

(4) 評価方法

アンカーボルトは「各種合成構造設計指針・同解説」に従い、アンカーボルトに発生する引張力、せん断力及びアンカーボルトの付着力、コンクリートのコーン状破壊が、許容限界以下となることを確認する。

アンカーボルトの評価用荷重は、解析モデルの支点反力より抽出する。

6. 評価結果

6.1 評価結果

防潮堤取り合い部のRC壁及び鋼板、アンカーボルトの評価結果を表6.1-1～表6.1-2に示す。発生応力が許容応力以下であることから構造部材が十分な構造健全性を有することを確認した。

表 6.1-1(1) 評価結果（地震時（遮水鋼板② 北側））

評価部位	応力成分	応力度 (a)	許容限界 (b)	照査値 (a / b)
鋼板	曲げ応力度 (N/mm ²)	342	382	0.90
	せん断応力度 (N/mm ²)	5	217	0.03
	合成応力度	0.81	1.2	0.68
アンカーボルト	引張力 (N)	1.70×10 ⁴	2.87×10 ⁵	0.06
	せん断力 (N)	1.30×10 ⁴	2.01×10 ⁵	0.07
	合成力	0.01	1.0	0.01
アンカーボルト (コンクリートのコーン状破壊)	引張力 (N)	1.70×10 ⁴	7.97×10 ⁵	0.03
	せん断力 (N)	1.30×10 ⁴	3.67×10 ⁵	0.04

表 6.1-1(2) 評価結果（地震時（遮水鋼板② 南側））

評価部位	応力成分	応力度 (a)	許容限界 (b)	照査値 (a / b)
鋼板	曲げ応力度 (N/mm ²)	342	382	0.90
	せん断応力度 (N/mm ²)	5	217	0.03
	合成応力度	0.81	1.2	0.68
アンカーボルト	引張力 (N)	2.70×10 ⁴	2.87×10 ⁵	0.10
	せん断力 (N)	4.00×10 ³	2.01×10 ⁵	0.02
	合成力	0.01	1.0	0.01
アンカーボルト (コンクリートのコーン状破壊)	引張力 (N)	2.70×10 ⁴	7.40×10 ⁵	0.04
	せん断力 (N)	4.00×10 ³	3.67×10 ⁵	0.02

表 6.1-2(1) 評価結果 (重畳時 (遮水鋼板② 北側))

評価部位	応力成分	応力度 (a)	許容限界 (b)	照査値 (a / b)
鋼板	曲げ応力度 (N/mm ²)	342	382	0.90
	せん断応力度 (N/mm ²)	51	217	0.24
	合成応力度	0.81	1.2	0.68
アンカーボルト	引張力 (N)	2.44×10 ⁵	2.87×10 ⁵	0.86
	せん断力 (N)	1.30×10 ⁴	2.01×10 ⁵	0.07
	合成力	0.73	1.0	0.73
アンカーボルト (コンクリートのコーン状破壊)	引張力 (N)	2.44×10 ⁵	7.97×10 ⁵	0.31
	せん断力 (N)	1.30×10 ⁴	3.67×10 ⁵	0.04

表 6.1-2(2) 評価結果 (重畳時 (遮水鋼板② 南側))

評価部位	応力成分	応力度 (a)	許容限界 (b)	照査値 (a / b)
鋼板	曲げ応力度 (N/mm ²)	342	382	0.90
	せん断応力度 (N/mm ²)	58	217	0.27
	合成応力度	0.81	1.2	0.68
アンカーボルト	引張力 (N)	1.77×10 ⁵	2.87×10 ⁵	0.62
	せん断力 (N)	8.00×10 ³	2.01×10 ⁵	0.04
	合成力	0.39	1.0	0.39
アンカーボルト (コンクリートのコーン状破壊)	引張力 (N)	1.77×10 ⁵	7.40×10 ⁵	0.24
	せん断力 (N)	8.00×10 ³	3.67×10 ⁵	0.03

6.2 断面力図等

評価部位における断面力図及びRC壁へ入力する反力並びにアンカーボルトの照査に係る反力図を図 6.2-1～図 6.2-4 に示す。

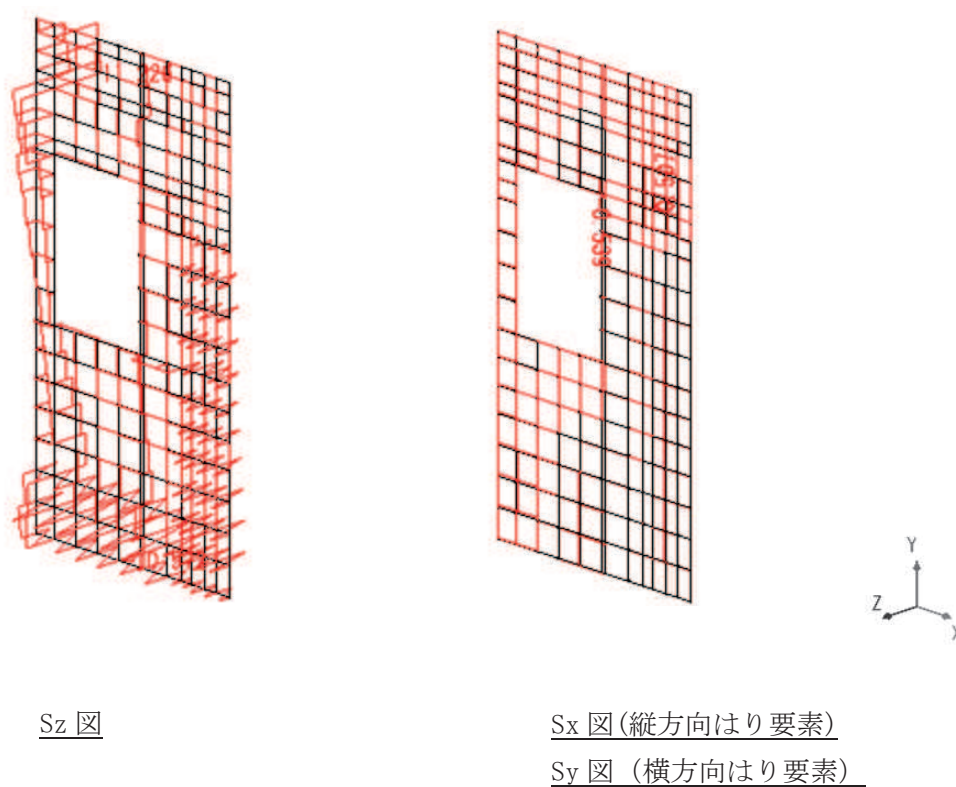
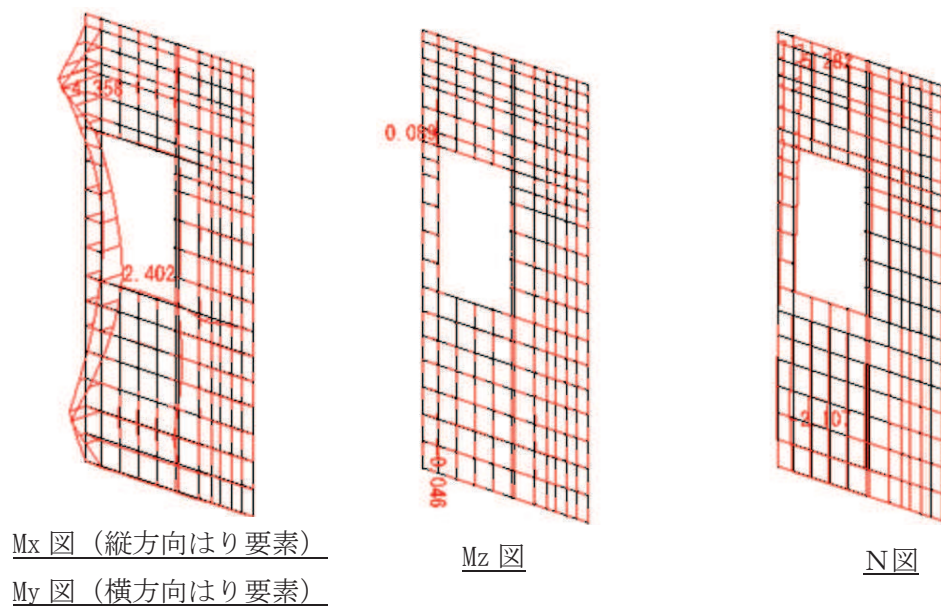


図 6.2-1(1) 断面力図 (地震時 (地下トレンチ② 右側))

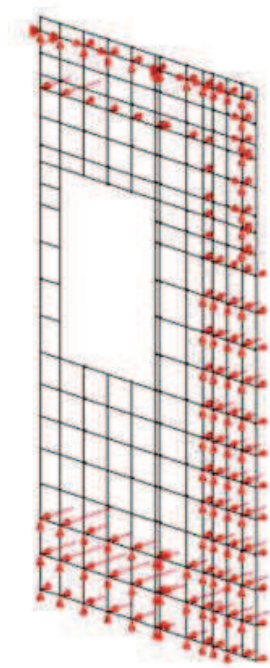
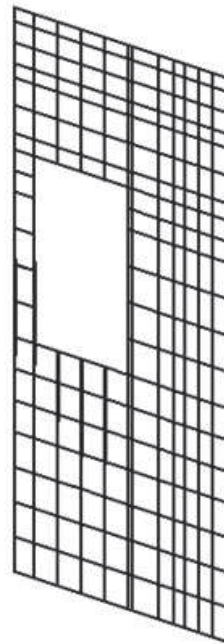
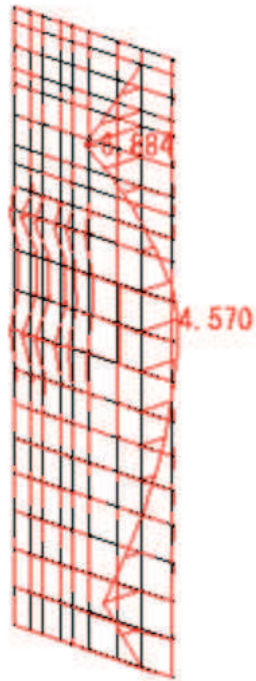


図 6.2-1(2) 反力図（地震時（地下トレンチ② 右側））

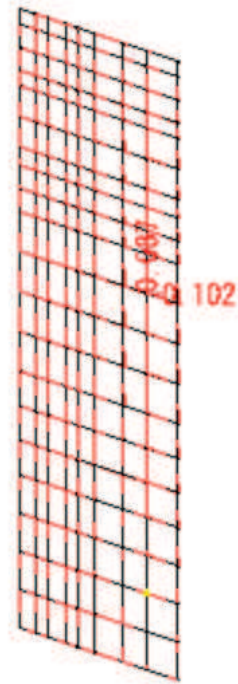


表示倍率：×83.0

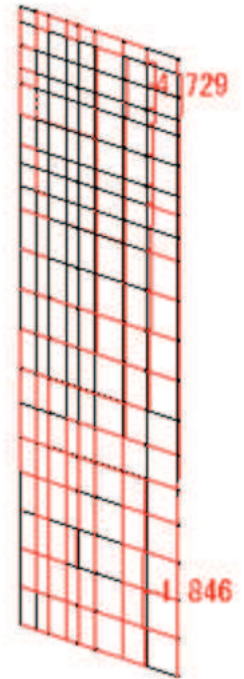
図 6.2-1(3) 変形図（地震時（地下トレンチ② 右側））



Mx 図 (縦方向はり要素)

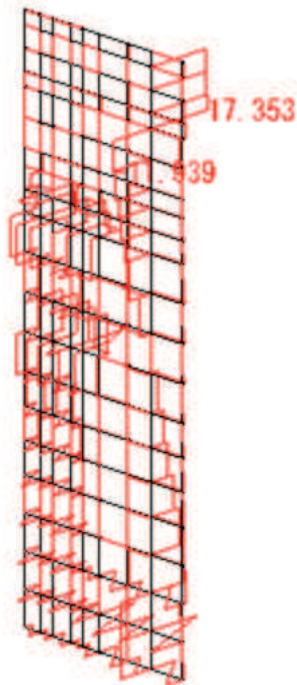


Mz 図



N 図

My 図 (横方向はり要素)



Sz 図



Sx 図 (縦方向はり要素)

Sy 図 (横方向はり要素)

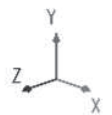


図 6.2-2(1) 断面力図 (地震時 (地下トレンチ②) 左側)

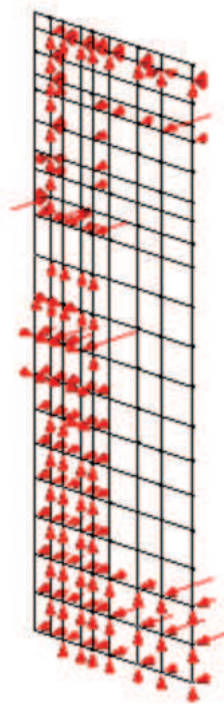
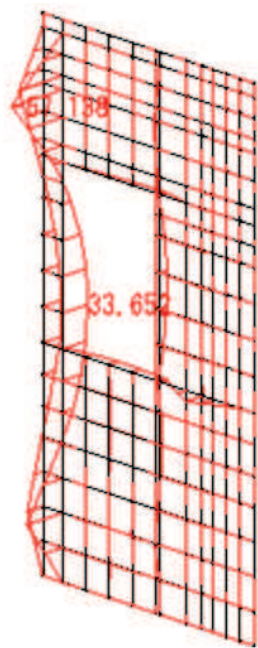


図 6.2-2(2) 反力図（地震時（地下トレンチ② 左側））

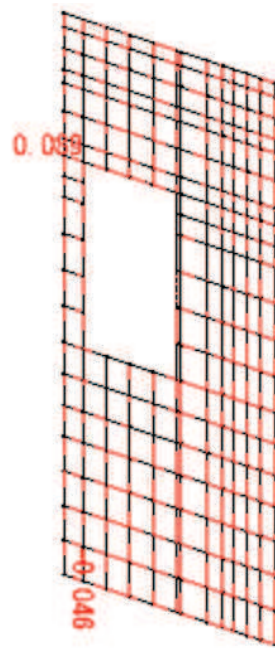


表示倍率：×83.3

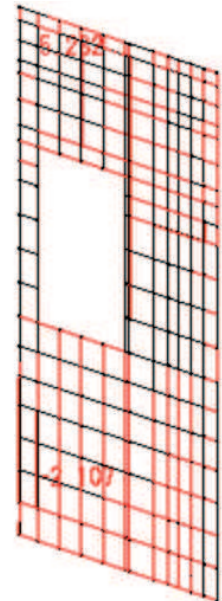
図 6.2-2(3) 変形図（地震時（地下トレンチ② 左側））



Mx 図 (縦方向はり要素)

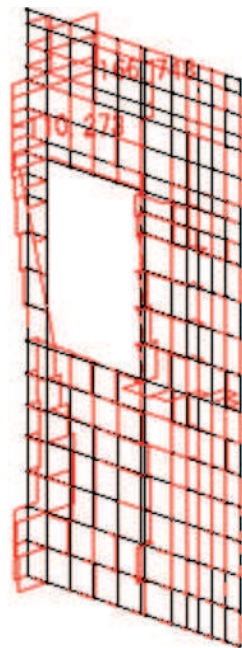


Mz 図

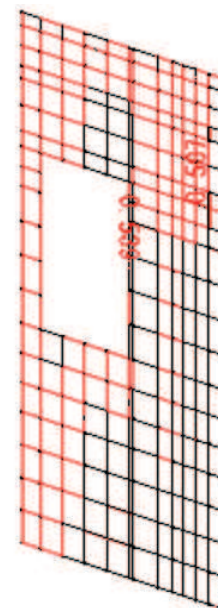


N 図

My 図 (横方向はり要素)



Sz 図



Sx 図 (縦方向はり要素)

Sy 図 (横方向はり要素)

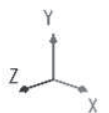


図 6.2-3(1) 断面力図 (重畳時 (地下トレンチ② 右側))

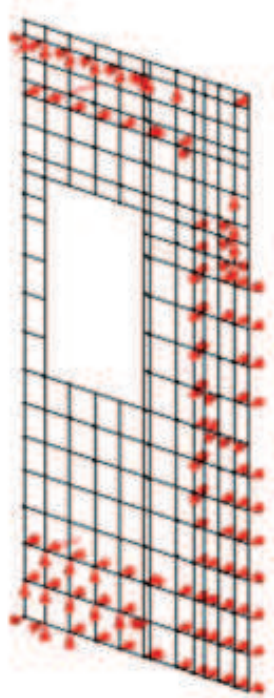
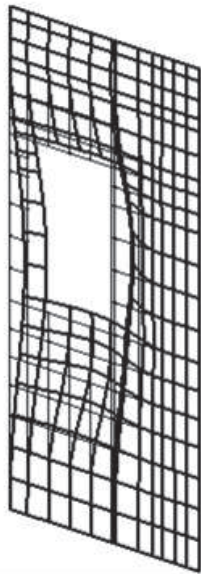
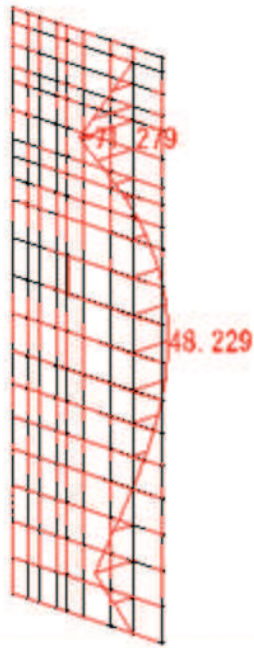


図 6.2-3(2) 反力図 (重畳時 (地下トレンチ② 右側))



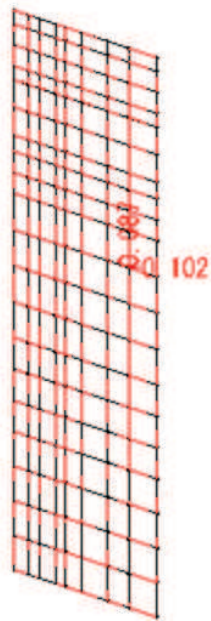
表示倍率 : $\times 83.3$

図 6.2-3(3) 変形図 (重畳時 (地下トレンチ② 右側))

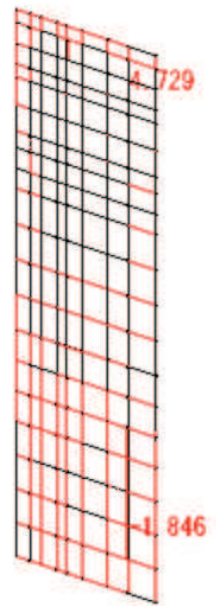


Mx 図 (縦方向はり要素)

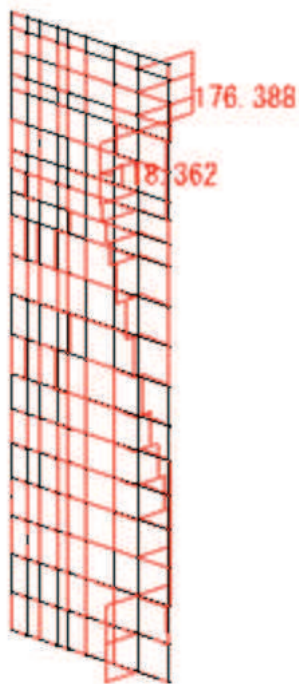
My 図 (横方向はり要素)



Mz 図



N 図



Sz 図



Sx 図 (縦方向はり要素)

Sy 図 (横方向はり要素)

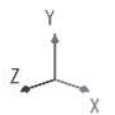


図 6.2-4(1) 断面力図 (重畳時 (地下トレンチ② 左側))

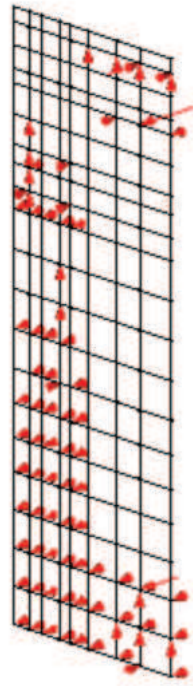


図 6.2-4(2) 反力図 (重畳時 (地下トレンチ② 左側))



表示倍率 : $\times 81.0$

図 6.2-4(3) 変形図 (重畳時 (地下トレンチ② 左側))

(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

1. 概要

ボイリングは、図4-1に示すような飽和した地盤において、山留壁前後の水頭差により下流側の地盤に浸透力が作用し、地盤の水中自重と比べて大きくなると浸透破壊する現象であり、今回設置する防潮壁は、図4-2に示すような上部工とフーチング、矢板等により構成されていることから、津波時にはボイリングの発生に留意する必要がある。

これに対し、防潮壁が設置される箇所は地下水位低下設備の機能により常時、地震時において地下水位がフーチング底面よりも低く保たれた状態となっていること、また、津波の滞水時間は最大3分程度である(図4-3)ことを踏まえると、その間に、防潮壁内外の水頭差により下部の地盤が飽和し浸透破壊に至る可能性は極めて低いものと推定される。

しかしながら、ここでは、安全側に津波滞水時間内に地盤が飽和した場合を想定し、防潮壁がボイリングに対し裕度を持っていることを確認する。

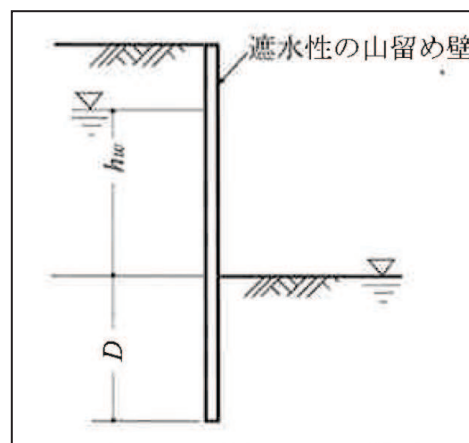


図4-1 ボイリング概略図

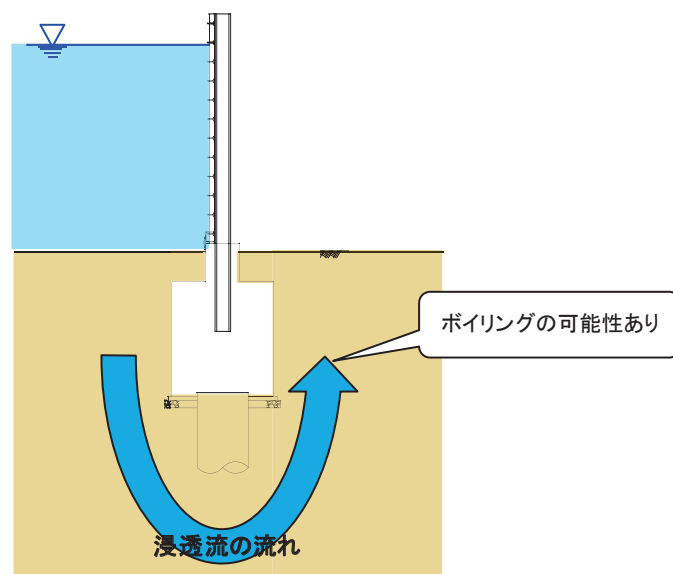


図4-2 防潮壁におけるボイリングの発生概念図

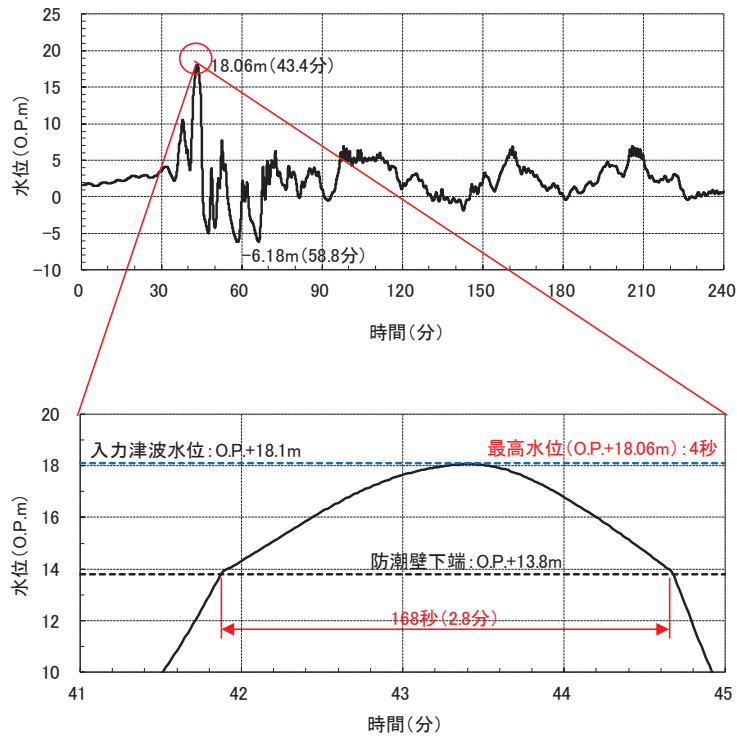


図 4-3(1) 津波滞留時間(第 2 号機海水ポンプ室の場合)

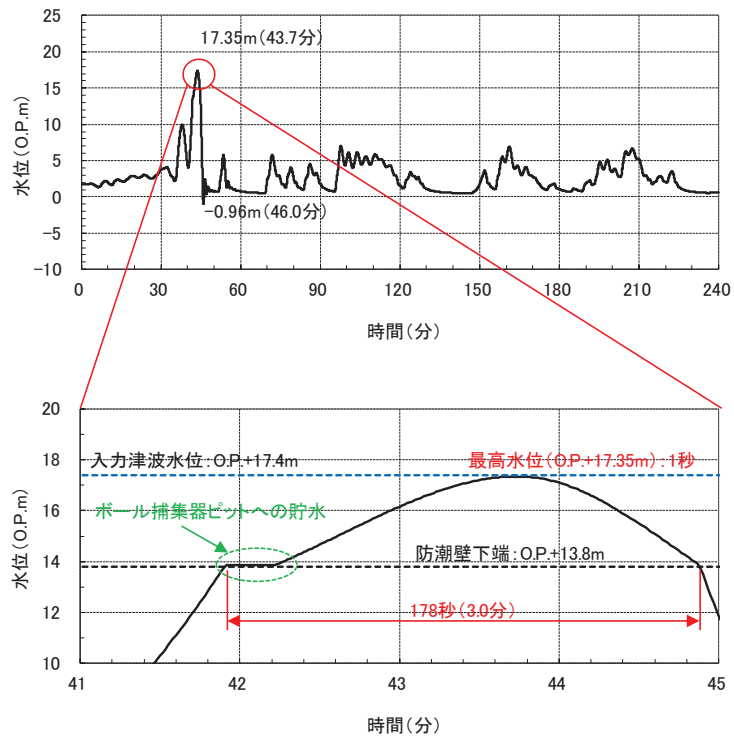


図 4-3(2) 津波滞留時間(第 2 号機放水立坑の場合)

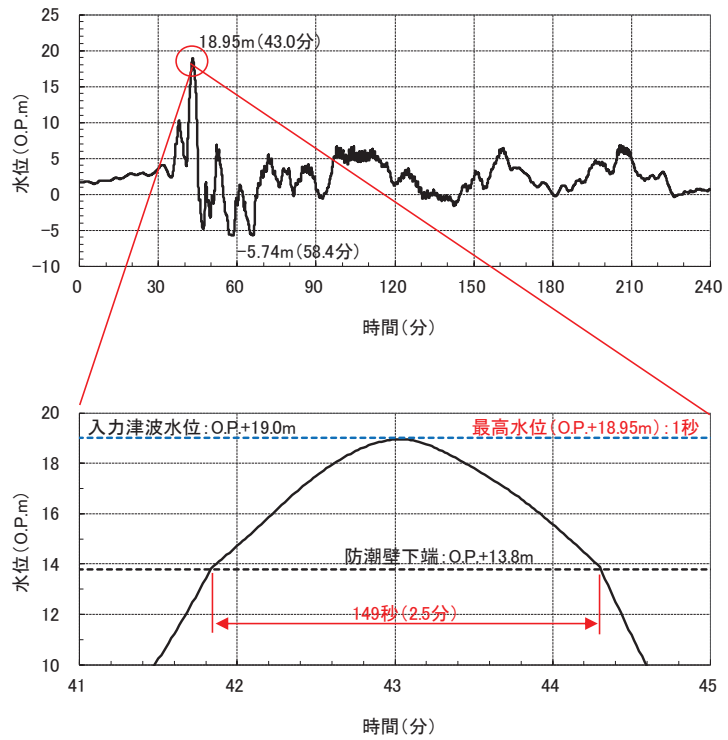


図 4-3(3) 津波滞留時間(第 3 号機海水ポンプ室の場合)

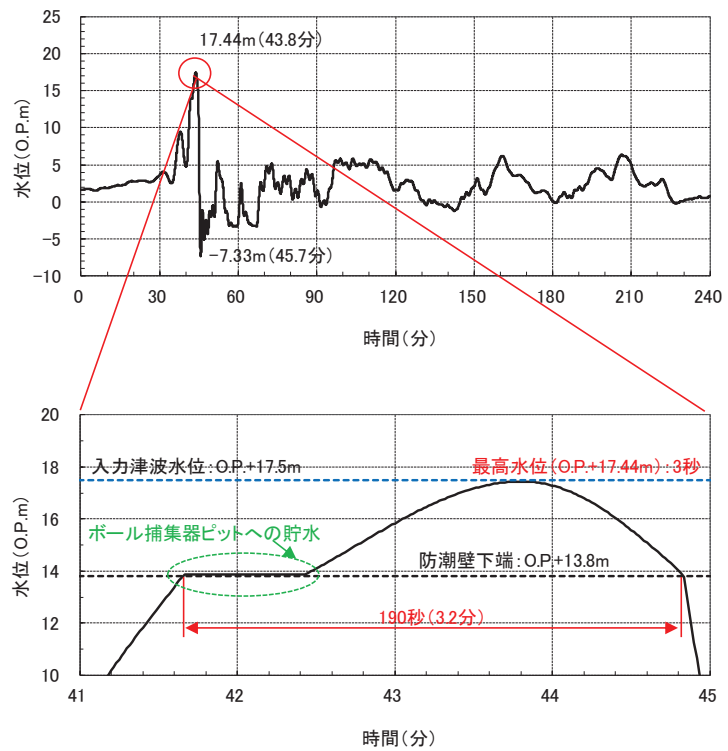


図 4-3(4) 津波滞留時間(第 3 号機放水立坑の場合)

2. ボイリング対策の評価

2.1 基本方針

前述のとおり，防潮壁は津波時において防潮壁内部に海水が一時的に貯留されるため，その水位の影響によりフーチングならびに鋼桁下部の地盤に津波が浸透することを想定しボイリングの影響について検討する。

2.2 評価方法

ボイリングの評価においては，「山留め設計指針 平成 29 年（日本建築学会）」に示されている式を用いて行った。（Terzaghi の方法）。ボイリングに対する安全性検討式（日本建築学会）を図 4-4 に示す。

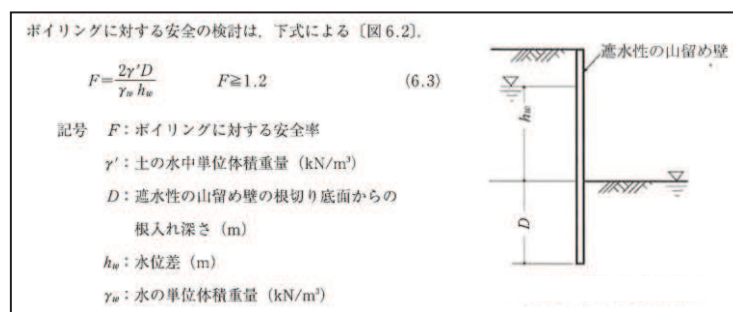


図 4-4 ボイリングに対する安全性検討式
「山留め設計指針 平成 29 年（日本建築学会）」より抜粋

2.3 評価条件

ボイリングの評価にあたっては、入力津波水位並びに、地震時の揺すり込み沈下による根入れ長の低減を考慮する。ボイリングを検討する評価対象位置を図 4-5～図 4-8 に示す。ここで、第 2 号機海水ポンプ室の評価対象位置⑩、⑪及び、第 3 号機防潮壁海水ポンプ室の評価対象位置④、⑤である防潮堤取り合い部について、構造概要を図 4-9 に示す。防潮堤との取り合い部については、図 4-10 に示すように下端をセメント改良土にて埋め戻す方針とし、下部に遮水鋼板と止水ジョイントを設置することで、不同沈下が生じた場合における地盤の不陸による水みちからの津波の流入を防止する。なお、第 2 号機海水ポンプ室の評価対象位置⑫、⑬及び第 3 号機海水ポンプ室の評価対象位置⑨、⑩の構造概要については、「5.27 防潮壁の止水構造について」に示す。なお、保守的に評価する観点から、2.3.1～2.3.3 に示す内容について留意する。

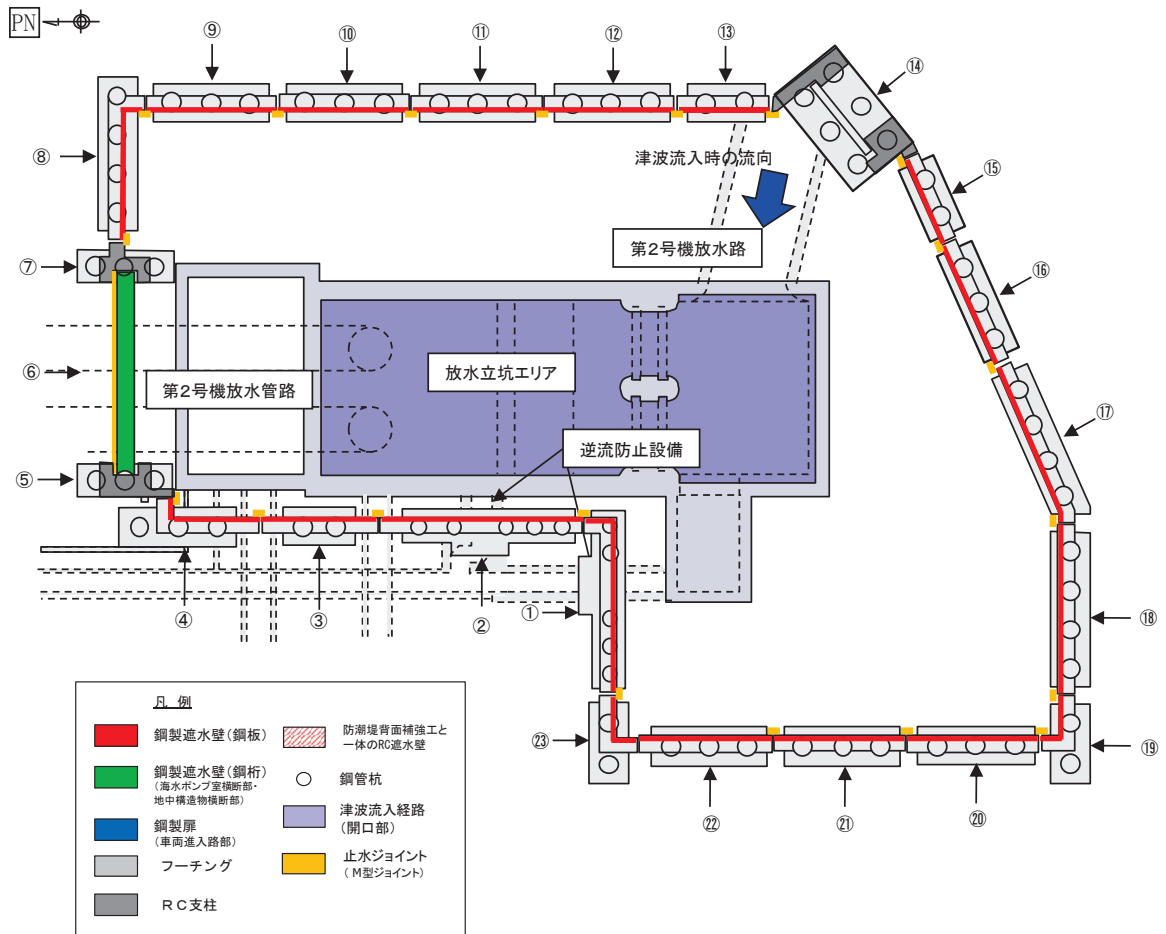


図 4-6(1) ボイリング評価検討箇所 (第 2 号機放水立坑防潮壁)

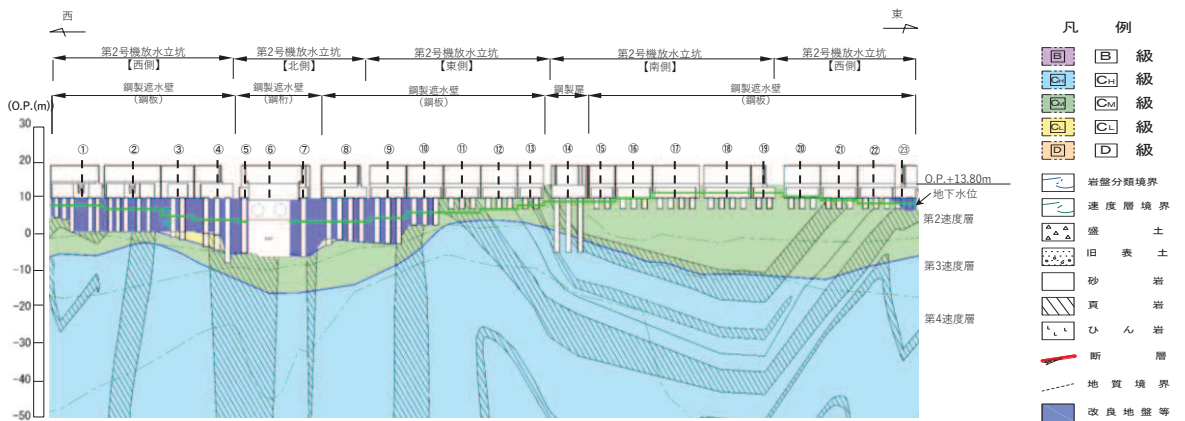


図 4-6(2) ボイリング評価検討箇所 (第 2 号機放水立坑防潮壁)

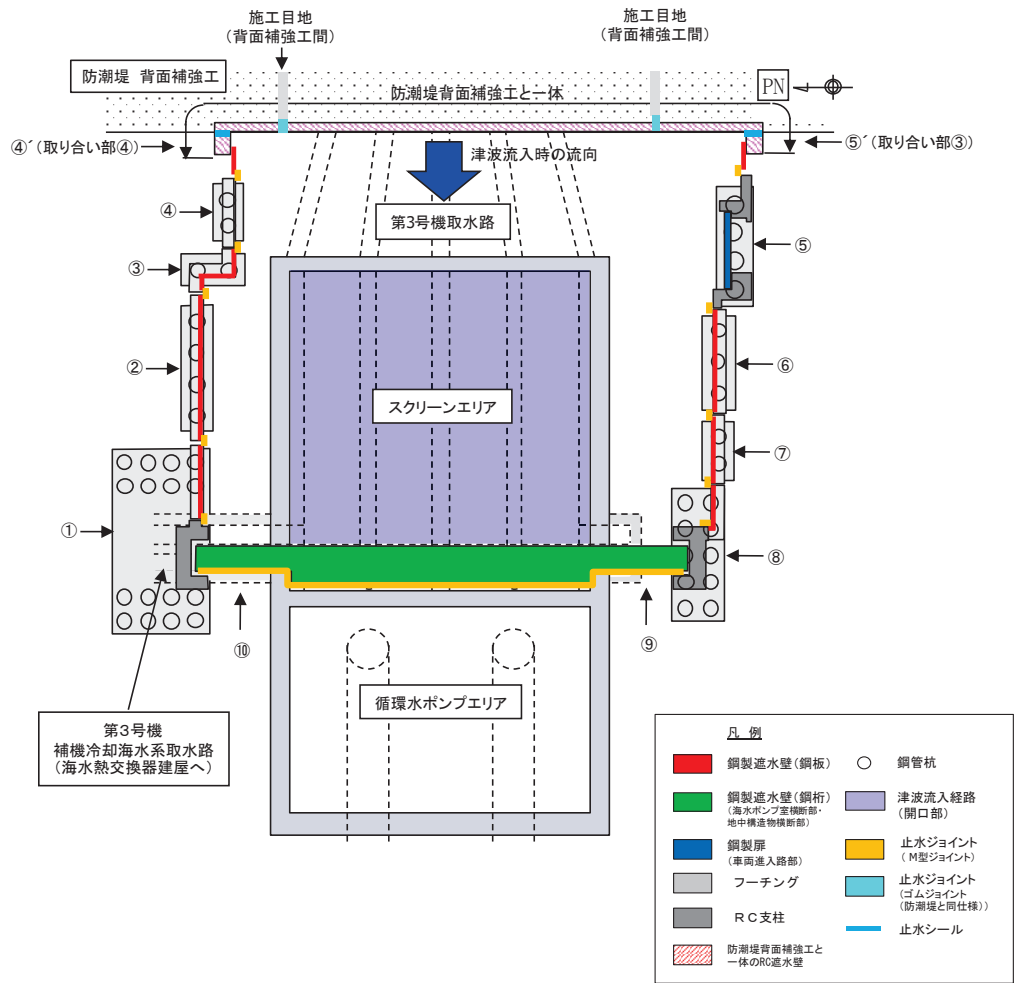


図 4-7(1) ボイリング評価検討箇所 (第 3 号機海水ポンプ室防潮壁)

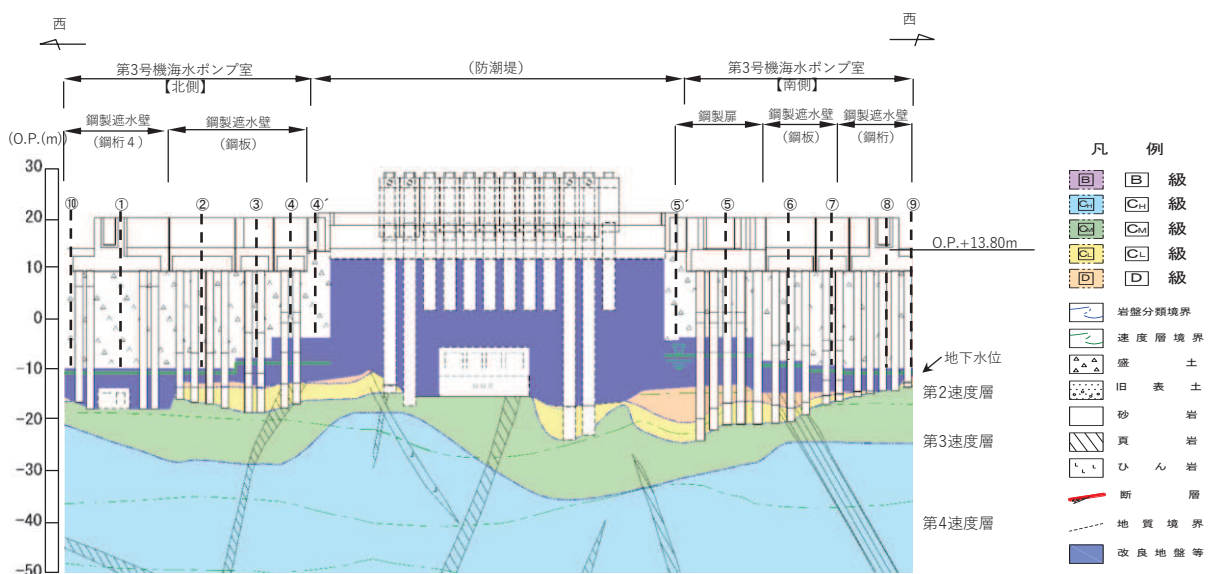


図 4-7(2) ボイリング評価検討箇所 (第 3 号機海水ポンプ室防潮壁)

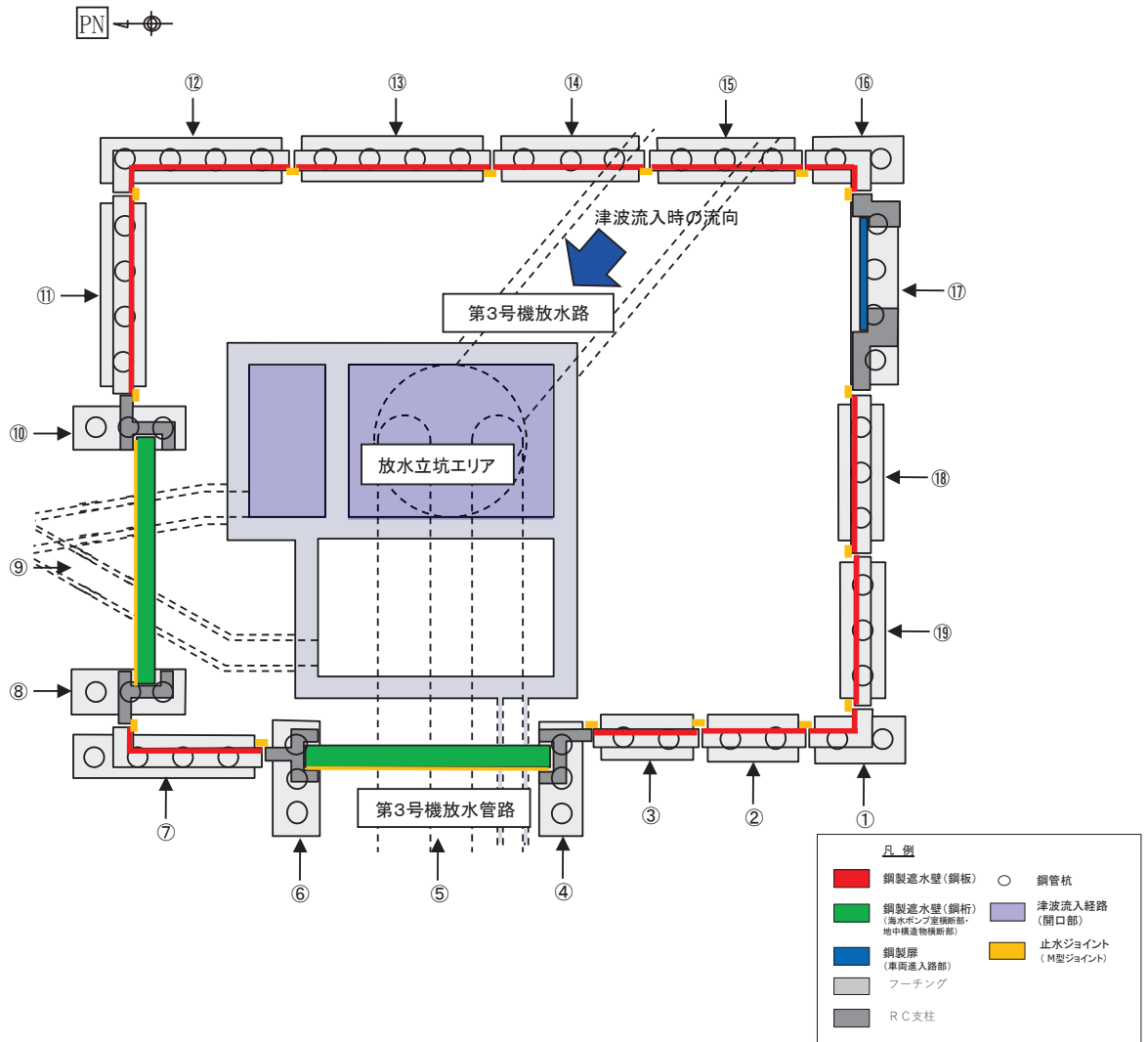


図 4-8(1) ボイリング評価検討箇所 (第 3 号機放水立坑防潮壁)

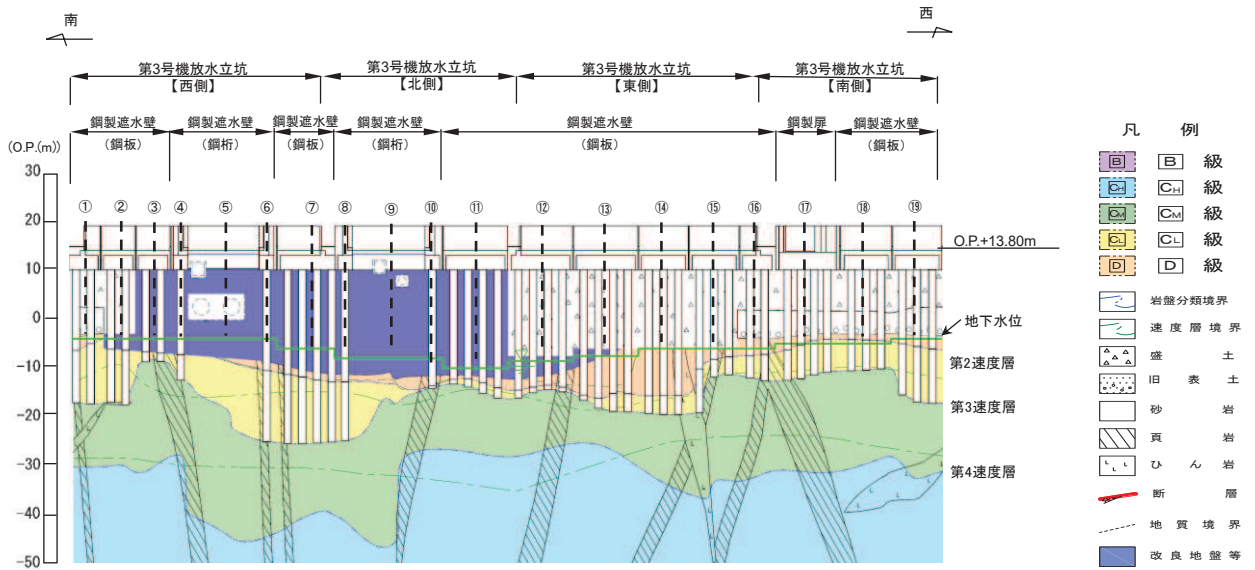


図 4-8(2) ボイリング評価検討箇所 (第 3 号機放水立坑防潮壁)
(参考) 4-9

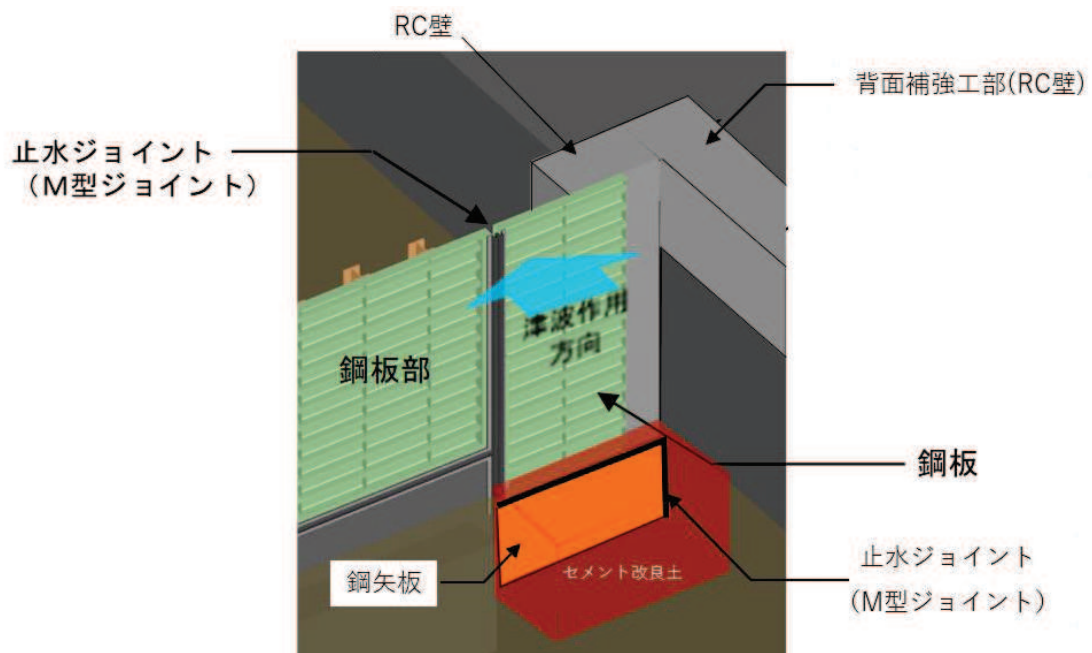


図 4-9 防潮堤取り合い部の構造概要

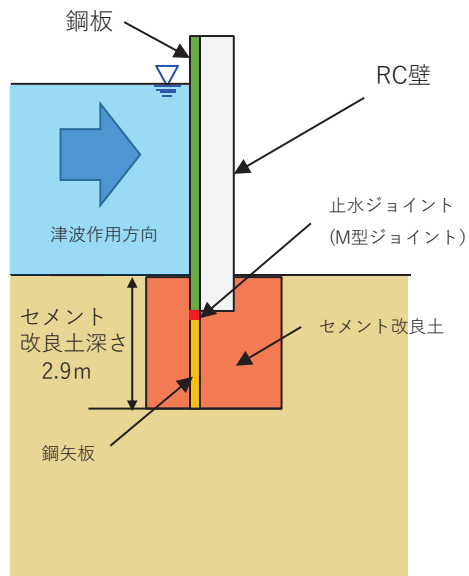


図 4-10(1) 防潮堤取り合い部のセメント改良土埋戻し範囲
(第 2 号機海水ポンプ室：取り合い部①②)

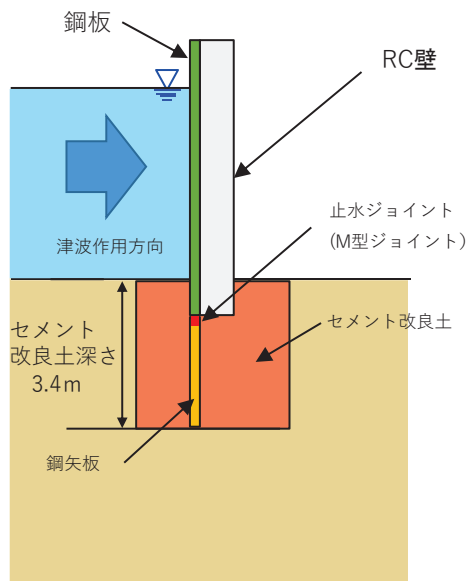


図 4-10(2) 防潮堤取り合い部のセメント改良土埋戻し範囲
(第 3 号機海水ポンプ室：取り合い部③④)

2.3.1 入力津波水位の設定

表 4-1 に示す入力津波水位を採用した。

表 4-1 構造物ごとの入力津波水位

設置箇所	入力津波水位 (m)
防潮壁 (第 2 号機海水ポンプ室)	0. P. +18. 1
防潮壁 (第 2 号機放水立坑)	0. P. +17. 4
防潮壁 (第 3 号機海水ポンプ室)	0. P. +19. 0
防潮壁 (第 3 号機放水立坑)	0. P. +17. 5

2.3.2 設計用地表面の設定

設計用地表面の設定にあたっては、地盤の揺すり込み沈下を考慮する。地下水位以浅の不飽和土の揺すり込み沈下量の算定においては、海野ら^{*1}の知見を採用し、安全側に飽和土が完全に液状化した後の再圧密による体積収縮量と等しいと仮定した。地下水以深の飽和地盤については、過剰間隙水圧の消散に伴う体積ひずみの関係から沈下量について算定した。沈下量の算定にあたっては、図4-11に示す体積ひずみと液状化抵抗率の関係^{*2}を考慮する。上記の検討からより揺すり込み沈下量が大きい場合を考慮し、設計用地表面は地下水位以浅、以深ともに対象位置の盛土厚さの1.4%、旧表土厚さの2.8%の沈下量を考慮した。なお、揺すり込み沈下率の設定の詳細については、補足説明資料「補足-200-14 可搬型重大事故等対処設備の保管場所及びアクセスルートについて」に示す。また、盛土、旧表土の層厚については、図4-5～図4-8に示す地質断面図における各評価対象位置から読み取った。各評価対象箇所の揺すり込み沈下量を表4-2に示す。各評価対象箇所の揺すり込み沈下量の最大値は0.34mであるが、ここでは保守的に一律0.4mを採用した（岩盤部及び全深度地盤改良部は除く）。揺すり込み沈下量を考慮した設計用地表面の一覧を表2-3に示す。

注記*1：同一繰返しせん断履歴における乾燥砂と飽和砂の堆積収縮量の関係
(海野ら, 2006)

注記*2：Evaluation Of Settlements In Sand Deposits Following Liquefaction
During
Earthquakes (石原ら, 1992)

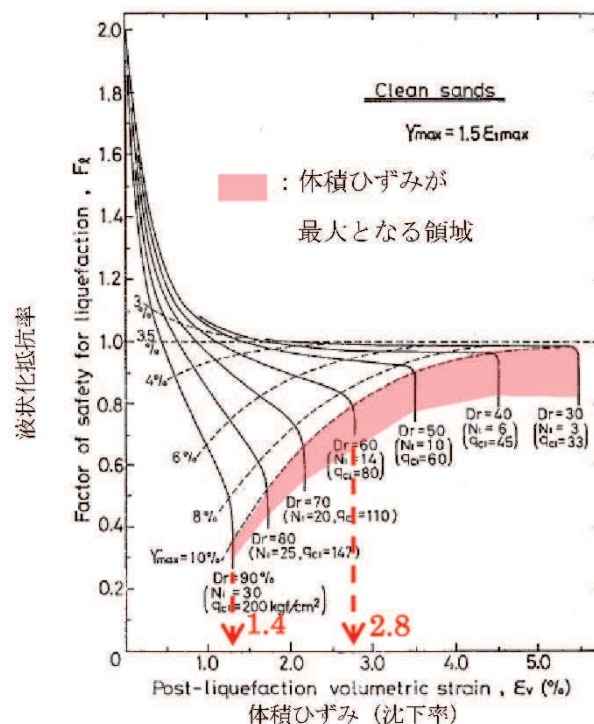


図4-11 評価対象箇所の揺すり込み沈下量の算定方法

表 4-2(1) 評価対象箇所への揺すり込み沈下量

構造物	設計対象箇所	評価モデル	盛土層厚 (m) A	旧表土層厚(m) B	沈下量 (m) C (A×1.4%+B× 2.4%)
防潮壁 (第2号機 海水ポンプ 室)	①	鋼板部	0.00	0.00	0.00
	②	鋼板部	0.00	0.00	0.00
	③	鋼板部	13.30	0.00	0.19
	④	鋼板部	14.65	0.00	0.21
	⑤	鋼板部	16.38	0.00	0.23
	⑥	鋼板部	16.39	0.00	0.23
	⑦	鋼板部	16.39	0.00	0.23
	⑧	鋼桁部	16.39	0.00	0.23
	⑨	鋼板部	16.39	0.00	0.23
	⑩	鋼板部	16.39	0.00	0.23
	⑩ [^]	取り合い部	13.49	0.00	0.19
	⑪	鋼板部	0.00	0.00	0.00
	⑪ [^]	取り合い部	0.00	0.00	0.00
	⑫	構造物間	0.00	0.00	0.00
⑬	構造物間	0.00	0.00	0.00	

表 4-2(2) 評価対象箇所 の 揺すり込み沈下量

構造物	設計対象断面	評価モデル	盛土層厚 (m)	旧表土層厚(m)	沈下量 (m)
			A	B	C (A×1.4%+B×2.4%)
防潮壁 (第 2 号機 放水立坑)	①	鋼板部	0.00	0.00	0.00
	②	鋼板部	0.00	0.00	0.00
	③	鋼板部	0.00	0.00	0.00
	④	鋼板部	0.00	0.00	0.00
	⑤	鋼板部	0.00	0.00	0.00
	⑥	鋼桁部	0.00	0.00	0.00
	⑦	鋼板部	0.00	0.00	0.00
	⑧	鋼板部	0.00	0.00	0.00
	⑨	鋼板部	0.00	0.00	0.00
	⑩	鋼板部	0.00	0.00	0.00
	⑪	鋼板部	0.00	0.00	0.00
	⑫	鋼板部	0.00	0.00	0.00
	⑬	鋼板部	0.00	0.00	0.00
	⑭	鋼板部	0.00	0.00	0.00
	⑮	鋼板部	0.00	0.00	0.00
	⑯	鋼板部	0.00	0.00	0.00
	⑰	鋼板部	0.00	0.00	0.00
	⑱	鋼板部	0.00	0.00	0.00
	⑲	鋼板部	0.00	0.00	0.00
	⑳	鋼板部	0.00	0.00	0.00
	㉑	鋼板部	0.00	0.00	0.00
	㉒	鋼板部	0.00	0.00	0.00
	㉓	鋼板部	0.00	0.00	0.00

表 4-2(3) 評価対象箇所の揺すり込み沈下量

構造物	設計対象断面	評価モデル	盛土層厚 (m)	旧表土層厚 (m)	沈下量 (m) C (A×1.4%+B×2.4%)
			A	B	
防潮壁 (第3号 機海水ポン プ室)	①	鋼板部	23.80	0.00	<u>0.34</u>
	②	鋼板部	23.80	0.00	<u>0.34</u>
	③	鋼板部	17.70	0.00	0.25
	④	鋼板部	17.70	0.00	0.25
	④´	取り合い部	14.30	0.00	0.21
	⑤	鋼板部	17.70	0.00	0.25
	⑤´	取り合い部	14.30	0.00	0.21
	⑥	鋼板部	22.30	0.00	0.32
	⑦	鋼板部	23.30	0.00	0.33
	⑧	鋼板部	23.80	0.00	<u>0.34</u>
	⑨	構造物間	23.80	0.00	<u>0.34</u>
	⑩	構造物間	23.80	0.00	<u>0.34</u>
防潮壁 (第3号 機放水立 坑)	①	鋼板部	11.34	5.55	0.30
	②	鋼板部	16.80	0.00	0.24
	③	鋼板部	0.00	0.00	0.00
	④	鋼板部	0.00	0.00	0.00
	⑤	鋼桁部	0.00	0.00	0.00
	⑥	鋼板部	0.00	0.00	0.00
	⑦	鋼板部	0.00	0.00	0.00
	⑧	鋼板部	0.00	0.00	0.00
	⑨	鋼桁部	0.00	0.00	0.00
	⑩	鋼板部	0.00	0.00	0.00
	⑪	鋼板部	0.00	0.00	0.00
	⑫	鋼板部	21.30	0.00	0.30
	⑬	鋼板部	19.80	1.43	0.32
	⑭	鋼板部	19.80	0.00	0.28
	⑮	鋼板部	19.80	0.00	0.28
	⑯	鋼板部	11.97	5.79	0.31
	⑰	鋼板部	12.07	4.98	0.29
	⑱	鋼板部	12.17	4.74	0.29
	⑲	鋼板部	11.41	5.70	0.30

表 4-3 設計用地表面一覧

設置箇所	地表面 (m)	設計用地表面 (m) 地表面-0.4m
防潮壁 (第2号機海水ポンプ室)	O.P. +13.8	O.P. +13.4 O.P. +13.8*
防潮壁 (第2号機放水立坑)	O.P. +13.8	O.P. +13.8*
防潮壁 (第3号機海水ポンプ室)	O.P. +13.8	O.P. +13.4
防潮壁 (第3号機放水立坑)	O.P. +13.8	O.P. +13.4

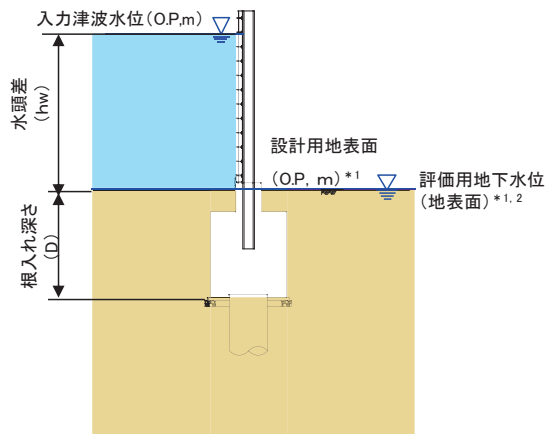
注記* : 岩盤部や全深度地盤改良部については、揺すり込み沈下が生じないことから設計用地表面を O.P. +13.8m とする。

2.3.3 評価用地下水位の設定

浸透流解析から設定した防潮壁の設計用地下水位はフーチング底面以深になるが、ボーリングに対する保守的な評価として、杭周辺の旧表土、盛土が飽和状態にあることを仮定し、地表面に地下水位があるものとした。

2.3.4 評価モデル

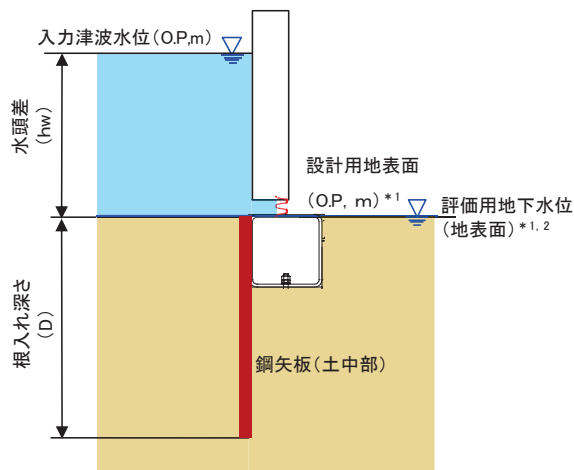
「2.3 評価条件」により設定した評価モデルを図 4-12 に示す。評価モデルは、鋼板部、鋼桁部、防潮堤取り合い部及び構造物間に大別される。



注記*1：地盤の揺すり込み沈下量(0.4m)を考慮し、一律 O.P.+13.4m とする。
(岩盤部及び全深度地盤改良部は除く)

*2：ボーリングの検討において保守的となるよう地表面とする。

図 4-12(1) 評価モデル (鋼板部)

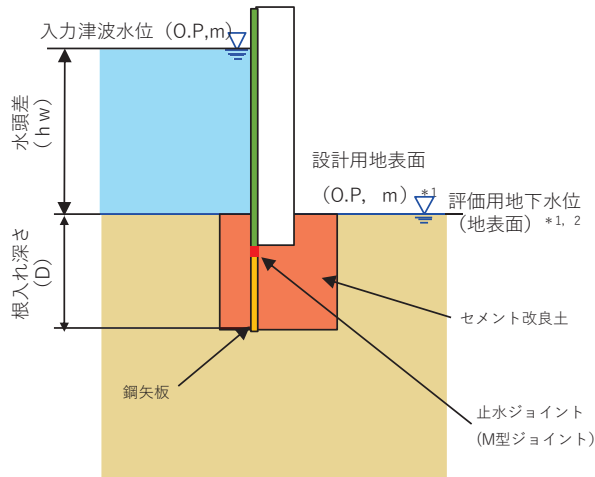


注記*1：地盤の揺すり込み沈下量(0.4m)を考慮し、一律 O.P.+13.4m とする。
(岩盤部及び全深度地盤改良部は除く)

*2：ボーリングの検討において保守的となるよう地表面とする。

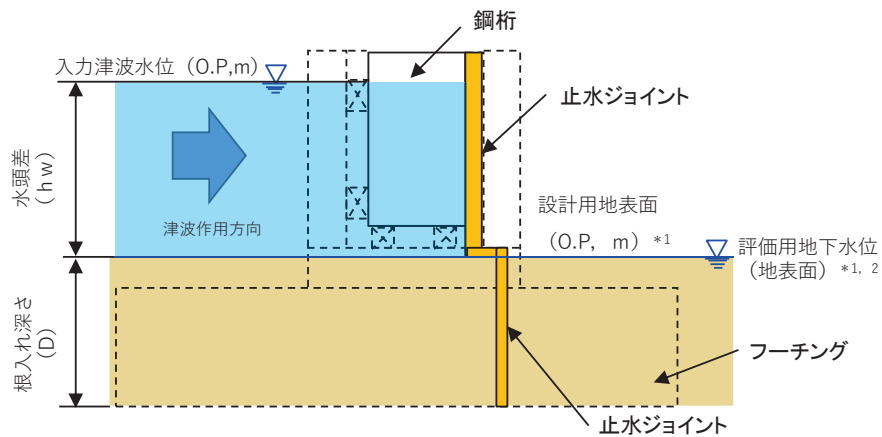
*3：海水ポンプ室の躯体に直接設置する第 2 号機及び第 3 号機の鋼桁部については除く。

図 4-12(2) 評価モデル (鋼桁部*3)



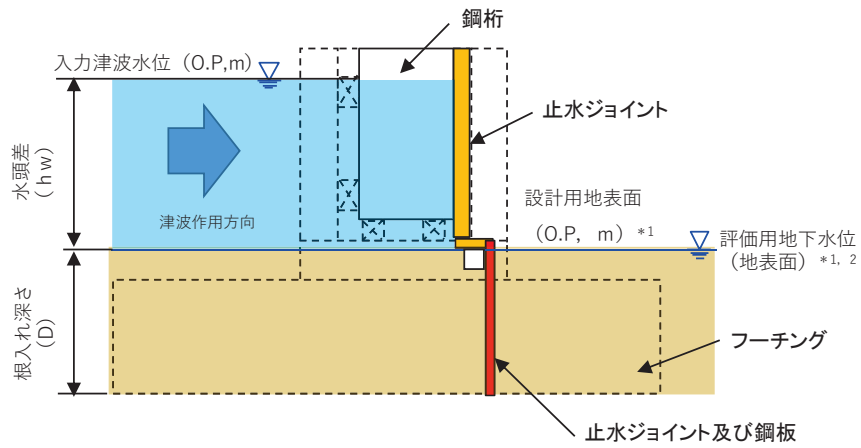
注記*1：地盤の揺すり込み沈下量(0.4m)を考慮し，一律 O.P. +13.4m とする。
 (岩盤部及び全深度地盤改良部は除く)
 *2：ボーリングの検討において保守的となるよう地表面とする。

図 4-12(3) 評価モデル (防潮堤取り合い部)



注記*1：地盤の揺すり込み沈下量(0.4m)を考慮し，一律 O.P. +13.4m とする。
 (岩盤部及び全深度地盤改良部は除く)
 *2：ボーリングの検討において保守的となるよう地表面とする。

図 4-12(4) 評価モデル (構造物間) (第 2 号機海水ポンプ室)



注記*1：地盤の揺すり込み沈下量(0.4m)を考慮し、一律 O.P. +13.4m とする。
 (岩盤部及び全深度地盤改良部は除く)

*2：ボーリングの検討において保守的となるよう地表面とする。

図 4-12(5) 評価モデル (構造物間) (第 3 号機海水ポンプ室)

2.4 評価結果

ボイリングに対する安全性の評価にあたっての許容限界は1.2とする。評価結果を表4-4に示す。表のとおり、すべての評価構造において安全率1.2以上となった。

表4-4(1) 評価結果

構造物	評価対象位置	評価モデル	入力津波水位 (O.P. + m)	設計用 地表面 (O.P. + m)	根入れ 深さ D (m)	水位差 hw (m)	土の水中 単位体積 重量 γ' (kN/m ³)	水の単位 体積重量 γ_w (kN/m ³)	安全率
防潮壁 (第2 号機海 水ポン プ室)	①	鋼板部	18.10	13.80	3.50	4.30	8.50	10.10	1.37
	②	鋼板部	18.10	13.80	3.80	4.30	8.50	10.10	1.48
	③	鋼板部	18.10	13.40	3.40	4.70	8.50	10.10	1.21
	④	鋼板部	18.10	13.40	3.40	4.70	8.50	10.10	1.21
	⑤	鋼板部	18.10	13.40	3.40	4.70	8.50	10.10	1.21
	⑥	鋼板部	18.10	13.40	3.40	4.70	8.50	10.10	1.21
	⑦	鋼板部	18.10	13.40	3.40	4.70	8.50	10.10	1.21
	⑧	鋼桁部	18.10	13.40	3.40	4.70	8.50	10.10	1.21
	⑨	鋼板部	18.10	13.40	3.40	4.70	8.50	10.10	1.21
	⑩	鋼板部	18.10	13.40	3.40	4.70	8.50	10.10	1.21
	⑩ [^]	取り合い部	18.10	13.40	2.5	4.70	11.50	10.10	1.21
	⑪	鋼板部	18.10	13.80	3.80	4.30	8.50	10.10	1.48
	⑪ [^]	取り合い部	18.10	13.80	2.9	4.30	11.50	10.10	1.53
	⑫	構造物間	18.10	13.80	3.80	4.30	8.50	10.10	1.48
⑬	構造物間	18.10	13.80	3.50	4.30	8.50	10.10	1.37	

表 4-4(2) 評価結果

構造物	評価対象位置	評価モデル	入力津波水位 (O.P. + m)	設計用地表面 (O.P. + m)	根入れ深さ D (m)	水位差 hw (m)	土の水中単位体積重量 γ_s (kN/m ³)	水の単位体積重量 γ_w (kN/m ³)	安全率
防潮壁 (第2号機放水立坑)	①	鋼板部	17.40	13.80	3.80	3.60	8.50	10.10	1.77
	②	鋼板部	17.40	13.80	3.80	3.60	8.50	10.10	1.77
	③	鋼板部	17.40	13.80	3.80	3.60	8.50	10.10	1.77
	④	鋼板部	17.40	13.80	3.80	3.60	8.50	10.10	1.77
	⑤	鋼板部	17.40	13.80	3.80	3.60	8.50	10.10	1.77
	⑥	鋼桁部	17.40	13.80	3.80	3.60	8.50	10.10	1.77
	⑦	鋼板部	17.40	13.80	3.80	3.60	8.50	10.10	1.77
	⑧	鋼板部	17.40	13.80	3.80	3.60	8.50	10.10	1.77
	⑨	鋼板部	17.40	13.80	3.80	3.60	8.50	10.10	1.77
	⑩	鋼板部	17.40	13.80	3.80	3.60	8.50	10.10	1.77
	⑪	鋼板部	17.40	13.80	3.80	3.60	8.50	10.10	1.77
	⑫	鋼板部	17.40	13.80	3.80	3.60	8.50	10.10	1.77
	⑬	鋼板部	17.40	13.80	3.80	3.60	8.50	10.10	1.77
	⑭	鋼板部	17.40	13.80	3.80	3.60	8.50	10.10	1.77
	⑮	鋼板部	17.40	13.80	3.80	3.60	8.50	10.10	1.77
	⑯	鋼板部	17.40	13.80	3.80	3.60	8.50	10.10	1.77
	⑰	鋼板部	17.40	13.80	3.80	3.60	8.50	10.10	1.77
	⑱	鋼板部	17.40	13.80	3.80	3.60	8.50	10.10	1.77
	⑲	鋼板部	17.40	13.80	3.80	3.60	8.50	10.10	1.77
	⑳	鋼板部	17.40	13.80	3.80	3.60	8.50	10.10	1.77
	㉑	鋼板部	17.40	13.80	3.80	3.60	8.50	10.10	1.77
	㉒	鋼板部	17.40	13.80	3.80	3.60	8.50	10.10	1.77
	㉓	鋼板部	17.40	13.80	3.80	3.60	8.50	10.10	1.77

表 4-4(3) 評価結果

構造物	評価対象位置	評価モデル	入力 津波水位 (O.P. + m)	設計用 地表面 (O.P. + m)	根入れ 深さ D (m)	水位差 hw (m)	土の水中単 位体積重量 γ' (kN/m ³)	水の単位 体積重量 γ_w (kN/m ³)	安全率
防潮壁 (第3 号機海 水ポン プ室)	①	鋼板部	19.00	13.40	4.10	5.60	8.50	10.10	1.23
	②	鋼板部	19.00	13.40	4.10	5.60	8.50	10.10	1.23
	③	鋼板部	19.00	13.40	4.10	5.60	8.50	10.10	1.23
	④	鋼板部	19.00	13.40	4.10	5.60	8.50	10.10	1.23
	④ [~]	取り合い部	19.00	13.40	3.00	5.60	11.50	10.10	1.21
	⑤	鋼板部	19.00	13.40	4.10	5.60	8.50	10.10	1.23
	⑤ [~]	取り合い部	19.00	13.40	3.00	5.60	11.50	10.10	1.21
	⑥	鋼板部	19.00	13.40	4.10	5.60	8.50	10.10	1.23
	⑦	鋼板部	19.00	13.40	4.10	5.60	8.50	10.10	1.23
	⑧	鋼板部	19.00	13.40	4.10	5.60	8.50	10.10	1.23
	⑨	構造物間	19.00	13.40	3.00	5.60	8.50	10.10	1.23
	⑩	構造物間	19.00	13.40	3.00	5.60	8.50	10.10	1.23
防潮壁 (第3 号機放 水立 坑)	①	鋼板部	17.50	13.40	3.40	4.10	8.50	10.10	1.39
	②	鋼板部	17.50	13.40	3.40	4.10	8.50	10.10	1.39
	③	鋼板部	17.50	13.40	3.40	4.10	8.50	10.10	1.39
	④	鋼板部	17.50	13.40	3.40	4.10	8.50	10.10	1.39
	⑤	鋼桁部	17.50	13.40	3.40	4.10	8.50	10.10	1.39
	⑥	鋼板部	17.50	13.40	3.40	4.10	8.50	10.10	1.39
	⑦	鋼板部	17.50	13.40	3.40	4.10	8.50	10.10	1.39
	⑧	鋼板部	17.50	13.40	3.40	4.10	8.50	10.10	1.39
	⑨	鋼桁部	17.50	13.40	3.40	4.10	8.50	10.10	1.39
	⑩	鋼板部	17.50	13.40	3.40	4.10	8.50	10.10	1.39
	⑪	鋼板部	17.50	13.40	3.40	4.10	8.50	10.10	1.39
	⑫	鋼板部	17.50	13.40	3.40	4.10	8.50	10.10	1.39
	⑬	鋼板部	17.50	13.40	3.40	4.10	8.50	10.10	1.39
	⑭	鋼板部	17.50	13.40	3.40	4.10	8.50	10.10	1.39
	⑮	鋼板部	17.50	13.40	3.40	4.10	8.50	10.10	1.39
	⑯	鋼板部	17.50	13.40	3.40	4.10	8.50	10.10	1.39
	⑰	鋼板部	17.50	13.40	3.40	4.10	8.50	10.10	1.39
	⑱	鋼板部	17.50	13.40	3.40	4.10	8.50	10.10	1.39
	⑲	鋼板部	17.50	13.40	3.40	4.10	8.50	10.10	1.39

(別紙)設計津波水位に対するボーリングの検討

前述では、入力津波水位を用いてボーリングに対する安全性を評価したが、ここでは、より保守的な条件となる設計津波水位(入力津波水位+0.5m)を用いてボーリングに対する安全性を評価する。なお、設計津波水位に対するボーリングの評価に当たっては、地盤の揺すり込み沈下量は各評価対象位置の盛土・旧表土の層厚を考慮して算出する。

評価結果を表4-5に示す。表4-5のとおり、ほぼすべての評価位置において安全率が1.2以上となった。一方、第2号機、第3号機海水ポンプ室の鋼板部及び第3号機海水ポンプ室の構造物間において、わずかに安全率1.2を下回る結果となった。

評価結果を踏まえて、図4-13のとおり、各構造物側部をセメント改良土にて埋戻しすることにより、有効重量を上げて、ボーリングに対する裕度確保に配慮することとする。ここで、「山留め設計指針 平成29年(日本建築学会)」によると、Terzaghiの方法によるボーリングの検討方法の中で、根切り面より上の山留め背面地盤内において、水頭損失の無いモデルとした場合、ボーリングが影響する幅について、山留の根入れ深さDの半分であることを実験により確認している(図4-14)ことから、セメント改良土の埋戻し範囲については根入れ長の1/2以上の埋戻し幅を確保する。

セメント改良土による埋戻し後の評価結果を表4-6に示す。セメント改良土による埋戻し後の評価結果については、すべての評価位置において安全率が1.2以上となった。

表4-5(1) 評価結果

構造物	評価対象位置	評価モデル	設計津波水位 (O.P. + m)	設計用地表面 (O.P. + m)	根入れ深さ D (m)	水位差 hw (m)	土の水中 単位体積 重量 γ' (kN/m ³)	水の単位 体積重量 γ_w (kN/m ³)	安全率
防潮壁 (第2号機海水ポンプ室)	①	鋼板部	18.60	13.80	3.50	4.80	8.50	10.10	1.22
	②	鋼板部	18.60	13.80	3.80	4.80	8.50	10.10	1.33
	③	鋼板部	18.60	13.61	3.61	4.99	8.50	10.10	1.21
	④	鋼板部	18.60	13.59	3.59	5.01	8.50	10.10	1.20
	⑤	鋼板部	18.60	13.57	3.57	5.03	8.50	10.10	1.19
	⑥	鋼板部	18.60	13.57	3.57	5.03	8.50	10.10	1.19
	⑦	鋼板部	18.60	13.57	3.57	5.03	8.50	10.10	1.19
	⑧	鋼桁部	18.60	13.57	3.57	5.03	8.50	10.10	1.19
	⑨	鋼板部	18.60	13.57	3.57	5.03	8.50	10.10	1.19
	⑩	鋼板部	18.60	13.57	3.57	5.03	8.50	10.10	1.19
	⑩ [~]	取り合い部	18.60	13.61	2.71	4.99	11.50	10.10	1.23
	⑪	鋼板部	18.60	13.80	3.80	4.80	8.50	10.10	1.33
	⑪ [~]	取り合い部	18.60	13.80	2.90	4.80	11.50	10.10	1.37
	⑫	構造物間	18.60	13.80	3.80	4.80	8.50	10.10	1.33
⑬	構造物間	18.60	13.80	3.50	4.80	8.50	10.10	1.22	

表 4-5(2) 評価結果

構造物	評価対象位置	評価モデル	設計津波水位 (O.P. + m)	設計用 地表面 (O.P. + m)	根入れ 深さ D (m)	水位差 hw (m)	土の水中単 位体積重量 γ' (kN/m ³)	水の単位 体積重量 γ_w (kN/m ³)	安全率
防潮壁 (第2 号機放 水立 坑)	①	鋼板部	17.90	13.80	3.80	4.10	8.50	10.10	1.56
	②	鋼板部	17.90	13.80	3.80	4.10	8.50	10.10	1.56
	③	鋼板部	17.90	13.80	3.80	4.10	8.50	10.10	1.56
	④	鋼板部	17.90	13.80	3.80	4.10	8.50	10.10	1.56
	⑤	鋼板部	17.90	13.80	3.80	4.10	8.50	10.10	1.56
	⑥	鋼桁部	17.90	13.80	3.80	4.10	8.50	10.10	1.56
	⑦	鋼板部	17.90	13.80	3.80	4.10	8.50	10.10	1.56
	⑧	鋼板部	17.90	13.80	3.80	4.10	8.50	10.10	1.56
	⑨	鋼板部	17.90	13.80	3.80	4.10	8.50	10.10	1.56
	⑩	鋼板部	17.90	13.80	3.80	4.10	8.50	10.10	1.56
	⑪	鋼板部	17.90	13.80	3.80	4.10	8.50	10.10	1.56
	⑫	鋼板部	17.90	13.80	3.80	4.10	8.50	10.10	1.56
	⑬	鋼板部	17.90	13.80	3.80	4.10	8.50	10.10	1.56
	⑭	鋼板部	17.90	13.80	3.80	4.10	8.50	10.10	1.56
	⑮	鋼板部	17.90	13.80	3.80	4.10	8.50	10.10	1.56
	⑯	鋼板部	17.90	13.80	3.80	4.10	8.50	10.10	1.56
	⑰	鋼板部	17.90	13.80	3.80	4.10	8.50	10.10	1.56
	⑱	鋼板部	17.90	13.80	3.80	4.10	8.50	10.10	1.56
	⑲	鋼板部	17.90	13.80	3.80	4.10	8.50	10.10	1.56
	⑳	鋼板部	17.90	13.80	3.80	4.10	8.50	10.10	1.56
	㉑	鋼板部	17.90	13.80	3.80	4.10	8.50	10.10	1.56
	㉒	鋼板部	17.90	13.80	3.80	4.10	8.50	10.10	1.56
	㉓	鋼板部	17.90	13.80	3.80	4.10	8.50	10.10	1.56

表 4-5(3) 評価結果

構造物	評価対象位置	評価モデル	設計津波水位 (O. P. + m)	設計用 地表面 (O. P. + m)	根入れ 深さ D (m)	水位差 hw (m)	土の水中単 位体積重量 γ' (kN/m ³)	水の単位 体積重量 γ_w (kN/m ³)	安全率
防潮壁 (第3号機海水ポンプ室)	①	鋼板部	19.50	13.46	4.16	6.04	8.50	10.10	1.15
	②	鋼板部	19.50	13.46	4.16	6.04	8.50	10.10	1.15
	③	鋼板部	19.50	13.55	4.25	5.95	8.50	10.10	1.20
	④	鋼板部	19.50	13.55	4.25	5.95	8.50	10.10	1.20
	④ [~]	取り合い部	19.50	13.59	3.19	5.91	11.50	10.10	1.22
	⑤	鋼板部	19.50	13.55	4.25	5.95	8.50	10.10	1.20
	⑤ [~]	取り合い部	19.50	13.59	3.19	5.91	11.50	10.10	1.22
	⑥	鋼板部	19.50	13.48	4.18	6.02	8.50	10.10	1.16
	⑦	鋼板部	19.50	13.47	4.17	6.03	8.50	10.10	1.16
	⑧	鋼板部	19.50	13.46	4.16	6.04	8.50	10.10	1.15
	⑨	構造物間	19.50	13.46	4.16	6.04	8.50	10.10	1.15
	⑩	構造物間	19.50	13.46	4.16	6.04	8.50	10.10	1.15
防潮壁 (第3号機放水立坑)	①	鋼板部	18.00	13.50	3.50	4.50	8.50	10.10	1.30
	②	鋼板部	18.00	13.56	3.56	4.44	8.50	10.10	1.34
	③	鋼板部	18.00	13.80	3.80	4.20	8.50	10.10	1.52
	④	鋼板部	18.00	13.80	3.80	4.20	8.50	10.10	1.52
	⑤	鋼桁部	18.00	13.80	3.80	4.20	8.50	10.10	1.52
	⑥	鋼板部	18.00	13.80	3.80	4.20	8.50	10.10	1.52
	⑦	鋼板部	18.00	13.80	3.80	4.20	8.50	10.10	1.52
	⑧	鋼板部	18.00	13.80	3.80	4.20	8.50	10.10	1.52
	⑨	鋼桁部	18.00	13.80	3.80	4.20	8.50	10.10	1.52
	⑩	鋼板部	18.00	13.80	3.80	4.20	8.50	10.10	1.52
	⑪	鋼板部	18.00	13.80	3.80	4.20	8.50	10.10	1.52
	⑫	鋼板部	18.00	13.50	3.50	4.50	8.50	10.10	1.30
	⑬	鋼板部	18.00	13.48	3.48	4.52	8.50	10.10	1.29
	⑭	鋼板部	18.00	13.52	3.52	4.48	8.50	10.10	1.32
	⑮	鋼板部	18.00	13.52	3.52	4.48	8.50	10.10	1.32
	⑯	鋼板部	18.00	13.49	3.49	4.51	8.50	10.10	1.30
	⑰	鋼板部	18.00	13.51	3.51	4.49	8.50	10.10	1.31
	⑱	鋼板部	18.00	13.51	3.51	4.49	8.50	10.10	1.31
	⑲	鋼板部	18.00	13.50	3.50	4.50	8.50	10.10	1.30

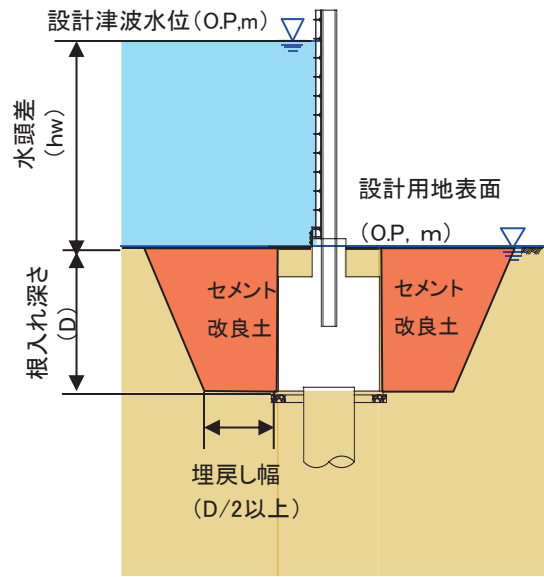


図 4-13 セメント改良土による埋戻し範囲概念図(鋼板部)

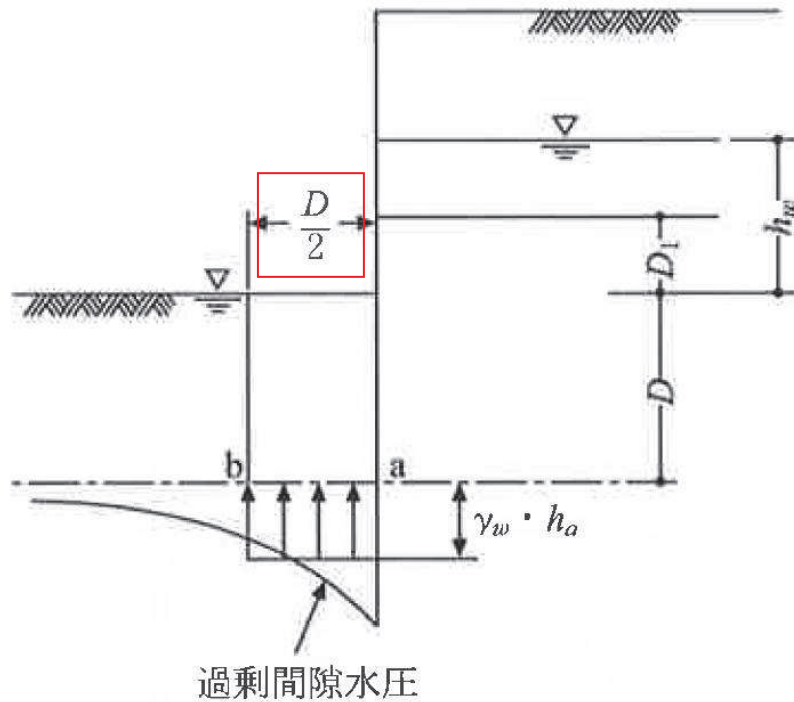


図 6.3.5 テルツァーギの検討方法

図 4-14 Terzaghi の検討方法
「山留め設計指針 平成 29 年 (日本建築学会)」より抜粋)

表 4-6 地盤改良後の評価結果（第 2 号機海水ポンプ室・第 3 号機海水ポンプ室）

構造物	評価対象位置	評価モデル	設計津波水位 (O.P. + m)	設計用地表面 (O.P. + m)	根入れ深さ D (m)	水位差 hw (m)	土の水中 単位体積重量 γ' (kN/m ³)	水の単位 体積重量 γ_w (kN/m ³)	安全率
防潮壁 (第 2 号機海水ポンプ室)	④	鋼鈹部	18.60	13.59	3.59	5.01	11.50	10.10	1.63
	⑤	鋼鈹部	18.60	13.57	3.57	5.03	11.50	10.10	1.61
	⑥	鋼鈹部	18.60	13.57	3.57	5.03	11.50	10.10	1.61
	⑦	鋼鈹部	18.60	13.57	3.57	5.03	11.50	10.10	1.61
	⑧	鋼桁部	18.60	13.57	3.57	5.03	11.50	10.10	1.61
	⑨	鋼鈹部	18.60	13.57	3.57	5.03	11.50	10.10	1.61
	⑩	鋼鈹部	18.60	13.57	3.57	5.03	11.50	10.10	1.61
防潮壁 (第 3 号機海水ポンプ室)	①	鋼板部	19.50	13.46	4.16	6.04	11.50	10.10	1.56
	②	鋼板部	19.50	13.46	4.16	6.04	11.50	10.10	1.56
	③	鋼板部	19.50	13.55	4.25	5.95	11.50	10.10	1.62
	④	鋼板部	19.50	13.55	4.25	5.95	11.50	10.10	1.62
	⑤	鋼板部	19.50	13.55	4.25	5.95	11.50	10.10	1.62
	⑥	鋼板部	19.50	13.48	4.18	6.02	11.50	10.10	1.58
	⑦	鋼板部	19.50	13.47	4.17	6.03	11.50	10.10	1.57
	⑧	鋼板部	19.50	13.46	4.16	6.04	11.50	10.10	1.56
	⑨	構造物間	19.50	13.46	4.16	6.04	11.50	10.10	1.56
	⑩	構造物間	19.50	13.46	4.16	6.04	11.50	10.10	1.56

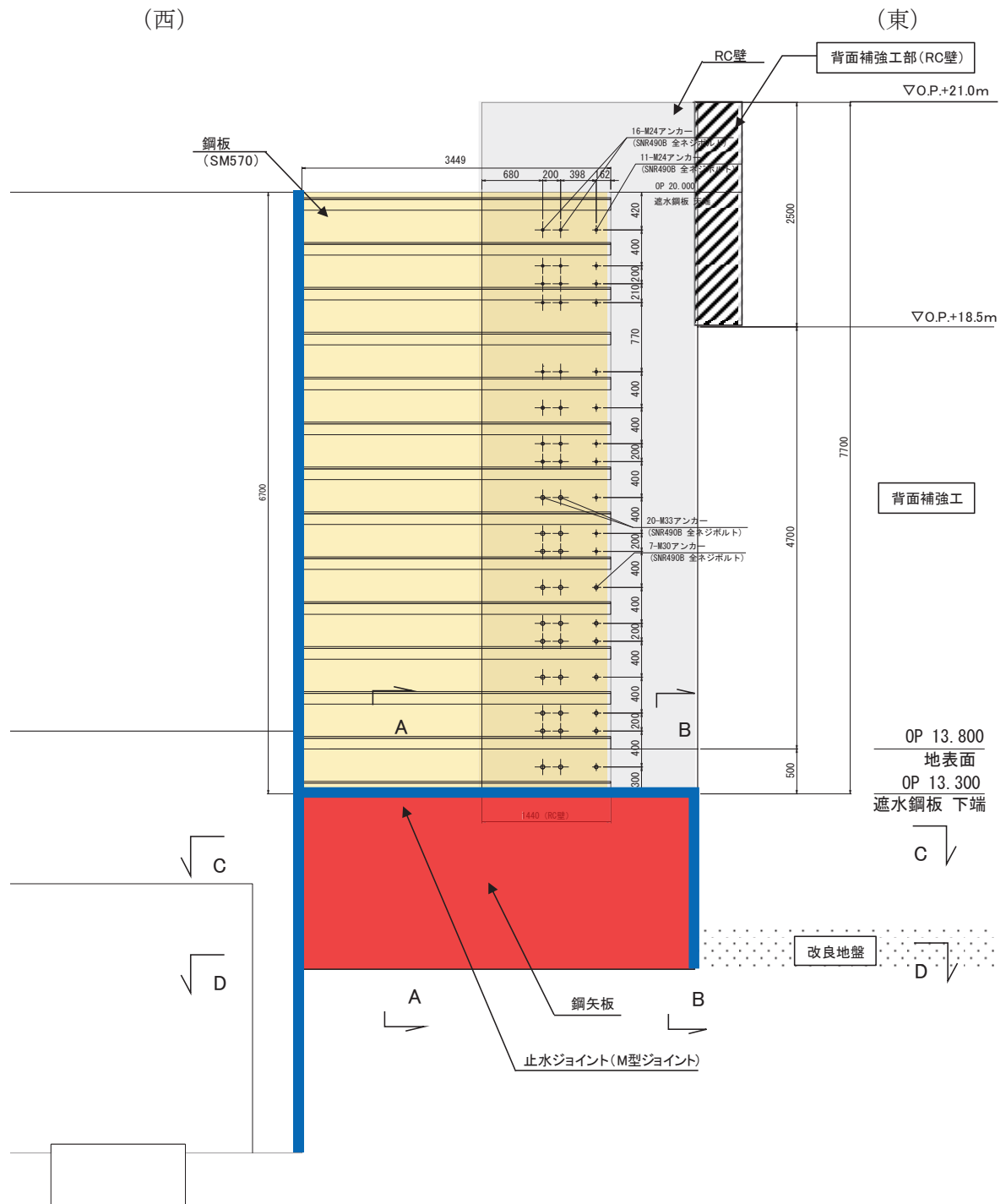
(別紙2)防潮堤取り合い部のボイリング対策の概要について

防潮堤取り合い部（鋼板・RC壁）におけるボイリング対策として鋼矢板（鋼板）とセメント改良土の表層改良体を構築し、これにより必要根入れ長を確保する。

概要を図1及び以下に示す。

- ・ 鋼板は止水ジョイントを介して上方の防潮堤取り合い部（鋼板・RC壁）及び左右に隣り合う防潮壁フーチング、防潮堤（背面補強工・改良地盤）と接合することで、揺すり込み沈下に伴うセメント改良体の不同沈下等に対しても変形追従し、肌離れ等が発生した場合に対して水みちの形成を防止する。なお、改良地盤との接続については、アンカーボルト等による設置が困難であることから、抜け出し防止用の定着板を設置することで付着を取る。
- ・ 鋼板は、他の鋼矢板（鋼板）と役割は同様であるが、セメント改良土中に設置することで、土圧による有意な変形や土中部につき津波荷重も作用しないため構造照査については省略することが可能である。
- ・ 一方、揺すり込み沈下時にはセメント改良体の変形（沈下）に追従するため、止水ジョイントが揺すり込み沈下による変形に追従できることを確認する必要があるが、前述のとおり最大で210mm程度（p.（参考）4-17 表4-2）で、止水ジョイントの許容変形量550mm以内に収まることを確認している。

以上、揺すり込み沈下による不同沈下が生じた場合においても、表層改良体と改良体中に構築する鋼矢板により、防潮堤取り合い部（鋼板・RC壁）下部の止水性を確保することが可能である。



(正面図)

図 1(1) 防潮堤取り合い部 (鋼板・RC 壁) におけるボイリング対策の概要
(防潮堤取り合い部④の例)

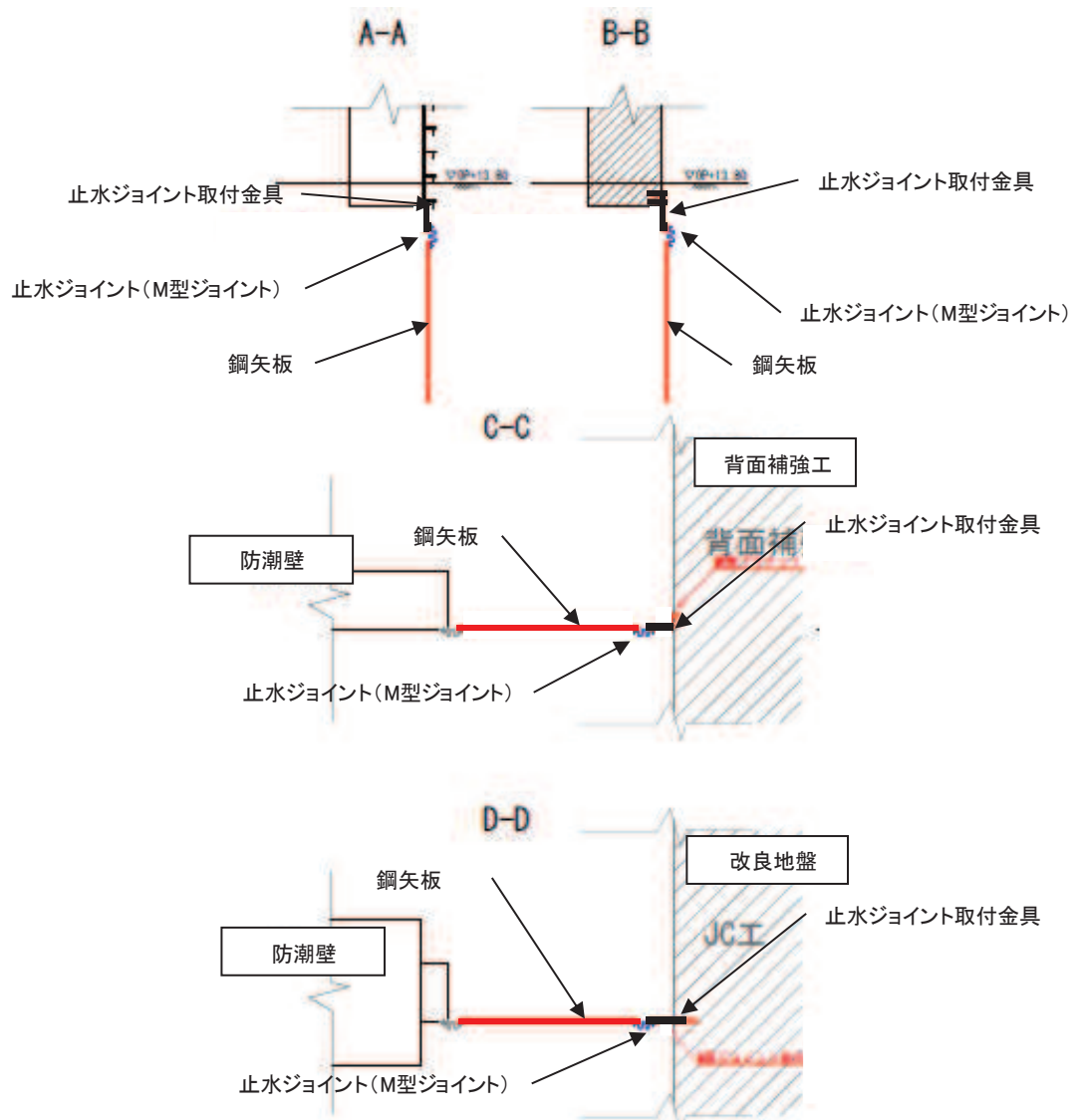


図 1(2) 防潮堤取り合い部（鋼板・RC 壁）におけるボーリング対策の概要
 （防潮堤取り合い部④の例）

(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

1. 概要

放水路に繋がり第2号機的设计基準対象施設の津波防護対象設備を内包する建屋及び区画に流入する可能性のある経路としては、防潮壁の外側と内側をバイパスする開口部が考えられる。

ここでは、建屋及び区画への津波の流入を防止する観点から、防潮壁(第2号機放水立坑)及び防潮壁(第3号機放水立坑)の外側と内側をバイパスする開口部(地下トレンチ)の止水対策について示す。防潮堤下部を横断するトレンチについては、改良地盤および防潮壁のフーチングや遮水鋼板が水平方向および鉛直方向に連続しているため、津波時の遮水鋼板周面からの津波の回り込み及びボイリングは生じないことを確認した。

2. 止水対策の概要

2.1 対象とする地下トレンチ

添付書類「VI-1-1-2-2-4 入力津波による津波防護対象設備への影響評価」に示すとおり、放水路から建屋及び区画への流入の可能性のある経路として、防潮壁(第2号機放水立坑)の下部を横断する第2号機HCWカナル放出トレンチ(以下、地下トレンチ①という。)、第2号機ボール捕集器ピット連絡トレンチ(以下、地下トレンチ②という。)及び第2号機復水器連続洗浄装置連絡配管トレンチ(以下、地下トレンチ③という。)、防潮壁(第3号機放水立坑)の下部を横断する第3号機ボール捕集器ピット連絡トレンチ(以下、地下トレンチ④という。)及び第3号機復水器連続洗浄装置連絡配管トレンチ(以下、地下トレンチ⑤という。)が該当する。

これらのトレンチ内に設置する配管及びケーブルの貫通部止水処置の地震・津波に対する評価については、添付書類「VI-2-10-2-11-1 貫通部止水処置(外郭防護)の耐震性についての計算書」及び添付書類「VI-3-別添3-2-10 貫通部止水処置の強度計算書」に示す。

第2号機放水立坑の地下トレンチの位置図を図2-1に、第3号機放水立坑の地下トレンチの位置図を図2-2に示す。

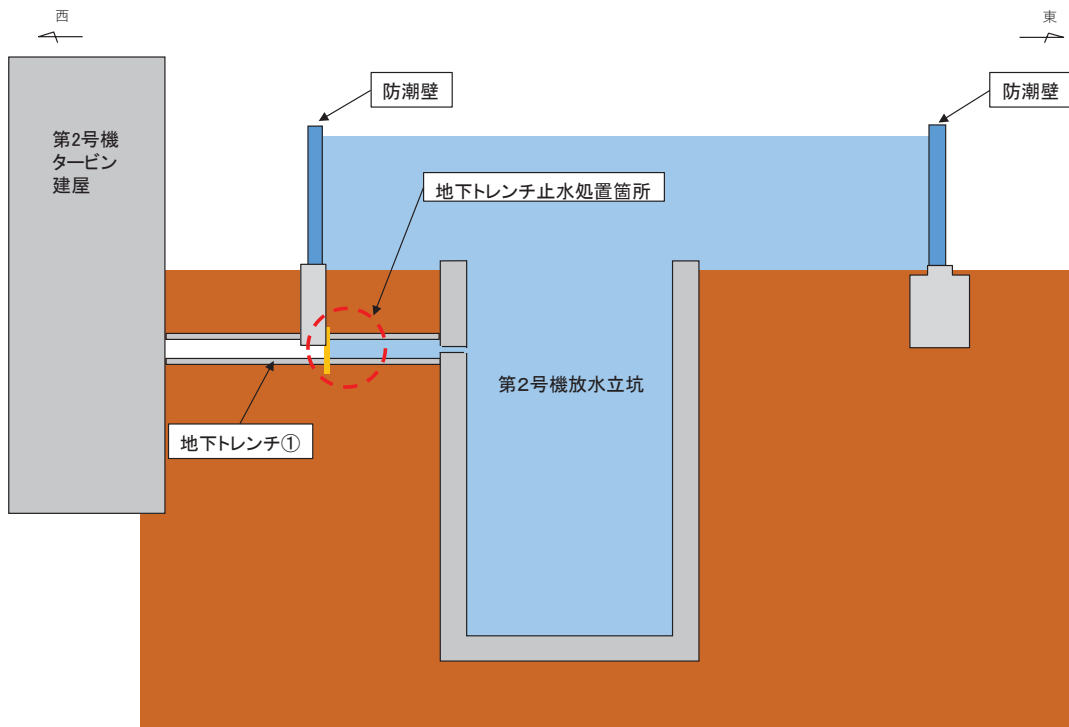


図 2-1 (3) 地下トレンチ位置図 (第 2 号機放水立坑防潮壁) (A-A) (地下トレンチ①)

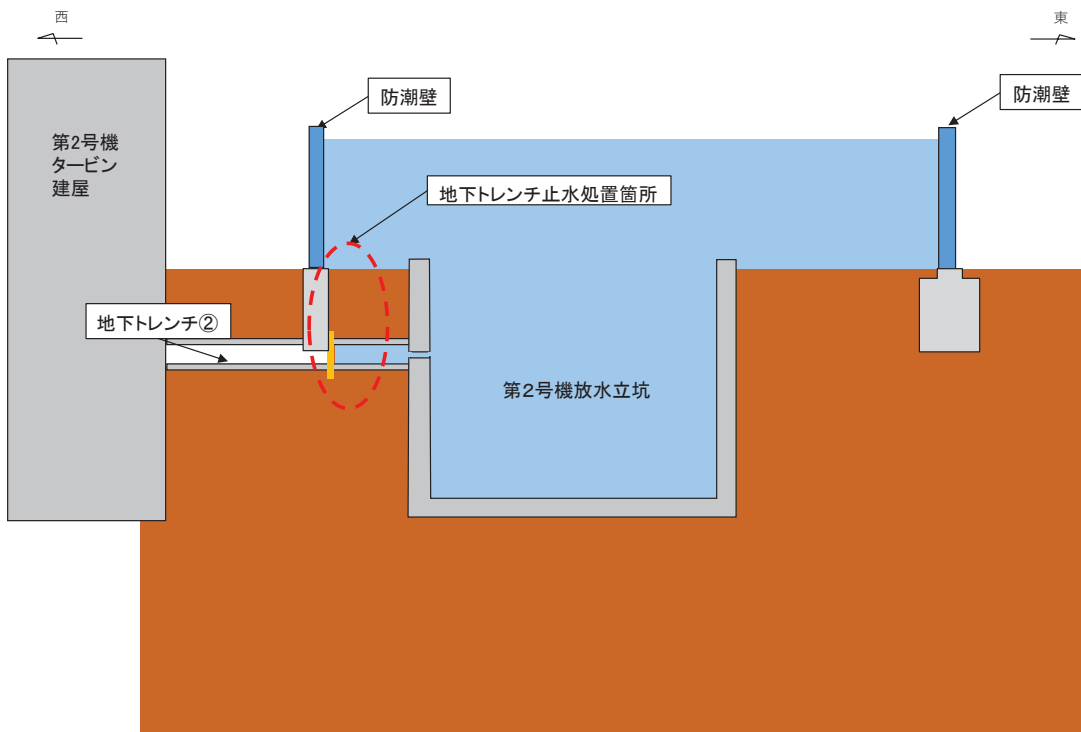


図 2-1 (4) 地下トレンチ位置図 (第 2 号機放水立坑防潮壁) (B-B) (地下トレンチ②)

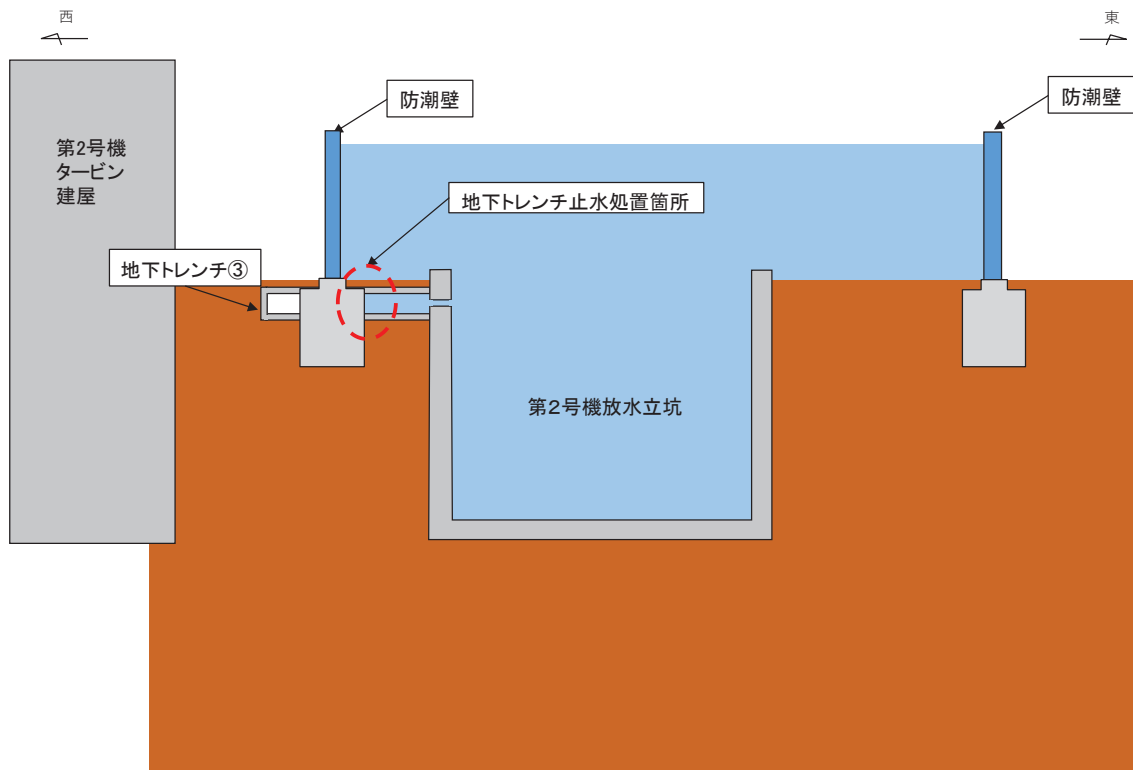


図 2-1 (5) 地下トレンチ位置図 (第 2 号機放水立坑防潮壁) (C-C) (地下トレンチ③)

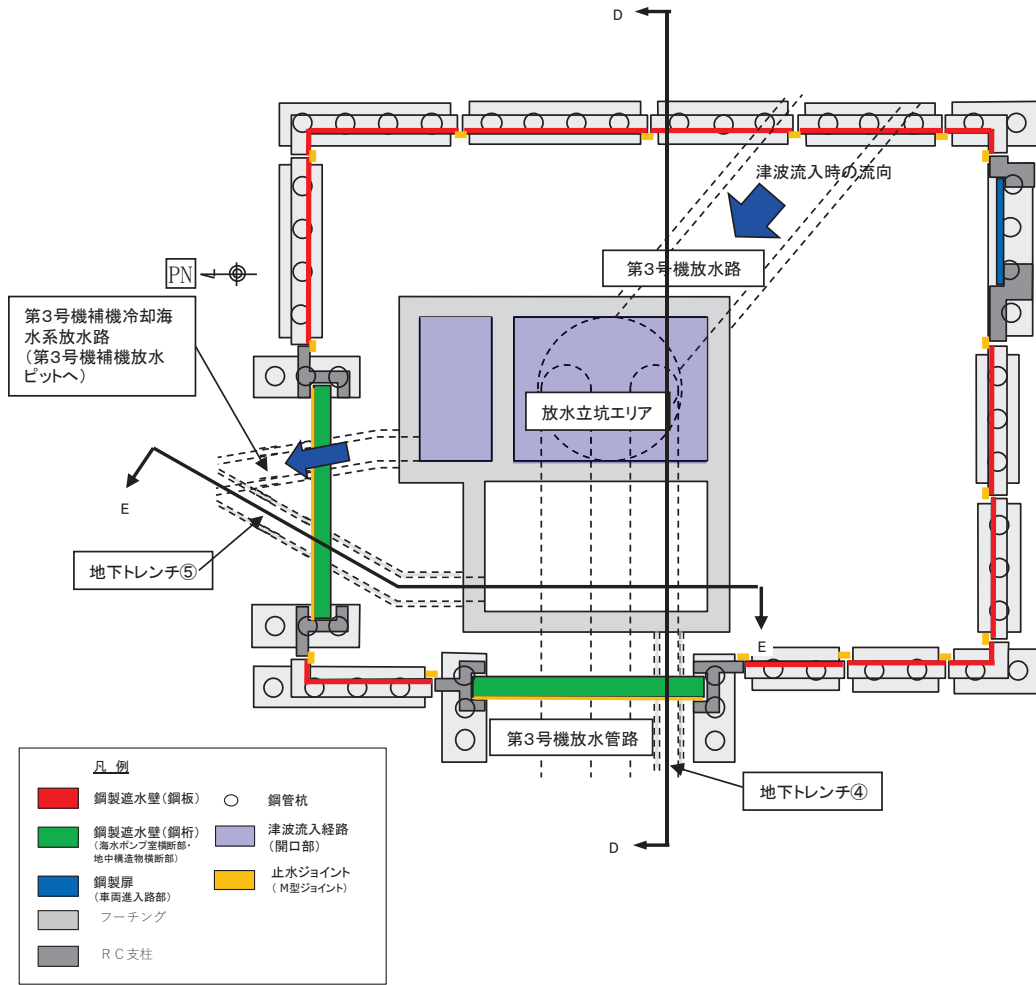


図 2-2(1) 地下トレンチ位置図 (第 3 号機放水立坑防潮壁)

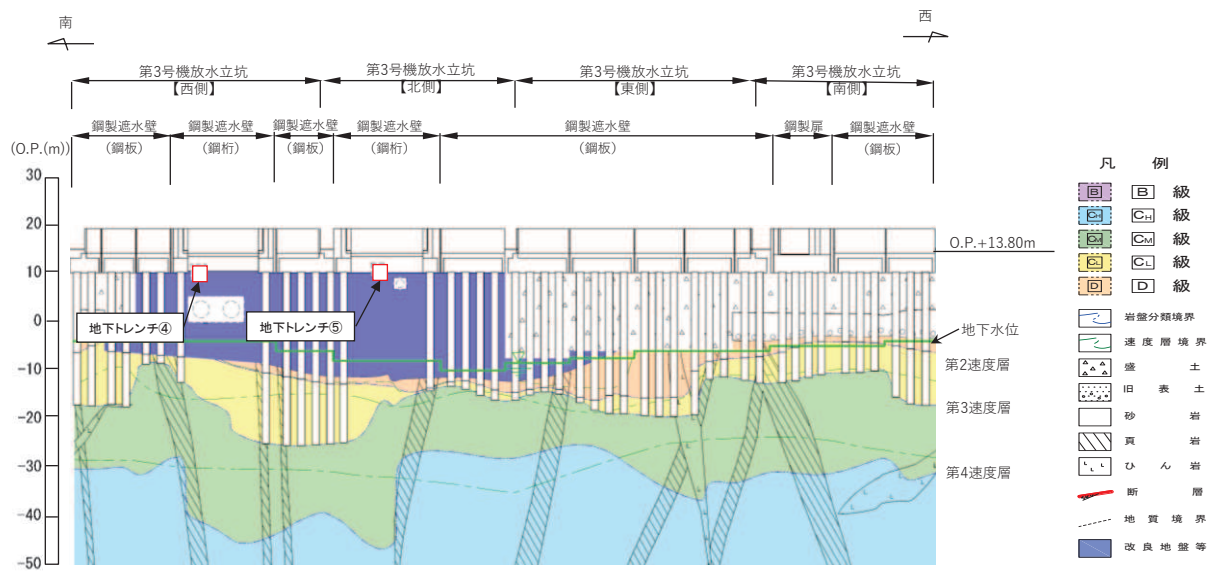


図 2-2(2) 地下トレンチ位置図 (第 3 号機放水立坑防潮壁)

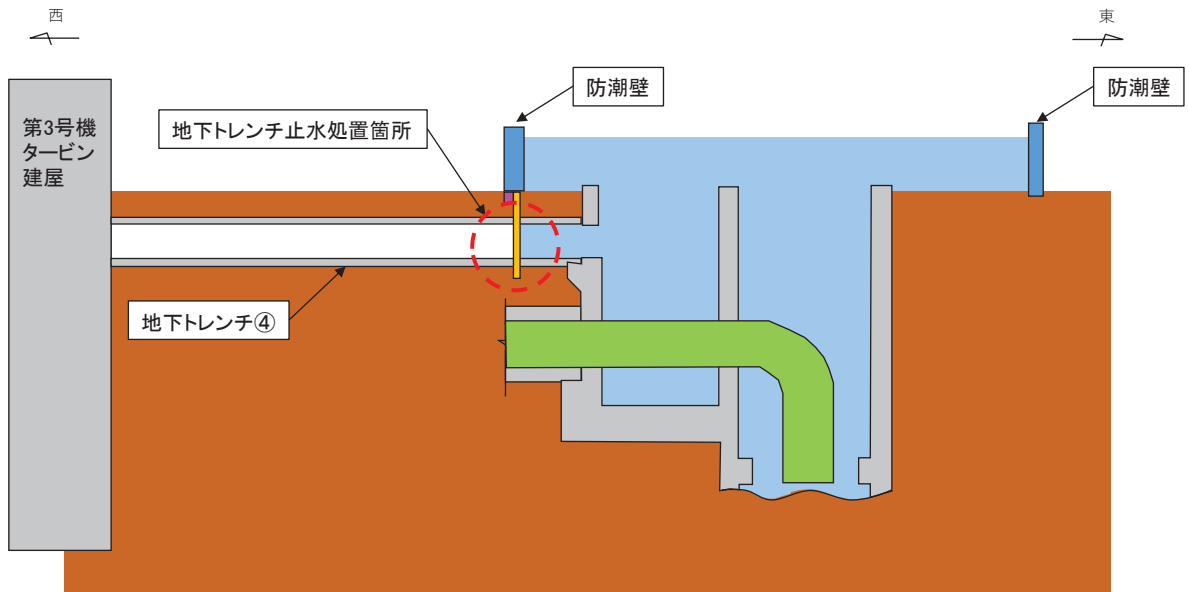


図 2-2(3) 地下トレンチ位置図 (第 3 号機放水立坑防潮壁) (D-D) (地下トレンチ④)

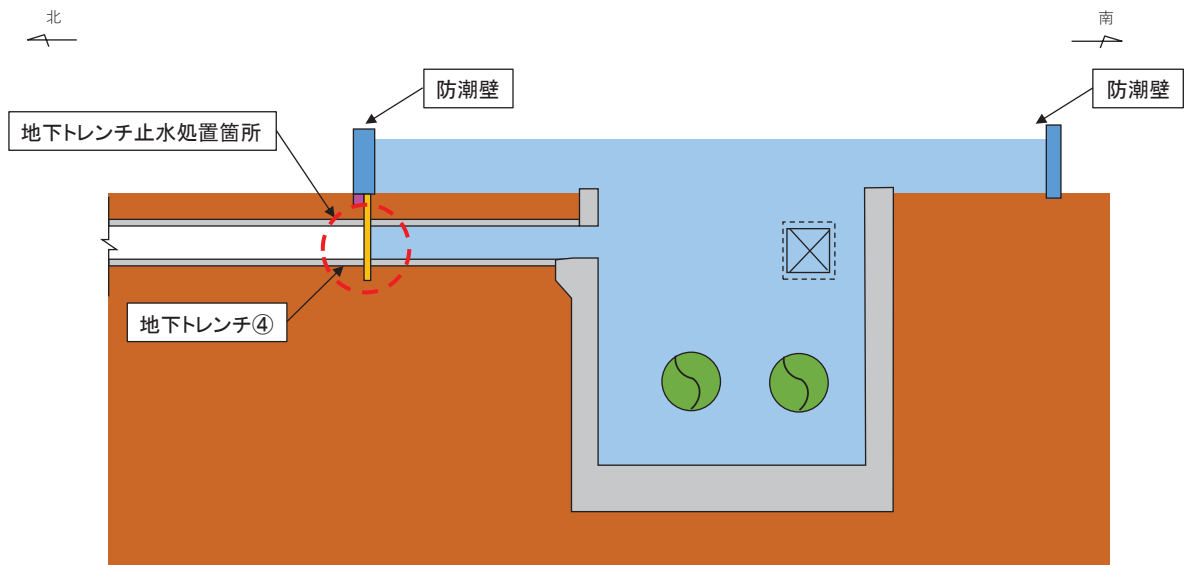


図 2-2(4) 地下トレンチ位置図 (第 3 号機放水立坑防潮壁) (E-E) (地下トレンチ⑤)

2.2. 地下トレンチの止水対策

地下トレンチの止水対策については、トレンチと防潮壁の縦断位置関係から、以下の3種類のパターンに分類される。

(1) 鋼製遮水壁（鋼板）のフーチング下部をトレンチが横断するパターン

（第2号機放水立坑：地下トレンチ①, ②）

鋼製遮水壁（鋼板）のフーチング下部をトレンチが横断するパターンについて、図2-1(3), (4)に示す止水箇所の拡大断面を図2-3に示す。また、トレンチと遮水鋼板の取り合い構造について、概略図を図2-4に示す。

トレンチ周辺は図2-3に示す改良地盤ラインより下側については改良地盤にて構成されており、また、改良地盤ラインより上側はフーチングが水平方向に連続しているため、図2-4に示す止水ラインが確保されることから、津波時の遮水鋼板周面からの津波の回り込み及びボイリングは生じない。遮水鋼板とフーチング（接続部）間については、遮水鋼板を型枠の一部として活用しコンクリートを打設することで密着性を確保し、止水ラインを確保する。なお、遮水鋼板構築のためトレンチの一部は一時撤去するが、無収縮モルタルにより修復する。

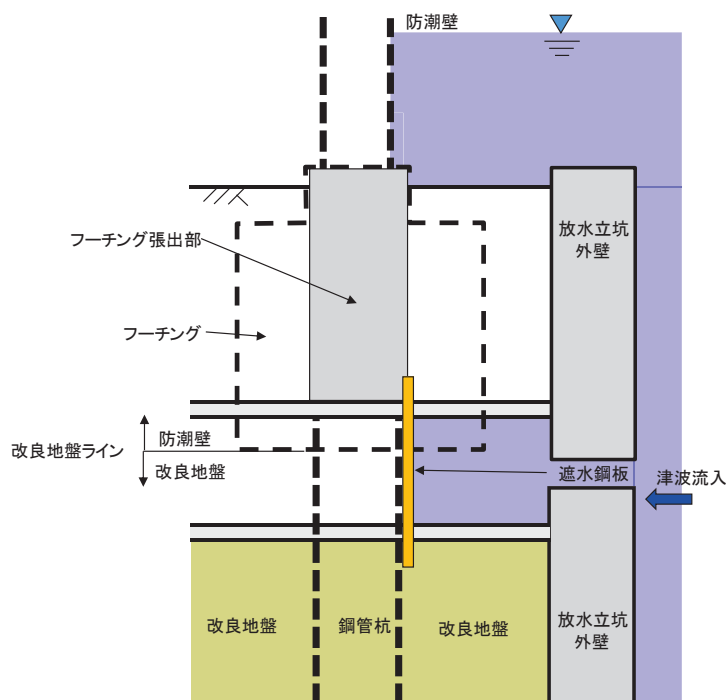
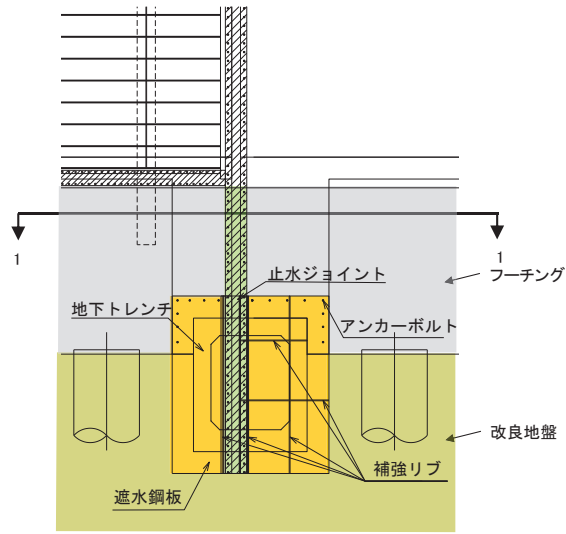
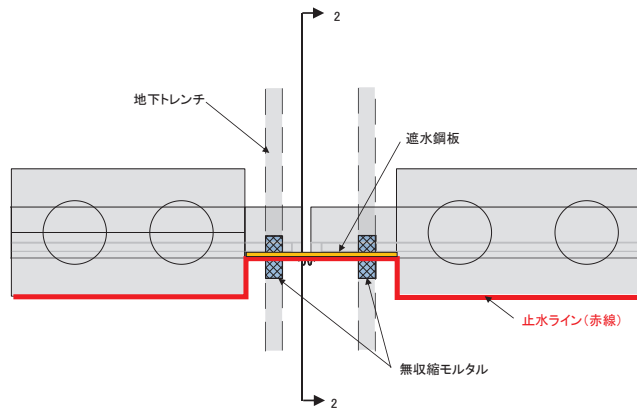


図 2-3 トレンチ止水対策拡大断面

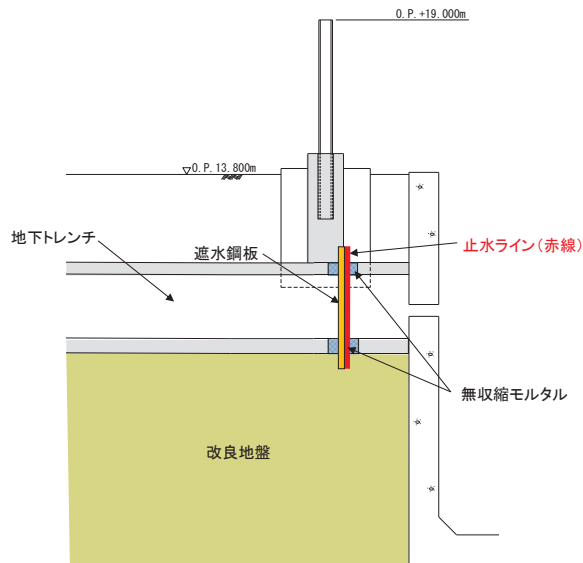
（第2号機放水立坑：地下トレンチ①, ②）（A-A, B-B 断面）



(正面図)



(平面図) (1-1)



(縦断図) (2-2)

図 2-4 トレンチと遮水鋼板の概略構造図 (地下トレンチ②)

(3) 鋼製遮水壁（鋼桁）の鋼板（土中部）をトレンチが横断するパターン
（第3号機放水立坑：地下トレンチ④, ⑤）

鋼製遮水壁（鋼桁）の鋼板（土中部）をトレンチが横断するパターンについて、図2-2(3), (4)に示す止水箇所の拡大断面を図2-6に示す。鋼製遮水壁（鋼桁）の鋼板（土中部）により、津波の流入を防止する。また、トレンチと遮水鋼板の接合部並びにフーチングと遮水鋼板の接合部について、概略構造を図2-7に示す。トレンチ周辺は、図2-6に示す改良地盤ラインより下側については改良地盤にて構成されており、また、改良地盤ラインより上側は鋼板（土中部）が水平方向に連続しているため図2-7に示す止水ラインが確保されることから、津波時の遮水鋼板周面からの津波の回り込み及びボイリングは生じない。なお、遮水鋼板構築のためトレンチの一部は一時撤去するが、無収縮モルタルにより修復する。

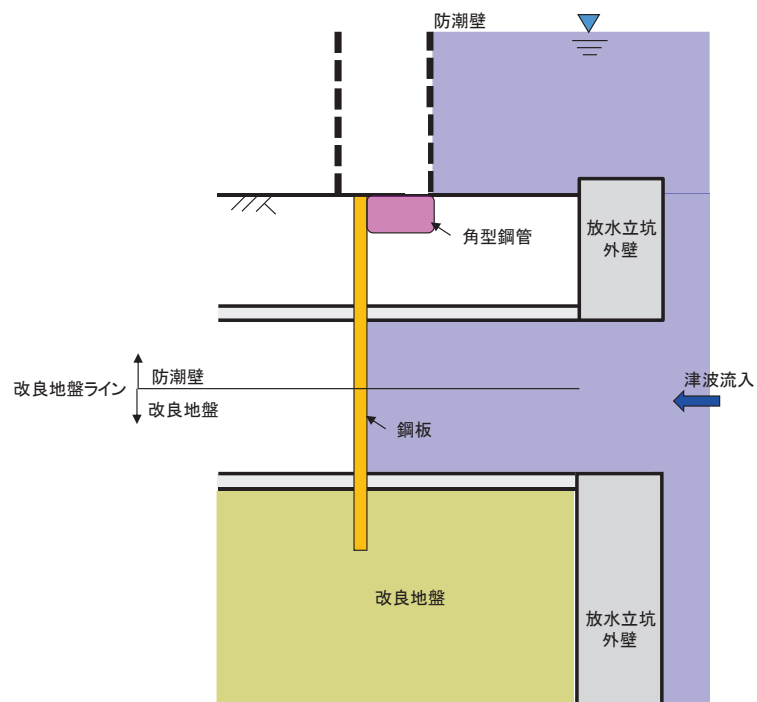
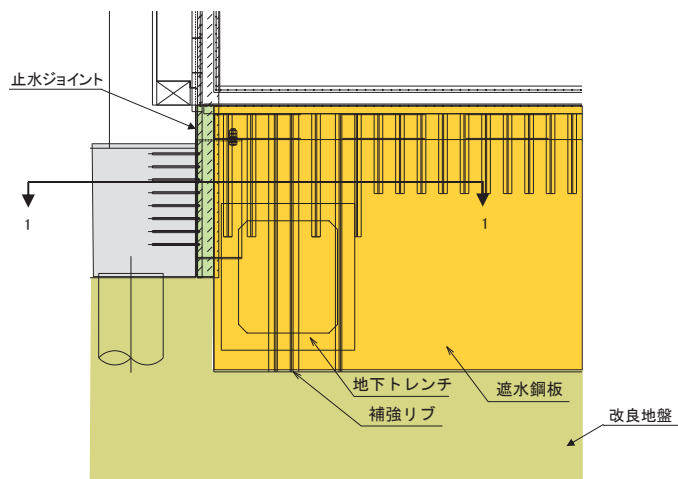
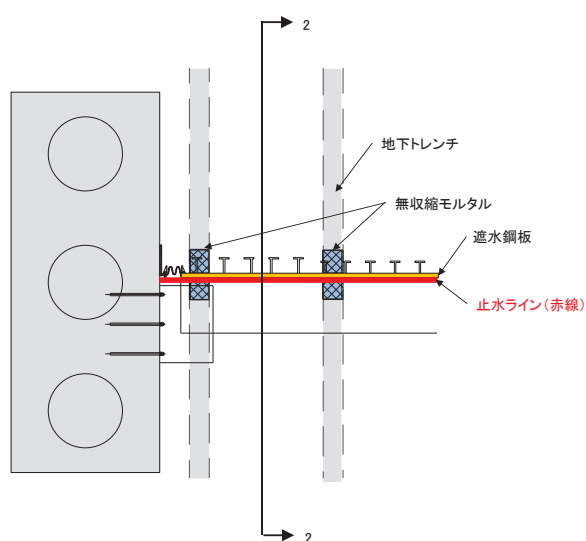


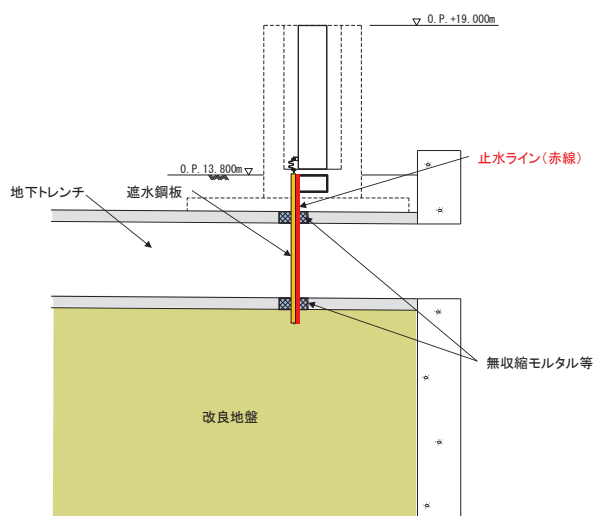
図2-6 トレンチ止水対策概略断面
（第3号機放水立坑：地下トレンチ④, ⑤）（D-D, E-E 断面）



(正面図)



(平面図) (1-1)



(縦断図) (2-2)

図 2-7 トレンチと遮水鋼板の概略構造図 (地下トレンチ④)

(別紙) 地下トレンチに設置する遮水鋼板の施工手順について

地下トレンチに設置する遮水鋼板の施工手順について、地下トレンチ②を代表として示す。施工手順の全体フローを図1に、施工ステップを図2～図5に示す。

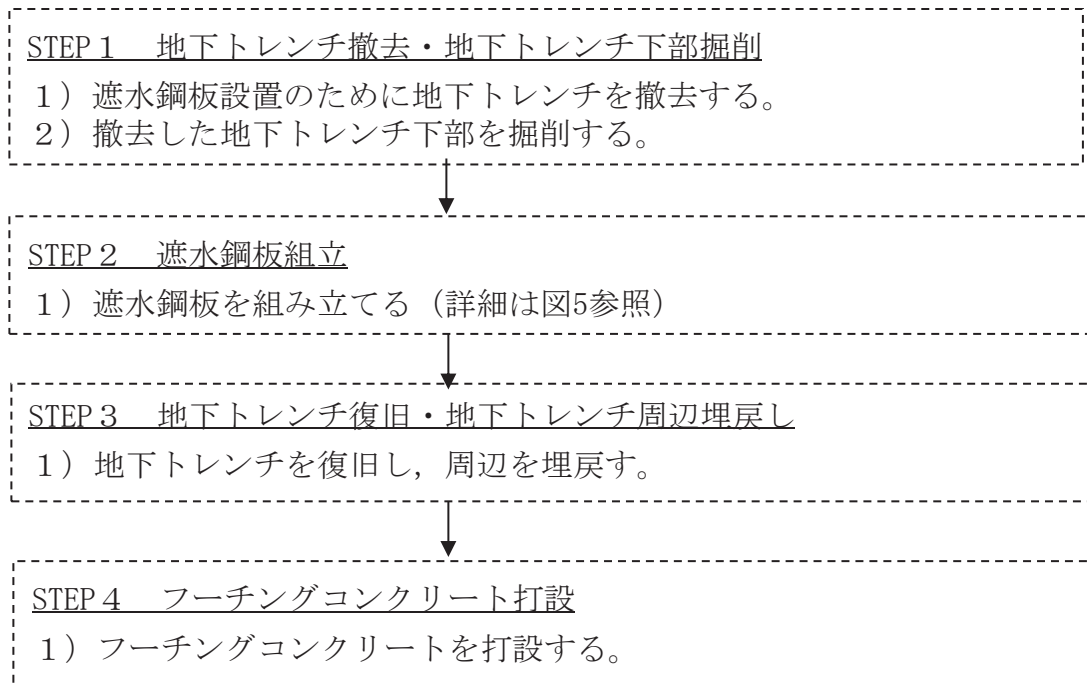
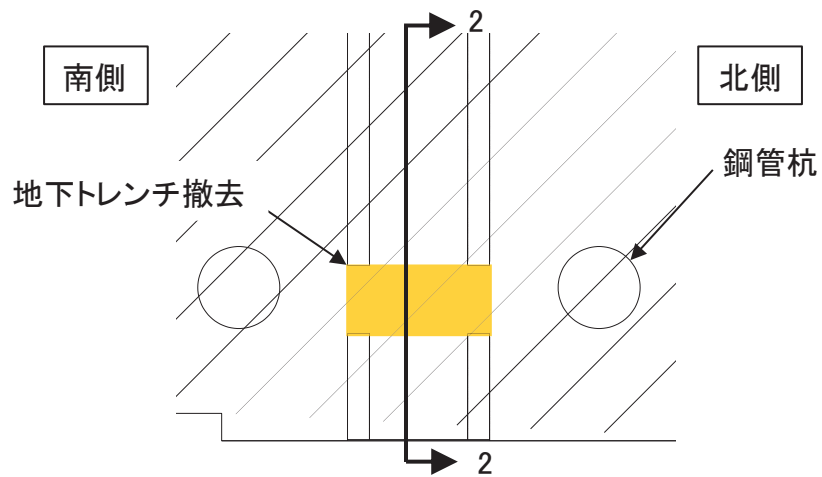
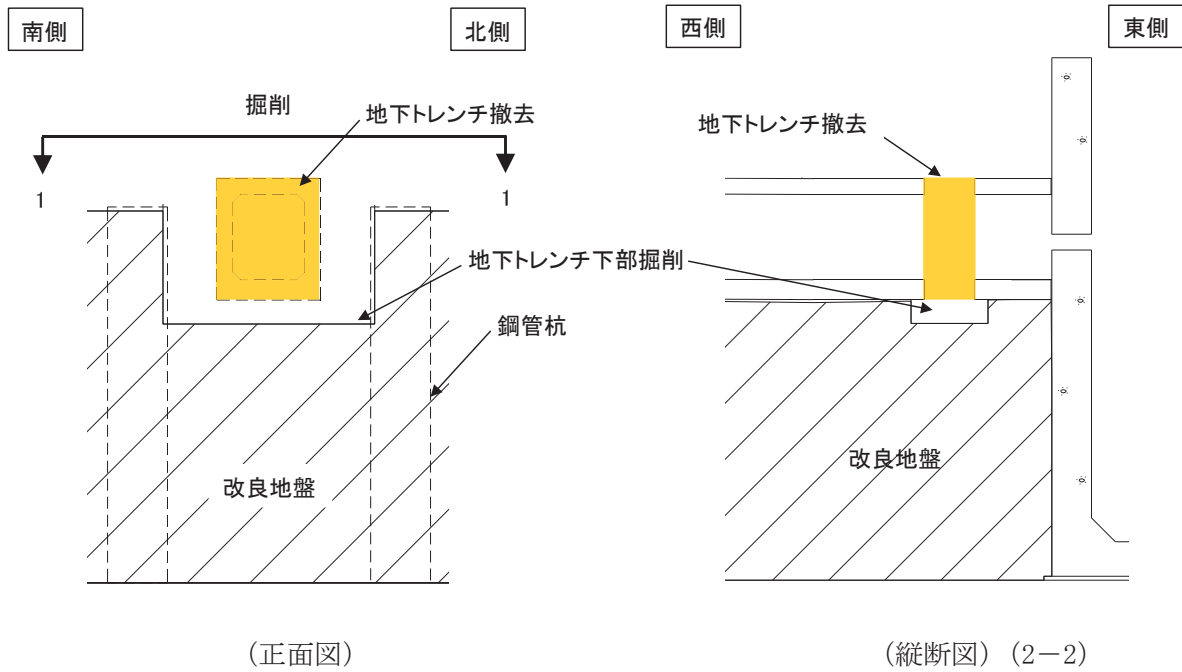


図1 遮水鋼板 施工フロー

STEP 1 地下トレンチ撤去・地下トレンチ下部掘削

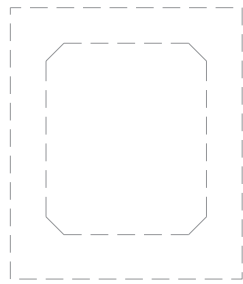


平面図 (1-1)

- 1) 遮水鋼板設置のために地下トレンチを撤去する。
- 2) 撤去した地下トレンチ下部を掘削する。

図2 遮水鋼板設置手順 STEP 1 (地下トレンチ②)

STEP 2 遮水鋼板組立

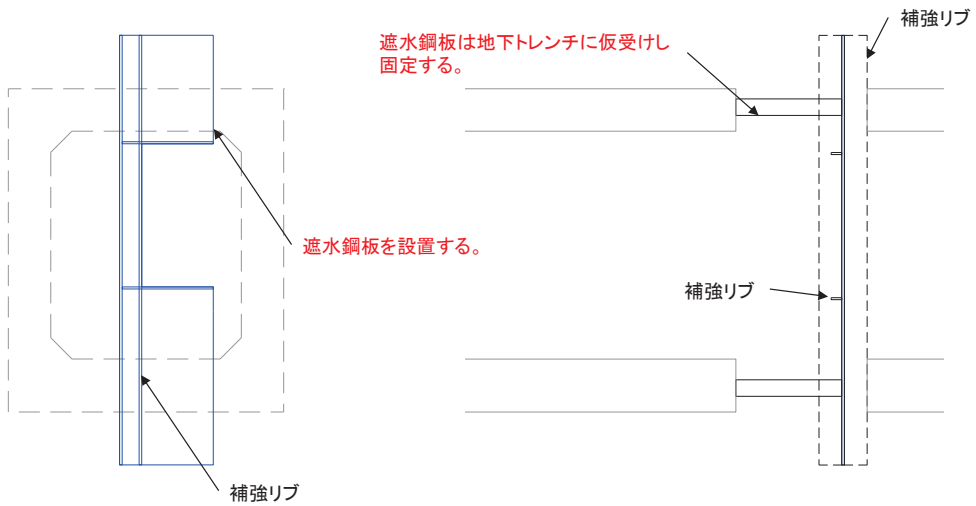


正面図



縦断面図

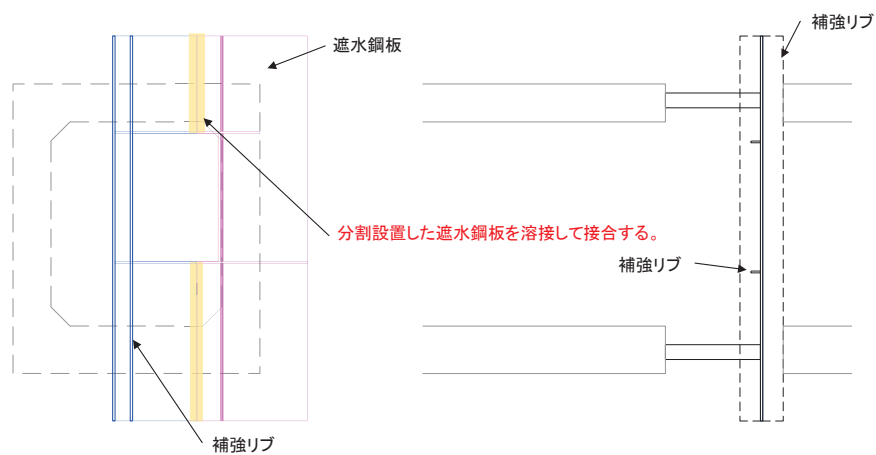
1) STEP 4 の状態 (トレンチを撤去した状態)



