掘削範囲とする。

置換コンクリートは  $C_M$  級岩盤を支持地盤とし、最も深い箇所でも O.P. -25.0m まで掘り下げる計画としており、防潮堤の置換コンクリート海側の盛土及び旧表土の崩壊を防止し安定性を確保するため、土留めによる掘削が必要となる。

一方、防潮堤の置換コンクリート設置に伴う、掘削時の防潮堤の安定性（滑動及び転倒）に対しては、O.P. 約-11.0m 以深の範囲において、支保工等による対策が必要となる。

上記を踏まえ、防潮堤置換コンクリート設置に伴う掘削においては、切梁支保工による土留め（親杭横矢板又は鋼矢板）掘削を採用することとし、切梁支保工は、置換コンクリート底盤深さ（ $C_M$  級岩盤上面深さ）に応じて複数段設置する。

また、防潮堤海側の地盤標高（O.P. +2.5m）～O.P. -11.0m までの範囲においては、掘削時に切梁支保工無しで防潮堤の安定性は確保されるものの、防潮堤の安定性に対する裕度を向上させること及び施工時の安全性の観点から、安全側に地盤標高～O.P. -11.0m の範囲においても切梁支保工を設置する。

切梁支保工による土留めは、置換コンクリート設置範囲のうち、防潮堤海側の地盤標高以下（O.P. +2.5m 以深）において、図 14.2-2 に示す施工フローのとおり、切梁支保工による土留及び掘削を繰り返しながら掘り下がっていく。

また、掘削は全区間を一斉に掘り下がっていくのではなく、図 14.2-5 に示すブロックごとに掘削を行い、掘削を完了したところは順次(4)のコンクリート打設を実施する。

なお、土留めの設計に当たっては、異なる土留仕様区間毎に、各種基準（日本道路協会 平成 11 年 3 月 道路土工 仮設構造物土工指針等）に基づいて設計することとし、地震時に対しては施設の重要性に鑑み、設計水平震度  $kh=0.2$  を考慮する。



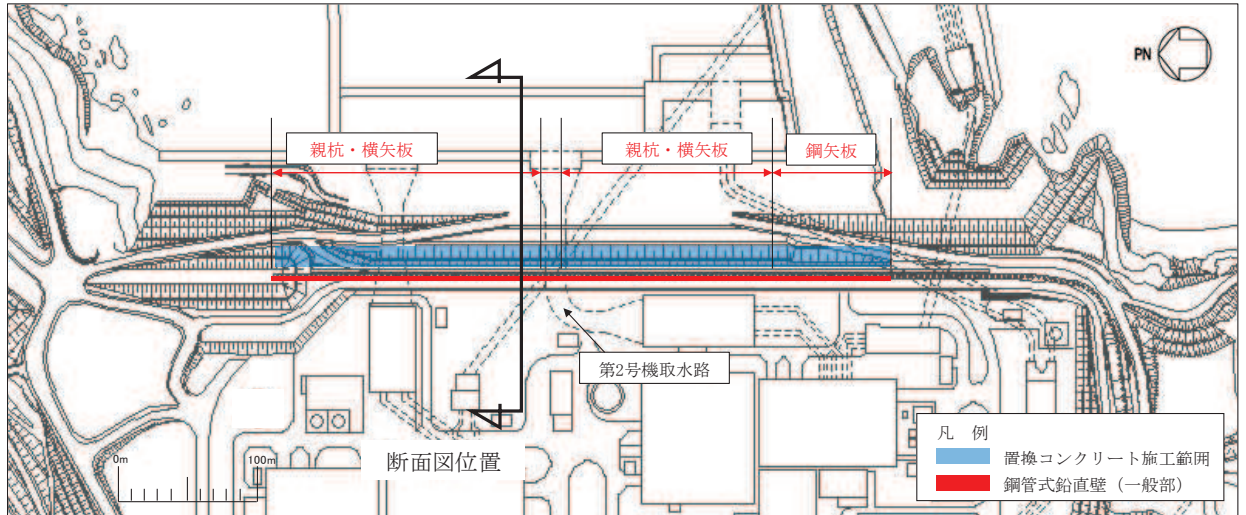


図 14.2-3 掘削範囲（平面図）

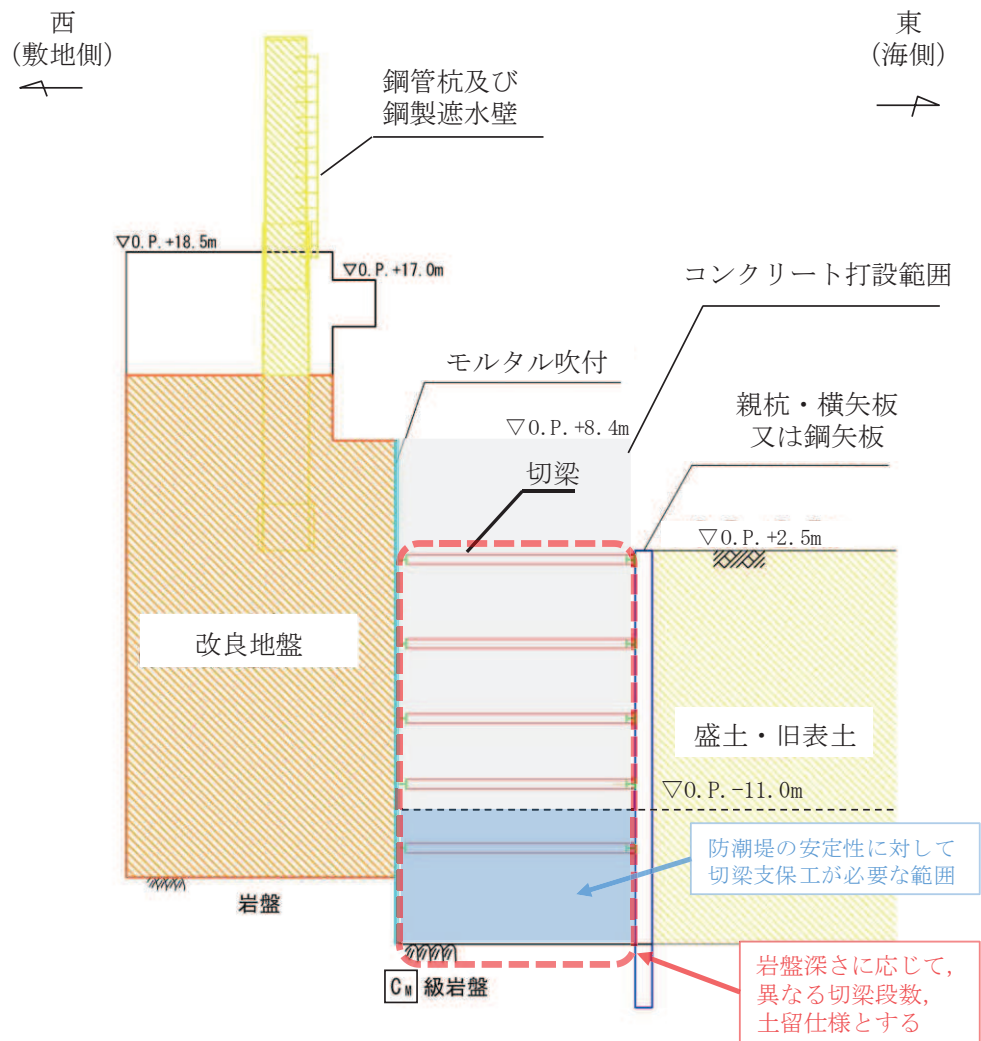


図 14.2-4 掘削標準断面図

(4) コンクリート打設

図 14.2-1(2)に示すとおり、 $C_M$ 級岩盤から O.P.+8.4m までの範囲に置換コンクリートを設置する。

$C_M$ 級岩盤が露出した後、コンクリート（設計基準強度： $30N/mm^2$ ）を打設する。鋼管式鉛直壁（一般部）前面の置換コンクリートは、図 14.2-5 に示すとおり平面的に 7ブロック構造に分割して打設する計画としている。

なお、打設するコンクリートの仕様、打設ブロック（BL）及びリフト割については、コンクリートのひび割れの防止及び抑制を考慮して計画する。

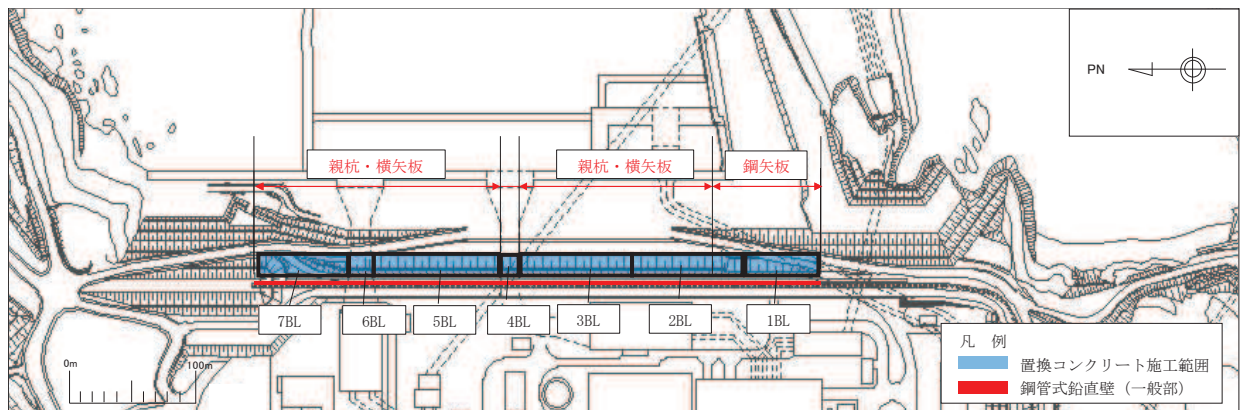


図 14.2-5 コンクリート打設計画図（ブロック割）

### 14.3 掘削に伴う防潮堤の安定性への影響について

置換コンクリート設置に当たっては、14.2に示す施工方法にて、岩盤深さに応じたブロック毎に掘削及び土留を進めるため、防潮堤汀線方向（南北方向）全長にわたり、防潮堤海側の地盤標高（O.P.+2.5m）以深の範囲においては、掘削とともに切梁支保工が設置される状況となる。切梁支保工は、14.2のとおり異なる土留仕様区間毎に、地震時に設計水平震度  $kh=0.2$  を用いて設計することから、防潮堤海側の地盤標高以深の範囲においては、防潮堤の安定性は確保される。

一方、図14.2-4に示す掘削標準断面図のうち、切梁支保工が設置されない範囲である、防潮堤海側の地盤標高（O.P.+2.5m）以浅の範囲については、「日本道路協会平成24年7月 道路土工擁壁工指針」に準拠し、図14.3-1に示す鋼管式鉛直壁（一般部）背面の盛土及び旧表土の土圧を考慮した場合における、滑動及び転倒に対する安定性の照査を行うことで安定性を確認している。

具体的には、切梁支保工が設置される範囲（O.P.+2.5m以深）に対して、安全側にO.P.±0mを基点とし、常時及び地震時（設計水平震度0.2）に対して表14.3-1に示す項目で照査を行うことで安定性を確認している。

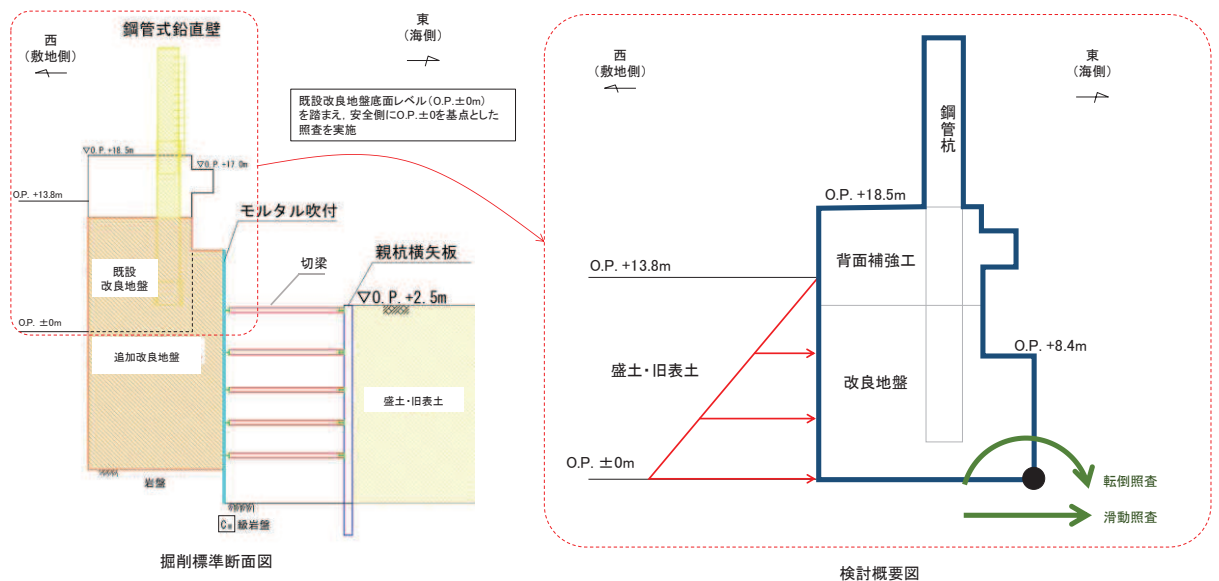


図 14.3-1 防潮堤の安定性検討概要図

表 14.3-1 防潮堤の安定性照査項目\*

ケース	転倒	滑動
常時	$e < B/3$	$F_s > 1.5$
地震時	$e < B/6$	$F_s > 1.2$

注記\* : e : 荷重の偏心距離(m), B : 基礎幅(m),  $F_s$  : 滑動に対する安全率



## 6. 浸水防護施設に関する補足資料

### 6.3 防潮壁に関する補足説明

#### 目次

- 6.3.1 杭基礎構造防潮壁 鋼製遮水壁（鋼板）の耐震性についての計算書に関する補足説明
- 6.3.2 杭基礎構造防潮壁 鋼製遮水壁（鋼桁）の耐震性についての計算書に関する補足説明
- 6.3.3 杭基礎構造防潮壁 鋼製扉の耐震性についての計算書に関する補足説明
- 6.3.4 杭基礎構造防潮壁 鋼製遮水壁（鋼板）の強度計算書に関する補足説明
- 6.3.5 杭基礎構造防潮壁 鋼製遮水壁（鋼桁）の強度計算書に関する補足説明
- 6.3.6 杭基礎構造防潮壁 鋼製扉の強度計算書に関する補足説明
- 6.3.7 防潮壁（第3号機海水熱交換器建屋）の耐震性についての計算書に関する補足説明
- 6.3.8 防潮壁（第3号機海水熱交換器建屋）の強度計算書に関する補足説明
- 6.3.9 杭基礎構造防潮壁の止水ジョイント部材及びシール材について
- 6.3.10 杭基礎構造防潮壁の止水ジョイント部材の相対変位量に関する補足説明
- 6.3.11 鋼矢板の耐震・強度に関する補足説明
- 6.3.12 防潮堤取り合い部の耐震・強度に関する補足説明
- 6.3.13 防潮壁下部トレンチ横断部遮水鋼板の耐震・強度に関する補足説明
- 6.3.14 止水ジョイント支持金具の耐震・強度に関する補足説明
- 6.3.15 防潮堤背面補強工部の耐震・強度に関する補足説明

参考資料 1 杭基礎構造防潮壁の詳細設計の考え方

参考資料 2 杭基礎構造防潮壁に用いる地震応答解析手法の妥当性について

参考資料 3 鋼桁に用いるゴム支承の詳細及び保守管理について

参考資料 4 地中部からの津波の回り込み（ボイリング）対策について

参考資料 5 鋼製扉の開閉運用について

参考資料 6 鋼板部断面⑤における入力地盤応答の妥当性について

参考資料 7 杭下端部の安定性について

参考資料 8 隣接する耐震下位クラス施設による影響について

参考資料 9 防潮壁下部を横断するトレンチの止水対策について

参考資料 10 スロッシング荷重の影響について

参考資料 11 揺すり込み沈下による負の周面摩擦力の影響について

参考資料 12 鋼矢板とフーチングの接合部のモデル化について

参考資料 13 鋼桁支承部における鋼桁変形量について

参考資料 14 上部工変形時の偏心の影響について

参考資料 15 鋼製扉支承部の構造について

参考資料 16 杭周面摩擦力の算定に用いる盛土の N 値について

参考資料 17 鋼製支柱接合部の設計の考え方について

参考資料 18 静的解析に用いる組合せ係数法の適用性について

参考資料 19 鋼桁連結部の設計概要について

02-補-E-01-0140-1\_改 35 (2021 年 10 月 28 日提出) からの修正箇所

## (参考資料 15) 鋼製扉支承部の構造について

### 1. 概要

鋼製扉は、扉体（扉体部・固定部・支承部（ヒンジ部））及び RC 支柱による上部構造と、鋼管杭、フーチングによる下部構造から構成され、扉体部と固定部間には止水ゴム（P 型ゴム）を設置し、止水性を確保する。また、隣接する構造境界部には止水ジョイント（M 型ジョイント）を設置する。

扉体は、図 15.1-1 に示すとおり、車両が進入するためにヒンジ部（扉取付部）により RC 支柱に接合した片開き式の構造で、常時は固定部にて RC 支柱及びフーチングに密着させ、開閉時には人力で 15 分以内に開閉可能かつ閉止する際に特別な設備（クレーン等）を必要としない構造とし、原則閉止運用とする。

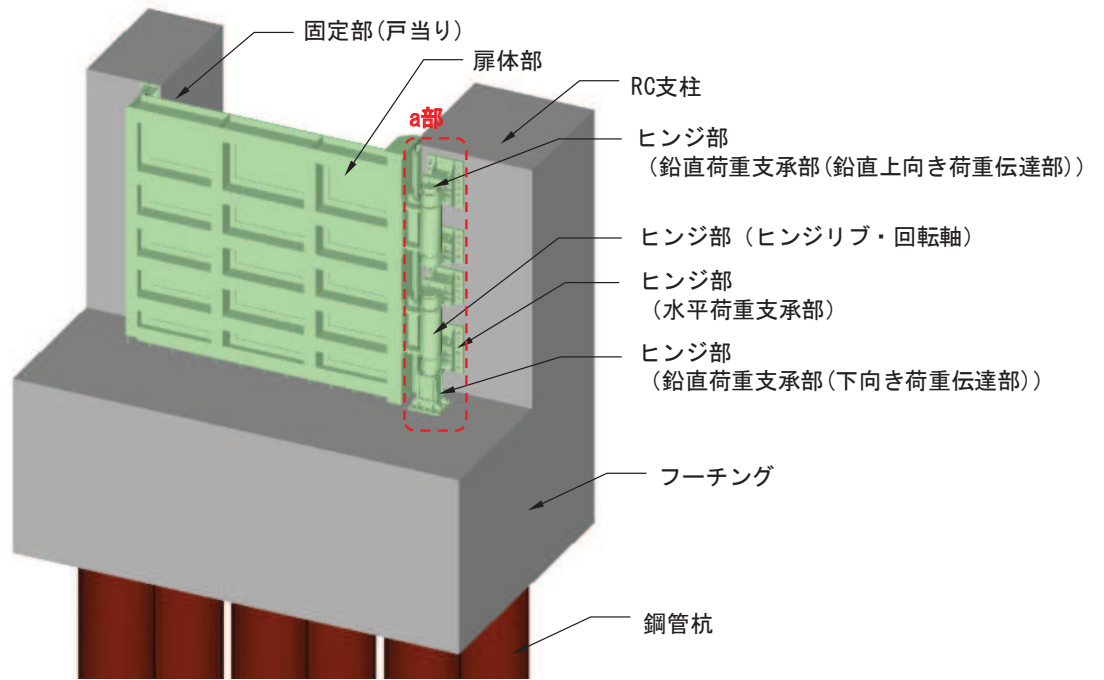
ヒンジ部は、構造が類似する「ダム・堰施設技術協会 平成 28 年 3 月 ダム・堰施設技術基準（案）」（以下「ダム・堰技術基準」という。）に示されるゲート構造を参照し、扉体の回転方向の荷重（水平方向荷重）に対して荷重を支持する水平荷重支承と、回転方向に直交する荷重（鉛直方向荷重）に対して荷重を支持する鉛直荷重支承を設ける構造とする。水平荷重支承と回転軸間にはころがり軸受けを設置し、扉体の鉛直方向の変位や回転を拘束しない構造とする。鉛直荷重支承と回転軸間にはすべり（球面）軸受けを設置し扉体の水平方向の変位や回転を拘束しない構造とする。

片開き式の扉の場合、水平荷重支承部のみで、水平荷重に加えて扉体の自重や地震時の鉛直慣性力等の鉛直荷重も負担させる支承構造とすることが一般的と考えられる。一方、そのような構造を採用する場合には、アンカーボルトを含む支承構造の大型化、それが取り付く RC 支柱等の断面拡大が必要となる等の懸念がある。

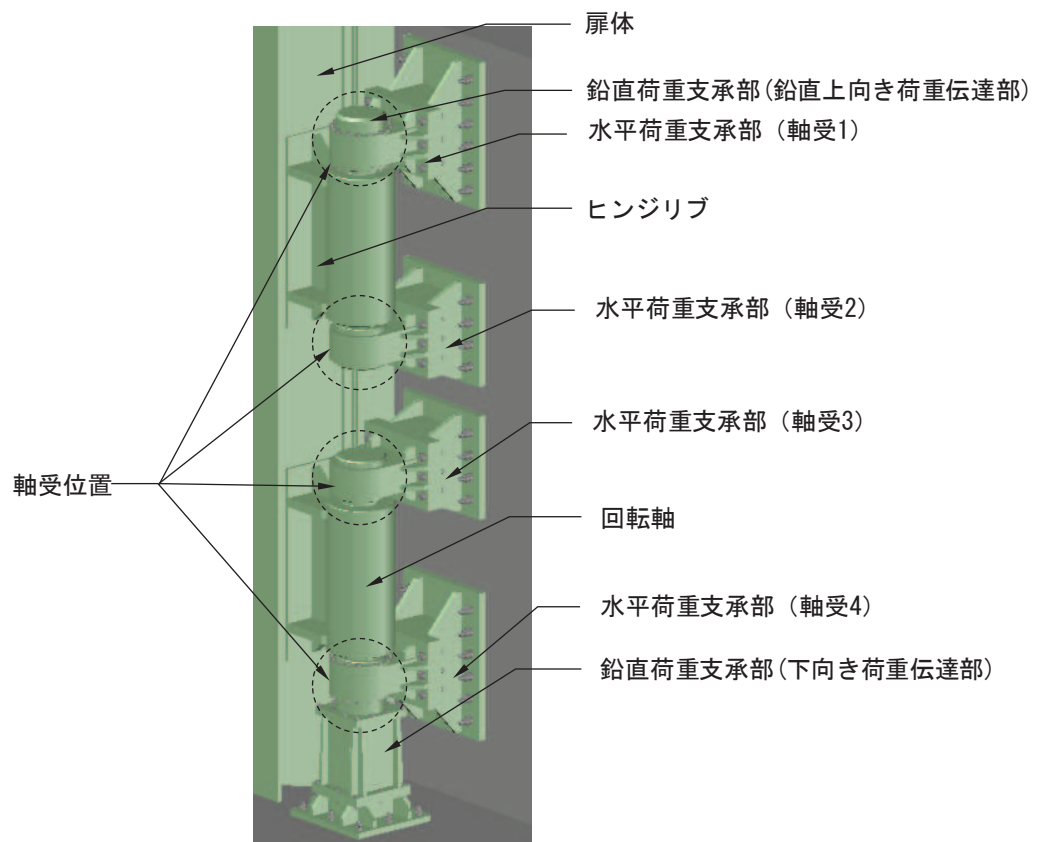
よって、本構造においては、荷重を水平・鉛直に分散して受ける支承構造とし、合理的に構造全体の設計裕度を確保するための構造形式としている。また、鉛直荷重支承部におけるすべり軸受けについては、扉体の開閉に必要な回転機能に優れるとともに、鉛直力を確実に下部のフーチング等へ伝達することが可能な球面形状としている。

これらの構造形式については、一般産業施設として、構造選定の参照としたダム・堰技術基準に加え、道路橋支承便覧に示される支承構造と比較しても、同様な形式であり特異性の無い構造となっている。その上で、「3. 支承部の設計について」に示すとおり、基準地震動  $S_s$  及び基準津波に対して概ね弾性範囲内（短期許容応力度等以下）に留まる強度を有することを確認しており、津波防護施設としての技術基準への適合性を有していると判断される。

本資料では、支承部の構造概要を示した上で、構造選定において参照したダム・堰技術基準及び道路橋支承便覧に示されている類似の支承構造との比較を示すとともに、支承部の設計概要と支持構造の不確かさ等を考慮した影響検討結果について示す。



(全体概要)



(支承部 (a 部) 拡大)

図 15.1-1 鋼製扉の構造概要

## 2. 支承部の構造について

### 2.1 構造概要

鋼製扉の支承部（ヒンジ部）は、ダム・堰技術基準に基づく構造選定及び部材設計を実施している。

片開き式の扉の場合には、水平荷重支承部のみで、鉛直方向へのずれ止め等を設け、水平荷重に加えて扉体の自重や地震時の鉛直慣性力等の鉛直荷重も負担させる支承構造とすることが一般的と考えられる。

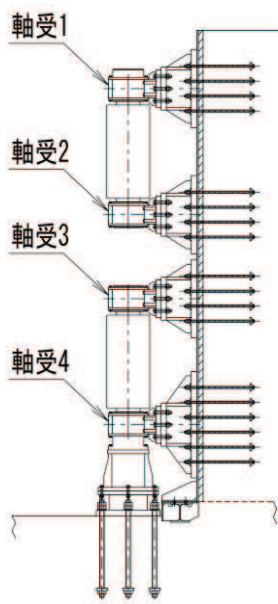
しかしながら、本構造においてそのような構造を採用する場合には、アンカーボルトを含む支承構造の大型化、それが取り付く RC 支柱の断面拡大が必要となり、それを支持する下部構造の安全裕度が低下する等の影響が生じる。そこで、ダム・堰技術基準に示されるダムフラップゲートやラジアルゲート構造等を参照し、構造全体として合理的に設計裕度を確保できる構造とするために、支承部が分担する機能（荷重支持）を水平・鉛直に分離した構造とする。

具体的には、扉体の回転方向の荷重（水平方向荷重）に対して荷重を支持する水平荷重支承と、回転方向に直交する荷重（鉛直方向荷重）に対して荷重を支持する鉛直荷重支承を設ける構造とする。水平荷重支承と回転軸間にはころがり軸受けを設置し、扉体の鉛直方向の変位や回転を拘束しない構造とした上で、軸受 1（最上段）においては鉛直方向（上向き）に対するずれ止めとしての鉛直荷重伝達部を設ける。また、軸受 4（最下段）においては鉛直方向荷重（下向き）を支持する鉛直荷重支承部として、摩擦係数が低く扉体の開閉に必要な回転機能に優れるとともに、鉛直力を確実に下部のフーチング等へ伝達することが可能なすべり（球面）軸受けを設置し、水平方向の変位や回転を拘束しない構造とする。

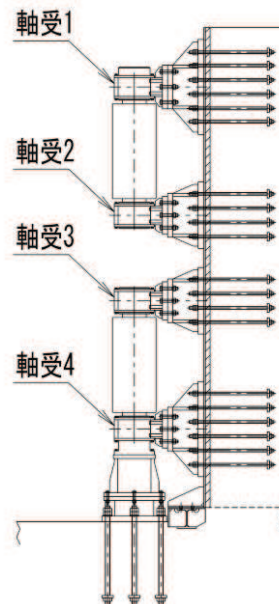
なお、軸受け部は、ダム・堰技術基準に基づき、接触面の異物混入によるかじりや、腐食等による機能低下が生じないように、ハウジングカバー及びシールにより密封し潤滑油を充填させる構造\*とする。また、定期的な保全を行うために、ボルト他によりハウジングカバー等が脱着可能な構造とする（保全の詳細については、各種基準やメーカー基準等に従い、施設の供用開始前までに適切に策定する）。

支承部の構造概要図を図 15.2-1 に、軸受部の構造詳細を図 15.2-2 に、荷重伝達経路を図 15.2-3 に示す。

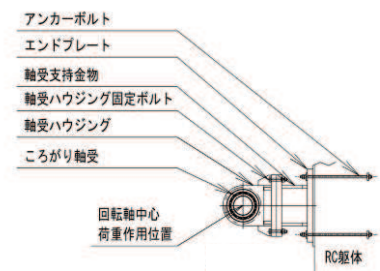
注記 \*：軸受は自己潤滑形（軸受けの母材部へ部分的に固体潤滑剤を埋込み、軸受面の摩擦により潤滑剤が引き出され潤滑被膜を形成）とし、軸受面が塵芥・異物などの混入により機能低下するおそれがあることを踏まえ、混入物排出のための給油を併用して潤滑を行うとともに、異物侵入防止のためのカバーも設置する。



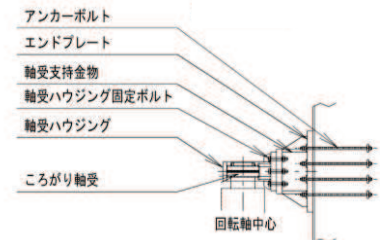
側面図（鋼製扉 1, 3, 4）



側面図（鋼製扉 1, 3, 4）

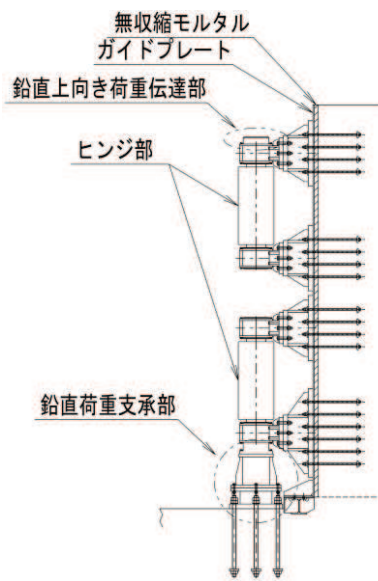


支承部拡大（平面図）

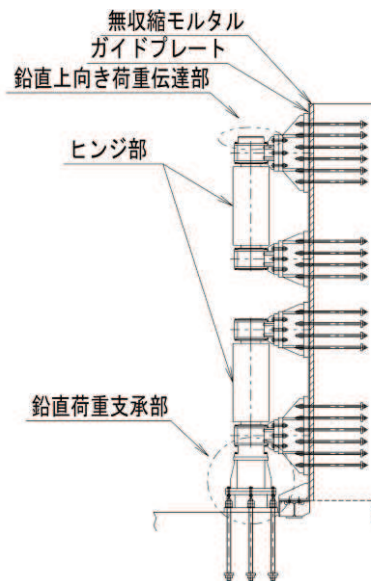


支承部拡大（側面図）

【ヒンジ部水平荷重支承部】



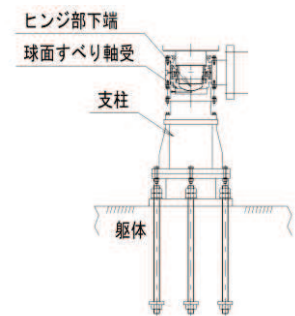
側面図（鋼製扉 1, 3, 4）



側面図（鋼製扉 1, 3, 4）



鉛直上向き荷重伝達部



鉛直荷重支承部

【ヒンジ部 鉛直上向き荷重伝達部・鉛直荷重支承部】

図 15.2-1 支承部の構造



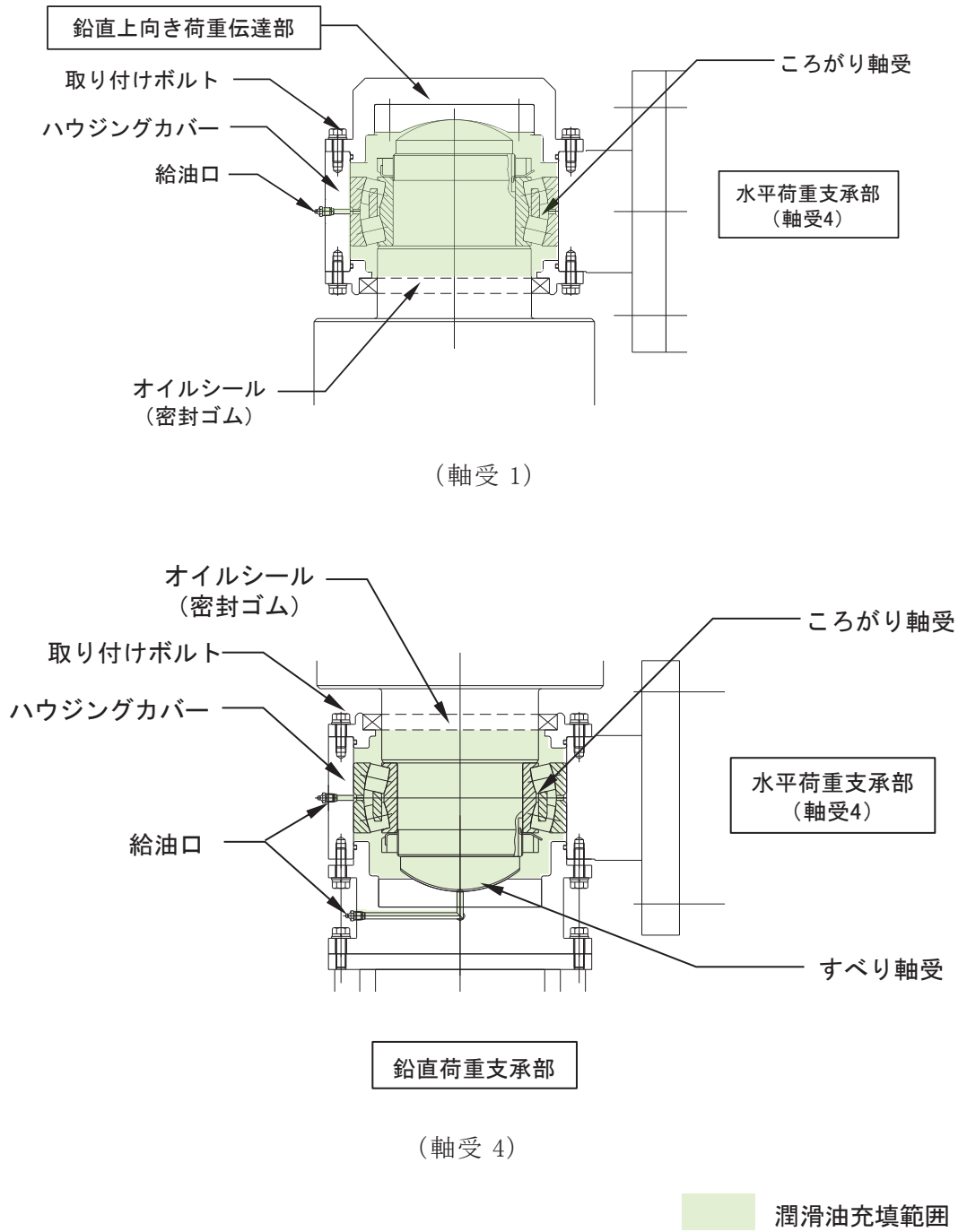
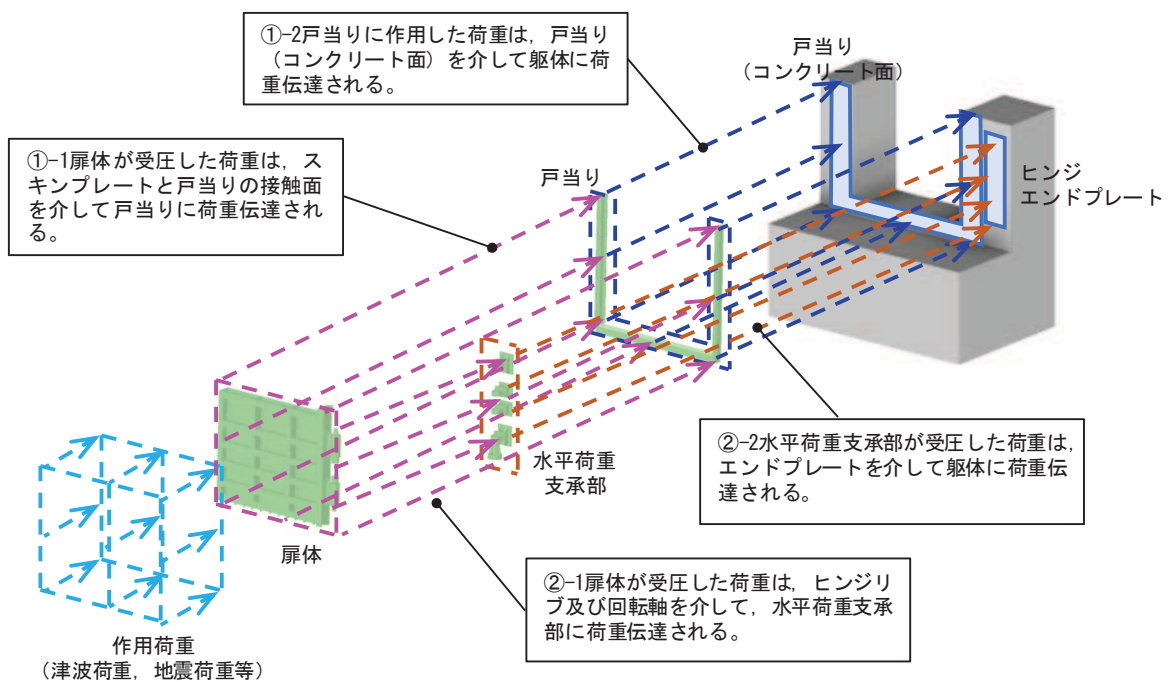
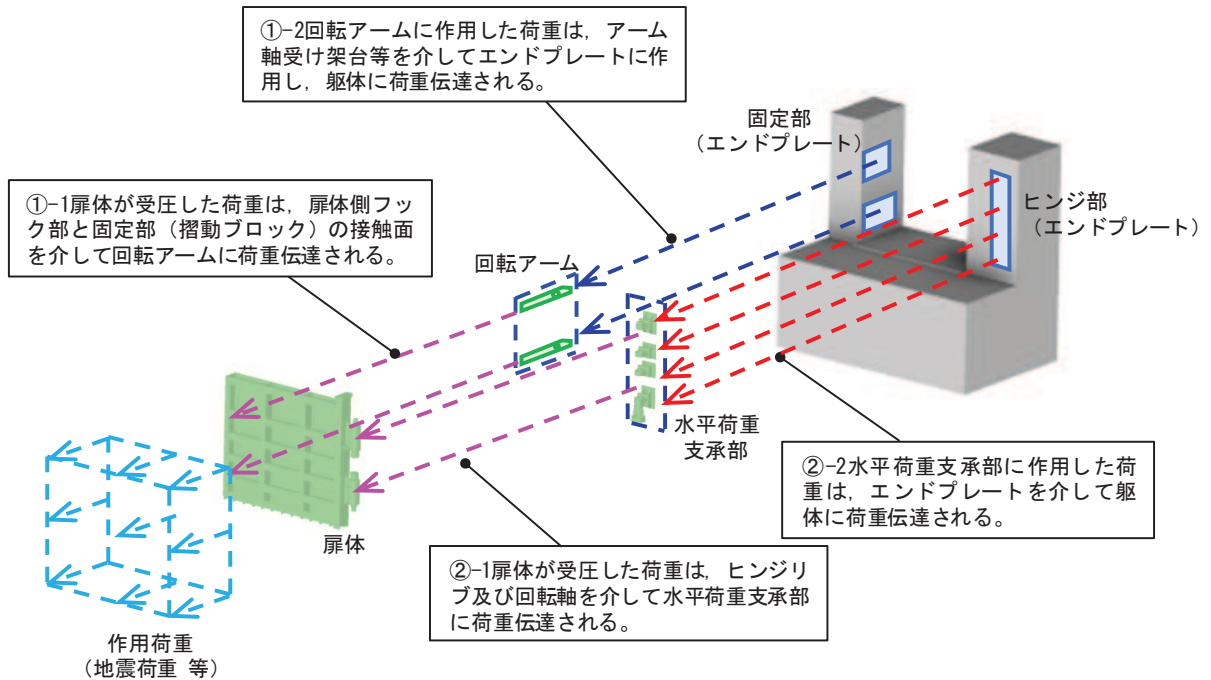


図 15.2-2 軸受部の構造詳細



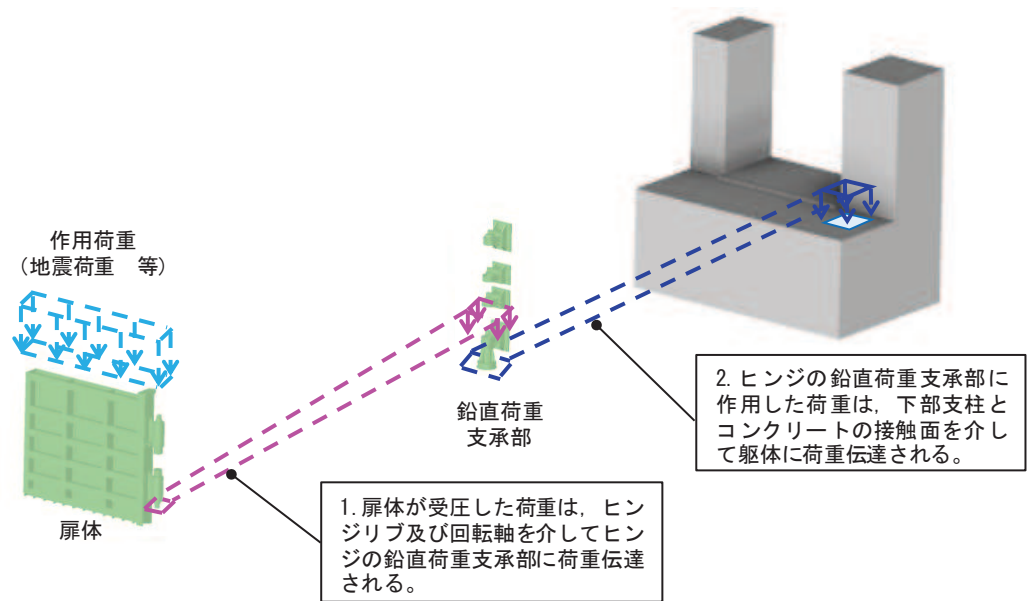
(面外方向荷重作用時 (防潮壁内→外向き))



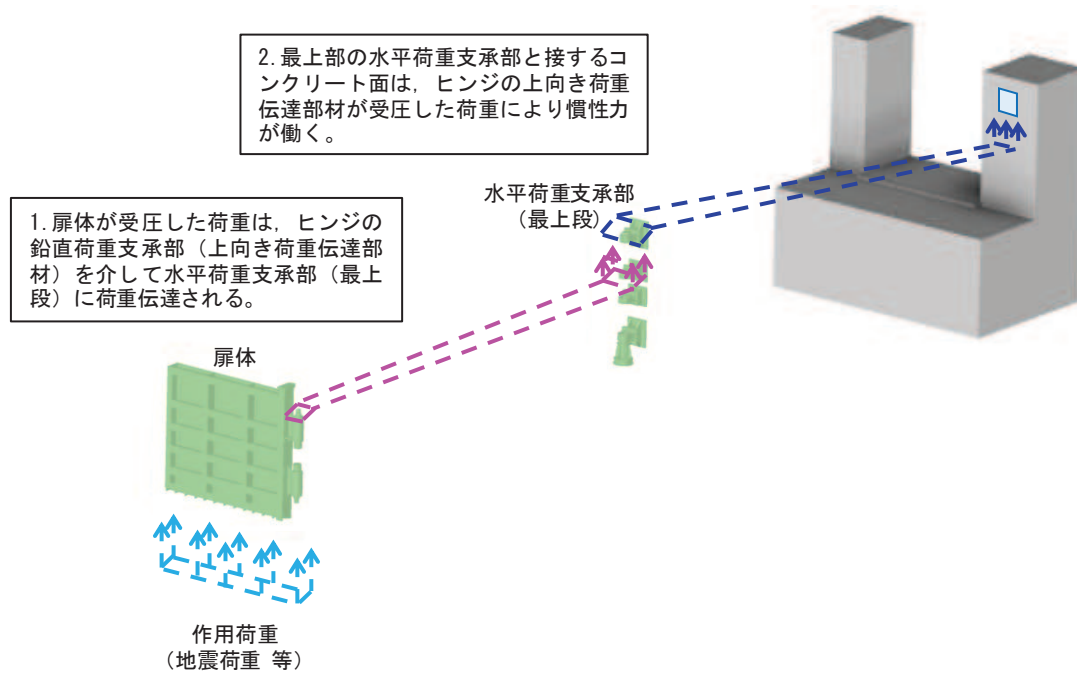
(面外方向荷重作用時 (防潮壁外→内向き))

図 15.2-3(1) 支承部の荷重伝達経路



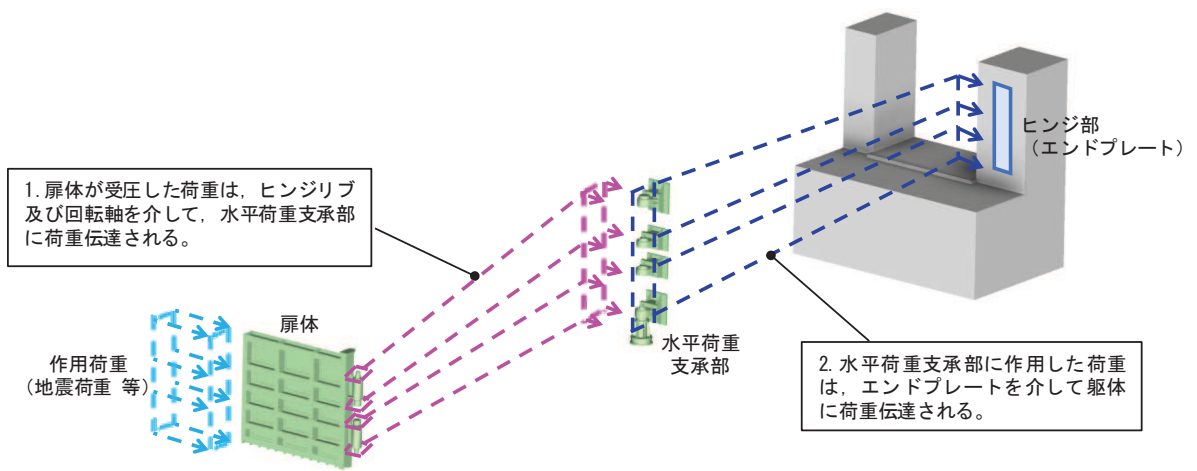


(鉛直方向荷重作用時 (下向き))



(鉛直方向荷重作用時 (上向き))

図 15.2-3(2) 支承部の荷重伝達経路



(面内方向荷重作用時)

図 15.2-3(3) 支承部の荷重伝達経路

## 2.2 各種基準との比較

### 2.2.1 ダム・堰技術基準との比較

支承部の構造は、前述のとおり、構造や用途が類似する水門構造物等に係る設計や施工に関する事項が記されているダム・堰技術基準に示されるゲート構造を参照した構造としている。

ダム・堰技術基準に示される支承構造は、ローラー形式とスライド形式、ヒンジ形式に分類され、そのうちヒンジ形式の支承構造を参照している。ヒンジ形式のうち、ラジアルゲート、ダムフラップゲートを代表に、支承部における鋼製扉支承部との構造の比較を表 15.2-1 に、構造概要例を図 15.2-4～図 15.2-6 に示す。

ラジアルゲート、ダムフラップゲートにおいて、ヒンジ部における回転軸の軸方向荷重と軸直角方向荷重及び回転荷重を伝達する機構については分離する構造が示されている。また、軸受け部の構造についても、すべり軸受けと、ころがり軸受けの2種類の軸受け構造が示されており、これらを参照した構造としている。

以上のことから、鋼製扉の支承構造は、一般産業施設としてダム・堰技術基準に示される水門等を参照した構造であり、特異性の無い構造であると判断できる。

なお、ダム・堰技術基準に示される水門の構造規模は大小あるが、今回参照したラジアルゲート等は大型のダムにも設置されるゲートであり、支承部に作用する水圧やゲートの自重、慣性力等の設計条件は、鋼製扉と同程度若しくはより厳しい設計条件となる場合も想定される。また、要求される安全性能のレベルにおいても大きな差異は無いと判断されることから、鋼製扉支承部の設計においてダム・堰技術基準を適用することは問題ないと判断される。

ここで、回転軸の軸方向荷重を支持する球面のすべり軸受け部については、ダム・堰技術基準においては詳細が陽には記載されていないため、道路橋の上部工と下部工の接点である支承部の構造選定や設計について記されている「日本道路協会 道路橋支承便覧」の支承構造との対比について 2.2.2 に示す。

表 15.2-1 鋼製扉とダム・堰技術基準の構造比較

項目	防潮壁鋼製扉	ダム・堰技術基準	差異
<p>支承構造</p>	<p>作用する荷重は以下の構造の組合せにより支持する。</p> <p>回転軸方向荷重（鉛直荷重）：鉛直支承部により支持する（①）。</p> <p>回転軸直交方向荷重（水平荷重）：水平荷重支承部により支持する（②）。</p>	<p>【3-3-3 支承部】の記載                      支承部の構造として，“扉体には補助支承部として操作時または休止時に横方向の移動を規制するためのサイドローラーまたはサイドシューを設ける。なお、荷重条件は風荷重及び地震時荷重に対応する。”との記載がある。</p> <p>【2-9 章ダムフラップゲート】の記載                      “扉体が地震時慣性力及び偏流等による横荷重を受けた場合には、荷重を確実に伝達するスラスト軸受けを設け、扉体が横方に移動しない構造（②）とする”との記載がある（図 15.2-4 参照）。</p> <p>【2-2 章ラジアルゲート】の記載                      脚柱から伝達される荷重のうち、回転軸（トラニオンピン）の軸方向荷重に対してはコンクリートピアに伝達（①）し、軸直角方向荷重をトラニオンゲーターに伝達（②）する構造が示されている（図 15.2-5 参照）。</p>	<p>作用する荷重の方向別に支持構造（軸方向（①）、軸直角方向（②）に構造を用意）を分離する構造が示され、同様の構造であることから、差異はない。</p>
<p>軸受け構造</p>	<p>軸受けの構造は、以下のとおりとする。</p> <p>鉛直支承部： すべり軸受け（③）</p> <p>水平支承部： ころがり軸受け（④）</p>	<p>【3-3-3 支承部】の記載                      軸受け部は、代表的な構造として、すべり軸受と、ころがり軸受について示されている（図 15.2-6 参照）。なお、ころがり軸受は，“開閉荷重が非常に大きくなる高圧ローラーゲートや、高圧ラジアルゲートのトラニオンピン等の軸受けに使用される”との記載がある。</p>	<p>基本的な軸受け構造として示されている構造と同様の構造であることから差異はない。</p>

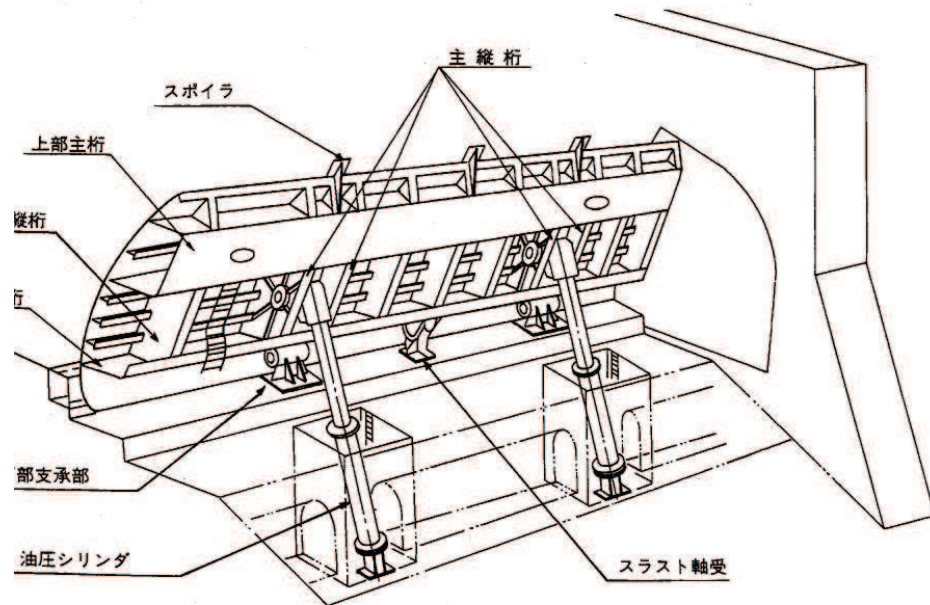


図2.9.1-1 ダムフラップゲートの例

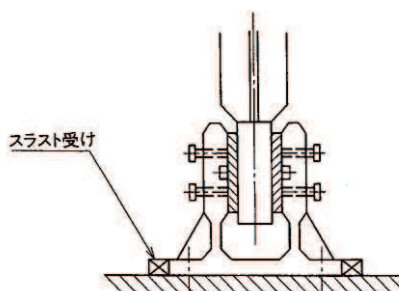


図2.9.3-1 スラスト軸受

4. 扉体が地震時慣性力および偏流等による横荷重を受けた場合には、荷重を確実に基礎コンクリートに伝達するスラスト軸受を設け、扉体が軸方向に移動しない構造とする。スラスト軸受は、本ゲートが静定構造であることより、構造の対称性を確保するのが望ましく、径間中央に設けるものとする。また、中央1箇所では支持できない場合は、2箇所中央に設けるものとする。

図 15.2-4 ダムフラップゲート構造の概要  
(ダム・堰技術基準より引用)

## 2-2-7 固定部

1. トラニオン軸受は、扉体支承部からの荷重を安全にトラニオンガーダ、アンカ材に伝達できるとともに、確実に回転できる構造とする。
2. トラニオンガーダは、予想される荷重に対して強度と剛性を有し、温度変化による伸縮等に対応できる構造とする。
3. アンカレージは扉体支承部からの荷重を安全にコンクリートピアに伝達できる形式・構造とする。

この水平分力をコンクリートピアに伝達するためのスラスト受けは、アンカ材（テンションビーム、附着板、PC鋼材）と干渉しないよう配慮する（図2.2.7-1）。

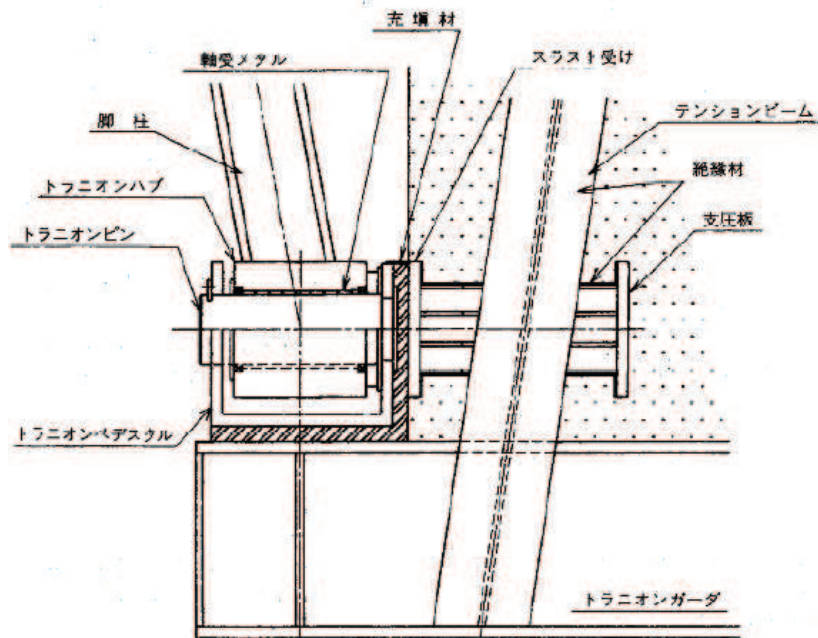


図 15.2-5 ラジアルゲート構造の概要  
(ダム・堰技術基準より引用)



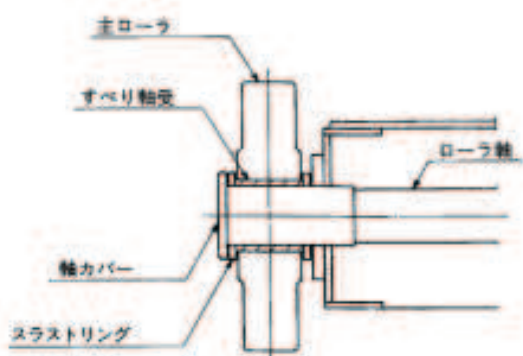


図2.1.4-1 すべり軸受形式の一例

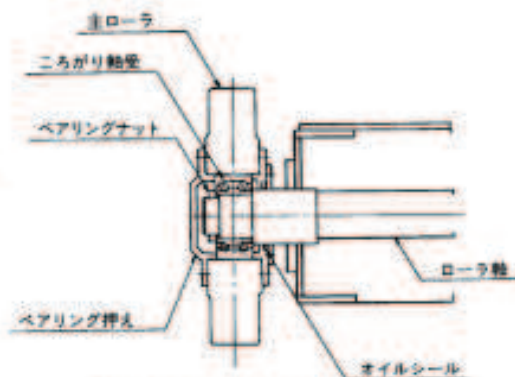


図2.1.4-2 ころがり軸受形式の一例

図 15.2-6 軸受け構造の概要  
(ダム・堰技術基準より引用)

### 2.2.2 道路橋支承便覧との比較

道路橋支承便覧において、支承部に求められる機能については図 15.2-7 に示すとおり分類されている。

基本的な機能と振動に対する付加的な機能に大きく分類されるが、鋼製扉の支承部において期待している機能は、基本的な機能である荷重伝達機能と常時開閉時における変位追従機能（回転機能）で、鉛直荷重支承はすべり軸受けにより鉛直力支持機能と回転機能を、水平荷重支承はころがり軸受により水平力支持機能と回転機能を有する構造としている。

これらの構造的な特徴は、ダム・堰技術基準同様。道路橋支承便覧においても一般的な支承構造として示されている。



図-2.2.1 支承部の機能分類

— 鋼製扉ヒンジ部に期待する機能

図 15.2-7 支承部の機能分類

(道路橋支承便覧より引用)



球面形状のすべり軸受けについては、鋼製支承の球面支承形式が示されており（図 15.2-8），この球面支承は、期待する荷重伝達機構は鉛直力支持と回転機能を期待できる構造分類となっている（図 15.2-9）。よって、鋼製扉の鉛直荷重支承部と道路橋の球面支承形式は、構造形状及び期待する荷重伝達機構は整合している。

また、性能照査については、(1)鉛直力支持（a. 支圧応力度，b. 曲げ応力度・せん断応力度），(2)水平力支持（a. 支圧応力度，b. 曲げ応力度・せん断応力度）(3)変位追従（a. 水位移動，b. 回転）を確認することが求められている。このうち、地震時や重畳時において照査すべき内容としては、(1)及び(2)となるが、「6.3.3 杭基礎構造防潮壁 鋼製扉の耐震性についての計算書に関する補足説明」，「6.3.6 杭基礎構造防潮壁 鋼製扉 の強度計算書に関する補足説明」に示すとおり，軸受け部本体に対する支圧応力度と軸受けを支持し躯体に荷重伝達する各支持部材に対して軸方向応力度等の照査を実施しており，性能照査項目においても道路橋支承便覧の要求を満足している。

なお，(3)b. 回転機能については，常時の開閉時に要求される項目であるが，図 15.2-10 に示すとおり，構造細目として，**かじりや防錆防食への配慮，潤滑剤の塗布や構造的に回転機能を妨げないような構造とすることが要求されているが，前述のとおりハウジングカバー及びシールにより密封し潤滑油を充填させる構造とするとともに，定期的な保全が可能かつ開閉を阻害しない構造としており**，いずれの要求も満足する構造となっている。

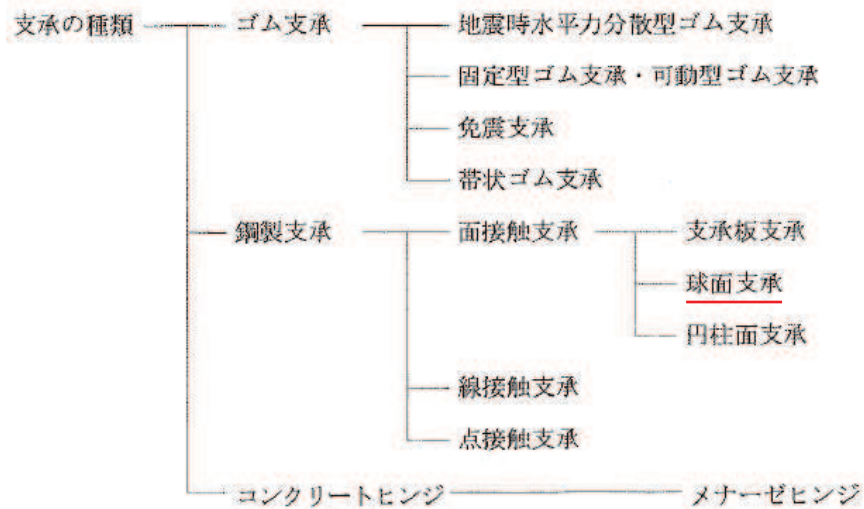


図-2.5.1 支承の種類

## 2) 球面支承

球面支承は、図-2.5.13 に示すように上沓を凹面状に下沓を凸面状にそれぞれ球面仕上げして組合せた支承で、従来ピボット支承と呼ばれている支承の内、組合せた球面の半径差が小さく接触面積が大きい構造を面接触支承として分類した。

球面支承は鉛直力を支持する凸球面と凹球面の半径差を小さくすることによって、比較的大きな力を支持することが出来るが、回転には接触面のすべりがともなうため、球面接触部のかじりや防せい防食に配慮する必要がある。また、水平方向の伸縮を全く許容しない固定支承であるため、幅員の大きな橋などに使用する場合には十分な検討が必要である。

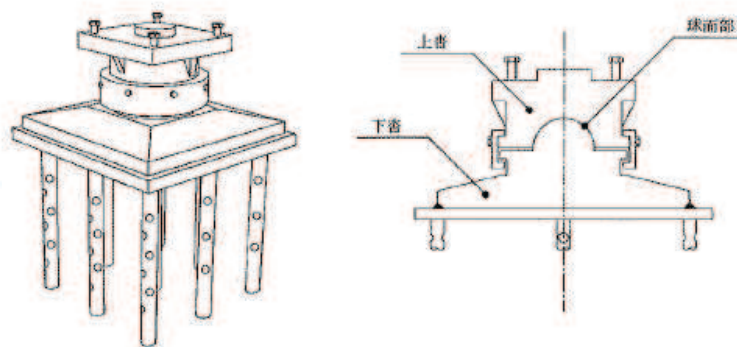


図 15.2-8 球面支承の概要  
(道路橋支承便覧より引用)

表-2.3.1 鉛直力支持の機構

支持機構	形態例	主な材料	設計断面力	備 考
接 触 機 構	平面	鉄鋼 コンクリート ゴム	支圧力	支圧応力度を小さくでき、最も安定的
	円柱面	鉄鋼	支圧力	一方向の回転が自由 (すべり)
	球面	鉄鋼	支圧力	全方向の回転が自由 (すべり)
	その他	鉄鋼 コンクリート	付着力	偏り力や偏心による引張力を支持
接 触 機 構	線接触	鉄鋼	支圧力 (Hertz 理論)	一方向の回転、あるいは移動が自由 (ころがり・すべり)
	点接触	鉄鋼	支圧力 (Hertz 理論)	全方向の回転が自由 (すべり)
伝 達 機 構	圧縮・引張	鉄鋼 コンクリート ゴム	圧縮力 引張力	接触機構との組合せ
	せん断	鉄鋼	曲げモーメント せん断力	接触機構との組合せ

図 15.2-9(1) 支承部の荷重伝達機構 (鉛直力)  
(道路橋支承便覧より引用)

表-2.3.4 回転の機構

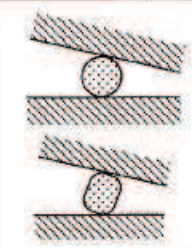
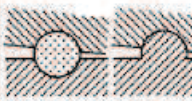
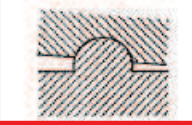
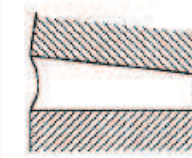
移動機構	形態例	方向性	主な材料	設計断面力	備考
ころがり		一方向 (円柱) 全方向(球)	鉄鋼	摩擦力	・最も抵抗が小さい ・方向性が強い(円柱)
すべり (円柱面)		一方向	鉄鋼 PTFE その他	摩擦力	・摩擦面性状の影響が大きい ・方向性が大きい
すべり (球面)		全方向	鉄鋼 PTFE その他	摩擦力	・摩擦面性状の影響が大きい ・方向性がない
弾性回転 変形		全方向	ゴム	ゴム内部圧力 局部せん断ひずみ	・変形に応じた曲げモーメントが発生