正面図

縦断面図

2) 分割した遮水鋼板を所定の位置に設置する。



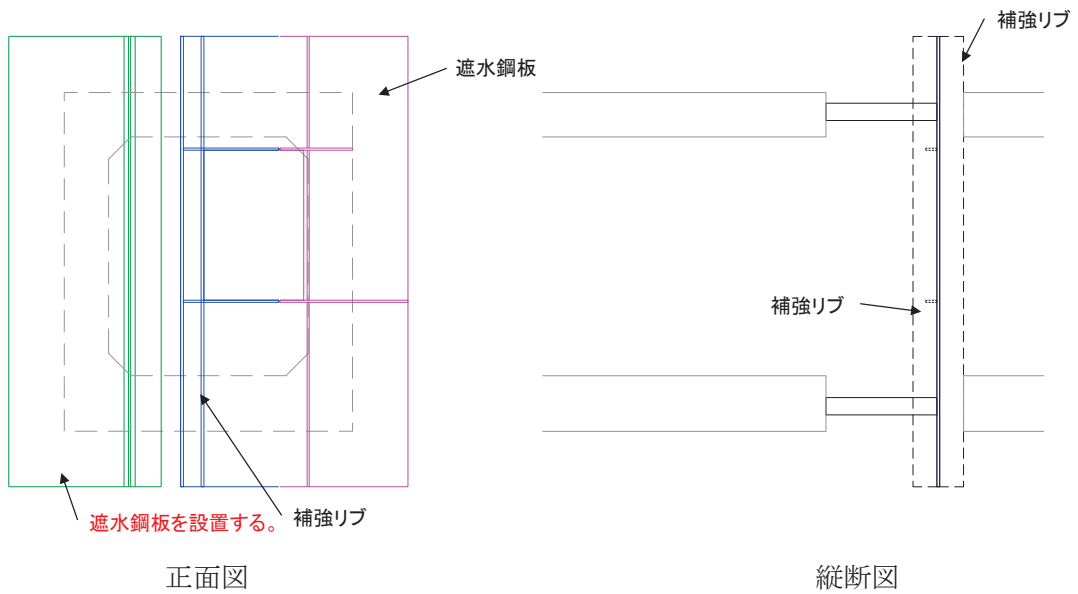
正面図

縦断面図

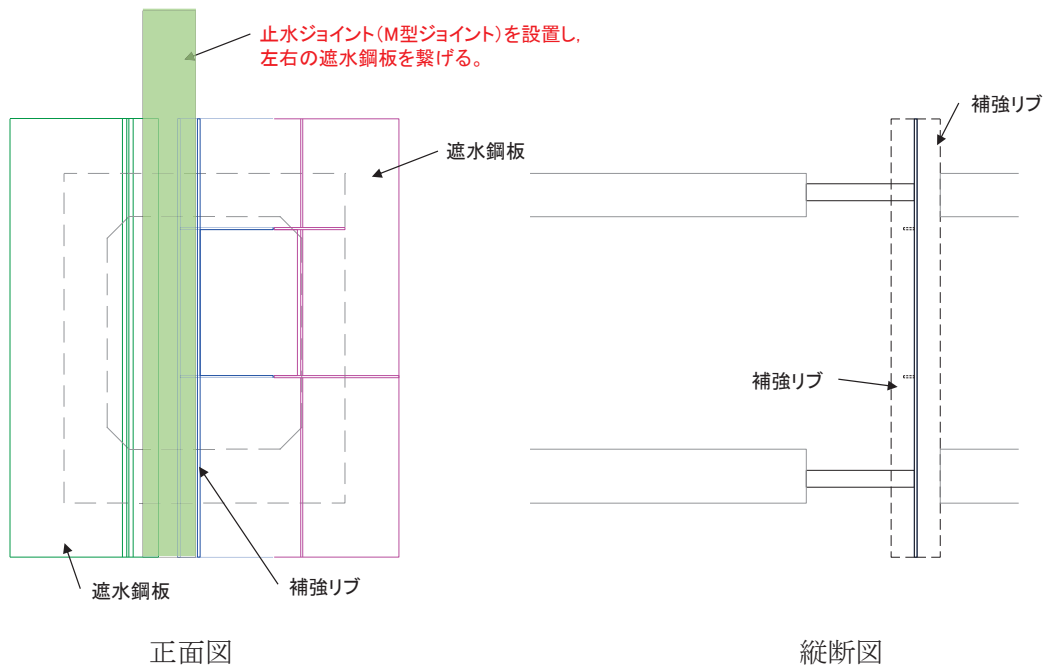
3) 分割設置した遮水鋼板を溶接して接合する。

図 3(1) 遮水鋼板設置手順 STEP 2 (地下トレンチ②)

STEP 2 遮水鋼板組立



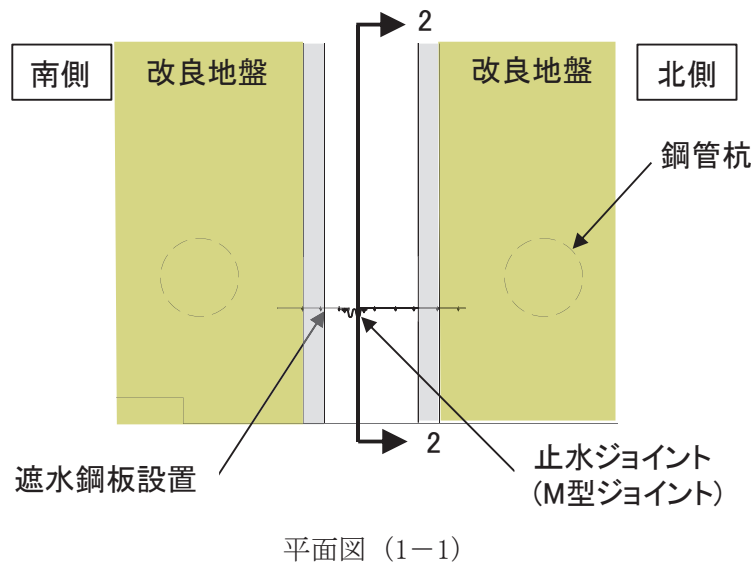
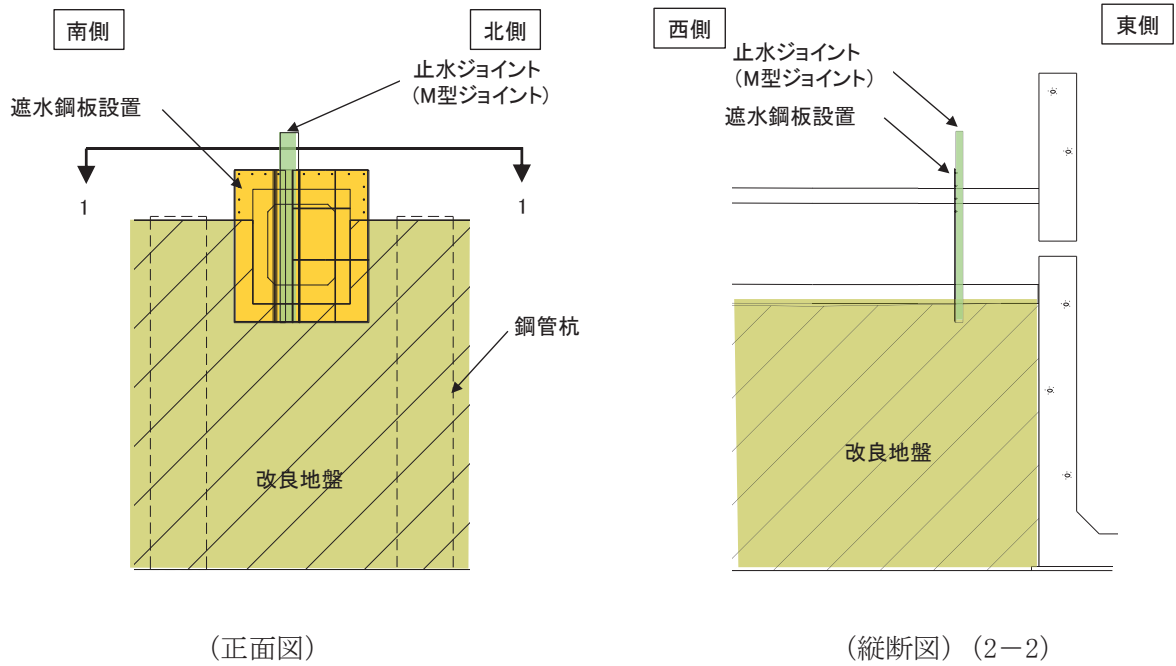
4) 分割した遮水鋼板を所定の位置に設置する。



5) 止水ジョイント (M型ジョイント) を設置し、左右の遮水鋼板を繋げる。

図 3(2) 遮水鋼板設置手順 STEP 2 (地下トレンチ②)

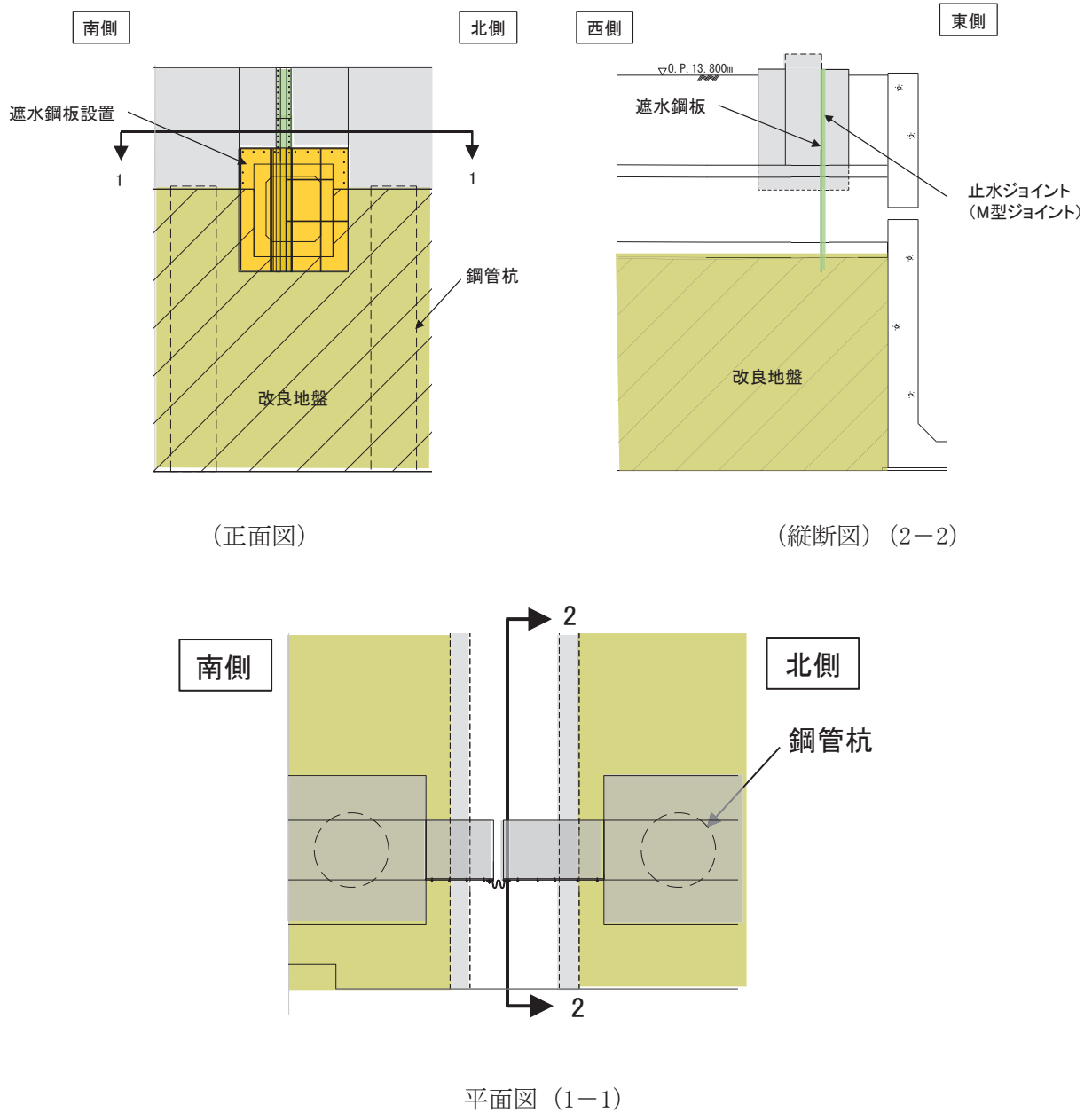
STEP 3 地下トレンチ復旧・地下トレンチ周辺埋戻し



1) 地下トレンチを復旧し，地下トレンチ周辺を埋戻す。

図4 遮水鋼板設置手順 STEP 3 (地下トレンチ②)

STEP 4 フーチングコンクリート打設



- 1) フーチングコンクリートを打設する。なお、遮水鋼板とフーチング（接続部）の施工については、遮水鋼板（先埋めアンカー設置）をフーチング（接続部）の型枠として使用しコンクリートを打設することで、遮水鋼板とフーチング（接続部）の密着を図る。（図6参照）。

図5 遮水鋼板設置手順 STEP 4（地下トレンチ②）

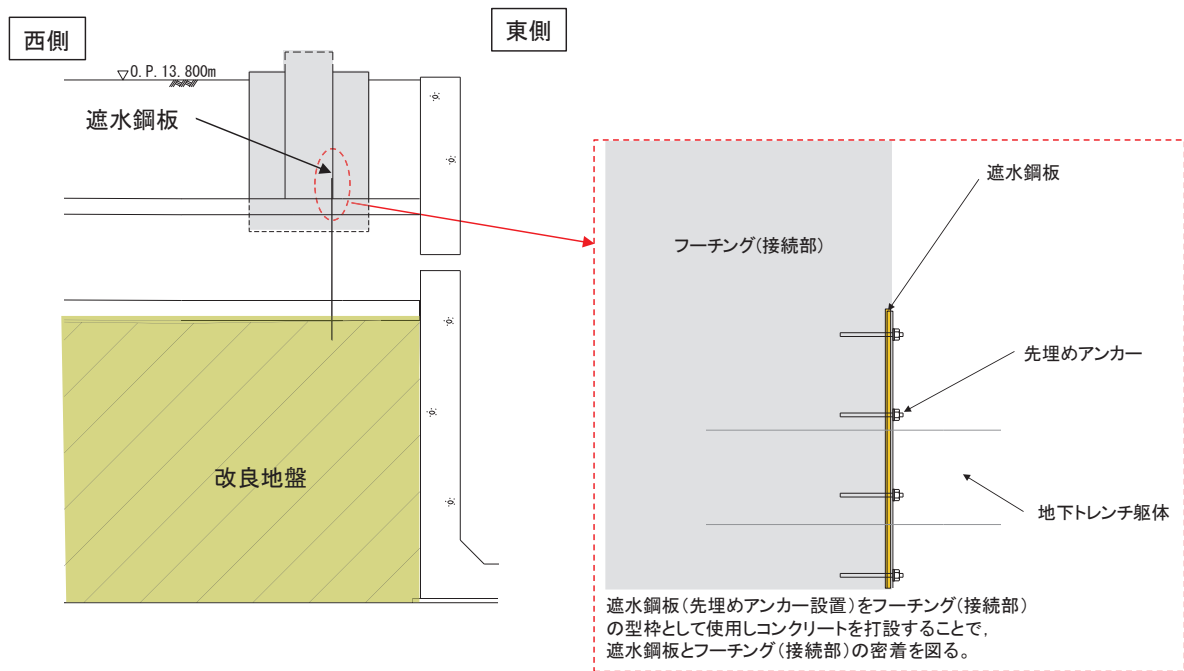


図6 遮水鋼板とフーチング(接続部)の一体化方法

- 6. 浸水防護施設に関する補足資料
- 6.4 貯留堰に関する補足説明

目 次

- 6.4.1 貯留堰の耐震性についての計算書に関する補足説明
- 6.4.2 貯留堰の強度計算書に関する補足説明

6. 浸水防護施設に関する補足資料

6.4 貯留堰に関する補足説明

6.4.1 貯留堰の耐震性についての計算書に関する補足説明

貯留堰は取水口と一体構造であり，取水口は断面が延長方向で異なり，加振方向に平行に配置される妻壁や隔壁等の面部材を耐震部材として考慮する構造物（箱形構造物）であることから，貯留堰を含めて三次元モデル化し，耐震評価を行う（貯留堰の位置図及び構造図については，「6.4.2 貯留堰の強度計算書に関する補足説明」に示す）。

貯留堰の耐震性については，補足610-20「屋外重要土木構造物の耐震安全性評価について 資料10 取水口の耐震安全性評価」で説明する。

- 6. 浸水防護施設に関する補足資料
- 6.4 貯留堰に関する補足説明
- 6.4.2 貯留堰の強度計算書に関する補足説明

目次

1. 概要	1
2. 基本方針	2
2.1 位置	2
2.2 構造概要	2
2.3 評価方針	5
2.4 適用基準	7
3. 強度評価方法	8
3.1 記号の定義	8
3.2 評価対象	9
3.3 荷重及び荷重の組合せ	11
3.3.1 荷重	11
3.3.2 荷重の組合せ	12
3.4 許容限界	13
3.5 評価方法	15
3.5.1 解析方法	15
3.5.2 設計水平震度の算定	16
3.5.3 評価方法	21
3.5.4 使用材料及び材料の物性値	21
4. 評価条件	23
4.1 津波時	23
4.2 重畳時1	25
4.3 重畳時2	27
4.4 解析ケースによる荷重モデル図	29
5. 強度評価結果	30
5.1 曲げ圧縮応力度に対する照査	30
5.2 引張応力度に対する照査	31
5.3 せん断応力度に対する照査	31

1. 概要

本資料は、添付書類「VI-3-別添 3-1 津波への配慮が必要な施設の強度計算の方針」に示すとおり、貯留堰 (No.1), (No.2), (No.3), (No.4), (No.5), (No.6) が地震後の繰返しの襲来を想定した津波荷重, 余震荷重及び漂流物の衝突荷重に対して十分な構造強度を有していることを確認するものである。

なお、貯留堰 (No.1), (No.2), (No.3), (No.4), (No.5), (No.6) の強度評価においては、平成 23 年 3 月 11 日に発生した東北地方太平洋沖地震による地殻変動に伴い、牡鹿半島全体で約 1m の地盤沈下が発生したことを考慮した敷地高さや施設高さ等を記載する。

2. 基本方針

2.1 位置

貯留堰の位置図を図 2-1 に示す。

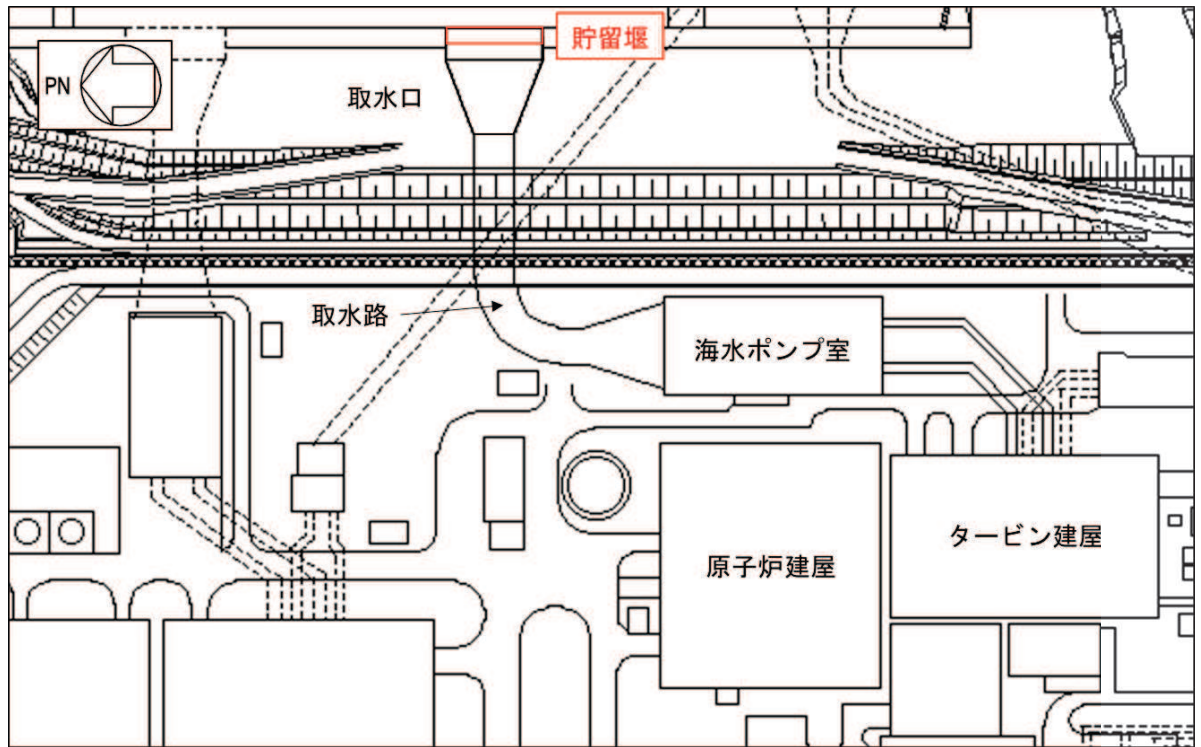


図 2-1 貯留堰位置図

2.2 構造概要

貯留堰の平面図，縦断図，正面図を図 2-2～図 2-4 に示す。

図 2-2～図 2-4 のとおり，貯留堰は岩盤上にマンメイドロック（以下「MMR」という。）を介して設置された取水口の底版に設置する鉄筋コンクリート製の構造物であり，取水口と一体構造の津波防護施設（非常用取水設備と兼用）である。貯留堰の寸法は，長さ（横幅）4.0m×天端幅（奥行き）2.5m×高さ 1.2m（天端高さ 0.P. -6.3m）であり，取水口上に 6 基設置する。貯留堰には通水機能及び貯水機能が要求される。

貯留堰は鉄筋コンクリート構造物であり、津波による水位低下に対して非常用海水ポンプの機能が保持でき、かつ、原子炉冷却に必要な海水を確保できるよう、取水口底版より 1.2m の高さを有している。貯留堰の配筋図を図 2-5 に示す。

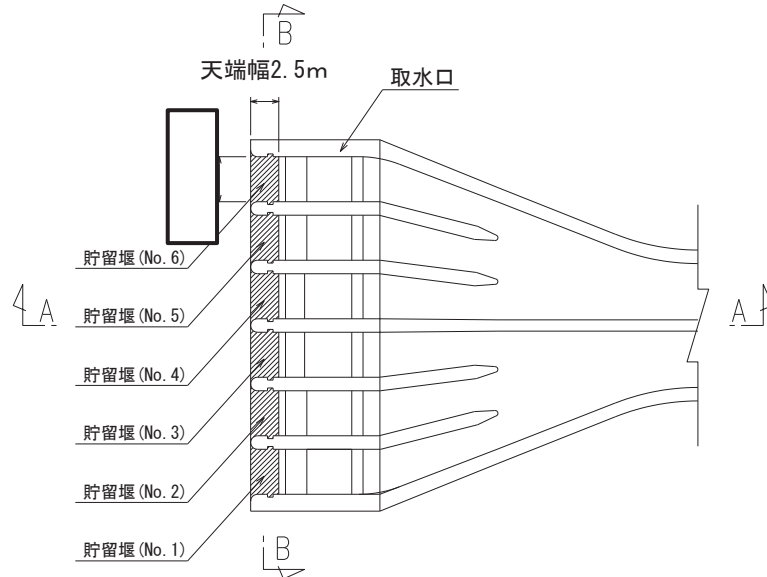


図 2-2 貯留堰平面図

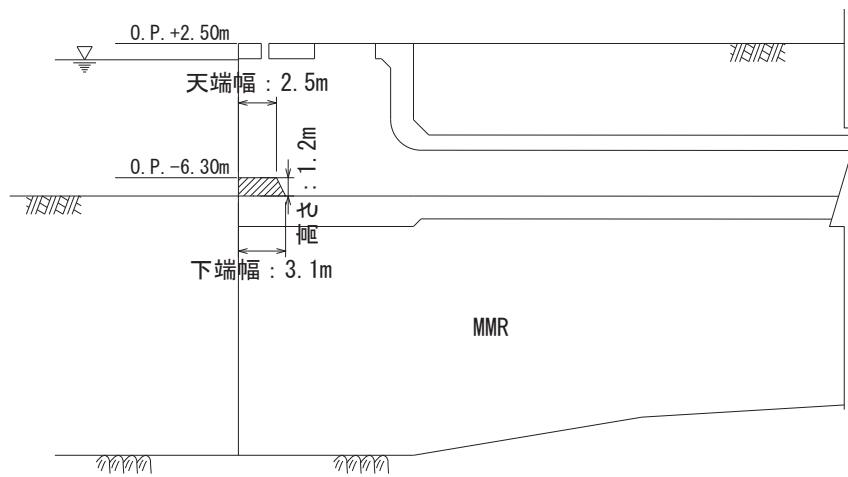


図 2-3 貯留堰縦断図 (A-A)

枠囲みの内容は防護上の観点から公開できません。

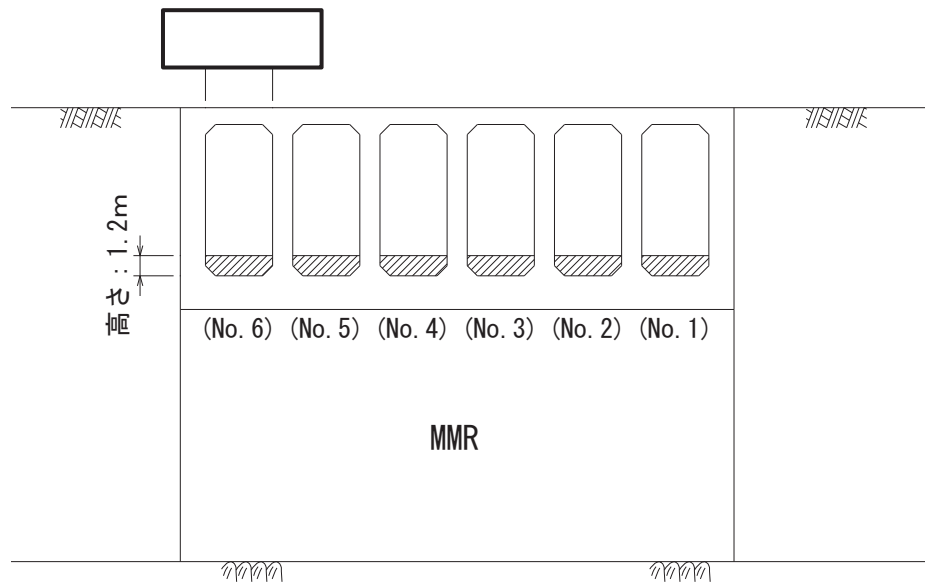


図 2-4 貯留堰正面図 (B-B)

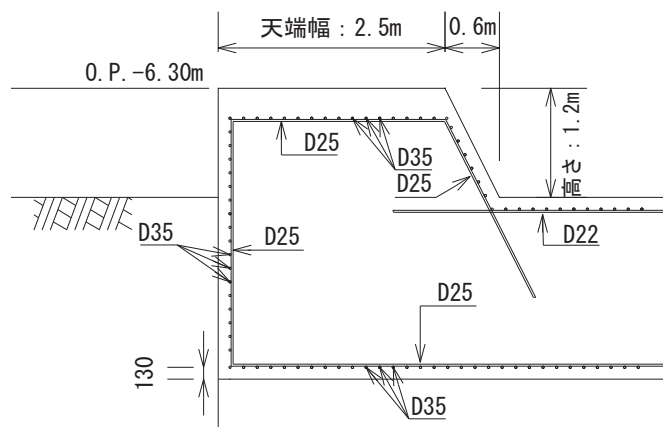


図 2-5 貯留堰配筋図

枠囲みの内容は防護上の観点から公開できません。

2.3 評価方針

貯留堰の強度評価は、添付書類「VI-3-別添 3-1 津波への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の「4.1 荷重及び荷重の組合せ」及び「4.2 許容限界」を踏まえて実施する。強度評価においては、「3. 強度評価方法」に示す方法により、「4. 評価条件」に示す評価条件を用いて評価し、「5. 強度評価結果」より、発生応力が許容限界を満足することを確認する。

貯留堰の強度評価に用いる荷重及び荷重の組合せは、津波に伴う荷重作用時（以下「津波時」という。）、津波に伴う荷重及びS d - D 2による余震荷重作用時（以下「重畳時」という。）を対象とする。

貯留堰の評価項目及び評価フローを表 2-1、図 2-6 に示す。

表 2-1 貯留堰の評価項目

評価方針	評価項目	評価方法	許容限界
構造強度を有すること	施設の健全性	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（曲げ・軸力，せん断力）*
止水性を損なわないこと			

注記*：妥当な安全余裕を考慮する。

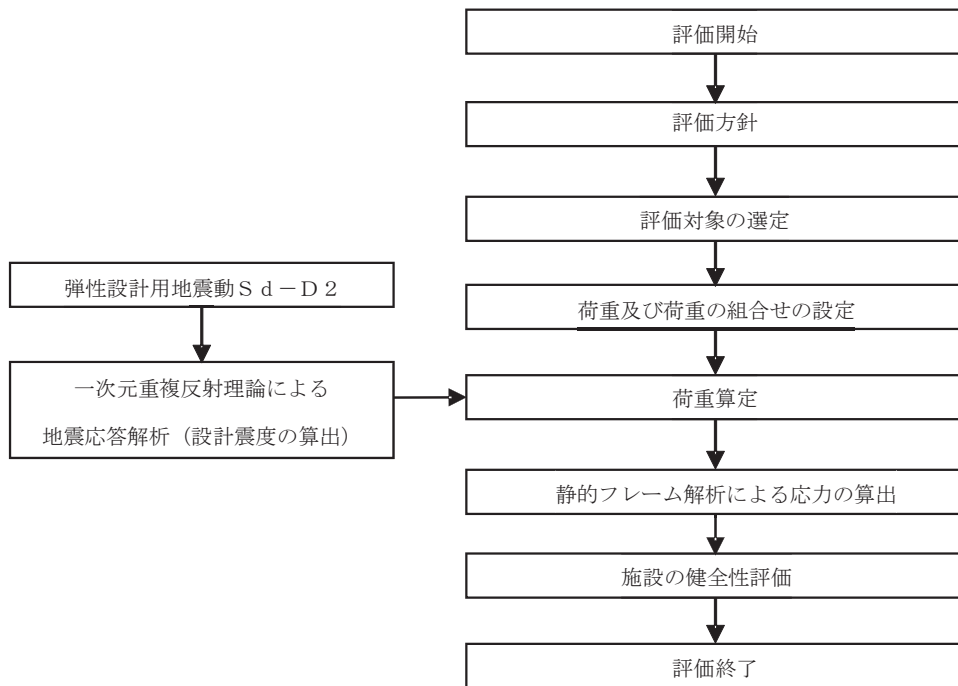


図 2-6 貯留堰の強度評価フロー

2.4 適用基準

適用する規格，基準等を以下に示す。

- ・ コンクリート標準示方書 [構造性能照査編] (土木学会, 2002 年制定)

3. 強度評価方法

3.1 記号の定義

強度評価に用いる記号を表 3-1 に示す。

表 3-1 強度評価に用いる記号

記号	単位	定義
g	m/s ²	重力加速度
kh	—	設計水平震度
w1	kN/m	躯体自重(貯留堰天端における軸方向荷重)
w2	kN/m	躯体自重(貯留堰下端における軸方向荷重)
h1	m	貯留堰の天端における水深
h2	m	貯留堰の下端における水深
p1	kN/m	貯留堰の天端における津波波圧
p2	kN/m	貯留堰の下端における津波波圧
Pc	kN	衝突荷重
pd1	kN/m	貯留堰の天端における動水圧
pdn	kN/m	貯留堰にかかる動水圧(分割してn番目の動水圧)
ps1	kN/m	貯留堰の天端における静水圧
ps2	kN/m	貯留堰の下端における静水圧
γ_w	kN/m ³	海水の単位体積重量
psd1	kN/m	貯留堰の天端における躯体慣性力
psd2	kN/m	貯留堰の下端における躯体慣性力
σ	N/mm	曲げモーメント及び軸力による応力
f'ck	N/mm ²	コンクリートの設計基準強度
σ'_{ca}	N/mm ²	短期許容曲げ圧縮応力度
σ_{sa}	N/mm ²	短期許容引張応力度
M	kN・m	曲げモーメント
N	kN	軸力
τ	N/mm ²	せん断応力度
τ_a	N/mm ²	短期許容せん断応力度
V	kN	せん断力

3.2 評価対象

貯留堰の強度計算においては、津波荷重及び漂流物衝突荷重が東西方向に作用することから、津波荷重作用方向（東西方向）を評価対象断面とする。また、取水口に6基設置される各貯留堰は近接しており、各貯留堰位置で地質構造には有意な差がない。したがって、6基の貯留堰の中央位置の地質断面を用いて、評価を実施する。

図2-2に示すA-A及びB-B断面の地質図を図3-1、評価対象位置での地質構成図を図3-2に示す。図3-1に示すとおり、貯留堰はC_MもしくはC_H岩盤上にMMRを介して構築された取水口底版に設置されている。

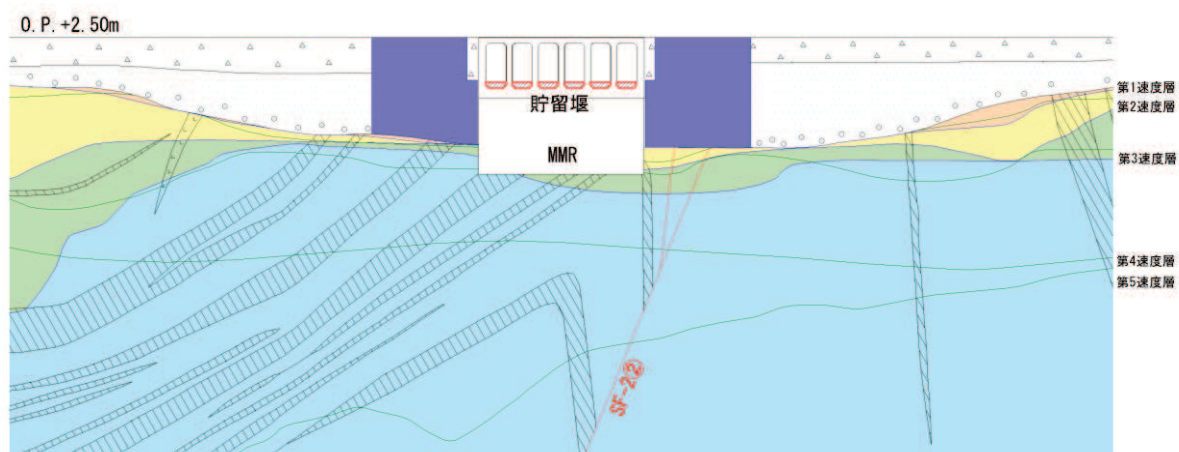


図3-1(1) 貯留堰地質断面図 (A-A)

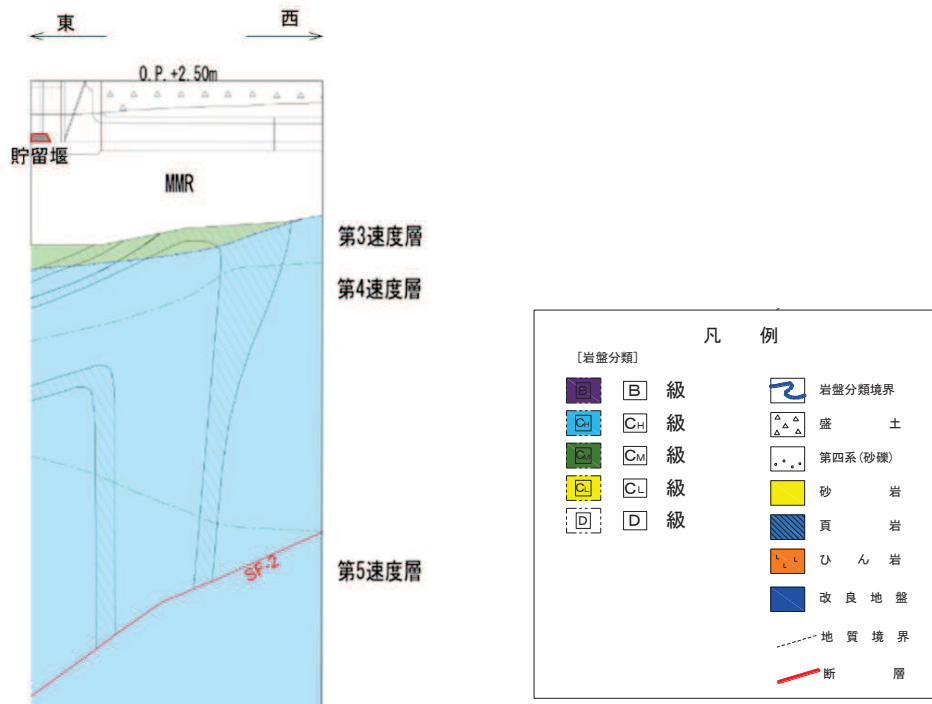


図3-1(2) 貯留堰地質断面図 (B-B)

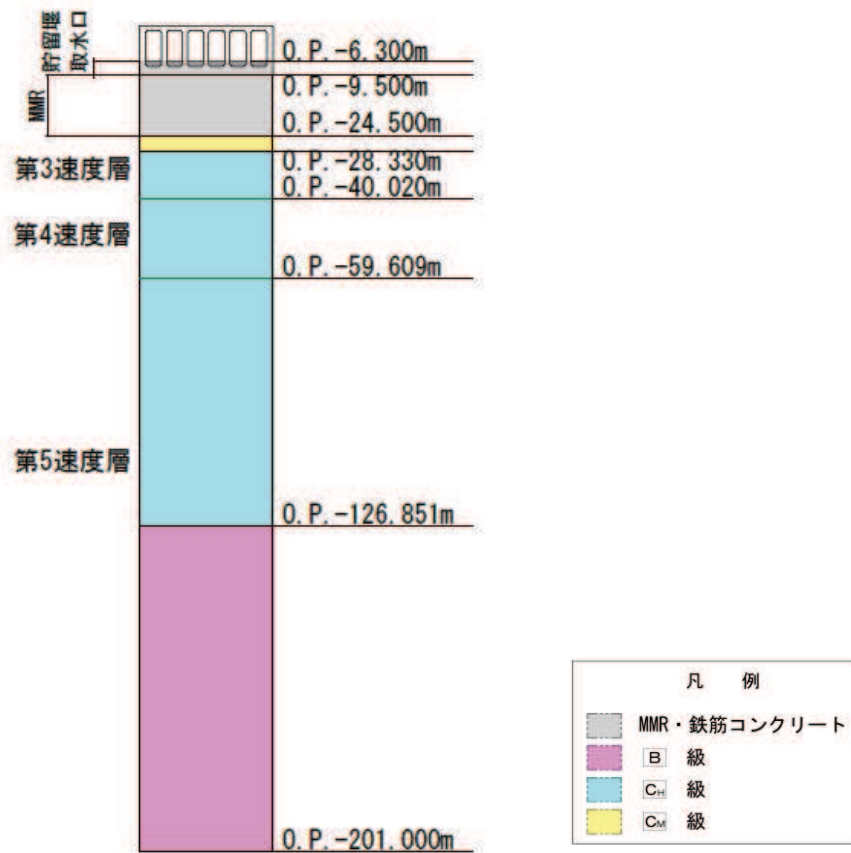


図 3-2 地質構成図

3.3 荷重及び荷重の組合せ

強度計算に用いる荷重及び荷重の組合せは、添付書類「VI-3-別添 3-1 津波への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の「4.1 荷重及び荷重の組合せ」にて示している荷重及び荷重の組合せを踏まえて設定する。

3.3.1 荷重

強度評価には、以下の荷重を用いる。

(1) 固定荷重 (G)

固定荷重として、躯体自重を考慮する。

(2) 遡上津波荷重 (P_t)

遡上津波荷重として、海底面高さ (O.P.-11.5m) と貯留堰の各高さにおける標高 (O.P.-6.3m) との差の 1/2 (2.6m) を設計用浸水深として、朝倉式により算定した波力を考慮する。

(3) 余震荷重 (K S d)

余震荷重として、弾性設計用地震動 S_d-D₂ による慣性力及び動水圧を考慮する。

(4) 津波荷重 (静水圧) (P_{h y})

基準津波による貯留堰内外の水位差が最大となる津波高さ (O.P.-5.3m) の時の静水圧を考慮する。

(5) 衝突荷重 (P_c)

衝突荷重については、2.15 t の車両を対象に「FEMA (2012) *1」による漂流物荷重に十分な余裕を考慮して設定する。衝突荷重を表 3-2 に示す。

注記*1 : FEMA (2012) : Guidelines for Design of Structures for Vertical Evacuation from Tsunamis Second Edition, FEMA P-646, Federal Emergency Management Agency, 2012

表 3-2 衝突荷重

流速 (m/s)	衝突荷重 (kN)
13.0	2000

3.3.2 荷重の組合せ

強度評価に用いる荷重の組合せは、表 3-3 に示すとおり津波時及び重畳時 1、重畳時 2 の 3 ケースを考慮する。各ケースにおける荷重作用図を図 3-3 に示す。

表 3-3 荷重の組合せ

外力の状態	荷重の組合せ
津波時	$G + P_t + P_c$
重畳時 1	$G + P_t + K S_d$
重畳時 2	$G + P_{hy} + K S_d + P_c$

G : 固定荷重

P_t : 遡上津波荷重

P_c : 衝突荷重

$K S_d$: 余震荷重

P_{hy} : 津波荷重 (静水圧)

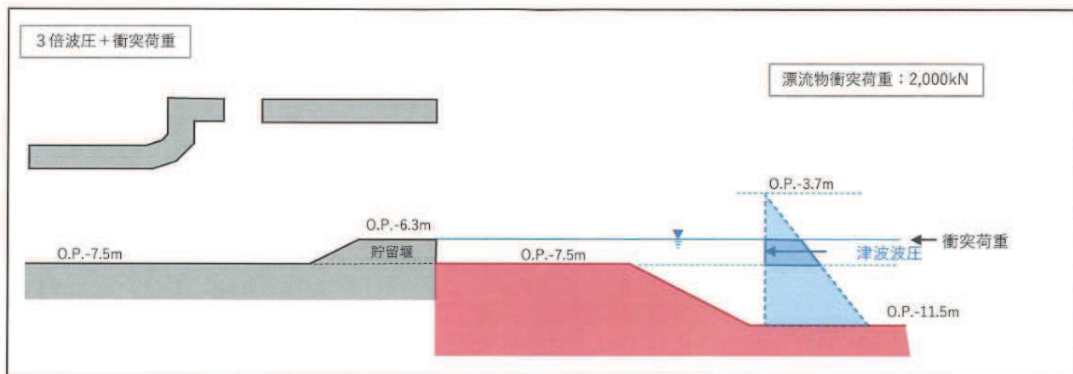


図 3-3(1) 荷重作用図 (津波時)

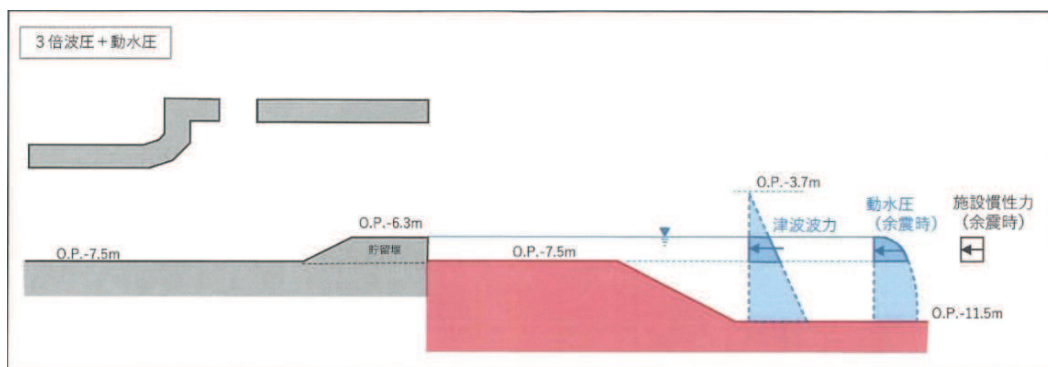


図 3-3(2) 荷重作用図 (重畳時 1)

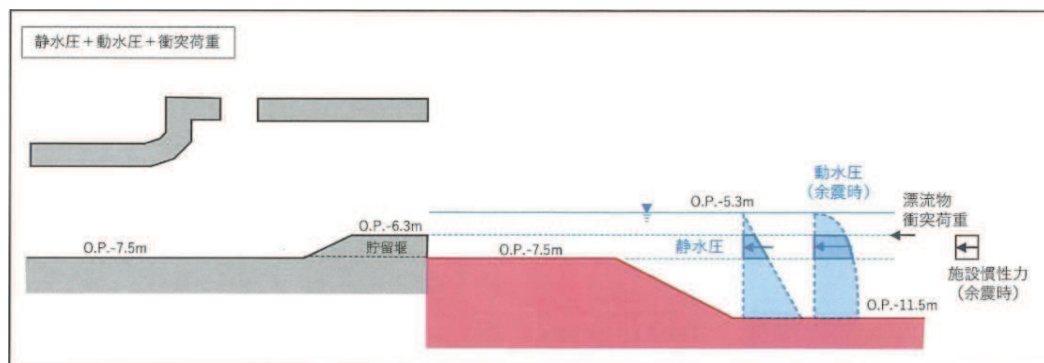


図 3-3(3) 荷重作用図 (重畳時 2)

3.4 許容限界

許容限界は、「3.2 評価対象」にて設定した評価対象の応力や形状を考慮し、添付書類「VI-3-別添 3-1 津波への配慮が必要な施設の強度計算の方針」にて設定している許容限界を踏まえて設定する。

貯留堰の許容限界は、「コンクリート標準示方書[構造性能照査編](土木学会, 2002年制定)」に基づく短期許容応力度とする。貯留堰の許容限界を表 3-4 に示す。

表3-4 貯留堰の許容限界

種別	許容応力度 (N/mm ²)		短期許容応力度* (N/mm ²)
コンクリート ($f'_{ck} = 20.5 \text{N/mm}^2$)	許容曲げ圧縮応力度 σ'_{ca}	7.8	11.7
	許容せん断応力度 τ_a	0.42	0.63
鉄筋 (SD345)	許容引張応力度 σ_{sa}	196	294

注記* : 短期許容応力度は, 許容応力度に対して1.5倍の割増を考慮する。

3.5 評価方法

貯留堰の強度評価は、添付書類「VI-3-別添 3-1 津波への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の「5. 強度評価方法」に基づき実施する。

3.5.1 解析方法

(1) 拘束条件

図 2-2～図 2-4 に示すとおり、貯留堰は取水口の底版に設置されており、側面は取水口の側壁もしくは導流壁に拘束された 3 辺固定構造となっている。また、貯留堰高さ 1.2m に対して、津波荷重作用方向（東西方向）である天端幅は 2.5m あることから、面外荷重に対して堅固な構造となっている。なお、貯留堰が設置される取水口底版は、東西方向の延長 39.8m を有する平坦な構造となっており、貯留堰下端を堅固に固定している。

ここでは、面外方向からの津波荷重及び漂流物荷重に対して、貯留堰の健全性を保守的に評価する観点から、貯留堰側面の拘束効果（取水口の側壁及び導流壁による荷重分担効果）を考慮せず、取水口底版を固定端とした片持ち梁としてモデル化し、貯留堰の強度評価を実施する。

(2) 解析手法

取水口底版を固定端とした片持ち梁としてモデル化するにあたり、貯留堰を高さ方向に線形はり要素（はり長 1.2m、）で模擬して、静的フレーム解析により評価を実施する。静的フレーム解析モデルの概念図を図 3-4 に示す。

静的フレーム解析には、解析プログラム「FRAME（面内） Ver. 5.0.4」を使用する。解析コードの検証及び妥当性確認の概要については、添付書類「VI-5 計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

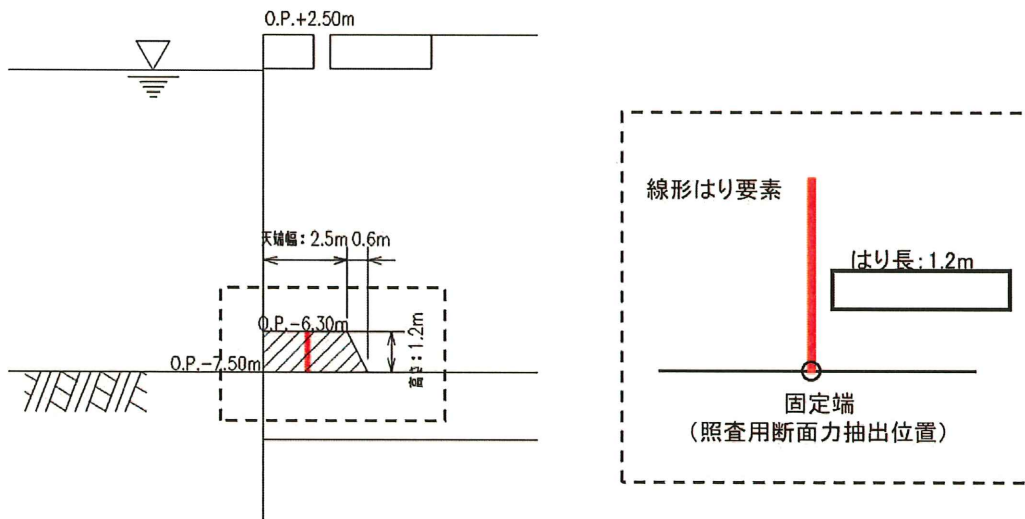


図 3-4 静的フレーム解析モデル概念図

枠囲みの内容は防護上の観点から公開できません。

3.5.2 設計水平震度の算定

(1) 地盤物性及び材料物性のばらつき

地震応答解析には、添付書類「VI-2-1-3 地盤の支持性能に係る基本方針」にて設定している物性値を使用する。

地盤物性のばらつきの影響を考慮するため、表 3-5 に示す解析ケースを設定する。

表 3-5 強度評価における解析ケース

解析ケース	材料物性 (コンクリート) (E_o : ヤング係数)	地盤物性
		C_M 級岩盤, C_H 級岩盤, B 級岩盤 (G_d : 動せん断弾性係数)
ケース① (基本ケース)	設計基準強度	平均値
ケース②	設計基準強度	平均値 + 1σ
ケース③	設計基準強度	平均値 - 1σ

(2) 一次元地震応答解析

設計水平震度は、解放基盤表面で定義される弾性設計用地震動 $S_d - D_2$ を一次元重複反射理論による引戻し・引上げ解析を行って求められる応答結果を用いて設定する。応答値の抽出位置は貯留堰の中心 (O.P. -6.9m) とし、引戻し解析に用いる地下構造モデルは、添付書類「VI-2-1-3 地盤の支持性能に係る基本方針」のうち「6.1 入力地震動の設定に用いる地下構造モデル」とする。

一次元地震応答解析の概念図を図 3-5 に、設計水平震度の設定に用いる貯留堰位置の弾性設計用地震動 $S_d - D_2$ によるケース①～③の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトルを図 3-6 に示す。

一次元地震応答解析には、解析コード「ArkQuake Ver. 3.10.01」を使用する。解析コードの検証及び妥当性確認の概要については、添付書類「VI-5 計算機プログラム(解析コード)の概要」に示す。

地下構造モデル

構造物位置地盤モデル

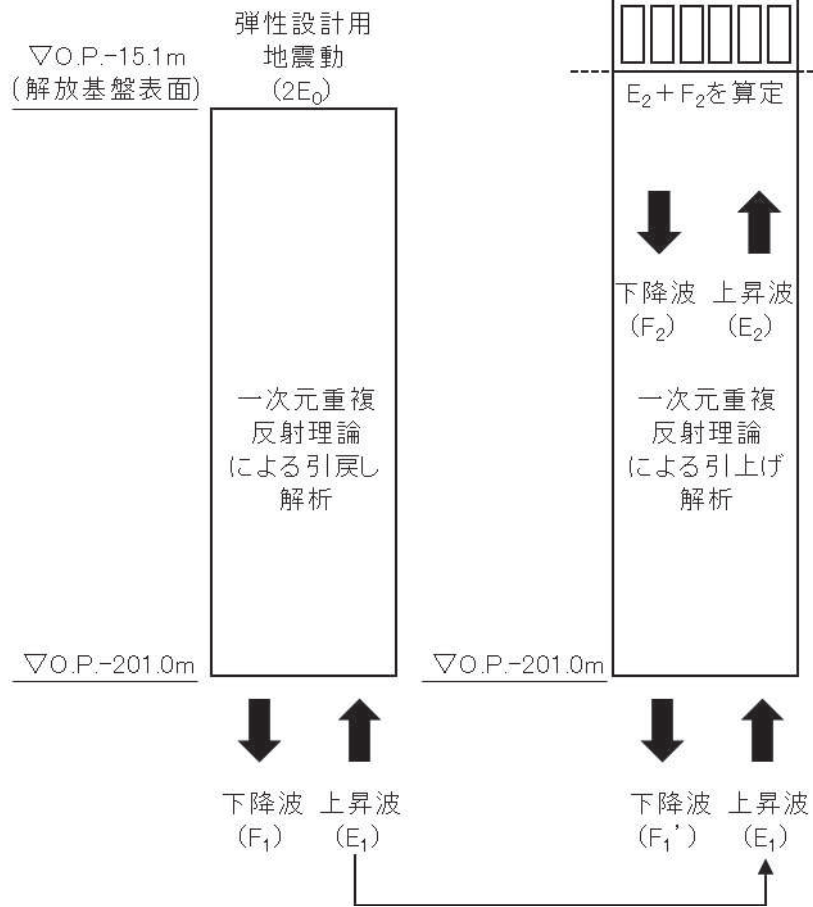
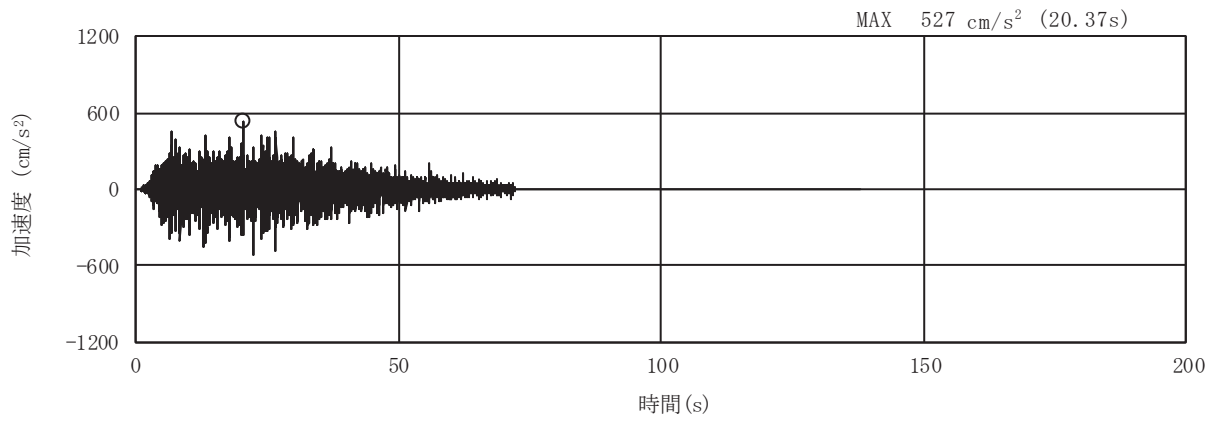
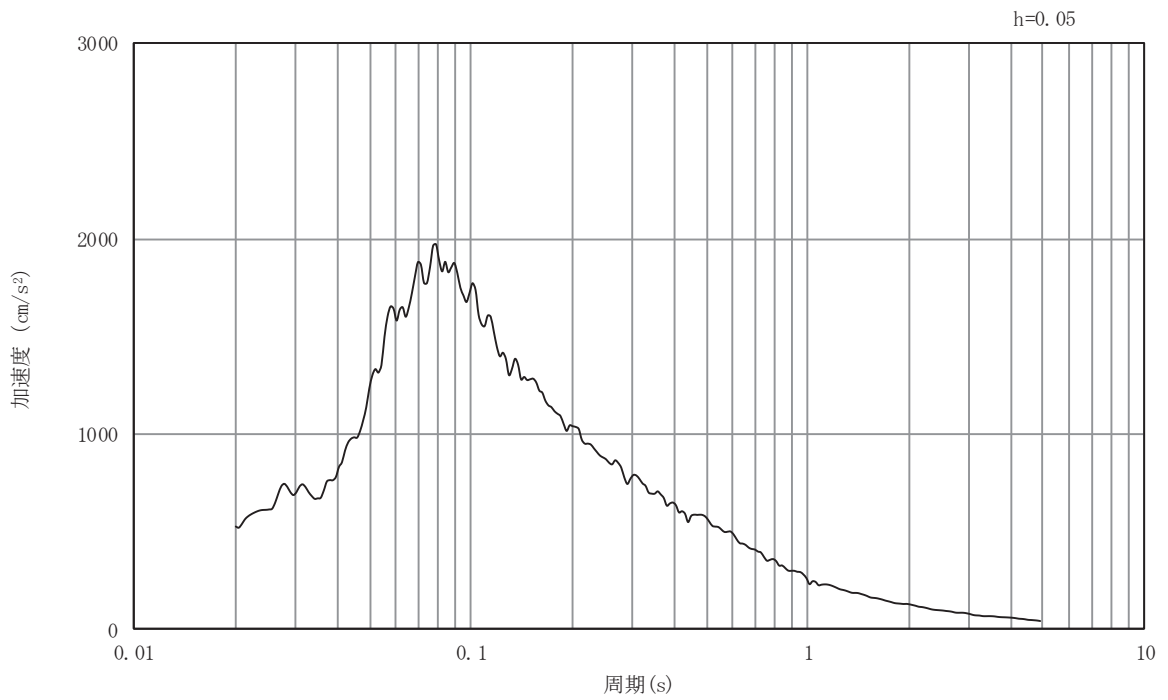


図 3-5 一次元地震応答解析の概念図

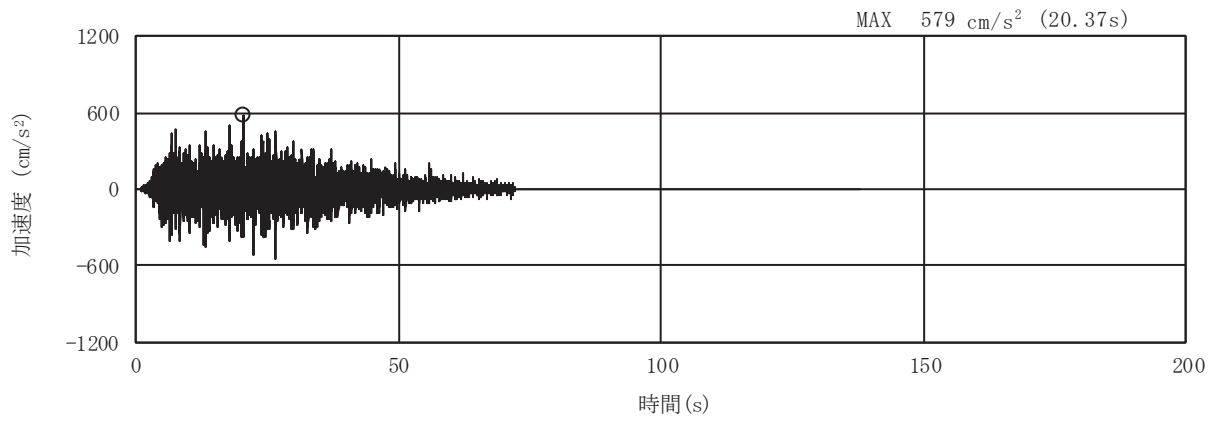


(a) 加速度時刻歴波形

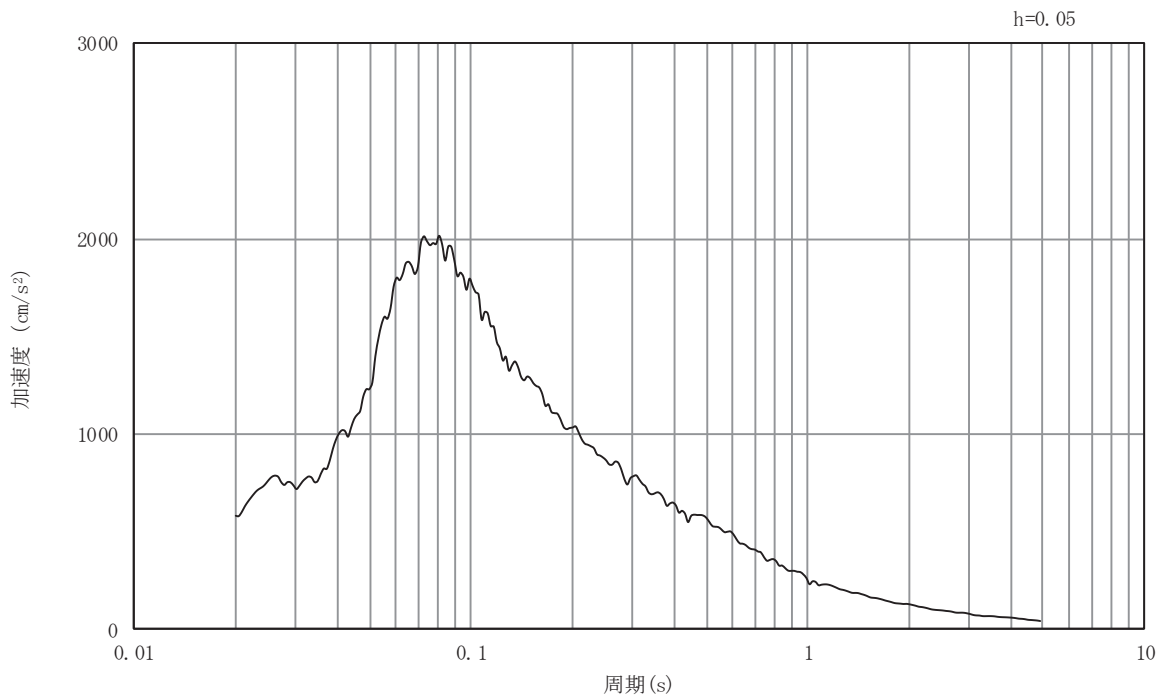


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-6(1) 貯留堰位置における弾性設計用地震動 S d - D 2 (ケース①, 水平方向) による
加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル

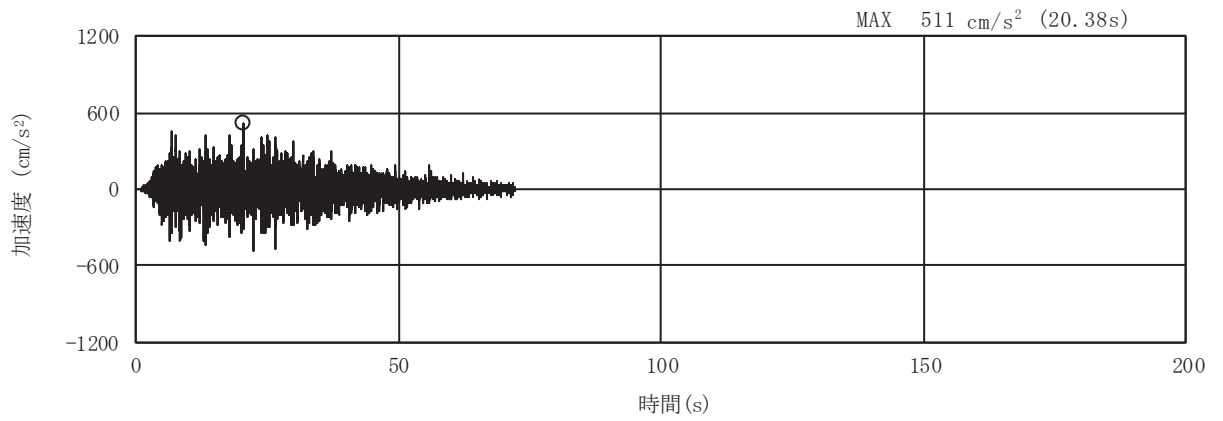


(a) 加速度時刻歴波形

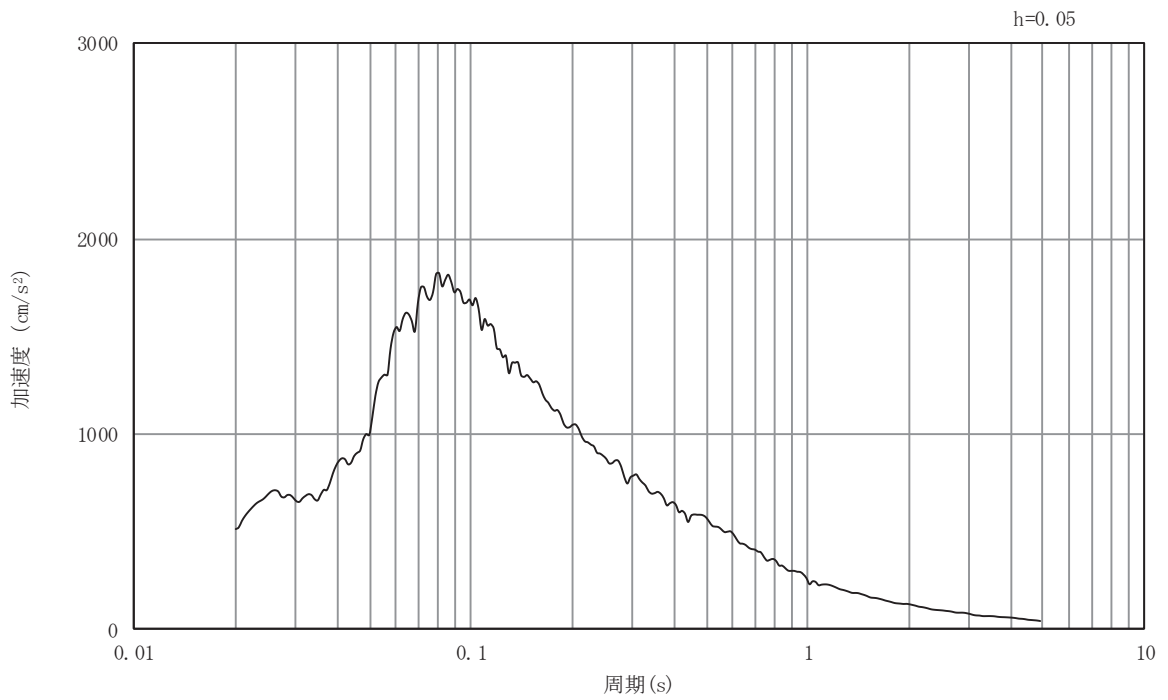


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-6(2) 貯留堰位置における弾性設計用地震動 S d - D 2 (ケース②, 水平方向) による
 加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル



(a) 加速度時刻歴波形



(b) 加速度応答スペクトル

図 3-6(3) 貯留堰位置における弾性設計用地震動 S d - D 2 (ケース③, 水平方向) による
加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル

(3) 設計水平震度の算定

貯留堰位置における最大加速度を表 3-6 に示す。

ケース②の加速度が最も大きいため、この加速度を重力加速度で除して、保守的に設計水平震度を 0.60 とする。

$$\text{設計水平震度 (k h)} = 579(\text{cm/s}^2) / 980.665(\text{cm/s}^2) \approx 0.60$$

表 3-6 一次元地震応答解析結果 (下線部：設計水平震度採用ケース)

解析ケース	①	②	③
	基本ケース		地盤剛性のばらつき (+1σ) を考慮した解析ケース
最大加速度 (cm/s ²)	527	<u>579</u>	511

3.5.3 評価方法

貯留堰の強度評価においては、静的フレーム解析により得られた曲げモーメント及び軸力より算定した曲げ圧縮応力及び引張応力、せん断力より算定したせん断応力が「3.4 許容限界」で設定した許容限界以下であることを確認する。

(1) 曲げ圧縮と引張に対する照査

曲げ圧縮及び引張の断面照査においては、発生断面力が許容限界以下であることを確認する。解析プログラムは「RC 断面計算 Ver8.0.6」を使用する。解析コードの検証及び妥当性確認の概要については、添付書類「VI-5 計算機プログラム (解析コード) の概要」に示す。

(2) せん断力に対する照査

せん断力を用いて次式により算定したせん断力が許容限界以下であることを証明する。

$$\tau = \frac{V}{b w \cdot j \cdot d} = \frac{V}{b w \cdot z}$$

ここで、

V : せん断力

b w : 部材断面の腹部の幅

z = j d : 全圧縮応力の作用点から引張鉄筋断面の図心までの距離

d : 有効高さ, j = 1/1.15

3.5.4 使用材料及び材料の物性値

使用材料及び材料の物性値を表 3-7 に示す。

表3-7 使用材料及び物性値

評価対象	材料	仕様	単位体積重量 (kN/m ³)	ヤング係数 (kN/mm ²)
貯留堰 (鉄筋コンクリート造)	コンクリート	$f'ck = 20.5 \text{N/mm}^2$	24.0	23.3
	鉄筋	SD345		

4. 評価条件

貯留堰は海中構造物であるため、津波波力が作用するのは、引き波により貯留堰が海面から露出し、その後、押し波が貯留堰に作用してから越流するまでの間に限定される。

「防波堤の耐津波設計ガイドライン（国土交通省港湾局）」（平成27年12月一部改訂）によると、津波が構造物を越流する場合の津波荷重は、若干越流している状態の静水圧差と、それより水位の低い越流直前の状態の波力とを比較して、高い方を採用することとしている。

両者を比較した結果、越流直前の津波波力が越流時の静水圧差を上回ることから、各荷重組合せケースにおける水位（水深）及び各種荷重は以下のとおり設定する（比較の詳細については「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」の「5.4.3 貯留堰貯留堰に対する津波波圧算定式の適用に関する検討」に示す）。

4.1 津波時

津波時において、強度評価に用いる評価条件を表4-1に示す。設定の詳細は以下のとおり。

(1) 躯体自重

$$w_1 = 2.5\text{m} \times 4\text{m} \times 24.03\text{kN/m}^3 = 240.3\text{kN/m}$$

$$w_2 = 3.1\text{m} \times 4\text{m} \times 24.03\text{kN/m}^3 = 298.0\text{kN/m}$$

(2) 貯留堰の天端・下端における水深

越流直前の貯留堰天端に水面がある状態を想定し、以下のとおり設定する。

$$h_1 = 0.0\text{m}$$

$$h_2 = 1.2\text{m}$$

(3) 貯留堰の天端・下端に作用する津波波圧

津波波圧の算出には、朝倉式を適用する。海底面高さ（O.P. -11.5m）と入力津波水位（O.P. -6.3m）の1/2（2.6m）を設計用浸水深 η とすると、各水深における波圧は、

$$p = \gamma w \times (\alpha \times \eta - z) \times B$$

ここで、

p : 津波波圧 (kN/m)

γw : 海水の単位体積重量

α : 水深係数 (=3)

η : 設計用浸水深 (=2.6m)

z : 海底面高さ (O.P. -11.5m) を基準とした上向の正の座標

B : 荷重作用幅 (=4.0m)

となる。よって、

$$p_1 = 10.1\text{kN/m}^3 \times (3 \times 2.6\text{m} - (-6.3\text{m} - (-11.5\text{m}))) \times 4\text{m} = 105.0\text{kN/m}$$

$$p_2 = 10.1\text{kN/m}^3 \times (3 \times 2.6\text{m} - (-7.5\text{m} - (-11.5\text{m}))) \times 4\text{m} = 153.5\text{kN/m}$$

表4-1 強度評価に用いる条件（津波時）

記号	定義	数値	単位
g	重力加速度	9.80665	m/s ²
w 1	躯体自重（貯留堰天端における軸方向荷重）	240.3	kN/m
w 2	躯体自重（貯留堰下端における軸方向荷重）	298.0	kN/m
h 1	貯留堰の天端における水深	0.0	m
h 2	貯留堰の下端における水深	1.2	m
p 1	貯留堰の天端における津波波圧	105.0	kN/m
p 2	貯留堰の下端における津波波圧	153.5	kN/m
P c	衝突荷重	2000	kN
γ_w	海水の単位体積重量	10.1	kN/m ³
σ'_{ca}	短期許容曲げ圧縮応力度	11.7	N/mm ²
σ_{sa}	短期許容引張応力度	294	N/mm ²
τ_a	短期許容せん断応力度	0.63	N/mm ²

4.2 重畳時1

重畳時1において、強度評価に用いる評価条件を表4-2に示す。躯体自重、貯留堰の水深、貯留堰に作用する津波波圧の算出方法は「4.1 津波時」のとおりとし、動水圧の設定の詳細は以下のとおり。

(1) 動水圧

動水圧は、以下のとおりWestergaard式により算出する。

$$p_d = 7/8 \times \gamma_w \times kh \times \sqrt{(H \times h)} \times B$$

ここで、

γ_w : 水の単位体積重量 (=10.1kN/m³)

kh : 水平地震力 (=0.60)

H : 貯留堰天端における水深 (= -6.3m - (-11.5m) = 5.2m)

h : 対象個所の水深(m)

よって、

$$\begin{aligned} p_d &= 7/8 \times 10.1 \times 0.6 \times \sqrt{(5.2 \times z)} \times 4.0 \\ &= 21.21 \times \sqrt{(5.2 \times z)} \end{aligned}$$

貯留堰の下端（天端から1.2m）における動水圧を例にとると、

$$p_{d13} = 21.21 \times \sqrt{(5.2 \times z)} = 53.0 \text{ kN/m}$$

表4-2 強度評価に用いる条件（重畳時1）

記号	定義	数値	単位
g	重力加速度	9.80665	m/s ²
k h	設計水平震度	0.60	—
w 1	躯体自重（貯留堰天端における軸方向荷重）	240.3	kN/m
w 2	躯体自重（貯留堰下端における軸方向荷重）	298.0	kN/m
h 1	貯留堰の天端における水深	0.0	m
h 2	貯留堰の下端における水深	1.2	m
p 1	貯留堰の天端における津波波圧	105.0	kN/m
p 2	貯留堰の下端における津波波圧	153.5	kN/m
p d 1	貯留堰の天端における動水圧	0.0	kN/m
p d 2	貯留堰の天端から下に0.1mにおける動水圧	15.3	kN/m
p d 3	貯留堰の天端から下に0.2mにおける動水圧	21.6	kN/m
p d 4	貯留堰の天端から下に0.3mにおける動水圧	26.5	kN/m
p d 5	貯留堰の天端から下に0.4mにおける動水圧	30.6	kN/m
p d 6	貯留堰の天端から下に0.5mにおける動水圧	34.2	kN/m
p d 7	貯留堰の天端から下に0.6mにおける動水圧	37.5	kN/m
p d 8	貯留堰の天端から下に0.7mにおける動水圧	40.5	kN/m
p d 9	貯留堰の天端から下に0.8mにおける動水圧	43.3	kN/m
p d 10	貯留堰の天端から下に0.9mにおける動水圧	45.9	kN/m
p d 11	貯留堰の天端から下に1.0mにおける動水圧	48.4	kN/m
p d 12	貯留堰の天端から下に1.1mにおける動水圧	50.7	kN/m
p d 13	貯留堰の下端における動水圧	53.0	kN/m
p s d 1	貯留堰の天端における躯体慣性力	144.2	kN/m
p s d 2	貯留堰の下端における躯体慣性力	178.8	kN/m
γ_w	海水の単位体積重量	10.1	kN/m ³
σ'_{ca}	許容曲げ圧縮応力度	11.7	N/mm ²
σ_{sa}	許容引張応力度	294	N/mm ²
τ_a	許容せん断応力度	0.63	N/mm ²

4.3 重畳時2

重畳時2において、強度評価に用いる評価条件を表4-3に示す。躯体自重の算出方法は「4.1 津波時」のとおりとし、水深、静水圧、動水圧の設定の詳細は以下のとおり。

(1) 貯留堰の天端・下端における水深

重畳時2の水位として、引き波後に襲来する津波が貯留堰を越流する際に最大水位差1.0mの高さの越流状態を想定する（詳細については「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」の「5.4.3 貯留堰貯留堰に対する津波波圧算定式の適用に関する検討」に示す）。よって、

$$h_1 = 1.0\text{m}$$

$$h_2 = 2.2\text{m}$$

(2) 貯留堰の天端・下端における静水圧

$$p_{s1} = 10.1\text{kN/m}^3 \times 1.0\text{m} \times 4.0\text{m} = 40.1\text{kN/m}$$

$$p_{s2} = 10.1\text{kN/m}^3 \times 2.2\text{m} \times 4.0\text{m} = 88.9\text{kN/m}$$

(3) 動水圧

重畳時2における動水圧の算出方法は「4.2 重畳時1」と同等であるが、想定している水位が0.P. -5.3mであることから、

$$H = -5.3\text{m} - (-11.5\text{m}) = 6.2\text{m}$$

となり、

$$p_d = 21.21 \times \sqrt{6.2 \times z}$$

となる。

貯留堰の下端（天端から1.2m）における動水圧を例にとると、

$$p_{d13} = 21.21 \times \sqrt{6.2 \times 2.2} = 78.3\text{kN/m}$$

表4-3 強度評価に用いる条件（重畳時2）

記号	定義	数値	単位
g	重力加速度	9.80665	m/s ²
k h	設計水平震度	0.60	—
w 1	躯体自重（貯留堰天端における軸方向荷重）	240.3	kN/m
w 2	躯体自重（貯留堰下端における軸方向荷重）	298.0	kN/m
h 1	貯留堰の天端における水深	1.0	m
h 2	貯留堰の下端における水深	2.2	m
p s 1	貯留堰の天端における静水圧	40.4	kN/m
p s 2	貯留堰の下端における静水圧	88.9	kN/m
P c	衝突荷重	2000	kN
p d 1	貯留堰の天端における動水圧	52.8	kN/m
p d 2	貯留堰の天端から下に0.1mにおける動水圧	55.4	kN/m
p d 3	貯留堰の天端から下に0.2mにおける動水圧	57.9	kN/m
p d 4	貯留堰の天端から下に0.3mにおける動水圧	60.2	kN/m
p d 5	貯留堰の天端から下に0.4mにおける動水圧	62.5	kN/m
p d 6	貯留堰の天端から下に0.5mにおける動水圧	64.7	kN/m
p d 7	貯留堰の天端から下に0.6mにおける動水圧	66.8	kN/m
p d 8	貯留堰の天端から下に0.7mにおける動水圧	68.9	kN/m
p d 9	貯留堰の天端から下に0.8mにおける動水圧	70.9	kN/m
p d 1 0	貯留堰の天端から下に0.9mにおける動水圧	72.8	kN/m
p d 1 1	貯留堰の天端から下に1.0mにおける動水圧	74.7	kN/m
p d 1 2	貯留堰の天端から下に1.1mにおける動水圧	76.5	kN/m
p d 1 3	貯留堰の下端における動水圧	78.3	kN/m
p s d 1	貯留堰の天端における躯体慣性力	144.2	kN/m
p s d 2	貯留堰の下端における躯体慣性力	178.8	kN/m
γw	海水の単位体積重量	10.1	kN/m ³
$\sigma' c a$	許容曲げ圧縮応力度	11.7	N/mm ²
$\sigma s a$	許容引張応力度	294	N/mm ²
T a	許容せん断応力度	0.63	N/mm ²

4.4 解析ケースによる荷重モデル図

評価条件で使用される記号を用いた荷重モデル図を図4-1～図4-3に示す。

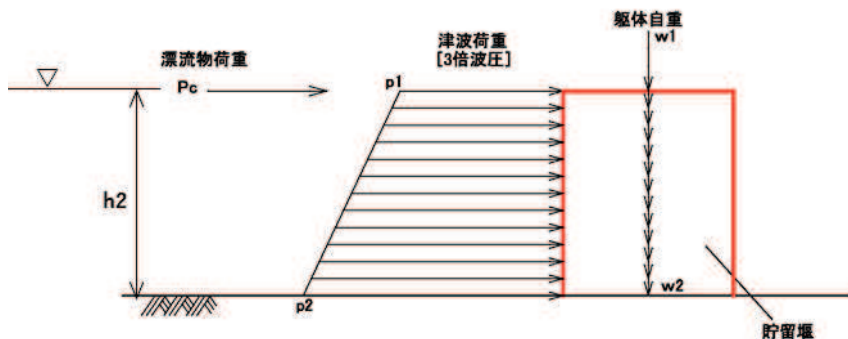


図4-1 荷重モデル図（津波時）

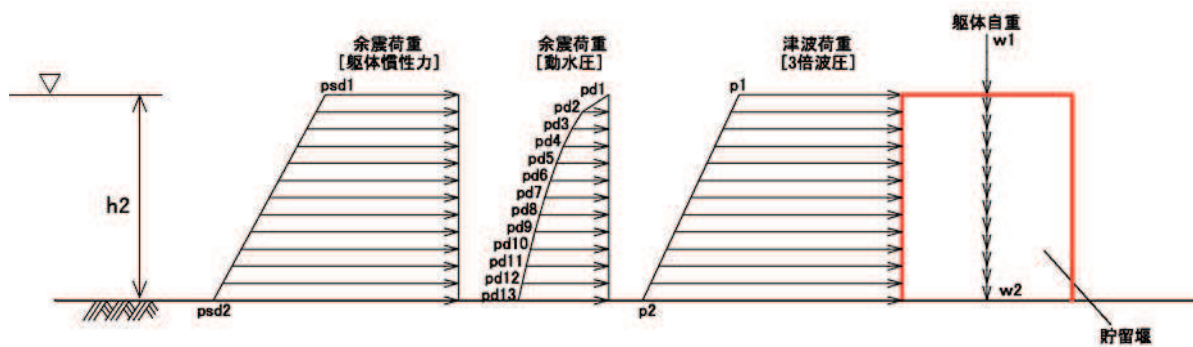


図4-2 荷重モデル図（重畳時1）

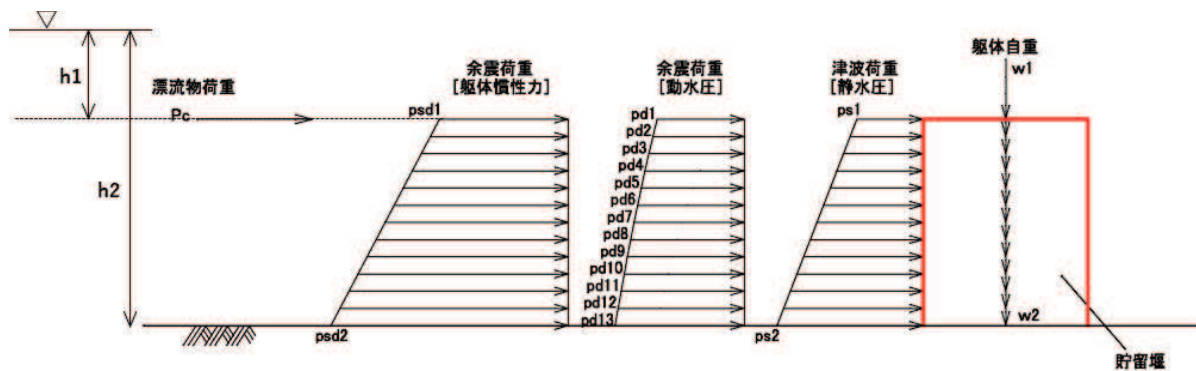


図4-3 荷重モデル図（重畳時2）

5. 強度評価結果

5.1 曲げ圧縮応力度に対する照査

曲げ圧縮応力度の評価結果を表 5-1 に示す。曲げ圧縮応力度が短期許容応力度以下であることを確認した。照査値が最大となる重畳時 2 における断面力図を図 5-1 に示す。

表 5-1 曲げ圧縮応力度の評価

事象	曲げモーメント M	軸力 N	圧縮応力度 σ	短期許容 圧縮応力度 σ'_{ca}	照査値
	kN・m			N/mm ²	
津波時	2488	323	1.8	11.7	0.16
重畳時 1	220	323	0.1	11.7	0.01
重畳時 2	2598	323	1.8	11.7	0.16

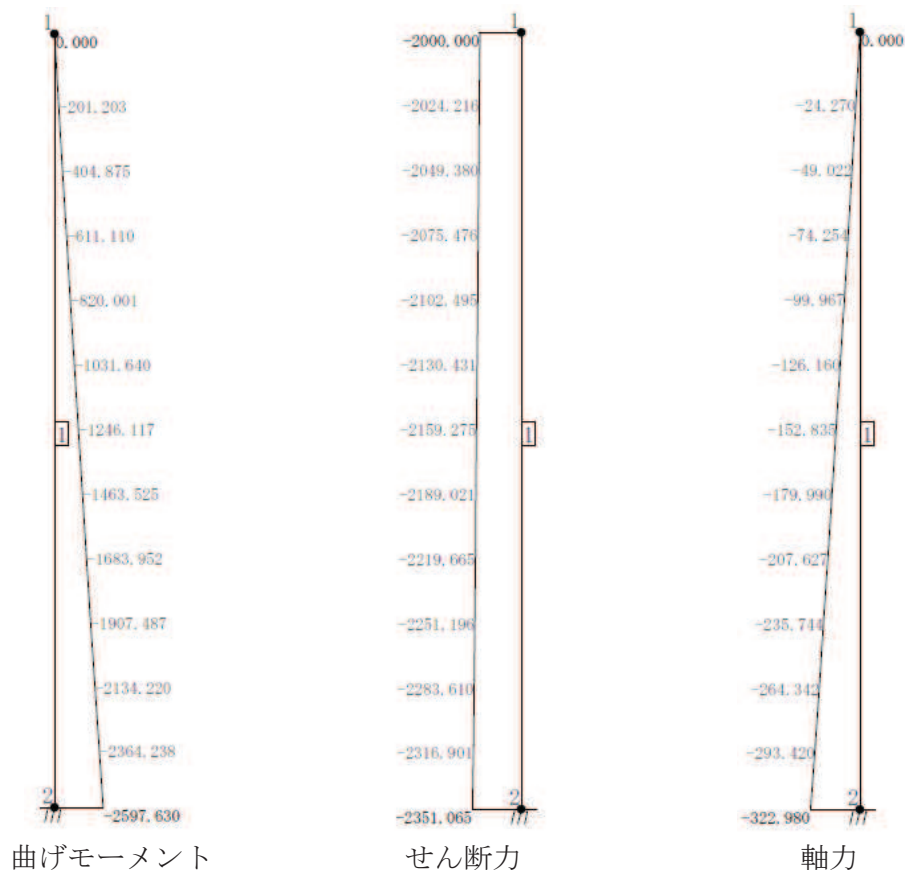


図 5-1 断面力図 (重畳時 2)

5.2 引張応力度に対する照査

引張応力度の評価結果を表 5-2 に示す。引張応力度が短期許容応力度以下であることを確認した。

表 5-2 引張応力度の評価

事象	曲げモーメント M	軸力 N	引張応力度 σ	短期許容 引張応力度 σ_{sa}	照査値
	kN・m	kN	N/mm ²	N/mm ²	
津波時	2488	323	140	294	0.48
重畳時 1	220	323	1	294	0.01
重畳時 2	2598	323	148	294	0.51

5.3 せん断応力度に対する照査

せん断応力度の評価結果を表 5-3 に示す。せん断応力度が短期許容応力度以下であることを確認した。

表 5-3 せん断応力度の評価

事象	せん断力 V	せん断応力度 τ	短期許容 せん断応力度 τ_a	照査値
	kN	N/mm ²	N/mm ²	
津波時	2156	0.27	0.63	0.43
重畳時 1	392	0.05	0.63	0.08
重畳時 2	2352	0.29	0.63	0.47

- 6. 浸水防護施設に関する補足説明
- 6.5 浸水防止設備に関する補足説明
- 6.5.2 水密扉に関する補足説明
- 6.5.2.1 水密扉の設計に関する補足説明

目次

1. 概要.....	1
2. 一般事項.....	1
2.1 検討対象水密扉一覧.....	1
2.2 配置概要.....	2
2.3 構造計画.....	9
3. 耐震評価.....	11
3.1 入力値.....	11
3.2 耐震評価結果.....	39
4. 強度評価.....	53
4.1 入力値.....	53
4.2 強度評価結果.....	81

1. 概要

本資料は添付書類「VI-2-10-2-7-1 水密扉（浸水防止設備）の耐震性についての計算書」及び添付書類「VI-3-別添 3-2-6 水密扉の強度計算書」における検討対象水密扉について、評価に必要な入力値及び評価結果を説明するものである。

なお、水密扉の耐震評価及び強度評価においては、平成 23 年 3 月 11 日に発生した東北地方太平洋沖地震による地殻変動に伴い、牡鹿半島全体で約 1m の地盤沈下が発生したことを考慮する。

2. 一般事項

2.1 検討対象水密扉一覧

検討対象の水密扉を表 2-1 に示す。

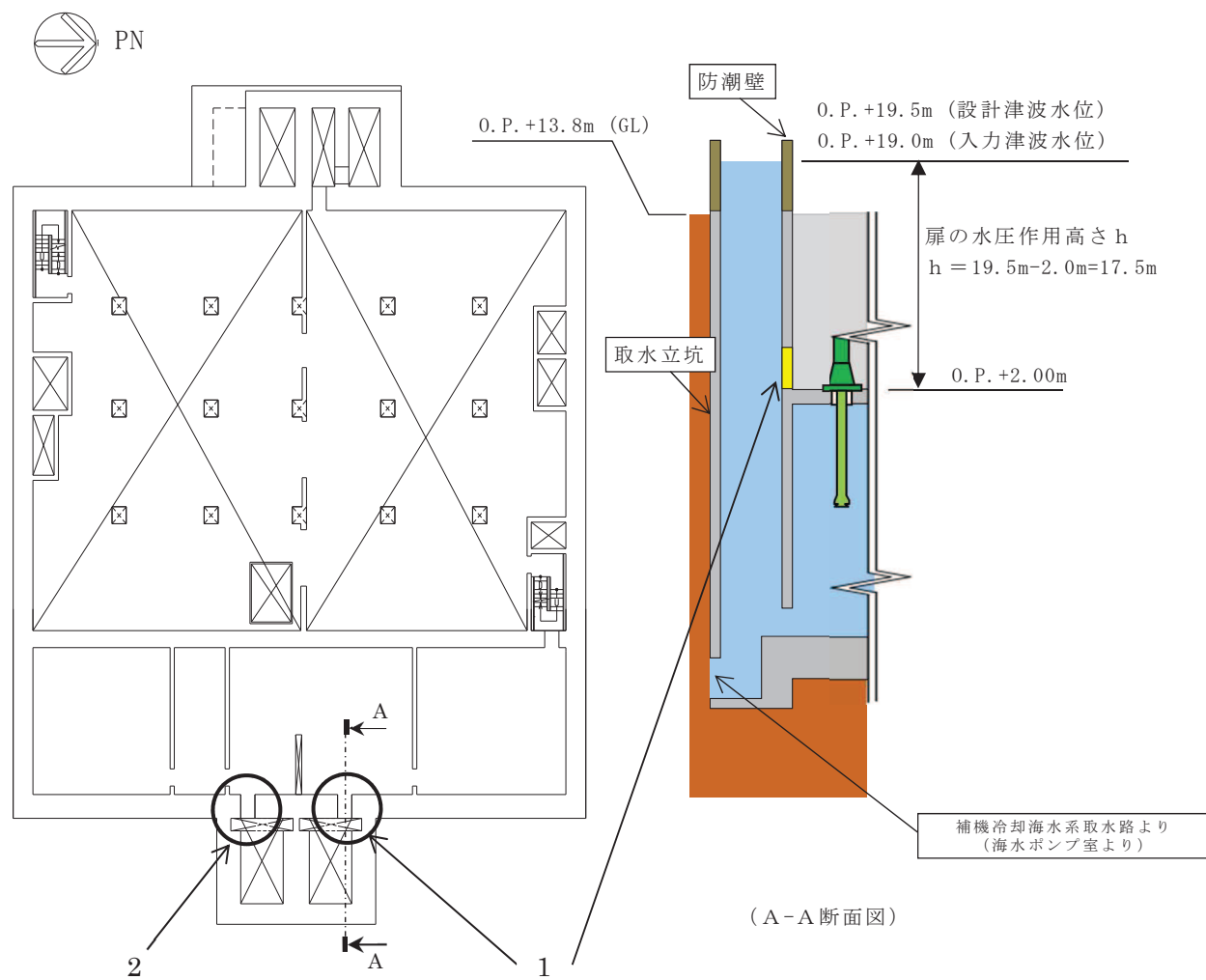
表 2-1 検討対象水密扉一覧

水密扉 No.	扉名称	設置高さ* O. P.
1	水密扉(第 3 号機海水熱交換器建屋海水ポンプ設置エリア)(No. 1)	2.00m
2	水密扉(第 3 号機海水熱交換器建屋海水ポンプ設置エリア)(No. 2)	2.00m
3	原子炉建屋浸水防止水密扉(No. 1)	14.00m
4	原子炉建屋浸水防止水密扉(No. 2)	14.00m
5	制御建屋空調機械(A)室浸水防止水密扉	0.50m
6	制御建屋空調機械(B)室浸水防止水密扉	0.50m
7	計測制御電源室(B)浸水防止水密扉(No. 3)	7.00m
8	制御建屋浸水防止水密扉(No. 1)	18.50m
9	制御建屋浸水防止水密扉(No. 2)	14.00m
10	制御建屋浸水防止水密扉(No. 3)	14.00m
11	制御建屋浸水防止水密扉(No. 4)	14.00m
12	制御建屋浸水防止水密扉(No. 5)	14.00m
13	第 2 号機 MCR 浸水防止水密扉	22.50m

注記*：平成 23 年 3 月 11 日に発生した東北地方太平洋沖地震による地殻変動に伴い、牡鹿半島全体で約 1m の地盤沈下が発生していることを考慮した設計とし、地盤沈下量を考慮した高さを示す。

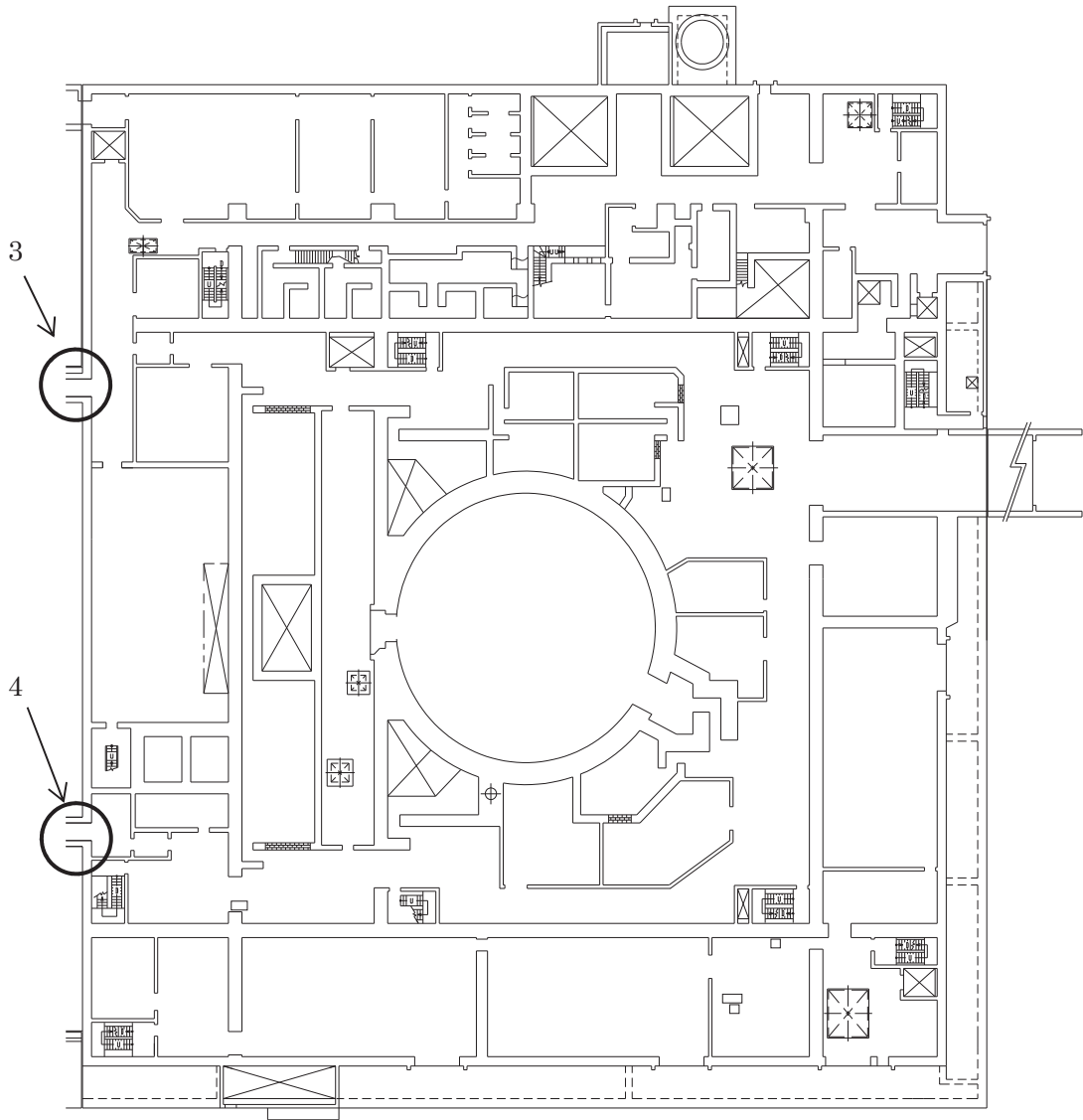
2.2 配置概要

第3号機海水熱交換器建屋の水密扉の設置位置図を図2-1に、原子炉建屋の水密扉の設置位置図を図2-2に、制御建屋の水密扉の設置位置図を図2-3に示す。



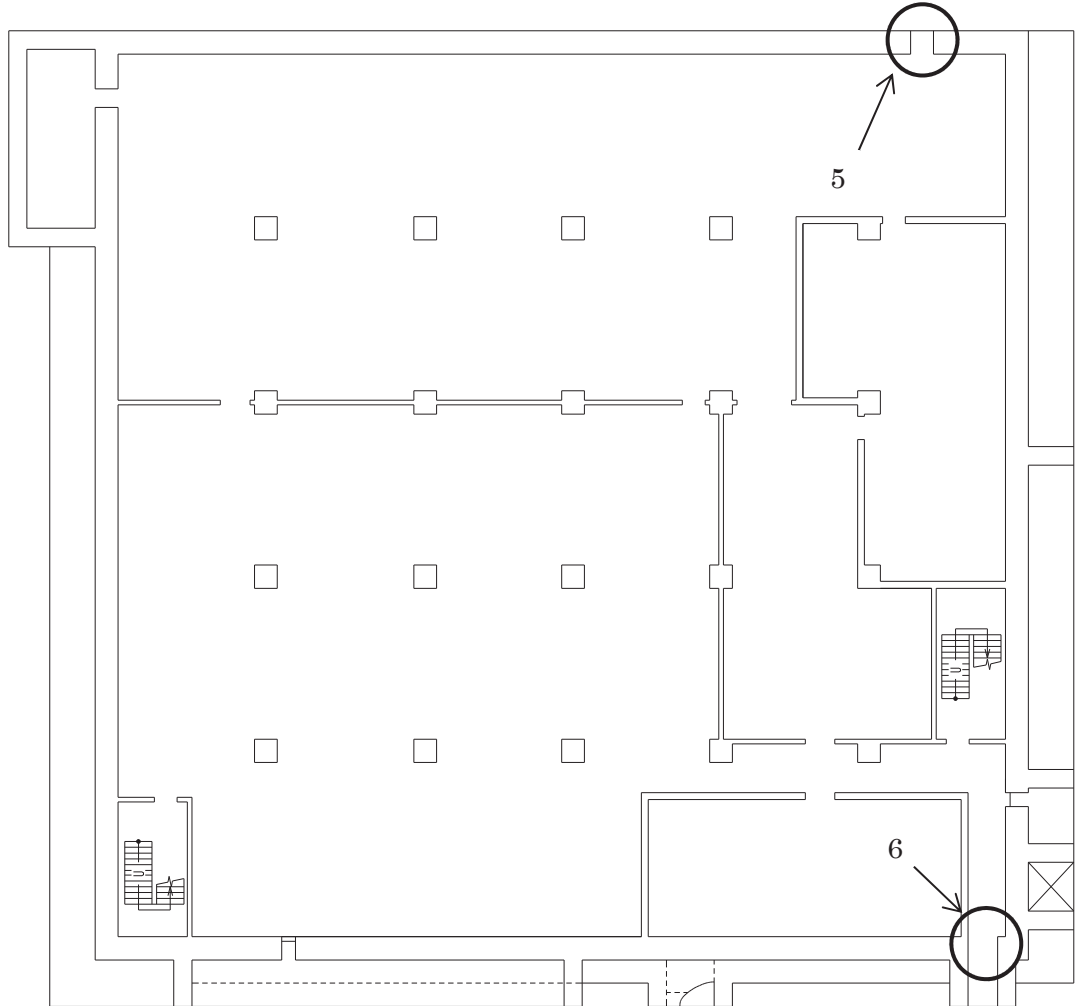
1	水密扉（第3号機海水熱交換器建屋海水ポンプ設置エリア）(No. 1)
2	水密扉（第3号機海水熱交換器建屋海水ポンプ設置エリア）(No. 2)

図2-1 第3号機海水熱交換器建屋の水密扉の設置位置図 0. P. 2. 00m



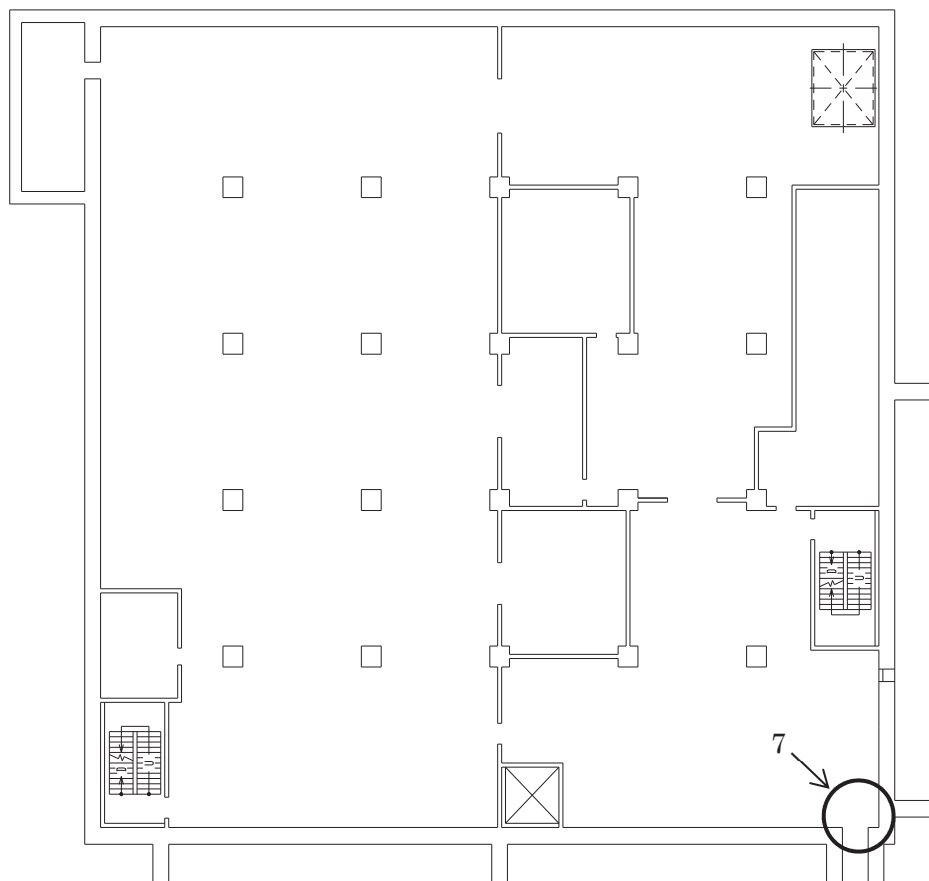
3	原子炉建屋浸水防止水密扉 (No. 1)
4	原子炉建屋浸水防止水密扉 (No. 2)

図 2-2 原子炉建屋の水密扉の設置位置図 0.P. 14.00m



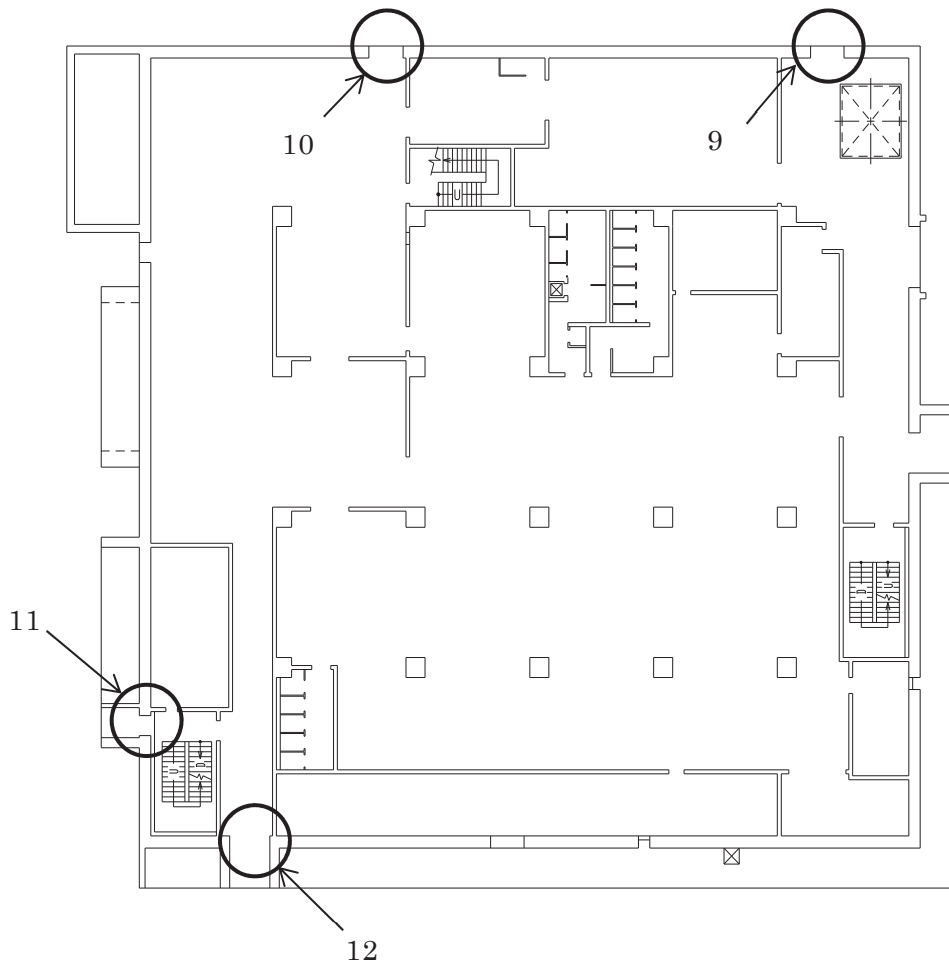
5	制御建屋空調機械(A)室浸水防止水密扉
6	制御建屋空調機械(B)室浸水防止水密扉

図 2-3 制御建屋の水密扉の設置位置図(1/5) 0.P.0.50m



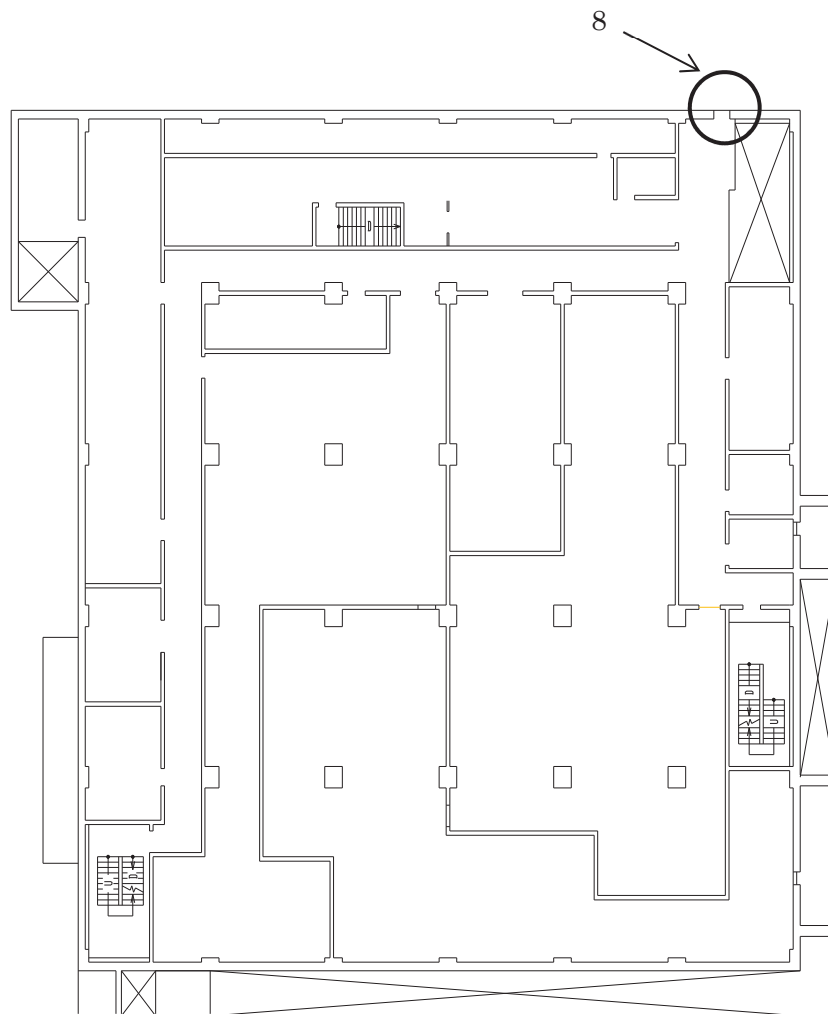
7	計測制御電源室(B) 浸水防止水密扉 (No. 3)
---	----------------------------

図 2-3 制御建屋の水密扉の設置位置図 (2/5) 0. P. 7. 00m



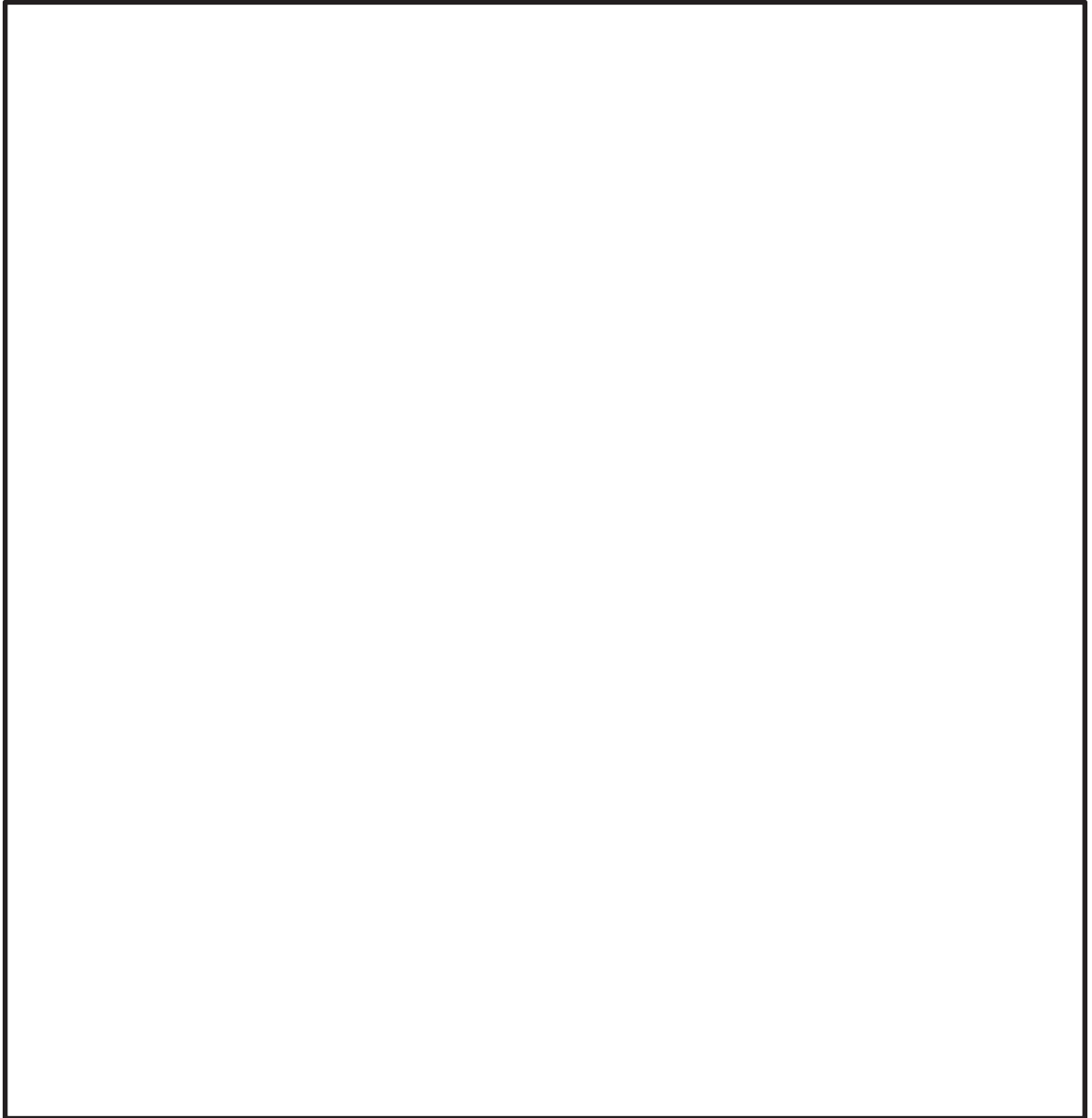
9	制御建屋浸水防止水密扉 (No. 2)
10	制御建屋浸水防止水密扉 (No. 3)
11	制御建屋浸水防止水密扉 (No. 4)
12	制御建屋浸水防止水密扉 (No. 5)

図 2-3 制御建屋の水密扉の設置位置図 (3/5) 0. P. 14. 00m



8	制御建屋浸水防止水密扉 (No. 1)
---	---------------------

図 2-3 制御建屋の水密扉の設置位置図 (4/5) 0. P. 18. 50m



13	第 2 号機 MCR 浸水防止水密扉
----	--------------------

図 2-3 制御建屋の水密扉の設置位置図 (5/5) 0. P. 22. 50m

枠囲みの内容は防護上の観点から公開できません。

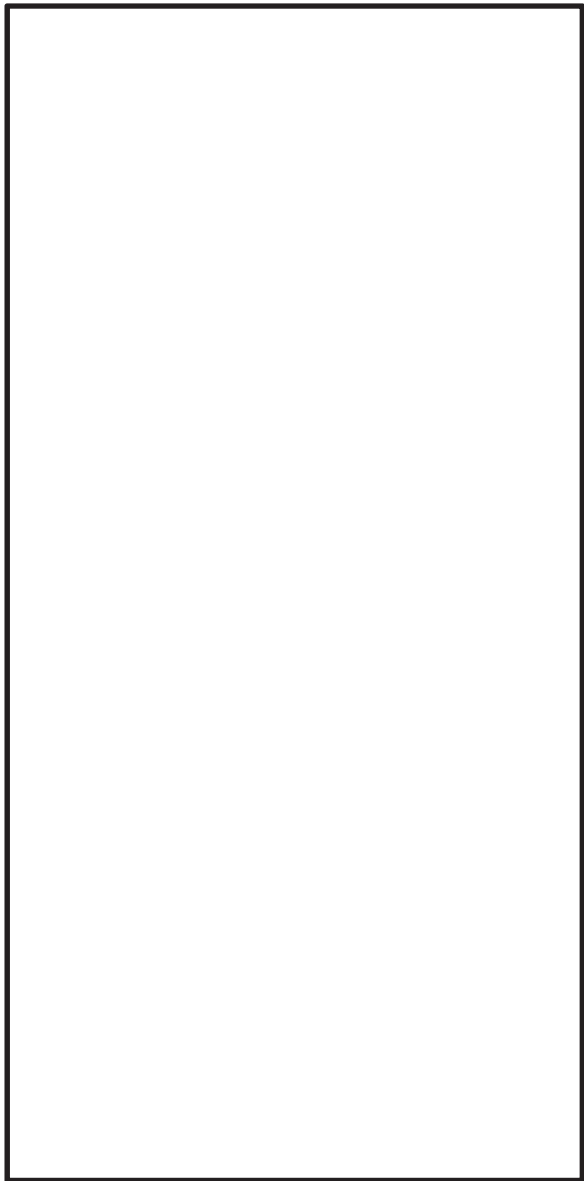
2.3 構造計画

水密扉は、片開き型の鋼製扉とし扉板の背面に芯材を配した構造である。また、閉止状態において、カンヌキ及びカンヌキ受けにより固定され止水性を確保しており、アンカーボルトによって建屋躯体に固定された扉枠にて支持する構造とする。

なお、くぐり戸付水密扉は、機器搬出入用の扉（以下、「大扉」という。）と人員用の扉（以下、「くぐり戸」という。）により構成された構造とする。

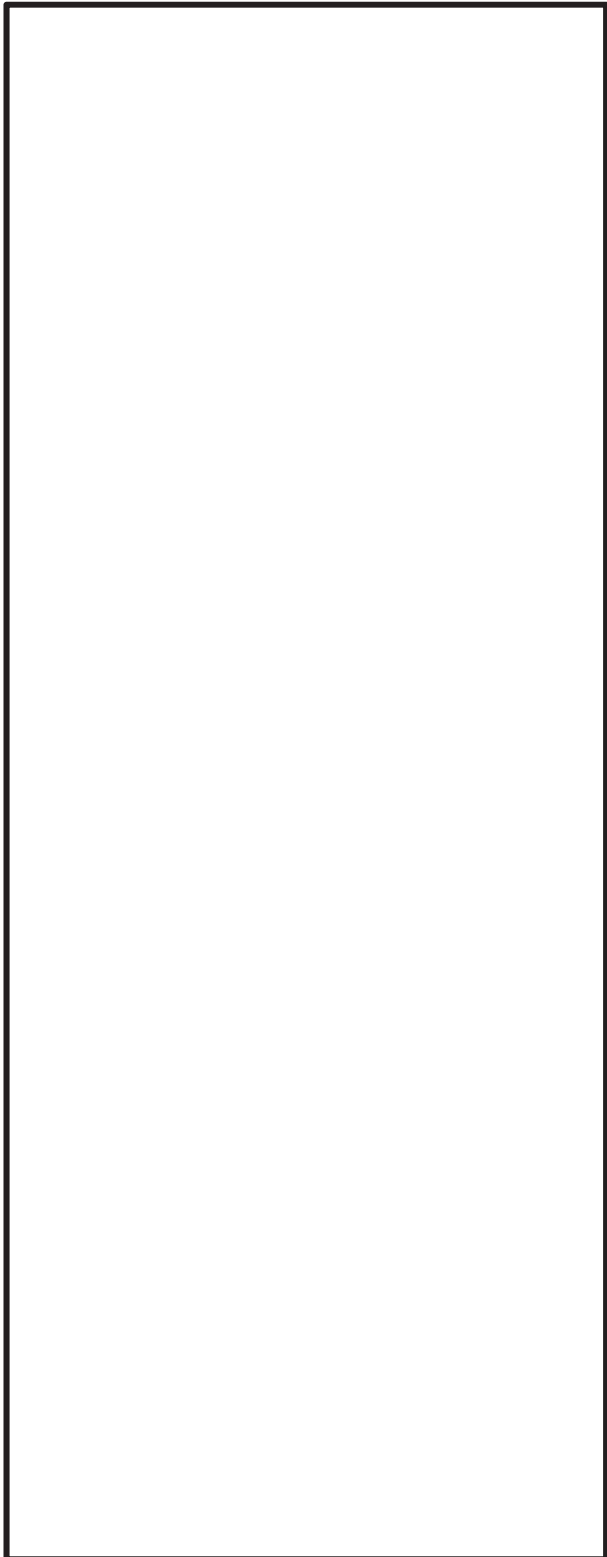
水密扉の構造計画を表 2-2 に示す。

表 2-2 水密扉の構造計画 (1/2)

計画の概要		説明図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>扉開放時において、ヒンジにより扉が扉枠に固定され、扉閉止時には、カンヌキにより、扉と扉枠を一体化する構造とする。</p> <p>扉枠はアンカーボルトにより建屋躯体へ固定する構造とする。</p>	<p>片開き型の鋼製扉とし、鋼製の扉板に芯材を取付け、扉に設置されたカンヌキを鋼製の扉枠に差込み、扉体と扉枠を一体化させる構造とする。</p> <p>また、扉と建屋躯体の接続はヒンジを介する構造とする。</p>	

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

表 2-2 水密扉の構造計画 (2/2)

計画の概要		説明図 (くぐり戸付水密扉)
基礎・支持構造	主体構造	
<p>大扉は扉開放時においては、ヒンジにより大扉が扉枠に固定され、扉閉止時においては、扉固定部により、大扉と扉枠を一体化する構造とする。</p> <p>くぐり戸は扉開放時においては、ヒンジによりくぐり戸が大扉に固定され、扉閉止時には、くぐり戸用カンヌキにより、大扉に一体化する構造とする。</p> <p>扉枠はアンカーボルトにより建屋躯体へ固定する構造とする。</p>	<p>大扉は片開き型の鋼製扉とし、大扉に設置された扉固定部を扉枠と接合させ、大扉と扉枠を一体化させる構造とする。</p> <p>くぐり戸は片開き型の鋼製扉とし、くぐり戸に設置されたくぐり戸用カンヌキを大扉に設置されたカンヌキ受けに差し込み、くぐり戸と大扉を一体化させる構造とする。</p> <p>また、大扉と建屋躯体の接続は大扉のヒンジを介する構造とする。</p>	

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

3. 耐震評価

3.1 入力値

表3—1 耐震評価に必要な入力値 (1/28)

対象部位	記号	単位	定義	水密扉 No.	
				1	
共通	G	kN	扉重量	7.85	
	k_H	—	水平震度	1.87	
	k_{UD}	—	鉛直震度	1.11	
	L_1	mm	扉重心とヒンジ芯間距離	588.5	
	L_2	mm	ヒンジ芯間距離	1212.0	
	W_1	N	スラスト荷重	16560	
	F_1	N	転倒力	15380	
ヒンジ部	ヒンジ板	L_3	mm	ヒンジ板の2軸間距離	328.5
		σ	N/mm ²	曲げ応力度	66
		τ	N/mm ²	せん断応力度	4
		x	N/mm ²	組合せ応力度	67
	ヒンジピン	L_4	mm	ヒンジ板と受材間距離	33.5
		σ	N/mm ²	曲げ応力度	58
		τ	N/mm ²	せん断応力度	10
		x	N/mm ²	組合せ応力度	61
	ヒンジボルト	n_1	本	ヒンジボルトの本数	4
		τ	N/mm ²	せん断応力度	36
カンヌキ部	共通	n_2	本	カンヌキの本数	8
	カンヌキ	L_5	mm	カンヌキの突出長さ	68.5
		σ	N/mm ²	曲げ応力度	6
		τ	N/mm ²	せん断応力度	1
		x	N/mm ²	組合せ応力度	7
	カンヌキ受けピン	L_p	mm	カンヌキ受けピンの軸支持間距離	72.0
		σ	N/mm ²	曲げ応力度	6
		τ	N/mm ²	せん断応力度	1
	カンヌキ受けボルト	n_b	本	カンヌキ受けボルトの本数	2
		σ_t	N/mm ²	引張応力度	4

表 3—1 耐震評価に必要な入力値 (2/28)

対象部位		記号	単位	定義	水密扉 No.	
					1	
扉 固定部	扉付固定 ボルト	n_c	本	扉付固定ボルトの本数	—	
		τ	N/mm ²	せん断応力度	—	
	枠付固定 ボルト	A	mm ²	断面積	—	
		σ_t	N/mm ²	引張応力度	—	
	ブラケット	A	mm ²	ブラケットの断面積	—	
		σ	N/mm ²	曲げ応力度	—	
		τ	N/mm ²	せん断応力度	—	
アンカーボルト		w_a	kN	扉枠の重量	6.37	
		n_3	本	ヒンジ側アンカーボルトの本数	11	
		T_d	N	アンカーボルト 1 本あたりに生じる引張力	3880	
		Q_d	N	アンカーボルト 1 本あたりに生じるせん断力	4419	
		T_a	N	アンカーボルト 1 本あたりの 短期許容引張力	43144	
		Q_a	N	アンカーボルト 1 本あたりの 短期許容せん断力	33592	
固有 振動数		芯材	L	cm	梁長さ	90.0
			E	kgf/cm ²	ヤング率	1.97×10^6
			I	cm ⁴	断面二次モーメント	2310
			γ_m	kg/cm	質量分布	1.90
		扉板	t	cm	扉板厚さ	—
			a	cm	2 隣辺の長さ(扉の幅)	—
			b	cm	2 隣辺の長さ(扉の高さ)	—
			E	kgf/cm ²	ヤング率	—
			γ	kgf/cm ³	単位体積の重さ	—
			ν	—	ポアソン比	—

表 3—1 耐震評価に必要な入力値 (3/28)

対象部位	記号	単位	定義	水密扉 No.	
				2	
共通	G	kN	扉重量	7.85	
	k_H	—	水平震度	1.87	
	k_{UD}	—	鉛直震度	1.11	
	L_1	mm	扉重心とヒンジ芯間距離	588.5	
	L_2	mm	ヒンジ芯間距離	1212.0	
	W_1	N	スラスト荷重	16560	
	F_1	N	転倒力	15380	
ヒンジ部	ヒンジ板	L_3	mm	ヒンジ板の2軸間距離	328.5
		σ	N/mm ²	曲げ応力度	66
		τ	N/mm ²	せん断応力度	4
		x	N/mm ²	組合せ応力度	67
	ヒンジピン	L_4	mm	ヒンジ板と受材間距離	33.5
		σ	N/mm ²	曲げ応力度	58
		τ	N/mm ²	せん断応力度	10
		x	N/mm ²	組合せ応力度	61
	ヒンジボルト	n_1	本	ヒンジボルトの本数	4
		τ	N/mm ²	せん断応力度	36
カンヌキ部	共通	n_2	本	カンヌキの本数	8
	カンヌキ	L_5	mm	カンヌキの突出長さ	68.5
		σ	N/mm ²	曲げ応力度	6
		τ	N/mm ²	せん断応力度	1
		x	N/mm ²	組合せ応力度	7
	カンヌキ受けピン	L_p	mm	カンヌキ受けピンの軸支持間距離	72.0
		σ	N/mm ²	曲げ応力度	6
		τ	N/mm ²	せん断応力度	1
	カンヌキ受けボルト	n_b	本	カンヌキ受けボルトの本数	2
		σ_t	N/mm ²	引張応力度	4

表 3—1 耐震評価に必要な入力値 (4/28)

対象部位		記号	単位	定義	水密扉 No.	
					2	
扉 固定部	扉付固定 ボルト	n_c	本	扉付固定ボルトの本数	—	
		τ	N/mm ²	せん断応力度	—	
	枠付固定 ボルト	A	mm ²	断面積	—	
		σ_t	N/mm ²	引張応力度	—	
	ブラケット	A	mm ²	ブラケットの断面積	—	
		σ	N/mm ²	曲げ応力度	—	
		τ	N/mm ²	せん断応力度	—	
アンカーボルト		w_a	kN	扉枠の重量	6.57	
		n_3	本	ヒンジ側アンカーボルトの本数	11	
		T_d	N	アンカーボルト 1 本あたりに生じる引張力	3913	
		Q_d	N	アンカーボルト 1 本あたりに生じるせん断力	4458	
		T_a	N	アンカーボルト 1 本あたりの 短期許容引張力	36442	
		Q_a	N	アンカーボルト 1 本あたりの 短期許容せん断力	22305	
固有 振動数		芯材	L	cm	梁長さ	90.0
			E	kgf/cm ²	ヤング率	1.97×10^6
			I	cm ⁴	断面二次モーメント	2310
			γ_m	kg/cm	質量分布	1.90
		扉板	t	cm	扉板厚さ	—
			a	cm	2 隣辺の長さ(扉の幅)	—
			b	cm	2 隣辺の長さ(扉の高さ)	—
			E	kgf/cm ²	ヤング率	—
			γ	kgf/cm ³	単位体積の重さ	—
			ν	—	ポアソン比	—

表3—1 耐震評価に必要な入力値 (5/28)

対象部位	記号	単位	定義	水密扉No.	
				3	
共通	G	kN	扉重量	23.54	
	k_H	—	水平震度	1.77	
	k_{UD}	—	鉛直震度	1.30	
	L_1	mm	扉重心とヒンジ芯間距離	765.0	
	L_2	mm	ヒンジ芯間距離	1371.0	
	W_1	N	スラスト荷重	54140	
	F_1	N	転倒力	51040	
ヒンジ部	ヒンジ板	L_3	mm	ヒンジ板の2軸間距離	220.0
		σ	N/mm ²	曲げ応力度	105
		τ	N/mm ²	せん断応力度	7
		x	N/mm ²	組合せ応力度	106
	ヒンジピン	L_4	mm	ヒンジ板と受材間距離	41.0
		σ	N/mm ²	曲げ応力度	50
		τ	N/mm ²	せん断応力度	10
		x	N/mm ²	組合せ応力度	53
	ヒンジボルト	n_1	本	ヒンジボルトの本数	4
		τ	N/mm ²	せん断応力度	43
カンヌキ部	共通	n_2	本	カンヌキの本数	8
	カンヌキ	L_5	mm	カンヌキの突出長さ	127.5
		σ	N/mm ²	曲げ応力度	25
		τ	N/mm ²	せん断応力度	2
		x	N/mm ²	組合せ応力度	26
	カンヌキ受けピン	L_p	mm	カンヌキ受けピンの軸支持間距離	82.0
		σ	N/mm ²	曲げ応力度	17
		τ	N/mm ²	せん断応力度	3
	カンヌキ受けボルト	n_b	本	カンヌキ受けボルトの本数	2
		σ_t	N/mm ²	引張応力度	11

表 3—1 耐震評価に必要な入力値 (6/28)

対象部位		記号	単位	定義	水密扉 No.	
					3	
扉固定部	扉付固定 ボルト	n_c	本	扉付固定ボルトの本数	—	
		τ	N/mm ²	せん断応力度	—	
	枠付固定 ボルト	A	mm ²	断面積	—	
		σ_t	N/mm ²	引張応力度	—	
	ブラケット	A	mm ²	ブラケットの断面積	—	
		σ	N/mm ²	曲げ応力度	—	
τ		N/mm ²	せん断応力度	—		
アンカーボルト		w_a	kN	扉枠の重量	19.61	
		n_3	本	ヒンジ側アンカーボルトの本数	15	
		T_d	N	アンカーボルト 1 本あたりに生じる引張力	9119	
		Q_d	N	アンカーボルト 1 本あたりに生じるせん断力	10450	
		T_a	N	アンカーボルト 1 本あたりの 短期許容引張力	40463	
		Q_a	N	アンカーボルト 1 本あたりの 短期許容せん断力	40302	
固有 振動数		芯材	L	cm	梁長さ	135.0
			E	kgf/cm ²	ヤング率	2.09×10^6
			I	cm ⁴	断面二次モーメント	2533
			γ_m	kg/cm	質量分布	1.98
		扉板	t	cm	扉板厚さ	—
			a	cm	2 隣辺の長さ(扉の幅)	—
			b	cm	2 隣辺の長さ(扉の高さ)	—
			E	kgf/cm ²	ヤング率	—
			γ	kgf/cm ³	単位体積の重さ	—
			ν	—	ポアソン比	—

表 3—1 耐震評価に必要な入力値 (7/28)

対象部位	記号	単位	定義	水密扉 No.	
				4	
共通	G	kN	扉重量	23.54	
	k_H	—	水平震度	1.77	
	k_{UD}	—	鉛直震度	1.30	
	L_1	mm	扉重心とヒンジ芯間距離	765.0	
	L_2	mm	ヒンジ芯間距離	1371.0	
	W_1	N	スラスト荷重	54140	
	F_1	N	転倒力	51040	
ヒンジ部	ヒンジ板	L_3	mm	ヒンジ板の2軸間距離	220.0
		σ	N/mm ²	曲げ応力度	105
		τ	N/mm ²	せん断応力度	7
		x	N/mm ²	組合せ応力度	106
	ヒンジピン	L_4	mm	ヒンジ板と受材間距離	41.0
		σ	N/mm ²	曲げ応力度	50
		τ	N/mm ²	せん断応力度	10
		x	N/mm ²	組合せ応力度	53
	ヒンジボルト	n_1	本	ヒンジボルトの本数	4
		τ	N/mm ²	せん断応力度	43
カンヌキ部	共通	n_2	本	カンヌキの本数	8
	カンヌキ	L_5	mm	カンヌキの突出長さ	127.5
		σ	N/mm ²	曲げ応力度	25
		τ	N/mm ²	せん断応力度	2
		x	N/mm ²	組合せ応力度	26
	カンヌキ受けピン	L_p	mm	カンヌキ受けピンの軸支持間距離	82.0
		σ	N/mm ²	曲げ応力度	17
		τ	N/mm ²	せん断応力度	3
	カンヌキ受けボルト	n_b	本	カンヌキ受けボルトの本数	2
		σ_t	N/mm ²	引張応力度	11

表 3—1 耐震評価に必要な入力値 (8/28)

対象部位		記号	単位	定義	水密扉 No.
					4
扉 固定部	扉付固定 ボルト	n_c	本	扉付固定ボルトの本数	—
		τ	N/mm ²	せん断応力度	—
	枠付固定 ボルト	A	mm ²	断面積	—
		σ_t	N/mm ²	引張応力度	—
	ブラケット	A	mm ²	ブラケットの断面積	—
		σ	N/mm ²	曲げ応力度	—
		τ	N/mm ²	せん断応力度	—
アンカーボルト		w_a	kN	扉枠の重量	19.61
		n_3	本	ヒンジ側アンカーボルトの本数	15
		T_d	N	アンカーボルト 1 本あたりに生じる引張力	9119
		Q_d	N	アンカーボルト 1 本あたりに生じるせん断力	10450
		T_a	N	アンカーボルト 1 本あたりの 短期許容引張力	40463
		Q_a	N	アンカーボルト 1 本あたりの 短期許容せん断力	40302
固有 振動数	芯材	L	cm	梁長さ	135.0
		E	kgf/cm ²	ヤング率	2.09×10^6
		I	cm ⁴	断面二次モーメント	2533
		γ_m	kg/cm	質量分布	1.98
	扉板	t	cm	扉板厚さ	—
		a	cm	2 隣辺の長さ(扉の幅)	—
		b	cm	2 隣辺の長さ(扉の高さ)	—
		E	kgf/cm ²	ヤング率	—
		γ	kgf/cm ³	単位体積の重さ	—
		ν	—	ポアソン比	—

表3—1 耐震評価に必要な入力値 (9/28)

対象部位		記号	単位	定義	水密扉No.
					5
共通		G	kN	扉重量	13.34
		k_H	—	水平震度	1.62
		k_{UD}	—	鉛直震度	0.79
		L_1	mm	扉重心とヒンジ芯間距離	804.0
		L_2	mm	ヒンジ芯間距離	1233.0
		W_1	N	スラスト荷重	23880
		F_1	N	転倒力	26380
ヒンジ部	ヒンジ板	L_3	mm	ヒンジ板の2軸間距離	570
		σ	N/mm ²	曲げ応力度	103
		τ	N/mm ²	せん断応力度	3
		x	N/mm ²	組合せ応力度	104
	ヒンジピン	L_4	mm	ヒンジ板と受材間距離	33.5
		σ	N/mm ²	曲げ応力度	99
		τ	N/mm ²	せん断応力度	17
		x	N/mm ²	組合せ応力度	104
	ヒンジボルト	n_1	本	ヒンジボルトの本数	4
		τ	N/mm ²	せん断応力度	57
カンヌキ部	共通	n_2	本	カンヌキの本数	6
	カンヌキ	L_5	mm	カンヌキの突出長さ	105.0
		σ	N/mm ²	曲げ応力度	6
		τ	N/mm ²	せん断応力度	1
		x	N/mm ²	組合せ応力度	7
	カンヌキ受けピン	L_p	mm	カンヌキ受けピンの軸支持間距離	110.0
		σ	N/mm ²	曲げ応力度	5
		τ	N/mm ²	せん断応力度	1
	カンヌキ受けボルト	n_b	本	カンヌキ受けボルトの本数	4
		σ_t	N/mm ²	引張応力度	6

表 3—1 耐震評価に必要な入力値 (10/28)

対象部位		記号	単位	定義	水密扉 No.	
					5	
扉 固定部	扉付固定 ボルト	n_c	本	扉付固定ボルトの本数	—	
		τ	N/mm ²	せん断応力度	—	
	枠付固定 ボルト	A	mm ²	断面積	—	
		σ_t	N/mm ²	引張応力度	—	
	ブラケット	A	mm ²	ブラケットの断面積	—	
		σ	N/mm ²	曲げ応力度	—	
		τ	N/mm ²	せん断応力度	—	
アンカーボルト		w_a	kN	扉枠の重量	14.61	
		n_3	本	ヒンジ側アンカーボルトの本数	12	
		T_d	N	アンカーボルト 1 本あたりに生じる引張力	6368	
		Q_d	N	アンカーボルト 1 本あたりに生じるせん断力	7074	
		T_a	N	アンカーボルト 1 本あたりの 短期許容引張力	67315	
		Q_a	N	アンカーボルト 1 本あたりの 短期許容せん断力	58068	
固有 振動数		芯材	L	cm	梁長さ	101.7
			E	kgf/cm ²	ヤング率	2.09×10^6
			I	cm ⁴	断面二次モーメント	4180
			γ_m	kg/cm	質量分布	4.06
		扉板	t	cm	扉板厚さ	—
			a	cm	2 隣辺の長さ(扉の幅)	—
			b	cm	2 隣辺の長さ(扉の高さ)	—
			E	kgf/cm ²	ヤング率	—
			γ	kgf/cm ³	単位体積の重さ	—
			ν	—	ポアソン比	—

表 3—1 耐震評価に必要な入力値 (11/28)

対象部位	記号	単位	定義	水密扉 No.	
				6	
共通	G	kN	扉重量	14.12	
	k_H	—	水平震度	1.62	
	k_{UD}	—	鉛直震度	0.79	
	L_1	mm	扉重心とヒンジ芯間距離	837.5	
	L_2	mm	ヒンジ芯間距離	1226.0	
	W_1	N	スラスト荷重	25270	
	F_1	N	転倒力	28700	
ヒンジ部	ヒンジ板	L_3	mm	ヒンジ板の2軸間距離	570.0
		σ	N/mm ²	曲げ応力度	109
		τ	N/mm ²	せん断応力度	4
		x	N/mm ²	組合せ応力度	110
	ヒンジピン	L_4	mm	ヒンジ板と受材間距離	33.5
		σ	N/mm ²	曲げ応力度	108
		τ	N/mm ²	せん断応力度	19
		x	N/mm ²	組合せ応力度	113
	ヒンジボルト	n_1	本	ヒンジボルトの本数	4
		τ	N/mm ²	せん断応力度	61
カンヌキ部	共通	n_2	本	カンヌキの本数	6
	カンヌキ	L_5	mm	カンヌキの突出長さ	105.0
		σ	N/mm ²	曲げ応力度	6
		τ	N/mm ²	せん断応力度	1
		x	N/mm ²	組合せ応力度	7
	カンヌキ受けピン	L_p	mm	カンヌキ受けピンの軸支持間距離	110.0
		σ	N/mm ²	曲げ応力度	5
		τ	N/mm ²	せん断応力度	1
	カンヌキ受けボルト	n_b	本	カンヌキ受けボルトの本数	4
		σ_t	N/mm ²	引張応力度	7

表 3—1 耐震評価に必要な入力値 (12/28)

対象部位		記号	単位	定義	水密扉 No.	
					6	
扉 固定部	扉付固定 ボルト	n_c	本	扉付固定ボルトの本数	—	
		τ	N/mm ²	せん断応力度	—	
	枠付固定 ボルト	A	mm ²	断面積	—	
		σ_t	N/mm ²	引張応力度	—	
	ブラケット	A	mm ²	ブラケットの断面積	—	
		σ	N/mm ²	曲げ応力度	—	
		τ	N/mm ²	せん断応力度	—	
アンカーボルト		w_a	kN	扉枠の重量	14.32	
		n_3	本	ヒンジ側アンカーボルトの本数	3	
		T_d	N	アンカーボルト 1 本あたりに生じる引張力	26870	
		Q_d	N	アンカーボルト 1 本あたりに生じるせん断力	29720	
		T_a	N	アンカーボルト 1 本あたりの 短期許容引張力	67315	
		Q_a	N	アンカーボルト 1 本あたりの 短期許容せん断力	58068	
固有 振動数		芯材	L	cm	梁長さ	108.6
			E	kgf/cm ²	ヤング率	2.09×10^6
			I	cm ⁴	断面二次モーメント	4180
			γ_m	kg/cm	質量分布	4.07
		扉板	t	cm	扉板厚さ	—
			a	cm	2 隣辺の長さ(扉の幅)	—
			b	cm	2 隣辺の長さ(扉の高さ)	—
			E	kgf/cm ²	ヤング率	—
			γ	kgf/cm ³	単位体積の重さ	—
			ν	—	ポアソン比	—

表 3—1 耐震評価に必要な入力値 (13/28)

対象部位	記号	単位	定義	水密扉 No.	
				7	
共通	G	kN	扉重量	23.05	
	k_H	—	水平震度	1.87	
	k_{UD}	—	鉛直震度	1.09	
	L_1	mm	扉重心とヒンジ芯間距離	955.0	
	L_2	mm	ヒンジ芯間距離	1369.0	
	W_1	N	スラスト荷重	48170	
	F_1	N	転倒力	55150	
ヒンジ部	ヒンジ板	L_3	mm	ヒンジ板の2軸間距離	480.0
		σ	N/mm ²	曲げ応力度	97
		τ	N/mm ²	せん断応力度	5
		x	N/mm ²	組合せ応力度	98
	ヒンジピン	L_4	mm	ヒンジ板と受材間距離	36.5
		σ	N/mm ²	曲げ応力度	124
		τ	N/mm ²	せん断応力度	24
		x	N/mm ²	組合せ応力度	131
	ヒンジボルト	n_1	本	ヒンジボルトの本数	4
		τ	N/mm ²	せん断応力度	117
カンヌキ部	共通	n_2	本	カンヌキの本数	6
	カンヌキ	L_5	mm	カンヌキの突出長さ	96.1
		σ	N/mm ²	曲げ応力度	10
		τ	N/mm ²	せん断応力度	2
		x	N/mm ²	組合せ応力度	11
	カンヌキ受けピン	L_p	mm	カンヌキ受けピンの軸支持間距離	110.0
		σ	N/mm ²	曲げ応力度	10
		τ	N/mm ²	せん断応力度	2
	カンヌキ受けボルト	n_b	本	カンヌキ受けボルトの本数	4
		σ_t	N/mm ²	引張応力度	12

表 3—1 耐震評価に必要な入力値 (14/28)

対象部位		記号	単位	定義	水密扉 No.	
					7	
扉固定部	扉付固定 ボルト	n_c	本	扉付固定ボルトの本数	—	
		τ	N/mm ²	せん断応力度	—	
	枠付固定 ボルト	A	mm ²	断面積	—	
		σ_t	N/mm ²	引張応力度	—	
	ブラケット	A	mm ²	ブラケットの断面積	—	
		σ	N/mm ²	曲げ応力度	—	
		τ	N/mm ²	せん断応力度	—	
アンカーボルト		w_a	kN	扉枠の重量	16.87	
		n_3	本	ヒンジ側アンカーボルトの本数	8	
		T_d	N	アンカーボルト 1 本あたりに生じる引張力	17730	
		Q_d	N	アンカーボルト 1 本あたりに生じるせん断力	19540	
		T_a	N	アンカーボルト 1 本あたりの 短期許容引張力	67315	
		Q_a	N	アンカーボルト 1 本あたりの 短期許容せん断力	58068	
固有 振動数		芯材	L	cm	梁長さ	145.9
			E	kgf/cm ²	ヤング率	2.09×10^6
			I	cm ⁴	断面二次モーメント	6440
			γ_m	kg/cm	質量分布	5.16
		扉板	t	cm	扉板厚さ	—
			a	cm	2 隣辺の長さ(扉の幅)	—
			b	cm	2 隣辺の長さ(扉の高さ)	—
			E	kgf/cm ²	ヤング率	—
			γ	kgf/cm ³	単位体積の重さ	—
			ν	—	ポアソン比	—

表 3—1 耐震評価に必要な入力値 (15/28)

対象部位	記号	単位	定義	水密扉 No.	
				8	
共通	G	kN	扉重量	13.93	
	k_H	—	水平震度	2.32	
	k_{UD}	—	鉛直震度	1.54	
	L_1	mm	扉重心とヒンジ芯間距離	828.0	
	L_2	mm	ヒンジ芯間距離	1637.0	
	W_1	N	スラスト荷重	35380	
	F_1	N	転倒力	34050	
ヒンジ部	ヒンジ板	L_3	mm	ヒンジ板の2軸間距離	390.0
		σ	N/mm ²	曲げ応力度	96
		τ	N/mm ²	せん断応力度	5
		x	N/mm ²	組合せ応力度	97
	ヒンジピン	L_4	mm	ヒンジ板と受材間距離	33.5
		σ	N/mm ²	曲げ応力度	128
		τ	N/mm ²	せん断応力度	22
		x	N/mm ²	組合せ応力度	134
	ヒンジボルト	n_1	本	ヒンジボルトの本数	4
		τ	N/mm ²	せん断応力度	79
カンヌキ部	共通	n_2	本	カンヌキの本数	6
	カンヌキ	L_5	mm	カンヌキの突出長さ	61.5
		σ	N/mm ²	曲げ応力度	16
		τ	N/mm ²	せん断応力度	2
		x	N/mm ²	組合せ応力度	17
	カンヌキ受けピン	L_p	mm	カンヌキ受けピンの軸支持間距離	72.0
		σ	N/mm ²	曲げ応力度	16
		τ	N/mm ²	せん断応力度	3
	カンヌキ受けボルト	n_b	本	カンヌキ受けボルトの本数	2
		σ_t	N/mm ²	引張応力度	18