図 15.2-9(2) 支承部の荷重伝達機構 (水平移動・回転)  
(道路橋支承便覧より引用)

(1) 鉛直力支持

鉛直力支持に対し、以下の項目について照査する。

1) 支圧応力度

鉛直力支持として各荷重の組合せにより生じる反力に対し、支圧応力度について照査する。照査にあたっては、以下に示す式を満足する。なお、許容応力度は、組合せケースに応じて割増し係数を考慮する。

① 面接触による支持機構

平面同士の接触の場合、支圧応力度の照査は、式 (3.6.40) による。

$$\sigma_b \leq \sigma_{bw} \quad \text{..... (3.6.40)}$$

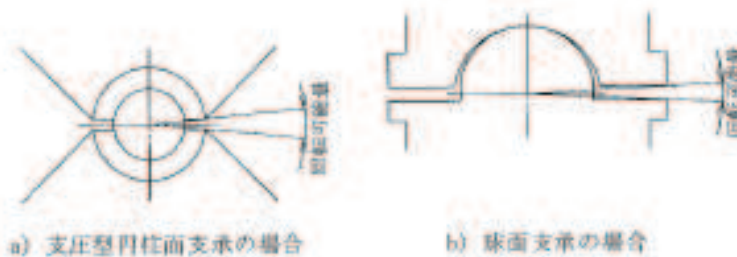
$$\sigma_b = \frac{R}{A} \quad \text{..... (3.6.41)}$$

ここに、

- $\sigma_b$  : 面接触部の支圧応力度 (N/mm<sup>2</sup>)
- $R$  : 全反力 (N)
- $A$  : 接触面積 (mm<sup>2</sup>)
- $\sigma_{bw}$  : 許容支圧応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

② 円柱面または球面のすべりによる回転の確保

円柱面または球面のすべりを利用して回転を期待する場合は、すべり面の摩擦力を極力小さくすることが望ましい。このため、すべり面の凝着（焼きつき）を防止し、かつ摩擦係数を低減するため、潤滑剤などをすべり面に塗布するなどの処置を行うのがよい。また、構造的な要因により回転の妨げとならないように、**図-3.6.21**に示すとおりすき間を設けるのがよい。



**図-3.6.21** 上下部間のすき間確保の例

図 15.2-10 球面支承における性能照査  
(道路橋支承便覧より引用)



ここで、球面支承の接触機構は面接触支承として分類されており、耐震及び強度評価においても接触面積を考慮した支圧応力度の照査を実施している。面接触の定義としては、図 15.2-8 に示すとおり上沓と下沓の凹凸面の球面の半径差が小さい場合との記載があるが、その定義としては同便覧において、1%未満の場合に面接触として支圧応力度を照査することが示されている。これに対して、鋼製扉の軸受け部は、図 15.2-2 に示すとおり、軸受け部の軸側（凸側）と受け側（凹側）の球面の半径は一致する設計としており、メーカー基準の製作公差（0.3%の計画）を考慮したとしても、面接触支承に分類することは妥当と判断される（ただし、後述のとおり不確実性を考慮し点接触とした場合の検討を行い、設計成立性への影響がないことは確認している）。

また、球面支承は図 15.2-8 や図 15.2-9 に示すとおり、球面の凹凸を半球程度呑み込ませることで、水平荷重支持の機能も付加することが可能な形式ではあるが、水平方向の接触面積は、一般産業施設における道路橋球面支承（図 15.2-11）の構造例における接触面積比（半球に対する比率）が約 72%となっているのに対して、鋼製扉鉛直支承部においては 6%程度と非常に小さい。よって、鋼製扉の軸受け部において水平方向の支持機構を期待することは難しく、水平荷重支承部を別途設けたダム・堰技術基準に示される構造（回転軸の軸方向荷重と軸直角方向荷重及び回転荷重を伝達する機構については分離する構造）を適用することは、軸受け部の形状を踏まえても問題ないものと判断される（ただし、後述のとおり不確実性を考慮し水平力が作用した場合の検討を行い、設計成立性への影響がないことは確認している）。

道路橋球面支承と鋼製扉軸受け部の凹凸部の接触面積の比較（概念図）を図 15.2-12 に示す。

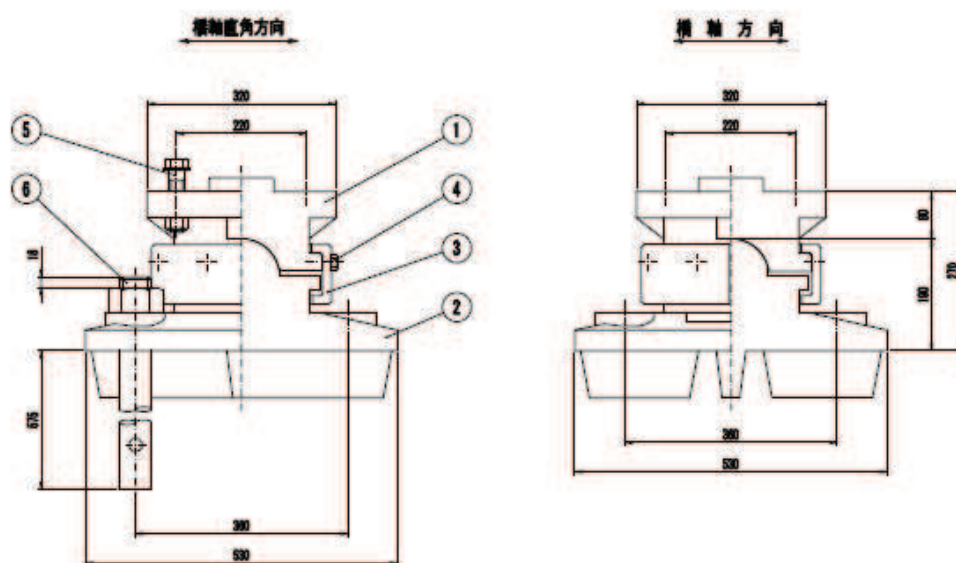


図 15.2-11 一般産業施設における道路橋用球面支承の例

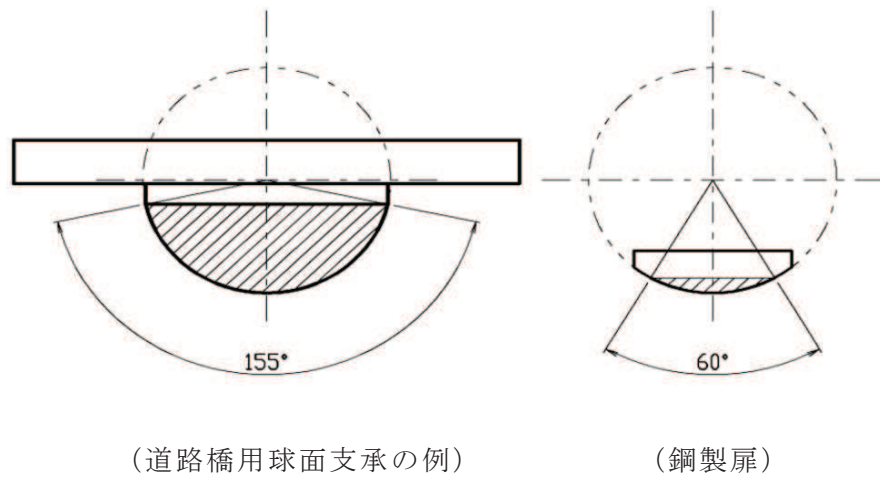


図 15.2-12 球面支承と鋼製扉軸受け部の凹凸部の接触面積の比較 (概念図)

なお、道路橋支承便覧で扱う道路橋と本構造を含めダム・堰技術基準で扱う水門では構造種別は異なるものの、支承部に要求される機能や構造に大きな違いがないことに加え、支承部に作用する主要構造の自重、慣性力等の設計条件は、鋼製扉と遜色ない若しくはより厳しい設計条件となる場合も想定される。また、要求される安全性能のレベルにおいても大きな差異は無く、構造及び設計事項の整理に道路橋支承便覧を引用することは、適用性の観点で問題ないと判断される。

## 2.3 支承部の構造に関するまとめ

鋼製扉の支承部（ヒンジ部）の構造について、採用経緯や構造の特異性、規格基準類への適合性に関し以下のとおりまとめる。

- ・ 構造選定においては、片開き式の扉の場合には RC 支柱のみに支持させた水平荷重支承部に、鉛直方向のずれ止め等を設け、水平荷重に加え、扉体の自重や地震時の鉛直慣性力等も負担させる構造とする構造が一般的と考えられるが、構造全体として合理的に設計裕度を確保できる構造とするため、ダム・堰技術基準に示されるダムフラップゲートやラジアルゲート構造等を参照し、支承部が分担する機能（荷重支持）を水平・鉛直に分離した構造とする。
- ・ 具体的には、扉体の回転方向の荷重（水平方向荷重）に対して荷重を支持する水平荷重支承と、回転方向に直交する荷重（鉛直方向荷重）に対して荷重を支持する鉛直荷重支承を設ける構造とする。水平荷重支承と回転軸間にはころがり軸受けを設置し、扉体の鉛直方向の変位や回転を拘束しない構造とした上で、軸受 1（最上段）においては鉛直方向（上向き）に対するずれ止めとしての鉛直荷重伝達部を設ける。また、軸受 4（最下段）においては鉛直方向荷重（下向き）を支持する鉛直荷重支承部として、摩擦係数が低く扉体の開閉に必要な回転機能に優れるとともに、鉛直力を確実に下部のフーチング等へ伝達することが可能なすべり（球面）軸受けを設置し、水平方向の変位や回転を拘束しない構造とする。
- ・ 軸受け部は、ダム・堰技術基準に基づき、異物の混入による接触面のかじりや、腐食等による機能低下が生じないように、ハウジングカバー及びシールにより密封し潤滑油を充填させる構造とし、定期的な保全を行うために、ボルト等によりハウジングカバー等が脱着可能な構造とする。
- ・ これらの構造については、参照しているダム・堰技術基準に加え、道路橋の上部工と下部工の接点である支承部の構造選定や設計について記されている道路橋支承便覧も参照し、支承部に期待する機能や性能確認項目等は道路橋支承部に要求される内容を満足しており、一般産業施設と対比しても特異性の無い構造であることを確認している。
- ・ また、鉛直荷重支承部のすべり軸受け（球面）については、ダム・堰技術基準では明確に示されていないが、道路橋支承便覧に示される球面支承（鋼製支承）と構造形状及び期待する機能や設計体系に差異が無いことを確認している。
- ・ なお、道路橋における球面支承の場合、凹凸面をかみ合わせることで水平方向の荷重支持機能も付加することが可能な形式ではあるが、水平方向の凹凸面の接触面積は、一般産業施設における道路橋球面支承の構造例での接触面積比（半球に対する比率）が約 72%に対して、鋼製扉鉛直支承部においては 6%程度と非常に小さい。そのため、荷重伝達機構等は、ダム・堰技術基準に示されるような構造に近いと考えられ、同基準を適用することは問題無いものと判断される。
- ・ ただし、不確実性を考慮し水平力が作用した場合の検討を行い、設計成立性への影響がないことを確認（3.1 章にて後述）している。



### 3. 支承部の設計について

荷重支承部においては、前述の整理のとおり、扉体の回転方向の荷重（水平方向荷重）に対して荷重を支持する水平荷重支承と、回転方向に直交する荷重（鉛直方向荷重）に対して荷重を支持する鉛直荷重支承を分離する構造とし、それぞれに支持機能と回転機能を有する軸受け（ころがり及び球面すべり軸受け）を設けた構造とすることで、回転軸直交方向（水平方向）荷重に対しては水平荷重支承部が分担し、回転軸方向（鉛直方向）荷重に対しては鉛直荷重支承が分担するという構造及び設計は一般的であると判断される。

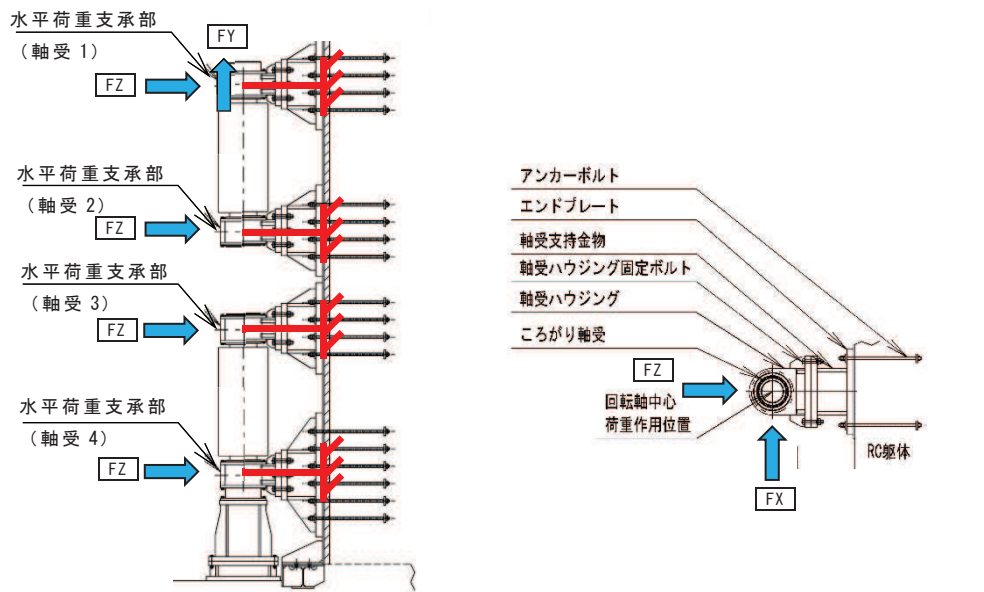
したがって、耐震計算においては、図 15.3-1 に示すとおり、水平方向荷重支承では、扉体の構造解析モデル（フレーム解析）から得られた水平方向の支点反力を外力として用い、構成する各部位の照査を行っている（水平荷重支承部のうち軸受 1 においては、鉛直上向き荷重伝達部を介して鉛直方向の荷重（上向き）が作用するため、軸受 1 においては上向き反力も考慮する）。同様に鉛直荷重支承では、鉛直方向の支点反力を外力として用い、構成する各部位の照査を行っている。これらの照査結果については、「VI-2-10-2-3-3 杭基礎構造防潮壁 鋼製扉の耐震性についての計算書」及び「VI-3-別添 3-2-2-3 杭基礎構造防潮壁 鋼製扉の強度計算書」に示している。

しかしながら、鉛直荷重支承部については球面構造であり、拘束効果は十分に小さいものの、荷重伝達の不確実性等を考慮し、鉛直荷重支承部に水平荷重が作用した場合の影響を 3.1 章にて確認する。

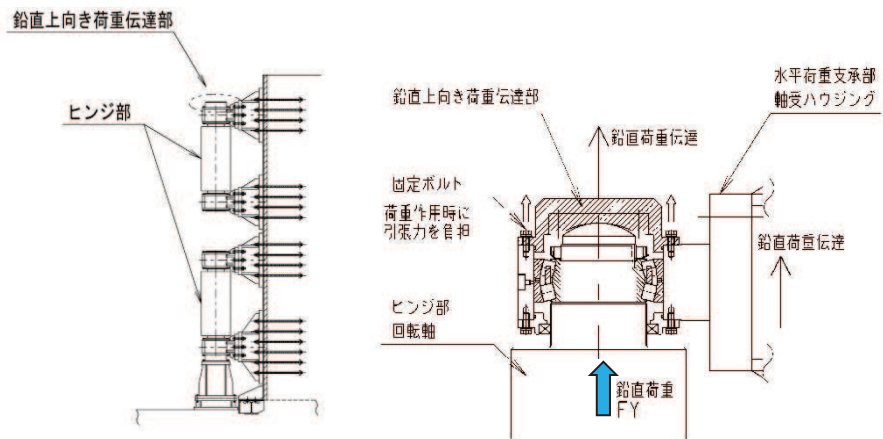
また、水平荷重支承部を含め、耐震及び強度計算においては、扉体及び構造全体系の弱軸方向である扉体軸直角方向に対しての荷重に対する照査を行っている。これは、地震時においては慣性力の影響が大きくなると考えられ、津波時及び重畳時においても津波の作用範囲が大きく津波荷重が支配的となるためである。しかしながら、鉛直荷重支承部の水平荷重作用時同様に、設計成立性の観点から扉体軸方向に対して荷重が作用した場合についての影響を 3.2 章にて確認する。

なお、鋼製扉は、原則閉止運用とし、鋼製扉が開状態である時間は限られた時間のみであり、その状態で地震力が作用する可能性については極めて低いものと考えられるが、その可能性を完全に否定することは困難であることから、開状態において地震力が作用した場合の支承部を含めた設計成立性についても確認することとし、確認方法及び確認結果については、「補足 140-1 6.2 参考資料 5 鋼製扉の開閉運用について」に示す。

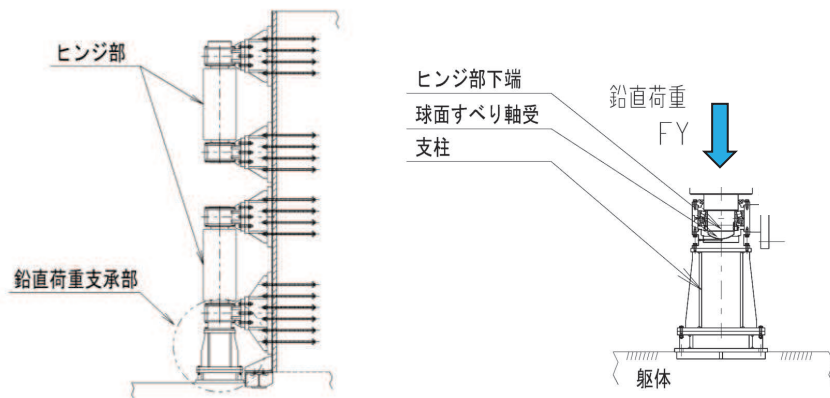
支承部の設計体系を図 15.3-2 に示す。



(水平荷重支承部)



(鉛直上向き荷重伝達部)



(鉛直上向き荷重伝達部)

図 15.3-1 支承部の耐震評価に用いる荷重の概念図

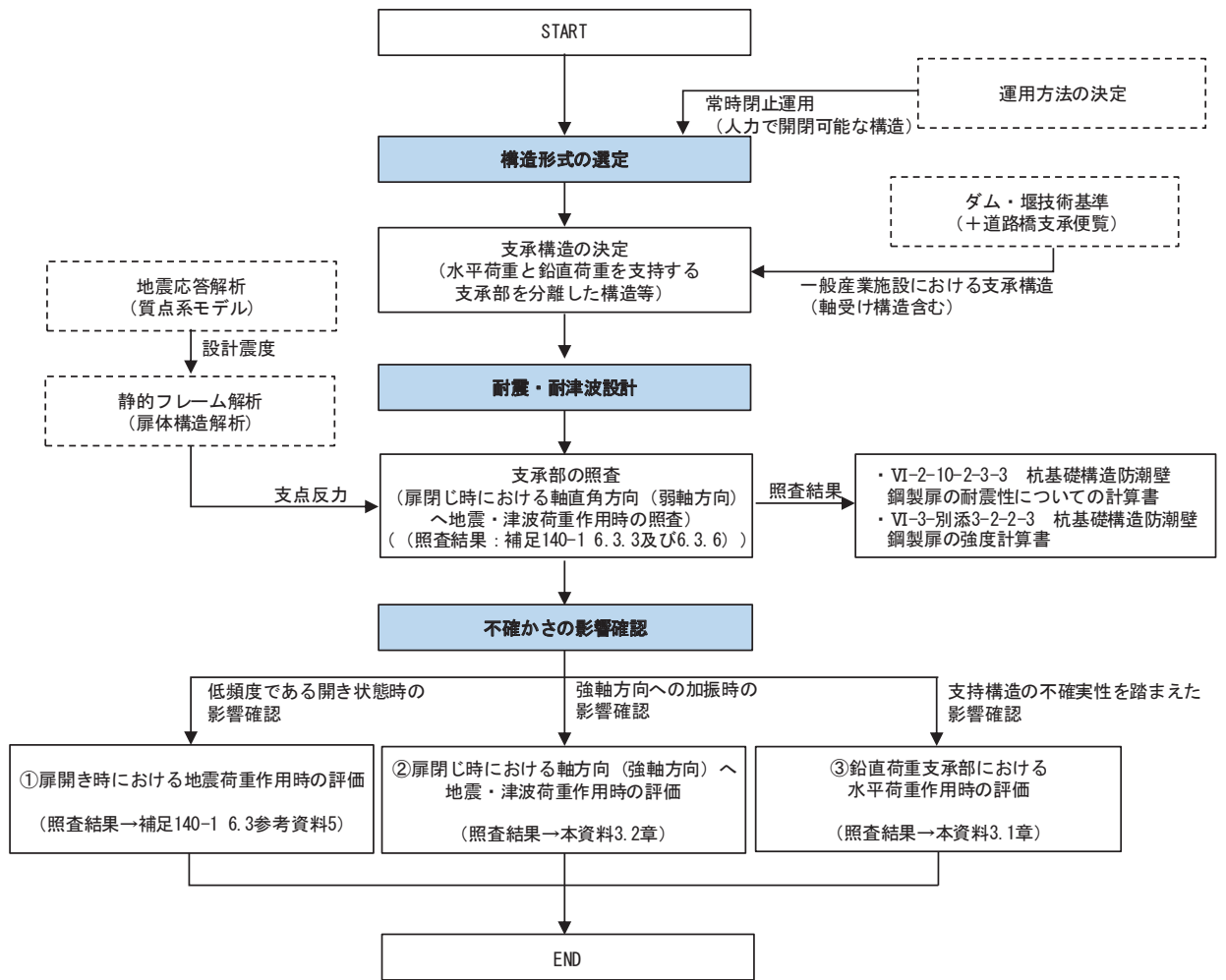


図 15.3-2 支承部の設計体系

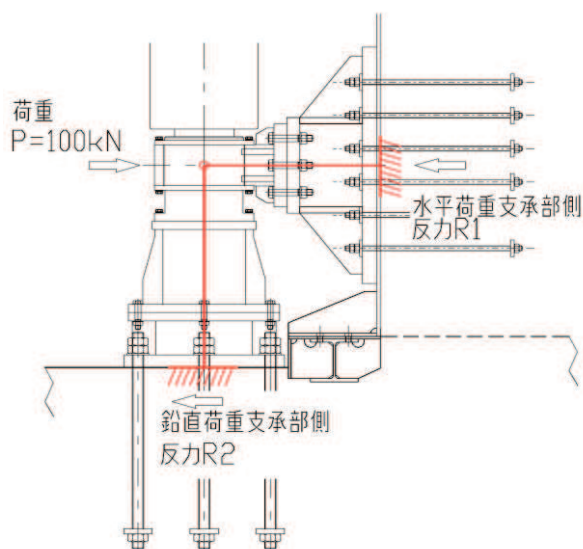
### 3.1 鉛直荷重支承部に水平力が作用した場合の評価結果

#### 3.1.1 評価方針

鉛直荷重支承部に鉛直力に加え水平力が作用した場合の評価は、「6.3.4 鋼製扉の耐震計算に関する補足説明資料」に示す耐震評価用の鉛直荷重に、軸受け4に作用する水平反力のうち鉛直荷重支承部が分担すると考えられる水平荷重を組み合わせた場合の評価を実施する。なお、設計震度が大きい地震時を代表に確認する。

水平反力の分担比は、回転軸の先端と鉛直荷重支承部の球面接触部が保守的に剛結していると仮定し、水平支承部と鉛直支承部をはり要素でモデル化しその端部（回転軸側）を接合させたモデルを用いて、その節点位置に水平方向の単位荷重（100kN）を作用させた場合の鉛直荷重支承部側と水平支承部側に発生する水平反力の比率から設定する。解析モデルの概念図を図15.3-3に示す。

上記モデルより求めた水平反力の分担比を、軸受け4で耐震評価に用いている全ケースの中の最大水平反力に乗じて、鉛直荷重支承部の影響評価用の水平力とする。鉛直荷重支承部の水平荷重の分担率は約13%となっていることから、これを丸めて、軸受け4において耐震評価に用いる最大水平反力のうち20%を作用させる。水平反力の分担比を表15.3-1に、評価部位を表15.3-2に示す。



(断面図)

図 15.3-3 水平反力の分担比算定モデル

表 15.3-1 水平反力の分担比算定結果

水平荷重 作用方向	解析結果		水平反力の分担比 (R2/100(%))
	R1 (kN)	R2 (kN)	
扉体軸直角	96.976	3.024	3.024
扉体軸	86.813	13.187	13.187

表 15.3-2 鉛直荷重支承部の評価部位

部位		評価方法	許容限界
ヒンジ部 (鉛直荷重 支承部)	すべり軸受	発生する応力（支圧応力）が許容限界以下であることを確認	短期許容支圧 応力度
	支柱	発生する応力（曲げ・軸力、せん断力）が許容限界以下であることを確認	短期許容応力 度
	支柱接続部ボルト	支柱接続ボルトに生じる引張力及びせん断力が許容限界以下であることを確認	接続ボルトの 許容荷重（引 張、せん断）
	エンドプレート	発生する応力（曲げ）が許容限界以下であることを確認	短期許容応力 度
	アンカーボルト	アンカーボルトに生じる引張力及びせん断力が許容限界以下であることを確認。	アンカーボル トの許容荷重 （引張、せん 断）
	エンドプレート下面 コンクリート	作用荷重が許容荷重以下であることを確認	許容荷重

### 3.1.2 評価方法

#### (1) 荷重条件

評価に用いる荷重は、「VI-2-10-2-3-3 杭基礎構造防潮壁 鋼製扉の耐震性についての計算書」に示す扉体部の静的フレーム解析結果より抽出した軸受け4部及び鉛直荷重支承部位置の支点反力を用いて、前述の分担比を考慮して設定する。評価に用いる荷重を表 15.3-3 に示す。

表 15.3-3 (1) 評価に用いる荷重 (鋼製扉 2)

荷重の組み合わせケース	水平荷重支承部 (軸受け 4) の支点反力×0.2		鉛直荷重支承部 の支点反力
	扉体軸直角方向 水平荷重 $F_z$ (kN)	扉体軸方向 水平荷重 $F_x$ (kN)	鉛直方向荷重 $F_y$ (kN)
1 ( $G+1.0S_{SH}+0.4S_{SV}$ )	59.416	-15.617	-75.828
2 ( $G+1.0S_{SH}-0.4S_{SV}$ )	59.416	-55.368	-268.840
3 ( $G-1.0S_{SH}+0.4S_{SV}$ )	-84.119	-15.617	-75.828
4 ( $G-1.0S_{SH}-0.4S_{SV}$ )	-84.119	-55.368	-268.840
5 ( $G+0.4S_{SH}+1.0S_{SV}$ )	23.734	9.575	4.000
6 ( $G-0.4S_{SH}+1.0S_{SV}$ )	-33.815	9.575	4.000
7 ( $G+0.4S_{SH}-1.0S_{SV}$ )	23.734	-85.184	-413.610
8 ( $G-0.4S_{SH}-1.0S_{SV}$ )	-33.815	-85.184	-413.610

表 15.3-3 (2) 評価に用いる荷重 (鋼製扉)

荷重の組み合わせケース	水平荷重支承部 (軸受け 4) の支点反力×0.2		鉛直荷重支承部 の支点反力
	扉体軸直角方向 水平荷重 $F_z$ (kN)	扉体軸方向 水平荷重 $F_x$ (kN)	鉛直方向荷重 $F_y$ (kN)
1 ( $G+1.0S_{SH}+0.4S_{SV}$ )	26.867	-16.065	-89.607
2 ( $G+1.0S_{SH}-0.4S_{SV}$ )	26.867	-45.721	-255.027
3 ( $G-1.0S_{SH}+0.4S_{SV}$ )	-34.764	-16.065	-89.607
4 ( $G-1.0S_{SH}-0.4S_{SV}$ )	-34.764	-45.721	-255.027
5 ( $G+0.4S_{SH}+1.0S_{SV}$ )	10.737	3.796	2.000
6 ( $G-0.4S_{SH}+1.0S_{SV}$ )	-14.085	3.796	2.000
7 ( $G+0.4S_{SH}-1.0S_{SV}$ )	10.737	-67.966	-379.100
8 ( $G-0.4S_{SH}-1.0S_{SV}$ )	-14.085	-67.966	-379.100



(2) ヒンジ鉛直荷重支承部（すべり軸受）

鋼製扉に生じる鉛直荷重は、ヒンジ部を通してヒンジ部の下端に設けられた球面すべり軸受によって支持される。鉛直荷重及び水平荷重により接触部に発生する支圧応力度について評価する。

すべり軸受の構造概要及び計算モデルの概念図を図 15.3-4 に示す。

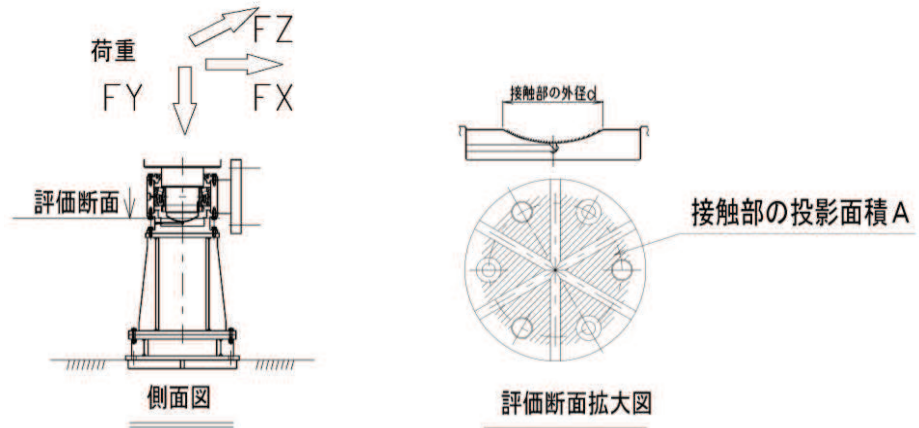


図 15.3-4 すべり軸受の構造概要及び計算モデルの概念図

地震時に鉛直方向荷重軸受に生じる面圧について、以下により計算する。

$$\sigma_K = |P \div A|$$

$$P = \sqrt{F_Z^2 + F_X^2 + F_Y^2}$$

ここで、各記号及び計算諸元を表 15.3-4 に示す。

表 15.3-4 すべり軸受の計算諸元

記号	定義	単位
$\sigma_K$	球面軸受の支圧応力度	N/mm <sup>2</sup>
$F_Z$	鉛直荷重支承部に作用する扉体軸直角方向水平荷重	kN
$F_X$	鉛直荷重支承部に作用する扉体軸方向水平荷重	kN
$F_Y$	鉛直荷重支承部に作用する鉛直方向荷重	kN
A	軸受有効接触部の投影面積	mm <sup>2</sup>

(3) ヒンジ鉛直荷重支承部（支柱）

鉛直荷重支承部の支柱について評価する。評価にあたっては、鉛直支承を躯体に固定された片持ち梁としてモデル化し、地震時鉛直方向荷重及び鉛直荷重を支持する軸受接触部の摩擦力に起因する鉛直方向周りのねじりモーメントに加え、水平荷重により生じる曲げモーメント、鉛直荷重により生じる軸力によって生じる発生応力度について評価する。