表 3—1 耐震評価に必要な入力値 (16/28)

対象部位		記号	単位	定義	水密扉 No.	
					8	
扉 固定部	扉付固定 ボルト	n_c	本	扉付固定ボルトの本数	—	
		τ	N/mm ²	せん断応力度	—	
	枠付固定 ボルト	A	mm ²	断面積	—	
		σ_t	N/mm ²	引張応力度	—	
	ブラケット	A	mm ²	ブラケットの断面積	—	
		σ	N/mm ²	曲げ応力度	—	
		τ	N/mm ²	せん断応力度	—	
アンカーボルト		w_a	kN	扉枠の重量	11.08	
		n_3	本	ヒンジ側アンカーボルトの本数	7	
		T_d	N	アンカーボルト 1 本あたりに生じる引張力	13400	
		Q_d	N	アンカーボルト 1 本あたりに生じるせん断力	15150	
		T_a	N	アンカーボルト 1 本あたりの 短期許容引張力	67315	
		Q_a	N	アンカーボルト 1 本あたりの 短期許容せん断力	58068	
固有 振動数		芯材	L	cm	梁長さ	140.6
			E	kgf/cm ²	ヤング率	2.09×10^6
			I	cm ⁴	断面二次モーメント	1380
			γ_m	kg/cm	質量分布	3.20
		扉板	t	cm	扉板厚さ	—
			a	cm	2 隣辺の長さ(扉の幅)	—
			b	cm	2 隣辺の長さ(扉の高さ)	—
			E	kgf/cm ²	ヤング率	—
			γ	kgf/cm ³	単位体積の重さ	—
			ν	—	ポアソン比	—

表 3—1 耐震評価に必要な入力値 (17/28)

対象部位	記号	単位	定義	水密扉 No.	
				9	
共通	G	kN	扉重量	12.45	
	k_H	—	水平震度	1.90	
	k_{UD}	—	鉛直震度	1.34	
	L_1	mm	扉重心とヒンジ芯間距離	828.0	
	L_2	mm	ヒンジ芯間距離	1738.0	
	W_1	N	スラスト荷重	29130	
	F_1	N	転倒力	25710	
ヒンジ部	ヒンジ板	L_3	mm	ヒンジ板の2軸間距離	390.0
		σ	N/mm ²	曲げ応力度	79
		τ	N/mm ²	せん断応力度	5
		x	N/mm ²	組合せ応力度	80
	ヒンジピン	L_4	mm	ヒンジ板と受材間距離	33.5
		σ	N/mm ²	曲げ応力度	97
		τ	N/mm ²	せん断応力度	17
		x	N/mm ²	組合せ応力度	102
	ヒンジボルト	n_1	本	ヒンジボルトの本数	4
		τ	N/mm ²	せん断応力度	62
カンヌキ部	共通	n_2	本	カンヌキの本数	4
	カンヌキ	L_5	mm	カンヌキの突出長さ	61.5
		σ	N/mm ²	曲げ応力度	18
		τ	N/mm ²	せん断応力度	3
		x	N/mm ²	組合せ応力度	19
	カンヌキ受けピン	L_p	mm	カンヌキ受けピンの軸支持間距離	72.0
		σ	N/mm ²	曲げ応力度	17
		τ	N/mm ²	せん断応力度	3
	カンヌキ受けボルト	n_b	本	カンヌキ受けボルトの本数	2
		σ_t	N/mm ²	引張応力度	19

表 3—1 耐震評価に必要な入力値 (18/28)

対象部位		記号	単位	定義	水密扉 No.
					9
扉 固定部	扉付固定 ボルト	n_c	本	扉付固定ボルトの本数	—
		τ	N/mm ²	せん断応力度	—
	枠付固定 ボルト	A	mm ²	断面積	—
		σ_t	N/mm ²	引張応力度	—
	ブラケット	A	mm ²	ブラケットの断面積	—
		σ	N/mm ²	曲げ応力度	—
		τ	N/mm ²	せん断応力度	—
アンカーボルト		w_a	kN	扉枠の重量	10.40
		n_3	本	ヒンジ側アンカーボルトの本数	8
		T_d	N	アンカーボルト 1 本あたりに生じる引張力	8898
		Q_d	N	アンカーボルト 1 本あたりに生じるせん断力	10920
		T_a	N	アンカーボルト 1 本あたりの 短期許容引張力	67315
		Q_a	N	アンカーボルト 1 本あたりの 短期許容せん断力	58068
固有 振動数	芯材	L	cm	梁長さ	140.2
		E	kgf/cm ²	ヤング率	2.09×10^6
		I	cm ⁴	断面二次モーメント	1380
		γ_m	kg/cm	質量分布	2.91
	扉板	t	cm	扉板厚さ	—
		a	cm	2 隣辺の長さ(扉の幅)	—
		b	cm	2 隣辺の長さ(扉の高さ)	—
		E	kgf/cm ²	ヤング率	—
		γ	kgf/cm ³	単位体積の重さ	—
		ν	—	ポアソン比	—

表 3—1 耐震評価に必要な入力値 (19/28)

対象部位	記号	単位	定義	水密扉 No.	
				10	
共通	G	kN	扉重量	19.71	
	k_H	—	水平震度	1.90	
	k_{UD}	—	鉛直震度	1.34	
	L_1	mm	扉重心とヒンジ芯間距離	1048.0	
	L_2	mm	ヒンジ芯間距離	1647.0	
	W_1	N	スラスト荷重	46120	
	F_1	N	転倒力	48070	
ヒンジ部	ヒンジ板	L_3	mm	ヒンジ板の2軸間距離	460.0
		σ	N/mm ²	曲げ応力度	107
		τ	N/mm ²	せん断応力度	4
		x	N/mm ²	組合せ応力度	108
	ヒンジピン	L_4	mm	ヒンジ板と受材間距離	33.5
		σ	N/mm ²	曲げ応力度	132
		τ	N/mm ²	せん断応力度	25
		x	N/mm ²	組合せ応力度	139
	ヒンジボルト	n_1	本	ヒンジボルトの本数	4
		τ	N/mm ²	せん断応力度	107
カンヌキ部	共通	n_2	本	カンヌキの本数	4
	カンヌキ	L_5	mm	カンヌキの突出長さ	96.1
		σ	N/mm ²	曲げ応力度	13
		τ	N/mm ²	せん断応力度	2
		x	N/mm ²	組合せ応力度	14
	カンヌキ受けピン	L_p	mm	カンヌキ受けピンの軸支持間距離	110.0
		σ	N/mm ²	曲げ応力度	13
		τ	N/mm ²	せん断応力度	2
	カンヌキ受けボルト	n_b	本	カンヌキ受けボルトの本数	4
		σ_t	N/mm ²	引張応力度	15

表 3—1 耐震評価に必要な入力値 (20/28)

対象部位		記号	単位	定義	水密扉 No.	
					10	
扉 固定部	扉付固定 ボルト	n_c	本	扉付固定ボルトの本数	—	
		τ	N/mm ²	せん断応力度	—	
	枠付固定 ボルト	A	mm ²	断面積	—	
		σ_t	N/mm ²	引張応力度	—	
	ブラケット	A	mm ²	ブラケットの断面積	—	
		σ	N/mm ²	曲げ応力度	—	
		τ	N/mm ²	せん断応力度	—	
アンカーボルト		w_a	kN	扉枠の重量	13.83	
		n_3	本	ヒンジ側アンカーボルトの本数	7	
		T_d	N	アンカーボルト 1 本あたりに生じる引張力	17490	
		Q_d	N	アンカーボルト 1 本あたりに生じるせん断力	19620	
		T_a	N	アンカーボルト 1 本あたりの 短期許容引張力	67315	
		Q_a	N	アンカーボルト 1 本あたりの 短期許容せん断力	58068	
固有 振動数		芯材	L	cm	梁長さ	170.2
			E	kgf/cm ²	ヤング率	2.09×10^6
			I	cm ⁴	断面二次モーメント	4180
			γ_m	kg/cm	質量分布	3.58
		扉板	t	cm	扉板厚さ	—
			a	cm	2 隣辺の長さ(扉の幅)	—
			b	cm	2 隣辺の長さ(扉の高さ)	—
			E	kgf/cm ²	ヤング率	—
			γ	kgf/cm ³	単位体積の重さ	—
			ν	—	ポアソン比	—

表 3—1 耐震評価に必要な入力値 (21/28)

対象部位	記号	単位	定義	水密扉 No.	
				11	
共通	G	kN	扉重量	7.65	
	k_H	—	水平震度	1.90	
	k_{UD}	—	鉛直震度	1.34	
	L_1	mm	扉重心とヒンジ芯間距離	592.5	
	L_2	mm	ヒンジ芯間距離	1677.0	
	W_1	N	スラスト荷重	17900	
	F_1	N	転倒力	13590	
ヒンジ部	ヒンジ板	L_3	mm	ヒンジ板の2軸間距離	320.0
		σ	N/mm ²	曲げ応力度	86
		τ	N/mm ²	せん断応力度	5
		x	N/mm ²	組合せ応力度	87
	ヒンジピン	L_4	mm	ヒンジ板と受材間距離	33.5
		σ	N/mm ²	曲げ応力度	51
		τ	N/mm ²	せん断応力度	9
		x	N/mm ²	組合せ応力度	54
	ヒンジボルト	n_1	本	ヒンジボルトの本数	4
		τ	N/mm ²	せん断応力度	36
カンヌキ部	共通	n_2	本	カンヌキの本数	2
	カンヌキ	L_5	mm	カンヌキの突出長さ	61.5
		σ	N/mm ²	曲げ応力度	37
		τ	N/mm ²	せん断応力度	4
		x	N/mm ²	組合せ応力度	38
	カンヌキ受けピン	L_p	mm	カンヌキ受けピンの軸支持間距離	72.0
		σ	N/mm ²	曲げ応力度	50
		τ	N/mm ²	せん断応力度	6
	カンヌキ受けボルト	n_b	本	カンヌキ受けボルトの本数	2
		σ_t	N/mm ²	引張応力度	24

表 3—1 耐震評価に必要な入力値 (22/28)

対象部位		記号	単位	定義	水密扉 No.	
					11	
扉 固定部	扉付固定 ボルト	n_c	本	扉付固定ボルトの本数	—	
		τ	N/mm ²	せん断応力度	—	
	枠付固定 ボルト	A	mm ²	断面積	—	
		σ_t	N/mm ²	引張応力度	—	
	ブラケット	A	mm ²	ブラケットの断面積	—	
		σ	N/mm ²	曲げ応力度	—	
		τ	N/mm ²	せん断応力度	—	
アンカーボルト		w_a	kN	扉枠の重量	6.18	
		n_3	本	ヒンジ側アンカーボルトの本数	8	
		T_d	N	アンカーボルト 1 本あたりに生じる引張力	4865	
		Q_d	N	アンカーボルト 1 本あたりに生じるせん断力	5791	
		T_a	N	アンカーボルト 1 本あたりの 短期許容引張力	34073	
		Q_a	N	アンカーボルト 1 本あたりの 短期許容せん断力	25826	
固有 振動数		芯材	L	cm	梁長さ	94.5
			E	kgf/cm ²	ヤング率	2.09×10^6
			I	cm ⁴	断面二次モーメント	1380
			γ_m	kg/cm	質量分布	2.62
		扉板	t	cm	扉板厚さ	—
			a	cm	2 隣辺の長さ(扉の幅)	—
			b	cm	2 隣辺の長さ(扉の高さ)	—
			E	kgf/cm ²	ヤング率	—
			γ	kgf/cm ³	単位体積の重さ	—
			ν	—	ポアソン比	—

表 3—1 耐震評価に必要な入力値 (23/28)

対象部位	記号	単位	定義	水密扉 No.	
				12	
共通	G	kN	扉重量	17.85	
	k_H	—	水平震度	1.90	
	k_{UD}	—	鉛直震度	1.34	
	L_1	mm	扉重心とヒンジ芯間距離	1197.5	
	L_2	mm	ヒンジ芯間距離	1226.0	
	W_1	N	スラスト荷重	41770	
	F_1	N	転倒力	57760	
ヒンジ部	ヒンジ板	L_3	mm	ヒンジ板の2軸間距離	480.0
		σ	N/mm ²	曲げ応力度	84
		τ	N/mm ²	せん断応力度	4
		x	N/mm ²	組合せ応力度	85
	ヒンジピン	L_4	mm	ヒンジ板と受材間距離	36.5
		σ	N/mm ²	曲げ応力度	236
		τ	N/mm ²	せん断応力度	37
		x	N/mm ²	組合せ応力度	245
	ヒンジボルト	n_1	本	ヒンジボルトの本数	4
		τ	N/mm ²	せん断応力度	114
カンヌキ部	共通	n_2	本	カンヌキの本数	6
	カンヌキ	L_5	mm	カンヌキの突出長さ	96.1
		σ	N/mm ²	曲げ応力度	8
		τ	N/mm ²	せん断応力度	1
		x	N/mm ²	組合せ応力度	9
	カンヌキ受けピン	L_p	mm	カンヌキ受けピンの軸支持間距離	110.0
		σ	N/mm ²	曲げ応力度	8
		τ	N/mm ²	せん断応力度	1
	カンヌキ受けボルト	n_b	本	カンヌキ受けボルトの本数	4
		σ_t	N/mm ²	引張応力度	9

表 3—1 耐震評価に必要な入力値 (24/28)

対象部位		記号	単位	定義	水密扉 No.
					12
扉 固定部	扉付固定 ボルト	n_c	本	扉付固定ボルトの本数	—
		τ	N/mm ²	せん断応力度	—
	枠付固定 ボルト	A	mm ²	断面積	—
		σ_t	N/mm ²	引張応力度	—
	ブラケット	A	mm ²	ブラケットの断面積	—
		σ	N/mm ²	曲げ応力度	—
		τ	N/mm ²	せん断応力度	—
アンカーボルト		w_a	kN	扉枠の重量	15.69
		n_3	本	ヒンジ側アンカーボルトの本数	7
		T_d	N	アンカーボルト 1 本あたりに生じる引張力	20760
		Q_d	N	アンカーボルト 1 本あたりに生じるせん断力	22470
		T_a	N	アンカーボルト 1 本あたりの 短期許容引張力	67315
		Q_a	N	アンカーボルト 1 本あたりの 短期許容せん断力	58068
固有 振動数	芯材	L	cm	梁長さ	196.2
		E	kgf/cm ²	ヤング率	2.09×10^6
		I	cm ⁴	断面二次モーメント	4180
		γ_m	kg/cm	質量分布	2.85
	扉板	t	cm	扉板厚さ	—
		a	cm	2 隣辺の長さ(扉の幅)	—
		b	cm	2 隣辺の長さ(扉の高さ)	—
		E	kgf/cm ²	ヤング率	—
		γ	kgf/cm ³	単位体積の重さ	—
		ν	—	ポアソン比	—

表 3—1 耐震評価に必要な入力値 (25/28)

対象部位	記号	単位	定義	水密扉 No.	
				13(大) *	
共通	G	kN	扉重量	79.43	
	k_H	—	水平震度	2.42	
	k_{UD}	—	鉛直震度	1.75	
	L_1	mm	扉重心とヒンジ芯間距離	1273.0	
	L_2	mm	ヒンジ芯間距離	1992.0	
	W_1	N	スラスト荷重	218400	
	F_1	N	転倒力	235700	
ヒンジ部	ヒンジ板	L_3	mm	ヒンジ板の2軸間距離	600.0
		σ	N/mm ²	曲げ応力度	97
		τ	N/mm ²	せん断応力度	7
		x	N/mm ²	組合せ応力度	98
	ヒンジピン	L_4	mm	ヒンジ板と受材間距離	61.0
		σ	N/mm ²	曲げ応力度	111
		τ	N/mm ²	せん断応力度	25
		x	N/mm ²	組合せ応力度	120
	ヒンジボルト	n_1	本	ヒンジボルトの本数	8
		τ	N/mm ²	せん断応力度	72
カンヌキ部	共通	n_2	本	カンヌキの本数	—
	カンヌキ	L_5	mm	カンヌキの突出長さ	—
		σ	N/mm ²	曲げ応力度	—
		τ	N/mm ²	せん断応力度	—
		x	N/mm ²	組合せ応力度	—
	カンヌキ受けピン	L_p	mm	カンヌキ受けピンの軸支持間距離	—
		σ	N/mm ²	曲げ応力度	—
		τ	N/mm ²	せん断応力度	—
	カンヌキ受けボルト	n_b	本	カンヌキ受けボルトの本数	—
		σ_t	N/mm ²	引張応力度	—

注記* : No. 13 扉のうち、機器搬出入用扉を示す。

表 3—1 耐震評価に必要な入力値 (26/28)

対象部位		記号	単位	定義	水密扉 No.
					13(大) *
扉固定部	扉付固定 ボルト	n_c	本	扉付固定ボルトの本数	11
		τ	N/mm ²	せん断応力度	72
	枠付固定 ボルト	A	mm ²	枠付固ボルトの断面積	245
		σ_t	N/mm ²	引張応力度	72
	ブラケット	A	mm ²	ブラケットの断面積	1521
		σ	N/mm ²	曲げ応力度	—
		τ	N/mm ²	せん断応力度	12
アンカーボルト		w_a	kN	扉枠の重量	24.03
		n_3	本	ヒンジ側アンカーボルトの本数	29
		T_d	N	アンカーボルト 1 本あたりに生じる引張力	18260
		Q_d	N	アンカーボルト 1 本あたりに生じるせん断力	20210
		T_a	N	アンカーボルト 1 本あたりの 短期許容引張力	57575
		Q_a	N	アンカーボルト 1 本あたりの 短期許容せん断力	40302
固有振動数	扉板 (開放)	L	cm	梁長さ	203.0
		E	kgf/cm ²	ヤング率	2.09×10^6
		I	cm ⁴	断面二次モーメント	32950
		γ_m	kg/cm	質量分布	39.90
	扉板 (閉止)	t	cm	扉板厚さ	11.5
		a	cm	2 隣辺の長さ(扉の幅)	203.0
		b	cm	2 隣辺の長さ(扉の高さ)	260.0
		E	kgf/cm ²	ヤング率	2.09×10^6
		γ	kgf/cm ³	単位体積の重さ	0.013
		ν	—	ポアソン比	0.3

注記* : No. 13 扉のうち、機器搬出入用扉を示す。

表 3—1 耐震評価に必要な入力値 (27/28)

対象部位	記号	単位	定義	水密扉 No.	
				13(小) *	
共通	G	kN	扉重量	25.01	
	k_H	—	水平震度	2.42	
	k_{UD}	—	鉛直震度	1.75	
	L_1	mm	扉重心とヒンジ芯間距離	618	
	L_2	mm	ヒンジ芯間距離	1885	
	W_1	N	スラスト荷重	68780	
	F_1	N	転倒力	52810	
ヒンジ部	ヒンジ板	L_3	mm	ヒンジ板の2軸間距離	340.0
		σ	N/mm ²	曲げ応力度	84
		τ	N/mm ²	せん断応力度	7
		x	N/mm ²	組合せ応力度	85
	ヒンジピン	L_4	mm	ヒンジ板と受材間距離	37.5
		σ	N/mm ²	曲げ応力度	122
		τ	N/mm ²	せん断応力度	23
		x	N/mm ²	組合せ応力度	129
	ヒンジボルト	n_1	本	ヒンジボルトの本数	4
		τ	N/mm ²	せん断応力度	89
カンヌキ部	共通	n_2	本	カンヌキの本数	4
	カンヌキ	L_5	mm	カンヌキの突出長さ	68.5
		σ	N/mm ²	曲げ応力度	49
		τ	N/mm ²	せん断応力度	6
		x	N/mm ²	組合せ応力度	51
	カンヌキ受けピン	L_p	mm	カンヌキ受けピンの軸支持間距離	72.0
		σ	N/mm ²	曲げ応力度	44
		τ	N/mm ²	せん断応力度	7
	カンヌキ受けボルト	n_b	本	カンヌキ受けボルトの本数	2
		σ_t	N/mm ²	引張応力度	31

注記* : No. 13 扉のうち、くぐり戸を示す。

表 3—1 耐震評価に必要な入力値 (28/28)

対象部位		記号	単位	定義	水密扉 No.
					13(小) *
扉固定部	扉付固定 ボルト	n_c	本	扉付固定ボルトの本数	—
		τ	N/mm ²	せん断応力度	—
	枠付固定 ボルト	A	mm ²	断面積	—
		σ_t	N/mm ²	引張応力度	—
	ブラケット	A	mm ²	ブラケットの断面積	—
		σ	N/mm ²	曲げ応力度	—
τ		N/mm ²	せん断応力度	—	
アンカーボルト		w_a	kN	扉枠の重量	—
		n_3	本	ヒンジ側アンカーボルトの本数	—
		T_d	N	アンカーボルト 1 本あたりに生じる引張力	—
		Q_d	N	アンカーボルト 1 本あたりに生じるせん断力	—
		T_a	N	アンカーボルト 1 本あたりの 短期許容引張力	—
		Q_a	N	アンカーボルト 1 本あたりの 短期許容せん断力	—
固有振動数	扉板 (開放)	L	cm	梁長さ	103.0
		E	kgf/cm ²	ヤング率	2.09×10^6
		I	cm ⁴	断面二次モーメント	27880
		γ_m	kg/cm	質量分布	24.76
	扉板 (閉止)	t	cm	扉板厚さ	11.5
		a	cm	2 隣辺の長さ(扉の幅)	103.0
		b	cm	2 隣辺の長さ(扉の高さ)	220.0
		E	kgf/cm ²	ヤング率	2.09×10^6
		γ	kgf/cm ³	単位体積の重さ	0.010
		ν	—	ポアソン比	0.3

注記* : No. 13 扉のうち、くぐり戸を示す。

3.2 耐震評価結果

表 3—2 耐震評価結果 (1/14)

水密扉 No.	評価対象部位		発生値 (応力度, 荷重) (N/mm ²)	許容限界値 (N/mm ²)	発生値/ 許容限界値	備考
1	ヒンジ 部	ヒンジ板*1	67	215	0.32	組合せ
		ヒンジピン*1	61	345	0.18	組合せ
		ヒンジボルト	36	420	0.09	せん断
	カン ヌキ部	カンヌキ*1	7	651	0.02	組合せ
		カンヌキ受けピン*2	6	345	0.02	曲げ
		カンヌキ受けボルト	4	728	0.01	引張
	扉固定 部	扉付固定ボルト	—	—	—	—
		枠付固定ボルト	—	—	—	—
		ブラケット*1	—	—	—	—
	アンカーボルト*3		4419	33592	0.14	せん断

注記*1：曲げ, せん断及び組合せのうち, 評価結果が最も厳しい値を記載する。

*2：曲げ及びせん断のうち, 評価結果が厳しい方の値を記載する。

*3：単位はNとし, 引張, せん断及び組合せのうち, 評価結果が最も厳しい値を記載する。

表 3—2 耐震評価結果 (2/14)

水密扉 No.	評価対象部位		発生値 (応力度, 荷重) (N/mm ²)	許容限界値 (N/mm ²)	発生値/ 許容限界値	備考
2	ヒンジ 部	ヒンジ板*1	67	215	0.32	組合せ
		ヒンジピン*1	61	345	0.18	組合せ
		ヒンジボルト	36	420	0.09	せん断
	カン ヌキ部	カンヌキ*1	7	651	0.02	組合せ
		カンヌキ受けピン*2	6	345	0.02	曲げ
		カンヌキ受けボルト	4	728	0.01	引張
	扉固定 部	扉付固定ボルト	—	—	—	—
		枠付固定ボルト	—	—	—	—
		ブラケット*1	—	—	—	—
	アンカーボルト*3		4458	22305	0.20	せん断

注記*1：曲げ, せん断及び組合せのうち, 評価結果が最も厳しい値を記載する。

*2：曲げ及びせん断のうち, 評価結果が厳しい方の値を記載する。

*3：単位はNとし, 引張, せん断及び組合せのうち, 評価結果が最も厳しい値を記載する。

表 3—2 耐震評価結果 (3/14)

水密扉 No.	評価対象部位		発生値 (応力度, 荷重) (N/mm ²)	許容限界値 (N/mm ²)	発生値/ 許容限界値	備考
3	ヒンジ 部	ヒンジ板*1	106	215	0.50	組合せ
		ヒンジピン*1	53	686	0.08	組合せ
		ヒンジボルト	43	420	0.11	せん断
	カン ヌキ部	カンヌキ*1	26	686	0.04	組合せ
		カンヌキ受けピン*2	17	651	0.03	曲げ
		カンヌキ受けボルト	11	728	0.02	引張
	扉固定 部	扉付固定ボルト	—	—	—	—
		枠付固定ボルト	—	—	—	—
		ブラケット*1	—	—	—	—
	アンカーボルト*3		10450	40302	0.26	せん断

注記*1：曲げ, せん断及び組合せのうち, 評価結果が最も厳しい値を記載する。

*2：曲げ及びせん断のうち, 評価結果が厳しい方の値を記載する。

*3：単位はNとし, 引張, せん断及び組合せのうち, 評価結果が最も厳しい値を記載する。

表 3—2 耐震評価結果 (4/14)

水密扉 No.	評価対象部位		発生値 (応力度, 荷重) (N/mm ²)	許容限界値 (N/mm ²)	発生値/ 許容限界値	備考
4	ヒンジ 部	ヒンジ板*1	106	215	0.50	組合せ
		ヒンジピン*1	53	686	0.08	組合せ
		ヒンジボルト	43	420	0.11	せん断
	カン ヌキ部	カンヌキ*1	26	686	0.04	組合せ
		カンヌキ受けピン*2	17	651	0.03	曲げ
		カンヌキ受けボルト	11	728	0.02	引張
	扉固定 部	扉付固定ボルト	—	—	—	—
		枠付固定ボルト	—	—	—	—
		ブラケット*1	—	—	—	—
	アンカーボルト*3		10450	40302	0.26	せん断

注記*1：曲げ, せん断及び組合せのうち, 評価結果が最も厳しい値を記載する。

*2：曲げ及びせん断のうち, 評価結果が厳しい方の値を記載する。

*3：単位はNとし, 引張, せん断及び組合せのうち, 評価結果が最も厳しい値を記載する。

表 3—2 耐震評価結果 (5/14)

水密扉 No.	評価対象部位		発生値 (応力度, 荷重) (N/mm ²)	許容限界値 (N/mm ²)	発生値/ 許容限界値	備考
5	ヒンジ 部	ヒンジ板*1	104	215	0.49	組合せ
		ヒンジピン*1	104	345	0.31	組合せ
		ヒンジボルト	57	420	0.14	せん断
	カン ヌキ部	カンヌキ*1	7	345	0.03	組合せ
		カンヌキ受けピン*2	5	345	0.02	曲げ
		カンヌキ受けボルト	6	728	0.01	引張
	扉固定 部	扉付固定ボルト	—	—	—	—
		枠付固定ボルト	—	—	—	—
		ブラケット*1	—	—	—	—
	アンカーボルト*3		7074	58068	0.13	せん断

注記*1：曲げ, せん断及び組合せのうち, 評価結果が最も厳しい値を記載する。

*2：曲げ及びせん断のうち, 評価結果が厳しい方の値を記載する。

*3：単位はNとし, 引張, せん断及び組合せのうち, 評価結果が最も厳しい値を記載する。

表 3—2 耐震評価結果 (6/14)

水密扉 No.	評価対象部位		発生値 (応力度, 荷重) (N/mm ²)	許容限界値 (N/mm ²)	発生値/ 許容限界値	備考
6	ヒンジ 部	ヒンジ板*1	110	215	0.52	組合せ
		ヒンジピン*1	113	345	0.33	組合せ
		ヒンジボルト	61	420	0.15	せん断
	カン ヌキ部	カンヌキ*1	7	345	0.03	組合せ
		カンヌキ受けピン*2	5	345	0.02	曲げ
		カンヌキ受けボルト	7	728	0.01	引張
	扉固定 部	扉付固定ボルト	—	—	—	—
		枠付固定ボルト	—	—	—	—
		ブラケット*1	—	—	—	—
	アンカーボルト*3		29720	58068	0.52	せん断

注記*1：曲げ, せん断及び組合せのうち, 評価結果が最も厳しい値を記載する。

*2：曲げ及びせん断のうち, 評価結果が厳しい方の値を記載する。

*3：単位はNとし, 引張, せん断及び組合せのうち, 評価結果が最も厳しい値を記載する。

表 3—2 耐震評価結果 (7/14)

水密扉 No.	評価対象部位		発生値 (応力度, 荷重) (N/mm ²)	許容限界値 (N/mm ²)	発生値/ 許容限界値	備考
7	ヒンジ 部	ヒンジ板*1	98	215	0.46	組合せ
		ヒンジピン*1	131	345	0.38	組合せ
		ヒンジボルト	117	420	0.28	せん断
	カン ヌキ部	カンヌキ*1	11	345	0.04	組合せ
		カンヌキ受けピン*2	10	345	0.03	曲げ
		カンヌキ受けボルト	12	728	0.02	引張
	扉固定 部	扉付固定ボルト	—	—	—	—
		枠付固定ボルト	—	—	—	—
		ブラケット*1	—	—	—	—
	アンカーボルト*3		19540	58068	0.34	せん断

注記*1：曲げ, せん断及び組合せのうち, 評価結果が最も厳しい値を記載する。

*2：曲げ及びせん断のうち, 評価結果が厳しい方の値を記載する。

*3：単位はNとし, 引張, せん断及び組合せのうち, 評価結果が最も厳しい値を記載する。

表 3—2 耐震評価結果 (8/14)

水密扉 No.	評価対象部位		発生値 (応力度, 荷重) (N/mm ²)	許容限界値 (N/mm ²)	発生値/ 許容限界値	備考
8	ヒンジ 部	ヒンジ板*1	97	215	0.46	組合せ
		ヒンジピン*1	134	345	0.39	組合せ
		ヒンジボルト	79	420	0.19	せん断
	カン ヌキ部	カンヌキ*1	17	205	0.09	組合せ
		カンヌキ受けピン*2	16	345	0.05	曲げ
		カンヌキ受けボルト	18	728	0.03	引張
	扉固定 部	扉付固定ボルト	—	—	—	—
		枠付固定ボルト	—	—	—	—
		ブラケット*1	—	—	—	—
	アンカーボルト*3		15150	58068	0.27	せん断

注記*1：曲げ, せん断及び組合せのうち, 評価結果が最も厳しい値を記載する。

*2：曲げ及びせん断のうち, 評価結果が厳しい方の値を記載する。

*3：単位はNとし, 引張, せん断及び組合せのうち, 評価結果が最も厳しい値を記載する。

表 3—2 耐震評価結果 (9/14)

水密扉 No.	評価対象部位		発生値 (応力度, 荷重) (N/mm ²)	許容限界値 (N/mm ²)	発生値/ 許容限界値	備考
9	ヒンジ 部	ヒンジ板*1	80	215	0.38	組合せ
		ヒンジピン*1	102	345	0.30	組合せ
		ヒンジボルト	62	420	0.15	せん断
	カン ヌキ部	カンヌキ*1	19	651	0.03	組合せ
		カンヌキ受けピン*2	17	651	0.03	曲げ
		カンヌキ受けボルト	19	728	0.03	引張
	扉固定 部	扉付固定ボルト	—	—	—	—
		枠付固定ボルト	—	—	—	—
		ブラケット*1	—	—	—	—
アンカーボルト*3		10290	58068	0.18	せん断	

注記*1：曲げ, せん断及び組合せのうち, 評価結果が最も厳しい値を記載する。

*2：曲げ及びせん断のうち, 評価結果が厳しい方の値を記載する。

*3：単位はNとし, 引張, せん断及び組合せのうち, 評価結果が最も厳しい値を記載する。

表 3—2 耐震評価結果 (10/14)

水密扉 No.	評価対象部位		発生値 (応力度, 荷重) (N/mm ²)	許容限界値 (N/mm ²)	発生値/ 許容限界値	備考
10	ヒンジ 部	ヒンジ板*1	108	215	0.51	組合せ
		ヒンジピン*1	139	345	0.41	組合せ
		ヒンジボルト	107	420	0.26	せん断
	カン ヌキ部	カンヌキ*1	14	345	0.05	組合せ
		カンヌキ受けピン*2	13	345	0.04	曲げ
		カンヌキ受けボルト	15	728	0.03	引張
	扉固定 部	扉付固定ボルト	—	—	—	—
		枠付固定ボルト	—	—	—	—
		ブラケット*1	—	—	—	—
	アンカーボルト*3		19620	58068	0.34	せん断

注記*1：曲げ, せん断及び組合せのうち, 評価結果が最も厳しい値を記載する。

*2：曲げ及びせん断のうち, 評価結果が厳しい方の値を記載する。

*3：単位はNとし, 引張, せん断及び組合せのうち, 評価結果が最も厳しい値を記載する。

表 3—2 耐震評価結果 (11/14)

水密扉 No.	評価対象部位		発生値 (応力度, 荷重) (N/mm ²)	許容限界値 (N/mm ²)	発生値/ 許容限界値	備考
11	ヒンジ 部	ヒンジ板*1	87	235	0.38	組合せ
		ヒンジピン*1	54	345	0.16	組合せ
		ヒンジボルト	36	420	0.09	せん断
	カン ヌキ部	カンヌキ*1	38	205	0.19	組合せ
		カンヌキ受けピン*2	50	345	0.15	曲げ
		カンヌキ受けボルト	24	728	0.04	引張
	扉固定 部	扉付固定ボルト	—	—	—	—
		枠付固定ボルト	—	—	—	—
		ブラケット*1	—	—	—	—
	アンカーボルト*3		5791	25826	0.23	せん断

注記*1：曲げ, せん断及び組合せのうち, 評価結果が最も厳しい値を記載する。

*2：曲げ及びせん断のうち, 評価結果が厳しい方の値を記載する。

*3：単位はNとし, 引張, せん断及び組合せのうち, 評価結果が最も厳しい値を記載する。

表 3—2 耐震評価結果 (12/14)

水密扉 No.	評価対象部位		発生値 (応力度, 荷重) (N/mm ²)	許容限界値 (N/mm ²)	発生値/ 許容限界値	備考
12	ヒンジ 部	ヒンジ板*1	85	215	0.40	組合せ
		ヒンジピン*1	245	345	0.72	組合せ
		ヒンジボルト	114	420	0.28	せん断
	カン ヌキ部	カンヌキ*1	9	205	0.05	組合せ
		カンヌキ受けピン*2	8	345	0.03	曲げ
		カンヌキ受けボルト	9	728	0.02	引張
	扉固定 部	扉付固定ボルト	—	—	—	—
		枠付固定ボルト	—	—	—	—
		ブラケット*1	—	—	—	—
	アンカーボルト*3		22470	58068	0.39	せん断

注記*1：曲げ, せん断及び組合せのうち, 評価結果が最も厳しい値を記載する。

*2：曲げ及びせん断のうち, 評価結果が厳しい方の値を記載する。

*3：単位はNとし, 引張, せん断及び組合せのうち, 評価結果が最も厳しい値を記載する。

表 3—2 耐震評価結果 (13/14)

水密扉 No.	評価対象部位		発生値 (応力度, 荷重) (N/mm ²)	許容限界値 (N/mm ²)	発生値/ 許容限界値	備考
13 (大) *4	ヒンジ 部	ヒンジ板*1	98	205	0.48	組合せ
		ヒンジピン*1	120	345	0.35	組合せ
		ヒンジボルト	72	420	0.18	せん断
	カン ヌキ部	カンヌキ*1	—	—	—	—
		カンヌキ受けピン*2	—	—	—	—
		カンヌキ受けボルト	—	—	—	—
	扉固定 部	扉付固定ボルト	72	420	0.18	せん断
		枠付固定ボルト	72	728	0.10	引張
		ブラケット*1	12	135	0.09	せん断
	アンカーボルト*3		20210	40302	0.51	せん断

注記*1：曲げ, せん断及び組合せのうち, 評価結果が最も厳しい値を記載する。

*2：曲げ及びせん断のうち, 評価結果が厳しい方の値を記載する。

*3：単位はNとし, 引張, せん断及び組合せのうち, 評価結果が最も厳しい値を記載する。

*4：No. 13 扉のうち, 機器搬出入用扉を示す。

表 3—2 耐震評価結果 (14/14)

水密扉 No.	評価対象部位		発生値 (応力度, 荷重) (N/mm ²)	許容限界値 (N/mm ²)	発生値/ 許容限界値	備考
13 (小) *4	ヒンジ 部	ヒンジ板*1	85	215	0.40	組合せ
		ヒンジピン*1	129	345	0.38	組合せ
		ヒンジボルト	89	420	0.22	せん断
	カン ヌキ部	カンヌキ*1	51	345	0.15	組合せ
		カンヌキ受けピン*2	44	345	0.13	曲げ
		カンヌキ受けボルト	31	728	0.05	引張
	扉固定 部	扉付固定ボルト	—	—	—	—
		枠付固定ボルト	—	—	—	—
		ブラケット*1	—	—	—	—
	アンカーボルト*3		—	—	—	—

注記*1：曲げ, せん断及び組合せのうち, 評価結果が最も厳しい値を記載する。

*2：曲げ及びせん断のうち, 評価結果が厳しい方の値を記載する。

*3：単位はNとし, 引張, せん断及び組合せのうち, 評価結果が最も厳しい値を記載する。

*4：No. 13 扉のうち, くぐり戸を示す。

4. 強度評価

4.1 入力値

表 4-1 強度評価に用いる評価条件 (1/28)

対象部位	記号	単位	定義	水密扉 No.	
				1	
共通	h	mm	扉の水圧作用高さ	17500	
	ρ_o	t/m ³	液体の密度	1.03	
	g	m/s ²	重力加速度	9.80665	
扉板	β	—	浸水エリアの幅と水深の比による補正係数	1.0	
	α_H	—	水平方向の設計震度	1.17	
	w_D	N/mm ²	扉下端に作用する静水圧荷重及び余震荷重	0.37	
	L_D	mm	扉の幅	900.0	
	H_D	mm	扉の高さ	2055.0	
	L_{PL}	mm	扉板の短辺長さ	505.0	
	t	mm	扉板の板厚	19.0	
	β_1	—	応力係数	0.6	
	W_D	kN	扉重量	7.85	
芯材	w	N/mm	芯材に作用する等分布荷重	161.88	
	b	mm	芯材に作用する荷重の負担幅	437.5	
	L	mm	芯材の支持間距離	900.0	
	Z	mm ³	芯材の断面係数	231000	
	A_s	mm ²	芯材のせん断断面積	1800	
カンヌキ部	共通	n_2	本	カンヌキの本数	8
	カンヌキ	L_5	mm	カンヌキの突出長さ	68.5
		σ	N/mm ²	曲げ応力度	277
		τ	N/mm ²	せん断応力度	31
		x	N/mm ²	組合せ応力度	283
	カンヌキ 受けピン	L_p	mm	カンヌキ受けピンの軸支持間距離	72.0
		σ	N/mm ²	曲げ応力度	246
		τ	N/mm ²	せん断応力度	35
	カンヌキ 受けボルト	n_b	本	カンヌキ受けボルトの本数	2
		σ_t	N/mm ²	引張応力度	175

表 4-1 強度評価に用いる評価条件 (2/28)

対象部位		記号	単位	定義	水密扉 No.
					1
扉固定部	扉付固定 ボルト	n_c	本	扉付固定ボルトの本数	—
		τ	N/mm ²	せん断応力度	—
	枠付固定 ボルト	A	mm ²	断面積	—
		σ_t	N/mm ²	引張応力度	—
	ブラケット	A	mm ²	ブラケットの断面積	—
		σ	N/mm ²	曲げ応力度	—
τ		N/mm ²	せん断応力度	—	
アンカーボルト	L_{c1}	mm	躯体開口部の高さ	2000.0	
	L_{c2}	mm	躯体開口部の幅	1000.0	
	n_{a1}	本	0° 方向左右もしくは上下の アンカーボルト本数	28	
	n_{a2}	本	90° 方向左右もしくは上下の アンカーボルト本数	19	
	n_{a3}	本	45° 方向左右もしくは上下の アンカーボルト本数	—	
	Q_a	N/本	0° 方向アンカーボルト 1 本当たりの 短期許容せん断力	22529	
			90° 方向アンカーボルト 1 本当たりの 短期許容せん断力	18433	
			45° 方向アンカーボルト 1 本当たりの 短期許容せん断力	—	
	T_a	N/本	0° 方向アンカーボルト 1 本当たりの 短期許容引張力	29489	
			90° 方向アンカーボルト 1 本当たりの 短期許容引張力	34766	
			45° 方向アンカーボルト 1 本当たりの 短期許容せん断力	—	

表 4—1 強度評価に用いる評価条件 (3/28)

対象部位	記号	単位	定義	水密扉 No.	
				2	
共通	h	mm	扉の水圧作用高さ	17500	
	ρ_o	t/m ³	液体の密度	1.03	
	g	m/s ²	重力加速度	9.80665	
扉板	β	—	浸水エリアの幅と水深の比による補正係数	1.0	
	α_H	—	水平方向の設計震度	1.17	
	w_D	N/mm ²	扉下端に作用する静水圧荷重及び余震荷重	0.37	
	L_D	mm	扉の幅	900.0	
	H_D	mm	扉の高さ	2055.0	
	L_{PL}	mm	扉板の短辺長さ	505.0	
	t	mm	扉板の板厚	19.0	
	β_1	—	応力係数	0.6	
	W_D	kN	扉重量	7.85	
芯材	w'	N/mm	芯材に作用する等分布荷重	161.88	
	b	mm	芯材に作用する荷重の負担幅	437.5	
	L	mm	芯材の支持間距離	900.0	
	Z	mm ³	芯材の断面係数	231000	
	A_s	mm ²	芯材のせん断断面積	1800	
カンヌキ部	共通	n_2	本	カンヌキの本数	8
	カンヌキ	L_5	mm	カンヌキの突出長さ	68.5
		σ	N/mm ²	曲げ応力度	277
		τ	N/mm ²	せん断応力度	31
		x	N/mm ²	組合せ応力度	283
	カンヌキ 受けピン	L_p	mm	カンヌキ受けピンの軸支持間距離	72.0
		σ	N/mm ²	曲げ応力度	246
		τ	N/mm ²	せん断応力度	35
	カンヌキ 受けボルト	n_b	本	カンヌキ受けボルトの本数	2
		σ_t	N/mm ²	引張応力度	175

表 4-1 強度評価に用いる評価条件 (4/28)

対象部位		記号	単位	定義	水密扉 No.
					2
扉固定部	扉付固定 ボルト	n_c	本	扉付固定ボルトの本数	—
		τ	N/mm ²	せん断応力度	—
	枠付固定 ボルト	A	mm ²	断面積	—
		σ_t	N/mm ²	引張応力度	—
	ブラケット	A	mm ²	ブラケットの断面積	—
		σ	N/mm ²	曲げ応力度	—
		τ	N/mm ²	せん断応力度	—
アンカーボルト	L_{c1}	mm	躯体開口部の高さ	2000.0	
	L_{c2}	mm	躯体開口部の幅	1000.0	
	n_{a1}	本	0° 方向左右もしくは上下の アンカーボルト本数	18	
	n_{a2}	本	90° 方向左右もしくは上下の アンカーボルト本数	24	
	n_{a3}	本	45° 方向左右もしくは上下の アンカーボルト本数	—	
	Q_a	N/本	0° 方向アンカーボルト 1 本当たりの 短期許容せん断力	22529	
			90° 方向アンカーボルト 1 本当たりの 短期許容せん断力	13317	
			45° 方向アンカーボルト 1 本当たりの 短期許容せん断力	—	
	T_a	N/本	0° 方向アンカーボルト 1 本当たりの 短期許容引張力	25950	
			90° 方向アンカーボルト 1 本当たりの 短期許容引張力	34348	
			45° 方向アンカーボルト 1 本当たりの 短期許容せん断力	—	

表 4—1 強度評価に用いる評価条件 (5/28)

対象部位	記号	単位	定義	水密扉 No.	
				3	
共通	h	mm	扉の水圧作用高さ	400	
	ρ_o	t/m ³	液体の密度	1.00	
	g	m/s ²	重力加速度	9.80665	
扉板	β	—	浸水エリアの幅と水深の比による補正係数	1.0	
	α_H	—	水平方向の設計震度	0.92	
	w_D	N/mm ²	扉下端に作用する静水圧荷重及び余震荷重	0.02	
	L_D	mm	扉の幅	1350.0	
	H_D	mm	扉の高さ	2080.0	
	L_{PL}	mm	扉板の短辺長さ	300.0	
	t	mm	扉板の板厚	12.0	
	β_1	—	応力係数	0.8	
	W_D	kN	扉重量	23.54	
芯材	w'	N/mm	芯材に作用する等分布荷重	5.74	
	b	mm	芯材に作用する荷重の負担幅	287.0	
	L	mm	芯材の支持間距離	1350.0	
	Z	mm ³	芯材の断面係数	253300	
	A_s	mm ²	芯材のせん断断面積	7600	
カンヌキ部	共通	n_2	本	カンヌキの本数	8
	カンヌキ	L_5	mm	カンヌキの突出長さ	127.5
		σ	N/mm ²	曲げ応力度	34
		τ	N/mm ²	せん断応力度	3
		x	N/mm ²	組合せ応力度	35
	カンヌキ 受けピン	L_p	mm	カンヌキ受けピンの軸支持間距離	82.0
		σ	N/mm ²	曲げ応力度	23
		τ	N/mm ²	せん断応力度	3
	カンヌキ 受けボルト	n_b	本	カンヌキ受けボルトの本数	2
		σ_t	N/mm ²	引張応力度	15

表 4-1 強度評価に用いる評価条件 (6/28)

対象部位		記号	単位	定義	水密扉 No.
					3
扉固定部	扉付固定 ボルト	n_c	本	扉付固定ボルトの本数	—
		τ	N/mm ²	せん断応力度	—
	枠付固定 ボルト	A	mm ²	断面積	—
		σ_t	N/mm ²	引張応力度	—
	ブラケット	A	mm ²	ブラケットの断面積	—
		σ	N/mm ²	曲げ応力度	—
		τ	N/mm ²	せん断応力度	—
アンカーボルト		L_{c1}	mm	躯体開口部の高さ	2140.0
		L_{c2}	mm	躯体開口部の幅	1500.0
		n_{a1}	本	0° 方向左右もしくは上下の アンカーボルト本数	30
		n_{a2}	本	90° 方向左右もしくは上下の アンカーボルト本数	—
		n_{a3}	本	45° 方向左右もしくは上下の アンカーボルト本数	—
		Q_a	N/本	0° 方向アンカーボルト 1 本当たりの 短期許容せん断力	40302
				90° 方向アンカーボルト 1 本当たりの 短期許容せん断力	—
				45° 方向アンカーボルト 1 本当たりの 短期許容せん断力	—
		T_a	N/本	0° 方向アンカーボルト 1 本当たりの 短期許容引張力	40463
				90° 方向アンカーボルト 1 本当たりの 短期許容引張力	—
				45° 方向アンカーボルト 1 本当たりの 短期許容せん断力	—

表 4—1 強度評価に用いる評価条件 (7/28)

対象部位	記号	単位	定義	水密扉 No.	
				4	
共通	h	mm	扉の水圧作用高さ	400	
	ρ_o	t/m ³	液体の密度	1.00	
	g	m/s ²	重力加速度	9.80665	
扉板	β	—	浸水エリアの幅と水深の比による補正係数	1.0	
	α_H	—	水平方向の設計震度	0.92	
	w_D	N/mm ²	扉下端に作用する静水圧荷重及び余震荷重	0.02	
	L_D	mm	扉の幅	1350.0	
	H_D	mm	扉の高さ	2080.0	
	L_{PL}	mm	扉板の短辺長さ	300.0	
	t	mm	扉板の板厚	12.0	
	β_1	—	応力係数	0.8	
芯材	w'	N/mm	芯材に作用する等分布荷重	5.74	
	b	mm	芯材に作用する荷重の負担幅	287.0	
	L	mm	芯材の支持間距離	1350.0	
	Z	mm ³	芯材の断面係数	253300	
	A_s	mm ²	芯材のせん断断面積	7600	
カンヌキ部	共通	n_2	本	カンヌキの本数	8
	カンヌキ	L_5	mm	カンヌキの突出長さ	127.5
		σ	N/mm ²	曲げ応力度	34
		τ	N/mm ²	せん断応力度	3
		x	N/mm ²	組合せ応力度	35
	カンヌキ 受けピン	L_p	mm	カンヌキ受けピンの軸支持間距離	82.0
		σ	N/mm ²	曲げ応力度	23
		τ	N/mm ²	せん断応力度	3
	カンヌキ 受けボルト	n_b	本	カンヌキ受けボルトの本数	2
		σ_t	N/mm ²	引張応力度	15

表 4—1 強度評価に用いる評価条件 (8/28)

対象部位		記号	単位	定義	水密扉 No.
					4
扉固定部	扉付固定 ボルト	n_c	本	扉付固定ボルトの本数	—
		τ	N/mm ²	せん断応力度	—
	枠付固定 ボルト	A	mm ²	断面積	—
		σ_t	N/mm ²	引張応力度	—
	ブラケット	A	mm ²	ブラケットの断面積	—
		σ	N/mm ²	曲げ応力度	—
		τ	N/mm ²	せん断応力度	—
アンカーボルト		L_{c1}	mm	躯体開口部の高さ	2075.0
		L_{c2}	mm	躯体開口部の幅	1500.0
		n_{a1}	本	0° 方向左右もしくは上下の アンカーボルト本数	30
		n_{a2}	本	90° 方向左右もしくは上下の アンカーボルト本数	—
		n_{a3}	本	45° 方向左右もしくは上下の アンカーボルト本数	—
		Q_a	N/本	0° 方向アンカーボルト 1 本当たりの 短期許容せん断力	40302
				90° 方向アンカーボルト 1 本当たりの 短期許容せん断力	—
				45° 方向アンカーボルト 1 本当たりの 短期許容せん断力	—
		T_a	N/本	0° 方向アンカーボルト 1 本当たりの 短期許容引張力	40463
				90° 方向アンカーボルト 1 本当たりの 短期許容引張力	—
				45° 方向アンカーボルト 1 本当たりの 短期許容せん断力	—

表 4—1 強度評価に用いる評価条件 (9/28)

対象部位	記号	単位	定義	水密扉No.	
				5	
共通	h	mm	扉の水圧作用高さ	17500	
	ρ_o	t/m ³	液体の密度	1.00	
	g	m/s ²	重力加速度	9.80665	
扉板	β	—	浸水エリアの幅と水深の比による補正係数	1.0	
	α_H	—	水平方向の設計震度	0.72	
	w_D	N/mm ²	扉下端に作用する静水圧荷重及び余震荷重	0.29	
	L_D	mm	扉の幅	1017.0	
	H_D	mm	扉の高さ	2086.0	
	L_{PL}	mm	扉板の短辺長さ	687.0	
	t	mm	扉板の板厚	25.0	
	β_1	—	応力係数	0.5	
芯材	w'	N/mm	芯材に作用する等分布荷重	183.57	
	b	mm	芯材に作用する荷重の負担幅	633.0	
	L	mm	芯材の支持間距離	866.0	
	Z	mm ³	芯材の断面係数	334000	
	A_s	mm ²	芯材のせん断断面積	2016	
カンヌキ部	共通	n_2	本	カンヌキの本数	6
	カンヌキ	L_5	mm	カンヌキの突出長さ	105.0
		σ	N/mm ²	曲げ応力度	151
		τ	N/mm ²	せん断応力度	17
		x	N/mm ²	組合せ応力度	154
	カンヌキ 受けピン	L_p	mm	カンヌキ受けピンの軸支持間距離	110.0
		σ	N/mm ²	曲げ応力度	133
		τ	N/mm ²	せん断応力度	19
	カンヌキ 受けボルト	n_b	本	カンヌキ受けボルトの本数	4
		σ_t	N/mm ²	引張応力度	164

表 4—1 強度評価に用いる評価条件 (10/28)

対象部位		記号	単位	定義	水密扉 No.
					5
扉固定部	扉付固定 ボルト	n_c	本	扉付固定ボルトの本数	—
		τ	N/mm ²	せん断応力度	—
	枠付固定 ボルト	A	mm ²	断面積	—
		σ_t	N/mm ²	引張応力度	—
	ブラケット	A	mm ²	ブラケットの断面積	—
		σ	N/mm ²	曲げ応力度	—
		τ	N/mm ²	せん断応力度	—
アンカーボルト		L_{c1}	mm	躯体開口部の高さ	2010.0
		L_{c2}	mm	躯体開口部の幅	1005.0
		n_{a1}	本	0° 方向左右もしくは上下の アンカーボルト本数	12
		n_{a2}	本	90° 方向左右もしくは上下の アンカーボルト本数	12
		n_{a3}	本	45° 方向左右もしくは上下の アンカーボルト本数	—
		Q_a	N/本	0° 方向アンカーボルト 1 本当たりの 短期許容せん断力	24804
				90° 方向アンカーボルト 1 本当たりの 短期許容せん断力	58068
				45° 方向アンカーボルト 1 本当たりの 短期許容せん断力	—
		T_a	N/本	0° 方向アンカーボルト 1 本当たりの 短期許容引張力	58629
				90° 方向アンカーボルト 1 本当たりの 短期許容引張力	67315
				45° 方向アンカーボルト 1 本当たりの 短期許容せん断力	—

表 4—1 強度評価に用いる評価条件 (11/28)

対象部位	記号	単位	定義	水密扉No.	
				6	
共通	h	mm	扉の水圧作用高さ	11300	
	ρ_o	t/m ³	液体の密度	1.00	
	g	m/s ²	重力加速度	9.80665	
扉板	β	—	浸水エリアの幅と水深の比による補正係数	1.0	
	α_H	—	水平方向の設計震度	0.72	
	w_D	N/mm ²	扉下端に作用する静水圧荷重及び余震荷重	0.18	
	L_D	mm	扉の幅	1086.0	
	H_D	mm	扉の高さ	2101.0	
	L_{PL}	mm	扉板の短辺長さ	679.0	
	t	mm	扉板の板厚	25.0	
	β_1	—	応力係数	0.5	
	W_D	kN	扉重量	14.12	
芯材	w	N/mm	芯材に作用する等分布荷重	116.10	
	b	mm	芯材に作用する荷重の負担幅	645.0	
	L	mm	芯材の支持間距離	935.0	
	Z	mm ³	芯材の断面係数	334000	
	A_s	mm ²	芯材のせん断断面積	2016	
カンヌキ部	共通	n_2	本	カンヌキの本数	6
	カンヌキ	L_5	mm	カンヌキの突出長さ	105.0
		σ	N/mm ²	曲げ応力度	101
		τ	N/mm ²	せん断応力度	11
		x	N/mm ²	組合せ応力度	103
	カンヌキ 受けピン	L_p	mm	カンヌキ受けピンの軸支持間距離	110.0
		σ	N/mm ²	曲げ応力度	89
		τ	N/mm ²	せん断応力度	13
	カンヌキ 受けボルト	n_b	本	カンヌキ受けボルトの本数	4
		σ_t	N/mm ²	引張応力度	109

表 4—1 強度評価に用いる評価条件 (12/28)

対象部位		記号	単位	定義	水密扉 No.
					6
扉固定部	扉付固定 ボルト	n_c	本	扉付固定ボルトの本数	—
		τ	N/mm ²	せん断応力度	—
	枠付固定 ボルト	A	mm ²	断面積	—
		σ_t	N/mm ²	引張応力度	—
	ブラケット	A	mm ²	ブラケットの断面積	—
		σ	N/mm ²	曲げ応力度	—
		τ	N/mm ²	せん断応力度	—
アンカーボルト	L_{c1}	mm	躯体開口部の高さ	2000.0	
	L_{c2}	mm	躯体開口部の幅	1290.0	
	n_{a1}	本	0° 方向左右もしくは上下の アンカーボルト本数	30	
	n_{a2}	本	90° 方向左右もしくは上下の アンカーボルト本数	3	
	n_{a3}	本	45° 方向左右もしくは上下の アンカーボルト本数	—	
	Q_a	N/本	0° 方向アンカーボルト 1 本当たりの 短期許容せん断力	58068	
			90° 方向アンカーボルト 1 本当たりの 短期許容せん断力	58068	
			45° 方向アンカーボルト 1 本当たりの 短期許容せん断力	—	
	T_a	N/本	0° 方向アンカーボルト 1 本当たりの 短期許容引張力	67315	
			90° 方向アンカーボルト 1 本当たりの 短期許容引張力	67315	
			45° 方向アンカーボルト 1 本当たりの 短期許容せん断力	—	

表 4—1 強度評価に用いる評価条件 (13/28)

対象部位	記号	単位	定義	水密扉 No.	
				7	
共通	h	mm	扉の水圧作用高さ	400	
	ρ_o	t/m ³	液体の密度	1.00	
	g	m/s ²	重力加速度	9.80665	
扉板	β	—	浸水エリアの幅と水深の比による補正係数	1.0	
	α_H	—	水平方向の設計震度	1.04	
	W_D	N/mm ²	扉下端に作用する静水圧荷重及び余震荷重	0.02	
	L_D	mm	扉の幅	1459.0	
	H_D	mm	扉の高さ	2139.0	
	L_{PL}	mm	扉板の短辺長さ	550.0	
	t	mm	扉板の板厚	25.0	
	β_1	—	応力係数	0.5	
	W_D	kN	扉重量	23.05	
芯材	w'	N/mm	芯材に作用する等分布荷重	13.70	
	b	mm	芯材に作用する荷重の負担幅	685.0	
	L	mm	芯材の支持間距離	1350.0	
	Z	mm ³	芯材の断面係数	429000	
	A_s	mm ²	芯材のせん断断面積	2466	
カンヌキ部	共通	n_2	本	カンヌキの本数	6
	カンヌキ	L_5	mm	カンヌキの突出長さ	96.1
		σ	N/mm ²	曲げ応力度	14
		τ	N/mm ²	せん断応力度	2
		x	N/mm ²	組合せ応力度	15
	カンヌキ 受けピン	L_p	mm	カンヌキ受けピンの軸支持間距離	110.0
		σ	N/mm ²	曲げ応力度	14
		τ	N/mm ²	せん断応力度	2
	カンヌキ 受けボルト	n_b	本	カンヌキ受けボルトの本数	4
		σ_t	N/mm ²	引張応力度	17

表 4—1 強度評価に用いる評価条件 (14/28)

対象部位		記号	単位	定義	水密扉 No.
					7
扉固定部	扉付固定 ボルト	n_c	本	扉付固定ボルトの本数	—
		τ	N/mm ²	せん断応力度	—
	枠付固定 ボルト	A	mm ²	断面積	—
		σ_t	N/mm ²	引張応力度	—
	ブラケット	A	mm ²	ブラケットの断面積	—
		σ	N/mm ²	曲げ応力度	—
		τ	N/mm ²	せん断応力度	—
アンカーボルト		L_{c1}	mm	躯体開口部の高さ	2005.0
		L_{c2}	mm	躯体開口部の幅	1295.0
		n_{a1}	本	0° 方向左右もしくは上下の アンカーボルト本数	24
		n_{a2}	本	90° 方向左右もしくは上下の アンカーボルト本数	13
		n_{a3}	本	45° 方向左右もしくは上下の アンカーボルト本数	—
		Q_a	N/本	0° 方向アンカーボルト 1 本当たりの 短期許容せん断力	41465
				90° 方向アンカーボルト 1 本当たりの 短期許容せん断力	58068
				45° 方向アンカーボルト 1 本当たりの 短期許容せん断力	—
		T_a	N/本	0° 方向アンカーボルト 1 本当たりの 短期許容引張力	66229
				90° 方向アンカーボルト 1 本当たりの 短期許容引張力	67315
				45° 方向アンカーボルト 1 本当たりの 短期許容せん断力	—

表 4—1 強度評価に用いる評価条件 (15/28)

対象部位	記号	単位	定義	水密扉 No.	
				8	
共通	h	mm	扉の水圧作用高さ	4000	
	ρ_o	t/m ³	液体の密度	1.00	
	g	m/s ²	重力加速度	9.80665	
扉板	β	—	浸水エリアの幅と水深の比による補正係数	1.0	
	α_H	—	水平方向の設計震度	1.34	
	w_D	N/mm ²	扉下端に作用する静水圧荷重及び余震荷重	0.10	
	L_D	mm	扉の幅	1406.0	
	H_D	mm	扉の高さ	2037.0	
	L_{PL}	mm	扉板の短辺長さ	650.0	
	t	mm	扉板の板厚	19.0	
	β_1	—	応力係数	0.7	
	W_D	kN	扉重量	13.93	
芯材	w	N/mm	芯材に作用する等分布荷重	64.50	
	b	mm	芯材に作用する荷重の負担幅	645.0	
	L	mm	芯材の支持間距離	1279.0	
	Z	mm ³	芯材の断面係数	153000	
	A_s	mm ²	芯材のせん断断面積	1113	
カンヌキ部	共通	n_2	本	カンヌキの本数	6
	カンヌキ	L_5	mm	カンヌキの突出長さ	61.5
		σ	N/mm ²	曲げ応力度	139
		τ	N/mm ²	せん断応力度	17
		x	N/mm ²	組合せ応力度	143
	カンヌキ 受けピン	L_p	mm	カンヌキ受けピンの軸支持間距離	72.0
		σ	N/mm ²	曲げ応力度	137
		τ	N/mm ²	せん断応力度	19
	カンヌキ 受けボルト	n_b	本	カンヌキ受けボルトの本数	2
		σ_t	N/mm ²	引張応力度	153

表 4—1 強度評価に用いる評価条件 (16/28)

対象部位		記号	単位	定義	水密扉 No.
					8
扉固定部	扉付固定 ボルト	n_c	本	扉付固定ボルトの本数	—
		τ	N/mm ²	せん断応力度	—
	枠付固定 ボルト	A	mm ²	断面積	—
		σ_t	N/mm ²	引張応力度	—
	ブラケット	A	mm ²	ブラケットの断面積	—
		σ	N/mm ²	曲げ応力度	—
τ		N/mm ²	せん断応力度	—	
アンカーボルト	L_{c1}	mm	躯体開口部の高さ	2100.0	
	L_{c2}	mm	躯体開口部の幅	1400.0	
	n_{a1}	本	0° 方向左右もしくは上下の アンカーボルト本数	5	
	n_{a2}	本	90° 方向左右もしくは上下の アンカーボルト本数	7	
	n_{a3}	本	45° 方向左右もしくは上下の アンカーボルト本数	—	
	Q_a	N/本	0° 方向アンカーボルト 1 本当たりの 短期許容せん断力	41465	
			90° 方向アンカーボルト 1 本当たりの 短期許容せん断力	58068	
			45° 方向アンカーボルト 1 本当たりの 短期許容せん断力	—	
	T_a	N/本	0° 方向アンカーボルト 1 本当たりの 短期許容引張力	66229	
			90° 方向アンカーボルト 1 本当たりの 短期許容引張力	67315	
			45° 方向アンカーボルト 1 本当たりの 短期許容せん断力	—	

表 4—1 強度評価に用いる評価条件 (17/28)

対象部位	記号	単位	定義	水密扉 No.	
				9	
共通	h	mm	扉の水圧作用高さ	4000	
	ρ_o	t/m ³	液体の密度	1.00	
	g	m/s ²	重力加速度	9.80665	
扉板	β	—	浸水エリアの幅と水深の比による補正係数	1.0	
	α_H	—	水平方向の設計震度	1.23	
	w_D	N/mm ²	扉下端に作用する静水圧荷重及び余震荷重	0.09	
	L_D	mm	扉の幅	1402.0	
	H_D	mm	扉の高さ	2137.0	
	L_{PL}	mm	扉板の短辺長さ	685.0	
	t	mm	扉板の板厚	19.0	
	β_1	—	応力係数	0.7	
	W_D	kN	扉重量	12.45	
芯材	w'	N/mm	芯材に作用する等分布荷重	61.65	
	b	mm	芯材に作用する荷重の負担幅	685.0	
	L	mm	芯材の支持間距離	1275.0	
	Z	mm ³	芯材の断面係数	153000	
	A_s	mm ²	芯材のせん断断面積	1113	
カンヌキ部	共通	n_2	本	カンヌキの本数	4
	カンヌキ	L_5	mm	カンヌキの突出長さ	61.5
		σ	N/mm ²	曲げ応力度	196
		τ	N/mm ²	せん断応力度	24
		x	N/mm ²	組合せ応力度	201
	カンヌキ 受けピン	L_p	mm	カンヌキ受けピンの軸支持間距離	72.0
		σ	N/mm ²	曲げ応力度	194
		τ	N/mm ²	せん断応力度	27
	カンヌキ 受けボルト	n_b	本	カンヌキ受けボルトの本数	2
		σ_t	N/mm ²	引張応力度	215

表 4—1 強度評価に用いる評価条件 (18/28)

対象部位		記号	単位	定義	水密扉 No.
					9
扉固定部	扉付固定 ボルト	n_c	本	扉付固定ボルトの本数	—
		τ	N/mm ²	せん断応力度	—
	枠付固定 ボルト	A	mm ²	断面積	—
		σ_t	N/mm ²	引張応力度	—
	ブラケット	A	mm ²	ブラケットの断面積	—
		σ	N/mm ²	曲げ応力度	—
		τ	N/mm ²	せん断応力度	—
アンカーボルト		L_{c1}	mm	躯体開口部の高さ	2095.0
		L_{c2}	mm	躯体開口部の幅	1395.0
		n_{a1}	本	0° 方向左右もしくは上下の アンカーボルト本数	6
		n_{a2}	本	90° 方向左右もしくは上下の アンカーボルト本数	9
		n_{a3}	本	45° 方向左右もしくは上下の アンカーボルト本数	—
		Q_a	N/本	0° 方向アンカーボルト 1 本当たりの 短期許容せん断力	47179
				90° 方向アンカーボルト 1 本当たりの 短期許容せん断力	58068
				45° 方向アンカーボルト 1 本当たりの 短期許容せん断力	—
		T_a	N/本	0° 方向アンカーボルト 1 本当たりの 短期許容引張力	67315
				90° 方向アンカーボルト 1 本当たりの 短期許容引張力	67315
				45° 方向アンカーボルト 1 本当たりの 短期許容せん断力	—

表 4—1 強度評価に用いる評価条件 (19/28)

対象部位	記号	単位	定義	水密扉 No.	
				10	
共通	h	mm	扉の水圧作用高さ	4000	
	ρ_o	t/m ³	液体の密度	1.00	
	g	m/s ²	重力加速度	9.80665	
扉板	β	—	浸水エリアの幅と水深の比による補正係数	1.0	
	α_H	—	水平方向の設計震度	1.23	
	w_D	N/mm ²	扉下端に作用する静水圧荷重及び余震荷重	0.09	
	L_D	mm	扉の幅	1702.0	
	H_D	mm	扉の高さ	2077.0	
	L_{PL}	mm	扉板の短辺長さ	659.0	
	t	mm	扉板の板厚	19.0	
	β_1	—	応力係数	0.7	
芯材	W_D	kN	扉重量	19.71	
	w'	N/mm	芯材に作用する等分布荷重	56.70	
	b	mm	芯材に作用する荷重の負担幅	630.0	
	L	mm	芯材の支持間距離	1575.0	
	Z	mm ³	芯材の断面係数	334000	
カンヌキ部	A_s	mm ²	芯材のせん断断面積	2016	
	共通	n_2	本	カンヌキの本数	4
		カンヌキ	L_5	mm	カンヌキの突出長さ
	σ		N/mm ²	曲げ応力度	107
	τ		N/mm ²	せん断応力度	13
	x		N/mm ²	組合せ応力度	110
	カンヌキ 受けピン	L_p	mm	カンヌキ受けピンの軸支持間距離	110.0
		σ	N/mm ²	曲げ応力度	104
		τ	N/mm ²	せん断応力度	15
	カンヌキ 受けボルト	n_b	本	カンヌキ受けボルトの本数	4
		σ_t	N/mm ²	引張応力度	127

表 4—1 強度評価に用いる評価条件 (20/28)

対象部位		記号	単位	定義	水密扉 No.	
					10	
扉固定部	扉付固定 ボルト	n_c	本	扉付固定ボルトの本数	—	
		τ	N/mm ²	せん断応力度	—	
	枠付固定 ボルト	A	mm ²	断面積	—	
		σ_t	N/mm ²	引張応力度	—	
	ブラケット	A	mm ²	ブラケットの断面積	—	
		σ	N/mm ²	曲げ応力度	—	
		τ	N/mm ²	せん断応力度	—	
アンカーボルト		L_{c1}	mm	躯体開口部の高さ	2000.0	
		L_{c2}	mm	躯体開口部の幅	1800.0	
		n_{a1}	本	0° 方向左右もしくは上下の アンカーボルト本数	10	
		n_{a2}	本	90° 方向左右もしくは上下の アンカーボルト本数	7	
		n_{a3}	本	45° 方向左右もしくは上下の アンカーボルト本数	—	
		Q_a	N/本	0° 方向アンカーボルト 1 本当たりの 短期許容せん断力		33592
				90° 方向アンカーボルト 1 本当たりの 短期許容せん断力		58068
				45° 方向アンカーボルト 1 本当たりの 短期許容せん断力		—
		T_a	N/本	0° 方向アンカーボルト 1 本当たりの 短期許容引張力		62429
				90° 方向アンカーボルト 1 本当たりの 短期許容引張力		67315
				45° 方向アンカーボルト 1 本当たりの 短期許容せん断力		—

表 4—1 強度評価に用いる評価条件 (21/28)

対象部位	記号	単位	定義	水密扉 No.	
				11	
共通	h	mm	扉の水圧作用高さ	400	
	ρ_o	t/m ³	液体の密度	1.00	
	g	m/s ²	重力加速度	9.80665	
扉板	β	—	浸水エリアの幅と水深の比による補正係数	1.0	
	α_H	—	水平方向の設計震度	1.23	
	w_D	N/mm ²	扉下端に作用する静水圧荷重及び余震荷重	0.02	
	L_D	mm	扉の幅	945.0	
	H_D	mm	扉の高さ	1960.0	
	L_{PL}	mm	扉板の短辺長さ	640.0	
	t	mm	扉板の板厚	16.0	
	β_1	—	応力係数	0.6	
	W_D	kN	扉重量	7.65	
芯材	w	N/mm	芯材に作用する等分布荷重	12.45	
	b	mm	芯材に作用する荷重の負担幅	622.5	
	L	mm	芯材の支持間距離	945.0	
	Z	mm ³	芯材の断面係数	153000	
	A_s	mm ²	芯材のせん断断面積	1113	
カンヌキ部	共通	n_2	本	カンヌキの本数	—
	カンヌキ	L_5	mm	カンヌキの突出長さ	—
		σ	N/mm ²	曲げ応力度	—
		τ	N/mm ²	せん断応力度	—
		x	N/mm ²	組合せ応力度	—
	カンヌキ 受けピン	L_p	mm	カンヌキ受けピンの軸支持間距離	—
		σ	N/mm ²	曲げ応力度	—
		τ	N/mm ²	せん断応力度	—
	カンヌキ 受けボルト	n_b	本	カンヌキ受けボルトの本数	—
		σ_t	N/mm ²	引張応力度	—

表 4—1 強度評価に用いる評価条件 (22/28)

対象部位		記号	単位	定義	水密扉 No.
					11
扉固定部	扉付固定 ボルト	n_c	本	扉付固定ボルトの本数	—
		τ	N/mm ²	せん断応力度	—
	枠付固定 ボルト	A	mm ²	断面積	—
		σ_t	N/mm ²	引張応力度	—
	ブラケット	A	mm ²	ブラケットの断面積	—
		σ	N/mm ²	曲げ応力度	—
		τ	N/mm ²	せん断応力度	—
アンカーボルト		L_{c1}	mm	躯体開口部の高さ	—
		L_{c2}	mm	躯体開口部の幅	—
		n_{a1}	本	0° 方向左右もしくは上下の アンカーボルト本数	—
		n_{a2}	本	90° 方向左右もしくは上下の アンカーボルト本数	—
		n_{a3}	本	45° 方向左右もしくは上下の アンカーボルト本数	—
		Q_a	N/本	0° 方向アンカーボルト 1 本当たりの 短期許容せん断力	—
				90° 方向アンカーボルト 1 本当たりの 短期許容せん断力	—
				45° 方向アンカーボルト 1 本当たりの 短期許容せん断力	—
		T_a	N/本	0° 方向アンカーボルト 1 本当たりの 短期許容引張力	—
	90° 方向アンカーボルト 1 本当たりの 短期許容引張力			—	
	45° 方向アンカーボルト 1 本当たりの 短期許容せん断力			—	

表 4—1 強度評価に用いる評価条件 (23/28)

対象部位	記号	単位	定義	水密扉No.	
				12	
共通	h	mm	扉の水圧作用高さ	400	
	ρ_o	t/m ³	液体の密度	1.00	
	g	m/s ²	重力加速度	9.80665	
扉板	β	—	浸水エリアの幅と水深の比による補正係数	1.0	
	α_H	—	水平方向の設計震度	1.23	
	w_D	N/mm ²	扉下端に作用する静水圧荷重及び余震荷重	0.02	
	L_D	mm	扉の幅	1962.0	
	H_D	mm	扉の高さ	2012.0	
	L_{PL}	mm	扉板の短辺長さ	665.0	
	t	mm	扉板の板厚	19.0	
	β_1	—	応力係数	0.8	
芯材	w'	N/mm	芯材に作用する等分布荷重	12.35	
	b	mm	芯材に作用する荷重の負担幅	617.5	
	L	mm	芯材の支持間距離	1835.0	
	Z	mm ³	芯材の断面係数	334000	
	A_s	mm ²	芯材のせん断断面積	2016	
カンヌキ部	共通	n_2	本	カンヌキの本数	6
	カンヌキ	L_5	mm	カンヌキの突出長さ	96.1
		σ	N/mm ²	曲げ応力度	18
		τ	N/mm ²	せん断応力度	3
		x	N/mm ²	組合せ応力度	19
	カンヌキ 受けピン	L_p	mm	カンヌキ受けピンの軸支持間距離	110.0
		σ	N/mm ²	曲げ応力度	18
		τ	N/mm ²	せん断応力度	3
	カンヌキ 受けボルト	n_b	本	カンヌキ受けボルトの本数	4
		σ_t	N/mm ²	引張応力度	21

表 4—1 強度評価に用いる評価条件 (24/28)

対象部位		記号	単位	定義	水密扉 No.
					12
扉固定部	扉付固定 ボルト	n_c	本	扉付固定ボルトの本数	—
		τ	N/mm ²	せん断応力度	—
	枠付固定 ボルト	A	mm ²	断面積	—
		σ_t	N/mm ²	引張応力度	—
	ブラケット	A	mm ²	ブラケットの断面積	—
		σ	N/mm ²	曲げ応力度	—
		τ	N/mm ²	せん断応力度	—
アンカーボルト	L_{c1}	mm	躯体開口部の高さ	1950.0	
	L_{c2}	mm	躯体開口部の幅	2105.0	
	n_{a1}	本	0° 方向左右もしくは上下の アンカーボルト本数	20	
	n_{a2}	本	90° 方向左右もしくは上下の アンカーボルト本数	7	
	n_{a3}	本	45° 方向左右もしくは上下の アンカーボルト本数	—	
	Q_a	N/本	0° 方向アンカーボルト 1 本当たりの 短期許容せん断力	41465	
			90° 方向アンカーボルト 1 本当たりの 短期許容せん断力	58068	
			45° 方向アンカーボルト 1 本当たりの 短期許容せん断力	—	
	T_a	N/本	0° 方向アンカーボルト 1 本当たりの 短期許容引張力	65144	
			90° 方向アンカーボルト 1 本当たりの 短期許容引張力	67315	
			45° 方向アンカーボルト 1 本当たりの 短期許容せん断力	—	

表 4—1 強度評価に用いる評価条件 (25/28)

対象部位	記号	単位	定義	水密扉No.	
				13(大) *	
共通	h	mm	扉の水圧作用高さ	4000	
	ρ_o	t/m ³	液体の密度	1.00	
	g	m/s ²	重力加速度	9.80665	
扉板	β	—	浸水エリアの幅と水深の比による補正係数	1.0	
	α_H	—	水平方向の設計震度	1.58	
	w_D	N/mm ²	扉下端に作用する静水圧荷重及び余震荷重	0.11	
	L_D	mm	扉の幅	2030.0	
	H_D	mm	扉の高さ	2600.0	
	L_{PL}	mm	扉板の短辺長さ	2030.0	
	t	mm	扉板の板厚	115.0	
	β_1	—	応力係数	0.5	
	W_D	kN	扉重量	79.43	
芯材	w'	N/mm	芯材に作用する等分布荷重	—	
	b	mm	芯材に作用する荷重の負担幅	—	
	L	mm	芯材の支持間距離	—	
	Z	mm ³	芯材の断面係数	—	
	A_s	mm ²	芯材のせん断断面積	—	
カンヌキ部	共通	n_2	本	カンヌキの本数	—
	カンヌキ	L_5	mm	カンヌキの突出長さ	—
		σ	N/mm ²	曲げ応力度	—
		τ	N/mm ²	せん断応力度	—
		x	N/mm ²	組合せ応力度	—
	カンヌキ 受けピン	L_p	mm	カンヌキ受けピンの軸支持間距離	—
		σ	N/mm ²	曲げ応力度	—
		τ	N/mm ²	せん断応力度	—
	カンヌキ 受けボルト	n_b	本	カンヌキ受けボルトの本数	—
		σ_t	N/mm ²	引張応力度	—

注記* : No. 13 扉のうち、機器搬出入用扉を示す。

表 4—1 強度評価に用いる評価条件 (26/28)

対象部位		記号	単位	定義	水密扉 No. 13(大) *	
扉固定部	扉付固定 ボルト	n_c	本	扉付固定ボルトの本数	11	
		τ	N/mm ²	せん断応力度	216	
	枠付固定 ボルト	A	mm ²	断面積	245	
		σ_t	N/mm ²	引張応力度	216	
	ブラケット		A	mm ²	ブラケットの断面積	1521
			σ	N/mm ²	曲げ応力度	—
			τ	N/mm ²	せん断応力度	35
アンカーボルト		L_{c1}	mm	躯体開口部の高さ	2630.0	
		L_{c2}	mm	躯体開口部の幅	1900.0	
		n_{a1}	本	0° 方向左右もしくは上下の アンカーボルト本数	25	
		n_{a2}	本	90° 方向左右もしくは上下の アンカーボルト本数	40	
		n_{a3}	本	45° 方向左右もしくは上下の アンカーボルト本数	—	
	Q_a	N/本	0° 方向アンカーボルト 1 本当たりの 短期許容せん断力	6635		
			90° 方向アンカーボルト 1 本当たりの 短期許容せん断力	40302		
			45° 方向アンカーボルト 1 本当たりの 短期許容せん断力	—		
	T_a	N/本	0° 方向アンカーボルト 1 本当たりの 短期許容引張力	—		
			90° 方向アンカーボルト 1 本当たりの 短期許容引張力	57575		
			45° 方向アンカーボルト 1 本当たりの 短期許容せん断力	—		

注記* : No. 13 扉のうち、機器搬出入用扉を示す。

表 4—1 強度評価に用いる評価条件 (27/28)

対象部位	記号	単位	定義	水密扉 No.	
				13(小) *	
共通	h	mm	扉の水圧作用高さ	4000	
	ρ_o	t/m ³	液体の密度	1.00	
	g	m/s ²	重力加速度	9.80665	
扉板	β	—	浸水エリアの幅と水深の比による補正係数	1.0	
	α_H	—	水平方向の設計震度	1.58	
	w _D	N/mm ²	扉下端に作用する静水圧荷重及び余震荷重	0.11	
	L _D	mm	扉の幅	1030.0	
	H _D	mm	扉の高さ	2200.0	
	L _{PL}	mm	扉板の短辺長さ	1030.0	
	t	mm	扉板の板厚	115.0	
	β_1	—	応力係数	0.7	
	W _D	kN	扉重量	25.01	
芯材	w'	N/mm	芯材に作用する等分布荷重	—	
	b	mm	芯材に作用する荷重の負担幅	—	
	L	mm	芯材の支持間距離	—	
	Z	mm ³	芯材の断面係数	—	
	A _s	mm ²	芯材のせん断面積	—	
カンヌキ部	共通	n ₂	本	カンヌキの本数	4
	カンヌキ	L ₅	mm	カンヌキの突出長さ	68.5
		σ	N/mm ²	曲げ応力度	202
		τ	N/mm ²	せん断応力度	23
		x	N/mm ²	組合せ応力度	206
	カンヌキ受けピン	L _p	mm	カンヌキ受けピンの軸支持間距離	72.0
		σ	N/mm ²	曲げ応力度	179
		τ	N/mm ²	せん断応力度	25
	カンヌキ受けボルト	n _b	本	カンヌキ受けボルトの本数	2
		σ_t	N/mm ²	引張応力度	128

注記* : No. 13 扉のうち、くぐり戸を示す。

表 4—1 強度評価に用いる評価条件 (28/28)

対象部位		記号	単位	定義	水密扉 No.
					13(小) *
扉固定部	扉付固定 ボルト	n_c	本	扉付固定ボルトの本数	—
		τ	N/mm ²	せん断応力度	—
	枠付固定 ボルト	A	mm ²	断面積	—
		σ_t	N/mm ²	引張応力度	—
	ブラケット	A	mm ²	ブラケットの断面積	—
		σ	N/mm ²	曲げ応力度	—
τ		N/mm ²	せん断応力度	—	
アンカーボルト		L_{c1}	mm	躯体開口部の高さ	—
		L_{c2}	mm	躯体開口部の幅	—
		n_{a1}	本	0° 方向左右もしくは上下の アンカーボルト本数	—
		n_{a2}	本	90° 方向左右もしくは上下の アンカーボルト本数	—
		n_{a3}	本	45° 方向左右もしくは上下の アンカーボルト本数	—
		Q_a	N/本	0° 方向アンカーボルト 1 本当たりの 短期許容せん断力	—
				90° 方向アンカーボルト 1 本当たりの 短期許容せん断力	—
				45° 方向アンカーボルト 1 本当たりの 短期許容せん断力	—
		T_a	N/本	0° 方向アンカーボルト 1 本当たりの 短期許容引張力	—
				90° 方向アンカーボルト 1 本当たりの 短期許容引張力	—
				45° 方向アンカーボルト 1 本当たりの 短期許容せん断力	—

注記* : No. 13 扉のうち、くぐり戸を示す。

4.2 強度評価結果

表 4—2 強度評価結果 (1/14)

水密扉 No.	評価対象部位	発生値 (応力度, 荷重) (N/mm ²)	許容限界値 (N/mm ²)	発生値/ 許容限界値	備考	
1	扉板	157	205	0.77	曲げ	
	芯材*1	41	118	0.35	せん断	
	カン ヌキ部	カンヌキ*2	283	651	0.44	組合せ
		カンヌキ受けピン*1	246	345	0.72	曲げ
		カンヌキ受けボルト	175	728	0.25	引張
	扉固定 部	扉付固定ボルト	—	—	—	—
		枠付固定ボルト	—	—	—	—
		ブラケット*2	—	—	—	—
アンカーボルト*3	—	—	0.58	組合せ		

注記*1：曲げ及びせん断のうち，評価結果が厳しい方の値を記載する。

*2：曲げ，せん断及び組合せのうち，評価結果が最も厳しい値を記載する。

*3：単位はNとし，引張，せん断及び組合せのうち，評価結果が最も厳しい値を記載する。

表 4—2 強度評価結果 (2/14)

水密扉 No.	評価対象部位	発生値 (応力度, 荷重) (N/mm ²)	許容限界値 (N/mm ²)	発生値/ 許容限界値	備考	
2	扉板	157	205	0.77	曲げ	
	芯材*1	41	118	0.35	せん断	
	カン ヌキ部	カンヌキ*2	283	651	0.44	組合せ
		カンヌキ受けピン*1	246	345	0.72	曲げ
		カンヌキ受けボルト	175	728	0.25	引張
	扉固定 部	扉付固定ボルト	—	—	—	—
		枠付固定ボルト	—	—	—	—
		ブラケット*2	—	—	—	—
	アンカーボルト*3	—	—	0.61	組合せ	

注記*1：曲げ及びせん断のうち，評価結果が厳しい方の値を記載する。

*2：曲げ，せん断及び組合せのうち，評価結果が最も厳しい値を記載する。

*3：単位はNとし，引張，せん断及び組合せのうち，評価結果が最も厳しい値を記載する。

表 4—2 強度評価結果 (3/14)

水密扉 No.	評価対象部位	発生値 (応力度, 荷重) (N/mm ²)	許容限界値 (N/mm ²)	発生値/ 許容限界値	備考	
3	扉板	10	235	0.05	曲げ	
	芯材*1	6	235	0.03	曲げ	
	カン ヌキ部	カンヌキ*2	35	686	0.06	組合せ
		カンヌキ受けピン*1	23	651	0.04	曲げ
		カンヌキ受けボルト	15	728	0.03	引張
	扉固定 部	扉付固定ボルト	—	—	—	—
		枠付固定ボルト	—	—	—	—
		ブラケット*2	—	—	—	—
	アンカーボルト*3	2140	40302	0.06	せん断	

注記*1：曲げ及びせん断のうち，評価結果が厳しい方の値を記載する。

*2：曲げ，せん断及び組合せのうち，評価結果が最も厳しい値を記載する。

*3：単位はNとし，引張，せん断及び組合せのうち，評価結果が最も厳しい値を記載する。

表 4—2 強度評価結果 (4/14)

水密扉 No.	評価対象部位	発生値 (応力度, 荷重) (N/mm ²)	許容限界値 (N/mm ²)	発生値/ 許容限界値	備考	
4	扉板	10	235	0.05	曲げ	
	芯材*1	6	235	0.03	曲げ	
	カン ヌキ部	カンヌキ*2	35	686	0.06	組合せ
		カンヌキ受けピン*1	23	651	0.04	曲げ
		カンヌキ受けボルト	15	728	0.03	引張
	扉固定 部	扉付固定ボルト	—	—	—	—
		枠付固定ボルト	—	—	—	—
		ブラケット*2	—	—	—	—
	アンカーボルト*3	2075	40302	0.06	せん断	

注記*1：曲げ及びせん断のうち，評価結果が厳しい方の値を記載する。

*2：曲げ，せん断及び組合せのうち，評価結果が最も厳しい値を記載する。

*3：単位はNとし，引張，せん断及び組合せのうち，評価結果が最も厳しい値を記載する。

表 4—2 強度評価結果 (5/14)

水密扉 No.	評価対象部位	発生値 (応力度, 荷重) (N/mm ²)	許容限界値 (N/mm ²)	発生値/ 許容限界値	備考	
5	扉板	110	235	0.47	曲げ	
	芯材*1	52	235	0.23	曲げ	
	カン ヌキ部	カンヌキ*2	154	345	0.45	組合せ
		カンヌキ受けピン*1	133	345	0.39	曲げ
		カンヌキ受けボルト	164	728	0.23	引張
	扉固定 部	扉付固定ボルト	—	—	—	—
		枠付固定ボルト	—	—	—	—
		ブラケット*2	—	—	—	—
	アンカーボルト*3	—	—	0.53	組合せ	

注記*1：曲げ及びせん断のうち，評価結果が厳しい方の値を記載する。

*2：曲げ，せん断及び組合せのうち，評価結果が最も厳しい値を記載する。

*3：単位はNとし，引張，せん断及び組合せのうち，評価結果が最も厳しい値を記載する。

表 4—2 強度評価結果 (6/14)

水密扉 No.	評価対象部位	発生値 (応力度, 荷重) (N/mm ²)	許容限界値 (N/mm ²)	発生値/ 許容限界値	備考	
6	扉板	67	235	0.29	曲げ	
	芯材*1	38	235	0.17	曲げ	
	カン ヌキ部	カンヌキ*2	103	345	0.30	組合せ
		カンヌキ受けピン*1	89	345	0.26	曲げ
		カンヌキ受けボルト	109	728	0.15	引張
	扉固定 部	扉付固定ボルト	—	—	—	—
		枠付固定ボルト	—	—	—	—
		ブラケット*2	—	—	—	—
	アンカーボルト*3	—	—	0.24	組合せ	

注記*1：曲げ及びせん断のうち，評価結果が厳しい方の値を記載する。

*2：曲げ，せん断及び組合せのうち，評価結果が最も厳しい値を記載する。

*3：単位はNとし，引張，せん断及び組合せのうち，評価結果が最も厳しい値を記載する。

表 4—2 強度評価結果 (7/14)

水密扉 No.	評価対象部位	発生値 (応力度, 荷重) (N/mm ²)	許容限界値 (N/mm ²)	発生値/ 許容限界値	備考	
7	扉板	5	235	0.03	曲げ	
	芯材*1	8	235	0.04	曲げ	
	カン ヌキ部	カンヌキ*2	15	345	0.05	組合せ
		カンヌキ受けピン*1	14	345	0.05	曲げ
		カンヌキ受けボルト	17	728	0.03	引張
	扉固定 部	扉付固定ボルト	—	—	—	—
		枠付固定ボルト	—	—	—	—
		ブラケット*2	—	—	—	—
アンカーボルト*3	—	—	0.03	組合せ		

注記*1：曲げ及びせん断のうち，評価結果が厳しい方の値を記載する。

*2：曲げ，せん断及び組合せのうち，評価結果が最も厳しい値を記載する。

*3：単位はNとし，引張，せん断及び組合せのうち，評価結果が最も厳しい値を記載する。

表 4—2 強度評価結果 (8/14)

水密扉 No.	評価対象部位	発生値 (応力度, 荷重) (N/mm ²)	許容限界値 (N/mm ²)	発生値/ 許容限界値	備考	
8	扉板	82	235	0.35	曲げ	
	芯材*1	87	235	0.38	曲げ	
	カン ヌキ部	カンヌキ*2	143	205	0.70	組合せ
		カンヌキ受けピン*1	137	345	0.40	曲げ
		カンヌキ受けボルト	153	728	0.22	引張
	扉固定 部	扉付固定ボルト	—	—	—	—
		枠付固定ボルト	—	—	—	—
		ブラケット*2	—	—	—	—
	アンカーボルト*3	—	—	0.44	組合せ	

注記*1：曲げ及びせん断のうち，評価結果が厳しい方の値を記載する。

*2：曲げ，せん断及び組合せのうち，評価結果が最も厳しい値を記載する。

*3：単位はNとし，引張，せん断及び組合せのうち，評価結果が最も厳しい値を記載する。

表 4—2 強度評価結果 (9/14)

水密扉 No.	評価対象部位	発生値 (応力度, 荷重) (N/mm ²)	許容限界値 (N/mm ²)	発生値/ 許容限界値	備考	
9	扉板	82	235	0.35	曲げ	
	芯材*1	82	235	0.35	曲げ	
	カン ヌキ部	カンヌキ*2	201	651	0.31	組合せ
		カンヌキ受けピン*1	194	651	0.30	曲げ
		カンヌキ受けボルト	215	728	0.30	引張
	扉固定 部	扉付固定ボルト	—	—	—	—
		枠付固定ボルト	—	—	—	—
		ブラケット*2	—	—	—	—
	アンカーボルト*3	—	—	0.30	組合せ	

注記*1：曲げ及びせん断のうち，評価結果が厳しい方の値を記載する。

*2：曲げ，せん断及び組合せのうち，評価結果が最も厳しい値を記載する。

*3：単位はNとし，引張，せん断及び組合せのうち，評価結果が最も厳しい値を記載する。

表 4—2 強度評価結果 (10/14)

水密扉 No.	評価対象部位	発生値 (応力度, 荷重) (N/mm ²)	許容限界値 (N/mm ²)	発生値/ 許容限界値	備考	
10	扉板	76	235	0.33	曲げ	
	芯材*1	53	235	0.23	曲げ	
	カン ヌキ部	カンヌキ*2	110	345	0.32	組合せ
		カンヌキ受けピン*1	104	345	0.31	曲げ
		カンヌキ受けボルト	127	728	0.18	引張
	扉固定 部	扉付固定ボルト	—	—	—	—
		枠付固定ボルト	—	—	—	—
		ブラケット*2	—	—	—	—
	アンカーボルト*3	—	—	0.52	組合せ	

注記*1：曲げ及びせん断のうち，評価結果が厳しい方の値を記載する。

*2：曲げ，せん断及び組合せのうち，評価結果が最も厳しい値を記載する。

*3：単位はNとし，引張，せん断及び組合せのうち，評価結果が最も厳しい値を記載する。

表 4—2 強度評価結果 (11/14)

水密扉 No.	評価対象部位	発生値 (応力度, 荷重) (N/mm ²)	許容限界値 (N/mm ²)	発生値/ 許容限界値	備考	
11	扉板	20	235	0.09	曲げ	
	芯材*1	6	135	0.05	せん断	
	カン ヌキ部	カンヌキ*2	—	—	—	—
		カンヌキ受けピン*1	—	—	—	—
		カンヌキ受けボルト	—	—	—	—
	扉固定 部	扉付固定ボルト	—	—	—	—
		枠付固定ボルト	—	—	—	—
		ブラケット*2	—	—	—	—
アンカーボルト*3	—	—	—	—		

注記*1：曲げ及びせん断のうち，評価結果が厳しい方の値を記載する。

*2：曲げ，せん断及び組合せのうち，評価結果が最も厳しい値を記載する。

*3：単位はNとし，引張，せん断及び組合せのうち，評価結果が最も厳しい値を記載する。

表 4—2 強度評価結果 (12/14)

水密扉 No.	評価対象部位	発生値 (応力度, 荷重) (N/mm ²)	許容限界値 (N/mm ²)	発生値/ 許容限界値	備考	
12	扉板	20	235	0.09	曲げ	
	芯材*1	16	235	0.07	曲げ	
	カン ヌキ部	カンヌキ*2	19	205	0.10	組合せ
		カンヌキ受けピン*1	18	345	0.06	曲げ
		カンヌキ受けボルト	21	728	0.03	引張
	扉固定 部	扉付固定ボルト	—	—	—	—
		枠付固定ボルト	—	—	—	—
		ブラケット*2	—	—	—	—
	アンカーボルト*3	—	—	0.07	組合せ	

注記*1：曲げ及びせん断のうち，評価結果が厳しい方の値を記載する。

*2：曲げ，せん断及び組合せのうち，評価結果が最も厳しい値を記載する。

*3：単位はNとし，引張，せん断及び組合せのうち，評価結果が最も厳しい値を記載する。

表 4—2 強度評価結果 (13/14)

水密扉 No.	評価対象部位		発生値 (応力度, 荷重) (N/mm ²)	許容限界値 (N/mm ²)	発生値/ 許容限界値	備考
13 (大) *4	扉板		18	205	0.09	曲げ
	芯材*1		—	—	—	—
	カン ヌキ部	カンヌキ*2	—	—	—	—
		カンヌキ受けピン*1	—	—	—	—
		カンヌキ受けボルト	—	—	—	—
	扉固定 部	扉付固定ボルト	216	420	0.52	せん断
		枠付固定ボルト	216	728	0.30	引張
		ブラケット*2	35	135	0.26	せん断
アンカーボルト*3		—	—	0.23	組合せ	

注記*1：曲げ及びせん断のうち，評価結果が厳しい方の値を記載する。

*2：曲げ，せん断及び組合せのうち，評価結果が最も厳しい値を記載する。

*3：単位はNとし，引張，せん断及び組合せのうち，評価結果が最も厳しい値を記載する。

*4：No. 13 扉のうち，機器搬出入用扉を示す。

表 4—2 強度評価結果 (14/14)

水密扉 No.	評価対象部位	発生値 (応力度, 荷重) (N/mm ²)	許容限界値 (N/mm ²)	発生値/ 許容限界値	備考	
13 (小) *4	扉板	7	205	0.04	曲げ	
	芯材*1	—	—	—	—	
	カン ヌキ部	カンヌキ*2	206	345	0.60	組合せ
		カンヌキ受けピン*1	179	345	0.52	曲げ
		カンヌキ受けボルト	128	728	0.18	引張
	扉固定 部	扉付固定ボルト	—	—	—	—
		枠付固定ボルト	—	—	—	—
		ブラケット*2	—	—	—	—
アンカーボルト*3	—	—	—	—		

注記*1：曲げ及びせん断のうち，評価結果が厳しい方の値を記載する。

*2：曲げ，せん断及び組合せのうち，評価結果が最も厳しい値を記載する。

*3：単位はNとし，引張，せん断及び組合せのうち，評価結果が最も厳しい値を記載する。

*4：No. 13 扉のうち，くぐり戸を示す。

- 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
- 6.5.3 浸水防止蓋に関する補足説明

目 次

- 6.5.3.1 浸水防止蓋（原子炉機器冷却海水配管ダクト）の耐震性についての計算書に関する補足説明
- 6.5.3.2 浸水防止蓋（原子炉機器冷却海水配管ダクト）の強度計算書に関する補足説明
- 6.5.3.3 浸水防止蓋（第3号機補機冷却海水系放水ピット）の耐震性についての計算書に関する補足説明
- 6.5.3.4 浸水防止蓋（第3号機補機冷却海水系放水ピット）の強度計算書に関する補足説明
- 6.5.3.5 浸水防止蓋（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
- 6.5.3.6 浸水防止蓋（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
- 6.5.3.7 浸水防止蓋（揚水井戸（第2号機海水ポンプ室防潮壁区画内））の耐震性についての計算書に関する補足説明
- 6.5.3.8 浸水防止蓋（揚水井戸（第2号機海水ポンプ室防潮壁区画内））の強度計算書に関する補足説明
- 6.5.3.9 浸水防止蓋（揚水井戸（第3号機海水ポンプ室防潮壁区画内））の耐震性についての計算書に関する補足説明
- 6.5.3.10 浸水防止蓋（揚水井戸（第3号機海水ポンプ室防潮壁区画内））の強度計算書に関する補足説明
- 6.5.3.11 浸水防止蓋（第2号機軽油タンクエリア）の耐震性についての計算書に関する補足説明
- 6.5.3.12 浸水防止蓋（第2号機軽油タンクエリア）の強度計算書に関する補足説明

参考資料1 浸水防止蓋の開閉運用について

: 本日の説明範囲

- 6. 浸水防護施設に関する補足説明
- 6.5 浸水防止設備に関する補足説明
- 6.5.3 浸水防止蓋に関する補足説明
- 6.5.3.3 浸水防止蓋（第3号機補機冷却海水系放水ピット）の耐震性についての計算書に関する補足説明

目 次

1. 概要	1
2. 一般事項	2
2.1 配置概要	2
2.2 構造計画	4
2.3 評価方針	5
2.4 適用規格・基準等	6
2.5 記号の説明	7
3. 評価対象部位	9
3.1 応力評価の評価対象部位	9
3.2 変形性評価の評価対象部位	10
4. 固有値解析	11
4.1 固有値解析のモデルの設定及び解析手法	11
4.2 固有振動数の解析結果	13
5. 耐震評価	17
5.1 応力評価方法	17
5.2 変形性評価方法	36
6. 評価結果	42
7. 第3号機補機冷却海水系放水ピットの耐震評価の概要	60
8. 耐震評価の基本方針	61
8.1 位置	61
8.2 構造概要	62
8.3 評価方針	69
8.4 適用基準	73
9. 地震応答解析	74
9.1 地震時荷重算出断面	74
9.2 解析方法	76
9.3 荷重及び荷重の組合せ	93
9.4 入力地震動	95
9.5 解析モデル及び諸元	124

9.6	地震応答解析結果	136
10.	耐震評価	138
10.1	構造部材の健全性及び止水機能に対する評価方法.....	138
10.2	基礎地盤の支持性能に対する評価方法.....	153
10.3	許容限界	154
10.4	耐震評価結果	156

1. 概要

本資料は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度に基づき、浸水防止設備のうち浸水防止蓋（第 3 号機補機冷却海水系放水ピット）（以下「浸水防止蓋」という。）が設計用地震力に対して、主要な構造部材が十分な構造健全性を有することを確認するものである。その耐震評価は浸水防止蓋の固有値解析、応力評価及び変形性評価により行う。

浸水防止蓋は、浸水防止設備として S クラスの施設に分類される。以下、浸水防止設備としての構造強度評価を示す。

なお、浸水防止蓋の耐震評価においては、平成 23 年 3 月 11 日に発生した東北地方太平洋沖地震による地殻変動に伴い、牡鹿半島全体で約 1m の地盤沈下が発生したことを考慮する。

2. 一般事項

2.1 配置概要

浸水防止蓋は、第3号機補機冷却海水系放水ピットの上から浸水を防止するために設置する。

浸水防止蓋の設置位置図を図2-1、浸水対策図を図2-2に示す。

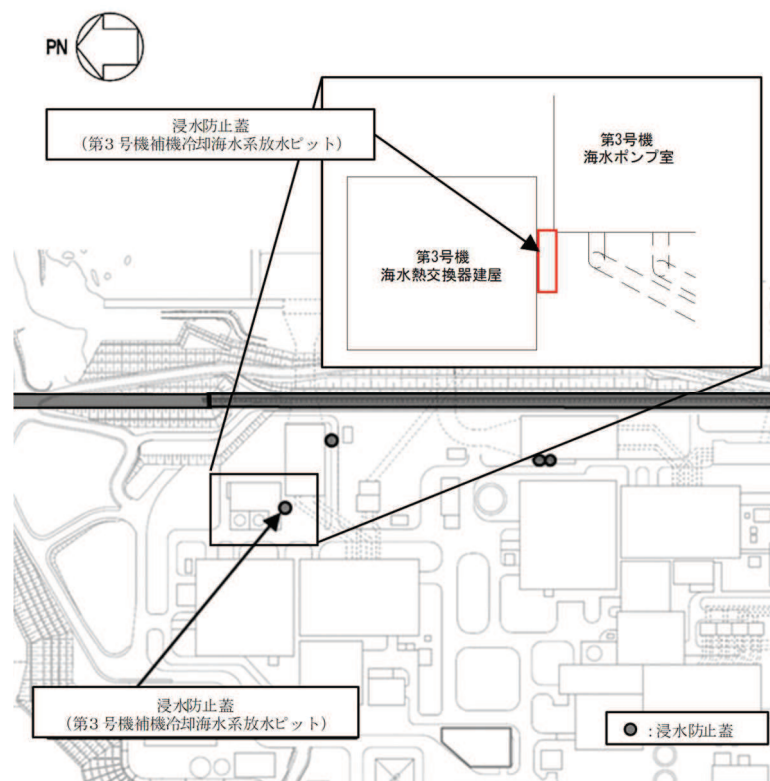


図2-1 浸水防止蓋の設置位置図

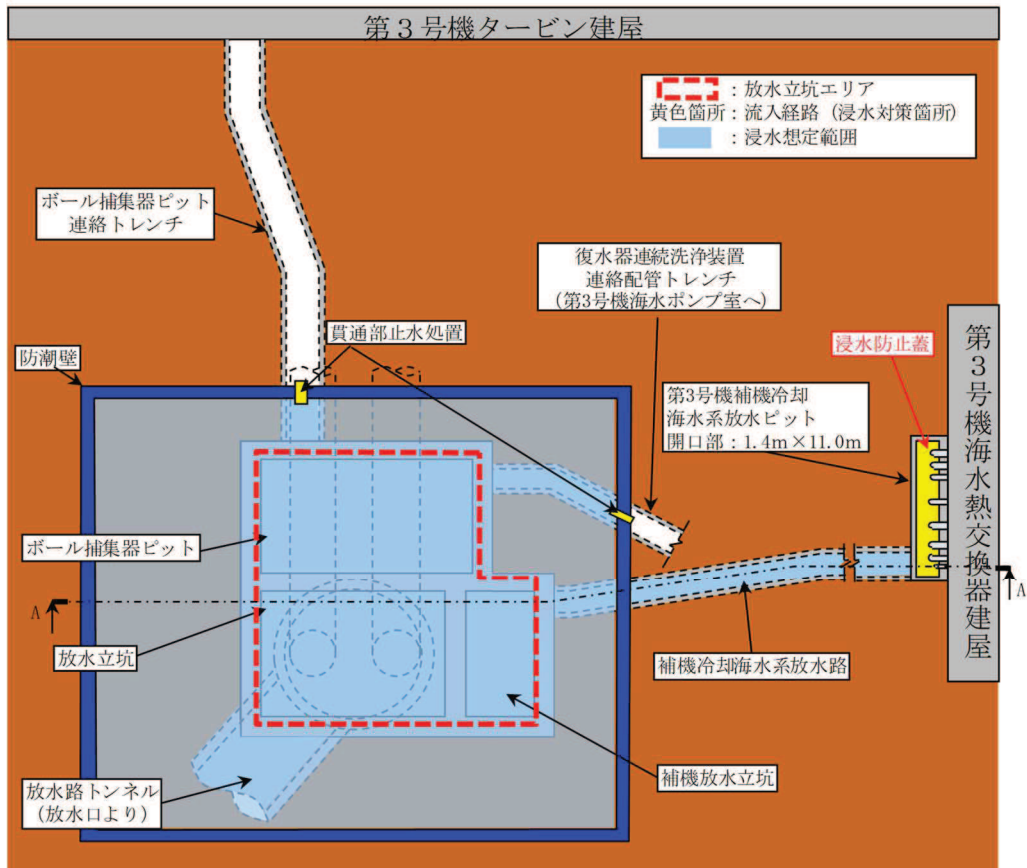


図 2-2 (1) 第 3 号機放水立坑～第 3 号機補機冷却海水系放水ビット
浸水対策配置図 (平面図)

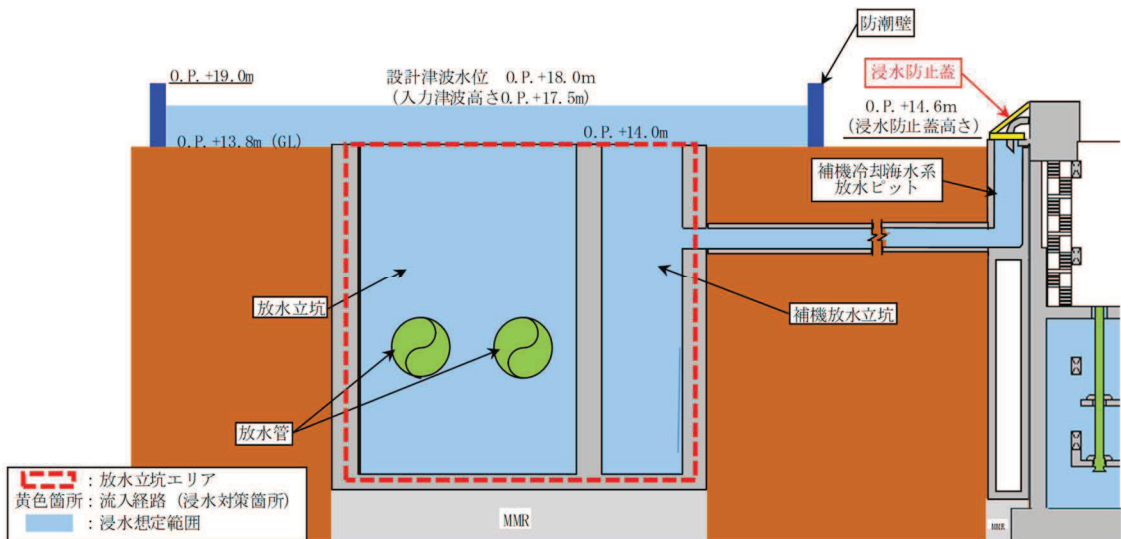


図 2-2 (2) 第 3 号機放水立坑～第 3 号機補機冷却海水系放水ビット
浸水対策配置図 (A-A 断面図)

2.2 構造計画

浸水防止蓋は、第3号機補機冷却海水系放水ピットからの浸水を防止するため、近接する第3号機海水熱交換器建屋側面に鋼製ブラケットを介して固定ボルトにて固定し、地震時に異なる挙動を示す可能性がある第3号機補機冷却海水系放水ピットとの境界部には止水ジョイント（M型ジョイント）を設置することで止水性を確保する構造とする。浸水防止蓋の構造計画を表2-1に示す。

表 2-1 浸水防止蓋の構造計画

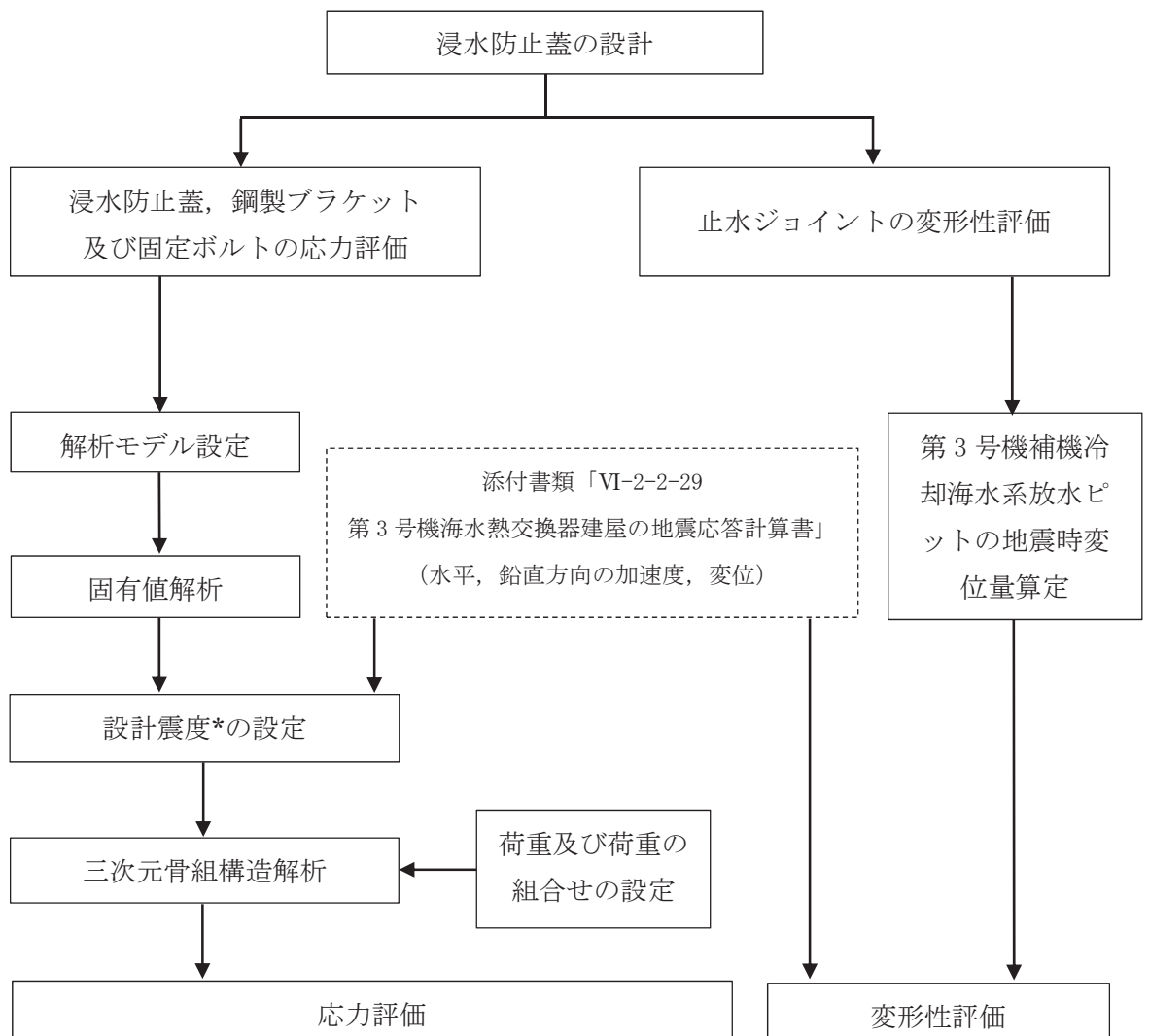
計画の概要		構造概略図
基礎・支持構造	主体構造	
十分な支持性能を有する第3号機海水熱交換器建屋側面に固定ボルトで固定する。	<p>浸水防止蓋、鋼製ブラケット及び固定ボルトにより構成する。</p> <p>第3号機補機冷却海水系放水ピットとの境界部には止水ジョイント（M型ジョイント）を設置する。</p>	<p>浸水防止蓋</p> <p>平面図</p> <p>A-A断面</p> <p>固定ボルト</p> <p>鋼製ブラケット</p> <p>固定ボルト</p> <p>浸水防止蓋</p> <p>止水ジョイント</p> <p>B-B断面</p>

2.3 評価方針

浸水防止蓋の耐震評価は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき、「2.2 構造計画」に示す浸水防止蓋の構造を踏まえ、「3. 評価対象部位」にて設定する評価対象部位において、応力評価と変形性評価を実施することで、構造強度を有すること及び止水性を損なわないことを確認する。

浸水防止蓋、鋼製ブラケット及び固定ボルトの応力評価については、「4. 固有値解析」で算出した固有振動数に基づく設計用地震力 S_s により算出した応力が許容限界内に収まることを、「5. 耐震評価」にて示す方法にて確認する。

止水ジョイントの変形性評価については、止水ジョイントは浸水防止蓋と第3号機補機冷却海水系放水ピットとの境界部に設置することから浸水防止蓋と第3号機補機冷却海水系放水ピットの地震時最大変位量の和が許容限界内に収まることを、「5. 耐震評価」にて示す方法にて確認する。応力評価及び変形性評価の確認結果を「6. 評価結果」に示す。耐震評価フローを図2-3に示す。



注記*：材料物性の不確かさを考慮する

図2-3 耐震評価フロー

2.4 適用規格・基準等

適用する規格・基準等を以下に示す。

- (1) 日本建築学会 2005 年 鋼構造設計規準—許容応力度設計法—
- (2) 各種合成構造設計指針・同解説（日本建築学会，2010 改定）
- (3) 日本産業規格（J I S）
- (4) 日本建築学会 2018 年 鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説

2.5 記号の説明

浸水防止蓋の耐震評価に用いる記号を表 2-2 に示す。

表 2-2 浸水防止蓋の耐震評価に用いる記号 (1/2)

記号	単位	定義
S_s	kN	基準地震動 S_s による地震荷重
k	—	基準地震動 S_s の設計震度
$S_{sH(NS)}$	kN	基準地震動 S_s の水平方向 (N-S) の地震荷重
$S_{sH(EW)}$	kN	基準地震動 S_s の水平方向 (E-W) の地震荷重
S_{sv}	kN	基準地震動 S_s の鉛直方向の地震荷重
$k_{H(NS)}$	—	基準地震動 S_s の水平方向 (N-S) の設計震度
$k_{H(EW)}$	—	基準地震動 S_s の水平方向 (E-W) の設計震度
k_v	—	基準地震動 S_s の鉛直方向の設計震度
G	kN	固定荷重
P_s	kN	積雪荷重
W_s	N/m^2	1cm 当りの積雪荷重
d_s	cm	積雪高さ
A	m^2	浸水防止蓋の面積
τ	N/mm^2	最大せん断応力度
σ	N/mm^2	最大曲げ応力度
Q	kN	最大せん断力
M	$N \cdot mm$	最大曲げモーメント
x	N/mm^2	組合せ応力度
A_s	mm^2	浸水防止蓋の単位幅あたりのせん断断面積
Z	mm^3	浸水防止蓋の断面係数
α	—	平板のモーメントに関する係数
β	—	平板のせん断力に関する係数
w	kN/m^2	浸水防止蓋に作用する単位面積当りの等分布荷重
w'	$N/mm^2 \cdot mm$	浸水防止蓋に作用する単位幅当りの等分布荷重
l_x	mm	浸水防止蓋の短辺長
t	mm	浸水防止蓋の厚さ

表 2-2 浸水防止蓋の耐震評価に用いる記号 (2/2)

記号	単位	定義
T d	kN	固定ボルト 1 本当りに作用する引張力
q	kN	固定ボルト 1 本当りに作用するせん断力
R n	kN	固定ボルトの支点反力 (引張)
R m	kN・mm	固定ボルトの支点モーメント
R s	kN	固定ボルトの支点反力 (せん断)
B	mm	照査箇所のボルト間隔 (mm)
N	本	照査箇所の固定ボルトの本数
d n	mm	止水ジョイント部材の評価用変形量(開き方向)
d s	mm	止水ジョイント部材の評価用変形量(せん断方向)
d b _{NS}	mm	第 3 号機海水熱交換器建屋の地震時最大応答変位 (NS 方向)
d b _{EW}	mm	第 3 号機海水熱交換器建屋の地震時最大応答変位 (EW 方向)
d p _{NS}	mm	第 3 号機補機冷却海水系放水ピットの 地震時最大応答変位 (NS 方向)
d p _{EW}	mm	第 3 号機補機冷却海水系放水ピットの 地震時最大応答変位 (EW 方向)

3. 評価対象部位

浸水防止蓋の評価対象部位は、「2.2 構造計画」に設定している構造を踏まえて、地震に伴う荷重の作用方向や伝達過程及び変形を考慮し設定する。

3.1 応力評価の評価対象部位

応力評価の評価対象部位は、地震に伴う慣性力が浸水防止蓋及び鋼製ブラケットに作用し、鋼製ブラケットを固定している固定ボルトを介して躯体に伝達することから、浸水防止蓋、鋼製ブラケット及び固定ボルトを応力評価の評価対象部位として設定する。応力評価の評価対象部位について図3-1に示す。

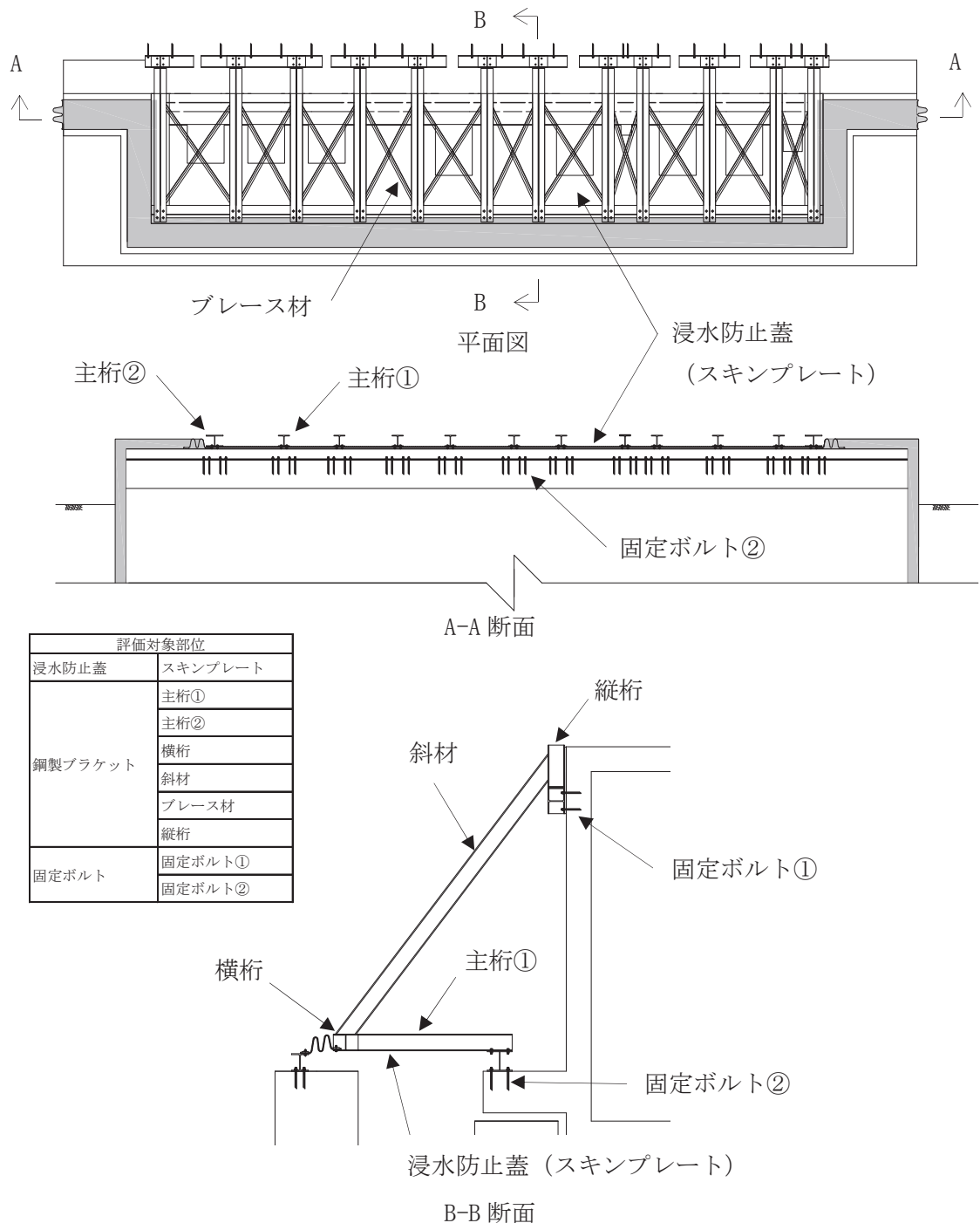
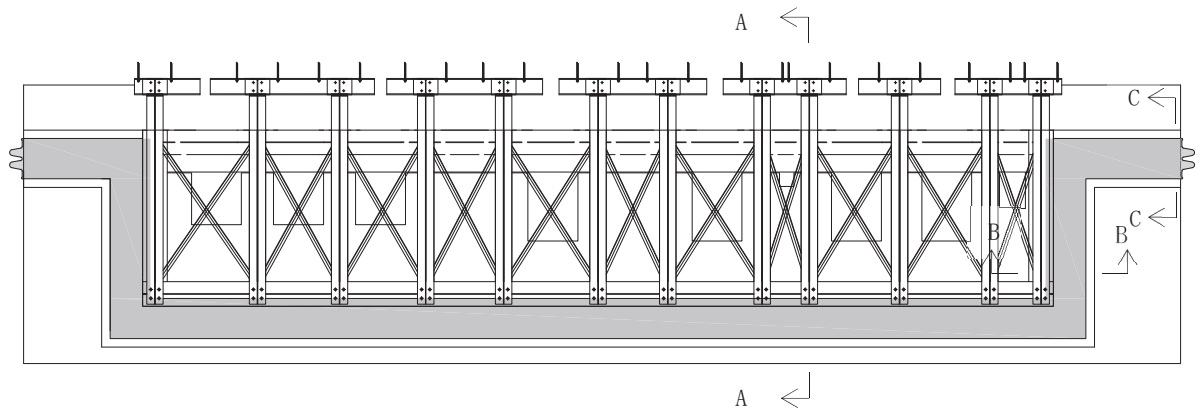


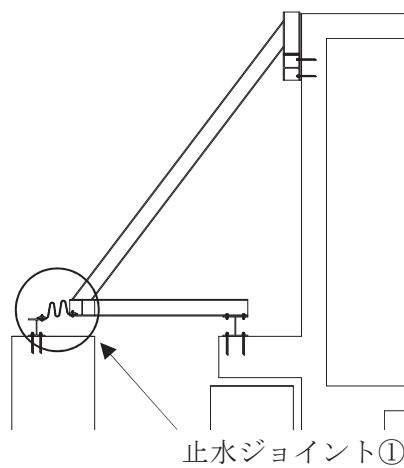
図3-1 評価対象部位 (応力評価)

3.2 変形性評価の評価対象部位

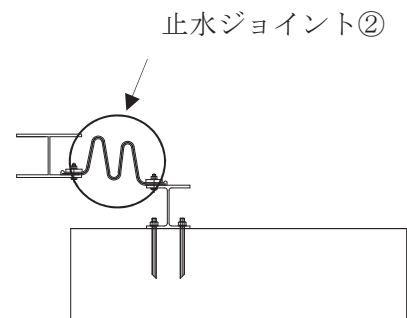
変形性評価の評価対象部位は、地震に伴う浸水防止蓋と第3号機補機冷却海水系放水ピットの変位が止水ジョイントに作用することから、止水ジョイントを変形性評価の評価対象部位として設定する。変形性評価の評価対象部位について図3-2に示す。



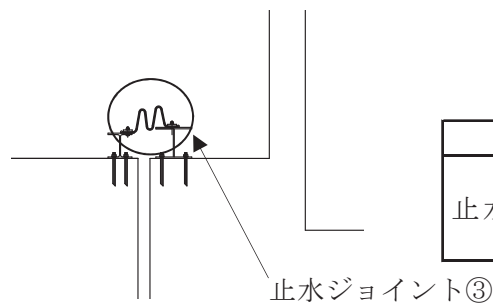
平面図



A-A 断面



B-B 断面



C-C 断面

評価対象部位	
止水ジョイント	止水ジョイント①
	止水ジョイント②
	止水ジョイント③

図3-2 評価対象部位 (変形性評価)

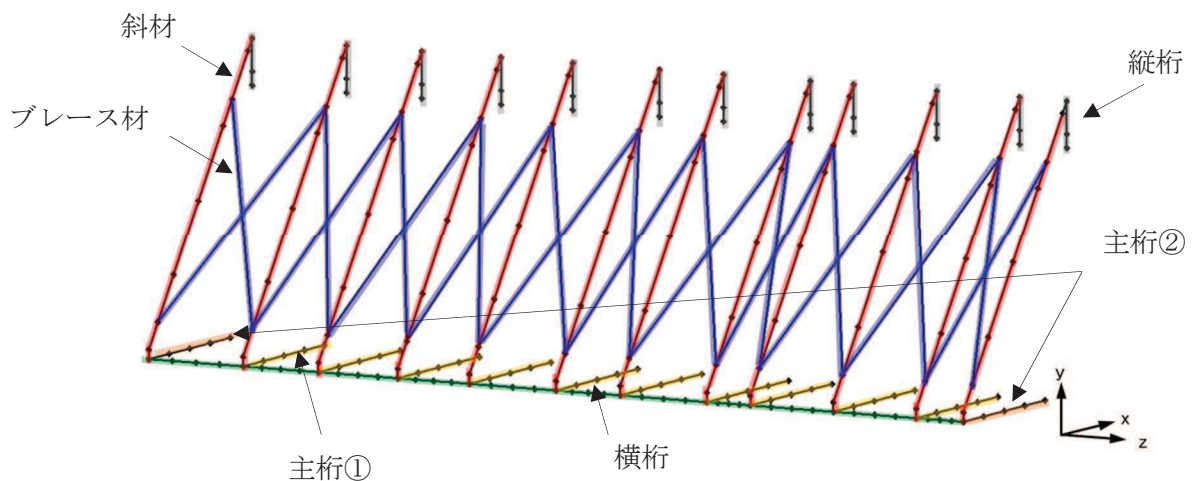
4. 固有値解析

4.1 固有値解析のモデルの設定及び解析手法

浸水防止蓋と鋼製ブラケットは一体化された三次元性を有する構造であることを踏まえ、図4-1に示す三次元フレームモデルにより固有値解析を実施する。

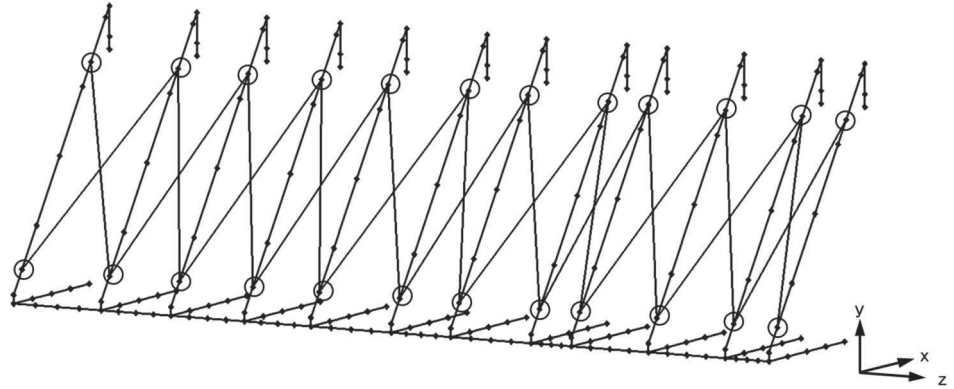
解析コードは「Engineer's StudioVer.6.00.4」を用いる。

解析コードの検証及び妥当性確認の概要については、添付書類「VI-5 計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。



対象部材	材質	断面形状
— : 主桁①	SUS304	H-200×200×20×20
— : 主桁②	SUS304	H-200×300×20×20
— : 斜材	SUS304	H-200×200×8×12
— : 横桁	SUS304	H-200×300×20×20
— : ブレース材	SUS304	L-60×60×5
— : 縦桁	SUS304	H-200×200×8×12

図4-1 固有値解析モデル (1/2)



記号	x※1	y※1	z※1
●	剛結※2	剛結※2	剛結※2
○	ピン※2	ピン※2	ピン※2

注記 ※1：x, y, zは要素座標系で，xは部材軸方向となる。

※2：H鋼の接合箇所は剛結とし，ブレースとH鋼をボルトにて接合している箇所についてはピンとする。

図 4-1 固有値解析モデル (2/2)

4.2 固有振動数の解析結果

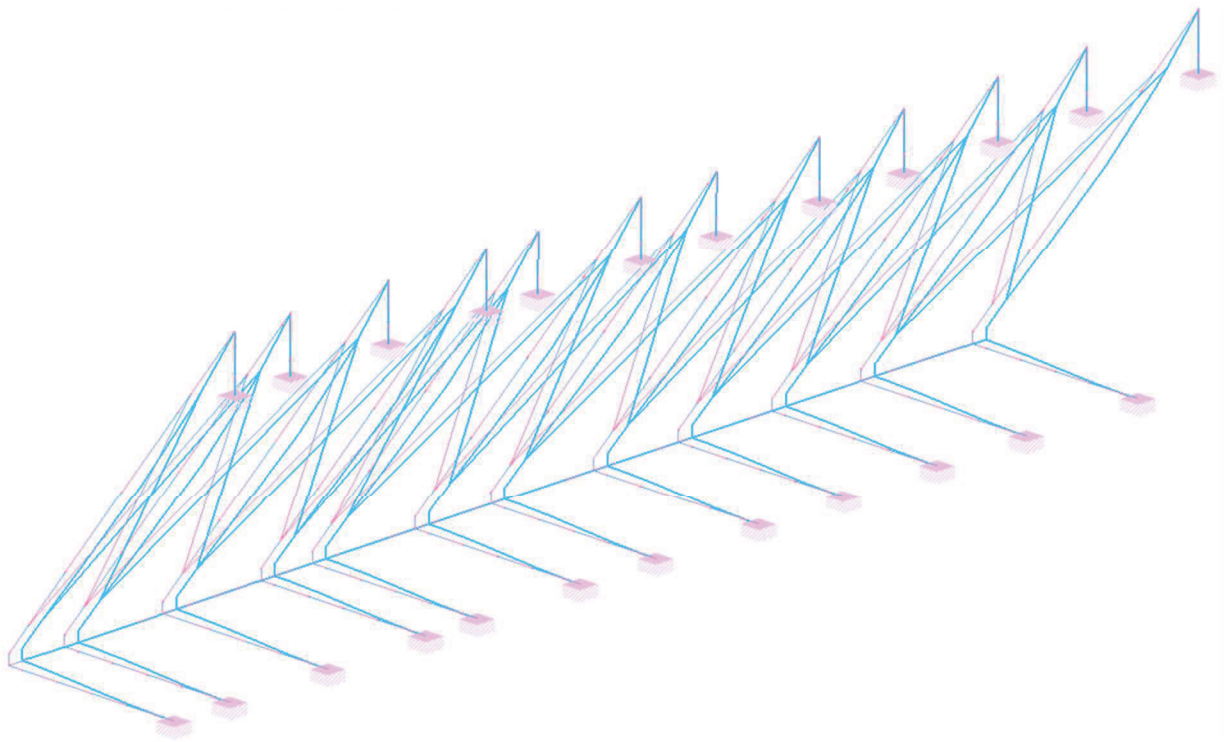
固有振動数の解析結果を表4-1及び図4-2に示す。固有振動数は20Hz以上であることから、剛構造である。

表4-1 固有値解析結果(1/2)

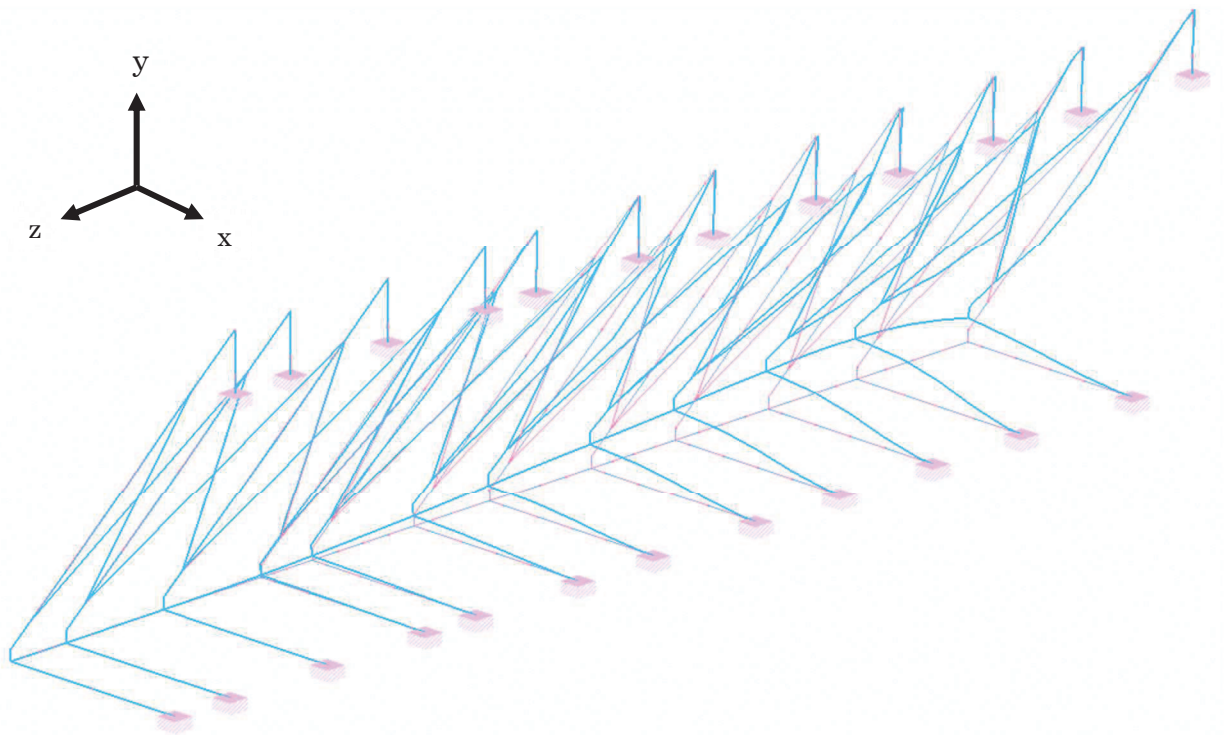
振動モード 次数	卓越方向	固有周期 T(Sec)	固有振動数 f(Hz)	x方向 刺激係数	y方向 刺激係数	z方向 刺激係数
1	z方向	0.041	24.17	-0.001	-0.002	-2.814
2		0.030	33.88	-0.001	-0.041	0.015
3		0.027	36.90	0.000	0.047	-0.005
4		0.027	37.58	-0.001	0.007	0.003
5		0.026	37.82	0.002	0.015	0.021
6		0.026	38.20	-0.001	0.023	-0.018
7		0.026	38.58	0.002	0.017	-0.015
8		0.025	40.04	-0.001	-0.006	-0.012
9		0.024	41.27	0.003	0.018	-0.009
10		0.024	42.24	0.000	0.002	0.056
11		0.024	42.51	0.001	-0.003	0.002
12		0.023	43.13	0.003	0.016	0.002
13		0.021	47.97	-0.001	0.005	-0.602
14		0.015	66.63	-0.914	1.508	0.002
15		0.015	66.93	0.344	-0.523	0.012
16		0.015	67.26	-0.334	0.535	-0.001
17		0.015	67.89	-0.001	-0.006	-0.013
18		0.015	68.52	0.147	-0.235	0.005
19		0.014	69.15	0.042	-0.039	0.012
20		0.014	69.48	-0.161	0.214	-0.003
21		0.014	69.82	0.011	0.000	0.003
22		0.014	70.04	-0.035	0.045	0.001
23		0.014	70.30	-0.014	0.016	0.004
24		0.014	71.22	0.240	-0.350	-0.011
25		0.014	71.96	-0.220	0.280	0.004
26		0.010	98.46	0.010	0.023	-0.034
27		0.010	98.71	-0.007	-0.035	0.051
28		0.010	98.94	-0.007	-0.049	0.091
29		0.010	99.05	0.007	0.032	0.059
30		0.010	99.93	-0.001	0.005	-0.006
31		0.010	101.16	-0.007	-0.027	-0.017
32		0.010	101.54	0.004	0.018	0.020
33		0.010	103.15	0.019	0.086	0.027
34		0.010	103.46	0.005	0.021	-0.032
35		0.010	104.21	-0.005	-0.026	0.002
36		0.010	105.06	-0.038	-0.197	-0.052
37		0.009	106.77	-0.003	-0.015	0.402
38	y方向	0.009	108.71	0.298	1.639	-0.022
39		0.009	110.96	0.164	0.901	0.033
40		0.009	112.38	0.195	1.075	0.009
41		0.009	116.39	-0.006	-0.027	-0.005
42		0.009	116.84	-0.023	-0.114	0.006
43		0.008	124.01	-0.052	-0.266	0.002
44		0.008	130.57	-0.037	-0.196	-0.005
45		0.007	136.73	0.004	0.070	-0.043
46		0.007	137.74	0.102	0.435	0.004
47		0.007	139.18	0.026	0.046	-0.055
48		0.007	139.88	-0.023	-0.140	-0.019
49		0.007	141.16	0.012	-0.006	-0.043
50		0.007	142.27	0.030	0.067	0.010

表 4-1 固有値解析結果(2/2)

振動モード 次数	卓越方向	固有周期 T (Sec)	固有振動数 f (Hz)	x方向 刺激係数	y方向 刺激係数	z方向 刺激係数
51		0.007	142.84	0.021	0.053	-0.064
52		0.007	146.25	-0.010	-0.045	-0.013
53		0.007	148.80	-0.008	0.020	-0.037
54		0.007	151.22	-0.038	-0.002	-0.020
55		0.006	154.27	0.039	0.129	0.025
56		0.006	157.99	0.026	-0.008	0.516
57		0.006	158.18	-0.016	-0.026	-0.190
58		0.006	161.64	-0.027	-0.122	-0.031
59		0.006	163.43	-0.004	-0.034	-0.014
60		0.006	168.10	-0.114	-0.074	0.305
61		0.006	169.82	0.292	0.131	0.021
62		0.006	170.31	0.133	0.104	0.023
63		0.006	170.52	-0.257	-0.126	-0.079
64		0.006	171.62	0.126	0.057	-0.016
65		0.006	173.74	-0.005	-0.064	-0.004
66		0.006	176.20	0.000	-0.007	0.080
67		0.006	179.44	-0.046	0.017	-0.009
68		0.005	182.04	0.007	-0.027	-0.109
69		0.005	182.70	0.011	-0.003	0.046
70		0.005	183.98	-0.029	-0.013	-0.001
71		0.005	184.52	-0.050	-0.013	0.008
72		0.005	184.97	0.093	0.072	0.017
73		0.005	185.27	0.014	-0.019	0.016
74		0.005	186.19	-0.023	-0.010	0.047
75		0.005	187.50	-0.080	-0.047	0.000
76		0.005	189.22	0.030	0.010	0.058
77		0.005	191.58	0.078	0.071	-0.073
78		0.005	191.94	0.022	0.021	0.176
79		0.005	196.63	-0.023	-0.003	0.180
80		0.005	197.46	0.012	0.019	-0.040
81		0.005	204.43	0.007	0.018	0.018
82		0.005	209.76	-0.006	0.004	0.033
83		0.005	215.25	0.020	0.042	0.123
84		0.005	218.42	0.018	0.024	0.031
85		0.004	222.59	-0.269	-0.139	0.362
86		0.004	232.50	-0.238	-0.415	-0.135
87		0.004	233.03	0.160	0.197	-0.067
88		0.004	234.20	-0.198	-0.248	0.011
89		0.004	236.83	0.106	0.212	0.063
90		0.004	240.15	0.083	0.152	-0.068
91		0.004	249.88	-0.093	0.064	-0.023
92		0.004	253.89	0.355	0.071	0.172
93		0.004	260.07	-0.240	0.105	-0.070
94		0.004	273.57	-0.023	-0.014	-0.003
95	x方向	0.004	276.20	1.433	0.149	-0.001
96		0.004	277.12	0.790	0.082	-0.005
97		0.004	278.75	1.240	0.114	-0.007
98		0.004	282.21	1.035	0.061	-0.008
99		0.004	284.68	0.308	0.179	-0.011
100		0.003	287.67	-0.113	-0.023	0.003

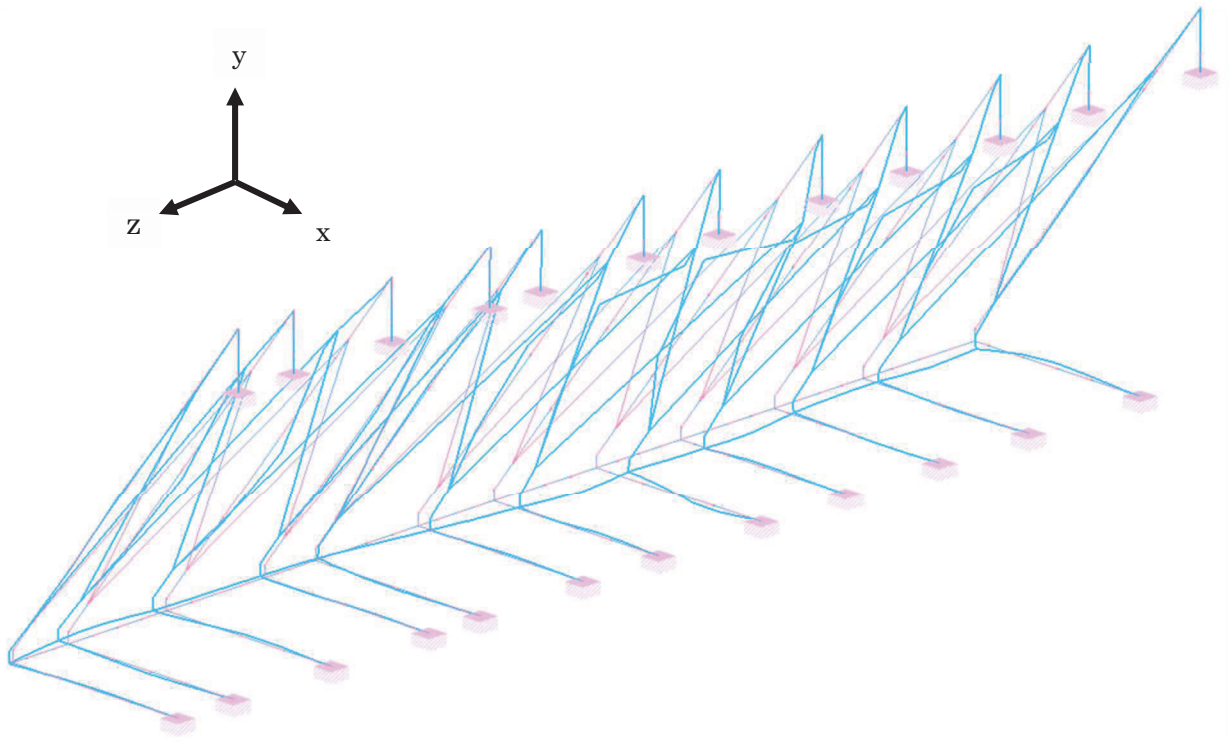


振動モード：1次，固有振動数 24.17Hz



振動モード：38次，固有振動数 108.71Hz

図 4-2 固有値解析結果 (1/2)



振動モード：95次，固有振動数 276.20Hz

図4-2 固有値解析結果 (2/2)

5. 耐震評価

5.1 応力評価方法

浸水防止蓋、鋼製ブラケット及び固定ボルトの応力評価は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界を踏まえて、「3. 評価対象部位」にて設定する評価対象部位に作用する応力等が「5.1.2 許容限界」にて示す許容限界以下であることを確認する。

5.1.1 荷重及び荷重の組合せ

(1) 荷重の組合せ

浸水防止蓋の評価に用いる荷重の組合せを以下に示す。

$$G + P_s + S_s$$

ここで、 G : 固定荷重 (kN)

P_s : 積雪荷重 (kN)

S_s : 基準地震動 S_s による地震荷重 (kN)

(2) 荷重の設定

耐震評価に用いる荷重は、以下のとおりとする。

a. 固定荷重 (G)

固定荷重として、浸水防止蓋を構成する部材の自重を考慮する。

b. 積雪荷重 (P_s)

積雪荷重として、添付書類「VI-1-1-2 発電用原子炉施設の自然現象等による損傷の防止に関する説明書」のうち、添付書類「VI-1-1-2-1-1 発電用原子炉施設に対する自然現象等による損傷の防止に関する基本方針」に基づき 43cm の積雪量を想定し、平均的な積雪荷重を与えるための係数 0.35 を考慮する。

積雪荷重による質量は以下に式より算出する。積雪荷重による質量は以下に式より算出する。

$$P_s = 0.35 \cdot W_s \cdot d_s \cdot A \cdot 10^{-3}$$

ここで、 P_s : 積雪荷重 (kN)

W_s : 1cm 当りの積雪荷重 20 (N/m²)

d_s : 積雪高さ 43 (cm)

A : 浸水防止蓋の面積 (m²)

c. 基準地震動 S_s による地震荷重 (S_s)