支柱の構造概要及び計算モデルの概念図を図 15.3-5 に示す。

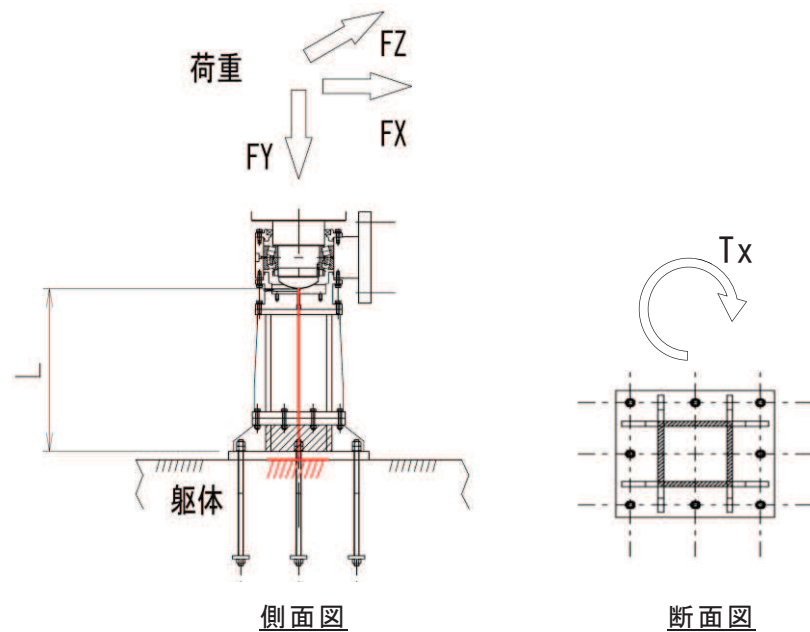


図 15.3-5 支柱の構造概要及び計算モデルの概念図

支柱に生じる垂直応力度，せん断応力度及び合成応力度について以下の式により計算する。

$$\sigma = |F_Z \times L \div Z_x| + |F_X \times L \div Z_Z| + |F_Y \div A|$$

$$\tau = |F_Z \div A_Z| + |F_X \div A_X| + |T_x \div Z_p|$$

$$\kappa = \sqrt{\sigma^2 + 3 \times \tau^2} \div \sigma_a$$

$$T_x = \mu \times F_Y \times d_o \div 2$$

ここで，各記号及び計算諸元を表 15.3-5 に示す。

表 15.3-5 支柱の計算諸元

記号	定義	単位
$\sigma$	垂直応力度	N/mm <sup>2</sup>
$\tau$	せん断応力度	N/mm <sup>2</sup>
$\kappa$	合成応力度	—
$F_Z$	鉛直荷重支承部に作用する扉体軸直角方向水平荷重	kN
$F_X$	鉛直荷重支承部に作用する扉体軸方向水平荷重	kN
$F_Y$	鉛直荷重	kN
$T_x$	摩擦によるねじりモーメント	kN・m
A	断面積	mm <sup>2</sup>
$A_Z$	扉体軸直角方向荷重に対するせん断抵抗断面積	mm <sup>2</sup>
$A_X$	扉体軸方向荷重に対するせん断抵抗断面積	mm <sup>2</sup>
L	荷重作用点から固定部までの距離	mm <sup>2</sup>
$Z_p$	極断面係数	mm <sup>3</sup>
$d_o$	接触部外径	mm
$\mu$	摩擦係数	—

(4) ヒンジ鉛直荷重支承部（接続ボルト）

支柱間を接合し固定するボルトに関する応力を評価する。評価にあたっては、鉛直支承を躯体に固定された片持ち梁としてモデル化し、接合位置における断面力からボルト 1 本あたりに作用する荷重を算出し、評価を行う。連結ボルトの評価モデルの概念図を図 15.3-6 に示す。

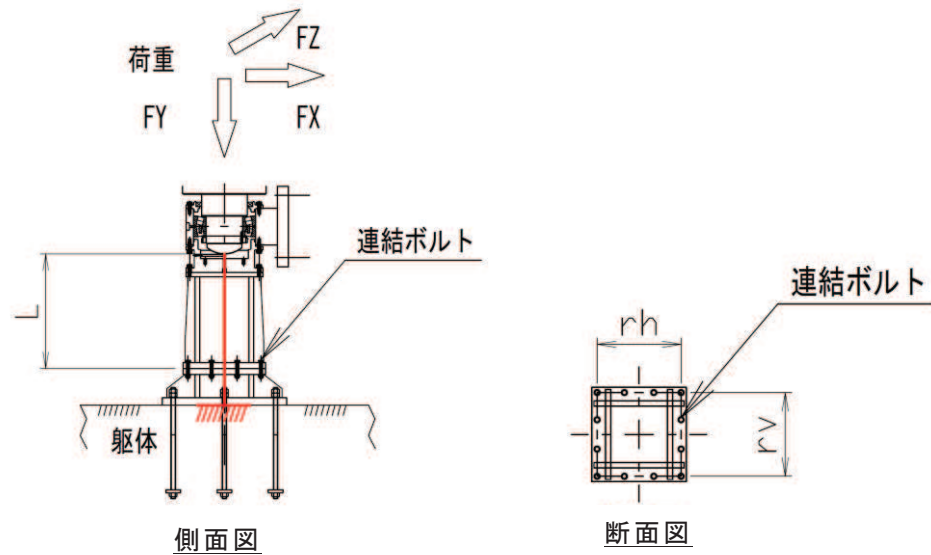


図 15.3-6 連結ボルトの評価モデルの概念図

連結ボルトに生じる垂直応力度，せん断応力度及び合成応力度について以下の式により計算する。

$$\sigma = \frac{P}{A}$$

$$\tau = \frac{Q}{A}$$

$$\kappa = \sqrt{\sigma^2 + 3 \times \tau^2} \div \sigma_{as}$$

$$P = \frac{F_Y}{N} + \frac{|F_Z| \times L}{r_v \times N_h} + \frac{|F_X| \times L}{r_h \times N_v}$$

$$Q = \frac{|F_Z|}{N} + \frac{|F_X|}{N} + \frac{|T_x|}{R}$$

$$T_x = \mu \times F_Y \times d_o \div 2$$

ここで，各記号及び計算諸元を表 15.3-6 に示す。

表 15.3-6 連結ボルトの計算諸元

記号	定義	単位
$\sigma$	垂直応力度	$\text{N}/\text{mm}^2$
$\tau$	せん断応力度	$\text{N}/\text{mm}^2$
$\kappa$	合成応力度	—
$F_z$	鉛直荷重支承部に作用する扉体軸直角方向水平荷重	kN
$F_x$	鉛直荷重支承部に作用する扉体軸方向水平荷重	kN
$F_y$	鉛直荷重	kN
P	ボルトに生じる引張力	kN
Q	ボルトに生じるせん断力	kN
$T_x$	摩擦によるねじりモーメント	$\text{kN}\cdot\text{m}$
$N_v$	壁直角方向のボルト1列本数	本
$N_h$	壁軸方向のボルト1列本数	
N	固定ボルト全本数	
$r_v$	壁直角方向ボルト最遠距離	
$r_h$	壁軸方向ボルト最遠距離	
A	ボルト断面積	$\text{mm}^2$

(5) ヒンジ鉛直荷重支承部（アンカーボルト）

鉛直荷重支承部を躯体に固定するアンカーボルトに対する評価を行う。

アンカーボルトの構造概要及び計算モデルの概念図を図 15.3-7 に示す。

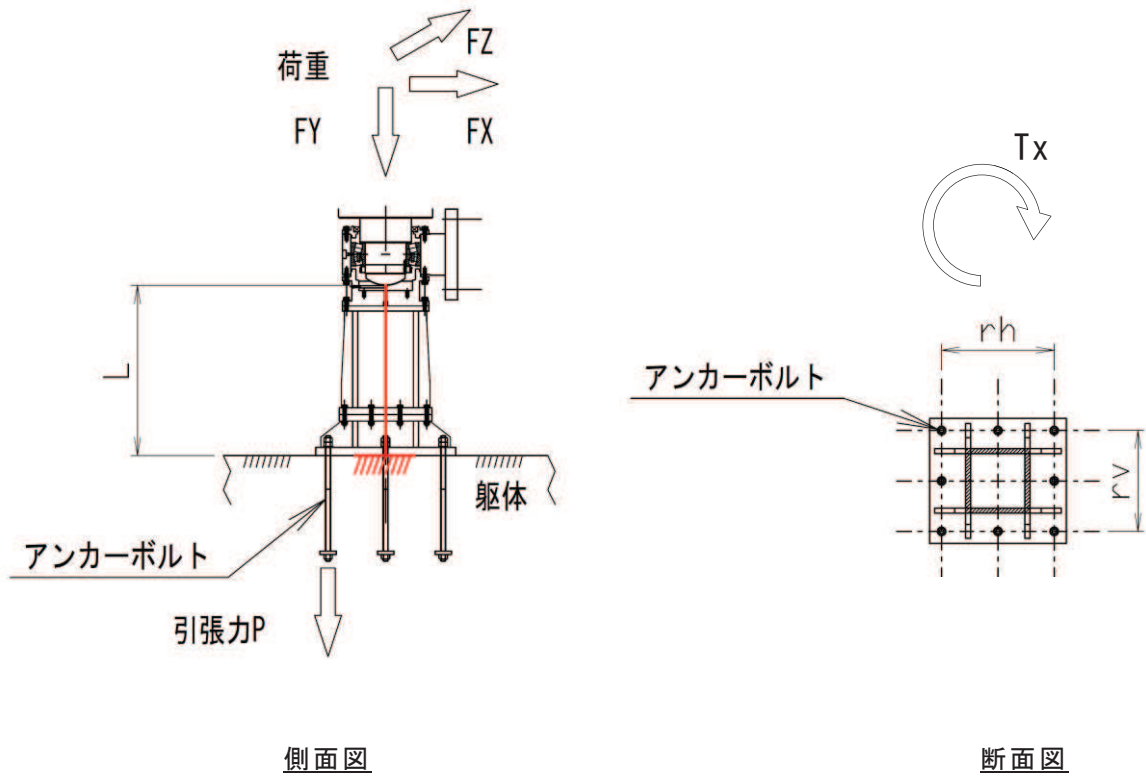


図 15.3-7 アンカーボルトの構造概要及び計算モデルの概念図

アンカーボルトにはたらく最大荷重は下記の式により計算する。

$$P = \frac{F_Y}{N} + \frac{|F_Z| \times L}{r_v \times N_h} + \frac{|F_X| \times L}{r_h \times N_v}$$

$$Q = \left| \frac{F_Z}{N} \right| + \left| \frac{F_X}{N} \right| + \left| \frac{T_x}{R} \right|$$

$$\kappa = \left( \frac{P}{p_a} \right)^2 + \left( \frac{Q}{q_a} \right)^2$$

ここで、各記号及び計算諸元を表 15.3-7 に示す。

表 15.3-7 アンカーボルトの計算諸元

記号	定義	単位
P	アンカーボルトに生じる引抜力	kN
Q	アンカーボルトに生じるせん断力	kN
$\kappa$	合成応力度	—
P <sub>a</sub>	アンカーボルトの許容引張力	kN
Q <sub>a</sub>	アンカーボルトの許容せん断力	kN
F <sub>z</sub>	軸受に生じる津波作用方向荷重	kN
F <sub>x</sub>	軸受に生じる扉体軸方向荷重	kN
F <sub>y</sub>	軸受に生じる鉛直方向荷重	kN
T <sub>x</sub>	摩擦によるねじりモーメント	kN・m
N <sub>v</sub>	軸受 1 箇所アンカーボルト縦列本数	本
N <sub>h</sub>	軸受 1 箇所アンカーボルト横方向本数	本
N	軸受部 1 つあたりのアンカーボルト本数	本
r <sub>h</sub>	アンカーボルト最遠水平距離	mm
r <sub>v</sub>	アンカーボルト最遠鉛直距離	mm
L	荷重作用点から評価位置までの距離	mm



(6) ヒンジ鉛直荷重支承部（エンドプレート）

アンカーボルト引張力によってエンドプレートに生じる曲げ応力度の評価を行う。

エンドプレートの構造概要及び計算モデルの概念図を図 15.3-8 に示す。

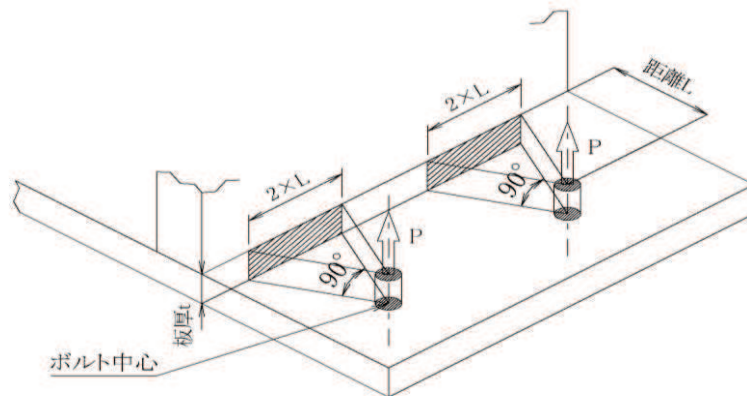


図 15.3-8 エンドプレートの構造概要及び計算モデルの概念図

エンドプレートに生じる曲げ応力度は下記の式により計算する。

$$\sigma_b = \frac{M}{Z} = \frac{P \times L}{2 \times L \times t^2 \div 6} = \frac{P}{2 \times t^2 \div 6}$$

ここで、各記号及び計算諸元を表 15.3-8 に示す。

表 15.3-8 エンドプレート曲げ応力度の計算諸元

記号	定義	単位
$\sigma_b$	曲げ応力度	N/mm <sup>2</sup>
P	アンカーボルトに生じる引張力	kN
L	柱のフランジ面からボルト中心までの距離	mm
t	エンドプレートの板厚	mm
M	1断面あたりの曲げモーメント	kN・m
Z	1断面あたりの断面係数	mm <sup>3</sup>

- (7) ヒンジ鉛直荷重支承部（エンドプレート下面コンクリート）  
 エンドプレート下面のコンクリートに生じる支圧応力度の評価を行う。  
 エンドプレート下面コンクリートの支圧応力度の計算概念図を図 15.3-9 に示す。

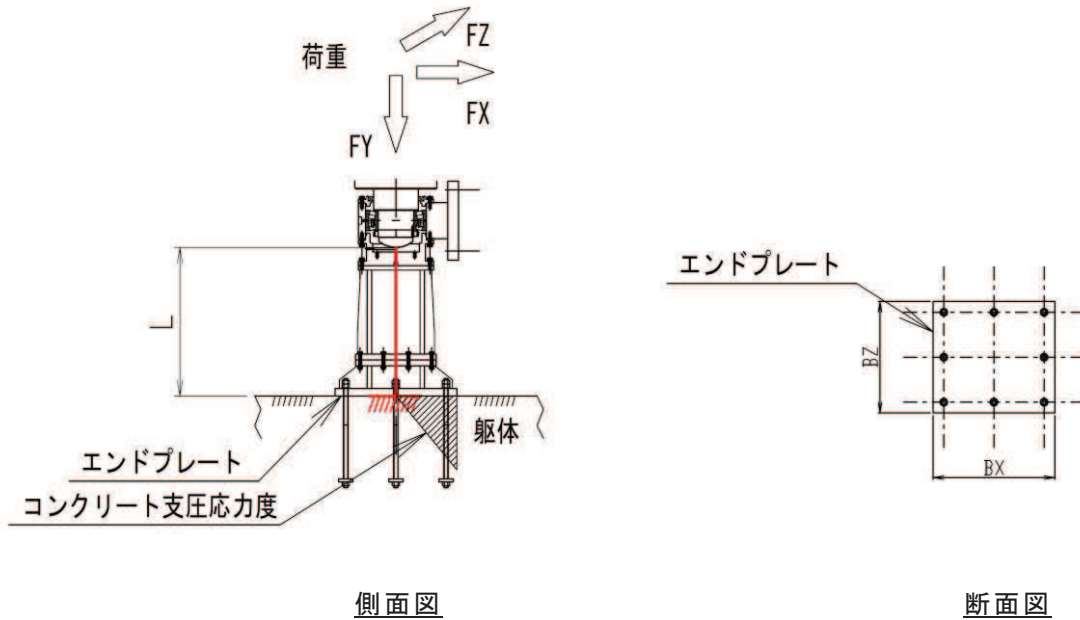


図 15.3-9 エンドプレート下面コンクリートの支圧応力度の計算概念図

コンクリートの支圧応力度（圧縮側の荷重を正とする）は以下の式により計算する。

$$\sigma_K = \frac{|F_Z| \times L}{B_Z^2 \times B_X \div 6} + \frac{|F_X| \times L}{B_Z \times B_X^2 \div 6} + \frac{-F_Y}{B_Z \times B_X}$$

ここで、各記号及び計算諸元を表 15.3-9 に示す。

表 15.3-9 コンクリート支圧応力度の計算諸元

記号	定義	単位
$\sigma_K$	コンクリートにはたらく支圧応力度	N/mm <sup>2</sup>
L	回転軸中心から評価位置までの距離	mm
$F_Z$	軸受に生じる津波作用方向荷重	kN
$F_X$	軸受に生じる扉体軸方向荷重	kN
$F_Y$	軸受に生じる鉛直方向荷重	kN
$B_Z$	壁直角方向のプレート幅	mm
$B_X$	壁軸方向のプレート幅	mm

### 3.1.3 評価結果

ヒンジ鉛直荷重支承部に、鉛直力に加え水平力が作用した場合の照査結果を表 15.3-10～表 15.3-15 に示す。

この結果から、荷重伝達の不確実性等を考慮し、鉛直荷重支承部に水平荷重が作用した場合においても、発生応力等は若干の上振れあるものの、十分な安全裕度を有する事を確認した。

表 15.3-10(1) 照査結果（ヒンジ部鉛直荷重支承部（すべり軸受））（鋼製扉 2）

荷重の組合せケース	応力成分	応力度 (a)	許容限界 (b)	照査値 (a/b)
8 ( $G - 0.4 S_{SH} - 1.0 S_{SV}$ )	支圧応力度 ( $N/mm^2$ )	34	67	0.51

表 15.3-10(2) 照査結果（ヒンジ部鉛直荷重支承部（すべり軸受））（鋼製扉 3）

荷重の組合せケース	応力成分	応力度 (a)	許容限界 (b)	照査値 (a/b)
8 ( $G - 0.4 S_{SH} - 1.0 S_{SV}$ )	支圧応力度 ( $N/mm^2$ )	35	67	0.53

表 15.3-11(1) 照査結果（ヒンジ部鉛直荷重支承部（支柱））（鋼製扉 2）

荷重の組合せケース	応力成分	応力度 (a)	許容限界 (b)	照査値 (a/b)
4 (G-0.4S <sub>SH</sub> -0.4S <sub>SV</sub> )	垂直応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	50	237	0.22
4 (G-0.4S <sub>SH</sub> -0.4S <sub>SV</sub> )	せん断応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	11	136	0.09
4 (G-0.4S <sub>SH</sub> -0.4S <sub>SV</sub> )	合成応力度 (-)	0.23	1.1	0.21

表 15.3-11(2) 照査結果（ヒンジ部鉛直荷重支承部（支柱））（鋼製扉 3）

荷重の組合せケース	応力成分	応力度 (a)	許容限界 (b)	照査値 (a/b)
8 (G-0.4S <sub>SH</sub> -1.0S <sub>SV</sub> )	垂直応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	37	237	0.16
8 (G-0.4S <sub>SH</sub> -1.0S <sub>SV</sub> )	せん断応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	8	136	0.06
8 (G-0.4S <sub>SH</sub> -1.0S <sub>SV</sub> )	合成応力度 (-)	0.17	1.1	0.16

表 15.3-12(1) 照査結果（ヒンジ部鉛直荷重支承部（連結ボルト））（鋼製扉 2）

荷重の組合せケース	応力成分	応力度 (a)	許容限界 (b)	照査値 (a/b)
3 ( $G - 1.0 S_{SH} + 0.4 S_{SV}$ )	垂直応力度 ( $N/mm^2$ )	208	588	0.36
4 ( $G - 0.4 S_{SH} - 0.4 S_{SV}$ )	せん断応力度 ( $N/mm^2$ )	85	339	0.26
4 ( $G - 0.4 S_{SH} - 0.4 S_{SV}$ )	合成応力度 (-)	0.43	1.1	0.40

表 15.3-12(2) 照査結果（ヒンジ部鉛直荷重支承部（連結ボルト））（鋼製扉 3）

荷重の組合せケース	応力成分	応力度 (a)	許容限界 (b)	照査値 (a/b)
3 ( $G - 1.0 S_{SH} + 0.4 S_{SV}$ )	垂直応力度 ( $N/mm^2$ )	79	588	0.14
8 ( $G - 0.4 S_{SH} - 1.0 S_{SV}$ )	せん断応力度 ( $N/mm^2$ )	59	339	0.18
4 ( $G - 0.4 S_{SH} - 0.4 S_{SV}$ )	合成応力度 (-)	0.20	1.1	0.19

表 15.3-13(1) 照査結果（ヒンジ部鉛直荷重支承部（アンカーボルト））（鋼製扉 2）

荷重の組合せケース	応力成分	応力度 (a)	許容限界 (b)	照査値 (a/b)
3 ( $G - 1.0 S_{SH} + 0.4 S_{SV}$ )	引張力 (kN)	45	114	0.40
4 ( $G - 0.4 S_{SH} - 0.4 S_{SV}$ )	せん断力 (kN)	20	80	0.25
4 ( $G - 0.4 S_{SH} - 0.4 S_{SV}$ )	合成応力度 (-)	0.19	1	0.19

表 15.3-13(2) 照査結果（ヒンジ部鉛直荷重支承部（アンカーボルト））（鋼製扉 3）

荷重の組合せケース	応力成分	応力度 (a)	許容限界 (b)	照査値 (a/b)
3 ( $G - 1.0 S_{SH} + 0.4 S_{SV}$ )	引張力 (kN)	16	114	0.15
8 ( $G - 0.4 S_{SH} - 1.0 S_{SV}$ )	せん断力 (kN)	13	80	0.17
4 ( $G - 0.4 S_{SH} - 0.4 S_{SV}$ )	合成応力度 (-)	0.03	1	0.03

表 15.3-14(1) 照査結果（ヒンジ部鉛直荷重支承部（エンドプレート））（鋼製扉 2）

荷重の組合せケース	応力成分	応力度 (a)	許容限界 (b)	照査値 (a/b)
3 ( $G - 1.0 S_{SH} + 0.4 S_{SV}$ )	垂直応力度 ( $N/mm^2$ )	84	237	0.36

表 15.3-14(2) 照査結果（ヒンジ部鉛直荷重支承部（エンドプレート））（鋼製扉 3）

荷重の組合せケース	応力成分	応力度 (a)	許容限界 (b)	照査値 (a/b)
3 ( $G - 1.0 S_{SH} + 0.4 S_{SV}$ )	垂直応力度 ( $N/mm^2$ )	30	237	0.13

表 15.3-15(1) 照査結果（ヒンジ部鉛直荷重支承部  
（エンドプレート下面コンクリート））（鋼製扉 2）

荷重の組合せケース	応力成分	応力度 (a)	許容限界 (b)	照査値 (a/b)
4 ( $G - 1.0 S_{SH} - 0.4 S_{SV}$ )	支圧応力度 ( $N/mm^2$ )	3.2	8.8	0.37

表 15.3-15(2) 照査結果（ヒンジ部鉛直荷重支承部  
（エンドプレート下面コンクリート））（鋼製扉 3）

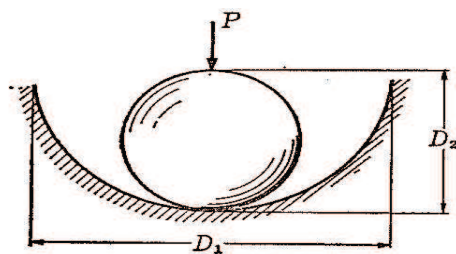
荷重の組合せケース	応力成分	応力度 (a)	許容限界 (b)	照査値 (a/b)
8 ( $G - 0.4 S_{SH} - 1.0 S_{SV}$ )	支圧応力度 ( $N/mm^2$ )	2.3	8.8	0.27



なお、軸受け部の支圧応力度の照査結果については、前述のとおり、軸側（凸側）と受け側（凹側）の球面の半径は一致する設計としており、メーカー基準の製作公差（0.3%の計画）を考慮したとしても、面接触支承に分類することは妥当と判断できるが、保守的に凸球面と凹球面に仮に10%程度の半径差が生じたと仮定して、図15.3-10に示す接触応力度の評価方法により、最大荷重を用いて照査した場合でも、照査値（接触応力度 $\sigma_c$  / (許容接触応力度 $P_a \times 1.5$ ））は0.42（642 / (1029 × 1.5) ≒ 0.416）であり、設計成立性には問題ないことを確認している。

注記\*：短期荷重に対する許容応力度の割増しを考慮

- 凸球面と凹球面の接触応力度の算定式（構造力学公式集より引用）



$$\sigma_c = 0.918 \times \sqrt[3]{\frac{P \times \left(\frac{D_1 - D_2}{D_1 \times D_2}\right)^2}{\left(\frac{1 - \nu_1^2}{E_1} + \frac{1 - \nu_2^2}{E_2}\right)^2}}$$

主要構造等	記号等	単位	値	備考
凹側 (CAC304)	D <sub>1</sub> :直径	mm	300	設計値
	$\nu_1$ :ポアソン比	—	0.35	メーカー値
	E <sub>1</sub> :ヤング係数	N/mm <sup>2</sup>	105000	メーカー値
凸側 (SM490)	D <sub>2</sub> :直径	mm	270	設計値△10%
	$\nu_2$ :ポアソン比	—	0.30	道路橋示方書
	E <sub>2</sub> :ヤング係数	N/mm <sup>2</sup>	200000	道路橋示方書
P:作用荷重		kN	413.6	反力最大ケース
$\sigma_c$ :接触応力度		N/mm <sup>2</sup>	642	

- 接触面の許容応力度の算定式（水門鉄管技術基準（水門編）より引用）

(3) 接触面の許容応力度<sup>1)2)3)</sup>

$$P_a = \frac{9.807}{2\nu} \cdot H_B \dots\dots\dots (56-5)$$

ここに、 $P_a$ :許容接触応力度 (N/mm<sup>2</sup>) ……1029N/mm<sup>2</sup>

$\nu$ :安全率=1.3 (線接触の場合)

安全率=1.0 (点接触の場合)

$H_B$ :ローラ踏面のブリネル硬さ ……210(メーカー値)

ただし、ローラ踏面板の硬さが主ローラの硬さより低い場合は、ローラ踏面板の硬さを用いる。

図15.3-10 凸球面と凹球面の接触応力度の評価方法

## 3.2 扉体軸方向荷重が作用した場合の評価結果

### 3.2.1 評価方針

扉体軸方向（面内方向）荷重が作用した場合の評価は、「6.3.4 鋼製扉の耐震計算に関する補足説明資料」に示す評価方針に準じて実施する。

評価部位は、ヒンジ部（水平荷重支承部及び鉛直荷重支承部）とする。

なお、固定部については、「6.3.4 鋼製扉の耐震計算に関する補足説明資料」に示すとおり、扉体軸方向の拘束効果が無い場合、主たる荷重である扉体からの反力が作用せず、評価としては扉体軸直角方向に荷重を作用させた場合よりも発生応力が小さくなることは明白であるため、評価を省略する。

また、その他の主要な構造部位（扉体、RC 支柱、フーチング、鋼管杭）については、耐震及び強度計算において、扉体及び構造全体系の弱軸方向である扉体軸直角方向（面外方向）に対しての荷重に対する照査を行っており、地震時においては慣性力の影響が大きくなると考えられ、津波時及び重畳時においても津波の作用範囲が大きく津波荷重が支配的となる断面に対して照査を実施しているため、耐震及び強度計算における評価結果に包含されると考えられるため、評価を省略する。

設計震度は、保守的に「VI-2-10-2-3-3 杭基礎構造防潮壁 鋼製扉の耐震性についての計算書」に示す、扉体及び構造全体系の弱軸方向である扉体軸直角方向における地震応答解析により設定した設計震度を用いる。

面内方向荷重作用時の評価部位を表 15.3-16 に示す。部位毎の評価方法は「VI-2-10-2-3-3 杭基礎構造防潮壁 鋼製扉の耐震性についての計算書」に準じる（3.2.2 評価方法(2)(3)に再掲する）。

表 15.3-16 面内方向荷重作用時の評価部位

部位		評価方法	許容限界
ヒンジ部 (水平荷重 支承部)	ころがり軸受	作用荷重が許容荷重以下であることを確認	許容荷重
	軸受ハウジング, 軸受ハウジング固定ボルト, 軸受支持金物, エンドプレート, アンカーボルト	発生する応力(曲げ・軸力, せん断力)が許容限界以下であることを確認	短期許容応力度
ヒンジ部 (鉛直荷重 支承部)	すべり軸受	発生する応力(支圧応力)が許容限界以下であることを確認	短期許容支圧応力度
	支柱	発生する応力(曲げ・軸力, せん断力)が許容限界以下であることを確認	短期許容応力度
	蓋固定ボルト	作用荷重が許容荷重以下であることを確認	許容荷重

### 3.2.2 評価方法

#### (1) 荷重条件

各部位の評価は、「VI-2-10-2-3-3 杭基礎構造防潮壁 鋼製扉の耐震性についての計算書」における地震応答解析から抽出した扉体部の最大応答震度を用い、扉体軸方向及び鉛直方向に地震力を作用させた静的フレーム解析を行い、取り出した支点反力により発生応力等の評価を行う。

荷重の組合せを表 15.3-17 に、静的解析に用いる荷重の組合せケースを表 15.3-18 に示す。また、静的フレーム解析に用いる設計震度を表 15.3-19 に、静的フレーム解析の境界条件を図 15.3-11 に示す。

表 15.3-17 荷重の組合せ

外力の状態	荷重の組合せ
地震時 ( $S_s$ )	$G + P_s + P_k + S_s$

G : 固定荷重

$P_s$  : 積雪荷重

$P_k$  : 風荷重

$S_s$  : 地震荷重

表 15.3-18 荷重の組合せケース (扉体の静的解析)

ケース No.	荷重の組合せ
1	$G + P_s + P_k + 1.0 S_{sH} + 0.4 S_{sV}$
2	$G + P_s + P_k + 1.0 S_{sH} - 0.4 S_{sV}$
3	$G + P_s + P_k - 1.0 S_{sH} + 0.4 S_{sV}$
4	$G + P_s + P_k - 1.0 S_{sH} - 0.4 S_{sV}$
5	$G + P_s + P_k + 0.4 S_{sH} + 1.0 S_{sV}$
6	$G + P_s + P_k - 0.4 S_{sH} + 1.0 S_{sV}$
7	$G + P_s + P_k + 0.4 S_{sH} - 1.0 S_{sV}$
8	$G + P_s + P_k - 0.4 S_{sH} - 1.0 S_{sV}$

G : 固定荷重

$P_s$  : 積雪荷重

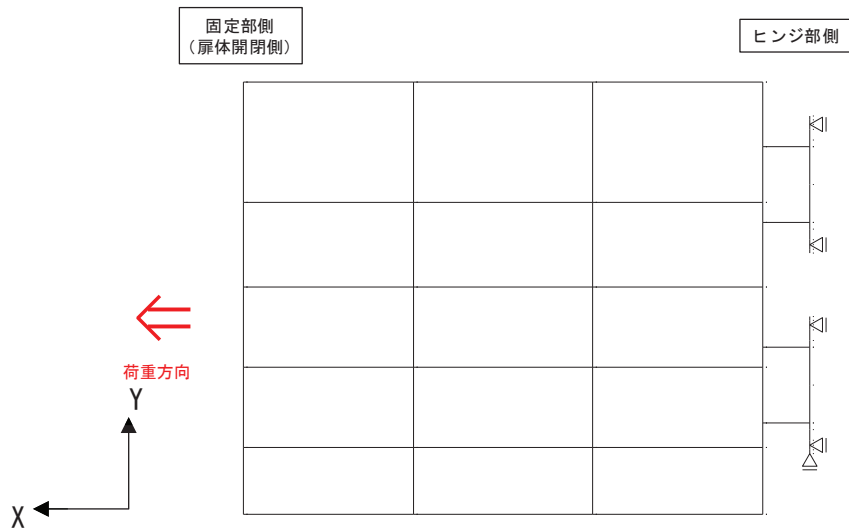
$P_k$  : 風荷重

$S_{sH}$  : 水平方向地震荷重 (自重  $\times K_H$ )

$S_{sV}$  : 鉛直方向地震荷重 (自重  $\times K_V$ )

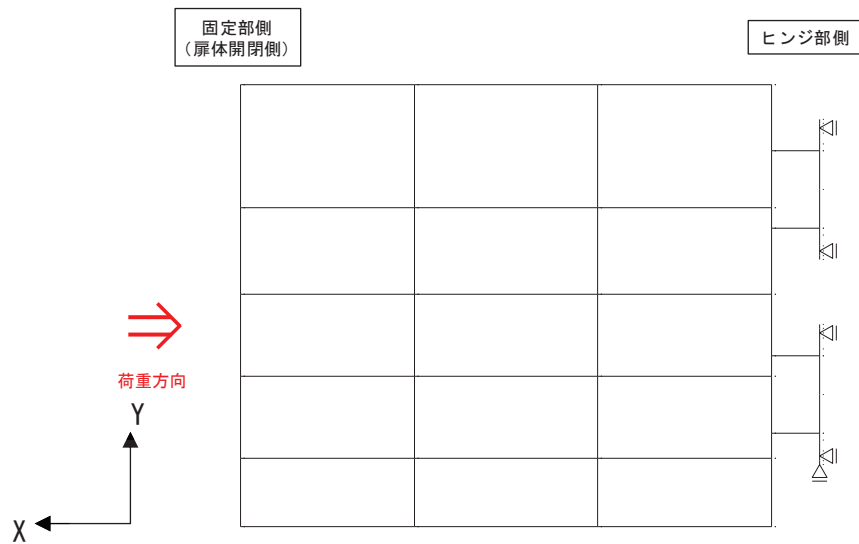
表 15.3-19 設計震度

断面	地震による設計震度	
	水平方向 $K_H$	鉛直方向 $K_V$
鋼製扉 2	5.6 ( $S_s - D 2 (+ +)$ )	1.4 ( $S_s - D 2 (+ +)$ )
鋼製扉 3	2.4 ( $S_s - N 1 (+ +)$ )	1.2 ( $S_s - D 2 (+ -)$ )



方向	拘束条件	
	固定部側	ヒンジ側
扉体軸方向 (X 方向)	自由	拘束
鉛直方向 (Y 方向)	自由	拘束 (下端部)

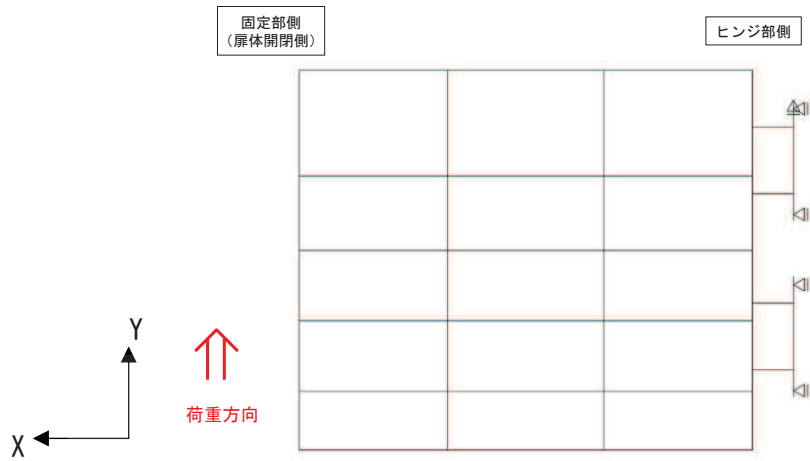
(水平荷重作用時 (+Z 方向))



方向	拘束条件	
	固定部側	ヒンジ側
扉体軸方向 (X 方向)	自由	拘束
鉛直方向 (Y 方向)	自由	拘束 (下端部)

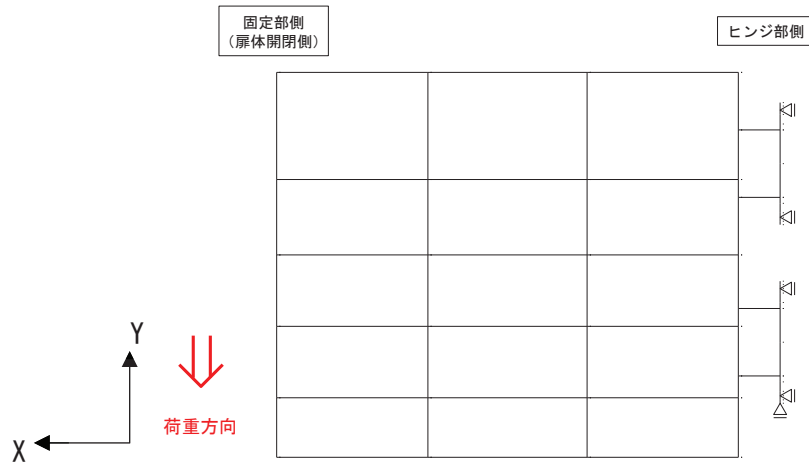
(水平荷重作用時 (-Z 方向))

図 15.3-11(1) 扉体部における静的フレーム解析時の境界条件



方向	拘束条件	
	固定部側 (扉体開閉側)	ヒンジ側
扉体軸方向 (X 方向)	自由	拘束
鉛直方向 (Y 方向)	自由	拘束 (上端部)

(鉛直荷重作用時 (+Y 方向))



方向	拘束条件	
	固定部側 (扉体開閉側)	ヒンジ側
扉体軸方向 (X 方向)	自由	拘束
鉛直方向 (Y 方向)	自由	拘束 (下端部)

(鉛直荷重作用時 (-Y 方向))

図 15.3-11(2) 扉体部における静的フレーム解析の境界条件



(2) ヒンジ水平荷重支承部（ころがり軸受，軸受ハウジング，軸受ハウジング固定ボルト，軸受支持金物，エンドプレート，アンカーボルト）

a. ヒンジ部（ころがり軸受）

ヒンジ部回転軸から荷重を受け支承部に伝達する部品であるころがり軸受について評価する。軸受の許容荷重に対して水平2方向の荷重による合成荷重の大きさを評価する。軸受に作用する合成荷重は以下の式により計算する。ころがり軸受の構造概要及び計算モデルの概念図を図 15.3-12 に示す。

$$P = \sqrt{F_Z^2 + F_X^2}$$

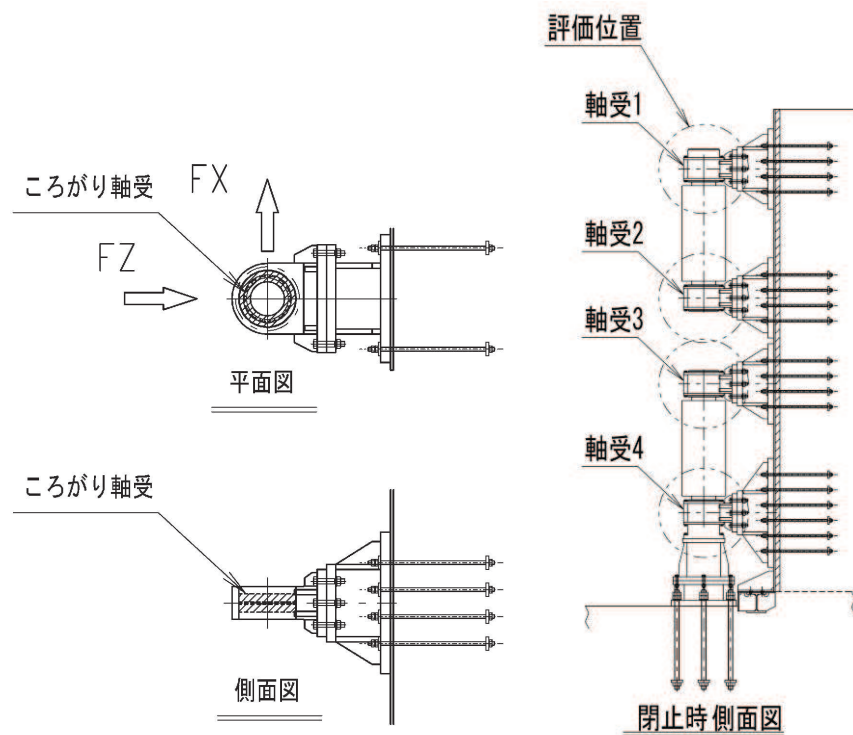


図 15.3-12 ころがり軸受の構造概要及び計算モデルの概念図

各記号の定義を表 15.3-20 に示す。

表 15.3-20 軸受作用荷重の定義

記号	定義	単位
P	軸受作用荷重	kN
F <sub>Z</sub>	軸受に生じる津波作用方向荷重	kN
F <sub>X</sub>	軸受に生じる扉体軸方向荷重	kN

b. ヒンジ部（軸受ハウジング円筒部）

ころがり軸受を保持する軸受ハウジングについて、軸受ハウジングの下記に示す断面に生じる応力度の評価を行う。

軸受けハウジング円筒部の構造概要及び計算モデルの概念図を図 15.3-13 に示す。

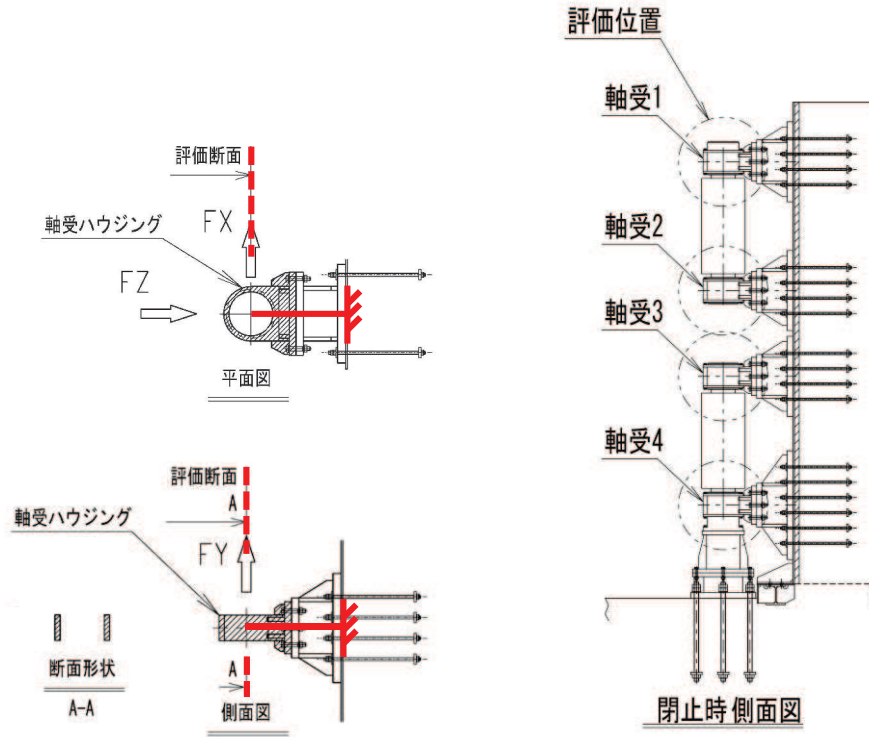


図 15.3-13 軸受ハウジング円筒部の構造概要及び計算モデルの概念図

この断面に生じる応力度について以下の式にて計算する。

$$\sigma = \frac{|F_z|}{A} \times \alpha$$

$$\tau = \frac{|F_x|}{A} + \frac{|F_y|}{A}$$

$$\kappa = \sqrt{\sigma^2 + 3 \times \tau^2} \div \sigma_{as}$$

軸受ハウジング円筒部の計算諸元を表 15.3-20 に示す。

表 15.3-20 軸受ハウジング円筒部の計算諸元

記号	定義	単位
$\sigma$	垂直応力度	N/mm <sup>2</sup>
$\tau$	せん断応力度	N/mm <sup>2</sup>
$\kappa$	合成応力度	—
$\sigma_{as}$	短期許容軸引張応力度	N/mm <sup>2</sup>
$F_z$	軸受に生じる津波作用方向荷重	kN
$F_x$	軸受に生じる扉体軸方向荷重	kN
$F_y$	軸受に生じる鉛直方向荷重	kN
$A$	断面積	mm <sup>2</sup>
$\alpha$	応力集中係数	—

c. ヒンジ部（軸受ハウジング接合部）

軸受ハウジングとエンドプレートの接合部について評価を行う。

軸受けハウジング接合部の構造概要及び計算モデルの概念図を図 15.3-14 に示す。

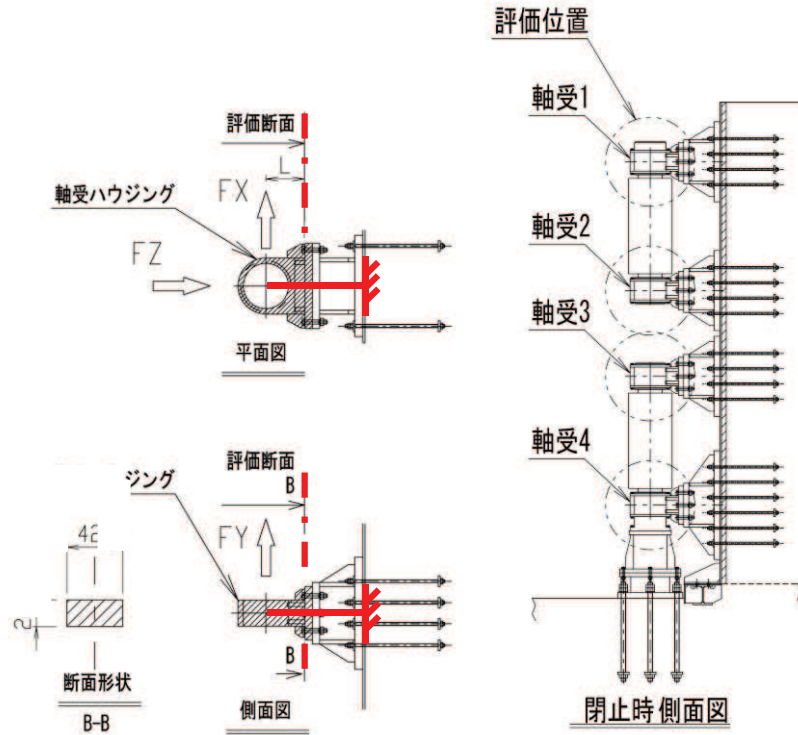


図 15.3-14 軸受ハウジング接合部の構造概要及び計算モデルの概念図

この断面に生じる応力度について以下の式にて計算する。

$$\sigma = \frac{|F_Z|}{A} + \frac{|F_X \times L|}{Z_X} + \frac{|F_Y \times L|}{Z_Y}$$

$$\tau = \frac{|F_X|}{A} + \frac{|F_Y|}{A}$$

$$\kappa = \sqrt{\sigma^2 + 3 \times \tau^2} \div \sigma_{as}$$

軸受ハウジング接合部の計算諸元を表 15.3-21 に示す。

表 15.3-21 軸受ハウジング接合部の計算諸元

記号	定義	単位
$\sigma$	垂直応力度	N/mm <sup>2</sup>
$\tau$	せん断応力度	N/mm <sup>2</sup>
$\kappa$	合成応力度	—
$\sigma_{as}$	短期許容軸引張応力度	N/mm <sup>2</sup>
$F_z$	軸受に生じる津波作用方向荷重	N
$F_x$	軸受に生じる扉体軸方向荷重	N
$F_y$	軸受に生じる鉛直方向荷重	N
$A$	全断面積	mm <sup>2</sup>
$Z_y$	水平方向周り断面係数	mm <sup>3</sup>
$Z_x$	鉛直方向周り断面係数	mm <sup>3</sup>
$L$	軸受中心から評価断面までの距離	mm

d. ヒンジ部（軸受ハウジング固定ボルト）

軸受ハウジングを固定するボルトについて評価する。

鋼製扉の支点反力として回転軸中心に生じた荷重がボルトに引張及びせん断力として作用するものとして評価する。

軸受けハウジング固定ボルトの構造概要及び計算モデルの概念図を図 15.3-15 に示す。

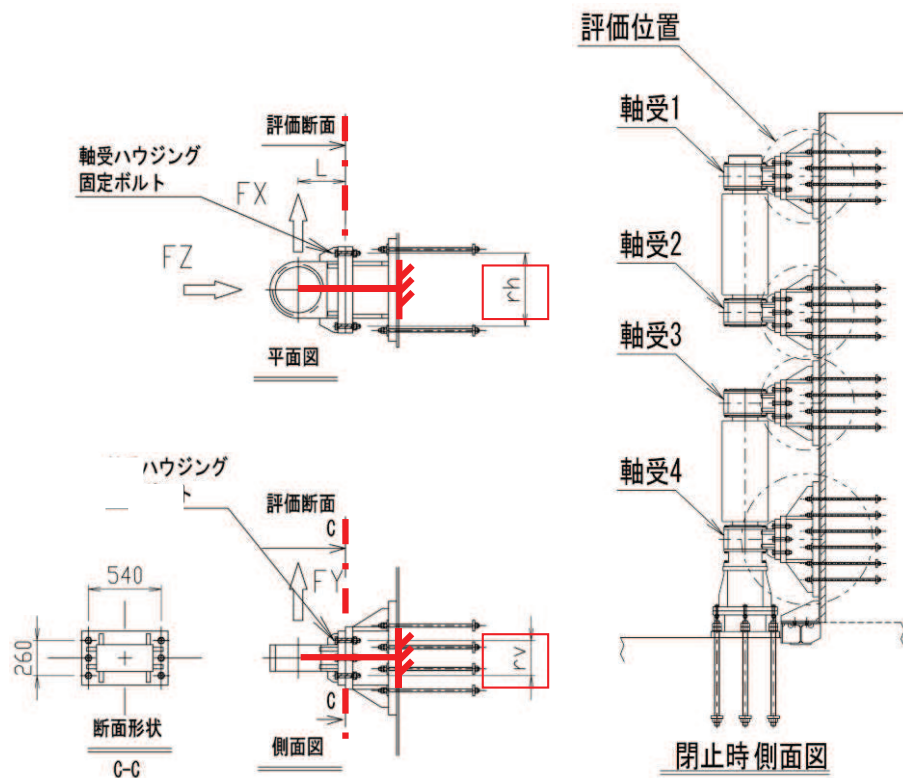


図 15.3-15 軸受ハウジング固定ボルトの概要図

ボルトに生じる応力度は、津波作用方向荷重による軸力と荷重が作用する回転軸の中心からボルトまでの距離を考慮したモーメントによる軸力の足し合わせを考慮した引張応力度を求める。また各方向のせん断力を足し合わせることでせん断応力度を求める。応力度は断面力に対し、荷重が伝達される断面のうち最小断面で割ることで求める。

各応力度を下記の式により計算する。

$$\sigma = \frac{P}{A}$$

$$\tau = \frac{Q}{A_q}$$

$$\kappa = \sqrt{\sigma^2 + 3 \times \tau^2} \div \sigma_{as}$$

$$P = \frac{-F_z}{N} + \frac{|F_x| \times L}{r_h \times N_v} + \frac{|F_y| \times L}{r_v \times N_h}$$

$$Q = \frac{|F_x|}{N} + \frac{|F_y|}{N}$$

軸受ハウジング固定ボルトの計算諸元を表 15.3-22 に示す。

表 15.3-22 軸受ハウジング固定ボルトの計算諸元

記号	定義	単位
$\sigma$	軸引張応力度	N/mm <sup>2</sup>
$\tau$	せん断応力度	N/mm <sup>2</sup>
$\kappa$	合成応力度	—
$\sigma_{as}$	短期許容軸引張応力度	N/mm <sup>2</sup>
P	ボルトに生じる引張力	kN
Q	ボルトに生じるせん断力	kN
$F_z$	軸受に生じる津波作用方向荷重	kN
$F_x$	軸受に生じる扉体軸方向荷重	kN
$F_y$	軸受に生じる鉛直方向荷重	kN
$N_v$	1箇所固定ボルト縦列本数	本
$N_h$	1箇所固定ボルト横方向本数	本
N	1箇所固定ボルト全本数	本
$r_h$	水平ボルト最遠距離	mm
$r_v$	鉛直ボルト最遠距離	mm
L	回転軸中心から固定ボルトまでの距離	mm
D1	固定ボルトねじ部の呼び径	—
A	ねじの有効断面積	mm <sup>2</sup>
D2	軸部の径	mm
$A_q$	軸部の有効断面積	mm <sup>2</sup>

e. ヒンジ部（軸受ハウジングエンドプレート）

軸受ハウジングのエンドプレートに生じる曲げ応力度の評価を行う。

評価は、ボルトに生じる引張力に対して、ボルト穴中心から軸受ハウジングの鋼材端面までの片持ち梁として求めた曲げモーメントにより曲げ応力度を算出する。

軸受けハウジングエンドプレートの構造概要及び計算モデルの概念図を図 15.3-16 に示す。また、軸受ハウジングエンドプレートの検討イメージを図 15.3-17 に、軸受ハウジングエンドプレートの有効断面イメージを図 15.3-18 に示す。

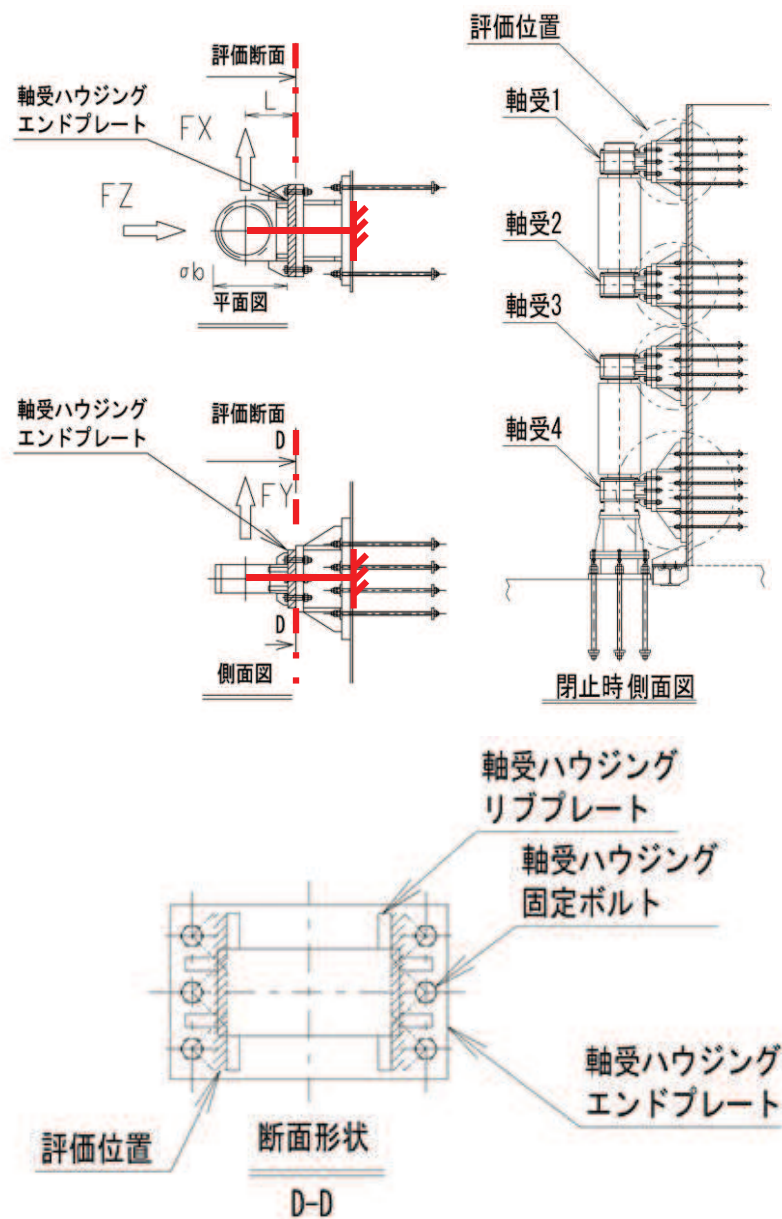


図 15.3-16 軸受ハウジングエンドプレートの構造概要及び計算モデルの概念図



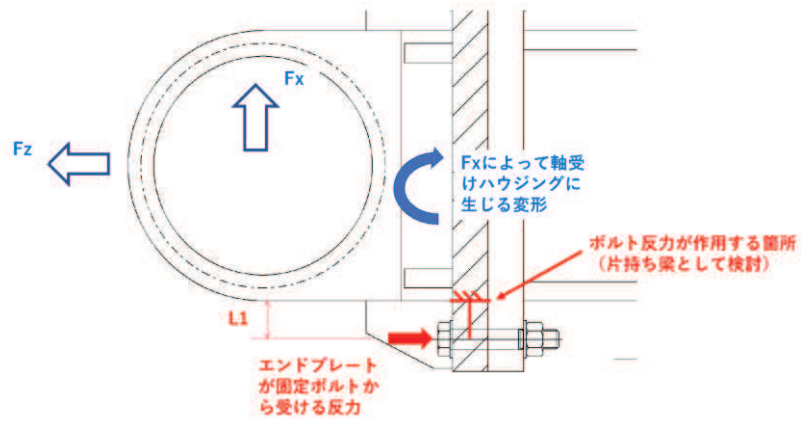


図 15.3-17 軸受ハウジングエンドプレートの検討イメージ

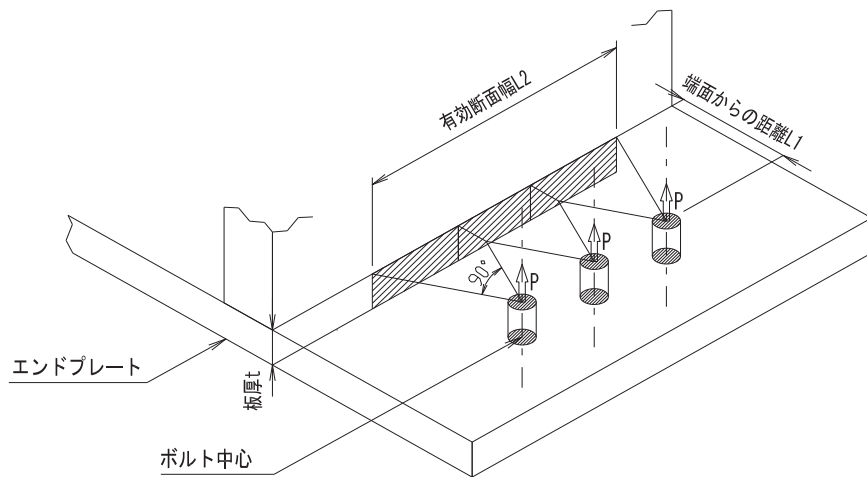


図 15.3-18 軸受ハウジングエンドプレートの有効断面イメージ

軸受ハウジングエンドプレートに生じる曲げ応力度は下記の式により計算する。

$$\sigma_b = \frac{P \times L_1}{Z} = \frac{P \times L_1}{L_2 \div N_v \times t^2 \div 6}$$

$$P = \frac{-F_z}{N} + \frac{|F_x| \times L}{r_h \times N_v} + \frac{|F_y| \times L}{r_v \times N_h}$$

エンドプレートの計算諸元を表 15.3-23 に示す。

表 15.3-23 エンドプレートの計算諸元

記号	定義	単位
$\sigma_b$	回転軸中心から評価位置までの距離	$N/mm^2$
P	ボルトに生じる引張力	kN
$L_1$	ハウジング端面からボルトまでの距離	mm
$L_2$	エンドプレートの総有効断面幅	mm
t	エンドプレートの板厚	mm
Z	断面係数	$mm^3$
$N_v$	1 箇所の固定ボルト縦列本数	本
$N_h$	1 箇所の固定ボルト横方向本数	本
N	1 箇所の固定ボルト全本数	本
$r_h$	水平ボルト最遠ピッチ	mm
$r_v$	鉛直ボルト最遠ピッチ	mm
L	回転軸中心から評価位置までの距離	mm

f. ヒンジ部（軸受支持金物）

軸受支承部のうち、以下に示す断面についての強度評価を行う。

本部材は躯体側に向かって断面形状が変化するため、保守的に部材の最大断面力が最小断面に作用した場合の評価を行う。

軸受支持金物の構造概要及び計算モデルの概念図を図 15.3-19 に示す。

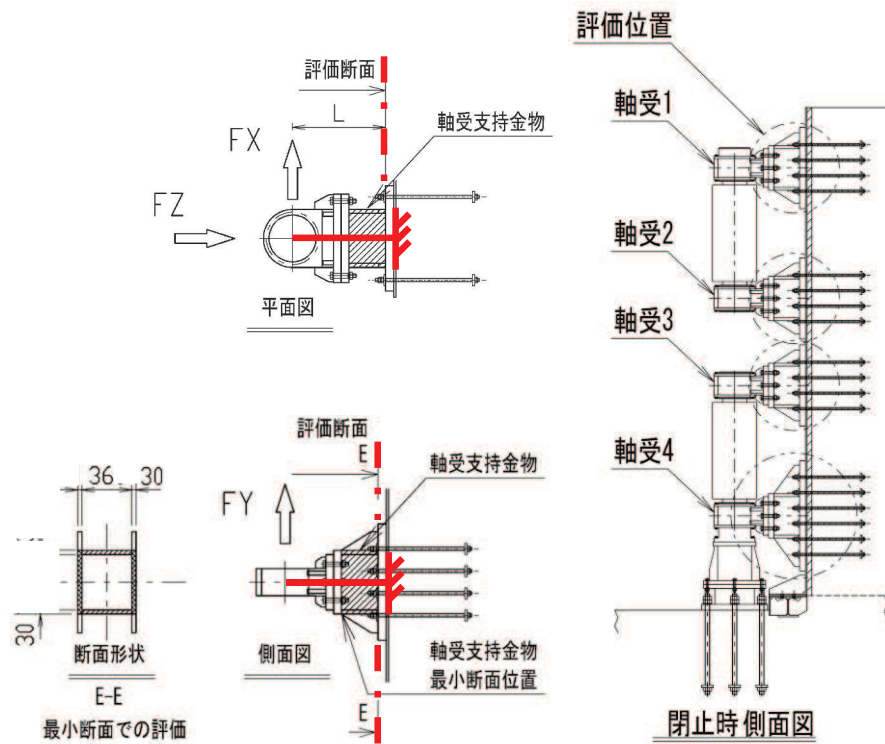


図 15.3-19 軸受支持金物の構造概要及び計算モデルの概念図

この断面に生じる応力度について以下の式にて計算する。

$$\sigma = \frac{|F_Z|}{A} + \frac{|F_X \times L|}{Z_X} + \frac{|F_Y \times L|}{Z_Y}$$

$$\tau = \frac{|F_X|}{A_X} + \frac{|F_Y|}{A_Y}$$

$$\kappa = \sqrt{\sigma^2 + 3 \times \tau^2} \div \sigma_{as}$$

軸受支持金物の計算諸元を表 15.3-24 に示す。

表 15.3-24 軸受支持金物の計算諸元

記号	定義	単位
$\sigma$	垂直応力度	N/mm <sup>2</sup>
$\tau$	せん断応力度	N/mm <sup>2</sup>
$\kappa$	合成応力度	—
$\sigma_{as}$	短期許容軸引張応力度	N/mm <sup>2</sup>
$F_z$	軸受に生じる津波作用方向荷重	kN
$F_x$	軸受に生じる扉体軸方向荷重	kN
$F_y$	軸受に生じる鉛直方向荷重	kN
$A$	全断面積	mm <sup>2</sup>
$A_y$	せん断有効断面積(鉛直荷重)	mm <sup>2</sup>
$A_x$	せん断有効断面積(水平荷重)	mm <sup>2</sup>
$Z_y$	水平方向周り断面係数	mm <sup>3</sup>
$Z_x$	鉛直方向周り断面係数	mm <sup>3</sup>
$L$	回転軸中心から評価断面までの距離	mm

g. ヒンジ部（エンドプレート）

アンカーボルト引張力によってエンドプレートに生じる曲げ応力度の評価を行う。評価にあたっては、アンカーボルトに生じる引張力に対して、アンカーボルト穴中心から軸受支持金物端面までの片持ち梁として求めた曲げモーメントに対し有効断面幅で評価する。エンドプレートの有効断面幅は、ボルト穴中心から片側 45° の開きをもつ延長線上の範囲とし、隣接するボルトと有効断面が重複する箇所については二重に算定しないものとする。

エンドプレートの構造概要及び計算モデルの概念図を図 15.3-20 に示す。また、ヒンジ部エンドプレートの検討イメージを図 15.3-21、軸受ハウジングエンドプレートの有効断面イメージを図 15.3-22 に示す。