地震荷重として、基準地震動 S_s に伴う慣性力を考慮する。地震荷重は浸水防止蓋の固定荷重及び積雪荷重に設計震度を乗じた次式により算出する。

$$S_s = (G + P_s) \cdot k$$

ここで、 S_s : 基準地震動 S_s による地震荷重 (kN)
 G : 固定荷重 (kN)
 P_s : 積雪荷重 (kN)
 k : 基準地震動 S_s の設計震度

5.1.2 許容限界

許容限界は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき設定する。

(1) 使用材料

浸水防止蓋、鋼製ブラケット及び固定ボルトの使用材料を表 5-1 に示す。

表 5-1 使用材料

評価対象部位		材質	仕様
浸水防止蓋	スキンプレート	SUS304	t = 16 (mm)
鋼製ブラケット	主桁①	SUS304	H-200×200×20×20 (mm)
	主桁②	SUS304	H-200×300×20×20 (mm)
	横桁	SUS304	H-200×300×20×20 (mm)
	斜材	SUS304	H-200×200×8×12 (mm)
	ブレース材	SUS304	L-60×60×5 (mm)
	縦桁	SUS304	H-200×200×8×12 (mm)
固定ボルト	固定ボルト①	SUS304	M20
	固定ボルト②	SUS304	M20

(2) 許容限界

a. 浸水防止蓋，鋼製ブラケット

浸水防止蓋，鋼製ブラケットの許容応力度は，「日本建築学会 2005 年 鋼構造設計規
準—許容応力度設計法—」に基づき表 5-2 の値とする。

表 5-2 浸水防止蓋，鋼製ブラケットの短期許容応力度

材質	短期許容応力度 (N/mm ²)	
	曲げ	せん断
SUS304	205	118

b. 固定ボルト

固定ボルトの許容荷重は，「3. 評価対象部位」に記載した固定ボルトに作用する荷
重の向きを踏まえて，「各種合成構造設計指針・同解説（日本建築学会，2010 改定）」
に基づき算定する。

固定ボルトは躯体に埋め込まれていることから，固定ボルトが引張力を受ける場合
においては，固定ボルトの降伏により決まる許容荷重 (P_{a1})，付着力により決まる許容
荷重 (P_{a3}) を比較して，いずれか小さい値を採用する。また，固定ボルトがせん断
力を受ける場合においては，固定ボルトのせん断強度により決まる許容荷重 (q_{a1})，
定着したコンクリート躯体の支圧強度により決まる許容荷重 (q_{a2}) 及びコーン状破
壊により決まる許容荷重 (q_{a3}) を比較して，いずれか小さい値を採用する。

地震荷重を考慮する場合の固定ボルトの許容荷重の設定に用いる入力値を表 5-3 に，
許容荷重を表 5-4 に示す。

引張力を受ける場合

$$P_{a1} = \Phi_1 \cdot s \sigma_{pa} \cdot s c a$$

$$P_{a3} = \Phi_3 \cdot \tau_a \cdot \pi \cdot d_a \cdot l_{ce}$$

- ここで、
- P_{a1} : 固定ボルトの降伏により決まる場合の固定ボルト
1本当たりの許容引張力 (N)
 - P_{a3} : 固定ボルトの付着力により決まる場合の固定ボルト
1本当たりの許容引張力 (N)
 - Φ_1 : 低減係数 (短期荷重用)
 - Φ_3 : 低減係数 (短期荷重用)
 - $s \sigma_{pa}$: 固定ボルトの引張強度 ($= s \sigma_y$) (N/mm²)
 - $s \sigma_y$: 固定ボルトの規格降伏点強度 (N/mm²)
 - $s c a$: 固定ボルトの断面積 (mm²)
 - d_a : 固定ボルトの径 (mm)
 - l_{ce} : 固定ボルトの強度算定用埋込み長さ
($= l_e - 2 d_a$) (mm)
 - l_e : 固定ボルトの有効埋込み長さ (mm)
 - τ_a : へりあき及び固定ボルトのピッチによる付着強度
(N/mm²)

せん断力を受ける場合

$$Q_{a1} = \Phi_1 \cdot s \sigma_{qa} \cdot s c a$$

$$Q_{a2} = \Phi_2 \cdot c \sigma_{qa} \cdot s c a$$

$$Q_{a3} = \Phi_2 \cdot c \sigma_t \cdot A_{qc}$$

- ここで、
- Q_{a1} : 固定ボルトのせん断強度により決まる場合の固定ボルト
1本当たりの許容せん断力 (N)
 - Q_{a2} : 定着した躯体の支圧強度により決まる場合の固定ボルト
1本当たりの許容せん断力 (N)
 - Q_{a3} : 定着した躯体のコーン状破壊により決まる場合の固定ボルト
1本当たりの許容せん断力 (N)
 - Φ_1 : 低減係数 (短期荷重用)
 - Φ_2 : 低減係数 (短期荷重用)
 - $s \sigma_{qa}$: 固定ボルトのせん断強度 ($= 0.7 \cdot s \sigma_y$) (N/mm²)
 - $s \sigma_y$: 固定ボルトの規格降伏点強度 (N/mm²)
 - $s c a$: 固定ボルトの断面積 (mm²)
 - $c \sigma_{qa}$: コンクリートの支圧強度 (N/mm²)

$$(\text{= } 0.5 \sqrt{F_c \cdot E_c})$$

$c \sigma_t$: コーン状破壊に対するコンクリートの引張強度 (N/mm²) ($=0.31\sqrt{F_c}$)
 F_c : コンクリートの設計基準強度 (N/mm²)
 E_c : コンクリートのヤング係数 (N/mm²)
 A_{qc} : せん断力に対するコーン状破壊面の有効投影面積 (mm²)

表 5-3 固定ボルトの許容荷重の設定に用いる入力値

記号	単位	定義	数値	
Φ_1	—	低減係数 (短期荷重用)	1.0	
Φ_2	—	低減係数 (短期荷重用)	2/3	
Φ_3	—	低減係数 (短期荷重用)	2/3	
$s \sigma_{pa}$	N/mm ²	固定ボルトの許容引張応力度	205	
$s \sigma_y$	N/mm ²	固定ボルトの規格降伏点強度	205	
$s c a$	mm ²	固定ボルトの断面積	245	
d_a	mm	固定ボルトの径	20	
l_{ce}	mm	固定ボルトの強度算定用埋込み長さ	固定ボルト①	140
			固定ボルト②	220
l_e	mm	固定ボルトの有効埋込み長さ	固定ボルト①	180
			固定ボルト②	260
τ_a	N/mm ²	へりあき及び固定ボルトのピッチによる付着強度	固定ボルト①	8.69
			固定ボルト②	4.11
$s \sigma_{qa}$	N/mm ²	固定ボルトのせん断応力度	143.50	
$c \sigma_{qa}$	N/mm ²	コンクリートの支圧強度	450.90	
$c \sigma_t$	N/mm ²	コーン状破壊に対するコンクリートの引張強度	1.76	
F_c	N/mm ²	コンクリートの設計基準強度	32.4	
E_c	N/mm ²	コンクリートのヤング係数	25100	
A_{qc}	mm ²	せん断力に対するコーン状破壊面の有効投影面積	固定ボルト①	-*
			固定ボルト②	15708

注記* 固定ボルト①は第 3 号機海水熱交換器建屋の壁面に設置するため、へりあきはなしとする。

表 5-4 (1) 地震荷重を考慮する場合の固定ボルト①の短期許容荷重

材質	短期許容荷重 (kN)						
	引張			せん断			
	P_{a1}	P_{a3}	設定値	q_{a1}	q_{a2}	q_{a3}	設定値
SUS304	50.2	50.9	50.2	35.1	73.6	—*	35.1

注記* 固定ボルト①は第 3 号機海水熱交換器建屋の壁面に設置するため、へりあきはなしとする。

表 5-4 (2) 地震荷重を考慮する場合の固定ボルト②の短期許容荷重

材質	短期許容荷重 (kN)						
	引張			せん断			
	P_{a1}	P_{a3}	設定値	q_{a1}	q_{a2}	q_{a3}	設定値
SUS304	50.2	37.8	37.8	35.1	73.6	18.4	18.4

5.1.3 設計用地震力

「4. 固有値解析」に示したとおり、固有振動数が20Hz以上であることを確認したため、応力評価に用いる設計震度は、材料物性の不確かさを考慮したものとして添付書類「V-2-2-29 第3号機海水熱交換器建屋の地震応答計算書」の地震応答解析結果を用いる。地震応答解析ケースを表5-5に、設計震度を表5-6に示す。荷重の組合せは表5-7のとおり、組合せ係数法(1.0:0.4)により評価する。

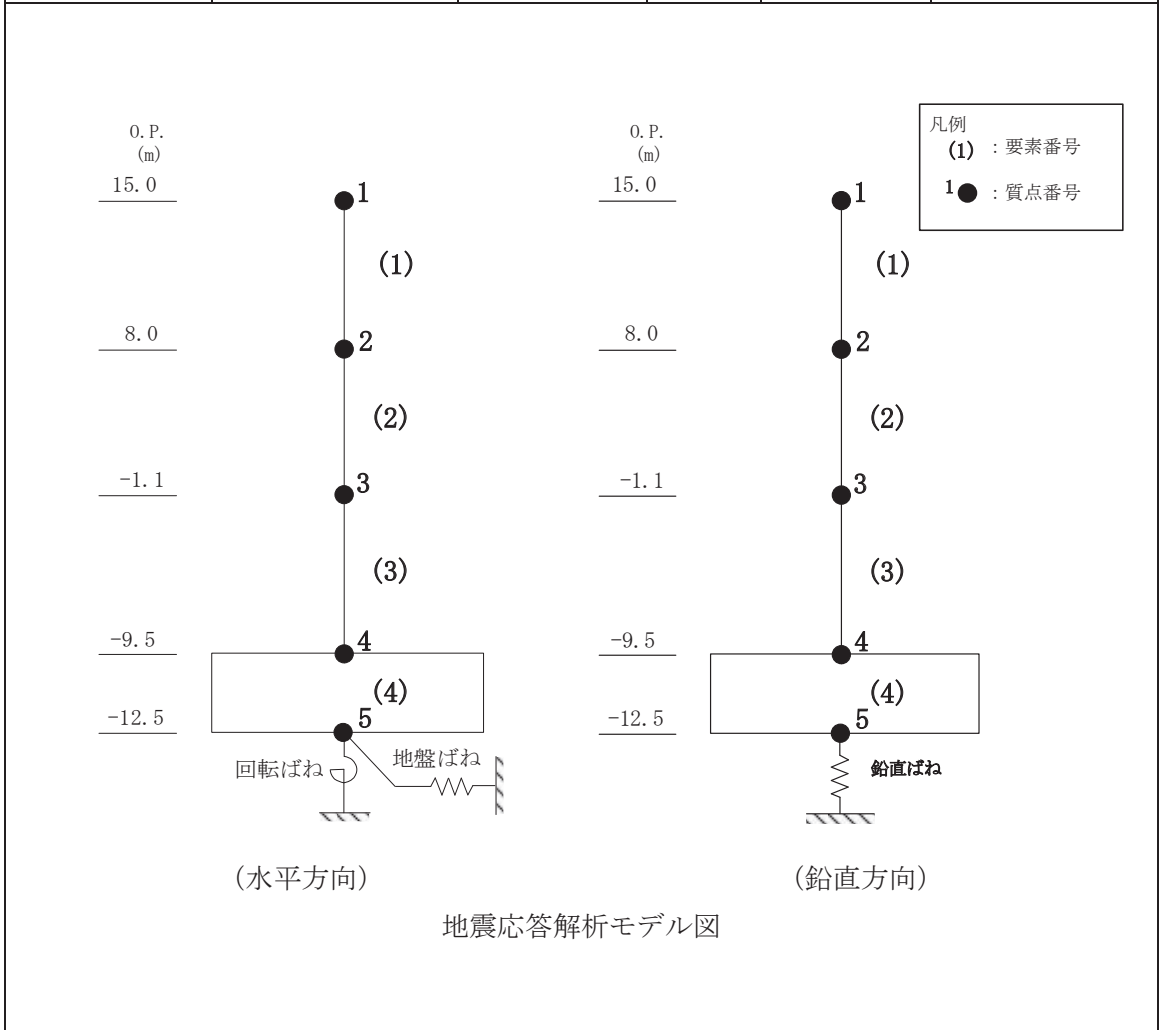
表5-5 地震応答解析ケース

対象地震動	ケース名	スケルトンカーブ		建屋材料減衰	地盤物性	
		初期剛性	終局耐力		入力地震動	底面地盤ばね
基準地震動S _s (水平)	ケース1 (基本ケース)	2011年3月11日東北地方太平洋沖地震の観測記録を用いたシミュレーション解析により補正	設計基準強度を用いJIEG式で評価	5%	表層地盤の非線形性を考慮	標準地盤
	ケース2	同上	同上	同上	同上	標準地盤 + σ
	ケース3	同上	同上	同上	同上	標準地盤 - σ
	ケース4	基本ケースの0.53倍*	同上	同上	同上	標準地盤
	ケース5					標準地盤 + σ
	ケース6					標準地盤 - σ
基準地震動S _s (鉛直)	ケース1 (基本ケース)	設計剛性	—	5%	直接入力	標準地盤
	ケース2	同上	—	同上	同上	標準地盤 + σ
	ケース3					標準地盤 - σ

注記*：建屋剛性（初期剛性）の不確かさについて、基準地震動S_s入力後の建屋全体の平均的な剛性低下を全ての基準地震動S_sについて評価し、最も剛性低下するケースの低下後の剛性を初期剛性の不確かさとして考慮する。具体的には、基準地震動S_s入力前後の1次固有振動数の比（ $f_{S_s \text{ 入力後}}/f_{S_s \text{ 入力前}}$ ）を基本ケースの初期剛性に掛けることによって算定する。

表 5-6 設計震度

地震時荷重 算出位置 (m)	地震応答解析結果				設計震度
	方向	基準地震動 S_s	ケース	最大加速度 (cm/s^2)	
O.P. 15.0	水平方向 (N-S) $k_{H(NS)}$	$S_s - D 2$	5	2410	2.46
	水平方向 (E-W) $k_{H(EW)}$	$S_s - F 3$	5	2029	2.07
	鉛直方向 k_v	$S_s - D 2$	2	1243	1.27



表中の O.P. は第 3 号機海水熱交換器建屋の地震応答計算書での値を示す。

表 5-7 荷重の組合せ

ケース No.	荷重の組合せ
1	$G + P_s + 1.0 S_{sH(NS)} + 0.4 S_{sV}$
2	$G + P_s + 1.0 S_{sH(NS)} - 0.4 S_{sV}$
3	$G + P_s - 1.0 S_{sH(NS)} + 0.4 S_{sV}$
4	$G + P_s - 1.0 S_{sH(NS)} - 0.4 S_{sV}$
5	$G + P_s + 0.4 S_{sH(NS)} + 1.0 S_{sV}$
6	$G + P_s - 0.4 S_{sH(NS)} + 1.0 S_{sV}$
7	$G + P_s + 0.4 S_{sH(NS)} - 1.0 S_{sV}$
8	$G + P_s - 0.4 S_{sH(NS)} - 1.0 S_{sV}$
9	$G + P_s + 1.0 S_{sH(EW)} + 0.4 S_{sV}$
10	$G + P_s + 1.0 S_{sH(EW)} - 0.4 S_{sV}$
11	$G + P_s - 1.0 S_{sH(EW)} + 0.4 S_{sV}$
12	$G + P_s - 1.0 S_{sH(EW)} - 0.4 S_{sV}$
13	$G + P_s + 0.4 S_{sH(EW)} + 1.0 S_{sV}$
14	$G + P_s - 0.4 S_{sH(EW)} + 1.0 S_{sV}$
15	$G + P_s + 0.4 S_{sH(EW)} - 1.0 S_{sV}$
16	$G + P_s - 0.4 S_{sH(EW)} - 1.0 S_{sV}$

G : 固定荷重 (kN)

P_s : 積雪荷重 (kN)

$S_{sH(NS)}$: 基準地震動 S_s の水平方向 (N-S) の地震荷重 ($(G + P_s) \times k_{H(NS)}$) (kN)

$S_{sH(EW)}$: 基準地震動 S_s の水平方向 (E-W) の地震荷重 ($(G + P_s) \times k_{H(EW)}$) (kN)

S_{sV} : 基準地震動 S_s の鉛直方向の地震荷重 ($(G + P_s) \times k_V$) (kN)

5.1.4 計算方法

浸水防止蓋，鋼製ブラケット及び固定ボルトに発生する応力より算出する応力度が，許容限界以下であることを確認する。

(1) 浸水防止蓋

浸水防止蓋は図 5-1 に示すとおり主桁間に分割して設置することから三辺固定スラブモデルとして断面力を算出する。評価箇所は図 5-1 に示すとおり，断面力が大きいと考えられる主桁間の幅が最大の箇所とする。浸水防止蓋に作用する等分布荷重（鉛直震度含む）が作用している板に発生する曲げ応力及びせん断応力は「日本建築学会 2018 年 鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説」（図 5-2）より算出する。

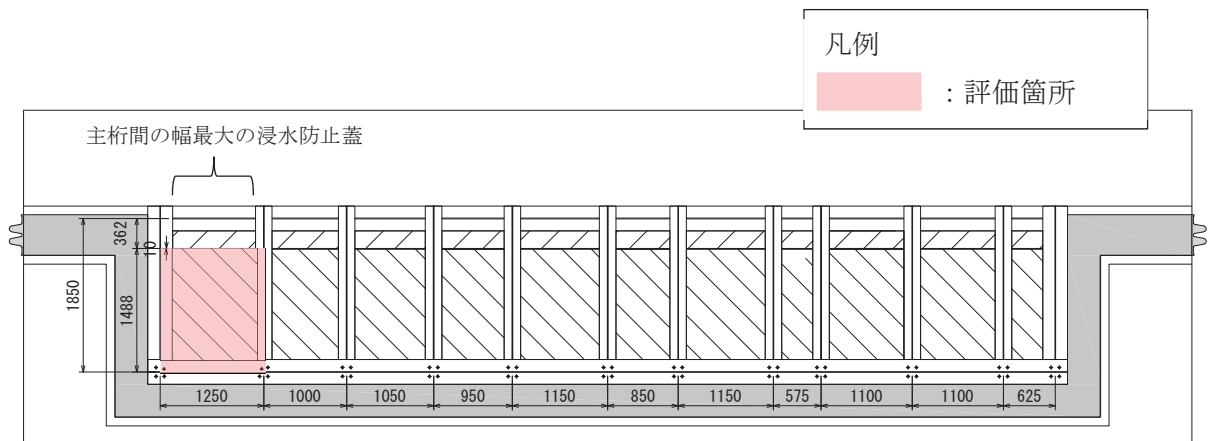


図 5-1 浸水防止蓋の評価箇所

- a. 基準地震動 S_s による鉛直方向の地震荷重 S_{sv}

$$S_{sv} = (G + P_s) \cdot k_v$$

ここで、 S_{sv} : 基準地震動 S_s の鉛直方向の地震荷重 (kN)
 G : 浸水防止蓋の固定荷重 (kN)
 P_s : 積雪荷重 (kN)
 k_v : 基準地震動 S_s の鉛直方向の設計震度

- b. 浸水防止蓋に作用する単位面積当りの等分布荷重 w

$$w = (G + P_s + S_{sv}) / A$$

ここで、 w : 浸水防止蓋に作用する単位面積当りの等分布荷重 (kN/m²)
 G : 浸水防止蓋の固定荷重 (kN)
 P_s : 積雪荷重 (kN)
 S_{sv} : 基準地震動 S_s の鉛直方向の地震荷重 (kN)
 A : 浸水防止蓋の面積 (m²)

- c. 浸水防止蓋に作用する単位幅当りの等分布荷重 w'

$$w' = w / 1000$$

ここで、 w' : 浸水防止蓋に作用する単位幅当りの等分布荷重 (N/mm²・mm)

- d. 最大曲げ応力 σ

求めた曲げモーメントのうち最大となる曲げモーメントについて、以下の式にて最大曲げ応力を算出する。

$$M = \alpha \cdot w' \cdot l_x^2$$

ここで、 M : 曲げモーメント (N・mm)
 α : 平板のモーメントに関する係数
 w' : 浸水防止蓋に作用する単位幅当りの等分布荷重 (N/mm²・mm)
 l_x : 浸水防止蓋の短辺長 (mm)

$$\sigma = M / Z$$

ここで、 σ : 最大曲げ応力 (N/mm²)
 M : 最大曲げモーメント (N・mm)
 Z : 浸水防止蓋の断面係数 (mm³)

e. 最大せん断応力 τ

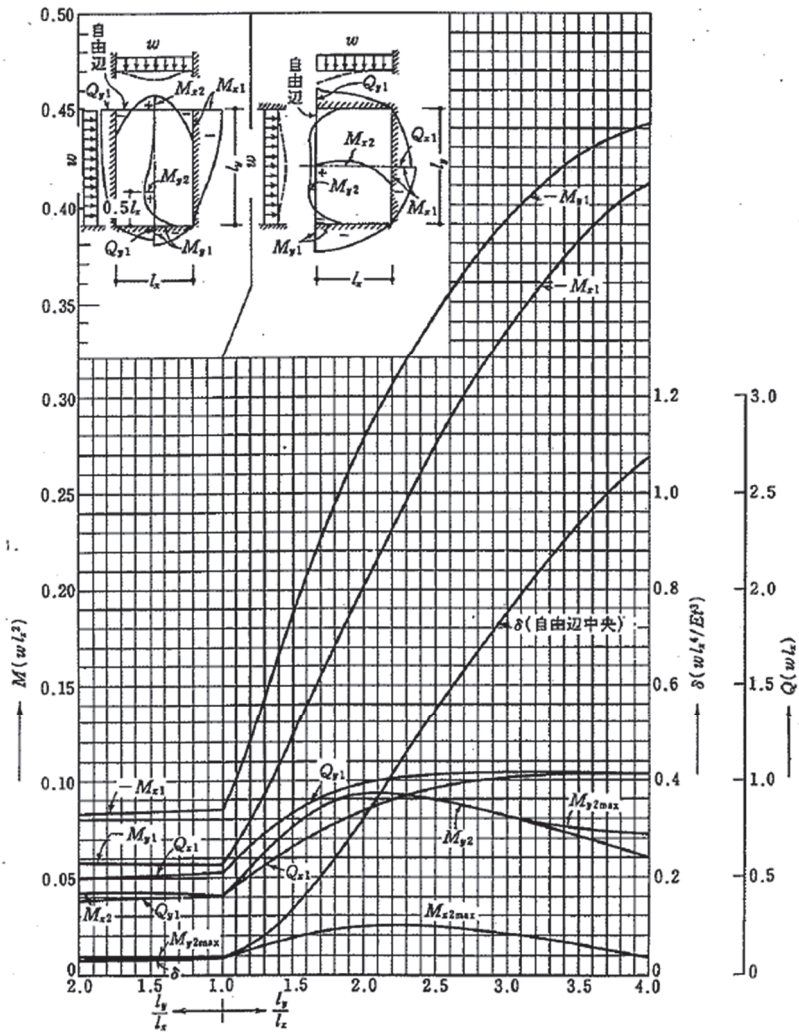
求めたせん断力のうち最大となるせん断力について、以下の式にてせん断応力度を算出する。

$$Q = \beta \cdot w' \cdot l_x$$

ここで、
 Q : せん断力 (N)
 β : 平板のせん断に関する係数
 w' : 浸水防止蓋に作用する単位幅当りの等分布荷重 (N/mm)
 l_x : 浸水防止蓋の短辺長 (mm)

$$\tau = Q / A_s$$

ここで、
 τ : 最大せん断応力度 (N/mm²)
 Q : 最大せん断応力 (N)
 A_s : 浸水防止蓋のせん断断面積 (mm²)



付図 15.3 等分布荷重時 3 辺固定 1 辺自由スラブの応力図と自由辺中央のたわみ δ^D ($v=0$)

図 5-2 応力算出図

f. 曲げ応力度とせん断応力度の組合せに対する検討

浸水防止蓋に生じる曲げ応力度とせん断応力度から、組合せ応力度を「日本建築学会 2005 年 鋼構造設計規準—許容応力度設計法—」に基づく次式により算定し、短期許容応力度以下であることを確認する。

$$x = \sqrt{\sigma^2 + 3 \cdot \tau^2}$$

- x : 組合せ応力度 (N/mm²)
- σ : 最大曲げ応力度 (N/mm²)
- τ : 最大せん断応力度 (N/mm²)

(2) 鋼製ブラケット

鋼製ブラケットの応力評価に用いるモデルは固有値解析を行ったモデルと同一とし、鋼製ブラケットの計算には解析コード「Engineer's StudioVer.6.00.4」を使用して評価部位に生じる断面力を求める。解析コードの検証及び妥当性確認の概要については、添付書類「VI-5 計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。モデルに入力する荷重は、「5.1.1 荷重及び荷重の組合せ」に示すとおりである。

各部材に入力する荷重図を図5-3～図5-8に示す。

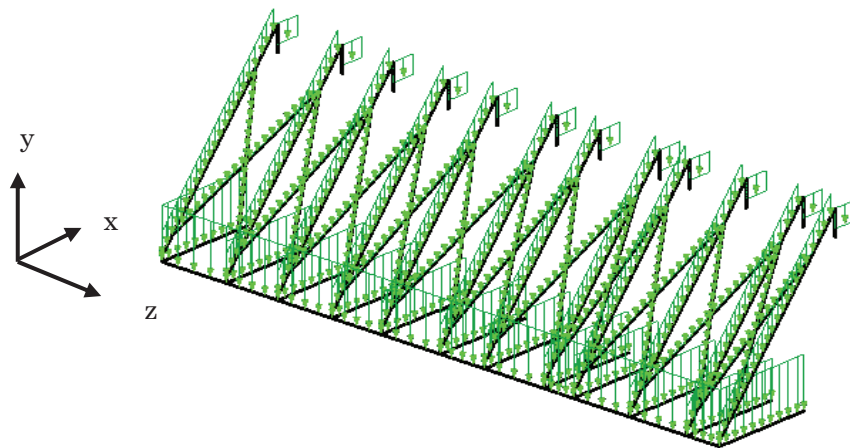


図5-3 鋼製ブラケットの耐震評価モデルへの入力荷重（固定荷重）

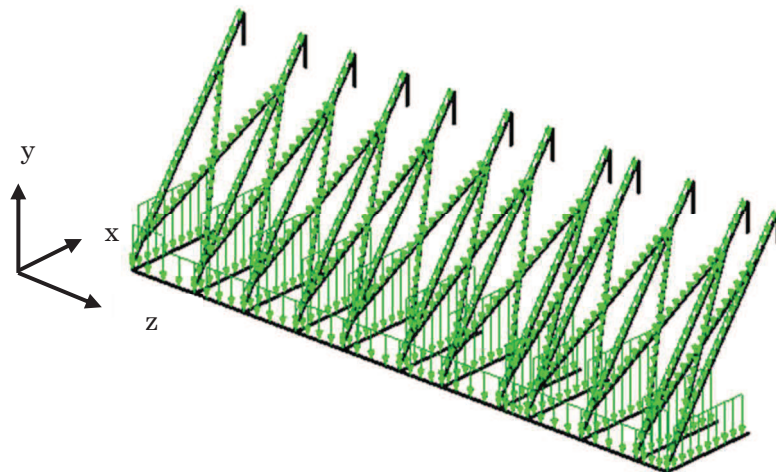


図5-4 鋼製ブラケットの耐震評価モデルへの入力荷重（積雪荷重）

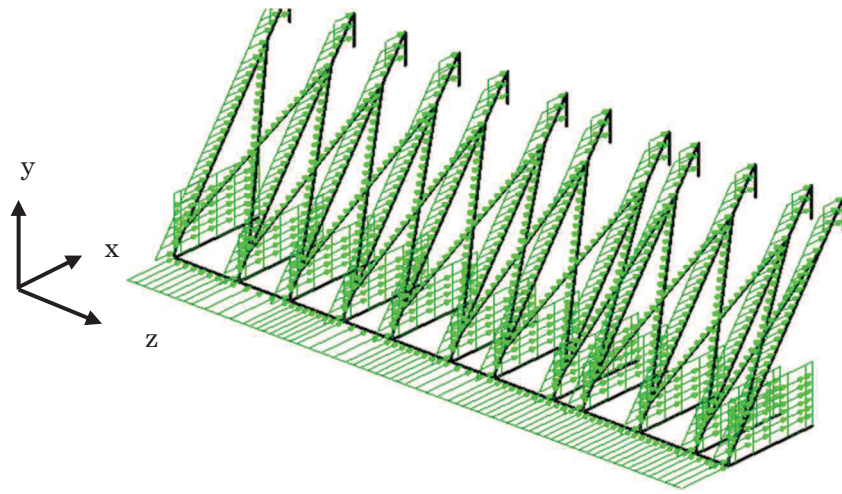


図 5-5 鋼製ブラケットの耐震評価モデルへの入力荷重（地震時荷重）（+NS 方向）

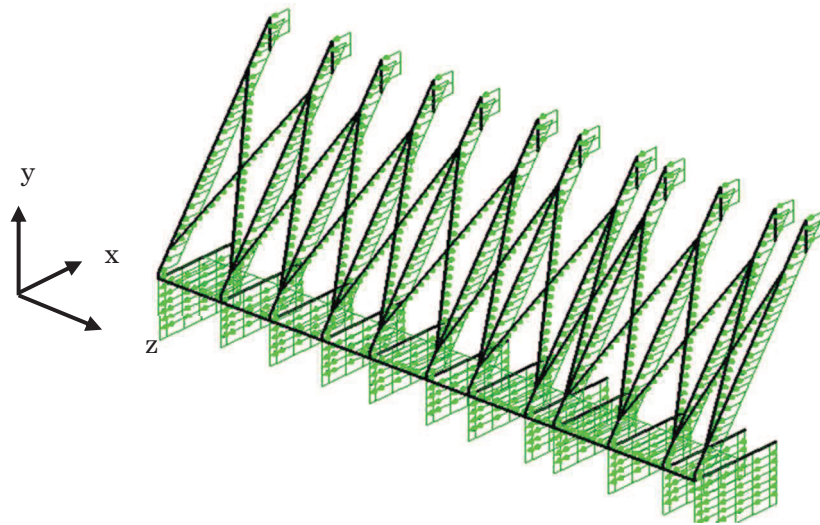


図 5-6 鋼製ブラケットの耐震評価モデルへの入力荷重（地震時荷重）（-NS 方向）

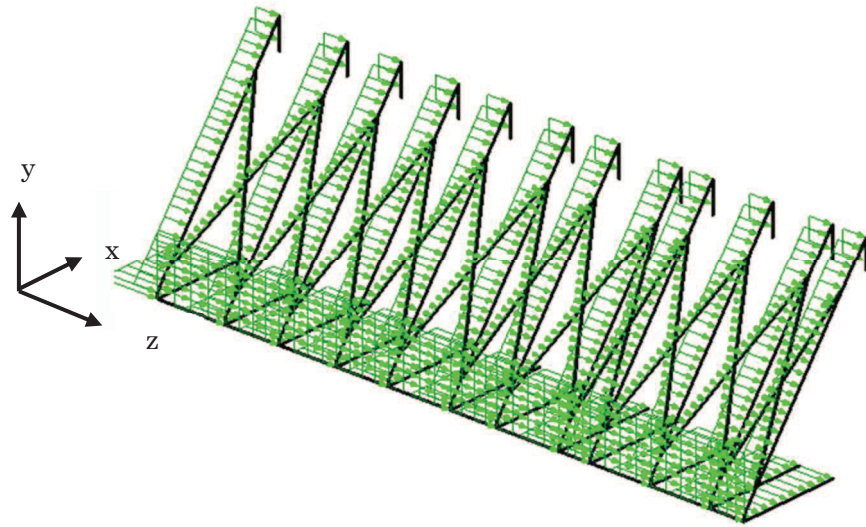


図 5-7 鋼製ブラケットの耐震評価モデルへの入力荷重（地震時荷重）（+EW 方向）

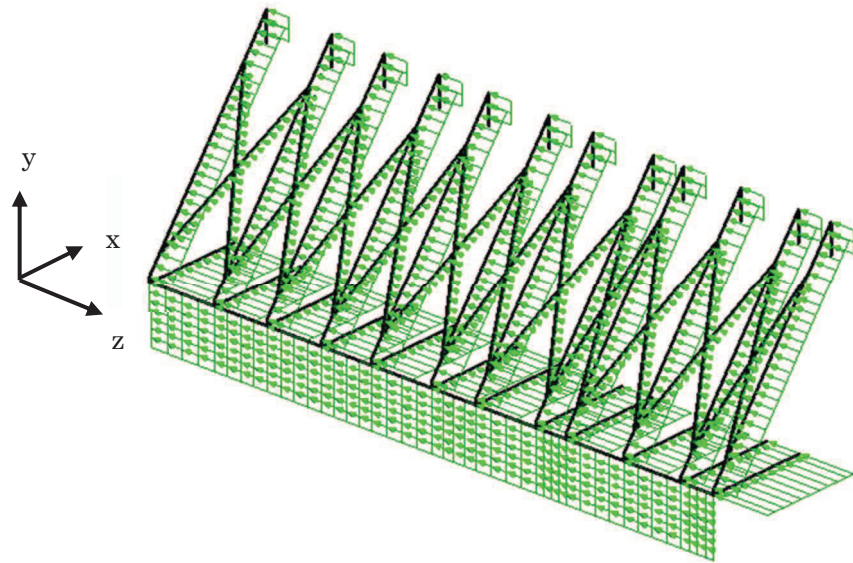


図 5-8 鋼製ブラケットの耐震評価モデルへの入力荷重（地震時荷重）（-EW 方向）

(3) 固定ボルト

鋼製ブラケットの解析により得られる固定ボルト部の応力により、固定ボルトに作用する応力度を算出する。なお、固定ボルト①の照査箇所のボルト本数は4本であり、また固定ボルト②の照査箇所のボルト本数は8本である。

a. 固定ボルトに作用する引張力 T_d

$$T_d = R_n / N + R_m / B \cdot (N / 2)$$

ここで、 T_d : 固定ボルト1本当りに作用する引張力 (kN)
 R_n : 固定ボルトの支点反力 (引張) (kN)
 R_m : 固定ボルトの支点モーメント (kN・mm)
 B : 照査箇所のボルト間隔 (mm)
 N : 照査箇所の固定ボルトの本数 (本)

b. 固定ボルトに作用するせん断力 q

$$q = R_s / N$$

ここで、 q : 固定ボルト1本当りに作用するせん断力 (kN)
 R_s : 固定ボルトの支点反力 (せん断) (kN)
 N : 照査箇所の固定ボルトの本数 (本)

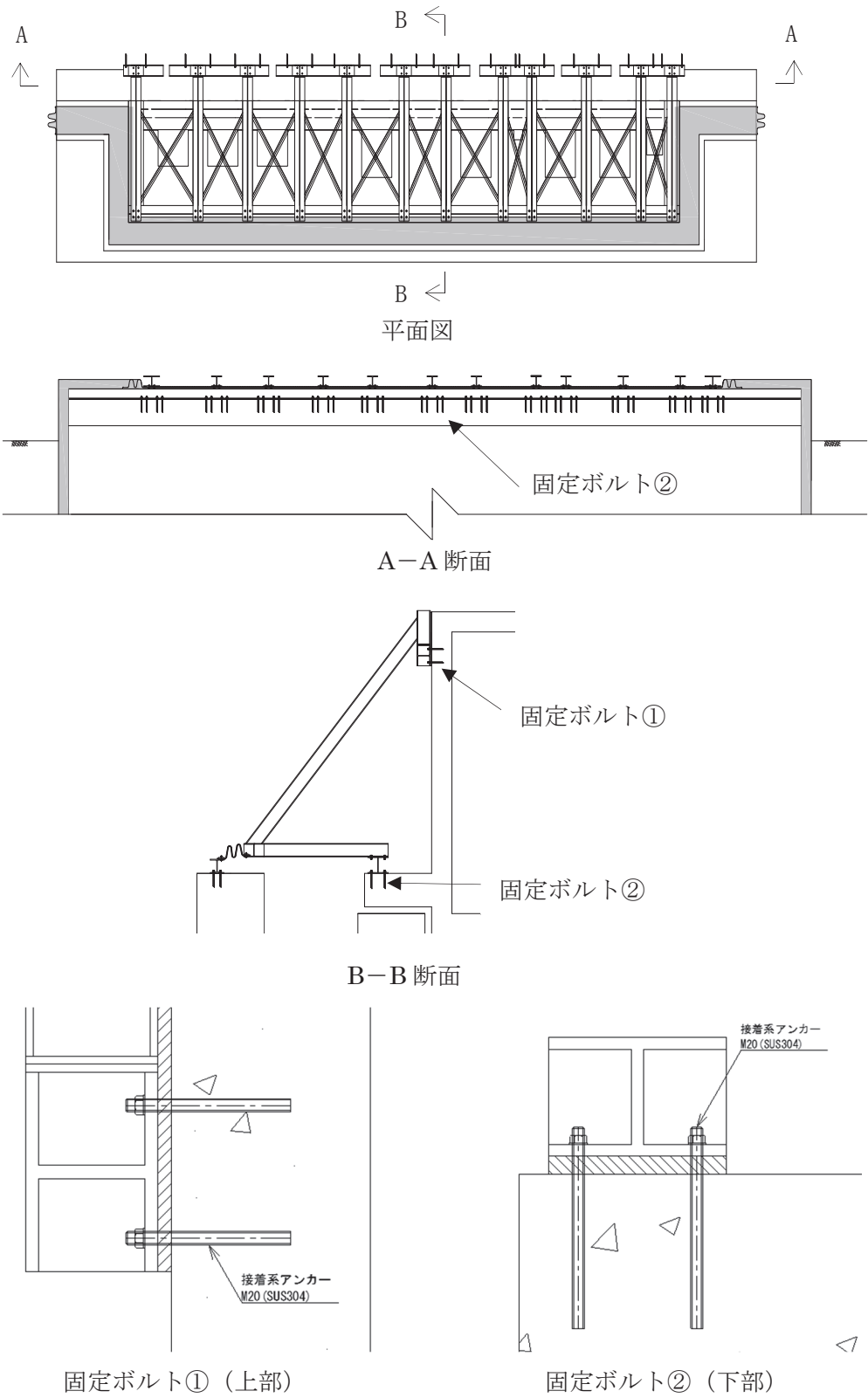


図 5-9 固定ボルト詳細図

5.1.5 計算条件

浸水防止蓋の応力評価に用いる入力値を表 5-8 に示す。

表 5-8 浸水防止蓋の耐震評価に用いる入力値

評価対象部位	記号	単位	定義	数値
浸水防止蓋 (スキンプレート)	A_s	mm^2	浸水防止蓋の単位幅あたりのせん断断面積	16
	α	—	平板のモーメントに関する係数	0.085
	β	—	平板のせん断に関する係数	0.55
	l_x	mm	浸水防止蓋の短辺長	1250
	A	m^2	浸水防止蓋の面積	1.86
	Z	mm^3	浸水防止蓋の断面係数	42.67
固定ボルト①	R_n	kN	固定ボルトの支点反力 (引張)	13.2
	R_m	$\text{kN} \cdot \text{mm}$	固定ボルトの支点モーメント	5362
	R_s	kN	固定ボルトの支点反力 (せん断)	16.7
	B	mm	固定ボルトのボルト間隔	200
	N	本	照査箇所のボルト本数	4
固定ボルト②	R_n	kN	固定ボルトの支点反力 (引張)	1.9
	R_m	$\text{kN} \cdot \text{mm}$	固定ボルトの支点モーメント	4558
	R_s	kN	固定ボルトの支点反力 (せん断)	33.9
	B	mm	固定ボルトのボルト間隔	200
	N	本	照査箇所のボルト本数	8

5.2 変形性評価方法

止水ジョイントは浸水防止蓋と第3号機補機冷却海水系放水ピットとの境界部に設置することから浸水防止蓋と第3号機補機冷却海水系放水ピットの地震時最大変位量の和が許容限界内に収まることを確認する。

浸水防止蓋の変位量は浸水防止蓋を支持する第3号機海水熱交換器建屋の地震時最大変位量は材料物性の不確かさを考慮したものとして添付資料「V-2-2-29 第3号機海水熱交換器建屋の地震応答計算書」の算出結果を用いる。第3号機補機冷却海水系放水ピットの地震時最大変位量は「5.2.1 第3号機補機冷却海水系放水ピットの地盤応答解析方法」に示す方法により算出する。なお、詳細については「9. 地震応答解析」に示す。

5.2.1 第3号機補機冷却海水系放水ピットの地盤応答解析方法

第3号機補機冷却海水系放水ピットの地震応答解析は添付書類「VI-2-1-6 地震応答解析の基本方針」のうち、「2.3 屋外重要土木構造物」に示す解析方法及び解析モデルを踏まえて設定する。地震応答解析は、構造物と地盤の相互作用を考慮できる二次元動的有限要素法により、基準地震動 S_s に基づき設定した水平地震動と鉛直地震動の同時加振による逐次時間積分の時刻歴応答解析（全応力解析）により行う。

構造部材については、線形はり要素と平面応力要素を用いる。

5.2.2 第3号機補機冷却海水系放水ピットの解析断面

第3号機補機冷却海水系放水ピットの解析断面は、図5-10に示すとおりNS断面及びEW断面の2断面とする。

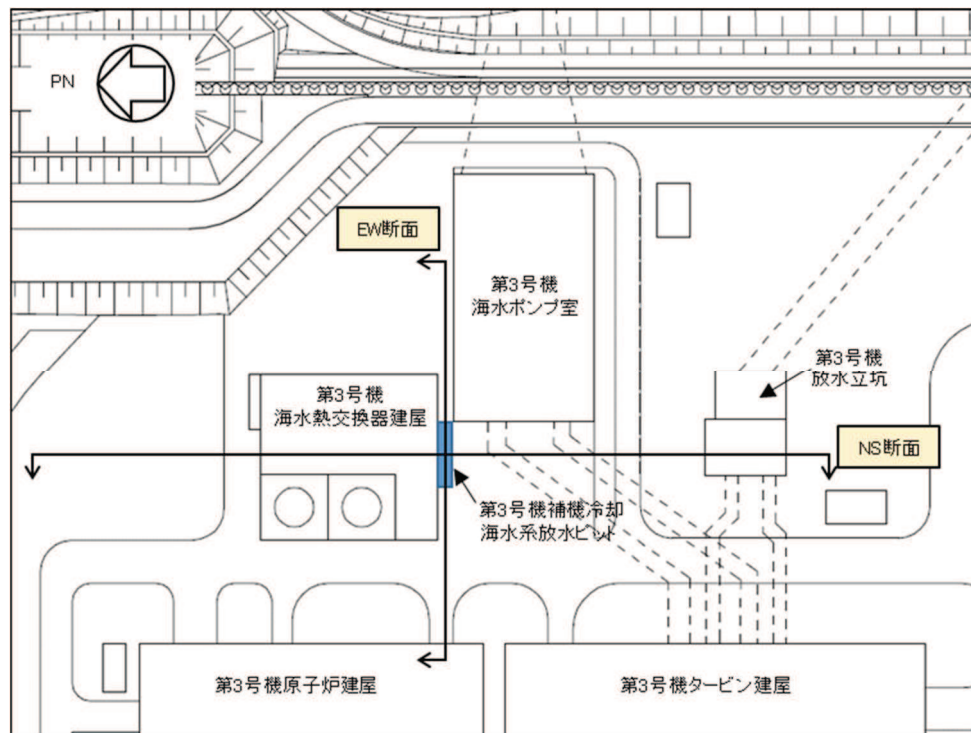


図5-10 第3号機補機冷却海水系放水ピットの解析断面（断面位置図）（1/3）

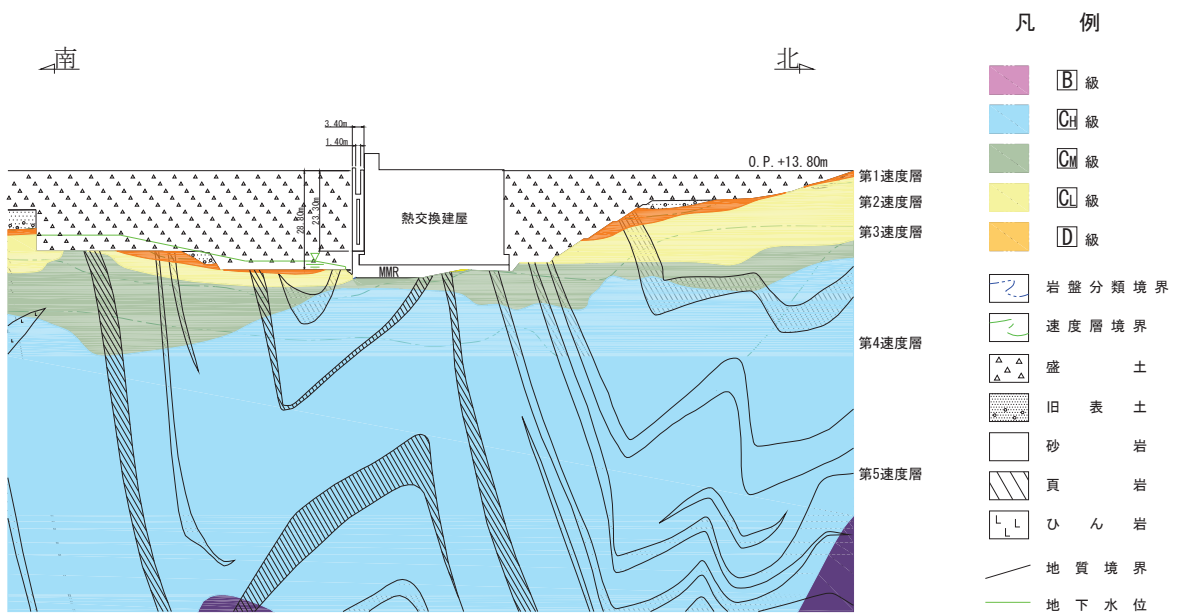


図5-10 第3号機補機冷却海水系放水ピットの解析断面図 (NS断面) (2/3)

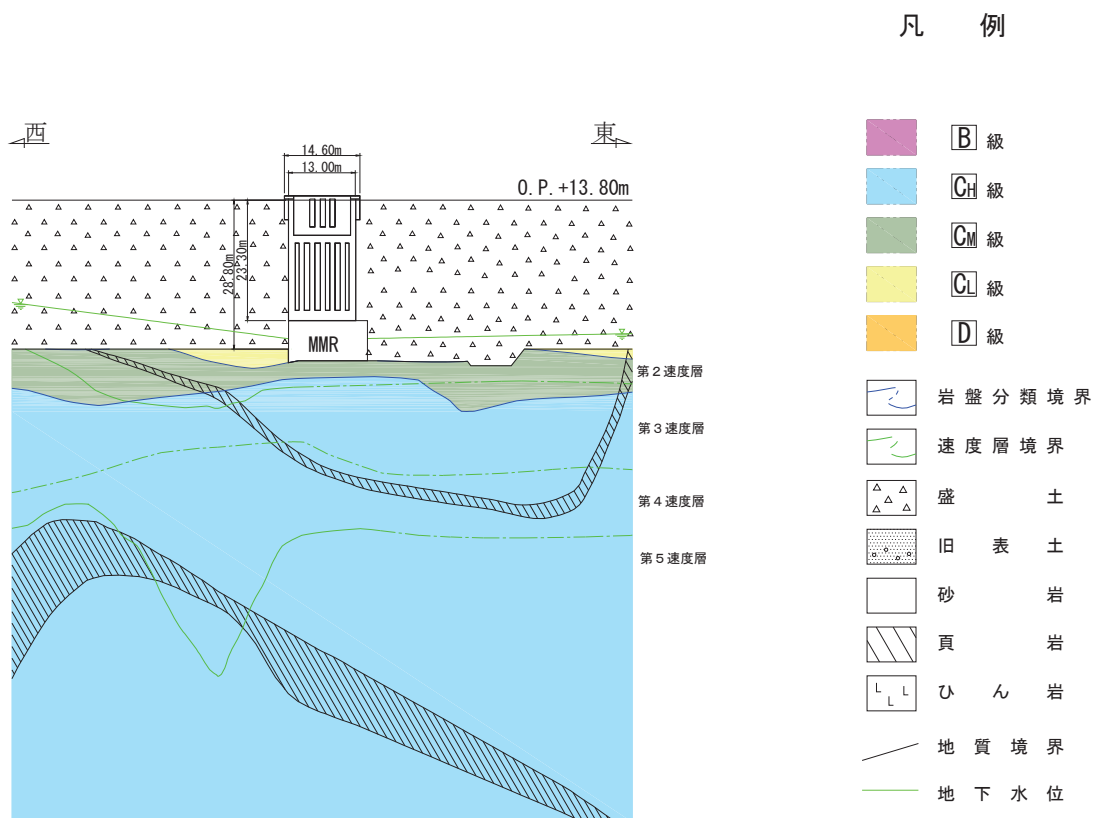


図5-10 第3号機補機冷却海水系放水ピットの解析断面図 (EW断面) (3/3)

5.2.3 許容限界

止水ジョイント部材の変形量の許容限界は、漏水試験及び変形試験により、有意な漏えいが生じないことを確認した変形量とする。表 5-9 に止水ジョイント部材の仕様を表 5-10 に変形量の許容限界を示す。

なお、止水ジョイント部材が地震時及び津波時による変位に対し有意な漏えいを生じない変形に留まること、津波による波圧と余震による変位に対し止水ジョイント部材から有意な漏えいが生じないことを性能確認試験により確認している。また、長期的な耐久性に関しては、耐候性試験により確認している。

表 5-9 止水ジョイント部材の仕様

種別	名称	主成分
M型ゴム	ME300	クロロプレンゴム

表 5-10 止水ジョイント部材の変形量の許容限界

	許容限界 (mm)	
	開き方向	せん断方向
変形量	550	550

5.2.4 計算方法

止水ジョイント部材の地震時の評価について、NS 方向及び EW 方向ともに、地震荷重による最大相対変位量が許容限界以下であることを確認する。

変形性評価の評価対象部位について図 5-11 に示す。

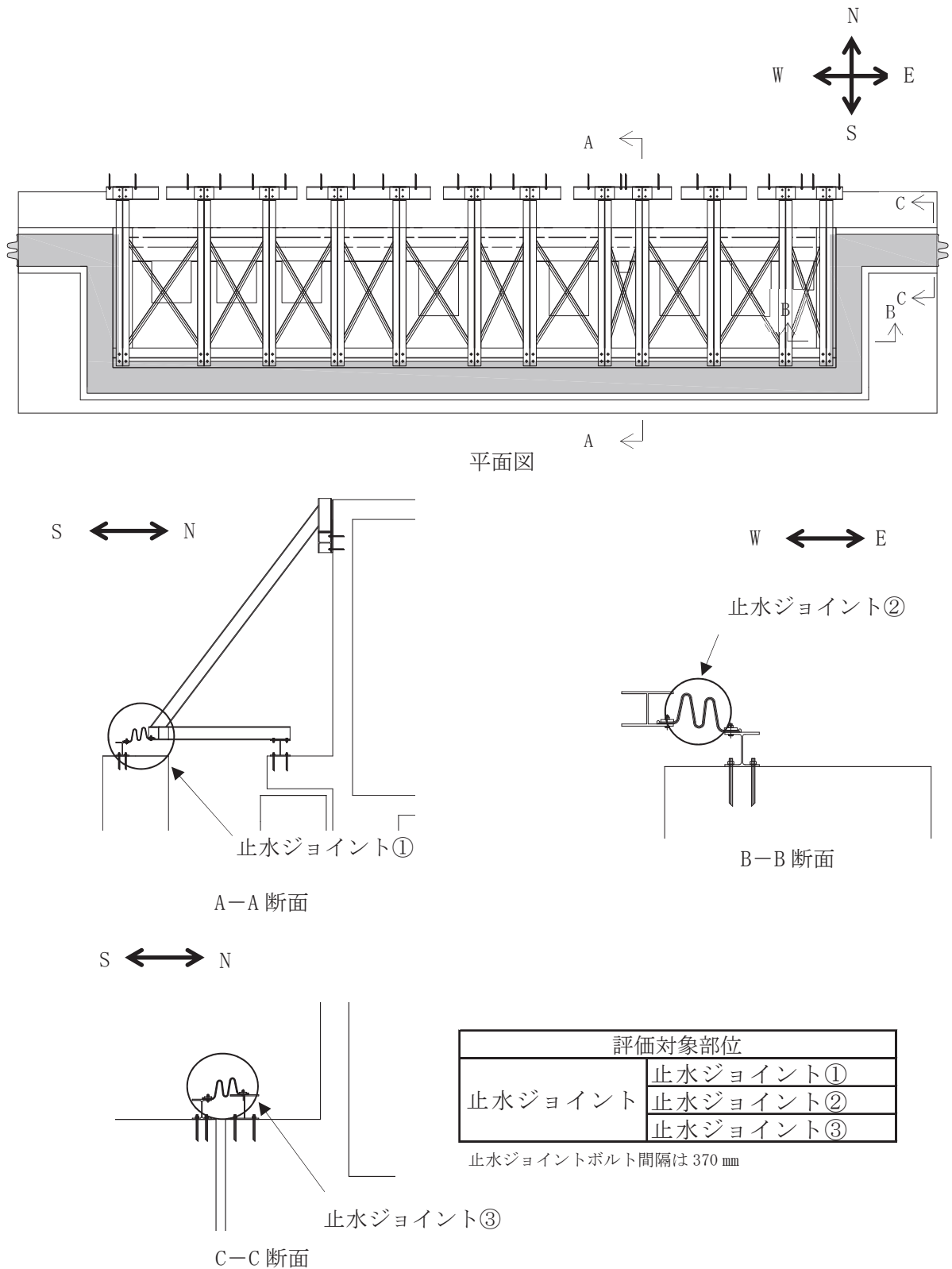


図 5-11 変形性評価の評価対象部位

(1) 止水ジョイント①

a. 止水ジョイント部材の開き方向の評価用変形量 d_n

$$d_n = |d_{b_{NS}}| + |d_{p_{NS}}|$$

- ここで、
- d_n : 止水ジョイント部材の評価用変形量(開き方向) (mm)
 - $d_{b_{NS}}$: 第3号機海水熱交換器建屋の地震時最大応答変位
(NS方向) (mm)
 - $d_{p_{NS}}$: 第3号機補機冷却海水系放水ピットの地震時最大応答変位
(NS方向) (mm)

b. 止水ジョイント部材のせん断方向の評価用変形量 d_s

$$d_s = |d_{b_{EW}}| + |d_{p_{EW}}|$$

- ここで、
- d_s : 止水ジョイント部材の評価用変形量(せん断方向) (mm)
 - $d_{b_{EW}}$: 第3号機海水熱交換器建屋の地震時最大応答変位
(EW方向) (mm)
 - $d_{p_{EW}}$: 第3号機補機冷却海水系放水ピットの地震時最大応答変位
(EW方向) (mm)

(2) 止水ジョイント②

a. 止水ジョイント部材の開き方向の評価用変形量 d_n

$$d_n = |d_{b_{EW}}| + |d_{p_{EW}}|$$

- ここで、
- d_n : 止水ジョイント部材の評価用変形量(開き方向) (mm)
 - $d_{b_{EW}}$: 第3号機海水熱交換器建屋の地震時最大応答変位
(EW方向) (mm)
 - $d_{p_{EW}}$: 第3号機補機冷却海水系放水ピットの地震時最大応答変位
(EW方向) (mm)

b. 止水ジョイント部材のせん断方向の評価用変形量 d_s

$$d_s = |d_{b_{NS}}| + |d_{p_{NS}}|$$

- ここで、
- d_s : 止水ジョイント部材の評価用変形量(せん断方向) (mm)
 - $d_{b_{NS}}$: 第3号機海水熱交換器建屋の地震時最大応答変位
(NS方向) (mm)
 - $d_{p_{NS}}$: 第3号機補機冷却海水系放水ピットの地震時最大応答変位
(NS方向) (mm)

(3) 止水ジョイント③

- a. 止水ジョイント部材の開き方向の評価用変形量 d_n

$$d_n = |d_{b_{NS}}| + |d_{p_{NS}}|$$

- ここで、 d_n : 止水ジョイント部材の評価用変形量(開き方向) (mm)
 $d_{b_{NS}}$: 第3号機海水熱交換器建屋の地震時最大応答変位
(NS方向) (mm)
 $d_{p_{NS}}$: 第3号機補機冷却海水系放水ピットの地震時最大応答変位
(NS方向) (mm)

- b. 止水ジョイント部材のせん断方向の評価用変形量 d_s

$$d_s = |d_{b_{EW}}| + |d_{p_{EW}}|$$

- ここで、 d_s : 止水ジョイント部材の評価用変形量(せん断方向) (mm)
 $d_{b_{EW}}$: 第3号機海水熱交換器建屋の地震時最大応答変位
(EW方向) (mm)
 $d_{p_{EW}}$: 第3号機補機冷却海水系放水ピットの地震時最大応答
(EW方向) (mm)

6. 評価結果

浸水防止蓋の応力評価結果を表 6-1～表 6-13 に変形性評価結果を表 6-14, 表 6-15 に示す。全ての部材において発生応力, 応力度及び変形量が許容限界以下であることを確認した。

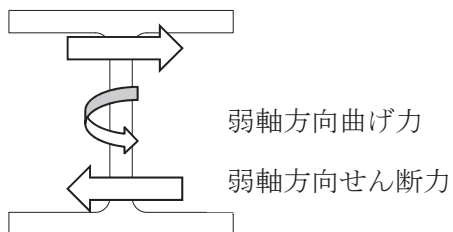
表 6-1 応力評価結果 (浸水防止蓋)

評価対象部位		発生値 (応力度又は荷重)		許容限界		検定値
浸水防止蓋 (スキンプレート)	曲げ	11	N/mm ²	205	N/mm ²	0.06 < 1.0
	せん断	1	N/mm ²	118	N/mm ²	0.01 < 1.0
	組合せ	12	N/mm ²	205	N/mm ²	0.06 < 1.0

表 6-2 応力評価結果 (鋼製ブラケット 弱軸方向)

評価対象部位		発生値 (*弱軸方向) (応力度又は荷重)		許容限界		検定値
主桁①	曲げ	39	N/mm ²	205	N/mm ²	0.20 < 1.0
	せん断	2	N/mm ²	118	N/mm ²	0.02 < 1.0
	組合せ	40	N/mm ²	205	N/mm ²	0.20 < 1.0
主桁②	曲げ	41	N/mm ²	205	N/mm ²	0.20 < 1.0
	せん断	3	N/mm ²	118	N/mm ²	0.03 < 1.0
	組合せ	42	N/mm ²	205	N/mm ²	0.21 < 1.0
斜材	曲げ	19	N/mm ²	205	N/mm ²	0.10 < 1.0
	せん断	1	N/mm ²	118	N/mm ²	0.01 < 1.0
	組合せ	20	N/mm ²	205	N/mm ²	0.10 < 1.0
横桁	曲げ	27	N/mm ²	205	N/mm ²	0.14 < 1.0
	せん断	3	N/mm ²	118	N/mm ²	0.03 < 1.0
	組合せ	28	N/mm ²	205	N/mm ²	0.14 < 1.0
ブレース材	軸力	5	N/mm ²	205	N/mm ²	0.03 < 1.0
縦桁	曲げ	15	N/mm ²	205	N/mm ²	0.08 < 1.0
	せん断	1	N/mm ²	118	N/mm ²	0.01 < 1.0
	組合せ	16	N/mm ²	205	N/mm ²	0.08 < 1.0

* H鋼の弱軸について



ブレース材には等辺山形鋼を用いているため強軸、弱軸はなく断面剛性は一様

表 6-3 曲げおよび軸力に関する応力評価結果（鋼製ブラケット 弱軸方向）（1/2）

ケースNo.	解析ケース	評価部材	曲げ モーメント (kN・m)	軸力 (kN)	発生 応力度 $\sigma's$ (N/mm ²)	短期 許容応力度 $\sigma'sa$ (N/mm ²)	照査値 $\sigma's/\sigma'sa$
1	地震時NS+1.0_UD+0.4	主桁①	0.075	20.024	3	205	0.02
		主桁②	0.316	17.245	2	205	0.01
		斜材	0.014	2.326	1	205	0.01
		横桁	0.462	0.293	1	205	0.01
		ブレース	-	0.142	1	205	0.01
		縦桁	0.009	2.038	1	205	0.01
2	地震時NS+1.0_UD-0.4	主桁①	0.085	23.257	3	205	0.02
		主桁②	0.326	19.903	2	205	0.01
		斜材	0.068	6.613	2	205	0.01
		横桁	0.464	0.423	1	205	0.01
		ブレース	-	0.484	1	205	0.01
		縦桁	0.044	9.245	2	205	0.01
3	地震時NS-1.0_UD+0.4	主桁①	0.065	16.887	2	205	0.01
		主桁②	0.306	14.672	2	205	0.01
		斜材	0.038	6.913	2	205	0.01
		横桁	0.461	0.188	1	205	0.01
		ブレース	-	0.451	1	205	0.01
		縦桁	0.025	4.940	1	205	0.01
4	地震時NS-1.0_UD-0.4	主桁①	0.054	13.660	2	205	0.01
		主桁②	0.296	12.014	2	205	0.01
		斜材	0.093	13.345	3	205	0.02
		横桁	0.485	0.083	1	205	0.01
		ブレース	-	0.896	2	205	0.01
		縦桁	0.061	12.155	3	205	0.02
5	地震時NS+0.4_UD+1.0	主桁①	0.025	6.522	1	205	0.01
		主桁②	0.122	5.678	1	205	0.01
		斜材	0.019	3.241	1	205	0.01
		横桁	0.184	0.067	1	205	0.01
		ブレース	-	0.213	1	205	0.01
		縦桁	0.012	2.510	1	205	0.01
6	地震時NS+0.4_UD-1.0	主桁①	0.052	14.607	2	205	0.01
		主桁②	0.153	12.321	2	205	0.01
		斜材	0.116	12.859	3	205	0.02
		横桁	0.213	0.429	1	205	0.01
		ブレース	-	0.919	2	205	0.01
		縦桁	0.076	15.525	3	205	0.02
7	地震時NS-0.4_UD+1.0	主桁①	0.031	8.240	1	205	0.01
		主桁②	0.127	7.085	1	205	0.01
		斜材	0.009	1.291	1	205	0.01
		横桁	0.185	0.129	1	205	0.01
		ブレース	-	0.085	1	205	0.01
		縦桁	0.006	1.437	1	205	0.01
8	地震時NS-0.4_UD-1.0	主桁①	0.021	4.442	1	205	0.01
		主桁②	0.102	3.263	1	205	0.01
		斜材	0.126	15.894	4	205	0.02
		横桁	0.254	0.279	1	205	0.01
		ブレース	-	1.100	2	205	0.01
		縦桁	0.082	16.689	4	205	0.02

表 6-3 曲げおよび軸力に関する応力評価結果（鋼製ブラケット 弱軸方向）（2/2）

ケースNo.	解析ケース	評価部材	曲げ モーメント (kN・m)	軸力 (kN)	発生 応力度 $\sigma's$ (N/mm ²)	短期 許容応力度 $\sigma'sa$ (N/mm ²)	照査値 $\sigma's/\sigma'sa$
9	地震時EW+1.0_UD+0.4	主桁①	9.555	22.272	38	205	0.19
		主桁②	23.205	31.599	41	205	0.20
		斜材	2.622	4.073	18	205	0.09
		横桁	15.247	14.312	27	205	0.14
		ブレース	-	2.568	5	205	0.03
		縦桁	1.973	3.604	13	205	0.07
10	地震時EW+1.0_UD-0.4	主桁①	9.554	19.643	38	205	0.19
		主桁②	23.218	33.809	41	205	0.20
		斜材	2.653	9.698	19	205	0.10
		横桁	15.293	14.400	27	205	0.14
		ブレース	-	2.882	5	205	0.03
		縦桁	1.981	10.531	15	205	0.08
11	地震時EW-1.0_UD+0.4	主桁①	9.556	24.801	38	205	0.19
		主桁②	23.193	29.466	41	205	0.20
		斜材	2.585	4.540	17	205	0.09
		横桁	15.203	14.226	27	205	0.14
		ブレース	-	2.296	4	205	0.02
		縦桁	1.975	3.837	13	205	0.07
12	地震時EW-1.0_UD-0.4	主桁①	9.555	27.367	39	205	0.20
		主桁②	23.180	27.240	41	205	0.20
		斜材	2.544	10.110	18	205	0.09
		横桁	15.160	14.143	27	205	0.14
		ブレース	-	2.284	4	205	0.02
		縦桁	1.977	11.047	15	205	0.08
13	地震時EW+0.4_UD+1.0	主桁①	3.822	10.092	16	205	0.08
		主桁②	9.277	11.627	17	205	0.09
		斜材	1.028	2.092	7	205	0.04
		横桁	6.078	5.685	11	205	0.06
		ブレース	-	0.910	2	205	0.01
		縦桁	0.790	2.213	6	205	0.03
14	地震時EW+0.4_UD-1.0	主桁①	3.822	11.967	16	205	0.08
		主桁②	9.308	17.154	17	205	0.09
		斜材	1.122	14.264	10	205	0.05
		横桁	6.191	5.902	11	205	0.06
		ブレース	-	1.625	3	205	0.02
		縦桁	0.806	15.968	8	205	0.04
15	地震時EW-0.4_UD+1.0	主桁①	3.822	8.706	16	205	0.08
		主桁②	9.283	12.793	17	205	0.09
		斜材	1.050	1.852	7	205	0.04
		横桁	6.103	5.733	11	205	0.06
		ブレース	-	1.057	2	205	0.01
		縦桁	0.789	1.995	6	205	0.03
16	地震時EW-0.4_UD-1.0	主桁①	3.822	15.215	16	205	0.08
		主桁②	9.251	12.432	17	205	0.09
		斜材	0.990	14.553	9	205	0.05
		横桁	5.990	5.515	11	205	0.06
		ブレース	-	1.589	3	205	0.02
		縦桁	0.796	16.246	8	205	0.04
最大値		主桁①	9.555	27.367	39	205	0.20
		主桁②	23.205	31.599	41	205	0.20
		斜材	2.653	9.698	19	205	0.10
		横桁	15.247	14.312	27	205	0.14
		ブレース	-	2.568	5	205	0.03
		縦桁	1.981	10.531	15	205	0.08

表 6-4 セン断に関する応力評価結果 (鋼製ブラケット 弱軸方向) (1/2)

ケースNo.	解析ケース	評価部材	せん断力 (kN)	発生 応力度 τ (N/mm ²)	短期 許容応力度 τ_a (N/mm ²)	照査値 τ / τ_a
1	地震時NS+1.0_UD+0.4	主桁①	0.061	1	118	0.01
		主桁②	0.283	1	118	0.01
		斜材	0.018	1	118	0.01
		横桁	2.504	1	118	0.01
		縦桁	0.018	1	118	0.01
2	地震時NS+1.0_UD-0.4	主桁①	0.069	1	118	0.01
		主桁②	0.290	1	118	0.01
		斜材	0.110	1	118	0.01
		横桁	2.539	1	118	0.01
		縦桁	0.089	1	118	0.01
3	地震時NS-1.0_UD+0.4	主桁①	0.053	1	118	0.01
		主桁②	0.276	1	118	0.01
		斜材	0.087	1	118	0.01
		横桁	2.559	1	118	0.01
		縦桁	0.050	1	118	0.01
4	地震時NS-1.0_UD-0.4	主桁①	0.045	1	118	0.01
		主桁②	0.269	1	118	0.01
		斜材	0.187	1	118	0.01
		横桁	2.615	1	118	0.01
		縦桁	0.122	1	118	0.01
5	地震時NS+0.4_UD+1.0	主桁①	0.021	1	118	0.01
		主桁②	0.110	1	118	0.01
		斜材	0.043	1	118	0.01
		横桁	1.028	1	118	0.01
		縦桁	0.025	1	118	0.01
6	地震時NS+0.4_UD-1.0	主桁①	0.041	1	118	0.01
		主桁②	0.127	1	118	0.01
		斜材	0.208	1	118	0.01
		横桁	1.108	1	118	0.01
		縦桁	0.152	1	118	0.01
7	地震時NS-0.4_UD+1.0	主桁①	0.025	1	118	0.01
		主桁②	0.113	1	118	0.01
		斜材	0.016	1	118	0.01
		横桁	0.998	1	118	0.01
		縦桁	0.011	1	118	0.01
8	地震時NS-0.4_UD-1.0	主桁①	0.018	1	118	0.01
		主桁②	0.096	1	118	0.01
		斜材	0.239	1	118	0.01
		横桁	1.138	1	118	0.01
		縦桁	0.165	1	118	0.01

表 6-4 せん断に関する応力評価結果 (鋼製ブラケット 弱軸方向) (2/2)

ケースNo.	解析ケース	評価部材	せん断力 (kN)	発生 応力度 τ (N/mm ²)	短期 許容応力度 τ_a (N/mm ²)	照査値 τ / τ_a
9	地震時EW+1.0_UD+0.4	主桁①	13.462	2	118	0.02
		主桁②	25.122	3	118	0.03
		斜材	3.036	1	118	0.01
		横桁	28.873	3	118	0.03
		縦桁	6.006	1	118	0.01
10	地震時EW+1.0_UD-0.4	主桁①	13.460	2	118	0.02
		主桁②	25.148	3	118	0.03
		斜材	3.117	1	118	0.01
		横桁	29.018	3	118	0.03
11	地震時EW-1.0_UD+0.4	主桁①	13.463	2	118	0.02
		主桁②	25.099	3	118	0.03
		斜材	3.059	1	118	0.01
		横桁	28.734	3	118	0.03
12	地震時EW-1.0_UD-0.4	主桁①	13.464	2	118	0.02
		主桁②	25.075	3	118	0.03
		斜材	3.117	1	118	0.01
		横桁	28.609	3	118	0.03
13	地震時EW+0.4_UD+1.0	主桁①	5.385	1	118	0.01
		主桁②	10.039	1	118	0.01
		斜材	1.228	1	118	0.01
		横桁	11.488	1	118	0.01
14	地震時EW+0.4_UD-1.0	主桁①	5.382	1	118	0.01
		主桁②	10.099	1	118	0.01
		斜材	1.411	1	118	0.01
		横桁	11.833	1	118	0.01
15	地震時EW-0.4_UD+1.0	主桁①	5.384	1	118	0.01
		主桁②	10.051	1	118	0.01
		斜材	1.215	1	118	0.01
		横桁	11.565	1	118	0.01
16	地震時EW-0.4_UD-1.0	主桁①	5.388	1	118	0.01
		主桁②	9.990	1	118	0.01
		斜材	1.349	1	118	0.01
		横桁	11.218	1	118	0.01
最大値		縦桁	2.364	1	118	0.01
		主桁①	13.464	2	118	0.02
		主桁②	25.148	3	118	0.03
		斜材	3.117	1	118	0.01
		横桁	29.018	3	118	0.03
		縦桁	6.027	1	118	0.01

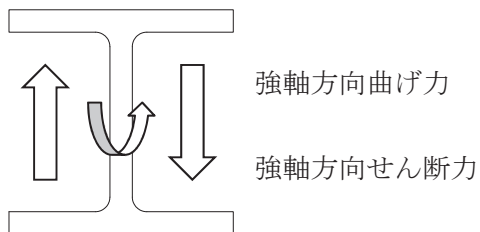
表 6-5 組合せ応力に関する応力評価結果（鋼製ブラケット 弱軸方向）

	評価部材	発生 応力度 σ', s (N/mm ²)	発生 応力度 τ (N/mm ²)	組合せ 応力度 σ', s (N/mm ²)	短期 許容応力度 σ', sa (N/mm ²)	照査値 $\sigma', s / \sigma', sa$
最大値	主桁①	39	2	40	205	0.20
	主桁②	41	3	42	205	0.21
	斜材	19	1	20	205	0.10
	横桁	27	3	28	205	0.14
	縦桁	15	1	16	205	0.08

表 6-6 応力評価結果 (鋼製ブラケット 強軸方向)

評価対象部位		発生値 (*強軸方向) (応力度又は荷重)		許容限界		検定値
主桁①	曲げ	8	N/mm ²	205	N/mm ²	0.04 < 1.0
	せん断	3	N/mm ²	118	N/mm ²	0.03 < 1.0
	組合せ	10	N/mm ²	205	N/mm ²	0.05 < 1.0
主桁②	曲げ	7	N/mm ²	205	N/mm ²	0.04 < 1.0
	せん断	3	N/mm ²	118	N/mm ²	0.03 < 1.0
	組合せ	9	N/mm ²	205	N/mm ²	0.05 < 1.0
斜材	曲げ	7	N/mm ²	205	N/mm ²	0.04 < 1.0
	せん断	3	N/mm ²	118	N/mm ²	0.03 < 1.0
	組合せ	9	N/mm ²	205	N/mm ²	0.05 < 1.0
横桁	曲げ	4	N/mm ²	205	N/mm ²	0.02 < 1.0
	せん断	2	N/mm ²	118	N/mm ²	0.02 < 1.0
	組合せ	6	N/mm ²	205	N/mm ²	0.03 < 1.0
ブレース材	軸力	5	N/mm ²	205	N/mm ²	0.03 < 1.0
縦桁	曲げ	14	N/mm ²	205	N/mm ²	0.07 < 1.0
	せん断	10	N/mm ²	118	N/mm ²	0.09 < 1.0
	組合せ	23	N/mm ²	205	N/mm ²	0.12 < 1.0

注記* : H鋼の強軸について



ブレース材には等辺山形鋼を用いているため強軸、弱軸はなく断面剛性は一様

表 6-7 曲げおよび軸力に関する応力評価結果（鋼製ブラケット 強軸方向）（1/2）

ケースNo.	解析ケース	評価部材	曲げ モーメント (kN・m)	軸力 (kN)	発生 応力度 $\sigma's$ (N/mm ²)	短期 許容応力度 $\sigma'sa$ (N/mm ²)	照査値 $\sigma's/\sigma'sa$
1	地震時NS+1.0_UD+0.4	主桁①	1.935	20.024	5	205	0.03
		主桁②	1.935	17.245	3	205	0.02
		斜材	2.149	2.326	5	205	0.03
		横桁	0.190	0.293	1	205	0.01
		ブレース	-	0.142	1	205	0.01
		縦桁	2.149	2.038	5	205	0.03
2	地震時NS+1.0_UD-0.4	主桁①	3.679	23.257	8	205	0.04
		主桁②	3.661	19.903	5	205	0.03
		斜材	2.598	6.613	7	205	0.04
		横桁	0.520	0.423	1	205	0.01
		ブレース	-	0.484	1	205	0.01
		縦桁	2.623	9.245	8	205	0.04
3	地震時NS-1.0_UD+0.4	主桁①	1.202	16.887	4	205	0.02
		主桁②	1.235	14.672	3	205	0.02
		斜材	1.768	6.913	5	205	0.03
		横桁	0.127	0.188	1	205	0.01
		ブレース	-	0.451	1	205	0.01
		縦桁	2.631	4.940	7	205	0.04
4	地震時NS-1.0_UD-0.4	主桁①	1.905	13.660	4	205	0.02
		主桁②	1.886	12.014	3	205	0.02
		斜材	1.291	13.345	5	205	0.03
		横桁	0.458	0.083	1	205	0.01
		ブレース	-	0.896	2	205	0.01
		縦桁	4.428	12.155	12	205	0.06
5	地震時NS+0.4_UD+1.0	主桁①	0.440	6.522	2	205	0.01
		主桁②	0.457	5.678	1	205	0.01
		斜材	0.653	3.241	2	205	0.01
		横桁	0.074	0.067	1	205	0.01
		ブレース	-	0.213	1	205	0.01
		縦桁	0.991	2.510	3	205	0.02
6	地震時NS+0.4_UD-1.0	主桁①	4.558	14.607	8	205	0.04
		主桁②	4.529	12.321	6	205	0.03
		斜材	1.777	12.859	6	205	0.03
		横桁	0.748	0.429	1	205	0.01
		ブレース	-	0.919	2	205	0.01
		縦桁	4.419	15.525	12	205	0.06
7	地震時NS-0.4_UD+1.0	主桁①	0.777	8.240	2	205	0.01
		主桁②	0.765	7.085	2	205	0.01
		斜材	1.054	1.291	3	205	0.02
		横桁	0.097	0.129	1	205	0.01
		ブレース	-	0.085	1	205	0.01
		縦桁	1.443	1.437	4	205	0.02
8	地震時NS-0.4_UD-1.0	主桁①	3.849	4.442	6	205	0.03
		主桁②	3.819	3.263	4	205	0.02
		斜材	0.519	15.894	4	205	0.02
		横桁	0.724	0.279	1	205	0.01
		ブレース	-	1.100	2	205	0.01
		縦桁	5.362	16.689	14	205	0.07

表 6-7 曲げおよび軸力に関する応力評価結果（鋼製ブラケット 強軸方向）（2/2）

ケースNo.	解析ケース	評価部材	曲げ モーメント (kN・m)	軸力 (kN)	発生 応力度 $\sigma's$ (N/mm ²)	短期 許容応力度 $\sigma'sa$ (N/mm ²)	照査値 $\sigma's/\sigma'sa$
9	地震時EW+1.0_UD+0.4	主桁①	0.921	22.272	4	205	0.02
		主桁②	1.237	31.599	4	205	0.02
		斜材	0.384	4.073	2	205	0.01
		横桁	2.536	14.312	4	205	0.02
		ブレース	-	2.568	5	205	0.03
		縦桁	1.028	3.604	3	205	0.02
10	地震時EW+1.0_UD-0.4	主桁①	2.853	19.643	6	205	0.03
		主桁②	2.794	33.809	5	205	0.03
		斜材	0.744	9.698	4	205	0.02
		横桁	2.507	14.400	4	205	0.02
		ブレース	-	2.882	5	205	0.03
		縦桁	3.287	10.531	9	205	0.05
11	地震時EW-1.0_UD+0.4	主桁①	0.990	24.801	4	205	0.02
		主桁②	1.158	29.466	4	205	0.02
		斜材	0.384	4.540	2	205	0.01
		横桁	2.567	14.226	4	205	0.02
		ブレース	-	2.296	4	205	0.02
		縦桁	1.210	3.837	4	205	0.02
12	地震時EW-1.0_UD-0.4	主桁①	2.857	27.367	7	205	0.04
		主桁②	3.089	27.240	5	205	0.03
		斜材	0.717	10.110	4	205	0.02
		横桁	2.637	14.143	4	205	0.02
		ブレース	-	2.284	4	205	0.02
		縦桁	3.417	11.047	9	205	0.05
13	地震時EW+0.4_UD+1.0	主桁①	0.495	10.092	2	205	0.01
		主桁②	0.581	11.627	2	205	0.01
		斜材	0.207	2.092	1	205	0.01
		横桁	1.038	5.685	2	205	0.01
		ブレース	-	0.910	2	205	0.01
		縦桁	0.234	2.213	1	205	0.01
14	地震時EW+0.4_UD-1.0	主桁①	4.227	11.967	7	205	0.04
		主桁②	4.048	17.154	6	205	0.03
		斜材	1.086	14.264	5	205	0.03
		横桁	1.251	5.902	2	205	0.01
		ブレース	-	1.625	3	205	0.02
		縦桁	4.849	15.968	13	205	0.07
15	地震時EW-0.4_UD+1.0	主桁①	0.485	8.706	2	205	0.01
		主桁②	0.563	12.793	2	205	0.01
		斜材	0.208	1.852	1	205	0.01
		横桁	1.023	5.733	2	205	0.01
		ブレース	-	1.057	2	205	0.01
		縦桁	0.235	1.995	1	205	0.01
16	地震時EW-0.4_UD-1.0	主桁①	4.179	15.215	8	205	0.04
		主桁②	4.301	12.432	5	205	0.03
		斜材	1.076	14.553	5	205	0.03
		横桁	1.144	5.515	2	205	0.01
		ブレース	-	1.589	3	205	0.02
		縦桁	4.938	16.246	14	205	0.07
最大値		主桁①	3.679	23.257	8	205	0.04
		主桁②	4.529	12.321	7	205	0.04
		斜材	2.598	6.613	7	205	0.04
		横桁	1.202	16.887	4	205	0.02
		ブレース	1.935	20.024	5	205	0.03
		縦桁	5.362	16.689	14	205	0.07

表 6-8 せん断に関する応力評価結果 (鋼製ブラケット 強軸方向) (1/2)

ケースNo.	解析ケース	評価部材	せん断力 (kN)	発生 応力度 τ (N/mm ²)	短期 許容応力度 τ_a (N/mm ²)	照査値 τ / τ_a
1	地震時NS+1.0_UD+0.4	主桁①	3.123	1	118	0.01
		主桁②	3.075	1	118	0.01
		斜材	2.969	3	118	0.03
		横桁	0.572	1	118	0.01
		縦桁	6.686	5	118	0.05
2	地震時NS+1.0_UD-0.4	主桁①	6.839	3	118	0.03
		主桁②	6.650	3	118	0.03
		斜材	3.794	3	118	0.03
		横桁	1.616	1	118	0.01
		縦桁	3.414	3	118	0.03
3	地震時NS-1.0_UD+0.4	主桁①	1.727	1	118	0.01
		主桁②	1.564	1	118	0.01
		斜材	2.234	2	118	0.02
		横桁	0.613	1	118	0.01
		縦桁	10.665	8	118	0.07
4	地震時NS-1.0_UD-0.4	主桁①	4.192	2	118	0.02
		主桁②	3.963	2	118	0.02
		斜材	1.447	2	118	0.02
		横桁	1.723	1	118	0.01
		縦桁	13.128	10	118	0.09
5	地震時NS+0.4_UD+1.0	主桁①	0.765	1	118	0.01
		主桁②	0.679	1	118	0.01
		斜材	0.830	1	118	0.01
		横桁	0.326	1	118	0.01
		縦桁	4.050	3	118	0.03
6	地震時NS+0.4_UD-1.0	主桁①	8.832	3	118	0.03
		主桁②	8.525	3	118	0.03
		斜材	2.893	3	118	0.03
		横桁	2.459	1	118	0.01
		縦桁	5.501	4	118	0.04
7	地震時NS-0.4_UD+1.0	主桁①	1.435	1	118	0.01
		主桁②	1.403	1	118	0.01
		斜材	1.300	1	118	0.01
		横桁	0.299	1	118	0.01
		縦桁	5.641	5	118	0.05
8	地震時NS-0.4_UD-1.0	主桁①	7.773	3	118	0.03
		主桁②	7.450	3	118	0.03
		斜材	0.855	1	118	0.01
		横桁	2.516	1	118	0.01
		縦桁	10.620	8	118	0.07

表 6-8 せん断に関する応力評価結果（鋼製ブラケット 強軸方向）（2/2）

ケースNo.	解析ケース	評価部材	せん断力 (kN)	発生 応力度 τ (N/mm ²)	短期 許容応力度 τ_a (N/mm ²)	照査値 τ / τ_a
9	地震時EW+1.0_UD+0.4	主桁①	1.778	1	118	0.01
		主桁②	1.811	1	118	0.01
		斜材	0.432	1	118	0.01
		横桁	3.739	2	118	0.02
		縦桁	1.578	2	118	0.02
10	地震時EW+1.0_UD-0.4	主桁①	5.551	2	118	0.02
		主桁②	5.042	2	118	0.02
		斜材	1.248	1	118	0.01
		横桁	4.596	2	118	0.02
		縦桁	4.953	4	118	0.04
11	地震時EW-1.0_UD+0.4	主桁①	1.864	1	118	0.01
		主桁②	1.932	1	118	0.01
		斜材	0.426	1	118	0.01
		横桁	3.798	2	118	0.02
		縦桁	1.889	2	118	0.02
12	地震時EW-1.0_UD-0.4	主桁①	5.540	2	118	0.02
		主桁②	5.570	2	118	0.02
		斜材	1.253	1	118	0.01
		横桁	4.808	2	118	0.02
		縦桁	5.201	4	118	0.04
13	地震時EW+0.4_UD+1.0	主桁①	0.972	1	118	0.01
		主桁②	1.016	1	118	0.01
		斜材	0.234	1	118	0.01
		横桁	1.620	1	118	0.01
		縦桁	0.822	1	118	0.01
14	地震時EW+0.4_UD-1.0	主桁①	8.317	3	118	0.03
		主桁②	7.882	3	118	0.03
		斜材	1.875	2	118	0.02
		横桁	3.486	2	118	0.02
		縦桁	7.250	6	118	0.06
15	地震時EW-0.4_UD+1.0	主桁①	0.960	1	118	0.01
		主桁②	0.895	1	118	0.01
		斜材	0.237	1	118	0.01
		横桁	1.583	1	118	0.01
		縦桁	0.826	1	118	0.01
16	地震時EW-0.4_UD-1.0	主桁①	8.289	3	118	0.03
		主桁②	8.093	3	118	0.03
		斜材	1.876	2	118	0.02
		横桁	3.473	2	118	0.02
		縦桁	7.421	6	118	0.06
最大値		主桁①	8.832	3	118	0.03
		主桁②	8.525	3	118	0.03
		斜材	3.794	3	118	0.03
		横桁	4.808	2	118	0.02
		縦桁	13.128	10	118	0.09

表 6-9 組合せ応力に関する応力評価結果（鋼製ブラケット 強軸方向）

	評価部材	発生 応力度 σ'_s (N/mm ²)	発生 応力度 τ (N/mm ²)	組合せ 応力度 σ'_s (N/mm ²)	短期 許容応力度 σ'_{sa} (N/mm ²)	照査値 σ'_s / σ'_{sa}
最大値	主桁①	8	3	10	205	0.05
	主桁②	7	3	9	205	0.05
	斜材	7	3	9	205	0.05
	横桁	4	2	6	205	0.03
	縦桁	14	10	23	205	0.12

表 6-10 応力評価結果 固定ボルト

評価対象部位		発生値 (応力度又は荷重)		許容限界		検定値
固定ボルト①	引張	16.7	kN	50.2	kN	0.34 < 1.0
	せん断	4.2	kN	35.1	kN	0.12 < 1.0
	組合せ	-		-		0.13 < 1.0
固定ボルト②	引張	6.0	kN	37.8	kN	0.16 < 1.0
	せん断	4.3	kN	18.4	kN	0.24 < 1.0
	組合せ	-		-		0.08 < 1.0

表 6-11 固定ボルトに関する評価結果（引張）（1/2）

ケースNo.	解析ケース	固定ボルト①（上部）					
		発生作用力 引張			許容限界 引張 Tda	照査値 Td/Tda	検定値
		Rn/本	Rm/本	Td			
1	地震時NS+1.0_UD+0.4	-	0.30	0.3	50.2	0.01	1.0
2	地震時NS+1.0_UD-0.4	-	5.36	5.4	50.2	0.11	1.0
3	地震時NS-1.0_UD+0.4	2.67	6.58	9.3	50.2	0.19	1.0
4	地震時NS-1.0_UD-0.4	3.29	11.07	14.4	50.2	0.29	1.0
5	地震時NS+0.4_UD+1.0	-	2.48	2.5	50.2	0.05	1.0
6	地震時NS+0.4_UD-1.0	1.03	11.05	12.1	50.2	0.25	1.0
7	地震時NS-0.4_UD+1.0	1.42	3.61	5.1	50.2	0.11	1.0
8	地震時NS-0.4_UD-1.0	2.66	13.41	16.1	50.2	0.33	1.0
9	地震時EW+1.0_UD+0.4	0.40	2.57	3.0	50.2	0.06	1.0
10	地震時EW+1.0_UD-0.4	1.24	8.22	9.5	50.2	0.19	1.0
11	地震時EW-1.0_UD+0.4	0.48	3.03	3.6	50.2	0.08	1.0
12	地震時EW-1.0_UD-0.4	1.31	8.55	9.9	50.2	0.20	1.0
13	地震時EW+0.4_UD+1.0	0.21	0.59	0.8	50.2	0.02	1.0
14	地震時EW+0.4_UD-1.0	1.82	12.13	14.0	50.2	0.28	1.0
15	地震時EW-0.4_UD+1.0	0.21	0.59	0.8	50.2	0.02	1.0
16	地震時EW-0.4_UD-1.0	1.86	12.35	14.3	50.2	0.29	1.0
	最大値	3.29	13.41	16.7	50.2	0.34	1.0

表 6-11 固定ボルトに関する評価結果（引張）（2/2）

ケースNo.	解析ケース	固定ボルト②（下部）					
		発生作用力 引張			許容限界 引張 Tda	照査値 Td/Tda	検定値
		Rn/本	Rm/本	Td			
1	地震時NS+1.0_UD+0.4	-	2.25	2.3	37.8	0.07	1.0
2	地震時NS+1.0_UD-0.4	-	4.60	4.6	37.8	0.13	1.0
3	地震時NS-1.0_UD+0.4	-	0.11	0.2	37.8	0.01	1.0
4	地震時NS-1.0_UD-0.4	-	2.39	2.4	37.8	0.07	1.0
5	地震時NS+0.4_UD+1.0	0.11	0.18	0.3	37.8	0.01	1.0
6	地震時NS+0.4_UD-1.0	-	5.70	5.7	37.8	0.16	1.0
7	地震時NS-0.4_UD+1.0	0.23	0.98	1.3	37.8	0.04	1.0
8	地震時NS-0.4_UD-1.0	-	4.82	4.9	37.8	0.13	1.0
9	地震時EW+1.0_UD+0.4	-	1.55	1.6	37.8	0.05	1.0
10	地震時EW+1.0_UD-0.4	-	3.57	3.6	37.8	0.10	1.0
11	地震時EW-1.0_UD+0.4	-	1.45	1.5	37.8	0.04	1.0
12	地震時EW-1.0_UD-0.4	-	3.87	3.9	37.8	0.11	1.0
13	地震時EW+0.4_UD+1.0	0.18	0.73	1.0	37.8	0.03	1.0
14	地震時EW+0.4_UD-1.0	-	5.29	5.3	37.8	0.15	1.0
15	地震時EW-0.4_UD+1.0	0.18	0.71	0.9	37.8	0.03	1.0
16	地震時EW-0.4_UD-1.0	-	5.38	5.4	37.8	0.15	1.0
	最大値	0.23	5.70	6.0	37.8	0.16	1.0

表 6-12 固定ボルトに関する評価結果（せん断）（1/2）

ケースNo.	解析ケース	固定ボルト①（上部）			
		発生作用力 せん断 q	許容限界 せん断 qa	照査値 q/qa	検定値
1	地震時NS+1.0 UD+0.4	0.6	35.1	0.02	1.0
2	地震時NS+1.0 UD-0.4	2.4	35.1	0.07	1.0
3	地震時NS-1.0 UD+0.4	1.3	35.1	0.04	1.0
4	地震時NS-1.0 UD-0.4	3.1	35.1	0.09	1.0
5	地震時NS+0.4 UD+1.0	0.7	35.1	0.02	1.0
6	地震時NS+0.4 UD-1.0	3.9	35.1	0.12	1.0
7	地震時NS-0.4 UD+1.0	0.4	35.1	0.02	1.0
8	地震時NS-0.4 UD-1.0	4.2	35.1	0.12	1.0
9	地震時EW+1.0 UD+0.4	1.0	35.1	0.03	1.0
10	地震時EW+1.0 UD-0.4	2.7	35.1	0.08	1.0
11	地震時EW-1.0 UD+0.4	1.0	35.1	0.03	1.0
12	地震時EW-1.0 UD-0.4	2.8	35.1	0.08	1.0
13	地震時EW+0.4 UD+1.0	0.6	35.1	0.02	1.0
14	地震時EW+0.4 UD-1.0	4.0	35.1	0.12	1.0
15	地震時EW-0.4 UD+1.0	0.5	35.1	0.02	1.0
16	地震時EW-0.4 UD-1.0	4.1	35.1	0.12	1.0
	最大値	4.2	35.1	0.12	1.0

表 6-12 固定ボルトに関する評価結果（せん断）（2/2）

ケースNo.	解析ケース	固定ボルト②（下部）			
		発生作用力 せん断 q	許容限界 せん断 qa	照査値 q/qa	検定値
1	地震時NS+1.0 UD+0.4	3.0	18.4	0.17	1.0
2	地震時NS+1.0 UD-0.4	3.4	18.4	0.19	1.0
3	地震時NS-1.0 UD+0.4	2.6	18.4	0.15	1.0
4	地震時NS-1.0 UD-0.4	2.2	18.4	0.12	1.0
5	地震時NS+0.4 UD+1.0	1.0	18.4	0.06	1.0
6	地震時NS+0.4 UD-1.0	2.1	18.4	0.12	1.0
7	地震時NS-0.4 UD+1.0	1.3	18.4	0.08	1.0
8	地震時NS-0.4 UD-1.0	0.3	18.4	0.02	1.0
9	地震時EW+1.0 UD+0.4	4.0	18.4	0.22	1.0
10	地震時EW+1.0 UD-0.4	4.3	18.4	0.24	1.0
11	地震時EW-1.0 UD+0.4	3.7	18.4	0.21	1.0
12	地震時EW-1.0 UD-0.4	3.5	18.4	0.20	1.0
13	地震時EW+0.4 UD+1.0	1.5	18.4	0.09	1.0
14	地震時EW+0.4 UD-1.0	2.2	18.4	0.12	1.0
15	地震時EW-0.4 UD+1.0	1.6	18.4	0.09	1.0
16	地震時EW-0.4 UD-1.0	2.0	18.4	0.11	1.0
	最大値	4.3	18.4	0.24	1.0

表 6-13 固定ボルトに関する評価結果（組合わせ）（1/2）

	固定ボルト①（上部）			
	発生作用力		組合せ	検定値
	引張 Td	せん断 q		
最大値	16.7	4.2	0.13	1.0

表 6-13 固定ボルトに関する評価結果（組合わせ）（2/2）

	固定ボルト②（下部）			
	発生作用力		組合せ	検定値
	引張 Td	せん断 q		
最大値	6.0	4.3	0.08	1.0

表 6-14 変形性評価結果

評価対象部位		地震時 最大応答変位 (mm)		地震時 相対変位量 (mm)	許容限界 (mm)
		第 3 号機海水 熱交換器建屋	第 3 号機補機冷却 海水系放水ピット	評価用 変位量	
止水ジョイント ①	開き方向	追而			550
	せん断方向				550
止水ジョイント ②	開き方向				550
	せん断方向				550
止水ジョイント ③	開き方向				550
	せん断方向				550

表 6-15 第 3 号機海水熱交換器建屋及び第 3 号機補機冷却海水系放水ピットの地震時最大応答変位

の地震時最大応答変位	
d b _{NS} : 第 3 号機海水熱交換器建屋の 地震時最大応答変位 (NS 方向) *1	追而
d b _{EW} : 第 3 号機海水熱交換器建屋の 地震時最大応答変位 (EW 方向) *1	
d p _{NS} : 第 3 号機補機冷却海水系放水ピットの 地震時最大応答変位 (NS 方向) *2	
d p _{EW} : 第 3 号機補機冷却海水系放水ピットの 地震時最大応答変位 (EW 方向) *2	

注記* 1 : 添付資料「V-2-2-29 第 3 号機海水熱交換器建屋の地震応答計算書」より

* 2 : 「別紙 1 第 3 号機補機冷却海水系放水ピットの耐震性について」より

7. 第3号機補機冷却海水系放水ピットの耐震評価の概要

本資料は、浸水防止蓋（第3号機補機冷却海水系放水ピット）（以下「浸水防止蓋」という。）の止水ジョイントが設置される第3号機補機冷却海水系放水ピットが基準地震動 S_s に対して十分な構造強度及び支持機能を有していることを確認するものである。

第3号機補機冷却海水系放水ピットに要求される機能の維持を確認するに当たっては、地震応答解析に基づく構造部材の健全性評価及び基礎地盤の支持性能評価により行う。

浸水防止蓋の止水ジョイントの変形性評価に用いる第3号機補機冷却海水系放水ピットの地震時最大変位量は本書の地震応答解析による解析値を用いている。

8. 耐震評価の基本方針

8.1 位置

第3号機補機冷却海水系放水ピットの位置を図8-1に示す。

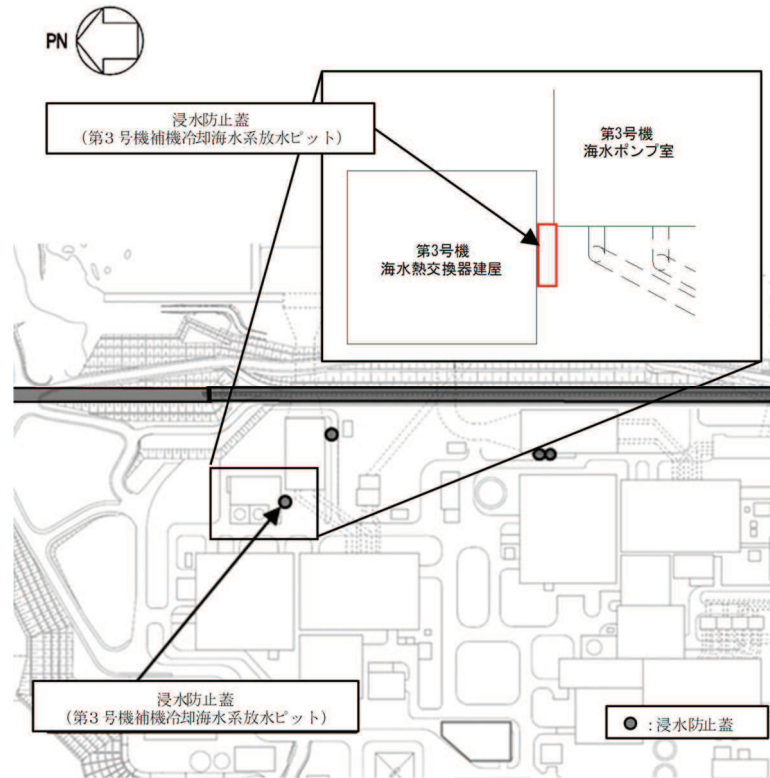


図8-1 第3号機補機冷却海水系放水ピットの位置図

8.2 構造概要

第3号機補機冷却海水系放水ピットの概要図を図8-2～図8-7に、概略配筋図を図8-8～図8-10に示す。

第3号機補機冷却海水系放水ピットは、浸水防止設備である浸水防止蓋の止水ジョイントの支持構造物としての支持機能、および津波に対する止水機能が要求される。

第3号機補機冷却海水系放水ピットは、岩盤上にマンメイドロック（以下、「MMR」という。）を介して設置される。また、中間スラブを配した二階建て構造となっており、上部・下部ともに各エリアが隔壁により仕切られている。

第3号機補機冷却海水系放水ピットは、加振方向に平行に配置される妻壁や隔壁等の面部材を耐震部材として考慮する箱形構造物である。第3号機海水熱交換器建屋とは十分な強度を有する緩衝材を介して接している。

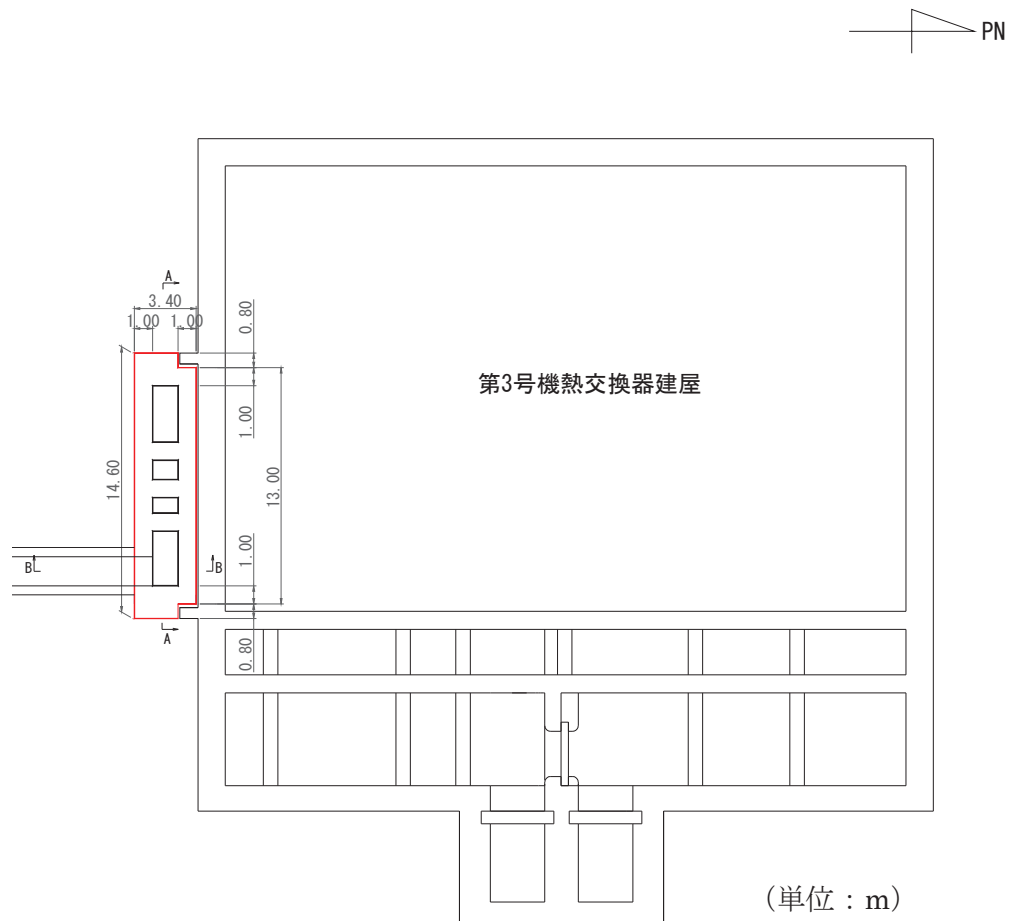


図8-2 第3号機補機冷却海水系放水ピット平面図

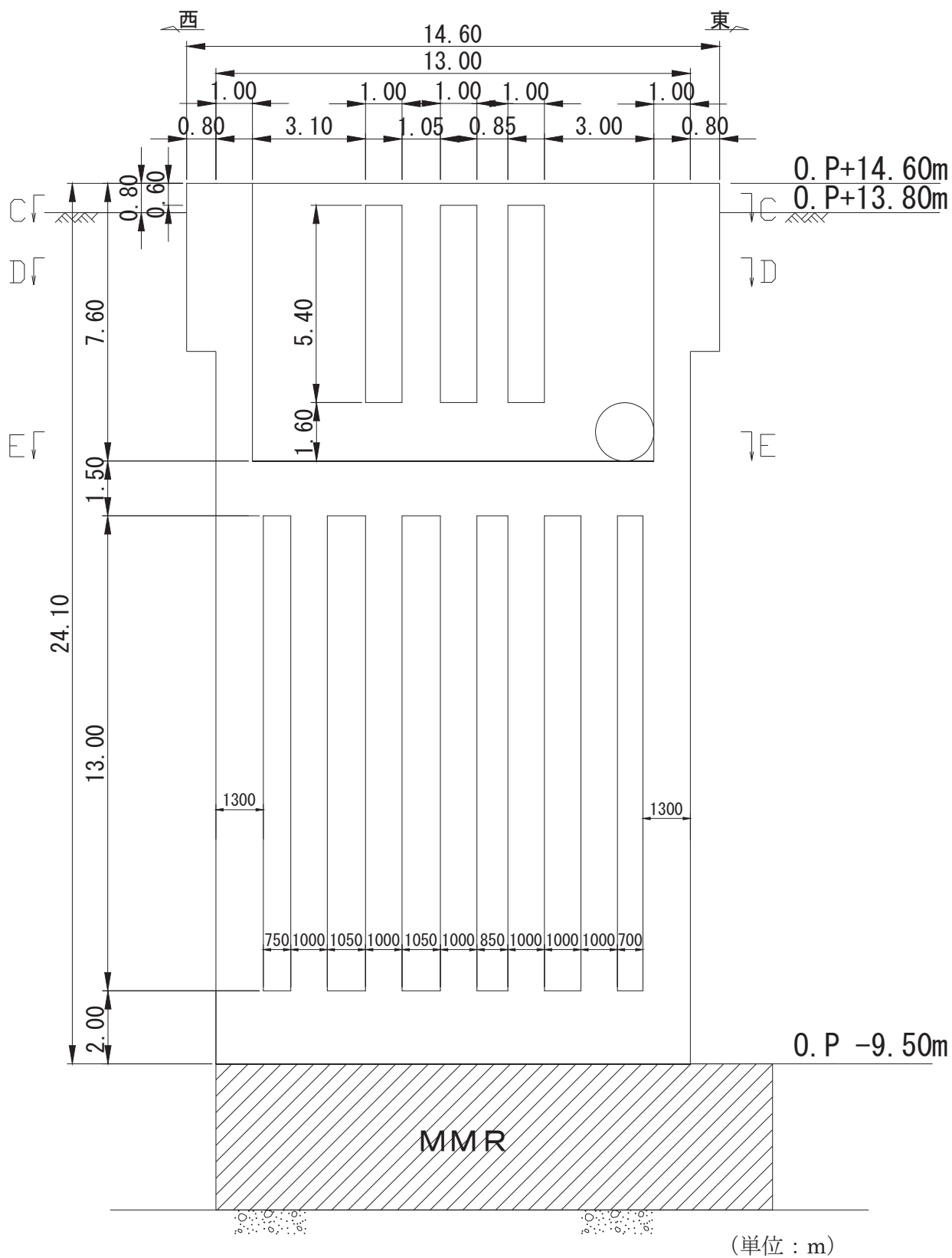


図 8-3 第 3 号機補機冷却海水系放水ピット縦断図 (A-A 断面)

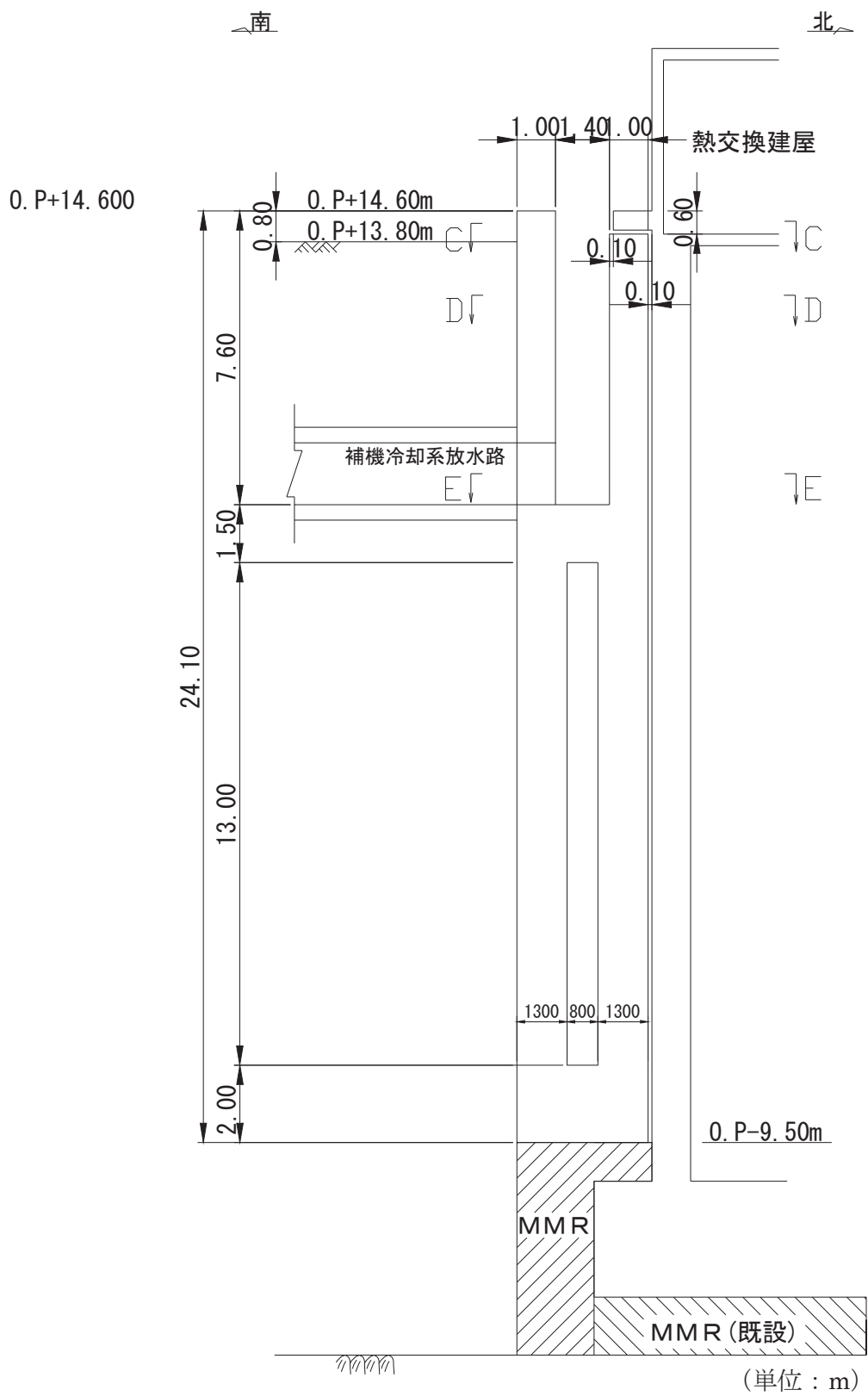
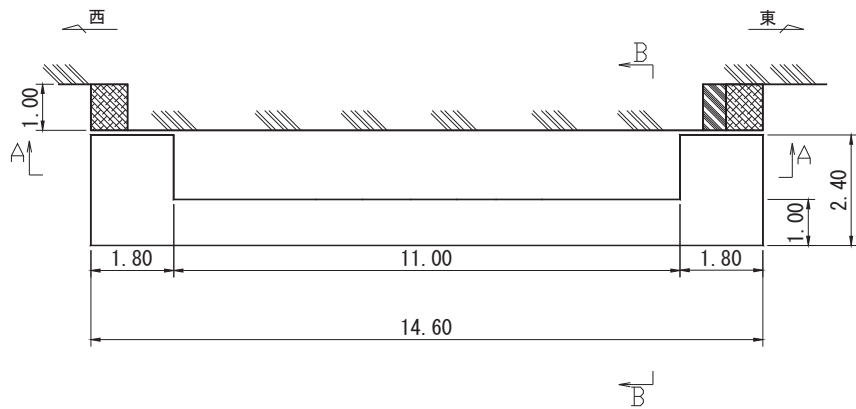
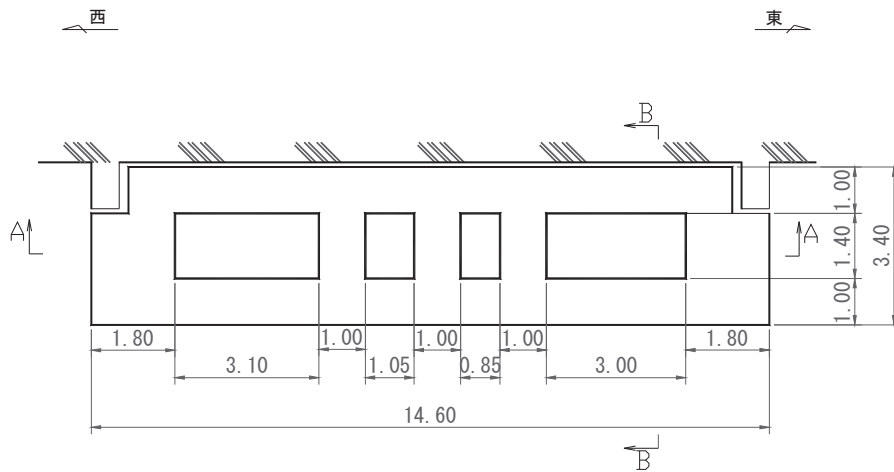


図 8-4 第 3 号機補機冷却海水系放水ピット横断図 (B-B 断面)



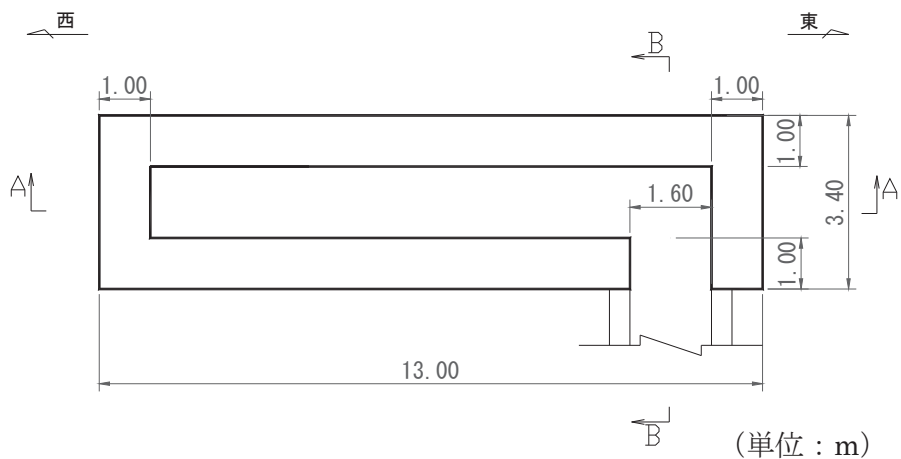
(単位：m)

図 8-5 第 3 号機補機冷却海水系放水ピット平面図 (C-C 断面)



(単位：m)

図 8-6 第 3 号機補機冷却海水系放水ピット平面図 (D-D 断面)



(単位：m)

図 8-7 第 3 号機補機冷却海水系放水ピット平面図 (E-E 断面)

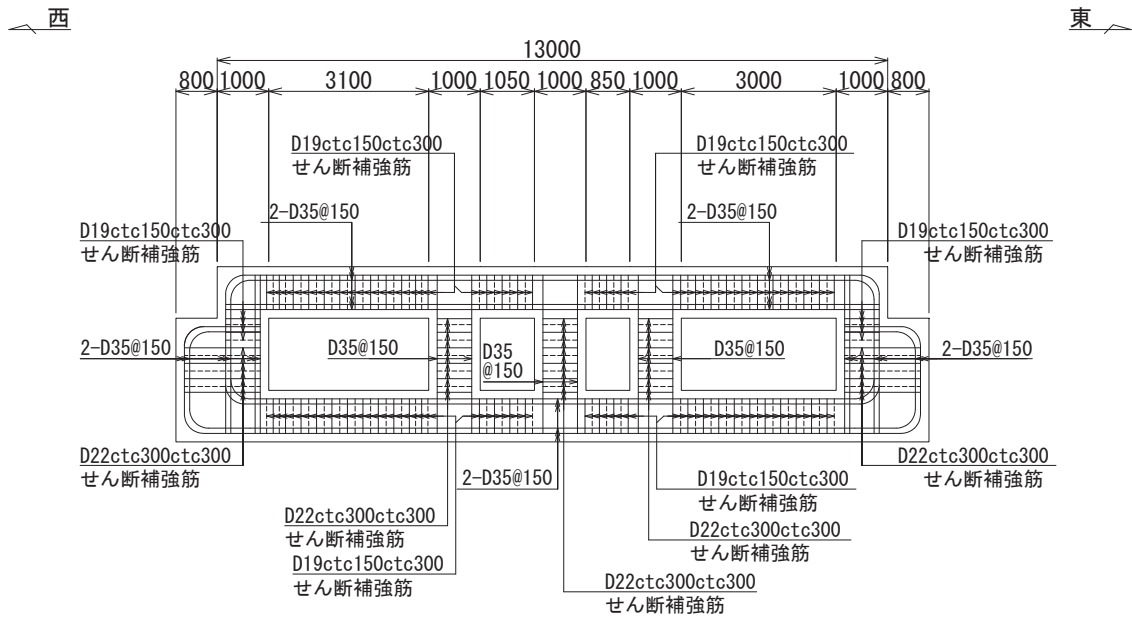


図 8-8 第 3 号機補機冷却海水系放水ピット概略配筋図 (平面図)

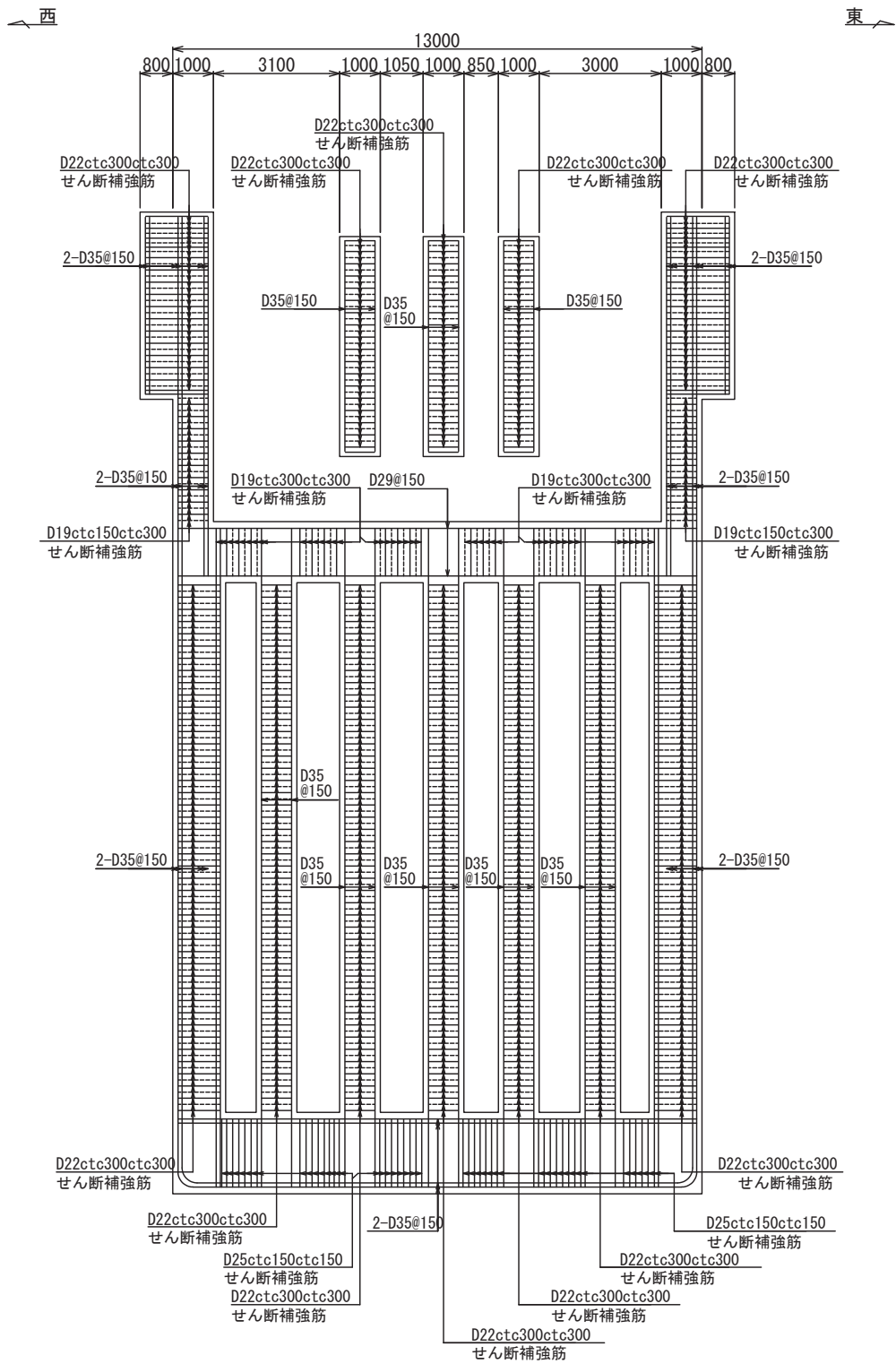


図 8-9 第 3 号機補機冷却海水系放水ピット概略配筋図 (縦断図)

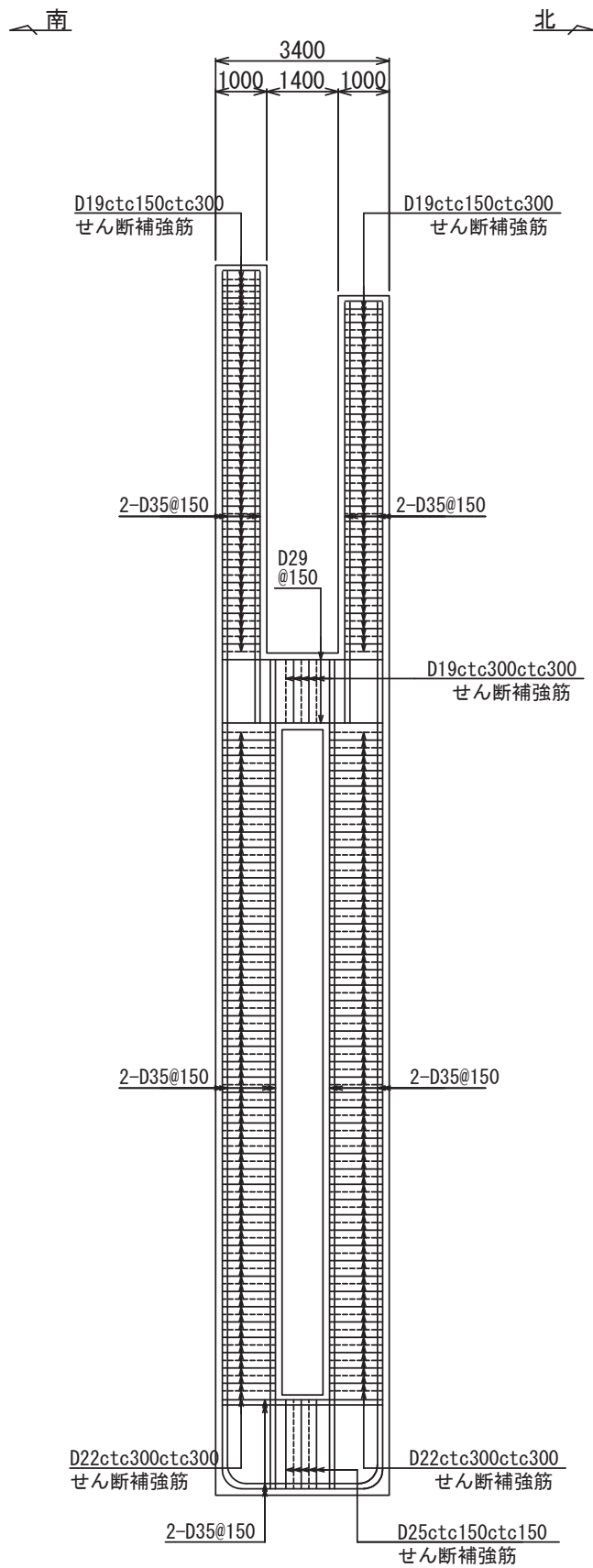


図 8-10 第 3 号機補機冷却海水系放水ピット概略配筋図 (横断図)

8.3 評価方針

第3号機補機冷却海水系放水ピットは、浸水防止設備である浸水防止蓋の止水ジョイントを設置していることから基準地震動 S_s に対して十分な構造強度及び支持機能を有していること及び止水機能を確認する。

第3号機補機冷却海水系放水ピットの耐震評価フローを図8-11～図8-12に示す。図8-11は地震応答解析の評価フロー図であり、図8-12は構造部材の健全性評価の評価フロー図である。

地震応答解析は、「8. 基本方針」に基づき、「9.1 地震時荷重算出断面」に示す断面において、「9.2 解析方法」に示す水平地震動と鉛直地震動の同時加振による二次元有限要素法を用いた時刻歴応答解析により行うこととし、「9.3 荷重及び荷重の組合せ」及び「9.5 解析モデル及び諸元」に示す条件を基に、「9.4 入力地震動」により設定する入力地震動を用いて実施する。

地震応答解析による地震時土圧、慣性力及び基礎地盤の接地圧は、第3号機補機冷却海水系放水ピットの耐震評価に用いる。

また、地震応答解析による第3号機補機冷却海水系放水ピット天端の地震時最大応答変位は浸水防止蓋の変形性評価に用いる。

第3号機補機冷却海水系放水ピットの耐震評価は、地震応答解析の結果に基づき、表8-1に示すとおり、構造部材の健全性評価及び基礎地盤の支持性能評価を行う。

構造部材の健全性評価及び基礎地盤の支持性能評価を実施することで、構造強度を有すること及び支持する機能を損なわないことを確認する。

構造部材の健全性評価については、構造部材の発生応力が許容限界以下であることを確認する。基礎地盤の支持性能評価については、基礎地盤に生じる接地圧が極限支持力に基づく許容限界以下であることを確認する。

基礎地盤の支持性能評価は、地震応答解析により算定される接地圧が、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づく許容限界を下回ることを確認する。

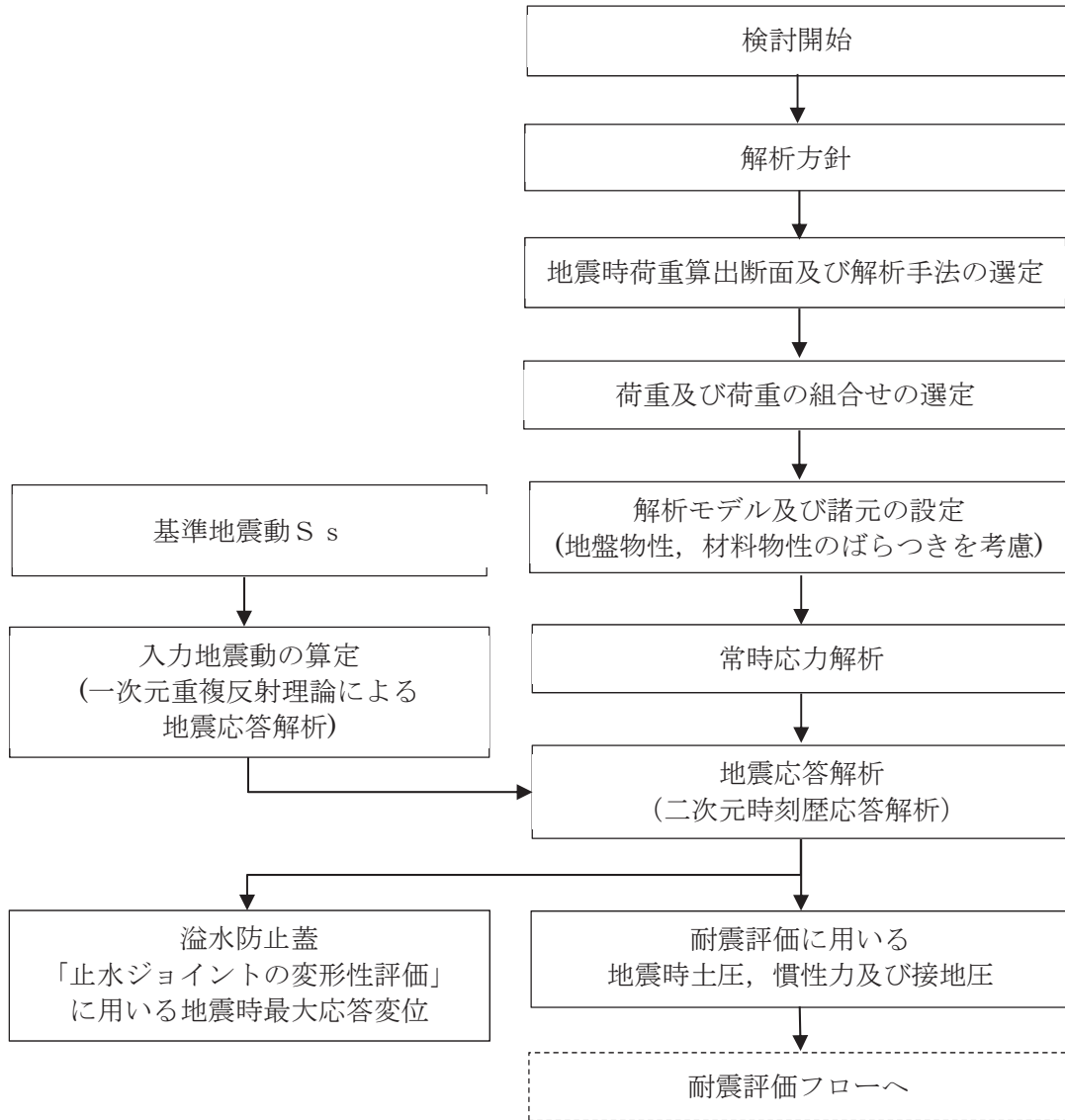


図 8-11 第 3 号機補機冷却海水系放水ピットの地震応答解析フロー

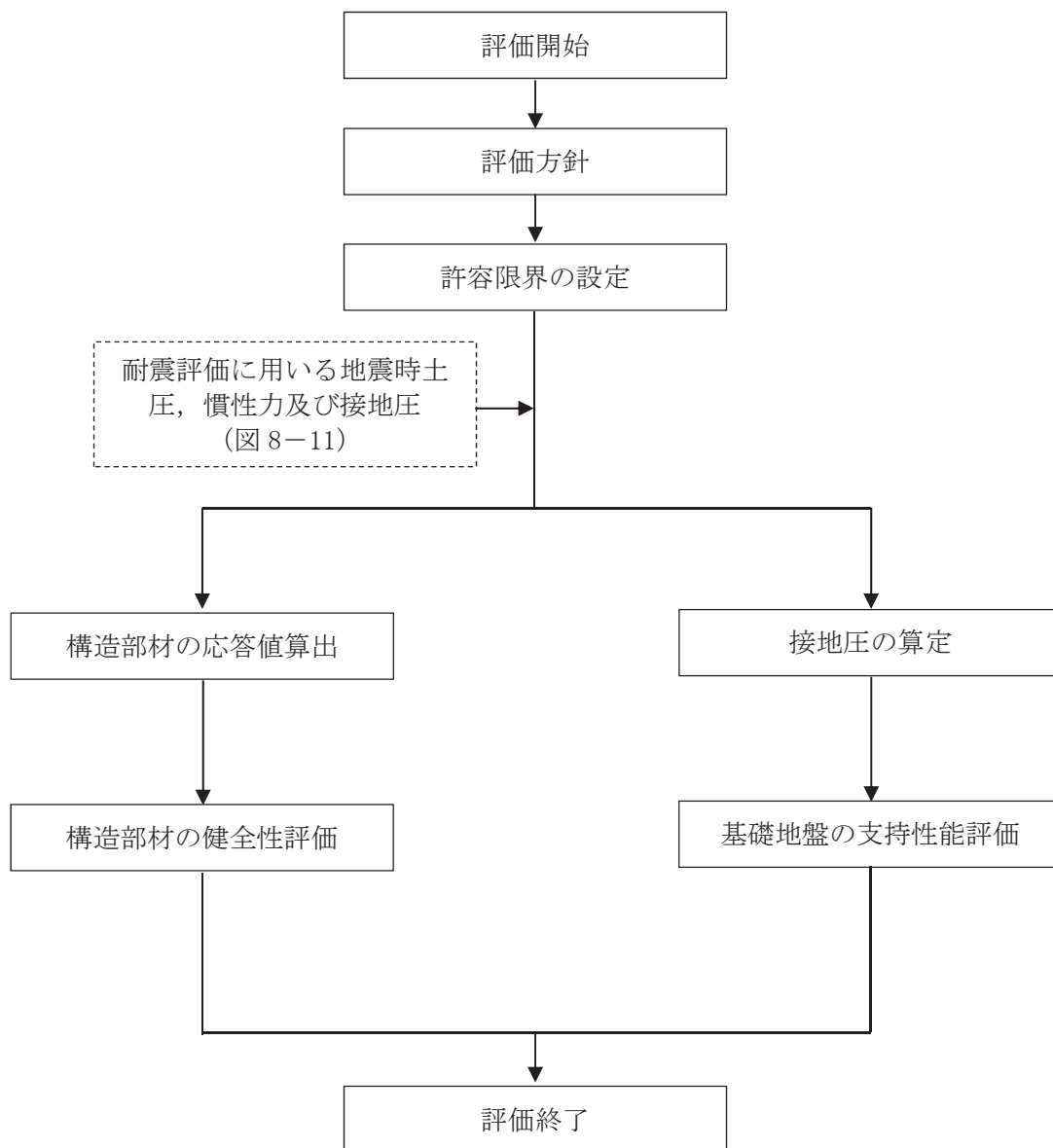


図 8-12 第 3 号機補機冷却海水系放水ピットの耐震評価フロー

表 8-1 第 3 号機補機冷却海水系放水ピットの評価項目

評価方針	評価項目	部位	評価方法	許容限界	
構造強度を有すること及び支持する機能を損なわないこと	構造部材の健全性	鉄筋コンクリート部材	発生応力度，断面力が許容限界を下回ることを確認	曲げ・軸力	短期許容応力度
				せん断力	短期許容せん断力
	基礎地盤の支持性能	基礎地盤	発生する接地圧が許容限界を下回ることを確認	岩盤の極限支持力*	
		MMR		MMR の支圧強度*	
止水機能を損なわないこと	構造部材の健全性	鉄筋コンクリート部材	発生応力度，断面力が許容限界を下回ることを確認	曲げ・軸力	短期許容応力度
				せん断力	短期許容せん断力

注記*： 妥当な安全余裕を考慮する。

8.4 適用基準

第3号機補機冷却海水系放水ピットの耐震評価に当たっては、土木学会 2002 年 コンクリート標準示方書[構造性能照査編]（以下「コンクリート標準示方書」という。）、日本道路協会 平成 24 年 3 月 道路橋示方書・同解説 I 共通編・IV下部構造編、日本道路協会 平成 24 年 3 月 道路橋示方書・同解説 I 共通編・IIIコンクリート橋編及び原子力発電所耐震設計技術指針（J E A G 4 6 0 1 -1987）を適用する。

表 8-2 に適用する規格、基準類を示す。

表 8-2 適用する規格、基準類

項目	適用する規格、基準類	備考
使用材料及び材料定数	・土木学会 2002 年 コンクリート標準示方書[構造性能照査編]	・鉄筋の材料諸元(γ , E , ν) ・コンクリートの材料諸元(γ , E , ν)
荷重及び荷重の組合せ	・土木学会 2002 年 コンクリート標準示方書[構造性能照査編]	・永久荷重, 偶発荷重等の適切な組合せを検討
許容限界	・土木学会 2002 年 コンクリート標準示方書[構造性能照査編] ・日本道路協会 平成 24 年 3 月 道路橋示方書・同解説 I 共通編・IV下部構造編 ・日本道路協会 平成 24 年 3 月 道路橋示方書・同解説 I 共通編・IIIコンクリート橋編	・曲げ・軸力系の破壊に対する照査において, 発生応力度が短期許容応力度(コンクリート許容圧縮応力度 24.0N/mm^2 , 鉄筋許容引張応力度 435N/mm^2) 以下であることを確認* ・せん断破壊に対する照査において, 発生せん断力が短期許容せん断力(コンクリート許容せん断応力度 0.975N/mm^2 , 鉄筋許容引張応力度 294N/mm^2 から算出される許容せん断力) 以下であることを確認*
地震応答解析	・原子力発電所耐震設計技術指針 (J E A G 4 6 0 1 -1987)	・有限要素法による二次元モデルを用いた時刻歴非線形解析

注記* : 妥当な安全余裕を考慮する。

9. 地震応答解析

9.1 地震時荷重算出断面

第3号機補機冷却海水系放水ピットの地震時荷重算出断面位置を図9-1に示す。地震時荷重算出断面は、南北・東西方向ともに構造物中心を通る断面（NS断面，EW断面）とする。地震時荷重算出用地質断面図を図9-2～図9-3に示す。

なお、加振方向に平行に配置され耐震上見込むことができる面部材の配置から、南北方向（NS断面）が弱軸方向となり、東西方向（EW断面）が強軸方向となる。

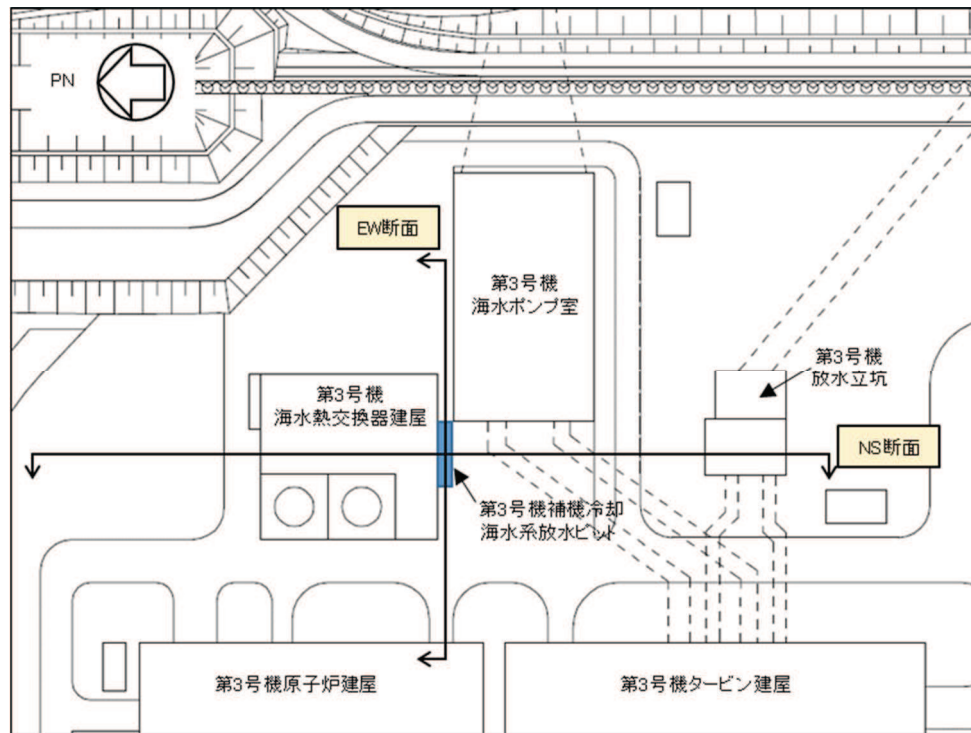


図9-1 第3号機補機冷却海水系放水ピットの地震時荷重算出断面位置図

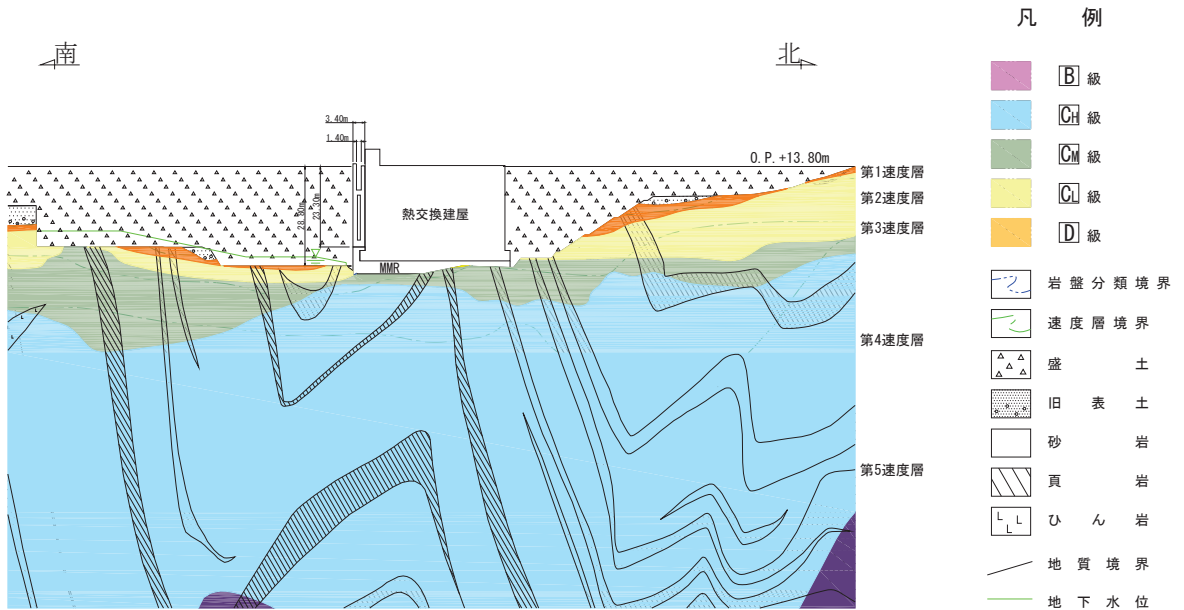


図9-2 第3号機補機冷却海水系放水ピット 地震時荷重算出用地質断面図 (NS断面)

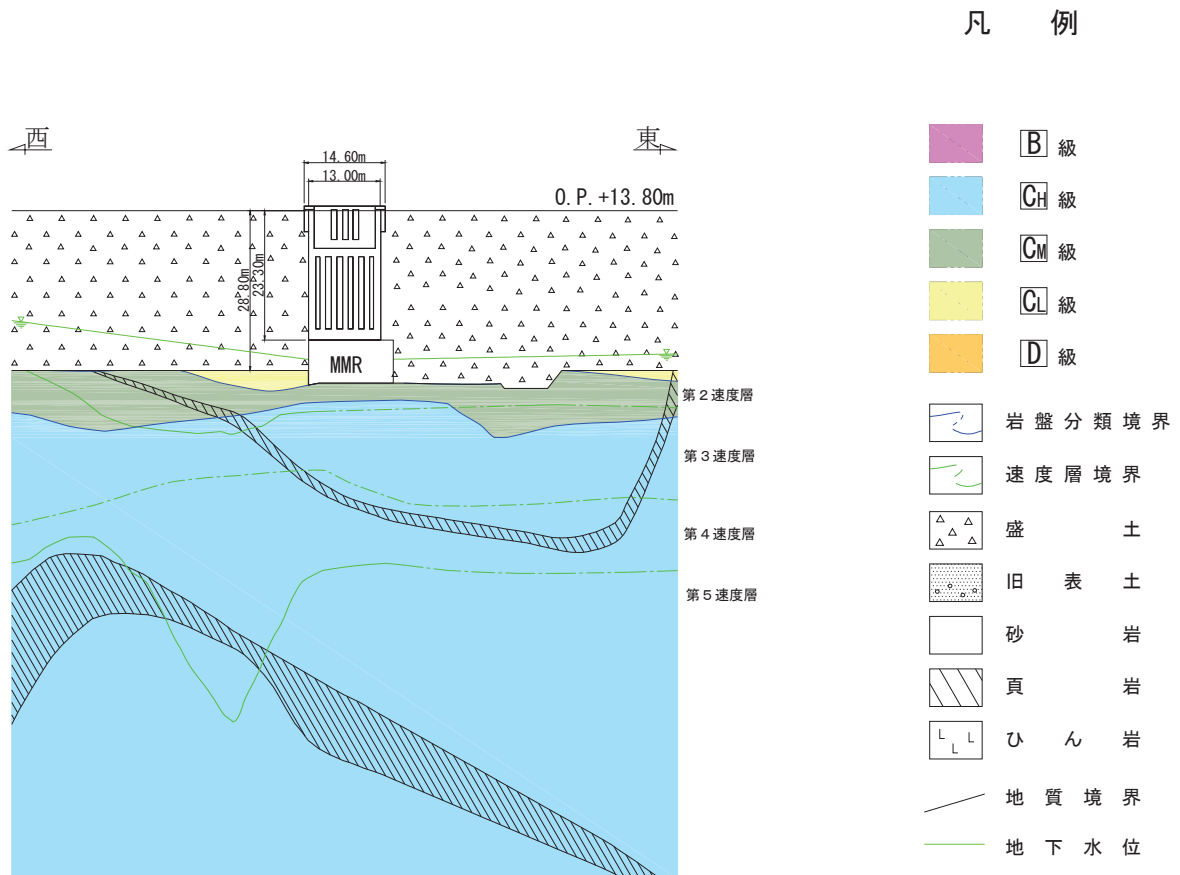


図9-3 第3号機補機冷却海水系放水ピット 地震時荷重算出用地質断面図 (EW断面)

9.2 解析方法

第3号機補機冷却海水系放水ピットの地震応答解析は、添付書類「VI-2-1-6 地震応答解析の基本方針」のうち、「2.3 屋外重要土木構造物」に示す解析方法及び解析モデルを踏まえて実施する。

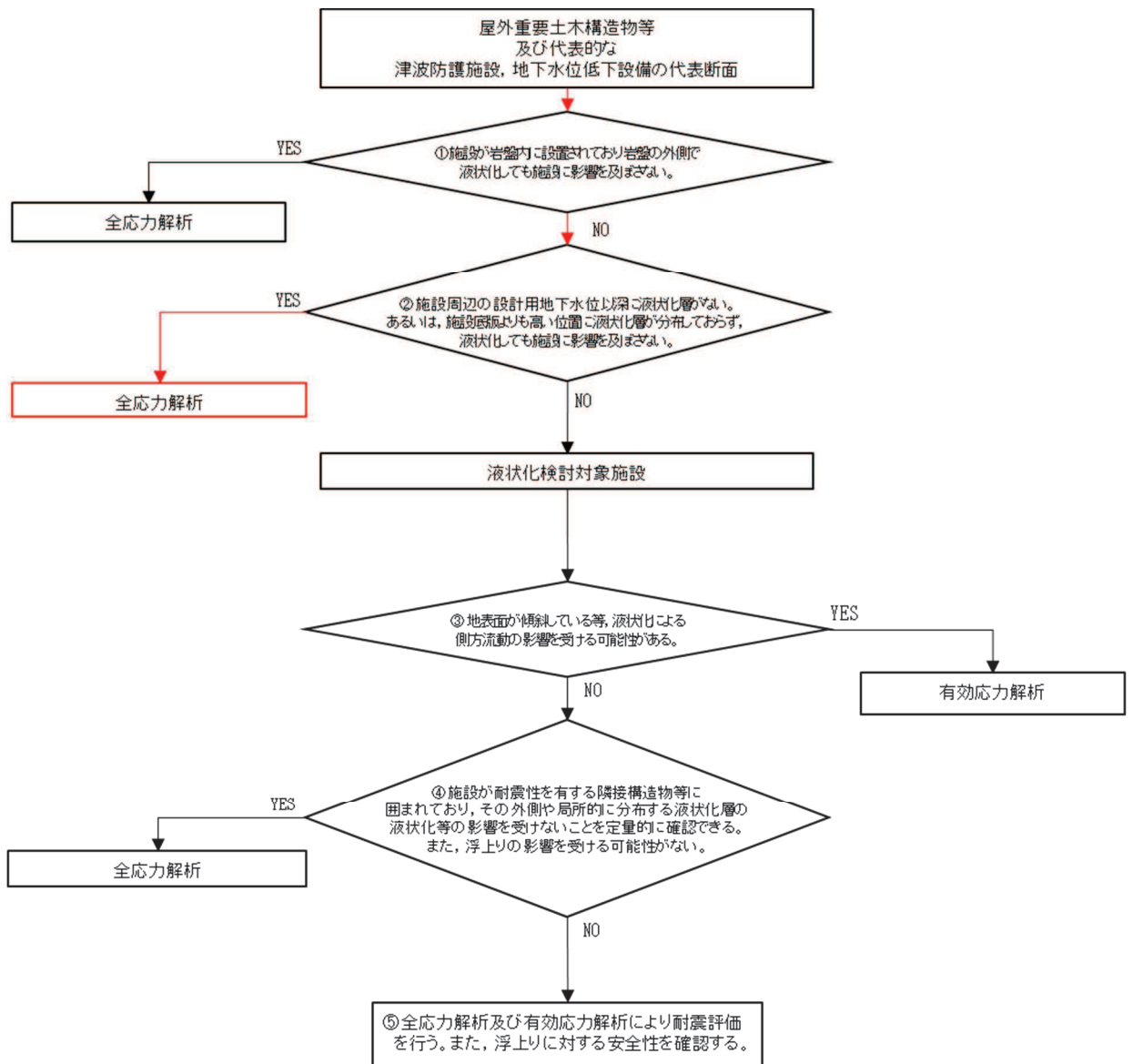
地震応答解析は、構造物と地盤の相互作用を考慮できる二次元有限要素法により、基準地震動 S_s に基づき設定した水平地震動と鉛直地震動の同時加振による逐次時間積分の時刻歴応答解析により行うこととし、解析手法について、図9-4に示す解析手法の選定フローに基づき選定する。図9-2、図9-3に示すとおり、第3号機補機冷却海水系放水ピット近傍の地下水位は躯体底盤より低いこと、また躯体より離れた箇所（南側及び西側）には躯体底盤標高より上部に地下水位以深の盛土が存在するが、19～23m程度の土被りがあることから液状化の影響はないと判断した。従って、解析手法は「②全応力解析」を選定する。

南北方向において第3号機補機冷却海水系放水ピットは一部MMRを介して海水熱交換器建屋に支持され、また緩衝材を介して接しており、隣接構造物の地震応答が第3号機補機冷却海水系放水ピットに伝達することが考えられるため、隣接構造物となる海水熱交換器建屋をモデル化する。

第3号機補機冷却海水系放水ピットのモデル化については、第3号機補機冷却海水系放水ピット中心位置において各構造部材と等価な剛性を有する線形はり要素にてモデル化する。

地震応答解析については、解析コード「Soil Plus Dynamic 2015 Build3」を使用する。なお解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、添付書類「VI-5 計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

地震応答解析手法の選定フローを図9-5に示す。



※：三次元構造解析に複数断面の荷重を作用させる場合、断面によって解析手法が異なる場合でも保守的に荷重の大きい組合せを採用する。

図 9-4 解析手法の選定フロー

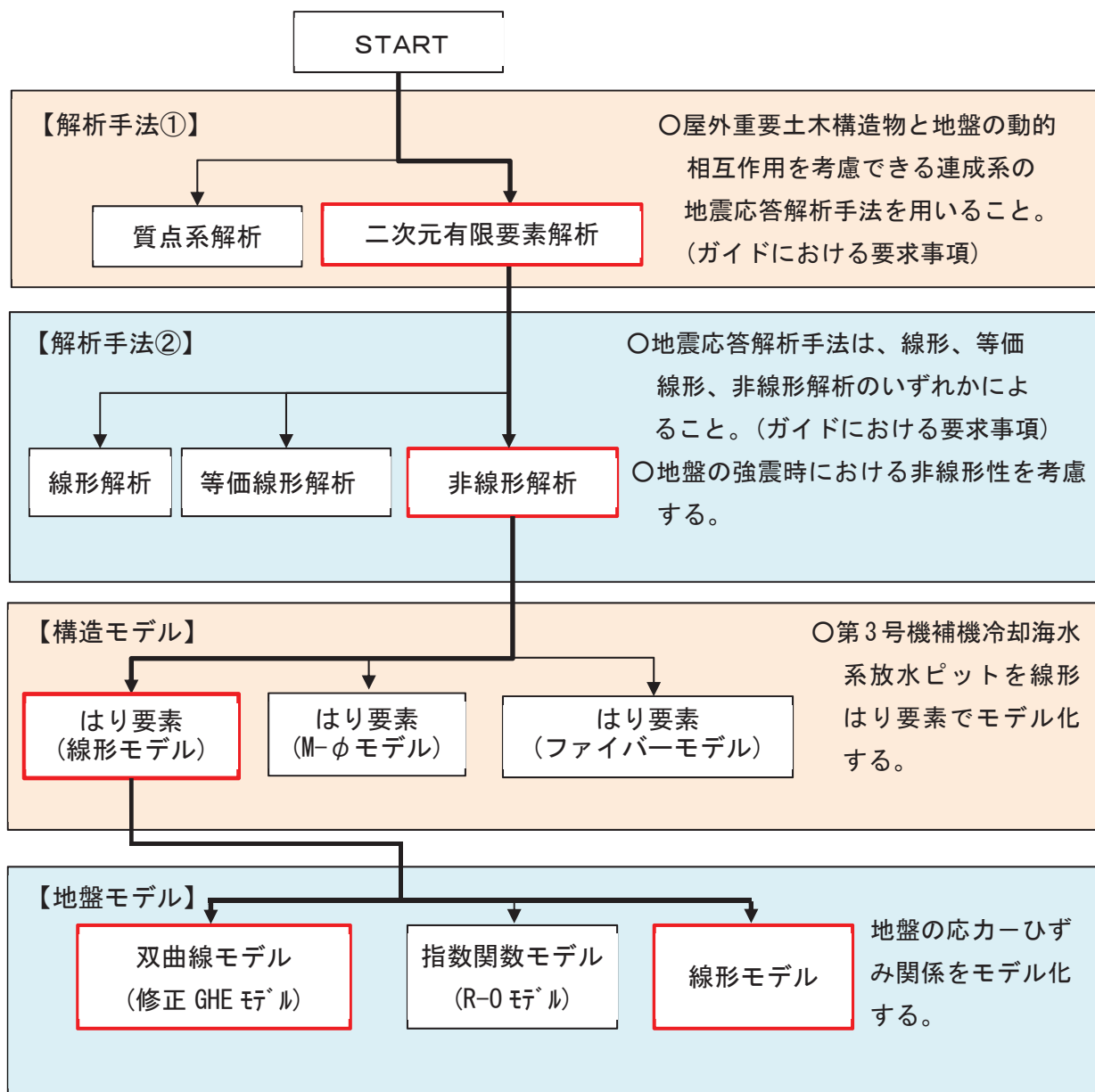


図 9-5 地震応答解析手法の選定フロー

9.2.1 構造部材

第3号機補機冷却海水系放水ピットの構造部材は、線形はり要素にてモデル化し、水平方向には構造物の幅に応じた仮想剛梁を設置する。

9.2.2 地盤物性及び材料特性の設定

地盤物性及び材料物性のばらつきの影響を考慮するため、表 9-1 に示す解析ケースを設定する。

第3号機補機冷却海水系放水ピットは、MMR 上に設置され、南北方向では、北側に海水熱交換器建屋が分布し、南側には盛土が分布する。一方、東西方向では、両側面に盛土が分布し、主たる荷重は盛土の土圧となることから、盛土、旧表土の初期せん断弾性係数のばらつきを考慮する。

初期せん断弾性係数の標準偏差 σ を用いて設定した解析ケース②及び③を実施することにより地盤物性のばらつきの影響を網羅的に考慮する。

また、材料物性のばらつきとして構造物の推定強度に基づいて設定した解析ケース④を実施することにより、材料物性のばらつきの影響を考慮する。

詳細な解析ケースの考え方は、「9.2.4 地震応答解析の解析ケースの選定」に示す。

表 9-1 解析ケース

解析ケース	材料物性 (コンクリート) (E_0 : ヤング係数)	地盤物性	
		盛土, 旧表土, 改良地盤, D 級岩盤 (G_0 : 初期せん断弾性係数)	C_L 級岩盤, C_M 級岩盤, C_H 級岩盤, B 級岩盤 (G_d : 動せん断弾性係数)
ケース① (基本ケース)	設計基準強度	平均値	平均値
ケース②	設計基準強度	平均値+ 1σ	平均値
ケース③	設計基準強度	平均値- 1σ	平均値
ケース④	実強度に基づく 圧縮強度*	平均値	平均値

注記* : 新設構造物のため, 推定した圧縮強度とする

9.2.3 減衰定数

構造部材の減衰定数は、「補足 610-20 屋外重要土木構造物の耐震安全性評価について」に従い、粘性減衰及び履歴減衰で考慮する。

粘性減衰は、固有値解析にて求められる固有周期と各材料の減衰比に基づき、質量マトリックス及び剛性マトリックスの線形結合で表される以下の Rayleigh 減衰を解析モデル全体に与える。Rayleigh 減衰の設定フローを図 9-6 に示す。

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

[C] : 減衰係数マトリックス, [M] : 質量マトリックス,

[K] : 剛性マトリックス

α , β : 係数

固有値解析結果に基づき設定した α , β を表 9-2 に示す。

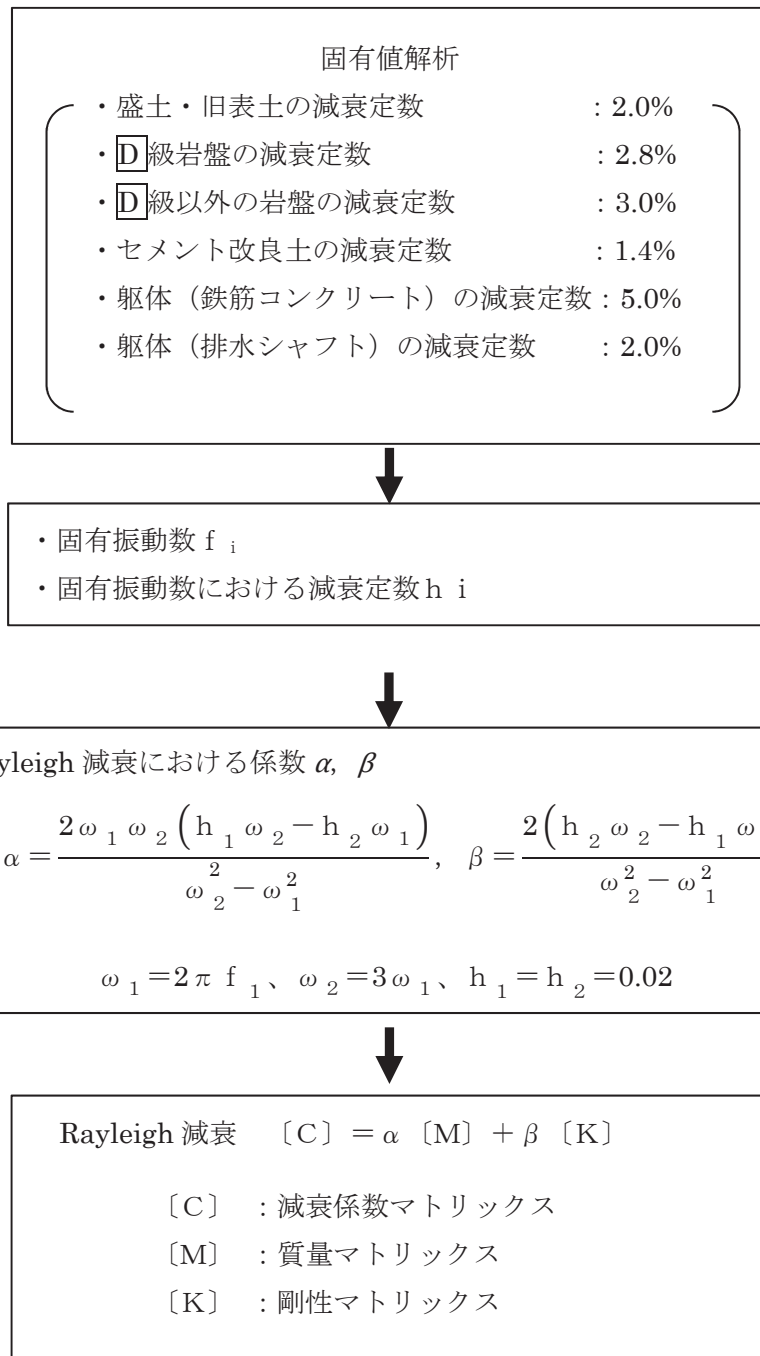


図 9-6 全応力解析における Rayleigh 減衰の設定フロー

Rayleigh 減衰における係数 α , β の設定にあたっては、地盤の低次のモードが特に支配的となる地中埋設構造物のような地盤及び構造物連成系に対して、その特定のモードの影響が大きいことを考慮し、かつ振動モードの全体系に占める割合の観点から刺激係数に着目し、1 次及び 2 次モードの固有振動数に基づき定めることとする。2 次モードの固有円振動数 (ω_2) は、水平成層地盤の 2 次固有振動数が 1 次固有振動数の 3 倍であることから、1 次モードの固有円振動数 (ω_1) の 3 倍とする。

固有値解析結果の一覧を表 9-2 に、固有値解析におけるモード図を図 9-7 に、固有値解析結果に基づき設定した Rayleigh 減衰を図 9-8 に係数 α , β を表 9-3 に示す。

表 9-2(1) 固有値解析結果 (EW 断面)

	固有振動数 (Hz)	有効質量比 (%)		刺激係数		備考
		T x	T y	β_x	β_y	
1	2.334	24	0	81.89	-0.14	1 次として採用
2	2.881	0	1	-0.02	-15.47	—
3	3.943	1	0	-15.76	0.07	—
4	4.842	0	2	0.18	22.15	—
5	5.156	0	0	5.82	2.10	—
6	5.262	5	0	-37.86	10.47	—
7	5.276	1	2	-15.20	-25.01	—
8	5.857	0	0	2.64	8.81	—
9	5.989	4	0	-35.33	0.86	—
10	6.133	0	1	1.15	11.77	—

表 9-2(1) 固有値解析結果 (NS 断面)

	固有振動数 (Hz)	有効質量比 (%)		刺激係数		備考
		T x	T y	β_x	β_y	
1	2.487	10	0	88.05	-0.26	1 次として採用
2	3.267	1	0	-22.70	8.87	—
3	3.694	13	0	98.93	4.16	—
4	4.247	0	0	8.66	-3.66	—
5	4.916	0	0	7.69	8.66	—
6	4.991	4	0	51.92	-4.72	—
7	5.136	35	0	163.52	4.61	—
8	5.403	0	0	-8.97	-2.51	—
9	5.669	2	0	-35.34	-1.66	—
10	5.936	1	0	28.01	12.25	—

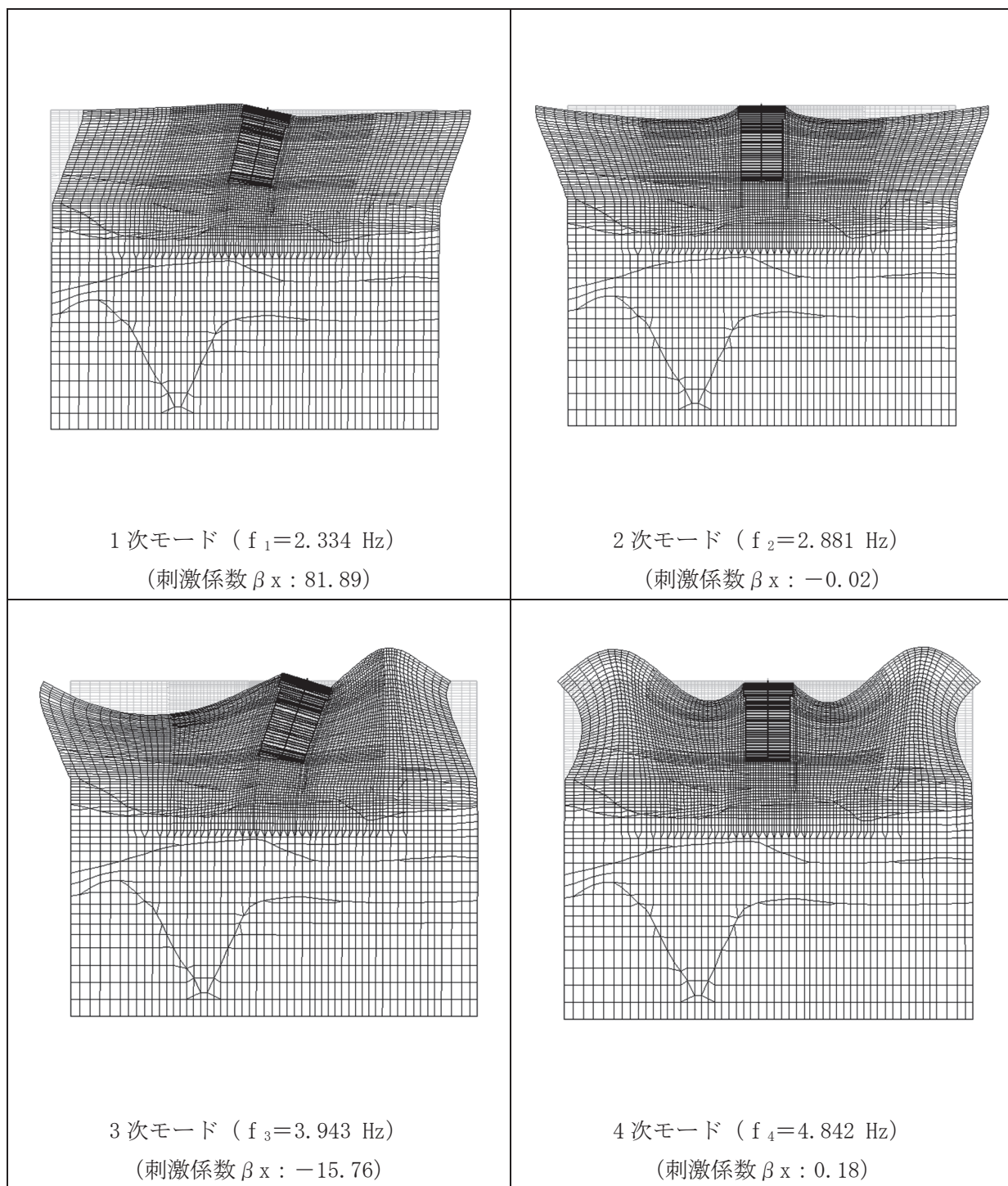


図 9-7(1) 固有値解析結果(EW 断面) (1/3)

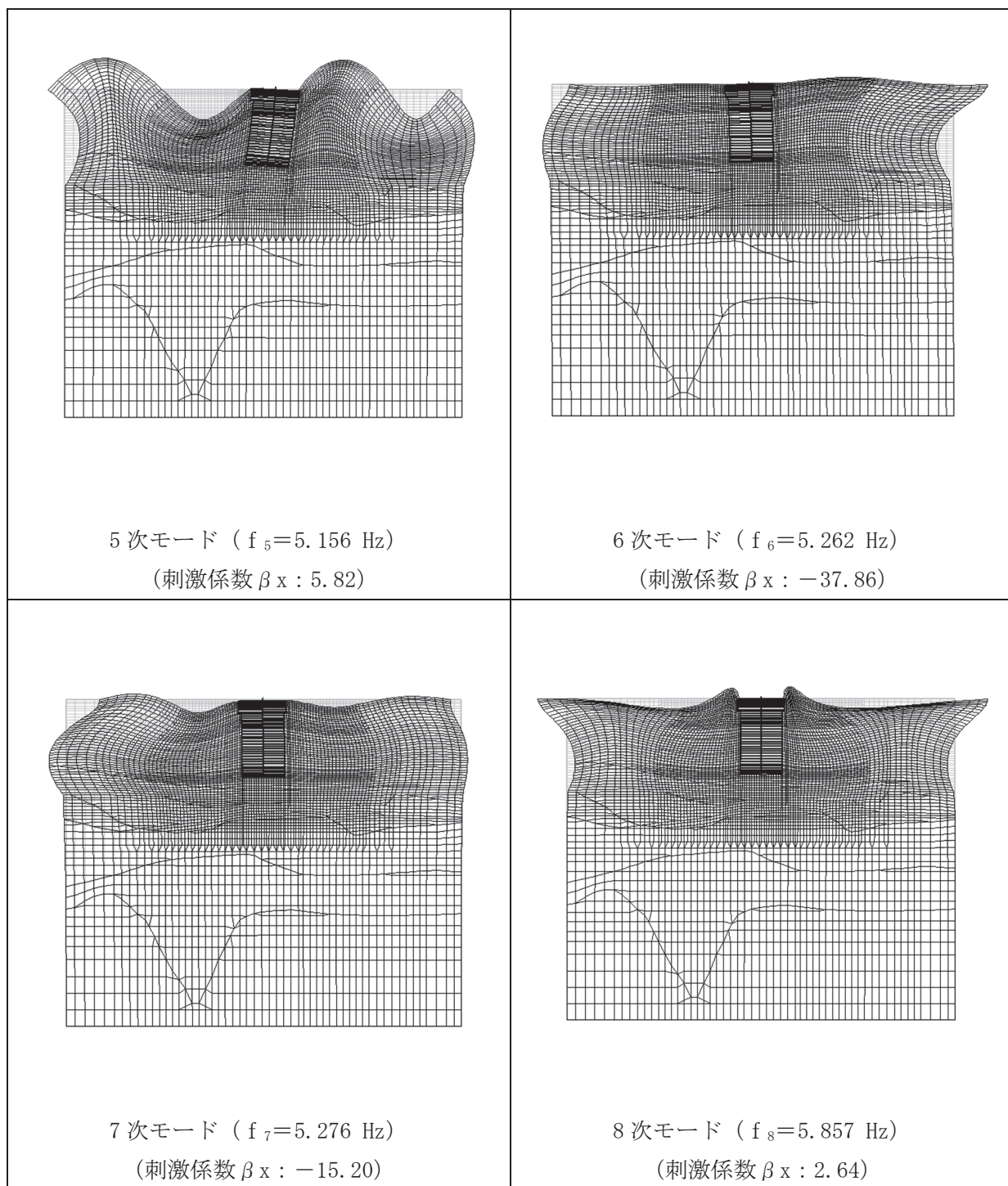


図 9-7(2) 固有値解析結果(EW断面) (2/3)

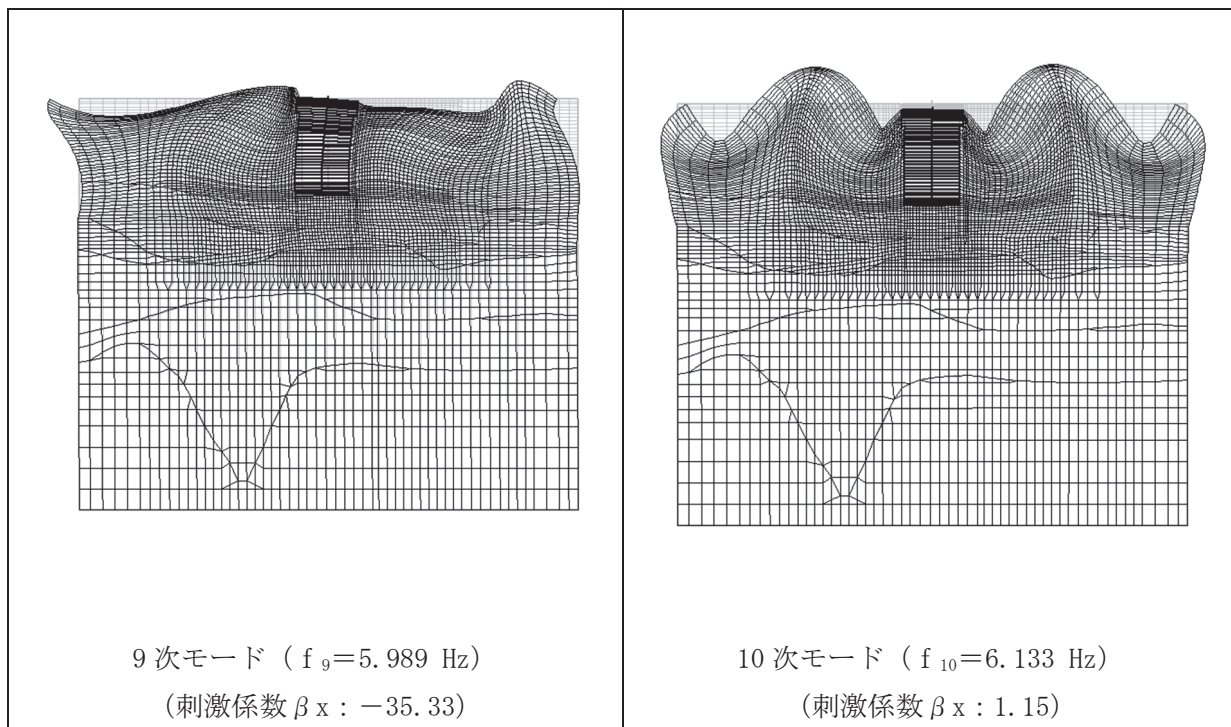


図 9-7(3) 固有値解析結果(EW 断面) (3/3)

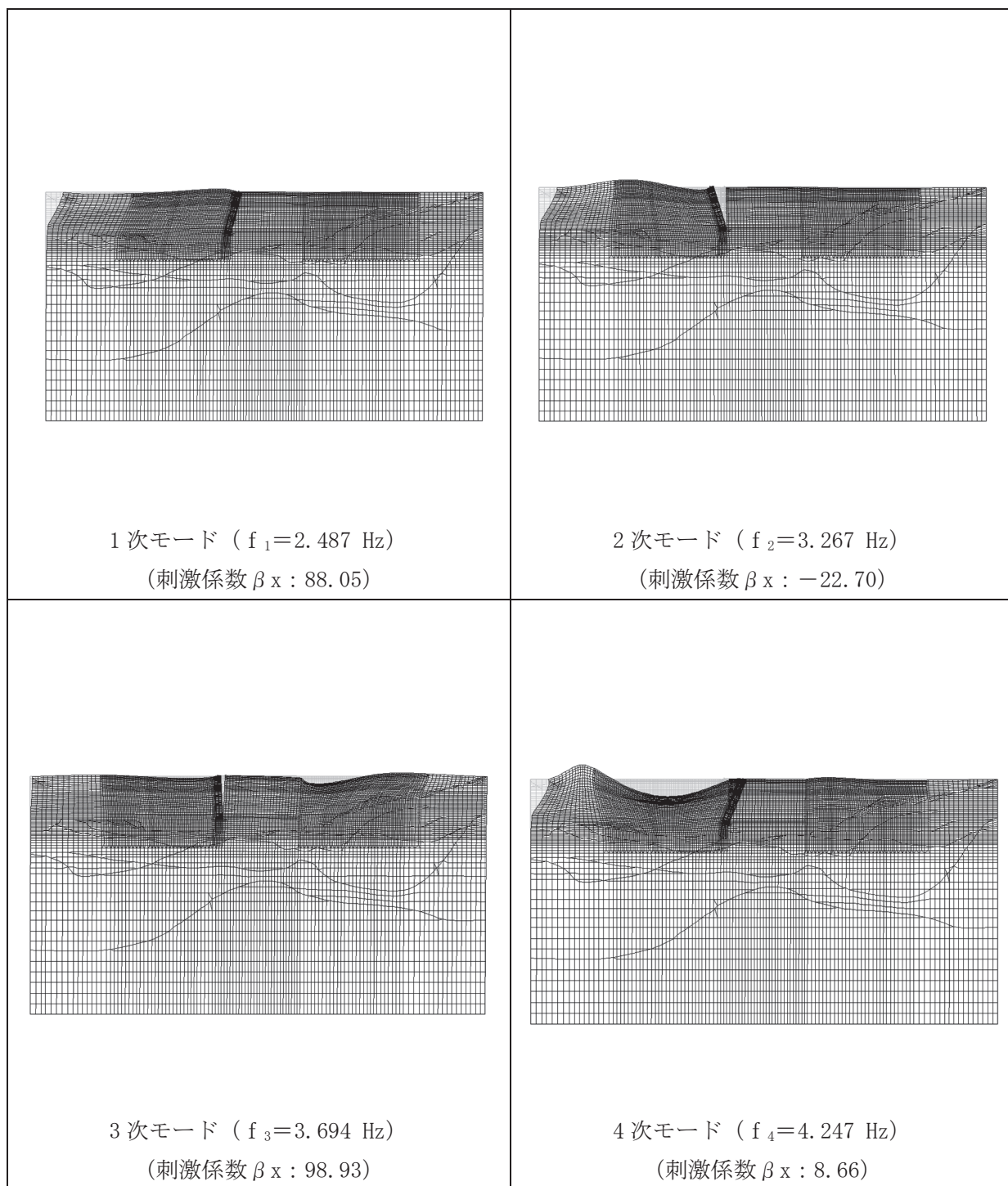


図 9-7(4) 固有値解析結果(NS 断面) (1/3)

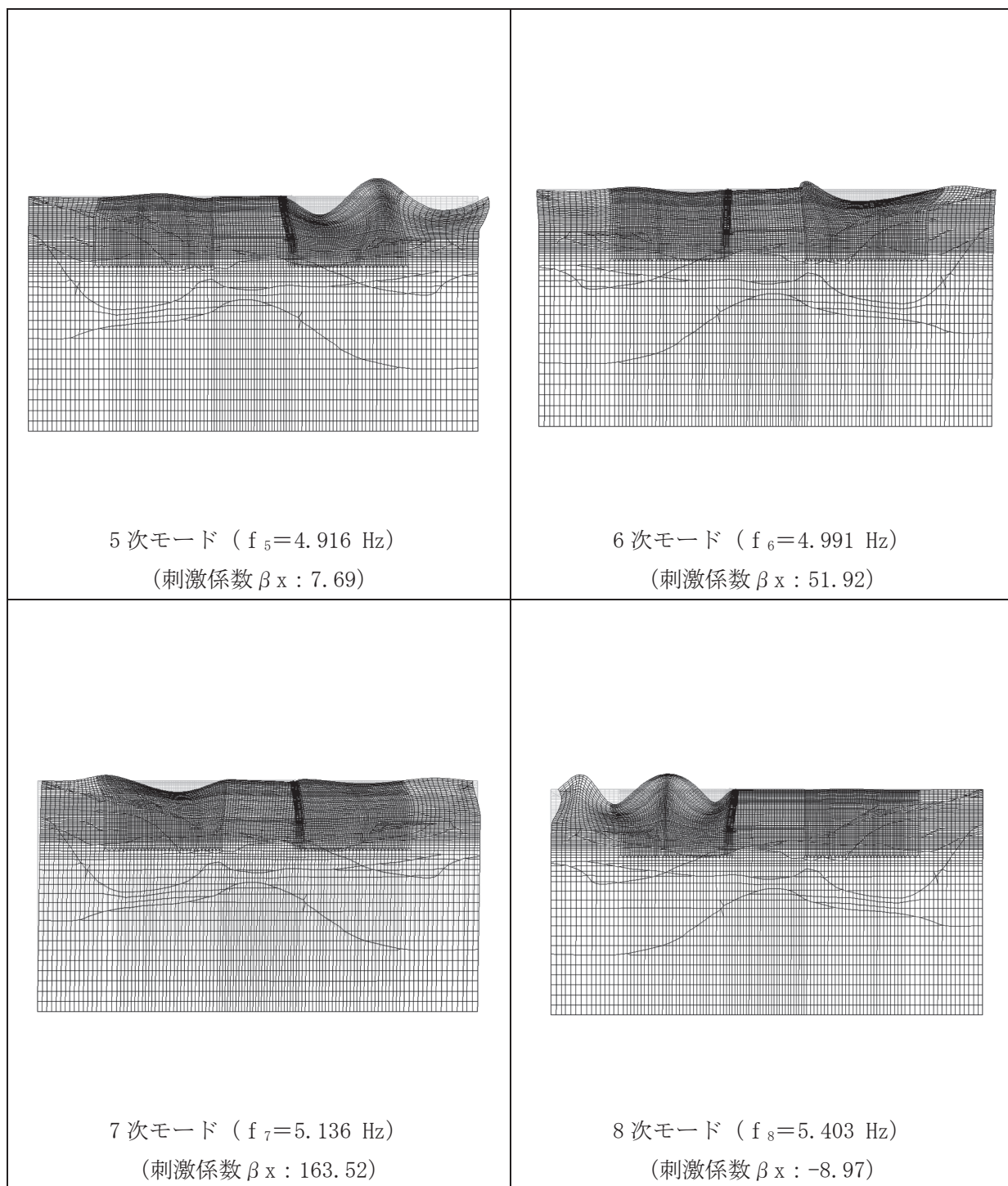


図 9-7(5) 固有値解析結果(NS 断面) (2/3)

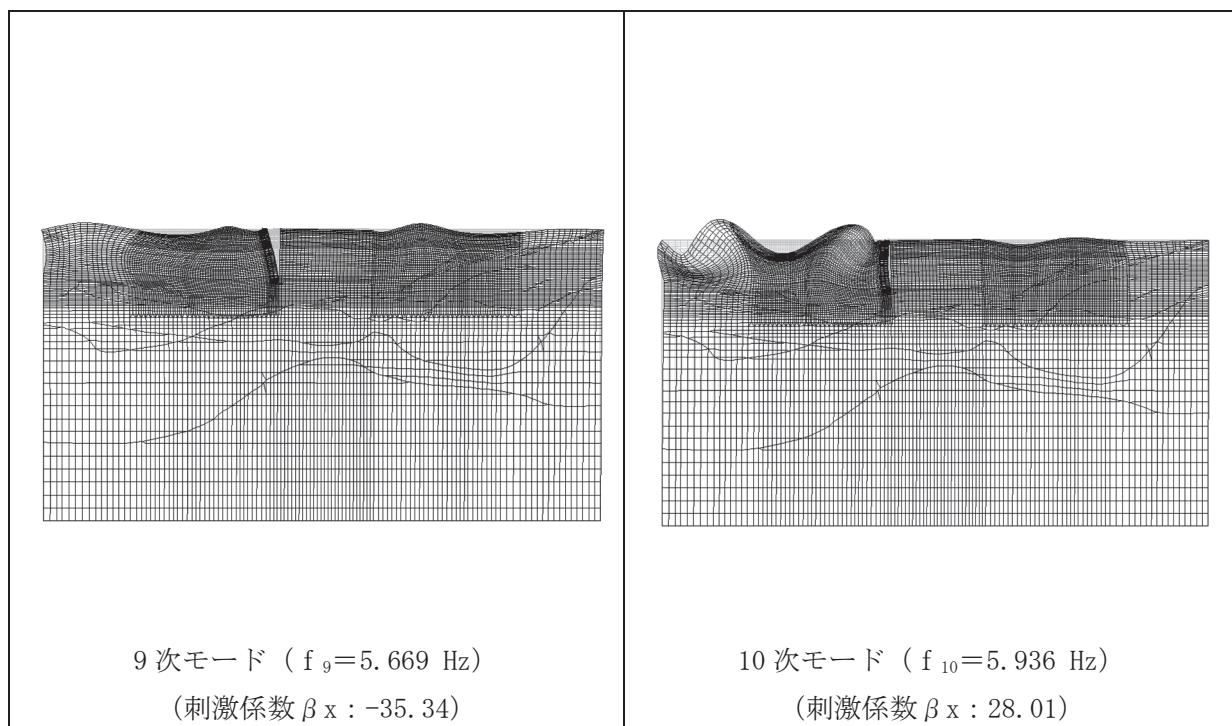


図 9-7(6) 固有値解析結果(NS 断面) (3/3)

表 9-3 Rayleigh 減衰における係数 α , β の設定結果

断面	α	β
EW 断面	4.400×10^{-1}	6.818×10^{-4}
NS 断面	4.688×10^{-1}	6.399×10^{-4}

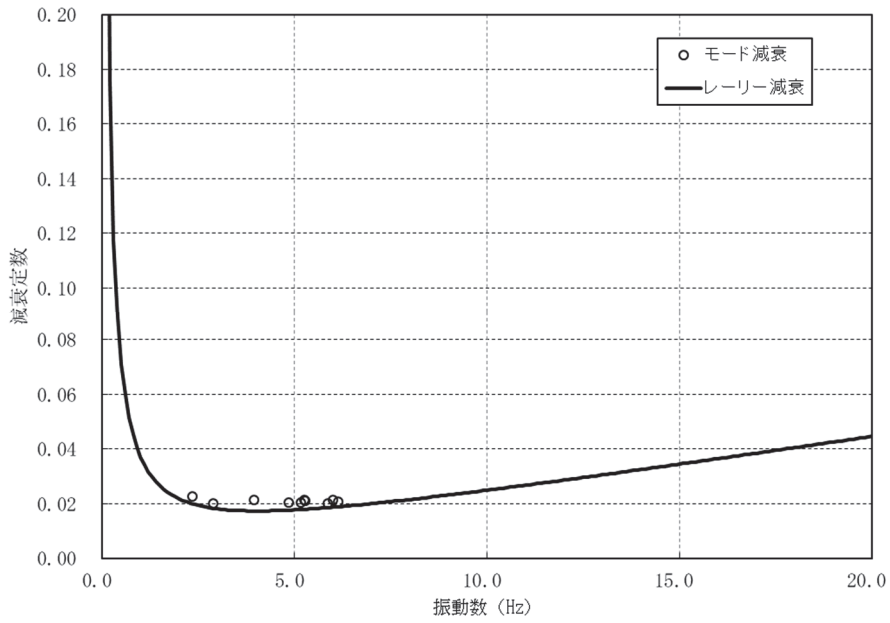


図 9-8(1) 設定した Rayleigh 減衰 (EW 断面)

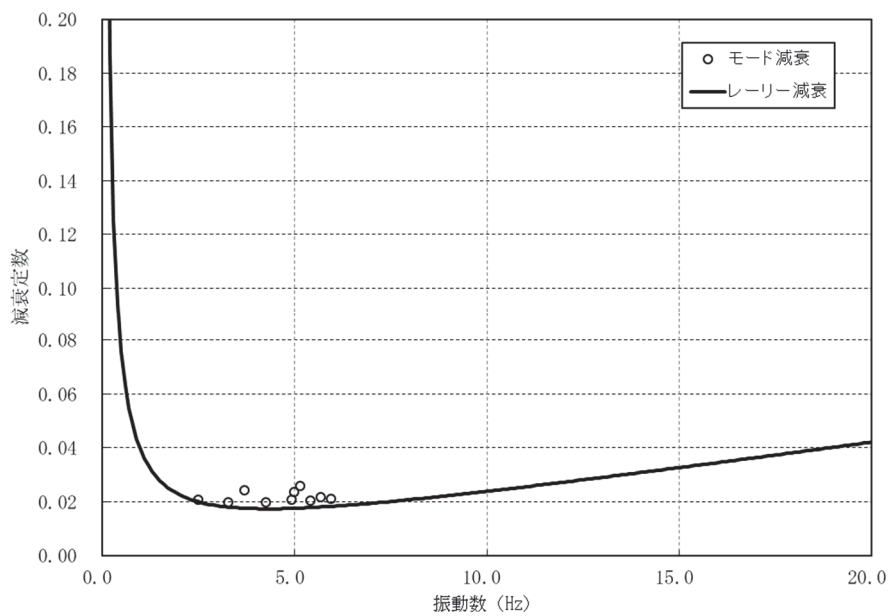


図 9-8(2) 設定した Rayleigh 減衰 (NS 断面)

9.2.4 地震応答解析の解析ケースの選定

(1) 浸水防止蓋の止水ジョイントの耐震評価における解析ケース

浸水防止蓋の止水ジョイントの耐震評価においては、すべての基準地震動 S_s に対し解析ケース①（基本ケース）を実施する。ケース①（基本ケース）により得られた最大応答変位と第3号機海水熱交換器建屋の地震応答解析により得られた最大応答変位（基本ケース）の合計値が最大の地震動を用いてケース②～④を実施する。浸水防止蓋の止水ジョイントの耐震評価における解析ケースを表9-4に示す。

表9-4 耐震評価における解析ケース

解析ケース			ケース①	ケース②	ケース③	ケース④
			基本ケース	地盤物性のばらつき (+1 σ) を考慮した解析ケース	地盤物性のばらつき (-1 σ) を考慮した解析ケース	材料物性（コンクリート）に実強度を考慮した解析ケース
地盤物性			平均値	平均値+1 σ	平均値-1 σ	平均値
材料物性			設計基準強度	設計基準強度	設計基準強度	推定に基づく圧縮強度*2
地震動 (位相)	$S_s - D1$	++*1	○	基準地震動 S_s (7波) に水平動の位相反転を考慮した地震動 (7波) を加えた全14波により照査を行ったケース① (基本ケース) により得られた最大応答変位と第3号機海水熱交換器建屋の地震応答解析により得られた最大応答変位 (基本ケース) の合計値が最大の地震動を用いてケース②～④を実施する。		
		-+*1	○			
	$S_s - D2$	++*1	○			
		-+*1	○			
	$S_s - D3$	++*1	○			
		-+*1	○			
	$S_s - F1$	++*1	○			
		-+*1	○			
	$S_s - F2$	++*1	○			
		-+*1	○			
	$S_s - F3$	++*1	○			
		-+*1	○			
	$S_s - N1$	++*1	○			
		-+*1	○			

注記*1：耐震評価にあたっては、土木学会 2005年 原子力発電所屋外重要土木構造物の耐震性能照査指針・マニュアルに従い、水平方向の位相反転を考慮する。地震動の位相について、++の左側は水平動、右側は鉛直動を表し、「-」は位相を反転させたケースを示す。

*2：新設構造物のため推定した圧縮強度を使用する。

(2) 躯体の耐震評価における解析ケース

躯体の耐震評価においては、すべての基準地震動 S_s に対し、解析ケース①（基本ケース）を実施する。解析ケース①において、曲げ・軸力系の破壊、せん断破壊及び地盤の支持力照査の照査項目ごとに照査値が 0.5 以上となるすべての照査項目に対して、最も厳しい地震動を用いて、解析ケース②～④を実施する。耐震評価における解析ケースを表 9-5 に示す。

表 9-5 耐震評価における解析ケース

解析ケース		ケース①	ケース②	ケース③	ケース④
		基本ケース	地盤物性のばらつき (+1 σ) を考慮した解析ケース	地盤物性のばらつき (-1 σ) を考慮した解析ケース	材料物性（コンクリート）に実強度を考慮した解析ケース
地盤物性		平均値	平均値+1 σ	平均値-1 σ	平均値
材料物性		設計基準強度	設計基準強度	設計基準強度	推定に基づく圧縮強度*2
地震動 位相)	$S_s - D 1$	++*1	○		
		-+*1	○		
	$S_s - D 2$	++*1	○		
		-+*1	○		
	$S_s - D 3$	++*1	○		
		-+*1	○		
	$S_s - F 1$	++*1	○		
		-+*1	○		
	$S_s - F 2$	++*1	○		
		-+*1	○		
	$S_s - F 3$	++*1	○		
		-+*1	○		
	$S_s - N 1$	++*1	○		
		-+*1	○		

基準地震動 S_s （7 波）に水平動の位相反転を考慮した地震動（7 波）を加えた全 14 波により照査を行ったケース①（基本ケース）の結果から、曲げ・軸力系の破壊、せん断破壊及び基礎地盤の支持力照査の照査項目ごとに照査値が 0.5 以上となる照査項目に対して、最も厳しい（許容限界に対する裕度が最も小さい）地震動を用いてケース②～④を実施する。

すべての照査項目の照査値がいずれも 0.5 未満の場合は、照査値が最も厳しくなる地震動を用いてケース②～④を実施する。

注記*1：耐震評価にあたっては、土木学会 2005 年 原子力発電所屋外重要土木構造物の耐震性能照査指針・マニュアルに従い、水平方向の位相反転を考慮する。地震動の位相について、++の左側は水平動、右側は鉛直動を表し、「-」は位相を反転させたケースを示す。

*2：新設構造物のため推定した圧縮強度を使用する。

9.3 荷重及び荷重の組合せ

荷重及び荷重の組合せは、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき設定する。

9.3.1 耐震評価上考慮する状態

第3号機補機冷却海水系放水ピットの地震応答解析において、地震以外に考慮する状態を以下に示す。

(1) 運転時の状態

発電用原子炉施設が運転状態にあり、通常の条件下におかれている状態。ただし、運転時の異常な過渡変化時の影響を受けないことから考慮しない。

(2) 設計基準事故時の状態

設計基準事故時の影響を受けないことから考慮しない。

(3) 設計用自然条件

積雪を考慮する。埋設構造物であるため風の影響は考慮しない。

(4) 重大事故等時の状態

重大事故等時の影響を受けないことから考慮しない。

9.3.2 荷重

第3号機補機冷却海水系放水ピットの地震応答解析において、考慮する荷重を以下に示す。

(1) 固定荷重 (G)

固定荷重として、躯体自重を考慮する。

(2) 積載荷重 (P)

積載荷重として、積雪荷重 P_s を含めて地表面に 4.9kN/m^2 を考慮する。

(3) 積雪荷重 (P_s)

積雪荷重として、発電所の最寄りの気象官署である石巻特別地域気象観測所で観測された月最深積雪の最大値である 43cm に平均的な積雪荷重を与えるための係数 0.35 を考慮した値を設定する。また、建築基準法施行令第86条第2項により、積雪量 1cm ごとに 20N/m^2 の積雪荷重が作用することを考慮する。

(4) 地震荷重 (S_s)

基準地震動 S_s による荷重を考慮する。

9.3.3 荷重の組合せ

荷重の組合せを表 9-6 に示す。

表 9-6 荷重の組合せ

外力の状態	荷重の組合せ
地震時 (S_s)	$G + P + S_s$

G : 固定荷重

P : 積載荷重 (積雪荷重 P_s を含めて 4.9kN/m^2 を地表面に考慮)

S_s : 地震荷重 (基準地震動 S_s)

9.4 入力地震動

入力地震動は、添付書類「VI-2-1-6 地震応答解析の基本方針」のうち、「2.3 屋外重要土木構造物」に示す入力地震動の設定方針を踏まえて設定する。

地震応答解析に用いる入力地震動は、解放基盤表面で定義される基準地震動 S_s を一次元重複反射理論により地震応答解析モデル下端位置で評価したものをを用いる。なお、入力地震動の設定に用いる地下構造モデルは、添付書類「VI-2-1-3 地盤の支持性能に係る基本方針」のうち「7.1 入力地震動の設定に用いる地下構造モデル」を用いる。

図9-9に入力地震動算定の概念図を、図9-10～図9-23にEW断面の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトルを、図9-24～図9-37にNS断面の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトルを示す。入力地震動の算定には、解析コード「Ark Quake Ver. 3.10」を使用する。解析コードの検証及び妥当性確認の概要については、添付書類「VI-5 計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

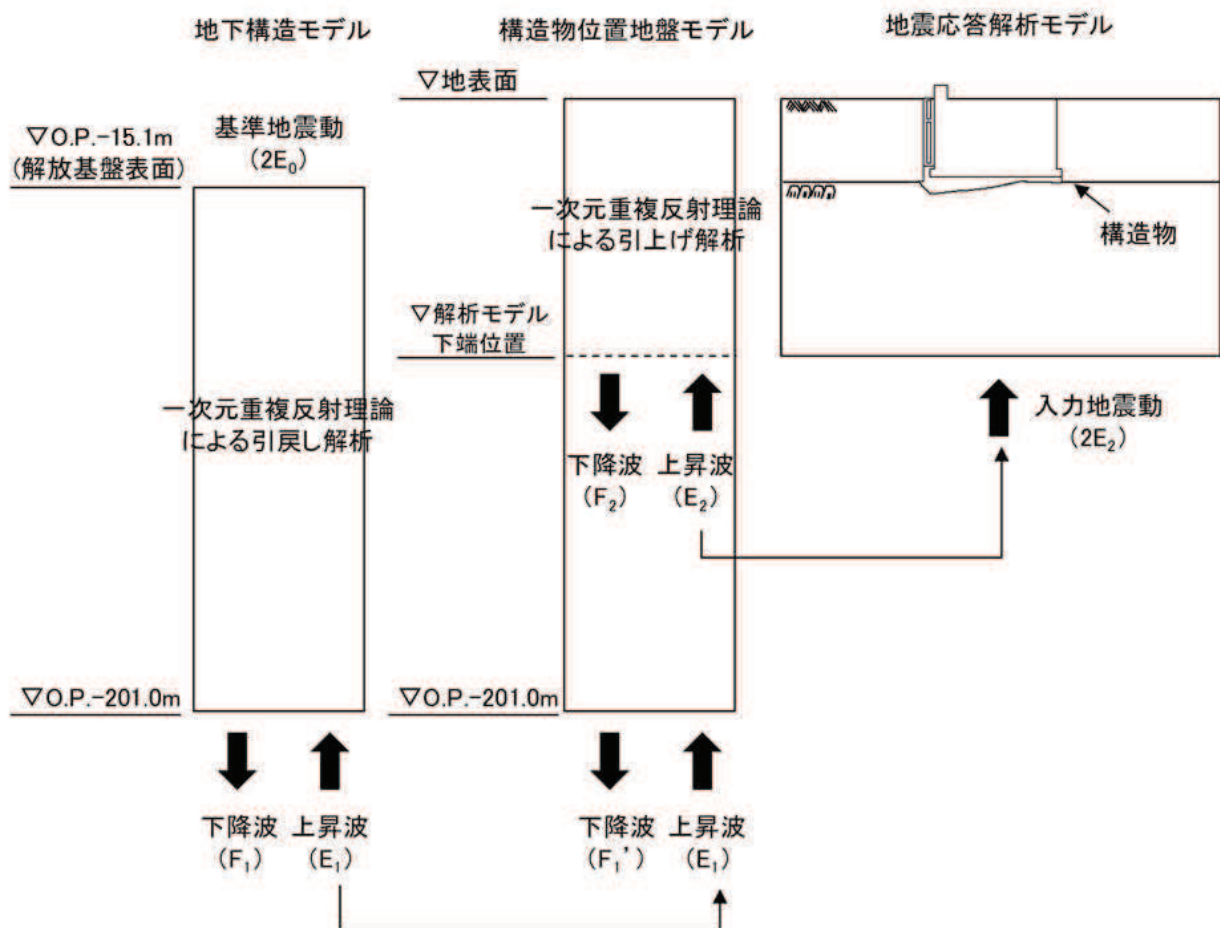
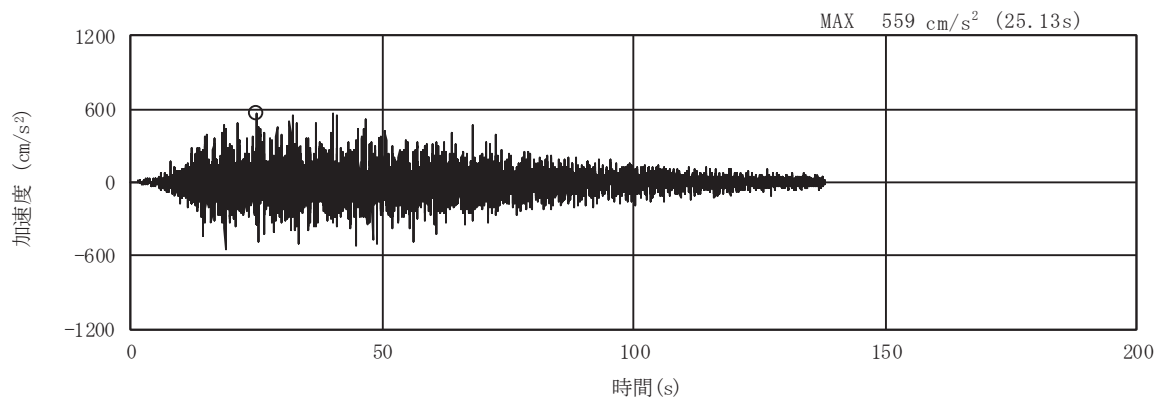
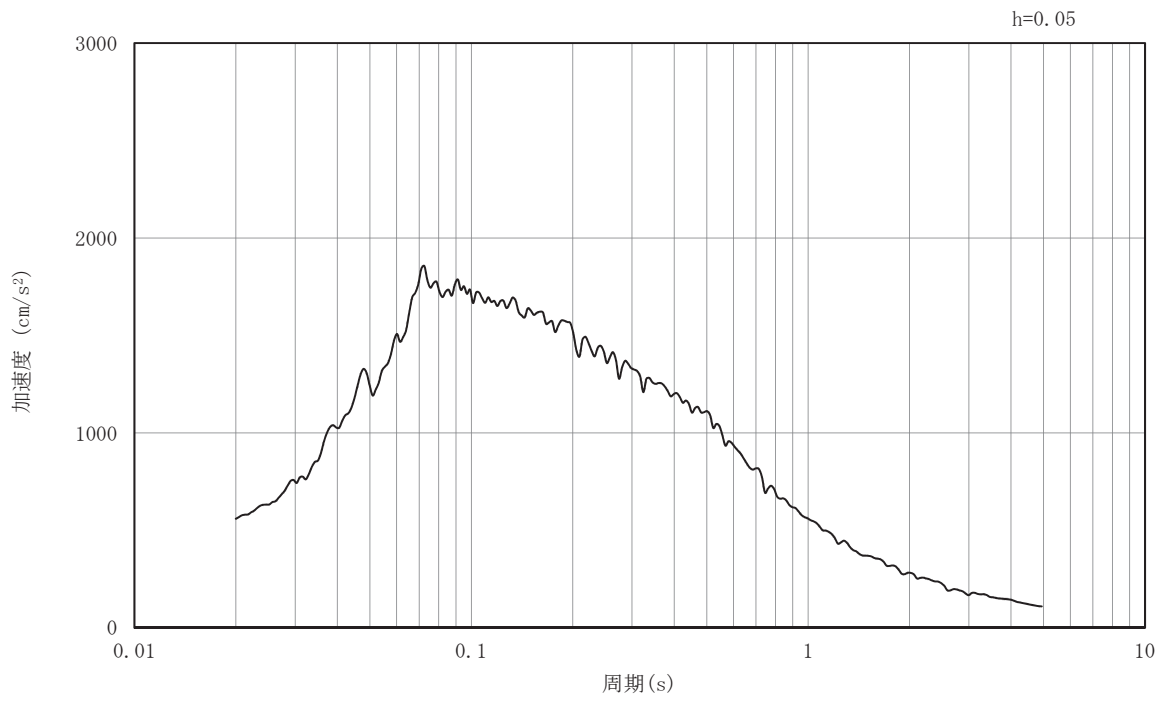


図 9-9 入力地震動算定の概念図

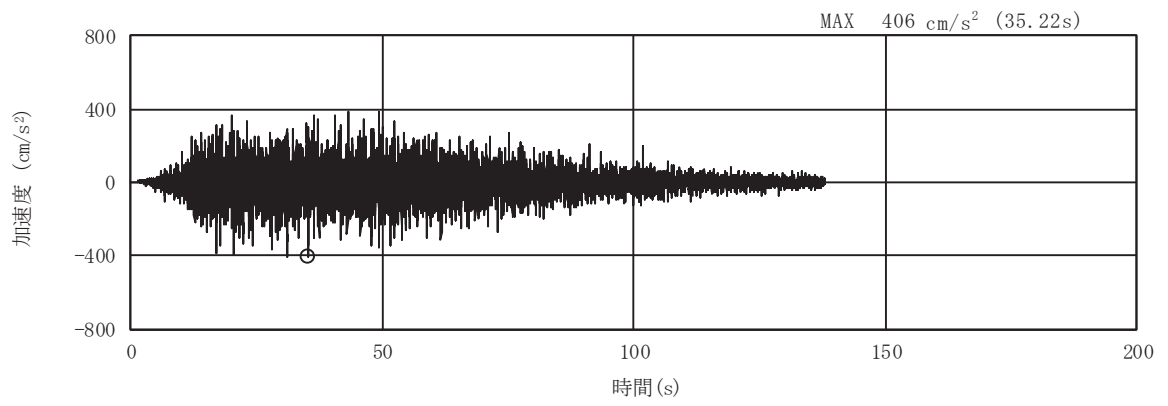


(a) 加速度時刻歴波形

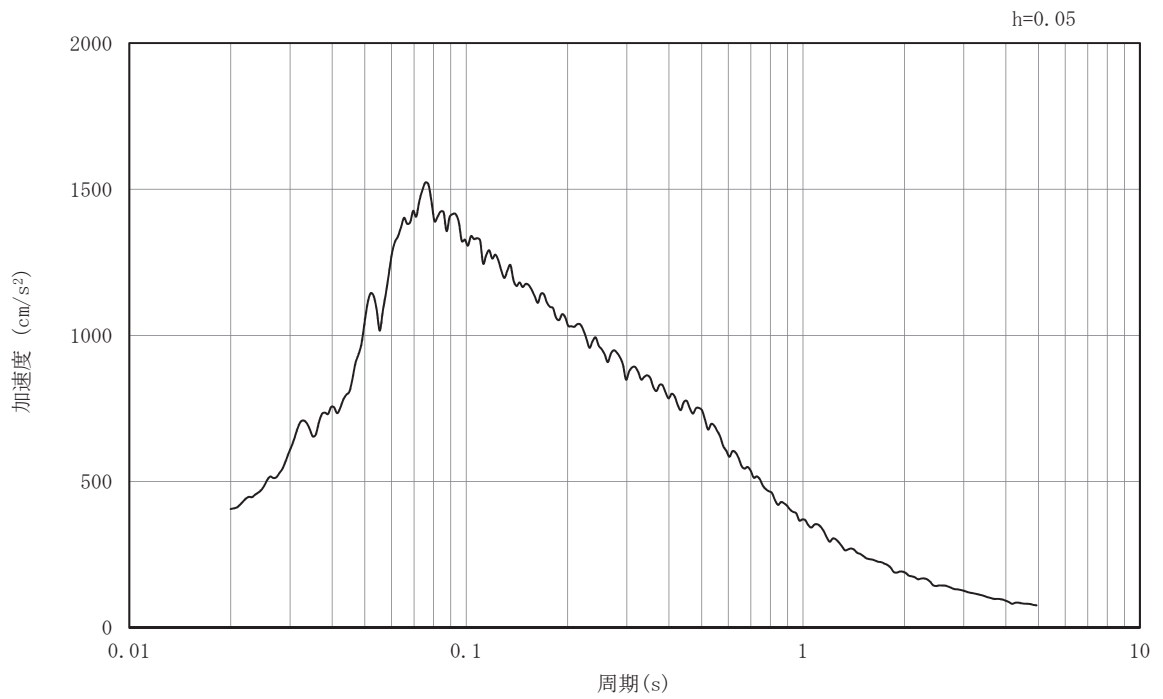


(b) 加速度応答スペクトル

図9-10 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(EW断面 水平成分 : S s - D 1)

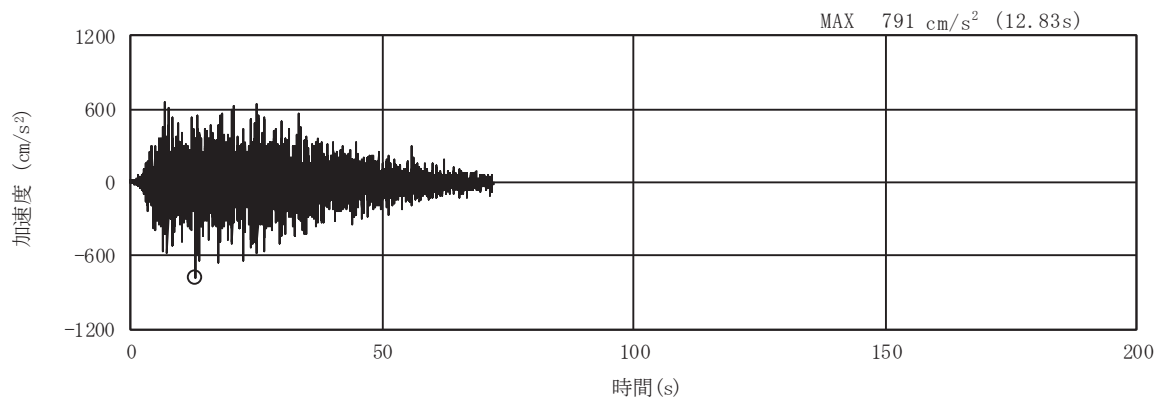


(a) 加速度時刻歴波形

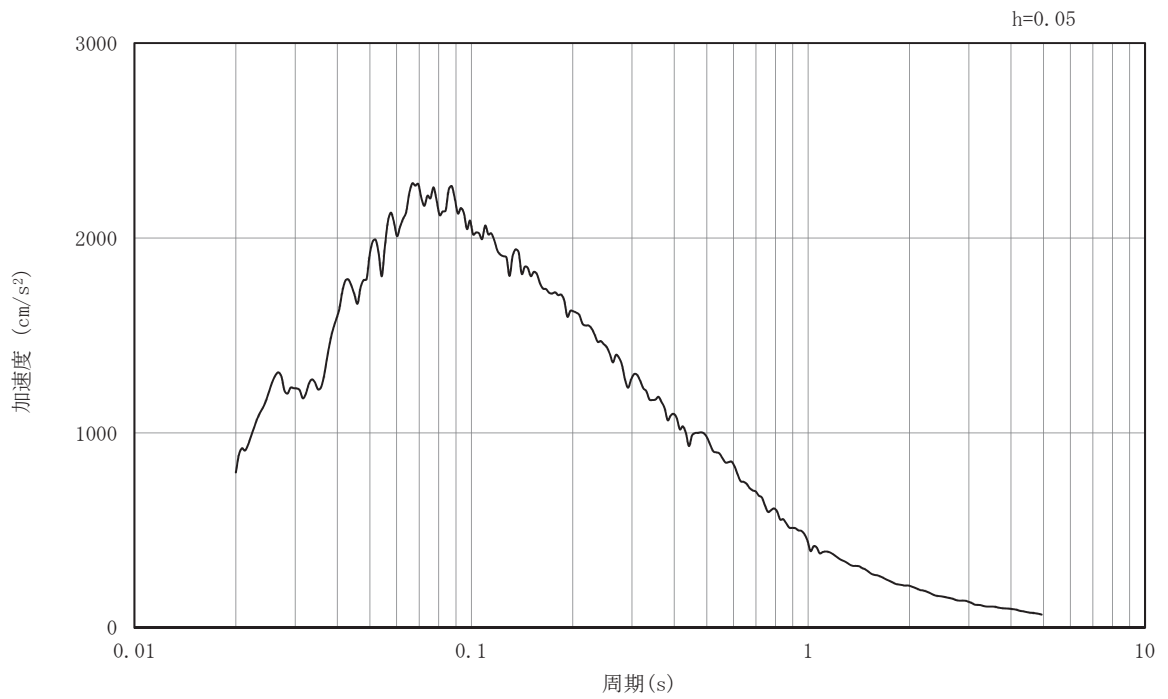


(b) 加速度応答スペクトル

図9-11 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(EW断面 鉛直成分 : S s - D 1)

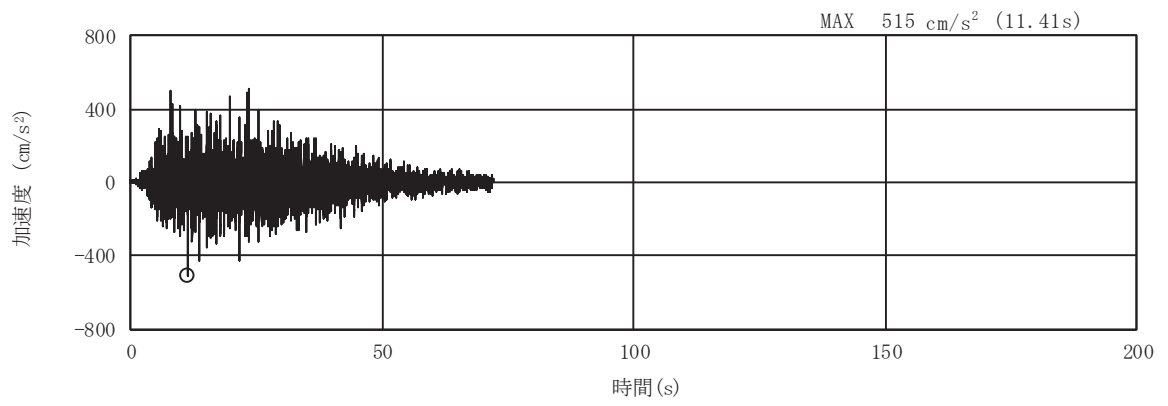


(a) 加速度時刻歴波形

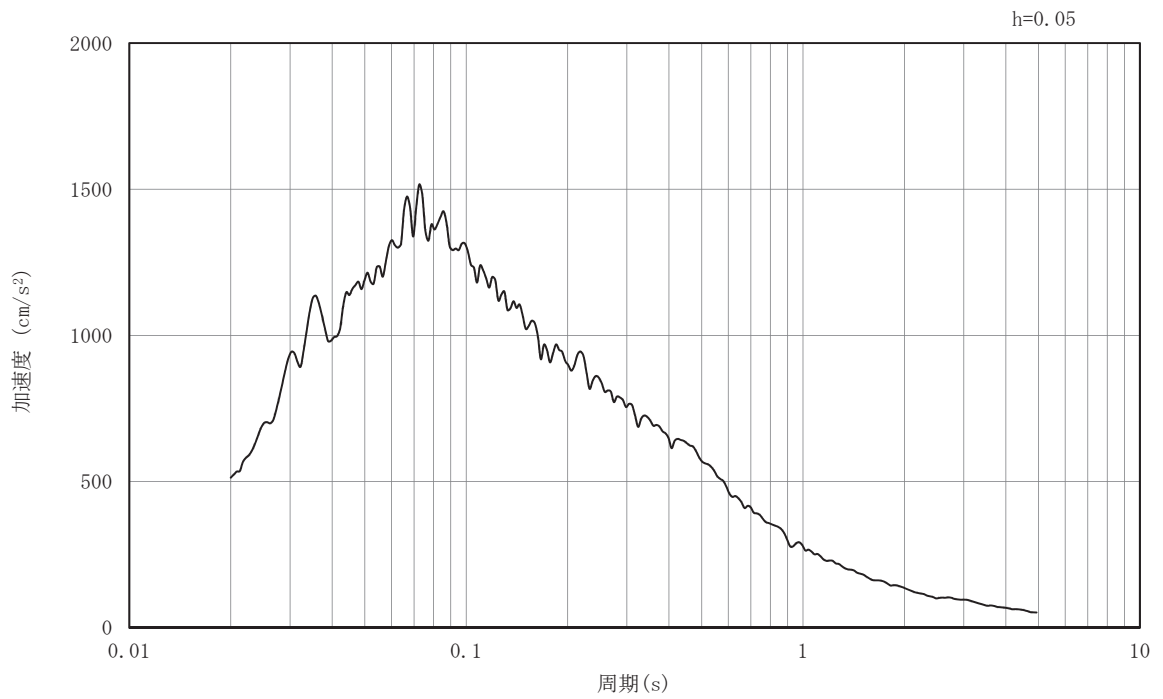


(b) 加速度応答スペクトル

図9-12 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(EW断面 水平成分 : S s - D 2)

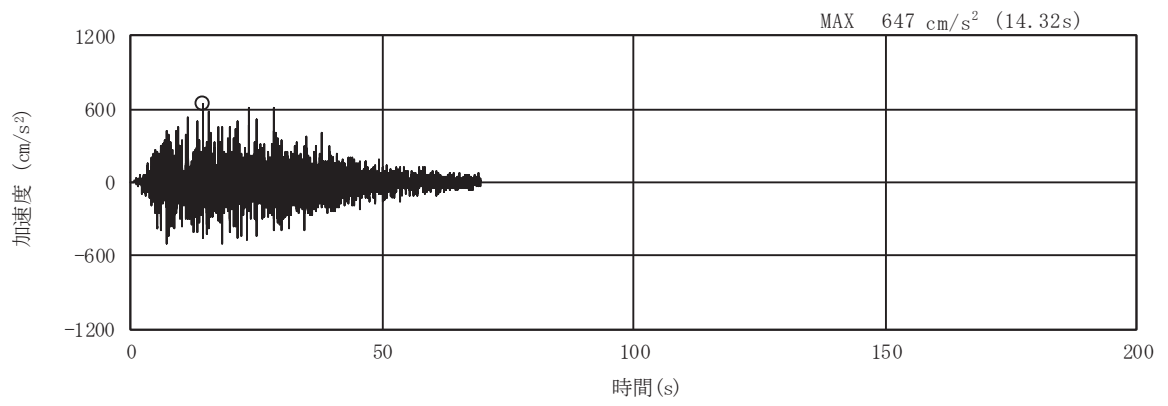


(a) 加速度時刻歴波形

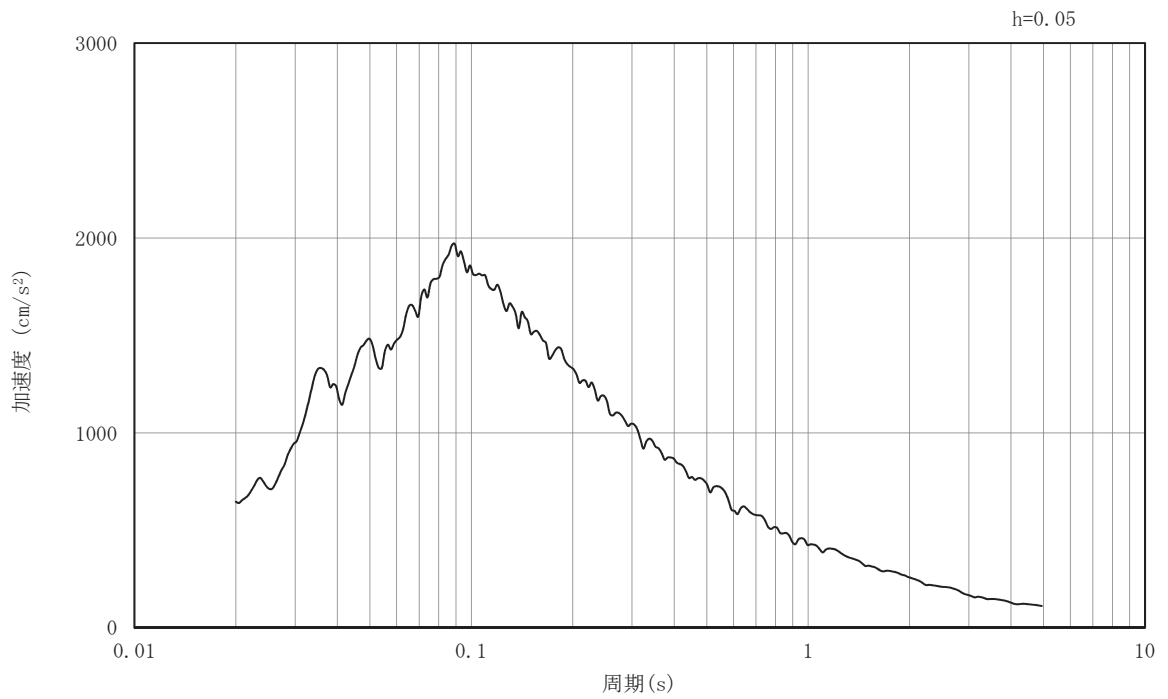


(b) 加速度応答スペクトル

図9-13 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(EW断面 鉛直成分 : S s - D 2)

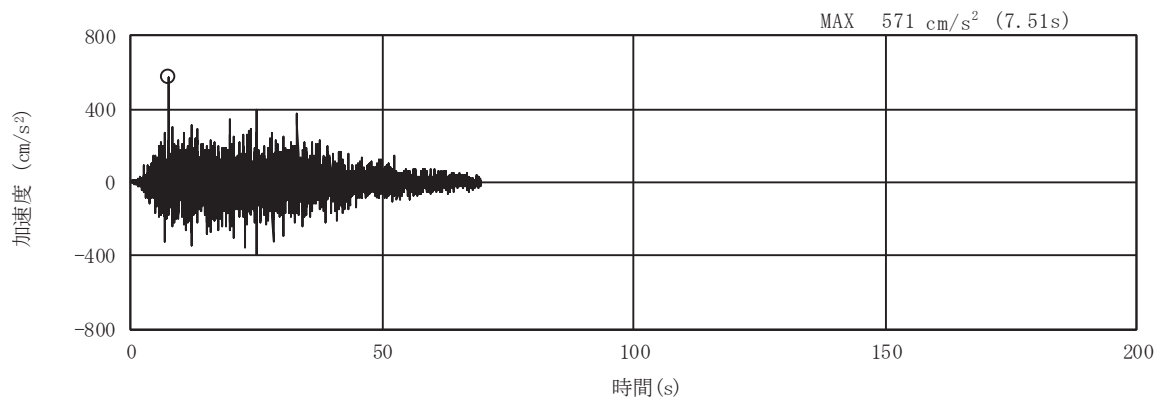


(a) 加速度時刻歴波形

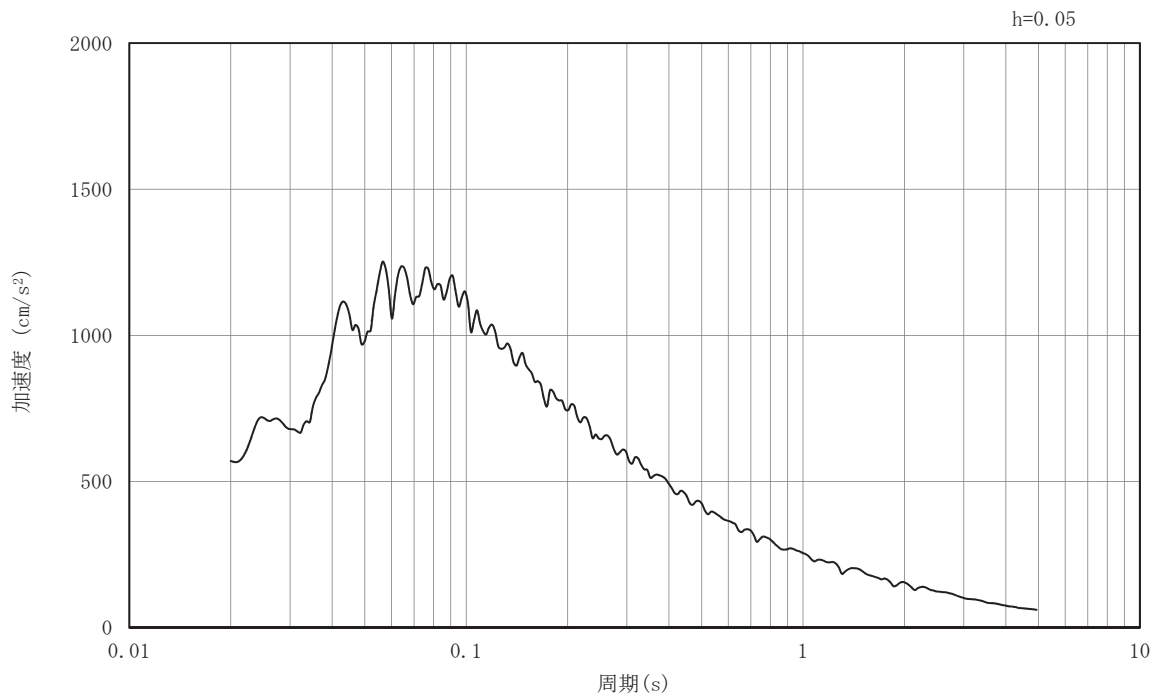


(b) 加速度応答スペクトル

図9-14 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(EW断面 水平成分 : S s - D 3)

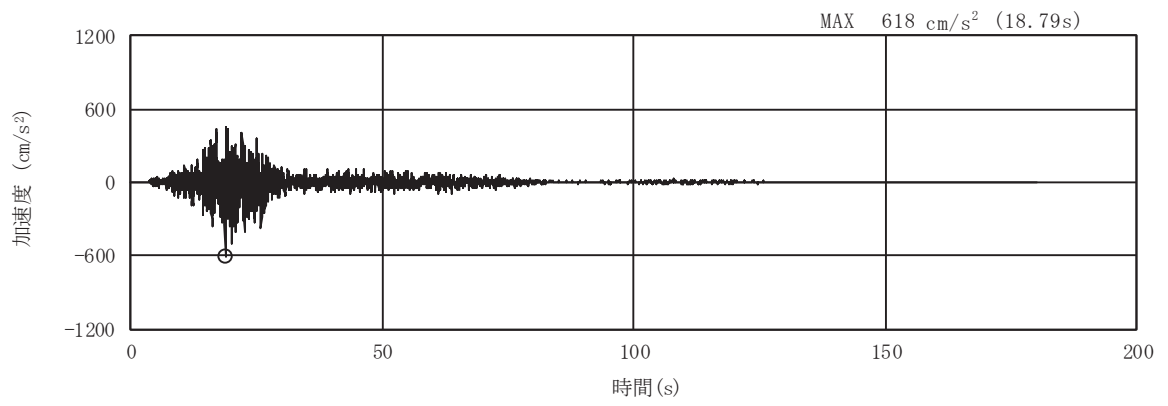


(a) 加速度時刻歴波形

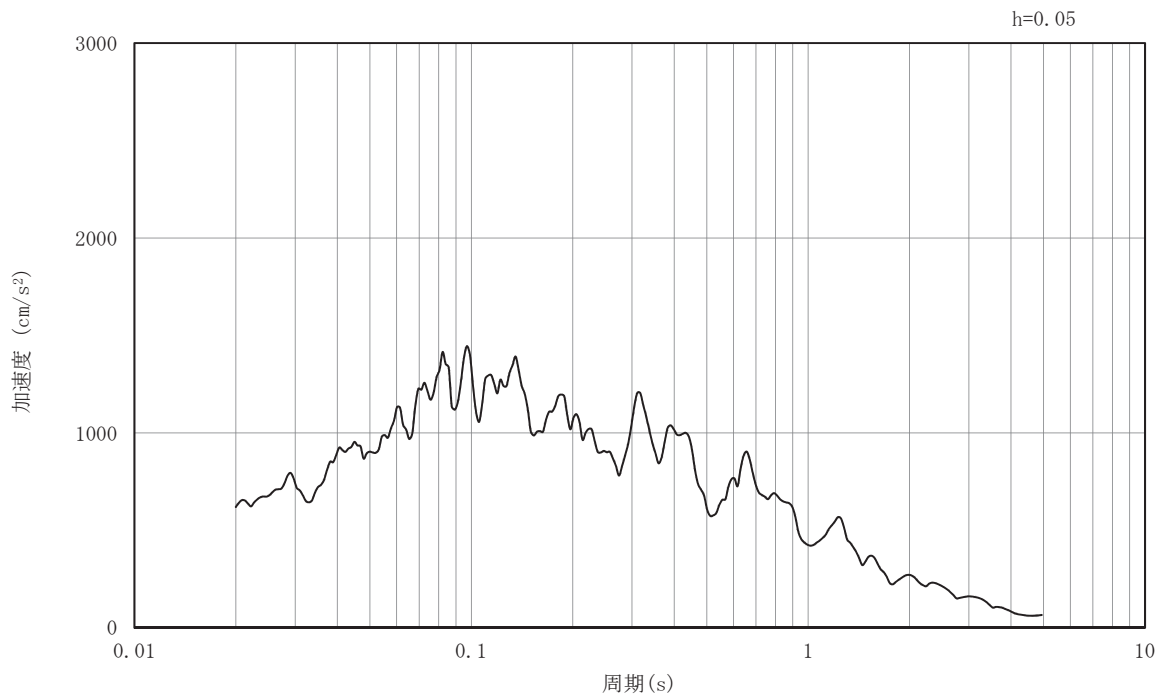


(b) 加速度応答スペクトル

図9-15 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(EW断面 鉛直成分 : S s - D 3)

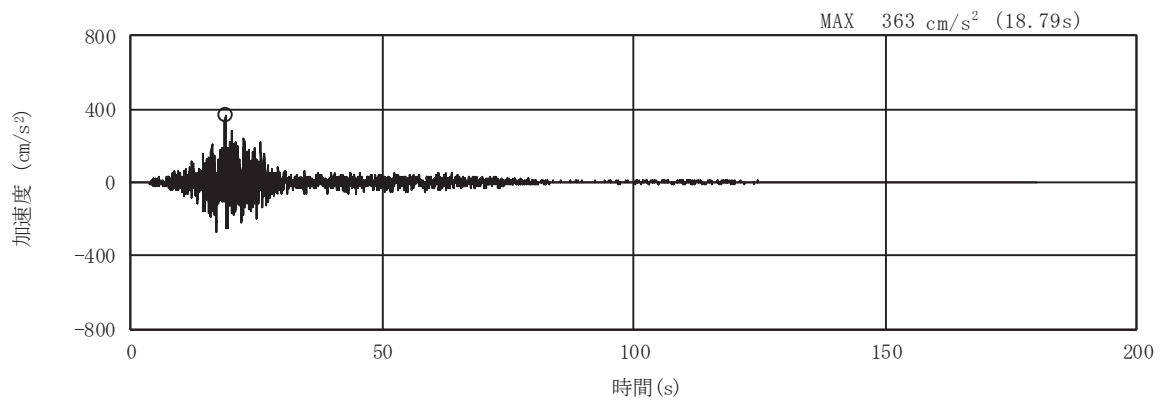


(a) 加速度時刻歴波形

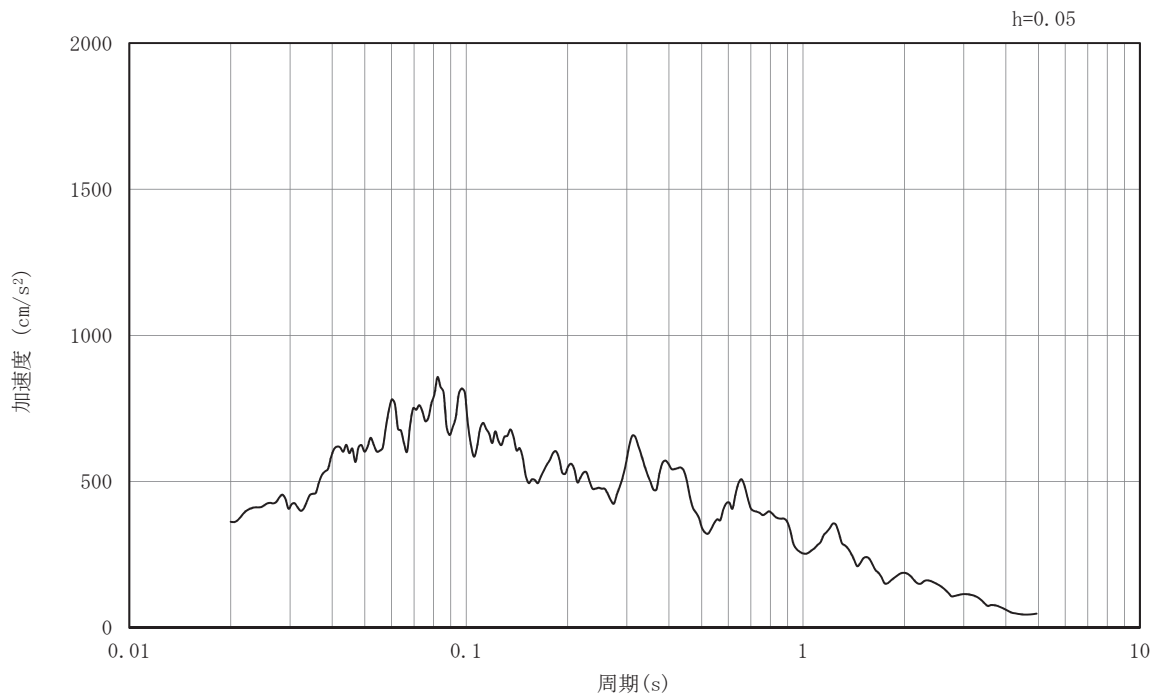


(b) 加速度応答スペクトル

図9-16 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(EW断面 水平成分 : S s - F 1)

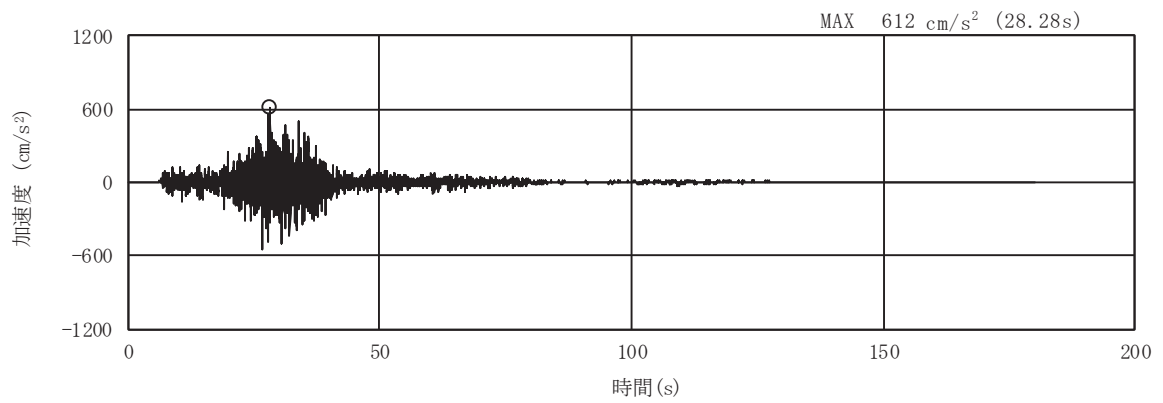


(a) 加速度時刻歴波形

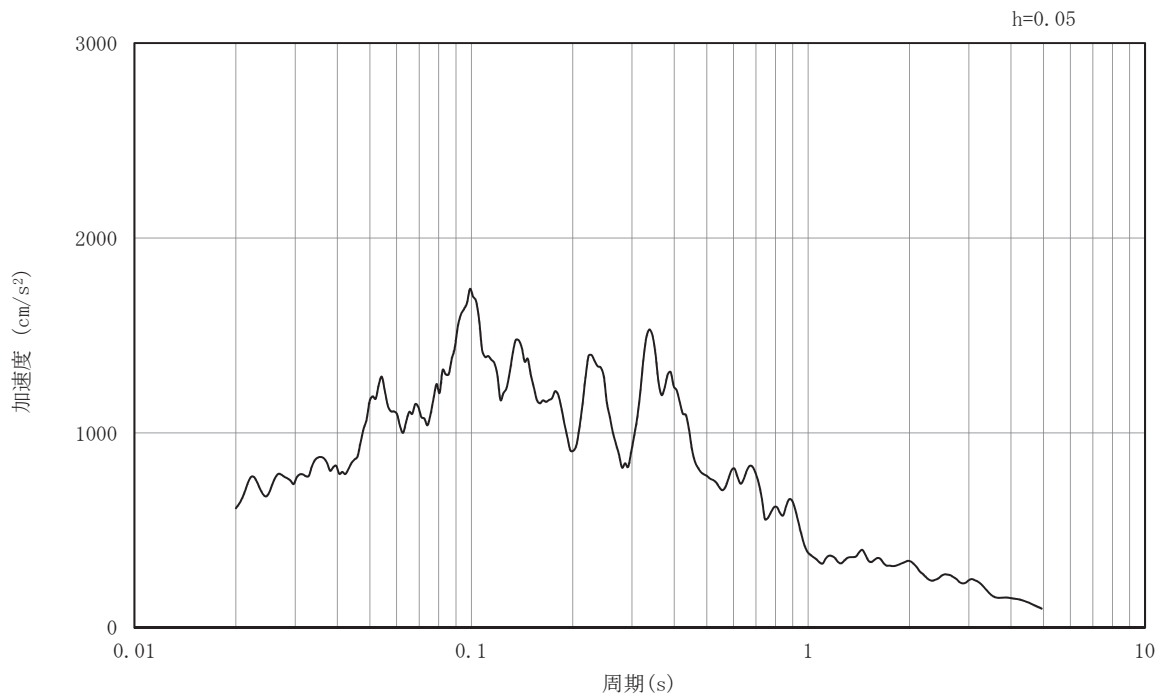


(b) 加速度応答スペクトル

図9-17 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(EW断面 鉛直成分 : S s - F 1)

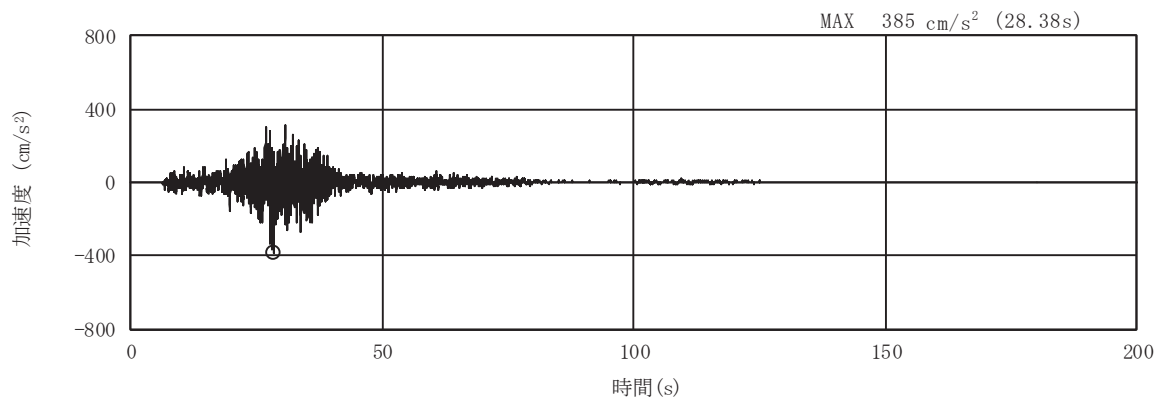


(a) 加速度時刻歴波形

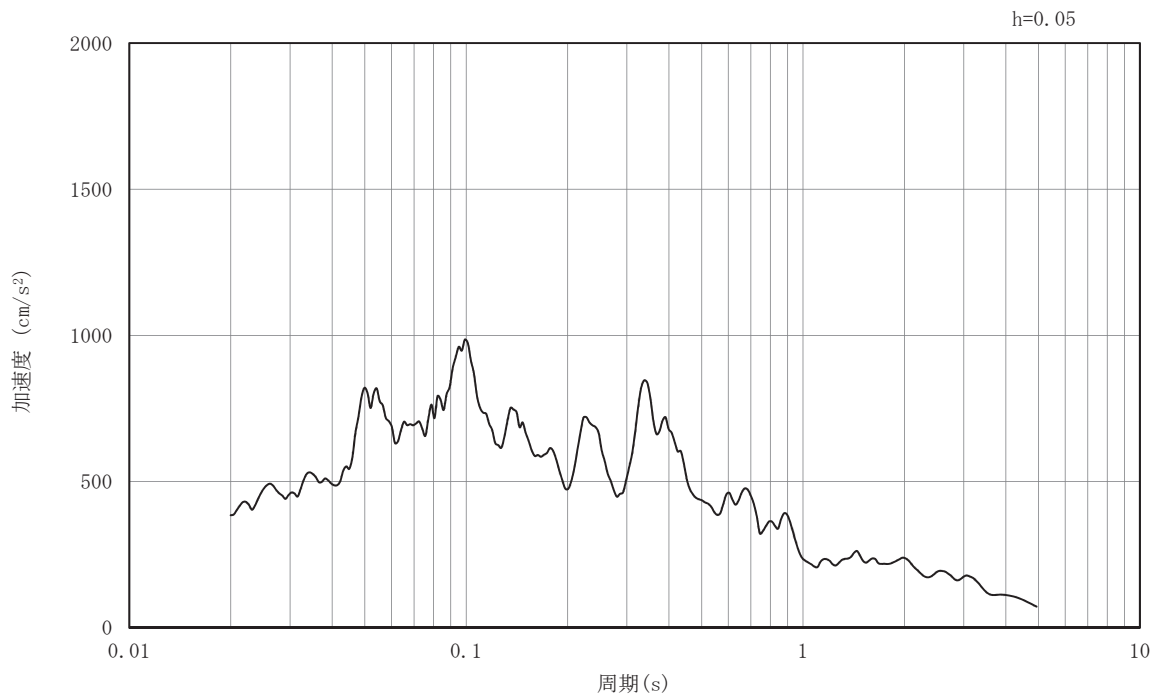


(b) 加速度応答スペクトル

図9-18 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(EW断面 水平成分 : S s - F 2)

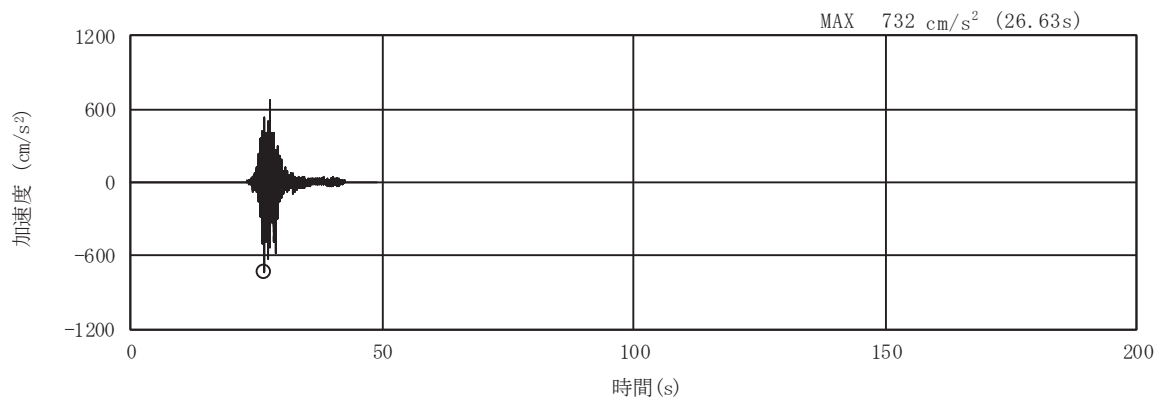


(a) 加速度時刻歴波形

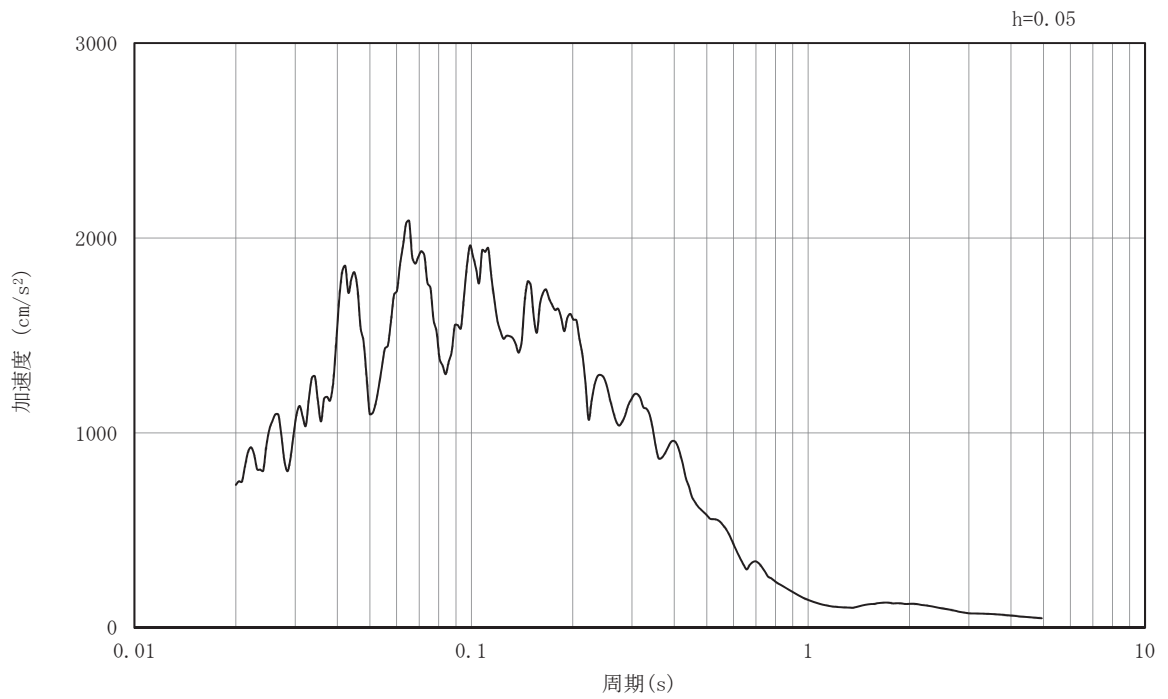


(b) 加速度応答スペクトル

図9-19 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(EW断面 鉛直成分 : S s - F 2)

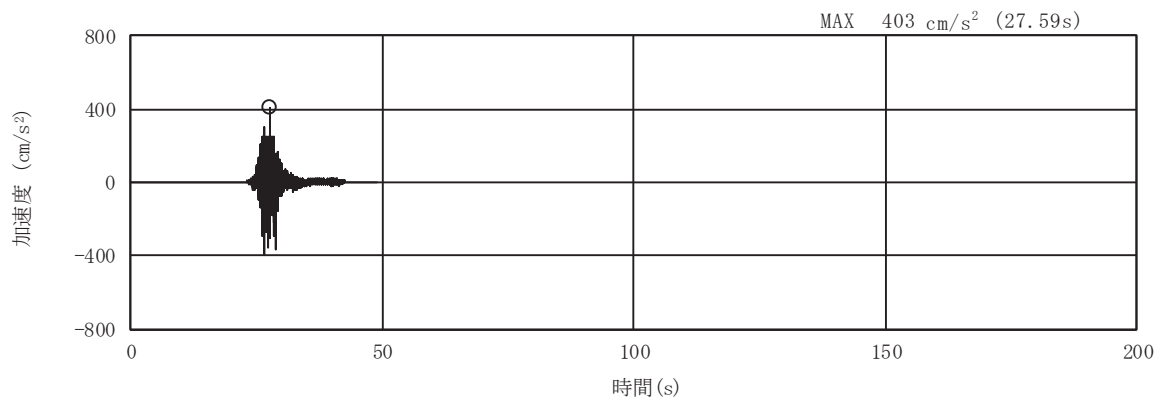


(a) 加速度時刻歴波形

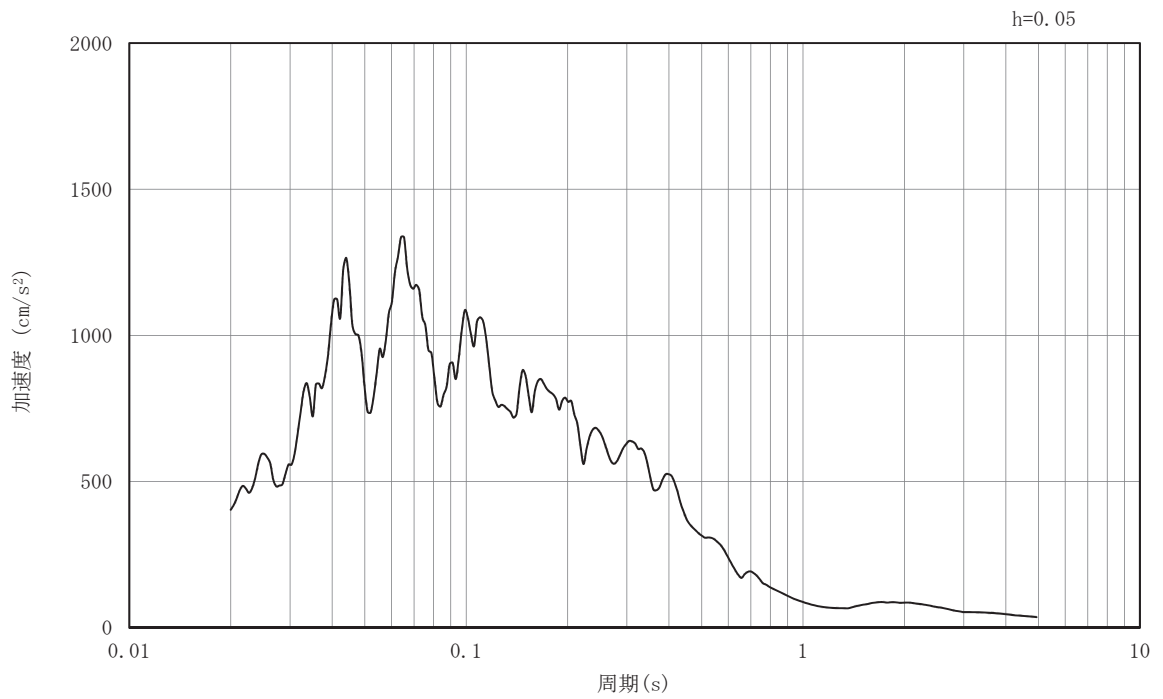


(b) 加速度応答スペクトル

図9-20 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(EW断面 水平成分 : S s - F 3)

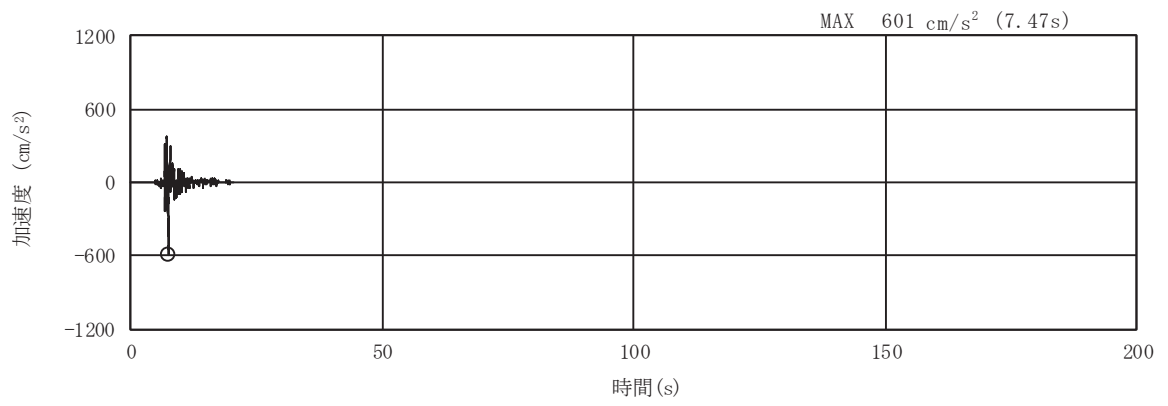


(a) 加速度時刻歴波形

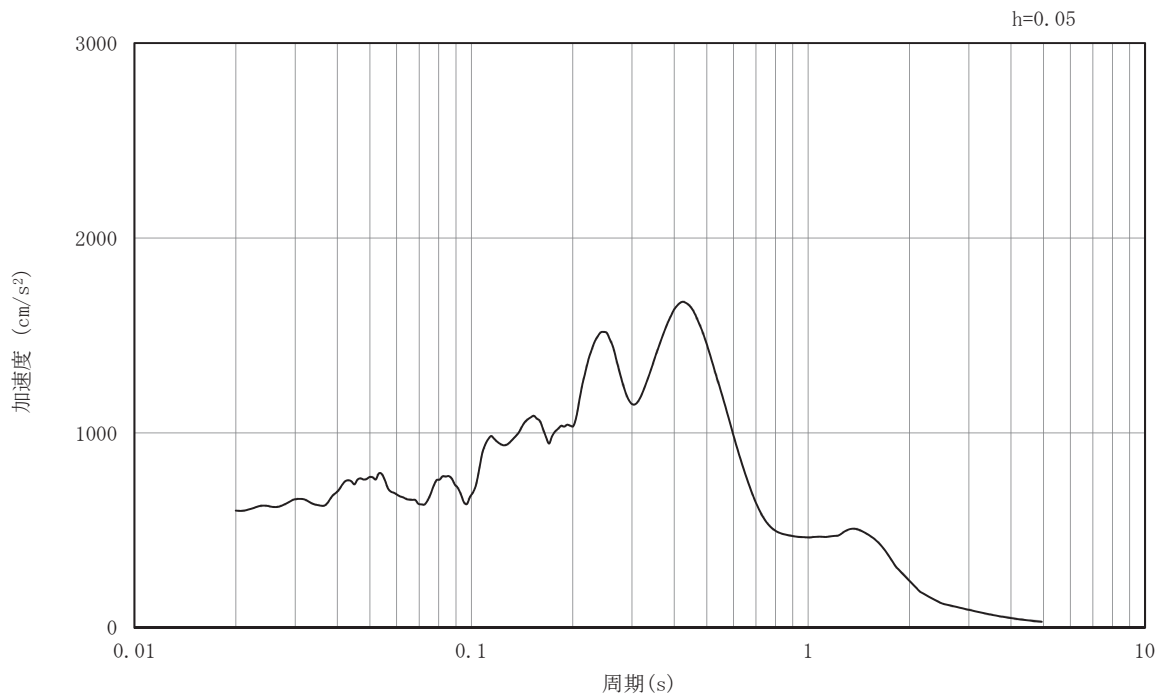


(b) 加速度応答スペクトル

図9-21 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(EW断面 鉛直成分 : S s - F 3)

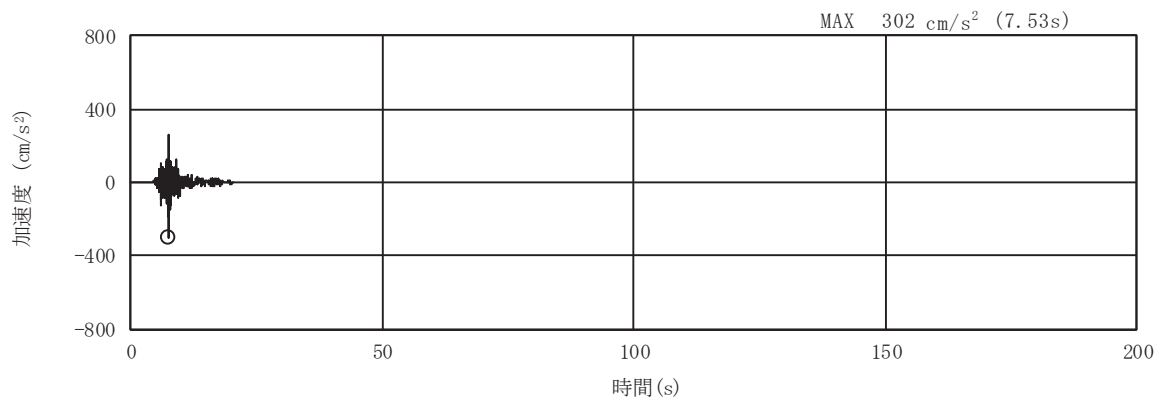


(a) 加速度時刻歴波形

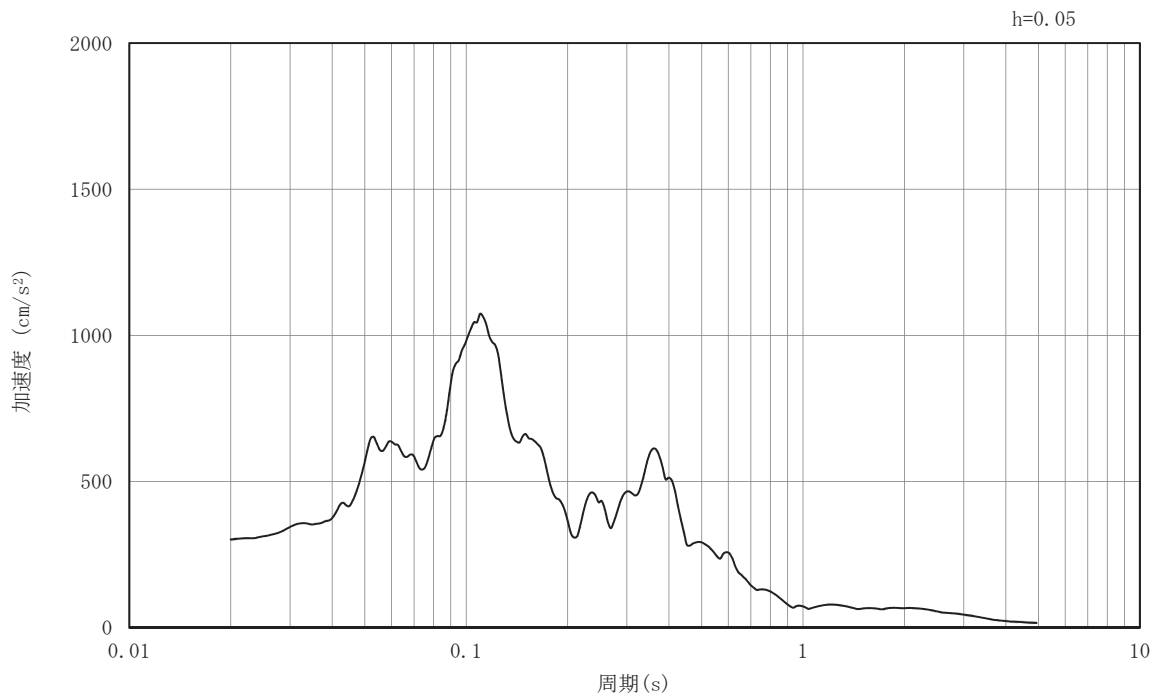


(b) 加速度応答スペクトル

図9-22 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(EW断面 水平成分 : S s - N 1)

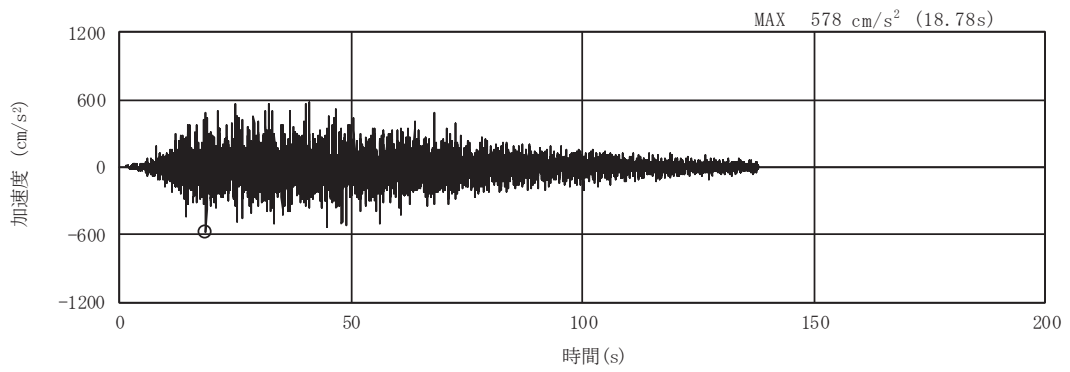


(a) 加速度時刻歴波形

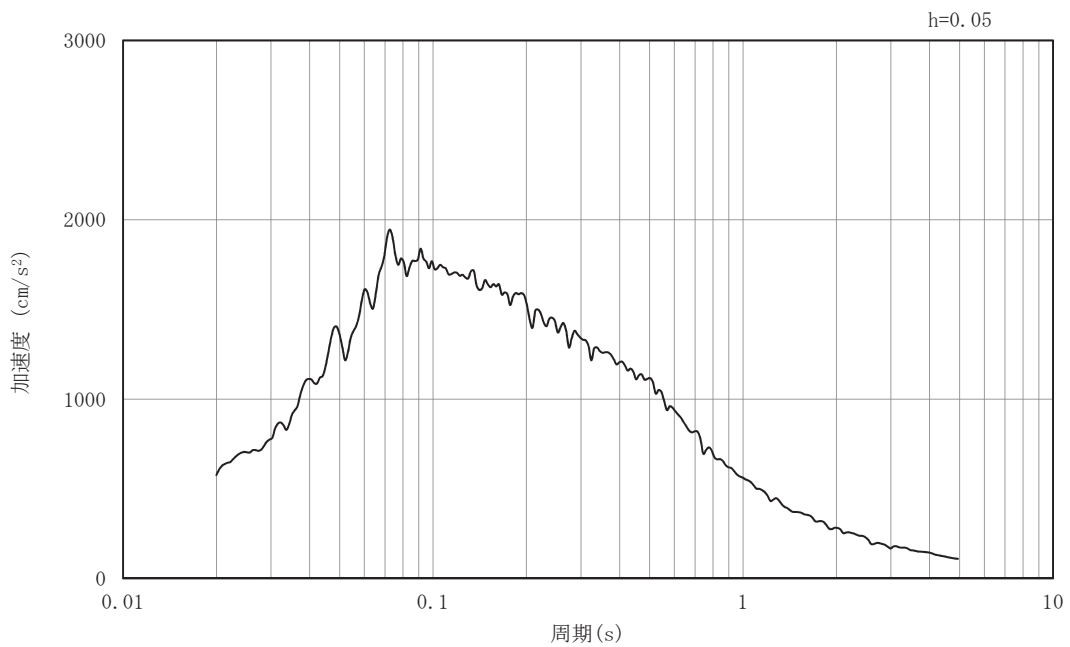


(b) 加速度応答スペクトル

図9-23 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(EW断面 鉛直成分 : S s - N 1)

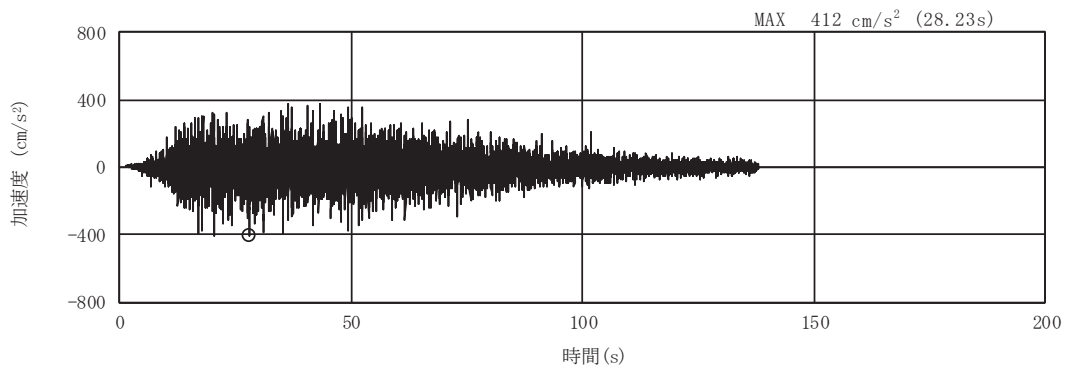


(a) 加速度時刻歴波形

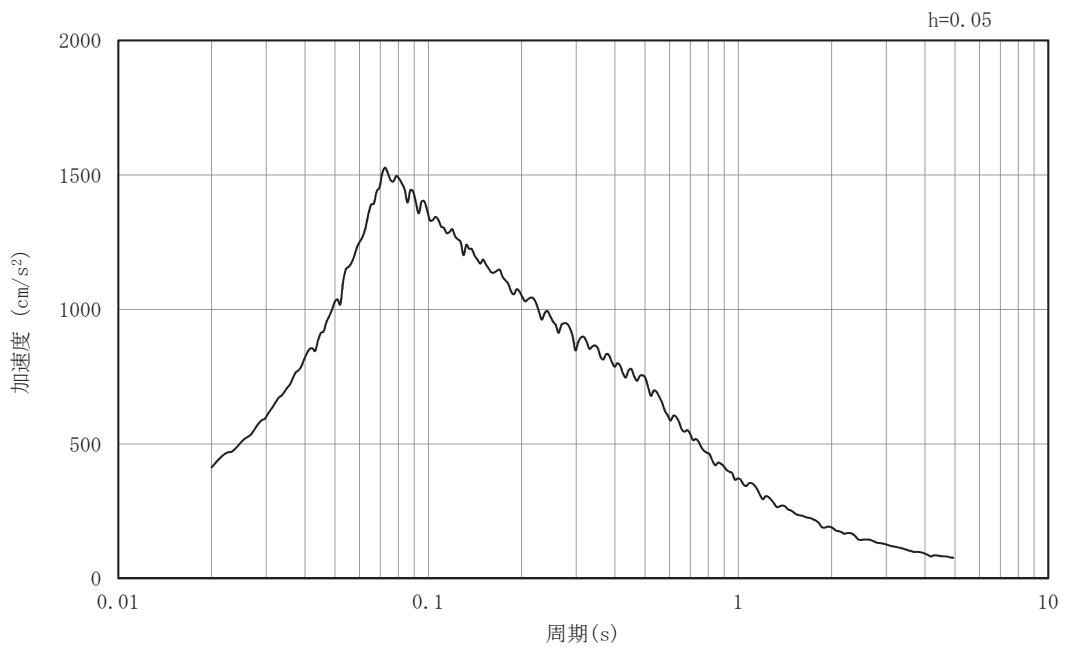


(b) 加速度応答スペクトル

図9-24 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(NS断面 水平成分：S s - D 1)

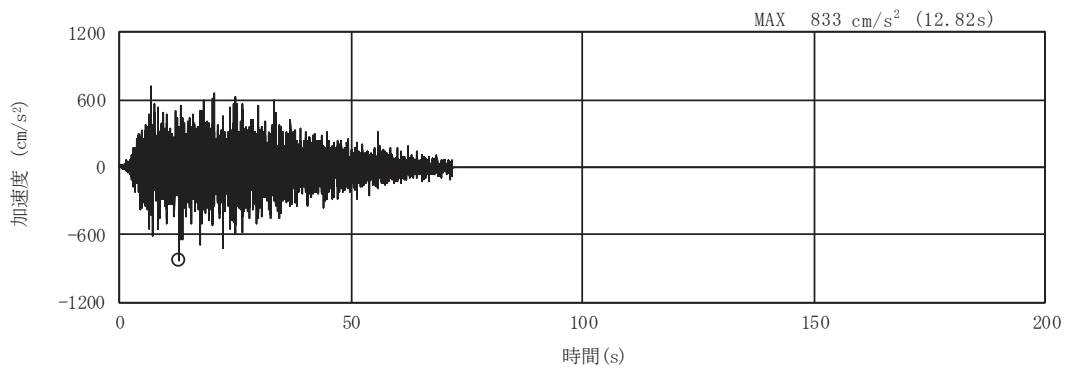


(a) 加速度時刻歴波形

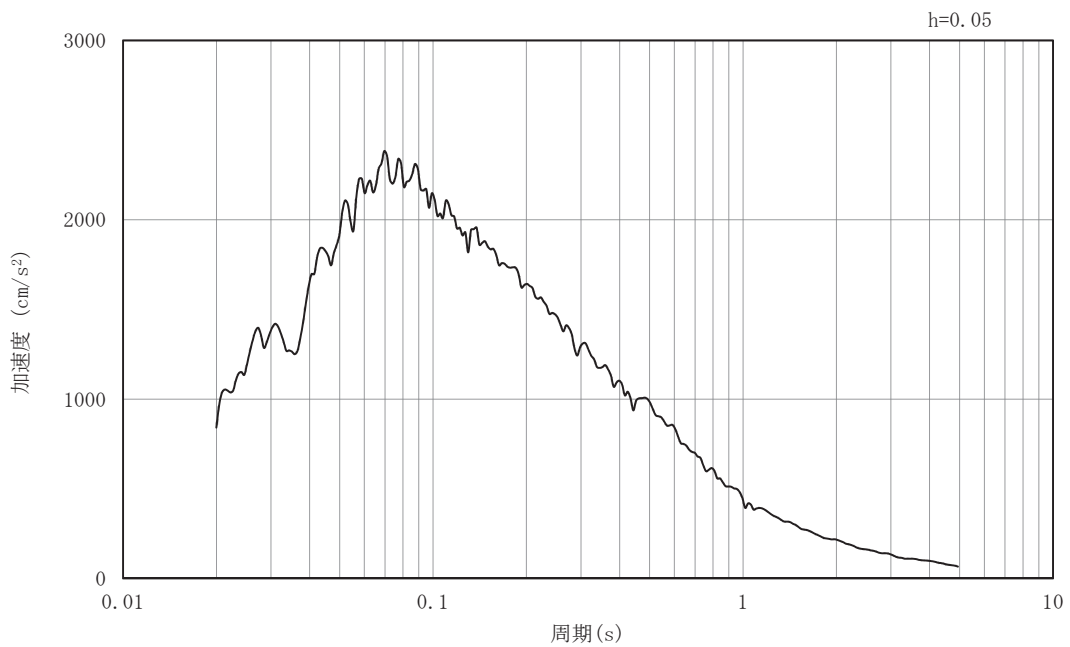


(b) 加速度応答スペクトル

図9-25 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(NS断面 鉛直成分: S s - D 1)

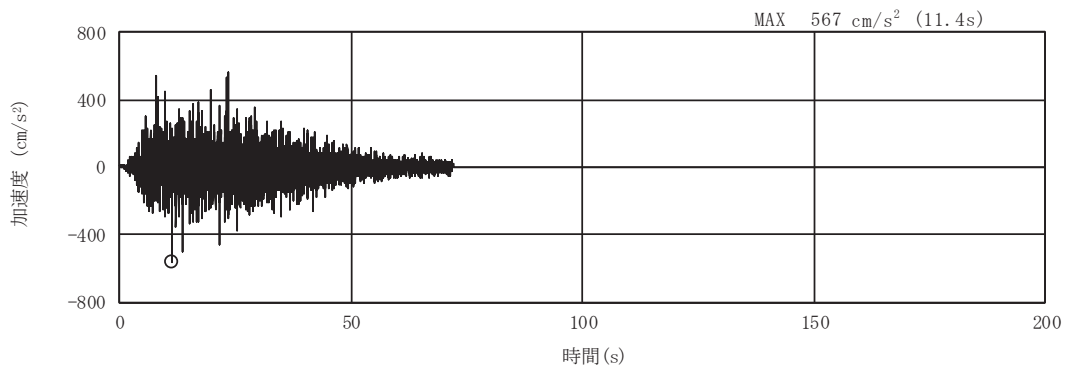


(a) 加速度時刻歴波形

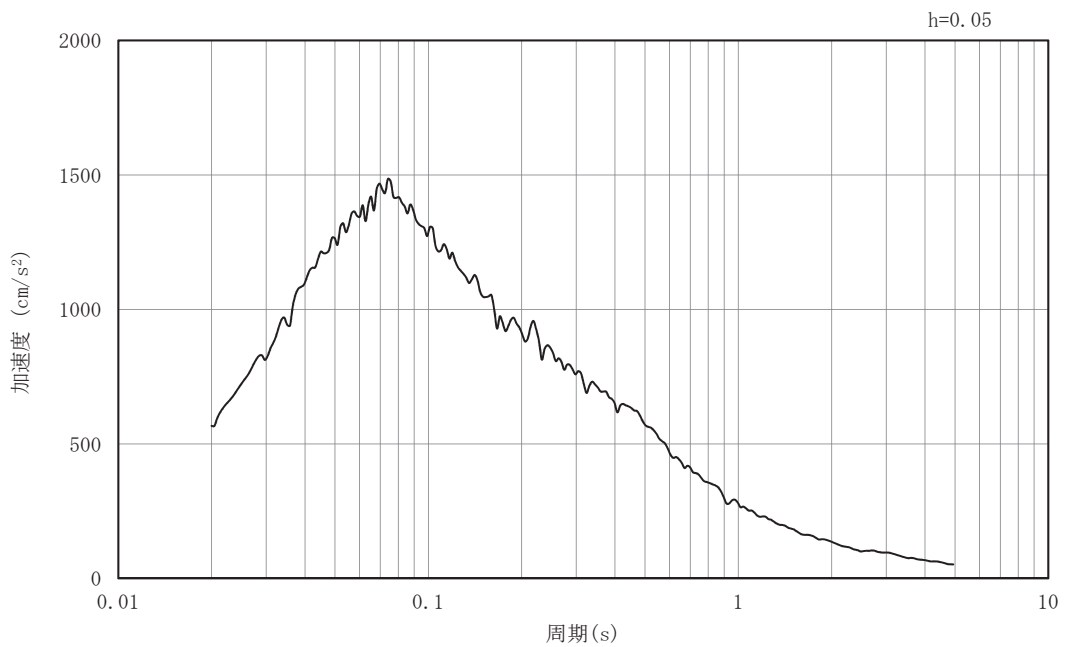


(b) 加速度応答スペクトル

図9-26 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(NS断面 水平成分：S s - D 2)

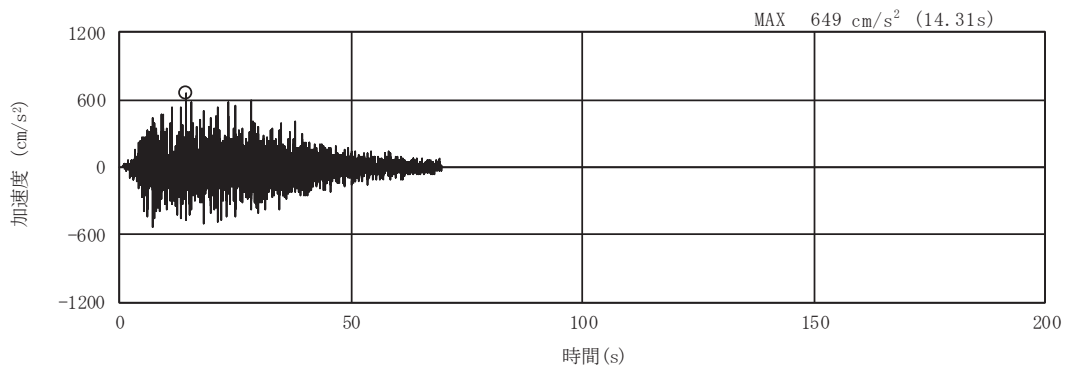


(a) 加速度時刻歴波形

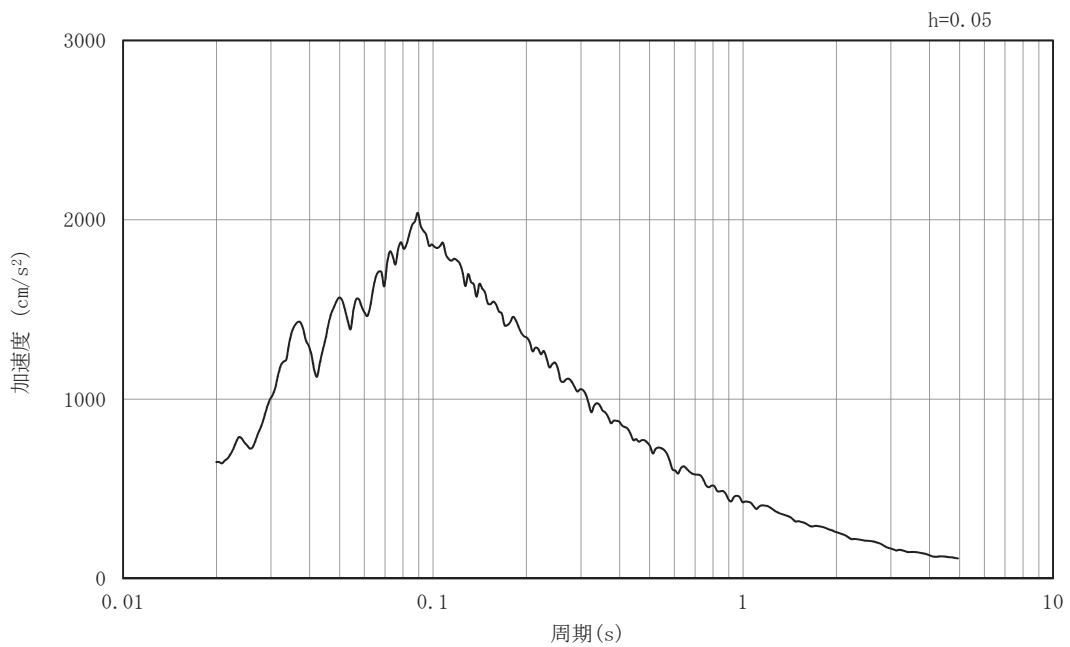


(b) 加速度応答スペクトル

図9-27 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(NS断面 鉛直成分：S s - D 2)

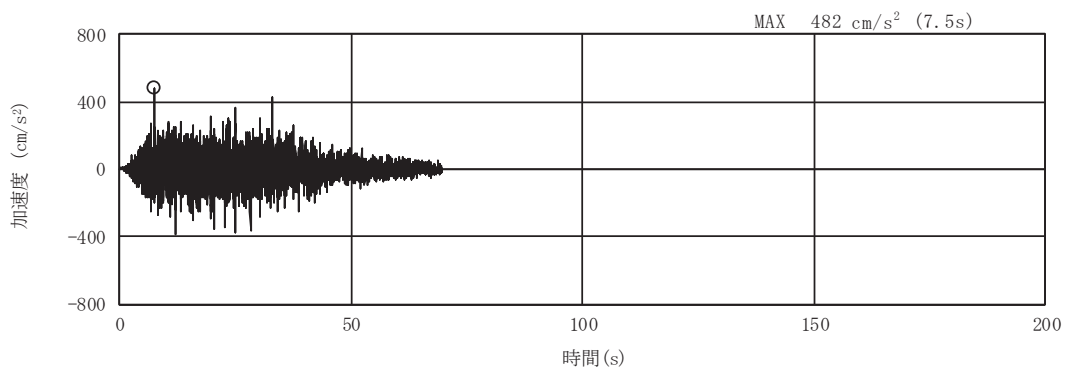


(a) 加速度時刻歴波形

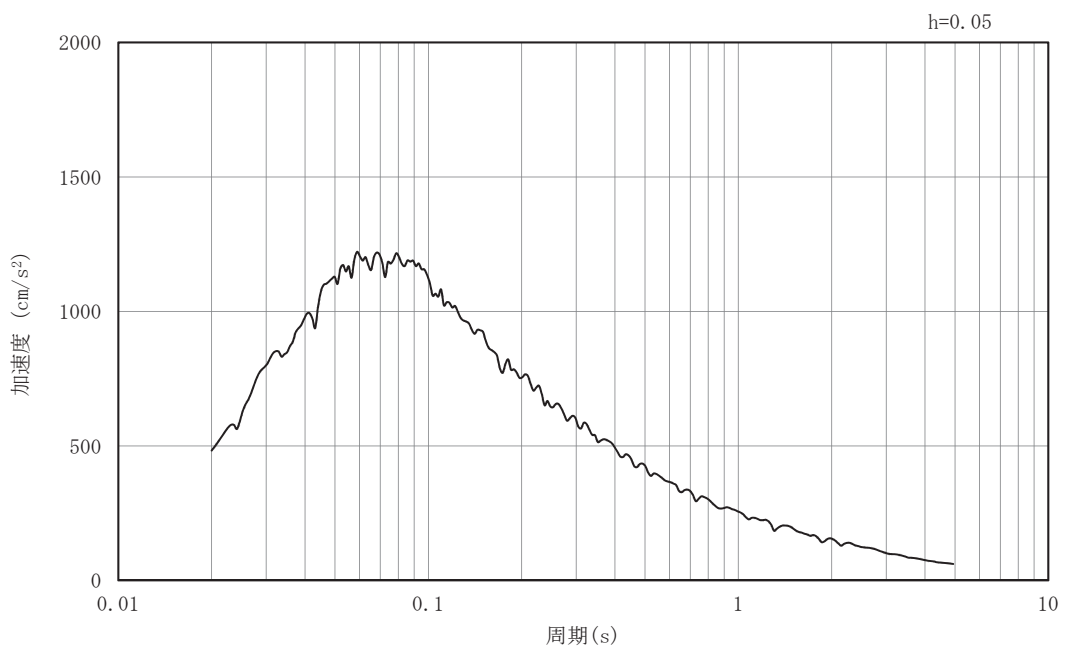


(b) 加速度応答スペクトル

図9-28 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(NS断面 水平成分：S s - D 3)

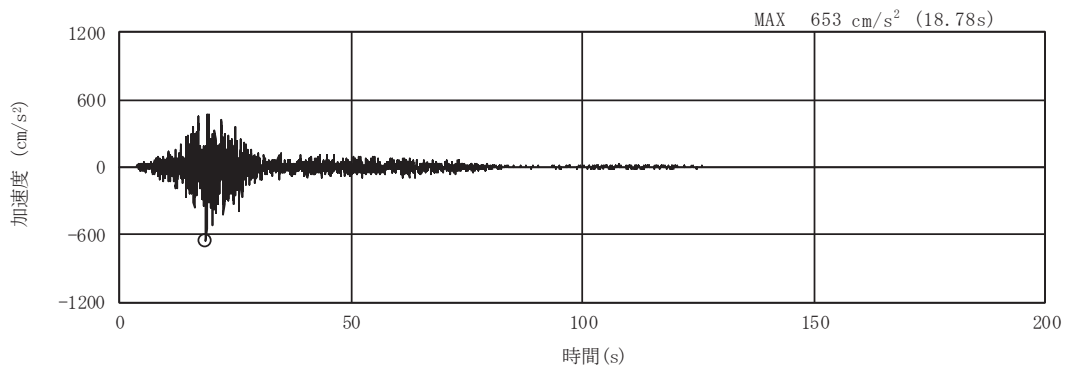


(a) 加速度時刻歴波形

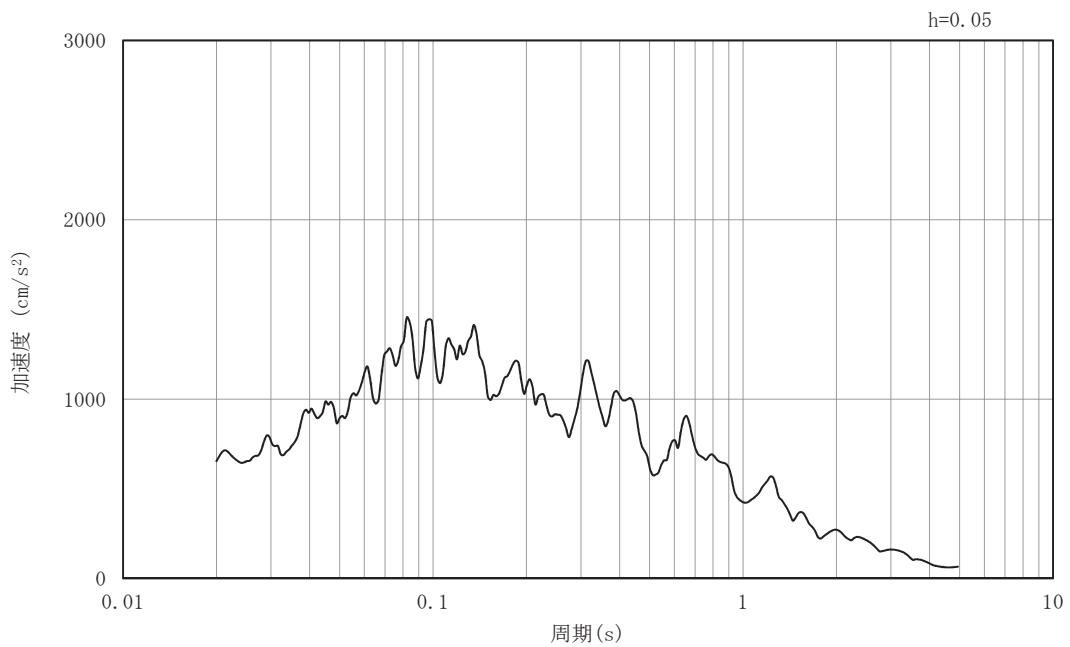


(b) 加速度応答スペクトル

図9-29 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(NS断面 鉛直成分：S s - D 3)

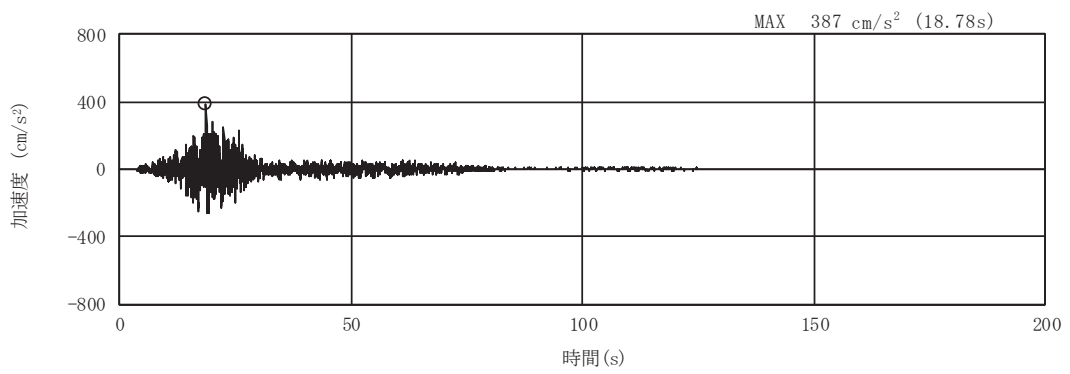


(a) 加速度時刻歴波形

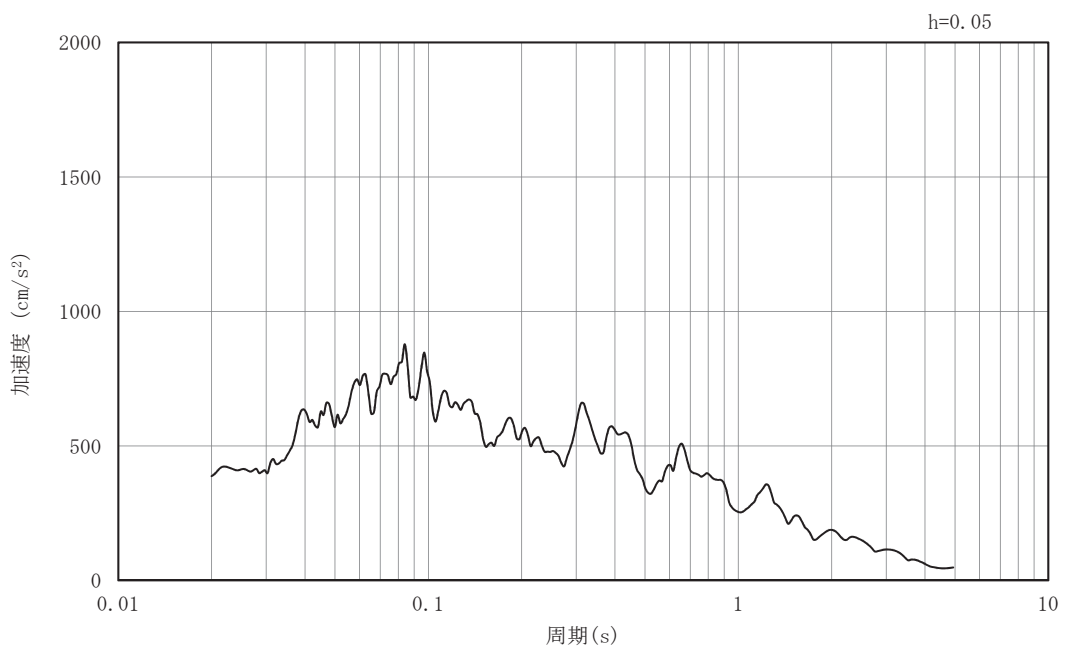


(b) 加速度応答スペクトル

図9-30 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(NS断面 水平成分：S s - F 1)

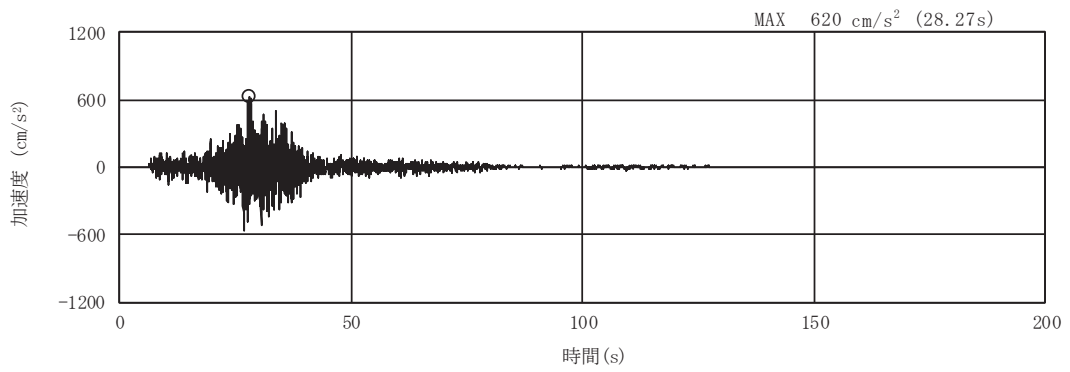


(a) 加速度時刻歴波形

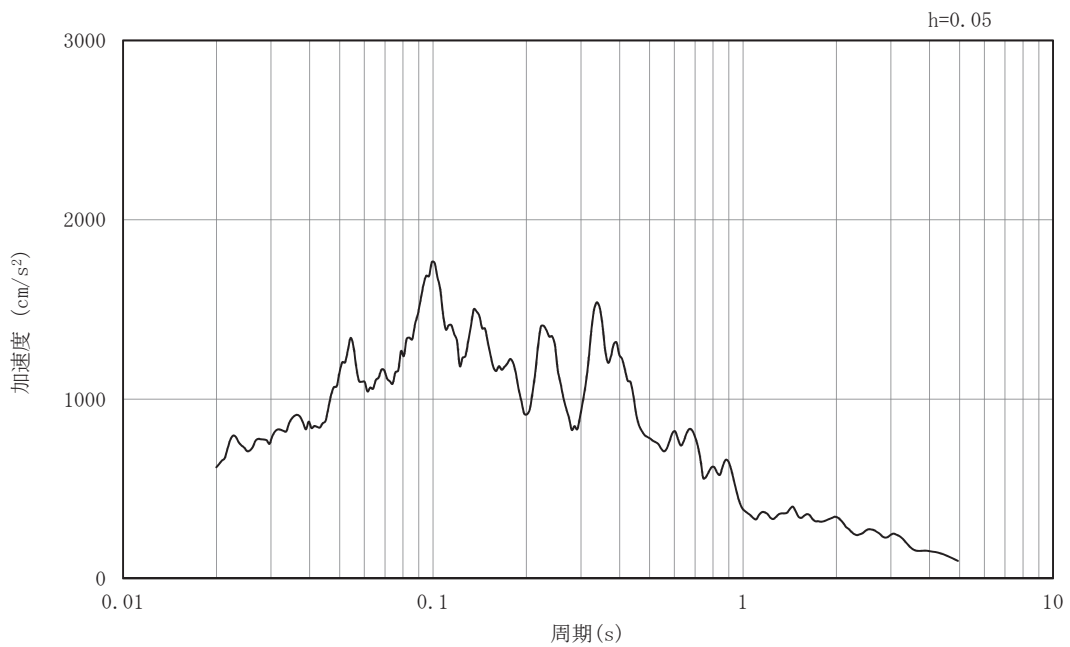


(b) 加速度応答スペクトル

図9-31 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(NS断面 鉛直成分：S s - F 1)

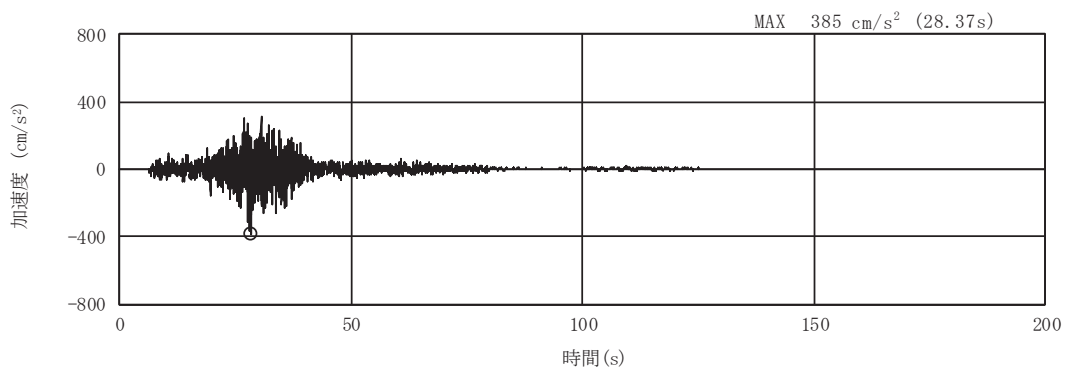


(a) 加速度時刻歴波形

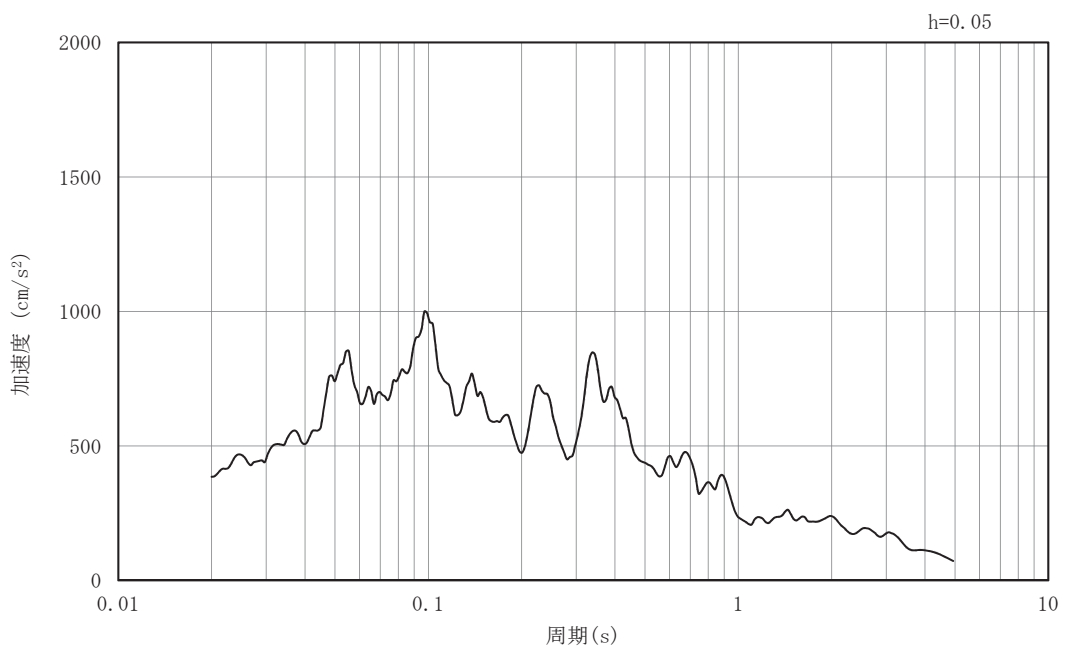


(b) 加速度応答スペクトル

図9-32 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(NS断面 水平成分：S s - F 2)