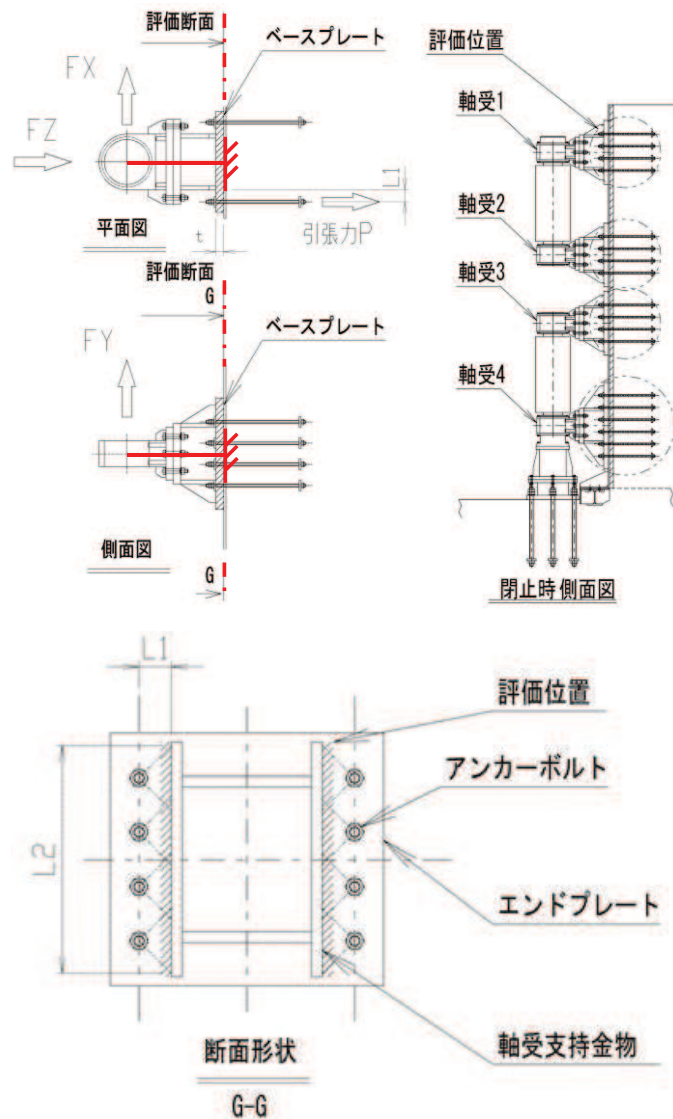


図 15.3-20 エンドプレート周辺の構造概要及び計算モデルの概念図

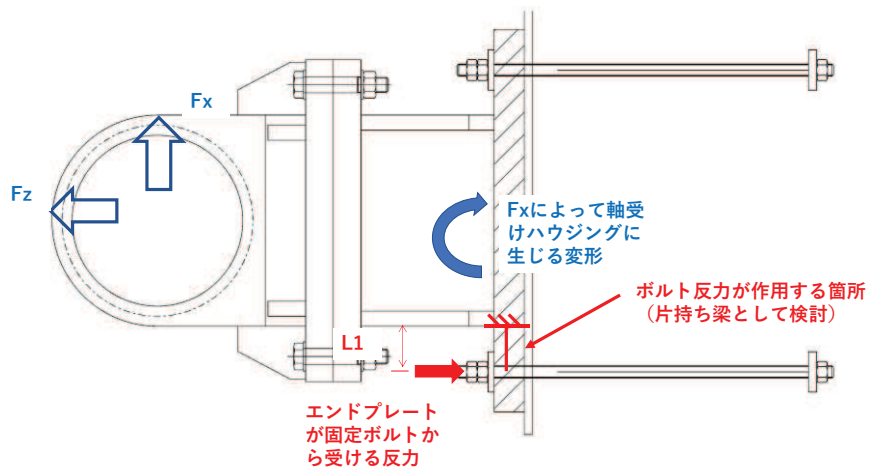


図 15.3-21 ヒンジ部エンドプレートの検討イメージ

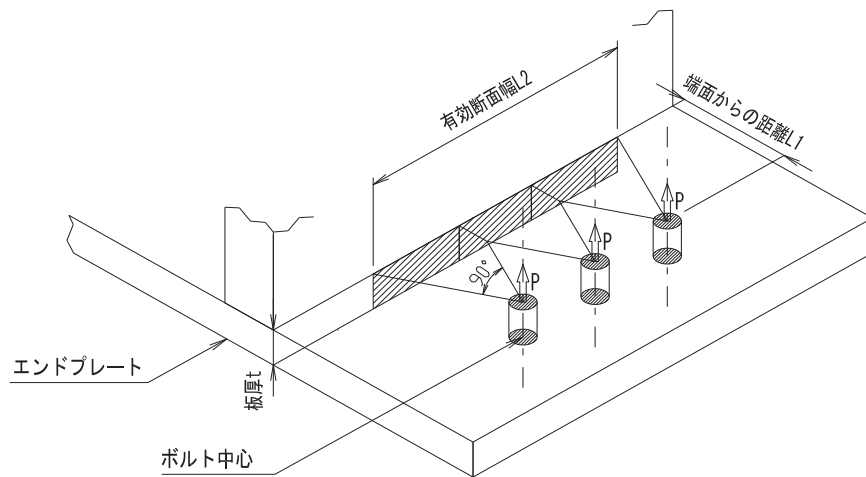


図 15.3-22 軸受ハウジングエンドプレートの有効断面イメージ

エンドプレートに生じる曲げ応力度は下記の式により計算する。

$$\sigma_b = \frac{P \times L_1}{Z} = \frac{P \times L_1}{L_2 \div N_V \times t^2 \div 6}$$

エンドプレート曲げ応力度の計算諸元を表 15.3-25 に示す。

表 15.3-25 エンドプレート曲げ応力度の計算諸元

記号	定義	単位
$\sigma_b$	曲げ応力度	N/mm <sup>2</sup>
P	アンカーボルトに生じる引張力	kN
$L_1$	ボルトから軸受支持金物端面までの距離	mm
$L_2$	エンドプレートの有効断面幅	mm
t	エンドプレートの板厚	mm
$N_v$	軸受 1 箇所のアンカーボルト縦列本数	本
Z	断面係数	mm <sup>3</sup>

h. ヒンジ部（エンドプレート下面コンクリート）

水平荷重支承部に作用する荷重によってエンドプレート下面のコンクリートに生じる支圧応力度の評価を行う。評価にあたってはアンカーボルトによって固定された範囲を有効幅として考慮する。

エンドプレートコンクリート支圧応力度に関する概要図を図 15.3-23 に示す。

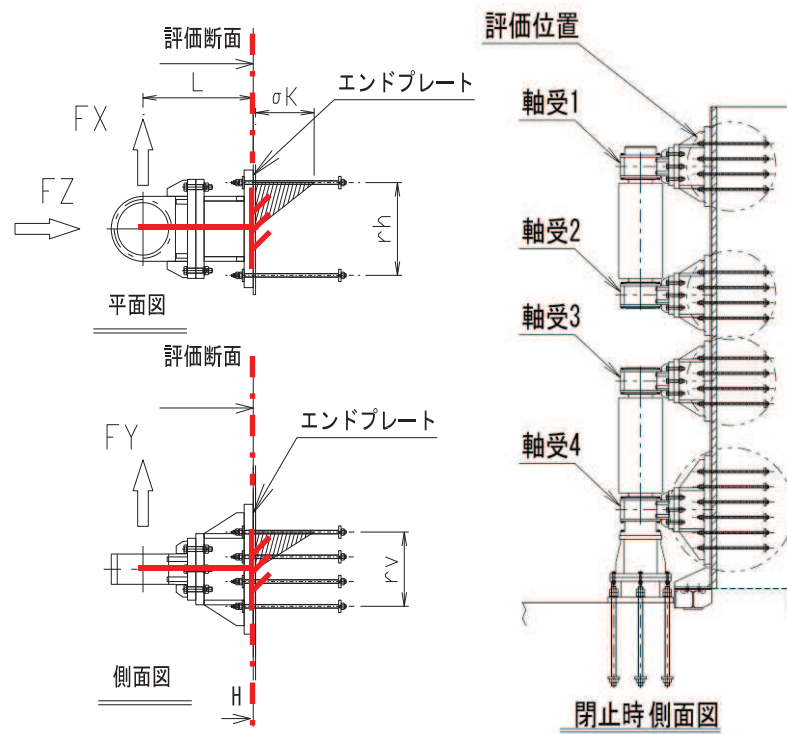


図 15.3-23 エンドプレートコンクリート支圧応力度に関する計算モデルの概念図

コンクリートの支圧応力度（圧縮力を正とする）は以下の式により計算する。

$$\sigma_K = \frac{F_Z}{r_h \times r_v} + |F_X| \times L \times \frac{6}{r_h^2 \times r_v} + |F_Y| \times L \times \frac{6}{r_h \times r_v^2}$$



コンクリート支圧応力度の計算諸元を表 15.3-26 に示す。

表 15.3-26 コンクリート支圧応力度の計算諸元（鋼製扉 2， 3）

記号	定義	単位
$\sigma_K$	コンクリートにはたらく支圧応力度	N/mm <sup>2</sup>
L	回転軸中心から評価位置までの距離	mm
$r_h$	アンカーボルト最遠水平距離	mm
$r_v$	アンカーボルト最遠鉛直距離	mm

i. ヒンジ部（アンカーボルト）

軸受を躯体に支持し引張力を負担するアンカーボルトの評価を行う。

アンカーボルトの構造概要及び計算モデルの概念図を図 15.3-24 に示す。

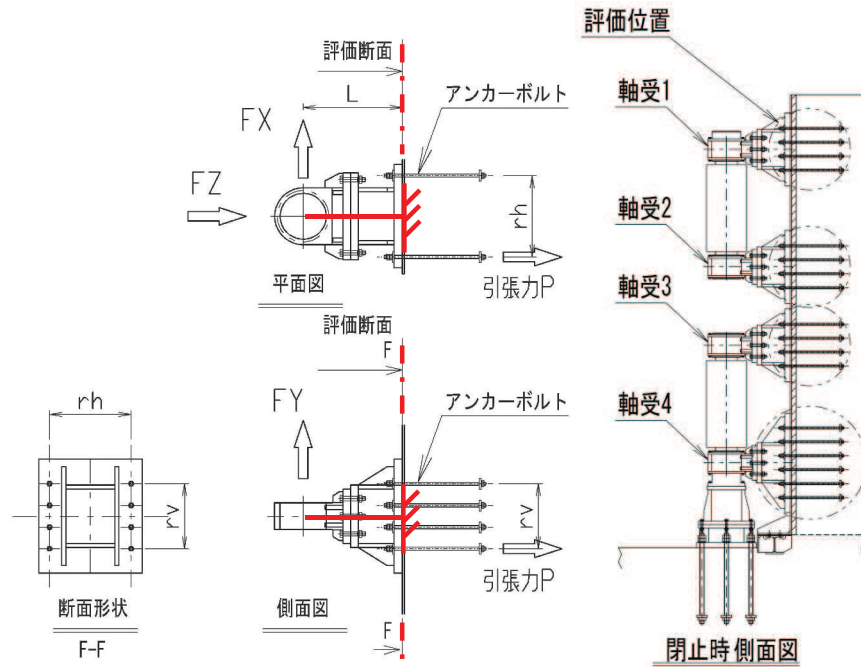


図 15.3-24 アンカーボルトの構造概要及び計算モデルの概念図

アンカーボルトに作用する荷重は下記の式により計算する。

$$P = \frac{-F_Z}{N} + \frac{|F_X| \times L}{r_h \times N_v} + \frac{|F_Y| \times L}{r_v \times N_h}$$

$$Q = \left| \frac{F_X}{N} \right| + \left| \frac{F_Y}{N} \right|$$

$$\kappa = \left( \frac{P}{P_a} \right)^2 + \left( \frac{Q}{Q_a} \right)^2$$

軸受アンカーボルトの計算諸元を表 15.3-27 に示す。

表 15.3-27 軸受アンカーボルトの計算諸元

記号	定義	単位
P	アンカーボルトに生じる引抜力	kN
Q	アンカーボルトに生じるせん断力	kN
$\kappa$	合成応力度	—
$P_a$	アンカーボルトの許容引張力	kN
$Q_a$	アンカーボルトの許容せん断力	kN
$F_z$	軸受に生じる津波作用方向荷重	kN
$F_x$	軸受に生じる扉体軸方向荷重	kN
$F_y$	軸受に生じる鉛直方向荷重	kN
$N_v$	軸受 1 箇所のアンカーボルト縦列本数	本
$N_h$	軸受 1 箇所のアンカーボルト横方向本数	本
N	軸受部 1 つあたりのアンカーボルト本数	本
$r_h$	アンカーボルト最遠水平距離	mm
$r_v$	アンカーボルト最遠鉛直距離	mm
L	回転軸中心から評価位置までの距離	mm

(3) ヒンジ鉛直荷重支承部（すべり軸受，支柱，鉛直荷重伝達部）

a. ヒンジ鉛直荷重支承部（すべり軸受）

鋼製扉に生じる鉛直荷重は，ヒンジ部を通してヒンジ部の下端に設けられた球面すべり軸受によって支持される。鉛直荷重により接触部に発生する支圧応力度について評価する。

すべり軸受の構造概要及び計算モデルの概念図を図 15.3-25 に示す。

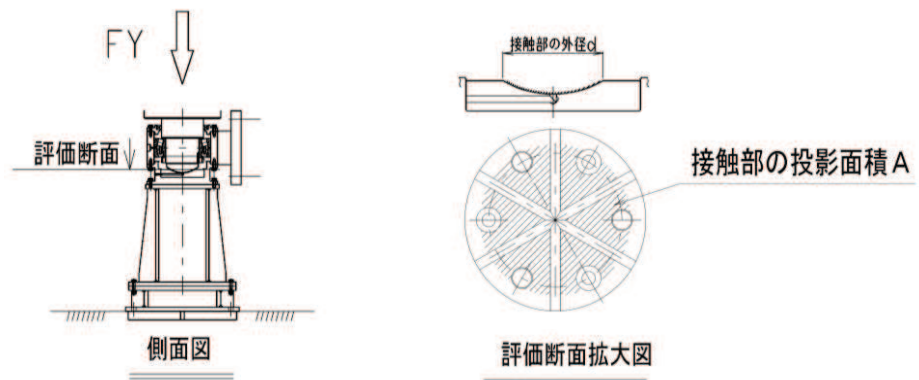


図 15.3-25 すべり軸受の構造概要及び計算モデルの概念図

地震時に鉛直方向荷重軸受に生じる面圧について，以下により計算する。

$$\sigma_K = -F_Y \div A$$

ここで，鉛直荷重支承部球面すべり軸受の計算諸元を表 15.3-28 に示す。

表 15.3-28 鉛直荷重支承部球面すべり軸受の計算諸元

記号	定義	単位
$\sigma_K$	球面軸受の支圧応力度	N/mm <sup>2</sup>
$F_Y$	地震時鉛直荷重	kN
A	軸受有効接触部の投影面積	mm <sup>2</sup>

b. ヒンジ鉛直荷重支承部（支柱）

鉛直荷重支承部の支柱について評価する。評価にあたっては、地震時鉛直方向荷重及び鉛直荷重を支持する軸受接触部の摩擦力に起因する鉛直方向周りのねじりモーメントによる発生応力度について評価する。

支柱の構造概要及び計算モデルの概念図を図 15.3-26 に示す。

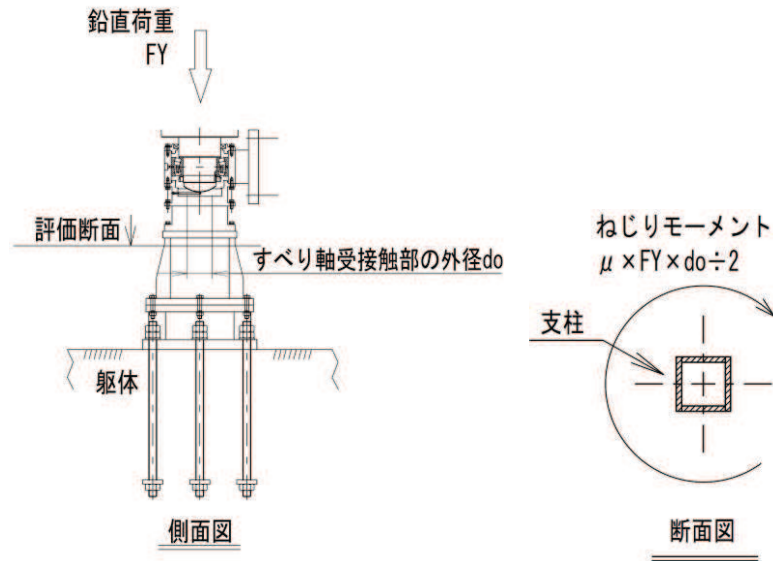


図 15.3-26 支柱の構造概要及び計算モデルの概念図

支柱に生じる垂直応力度，せん断応力度及び合成応力度について以下の式により計算する。

$$\sigma = F_Y \div A$$

$$\tau = \mu \times F_Y \times d_o \div 2 \div Z_p$$

$$\kappa = \sqrt{\sigma^2 + 3 \times \tau^2} \div \sigma_a$$

ここで、支柱の計算諸元を表 15.3-29 に示す。

表 15.3-29 支柱の計算諸元

記号	定義	単位
$\sigma$	垂直応力度	N/mm <sup>2</sup>
$\tau$	せん断応力度	N/mm <sup>2</sup>
$\kappa$	合成応力度	—
$F_Y$	鉛直荷重	kN
$A$	断面積	mm <sup>2</sup>
$Z_p$	極断面係数	mm <sup>3</sup>
$d_o$	接触部外径	mm
$\mu$	摩擦係数	—

c. ヒンジ鉛直荷重支承部（鉛直上向き荷重伝達部）

鉛直荷重支承部の鉛直上向き荷重伝達部について評価する。

鉛直上向き荷重伝達部の構造概要及び計算モデルの概念図を図 15.3-27 に示す。

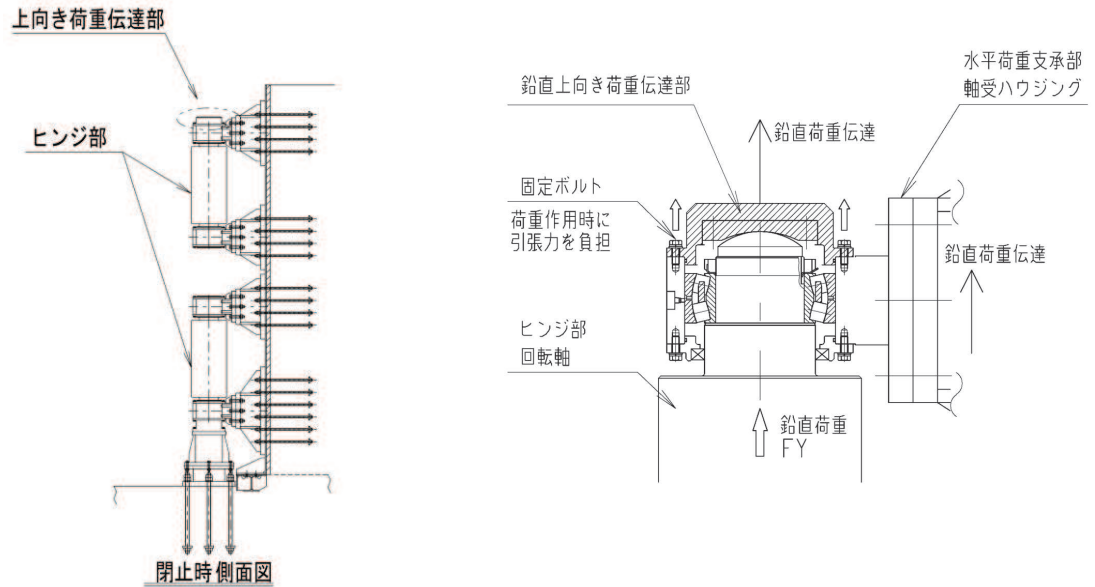


図 15.3-27 鉛直上向き荷重伝達部の概要図

評価にあたっては、鉛直上向き荷重伝達部を固定するボルトの短期許容応力度より、鉛直上向き荷重を全ボルトで負担するものとして鉛直上向き荷重伝達部の許容限界を定める。許容限界は下記の式により計算する。

$$P_{as} = \sigma_{as} \times N \times A$$

ここで、鉛直上向き荷重伝達部の許容限界の計算諸元を表 15.3-30 に示す。

表 15.3-30 鉛直上向き荷重伝達部の許容限界の計算諸元

記号	定義	単位
$P_{as}$	鉛直上向き荷重伝達部の短期許容荷重	kN
$N$	ボルトの本数	本
—	ボルトの呼び径	—
$A$	ボルトの有効断面積	mm <sup>2</sup>
—	ボルトの材質	—
$\sigma_a$	長期許容軸引張応力度	N/mm <sup>2</sup>
$\sigma_{as}$	短期許容軸引張応力度	N/mm <sup>2</sup>

### 3.2.3 評価結果

ヒンジ部水平荷重支承部及び鉛直荷重支承部における扉体軸方向荷重が作用した場合の照査結果を表 15.3-31～表 15.3-41 に示す。

部材によっては断面形状の違い等から、扉体及び構造全体系の弱軸方向である扉体軸直角方向に対しての荷重に対する照査から若干の上振れはあるものの、発生応力等が許容限界以内に収まっており、保守的な設計震度を用いていることも踏まえ、十分な安全裕度を有する事を確認した。

表 15.3-31(1) 照査結果（ヒンジ部水平荷重支承部（ころがり軸受））（鋼製扉 2）

部位	荷重の組合せケース	応力成分	応力度 (a)	許容限界 (b)	照査値 (a/b)
軸受 1	2 ( $G + 1.0 S_{SH} - 0.4 S_{SV}$ )	作用荷重 (KN)	457	1670	0.28
軸受 2	2 ( $G + 1.0 S_{SH} - 0.4 S_{SV}$ )		313	1670	0.19
軸受 3	2 ( $G + 1.0 S_{SH} - 0.4 S_{SV}$ )		361	1670	0.22
軸受 4	4 ( $G - 1.0 S_{SH} - 0.4 S_{SV}$ )		636	1670	0.39

表 15.3-31(2) 照査結果（ヒンジ部水平荷重支承部（ころがり軸受））（鋼製扉 3）

部位	荷重の組合せケース	応力成分	応力度 (a)	許容限界 (b)	照査値 (a/b)
軸受 1	2 ( $G + 1.0 S_{SH} - 0.4 S_{SV}$ )	作用荷重 (KN)	221	1670	0.14
軸受 2	2 ( $G + 1.0 S_{SH} - 0.4 S_{SV}$ )		160	1670	0.10
軸受 3	2 ( $G + 1.0 S_{SH} - 0.4 S_{SV}$ )		233	1670	0.14
軸受 4	8 ( $G - 0.4 S_{SH} - 1.0 S_{SV}$ )		397	1670	0.24



表 15.3-32(1) 照査結果（ヒンジ部水平荷重支承部（軸受けハウジング円筒部））  
（鋼製扉 2）

部位	荷重の組合せケース	応力成分	応力度 (a)	許容限界 (b)	照査値 (a/b)
軸受 1	1 ( $G + 1.0 S_{SH} + 0.4 S_{SV}$ )	垂直応力度 ( $N/mm^2$ )	—*	222	—*
	2 ( $G + 1.0 S_{SH} - 0.4 S_{SV}$ )	せん断応力度 ( $N/mm^2$ )	31	127	0.25
	2 ( $G + 1.0 S_{SH} - 0.4 S_{SV}$ )	合成応力度 (—)	0.24	1.1	0.22
軸受 2	1 ( $G + 1.0 S_{SH} + 0.4 S_{SV}$ )	垂直応力度 ( $N/mm^2$ )	—*	222	—*
	2 ( $G + 1.0 S_{SH} - 0.4 S_{SV}$ )	せん断応力度 ( $N/mm^2$ )	22	127	0.18
	2 ( $G + 1.0 S_{SH} - 0.4 S_{SV}$ )	合成応力度 (—)	0.17	1.1	0.16
軸受 3	1 ( $G + 1.0 S_{SH} + 0.4 S_{SV}$ )	垂直応力度 ( $N/mm^2$ )	—*	222	—*
	2 ( $G + 1.0 S_{SH} - 0.4 S_{SV}$ )	せん断応力度 ( $N/mm^2$ )	25	127	0.20
	2 ( $G + 1.0 S_{SH} - 0.4 S_{SV}$ )	合成応力度 (—)	0.19	1.1	0.18
軸受 4	1 ( $G + 1.0 S_{SH} + 0.4 S_{SV}$ )	垂直応力度 ( $N/mm^2$ )	—*	222	—*
	4 ( $G - 1.0 S_{SH} - 0.4 S_{SV}$ )	せん断応力度 ( $N/mm^2$ )	42	127	0.34
	4 ( $G - 1.0 S_{SH} - 0.4 S_{SV}$ )	合成応力度 (—)	0.33	1.1	0.30

注記\*：軸応力度方向（壁軸直交方向）荷重が生じていない

表 15.3-32(2) 照査結果 (ヒンジ部水平荷重支承部 (軸受けハウジング円筒部))  
(鋼製扉 3)

部位	荷重の組合せケース	応力成分	応力度 (a)	許容限界 (b)	照査値 (a/b)
軸受 1	1 ( $G + 1.0 S_{SH} + 0.4 S_{SV}$ )	曲げ応力度 ( $N/mm^2$ )	—*	222	—*
	2 ( $G + 1.0 S_{SH} - 0.4 S_{SV}$ )	せん断応力度 ( $N/mm^2$ )	16	127	0.13
	2 ( $G + 1.0 S_{SH} - 0.4 S_{SV}$ )	合成応力度 (—)	0.12	1.1	0.11
軸受 2	1 ( $G + 1.0 S_{SH} + 0.4 S_{SV}$ )	曲げ応力度 ( $N/mm^2$ )	—*	222	—*
	2 ( $G + 1.0 S_{SH} - 0.4 S_{SV}$ )	せん断応力度 ( $N/mm^2$ )	12	127	0.10
	2 ( $G + 1.0 S_{SH} - 0.4 S_{SV}$ )	合成応力度 (—)	0.09	1.1	0.09
軸受 3	1 ( $G + 1.0 S_{SH} + 0.4 S_{SV}$ )	曲げ応力度 ( $N/mm^2$ )	—*	222	—*
	2 ( $G + 1.0 S_{SH} - 0.4 S_{SV}$ )	せん断応力度 ( $N/mm^2$ )	16	127	0.13
	2 ( $G + 1.0 S_{SH} - 0.4 S_{SV}$ )	合成応力度 (—)	0.13	1.1	0.12
軸受 4	1 ( $G + 1.0 S_{SH} + 0.4 S_{SV}$ )	曲げ応力度 ( $N/mm^2$ )	—*	222	—*
	8 ( $G - 0.4 S_{SH} - 1.0 S_{SV}$ )	せん断応力度 ( $N/mm^2$ )	28	127	0.23
	8 ( $G - 0.4 S_{SH} - 1.0 S_{SV}$ )	合成応力度 (—)	0.22	1.1	0.20

注記\* : 軸応力度方向 (壁軸直交方向) 荷重が生じていない

表 15.3-33(1) 照査結果 (ヒンジ部水平荷重支承部 (軸受けハウジング接合部))  
(鋼製扉 2)

部位	荷重の組合せケース	応力成分	応力度 (a)	許容限界 (b)	照査値 (a/b)
軸受 1	2 ( $G + 1.0 S_{SH} - 0.4 S_{SV}$ )	曲げ応力度 ( $N/mm^2$ )	26	222	0.12
	2 ( $G + 1.0 S_{SH} - 0.4 S_{SV}$ )	せん断応力度 ( $N/mm^2$ )	6	127	0.05
	2 ( $G + 1.0 S_{SH} - 0.4 S_{SV}$ )	合成応力度 (-)	0.13	1.1	0.12
軸受 2	2 ( $G + 1.0 S_{SH} - 0.4 S_{SV}$ )	曲げ応力度 ( $N/mm^2$ )	18	222	0.09
	2 ( $G + 1.0 S_{SH} - 0.4 S_{SV}$ )	せん断応力度 ( $N/mm^2$ )	4	127	0.04
	2 ( $G + 1.0 S_{SH} - 0.4 S_{SV}$ )	合成応力度 (-)	0.09	1.1	0.09
軸受 3	2 ( $G + 1.0 S_{SH} - 0.4 S_{SV}$ )	曲げ応力度 ( $N/mm^2$ )	21	222	0.10
	2 ( $G + 1.0 S_{SH} - 0.4 S_{SV}$ )	せん断応力度 ( $N/mm^2$ )	5	127	0.04
	2 ( $G + 1.0 S_{SH} - 0.4 S_{SV}$ )	合成応力度 (-)	0.10	1.1	0.10
軸受 4	4 ( $G - 1.0 S_{SH} - 0.4 S_{SV}$ )	曲げ応力度 ( $N/mm^2$ )	35	222	0.16
	4 ( $G - 1.0 S_{SH} - 0.4 S_{SV}$ )	せん断応力度 ( $N/mm^2$ )	8	127	0.07
	4 ( $G - 1.0 S_{SH} - 0.4 S_{SV}$ )	合成応力度 (-)	0.17	1.1	0.16

表 15.3-33(2) 照査結果 (ヒンジ部水平荷重支承部 (軸受けハウジング接合部))  
(鋼製扉 3)

部位	荷重の組合せケース	応力成分	応力度 (a)	許容限界 (b)	照査値 (a/b)
軸受 1	2 ( $G + 1.0 S_{SH} - 0.4 S_{SV}$ )	曲げ応力度 ( $N/mm^2$ )	13	222	0.06
	2 ( $G + 1.0 S_{SH} - 0.4 S_{SV}$ )	せん断応力度 ( $N/mm^2$ )	3	127	0.03
	2 ( $G + 1.0 S_{SH} - 0.4 S_{SV}$ )	合成応力度 (-)	0.07	1.1	0.07
軸受 2	2 ( $G + 1.0 S_{SH} - 0.4 S_{SV}$ )	曲げ応力度 ( $N/mm^2$ )	10	222	0.05
	2 ( $G + 1.0 S_{SH} - 0.4 S_{SV}$ )	せん断応力度 ( $N/mm^2$ )	3	127	0.03
	2 ( $G + 1.0 S_{SH} - 0.4 S_{SV}$ )	合成応力度 (-)	0.05	1.1	0.05
軸受 3	2 ( $G + 1.0 S_{SH} - 0.4 S_{SV}$ )	曲げ応力度 ( $N/mm^2$ )	14	222	0.07
	2 ( $G + 1.0 S_{SH} - 0.4 S_{SV}$ )	せん断応力度 ( $N/mm^2$ )	3	127	0.03
	2 ( $G + 1.0 S_{SH} - 0.4 S_{SV}$ )	合成応力度 (-)	0.07	1.1	0.07
軸受 4	8 ( $G - 0.4 S_{SH} - 1.0 S_{SV}$ )	曲げ応力度 ( $N/mm^2$ )	24	222	0.11
	8 ( $G - 0.4 S_{SH} - 1.0 S_{SV}$ )	せん断応力度 ( $N/mm^2$ )	6	127	0.05
	8 ( $G - 0.4 S_{SH} - 1.0 S_{SV}$ )	合成応力度 (-)	0.12	1.1	0.11

表 15.3-34(1) 照査結果（ヒンジ部水平荷重支承部（軸受けハウジング固定ボルト））  
（鋼製扉 2）

部位	荷重の組合せケース	応力成分	応力度 (a)	許容限界 (b)	照査値 (a/b)
軸受 1	2 ( $G + 1.0 S_{SH} - 0.4 S_{SV}$ )	曲げ応力度 ( $N/mm^2$ )	197	447	0.45
	2 ( $G + 1.0 S_{SH} - 0.4 S_{SV}$ )	せん断応力度 ( $N/mm^2$ )	100	258	0.39
	2 ( $G + 1.0 S_{SH} - 0.4 S_{SV}$ )	合成応力度 (-)	0.59	1.1	0.54
軸受 2	2 ( $G + 1.0 S_{SH} - 0.4 S_{SV}$ )	曲げ応力度 ( $N/mm^2$ )	143	447	0.32
	2 ( $G + 1.0 S_{SH} - 0.4 S_{SV}$ )	せん断応力度 ( $N/mm^2$ )	69	258	0.27
	2 ( $G + 1.0 S_{SH} - 0.4 S_{SV}$ )	合成応力度 (-)	0.42	1.1	0.39
軸受 3	2 ( $G + 1.0 S_{SH} - 0.4 S_{SV}$ )	曲げ応力度 ( $N/mm^2$ )	162	447	0.37
	2 ( $G + 1.0 S_{SH} - 0.4 S_{SV}$ )	せん断応力度 ( $N/mm^2$ )	79	258	0.31
	2 ( $G + 1.0 S_{SH} - 0.4 S_{SV}$ )	合成応力度 (-)	0.48	1.1	0.44
軸受 4	4 ( $G - 1.0 S_{SH} - 0.4 S_{SV}$ )	曲げ応力度 ( $N/mm^2$ )	271	447	0.61
	4 ( $G - 1.0 S_{SH} - 0.4 S_{SV}$ )	せん断応力度 ( $N/mm^2$ )	137	258	0.54
	4 ( $G - 1.0 S_{SH} - 0.4 S_{SV}$ )	合成応力度 (-)	0.81	1.1	0.74