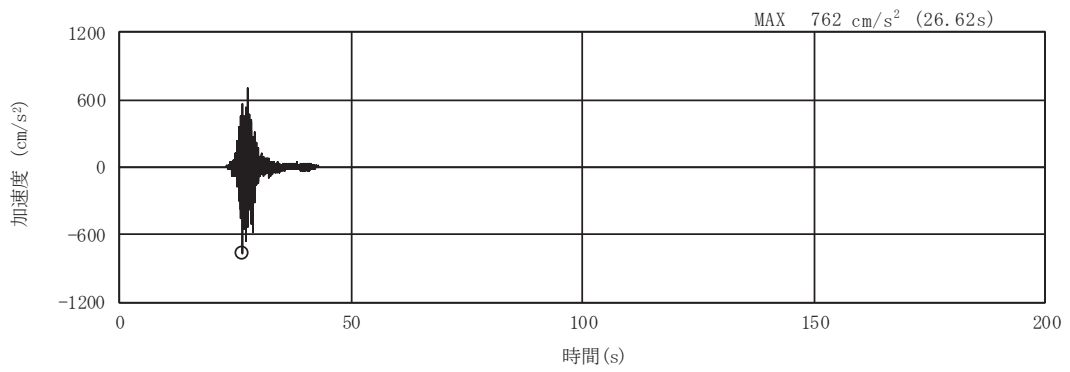


(a) 加速度時刻歴波形

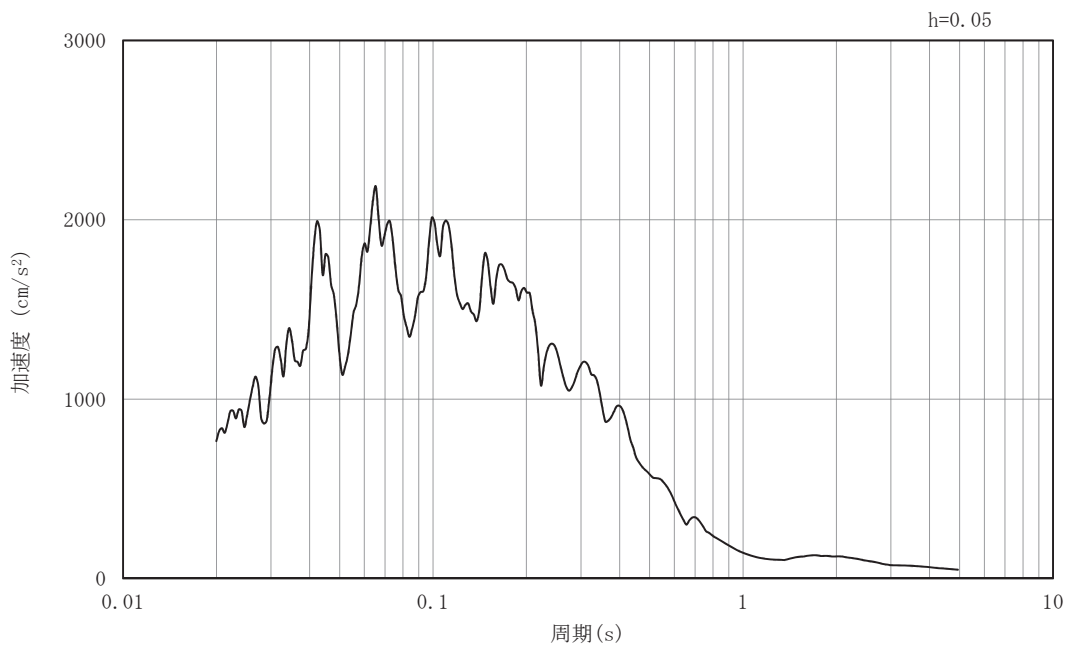


(b) 加速度応答スペクトル

図9-33 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(NS断面 鉛直成分：S s - F 2)

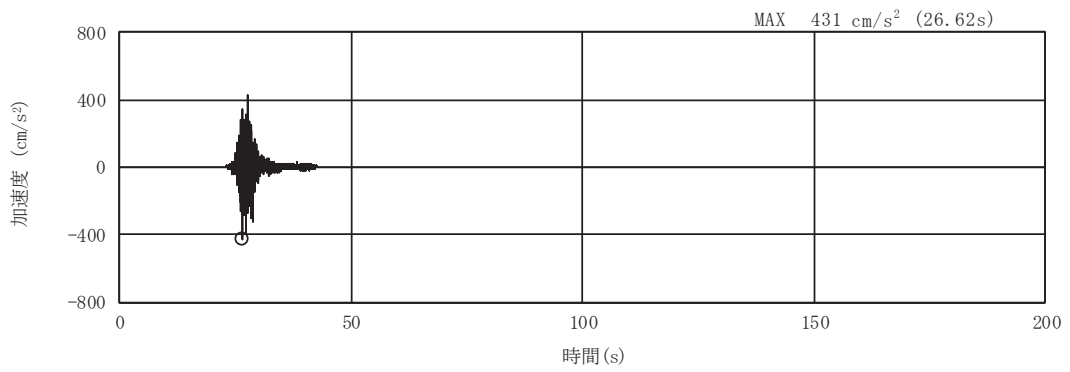


(a) 加速度時刻歴波形

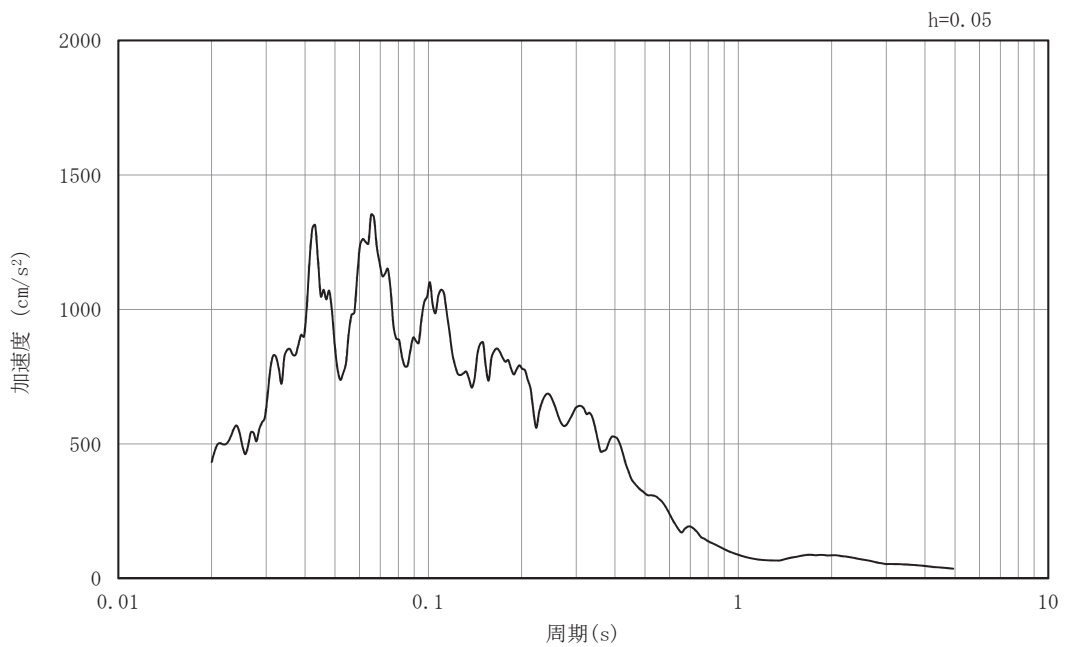


(b) 加速度応答スペクトル

図9-34 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(NS断面 水平成分：S s - F 3)

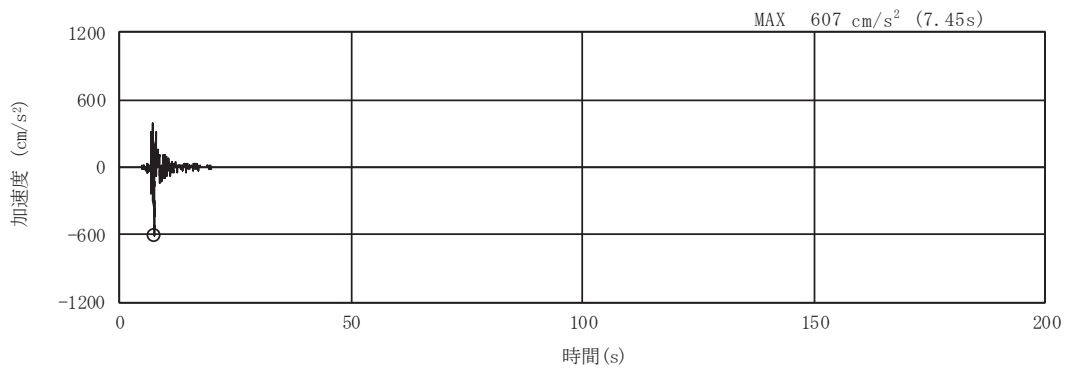


(a) 加速度時刻歴波形

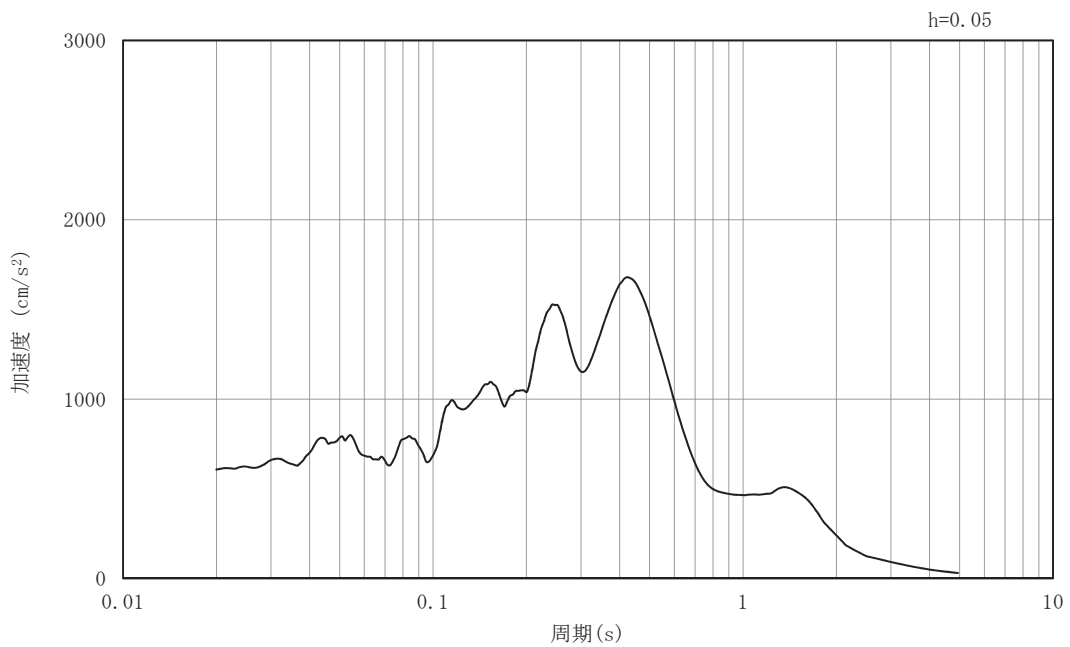


(b) 加速度応答スペクトル

図9-35 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(NS断面 鉛直成分: S s - F 3)

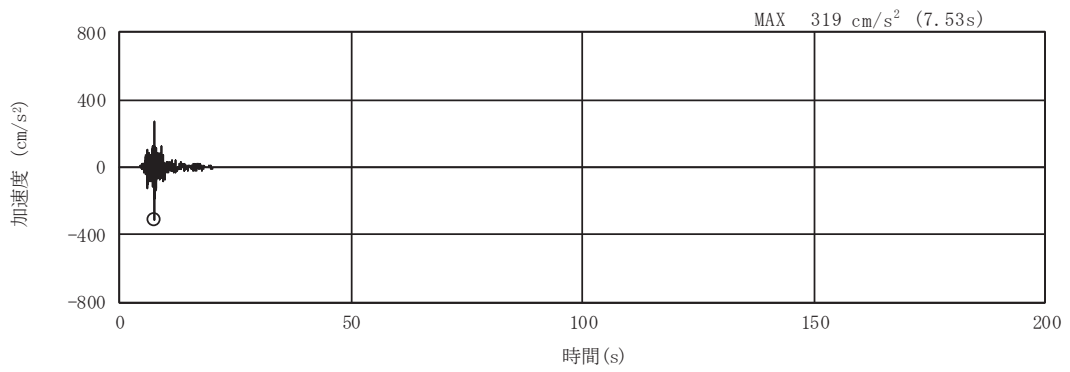


(a) 加速度時刻歴波形

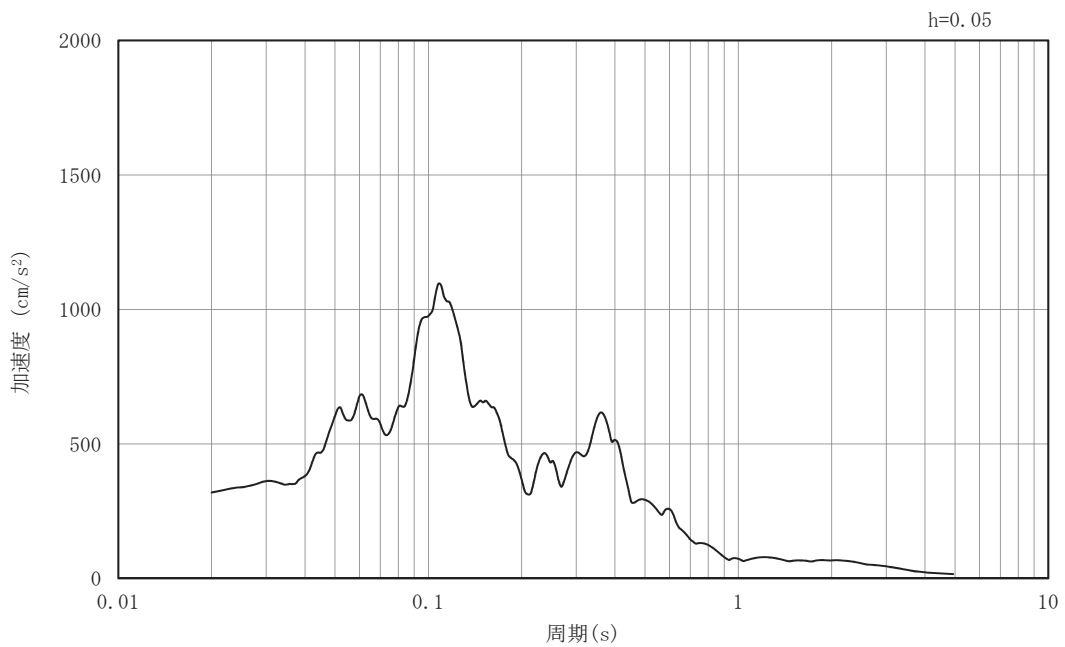


(b) 加速度応答スペクトル

図9-36 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(NS断面 水平成分：S s - N 1)



(a) 加速度時刻歴波形



(b) 加速度応答スペクトル

図9-37 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(NS断面 鉛直成分：S s - N 1)

9.5 解析モデル及び諸元

9.5.1 解析モデル

(1) 解析領域

二次元有限要素法による時刻歴応答解析の解析モデルの解析領域は、境界条件の影響が地盤及び構造物の応力状態に影響を及ぼさないよう、十分に広い領域とする。

具体的には、原子力発電所耐震設計技術指針（J E A G 4 6 0 1 -1987）を参考に、図9-38に示すとおりモデル幅を構造物基礎幅の5倍程度以上、構造物下端からモデル下端までの高さを構造物幅の2倍程度以上確保する。

なお、解析モデルの境界条件は、側面及び底面ともに粘性境界とする。

地盤の要素分割については、波動をなめらかに表現するため、対象とする波長の5分の1程度を考慮し設定する。

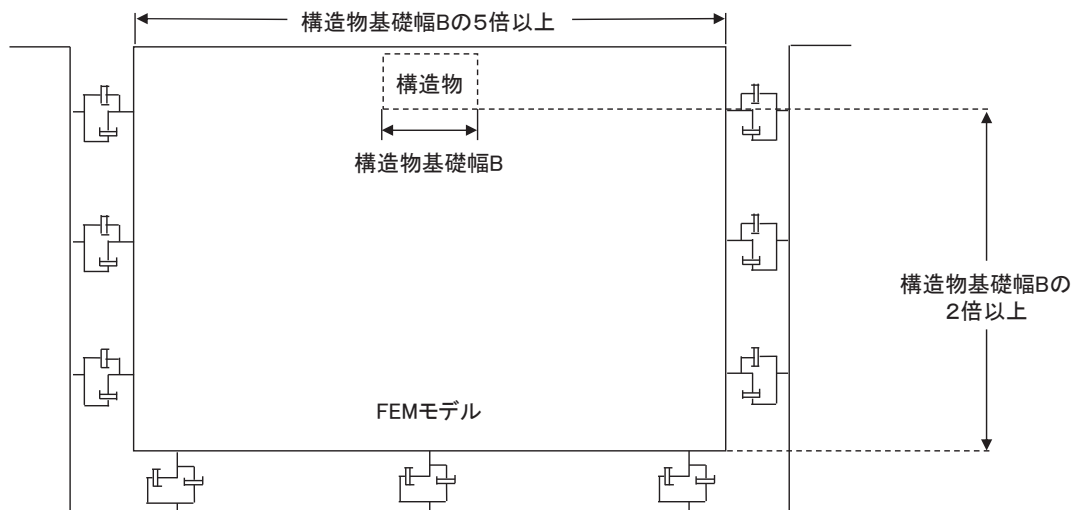


図9-38 モデル化範囲の考え方

(2) 境界条件

二次元有限要素法による時刻歴応答解析の解析モデルの境界条件については、有限要素解析における半無限地盤を模擬するため、粘性境界を設ける。

(3) 構造物のモデル化

第3号機補機冷却海水系放水ピットは断面形状に応じた断面諸元を有する構造はり（線形はり要素）によりモデル化する。

第3号機補機冷却海水系放水ピットの幅，並びに底版部の健全性等を適切に評価するため，水平方向には構造物寸法と等しい仮想剛はりを設置する。軸剛性及び曲げ剛性は線形はり要素の1000倍，質量はゼロとする。

構造物の解析モデル詳細を図9-39に示す。

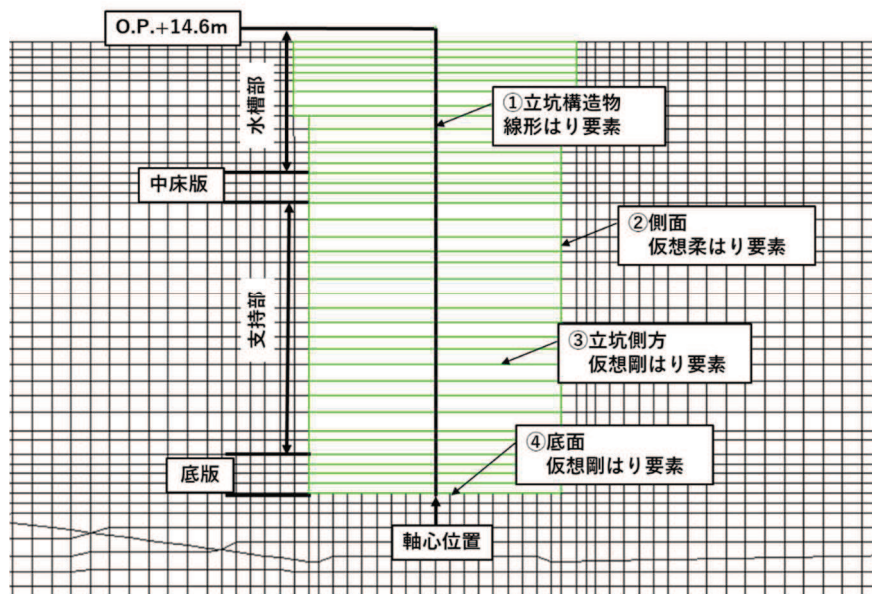


図9-39(1) 構造物の解析モデル(EW)

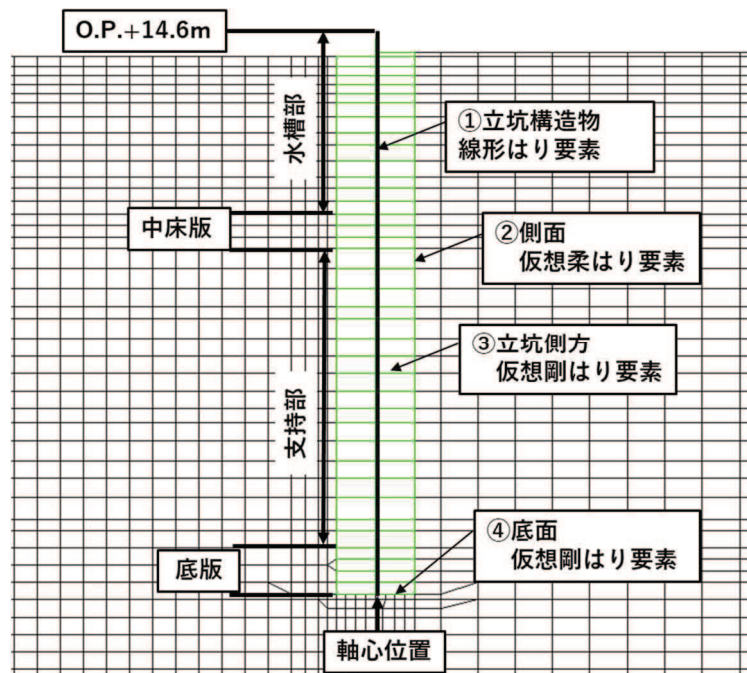


図9-39(2) 構造物の解析モデル(NS)

(4) 隣接構造物のモデル化

NS 方向において隣接構造物となる第 3 号機海水熱交換器建屋は、第 3 号機補機冷却海水系放水ピットと緩衝材を介して接しており、荷重の伝達を考慮する必要がある。そのため、第 3 号機海水熱交換器建屋と等価な剛性を付与させたモデルとする。構造部材については、平面応力要素によりモデル化する。

等価剛性モデルの設定方法は第 3 号機海水熱交換器建屋の S R モデルは添付資料「V-2-2-29 第 3 号機海水熱交換器建屋の地震応答計算書」を参考に節点位置における変位と新たに作成した二次元平面応力要素モデルの変位が等しくなるようにコンクリートのせん断弾性係数を補正し、等価剛性モデルに付与する。剛性の調整方法を図 9-40 に、剛性の調整結果を図 9-41 に示す。

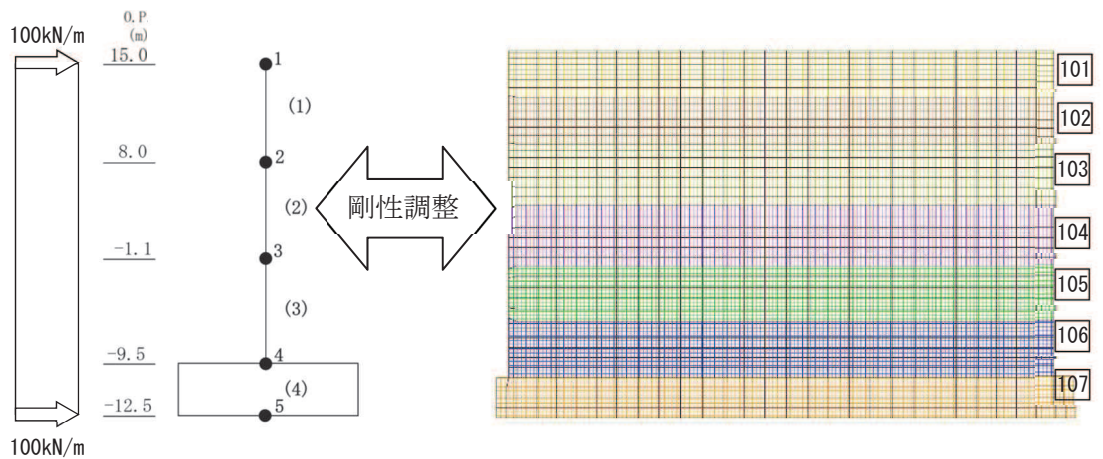


図 9-40 剛性の調整方法

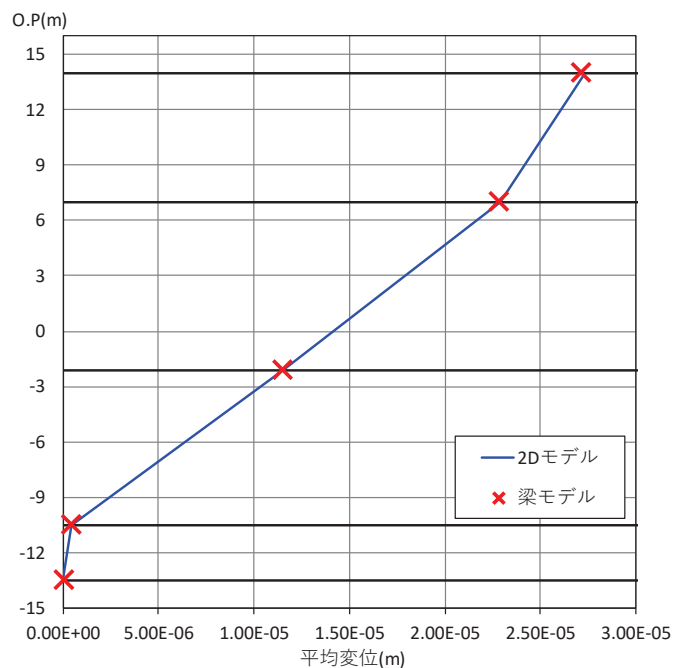


図 9-41 剛性の調整結果

(5) 地盤のモデル化

D級を除く岩盤は線形の平面ひずみ要素でモデル化する。また、盛土、旧表土及びD級岩盤は、地盤の非線形性をマルチスプリング要素で考慮した平面ひずみ要素でモデル化する。第3号機補機冷却海水系放水ピットの地震応答解析モデルを図9-42～図9-43に示す。

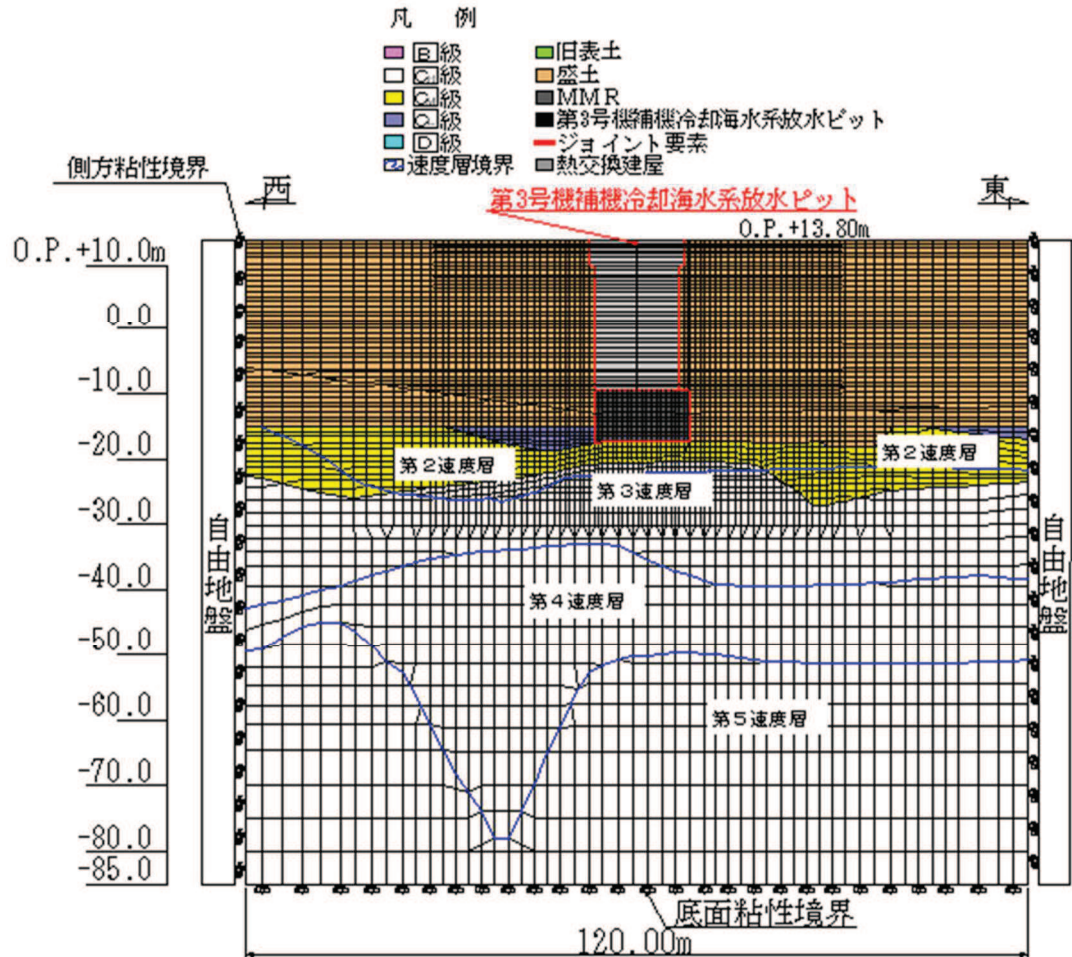


図9-42 第3号機補機冷却海水系放水ピットの地震応答解析モデル図 (EW断面)

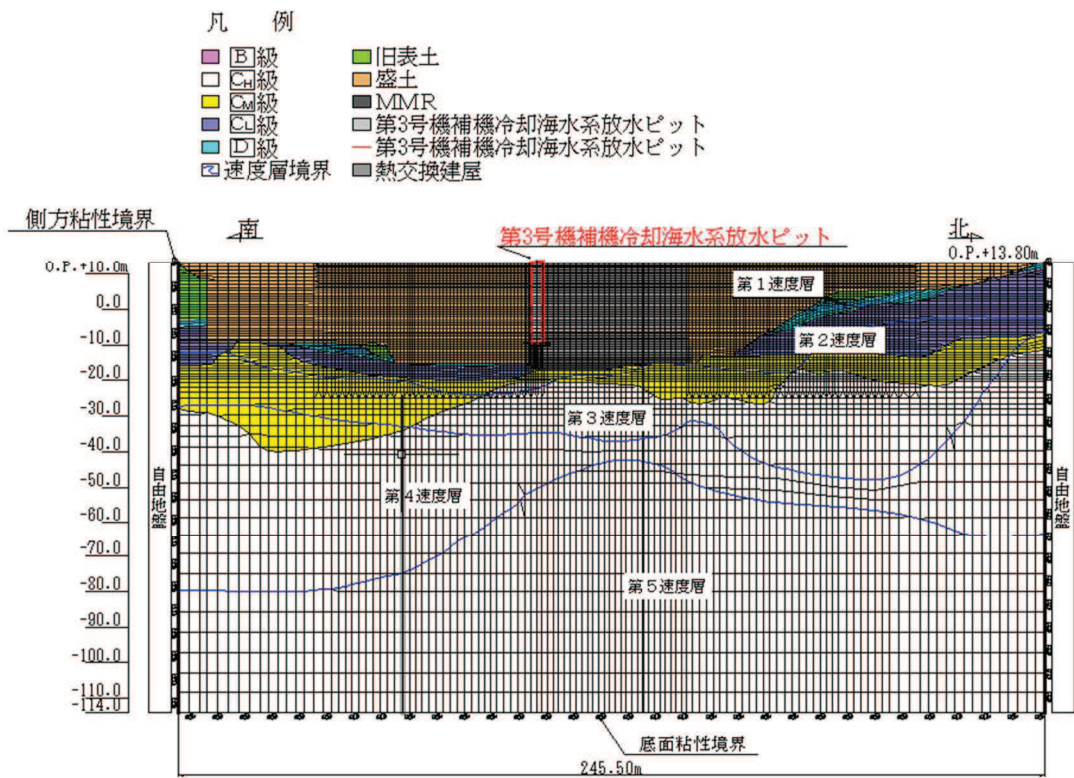


図 9-43 第 3 号機補機冷却海水系放水ピットの地震応答解析モデル図 (NS 断面)

(6) ジョイント要素の設定

地盤と構造体の接合面にジョイント要素を設けることにより，強震時の地盤と構造体の接合面における剥離及びすべりを考慮する。

ジョイント要素は，地盤と構造体の接合面で法線方向及びせん断方向に対して設定する。法線方向については，引張が生じた場合，剛性及び応力をゼロとし，剥離を考慮する。せん断方向については，地盤と構造体の接合面におけるせん断抵抗力以上のせん断荷重が生じた場合，せん断剛性をゼロとし，すべりを考慮する。

せん断強度 τ_f は次式の Mohr-Coulomb 式により規定される。粘着力 c 及び内部摩擦角 ϕ は周辺地盤の c ， ϕ とし，添付書類「VI-2-1-3 地盤の支持性能に係る基本方針」に基づき表 9-7 のとおりとする。また，要素間の粘着力 c 及び内部摩擦角 ϕ は，境界の各強度のうちせん断強度が小さい地盤強度を設定する。

$$\tau_f = c + \sigma' \tan \phi$$

ここで，

τ_f : せん断強度 (kN/m²)

c : 粘着力 (kN/m²)

ϕ : 内部摩擦角 (度)

σ' : 破壊面の直応力 (kN/m²)

表 9-7 周辺地盤との境界に用いる強度特性

周辺の状況	粘着力 c (kN/m ²)	内部摩擦角 ϕ (度)
盛土* ¹	100.0	33.9
盛土* ²	60.0	30.0
旧表土* ¹	0.0	38.7
旧表土* ²	80.0	26.2
D級	100.0	24.0
C _L 級	460.0	44.0
C _M 級	780.0	50.0
C _H 級	1290.0	54.0
既設 MMR	3104.4	40.0
新設 MMR	6000.0	40.0

注記*1：地下水位以浅

*2：地下水位以深

ジョイント要素のばね定数は、数値解析上、不安定な挙動を起こさない程度に十分な値とし、松本らの方法（松本ら：基礎構造物における地盤・構造物境界面の実用的な剛性評価法，応用力学論文集 Vol.12 pp1061-1070，2009）に従い，表 9-8 のとおり設定する。ジョイント要素の力学特性を図 9-44 に示す。

表 9-8 ジョイント要素のばね定数

地盤	せん断剛性 k_s (kN/m^3)	圧縮剛性 k_n (kN/m^3)
盛土	1.0×10^6	1.0×10^6
岩盤	1.0×10^7	1.0×10^7

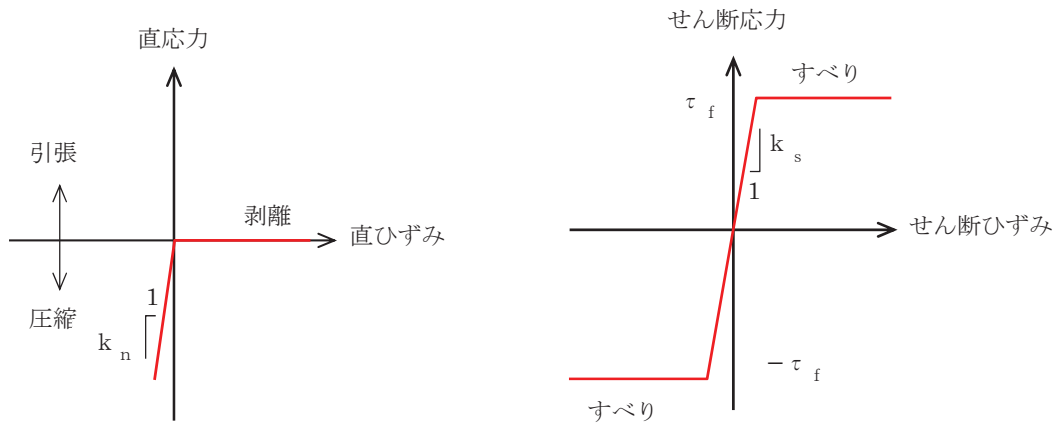


図 9-44 ジョイント要素の力学特性

第3号機補機冷却海水系放水ピットは第3号機海水熱交換器建屋と緩衝材を介して接しており、この間にも境界条件としてジョイント要素を設置して圧縮力の伝達を考慮している。この間のジョイント要素のばね定数を表9-9に示す。圧縮剛性の第一勾配は緩衝材の剛性から設定し、緩衝材の厚さ(10cm)までの変位に対して適用する。第二勾配は数値解析上不安定な挙動を起こさない程度に十分大きい値として設定し、緩衝材の厚さ以上の変位が生じた場合、衝突を考慮する。力学特性を図9-45に、ジョイント要素の配置図を図9-46に示す。

表9-9 第3号機補機冷却海水系放水ピットと第3号機海水熱交換器建屋間のジョイント要素のばね定数

緩衝材厚さ	圧縮剛性(第一勾配) k_{n1} (kN/m ³)	圧縮剛性(第二勾配) k_{n2} (kN/m ³)
10cm	$6.9 \times 10^3^*$	1.0×10^7

注記* : 緩衝材の剛性から設定

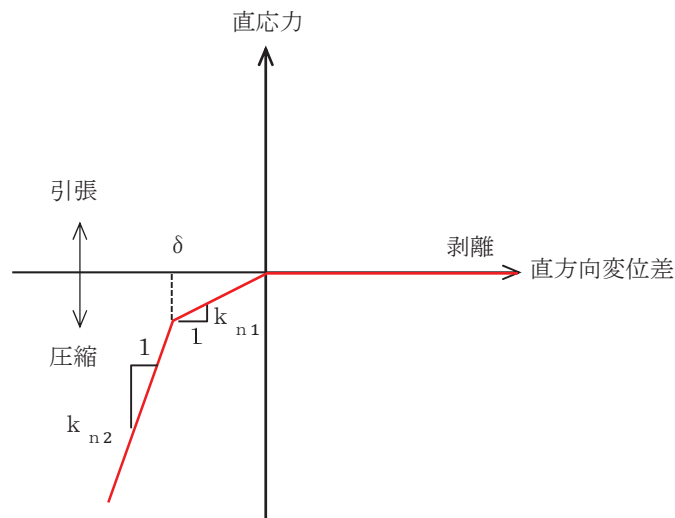


図9-45 第3号機補機冷却海水系放水ピットと第3号機海水熱交換器建屋間のジョイント要素の力学特性

凡 例

- | | |
|---------|--------------------|
| ■ B級 | ■ 旧表土 |
| □ CH級 | ■ 盛土 |
| ■ CM級 | ■ MMR |
| ■ CL級 | □ 第3号機補機冷却海水系放水ピット |
| ■ D級 | — ジョイント要素 |
| □ 速度層境界 | ■ 熱交換建屋 |

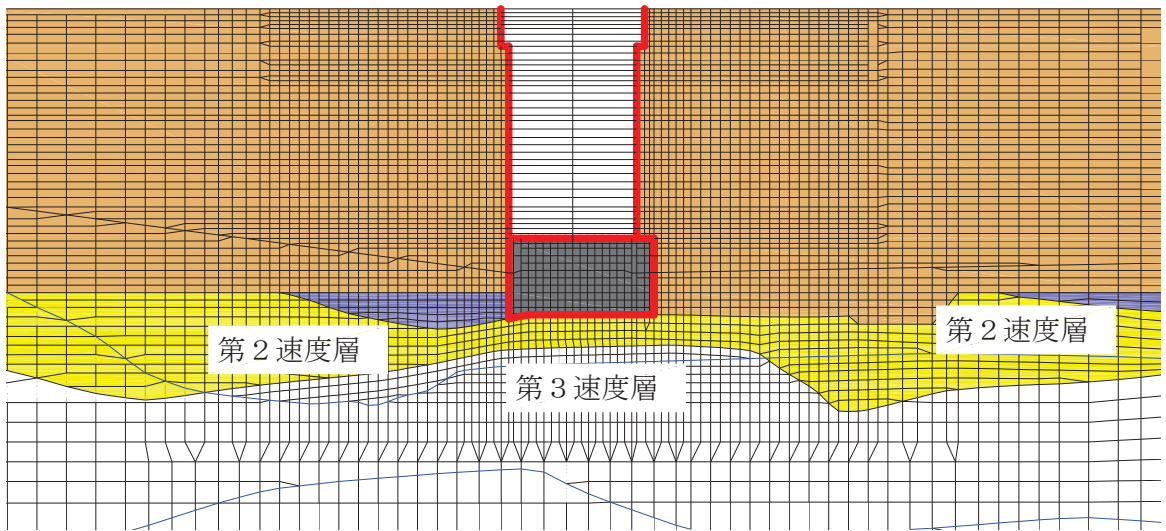


図 9-46(1) ジョイント要素の配置図 (EW 断面)

凡 例

- | | |
|---------|--------------------|
| ■ B級 | ■ 旧表土 |
| □ CH級 | ■ 盛土 |
| ■ CM級 | ■ MMR |
| ■ CL級 | □ 第3号機補機冷却海水系放水ピット |
| ■ D級 | — ジョイント要素 |
| □ 速度層境界 | ■ 熱交換建屋 |

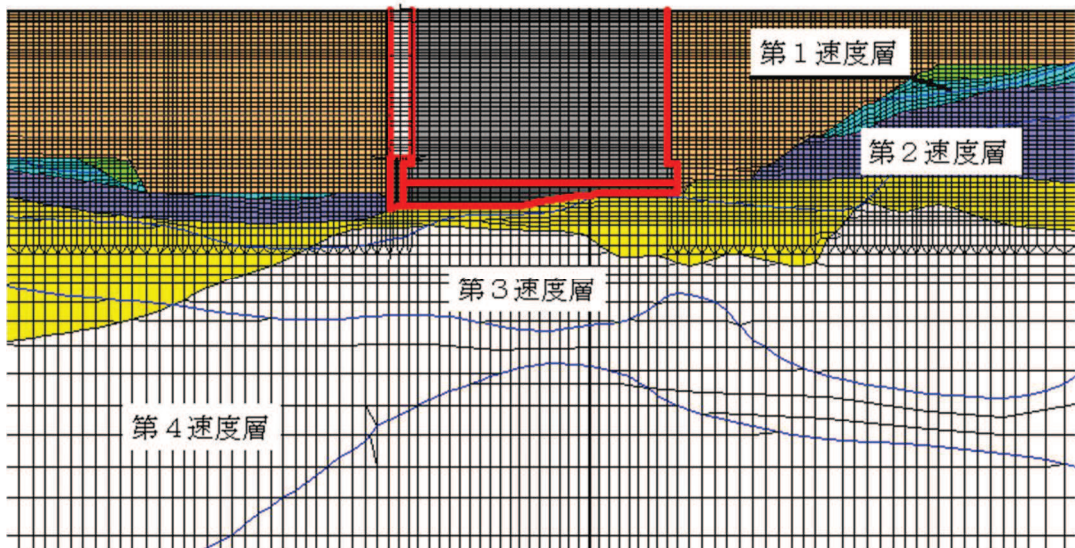


図 9-46(2) ジョイント要素の配置図 (NS 断面)

9.5.2 使用材料及び材料の物性値

構造物の使用材料を表9-10に、材料の物性値を表9-11に示す。

表9-10 使用材料

材料	仕様
コンクリート	設計基準強度 50.0N/mm ²
鉄筋	SD345, SD490

表9-11 材料の物性値

材料	項目		材料諸元	備考
鉄筋コンクリート	単位体積重量 (kN/m ³)		24.0	
コンクリート	ヤング係数 (N/mm ²)	設計基準強度	3.30×10 ⁴	解析ケース ①, ②, ③
	ポアソン比			

注記*：新設構造物のため推定した圧縮強度を使用する。

9.5.3 地盤の物性値

地盤については、添付書類「VI-2-1-3 地盤の支持性能に係る基本方針」にて設定している物性値を用いる。

9.5.4 地下水位

設計用地下水位は、添付書類「VI-2-1-3 地盤の支持性能に係る基本方針」に従い設定する。設計用地下水位の一覧を表 9-12 に、設計用地下水位を図 9-47～図 9-48 に示す。

表 9-12 設計用地下水位の一覧

施設名称	地震時荷重算出断面	設計用地下水位
第 3 号機補機冷却海水系 放水ピット	EW 断面	O. P. -13.00m～O. P. -6.00m
	NS 断面	O. P. -14.00m～O. P. -4.875m

凡 例

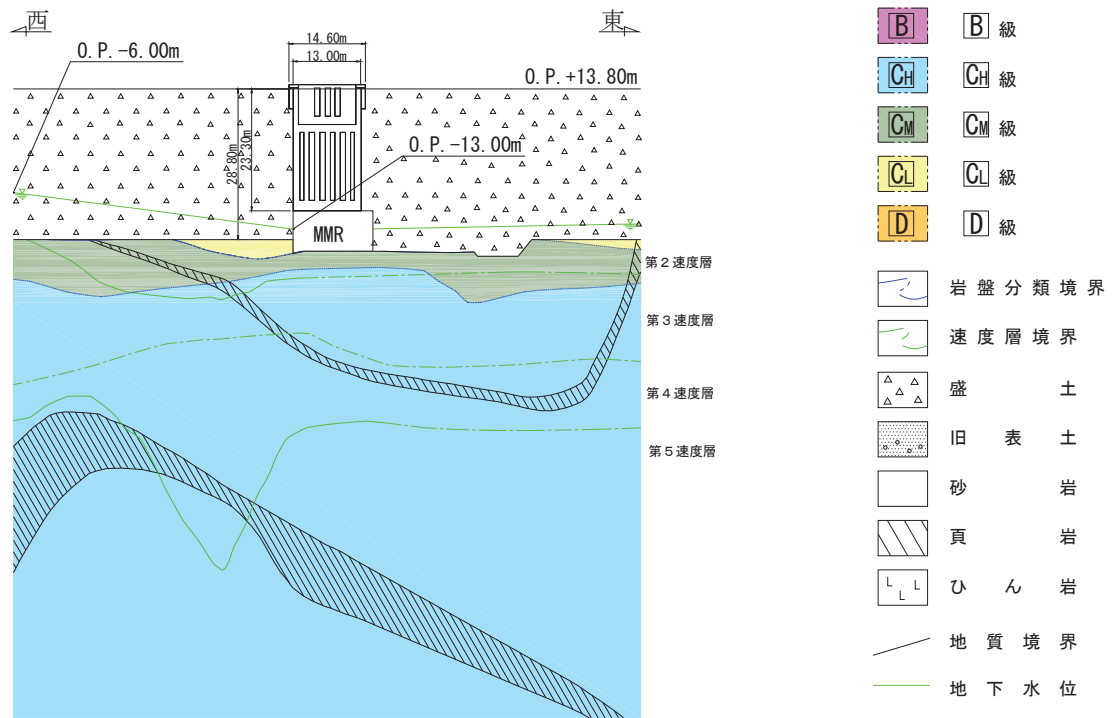


図 9-47 設計用地下水位 (EW 断面)

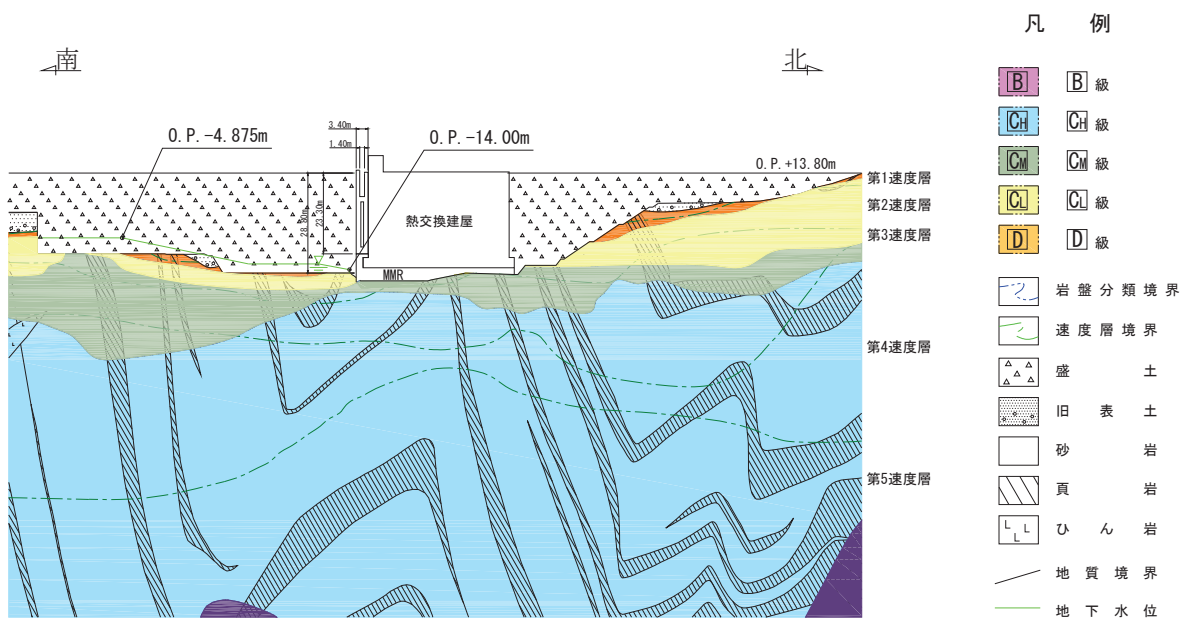


圖 9-48 設計用地下水位 (NS 断面)

9.6 地震応答解析結果

9.6.1 浸水防止蓋の変形性評価に用いる EW 断面の解析結果

基準地震動 S s に対する，第 3 号機補機冷却海水系放水ピット天端位置での地震時最大応答変位結果を表 9-13 に示す。

表 9-13 地震時最大応答変位結果 (EW 断面)

地震動名		最大応答変位 (mm)			
		ケース①	ケース②	ケース③	ケース④
S s - D 1	++	59	追而		
	-+	55			
S s - D 2	++	52			
	-+	56			
S s - D 3	++	48			
	-+	46			
S s - F 1	++	74			
	-+	72			
S s - F 2	++	77			
	-+	70			
S s - F 3	++	38			
	-+	36			
S s - N 1	++	130			
	-+	137			

今回ケース①により得られた最大応答変位と第 3 号機海水熱交換器建屋の地震応答解析により得られた最大応答変位の合計値が最大であった地震動 (S s - N 1 (-+)) のケース②~④を実施。

9.6.2 浸水防止蓋の変形性評価に用いる NS 断面の解析結果

基準地震動 S_s に対する，第 3 号機補機冷却海水系放水ピット天端位置での地震時最大応答変位結果を表 9-14 に示す。

表 9-14 地震時最大応答変位結果 (NS 断面)

地震動名		最大応答変位 (mm)			
		ケース①	ケース②	ケース③	ケース④
S _s -D1	++	42	追而		
	-+	40			
S _s -D2	++	43			
	-+	45			
S _s -D3	++	37			
	-+	41			
S _s -F1	++	42			
	-+	38			
S _s -F2	++	42			
	-+	44			
S _s -F3	++	26			
	-+	46			
S _s -N1	++	51			
	-+	45			

今回ケース①により得られた最大応答変位と第 3 号機海水熱交換器建屋の地震応答解析により得られた最大応答変位の合計値が最大であった地震動 (S_s-N1 (-+)) のケース②~④を実施。

10. 耐震評価

10.1 構造部材の健全性及び止水機能に対する評価方法

10.1.1 評価方針

第3号機補機冷却海水系放水ピットの詳細設計フローを図10-1、各部材評価で照査対象とする鉄筋を図10-2、各部材評価で照査対象とする鉄筋種別概念を図10-3、各部材評価で照査対象とする鉄筋を表10-1に示す。

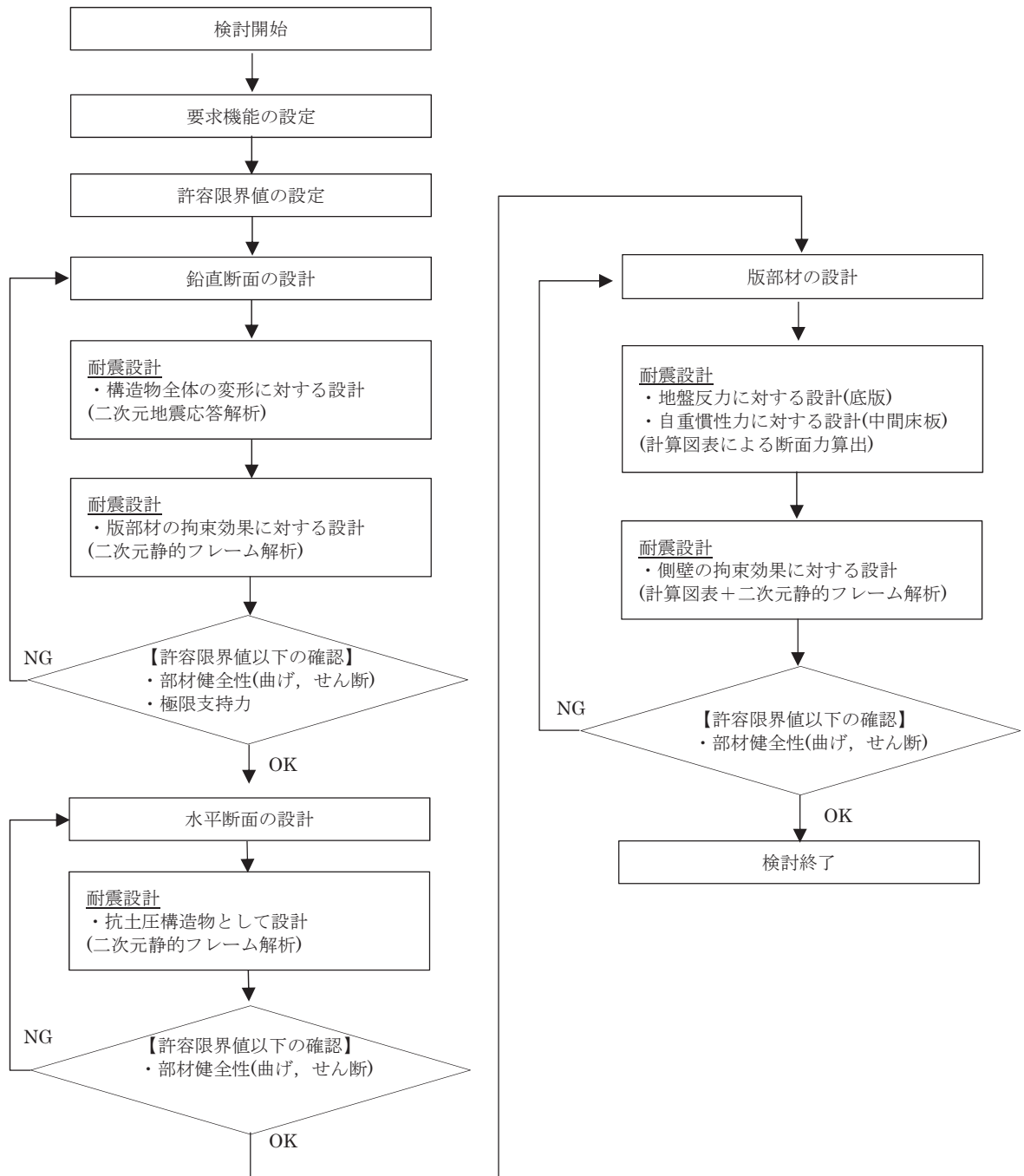
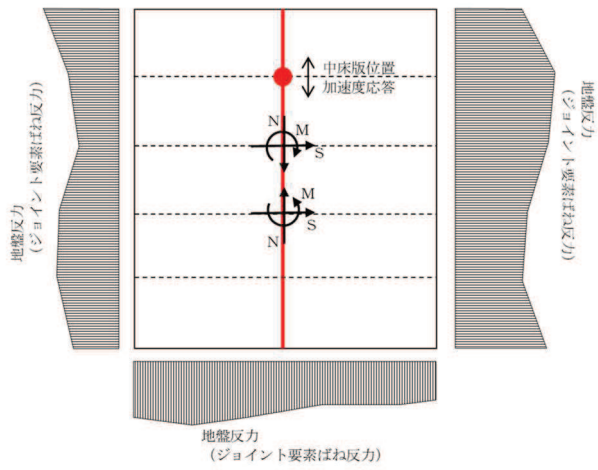
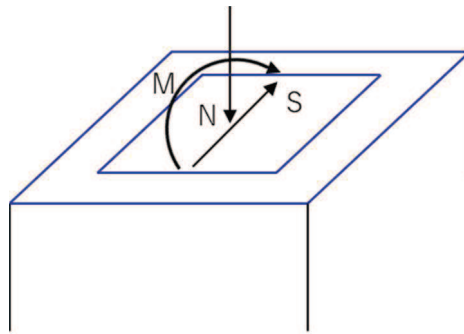


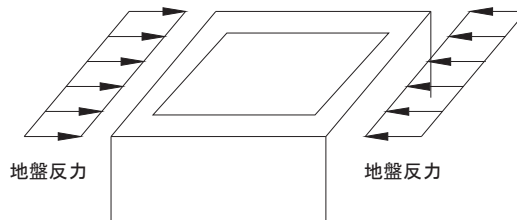
図10-1 詳細設計フロー



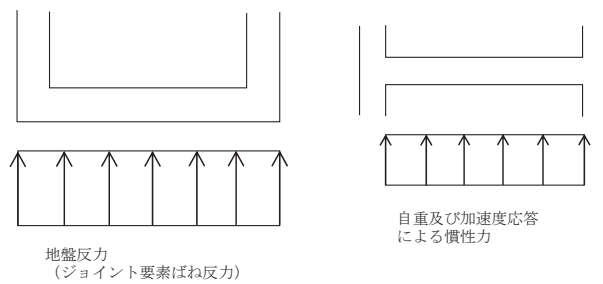
a) 二次元地震応答解析からの応答値の抽出



b) 鉛直方向梁要素の鉛直断面設計



c) 水平断面の設計 (二次元静的フレーム計算)



d) 中床版及び底版の設計

図 10-2 部材評価概念図

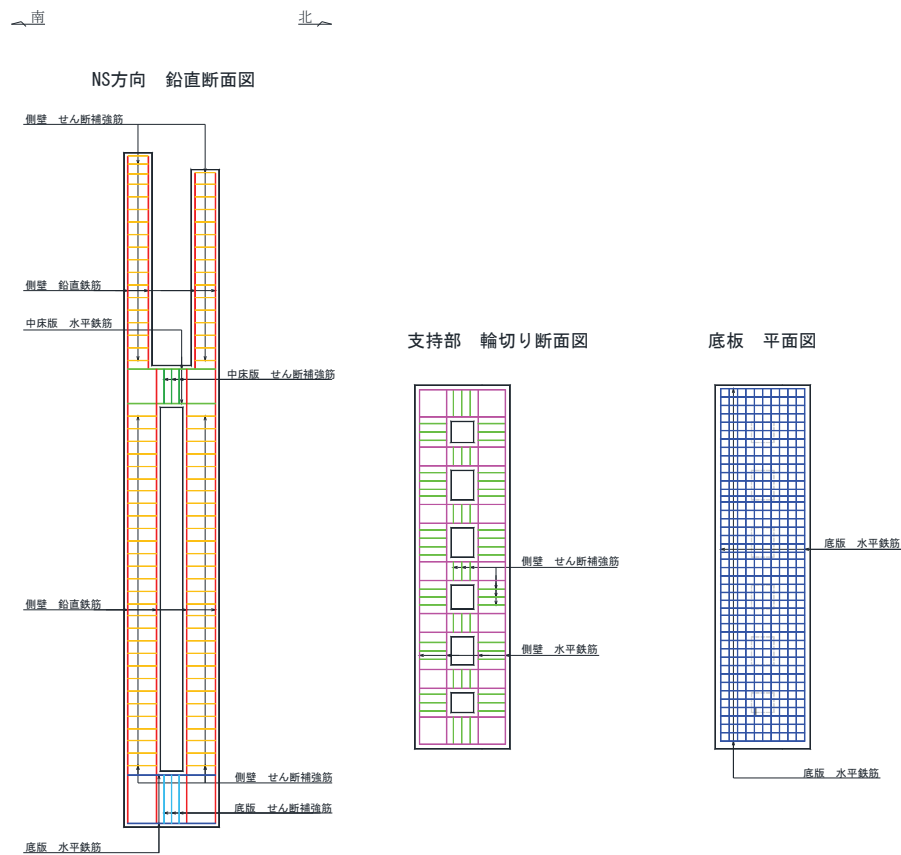


図 10-3 各部材評価で照査対象とする鉄筋種別概念図

表 10-1 各部材評価で照査対象とする鉄筋

部材	照査対象鉄筋	記号	部材評価	備考
側壁	鉛直鉄筋	—	構造物線形はり要素の鉛直断面設計(曲げ軸力)	
	水平鉄筋	—	構造物線形はり要素の鉛直断面設計(せん断力)	*
			水平断面の設計(曲げ軸力)	
せん断補強筋	—	水平断面の設計(せん断力)		
底板	水平鉄筋	—	底板の設計(曲げモーメント)	
	せん断補強筋	—	底板の設計(せん断力)	
中床版	水平鉄筋	—	中床版の設計(曲げモーメント)	
	せん断補強筋	—	中床版の設計(せん断力)	

注記*：側壁における水平方向の鉄筋の設計について、二次元地震応答解析モデルにおける側壁の面内方向のせん断力に対するせん断力照査で設計する水平鉄筋（面内方向のせん断補強筋）と、水平断面フレーム解析モデルにおける同側壁の面外方向の最大荷重に対する曲げ軸力照査で設計する水平鉄筋（主鉄筋）は同じ方向の鉄筋であり、両設計で算定される必要水平鉄筋量を足し合わせた合計必要水平鉄筋量以上を同側壁の面内方向に配置する。これとともに、水平断面フレーム解析モデルにおける同側壁の面外方向の最大荷重に対するせん

断力照査で設計するせん断補強筋を同側壁の面外方向に配置する。

本構造物は南北方向よりも東西方向の寸法が大きく、隔壁等の配置から弱軸方向、強軸方向が明確である。そのため、評価は弱軸方向である南北方向で行い、上記の設計計算により面内方向の合計必要鉄筋量以上の鉄筋を、強軸方向である東西方向にも配置するものとする。

10.1.2 評価対象断面の方向

本構造物の位置を図 10-4 に示す。

本構造物は大きく分けて放流水を一時的に貯留する区画（水槽部）、それを支持する区画（支持部）に分けられ、それぞれの区画に南北方向に複数の隔壁を有する箱型構造物である。また外形寸法は南北方向が 3.4m であるのに対して東西方向の寸法は 13.0m である。これらから弱軸断面方向、強軸断面方向は明確であり、評価対象断面は南北方向とする。南北方向の設計計算により算出された必要鉄筋量以上の鉄筋を構造物全周に配置するものとする。

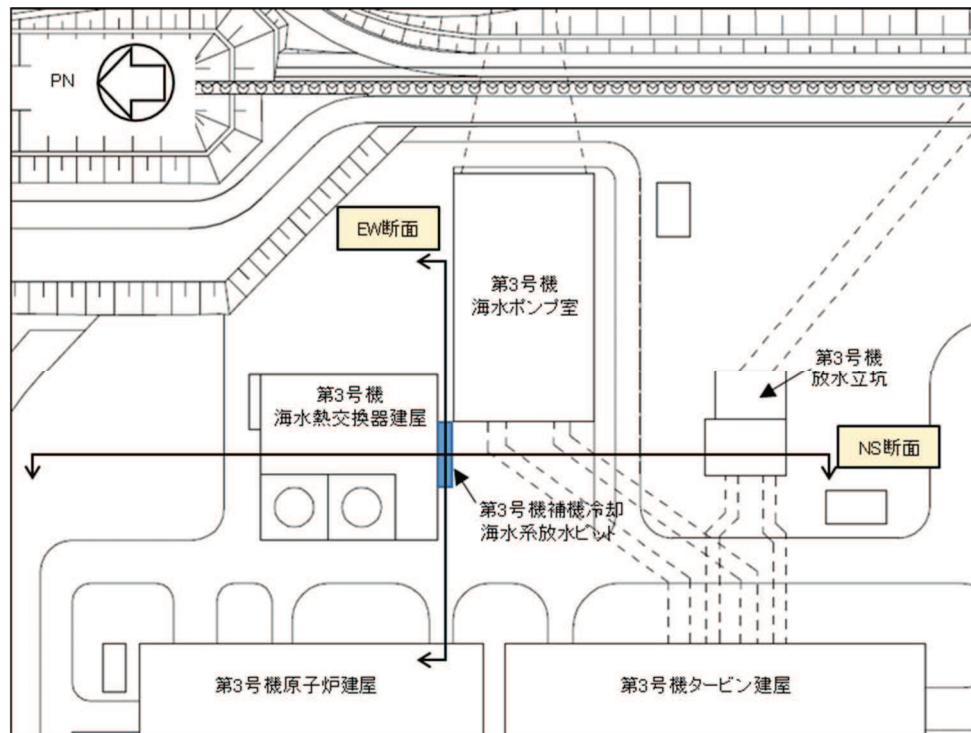


図 10-4 第 3 号機補機冷却海水系放水ピット平面配置図

10.1.3 鉛直断面に対する耐震評価

(1) 鉛直断面の曲げ軸力に対する評価

第3号機補機冷却海水系放水ピットは選定された断面（南北方向）を解析断面として選定し、二次元地震応答解析を実施し部材の設計を行う。鉛直鉄筋は二次元地震応答解析において算出される線形はり要素の発生断面力（曲げモーメント及び軸力）を用いて照査を行い、構造部材の曲げ軸力による発生応力が許容限界以下であることを確認する。図10-5に線形はり要素の鉛直断面設計概念図を示す。

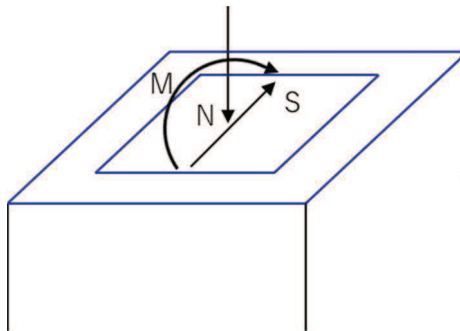


図10-5 線形はり要素の鉛直断面設計概念図

図10-6に鉛直鉄筋配置の概念図を示す。鉛直鉄筋を配置する範囲は側壁内一内幅とする。側壁の開口幅は側壁よりも大きいため、この区間は開口部以外に配置される鉄筋のみを有効として照査を行うことで開口の影響を考慮する。

なお、ここに示されていない区間（南北方向側壁及び隔壁）の鉛直鉄筋は南北方向の設計計算により算出された必要鉄筋量と同じ鉄筋量とする。

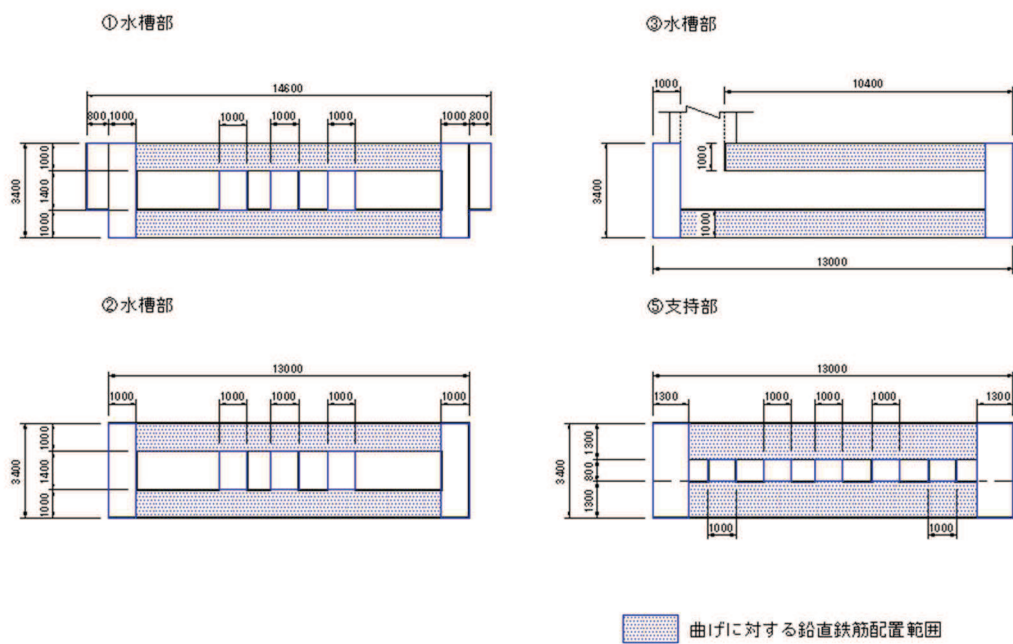
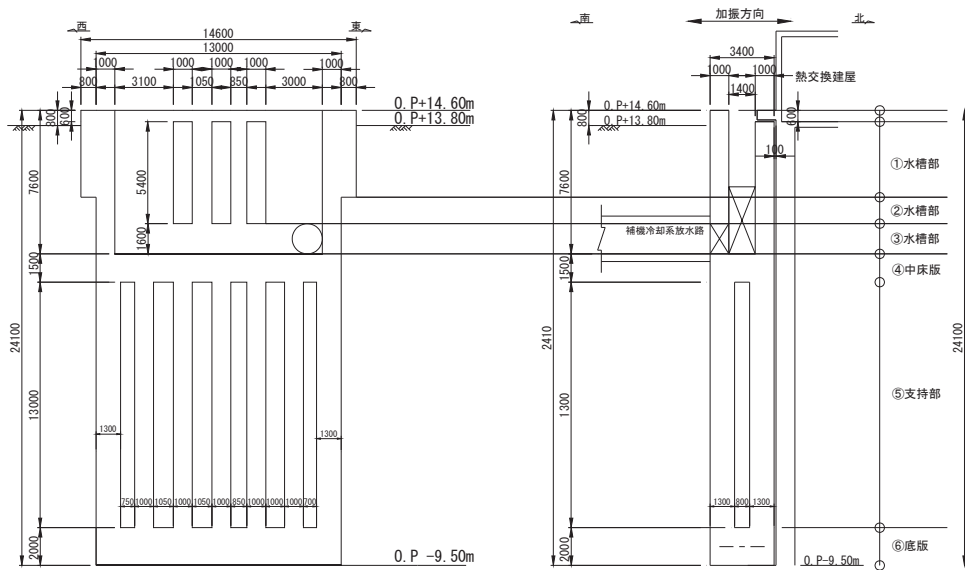


図 10-6 鉛直鉄筋配置概念図

(2) 鉛直断面のせん断力に対する評価

鉛直断面のせん断照査については、発生せん断力（ S ）に対して図 10-7 に示す有効断面積（ A_w ，図中赤塗範囲）で抵抗するものとし、せん断応力度 τ が「日本道路協会 平成 24 年 3 月 道路橋示方書・同解説 I 共通編・III コンクリート橋編」に示される短期許容せん断応力度 τ_{a1} 以下である場合にはせん断補強筋は不要である。

短期許容せん断応力度 τ_{a1} を超える場合はせん断補強筋（ A_{s1} ）が必要となり、二次元地震応答解析により算出される線形はり要素の発生せん断力を用いて照査を行い、構造部材の発生せん断力が鉄筋コンクリートとしての許容限界すなわち短期許容せん断力 V_a 以下であることを確認する。

本構造物を 1 本の線形はりとしてモデル化した場合、加振方向の側壁（耐震壁）ははり要素のウェブとして機能する。はり要素に発生する面外せん断力に対し、はり要素のウェブでせん断に抵抗するものとし、はり要素のせん断応力度 τ を算定する。このときの A_w ははりの有効せん断面積（＝ウェブの断面積）である。

はり要素に発生するせん断応力度 τ が「日本道路協会 平成 24 年 3 月 道路橋示方書・同解説 I 共通編・III コンクリート橋編」に示される短期許容せん断応力度 τ_{a1} を超える場合は、せん断補強筋を用いる。鉛直断面せん断照査におけるせん断補強筋は、水平断面照査における主鉄筋（＝水平鉄筋）と同じ方向の鉄筋である。

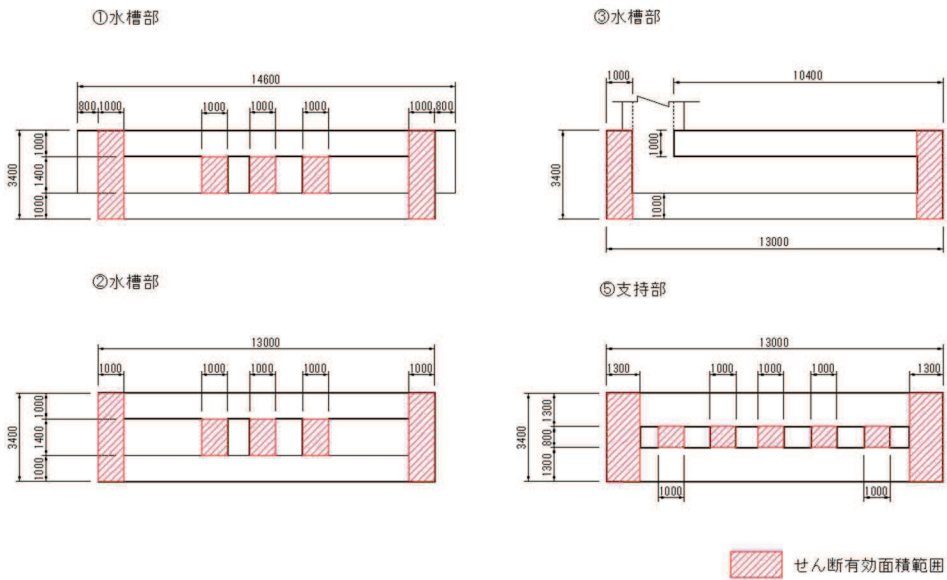
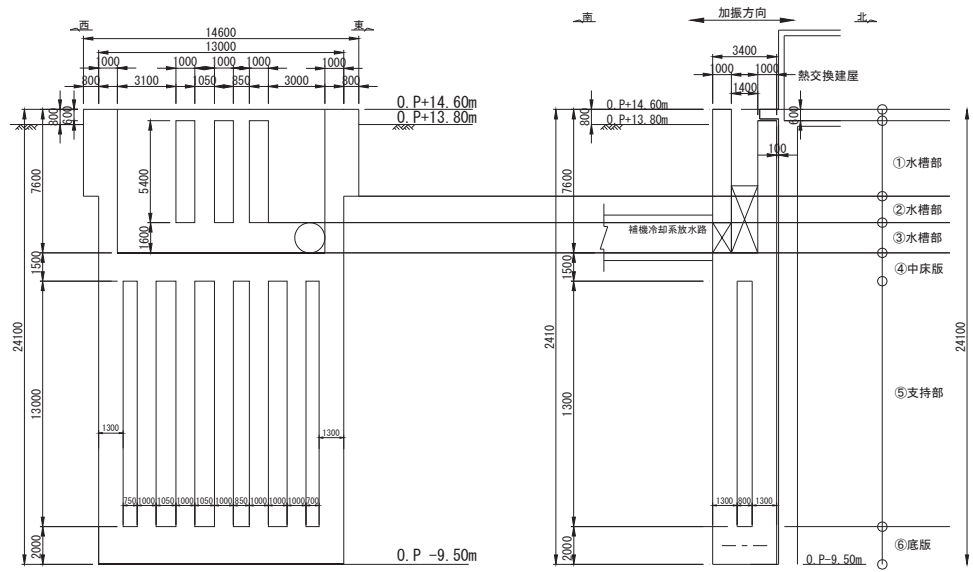


図 10-7 せん断有効断面積概念図

(3) 版部材が側壁を固定することによる隅角部の評価（曲げ）

側壁と版部材の隅角部には，各部材の剛性に起因する端曲げが発生するために，隅角部における曲げモーメントの廻り込みに対する影響検討を行う。

a. 版部材の拘束効果による側壁の検討

図 10-8 に版部材から側壁に廻り込む曲げモーメントを算定する場合の概念図を，図 10-9 にはり要素の設置する形状ばねの算出方法を示す。

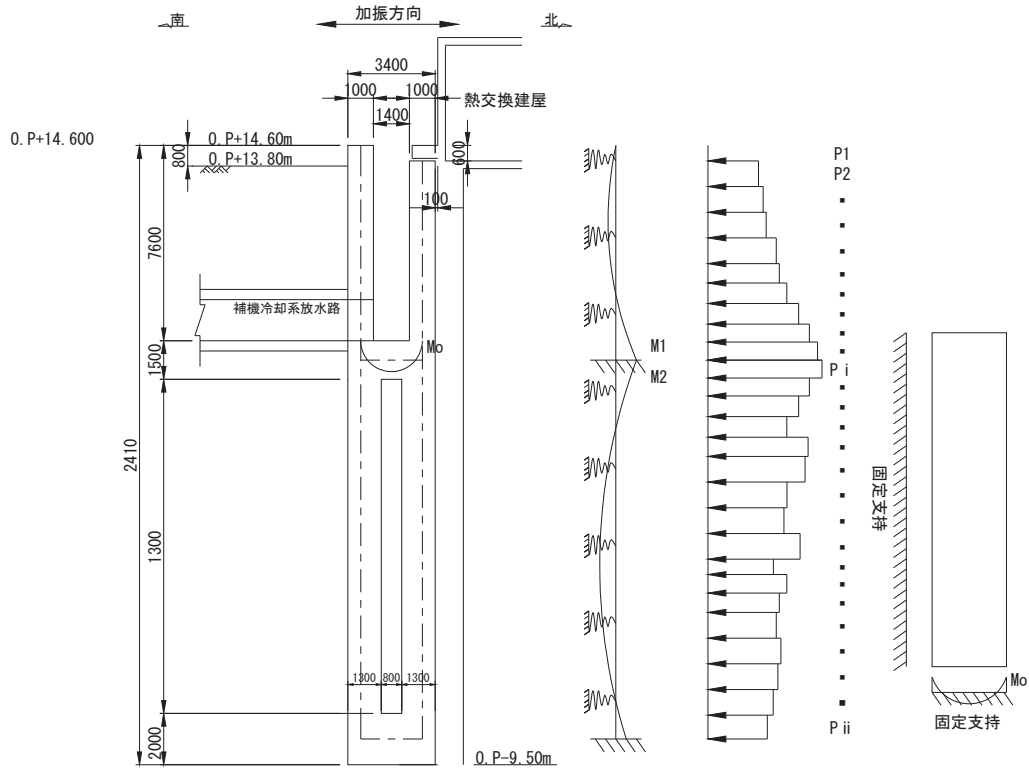


図 10-8 版部材から側壁に廻り込む曲げモーメント概念図

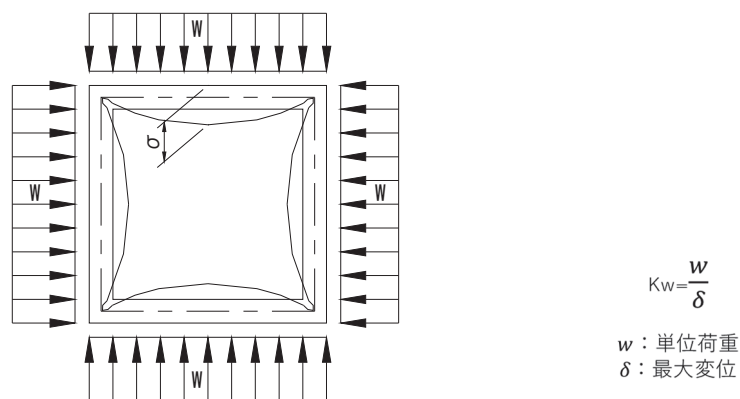


図 10-9 矩形立坑の形状ばねの算出方法

版部材と側壁の隅角部には、版部材の曲げモーメント (M_0) が側壁に廻り込む。また、側壁が版部材に指示される拘束効果により、地震時荷重を面外方向に受けた場合に曲げモーメントが反転する (M_1 , M_2)。この現象は二次元地震応答解析において考慮することができない。このためここでは、側壁と版部材の結合部における曲げモーメント増分の廻り込みを考慮した検討を行う。

版部材の端曲げモーメント (M_0) は、境界条件を固定支持として計算図表により算定する。

側壁は版部材中心間距離で固定支持された、単位幅を有するはり要素でモデル化し、地震時荷重を作用させた場合に、支持位置に発生する曲げモーメント (M_1 , M_2) を算定する。

地震時荷重については各鉛直スパンの地盤反力 (ジョイント要素の直方向反力) の合算値が最大となる時刻の地盤反力分布を用いる。

本検討において側壁を単位奥行き当たりのはり要素でモデル化するが、実際には直交壁が存在し、側壁の変形を抑制している。そのため、立坑の形状ばねを考慮した弾性床上のはりとしてモデル化を行い曲げモーメントを算定する。矩形断面の形状ばねの算定は、側壁、直交壁で閉鎖された形状に対し、単位荷重を作用させた場合に側壁に発生する最大変位を用いて算出する。

版部材の端曲げモーメント (M_0) 及び版部材に拘束された側壁に発生する端曲げモーメント (M_1 , M_2 のうちモーメントの連続性を考えて両者の最大値を用いる) の和を設計曲げモーメントとする。

上記により得られる設計曲げモーメントから鉛直鉄筋の引張応力度を算定し、鉛直断面の設計における鉛直鉄筋の引張応力度に加算した照査を行い、必要な場合は補強鉄筋を配置する。

b. 側壁の拘束効果による版部材の検討

版部材については版部材の端曲げモーメント (M_0) 及び側壁から版部材へ廻り込むモーメント (M_1 , M_2 のうち最大値) の和を設計曲げモーメントとする。

上記により得られる設計曲げモーメントから版部材主鉄筋の引張応力度を算定し、版部材の設計における版部材主鉄筋の引張応力度を加算した照査を行い、必要な場合は補強鉄筋を配置する。

10.1.4 水平断面に対する耐震評価

(1) 設計断面の選定

水平断面については，構造物側壁及び隔壁を線形はり要素としてモデル化した二次元静的フレーム解析に常時荷重，地震時荷重を作用させたときに発生する断面力に対し，水平鉄筋及びせん断補強筋の設計を行う。

作用させる荷重は，二次元地震応答解析結果から抽出した構造物側方の地震時地盤反力（ジョイント要素ばね反力）のうち全時刻最大値と，二次元地震応答解析と同じメッシュで鉛直方向に重力加速度を載荷して算出した常時地盤反力（ジョイント要素ばね反力）の和である。

構造物の曲げモーメント，軸力，せん断力による発生応力度が許容限界以下であることを確認する。なお，ここで設計する主鉄筋（ A_s ）は，二次元フレーム解析モデルの側壁面外方向の地震時最大地盤反力で生じる曲げ軸力に対する鉄筋である。

図 10-10 に水平断面の設計断面選定図を示す。

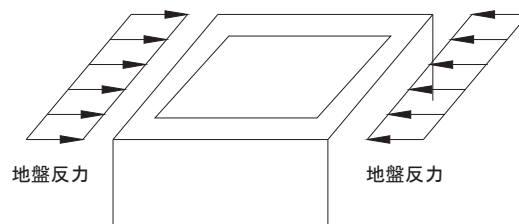
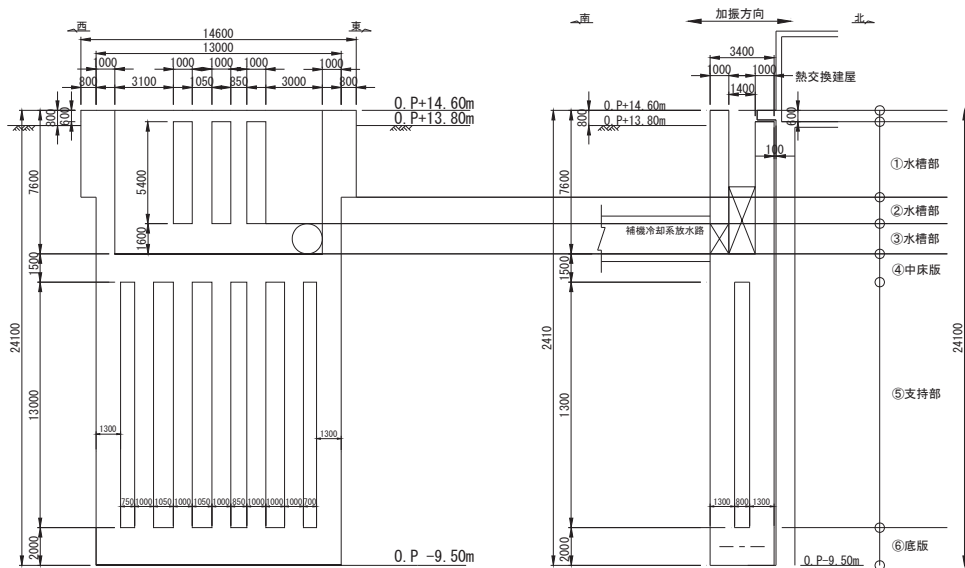
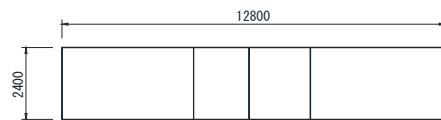
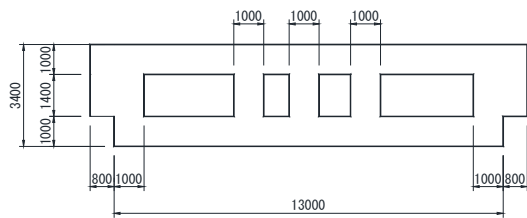


図 10-10 水平断面の評価概念図（フレーム計算）

本構造物は側壁の厚さ，隔壁の枚数が異なることから，図 10-11 に示す 2 断面を選定し，設計を行う。



①水槽部



⑤支持部

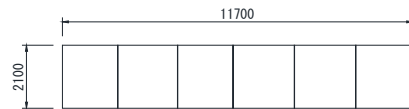
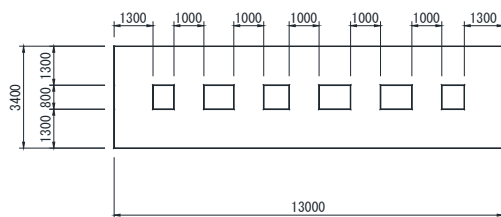


図 10-11 設計断面選定図

(2) 躯体モデル化

a. 開口部がない水平断面（対象：支持部検討断面）

水平断面については、構造物側壁及び隔壁を、それぞれ図心位置において線形はり要素としてモデル化した二次元静的フレーム解析を行う。

境界条件については、「日本道路協会 平成 24 年 3 月 道路橋示方書・同解説 I 共通編・IV 下部構造編」に準拠し、単純支持とする。

二次元静的フレーム解析におけるはり要素の要素分割については、土木学会マニユア

ルに準拠して、各分割要素が断面厚または有効高さの2.0倍以下として設定する。

図10-12に二次元静的フレーム解析における剛域の考え方を示す。二次元静的フレーム解析においては、「土木学会2002年コンクリート標準示方書[構造性能照査編]」に準拠し、隅角部に剛域を設ける。

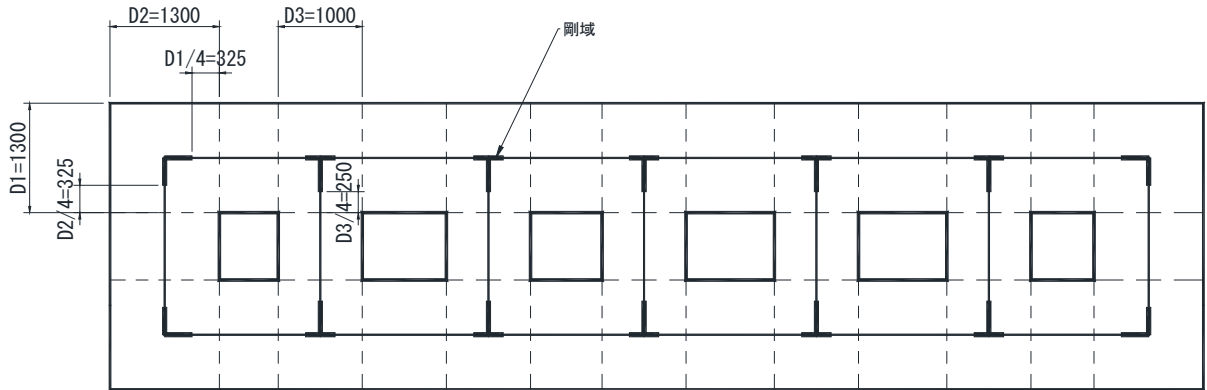


図10-12 二次元静的フレーム解析における剛域の考え方

b. 開口部を含む水平断面（対象：水槽部検討断面）

側壁に開口部がある場合、及び全高にわたり設置されていない隔壁が存在する場合については構造物側壁及び隔壁を線形はり要素としてモデル化し、側壁開口部または隔壁欠損部上下に位置する部材に相当する等価剛性を入力した静的フレーム解析により水平断面の照査を行う。

等価剛性は、開口部、欠損部を考慮しない状態で算出された剛性を検討高さで除すことにより奥行き1.0m当たりで設定する。

境界条件、はり要素の要素分割及び剛域の設定は、a. 開口部がない水平断面と同じ設定とする。

(3) 荷重条件

図 10-13 に水平断面の荷重図を示す。

地盤と構造物の連成系モデルによる二次元地震応答解析結果に基づき、水平断面の検討では、構造物の両側に地盤からの最大荷重を作用させる場合（両押し時）と、片側のみに地盤からの最大荷重を作用させる場合（片押し時）について検討する。また、片側のみ荷重を載荷させる場合は、構造物の、南北方向の非対称性を考慮して片側一方ずつ載荷する。従って都合三つの荷重状態について検討する。

水平断面の設計荷重として、図 10-13 に示すように、両押し時は二次元地震応答解析により得られる構造物側方の地震時地盤反力（ジョイント要素ばね反力）の全時刻最大値を抽出し、構造物平面の両側から同じ最大荷重を常時荷重とともに作用させる。

片押し時は、両押し時と同じ地震時地盤反力の最大値を構造物平面の片側から最大荷重として常時荷重とともに作用させる。

常時荷重については常時土圧を考慮する。設計断面の適用範囲毎に最浅部（最小）と最深部（最大）の常時荷重を算定し、図 10-13 に示すように、構造物水平断面の静的フレーム解析に用いる。

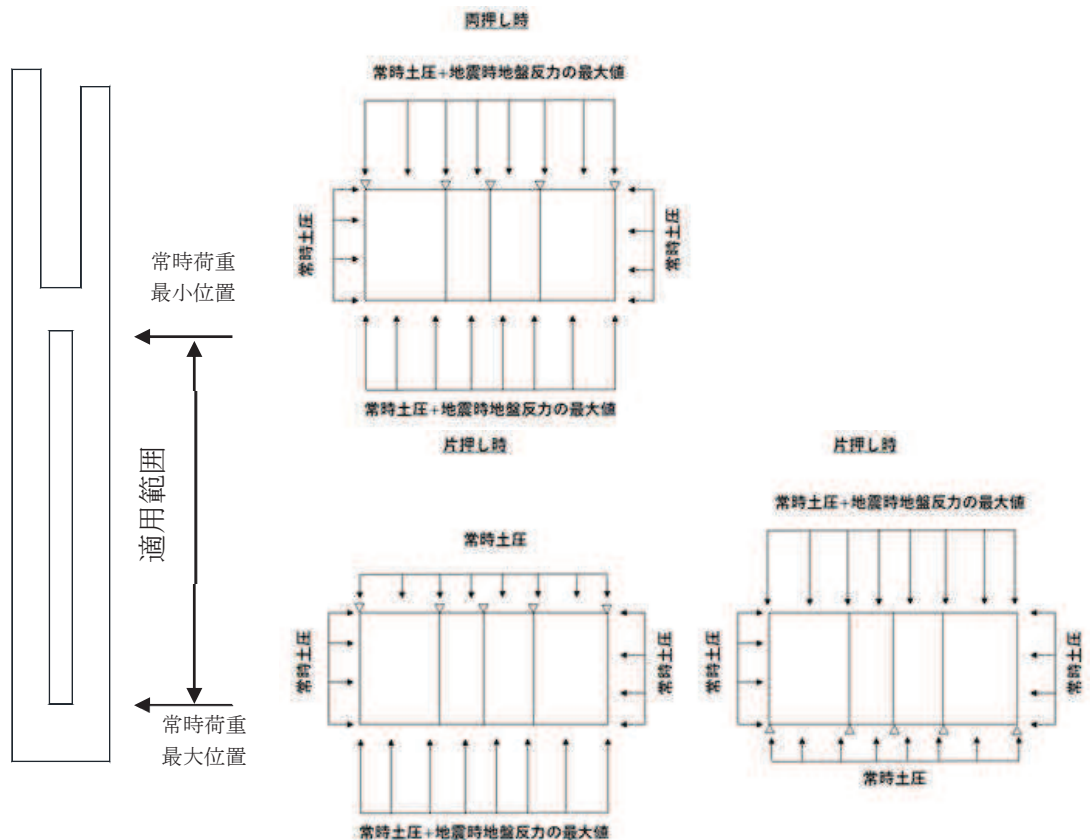


図 10-13 構造物水平断面の荷重図

10.1.5 版部材の設計

底版及び中床版については、種々の境界条件の下で理論式により導き出された平板の断面力計算図表「日本建築学会 1999年 鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説」により設計断面力を算定する。

スパンは側壁及び隔壁の中心間距離とし、境界条件は単純支持とする。

設計荷重は、中床版は躯体及び内水の慣性力、底版は仮想剛梁要素（底面）下面の地盤反力（ジョイント要素ばね反力）とし、平板全面に等分布として一律載荷する。慣性力算定のための鉛直方向加速度、仮想剛梁要素（底面）下面の地盤反力はいずれも検討地震動最大とする。

なお、設計断面力の算定及び評価は最もスパンが長い位置で行い、算定された必要鉄筋量と同量を全スパンにおいても配置する。

中床版及び底板断面力の算出寸法を図 10-14 に示す。

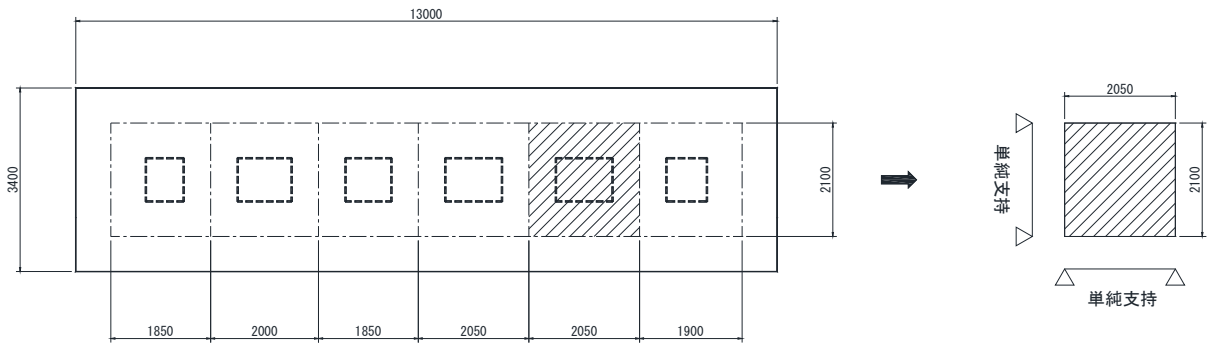


図 10-14 中床版及び底板断面力算出寸法

10.2 基礎地盤の支持性能に対する評価方法

基礎地盤の支持性能に係る評価対象部位は第 3 号機補機冷却海水系放水ピットを直接指示する MMR と、新設する MMR を支持する基礎地盤とし、発生する応力（接地圧）が許容限界以下であることを確認する。

10.3 許容限界

許容限界は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき設定する。

(1) 構造部材の健全性に対する許容限界

構造強度を有することの確認における構造部材（鉄筋コンクリート）の曲げ・軸力系の破壊に対する許容限界は、日本道路協会 平成 24 年 3 月 道路橋示方書・同解説 I 共通編・IV 下部構造編に基づき、短期許容応力度とする。また、せん断破壊に対する許容限界は、コンクリートと鉄筋の短期許容応力度から算定した短期許容せん断力とする。コンクリート及び鉄筋の許容応力度を表 10-2～表 10-3 に示す。

溢水防止蓋の止水ジョイントを支持する機能及び止水機能を要求されるが、短期許容応力度により照査を行うため、構造強度を有することの確認と許容限界が同一となることから、全部材に対して構造強度を有することを確認することで、支持する機能及び止水機能を損なわないことの確認も同時に行う。

表 10-2 コンクリートの許容応力度及び短期許容応力度

設計基準強度	許容応力度 (N/mm ²)		短期許容応力度* (N/mm ²)
	f'ck=50.0(N/mm ²)	許容曲げ圧縮応力度 σ'_{ca}	16.0
許容せん断応力度 τ_{al}		0.65	0.975

注記*：土木学会 2002 年 コンクリート標準示方書[構造性能照査編]により地震時の割り増し係数として 1.5 を考慮する。

表 10-3 鉄筋の許容応力度及び短期許容応力度

鉄筋の種類	許容応力度 (N/mm ²)		短期許容応力度* (N/mm ²)
	SD490	許容引張応力度 σ_{sa}	290
SD345	196		294

注記*：日本道路協会 平成 24 年 3 月 道路橋示方書・同解説 I 共通編・IV 下部構造編により地震時の割り増し係数として 1.5 を考慮する。

(2) 基礎地盤の支持性能に対する許容限界

基礎地盤（牧の浜部層）に発生する接地圧に対する許容限界は、添付書類「VI-2-1-3 地盤の支持性能に係る基本方針」に基づき、岩盤の極限支持力とする。

基礎地盤（牧の浜部層）の許容限界を表 10-4 に示す。

表 10-4 基礎地盤の支持性能に対する許容限界

評価項目	基礎地盤	許容限界 (N/mm ²)
極限支持力	牧の浜部層	11.4

MMR（新設）に発生する接地圧に対する許容限界は、土木学会 2002 年 コンクリート標準示方書[構造性能照査編]に基づき、コンクリートの支圧強度とする。

MMR（新設）の許容限界を表 10-5 に示す。

表 10-5 MMR（新設）の支持性能に対する許容限界

評価項目	MMR（新設）	許容限界 (N/mm ²)
支圧強度	コンクリート ($f'_{ck} = 30.0 \text{ N/mm}^2$)	$f'_a = 30.0$

10.4 耐震評価結果

10.4.1 第3号機補機冷却海水系放水ピットの断面諸元

鉛直断面，水平断面及び版部材の評価に用いる断面諸元を表10-6に示す。

表10-6 鉄筋コンクリート断面諸元

部材	部材厚 (mm)	X方向 (水平方向)		Y方向 (鉛直方向)		せん断補強筋
		配置鉄筋	芯かぶり (mm)	配置鉄筋	芯かぶり (mm)	
底版	2000	2-D35@150 2-D35@150	130	2-D35@150 2-D35@150	165	D25@150×150
中床版	1500	D29@150 D29@150	130	D29@150 D29@150	165	D19@300×300
側壁①	1000	2-D35@150 2-D35@150	130	2-D35@150 2-D35@150	165	D19@150×300
側壁②	1300	2-D35@150 2-D35@150	130	2-D35@150 2-D35@150	165	D22@300×300
側壁③	1800	2-D35@150 2-D35@150 2-D35@150	130	2-D35@150 2-D35@150 2-D35@150	165	D22@300×300
隔壁①	1000	D35@150 D35@150	130	D35@150 D35@150	165	D22@300×300

10.4.2 鉛直断面に対する耐震評価結果

(1) 構造部材の曲げ軸力に対する評価結果

コンクリートの曲げ軸力に対する照査結果を表 10-7 に評価位置における最大照査値を表 10-8 に示す。照査値が最も厳しい値となる結果を表 10-9 に示し、そのケースの断面力図を図 10-15 に示す。

鉄筋の曲げ軸力に対する照査結果を表 10-10 に評価位置における最大照査値を表 10-11 に示す。照査値が最も厳しい値となる結果を表 10-12 に示し、そのケースの断面力図を図 10-16 に示す。

許容応力度法による照査を行った結果、評価位置においてコンクリートの圧縮応力度と鉄筋の引張応力度が短期許容応力度以下であることを確認した。

表 10-7(1) ①水槽部曲げ・軸力系の破壊に対する照査値（鉛直断面コンクリート）

地震動名		曲げ・軸力系の破壊に対する照査			
		ケース①	ケース②	ケース③	ケース④
S s - D 1	++	0.06	追而		
	-+	0.09			
S s - D 2	++	0.09			
	-+	0.07			
S s - D 3	++	0.05			
	-+	0.06			
S s - F 1	++	0.04			
	-+	0.05			
S s - F 2	++	0.06			
	-+	0.04			
S s - F 3	++	0.06			
	-+	0.06			
S s - N 1	++	0.05			
	-+	0.03			

表 10-7(2) ②水槽部曲げ・軸力系の破壊に対する照査値（鉛直断面コンクリート）

地震動名		曲げ・軸力系の破壊に対する照査			
		ケース①	ケース②	ケース③	ケース④
S s - D 1	++	0.09	追而		
	-+	0.11			
S s - D 2	++	0.11			
	-+	0.10			
S s - D 3	++	0.07			
	-+	0.08			
S s - F 1	++	0.07			
	-+	0.06			
S s - F 2	++	0.07			
	-+	0.07			
S s - F 3	++	0.09			
	-+	0.09			
S s - N 1	++	0.08			
	-+	0.09			

表 10-7(3) ③水槽部曲げ・軸力系の破壊に対する照査値（鉛直断面コンクリート）

地震動名		曲げ・軸力系の破壊に対する照査			
		ケース①	ケース②	ケース③	ケース④
S s - D 1	++	0.13	追而		
	-+	0.16			
S s - D 2	++	0.17			
	-+	0.16			
S s - D 3	++	0.13			
	-+	0.13			
S s - F 1	++	0.12			
	-+	0.09			
S s - F 2	++	0.11			
	-+	0.11			
S s - F 3	++	0.14			
	-+	0.15			
S s - N 1	++	0.14			
	-+	0.08			

表 10-7(4) ⑤支持部曲げ・軸力系の破壊に対する照査値（鉛直断面コンクリート）

地震動名		曲げ・軸力系の破壊に対する照査			
		ケース①	ケース②	ケース③	ケース④
S s - D 1	++	0.26	追而		
	-+	0.23			
S s - D 2	++	0.29			
	-+	0.33			
S s - D 3	++	0.32			
	-+	0.28			
S s - F 1	++	0.27			
	-+	0.21			
S s - F 2	++	0.23			
	-+	0.26			
S s - F 3	++	0.27			
	-+	0.33			
S s - N 1	++	0.29			
	-+	0.16			

表 10-8 各評価位置における曲げ・軸力系の破壊に対する最大照査値（鉛直断面コンクリート）

評価位置	断面性状			鉄筋仕様	解析ケース	地震動	発生断面力		発生応力度 $\sigma' c$ (N/mm ²)	短期許容応力度 $\sigma' ca$ (N/mm ²)	照査値 $\sigma' c / \sigma' ca$	
	部材幅 (mm)	部材高 (mm)	有効高 (mm)				曲げモーメント (kN・m/m)	軸力 (kN/m)				
①水槽部	9	14600	3400	3185	2-D35@150	①	Ss-D1(+)	-2793	228	1.97	24	0.09
②水槽部	6	13000	3400	3185	2-D35@150	①	Ss-D2(++)	4405	-284	2.61	24	0.11
③水槽部	9	13000	3400	3185	2-D35@150	①	Ss-D2(++)	6214	-423	4.02	24	0.17
⑤支持部	11	13000	3400	3185	2-D35@150	①	Ss-D2(+)	11477	-796	7.72	24	0.33

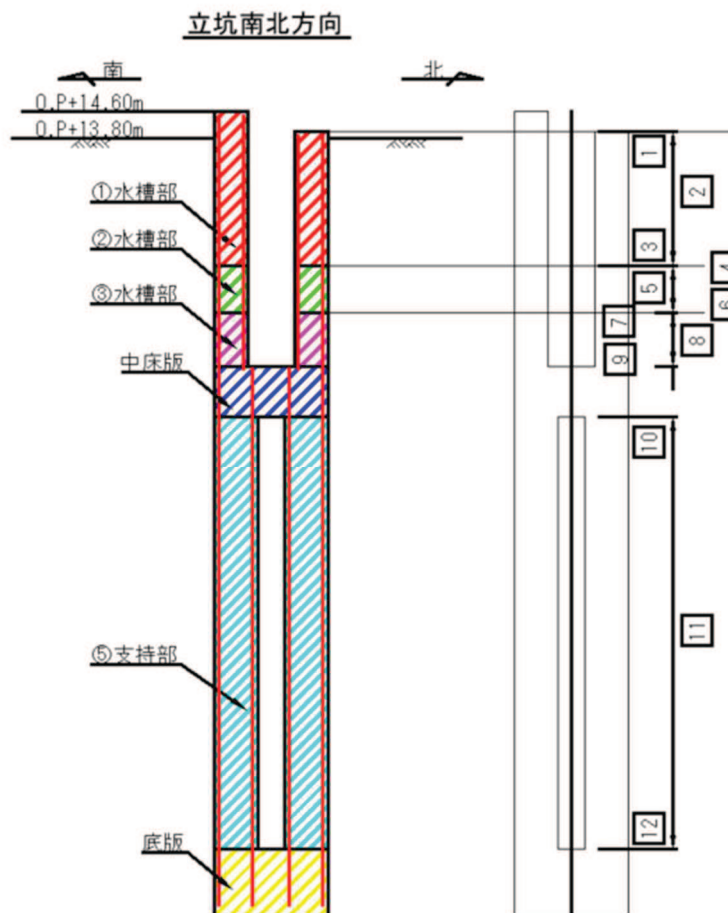
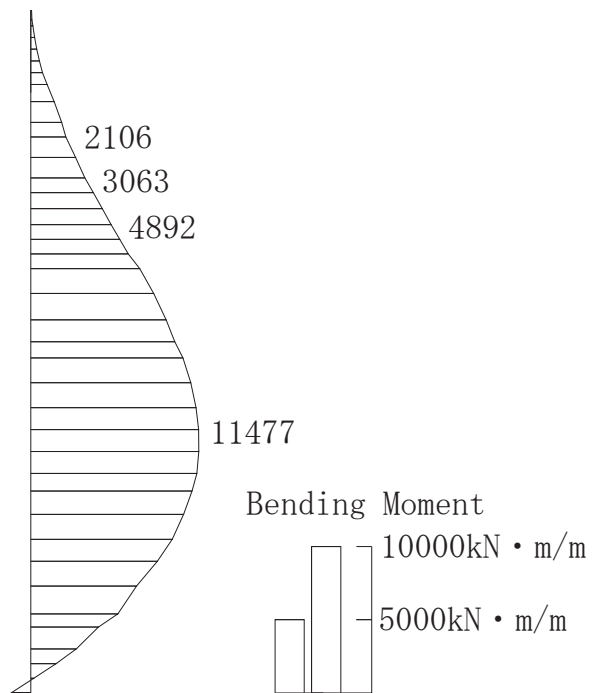


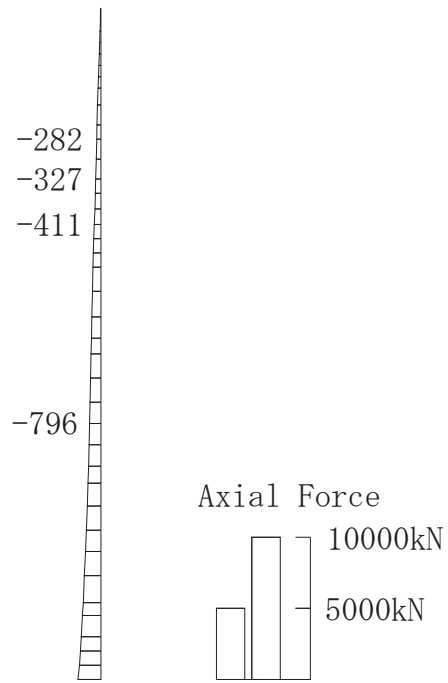
表 10-9 曲げ・軸力系の破壊に対する最大照査値（鉛直断面コンクリート）

評価位置	解析 ケース	地震動	発生断面力		発生 応力度 $\sigma'c$ (N/mm ²)	短期許容 応力度 $\sigma'ca$ (N/mm ²)	照査値 $\sigma'c$ / $\sigma'ca$
			曲げ モーメント (kN · m/m)	軸力 (kN/m)			
⑤支持部	①	Ss-D2(-+)	11477	-796	7.72	24	0.33

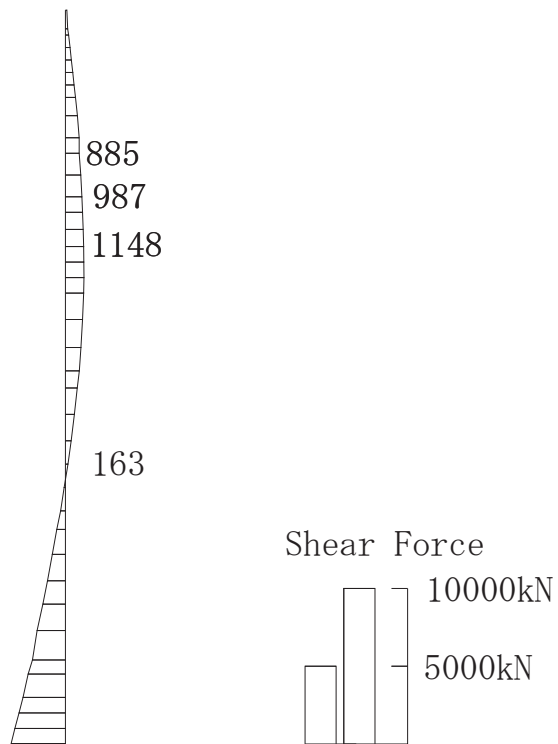


(a) 曲げモーメント (kN · m/m)

図 10-15(1) 曲げ・軸力系の破壊に対する最大照査値となる時刻の断面力
(鉛直断面コンクリート)



(b) 軸力 (kN/m)



(c) せん断力 (kN/m)

図 10-15(2) 曲げ・軸力系の破壊に対する最大照査値となる時刻の断面力
(鉛直断面コンクリート)

表 10-10(1) ①水槽部曲げ・軸力系の破壊に対する照査値（鉛直断面鉄筋）

地震動名		曲げ・軸力系の破壊に対する照査			
		ケース①	ケース②	ケース③	ケース④
S s - D 1	++	0.13	追而		
	-+	0.15			
S s - D 2	++	0.20			
	-+	0.18			
S s - D 3	++	0.13			
	-+	0.13			
S s - F 1	++	0.11			
	-+	0.12			
S s - F 2	++	0.14			
	-+	0.09			
S s - F 3	++	0.14			
	-+	0.14			
S s - N 1	++	0.13			
	-+	0.09			

表 10-10(2) ②水槽部曲げ・軸力系の破壊に対する照査値（鉛直断面鉄筋）

地震動名		曲げ・軸力系の破壊に対する照査			
		ケース①	ケース②	ケース③	ケース④
S s - D 1	++	0.19	追而		
	-+	0.20			
S s - D 2	++	0.25			
	-+	0.13			
S s - D 3	++	0.17			
	-+	0.18			
S s - F 1	++	0.16			
	-+	0.15			
S s - F 2	++	0.16			
	-+	0.14			
S s - F 3	++	0.20			
	-+	0.20			
S s - N 1	++	0.19			
	-+	0.18			

表 10-10(3) ③水槽部曲げ・軸力系の破壊に対する照査値（鉛直断面鉄筋）

地震動名		曲げ・軸力系の破壊に対する照査			
		ケース①	ケース②	ケース③	ケース④
S s - D 1	++	0.26	追而		
	-+	0.32			
S s - D 2	++	0.33			
	-+	0.32			
S s - D 3	++	0.25			
	-+	0.26			
S s - F 1	++	0.24			
	-+	0.20			
S s - F 2	++	0.21			
	-+	0.20			
S s - F 3	++	0.28			
	-+	0.28			
S s - N 1	++	0.26			
	-+	0.16			

表 10-10(4) ⑤支持部曲げ・軸力系の破壊に対する照査値（鉛直断面鉄筋）

地震動名		曲げ・軸力系の破壊に対する照査			
		ケース①	ケース②	ケース③	ケース④
S s - D 1	++	0.68	追而		
	-+	0.64			
S s - D 2	++	0.75			
	-+	0.80			
S s - D 3	++	0.79			
	-+	0.71			
S s - F 1	++	0.69			
	-+	0.54			
S s - F 2	++	0.72			
	-+	0.59			
S s - F 3	++	0.67			
	-+	0.80			
S s - N 1	++	0.68			
	-+	0.48			

表 10-11 各評価位置における曲げ・軸力系の破壊に対する最大照査値（鉛直断面鉄筋）

評価位置	断面性状			鉄筋仕様	解析ケース	地震動	発生断面力		発生応力度 $\sigma'c$ (N/mm ²)	短期許容 応力度 $\sigma'ca$ (N/mm ²)	照査値 $\sigma'c / \sigma'ca$	
	部材幅 (mm)	部材高 (mm)	有効高 (mm)				曲げモーメント (kN・m/m)	軸力 (kN/m)				
①水槽部	3	14600	3400	3185	2-D35@150	①	Ss-D1(-+)	3089	-257	85	435	0.20
②水槽部	6	13000	3400	3185	2-D35@150	①	Ss-D2(++)	4405	-284	105	435	0.25
③水槽部	9	13000	3400	3185	2-D35@150	①	Ss-D2(++)	6214	-423	142	435	0.33
⑤支持部	11	13000	3400	3185	2-D35@150	①	Ss-D2(-+)	11329	-975	348	435	0.80

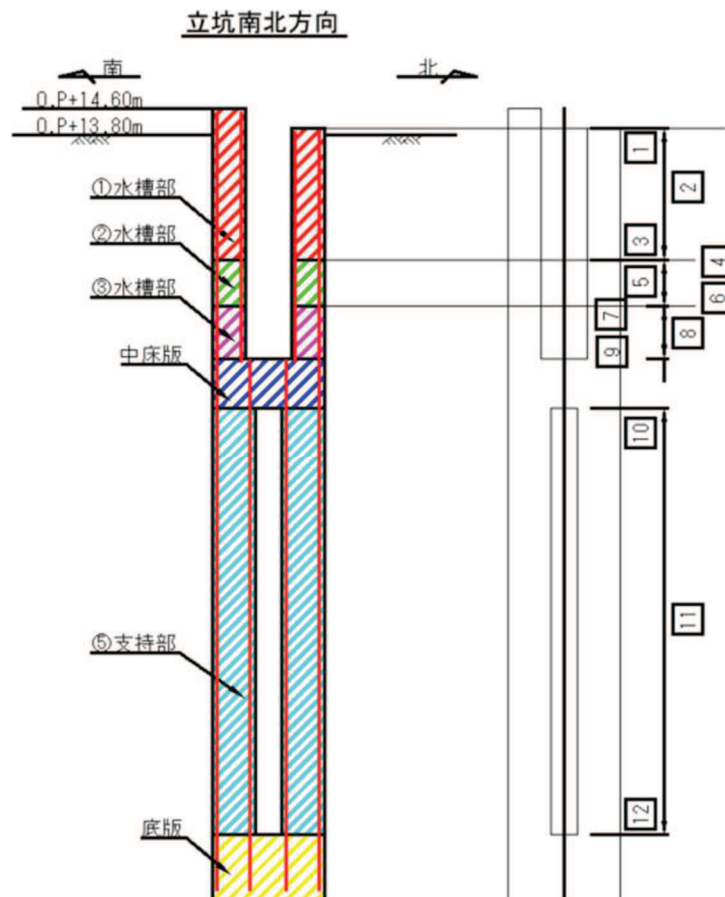
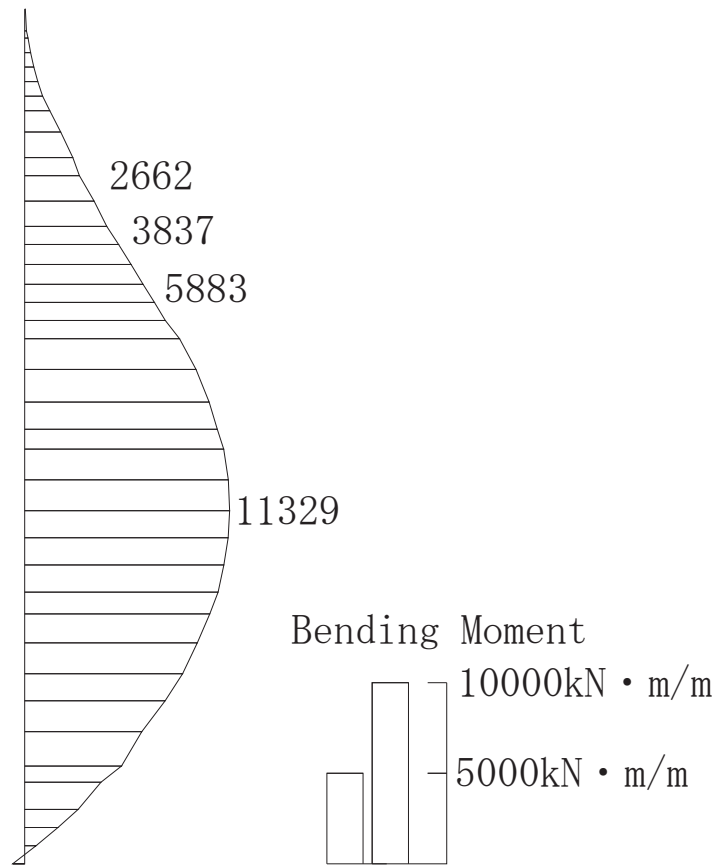


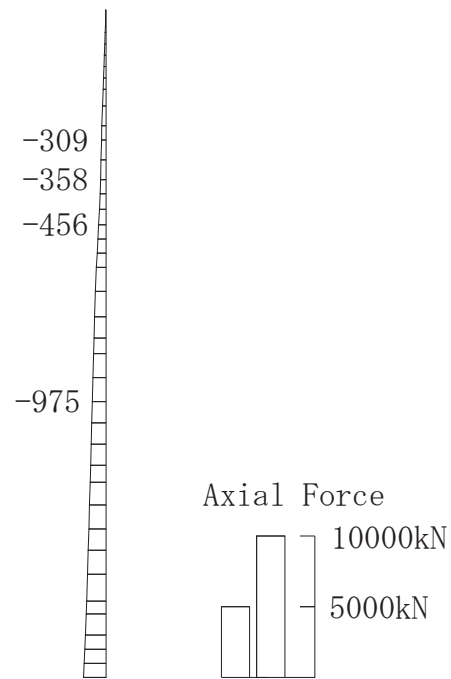
表 10-12 曲げ・軸力系の破壊に対する最大照査値（鉛直断面鉄筋）

評価位置	解析 ケース	地震動	発生断面力		発生 応力度 $\sigma'c$ (N/mm ²)	短期許容 応力度 $\sigma'ca$ (N/mm ²)	照査値 $\sigma'c$ / $\sigma'ca$
			曲げ モーメント (kN · m/m)	軸力 (kN/m)			
⑤支持部	①	Ss-D2(-+)	11329	-975	348	435	0.80

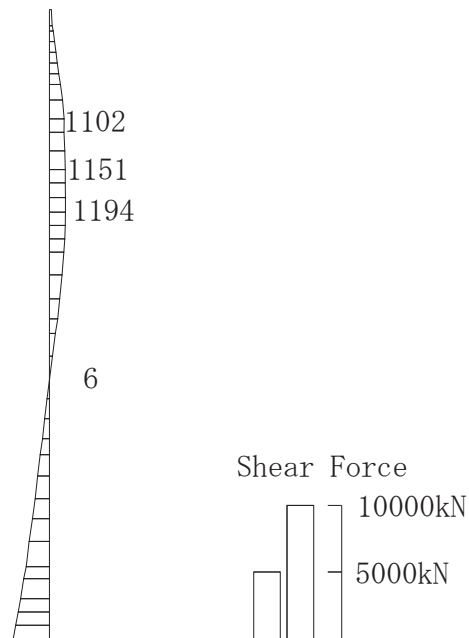


(a) 曲げモーメント (kN · m/m)

図 10-16(1) 曲げ・軸力系の破壊に対する最大照査値となる時刻の断面力
(鉛直断面鉄筋)



(b) 軸力 (kN/m)



(c) せん断力 (kN/m)

図 10-16(2) 曲げ・軸力系の破壊に対する最大照査値となる時刻の断面力
(鉛直断面鉄筋)

(2) 鉛直断面のせん断力に対する耐震評価結果

せん断力の破壊に対する照査結果を表 10-13 に評価位置における最大照査値を表 10-4 に示す。照査値が最も厳しい値となる結果を表 10-15 に示し，そのケースの断面力図を図 10-17 に示す。鉛直断面のせん断力に対する照査を行った結果，評価位置においてせん断応力度が短期許容せん断応力度以下である又はコンクリートの負担するせん断力（ V_c ）と，斜め引張鉄筋の負担するせん断力（ V_s ）を合わせた短期許容せん断力（ V_a ）が，発生せん断力（ V ）以上であることを確認した。

表 10-13(1) ①水槽部せん断力の破壊に対する照査値（鉛直断面）

地震動名		せん断力の破壊に対する照査			
		ケース①	ケース②	ケース③	ケース④
S s - D 1	++	0.18	追而		
	-+	0.21			
S s - D 2	++	0.26			
	-+	0.20			
S s - D 3	++	0.16			
	-+	0.17			
S s - F 1	++	0.16			
	-+	0.12			
S s - F 2	++	0.19			
	-+	0.15			
S s - F 3	++	0.19			
	-+	0.20			
S s - N 1	++	0.19			
	-+	0.12			

表 10-13(2) ②水槽部せん断力の破壊に対する照査値（鉛直断面）

地震動名		せん断力の破壊に対する照査			
		ケース①	ケース②	ケース③	ケース④
S s - D 1	++	0.19	追而		
	-+	0.20			
S s - D 2	++	0.20			
	-+	0.21			
S s - D 3	++	0.17			
	-+	0.18			
S s - F 1	++	0.17			
	-+	0.12			
S s - F 2	++	0.15			
	-+	0.17			
S s - F 3	++	0.21			
	-+	0.20			
S s - N 1	++	0.21			
	-+	0.12			

表 10-13(3) ③水槽部せん断力の破壊に対する照査値（鉛直断面）

地震動名		せん断力の破壊に対する照査			
		ケース①	ケース②	ケース③	ケース④
S s - D 1	++	0.30	追而		
	-+	0.29			
S s - D 2	++	0.45			
	-+	0.40			
S s - D 3	++	0.37			
	-+	0.36			
S s - F 1	++	0.34			
	-+	0.25			
S s - F 2	++	0.28			
	-+	0.34			
S s - F 3	++	0.34			
	-+	0.38			
S s - N 1	++	0.43			
	-+	0.21			

表 10-13(4) ⑤支持部せん断力の破壊に対する照査値（鉛直断面）

地震動名		せん断力の破壊に対する照査			
		ケース①	ケース②	ケース③	ケース④
S s - D 1	++	0.27	追而		
	-+	0.25			
S s - D 2	++	0.34			
	-+	0.34			
S s - D 3	++	0.33			
	-+	0.30			
S s - F 1	++	0.32			
	-+	0.23			
S s - F 2	++	0.28			
	-+	0.27			
S s - F 3	++	0.30			
	-+	0.38			
S s - N 1	++	0.31			
	-+	0.24			

表 10-14 各評価位置におけるせん断力破壊に対する最大照査値（鉛直断面）

評価位置	断面性状			鉄筋仕様	解析ケース	地震動	発生応力度 V (kN/m)	短期許容応力度 Va (kN/m)	照査値 V / Va	
	部材幅 (mm)	部材高 (mm)	有効高 (mm)							
①水槽部	2	14600	3400	3185	2-D35@150	①	Ss-D2(++)	18198	72050	0.26
②水槽部	6	13000	3400	3185	2-D35@150	①	Ss-D2(-+)	14958	72050	0.21
③水槽部	9	13000	3400	3185	2-D35@150	①	Ss-D2(++)	17485	39716	0.45
⑤支持部	12	13000	3400	3185	2-D35@150	①	Ss-F3(-+)	-34233	91988	0.38

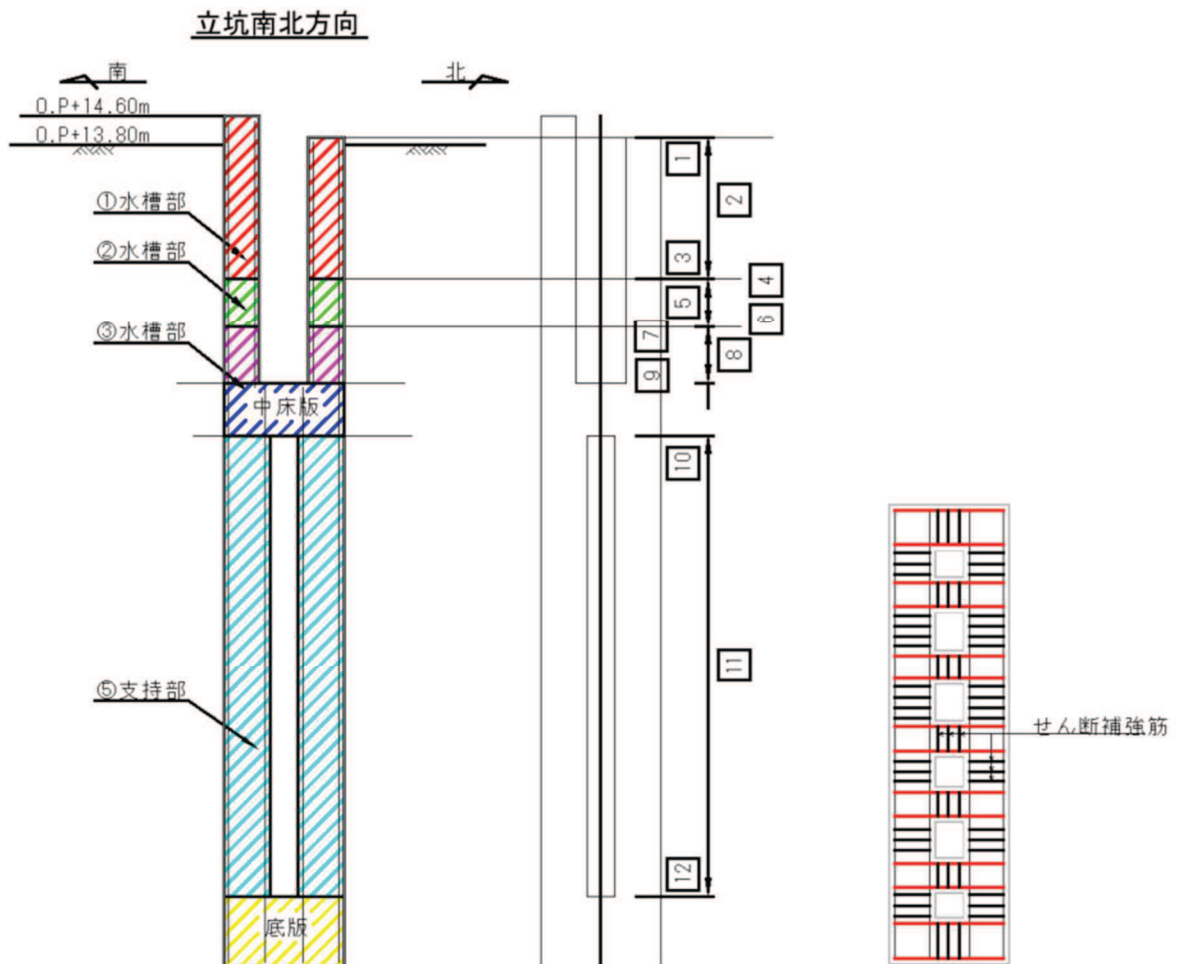
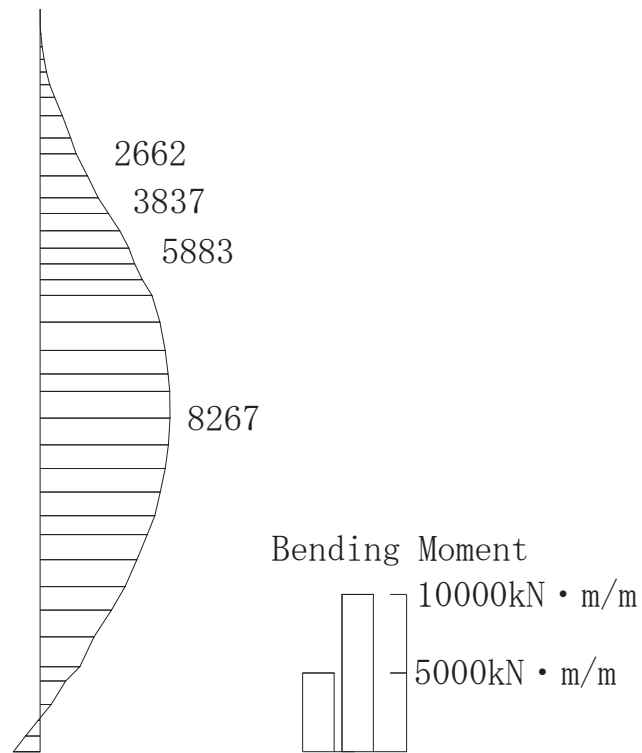


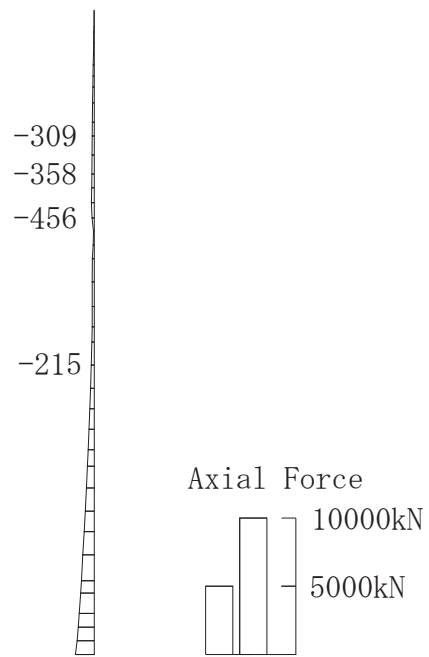
表 10-15 せん断力の破壊に対する最大照査値（鉛直断面）

評価位置	解析 ケース	地震動	発生 応力度 V (kN/m)	短期許容応 力度 Va (kN/m)	照査値 V / Va
⑤支持部	①	Ss-D2(++)	1345	3055	0.45

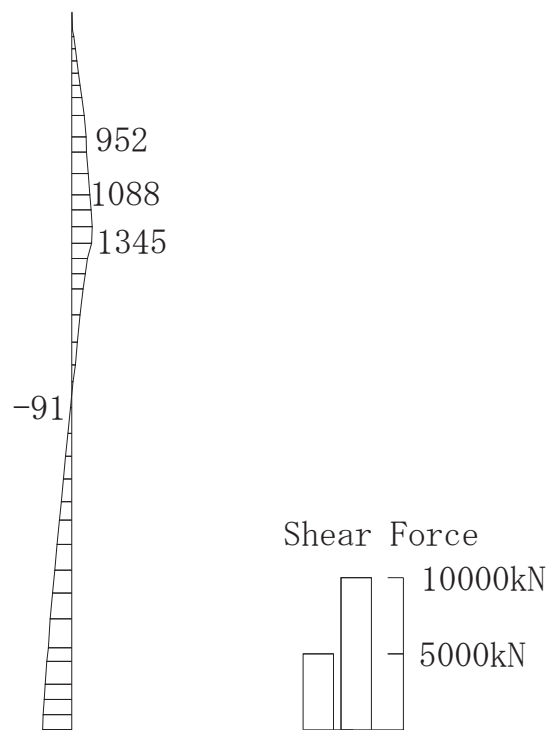


(a) 曲げモーメント (kN・m/m)

図 10-17(1) せん断力の破壊に対する最大照査値となる時刻の断面力（鉛直断面）



(b) 軸力 (kN/m)



(c) せん断力 (kN/m)

図 10-17(2) せん断力の破壊に対する最大照査値となる時刻の断面力 (鉛直断面)

10.4.3 水平断面に対する耐震評価結果

(1) 水平断面の曲げ軸力に対する評価結果

コンクリートの曲げ軸力に対する照査結果を表 10-16 に評価位置における最大照査値を表 10-17 に示す。照査値が最も厳しい値となる結果を表 10-18 に示し、そのケースの断面力図を図 10-19 に示す。

鉄筋の曲げ軸力に対する照査結果を表 10-19 に評価位置における最大照査値を表 10-20 に示す。照査値が最も厳しい値となる結果を表 10-21 に示し、そのケースの断面力図を図 10-20 に示す。

許容応力度法による照査を行った結果、評価位置においてコンクリートの圧縮応力度と鉄筋の引張応力度が短期許容応力度以下であることを確認した。

水平方向の設計断面は 2 断面とし、地震時荷重の載荷方法（両押し、片押し（熱交間建屋側）、片押し（盛土側））、地震時荷重の方向及び常時土水圧の大小により 1 つの設計断面に対し 1 地震波につき 9 ケースの解析を行い、側壁及び中壁の応力度照査を行っている（図 10-18）。

各照査表においては、1 地震波に対し 9 ケースの解析を行い、照査値が最大となる組合せに対する照査結果を示す。

許容応力度法による照査を行った結果、評価位置においてコンクリートの圧縮応力度と鉄筋の引張応力度が短期許容応力度以下であることを確認した。

表 10-16(1) 水槽部曲げ軸力系の破壊に対する照査値(側壁長辺側)
(水平断面コンクリート)

地震動名		曲げ・軸力系の破壊に対する照査			
		ケース①	ケース②	ケース③	ケース④
S s - D 1	++	0.08	追而		
	-+	0.11			
S s - D 2	++	0.09			
	-+	0.10			
S s - D 3	++	0.08			
	-+	0.09			
S s - F 1	++	0.09			
	-+	0.08			
S s - F 2	++	0.08			
	-+	0.09			
S s - F 3	++	0.07			
	-+	0.10			
S s - N 1	++	0.09			
	-+	0.09			

表 10-16(2) 水槽部曲げ軸力系の破壊に対する照査値(側壁短辺側)
(水平断面コンクリート)

地震動名		曲げ・軸力系の破壊に対する照査			
		ケース①	ケース②	ケース③	ケース④
S s - D 1	++	0.15	追而		
	-+	0.21			
S s - D 2	++	0.18			
	-+	0.18			
S s - D 3	++	0.14			
	-+	0.16			
S s - F 1	++	0.16			
	-+	0.15			
S s - F 2	++	0.14			
	-+	0.17			
S s - F 3	++	0.13			
	-+	0.19			
S s - N 1	++	0.18			
	-+	0.17			

表 10-16(3) 水槽部曲げ軸力系の破壊に対する照査値(隔壁)
(水平断面コンクリート)

地震動名		曲げ・軸力系の破壊に対する照査			
		ケース①	ケース②	ケース③	ケース④
S s - D 1	++	0.08	追而		
	-+	0.11			
S s - D 2	++	0.10			
	-+	0.10			
S s - D 3	++	0.08			
	-+	0.09			
S s - F 1	++	0.09			
	-+	0.08			
S s - F 2	++	0.08			
	-+	0.09			
S s - F 3	++	0.07			
	-+	0.10			
S s - N 1	++	0.09			
	-+	0.09			

表 10-16(4) 支持部曲げ軸力系の破壊に対する照査値(側壁長辺側)
(水平断面コンクリート)

地震動名		曲げ・軸力系の破壊に対する照査			
		ケース①	ケース②	ケース③	ケース④
S s - D 1	++	0.02	追而		
	-+	0.02			
S s - D 2	++	0.02			
	-+	0.02			
S s - D 3	++	0.02			
	-+	0.02			
S s - F 1	++	0.02			
	-+	0.02			
S s - F 2	++	0.02			
	-+	0.02			
S s - F 3	++	0.02			
	-+	0.03			
S s - N 1	++	0.02			
	-+	0.02			

表 10-16(5) 支持部曲げ軸力系の破壊に対する照査値(側壁短辺側)(水平断面コンクリート)

地震動名		曲げ・軸力系の破壊に対する照査			
		ケース①	ケース②	ケース③	ケース④
S s - D 1	++	0.03	追而		
	-+	0.03			
S s - D 2	++	0.03			
	-+	0.03			
S s - D 3	++	0.03			
	-+	0.03			
S s - F 1	++	0.03			
	-+	0.03			
S s - F 2	++	0.03			
	-+	0.03			
S s - F 3	++	0.03			
	-+	0.04			
S s - N 1	++	0.03			
	-+	0.03			

表 10-16(6) 支持部曲げ軸力系の破壊に対する照査値(隔壁)(水平断面コンクリート)

地震動名		曲げ・軸力系の破壊に対する照査			
		ケース①	ケース②	ケース③	ケース④
S s - D 1	++	0.05	追而		
	-+	0.05			
S s - D 2	++	0.06			
	-+	0.06			
S s - D 3	++	0.06			
	-+	0.06			
S s - F 1	++	0.06			
	-+	0.05			
S s - F 2	++	0.05			
	-+	0.05			
S s - F 3	++	0.05			
	-+	0.06			
S s - N 1	++	0.06			
	-+	0.05			

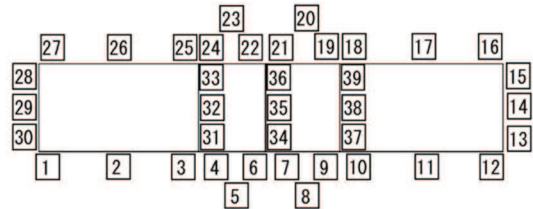
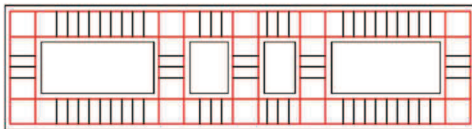
地震時荷重の 載荷方法	両押し	片押し(熱交換建屋側)	片押し(盛土側)
常時土圧 最小			
左右地盤反力 差分最大			
常時土圧 最大			
		凡例 <ul style="list-style-type: none"> — 常時土圧+地震時最大地盤反力 — 常時土圧 	

図 10-18 照査表における決定ケースの識別方法

表 10-17 曲げ・軸力系の破壊に対する最大照査値（水平断面コンクリート）

評価位置	評価位置	荷重方法	断面性状			鉄筋仕様	解析ケース	地震動	発生断面力		発生応力度 σ'_c (N/mm ²)	短期許容 応力度 σ'_{ca} (N/mm ²)	照査値 σ'_c / σ'_{ca}
			部材幅 (mm)	部材高 (mm)	有効高 (mm)				曲げ モーメント (kN・ m/m)	軸力 (kN/m)			
水槽部 長辺	11	片押し	1000	1000	820	2-D35@150	①	Ss-D1 (-+)	438	341	2.55	24	0.11
水槽部 短辺	15	両押し	1000	1000	820	2-D35@150	①	Ss-D1 (-+)	815	1151	4.05	24	0.21
水槽部 隔壁	39	片押し	1000	1000	870	D35@150	①	Ss-D1 (-+)	288	1650	2.61	24	0.11
支持部 長辺	35	片押し	1000	1300	1120	2-D35@150	①	Ss-F3 (-+)	135	227	0.52	24	0.03
支持部 短辺	20	両押し	1000	1300	1120	2-D35@150	①	Ss-F3 (-+)	133	721	0.75	24	0.04
支持部 隔壁	52	片押し	1000	1000	870	D35@150	①	Ss-F3 (-+)	28	1544	1.42	24	0.06

水槽部



支持部

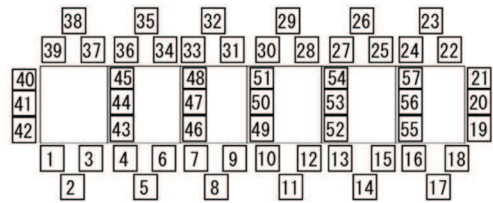
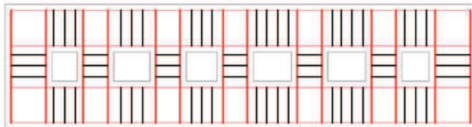


表 10-18 曲げ・軸力系の破壊に対する最大照査値（水平断面コンクリート）

評価位置	解析 ケース	地震動	発生断面力		発生 応力度 $\sigma'c$ (N/mm ²)	短期許容 応力度 $\sigma'ca$ (N/mm ²)	照査値 $\sigma'c$ / $\sigma'ca$
			曲げ モーメント (kN・ m/m)	軸力 (kN/m)			
水槽部 短辺	①	Ss-D1(-+)	815	1151	4.95	24	0.21

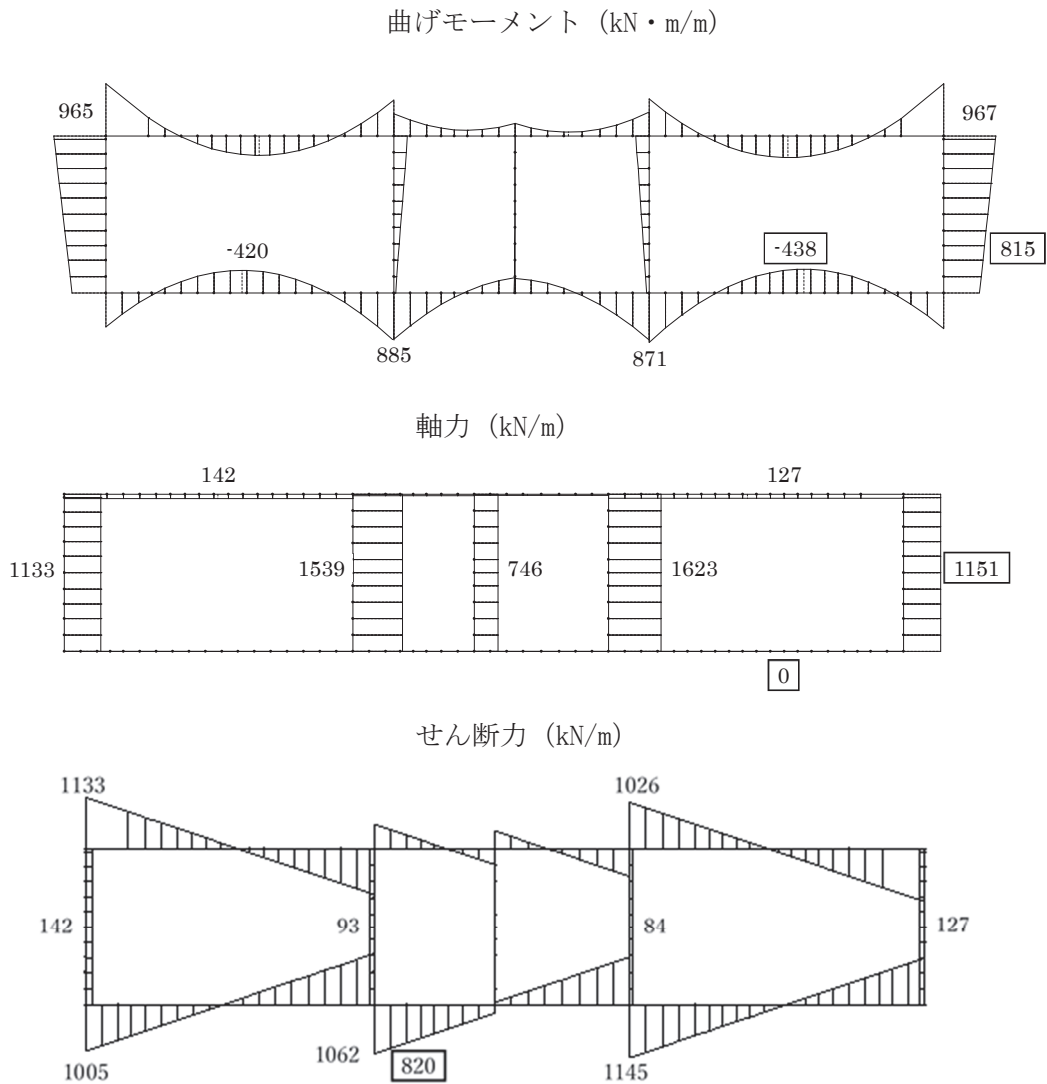


図 10-19 曲げ・軸力系の破壊に対する最大照査値となる時刻の断面力（水平断面コンクリート）

表 10-19(1) 水槽部曲げ軸力系の破壊に対する照査値(側壁長辺側)(水平断面鉄筋)

地震動名		曲げ・軸力系の破壊に対する照査			
		ケース①	ケース②	ケース③	ケース④
S s - D 1	++	0.10	追而		
	-+	0.13			
S s - D 2	++	0.11			
	-+	0.12			
S s - D 3	++	0.09			
	-+	0.10			
S s - F 1	++	0.10			
	-+	0.10			
S s - F 2	++	0.09			
	-+	0.11			
S s - F 3	++	0.08			
	-+	0.12			
S s - N 1	++	0.11			
	-+	0.10			

表 10-19(2) 水槽部曲げ軸力系の破壊に対する照査値(側壁短辺側)(水平断面鉄筋)

地震動名		曲げ・軸力系の破壊に対する照査			
		ケース①	ケース②	ケース③	ケース④
S s - D 1	++	0.10	追而		
	-+	0.14			
S s - D 2	++	0.12			
	-+	0.12			
S s - D 3	++	0.10			
	-+	0.11			
S s - F 1	++	0.11			
	-+	0.10			
S s - F 2	++	0.10			
	-+	0.12			
S s - F 3	++	0.09			
	-+	0.12			
S s - N 1	++	0.12			
	-+	0.11			

表 10-19(3) 水槽部曲げ軸力系の破壊に対する照査値(隔壁) (水平断面鉄筋)

地震動名		曲げ・軸力系の破壊に対する照査			
		ケース①	ケース②	ケース③	ケース④
S s - D 1	++	-			
	-+	-			
S s - D 2	++	-			
	-+	-			
S s - D 3	++	-			
	-+	-			
S s - F 1	++	-			
	-+	-			
S s - F 2	++	-			
	-+	-			
S s - F 3	++	-			
	-+	-			
S s - N 1	++	-			
	-+	-			

発生応力度が圧縮のため照査値なし

表 10-19(4) 支持部曲げ軸力系の破壊に対する照査値(側壁長辺側) (水平断面鉄筋)

地震動名		曲げ・軸力系の破壊に対する照査			
		ケース①	ケース②	ケース③	ケース④
S s - D 1	++	0.02	追而		
	-+	0.02			
S s - D 2	++	0.02			
	-+	0.02			
S s - D 3	++	0.02			
	-+	0.02			
S s - F 1	++	0.02			
	-+	0.02			
S s - F 2	++	0.02			
	-+	0.02			
S s - F 3	++	0.02			
	-+	0.03			
S s - N 1	++	0.02			
	-+	0.02			

表 10-19(5) 支持部曲げ軸力系の破壊に対する照査値(側壁短辺側) (水平断面鉄筋)

地震動名		曲げ・軸力系の破壊に対する照査			
		ケース①	ケース②	ケース③	ケース④
S s - D 1	++	-			
	-+	-			
S s - D 2	++	-			
	-+	-			
S s - D 3	++	-			
	-+	-			
S s - F 1	++	-			
	-+	-			
S s - F 2	++	-			
	-+	-			
S s - F 3	++	-			
	-+	-			
S s - N 1	++	-			
	-+	-			

発生応力度が圧縮のため照査値なし

表 10-19(6) 支持部曲げ軸力系の破壊に対する照査値(隔壁) (水平断面鉄筋)

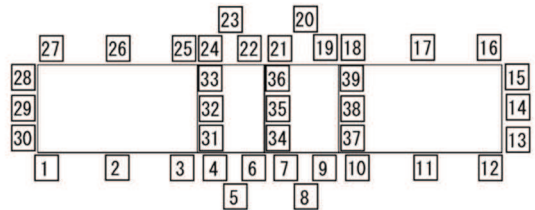
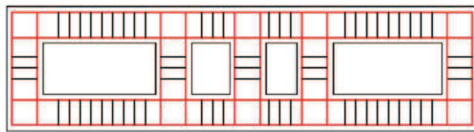
地震動名		曲げ・軸力系の破壊に対する照査			
		ケース①	ケース②	ケース③	ケース④
S s - D 1	++	-			
	-+	-			
S s - D 2	++	-			
	-+	-			
S s - D 3	++	-			
	-+	-			
S s - F 1	++	-			
	-+	-			
S s - F 2	++	-			
	-+	-			
S s - F 3	++	-			
	-+	-			
S s - N 1	++	-			
	-+	-			

発生応力度が圧縮のため照査値なし

表 10-20 曲げ・軸力系の破壊に対する最大照査値（水平断面鉄筋）

評価位置	荷重 方法	断面性状			鉄筋仕様	解析 ケース	地震動	発生断面力		発生応力 σ_s (N/mm ²)	短期許容 応力度 σ_{sa} (N/mm ²)	照査値 σ_s / σ_{sa}	
		部材 幅 (mm)	部材 高 (mm)	有効 高 (mm)				曲げ モーメ ント (kN・ m/m)	軸力 (kN/m)				
水槽部 長辺	11	片押し	1000	1000	820	2-D35@150	①	Ss-D1 (-+)	438	341	2.55	24	0.11
水槽部 短辺	15	両押し	1000	1000	820	2-D35@150	①	Ss-D1 (-+)	615	1151	4.95	24	0.21
水槽部 隔壁	39	片押し	1000	1000	870	D35@150	①	Ss-D1 (-+)	268	1650	2.61	24	0.11
支持部 長辺	35	片押し	1000	1300	1120	2-D35@150	①	Ss-F3 (-+)	135	227	0.52	24	0.03
支持部 短辺	20	両押し	1000	1300	1120	2-D35@150	①	Ss-F3 (-+)	133	721	0.75	24	0.04
支持部 隔壁	52	片押し	1000	1000	870	D35@150	①	Ss-F3 (-+)	28	1544	1.42	24	0.06

水槽部



支持部

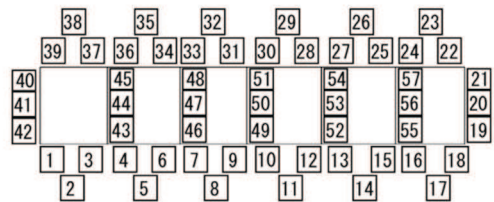
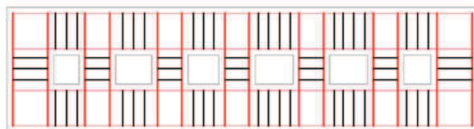


表 10-21 曲げ・軸力系の破壊に対する最大照査値（水平断面鉄筋）

評価位置	解析 ケース	地震動	発生断面力		発生 応力度 σ_s (N/mm ²)	短期許容 応力度 σ_{sa} (N/mm ²)	照査値 σ_s / σ_{sa}
			曲げ モーメント (kN・ m/m)	軸力 (kN/m)			
水槽部 短辺	①	Ss-D1(-+)	815	1151	59	435	0.14

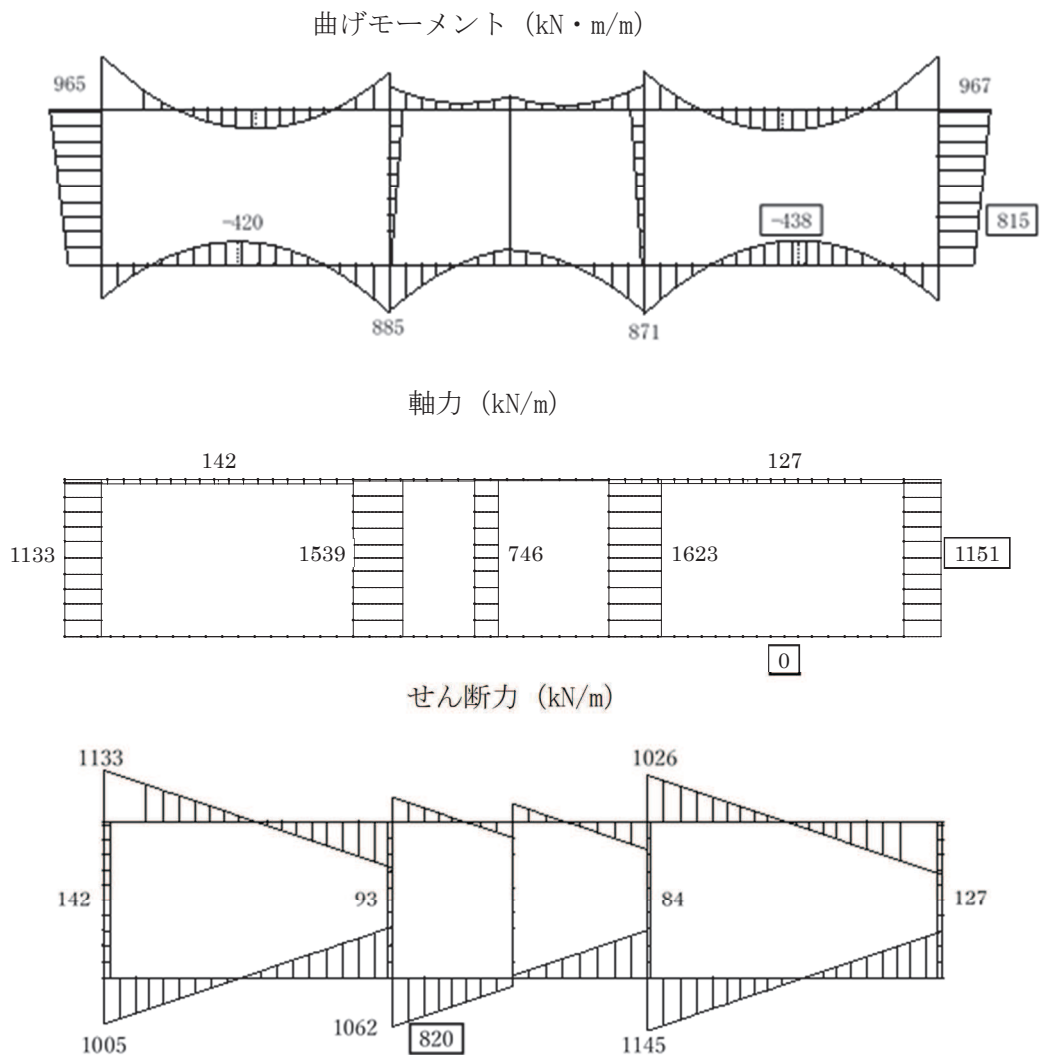


図 10-20 曲げ・軸力系の破壊に対する最大照査値となる時刻の断面力（水平断面鉄筋）

(2) 水平断面のせん断力に対する耐震評価結果

せん断力の破壊に対する照査結果を表 10-22 に評価位置における最大照査値を表 10-23 に示す。照査値が最も厳しい値となる結果を表 10-24 に示し、そのケースの断面力図を図 10-21 に示す。水平断面のせん断力に対する照査を行った結果、評価位置においてせん断応力度が短期許容せん断応力度以下である又はコンクリートの負担するせん断力 (V_c) と、斜め引張鉄筋の負担するせん断力 (V_s) を合わせた短期許容せん断力 (V_a) が、発生せん断力 (V) 以上であることを確認した。

また、コンクリートの水平鉄筋足し合わせによる

表 10-22(1) 水槽部せん断力の破壊に対する照査値(側壁長辺側) (水平断面)

地震動名		せん断力の破壊に対する照査			
		ケース①	ケース②	ケース③	ケース④
S s - D 1	++	0.36	追而		
	-+	0.49			
S s - D 2	++	0.41			
	-+	0.43			
S s - D 3	++	0.33			
	-+	0.38			
S s - F 1	++	0.37			
	-+	0.35			
S s - F 2	++	0.33			
	-+	0.41			
S s - F 3	++	0.31			
	-+	0.43			
S s - N 1	++	0.41			
	-+	0.38			

表 10-22(2) 水槽部せん断力の破壊に対する照査値(側壁短辺側) (水平断面)

地震動名		せん断力の破壊に対する照査			
		ケース①	ケース②	ケース③	ケース④
S s - D 1	++	0.19	追而		
	-+	0.26			
S s - D 2	++	0.22			
	-+	0.22			
S s - D 3	++	0.18			
	-+	0.20			
S s - F 1	++	0.20			
	-+	0.19			
S s - F 2	++	0.17			
	-+	0.21			
S s - F 3	++	0.16			
	-+	0.23			
S s - N 1	++	0.21			
	-+	0.20			

表 10-22(3) 水槽部せん断力の破壊に対する照査値(隔壁) (水平断面)

地震動名		せん断力の破壊に対する照査			
		ケース①	ケース②	ケース③	ケース④
S s - D 1	++	0.14	追而		
	-+	0.19			
S s - D 2	++	0.16			
	-+	0.17			
S s - D 3	++	0.13			
	-+	0.15			
S s - F 1	++	0.15			
	-+	0.14			
S s - F 2	++	0.13			
	-+	0.16			
S s - F 3	++	0.12			
	-+	0.17			
S s - N 1	++	0.16			
	-+	0.15			

表 10-22(4) 支持部せん断力の破壊に対する照査値(側壁長辺側) (水平断面)

地震動名		せん断力の破壊に対する照査			
		ケース①	ケース②	ケース③	ケース④
S s - D 1	++	0.22	追而		
	-+	0.22			
S s - D 2	++	0.23			
	-+	0.25			
S s - D 3	++	0.24			
	-+	0.24			
S s - F 1	++	0.23			
	-+	0.20			
S s - F 2	++	0.22			
	-+	0.23			
S s - F 3	++	0.22			
	-+	0.27			
S s - N 1	++	0.23			
	-+	0.21			

表 10-22(5) 支持部せん断力の破壊に対する最大照査値(側壁短辺側) (水平断面鉄筋)

地震動名		せん断力の破壊に対する照査			
		ケース①	ケース②	ケース③	ケース④
S s - D 1	++	0.07	追而		
	-+	0.07			
S s - D 2	++	0.07			
	-+	0.08			
S s - D 3	++	0.08			
	-+	0.08			
S s - F 1	++	0.07			
	-+	0.06			
S s - F 2	++	0.07			
	-+	0.07			
S s - F 3	++	0.07			
	-+	0.09			
S s - N 1	++	0.07			
	-+	0.06			

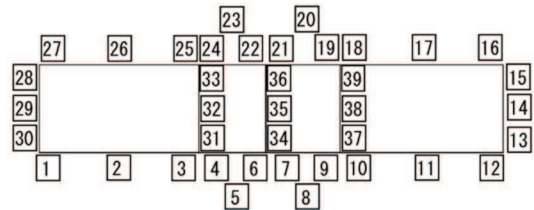
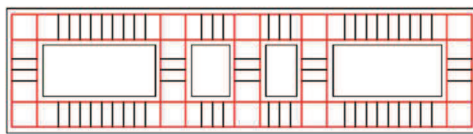
表 10-22(6) 支持部せん断力の破壊に対する最大照査値(隔壁) (側壁水平断面鉄筋)

地震動名		せん断力の破壊に対する照査			
		ケース①	ケース②	ケース③	ケース④
S s - D 1	++	0.04	追而		
	-+	0.04			
S s - D 2	++	0.05			
	-+	0.05			
S s - D 3	++	0.05			
	-+	0.05			
S s - F 1	++	0.05			
	-+	0.04			
S s - F 2	++	0.05			
	-+	0.05			
S s - F 3	++	0.04			
	-+	0.05			
S s - N 1	++	0.05			
	-+	0.04			

表 10-23 せん断力の破壊に対する最大照査値（水平断面）

評価位置		載荷方法	断面性状			鉄筋仕様	解析ケース	地震動	発生せん断力 V (kN/m)	短期許容せん断力 V_s (kN/m)	照査値 V/V_s
			部材幅 (mm)	部材高 (mm)	有効高 (mm)						
水槽部 長辺	9	両押し	1000	1000	820	2-D35@150	①	Ss-D1 (-+)	820	1682	0.49
水槽部 短辺	30	片押し	1000	1000	820	2-D35@150	①	Ss-D1 (-+)	421	1682	0.26
水槽部 隔壁	31	片押し	1000	1000	870	D35@150	①	Ss-D1 (-+)	241	1325	0.19
支持部 長辺	39	片押し	1000	1300	1120	2-D35@150	①	Ss-F3 (-+)	450	1706	0.27
支持部 短辺	19	片押し	1000	1300	1120	2-D35@150	①	Ss-F3 (-+)	137	1706	0.09
支持部 隔壁	52	片押し	1000	1000	870	D35@150	①	Ss-F3 (-+)	64	1325	0.05

水槽部



支持部

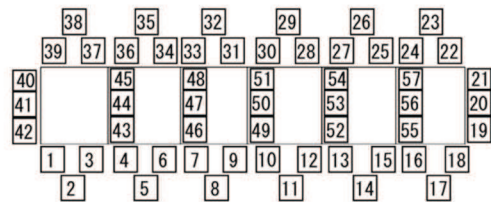
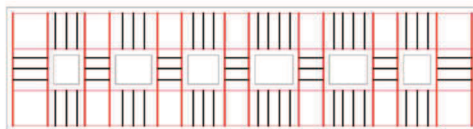
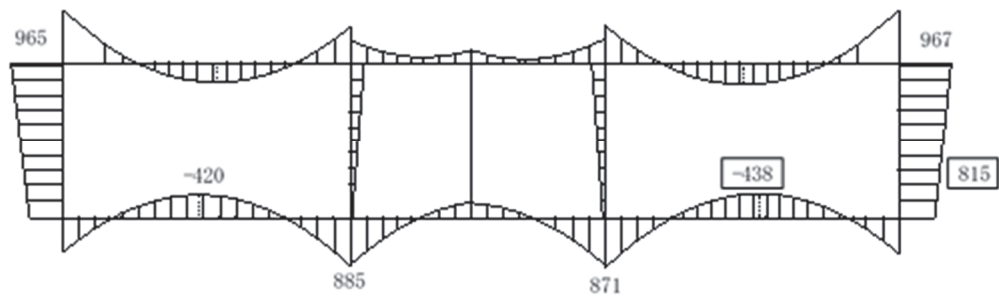


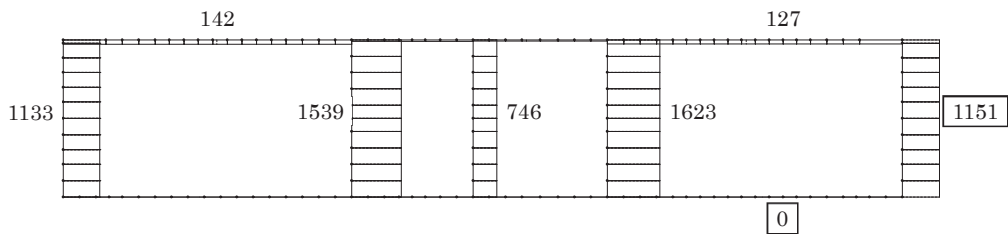
表 10-24 せん断力の破壊に対する最大照査値 (水平断面)

評価位置	解析 ケース	地震動	発生 せん断力 V (kN/m)	短期許容 せん断力 Vs (kN/m)	照査値 V / Vs
水槽部長辺	①	Ss-D1(-+)	820	1682	0.49

曲げモーメント (kN・m/m)



軸力 (kN/m)



せん断力 (kN/m)

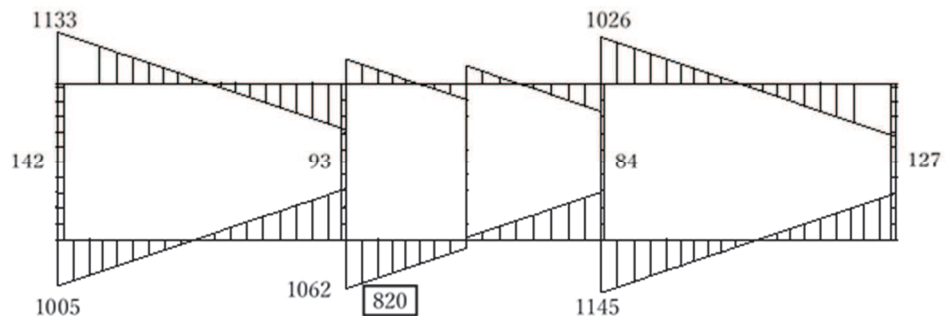


図 10-21 せん断破壊に対する最大照査値となる時刻の断面力 (水平断面)

表 10-25 水平鉄筋足し合わせ最大照査値

評価位置		断面性状			鉄筋 仕様	解 析 ケ ー ス	地震動	発生 応力度 σ_s (N/mm ²)	短期許容 応力度 σ_{sa} (N/mm ²)	照査値 σ_s / σ_{sa}
		部材 幅 (mm)	部材 高 (mm)	有効 高 (mm)						
水槽部短辺	水平断面	1000	1000	820	2-D35@150	①	Ss-D1(+)	59	294	0.21
	せん断補強筋	1000	1000	820	2-D35@150	①	Ss-D1(+)	74	294	0.26
	合計	1000	1000	820	2-D35@150	①	Ss-D1(+)	133	294	0.46
水槽部隔壁	全応力解析	1000	1000	870	D35@150	①	Ss-D1(+)	-5(圧縮)	294	-
	せん断補強筋	1000	1000	870	D35@150	①	Ss-D1(+)	74	294	0.26
	合計	1000	1000	870	D35@150	①	Ss-D1(+)	74	294	0.26
支持部短辺	全応力解析	1000	1000	820	2-D35@150	①	Ss-F3(+)	-1(圧縮)	294	-
	せん断補強筋	1000	1000	820	2-D35@150	①	Ss-F3(+)	60	294	0.21
	合計	1000	1000	820	2-D35@150	①	Ss-F3(+)	60	294	0.21
支持部隔壁	全応力解析	1000	1000	870	D35@150	①	Ss-F3(+)	-6(圧縮)	294	-
	せん断補強筋	1000	1000	870	D35@150	①	Ss-F3(+)	60	294	0.21
	合計	1000	1000	870	D35@150	①	Ss-F3(+)	60	294	0.21

10.4.4 中床版に対する耐震評価結果の曲げに対する耐震評価結果

(1) 中床版の曲げ軸力に対する評価結果

コンクリートの曲げ軸力に対する照査結果を表 10-26 に最大照査値を表 10-27 に示す。

鉄筋の曲げ軸力に対する照査結果を表 10-28 に最大照査値を表 10-29 に示す。

許容応力度法による照査を行った結果、評価位置においてコンクリートの圧縮応力度と鉄筋の引張応力度が短期許容応力度以下であることを確認した。

表 10-26 中床版曲げ・軸力系の破壊に対する照査値(コンクリート)

地震動名		曲げ・軸力系の破壊に対する照査			
		ケース①	ケース②	ケース③	ケース④
S s - D 1	++	0.01	追而		
	-+	0.01			
S s - D 2	++	0.01			
	-+	0.01			
S s - D 3	++	0.01			
	-+	0.01			
S s - F 1	++	0.01			
	-+	0.01			
S s - F 2	++	0.01			
	-+	0.01			
S s - F 3	++	0.01			
	-+	0.01			
S s - N 1	++	0.01			
	-+	0.01			

表 10-27 中床版曲げ・軸力系の破壊に対する最大照査値（コンクリート）

評価位置	断面性状			鉄筋仕様	解析ケース	地震動	発生断面力		発生応力度 $\sigma' c$ (N/mm ²)	短期許容 応力度 $\sigma' ca$ (N/mm ²)	照査値 $\sigma' c$ / $\sigma' ca$
	部材幅 (mm)	部材高 (mm)	有効高 (mm)				曲げ モーメント (kN・ m/m)	軸力 (kN /m)			
④中床版	1000	1500	820	2-D35@150	①	Ss-D1(+)	33	0	0.14	24	0.01

中床版評価位置図

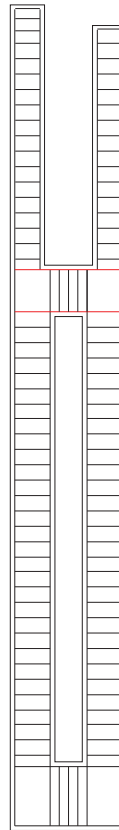


表 10-28 中床版曲げ・軸力系の破壊に対する照査値(鉄筋)

地震動名		曲げ・軸力系の破壊に対する照査			
		ケース①	ケース②	ケース③	ケース④
S _s -D1	++	0.02	追而		
	-+	0.02			
S _s -D2	++	0.02			
	-+	0.02			
S _s -D3	++	0.01			
	-+	0.02			
S _s -F1	++	0.01			
	-+	0.01			
S _s -F2	++	0.01			
	-+	0.01			
S _s -F3	++	0.02			
	-+	0.01			
S _s -N1	++	0.01			
	-+	0.01			

表 10-29 中床版曲げ・軸力系の破壊に対する最大照査値 (鉄筋)

評価位置	断面性状			鉄筋 仕様	解 析 ケ ー ス	地震動	発生断面力		発生 応力度 σ_s (N/mm ²)	短期許容 応力度 σ_{sa} (N/mm ²)	照査値 σ_s / σ_{sa}
	部材幅 (mm)	部材 高 (mm)	有効高 (mm)				曲げ モーメ ント (kN・ m/m)	軸力 (kN /m)			
④中床版	1000	1500	820	2-D35@150	①	Ss-D1(-+)	25	0	5	435	0.02

(2) 中床版のせん断に対する耐震評価結果

せん断力の破壊に対する照査結果を表 10-30 に最大照査値を表 10-31 に示す。中床版のせん断力に対する照査を行った結果、評価位置においてせん断応力度が短期許容せん断応力度以下である又はコンクリートの負担するせん断力 (V_c) と、斜め引張鉄筋の負担するせん断力 (V_s) を合わせた短期許容せん断力 (V_a) が、発生せん断力 (V) 以上であることを確認した。

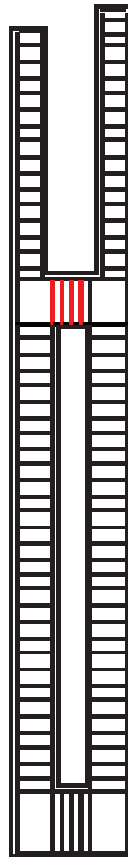
表 10-30 中床版せん断力の破壊に対する照査値

地震動名		せん断力の破壊に対する照査			
		ケース①	ケース②	ケース③	ケース④
S _s -D1	++	0.14	追而		
	-+	0.13			
S _s -D2	++	0.13			
	-+	0.13			
S _s -D3	++	0.12			
	-+	0.12			
S _s -F1	++	0.11			
	-+	0.10			
S _s -F2	++	0.12			
	-+	0.11			
S _s -F3	++	0.12			
	-+	0.11			
S _s -N1	++	0.11			
	-+	0.11			

表 10-31 せん断力の破壊に対する最大照査値

評価位置	断面性状			鉄筋 仕様	解 析 ケ ー ス	地震動	発生	短期許容	照査値 V / Va
	部材幅 (mm)	部材高 (mm)	有効高 (mm)				せん断力 V (kN)	せん断力 Va (kN)	
④中床版	1000	1500	870	D29@150	①	Ss-D1(+)	146	1076	014

評価位置図



10.4.5 底版に対する耐震評価結果

(1) 底版の曲げ軸力に対する評価結果

コンクリートの曲げ軸力に対する照査結果を表 10-32 に最大照査値を表 10-33 に示す。
鉄筋の曲げ軸力に対する照査結果を表 10-34 に最大照査値を表 10-35 に示す。

許容応力度法による照査を行った結果、評価位置においてコンクリートの圧縮応力度と鉄筋の引張応力度が短期許容応力度以下であることを確認した。

表 10-32 底版曲げ・軸力系の破壊に対する照査値(コンクリート)

地震動名		せん断力の破壊に対する照査			
		ケース①	ケース②	ケース③	ケース④
S s - D 1	++	0.10	追而		
	-+	0.10			
S s - D 2	++	0.11			
	-+	0.11			
S s - D 3	++	0.09			
	-+	0.09			
S s - F 1	++	0.09			
	-+	0.09			
S s - F 2	++	0.10			
	-+	0.09			
S s - F 3	++	0.08			
	-+	0.09			
S s - N 1	++	0.09			
	-+	0.08			

表 10-33 曲げ・軸力系の破壊に対する最大照査値 (コンクリート)

評価位置	断面性状			鉄筋仕様	解析ケース	地震動	発生断面力		発生応力度 $\sigma'c$ (N/mm ²)	短期許容 応力度 $\sigma'ca$ (N/mm ²)	照査値 $\sigma'c / \sigma'ca$
	部材幅 (mm)	部材高 (mm)	有効高 (mm)				曲げ モーメント (kN・ m/m)	軸力 (kN /m)			
底版	1000	2000	820	2-D35@150	①	Ss-D2(+)	1590	0	2.47	24	0.11

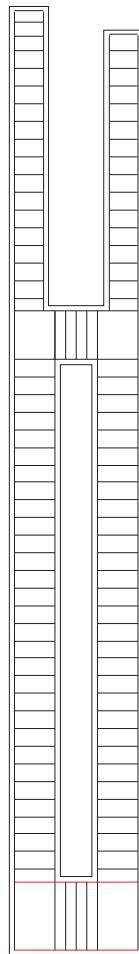
表 10-34 底版曲げ・軸力系の破壊に対する照査値(鉄筋)

地震動名		曲げ・軸力系の破壊に対する照査			
		ケース①	ケース②	ケース③	ケース④
S s - D 1	++	0.13	追而		
	-+	0.13			
S s - D 2	++	0.14			
	-+	0.15			
S s - D 3	++	0.12			
	-+	0.12			
S s - F 1	++	0.12			
	-+	0.12			
S s - F 2	++	0.13			
	-+	0.12			
S s - F 3	++	0.11			
	-+	0.12			
S s - N 1	++	0.13			
	-+	0.11			

表 10-35 底版曲げ・軸力系の破壊に対する最大照査値（鉄筋）

評価位置	断面性状			鉄筋仕様	解析ケース	地震動	発生断面力		発生応力度 σ_s (N/mm ²)	短期許容 応力度 σ_{sa} (N/mm ²)	照査値 σ_s / σ_{sa}
	部材幅 (mm)	部材高 (mm)	有効高 (mm)				曲げ モーメント (kN・ m/m)	軸力 (kN /m)			
底版	1000	2000	820	2-D35@150	①	Ss-D2(+)	1210	0	61	294	0.15

評価位置図



(2) 底版のせん断に対する耐震評価結果

せん断力の破壊に対する照査結果を表 10-36 に最大照査値を表 10-37 に示す。底版のせん断力に対する照査を行った結果、評価位置においてせん断応力度が短期許容せん断応力度以下である又はコンクリートの負担するせん断力 (V_c) と、斜め引張鉄筋の負担するせん断力 (V_s) を合わせた短期許容せん断力 (V_a) が、発生せん断力 (V) 以上であることを確認した。

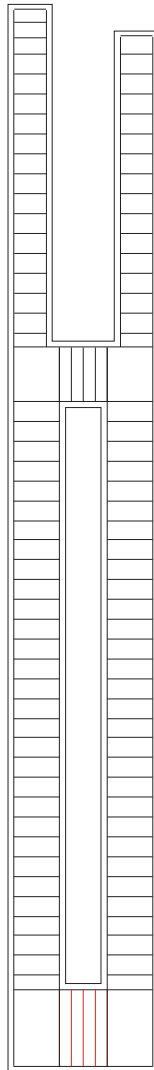
表 10-36 底版せん断力の破壊に対する照査値

地震動名		せん断力の破壊に対する照査			
		ケース①	ケース②	ケース③	ケース④
S s - D 1	++	0.58	追而		
	-+	0.57			
S s - D 2	++	0.62			
	-+	0.62			
S s - D 3	++	0.52			
	-+	0.52			
S s - F 1	++	0.50			
	-+	0.52			
S s - F 2	++	0.56			
	-+	0.51			
S s - F 3	++	0.45			
	-+	0.50			
S s - N 1	++	0.54			
	-+	0.47			

表 10-37 せん断力の破壊に対する最大照査値

評価位置	断面性状			鉄筋 仕様	解 析 ケ ー ス	地震動	発生 せん断力 V (kN)	短期許容 せん断力 Va (kN)	照査値 V / Va
	部材幅 (mm)	部材高 (mm)	有効高 (mm)						
底版	1000	2000	820	2-D35@150	①	Ss-D2(+)	6930	11249	0.62

評価位置図



10.4.6 版部材が側壁を固定することによる隅角部の評価結果

版部材が側壁を固定することによる隅角部の評価結果について、表 10-38 に底版及び中床版主鉄筋の曲げに対する評価結果を、表 10-39 に側壁鉛直鉄筋の評価結果を示す。

構造物躯体における許容応力度法による照査を行った結果、評価位置において鉄筋の引張応力度が短期許容応力度以下であることを確認した。

以上より、版部材が側壁を固定することによる隅角部の発生値は、許容限界以下であることを確認した。

表 10-38 中床版，底版の評価結果

評価位置	断面性状			鉄筋仕様	解析ケース	地震動	発生断面力		引張応力度 σ_s (N/mm ²)	短期許容 応力度 σ_{sa} (N/mm ²)	照査値 σ_s / σ_{sa}	
	部材幅 (mm)	部材高 (mm)	有効高 (mm)				曲げ モーメン ト (kN・m/m)	軸力 (kN/m)				
中床版	版計算による算出値	1000	1500	1370	D29@150	①	Ss-D2(++)	32	0	7	435	0.02
	拘束効果による曲げ	1000	1500	1370	D29@150	①	Ss-D2(++)	385	0	72	435	0.17
	合計	1000	1500	1370	D29@150	①	Ss-D2(++)	417	0	78	435	0.18
底版	計算図表	1000	3000	2820	2-D35@150	①	Ss-D2(+)	1590	0	82	435	0.19
	拘束効果による曲げ	1000	3000	2820	2-D35@150	①	Ss-D2(+)	152	0	8	435	0.02
	合計	1000	3000	2820	2-D35@150	①	Ss-D2(+)	1742	0	90	435	0.21

表 10-39 側壁鉛直鉄筋の評価結果

評価位置	断面性状			鉄筋仕様	解析ケース	地震動	発生断面力		引張応力度 σ_s (N/mm ²)	短期許容 応力度 σ_{sa} (N/mm ²)	照査値 σ_s / σ_{sa}	
	部材幅 (mm)	部材高 (mm)	有効高 (mm)				曲げ モーメン ト (kN・m/m)	軸力 (kN/m)				
側壁 (中床版部)	鉛直断面の曲げ軸力破壊による照査	13000	3400	2900	2-D35@150 2-D35@150	①	Ss-D2(++)	6214	423	142	435	0.33
	中床版からの拘束効果による曲げ	1000	1000	820	2-D35@150	①	Ss-D2(++)	417	0	57	435	0.14
	合計	/	/	/	/	/	/	/	/	199	435	0.46
側壁 (底版)	鉛直断面の曲げ軸力破壊による照査	13000	3400	2750	2-D35@150 2-D35@150	①	Ss-D2(+)	4802	3638	212	435	0.49
	中床版からの拘束効果による曲げ	1000	1300	1130	2-D35@150	①	Ss-D2(+)	1742	0	159	435	0.37
	合計	/	/	/	/	/	/	/	/	371	435	0.86

10.4.7 基礎地盤の支持性能に対する評価結果

(1) 基礎地盤

基礎地盤の支持性能に対する最大照査値を表 10-40 に、照査結果を表 10-41 に示す。
また、最大接地圧分布図を図 10-22 に示す。

第 3 号機補機冷却海水系放水ピットの基礎地盤に発生する最大接地圧が、極限支持力を下回ることを確認した。

表 10-40 基礎地盤の支持性能最大照査値

地震動		ケース①	ケース②	ケース③	ケース④
S s - D 1	++	0.10	追而		
	-+	0.12			
S s - D 2	++	0.11			
	-+	0.09			
S s - D 3	++	0.09			
	-+	0.10			
S s - F 1	++	0.08			
	-+	0.11			
S s - F 2	++	0.12			
	-+	0.09			
S s - F 3	++	0.10			
	-+	0.10			
S s - N 1	++	0.12			
	-+	0.11			

表 10-41 基礎地盤の支持性能照査結果

解析ケース	地震動	最大接地圧 R_d (N/mm ²)	極限支持力 R_u (N/mm ²)	照査値 R_d/R_u
①	Ss-N1(++)	1.3	11.4	0.12

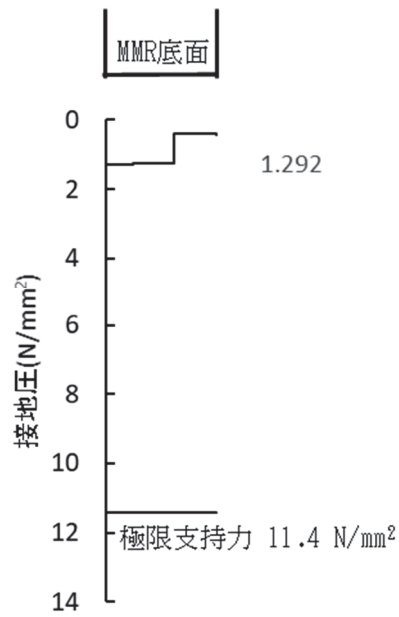


図 10-22 基礎地盤の最大接地圧分布図

(2) MMR (新設)

MMR (新設) の支持性能に対する最大照査値を表 10-42 に、照査結果を表 10-43 に示す。
また、最大接地圧分布図を図 10-23 に示す。

第 3 号機補機冷却海水系放水ピットの MMR (新設) に発生する最大接地圧が、支圧強度を下回ることを確認した。

表 10-42 MMR の支持性能最大照査値

地震動		ケース①	ケース②	ケース③	ケース④
S s - D 1	++	0.18	追而		
	-+	0.18			
S s - D 2	++	0.19			
	-+	0.21			
S s - D 3	++	0.16			
	-+	0.17			
S s - F 1	++	0.17			
	-+	0.16			
S s - F 2	++	0.17			
	-+	0.17			
S s - F 3	++	0.16			
	-+	0.16			
S s - N 1	++	0.16			
	-+	0.15			

表 10-43 MMR（新設）の支持性能照査結果

解析ケース	地震動	最大接地圧 R_d (N/mm ²)	支圧強度 f'_a (N/mm ²)	照査値 R_d/f'_a
①	Ss-D2(-+)	6.1	30.0	0.21

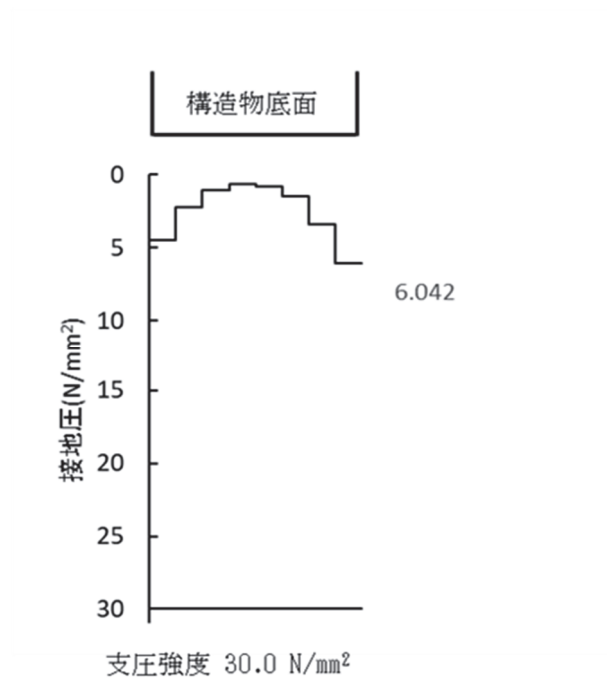


図 10-23 MMR（新設）の最大接地圧分布図

- 6. 浸水防護施設に関する補足説明
- 6.5 浸水防止設備に関する補足説明
- 6.5.3 浸水防止蓋に関する補足説明
- 6.5.3.4 浸水防止蓋（第3号機補機冷却海水系放水ピット）の強度計算書に関する補足説明

目次

1. 概要	1
2. 基本方針	2
2.1 配置概要	2
2.2 構造計画	4
2.3 評価方針	5
2.4 適用基準	7
2.5 記号の説明	8
3. 評価対象部位	10
3.1 応力評価の評価対象部位	10
3.2 変形性評価の評価対象部位	12
4. 固有値解析	13
4.1 固有値解析のモデルの設定及び解析手法	13
4.2 固有振動数の計算結果	15
5. 構造強度評価	19
5.1 応力評価方法	19
5.2 変形性評価方法	38
6. 評価結果	40

(別紙1) 津波によるボイリング対策について

(別紙2) スキンプレート止水対策について

1. 概要

本資料は、添付書類「VI-3-別添 3-1 津波への配慮が必要な施設の強度計算の方針」にて設定している構造強度に基づき、浸水防護施設のうち浸水防止蓋（第3号機補機冷却海水系放水ピット）（以下「浸水防止蓋」という。）が津波の冠水に伴う突き上げ荷重及び余震を考慮した荷重に対して、主要な構造部材が十分な構造強度を有していることを説明するものである。

なお、浸水防止蓋の強度評価においては、平成23年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震による地殻変動に伴い、牡鹿半島全体で約1mの地盤沈下が発生したことを考慮する。

2. 基本方針

2.1 配置概要

浸水防止蓋は、第3号機補機冷却海水系放水ピット上部から浸水を防止するために設置する。
浸水防止蓋の設置位置図を図2-1、浸水対策図を図2-2に示す。

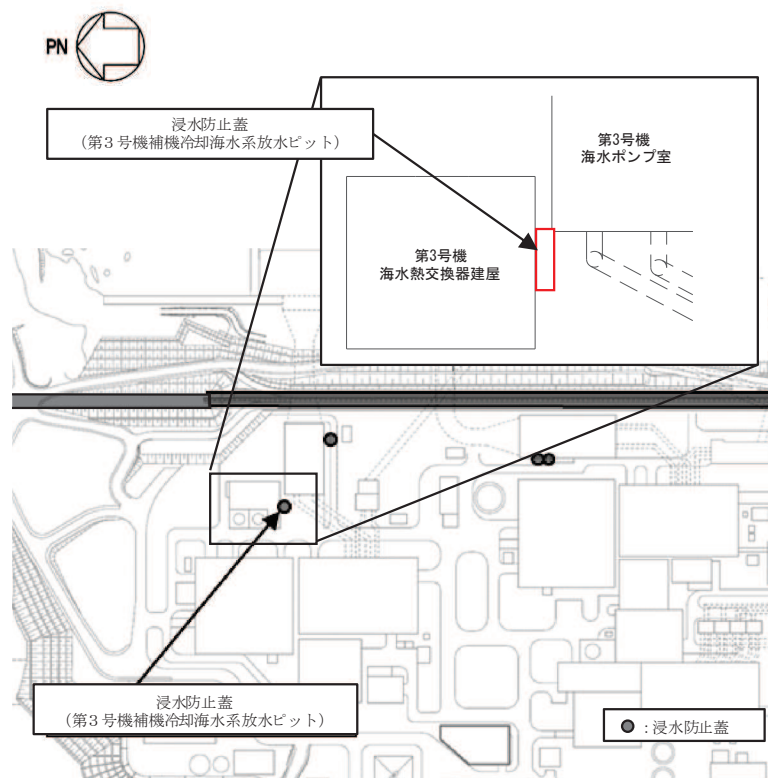


図2-1 浸水防止蓋の設置位置図

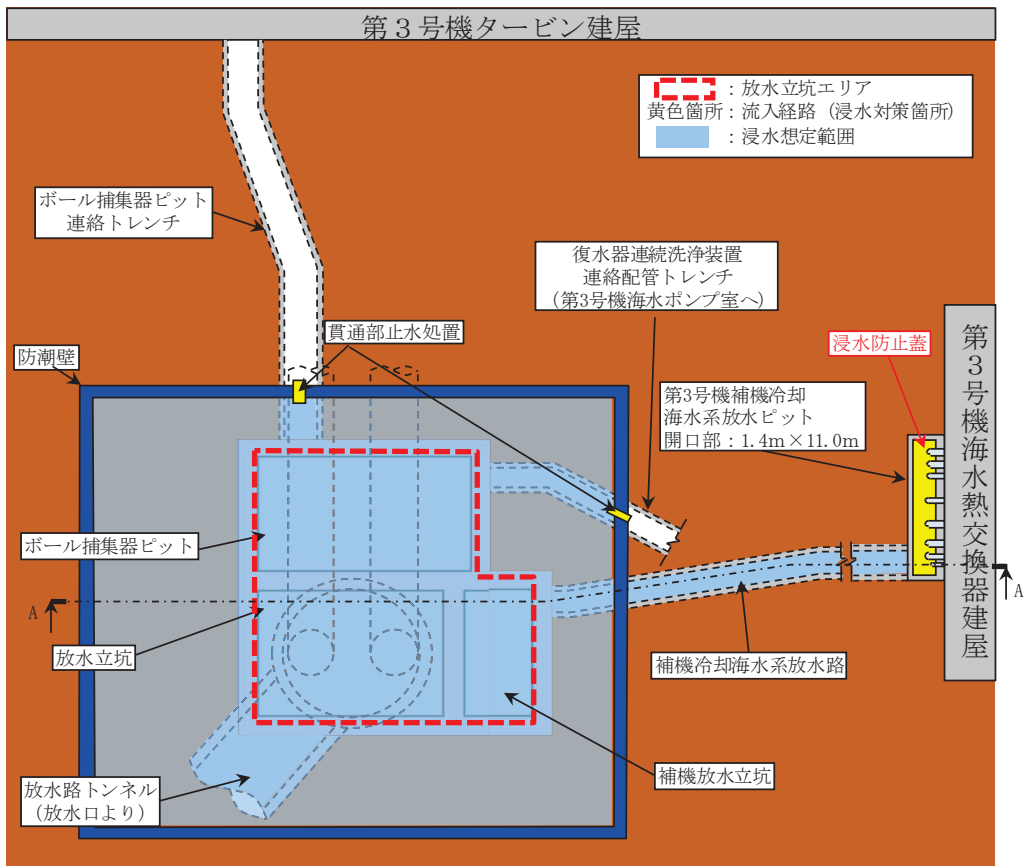


図 2-2 (1) 第 3 号機放水立坑～第 3 号機補機冷却海水系放水ピット
浸水対策配置図 (平面図)

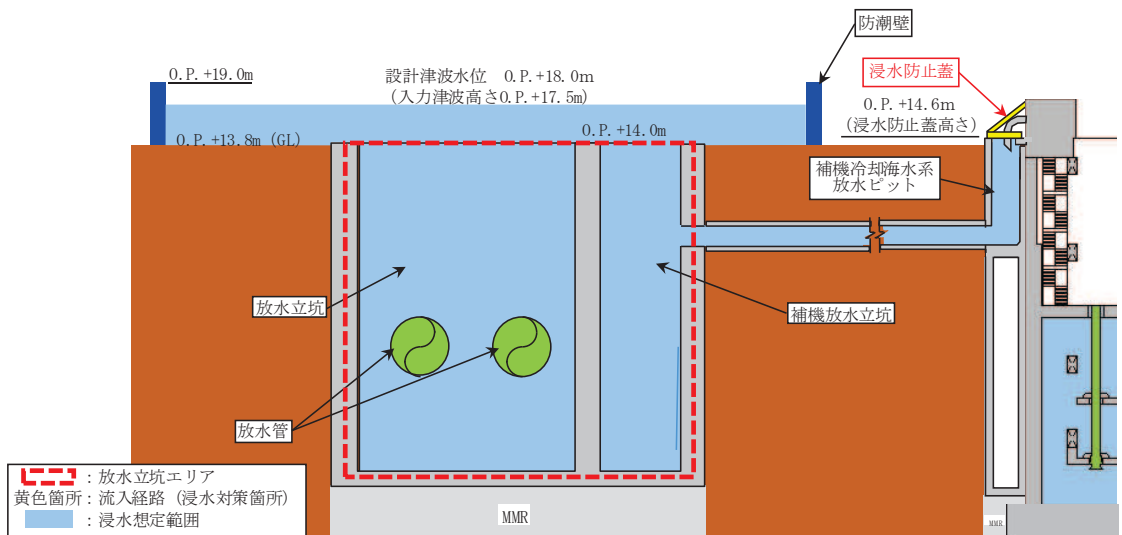


図 2-2 (2) 第 3 号機放水立坑～第 3 号機補機冷却海水系放水ピット
浸水対策配置図 (A-A 断面図)

2.2 構造計画

浸水防止蓋は、第3号機補機冷却海水系放水ピットからの浸水を防止するため、近接する第3号機海水熱交換器建屋側面に鋼製ブラケットを介して固定ボルトにて固定し、地震時に異なる挙動を示す可能性がある第3号機補機冷却海水系放水ピットとの境界部には止水ジョイント（M型ジョイント）を設置することで止水性を確保する構造とする。浸水防止蓋の構造計画を表2-1に示す。

表 2-1 浸水防止蓋の構造計画

計画の概要		構造概略図
基礎・支持構造	主体構造	
十分な支持性能を有する第3号機海水熱交換器建屋側面に固定ボルトで固定する。	浸水防止蓋、鋼製ブラケット及び固定ボルトにより構成する。第3号機補機冷却海水系放水ピットとの境界部には止水ジョイント（M型ジョイント）を設置する。	<p>浸水防止蓋</p> <p>平面図</p> <p>A-A断面</p> <p>固定ボルト</p> <p>鋼製ブラケット</p> <p>固定ボルト</p> <p>浸水防止蓋</p> <p>止水ジョイント</p> <p>B-B断面</p>

2.3 評価方針

浸水防止蓋の強度評価は、添付書類「VI-3-別添3-1 津波への配慮が必要な施設の強度計算の方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき、「2.2 構造計画」に示す浸水防止蓋の構造を踏まえ、「3. 評価対象部位」にて設定する評価部位の応力評価と変形性評価を実施することで、構造強度を有すること及び止水性を損なわないことを確認する。

浸水防止蓋、鋼製ブラケット及び固定ボルトの応力評価については、「4. 固有値解析」で算出した固有振動数に基づく余震荷重により算出した応力が許容限界内に収まることを、「5. 構造強度評価」にて示す方法にて確認する。

止水ジョイントは浸水防止蓋と第3号機補機冷却海水系放水ピットとの境界部に設置することから浸水防止蓋と第3号機補機冷却海水系放水ピットに生じる変位量を用いて評価する。なお、余震荷重による変位量は設計用地震力による変位量を下回ることは明白であることから、添付書類「VI-2-10-2-8-4 浸水防止蓋（第3号機補機冷却海水系放水ピット）の耐震性についての計算書」にて算定した設計用地震力における最大変位量が、重畳時（津波荷重と余震荷重作用時）の止水ジョイントの許容限界内に収まることを確認する。応力評価及び変形性評価の確認結果を「6. 評価結果」にて確認する。

強度評価フローを図2-2に示す。

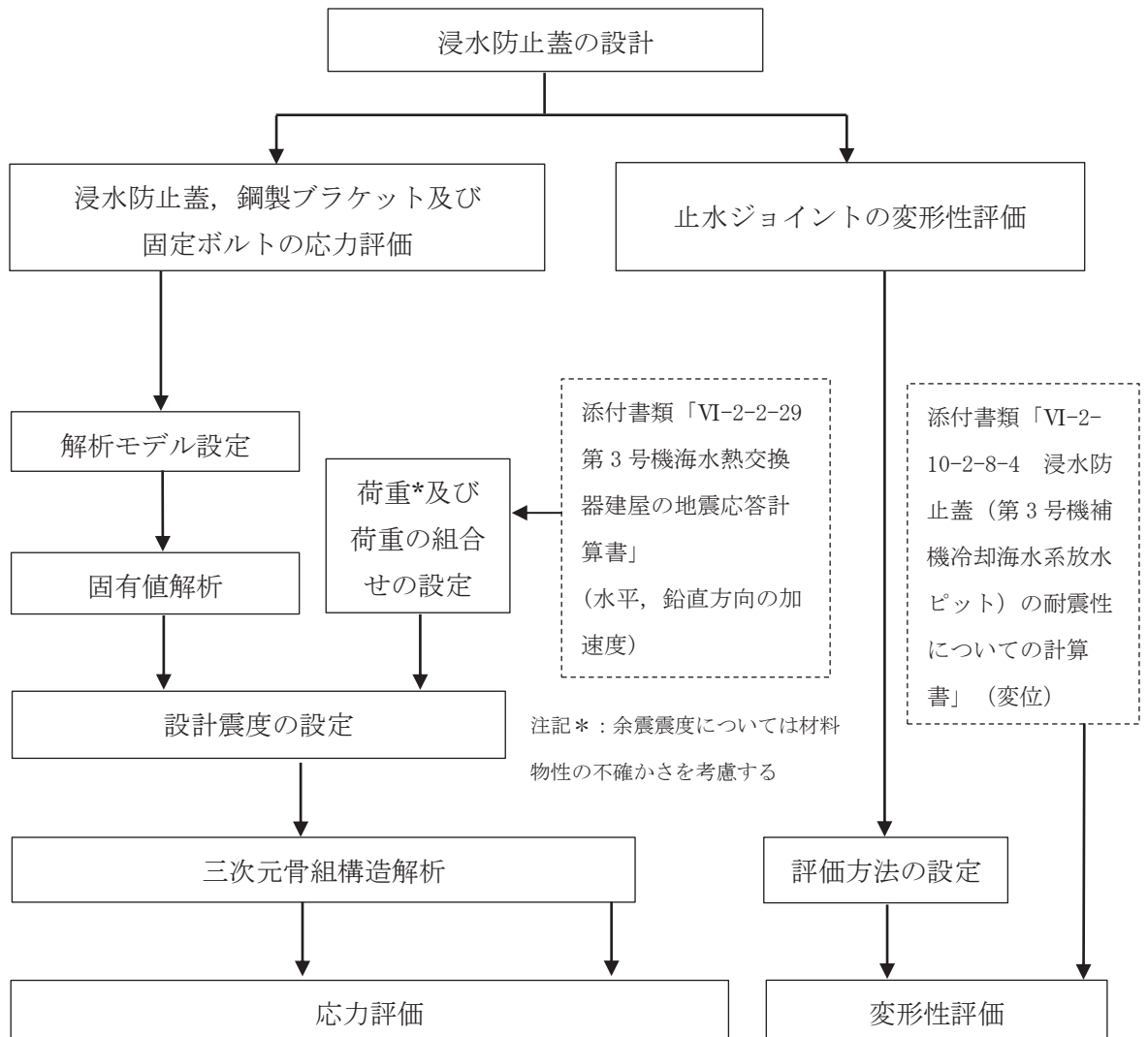


図 2-2 強度評価フロー

2.4 適用基準

適用する規格・基準等を以下に示す。

- (1) 鋼構造設計規準－許容応力度設計法－（日本建築学会，2005 改定）
- (2) 各種合成構造設計指針・同解説（日本建築学会，2010 改定）
- (3) 日本産業規格（J I S）
- (4) 鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説（日本建築学会，2018 改定）

2.5 記号の説明

浸水防止蓋の強度評価に用いる記号を表 2-2 にそれぞれ示す。

表 2-2 浸水防止蓋の強度評価に用いる記号 (1/2)

記号	単位	定義
S_d	kN	弾性設計用地震動 $S_d - D 2$ に伴う余震荷重
S_{dH}	kN	弾性設計用地震動 $S_d - D 2$ の水平方向の余震荷重
$S_{dH(NS)}$	kN	弾性設計用地震動 $S_d - D 2$ の水平方向 (N-S) の余震荷重
$S_{dH(EW)}$	kN	弾性設計用地震動 $S_d - D 2$ の水平方向 (E-W) の余震荷重
S_{dV}	kN	弾性設計用地震動 $S_d - D 2$ の鉛直方向の余震震度
α_H	—	弾性設計用地震動 $S_d - D 2$ の水平方向の余震震度
$\alpha_{H(NS)}$	—	弾性設計用地震動 $S_d - D 2$ の水平方向 (N-S) の余震震度
$\alpha_{H(EW)}$	—	弾性設計用地震動 $S_d - D 2$ の水平方向 (E-W) の余震震度
α_V	—	弾性設計用地震動 $S_d - D 2$ の鉛直方向の余震震度
G	kN	固定荷重
C_D	—	抗力係数
ρ_0	t/m ³	水の密度
U	m/s	流速
g	m/s ²	重力加速度
H	mm	評価高さ
P_s	kN	積雪荷重
W_s	N/m ²	1cm 当りの積雪荷重
d_s	cm	積雪高さ
A	m ²	浸水防止蓋の面積
P_t	kN/m ²	突き上げ荷重
τ	N/mm ²	最大せん断応力度
σ	N/mm ²	最大曲げ応力度
Q	kN	最大せん断力
M	N・mm	最大曲げモーメント
x	N/mm ²	組合せ応力度
A_s	mm ²	浸水防止蓋の単位幅あたりのせん断断面積
Z	mm ³	浸水防止蓋の断面係数
α	—	平板のモーメントに関する係数

表 2-2 浸水防止蓋の強度評価に用いる記号 (2/2)

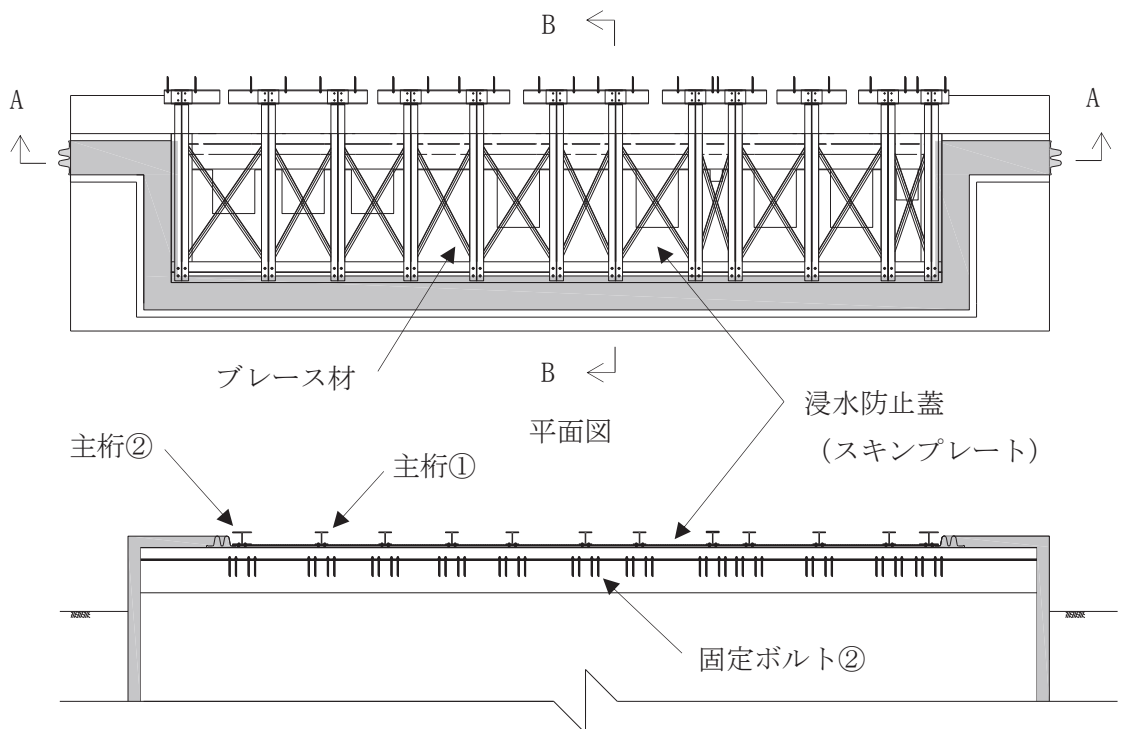
記号	単位	定義
β	—	平板のせん断力に関する係数
w	kN/m ²	浸水防止蓋に作用する単位面積当りの等分布荷重
w'	N/mm ² ・mm	浸水防止蓋に作用する単位幅当りの等分布荷重
l_x	mm	浸水防止蓋の短辺長
t	mm	浸水防止蓋の厚さ
T d	kN	固定ボルト 1 本当りに作用する引張力
q	kN	固定ボルト 1 本当りに作用するせん断力
R n	kN	固定ボルトの支点反力 (引張)
R m	kN・mm	固定ボルトの支点モーメント
R s	kN	固定ボルトの支点反力 (せん断)
B	mm	照査箇所のボルト間隔 (mm)
N	本	照査箇所の固定ボルトの本数

3. 評価対象部位

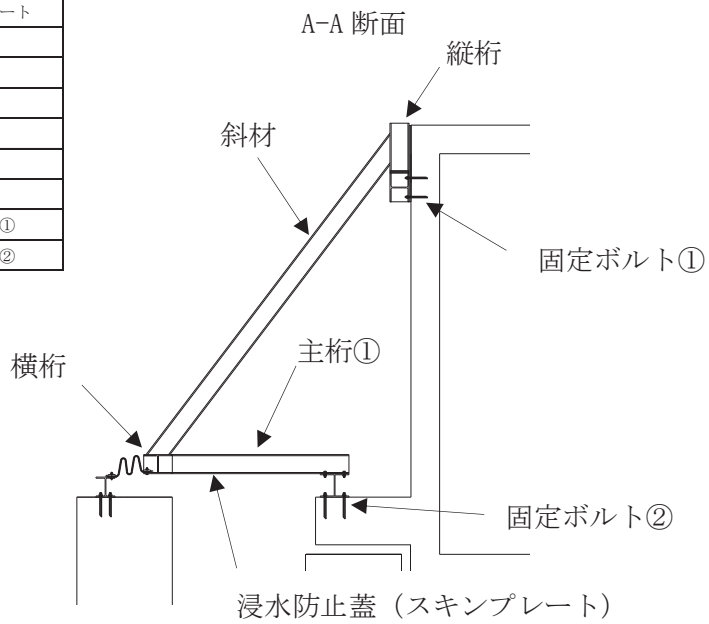
浸水防止蓋の評価対象部位は、「2.2 構造計画」に設定している構造を踏まえて、突き上げ津波荷重及び余震荷重の作用方向及び伝達過程を考慮し設定する。

3.1 応力評価の評価対象部位

応力評価の評価対象部位は、津波荷重及び余震荷重が浸水防止蓋及び鋼製ブラケットに作用し、鋼製ブラケットを固定している固定ボルトを介して躯体に伝達することから、浸水防止蓋、鋼製ブラケット及び固定ボルトを応力評価の評価対象部位として設定する。応力評価の評価対象部位について図 3-1 に示す。



評価対象部位	
浸水防止蓋	スキンプレート
鋼製ブラケット	主桁①
	主桁②
	横桁
	斜材
	ブレース材
固定ボルト	固定ボルト①
	固定ボルト②

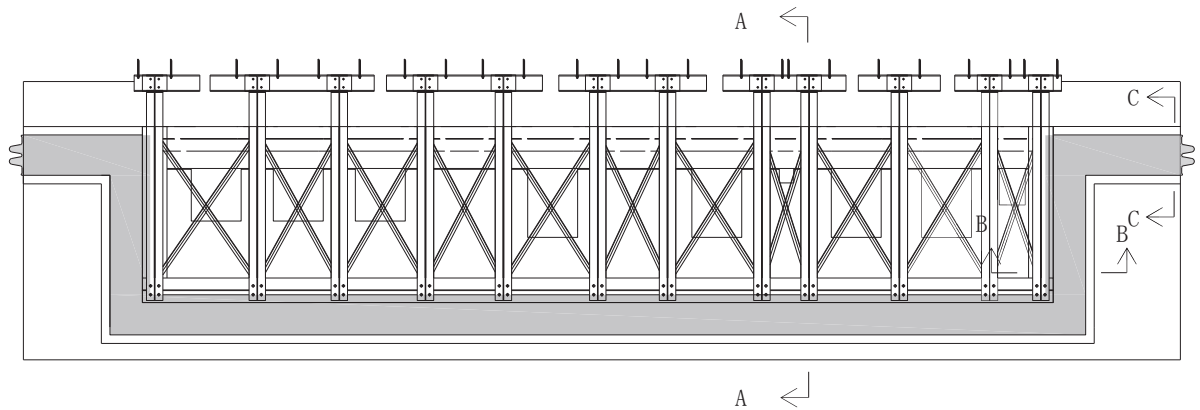


B-B 断面

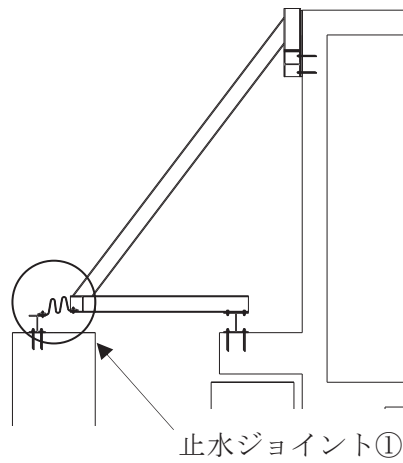
図 3-1 評価対象部位 (応力評価)

3.2 変形性評価の評価対象部位

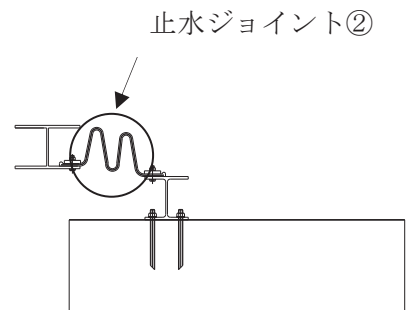
変形性評価の評価対象部位は、余震に伴う浸水防止蓋と第3号機補機冷却海水系放水ピットの変位が止水ジョイントに作用することから、止水ジョイントを変形性評価の評価対象部位として設定する。変形性評価の評価対象部位について図3-2に示す。



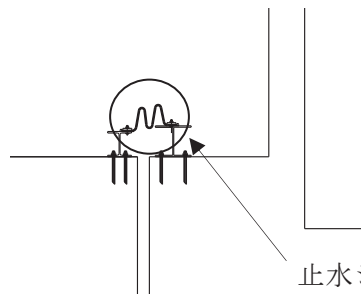
平面図



A-A 断面



B-B 断面



C-C 断面

評価対象部位	
止水ジョイント	止水ジョイント①
	止水ジョイント②
	止水ジョイント③

図3-2 評価対象部位（変形性評価）

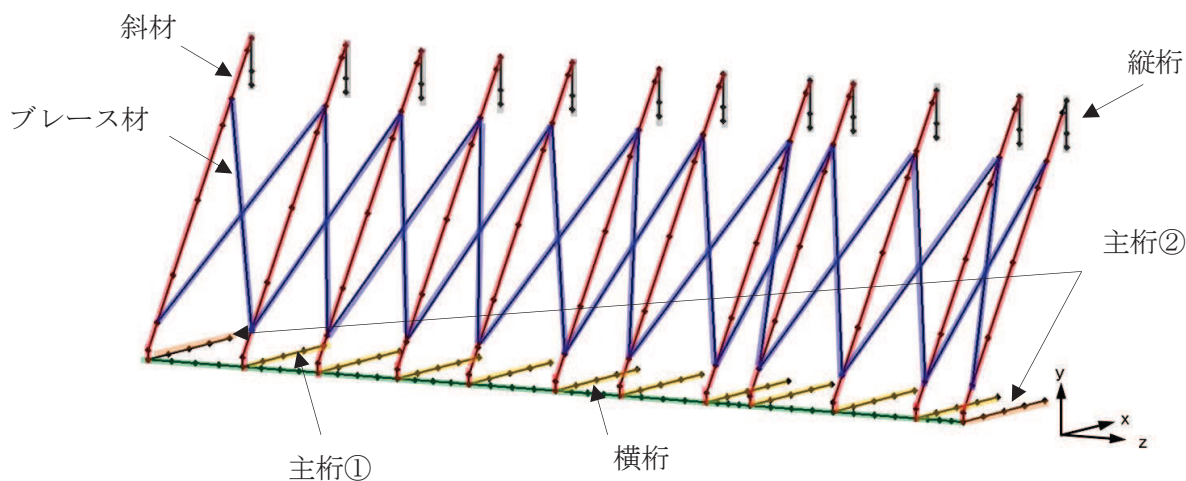
4. 固有値解析

4.1 固有値解析のモデルの設定及び解析手法

浸水防止蓋と鋼製ブラケットは一体化された三次元性を有する構造であることを踏まえ、図4-1に示す三次元フレームモデルにより固有値解析を実施する。

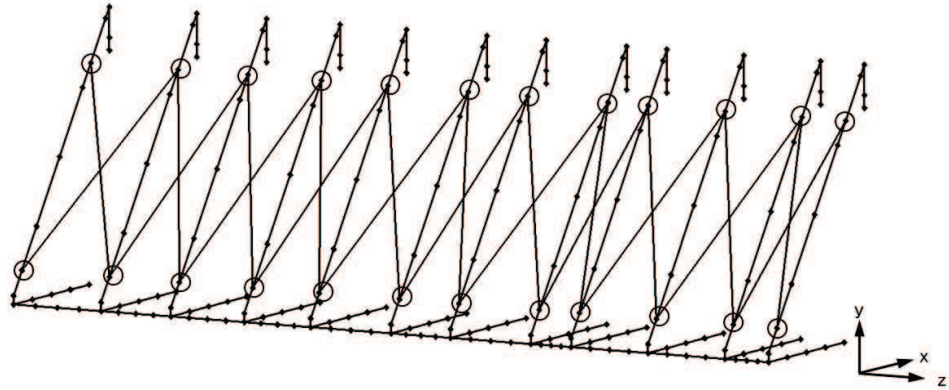
解析コードは「Engineer's StudioVer.6.00.4」を用いる。

解析コードの検証及び妥当性確認の概要については、添付書類「VI-5 計算機プログラム(解析コード)の概要」に示す。



対象部材	材質	断面形状
— : 主桁①	SUS304	H-200×200×20×20
— : 主桁②	SUS304	H-200×300×20×20
— : 斜材	SUS304	H-200×200×8×12
— : 横桁	SUS304	H-200×300×20×20
— : ブレース材	SUS304	L-60×60×5
— : 縦桁	SUS304	H-200×200×8×12

図4-1 固有値解析モデル (1/2)



記号	$x^{※1}$	$y^{※1}$	$z^{※1}$
●	剛結 $※2$	剛結 $※2$	剛結 $※2$
◎	ピン $※2$	ピン $※2$	ピン $※2$

注記 ※1: x, y, z は要素座標系で, x は部材軸方向となる。

※2: H鋼の接合箇所は剛結とし, ブレースとH鋼をボルトにて接合している箇所についてはピンとする。

図 4-1 固有値解析モデル (2/2)

4.2 固有振動数の計算結果

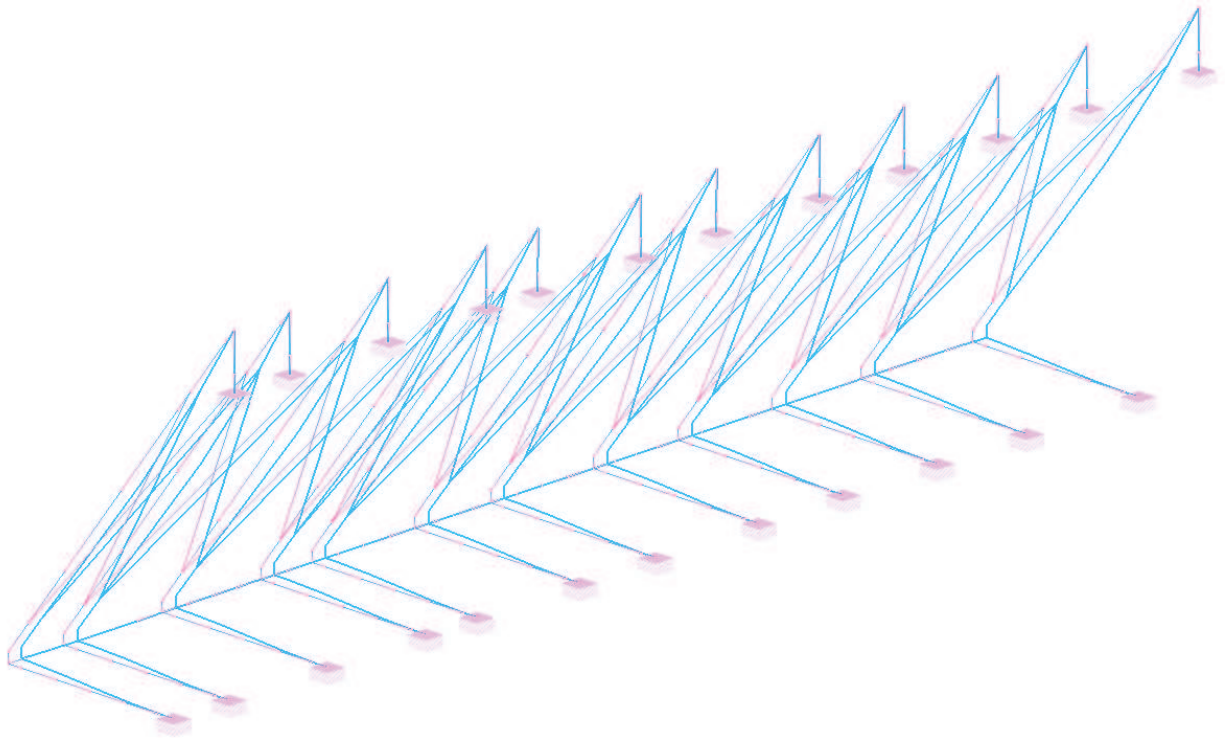
固有振動数の解析結果を表 4-1 及び図 4-2 に示す。固有振動数は 20Hz 以上であることから、剛構造である。

表 4-1 固有値解析結果(1/2)

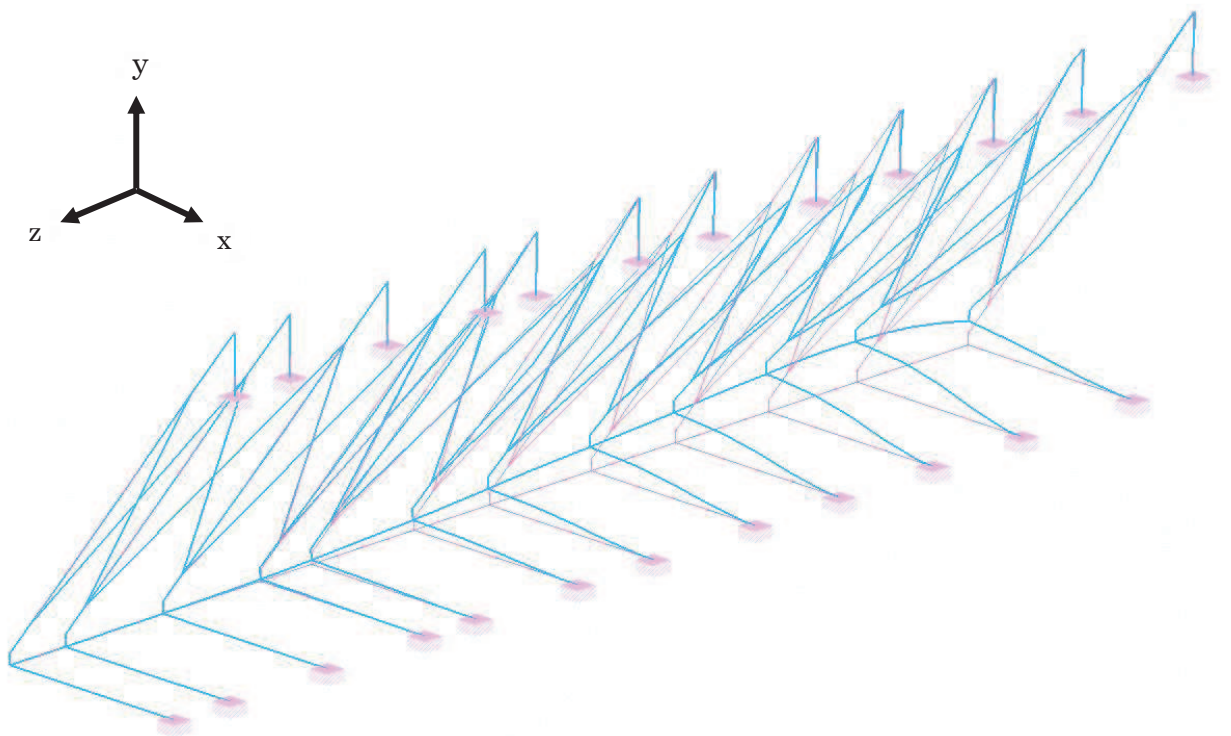
振動モード 次数	卓越方向	固有周期 T(Sec)	固有振動数 f(Hz)	x方向 刺激係数	y方向 刺激係数	z方向 刺激係数
1	z方向	0.041	24.17	-0.001	-0.002	-2.814
2		0.030	33.88	-0.001	-0.041	0.015
3		0.027	36.90	0.000	0.047	-0.005
4		0.027	37.58	-0.001	0.007	0.003
5		0.026	37.82	0.002	0.015	0.021
6		0.026	38.20	-0.001	0.023	-0.018
7		0.026	38.58	0.002	0.017	-0.015
8		0.025	40.04	-0.001	-0.006	-0.012
9		0.024	41.27	0.003	0.018	-0.009
10		0.024	42.24	0.000	0.002	0.056
11		0.024	42.51	0.001	-0.003	0.002
12		0.023	43.13	0.003	0.016	0.002
13		0.021	47.97	-0.001	0.005	-0.602
14		0.015	66.63	-0.914	1.508	0.002
15		0.015	66.93	0.344	-0.523	0.012
16		0.015	67.26	-0.334	0.535	-0.001
17		0.015	67.89	-0.001	-0.006	-0.013
18		0.015	68.52	0.147	-0.235	0.005
19		0.014	69.15	0.042	-0.039	0.012
20		0.014	69.48	-0.161	0.214	-0.003
21		0.014	69.82	0.011	0.000	0.003
22		0.014	70.04	-0.035	0.045	0.001
23		0.014	70.30	-0.014	0.016	0.004
24		0.014	71.22	0.240	-0.350	-0.011
25		0.014	71.96	-0.220	0.280	0.004
26		0.010	98.46	0.010	0.023	-0.034
27		0.010	98.71	-0.007	-0.035	0.051
28		0.010	98.94	-0.007	-0.049	0.091
29		0.010	99.05	0.007	0.032	0.059
30		0.010	99.93	-0.001	0.005	-0.006
31		0.010	101.16	-0.007	-0.027	-0.017
32		0.010	101.54	0.004	0.018	0.020
33		0.010	103.15	0.019	0.086	0.027
34		0.010	103.46	0.005	0.021	-0.032
35		0.010	104.21	-0.005	-0.026	0.002
36		0.010	105.06	-0.038	-0.197	-0.052
37		0.009	106.77	-0.003	-0.015	0.402
38	y方向	0.009	108.71	0.298	1.639	-0.022
39		0.009	110.96	0.164	0.901	0.033
40		0.009	112.38	0.195	1.075	0.009
41		0.009	116.39	-0.006	-0.027	-0.005
42		0.009	116.84	-0.023	-0.114	0.006
43		0.008	124.01	-0.052	-0.266	0.002
44		0.008	130.57	-0.037	-0.196	-0.005
45		0.007	136.73	0.004	0.070	-0.043
46		0.007	137.74	0.102	0.435	0.004
47		0.007	139.18	0.026	0.046	-0.055
48		0.007	139.88	-0.023	-0.140	-0.019
49		0.007	141.16	0.012	-0.006	-0.043
50		0.007	142.27	0.030	0.067	0.010

表 4-1 固有値解析結果(2/2)

振動モード 次数	卓越方向	固有周期 T (Sec)	固有振動数 f (Hz)	x方向 刺激係数	y方向 刺激係数	z方向 刺激係数
51		0.007	142.84	0.021	0.053	-0.064
52		0.007	146.25	-0.010	-0.045	-0.013
53		0.007	148.80	-0.008	0.020	-0.037
54		0.007	151.22	-0.038	-0.002	-0.020
55		0.006	154.27	0.039	0.129	0.025
56		0.006	157.99	0.026	-0.008	0.516
57		0.006	158.18	-0.016	-0.026	-0.190
58		0.006	161.64	-0.027	-0.122	-0.031
59		0.006	163.43	-0.004	-0.034	-0.014
60		0.006	168.10	-0.114	-0.074	0.305
61		0.006	169.82	0.292	0.131	0.021
62		0.006	170.31	0.133	0.104	0.023
63		0.006	170.52	-0.257	-0.126	-0.079
64		0.006	171.62	0.126	0.057	-0.016
65		0.006	173.74	-0.005	-0.064	-0.004
66		0.006	176.20	0.000	-0.007	0.080
67		0.006	179.44	-0.046	0.017	-0.009
68		0.005	182.04	0.007	-0.027	-0.109
69		0.005	182.70	0.011	-0.003	0.046
70		0.005	183.98	-0.029	-0.013	-0.001
71		0.005	184.52	-0.050	-0.013	0.008
72		0.005	184.97	0.093	0.072	0.017
73		0.005	185.27	0.014	-0.019	0.016
74		0.005	186.19	-0.023	-0.010	0.047
75		0.005	187.50	-0.080	-0.047	0.000
76		0.005	189.22	0.030	0.010	0.058
77		0.005	191.58	0.078	0.071	-0.073
78		0.005	191.94	0.022	0.021	0.176
79		0.005	196.63	-0.023	-0.003	0.180
80		0.005	197.46	0.012	0.019	-0.040
81		0.005	204.43	0.007	0.018	0.018
82		0.005	209.76	-0.006	0.004	0.033
83		0.005	215.25	0.020	0.042	0.123
84		0.005	218.42	0.018	0.024	0.031
85		0.004	222.59	-0.269	-0.139	0.362
86		0.004	232.50	-0.238	-0.415	-0.135
87		0.004	233.03	0.160	0.197	-0.067
88		0.004	234.20	-0.198	-0.248	0.011
89		0.004	236.83	0.106	0.212	0.063
90		0.004	240.15	0.083	0.152	-0.068
91		0.004	249.88	-0.093	0.064	-0.023
92		0.004	253.89	0.355	0.071	0.172
93		0.004	260.07	-0.240	0.105	-0.070
94		0.004	273.57	-0.023	-0.014	-0.003
95	x方向	0.004	276.20	1.433	0.149	-0.001
96		0.004	277.12	0.790	0.082	-0.005
97		0.004	278.75	1.240	0.114	-0.007
98		0.004	282.21	1.035	0.061	-0.008
99		0.004	284.68	0.308	0.179	-0.011
100		0.003	287.67	-0.113	-0.023	0.003

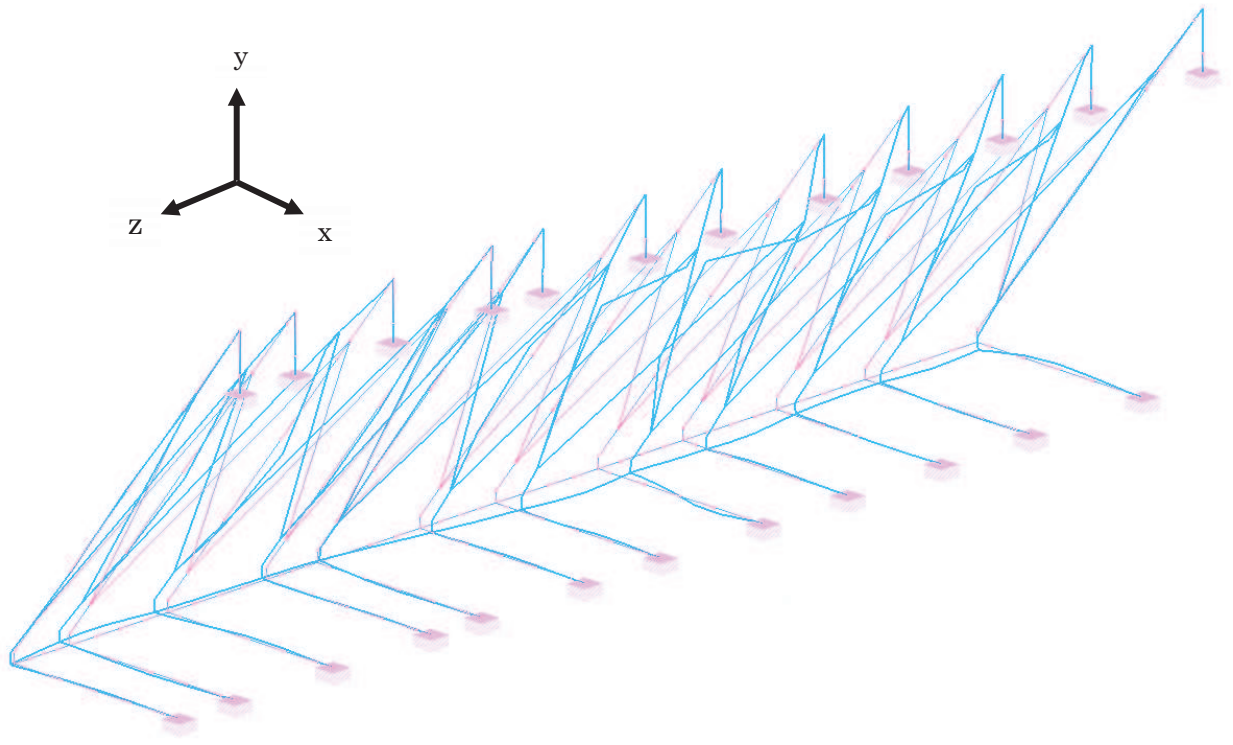


振動モード：1次，固有振動数 24.17Hz



振動モード：38次，固有振動数 108.71Hz

図4-2 固有値解析結果 (1/2)



振動モード：95次，固有振動数 276.20Hz

図4-2 固有値解析結果 (2/2)

5. 構造強度評価

5.1 応力評価方法

浸水防止蓋、鋼製ブラケット及び固定ボルトの応力評価は、添付書類「VI-3-別添 3-1 津波への配慮が必要な施設の強度計算の方針」にて設定している荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界を踏まえて、「3. 評価対象部位」にて設定する評価対象部位に作用する応力等が「5.1.2 許容限界」にて示す許容限界以下であることを確認する。

5.1.1 荷重及び荷重の組合せ

(1) 荷重の組合せ

浸水防止蓋の評価に用いる荷重の組合せを以下に示す。

$$G + P_t + S_d + P_s$$

ここで、 G : 固定荷重 (kN)

P_t : 突き上げ津波荷重 (kN/m²)

S_d : 弾性設計用地震動 $S_d - D_2$ による余震荷重 (kN)

P_s : 積雪荷重 (kN)

なお、浸水防止蓋については、鉛直方向の荷重の組合せにおいて、自重及び積雪荷重は鉛直下向きに作用し計算上有利となる事から考慮しない。

(2) 荷重の設定

応力評価に用いる荷重は、以下のとおりとする。

a. 固定荷重 (G)

固定荷重として、浸水防止蓋を構成する部材の自重を考慮する。

b. 突き上げ津波荷重 (P_t)

突き上げ津波荷重は、浸水防止蓋に作用するものとする。また、評価においては浸水津波荷重を含むものとし、以下の式により算出する。

$$P_t = 1/2 \cdot C_D \cdot \rho_0 \cdot U^2 + \rho_0 \cdot g \cdot H$$

ここで、 P_t : 突き上げ津波荷重 (kN/m²)

C_D : 抗力係数 (=2.01)

ρ_0 : 水の密度 (=1.03t/m³)

U : 流速 (=1.0m/s)

g : 重力加速度 (=9.80665m/s²)

H : 評価高さ (=3.4m (O.P. +18.0m-O.P. +14.6m))

c. 積雪荷重 (P_s)

積雪荷重として、添付書類「VI-1-1-2 発電用原子炉施設の自然現象等による損傷の防止に関する説明書」のうち、添付書類「VI-1-1-2-1-1 発電用原子炉施設に対する自然現象等による損傷の防止に関する基本方針」に基づき 43cm の積雪量を想定し、平均的な積雪荷重を与えるための係数 0.35 を考慮する。

積雪荷重による質量は以下に式より算出する。

$$P_s = 0.35 \cdot W_s \cdot d_s \cdot A \cdot 10^{-3}$$

ここで、 P_s : 積雪荷重 (kN)

W_s : 1cm 当りの積雪荷重 20 (N/m²)

d_s : 積雪高さ 43 (cm)

A : 浸水防止蓋の面積 (m²)

d. 余震荷重 (S d)

余震荷重として、添付書類「VI-3-別添 3-1 津波への配慮が必要な施設の強度計算の方針」に示すとおり、弾性設計用地震動 S d - D 2 に伴う地震力を考慮する。

「4. 固有値解析」に示したとおり、浸水防止蓋と鋼製ブラケットを一体として解析した固有振動数が 20Hz 以上であることを確認したため、応力評価に用いる設計震度は、材料物性の不確かさを考慮したものとして添付書類「VI-2-2-29 第 3 号機海水熱交換器建屋の地震応答計算書」の地震応答解析結果を用いる。地震応答解析ケースを表 5-1 に、設計震度を表 5-2 に示す。ここで、地震力は浸水防止蓋の設置位置における水平方向の最大応答加速度から設定する震度を用いて評価するものとし、下記のとおり算出する。

$$S d_H = (G + P_s) \cdot \alpha_H$$

ここで、S d_H : 弾性設計用地震動 S d - D 2 の水平方向の余震荷重 (kN)

G : 固定荷重 (kN)

P_s : 積雪荷重 (kN)

α_H : 弾性設計用地震動 S d - D 2 の水平方向の余震震度

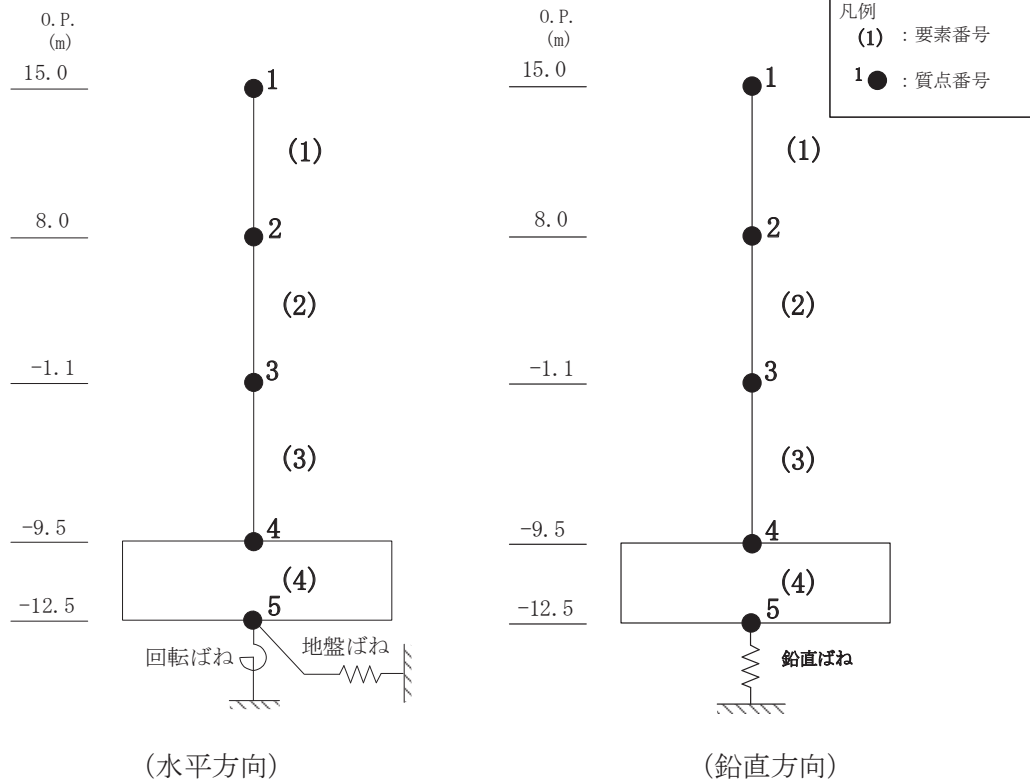
また、表 5-2 のとおり、鉛直方向の余震震度が 1 未満であることから、浸水防止蓋の自重と鉛直方向の地震力を足し合わせた荷重は、突き上げ津波荷重を相殺する向きに作用するため、浸水防止蓋の応力評価においては自重と鉛直方向の地震力を保守的に考慮しないこととする。

表 5-1 地震応答解析ケース

対象地震動	ケース名	スケルトンカーブ		建屋材料減衰	地盤物性	
		初期剛性	終局耐力		入力地震動	底面地盤ばね
弾性設計用 地震動 S d - D 2 (水平)	ケース1 (基本ケース)	2011年3月11日東北 地方太平洋沖地震の観 測記録を用いたシミュ レーション解析により 補正	設計基準強度を用い、 JEAG式で評価	5%	表層地盤の非線形性を考慮	標準地盤
	ケース2	同上	同上	同上	同上	標準地盤 + α
	ケース3	同上	同上	同上	同上	標準地盤 - α
弾性設計用 地震動 S d - D 2 (鉛直)	ケース1 (基本ケース)	設計剛性	-	5%	直接入力	標準地盤
	ケース2	同上	-	同上	同上	標準地盤 + α
	ケース3	同上	-	同上	同上	標準地盤 - α

表 5-2 余震震度

地震時荷重 算出位置 (m)	地震応答解析結果				設計震度
	方向	弾性設計用 地震動 S d - D 2	ケース	最大加速度 (cm/s ²)	
O.P. 15.0	水平方向 (N-S) $\alpha_{H(NS)}$	S d - D 2	2	1544	1.58
	水平方向 (E-W) $\alpha_{H(EW)}$	S d - D 2	2	1354	1.39
	鉛直方向 α_V	S d - D 2	2	721	0.74



表中の O.P. は第 3 号機海水熱交換器建屋の地震応答計算書での値を示す。

5.1.2 許容限界

浸水防止蓋の許容限界は、「3. 評価対象部位」にて設定した部位に対し、添付書類「VI-3-別添 3-1 津波への配慮が必要な施設の強度計算の方針」にて設定している許容限界を踏まえて設定する。

(1) 使用材料

浸水防止蓋、鋼製ブラケット及び固定ボルトの使用材料を表 5-3 に示す。

表 5-3 使用材料

評価対象部位		材質	仕様
浸水防止蓋	スキンプレート	SUS304	t = 16 (mm)
鋼製ブラケット	主桁①	SUS304	H-200×200×20×20 (mm)
	主桁②	SUS304	H-200×300×20×20 (mm)
	横桁	SUS304	H-200×300×20×20 (mm)
	斜材	SUS304	H-200×200×8×12 (mm)
	ブレース材	SUS304	L-60×60×5 (mm)
	縦桁	SUS304	H-200×200×8×12 (mm)
固定ボルト	固定ボルト①	SUS304	M20
	固定ボルト②	SUS304	M20

(2) 許容限界

a. 浸水防止蓋，鋼製ブラケット

浸水防止蓋，鋼製ブラケットの許容応力度は，「鋼構造設計規準 一許容応力度設計法一（日本建築学会，2005年改定）」に基づき表5-4の値とする。

表5-4 浸水防止蓋，鋼製ブラケットの短期許容応力度

材質	短期許容応力度 (N/mm ²)	
	曲げ	せん断
SUS304	205	118

b. 固定ボルト

固定ボルトの許容荷重は，「3. 評価対象部位」に記載した固定ボルトに作用する荷重の向きを踏まえて，「各種合成構造設計指針・同解説（日本建築学会，2010改定）」に基づき算定する。

地震荷重を考慮する場合の固定ボルトの許容荷重を表5-5に示す。

なお，固定ボルトは躯体に埋め込まれていることから，固定ボルトが引張力を受ける場合においては，固定ボルトの降伏により決まる許容荷重（ P_{a1} ），付着力により決まる許容荷重（ P_{a3} ）を比較して，いずれか小さい値を採用する。また，固定ボルトがせん断力を受ける場合においては，固定ボルトのせん断強度により決まる許容荷重（ q_{a1} ），定着したコンクリート躯体の支圧強度により決まる許容荷重（ q_{a2} ）及びコーン状破壊により決まる許容荷重（ q_{a3} ）を比較して，いずれか小さい値を採用する。

地震荷重を考慮する場合の固定ボルトの許容荷重の設定に用いる入力値を表5-5に，許容荷重を表5-6に示す。

引張力を受ける場合

$$P_{a1} = \Phi_1 \cdot s \sigma_{pa} \cdot s c a$$

$$P_{a3} = \Phi_3 \cdot \tau_a \cdot \pi \cdot d_a \cdot l_{ce}$$

ここで， P_{a1} : 固定ボルトの降伏により決まる場合の固定ボルト
1本当たりの許容引張力 (N)

P_{a3} : 固定ボルトの付着力により決まる場合の固定ボルト
1本当たりの許容引張力 (N)

Φ_1 : 低減係数（短期荷重用）

Φ_3 : 低減係数（短期荷重用）

$s \sigma_{pa}$: 固定ボルトの引張強度（ $= s \sigma_y$ ） (N/mm²)

$s \sigma_y$: 固定ボルトの規格降伏点強度 (N/mm²)

$s c a$: 固定ボルトの断面積 (mm²)

d_a : 固定ボルトの径 (mm)

- l_{ce} : 固定ボルトの強度算定用埋込み長さ
 (= $l_e - 2d_a$) (mm)
- l_e : 固定ボルトの有効埋込み長さ (mm)
- τ_a : へりあき及び固定ボルトのピッチによる付着強度
 (N/mm²)

せん断力を受ける場合

$$Q_{a1} = \Phi_1 \cdot s \sigma_{qa} \cdot s c a$$

$$Q_{a2} = \Phi_2 \cdot c \sigma_{qa} \cdot s c a$$

$$Q_{a3} = \Phi_2 \cdot c \sigma_t \cdot A_{qc}$$

ここで、 Q_{a1} : 固定ボルトのせん断強度により決まる場合の固定ボルト1本当たりの許容せん断力 (N)

Q_{a2} : 定着した躯体の支圧強度により決まる場合の固定ボルト1本当たりの許容せん断力 (N)

Q_{a3} : 定着した躯体のコーン状破壊により決まる場合の固定ボルト1本当たりの許容せん断力 (N)

Φ_1 : 低減係数 (短期荷重用)

Φ_2 : 低減係数 (短期荷重用)

$s \sigma_{qa}$: 固定ボルトのせん断強度 (= $0.7 \cdot s \sigma_y$)
(N/mm²)

$s \sigma_y$: 固定ボルトの規格降伏点強度 (N/mm²)

$s c a$: 固定ボルトの断面積 (mm²)

$c \sigma_{qa}$: コンクリートの支圧強度 (N/mm²)

$$(\text{= } 0.5 \sqrt{F_c \cdot E_c})$$

$c \sigma_t$: コーン状破壊に対するコンクリートの

$$\text{引張強度 (N/mm}^2\text{)} \quad (\text{= } 0.31 \sqrt{F_c})$$

F_c : コンクリートの設計基準強度 (N/mm²)

E_c : コンクリートのヤング係数 (N/mm²)

A_{qc} : せん断力に対するコーン状破壊面の有効投影面積
(mm²)

表 5-5 固定ボルトの許容荷重の設定に用いる入力値

記号	単位	定義		数値
Φ_1	—	低減係数（短期荷重用）		1.0
Φ_2	—	低減係数（短期荷重用）		2/3
Φ_3	—	低減係数（短期荷重用）		2/3
${}_s\sigma_{pa}$	N/mm ²	固定ボルトの許容引張応力度		205
${}_s\sigma_y$	N/mm ²	固定ボルトの規格降伏点強度		205
${}_sc a$	mm ²	固定ボルトの断面積		245
d_a	mm	固定ボルトの径		20
l_{ce}	mm	固定ボルトの強度算定用埋込み長さ	固定ボルト①	140
			固定ボルト②	220
l_e	mm	固定ボルトの有効埋込み長さ	固定ボルト①	180
			固定ボルト②	260
τ_a	N/mm ²	へりあき及び固定ボルトのピッチによる 付着強度	固定ボルト①	8.69
			固定ボルト②	4.11
${}_s\sigma_{qa}$	N/mm ²	固定ボルトのせん断応力度		143.50
${}_c\sigma_{qa}$	N/mm ²	コンクリートの支圧強度		450.90
${}_c\sigma_t$	N/mm ²	コーン状破壊に対するコンクリートの引張強度		1.76
F_c	N/mm ²	コンクリートの設計基準強度		32.4
E_c	N/mm ²	コンクリートのヤング係数		25100
A_{qc}	mm ²	せん断力に対するコーン状破壊面の 有効投影面積	固定ボルト①	-*
			固定ボルト②	15708

注記* 固定ボルト①は第 3 号機海水熱交換器建屋の壁面に設置するため、へりあきはなしとする。

表 5-6 (1) 地震荷重を考慮する場合の固定ボルト①の短期許容荷重

材質	短期許容荷重 (kN)						
	引張			せん断			
	P_{a1}	P_{a3}	設定値	q_{a1}	q_{a2}	q_{a3}	設定値
SUS304	50.2	50.9	50.2	35.1	73.6	-*	35.1

注記* 固定ボルト①は第 3 号機海水熱交換器建屋の壁面に設置するため、へりあきはなしとする。

表 5-6 (2) 地震荷重を考慮する場合の固定ボルト②の短期許容荷重

材質	短期許容荷重 (kN)						
	引張			せん断			
	P_{a1}	P_{a3}	設定値	q_{a1}	q_{a2}	q_{a3}	設定値
SUS304	50.2	37.8	37.8	35.1	73.6	18.4	18.4

5.1.3 余震荷重

荷重の組合せは、表 5-7 に示すとおり組合せ係数法 (1.0 : 0.4) により評価する。

表 5-7 荷重の組合せ

ケース No.	荷重の組合せ
1	$G + P_s + 1.0 S d_{H(NS)} + 0.4 S d_v$
2	$G + P_s + 1.0 S d_{H(NS)} - 0.4 S d_v$
3	$G + P_s - 1.0 S d_{H(NS)} + 0.4 S d_v$
4	$G + P_s - 1.0 S d_{H(NS)} - 0.4 S d_v$
5	$G + P_s + 0.4 S d_{H(NS)} + 1.0 S d_v$
6	$G + P_s - 0.4 S d_{H(NS)} + 1.0 S d_v$
7	$G + P_s + 0.4 S d_{H(NS)} - 1.0 S d_v$
8	$G + P_s - 0.4 S d_{H(NS)} - 1.0 S d_v$
9	$G + P_s + 1.0 S d_{H(EW)} + 0.4 S d_v$
10	$G + P_s + 1.0 S d_{H(EW)} - 0.4 S d_v$
11	$G + P_s - 1.0 S d_{H(EW)} + 0.4 S d_v$
12	$G + P_s - 1.0 S d_{H(EW)} - 0.4 S d_v$
13	$G + P_s + 0.4 S d_{H(EW)} + 1.0 S d_v$
14	$G + P_s - 0.4 S d_{H(EW)} + 1.0 S d_v$
15	$G + P_s + 0.4 S d_{H(EW)} - 1.0 S d_v$
16	$G + P_s - 0.4 S d_{H(EW)} - 1.0 S d_v$

G : 固定荷重 (kN)

P_s : 積雪荷重 (kN)

$S d_{H(NS)}$: 弾性設計用地震動 $S d - D 2$ の水平方向 (N-S) の余震荷重
 $((G + P_s) \times \alpha_{H(NS)})$ (kN)

$S d_{H(EW)}$: 弾性設計用地震動 $S d - D 2$ の水平方向 (E-W) の余震荷重
 $((G + P_s) \times \alpha_{H(EW)})$ (kN)

$S d_v$: 弾性設計用地震動 $S d - D 2$ の鉛直方向の余震荷重
 $((G + P_s) \times \alpha_v)$ (kN)

5.1.4 計算方法

浸水防止蓋，鋼製ブラケット及び固定ボルトに発生する応力度が，許容限界以下であることを確認する。

(1) 浸水防止蓋

浸水防止蓋は図 5-1 に示すとおり主桁間に分割して設置することから三辺固定スラブモデルとして断面力を算出する。評価箇所は図 5-1 に示すとおり，断面力が大きいと考えられる主桁間の幅最大の箇所とする。浸水防止蓋に作用する等分布荷重（鉛直震度含む）が作用している板に発生する曲げ応力およびせん断応力は「鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説（日本建築学会，2018年改定）」（図 5-2）より算出する。

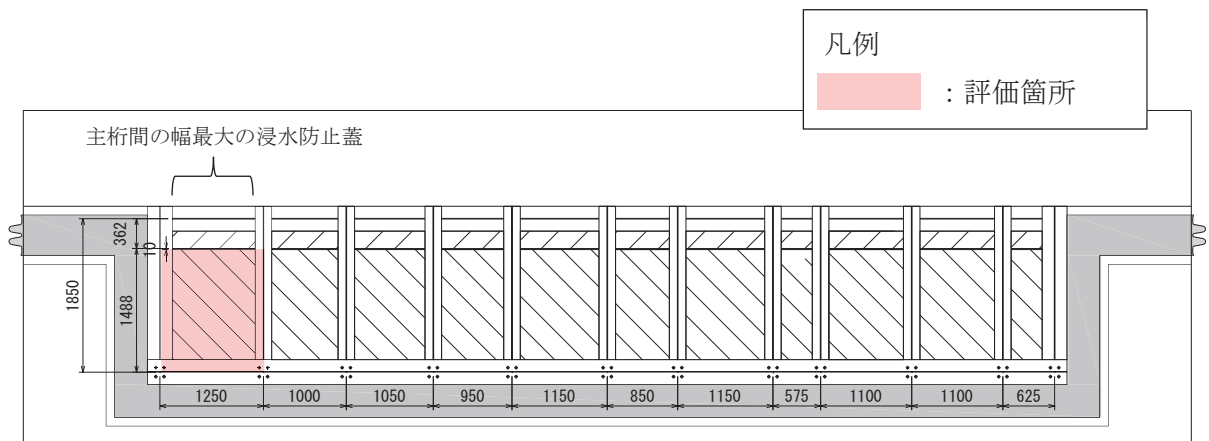


図 5-1 浸水防止蓋の評価箇所

- a. 浸水防止蓋に作用する単位面積当りの等分布荷重 w

$$w = P t$$

ここで， $P t$: 突き上げ津波荷重 (kN/m^2)

- b. 浸水防止蓋に作用する単位幅当りの等分布荷重 w'

$$w' = w / 1000$$

ここで， w' : 浸水防止蓋に作用する単位幅当りの等分布荷重 ($\text{N}/\text{mm}^2 \cdot \text{mm}$)

c. 最大曲げ応力 σ

求めた曲げモーメントのうち最大となる曲げモーメントについて、以下の式にて最大曲げ応力を算出する。

$$M = \alpha \cdot w' \cdot l_x^2$$

ここで、
 M : 最大モーメント (N・mm)
 α : 平板のモーメントに関する係数
 w' : 浸水防止蓋に作用する単位幅当りの等分布荷重 (N/mm²・mm)
 l_x : 浸水防止蓋の短辺長 (mm)

$$\sigma = M / Z$$

ここで、
 σ : 最大曲げ応力 (N/mm²)
 M : 最大曲げモーメント (N・mm)
 Z : スキンプレートの断面係数 (mm³)

d. 最大せん断応力 τ

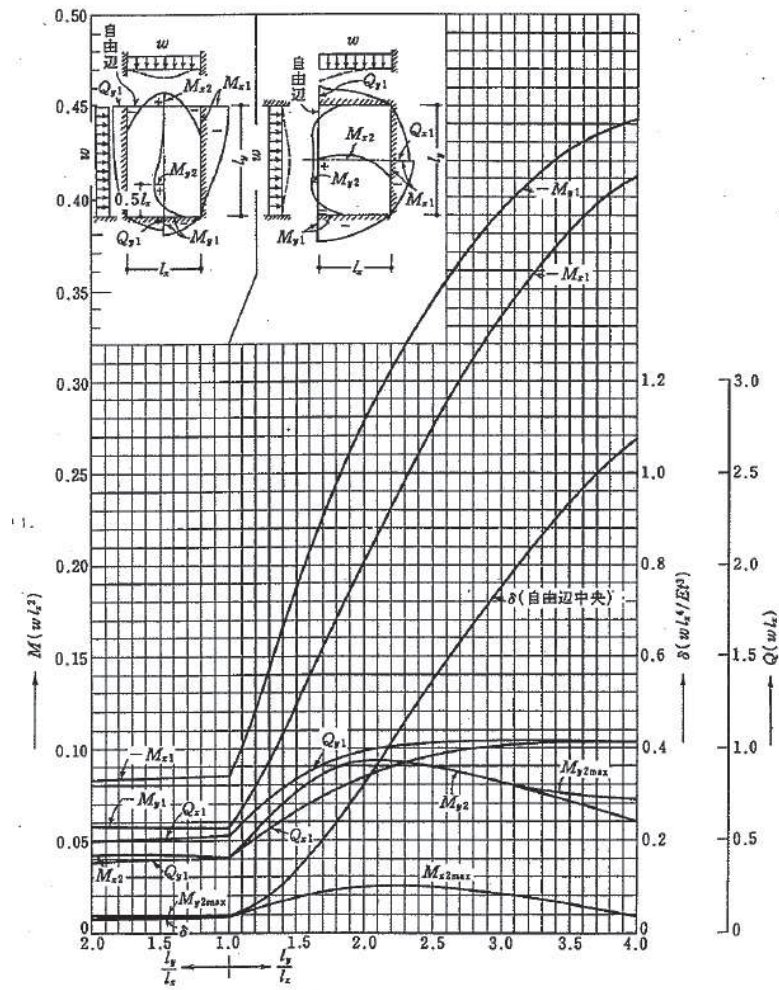
求めたせん断力のうち最大となるせん断力について、以下の式にてせん断応力度を算出する。

$$Q = \beta \cdot w' \cdot l_x$$

ここで、
 Q : せん断力 (N)
 β : 平板のせん断に関する係数
 w' : 浸水防止蓋に作用する単位幅当りの等分布荷重 (N/mm)
 l_x : 浸水防止蓋の短辺長 (mm)

$$\tau = Q / A_s$$

ここで、
 τ : 最大せん断応力度 (N/mm²)
 Q : 最大せん断応力 (N)
 A_s : 浸水防止蓋の単位幅あたりのせん断断面積 (mm²)



付図 15.3 等分布荷重時 3 辺固定 1 辺自由スラブの応力図と自由辺中央のたわみ δ^0 ($v=0$)

図 5-2 応力算出図

e. 曲げ応力度とせん断応力度の組合せに対する検討

浸水防止蓋に生じる曲げ応力度とせん断応力度から、組合せ応力度を「鋼構造設計規
準—許容応力度設計法—（日本建築学会，2005 改定）」に基づく次式により算定し、短
期許容応力度以下であることを確認する。

$$x = \sqrt{\sigma^2 + 3 \cdot \tau^2}$$

- x : 組合せ応力度 (N/mm²)
- σ : 最大曲げ応力度 (N/mm²)
- τ : 最大せん断応力度 (N/mm²)

(2) 鋼製ブラケット

鋼製ブラケットの応力評価に用いるモデルは固有値解析を行ったモデルと同一とし、鋼製ブラケットの計算には解析コード「Engineer's Studio Ver. 6.00.4」を使用して評価部位に生じる断面力を求める。解析コードの検証及び妥当性確認の概要については、添付書類「VI-5 計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。モデルに入力する荷重は、「5.1.1 荷重及び荷重の組合せ」に示すとおりである。

各部材に入力する荷重図を図5-3～図5-9に示す。

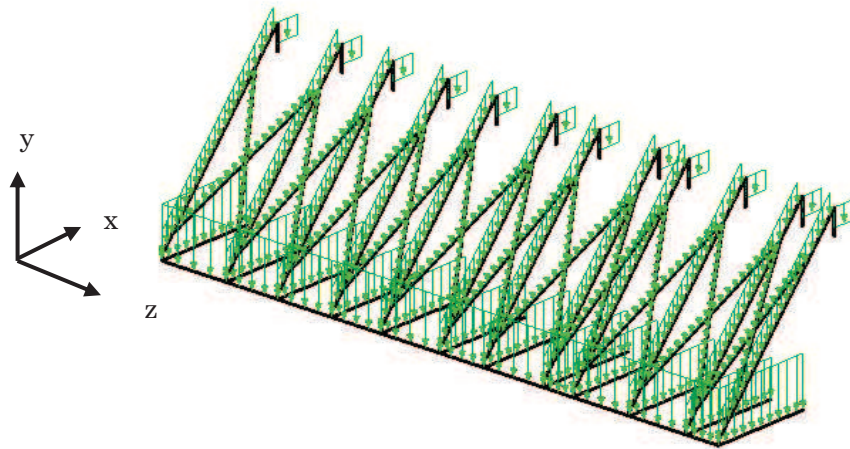


図5-3 鋼製ブラケットの耐震評価モデルへの入力荷重（死荷重）

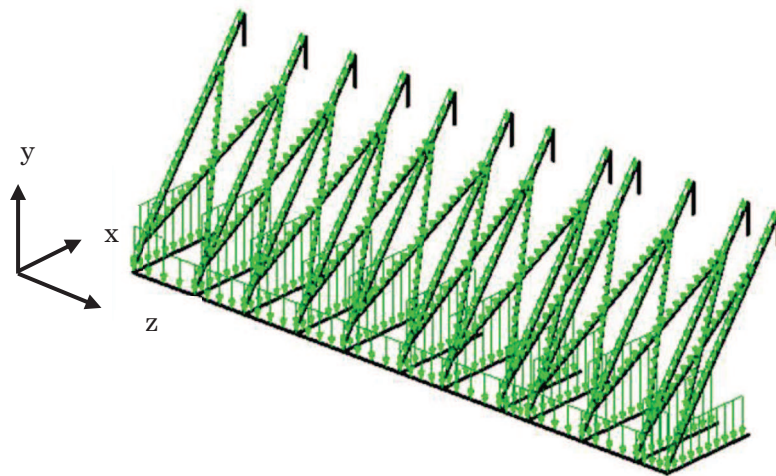


図5-4 鋼製ブラケットの耐震評価モデルへの入力荷重（積雪荷重）

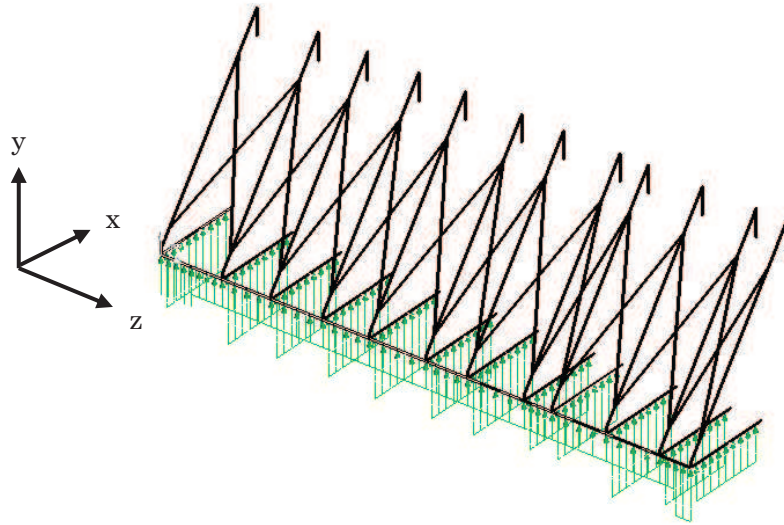


図 5-5 鋼製ブラケットの耐震評価モデルへの入力荷重（突き上げ津波荷重）

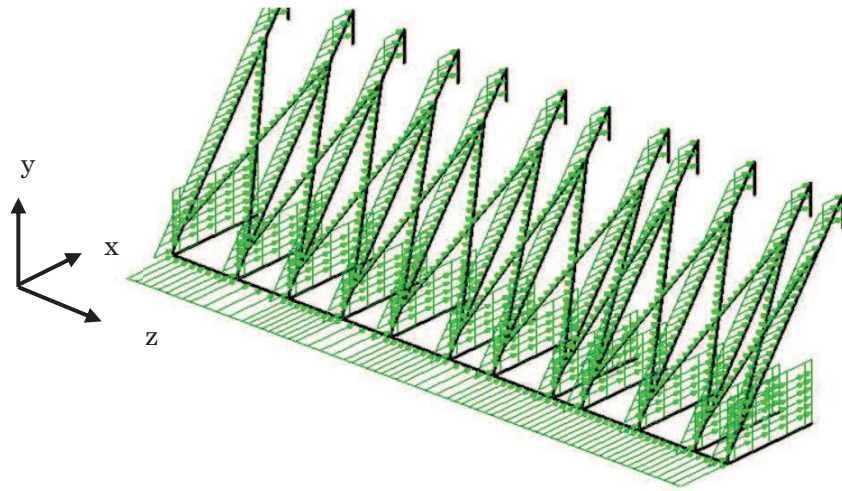


図 5-6 鋼製ブラケットの耐震評価モデルへの入力荷重（地震時荷重）（+NS 方向）

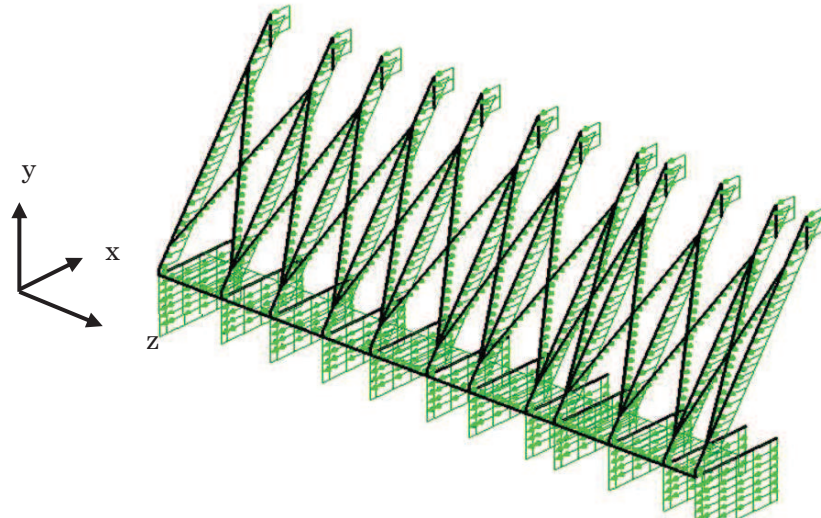


図 5-7 鋼製ブラケットの耐震評価モデルへの入力荷重（地震時荷重）（-NS 方向）

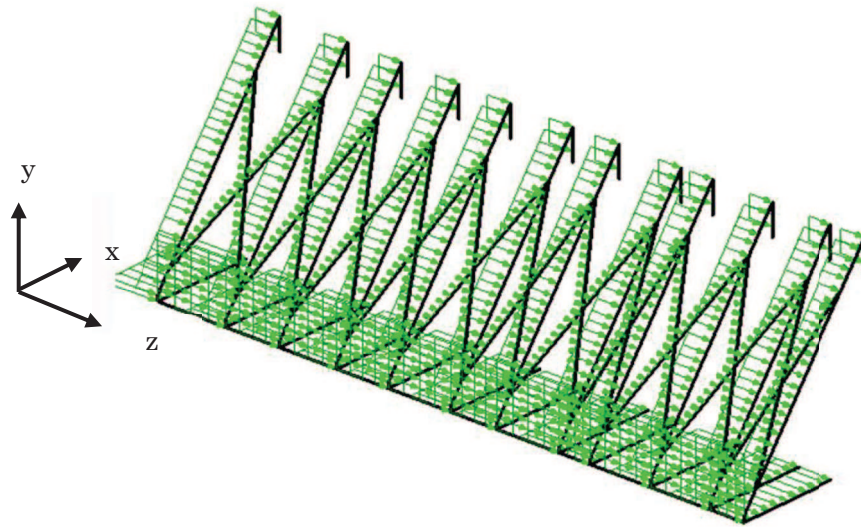


図 5-8 鋼製ブラケットの耐震評価モデルへの入力荷重（地震時荷重）（+EW 方向）

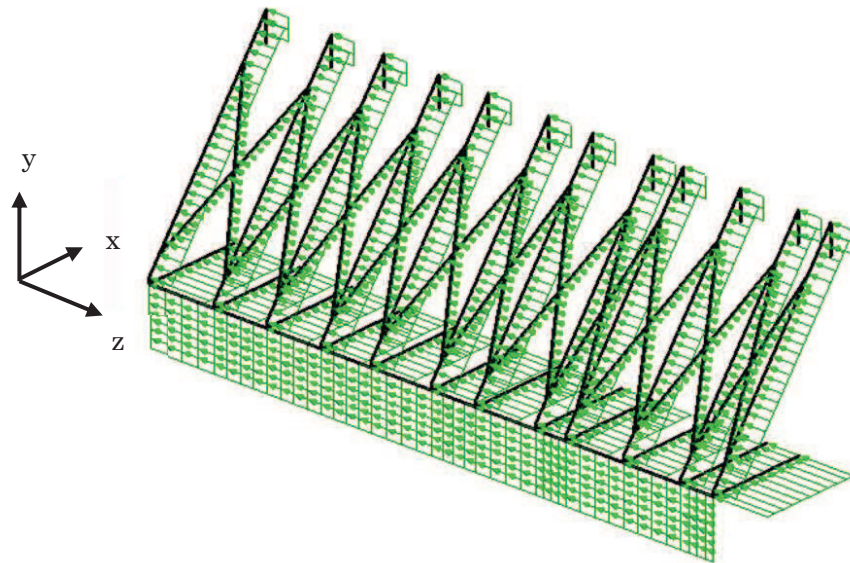


図 5-9 鋼製ブラケットの耐震評価モデルへの入力荷重（地震時荷重）（-EW 方向）

(3) 固定ボルト

鋼製ブラケットの解析により得られる固定ボルト部の応力により、固定ボルトに作用する応力度を求め、許容限界以下であることを確認する。なお、固定ボルト①の照査箇所のボルト本数は4本であり、また固定ボルト②の照査箇所のボルト本数は8本である。

a. 固定ボルトに作用する引張力 T_d

$$T_d = R_n / N + R_m / B / (N / 2)$$

ここで、 T_d : 固定ボルト1本当りに作用する引張力 (kN)
 R_n : 固定ボルトの支点反力 (引張) (kN)
 R_m : 固定ボルトの支点モーメント (kN・mm)
 B : 固定ボルトのボルト間隔 (mm)
 N : 照査箇所の固定ボルトの本数 (本)

b. 固定ボルトに作用するせん断力 q

$$q = R_s / N$$

ここで、 q : 固定ボルト1本当りに作用するせん断力 (kN)
 R_s : 解析で得られる支点反力 (せん断) (kN)
 N : 浸水防止蓋に取り付く固定ボルトの本数 (本)

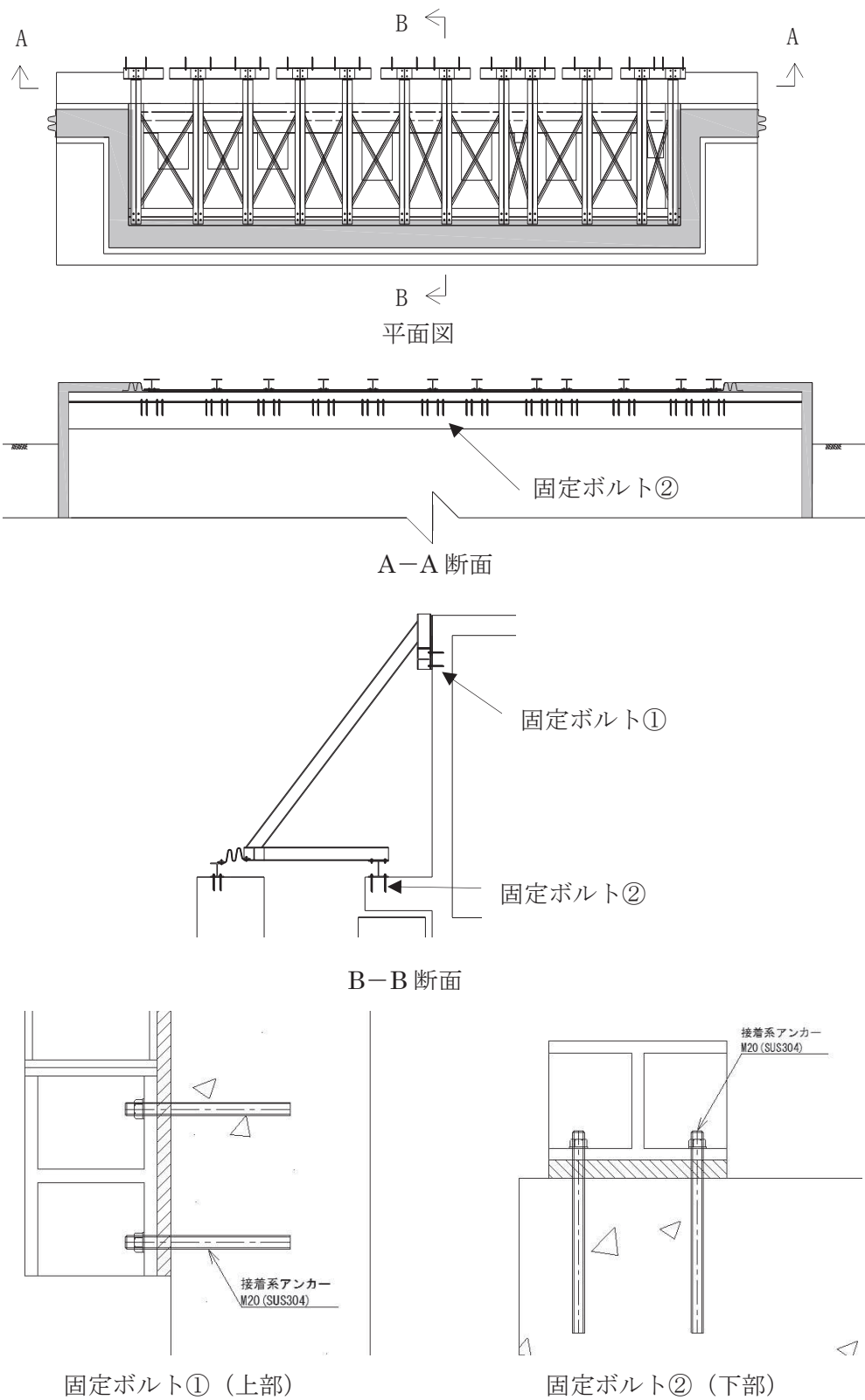


図 5-10 固定ボルト詳細図

5.1.5 計算条件

浸水防止蓋の応力評価に用いる入力値を表 5-8 に示す。

表 5-8 浸水防止蓋の強度評価に用いる入力値

評価対象部位	記号	単位	定義	数値
浸水防止蓋 (スキンプレート)	A_s	mm^2	浸水防止蓋の単位幅あたりのせん断断面積	16
	α	—	平板のモーメントに関する係数	0.085
	β	—	平板のせん断に関する係数	0.55
	l_x	mm	浸水防止蓋の短辺長(mm)	1250
	A	m^2	浸水防止蓋の面積	1.86
	Z	mm^3	浸水防止蓋の断面係数	42.67
固定ボルト①	R_n	kN	固定ボルトの支点反力(引張)	11.4
	R_m	$\text{kN} \cdot \text{mm}$	固定ボルトの支点モーメント	2935
	R_s	kN	固定ボルトの支点反力(せん断)	36.9
	B	mm	照査箇所のボルト間隔	200
	N	本	照査箇所の固定ボルトの本数	4
固定ボルト②	R_n	kN	固定ボルトの支点反力(引張)	40.7
	R_m	$\text{kN} \cdot \text{mm}$	固定ボルトの支点モーメント	19197
	R_s	kN	固定ボルトの支点反力(せん断)	39.6
	B	mm	照査箇所のボルト間隔	200
	N	本	照査箇所の固定ボルトの本数	8

5.2 変形性評価方法

止水ジョイントは浸水防止蓋と第3号機補機冷却海水系放水ピットとの境界部に設置することから浸水防止蓋と第3号機補機冷却海水系放水ピットに生じる変位量を用いて評価する。

余震荷重による変位量は設計用地震力による変位量を下回ることは明白であることから、添付書類「VI-2-10-2-8-4 浸水防止蓋（第3号機補機冷却海水系放水ピット）の耐震性についての計算書」にて算定した設計用地震力による最大変位量が、重畳時（津波荷重と余震荷重作用時）の止水ジョイントの許容限界内に収まることを確認する。

5.2.1 許容限界

重畳時（津波荷重と余震荷重作用時）の止水ジョイント部材の変形量の許容限界は、漏水試験及び変形試験により、有意な漏えいが生じないことを確認した変形量とする。表5-9に止水ジョイント部材の仕様を表5-10に変形量の許容限界を示す。

なお、止水ジョイント部材が地震時及び津波時による変位に対し有意な漏えいを生じない変形に留まること、津波による波圧と余震による変位に対し止水ジョイント部材から有意な漏えいが生じないことを性能確認試験により確認している。また、長期的な耐久性に関しては、耐候性試験により確認している。

表5-9 止水ジョイント部材の仕様

種別	名称	主成分
M型ゴム	ME300	クロロプレンゴム

表5-10 重畳時（津波荷重と余震荷重作用時）の止水ジョイント部材の変形量の許容限界

	許容限界 (mm)	
	開き方向	せん断方向
変形量	350	350

5.2.2 設計用地震力における最大変位量

添付書類「VI-2-10-2-8-4 浸水防止蓋（第3号機補機冷却海水系放水ピット）の耐震性についての計算書」にて算定した設計用地震力による最大変位量を表5-11に示す。

表5-11 設計用地震力による最大変位量

区分		地震時最大変位量 (mm)		
		第3号機海水 熱交換器建屋	第3号機補機冷却 海水系放水ピット	評価用 変位量
止水ジョイント①	開き方向	追而		
	せん断方向			
止水ジョイント②	開き方向			
	せん断方向			
止水ジョイント③	開き方向			
	せん断方向			

6. 評価結果

浸水防止蓋の応力評価結果を表 6-1～表 6-13 に，変形性評価結果を表 6-14 に示す。全ての部材において発生応力，応力度又は変形量が許容限界以下であることを確認した。

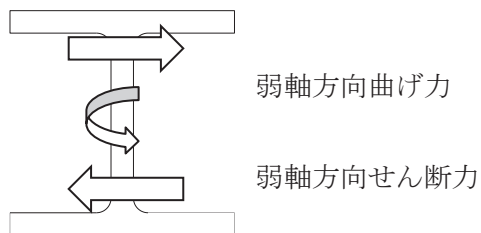
表 6-1 応力評価結果（浸水防止蓋）

評価対象部位		発生値 (応力度又は荷重)		許容限界		検定値
浸水防止蓋	曲げ	111	N/mm ²	205	N/mm ²	0.55<1.0
	せん断	2	N/mm ²	118	N/mm ²	0.02<1.0
	組合せ	112	N/mm ²	205	N/mm ²	0.55<1.0

表 6-2 応力評価結果 (鋼製ブラケット 弱軸方向)

評価対象部位		発生値 (*弱軸方向) (応力度又は荷重)		許容限界		検定値
主桁①	曲げ	28	N/mm ²	205	N/mm ²	0.14 < 1.0
	せん断	2	N/mm ²	118	N/mm ²	0.02 < 1.0
	組合せ	29	N/mm ²	205	N/mm ²	0.15 < 1.0
主桁②	曲げ	29	N/mm ²	205	N/mm ²	0.15 < 1.0
	せん断	2	N/mm ²	118	N/mm ²	0.02 < 1.0
	組合せ	30	N/mm ²	205	N/mm ²	0.15 < 1.0
斜材	曲げ	20	N/mm ²	205	N/mm ²	0.10 < 1.0
	せん断	1	N/mm ²	118	N/mm ²	0.01 < 1.0
	組合せ	21	N/mm ²	205	N/mm ²	0.11 < 1.0
横桁	曲げ	19	N/mm ²	205	N/mm ²	0.10 < 1.0
	せん断	2	N/mm ²	118	N/mm ²	0.02 < 1.0
	組合せ	20	N/mm ²	205	N/mm ²	0.10 < 1.0
ブレース材	軸力	8	N/mm ²	205	N/mm ²	0.04 < 1.0
縦桁	曲げ	15	N/mm ²	205	N/mm ²	0.08 < 1.0
	せん断	1	N/mm ²	118	N/mm ²	0.01 < 1.0
	組合せ	16	N/mm ²	205	N/mm ²	0.08 < 1.0

注記* : H鋼の弱軸について



ブレース材には等辺山形鋼を用いているため強軸、弱軸はなく断面剛性は一樣

表 6-3 曲げおよび軸力に関する応力評価結果（鋼製ブラケット 弱軸方向）（1/2）

ケースNo.	解析ケース	評価部材	曲げ モーメント (kN・m)	軸力 (kN)	発生 応力度 $\sigma's$ (N/mm ²)	短期 許容応力度 $\sigma'sa$ (N/mm ²)	照査値 $\sigma's/\sigma'sa$
1	津波時NS+1.0_UD+0.4	主桁①	0.049	20.654	3	205	0.02
		主桁②	0.169	15.302	2	205	0.01
		斜材	0.418	45.366	10	205	0.05
		横桁	0.616	1.210	2	205	0.01
		ブレース	-	3.303	6	205	0.03
		縦桁	0.272	35.231	8	205	0.04
2	津波時NS+1.0_UD-0.4	主桁①	0.043	18.770	2	205	0.01
		主桁②	0.150	13.759	2	205	0.01
		斜材	0.388	42.278	10	205	0.05
		横桁	0.594	1.111	2	205	0.01
		ブレース	-	3.049	6	205	0.03
		縦桁	0.253	31.804	7	205	0.04
3	津波時NS-1.0_UD+0.4	主桁①	0.139	37.219	4	205	0.02
		主桁②	0.427	29.842	3	205	0.02
		斜材	0.401	45.165	10	205	0.05
		横桁	0.490	1.460	1	205	0.01
		ブレース	-	3.211	6	205	0.03
		縦桁	0.261	33.505	7	205	0.04
4	津波時NS-1.0_UD-0.4	主桁①	0.133	35.335	4	205	0.02
		主桁②	0.409	28.300	3	205	0.02
		斜材	0.371	42.525	10	205	0.05
		横桁	0.470	1.360	1	205	0.01
		ブレース	-	3.011	6	205	0.03
		縦桁	0.242	30.078	7	205	0.04
5	津波時NS+0.4_UD+1.0	主桁①	0.081	24.895	3	205	0.02
		主桁②	0.260	19.035	2	205	0.01
		斜材	0.435	47.004	11	205	0.06
		横桁	0.467	1.360	1	205	0.01
		ブレース	-	3.412	6	205	0.03
		縦桁	0.284	37.283	8	205	0.04
6	津波時NS+0.4_UD-1.0	主桁①	0.066	20.185	3	205	0.02
		主桁②	0.214	15.178	2	205	0.01
		斜材	0.360	40.372	9	205	0.05
		横桁	0.412	1.111	1	205	0.01
		ブレース	-	2.887	5	205	0.03
		縦桁	0.235	28.716	6	205	0.03
7	津波時NS-0.4_UD+1.0	主桁①	0.116	31.521	4	205	0.02
		主桁②	0.364	24.851	3	205	0.02
		斜材	0.429	47.072	11	205	0.06
		横桁	0.433	1.459	1	205	0.01
		ブレース	-	3.373	6	205	0.03
		縦桁	0.279	36.593	8	205	0.04
8	津波時NS-0.4_UD-1.0	主桁①	0.101	26.811	3	205	0.02
		主桁②	0.317	20.994	2	205	0.01
		斜材	0.353	40.471	9	205	0.05
		横桁	0.365	1.211	1	205	0.01
		ブレース	-	2.872	5	205	0.03
		縦桁	0.230	28.025	6	205	0.03

表 6-3 曲げおよび軸力に関する応力評価結果 (鋼製ブラケット 弱軸方向) (2/2)

ケースNo.	解析ケース	評価部材	曲げ モーメント (kN・m)	軸力 (kN)	発生 応力度 $\sigma's$ (N/mm ²)	短期 許容応力度 $\sigma'sa$ (N/mm ²)	照査値 $\sigma's/\sigma'sa$
9	津波時EW+1.0_UD+0.4	主桁①	6.413	34.405	28	205	0.14
		主桁②	15.455	30.496	28	205	0.14
		斜材	1.693	44.955	18	205	0.09
		横桁	9.861	8.985	18	205	0.09
		ブレース	-	4.177	8	205	0.04
		縦桁	1.357	34.630	14	205	0.07
		10	津波時EW+1.0_UD-0.4	主桁①	6.413	32.886	27
主桁②	15.462			28.953	28	205	0.14
斜材	1.679			42.314	18	205	0.09
横桁	9.888			8.983	18	205	0.09
ブレース	-			3.977	7	205	0.04
縦桁	1.346			31.203	14	205	0.07
11	津波時EW-1.0_UD+0.4			主桁①	6.419	33.325	27
		主桁②	15.702	34.288	29	205	0.15
		斜材	1.985	45.129	20	205	0.10
		横桁	10.588	10.238	19	205	0.10
		ブレース	-	3.922	7	205	0.04
		縦桁	1.455	34.106	15	205	0.08
		12	津波時EW-1.0_UD-0.4	主桁①	6.419	31.441	27
主桁②	15.695			33.009	29	205	0.15
斜材	1.961			42.489	19	205	0.10
横桁	10.561			10.185	19	205	0.10
ブレース	-			3.728	7	205	0.04
縦桁	1.435			30.679	14	205	0.07
13	津波時EW+0.4_UD+1.0			主桁①	2.563	26.076	12
		主桁②	6.145	25.112	12	205	0.06
		斜材	0.759	46.987	13	205	0.07
		横桁	3.843	4.158	7	205	0.04
		ブレース	-	3.759	7	205	0.04
		縦桁	0.648	37.043	10	205	0.05
		14	津波時EW+0.4_UD-1.0	主桁①	2.563	22.280	12
主桁②	6.143			21.255	12	205	0.06
斜材	0.733			40.386	11	205	0.06
横桁	3.792			3.988	7	205	0.04
ブレース	-			3.259	6	205	0.03
縦桁	0.621			28.475	9	205	0.05
15	津波時EW-0.4_UD+1.0			主桁①	2.569	29.963	13
		主桁②	6.360	22.948	13	205	0.07
		斜材	0.956	47.057	14	205	0.07
		横桁	4.474	4.634	8	205	0.04
		ブレース	-	3.536	7	205	0.04
		縦桁	0.757	36.833	11	205	0.06
		16	津波時EW-0.4_UD-1.0	主桁①	2.570	25.254	12
主桁②	6.342			19.752	12	205	0.06
斜材	0.897			40.456	12	205	0.06
横桁	4.406			4.433	8	205	0.04
ブレース	-			3.049	6	205	0.03
縦桁	0.708			28.266	9	205	0.05
最大値				主桁①	6.413	34.405	28
		主桁②	15.702	34.288	29	205	0.15
		斜材	1.985	45.129	20	205	0.10
		横桁	10.588	10.238	19	205	0.10
		ブレース	0.272	35.231	8	205	0.04
		縦桁	1.455	34.106	15	205	0.08

表 6-4 せん断に関する応力評価結果 (鋼製ブラケット 弱軸方向) (1/2)

ケースNo.	解析ケース	評価部材	せん断力 (kN)	発生 応力度 τ (N/mm ²)	短期 許容応力度 τ_a (N/mm ²)	照査値 τ / τ_a
1	津波時NS+1.0_UD+0.4	主桁①	0.036	1	118	0.01
		主桁②	0.122	1	118	0.01
		斜材	0.796	1	118	0.01
		横桁	2.112	1	118	0.01
		縦桁	0.550	1	118	0.01
2	津波時NS+1.0_UD-0.4	主桁①	0.033	1	118	0.01
		主桁②	0.109	1	118	0.01
		斜材	0.732	1	118	0.01
		横桁	2.078	1	118	0.01
3	津波時NS-1.0_UD+0.4	縦桁	0.510	1	118	0.01
		主桁①	0.109	1	118	0.01
		主桁②	0.333	1	118	0.01
		斜材	0.752	1	118	0.01
4	津波時NS-1.0_UD-0.4	横桁	2.064	1	118	0.01
		縦桁	0.528	1	118	0.01
		主桁①	0.104	1	118	0.01
		主桁②	0.319	1	118	0.01
5	津波時NS+0.4_UD+1.0	斜材	0.688	1	118	0.01
		横桁	2.030	1	118	0.01
		縦桁	0.488	1	118	0.01
		主桁①	0.061	1	118	0.01
6	津波時NS+0.4_UD-1.0	主桁②	0.196	1	118	0.01
		斜材	0.831	1	118	0.01
		横桁	1.498	1	118	0.01
		縦桁	0.573	1	118	0.01
7	津波時NS-0.4_UD+1.0	主桁①	0.050	1	118	0.01
		主桁②	0.161	1	118	0.01
		斜材	0.670	1	118	0.01
		横桁	1.288	1	118	0.01
8	津波時NS-0.4_UD-1.0	縦桁	0.474	1	118	0.01
		主桁①	0.090	1	118	0.01
		主桁②	0.280	1	118	0.01
		斜材	0.813	1	118	0.01
		横桁	1.551	1	118	0.01
		縦桁	0.564	1	118	0.01
		主桁①	0.079	1	118	0.01
		主桁②	0.246	1	118	0.01
		斜材	0.653	1	118	0.01
		横桁	1.342	1	118	0.01
		縦桁	0.465	1	118	0.01

表 6-4 せん断に関する応力評価結果（鋼製ブラケット 弱軸方向）（2/2）

ケースNo.	解析ケース	評価部材	せん断力 (kN)	発生 応力度 τ (N/mm ²)	短期 許容応力度 τ_a (N/mm ²)	照査値 τ / τ_a
9	津波時EW+1.0_UD+0.4	主桁①	9.044	2	118	0.02
		主桁②	16.687	2	118	0.02
		斜材	2.458	1	118	0.01
		横桁	18.220	2	118	0.02
		縦桁	3.978	1	118	0.01
10	津波時EW+1.0_UD-0.4	主桁①	9.043	2	118	0.02
		主桁②	16.683	2	118	0.02
		斜材	2.419	1	118	0.01
		横桁	18.304	2	118	0.02
		縦桁	3.975	1	118	0.01
11	津波時EW-1.0_UD+0.4	主桁①	9.035	2	118	0.02
		主桁②	17.090	2	118	0.02
		斜材	2.765	1	118	0.01
		横桁	20.480	2	118	0.02
		縦桁	4.150	1	118	0.01
12	津波時EW-1.0_UD-0.4	主桁①	9.036	2	118	0.02
		主桁②	17.077	2	118	0.02
		斜材	2.701	1	118	0.01
		横桁	20.396	2	118	0.02
		縦桁	4.143	1	118	0.01
13	津波時EW+0.4_UD+1.0	主桁①	3.621	1	118	0.01
		主桁②	6.726	1	118	0.01
		斜材	1.269	1	118	0.01
		横桁	6.547	1	118	0.01
		縦桁	1.696	1	118	0.01
14	津波時EW+0.4_UD-1.0	主桁①	3.619	1	118	0.01
		主桁②	6.717	1	118	0.01
		斜材	1.170	1	118	0.01
		横桁	6.757	1	118	0.01
		縦桁	1.641	1	118	0.01
15	津波時EW-0.4_UD+1.0	主桁①	3.611	1	118	0.01
		主桁②	6.983	1	118	0.01
		斜材	1.619	1	118	0.01
		横桁	8.933	1	118	0.01
		縦桁	1.941	1	118	0.01
16	津波時EW-0.4_UD-1.0	主桁①	3.613	1	118	0.01
		主桁②	6.949	1	118	0.01
		斜材	1.458	1	118	0.01
		横桁	8.723	1	118	0.01
		縦桁	1.842	1	118	0.01
最大値		主桁①	9.044	2	118	0.02
		主桁②	17.090	2	118	0.02
		斜材	2.765	1	118	0.01
		横桁	20.480	2	118	0.02
		縦桁	4.150	1	118	0.01

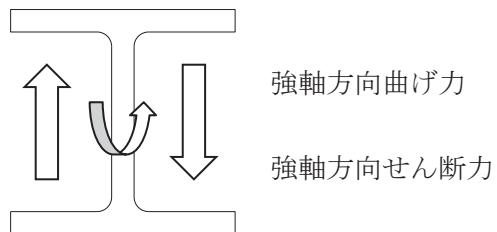
表 6-5 組合せ応力に関する応力評価結果（鋼製ブラケット 弱軸方向）

	評価部材	発生 応力度 σ', s (N/mm ²)	発生 応力度 τ (N/mm ²)	組合せ 応力度 σ', s (N/mm ²)	短期 許容応力度 σ', sa (N/mm ²)	照査値 $\sigma', s / \sigma', sa$
最大値	主桁①	28	2	29	205	0.15
	主桁②	29	2	30	205	0.15
	斜材	20	1	21	205	0.11
	横桁	19	2	20	205	0.10
	縦桁	15	1	16	205	0.08

表 6-6 応力評価結果 (鋼製ブラケット 強軸方向)