表 15.3-34(2) 照査結果（ヒンジ部水平荷重支承部（軸受けハウジング固定ボルト））  
（鋼製扉 3）

部位	荷重の組合せケース	応力成分	応力度 (a)	許容限界 (b)	照査値 (a/b)
軸受 1	7 ( $G + 0.4 S_{SH} - 1.0 S_{SV}$ )	曲げ応力度 ( $N/mm^2$ )	108	447	0.25
	2 ( $G + 1.0 S_{SH} - 0.4 S_{SV}$ )	せん断応力度 ( $N/mm^2$ )	50	258	0.20
	2 ( $G + 1.0 S_{SH} - 0.4 S_{SV}$ )	合成応力度 (-)	0.31	1.1	0.29
軸受 2	2 ( $G + 1.0 S_{SH} - 0.4 S_{SV}$ )	曲げ応力度 ( $N/mm^2$ )	83	447	0.19
	2 ( $G + 1.0 S_{SH} - 0.4 S_{SV}$ )	せん断応力度 ( $N/mm^2$ )	37	258	0.15
	2 ( $G + 1.0 S_{SH} - 0.4 S_{SV}$ )	合成応力度 (-)	0.24	1.1	0.22
軸受 3	2 ( $G + 1.0 S_{SH} - 0.4 S_{SV}$ )	曲げ応力度 ( $N/mm^2$ )	112	447	0.26
	2 ( $G + 1.0 S_{SH} - 0.4 S_{SV}$ )	せん断応力度 ( $N/mm^2$ )	52	258	0.21
	2 ( $G + 1.0 S_{SH} - 0.4 S_{SV}$ )	合成応力度 (-)	0.32	1.1	0.30
軸受 4	8 ( $G - 0.4 S_{SH} - 1.0 S_{SV}$ )	曲げ応力度 ( $N/mm^2$ )	190	447	0.43
	8 ( $G - 0.4 S_{SH} - 1.0 S_{SV}$ )	せん断応力度 ( $N/mm^2$ )	89	258	0.35
	8 ( $G - 0.4 S_{SH} - 1.0 S_{SV}$ )	合成応力度 (-)	0.55	1.1	0.50

表 15.3-35(1) 照査結果（ヒンジ部水平荷重支承部  
（軸受けハウジングエンドプレート））（鋼製扉 2）

部位	荷重の組合せケース	応力成分	応力度 (a)	許容限界 (b)	照査値 (a/b)
軸受 1	2 (G + 1.0 S <sub>SH</sub> - 0.4 S <sub>SV</sub> )	曲げ応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	126	222	0.57
軸受 2	2 (G + 1.0 S <sub>SH</sub> - 0.4 S <sub>SV</sub> )		91	222	0.41
軸受 3	2 (G + 1.0 S <sub>SH</sub> - 0.4 S <sub>SV</sub> )		103	222	0.47
軸受 4	4 (G - 1.0 S <sub>SH</sub> - 0.4 S <sub>SV</sub> )		173	222	0.78

表 15.3-35(2) 照査結果（ヒンジ部水平荷重支承部  
（軸受けハウジングエンドプレート））（鋼製扉 3）

部位	荷重の組合せケース	応力成分	応力度 (a)	許容限界 (b)	照査値 (a/b)
軸受 1	7 (G + 0.4 S <sub>SH</sub> - 1.0 S <sub>SV</sub> )	曲げ応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	80	222	0.37
軸受 2	2 (G + 1.0 S <sub>SH</sub> - 0.4 S <sub>SV</sub> )		62	222	0.28
軸受 3	2 (G + 1.0 S <sub>SH</sub> - 0.4 S <sub>SV</sub> )		83	222	0.38
軸受 4	8 (G - 0.4 S <sub>SH</sub> - 1.0 S <sub>SV</sub> )		141	222	0.64

表 15.3-36(1) 照査結果（ヒンジ部水平荷重支承部（軸受支持金物））（鋼製扉 2）

部位	荷重の組合せケース	応力成分	応力度 (a)	許容限界 (b)	照査値 (a/b)
軸受 1	8 ( $G - 0.4 S_{SH} - 1.0 S_{SV}$ )	曲げ応力度 ( $N/mm^2$ )	53	237	0.23
	7 ( $G + 0.4 S_{SH} - 1.0 S_{SV}$ )	せん断応力度 ( $N/mm^2$ )	22	136	0.17
	8 ( $G - 0.4 S_{SH} - 1.0 S_{SV}$ )	合成応力度 (-)	0.28	1.1	0.26
軸受 2	8 ( $G - 0.4 S_{SH} - 1.0 S_{SV}$ )	曲げ応力度 ( $N/mm^2$ )	37	237	0.16
	7 ( $G + 0.4 S_{SH} - 1.0 S_{SV}$ )	せん断応力度 ( $N/mm^2$ )	16	136	0.12
	8 ( $G - 0.4 S_{SH} - 1.0 S_{SV}$ )	合成応力度 (-)	0.19	1.1	0.18
軸受 3	8 ( $G - 0.4 S_{SH} - 1.0 S_{SV}$ )	曲げ応力度 ( $N/mm^2$ )	42	237	0.18
	7 ( $G + 0.4 S_{SH} - 1.0 S_{SV}$ )	せん断応力度 ( $N/mm^2$ )	18	136	0.14
	8 ( $G - 0.4 S_{SH} - 1.0 S_{SV}$ )	合成応力度 (-)	0.22	1.1	0.20
軸受 4	8 ( $G - 0.4 S_{SH} - 1.0 S_{SV}$ )	曲げ応力度 ( $N/mm^2$ )	72	237	0.31
	7 ( $G + 0.4 S_{SH} - 1.0 S_{SV}$ )	せん断応力度 ( $N/mm^2$ )	31	136	0.23
	8 ( $G - 0.4 S_{SH} - 1.0 S_{SV}$ )	合成応力度 (-)	0.38	1.1	0.35



表 15.3-36(2) 照査結果（ヒンジ部水平荷重支承部（軸受支持金物））（鋼製扉 3）

部位	荷重の組合せケース	応力成分	応力度 (a)	許容限界 (b)	照査値 (a/b)
軸受 1	8 ( $G - 0.4 S_{SH} - 1.0 S_{SV}$ )	曲げ応力度 ( $N/mm^2$ )	26	237	0.11
	7 ( $G + 0.4 S_{SH} - 1.0 S_{SV}$ )	せん断応力度 ( $N/mm^2$ )	11	136	0.09
	8 ( $G - 0.4 S_{SH} - 1.0 S_{SV}$ )	合成応力度 (-)	0.14	1.1	0.13
軸受 2	8 ( $G - 0.4 S_{SH} - 1.0 S_{SV}$ )	曲げ応力度 ( $N/mm^2$ )	20	237	0.09
	7 ( $G + 0.4 S_{SH} - 1.0 S_{SV}$ )	せん断応力度 ( $N/mm^2$ )	9	136	0.07
	8 ( $G - 0.4 S_{SH} - 1.0 S_{SV}$ )	合成応力度 (-)	0.10	1.1	0.10
軸受 3	8 ( $G - 0.4 S_{SH} - 1.0 S_{SV}$ )	曲げ応力度 ( $N/mm^2$ )	28	237	0.12
	7 ( $G + 0.4 S_{SH} - 1.0 S_{SV}$ )	せん断応力度 ( $N/mm^2$ )	12	136	0.09
	8 ( $G - 0.4 S_{SH} - 1.0 S_{SV}$ )	合成応力度 (-)	0.15	1.1	0.14
軸受 4	8 ( $G - 0.4 S_{SH} - 1.0 S_{SV}$ )	曲げ応力度 ( $N/mm^2$ )	47	237	0.20
	7 ( $G + 0.4 S_{SH} - 1.0 S_{SV}$ )	せん断応力度 ( $N/mm^2$ )	20	136	0.15
	8 ( $G - 0.4 S_{SH} - 1.0 S_{SV}$ )	合成応力度 (-)	0.25	1.1	0.23

表 15.3-37(1) 照査結果（ヒンジ部水平荷重支承部（エンドプレート））（鋼製扉 2）

部位	荷重の組合せケース	応力成分	応力度 (a)	許容限界 (b)	照査値 (a/b)
軸受 1	2 ( $G + 1.0 S_{SH} - 0.4 S_{SV}$ )	曲げ応力度 ( $N/mm^2$ )	103	222	0.47
軸受 2	2 ( $G + 1.0 S_{SH} - 0.4 S_{SV}$ )		105	222	0.48
軸受 3	2 ( $G + 1.0 S_{SH} - 0.4 S_{SV}$ )		119	222	0.54
軸受 4	4 ( $G - 1.0 S_{SH} - 0.4 S_{SV}$ )		135	222	0.61

表 15.3-37(2) 照査結果（ヒンジ部水平荷重支承部（エンドプレート））（鋼製扉 3）

部位	荷重の組合せケース	応力成分	応力度 (a)	許容限界 (b)	照査値 (a/b)
軸受 1	2 ( $G + 1.0 S_{SH} - 0.4 S_{SV}$ )	曲げ応力度 ( $N/mm^2$ )	78	222	0.36
軸受 2	2 ( $G + 1.0 S_{SH} - 0.4 S_{SV}$ )		60	222	0.28
軸受 3	2 ( $G + 1.0 S_{SH} - 0.4 S_{SV}$ )		81	222	0.37
軸受 4	8 ( $G - 0.4 S_{SH} - 1.0 S_{SV}$ )		93	222	0.42

表 15.3-38(1) 照査結果（ヒンジ部水平荷重支承部（アンカーボルト））（鋼製扉 2）

部位	荷重の組合せケース	応力成分	応力度 (a)	許容限界 (b)	照査値 (a/b)
軸受 1	2 (G + 1.0 S <sub>SH</sub> - 0.4 S <sub>SV</sub> )	引張力 (kN)	104	182	0.58
	2 (G + 1.0 S <sub>SH</sub> - 0.4 S <sub>SV</sub> )	せん断力 (kN)	40	103	0.39
	2 (G + 1.0 S <sub>SH</sub> - 0.4 S <sub>SV</sub> )	合成応力度 (-)	0.48	1	0.48
軸受 2	2 (G + 1.0 S <sub>SH</sub> - 0.4 S <sub>SV</sub> )	引張力 (kN)	111	182	0.61
	2 (G + 1.0 S <sub>SH</sub> - 0.4 S <sub>SV</sub> )	せん断力 (kN)	42	103	0.41
	2 (G + 1.0 S <sub>SH</sub> - 0.4 S <sub>SV</sub> )	合成応力度 (-)	0.53	1	0.53
軸受 3	2 (G + 1.0 S <sub>SH</sub> - 0.4 S <sub>SV</sub> )	引張力 (kN)	125	182	0.69
	2 (G + 1.0 S <sub>SH</sub> - 0.4 S <sub>SV</sub> )	せん断力 (kN)	48	103	0.47
	2 (G + 1.0 S <sub>SH</sub> - 0.4 S <sub>SV</sub> )	合成応力度 (-)	0.69	1	0.69
軸受 4	4 (G - 1.0 S <sub>SH</sub> - 0.4 S <sub>SV</sub> )	引張力 (kN)	140	182	0.77
	4 (G - 1.0 S <sub>SH</sub> - 0.4 S <sub>SV</sub> )	せん断力 (kN)	55	103	0.54
	4 (G - 1.0 S <sub>SH</sub> - 0.4 S <sub>SV</sub> )	合成応力度 (-)	0.87	1	0.87

表 15.3-38(2) 照査結果（ヒンジ部水平荷重支承部（アンカーボルト））（鋼製扉 3）

部位	荷重の組合せケース	応力成分	応力度 (a)	許容限界 (b)	照査値 (a/b)
軸受 1	2 ( $G + 1.0 S_{SH} - 0.4 S_{SV}$ )	引張力 (kN)	82	182	0.46
	2 ( $G + 1.0 S_{SH} - 0.4 S_{SV}$ )	せん断力 (kN)	30	112	0.27
	2 ( $G + 1.0 S_{SH} - 0.4 S_{SV}$ )	合成応力度 (-)	0.27	1	0.27
軸受 2	2 ( $G + 1.0 S_{SH} - 0.4 S_{SV}$ )	引張力 (kN)	63	182	0.35
	2 ( $G + 1.0 S_{SH} - 0.4 S_{SV}$ )	せん断力 (kN)	23	112	0.21
	2 ( $G + 1.0 S_{SH} - 0.4 S_{SV}$ )	合成応力度 (-)	0.16	1	0.16
軸受 3	2 ( $G + 1.0 S_{SH} - 0.4 S_{SV}$ )	引張力 (kN)	85	182	0.47
	2 ( $G + 1.0 S_{SH} - 0.4 S_{SV}$ )	せん断力 (kN)	32	112	0.29
	2 ( $G + 1.0 S_{SH} - 0.4 S_{SV}$ )	合成応力度 (-)	0.30	1	0.30
軸受 4	8 ( $G - 0.4 S_{SH} - 1.0 S_{SV}$ )	引張力 (kN)	96	182	0.53
	8 ( $G - 0.4 S_{SH} - 1.0 S_{SV}$ )	せん断力 (kN)	36	112	0.33
	8 ( $G - 0.4 S_{SH} - 1.0 S_{SV}$ )	合成応力度 (-)	0.38	1	0.38

表 15.3-39(1) 照査結果（ヒンジ部水平荷重支承部（すべり軸受））（鋼製扉 2）

荷重の組合せケース	応力成分	応力度 (a)	許容限界 (b)	照査値 (a/b)
7 ( $G + 0.4 S_{SH} - 1.0 S_{SV}$ )	支圧応力度 ( $N/mm^2$ )	33	67	0.50

表 15.3-39(2) 照査結果（ヒンジ部水平荷重支承部（すべり軸受））（鋼製扉 3）

荷重の組合せケース	応力成分	応力度 (a)	許容限界 (b)	照査値 (a/b)
7 ( $G + 0.4 S_{SH} - 1.0 S_{SV}$ )	支圧応力度 ( $N/mm^2$ )	34	67	0.51

表 15.3-40(1) 照査結果（ヒンジ部鉛直荷重支承部（支柱））（鋼製扉 2）

荷重の組合せケース	応力成分	応力度 (a)	許容限界 (b)	照査値 (a/b)
7 ( $G + 0.4 S_{SH} - 1.0 S_{SV}$ )	垂直応力度 ( $N/mm^2$ )	25	160	0.16
7 ( $G + 0.4 S_{SH} - 1.0 S_{SV}$ )	せん断応力度 ( $N/mm^2$ )	3	93	0.04
7 ( $G + 0.4 S_{SH} - 1.0 S_{SV}$ )	合成応力度 (-)	0.16	1.1	0.15

表 15.3-40(2) 照査結果（ヒンジ部鉛直荷重支承部（支柱））（鋼製扉 3）

荷重の組合せケース	応力成分	応力度 (a)	許容限界 (b)	照査値 (a/b)
7 ( $G + 0.4 S_{SH} - 1.0 S_{SV}$ )	垂直応力度 ( $N/mm^2$ )	23	160	0.15
7 ( $G + 0.4 S_{SH} - 1.0 S_{SV}$ )	せん断応力度 ( $N/mm^2$ )	3	93	0.04
7 ( $G + 0.4 S_{SH} - 1.0 S_{SV}$ )	合成応力度 (-)	0.15	1.1	0.14

表 15.3-41(1) 照査結果（ヒンジ上向き荷重伝達部（蓋固定ボルト））（鋼製扉 2）

荷重の組合せケース	応力成分	応力度 (a)	許容限界 (b)	照査値 (a/b)
5 ( $G + 0.4 S_{SH} + 1.0 S_{SV}$ )	作用荷重 (KN)	65	444	0.15

表 15.3-41(2) 照査結果（ヒンジ上向き荷重伝達部（蓋固定ボルト））（鋼製扉 3）

荷重の組合せケース	応力成分	応力度 (a)	許容限界 (b)	照査値 (a/b)
5 ( $G + 0.4 S_{SH} + 1.0 S_{SV}$ )	作用荷重 (KN)	33	333	0.10

#### 4. まとめ

本資料では、支承部の構造概要を示した上で、構造選定において参照したダム・堰技術基準及び道路橋支承便覧に示されている類似の支承構造との比較を示すとともに、支承部の設計概要と支承の支持構造の不確かさを考慮した影響検討結果について示した。

支承部の構造形式については、「2. 支承部の構造について」に示すとおり、構造全体として合理的に設計裕度を確保するために、支承部が分担する機能（荷重支持）を水平・鉛直に分離した構造としており、一般産業施設として、ダム・堰技術基準を参照した構造であり、道路橋支承便覧に示される類似の支承構造と比較しても、同様な構造形式であり特異性の無い構造となっている。

その上で、「3. 支承部の設計について」に示すとおり、支持構造の不確かさを考慮した検討等を含め、基準地震動  $S_s$  及び基準津波に対して概ね弾性範囲内（短期許容応力度等以下）に留まる強度を有することを確認しており、津波防護施設としての技術基準への適合性を有していると判断される。

- 6. 浸水防護施設に関する補足資料
- 6.5 浸水防止設備に関する補足説明
- 6.5.1 逆流防止設備に関する補足説明

目 次

- 6.5.1.1 屋外排水路逆流防止設備（防潮堤南側）の耐震性についての計算書に関する補足説明
- 6.5.1.2 屋外排水路逆流防止設備（防潮堤南側）の強度計算書に関する補足説明
- 6.5.1.3 屋外排水路逆流防止設備（防潮堤北側）の耐震性についての計算書に関する補足説明
- 6.5.1.4 屋外排水路逆流防止設備（防潮堤北側）の強度計算書に関する補足説明
- 6.5.1.5 補機冷却海水系放水路逆流防止設備の耐震性についての計算書に関する補足説明
- 6.5.1.6 補機冷却海水系放水路逆流防止設備の強度計算書に関する補足説明
- 6.5.1.7 漂流物防護工の評価について
- 6.5.1.8 屋外排水路逆流防止設備の開閉機能の維持について
- 6.5.1.9 屋外排水路逆流防止設備（防潮堤北側）の位置変更について
- 6.5.1.10 三次元構造解析における断面力の組合せについて

6.5.1.8 : 本日の説明範囲



#### 6.5.1.8 屋外排水路逆流防止設備の開閉機能の維持について

##### (1) 概要

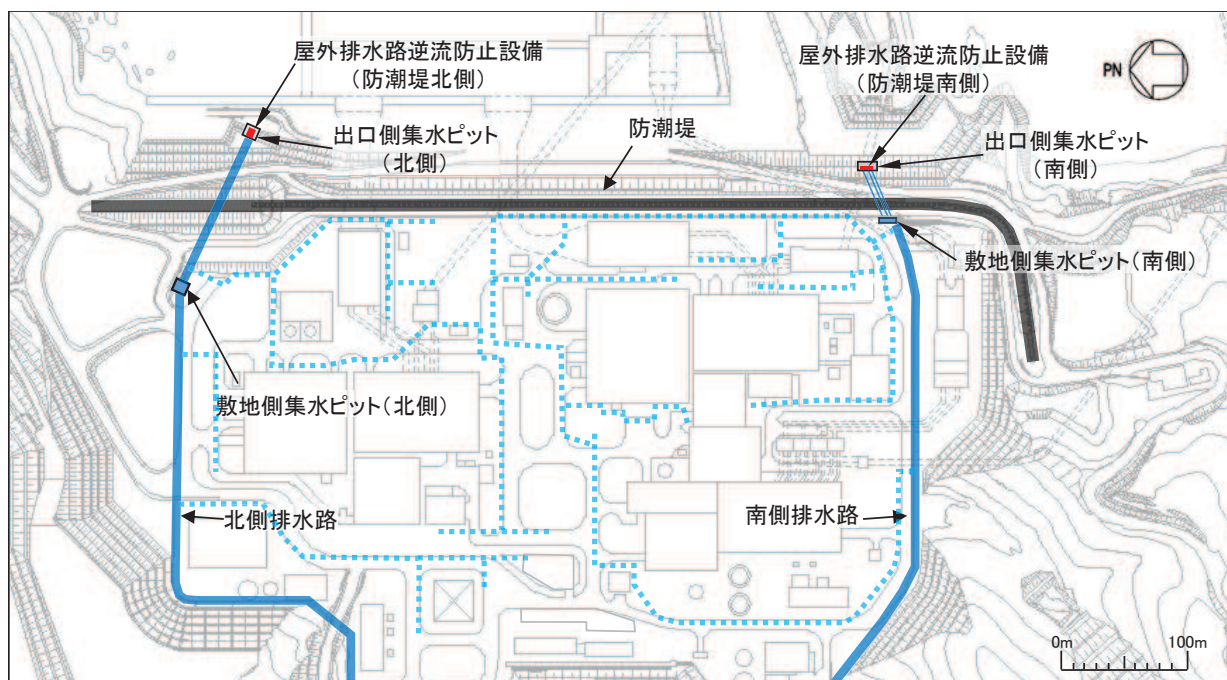
屋外排水路逆流防止設備（防潮堤北側）及び屋外排水路逆防止設備（防潮堤南側）は、敷地内（O.P. +13.8m）の雨水排水を海域まで自然流下させる北側・南側幹線排水路（以下「屋外排水路」という。）の出口側（防潮堤よりも海側）に設置して、屋外排水路から津波が流入することを防止する機能を有している。

基準津波の波源は、基準地震動 $S_s$ の震源と同一であるため、基準地震動 $S_s$ 後の約40分後に基準津波が来襲することが想定される。

そのため、本資料では、基準地震動 $S_s$ 後に来襲する基準津波に対して、屋外排水路逆流防止設備（防潮堤北側）及び屋外排水路逆防止設備（防潮堤南側）の開閉機能が有効な状態にあることを確認する。

屋外排水路逆流防止設備（防潮堤北側）、屋外排水路逆防止設備（防潮堤南側）、屋外排水路等の位置図を図1-1に示す。なお、屋外排水路は敷地内の北側（以下、「北側排水路」という）及び南側（以下、「南側排水路」という）に設置している。

なお、屋外排水路逆流防止設備（防潮堤北側）及び屋外排水路逆防止設備（防潮堤南側）は、添付書類「VI-2-10-2-6-1 屋外排水路逆流防止設備の耐震性についての計算書」に示すとおり基準地震動 $S_s$ に対して健全性を有することを確認しており、それぞれの間接支持構造物である出口側集水ピットについても添付書類「VI-2-10-2-6-1 屋外排水路逆流防止設備の耐震性についての計算書」において基準地震動 $S_s$ に対して健全性を有することを確認している。さらに、添付書類「VI-2-13-4 地下水位低下設備揚水井戸の耐震性についての計算書」では敷地側集水ピット（北側）、添付書類「VI-2-11-2-19 北側排水路の耐震性についての計算書」では防潮堤（盛土堤防）を横断する北側の屋外排水路が基準地震動 $S_s$ に対して健全性を有することを確認しており、防潮堤（鋼管式鉛直壁）を横断する南側排水路については、岩盤内に設置されることから地震後においても健全性を保持できるものと考えられる。



注: 支線排水路(青点線)は2019年10月段階の配置を記載(今後の安全対策工事等によって変更可能性有)。

図 1-1 屋外排水路逆流防止設備 (防潮堤北側), 屋外排水路逆流防止設備 (防潮堤南側), 屋外排水路等の位置図

(2) 屋外排水路逆流防止設備の閉機能の維持について

基準津波の波源は、基準地震動 $S_s$ の震源と同一であるため、基準地震動 $S_s$ 後の約40分後に基準津波が来襲することが想定される。

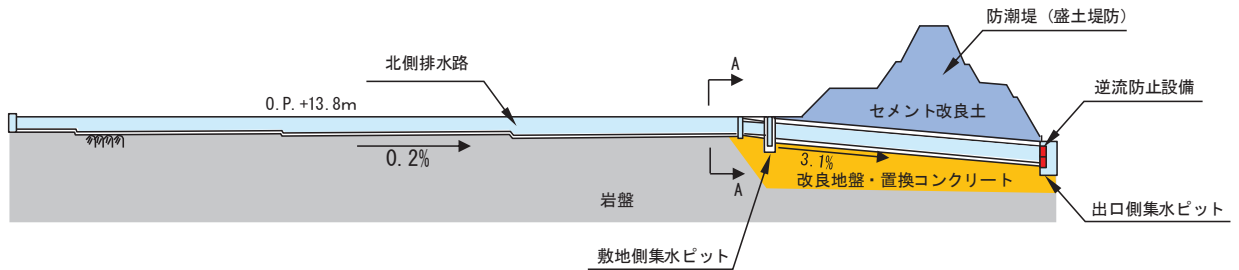
そのため、基準地震動 $S_s$ によって敷地内では溢水が生じて、その溢水が屋外排水路を経由して海域に排水されている状態、及び敷地内の溢水がほぼ排水された後の状態で基準津波が来襲することを想定し、この2つの想定事象に対して屋外排水路逆流防止設備（防潮堤北側）及び屋外排水路逆防止設備（防潮堤南側）の閉機能が維持されることを確認する。

なお、基準津波の波源と基準地震動 $S_s$ の震源が同じであるため、基準地震動 $S_s$ 後には津波警報等が発令されている状況となる。そのため、防潮堤よりも海側のエリアからは原則退避することとなり、屋外排水路逆流防止設備（防潮堤北側）及び屋外排水路逆防止設備（防潮堤南側）の閉機能について直接確認（異物が挟まっているか否かの確認）することはできないこととする。

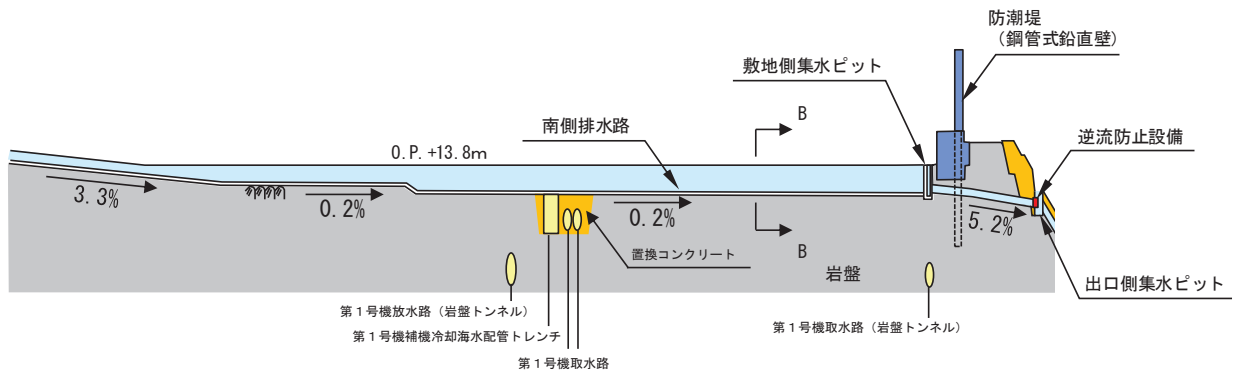
a. 屋外排水路の概要

北側排水路及び南側排水路の排水能力は、石巻特別地域気象観測所における既往最大1時間雨量の91.0mm/hを考慮しても十分排水可能となるよう設定している。

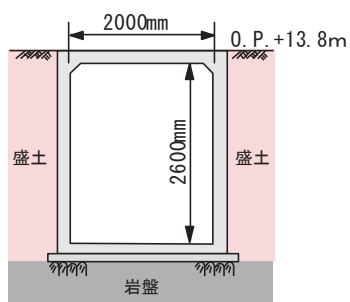
図2-1に北側排水路及び南側排水路の断面図を、表2-1に各排水路の排水能力を示す。



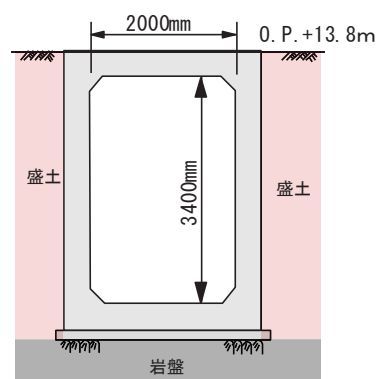
(北側排水路) の縦断面図



(南側排水路) の縦断面図



(A-A断面)



(B-B断面)

(敷地側集水ピットよりも上流側の屋外排水路横断面図)

図 2-1 屋外排水路の断面図

表 2-1 敷地側集水ピットよりも下流側の屋外排水路の仕様と排水能力\*

排水路名	仕様	91.0 mm/h 降水時の 雨水流入量 [m <sup>3</sup> /s]	排水可能流量 [m <sup>3</sup> /s]
北側排水路	ボックスカルバート B3500, H2500	12.0	51.1
南側排水路	ダブルプレスト管 φ1000×3	9.4	16.2

注記\*：林地開発許可申請書（2020年3月）より抜粋，加筆

b. 地震起因による溢水

地震起因による溢水については，添付書類「VI-1-1-8 発電用原子炉施設の溢水防護に関する説明書」に詳細が示されており，基準地震動S<sub>s</sub>による地震力に対して耐震性が確保されない屋外タンク等がすべて破損した場合の溢水評価が敷地内の浸水深の観点で最も厳しくなる評価である。

このときの評価の前提条件として，以下の2点が考慮されており，溢水量は19700(m<sup>3</sup>)，敷地内（O.P. +13.8m）での浸水深は0.18（m）である。

- ✓ 敷地に広がった溢水は雨水排水路からの流出や地盤への浸透は考慮しない。
- ✓ 屋外タンク等から漏えいした溢水は，敷地全体に均一に広がるものとする。

ただし，本資料での検討は，屋外排水路から海域に排出されることを想定しているため，敷地内の浸水深は0.18（m）よりも浅くなる。

c. 溢水により生じる敷地内の漂流物

敷地内 (O.P. +13.8m) に水が滞留した状態では、敷地内の物品が漂流物化するおそれがあるが、「2.2 地震起因による溢水」から、その浸水深は 0.18 (m) 以下となるため、敷地内の物品が漂流物となる可能性は低い。また、敷地内 (O.P. +13.8m) はほぼ平坦となるよう整地されていることから、敷地内で滞留した水は強い流れとはならず、滑動によって物品が流される可能性も低い。

ただし、敷地内 (O.P. +13.8m) には多く砂利が敷かれており、浸水深が浅く流れが緩やかであったとしても形状も小さいため流されやすい (滑動しやすい)。また、比重が小さく浮く可能性のあるものとして資機材としての木材が考えられる。

敷地側集水ピットよりも上流の屋外排水路及び敷地内に張り巡らされている支線排水路は、コンクリート製で低耐震クラスの設備であり、地震により屋外排水路の躯体が破損する可能性があるが、敷地側集水ピットよりも上流側の屋外排水路については、図 2-1 に示すとおり箱型の鉄筋コンクリート造で頂版と側壁は一体構造となっており内空断面が大きいことから、地震後においてもある程度内空が確保され、上記の砂利や木材が屋外排水路内に入り込み、下流側 (敷地側集水ピット) に流れていくものと考えられる。

一方、支線排水路については、屋外排水路のような大きな内空を有していないため (図 2-2)、地震後に支線排水路が破損して内空が失われ、砂利及び木材が下流側に流れることはないが、破損した支線排水路自体のコンクリート片は滑動して屋外水路内を下流側 (敷地側集水ピット) に流れていくものと考えられる。

以上のことから、地震起因による溢水で砂利、木材及びコンクリート片が敷地側集水ピットまで到達することを想定する。

なお、添付書類「VI-1-1-2-3-1 竜巻への配慮に関する基本方針」において、竜巻評価で考慮する設計飛来物として、鋼製材及び砂利を選定しているが、このうち鋼製材は上記浸水深及び比重から敷地内に水が滞留した状態で浮くことはない。

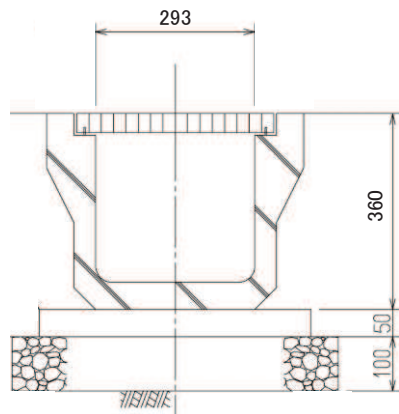


図 2-2 支線排水路の断面例

d. 敷地側集水ピットを通過する漂流物

図 2-1 で示したように、屋外排水路は敷地側集水ピットから下流側で水路勾配が大きくなっている。また、敷地側集水ピットは、図 2-5 に示すように、屋外排水路の底版よりも深い構造となっており、屋外排水路の底版よりも深い部分の容量は北側排水路で 17.22m<sup>3</sup>、南側排水路で 5.7m<sup>3</sup>となっている。

そのため、砂利、木材及びコンクリート片のうち、比重の大きい砂利及びコンクリート片は、屋外排水路逆流防止設備（防潮堤北側）及び屋外排水路逆流防止設備（防潮堤南側）に接続される屋外排水路には流れず、敷地側集水ピットの下部に沈降すると考えられる。

ただし、砂利については、形状が小さいため、流下中に巻き上げられて敷地側集水ピットでは沈降せずに下流側の屋外排水路に流される可能性がある。

また、「(1) 概要」で示したように敷地側集水ピット（北側）は基準地震動 S<sub>s</sub> に対して機能維持を確保しており、敷地側集水ピット（北側）の部位である上部のグレーチング及び上流側のバースクリーン（バーピッチ：300mm×300mm）についても基準地震動 S<sub>s</sub> に対して機能維持が確保されているため、上部及び上流の屋外排水路から 500mm 以上 ( $300 \times \sqrt{2} \approx 430$ ) の長さの木材が敷地側集水ピット（北側）内に流れ込むことはない。

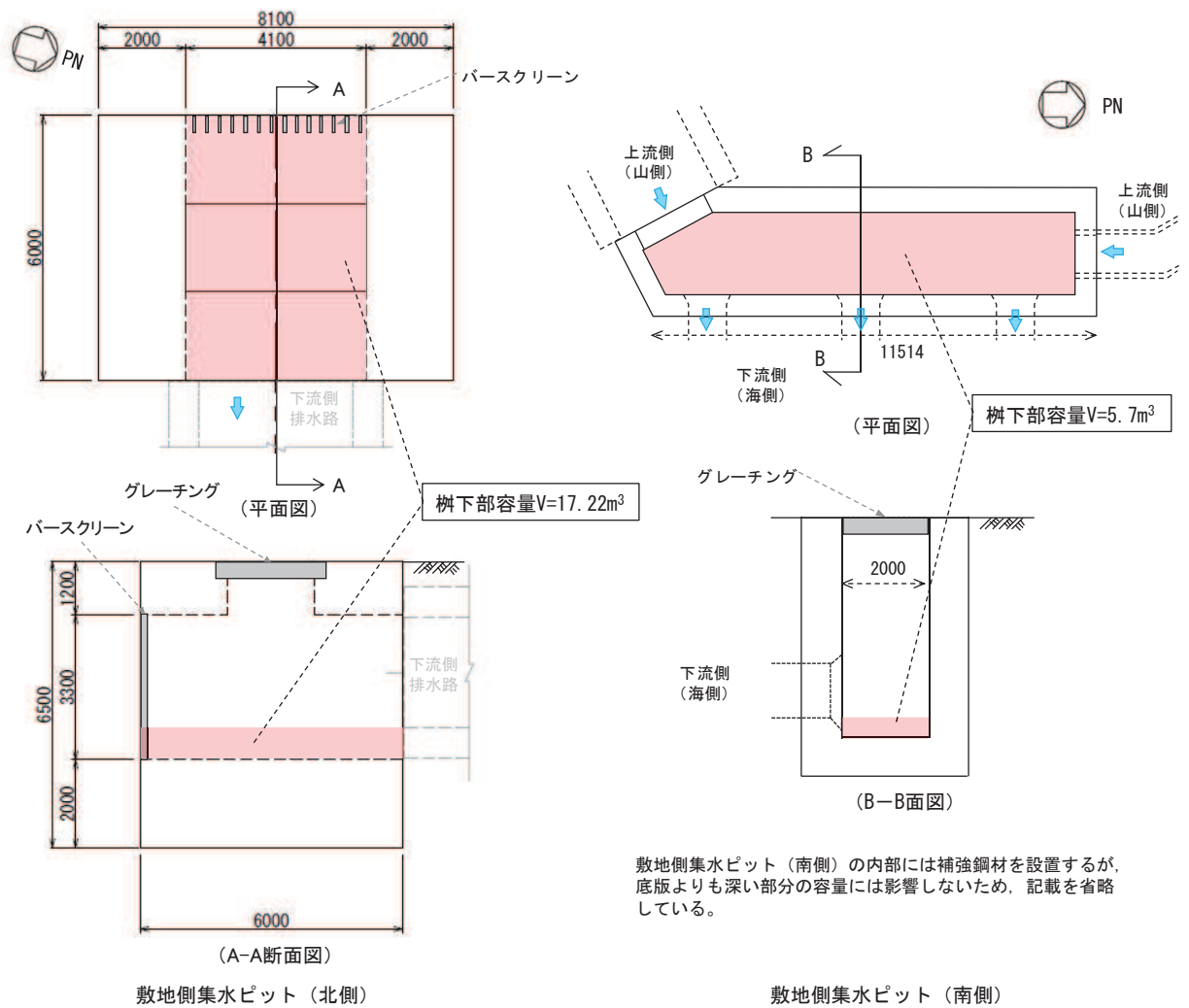


図 2-5 北側排水路及び南側排水路の敷地側集水ピットの構造及び敷地側集水ピット下部の容量



e. 逆流防止設備から排出される漂流物

敷地側集水ピットから下流側に流れて屋外排水路逆流防止設備（防潮堤北側）及び屋外排水路逆流防止設備（防潮堤南側）に到達する漂流物としては、砂利及び木材が考えられる。なお、砂利は敷地内の敷砂利として4cm程度のもの、木材は長さ500mm以下を想定する。

なお、地震による溢水により、敷地内（O.P. +13.8m）は浸水深18cmとなっているため、敷地側集水ピットは満水状態を仮定する。

(a) 屋外排水路逆流防止設備（防潮堤北側）の評価

地震による溢水により、敷地内（O.P. +13.8m）に浸水深18cmとなっている状態では、敷地側集水ピットは満水となっているため、表2-1に示す排水可能流量（ $51.1\text{m}^3/\text{s}$ ）を仮定すると、その時の防潮堤横断部の屋外排水路の中の流速約10m/sとなり、屋外排水路逆流防止設備（防潮堤北側）の扉体は約90cm開いた状態で排水していることになる。

そのため、屋外排水路を流れる砂利及び木材は、この非常に速い流速（約10m/s）及び開口（約90cm開いた状態）により屋外排水路逆流防止設備（防潮堤北側）で詰まったり、挟まったりすることはなく、海側に流下する。また、約10m/sの流速によって、屋外排水路逆流防止設備（防潮堤北側）を流下した漂流物はそのまま出口側集水ピットを流れ、漂流物防護工の下部の開口（約70cm）から海側へ排出される。仮に屋外排水路逆流防止設備（防潮堤北側）近傍に堆積することを想定したとしても屋外排水路逆流防止設備（防潮堤北側）の扉体下端から出口側集水ピットの底版までは約70cmあることから、屋外排水路逆流防止設備（防潮堤北側）の閉機能が喪失することはない。

また、敷地内（O.P. +13.8m）の溢水がほぼ排水されて、屋外排水路逆流防止設備（防潮堤北側）から排水される流量が少なくなった場合についても、敷地側集水ピットから下流側の屋外排水路の水路勾配が大きいことから、少ない流量でも漂流物は屋外排水路逆流防止設備（防潮堤北側）へと流される。屋外排水路逆流防止設備（防潮堤北側）の扉体は排水流量がない場合の開口は約3.8cmであるため、この開口よりも小さいものは海側へ排出されるが、開口よりも大きい砂利及び木材は扉体よりも上流側に溜まることが想定される。ただし、この時の屋外排水路の流れは非常に小さいため、砂利及び木材が扉体部に挟まるようなことはなく、津波来襲前に屋外排水路逆流防止設備（防潮堤北側）の閉機能が喪失することはない。

次に、津波来襲時においては、津波とともに漂流物が屋外排水路逆流防止設備（防潮堤北側）に到達するが、津波水位が扉体下端から約18cmの水位で扉体は閉となることから、津波が到達するのとほぼ同時に閉となる。したがって、漂流物が排水路側に入ることはない。また、排水路側からある程度の排水量があり、扉体が十分に開いている状態では、出口側集水ピット内の水位も高く、海側への流れもあることから、漂流物は屋外排水路逆流防止設備（防潮堤北側）まで到達することはない。以上のこと

から、津波来襲時においても屋外排水路逆流防止設備（防潮堤北側）の閉機能が喪失することはない。

屋外排水路逆流防止設備（防潮堤北側）の出口側集水ピットの概念図を図 2-6 に、構造図を図 2-7 に示す。

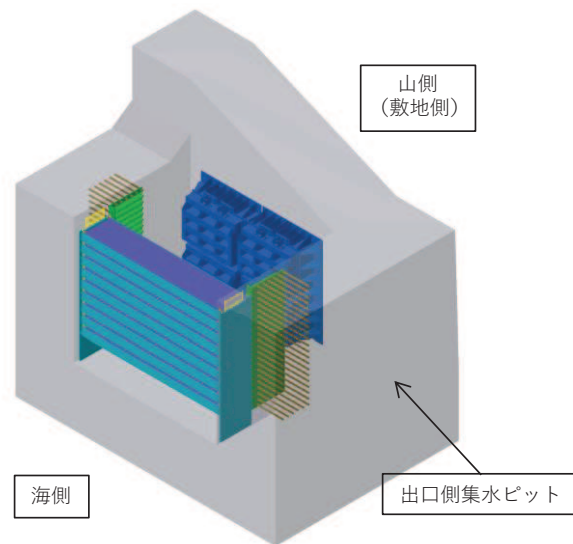


図 2-6 屋外排水路逆流防止設備（防潮堤北側）の出口側集水ピットの概念図

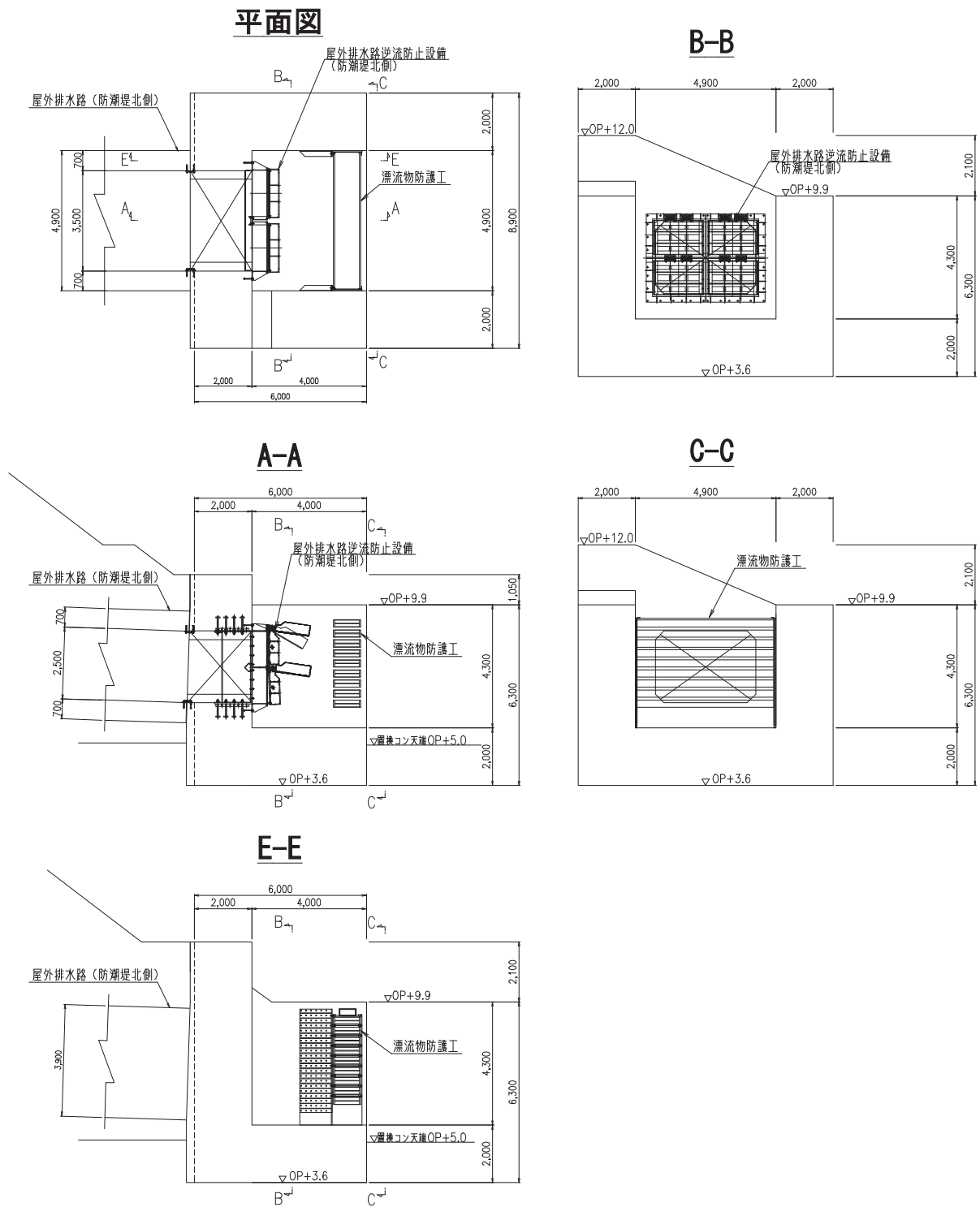


図 2-7 屋外排水路逆流防止設備（防潮堤北側）の出口側集水ピット構造図

(b) 屋外排水路逆流防止設備（防潮堤南側）の評価

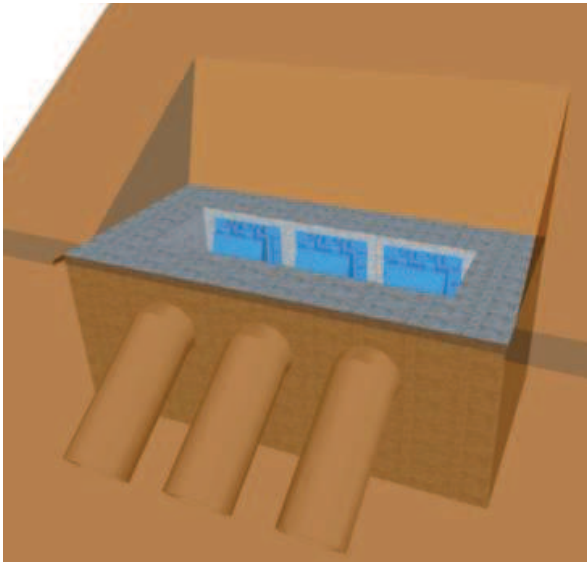
南側排水路についても、敷地側集水ピットは満水となっているため、表 2-1 に示す排水可能流量（ $16.2\text{m}^3/\text{s}$ ）を仮定すると、その時の防潮堤横断部の屋外排水路の中の流速約  $10\text{m}/\text{s}$  となり、屋外排水路逆流防止設備（防潮堤南側）の扉体は約  $60\text{cm}$  開いた状態で排水していることになる。

そのため、屋外排水路を流れる砂利及び木材は、この非常に速い流速（約  $10\text{m}/\text{s}$ ）及び開口（約  $60\text{cm}$  開いた状態）により屋外排水路逆流防止設備（防潮堤南側）で詰まったり、挟まったりすることはなく、海側に流下する。また、約  $10\text{m}/\text{s}$  の流速によって、屋外排水路逆流防止設備（防潮堤南側）を流下した漂流物はそのまゝ出口側集水ピットを流れ、出口側集水ピットの下流側の排水路を通じて海側へ排出される。仮に屋外排水路逆流防止設備（防潮堤北側）近傍に堆積することを想定したとしても屋外排水路逆流防止設備（防潮堤南側）の扉体下端から出口側集水ピットの底版までは約  $30\text{cm}$  あること、出口側集水ピットの下流側にはそれよりも低い位置に排水路があることから、砂利及び木材は海側へ排出され、屋外排水路逆流防止設備（防潮堤北側）の閉機能が喪失することはない。

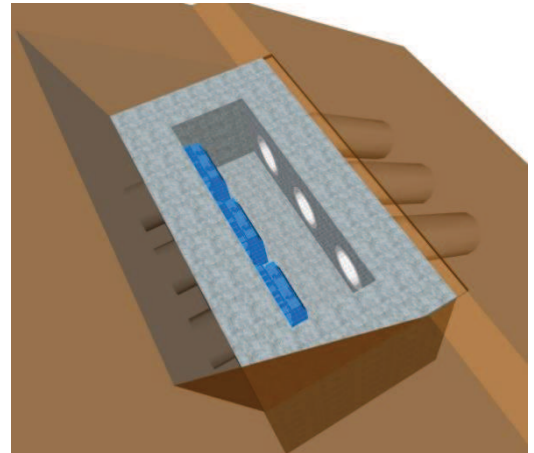
また、敷地内（O.P. + $13.8\text{m}$ ）の溢水がほぼ排水されて、屋外排水路逆流防止設備（防潮堤南側）から排水される流量が少なくなった場合についても、敷地側集水ピットから下流側の屋外排水路の水路勾配が大きいことから、少ない流量でも漂流物は屋外排水路逆流防止設備（防潮堤南側）へと流される。屋外排水路逆流防止設備（防潮堤北側）の扉体は排水流量がない場合の開口は約  $3\text{cm}$  であるため、この開口よりも小さいものは海側へ排出されるが、開口よりも大きい砂利及び木材は扉体よりも上流側に溜まることが想定される。ただし、この時の屋外排水路の流れは非常に小さいため、砂利及び木材が扉体部に挟まるようなことはなく、津波来襲前に屋外排水路逆流防止設備（防潮堤南側）の閉機能が喪失することはない。

次に、津波来襲時においては、津波とともに漂流物が屋外排水路逆流防止設備（防潮堤南側）に到達するが、津波水位が扉体下端から約  $16\text{cm}$  の水位で扉体は閉となることから、津波が到達するのとほぼ同時に閉となる。したがって、漂流物が排水路側に入ることはない。また、排水路側からある程度の排水量があり、扉体が十分に開いている状態では、出口側集水ピット内の水位も高いことから、寸法の小さな漂流物が屋外排水路逆流防止設備（防潮堤南側）まで到達することはない。以上のことから、津波来襲時においても屋外排水路逆流防止設備（防潮堤南側）の閉機能が喪失することはない。

屋外排水路逆流防止設備（防潮堤南側）の出口側集水ピットの概念図を図 2-8 に、構造図を図 2-9 に示す。



(海側からみたイメージ)



(上方からみたイメージ)

図 2-8 屋外排水路逆流防止設備（防潮堤南側）の出口側集水ピットの概念図

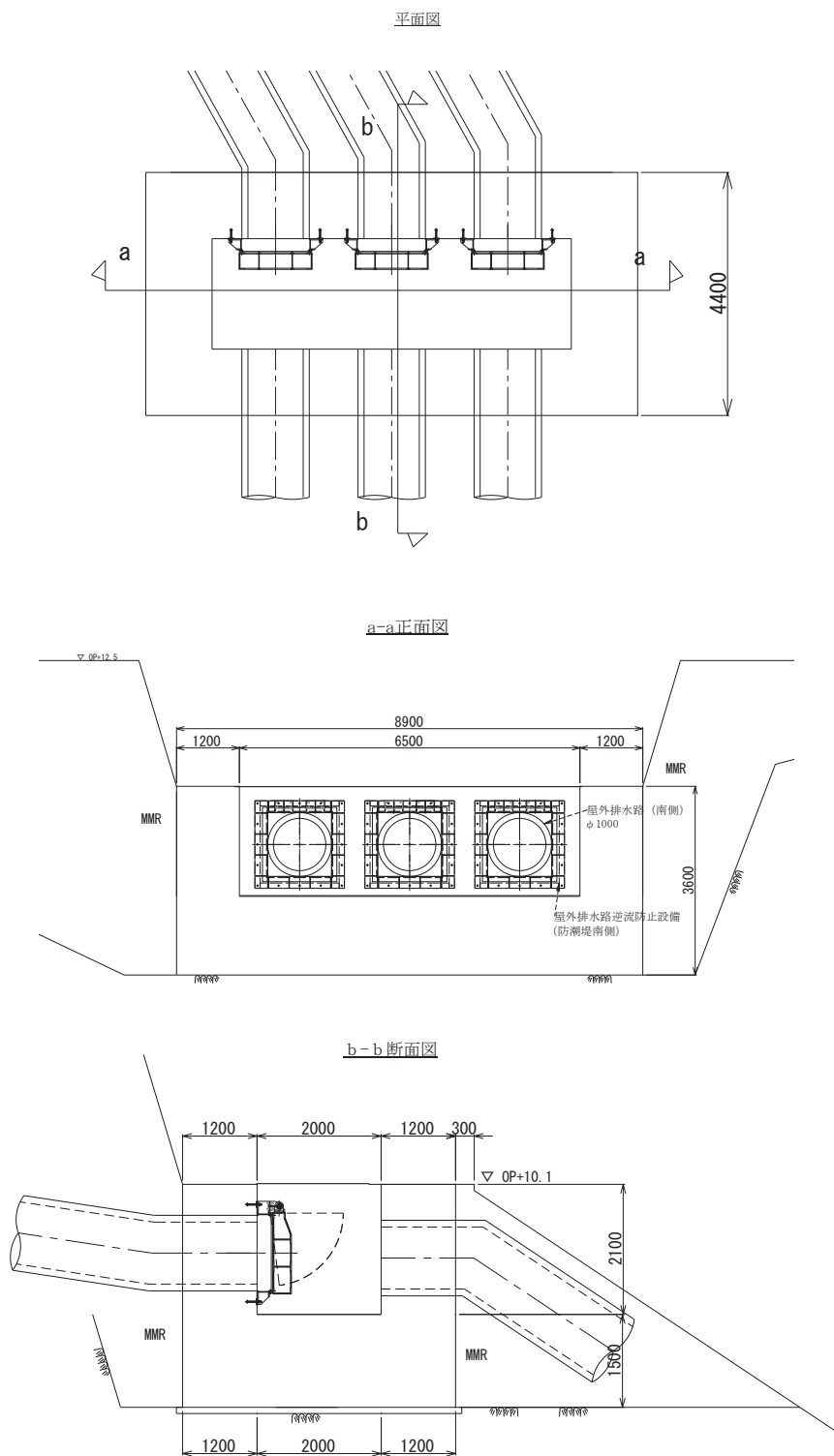


図 2-9 屋外排水路逆流防止設備（防潮堤南侧）の出口側集水ピット構造図

(3) 屋外排水路逆流防止設備の開機能の維持について

設計用地下水位を保持するために、屋外排水路逆流防止設備（防潮堤北側）は開機能の維持が必要となる。

屋外排水路逆流防止設備（防潮堤北側）は、図 2-6 及び図 2-7 に示すとおり 1 つの排水路に対して扉体が 4 枚（2 段 2 列）の構造となっていることから、これらすべての扉体が同時に開かなくなることはない。

ただし、ここでは、屋外排水路逆流防止設備（防潮堤北側）及び出口側集水ピットの構造的特徴を踏まえ、上流（敷地側集水ピット）から流れてくる漂流物に対する開機能の維持について、地震時及び津波来襲時に分けて確認する。

a. 地震時

「(2) 屋外排水路逆流防止設備の閉機能の維持について」の評価から、地震起因による溢水で敷地内からの漂流物は 4cm 程度の砂利及び長さ 500mm 以下の木材であると整理している。

これらの砂利及び木材が大量に流下し、出口側集水ピット内に堆積する可能性が想定されるが、屋外排水路逆流防止設備（防潮堤北側）及び屋外排水路逆流防止設備（防潮堤南側）の出口側集水ピットは閉構造ではなく、海側へ流れる構造としていることから、出口側集水ピット内に砂利が溜まり続けることは考えにくく、すべての扉体が同時に開かなくなることはない。特に、屋外排水路逆流防止設備（防潮堤北側）の扉体は 2 段に設置されていることから、下段の扉体と上段の扉体が同時に開かなくなるとは考えにくい。

また、長さ 500mm 以下の木材が流下した場合、図 3-1 のとおり、1900mm～3500mm の長さのものが扉体と防護梁に引っかかることで扉体の開機能に影響を及ぼす可能性があるが、想定している木材の長さは長さ 500mm 以下であるため、開閉機能に及ぼす可能性はない。

以上のことから、屋外排水路逆流防止設備（防潮堤北側）の開機能は維持される。

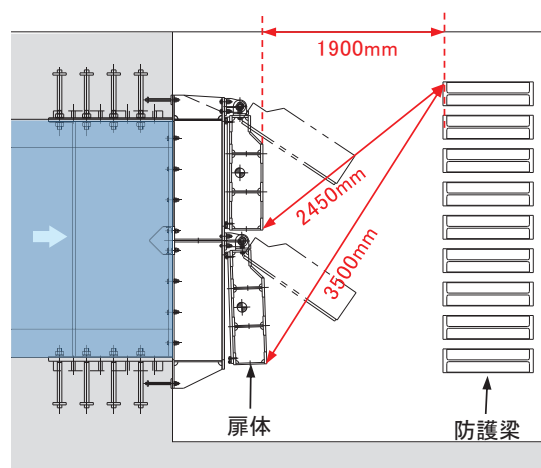


図 3-1 屋外排水路逆流防止設備（防潮堤北側）の扉体の開機能に影響を及ぼす木材の長さ

b. 津波来襲時

津波来襲時においては、「4.3 津波漂流物による衝突荷重について」で整理したとおり、屋外排水路逆流防止設備（防潮堤北側）には基準津波第一波のみが到達する。この津波第一波とともに、漂流物が出口側集水ピット内に入る可能性があり、寸法の小さな漂流物として想定している木片又は流木が、扉体と防護梁に挟まり、開機能が喪失するおそれがあるが、屋外排水路逆流防止設備（防潮堤北側）は扉体が4枚（2段2列）の構造となっているため、すべての扉体が開かなくなることはない。

また、東北地方太平洋沖地震に伴う津波において、発電所で確認された漂流物は「4.3 津波漂流物による衝突荷重について」の表 4.2-1 に示すとおり小型船舶（船外機）、車両、水槽（工事用の仮設物）、タンク（重油タンク）、木片・混合ごみ・流木及び漁具があった。屋外排水路逆流防止設備（防潮堤北側）が設置される周辺の漂流物の堆積状況は「4.3 津波漂流物による衝突荷重について」の写真 3-1（写真 4.2-1(2)の再掲）のとおりであり、寸法の小さな漂流物は確認されるものの、それらは散らばった状態であり集積していないことから、基準津波第一波で到達する寸法の小さな漂流物についても出口側集水ピット内に集積することはなく、開機能が喪失することはない。

さらに、「3.1 砂移動による影響確認について」では基準津波による砂移動解析を実施しており、屋外排水路逆流防止設備（防潮堤北側）が設置される周辺において、砂の堆積はほとんどなく、取水口上部の O.P. +2.5m 盤全体でも最大で 10cm 以下である（「3.1 砂移動による影響確認について」の図 2.7 参照）。これに対して、屋外排水路逆流防止設備（防潮堤北側）の扉体下端から出口側集水ピット底版までの高さは 70cm であり、砂の堆積厚さよりも十分高いことから、津波による砂移動によって開機能が喪失することはない。

以上のことから、地震後及び津波後において、屋外排水路逆流防止設備（防潮堤北側）の扉体がすべて開かなくなることはない。

なお、「2.2 地震起因による溢水」で示したとおり、地震起因による溢水の評価においては、「敷地に広がった溢水は雨水排水路からの流出や地盤への浸透は考慮しない。」との前提条件としていることから、屋外排水路逆流防止設備（防潮堤北側）扉体の開機能の維持が溢水評価に及ぼす影響はない。





写真 3-1 敷地内で確認された東北地方太平洋沖地震に伴う津波の漂流物  
 (岸壁全体の漂流物状況 (平成 23 年 3 月 18 日撮影))

【4.3 津波漂流物による衝突荷重について】の写真 4.2-1(2)を再掲】

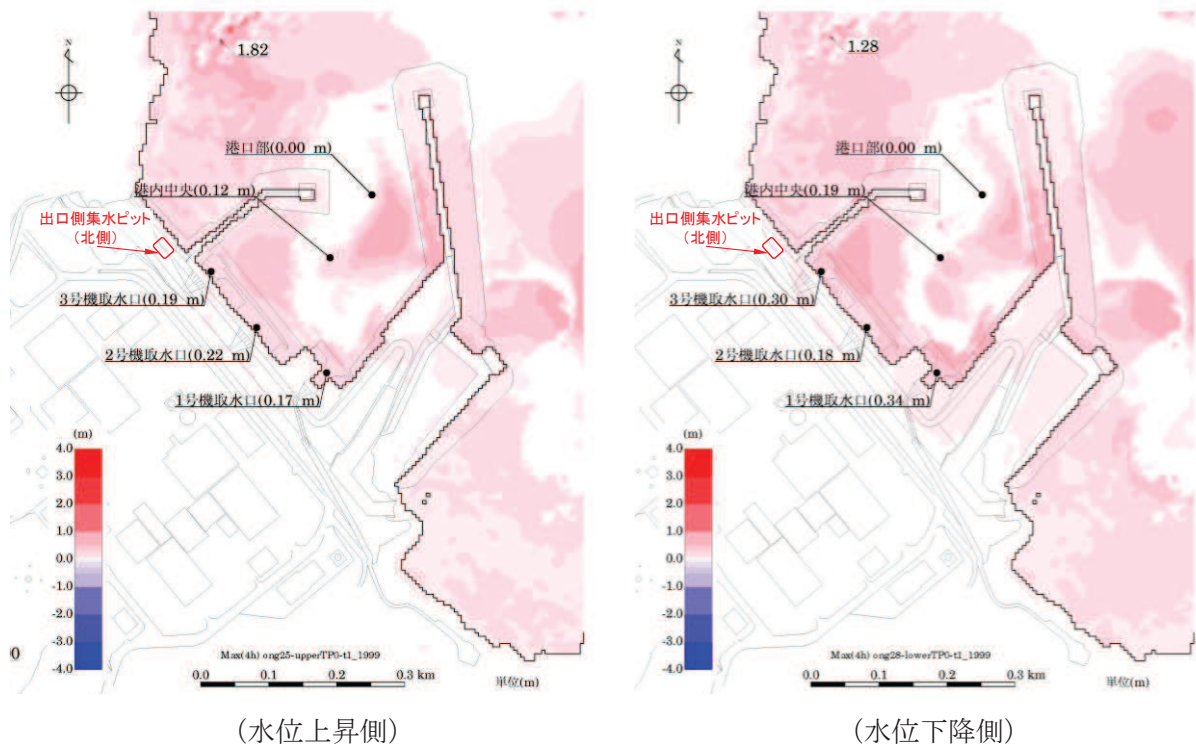


図 2-7 最大堆積厚分布図【3.1 砂移動による影響確認について】の図 3.1.1-4 に一部加筆】

#### (4) 維持管理

「ダム堰施設技術協会 平成 28 年 ダム堰施設技術基準（案）（基準解説編設備計画マニュアル編）」では、「ダム・堰・水門に設置する取水・制水・放流設備を良好な状態に維持し、正常な機能を確保するため、適切かつ効率的・効果的な保守管理を行わなければならない。」とされており、「水門鉄管協会 平成 31 年 水門鉄管技術基準 水門扉編」では、「水門扉の保守管理は、各設備の機能を長期にわたり、いつでも安全確実に発揮させるために行う。」とされている。

なお、屋外排水路逆流防止設備（防潮堤南側）の開機能については、発電所の運用の観点から維持管理を行うものである。

##### a. 通常時の維持管理

通常時において、屋外排水路逆防止設備（防潮堤北側）及び屋外排水路逆流防止設備（防潮堤南側）は、扉体の開閉機能が有効であることを確認するため、日常点検及び定期点検を実施する方針であることを保安規定に定める。

そのため、地震発生前の通常時では屋外排水路逆防止設備（防潮堤北側）及び屋外排水路逆流防止設備（防潮堤南側）の開閉機能は維持される。

##### b. 波警報発令中の維持管理

地震発生後の津波警報発令中（津波来襲前）においては、防潮堤よりも海側のエリアから退避するため、屋外排水路逆防止設備（防潮堤北側）及び屋外排水路逆防止設備（防潮堤南側）の状態を直接確認することはできないものの、敷地側集水ピット内の流れの状態を確認することで屋外排水路逆防止設備（防潮堤北側）及び屋外排水路逆流防止設備（防潮堤南側）の開機能が維持されているかを判断することが可能である。また、敷地内（O.P. +13.8m）の漂流物が敷地側集水ピットに流れてきた場合、「2.4 屋外排水路を流れる漂流物」で示したように、敷地側集水ピットの上部にはグレーチングを設置することとしており、長尺の木材は敷地側集水ピット内に流れ込むことはないため、敷地側からの漂流物が屋外排水路逆防止設備の開閉機能に影響を及ぼすことはないが、大量の木材及び砂利が敷地側集水ピット内に流れ込まないよう漂流物の除去作業を行うこととする。

以上を踏まえ、地震発生後の津波警報発令中（津波来襲前）においては、敷地側集水ピット内の流れの状態の確認及び敷地側集水ピット付近の漂流物の除去作業の実施を保安規定に定めることとする。なお、敷地側集水ピット内で水の流れがなく、滞留している状態が確認された場合には、津波警報解除後に速やかに復旧作業を行う必要があることから、復旧作業の準備を行うこととする。

##### c. 津波警報解除後の維持管理

津波警報解除後において、屋外排水路逆防止設備（防潮堤北側）及び屋外排水路逆流防止設備（防潮堤南側）は、扉体の開閉機能が有効であることを確認するため、臨時点

検を実施する方針であることを保安規定に定める。また、開閉機能が喪失されていることが確認された場合には速やかに復旧作業を行うこととする。

これらの方針により、津波警報解除後においても屋外排水路逆防止設備（防潮堤北側）及び屋外排水路逆流防止設備（防潮堤南側）の開閉機能は維持される。