評価対象部位		発生値 (*強軸方向) (応力度又は荷重)		許容限界		検定値
主桁①	曲げ	30	N/mm ²	205	N/mm ²	0.15 < 1.0
	せん断	13	N/mm ²	118	N/mm ²	0.12 < 1.0
	組合せ	38	N/mm ²	205	N/mm ²	0.19 < 1.0
主桁②	曲げ	18	N/mm ²	205	N/mm ²	0.09 < 1.0
	せん断	11	N/mm ²	118	N/mm ²	0.10 < 1.0
	組合せ	27	N/mm ²	205	N/mm ²	0.14 < 1.0
斜材	曲げ	15	N/mm ²	205	N/mm ²	0.08 < 1.0
	せん断	3	N/mm ²	118	N/mm ²	0.03 < 1.0
	組合せ	16	N/mm ²	205	N/mm ²	0.08 < 1.0
横桁	曲げ	5	N/mm ²	205	N/mm ²	0.03 < 1.0
	せん断	5	N/mm ²	118	N/mm ²	0.05 < 1.0
	組合せ	10	N/mm ²	205	N/mm ²	0.05 < 1.0
ブレース材	軸力	8	N/mm ²	205	N/mm ²	0.04 < 1.0
縦桁	曲げ	12	N/mm ²	205	N/mm ²	0.06 < 1.0
	せん断	9	N/mm ²	118	N/mm ²	0.08 < 1.0
	組合せ	20	N/mm ²	205	N/mm ²	0.10 < 1.0

注記* : H鋼の強軸について



ブレース材には等辺山形鋼を用いているため強軸、弱軸はなく断面剛性は一樣

表 6-7 曲げおよび軸力に関する応力評価結果（鋼製ブラケット 強軸方向）（1/2）

ケースNo.	解析ケース	評価部材	曲げ モーメント (kN・m)	軸力 (kN)	発生 応力度 $\sigma's$ (N/mm ²)	短期 許容応力度 $\sigma'sa$ (N/mm ²)	照査値 $\sigma's/\sigma'sa$
1	津波時NS+1.0_UD+0.4	主桁①	17.727	20.654	27	205	0.14
		主桁②	15.187	15.302	16	205	0.08
		斜材	3.272	45.366	15	205	0.08
		横桁	3.317	1.210	4	205	0.02
		ブレース	-	3.303	6	205	0.03
		縦桁	1.587	35.231	9	205	0.05
2	津波時NS+1.0_UD-0.4	主桁①	16.719	18.770	25	205	0.13
		主桁②	14.193	13.759	15	205	0.08
		斜材	3.432	42.278	14	205	0.07
		横桁	3.129	1.111	4	205	0.02
		ブレース	-	3.049	6	205	0.03
		縦桁	2.009	31.804	10	205	0.05
3	津波時NS-1.0_UD+0.4	主桁①	18.746	37.219	30	205	0.15
		主桁②	16.188	29.842	18	205	0.09
		斜材	2.294	45.165	12	205	0.06
		横桁	3.355	1.460	4	205	0.02
		ブレース	-	3.211	6	205	0.03
		縦桁	2.935	33.505	12	205	0.06
4	津波時NS-1.0_UD-0.4	主桁①	17.738	35.335	28	205	0.14
		主桁②	15.194	28.300	17	205	0.09
		斜材	1.855	42.525	11	205	0.06
		横桁	3.167	1.360	4	205	0.02
		ブレース	-	3.011	6	205	0.03
		縦桁	2.440	30.078	10	205	0.05
5	津波時NS+0.4_UD+1.0	主桁①	18.789	24.895	29	205	0.15
		主桁②	16.233	19.035	17	205	0.09
		斜材	2.666	47.004	14	205	0.07
		横桁	3.470	1.360	4	205	0.02
		ブレース	-	3.412	6	205	0.03
		縦桁	0.706	37.283	8	205	0.04
6	津波時NS+0.4_UD-1.0	主桁①	16.268	20.185	25	205	0.13
		主桁②	13.748	15.178	15	205	0.08
		斜材	3.065	40.372	13	205	0.07
		横桁	3.000	1.111	3	205	0.02
		ブレース	-	2.887	5	205	0.03
		縦桁	1.340	28.716	8	205	0.04
7	津波時NS-0.4_UD+1.0	主桁①	19.197	31.521	30	205	0.15
		主桁②	16.633	24.851	18	205	0.09
		斜材	2.017	47.072	12	205	0.06
		横桁	3.485	1.459	4	205	0.02
		ブレース	-	3.373	6	205	0.03
		縦桁	2.134	36.593	11	205	0.06
8	津波時NS-0.4_UD-1.0	主桁①	16.676	26.811	26	205	0.13
		主桁②	14.148	20.994	15	205	0.08
		斜材	2.417	40.471	12	205	0.06
		横桁	3.015	1.211	3	205	0.02
		ブレース	-	2.872	5	205	0.03
		縦桁	0.897	28.025	7	205	0.04

表 6-7 曲げおよび軸力に関する応力評価結果 (鋼製ブラケット 強軸方向) (2/2)

ケースNo.	解析ケース	評価部材	曲げ モーメント (kN・m)	軸力 (kN)	発生 応力度 $\sigma's$ (N/mm ²)	短期 許容応力度 $\sigma'sa$ (N/mm ²)	照査値 $\sigma's/\sigma'sa$
9	津波時EW+1.0_UD+0.4	主桁①	18.195	34.405	29	205	0.15
		主桁②	15.903	30.496	18	205	0.09
		斜材	2.460	44.955	13	205	0.07
		横桁	3.174	8.985	4	205	0.02
		ブレース	-	4.177	8	205	0.04
		縦桁	0.966	34.630	8	205	0.04
		10	津波時EW+1.0_UD-0.4	主桁①	17.186	32.886	27
主桁②	14.909			28.953	17	205	0.09
斜材	2.620			42.314	13	205	0.07
横桁	3.052			8.983	4	205	0.02
ブレース	-			3.977	7	205	0.04
縦桁	0.472			31.203	6	205	0.03
11	津波時EW-1.0_UD+0.4			主桁①	18.279	33.325	29
		主桁②	15.472	34.288	18	205	0.09
		斜材	2.463	45.129	13	205	0.07
		横桁	3.953	10.238	5	205	0.03
		ブレース	-	3.922	7	205	0.04
		縦桁	0.996	34.106	8	205	0.04
		12	津波時EW-1.0_UD-0.4	主桁①	17.270	31.441	27
主桁②	14.478			33.009	17	205	0.09
斜材	2.622			42.489	13	205	0.07
横桁	3.793			10.185	5	205	0.03
ブレース	-			3.728	7	205	0.04
縦桁	0.501			30.679	6	205	0.03
13	津波時EW+0.4_UD+1.0			主桁①	18.976	26.076	29
		主桁②	16.519	25.112	18	205	0.09
		斜材	2.341	46.987	13	205	0.07
		横桁	3.259	4.158	4	205	0.02
		ブレース	-	3.759	7	205	0.04
		縦桁	1.346	37.043	9	205	0.05
		14	津波時EW+0.4_UD-1.0	主桁①	16.455	22.280	25
主桁②	14.034			21.255	15	205	0.08
斜材	2.740			40.386	13	205	0.07
横桁	2.789			3.988	3	205	0.02
ブレース	-			3.259	6	205	0.03
縦桁	0.691			28.475	6	205	0.03
15	津波時EW-0.4_UD+1.0			主桁①	19.010	29.963	30
		主桁②	16.347	22.948	18	205	0.09
		斜材	2.342	47.057	13	205	0.07
		横桁	3.695	4.634	4	205	0.02
		ブレース	-	3.536	7	205	0.04
		縦桁	1.358	36.833	9	205	0.05
		16	津波時EW-0.4_UD-1.0	主桁①	16.488	25.254	26
主桁②	13.862			19.752	15	205	0.08
斜材	2.741			40.456	13	205	0.07
横桁	3.225			4.433	4	205	0.02
ブレース	-			3.049	6	205	0.03
縦桁	0.672			28.266	6	205	0.03
最大値				主桁①	18.746	37.219	30
		主桁②	16.188	29.842	18	205	0.09
		斜材	3.272	45.366	15	205	0.08
		横桁	-	2.887	5	205	0.03
		ブレース	0.706	37.283	8	205	0.04
		縦桁	2.294	45.165	12	205	0.06

表 6-8 せん断に関する応力評価結果（鋼製ブラケット 強軸方向）（1/2）

ケースNo.	解析ケース	評価部材	せん断力 (kN)	発生 応力度 τ (N/mm ²)	短期 許容応力度 τ_a (N/mm ²)	照査値 τ / τ_a
1	津波時NS+1.0_UD+0.4	主桁①	38.803	13	118	0.12
		主桁②	32.163	11	118	0.10
		斜材	2.987	3	118	0.03
		横桁	11.909	4	118	0.04
		縦桁	5.999	5	118	0.05
2	津波時NS+1.0_UD-0.4	主桁①	37.069	12	118	0.11
		主桁②	30.463	10	118	0.09
		斜材	3.411	3	118	0.03
		横桁	11.367	4	118	0.04
3	津波時NS-1.0_UD+0.4	縦桁	7.487	6	118	0.06
		主桁①	40.376	13	118	0.12
		主桁②	33.753	11	118	0.10
		斜材	1.986	2	118	0.02
4	津波時NS-1.0_UD-0.4	横桁	11.993	4	118	0.04
		縦桁	11.337	9	118	0.08
		主桁①	38.642	13	118	0.12
		主桁②	32.052	11	118	0.10
5	津波時NS+0.4_UD+1.0	斜材	1.471	2	118	0.02
		横桁	11.452	4	118	0.04
		縦桁	9.594	7	118	0.06
		主桁①	40.575	13	118	0.12
6	津波時NS+0.4_UD-1.0	主桁②	33.915	11	118	0.10
		斜材	1.712	2	118	0.02
		横桁	12.340	4	118	0.04
		縦桁	2.714	2	118	0.02
7	津波時NS-0.4_UD+1.0	主桁①	36.240	12	118	0.11
		主桁②	29.664	10	118	0.09
		斜材	2.773	2	118	0.02
		横桁	10.986	4	118	0.04
		縦桁	4.844	4	118	0.04
8	津波時NS-0.4_UD-1.0	主桁①	41.205	13	118	0.12
		主桁②	34.551	11	118	0.10
		斜材	1.346	1	118	0.01
		横桁	12.374	4	118	0.04
8	津波時NS-0.4_UD-1.0	縦桁	7.977	6	118	0.06
		主桁①	36.870	12	118	0.11
		主桁②	30.300	10	118	0.09
		斜材	1.497	2	118	0.02
8	津波時NS-0.4_UD-1.0	横桁	11.020	4	118	0.04
		縦桁	3.617	3	118	0.03

表 6-8 せん断に関する応力評価結果 (鋼製ブラケット 強軸方向) (2/2)

ケースNo.	解析ケース	評価部材	せん断力 (kN)	発生 応力度 τ (N/mm ²)	短期 許容応力度 τ_a (N/mm ²)	照査値 τ / τ_a
9	津波時EW+1.0_UD+0.4	主桁①	39.564	13	118	0.12
		主桁②	33.139	11	118	0.10
		斜材	1.389	1	118	0.01
		横桁	13.623	5	118	0.05
		縦桁	3.505	3	118	0.03
10	津波時EW+1.0_UD-0.4	主桁①	37.830	12	118	0.11
		主桁②	31.438	10	118	0.09
		斜材	1.813	2	118	0.02
		横桁	13.082	5	118	0.05
		縦桁	1.761	2	118	0.02
11	津波時EW-1.0_UD+0.4	主桁①	39.615	13	118	0.12
		主桁②	32.777	11	118	0.10
		斜材	1.396	1	118	0.01
		横桁	12.970	5	118	0.05
		縦桁	3.608	3	118	0.03
12	津波時EW-1.0_UD-0.4	主桁①	37.881	12	118	0.11
		主桁②	31.077	10	118	0.09
		斜材	1.820	2	118	0.02
		横桁	12.312	4	118	0.04
		縦桁	1.864	2	118	0.02
13	津波時EW+0.4_UD+1.0	主桁①	40.880	13	118	0.12
		主桁②	34.306	11	118	0.10
		斜材	1.073	1	118	0.01
		横桁	13.026	5	118	0.05
		縦桁	4.844	4	118	0.04
14	津波時EW+0.4_UD-1.0	主桁①	36.545	12	118	0.11
		主桁②	30.054	10	118	0.09
		斜材	2.134	2	118	0.02
		横桁	11.672	4	118	0.04
		縦桁	2.373	2	118	0.02
15	津波時EW-0.4_UD+1.0	主桁①	40.900	13	118	0.12
		主桁②	34.161	11	118	0.10
		斜材	1.076	1	118	0.01
		横桁	12.461	4	118	0.04
		縦桁	4.885	4	118	0.04
16	津波時EW-0.4_UD-1.0	主桁①	36.565	12	118	0.11
		主桁②	29.910	10	118	0.09
		斜材	2.136	2	118	0.02
		横桁	10.815	4	118	0.04
		縦桁	2.305	2	118	0.02
最大値		主桁①	41.205	13	118	0.12
		主桁②	34.551	11	118	0.10
		斜材	3.411	3	118	0.03
		横桁	13.623	5	118	0.05
		縦桁	11.337	9	118	0.08

表 6-9 組合せ応力に関する応力評価結果 (鋼製ブラケット 強軸方向)

	評価部材	発生 応力度 σ', s (N/mm ²)	発生 応力度 τ (N/mm ²)	組合せ 応力度 σ', s (N/mm ²)	短期 許容応力度 σ', sa (N/mm ²)	照査値 $\sigma', s / \sigma', sa$
最大値	主桁①	30	13	38	205	0.19
	主桁②	18	11	27	205	0.14
	斜材	15	3	16	205	0.08
	横桁	5	5	10	205	0.05
	縦桁	12	9	20	205	0.10

表 6-10 応力評価結果 (固定ボルト)

評価対象部位		発生値 (応力度又は荷重)		許容限界		検定値
固定ボルト①	引張	10.2	kN	50.2	kN	0.21 < 1.0
	せん断	9.3	kN	35.1	kN	0.27 < 1.0
	組合せ	—		—		0.12 < 1.0
固定ボルト②	引張	29.1	kN	37.8	kN	0.77 < 1.0
	せん断	5.0	kN	18.4	kN	0.28 < 1.0
	組合せ	—		—		0.67 < 1.0

表 6-11 固定ボルトに関する評価結果 (引張) (1/2)

ケースNo.	解析ケース	固定ボルト① (上部)					
		発生作用力 引張			許容限界 引張 Tda	照査値 Td/Tda	検定値
		Rn/本	Rm/本	Td			
1	津波時NS+1.0_UD+0.4	-	3.97	4.0	50.2	0.08	1.0
2	津波時NS+1.0_UD-0.4	-	5.03	5.1	50.2	0.11	1.0
3	津波時NS-1.0_UD+0.4	2.84	7.34	10.2	50.2	0.21	1.0
4	津波時NS-1.0_UD-0.4	2.40	6.10	8.5	50.2	0.17	1.0
5	津波時NS+0.4_UD+1.0	0.44	1.43	1.9	50.2	0.04	1.0
6	津波時NS+0.4_UD-1.0	-	3.35	3.4	50.2	0.07	1.0
7	津波時NS-0.4_UD+1.0	2.00	5.34	7.4	50.2	0.15	1.0
8	津波時NS-0.4_UD-1.0	0.91	2.25	3.2	50.2	0.07	1.0
9	津波時EW+1.0_UD+0.4	0.88	2.42	3.3	50.2	0.07	1.0
10	津波時EW+1.0_UD-0.4	0.45	1.18	1.7	50.2	0.04	1.0
11	津波時EW-1.0_UD+0.4	0.91	2.49	3.4	50.2	0.07	1.0
12	津波時EW-1.0_UD-0.4	0.47	1.26	1.8	50.2	0.04	1.0
13	津波時EW+0.4_UD+1.0	1.22	3.37	4.6	50.2	0.10	1.0
14	津波時EW+0.4_UD-1.0	-	1.73	1.8	50.2	0.04	1.0
15	津波時EW-0.4_UD+1.0	1.23	3.40	4.7	50.2	0.10	1.0
16	津波時EW-0.4_UD-1.0	-	1.68	1.7	50.2	0.04	1.0
	最大値	2.84	7.34	10.2	50.2	0.21	1.0

表 6-11 固定ボルトに関する評価結果 (引張) (2/2)

ケースNo.	解析ケース	固定ボルト② (下部)					
		発生作用力 引張			許容限界 引張 Tda	照査値 Td/Tda	検定値
		Rn/本	Rm/本	Td			
1	津波時NS+1.0_UD+0.4	4.67	22.16	26.9	37.8	0.72	1.0
2	津波時NS+1.0_UD-0.4	4.30	20.90	25.2	37.8	0.67	1.0
3	津波時NS-1.0_UD+0.4	4.87	23.44	28.4	37.8	0.76	1.0
4	津波時NS-1.0_UD-0.4	4.50	22.18	26.7	37.8	0.71	1.0
5	津波時NS+0.4_UD+1.0	5.01	23.49	28.5	37.8	0.76	1.0
6	津波時NS+0.4_UD-1.0	4.09	20.34	24.5	37.8	0.65	1.0
7	津波時NS-0.4_UD+1.0	5.09	24.00	29.1	37.8	0.77	1.0
8	津波時NS-0.4_UD-1.0	4.17	20.85	25.1	37.8	0.67	1.0
9	津波時EW+1.0_UD+0.4	4.77	22.75	27.6	37.8	0.74	1.0
10	津波時EW+1.0_UD-0.4	4.40	21.49	25.9	37.8	0.69	1.0
11	津波時EW-1.0_UD+0.4	4.78	22.85	27.7	37.8	0.74	1.0
12	津波時EW-1.0_UD-0.4	4.41	21.59	26.0	37.8	0.69	1.0
13	津波時EW+0.4_UD+1.0	5.05	23.72	28.8	37.8	0.77	1.0
14	津波時EW+0.4_UD-1.0	4.13	20.57	24.7	37.8	0.66	1.0
15	津波時EW-0.4_UD+1.0	5.05	23.77	28.9	37.8	0.77	1.0
16	津波時EW-0.4_UD-1.0	4.13	20.61	24.8	37.8	0.66	1.0
	最大値	5.09	24.00	29.1	37.8	0.77	1.0

表 6-12 固定ボルトに関する評価結果（せん断）（1/2）

ケースNo.	解析ケース	固定ボルト①（上部）			
		発生作用力 せん断 q	許容限界 せん断 qa	照査値 q/qa	検定値
1	津波時NS+1.0_UD+0.4	8.6	35.1	0.25	1.0
2	津波時NS+1.0_UD-0.4	7.5	35.1	0.22	1.0
3	津波時NS-1.0_UD+0.4	8.2	35.1	0.24	1.0
4	津波時NS-1.0_UD-0.4	7.1	35.1	0.21	1.0
5	津波時NS+0.4_UD+1.0	9.3	35.1	0.27	1.0
6	津波時NS+0.4_UD-1.0	6.6	35.1	0.19	1.0
7	津波時NS-0.4_UD+1.0	9.1	35.1	0.26	1.0
8	津波時NS-0.4_UD-1.0	6.4	35.1	0.19	1.0
9	津波時EW+1.0_UD+0.4	8.4	35.1	0.24	1.0
10	津波時EW+1.0_UD-0.4	7.4	35.1	0.22	1.0
11	津波時EW-1.0_UD+0.4	8.3	35.1	0.24	1.0
12	津波時EW-1.0_UD-0.4	7.2	35.1	0.21	1.0
13	津波時EW+0.4_UD+1.0	9.2	35.1	0.27	1.0
14	津波時EW+0.4_UD-1.0	6.5	35.1	0.19	1.0
15	津波時EW-0.4_UD+1.0	9.2	35.1	0.27	1.0
16	津波時EW-0.4_UD-1.0	6.5	35.1	0.19	1.0
	最大値	9.3	35.1	0.27	1.0

表 6-12 固定ボルトに関する評価結果（せん断）（2/2）

ケースNo.	解析ケース	固定ボルト②（下部）			
		発生作用力 せん断 q	許容限界 せん断 qa	照査値 q/qa	検定値
1	津波時NS+1.0_UD+0.4	1.4	18.4	0.08	1.0
2	津波時NS+1.0_UD-0.4	1.2	18.4	0.07	1.0
3	津波時NS-1.0_UD+0.4	5.0	18.4	0.28	1.0
4	津波時NS-1.0_UD-0.4	4.8	18.4	0.27	1.0
5	津波時NS+0.4_UD+1.0	2.7	18.4	0.15	1.0
6	津波時NS+0.4_UD-1.0	2.1	18.4	0.12	1.0
7	津波時NS-0.4_UD+1.0	4.1	18.4	0.23	1.0
8	津波時NS-0.4_UD-1.0	3.5	18.4	0.20	1.0
9	津波時EW+1.0_UD+0.4	4.4	18.4	0.24	1.0
10	津波時EW+1.0_UD-0.4	4.2	18.4	0.23	1.0
11	津波時EW-1.0_UD+0.4	4.3	18.4	0.24	1.0
12	津波時EW-1.0_UD-0.4	4.2	18.4	0.23	1.0
13	津波時EW+0.4_UD+1.0	3.3	18.4	0.18	1.0
14	津波時EW+0.4_UD-1.0	2.8	18.4	0.16	1.0
15	津波時EW-0.4_UD+1.0	3.8	18.4	0.21	1.0
16	津波時EW-0.4_UD-1.0	3.2	18.4	0.18	1.0
	最大値	5.0	18.4	0.28	1.0

表 6-13 固定ボルトに関する評価結果（組合わせ）（1/2）

	固定ボルト①（上部）			
	発生作用力		組合せ	検定値
	引張 Td	せん断 q		
最大値	10.2	9.3	0.12	1.0

表 6-13 固定ボルトに関する評価結果（組合わせ）（2/2）

	固定ボルト②（下部）			
	発生作用力		組合せ	検定値
	引張 Td	せん断 q		
最大値	29.1	5.0	0.67	1.0

表 6-14 変形性評価結果

評価対象部位		地震時 最大変位量 (mm)		地震時 相対変位量 (mm)	許容限界 (mm)
		第 3 号機海水 熱交換器建屋	第 3 号機補機冷却 海水系放水ピット	評価用 変位量	
止水ジョイント①	開き方向	追而			350
	せん断方向				350
止水ジョイント②	開き方向				350
	せん断方向				350
止水ジョイント③	開き方向				350
	せん断方向				350

(別紙1) 津波によるボーリング対策について

1. 概要

第3号機補機冷却海水系放水ピットは図1-1に示すような構造であり、第3号機海水熱交換器建屋側面に鋼製ブラケットにて固定された浸水防止蓋と第3号機補機冷却海水系放水ピットとの境界部には止水ジョイント(M型ジョイント)を設置することにより止水性を確保する。一方、第3号機補機冷却海水系放水ピットと第3号機海水熱交換器建屋の間については、それぞれ独立した構造であり、両者の間には遊間が存在する。第3号機補機冷却海水系放水ピットの概要図及び遊間の関係について、図1-2～図1-6に示す。この3号機補機冷却海水系放水ピットと第3号機海水熱交換器建屋の遊間に津波が侵入した場合を考慮し、この遊間部に対しても止水ジョイント(M型ジョイント)を設置する。

止水ジョイント(M型ジョイント)については、地中に埋設し止水性を確保することとするが、この場合ボーリングの発生に留意する必要がある。

ボーリングは、図1-7に示すような飽和した地盤において、山留壁前後の水頭差により下流側の地盤に浸透力が作用し、地盤の水中自重と比べて大きくなると浸透破壊する現象であるが、第3号機補機冷却海水系放水ピットが設置される箇所は地下水位低下設備の機能により常時、地震時において地下水位が第3号機補機冷却海水系放水ピット底面よりも低く保たれた状態となっていること、また、津波が第3号機補機冷却海水系放水ピット内に滞留する時間は最大3分程度であること(図1-8に示す第3号放水立坑の滞留時間より)を踏まえると、その間に、内外の水頭差により、第3号機補機冷却海水系放水ピット側部の地盤が飽和し浸透破壊に至る可能性は極めて低いものと推定される。

しかしながら、ここでは、安全側に津波滞水時間内に地盤が飽和した場合を想定し、浸水防止蓋(第3号機補機冷却海水系放水ピット)がボーリングに対し裕度を持っていることを確認する。

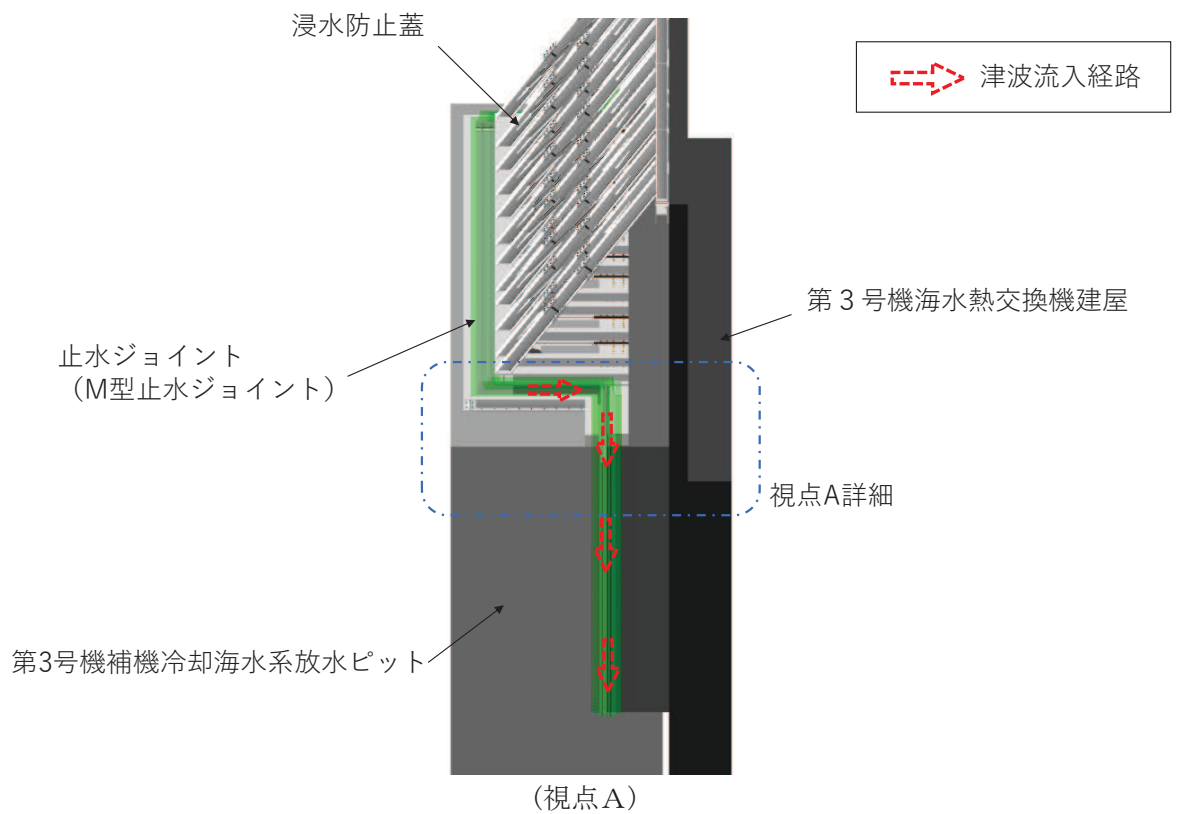
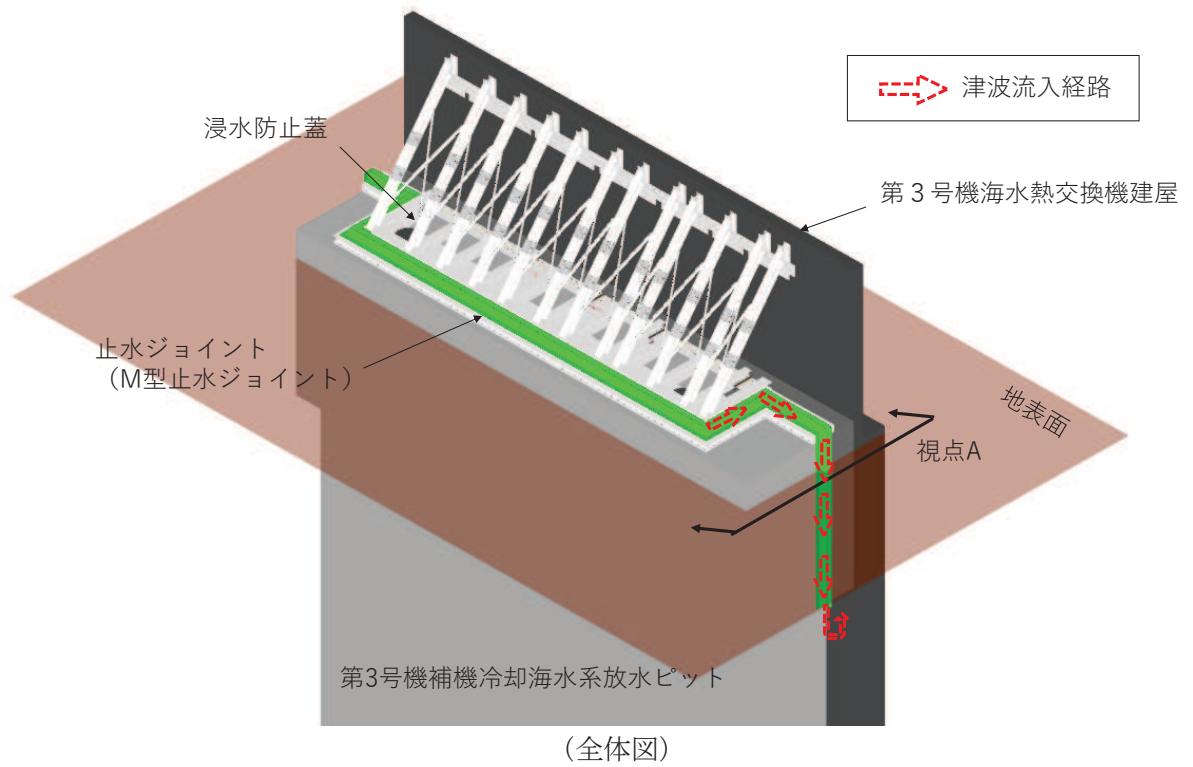
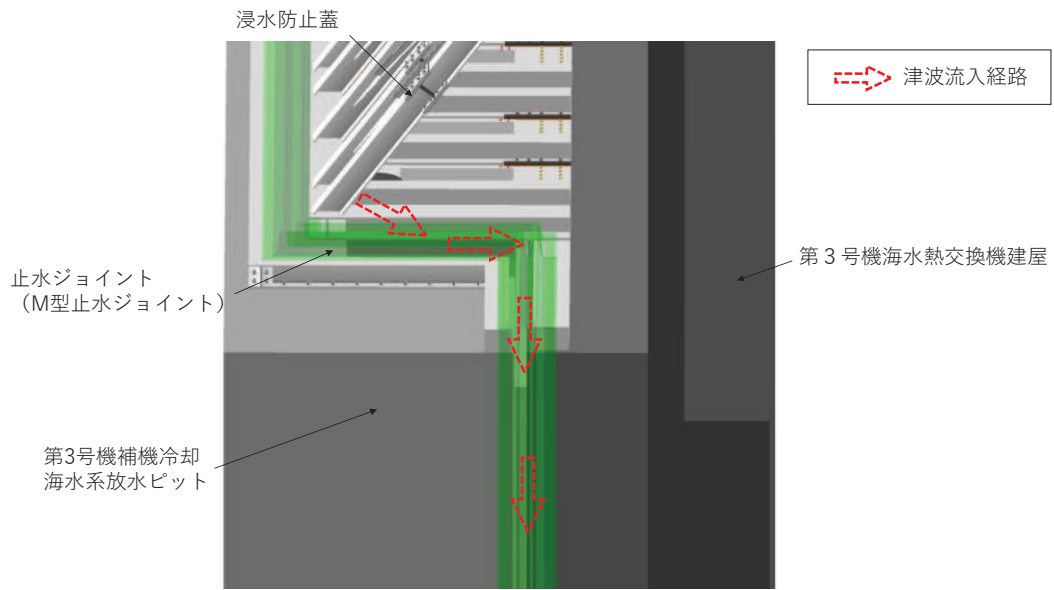


図 1-1(1) 浸水経路概要図



上部(第3号機補機冷却海水系放水ピット-浸水防止蓋間)は止水ジョイントにより止水性が確保されるが、遊間部からの津波の回り込み(ポイリング)が発生する可能性がある。

図 1-1(2) 浸水経路概要図 (視点 A 詳細)

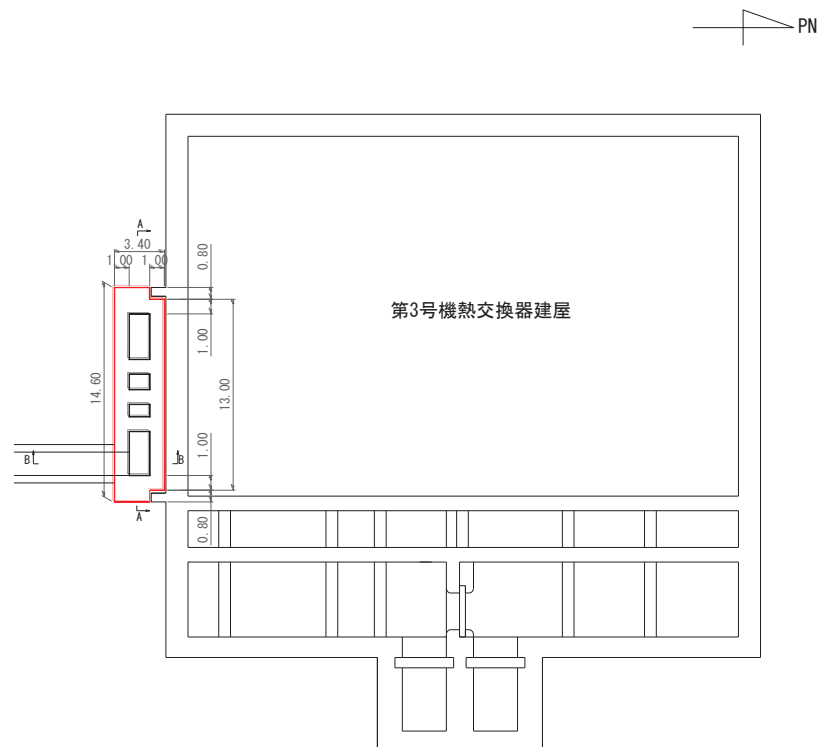


図 1-2 第 3 号機補機冷却海水系放水ピット平面図

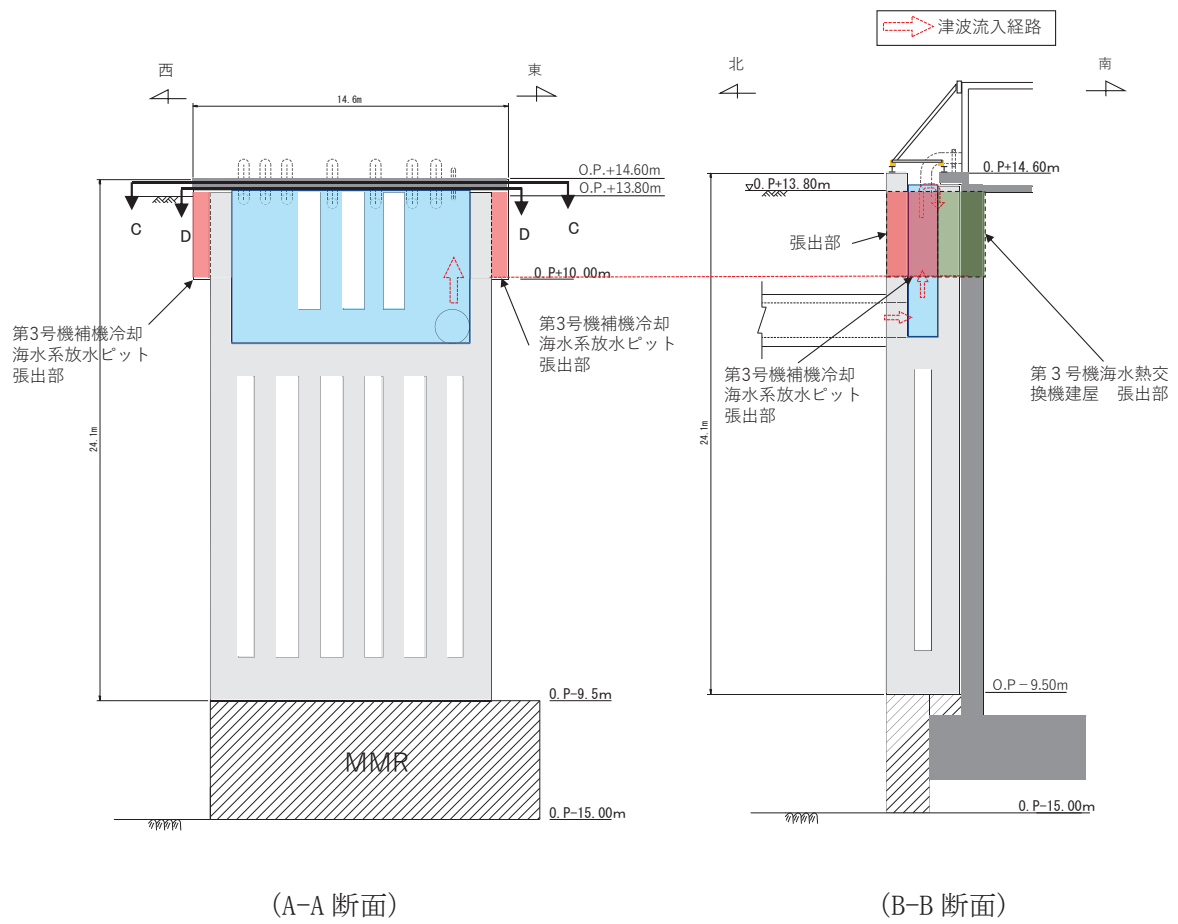


図 1-3 第 3 号機補機冷却海水系放水ピット縦断面図

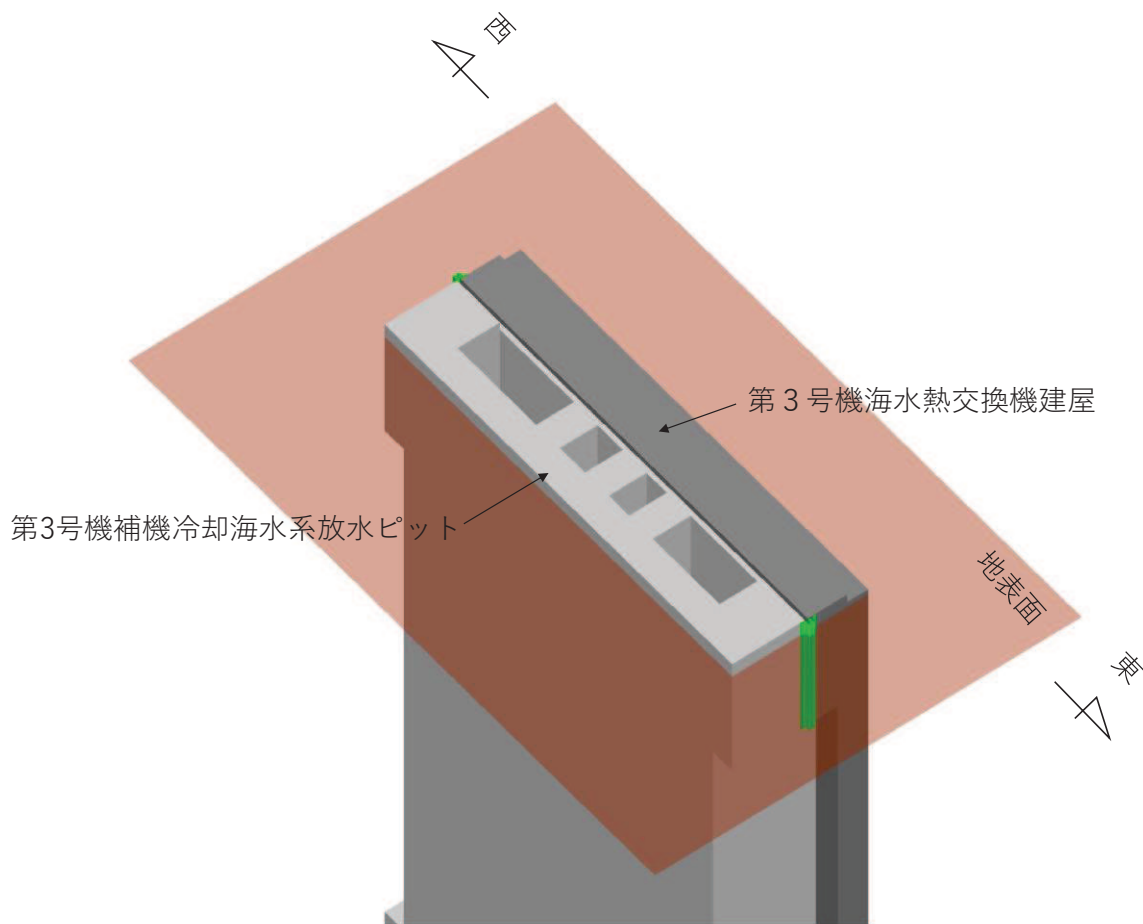
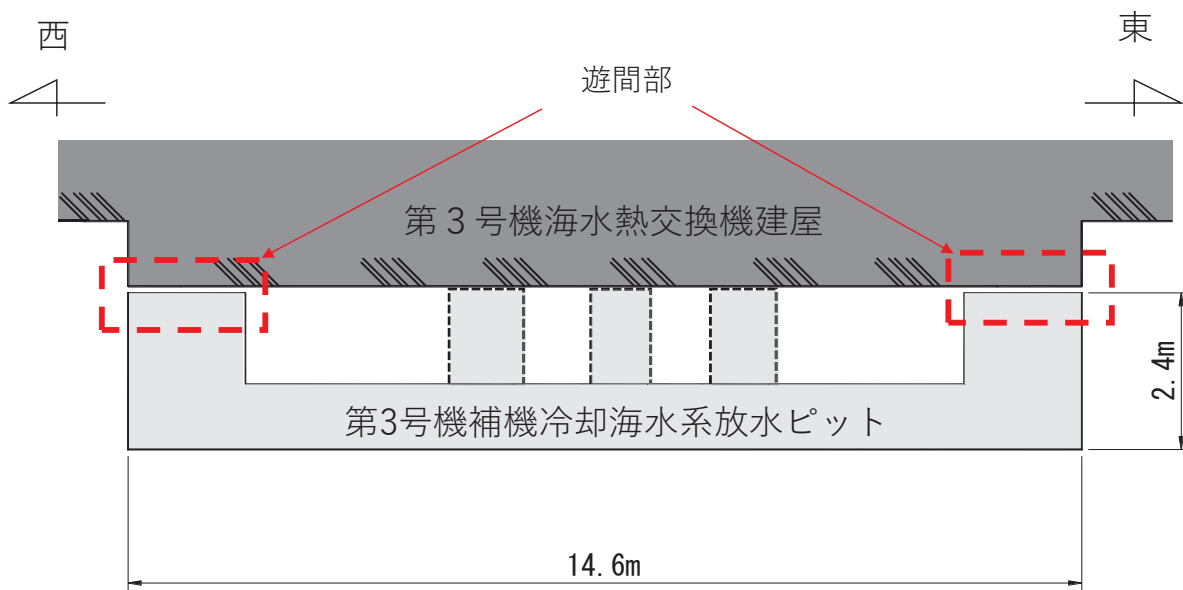
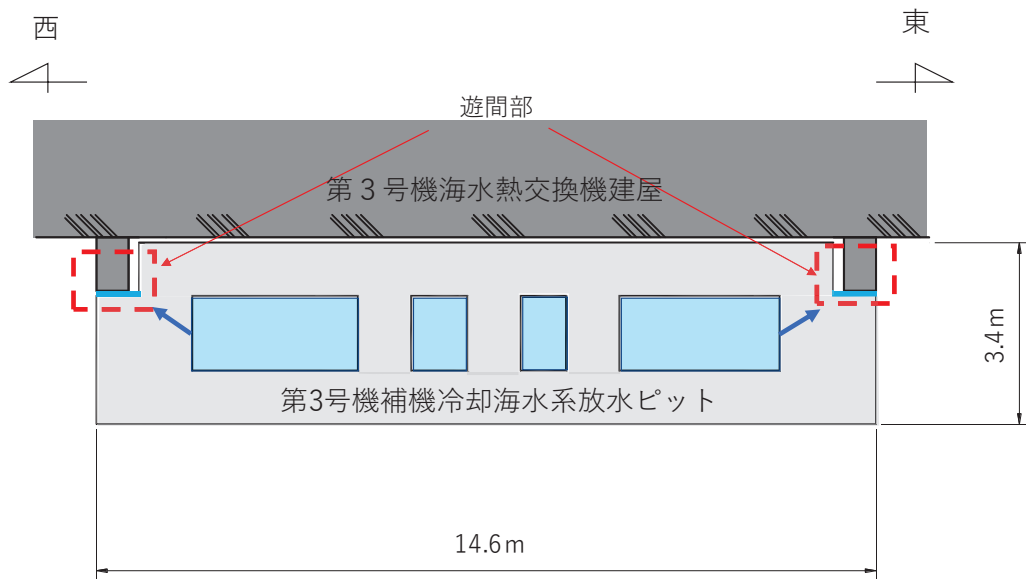
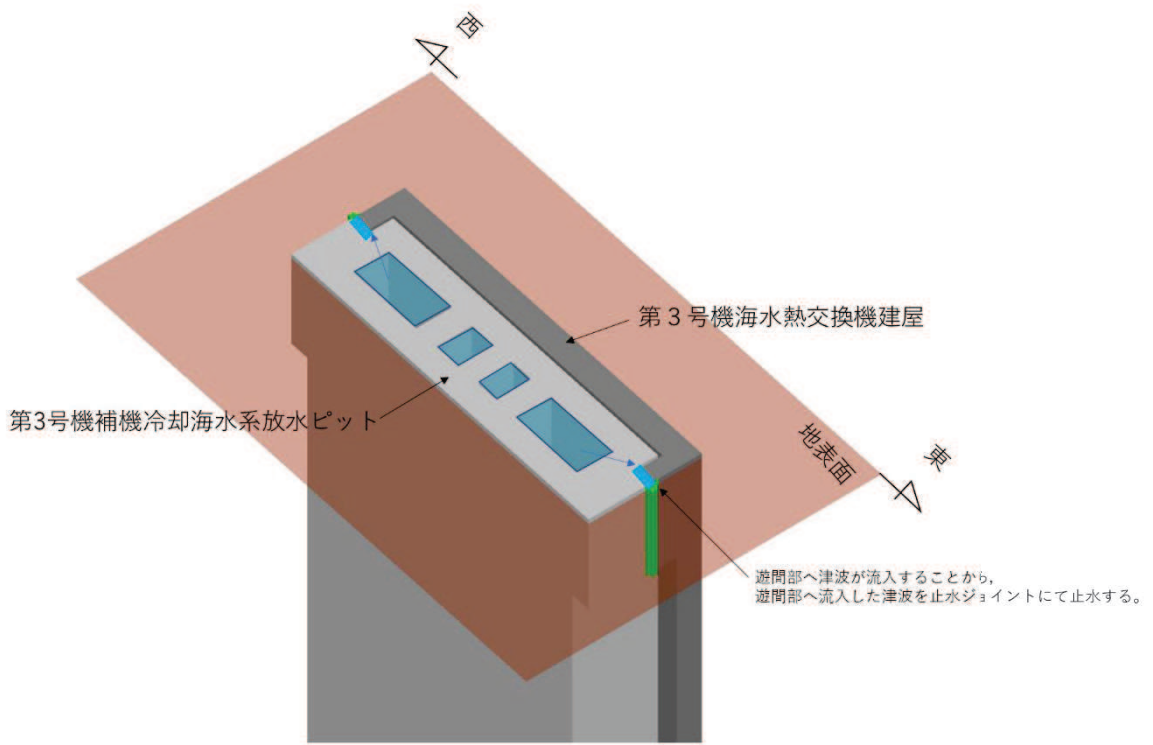


図 1-5 第 3 号機補機冷却海水系放水ピット平面図 (C-C 断面)



遊間部へ津波が流入することから、
遊間部へ流入した津波を止水ジョイントにて止水する。



遊間部へ津波が流入することから、
遊間部へ流入した津波を止水ジョイントにて止水する。

図 1-6 第 3 号機補機冷却海水系放水ピット平面図 (D-D 断面)

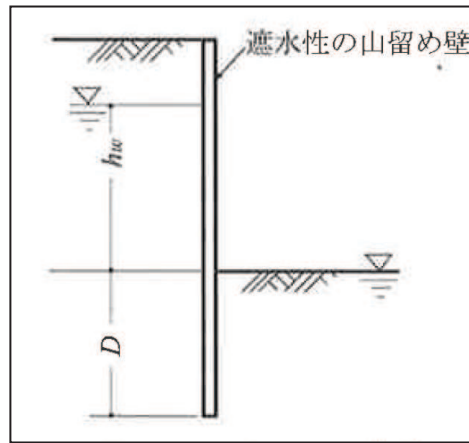


図 1-7 ボイリング概略図

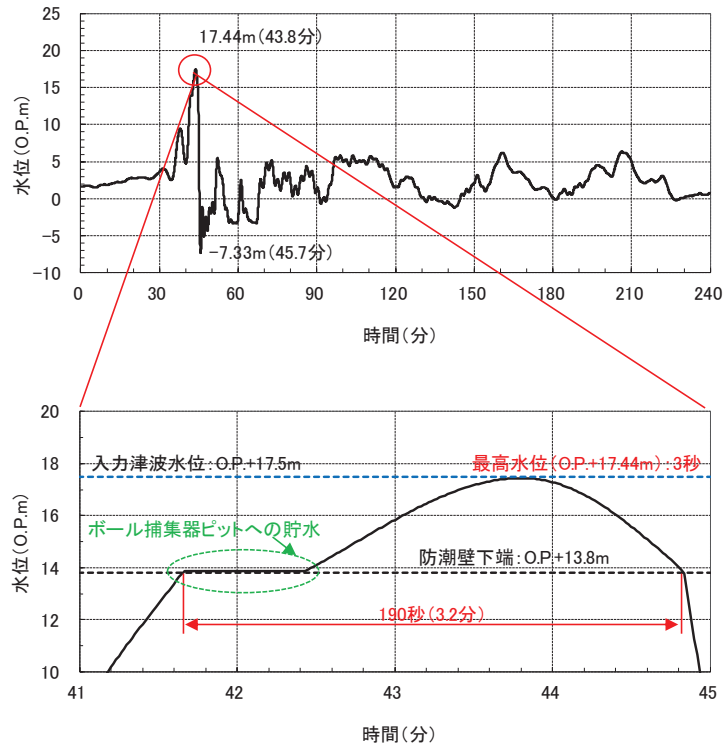


図 1-8 津波滞留時間(第 3 号機放水立坑)

2. ボイリング対策の評価

2.1 基本方針

前述のとおり，浸水防止蓋（第3号機補機冷却海水系放水ピット）は津波時において浸水防止蓋（第3号機補機冷却海水系放水ピット）内部に海水が一時的に貯留されるため，その水頭差の影響により第3号機補機冷却海水系放水ピット側部の地盤に津波が浸透することを想定しボイリングの影響について検討する。

2.2 評価方法

ボイリングの評価においては，「山留め設計指針 平成29年（日本建築学会）」に示されている式を用いて行った。（Terzaghiの方法）。ボイリングに対する安全性検討式（日本建築学会）を図2-1に示す。また，安全率は1.2以上を確保することが示されている。

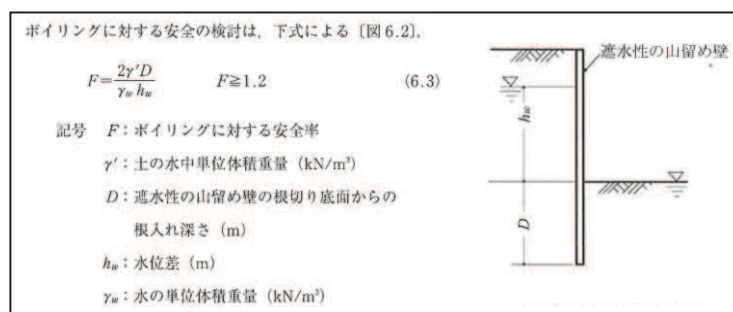


図2-1 ボイリングに対する安全性検討式（日本建築学会）

2.3 評価条件

ボイリングの評価にあたっては、設計津波水位による水頭差並びに、地震時の揺すり込み沈下による根入れ長の低減を考慮する。ボイリングを検討する評価対象位置を図2-2に示す。なお、保守的に評価する観点から、2.3.1~2.3.3に示す内容について留意する。

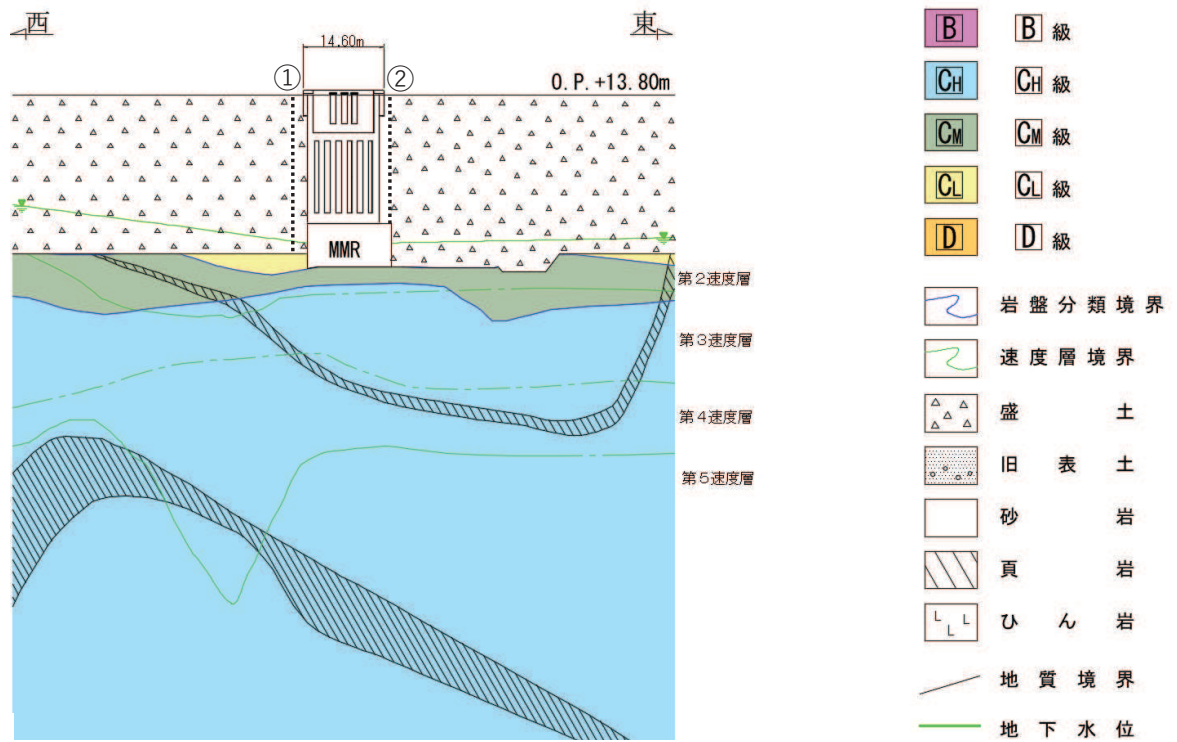


図2-2 ボイリング評価検討箇所

2.3.1 設計津波水位の設定

表 2-1 に示す設計津波水位を採用した。

表 2-1 設計津波水位

設置箇所	設計津波水位 (m)
浸水防止蓋 (第 3 号機補機冷却海水系放水ピット)	O. P. +18.0

2.3.2 設計用地表面の設定

設計用地表面の設定にあたっては、地盤の揺すり込み沈下を考慮する。地下水位以浅の不飽和土の揺すり込み沈下量の算定においては、海野ら^{*1}の知見を採用し、安全側に飽和土が完全に液状化した後の再圧密による体積収縮量と等しいと仮定した。地下水以深の飽和地盤については、過剰間隙水圧の消散に伴う体積ひずみの関係から沈下量について算定した。沈下量の算定にあたっては、図 2-3 に示す体積ひずみと液状化抵抗率の関係^{*2}を考慮する。上記の検討からより揺すり込み沈下量が大きい場合を考慮し、設計用地表面は地下水位以浅、以深ともに対象位置の盛土厚さの 1.4%、旧表土厚さの 2.8%の沈下量を考慮した。なお、揺すり込み沈下率の設定の詳細については、補足説明資料「補足-200-14 可搬型重大事故等対処設備の保管場所及びアクセスルートについて」に示す。また、盛土、旧表土の層厚については、図 2-2 に示す地質断面図における各評価対象位置から読み取った。

評価対象箇所の揺すり込み沈下量を表 2-2 に示す。評価では評価対象箇所の揺すり込み沈下量を考慮する。

注記*1：同一繰返しせん断履歴における乾燥砂と飽和砂の堆積収縮量の関係
(海野ら, 2006)

注記*2：Evaluation Of Settlements In Sand Deposits Following Liquefaction During Earthquakes (石原ら, 1992)

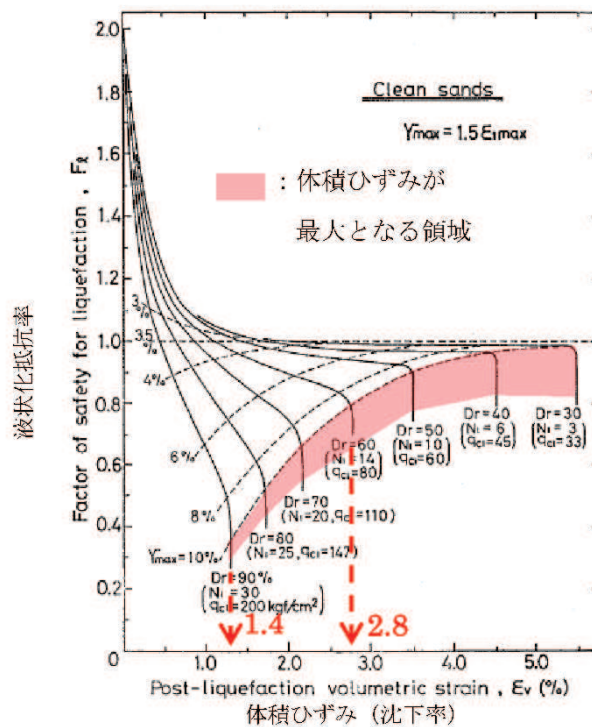


図 2-3 評価対象箇所の揺すり込み沈下量の算定方法

表 2-2 評価対象箇所の揺すり込み沈下量

設計対象箇所	盛土層厚 (m) A	旧表土層厚(m) B	沈下量 (m) C (A×1.4%+B×2.4%)
①	28.80	0.00	0.41
②	23.30	0.00	0.33

2.3.3 評価用地下水位の設定

浸透流解析から設定した第3号機補機冷却海水系放水ピット部の設計用地下水位は底面以深になるが、ボイリングに対する保守的な評価として、飽和状態にあることを仮定し、地表面に地下水位があるものとした。

2.3.4 評価モデル

「2.3 評価条件」により設定した評価モデルを図2-4に示す。

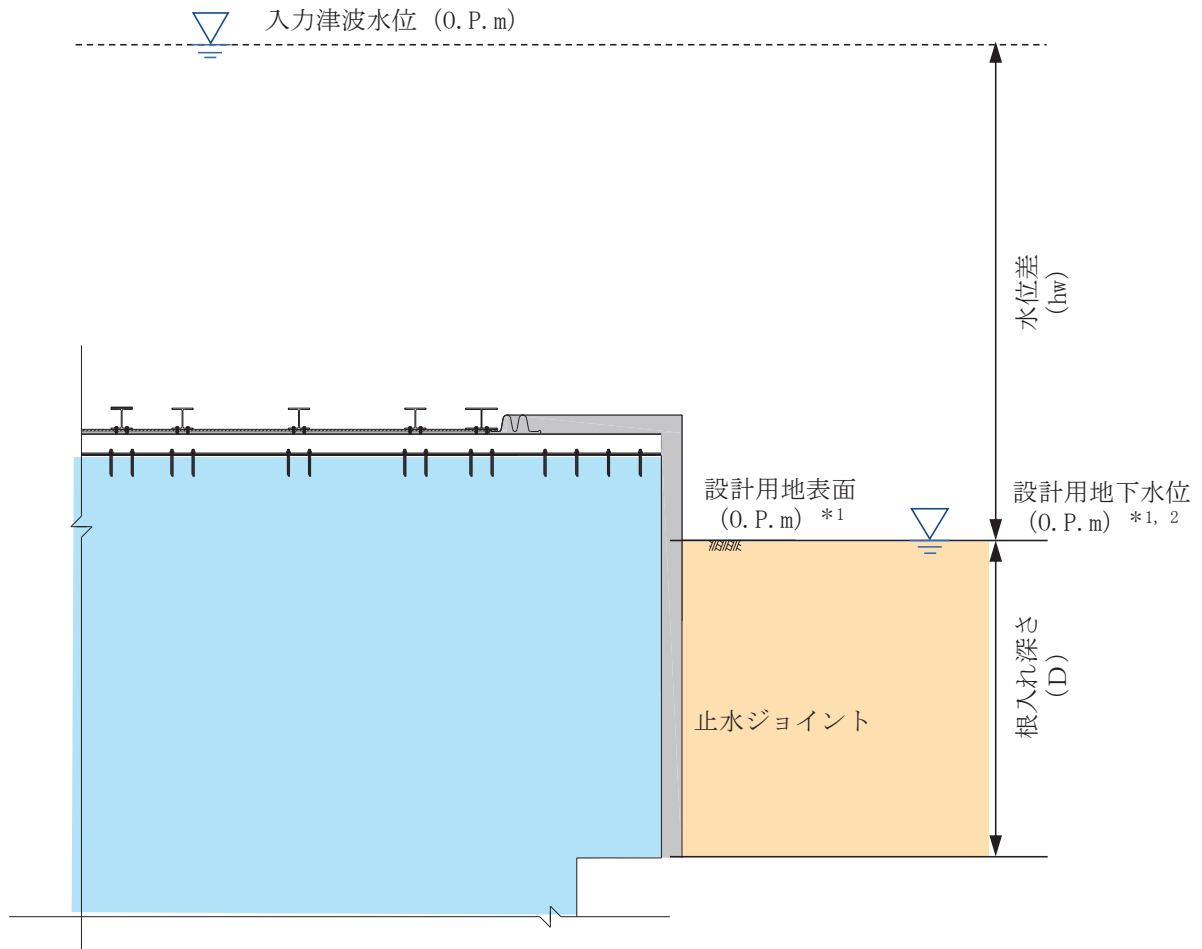


図2-4 評価モデル

注記*1：評価対象位置における地盤の揺すり込み沈下量を考慮する。

*2：ボイリングの検討において保守的となるよう地表面とする。

2.4 評価結果

ボーリングに対する安全性の評価結果を表 2-3 に示す。評価対象箇所における安全率はいずれも 1.2 以上であることを確認し、津波によるボーリングは発生しないことを確認した。

表 2-3 評価結果

評価対象位置	設計津波水位 (O.P. +m)	設計用 地表面 (O.P. + m)	根入れ 深さ D (m)	水位差 hw (m)	土の水中 単位体積 重量 γ_s (kN/m ³)	水の単位 体積重量 γ_w (kN/m ³)	安全率
①	18.00	13.39	3.39	4.61	8.50	10.10	1.23
②	18.00	13.47	3.47	4.53	8.50	10.10	1.28

(別紙2) スキンプレートの止水対策について

1. 概要

浸水防止蓋（第3号機補機冷却海水系放水ピット）は第3号機補機冷却海水系放水ピットからの浸水を防止するため、近接する第3号機海水熱交換器建屋側面に鋼製ブラケットを介して固定ボルトにて固定する。

浸水防止蓋はスキンプレートで構成されており、既設配管との取り合いを考慮し分割して取り付けることから主桁や受桁に溶接またはボルトにて固定する。

分割したスキンプレート間の固定部には隙間が生じるため、シール材を設置することで、津波に対し有意な漏えいを生じさせない性能を保持する設計としている。

また、受桁とスキンプレート間および主桁とスキンプレート間においてもシール材を設置し、津波に対し有意な漏えいを生じさせない性能を確保する。

継目部のシール材を評価対象とし、津波時の水圧に対してシール材の接着が保持され、機能維持されることを確認する。

シール材の仕様は防潮壁鋼製遮水壁（鋼桁）で使用するものと同仕様のを計画しており、シール材の耐候性試験（熱老化試験、乾湿繰り返し試験）については防潮壁鋼製遮水壁（鋼桁）の評価で実施している。

浸水防止蓋（スキンプレート）の構造概要を図1-1に示す。また、浸水防止蓋の施工概要を図1-2に、シール材の配置概要を図1-3に示す。

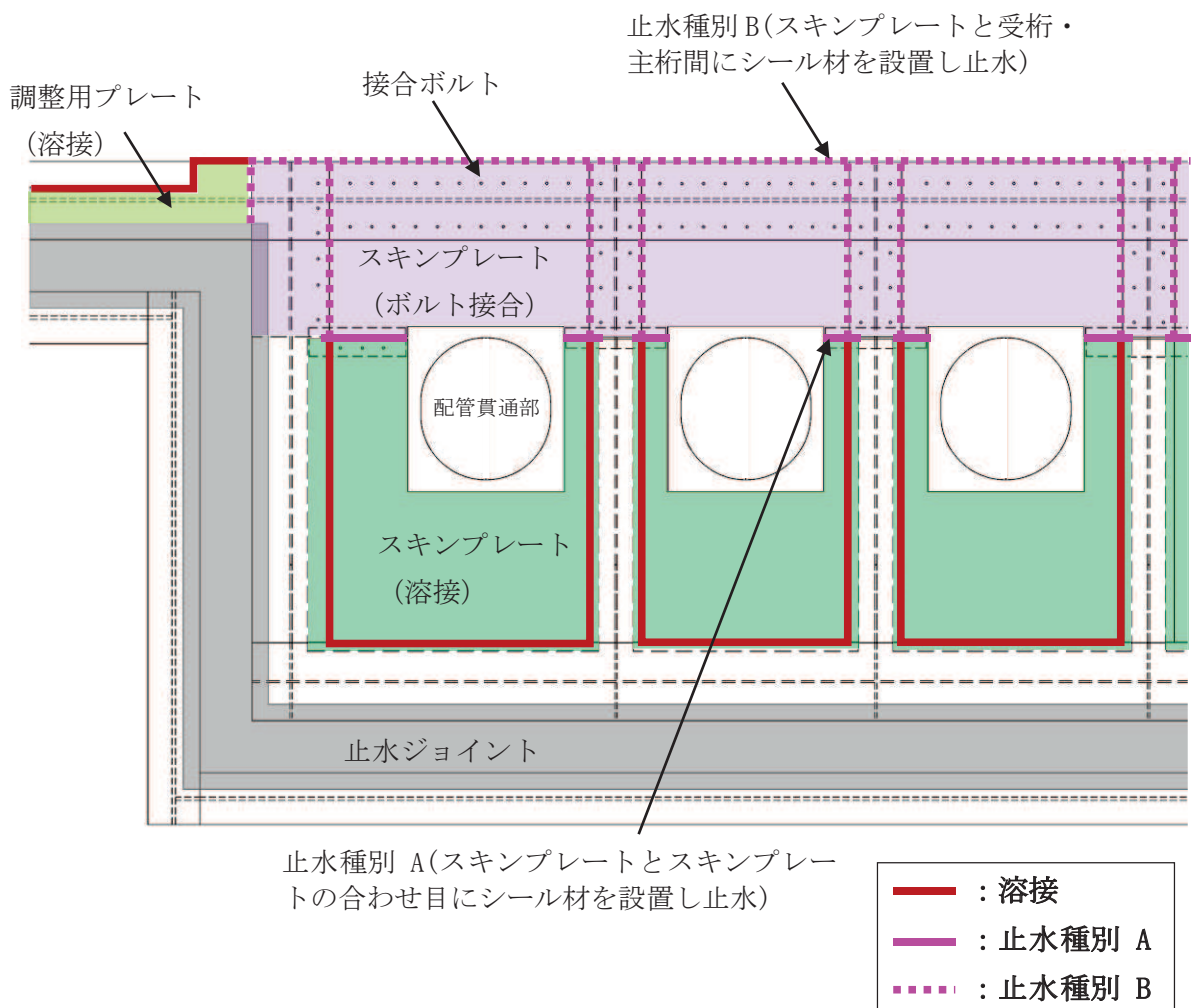


図 1-1 浸水防止蓋 (スキンプレート) の構造概要

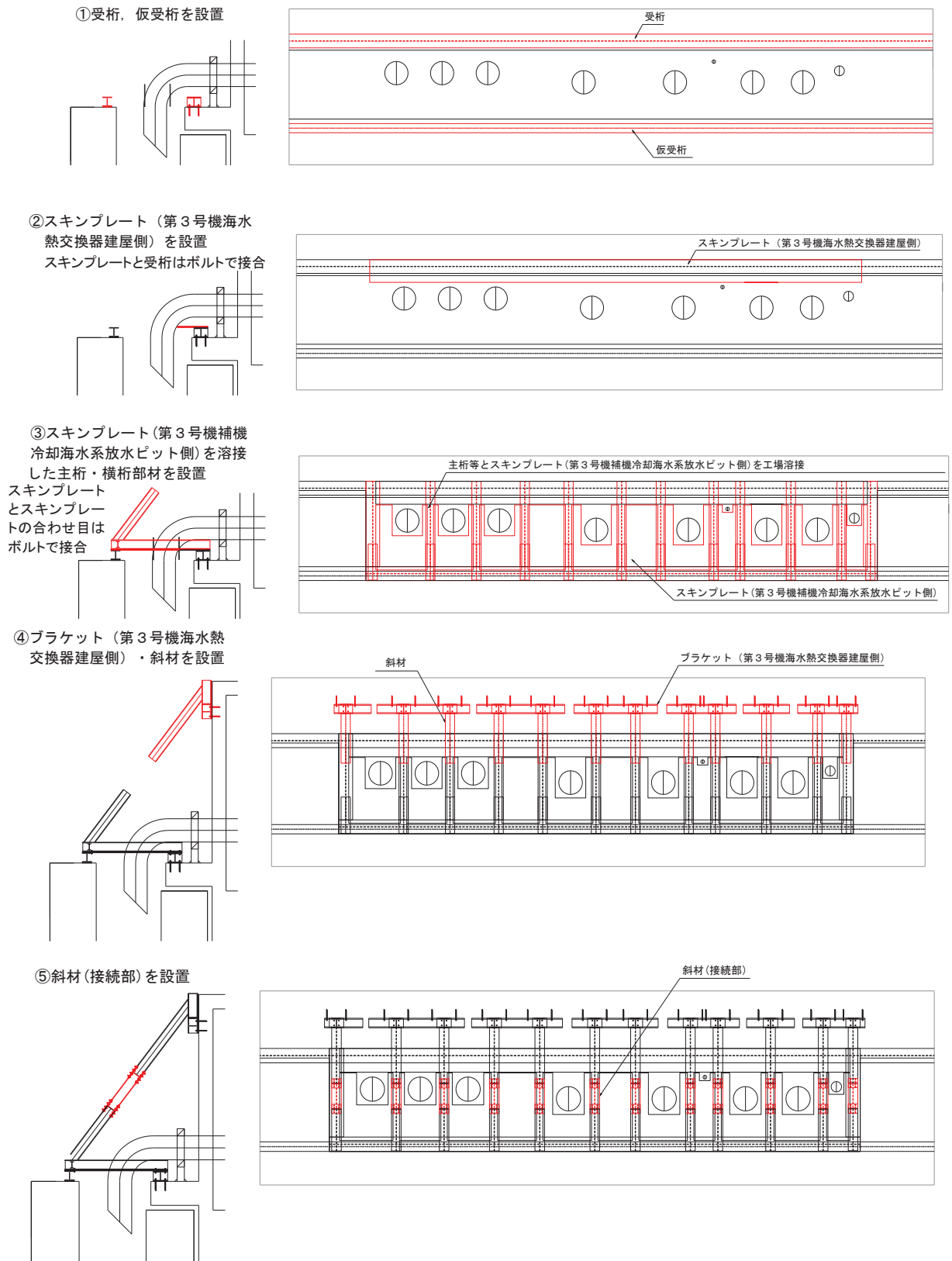
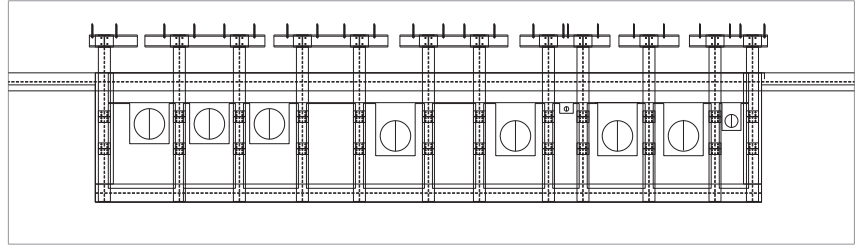
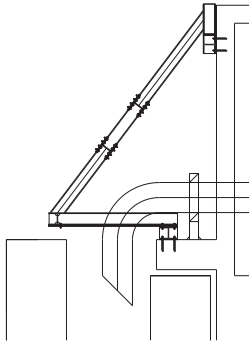
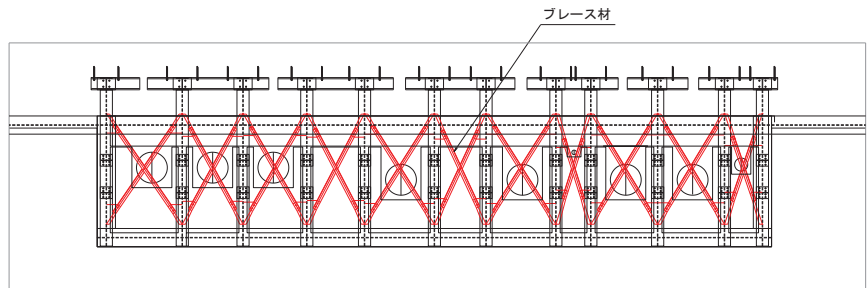
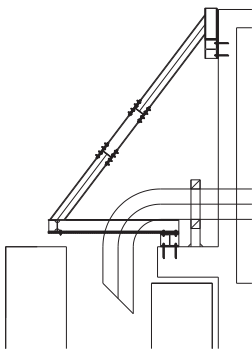


図 1-2(1) 浸水防止蓋の施工概要

⑥ 仮受台を撤去



⑦ プレース材取付



⑧ 止水ジョイント取付

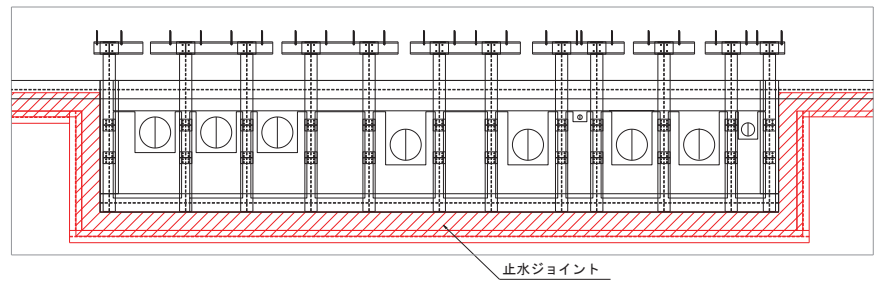
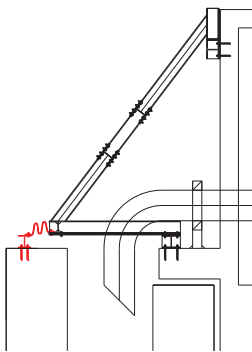
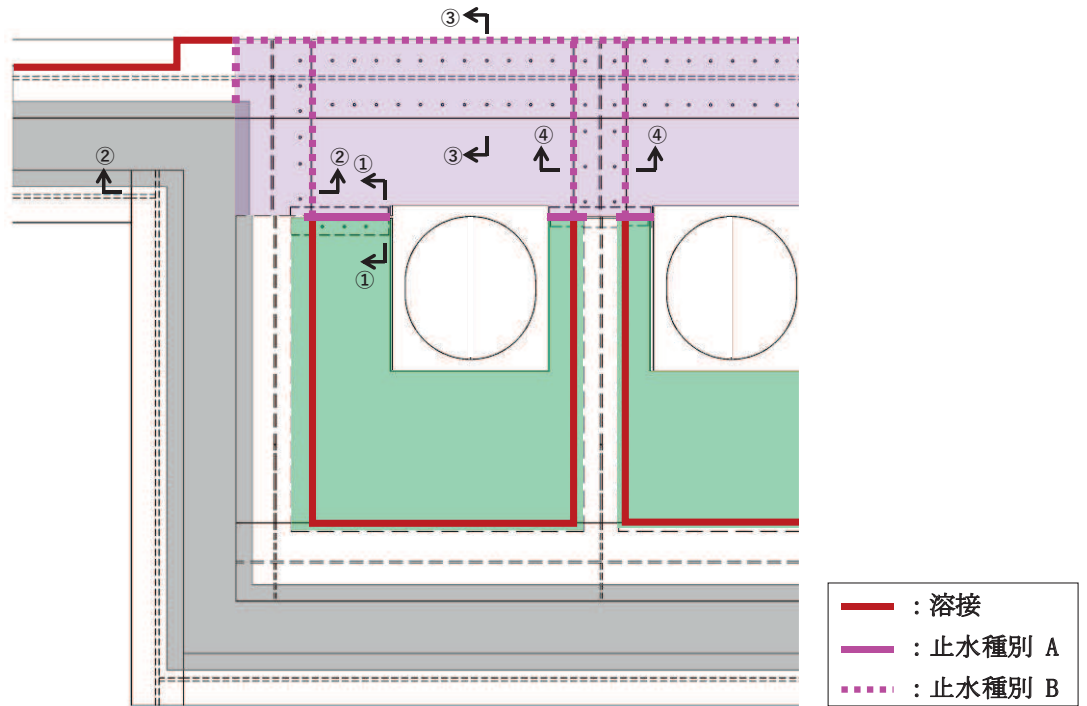
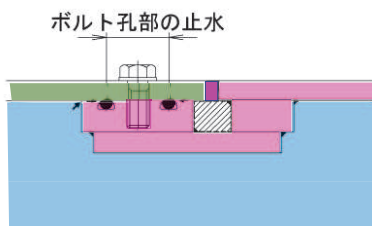


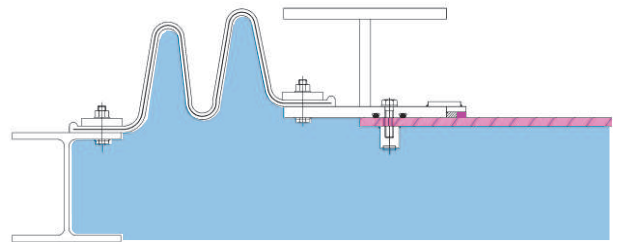
図 1-2(2) 浸水防止蓋の施工概要



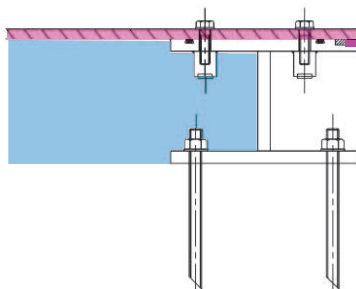
断面① - ① (止水種別 A)



断面② - ② (止水種別 B)



断面③ - ③ (止水種別 B)



断面④ - ④ (止水種別 B)

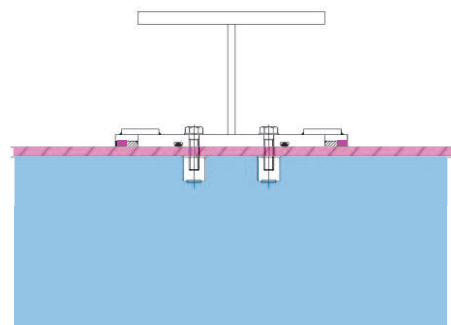


図 1-3 シール材の配置概要

2. シール材の接着性能に関する評価

2.1 評価方法

シール材の接着性能については、津波荷重によって生じる引張せん断応力を算出し、シール材の引張接着強さ以下であることを確認する。

シール材の仕様を表 2-1 に、施工方法を図 2-1 に示す。

表 2-1 シール材の仕様

シール材名称	主成分	引張せん断強さ (N/mm^2) *	耐候性
□	□	□	□

注記* 製品元カタログ記載値

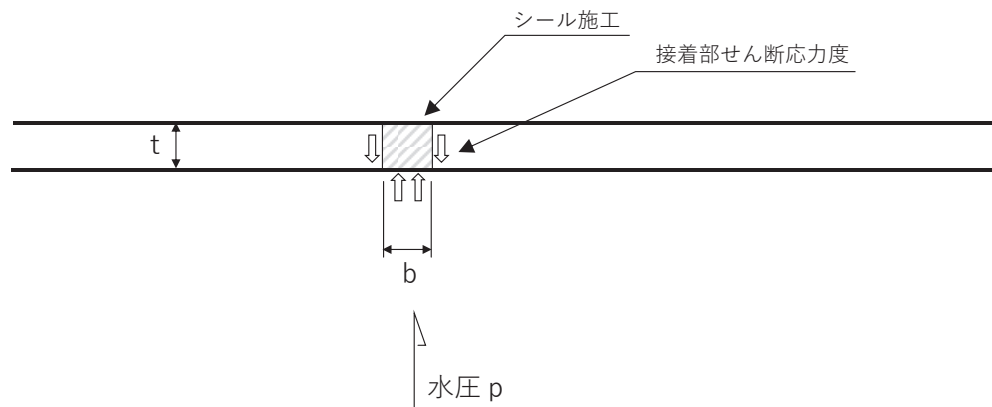


図 2-1(1) シール材の施工方法 (止水種別A)

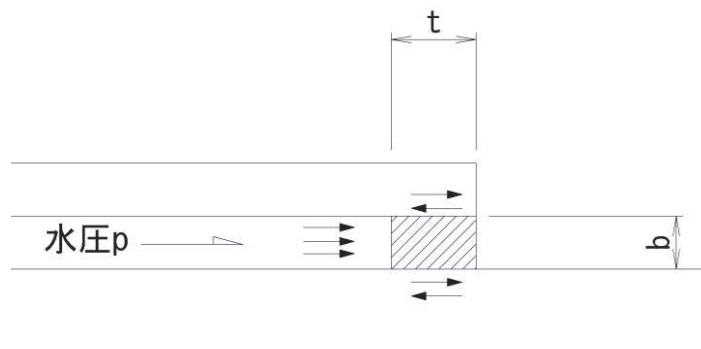


図 2-1(2) シール材の施工方法 (止水種別B)

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

2.2 評価結果（止水種別A）

表 2-2 に設計諸元を示す。シーラ材に作用する津波荷重作用時の引張せん断応力度を算出し、引張せん断強さに対して十分に小さいことを確認した。

表 2-2 設計諸元

項目	数値	備考
設計圧力 p	0.15N/mm ²	止水ジョイント部材と同じ設計圧力に設定
受圧幅 b	15mm	スキンプレート間の幅に施工・製作誤差として+5mm を考慮する。 (スキンプレート間隔 10mm+5mm)
シーラ材の厚さ t	15mm	施工誤差 (-1mm) を考慮する (スキンプレート厚さ 16mm-1mm)
シーラ材の引張せん断強度	2.00 N/mm ²	製品元カタログ記載値

接着部の引張せん断応力度の算出と評価

シーラ材が受ける荷重の合計 $F = p \cdot b = 2.25\text{N/mm}$

片側の単位奥行き当りの接着面積 $A = 15\text{mm}^2/\text{mm}$

接着部の引張せん断応力度 $\tau = (F/2) / A = 0.15\text{N/mm}^2 < 2.00 \text{ N/mm}^2$

2.3 評価結果（止水種別B）

表 2-3 に設計諸元を示す。シーラ材に作用する津波荷重作用時の引張せん断応力度を算出し、引張せん断強さに対して十分に小さいことを確認した。

表 2-3 設計諸元

項目	数値	備考
設計圧力 p	0.15N/mm ²	止水ジョイント部材と同じ設計圧力に設定
受圧幅 b	15mm	シーラ設置幅に施工・製作誤差として+5mm を考慮する。 (鋼材間隔 10mm+5mm)
シーラ材の厚さ t	15mm	施工誤差 (-1mm) を考慮する (シーラ材厚さ 16mm-1mm)
シーラ材の引張せん断強度	2.00 N/mm ²	製品元カタログ記載値

接着部の引張せん断応力度の算出と評価

シーラ材が受ける荷重の合計 $F = p \cdot b = 2.25\text{N/mm}$

片側の単位奥行き当りの接着面積 $A = 15\text{mm}^2/\text{mm}$

接着部の引張せん断応力度 $\tau = (F/2) / A = 0.15\text{N/mm}^2 < 2.00 \text{ N/mm}^2$

2.4 維持管理方針の検討

シール材及の維持管理は、耐候性試験結果に基づく耐用年数が 50 年相当であることを踏まえ、初回点検のほか、定期的な目視点検を行い、部材の劣化、変状の発生・進行を把握するとともに、状態に応じてシール材の再施工を行う方針とする。

点検時期及び点検方法を表 2.4 に示す。なお、詳細は本方針に従い、施設の供用開始前までに適切に策定する。

表 2.4 シール材の点検時期・点検方法

時期	分類	時期, 頻度	方法
維持管理開始時	初回点検	竣工直後	定期点検に準じる
供用中	点検*1	巡視点検	1回/年 目視点検
		定期点検	1回/10年 目視点検

注記*1: 巡視点検では可視範囲で、定期点検では足場等を用いて全範囲を点検し、劣化及びひび割れ等の不具合の有無を確認するとともに、必要に応じてシール材の除去及び再施工を行う。

- 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
- 6.5.3 浸水防止蓋に関する補足説明
- 6.5.3.11 浸水防止蓋（第2号機軽油タンクエリア）の耐震性についての計算書に関する補足説明

目 次

1.	概要	6.5.3.11-1
2.	一般事項	6.5.3.11-2
2.1	配置概要	6.5.3.11-2
2.2	構造計画	6.5.3.11-3
2.3	評価方針	6.5.3.11-4
2.4	適用規格・基準等	6.5.3.11-5
2.5	記号の説明	6.5.3.11-6
3.	評価対象部位	6.5.3.11-8
4.	固有値解析	6.5.3.11-9
4.1	固有振動数の計算方法	6.5.3.11-9
4.2	固有振動数の計算条件	6.5.3.11-10
4.3	固有振動数の計算結果	6.5.3.11-11
5.	構造強度評価	6.5.3.11-12
5.1	構造強度評価方法	6.5.3.11-12
5.2	荷重及び荷重の組合せ	6.5.3.11-12
5.3	許容限界	6.5.3.11-14
5.4	設計用地震力	6.5.3.11-16
5.5	評価方法	6.5.3.11-17
5.6	評価条件	6.5.3.11-21
6.	評価結果	6.5.3.11-23

1. 概要

本資料は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度に基づき、浸水防護施設のうち地下軽油タンク燃料移送ポンプ室アクセス用浸水防止蓋（No.1）、（No.2）及び地下軽油タンク機器搬出入用浸水防止蓋（以下「浸水防止蓋」という。）が設計用地震力に対して、主要な構造部材が十分な構造健全性を有することを確認するものである。その耐震評価は、浸水防止蓋の固有値解析及び応力評価により行う。

浸水防止蓋は、浸水防護施設としてSクラス施設に分類される。以下、浸水防護施設としての構造強度評価を示す。

なお、浸水防止蓋の耐震評価においては、平成23年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震による地殻変動に伴い、牡鹿半島全体で約1mの地盤沈下が発生したことを考慮する。

2. 一般事項

2.1 配置概要

浸水防止蓋は、屋外タンク等の損傷による浸水及び補機冷却海水系放水路からの浸水を防止するために設置する。

浸水防止蓋の設置位置図を図 2-1、浸水対策配置図を図 2-2 に示す。

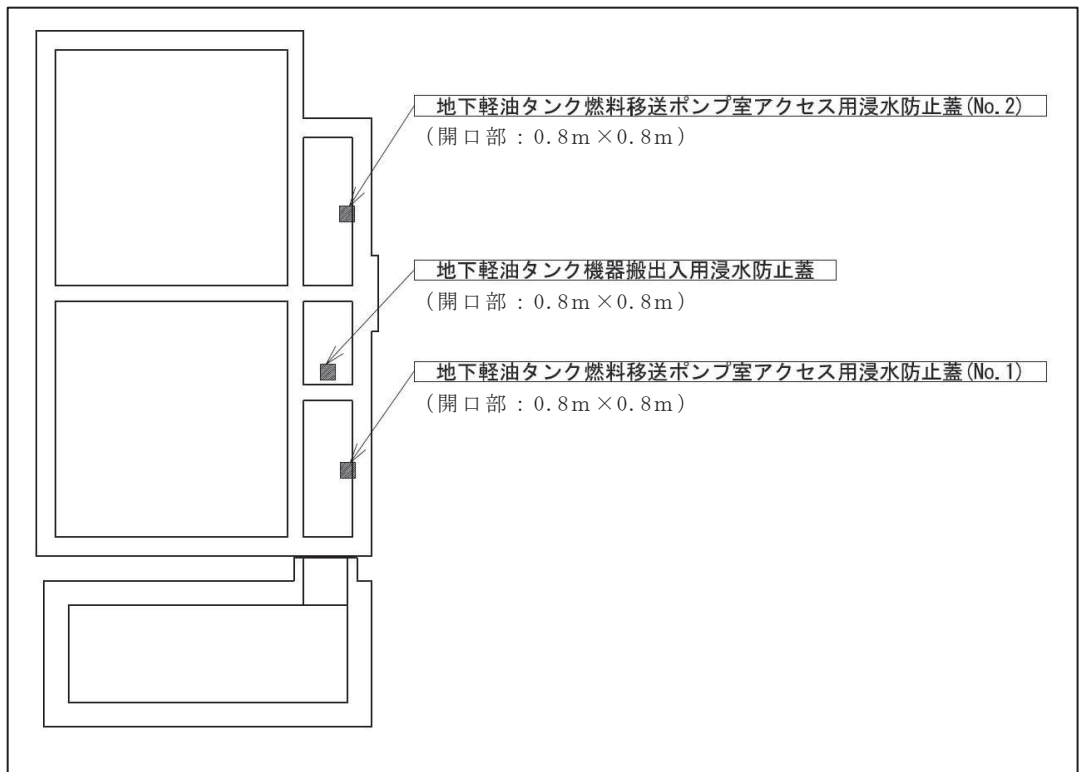


図 2-1 浸水防止蓋の設置位置図 (軽油タンクエリア上部)

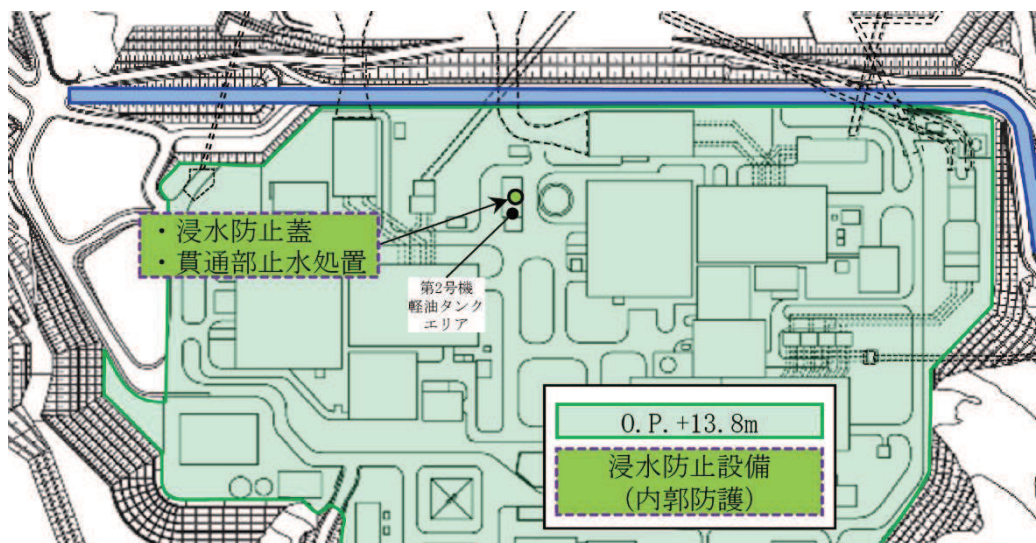
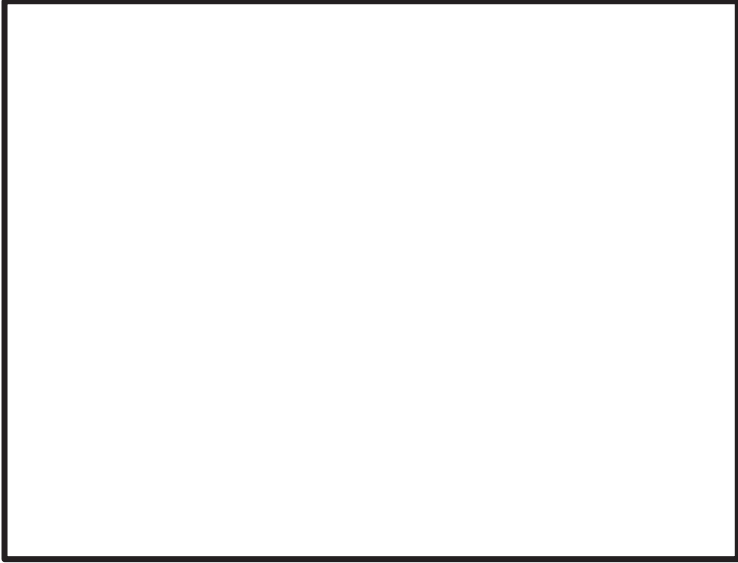



図 2-2 軽油タンクエリア 浸水対策配置図

2.2 構造計画

浸水防止蓋は、軽油タンクエリア上部（開口部）に固定ボルトにて固定することで止水性を確保する構造とする。浸水防止蓋の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 浸水防止蓋の構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
軽油タンクエリア上部（開口部）に固定ボルトで固定する。	浸水防止蓋及び固定ボルトにより構成する。	 <p>地下軽油タンク燃料移送ポンプ室アクセス用浸水防止蓋 (No. 1), (No. 2)</p>  <p>地下軽油タンク機器搬出入用浸水防止蓋</p>

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

2.3 評価方針

浸水防止蓋の耐震評価は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき、「2.2 構造計画」にて示す浸水防止蓋の構造を踏まえ「3. 評価対象部位」にて設定する評価対象部位において、「4. 固有値解析」で算出した固有振動数に基づく設計用地震力により算出した応力等が許容限界内に収まることを、「5. 構造強度評価」にて示す方法にて確認する。応力評価の確認結果を「6. 評価結果」にて確認する。

耐震評価フローを図 2-3 に示す。

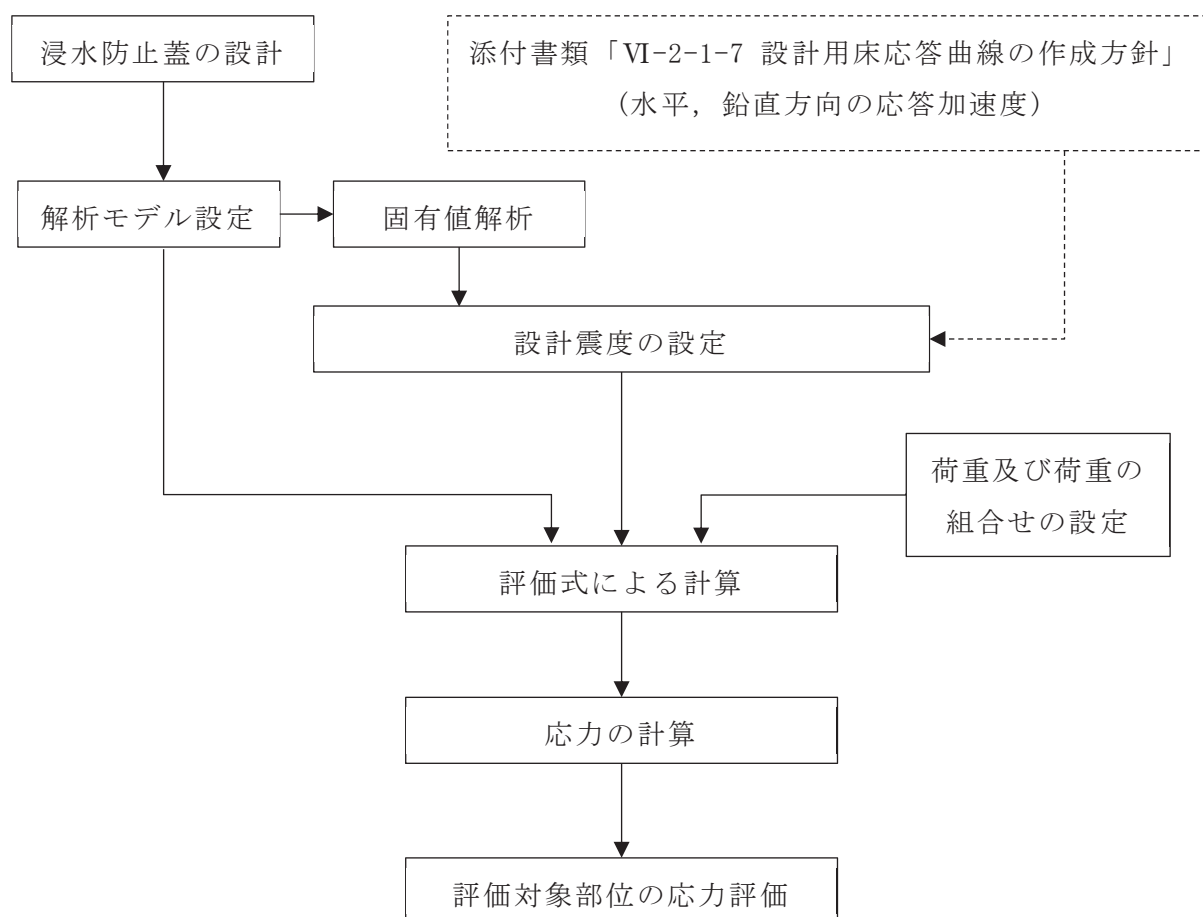


図 2-3 耐震評価フロー

2.4 適用規格・基準等

適用する規格・基準等を以下に示す。

- (1) 発電用原子力設備規格 設計・建設規格 (2005 年版 (2007 年追補版含む) J S
M E S N C 1 - 2005 / 2007 (日本機械学会)) (以下, 設計・建設規格という。)
- (2) 原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編 J E A G 4 6 0
1 ・ 補 - 1984 (日本電気協会)
- (3) 原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 - 1987 (日本電気協会)
- (4) 原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 - 1991 追補版 (日本電気
協会) (以下「J E A G 4 6 0 1」と記載しているものは上記 3 指針を指す。)
- (5) 機械工学便覧 (日本機械学会)
- (6) 日本産業規格 (J I S)

2.5 記号の説明

浸水防止蓋の耐震評価に用いる記号を表 2-2 に示す。

表 2-2 耐震評価に用いる記号 (1/2)

記号	単位	定義
a	mm	浸水防止蓋の幅 (長辺)
b	mm	浸水防止蓋の長さ (短辺)
g	m/s ²	重力加速度
t	mm	浸水防止蓋の厚さ
m	kg	浸水防止蓋を構成する部材の重量
D	N	固定荷重
P _s	Pa	積雪荷重
F	MPa	許容応力算定用基準値 設計・建設規格 SSB-3121.1(1)a.(b)に定める, S _y 及び 0.7・S _u のいずれか小さい方の値とする。
f _b	MPa	許容曲げ応力 設計・建設規格 SSB-3121.1(4)に定める値とする。
f _s	MPa	許容せん断応力 設計・建設規格 SSB-3121.1(2)に定める値とする。
f _t	MPa	許容引張応力 設計・建設規格 SSB-3121.1(1)に定める値とする。
f _{t s}	MPa	せん断応力と引張応力を同時に受けるボルトの許容引張応力
S _y	MPa	設計・建設規格の付録図表 Part5 表 8 に規定される材料の設計降伏点
S _u	MPa	設計・建設規格の付録図表 Part5 表 9 に規定される材料の設計引張強さ
C _H	—	基準地震動 S _s による水平方向の設計震度
C _V	—	基準地震動 S _s による鉛直方向の設計震度
K _{H s s}	N	基準地震動 S _s による水平方向の地震荷重
K _{V s s}	N	基準地震動 S _s による鉛直方向の地震荷重
A	mm ²	浸水防止蓋の面積
ω	Pa/cm	積雪の単位荷重
β ₂	—	浸水防止蓋の曲げ応力算定に用いる係数
σ _{b s s}	MPa	浸水防止蓋に加わる曲げ応力
σ	MPa	浸水防止蓋に発生する曲げ応力とせん断応力の組合せ応力
τ _{s s}	MPa	浸水防止蓋に加わるせん断応力
A _b	mm ²	ボルトの断面積
n	本	ボルトの本数

表 2-2 耐震評価に用いる記号 (2/2)

記号	単位	定義
τ_{kss}	MPa	ボルト 1 本あたりに加わるせん断応力
f_{t0}	MPa	ボルトに作用する許容引張応力 (f_t を 1.5 倍した値)

3. 評価対象部位

浸水防止蓋の評価対象部位は、「2.2 構造計画」にて設定している構造を踏まえて、地震に伴う荷重の作用方向及び伝達過程を考慮し設定する。

浸水防止蓋に対して積雪及び地震（ S_s ）による荷重が作用し、これらの荷重は鋼製の浸水防止蓋から浸水防止蓋を固定している鋼製の固定ボルトに伝達することから、主要構成部材である浸水防止蓋及び固定ボルトを評価対象部位として設定する。

浸水防止蓋の耐震評価における評価対象部位について図 3-1 及び図 3-2 に示す。

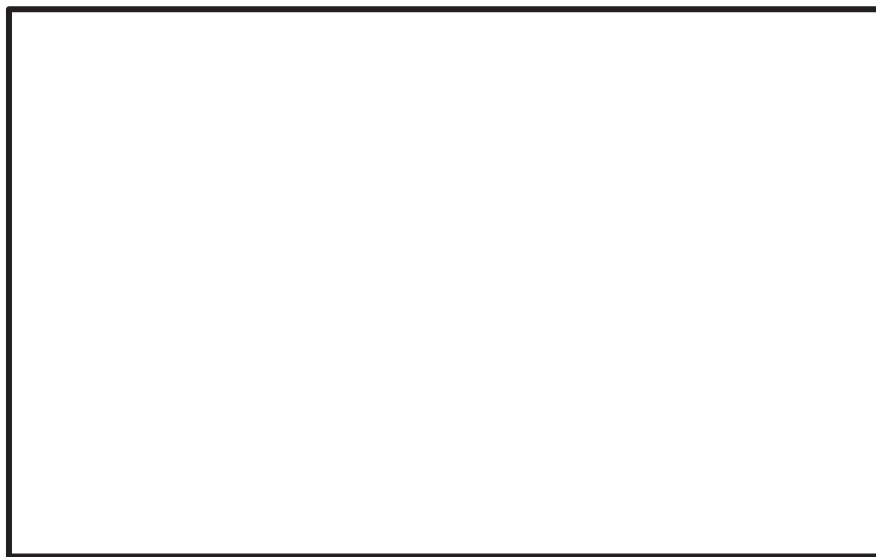


図 3-1 評価対象部位（地下軽油タンク燃料移送ポンプ室アクセス用浸水防止蓋
(No. 1) , (No. 2)）

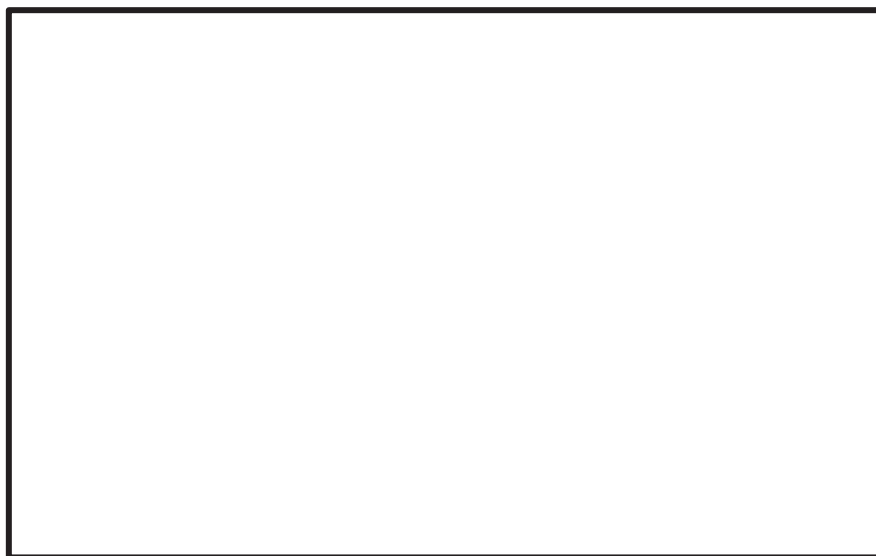


図 3-2 評価対象部位（地下軽油タンク機器搬出入用浸水防止蓋）

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

4. 固有値解析

4.1 固有振動数の計算方法

浸水防止蓋の構造に応じて解析モデルを設定し、固有振動数を算出する。

4.1.1 解析モデルの設定

浸水防止蓋は、全周囲を固定ボルトにて固定された構造であることから、荷重がかかる浸水防止蓋は図 4-1 に示す周辺固定の長方形板モデルとする。

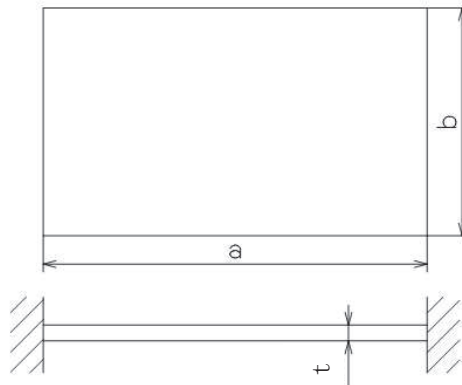


図 4-1 浸水防止蓋の概略モデル

4.1.2 記号の説明

浸水防止蓋の固有振動数算出に用いる記号を表 4-1 に示す。

表 4-1 固有振動数算出に用いる記号

記号	単位	定義
T	s	固有周期
f	Hz	一次固有振動数
b	mm	浸水防止蓋の長さ（短辺）
t	mm	浸水防止蓋の厚さ
g	m/s ²	重力加速度
λ	—	振動数係数（板モデルの固有振動数算出）
E	MPa	縦弾性係数 設計・建設規格の付録材料図表 Part6 表 1 より温度を考慮して求めた値
ρ	kg/m ³	材料の密度
ν	—	ポアソン比

4.1.3 固有振動数の算出方法

固有周期 T 及び周辺固定の長方形板モデルの一次固有振動数 f は、「機械工学便覧（日本機械学会）」より、次式を用いて算出する。

$$T = \frac{1}{f}$$

$$f = \frac{\lambda \cdot \pi \cdot \frac{t}{2}}{2 \cdot b^2} \sqrt{\frac{E \cdot g}{3 \cdot (1 - \nu^2) \cdot \rho}}$$

4.2 固有振動数の計算条件

表 4-2 に固有振動数の計算条件を示す。

表 4-2 固有振動数の計算条件 (1/2)

設備名称	材質	浸水防止蓋の厚さ t (mm)	浸水防止蓋の幅 a (mm)	浸水防止蓋の長さ b (mm)	振動数係数 λ^{*1}
地下軽油タンク 燃料移送ポンプ室 アクセス用浸水防止蓋 (No.1), (No.2)	SUS304	16	1.336×10^3	1.070×10^3	2.74
地下軽油タンク 機器搬出入用浸水防止蓋	SUS304	16	1.336×10^3	1.030×10^3	2.74

表 4-2 固有振動数の計算条件 (2/2)

温度条件 ^{*2} (°C)	縦弾性係数 E (MPa)	重力加速度 g (m/s ²)	ポアソン比 ν	材料の密度 ρ (kg/m ³)
40	1.94×10^5	9.80665	0.3	7.93×10^3

注記*1：浸水防止蓋の振動数係数 λ は、いずれも $1 < a/b < 1.5$ のため、より小さな値として算出される $a/b = 1.5$ の場合の定数 $\lambda = 2.74$ を用いた。

*2：屋外設備としての環境条件を考慮する。

4.3 固有振動数の計算結果

固有振動数の計算結果を表 4-3 に示す。固有振動数は 20Hz 以上であることから、剛構造である。

表 4-3 固有振動数の計算結果

機器名称	固有振動数 (Hz)
地下軽油タンク燃料移送ポンプ室アクセス用浸水防止蓋 (No. 1) , (No. 2)	90.03
地下軽油タンク機器搬出入用浸水防止蓋	97.16

5. 構造強度評価

5.1 構造強度評価方法

浸水防止蓋の耐震評価は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界を踏まえて、「3. 評価対象部位」にて設定する評価対象部位に作用する応力等が「5.3 許容限界」にて示す許容限界以下であることを確認する。

5.2 荷重及び荷重の組合せ

5.2.1 荷重の組合せ

浸水防止蓋の評価に用いる荷重の組合せを下記に示す。

$$D + S_s + P_s$$

ここで、 D : 固定荷重
 S_s : 基準地震動 S_s による地震荷重
 P_s : 積雪荷重

5.2.2 荷重の設定

耐震評価に用いる荷重は以下のとおりとする。

(1) 固定荷重 (D)

常時作用する固定荷重として、浸水防止蓋を構成する部材の自重を考慮し、以下の式により算出する。

$$D = m \cdot g$$

ここで、 D : 固定荷重 (N)
 m : 浸水防止蓋を構成する部材の重量 (kg)
 g : 重力加速度 (m/s^2)

(2) 基準地震動 S_s による地震荷重 (S_s)

地震荷重として、基準地震動 S_s に伴う慣性力を考慮する。地震荷重は、浸水防止蓋の固定荷重及び積雪荷重に設計震度を乗じた次式により算出する。

地震荷重を以下の式より算出する。

$$K_{H s s} = C_H \cdot (D + P_s \cdot A)$$

$$K_{V s s} = C_V \cdot (D + P_s \cdot A)$$

ここで、 $K_{H s s}$: 基準地震動 S_s による水平方向の地震荷重 (N)
 $K_{V s s}$: 基準地震動 S_s による鉛直方向の地震荷重 (N)
 C_H : 基準地震動 S_s による水平方向の設計震度
 C_V : 基準地震動 S_s による鉛直方向の設計震度
 D : 固定荷重 (N)

P_s : 積雪荷重 (Pa)
 A : 浸水防止蓋の面積 (mm^2)

(3) 積雪荷重 (P_s)

積雪荷重として、添付書類「VI-1-1-2 発電用原子炉施設の自然現象等による損傷の防止に関する説明書」のうち、添付資料「VI-1-1-2-1-1 発電用原子炉施設に対する自然現象等による損傷の防止に関する基本方針」に基づき 43cm の積雪量を想定し、平均的な積雪荷重を与えるための係数 0.35 を考慮する。

積雪荷重による質量を以下の式より算出する。

$$P_s = 0.35 \cdot \omega \cdot 43$$

ここで、 P_s : 積雪荷重 (Pa)
 ω : 積雪の単位荷重 20 (Pa/cm)

5.3 許容限界

許容限界は、添付資料「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している許容限界を踏まえて設定する。

5.3.1 使用材料

浸水防止蓋を構成する浸水防止蓋，固定ボルト①，固定ボルト②及び固定ボルト③の使用材料を表 5-1 に示す。

表 5-1 使用材料

評価対象部位	材質	仕様
浸水防止蓋	SUS304	厚さ 16 mm
固定ボルト①②③	SUS304	M16

5.3.2 許容限界

浸水防止蓋の許容限界は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」の「3.1 構造強度上の制限」にて設定している許容限界を踏まえ、設計・建設規格に準じた許容応力を用いる。

なお、浸水防止蓋の浮き上がりによるボルトの引張が起こらないため、発生応力においては引張を考慮しないことから、引張応力及び組合せ応力については許容限界を設定しない。

浸水防止蓋及び固定ボルトの許容限界を表 5-2 に、許容応力評価条件を表 5-3 に、許容応力算出結果を表 5-4 にそれぞれ示す。

表 5-2 浸水防止蓋及び固定ボルトの許容限界（許容応力）

許容応力状態	許容限界* ¹ (MPa)					
	浸水防止蓋			固定ボルト①②③		
	一次応力			一次応力		
	曲げ* ³	せん断* ⁴	組合せ* ⁵	引張* ⁶	せん断* ⁷	組合せ* ⁸
III _A S* ²	$1.5 \cdot f_b$	$1.5 \cdot f_s$	$1.5 \cdot f_t$	$1.5 \cdot f_t$	$1.5 \cdot f_s$	f_{ts}

注記*¹：曲げ及びせん断は、J E A G 4 6 0 1 を準用し、「その他の支持構造物」の許容限界を適用する。組合せは、設計・建設規格による。

*²：地震後、津波後の再使用性や津波の繰返し作用を想定し、当該構造物全体の変形能力に対して浸水防護機能として十分な余裕を有するよう、設備を構成する材料が弾性域内に収まることを基本とする。

*³：許容曲げ応力 $1.5 \cdot f_b$ は、以下の式により算出する。

$$1.5 \cdot f_b = 1.5 \cdot (F / 1.5)$$

*4：許容せん断応力 $1.5 \cdot f_s$ は、以下の式により算出する。

$$1.5 \cdot f_s = 1.5 \cdot (F / 1.5\sqrt{3})$$

*5：曲げ応力とせん断応力を同時に受ける浸水防止蓋の許容組合せ応力 $1.5 \cdot f_t$ は、以下の式により算出する。

$$1.5 \cdot f_t = 1.5 \cdot (F / 1.5)$$

*6：許容引張応力 $1.5 \cdot f_t$ は、以下の式により算出する。

$$1.5 \cdot f_t = 1.5 \cdot (F / 2)$$

*7：許容せん断応力 $1.5 \cdot f_s$ は、以下の式により算出する。

$$1.5 \cdot f_s = 1.5 \cdot (F / 1.5\sqrt{3})$$

*8：せん断応力と引張応力を同時に受けるボルトの許容引張応力 f_{ts} は、次のいずれか小さい方の値から算出する。

$$f_{ts} = 1.4 \cdot f_{t0} - 1.6 \tau_{kss}$$

$$f_{ts} = f_{t0}$$

表 5-3 許容応力評価条件

評価対象部位	材料	温度条件 (°C)	S_y (MPa)	S_u (MPa)	F^* (MPa)
浸水防止蓋	SUS304	40	205	520	205
固定ボルト①					
固定ボルト②					
固定ボルト③					

注記*： $F = \text{Min} [S_y, 0.7 \cdot S_u]$ とする。

表 5-4 許容応力算出結果

許容応力 状態	評価対象 部位	許容限界 (ボルト以外)			許容限界 (ボルト)	
		一次応力			一次応力	
		曲げ (MPa)	せん断 (MPa)	組合せ (MPa)	引張 (MPa)	せん断 (MPa)
Ⅲ _A S	浸水防止蓋	204	117	204	—	—
	固定ボルト①	—	—	—	—	117
	固定ボルト②	—	—	—	—	117
	固定ボルト③	—	—	—	—	117

5.4 設計用地震力

「4. 固有値解析」に示したとおり，浸水防止蓋の固有振動数が 20Hz 以上であることを確認したため，浸水防止蓋の耐震評価に用いる設計震度は，添付書類「VI-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に示す軽油タンク室（ポンプ室）における最大応答加速度の 1.2 倍を考慮して設定する。

耐震評価で用いる設計震度を表 5-5 に示す。

なお，添付書類「VI-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に基づき作成した，海水ポンプ室（補機ポンプエリア）の基準地震動 S_s に対する設計用震度（強度評価用：1.2ZPA）を表 5-6 に示す。

表 5-5 設計震度

地震動	設置場所及び床面高さ (m)	水平方向設計震度 C_H^*	鉛直方向設計震度 C_V^*
基準地震動 S_s	軽油タンク室（ポンプ室） O.P. 13.80	1.69	0.95

注記*：「4. 固有値解析」より，浸水防止蓋の固有振動数が 20Hz 以上であることを確認していること，また，機器・配管系として設計していることから，最大応答加速度の 1.2 倍を考慮した設計震度を設定した。

表 5-6 軽油タンク室（ポンプ室）内機器等の評価用震度

（強度評価用：1.2ZPA）（基準地震動 S_s 7 波包絡，不確かさ包絡）

標高*1 O.P.(m)	動的震度(1.2ZPA) (単位:G)			
	NS(ポンプ室)	EW(ポンプ室)	水平包絡	鉛直
14.8	1.69	1.55	1.69	0.95
9.5	1.30	1.27	1.30	0.91

注記 *1：耐津波設計においては，平成 23 年 3 月 11 日に発生した東北地方太平洋沖地震による地殻変動に伴う，牡鹿半島全体で約 1m の地盤沈下を考慮するため，表記 O.P. より -1m した値を記載する。

5.5 評価方法

浸水防止蓋，固定ボルト①，固定ボルト②及び固定ボルト③に発生する応力より算出する応力度が，許容限界以下であることを確認する。図 5-1，図 5-2 に評価の対象とする浸水防止蓋及び固定ボルトを示す。

5.5.1 浸水防止蓋

四辺を固定された長方形板に等分布荷重が作用した際に，浸水防止蓋に発生する曲げ応力及びせん断応力は，「機械工学便覧（日本機械学会）」より以下の式にて算出する。

(1) 最大曲げ応力

$$\sigma_{bss} = \frac{\beta_2 \cdot \left(\frac{D + K_{vss}}{A} + P_s \right) \cdot b^2}{t^2}$$

ここで， σ_{bss} : 浸水防止蓋に加わる曲げ応力 (MPa)
 β_2 : 浸水防止蓋の曲げ応力算定に用いる係数
 D : 浸水防止蓋の固定荷重 (N)
 K_{vss} : 基準地震動 S_s による鉛直方向の地震荷重 (N)
 A : 浸水防止蓋の面積 (mm^2)
 P_s : 積雪荷重 (Pa)
 b : 浸水防止蓋の長さ (短辺) (mm)
 t : 浸水防止蓋の厚さ (mm)

(2) 最大せん断応力

$$\tau_{ss} = \frac{D + K_{vss} + P_s \cdot A}{t \cdot (a + b) \cdot 2}$$

ここで， τ_{ss} : 浸水防止蓋に加わるせん断応力 (MPa)
 D : 浸水防止蓋の固定荷重 (N)
 K_{vss} : 基準地震動 S_s による鉛直方向の地震荷重 (N)
 P_s : 積雪荷重 (Pa)
 A : 浸水防止蓋の面積 (mm^2)
 t : 浸水防止蓋の厚さ (mm)
 a : 浸水防止蓋の長さ (長辺) (mm)
 b : 浸水防止蓋の長さ (短辺) (mm)

(3) 組合せ応力評価

浸水防止蓋に発生する曲げ応力やせん断応力の組合せ応力を以下の式より算出する。

$$\sigma = \sqrt{\sigma_{b s s}^2 + 3 \cdot \tau_{s s}^2}$$

注記* : 設計・建設規格 SSB-3121.1

ここで, σ : 浸水防止蓋に発生する曲げ応力とせん断応力の組合せ応力 (MPa)

$\sigma_{b s s}$: 浸水防止蓋に加わる曲げ応力 (MPa)

$\tau_{s s}$: 浸水防止蓋に加わるせん断応力 (MPa)

5.5.2 固定ボルト①

固定ボルト①に作用するせん断荷重は, 浸水防止蓋の水平方向荷重をすべての固定ボルト①で負担するものとして評価する。固定ボルト①のせん断応力を以下の式より算出する。

$$\tau_{k s s} = \frac{K_{H s s}}{n_1 \cdot A_{b 1}}$$

$$K_{H s s} = C_H \cdot (D_1 + P_s \cdot A)$$

ここで, $\tau_{k s s}$: ボルト 1 本当りに加わるせん断応力 (MPa)

$K_{H s s}$: 基準地震動 S_s による水平方向の地震荷重 (N)

C_H : 基準地震動 S_s による水平方向の設計震度

D_1 : 浸水防止蓋の固定荷重 (N)

P_s : 積雪荷重 (Pa)

A : 浸水防止蓋の面積 (mm²)

n_1 : 固定ボルト①の本数 (本)

$A_{b 1}$: 固定ボルト①の呼び径断面積 (mm²)

5.5.3 固定ボルト②

固定ボルト②に作用するせん断荷重は, 浸水防止蓋, 固定ボルト①及び中間リングの水平方向荷重をすべての固定ボルト②で負担するものとして評価する。固定ボルト②のせん断応力を以下の式より算出する。

$$\tau_{k s s} = \frac{K_{H s s}}{n_2 \cdot A_{b 2}}$$

$$K_{H s s} = C_H \cdot (D_2 + P_s \cdot A)$$

ここで, $\tau_{k s s}$: ボルト 1 本当りに加わるせん断応力 (MPa)

$K_{H s s}$: 基準地震動 S_s による水平方向の地震荷重 (N)

C_H : 基準地震動 S_s による水平方向の設計震度

D_2 : 浸水防止蓋, 固定ボルト①及び中間リングの固定荷重 (N)

P_s : 積雪荷重 (Pa)

- A : 浸水防止蓋の面積 (mm²)
- n₂ : 固定ボルト②の本数(本)
- A_{b2} : 固定ボルト②の呼び径断面積 (mm²)

5.5.4 固定ボルト③

固定ボルト③に作用するせん断荷重は、浸水防止蓋、固定ボルト①、中間リング、固定ボルト②及び埋込リングの水平方向荷重をすべての固定ボルト③で負担するものとして評価する。固定ボルト③のせん断応力を以下の式より算出する。

$$\tau_{kss} = \frac{K_{Hss}}{n_3 \cdot A_{b3}}$$

$$K_{Hss} = C_H \cdot (D_3 + P_s \cdot A)$$

ここで、 τ_{kss} : ボルト 1 本あたりに加わるせん断応力 (MPa)

K_{Hss} : 基準地震動 S_s による水平方向の地震荷重 (N)

C_H : 基準地震動 S_s による水平方向の設計震度

D_3 : 浸水防止蓋、固定ボルト①、中間リング、固定ボルト②及び埋込リングの固定荷重 (N)

P_s : 積雪荷重 (Pa)

A : 浸水防止蓋の面積 (mm²)

n₃ : 固定ボルト③の本数(本)

A_{b3} : 固定ボルト③の呼び径断面積 (mm²)

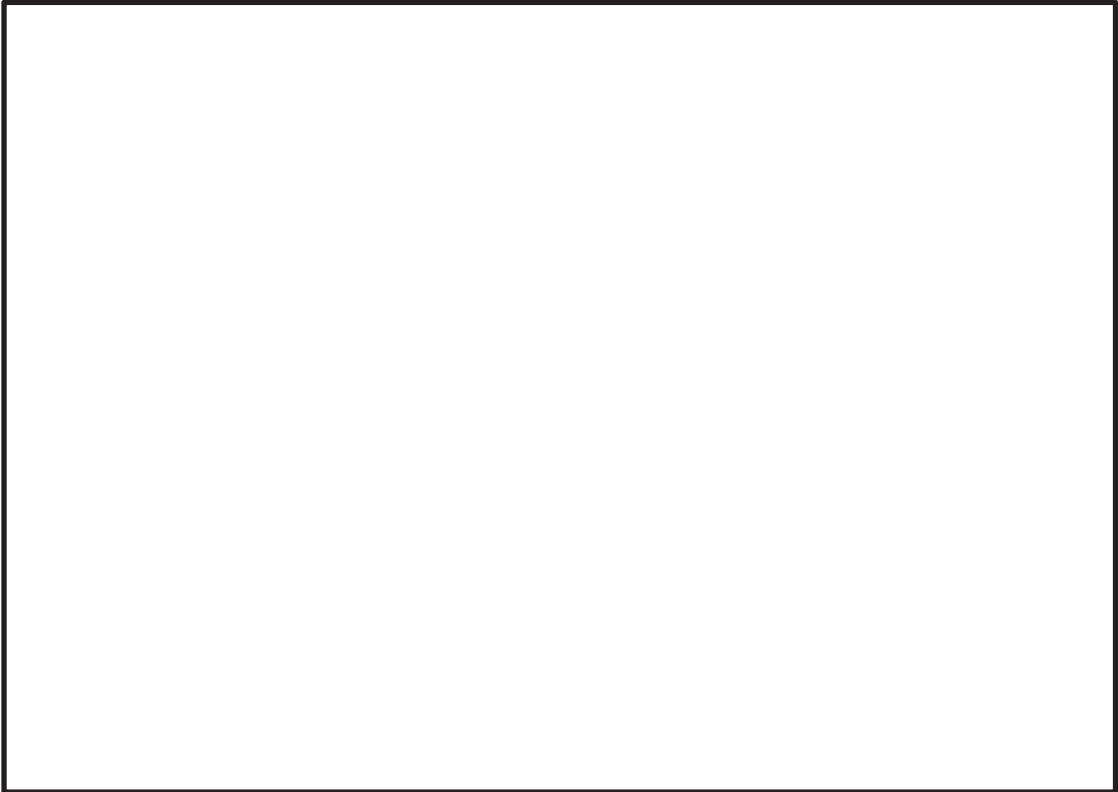


図 5-1 評価の対象とする浸水防止蓋及び固定ボルト
(地下軽油タンク燃料移送ポンプ室アクセス用浸水防止蓋 (No. 1) (No. 2))

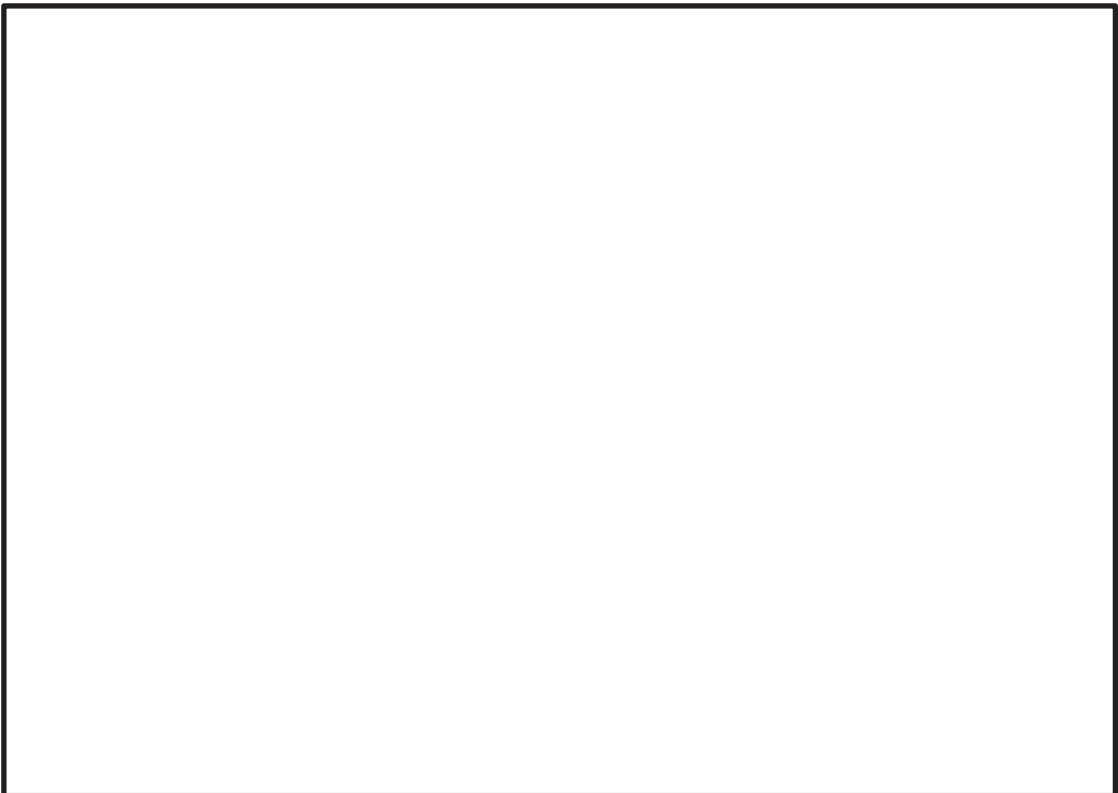


図 5-2 評価の対象とする浸水防止蓋及び固定ボルト
(地下軽油タンク機器搬出入用浸水防止蓋)

5.6 評価条件

浸水防止蓋の耐震評価に用いる入力値を表 5-7 及び表 5-8 に示す。

表 5-7 浸水防止蓋（地下軽油タンク燃料移送ポンプ室アクセス用浸水防止蓋（No.1）
（No.2））の耐震評価に用いる入力値

評価対象部位	記号	単位	定義	数値
共通	g	m/s ²	重力加速度	9.80665
	P _s	Pa	積雪荷重	301.0
浸水防止蓋	D	N	浸水防止蓋の固定荷重	3.040×10 ³
	a	mm	浸水防止蓋の長さ（長辺）	1.336×10 ³
	b	mm	浸水防止蓋の幅（短辺）	1.070×10 ³
	A	mm ²	浸水防止蓋の面積	1.430×10 ⁶
	t	mm	浸水防止蓋の厚さ	16
固定ボルト①	D ₁	N	浸水防止蓋の固定荷重	3.040×10 ³
	n ₁	本	固定ボルト①の本数	8
	A _{b1}	mm ²	固定ボルト①の呼び径断面積	201.1
固定ボルト②	D ₂	N	浸水防止蓋，固定ボルト①及び中間リングの固定荷重	4.590×10 ³
	n ₂	本	固定ボルト②の本数	12
	A _{b2}	mm ²	固定ボルト②の呼び径断面積	201.1
固定ボルト③	D ₃	N	浸水防止蓋，固定ボルト①，中間リング，固定ボルト②及び埋込リングの固定荷重	6.472×10 ³
	n ₃	本	固定ボルト③の本数	16
	A _{b3}	mm ²	固定ボルト③の呼び径断面積	201.1

表 5-8 浸水防止蓋（地下軽油タンク機器搬出入用浸水防止蓋）の耐震評価に用いる入力値

評価対象部位	記号	単位	定義	数値
共通	g	m/s ²	重力加速度	9.80665
	P _s	Pa	積雪荷重	301.0
浸水防止蓋	D	N	固定荷重	2.550×10 ³
	a	mm	浸水防止蓋の長さ（長辺）	1.336×10 ³
	b	mm	浸水防止蓋の幅（短辺）	1.070×10 ³
	A	mm ²	浸水防止蓋の面積	1.376×10 ⁶
	t	mm	浸水防止蓋の厚さ	16
固定ボルト①	D ₁	N	浸水防止蓋の固定荷重	2.550×10 ³
	n ₁	本	固定ボルト①の本数	8
	A _{b1}	mm ²	固定ボルト①の呼び径断面積	201.1
固定ボルト②	D ₂	N	浸水防止蓋，固定ボルト①及び中間リングの固定荷重	4.295×10 ³
	n ₂	本	固定ボルト②の本数	12
	A _{b2}	mm ²	固定ボルト②の呼び径断面積	201.1
固定ボルト③	D ₃	N	浸水防止蓋，固定ボルト①，中間リング，固定ボルト②及び埋込リングの固定荷重	6.178×10 ³
	n ₃	本	固定ボルト③の本数	16
	A _{b3}	mm ²	固定ボルト③の呼び径断面積	201.1

6. 評価結果

浸水防止蓋の耐震評価結果を表 6-1 に示す。全ての部材において発生応力が許容応力以下であることを確認した。

表 6-1 耐震評価結果

評価対象部位		評価応力	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)
地下軽油タンク 燃料移送ポンプ室 アクセス用 浸水防止蓋 (No. 1) , (No. 2)	浸水防止蓋	曲げ	10	204
		せん断	1	117
		組合せ*	11	204
	固定ボルト①	せん断	4	117
	固定ボルト②	せん断	4	117
	固定ボルト③	せん断	4	117
地下軽油タンク 機器搬出入用 浸水防止蓋	浸水防止蓋	曲げ	8	204
		せん断	1	117
		組合せ*	9	204
	固定ボルト①	せん断	4	117
	固定ボルト②	せん断	4	117
	固定ボルト③	せん断	4	117

注記*：浸水防止蓋の組合せ応力値は曲げとせん断の組合せである。

- 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
- 6.5.3 浸水防止蓋に関する補足説明
- 6.5.3.12 浸水防止蓋（第2号機軽油タンクエリア）の強度計算書に関する補足説明

目 次

1. 概要	6.5.3.12-1
2. 一般事項	6.5.3.12-2
2.1 配置概要	6.5.3.12-2
2.2 構造計画	6.5.3.12-3
2.3 評価方針	6.5.3.12-4
2.4 適用規格・基準等	6.5.3.12-5
2.5 記号の説明	6.5.3.12-6
3. 評価対象部位	6.5.3.12-8
4. 固有値解析	6.5.3.12-9
4.1 固有振動数の計算方法	6.5.3.12-9
4.2 固有振動数の計算条件	6.5.3.12-10
4.3 固有振動数の計算結果	6.5.3.12-11
5. 構造強度評価	6.5.3.12-12
5.1 構造強度評価方法	6.5.3.12-12
5.2 荷重及び荷重の組合せ	6.5.3.12-12
5.3 許容限界	6.5.3.12-15
5.4 評価方法	6.5.3.12-17
5.5 評価条件	6.5.3.12-21
6. 評価結果	6.5.3.12-23

1. 概要

本資料は、添付書類「VI-3-別添 3-1 津波への配慮が必要な施設の強度計算の方針」に基づき、浸水防護施設のうち地下軽油タンク燃料移送ポンプ室アクセス用浸水防止蓋（No.1）、（No.2）及び地下軽油タンク機器搬出入用浸水防止蓋（以下「浸水防止蓋」という。）が地震による溢水に加えて津波の流入を考慮した浸水に伴う津波荷重及び余震を考慮した荷重に対して、主要な構造部材が構造健全性を有することを確認するものである。

なお、浸水防止蓋の強度評価においては、平成23年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震による地殻変動に伴い、牡鹿半島全体で約1mの地盤沈下が発生したことを考慮する。

2. 一般事項

2.1 配置概要

浸水防止蓋は、屋外タンク等の損傷による浸水及び補機冷却海水系放水路からの浸水を防止するために設置する。

浸水防止蓋の設置位置図を図 2-1、浸水対策図を図 2-2 に示す。

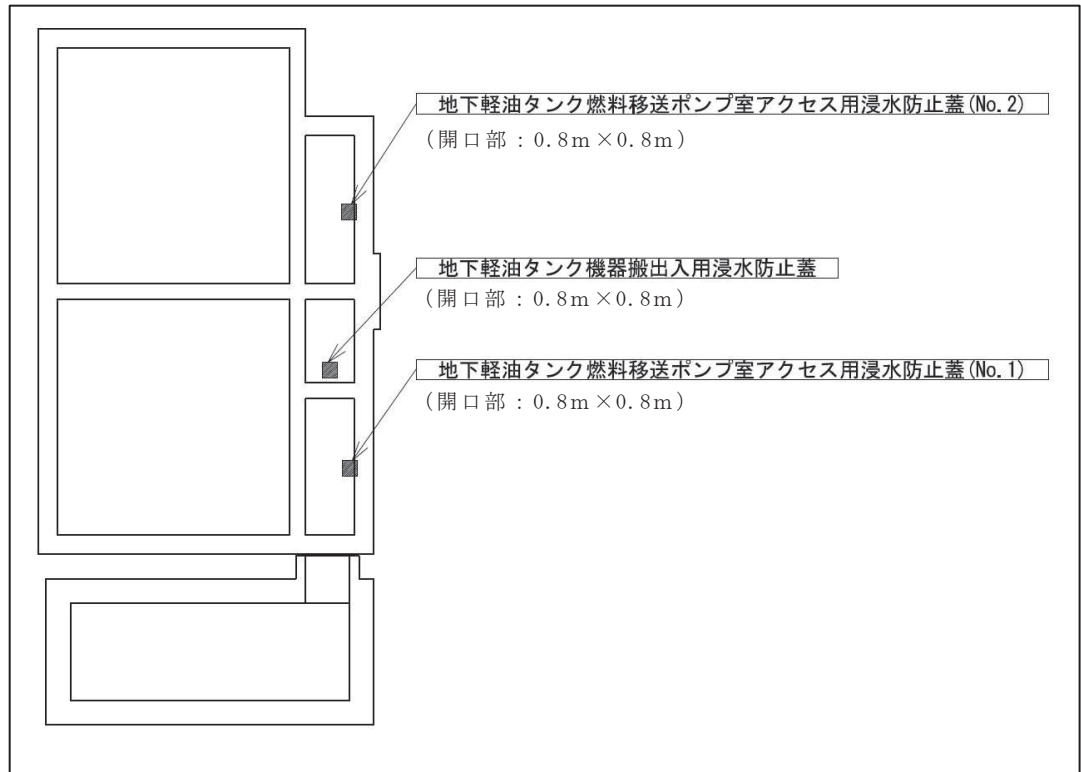


図 2-1 浸水防止蓋の設置位置図 (軽油タンクエリア上部)

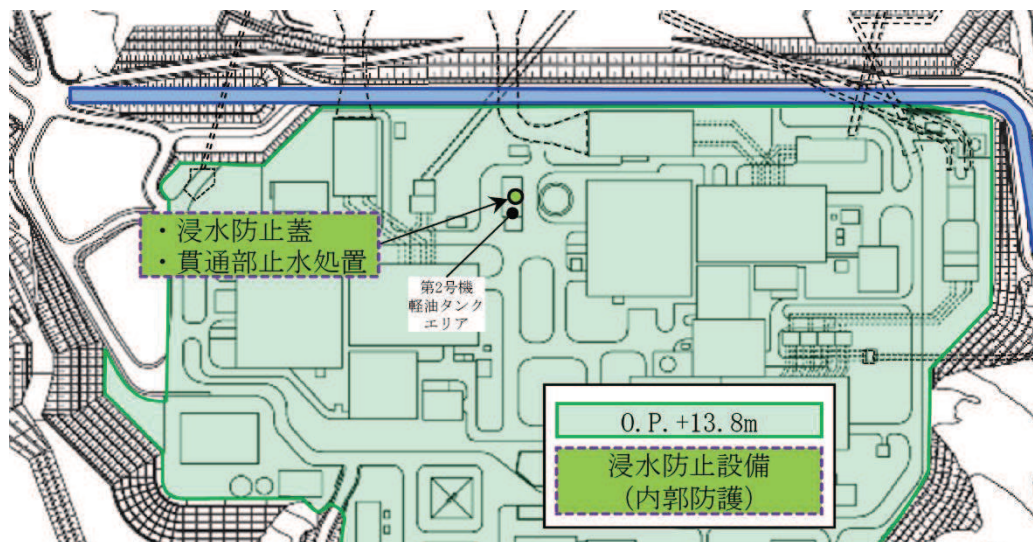

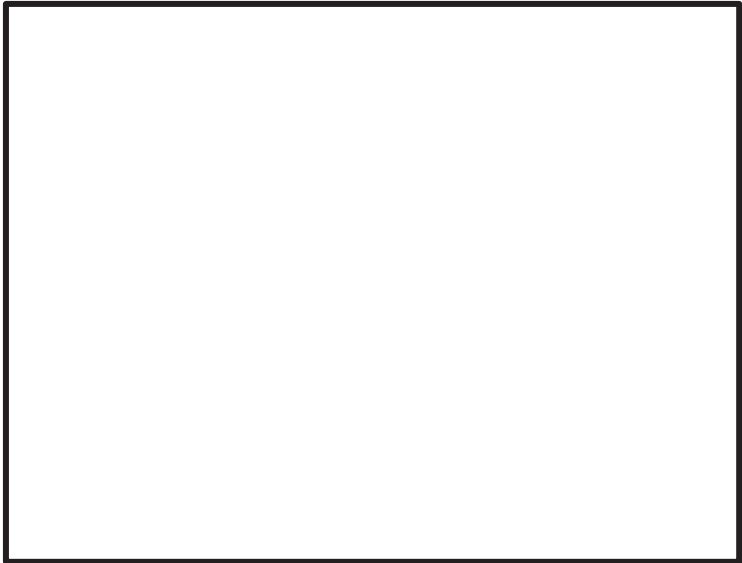


図 2-2 軽油タンクエリア 浸水対策配置図

2.2 構造計画

浸水防止蓋は、軽油タンクエリア上部（開口部）に固定ボルトにて固定することで止水性を確保する構造とする。浸水防止蓋の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 浸水防止蓋の構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
軽油タンクエリア上部（開口部）に固定ボルトで固定する。	浸水防止蓋及び固定ボルトにより構成する。	 <p>地下軽油タンク燃料移送ポンプ室アクセス用浸水防止蓋 (No.1), (No.2)</p>  <p>地下軽油タンク機器搬出入用浸水防止蓋</p>

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

2.3 評価方針

浸水防止蓋の強度評価は、添付書類「VI-3-別添 3-1 津波への配慮が必要な施設の強度計算の方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき、「2.2 構造計画」に示す浸水防止蓋の構造を踏まえ、「3. 評価対象部位」にて設定する評価対象部位において、「4. 固有値解析」で算出した固有振動数に基づく設計用地震力により算出した応力等が許容限界内に収まることを、「5. 構造強度評価」に示す方法にて確認する。応力評価の確認結果を「6. 評価結果」にて確認する。

強度評価フローを図 2-3 に示す。

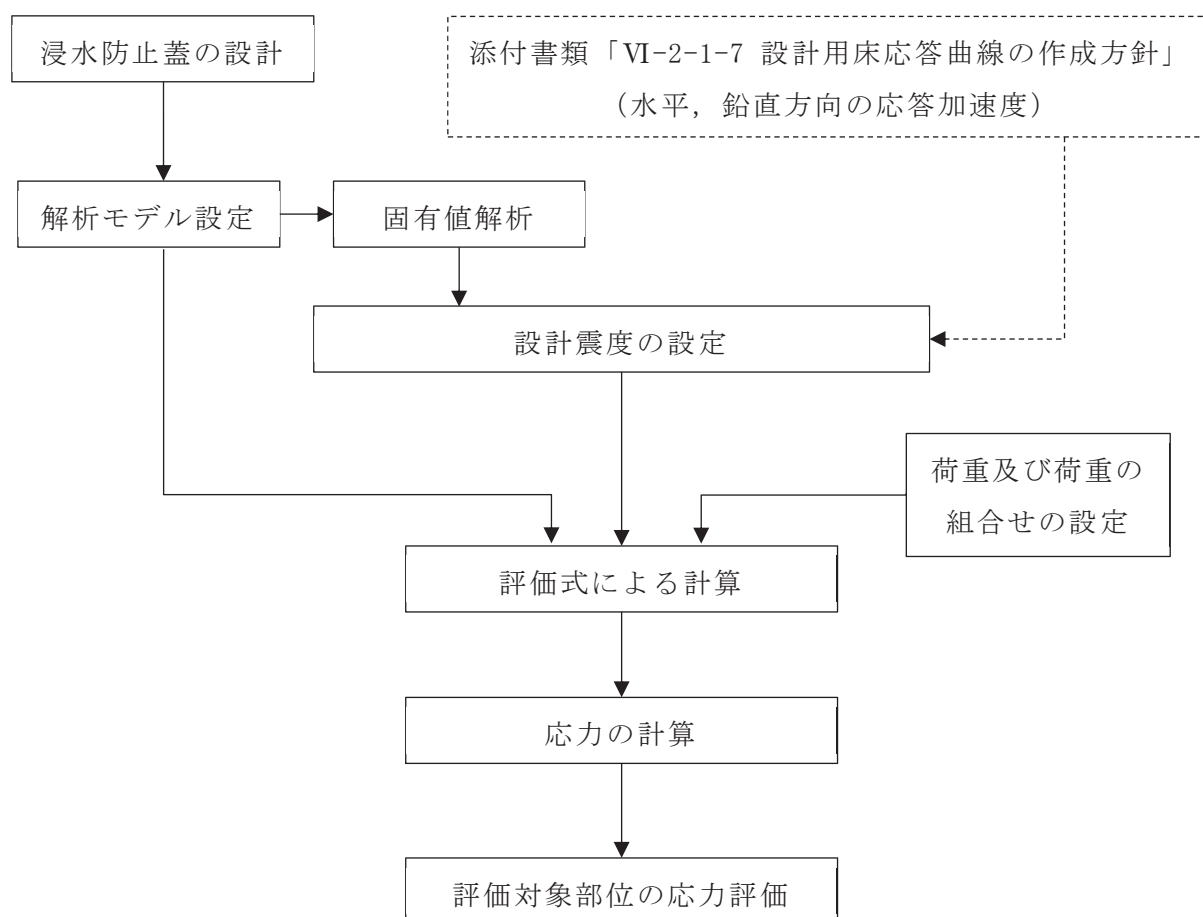


図 2-3 強度評価フロー

2.4 適用規格・基準等

適用する規格・基準等を以下に示す。

- (1) 発電用原子力設備規格 設計・建設規格 (2005 年版 (2007 年追補版含む) J S
M E S N C 1 - 2005 / 2007 (日本機械学会)) (以下, 設計・建設規格という。)
- (2) 原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編 J E A G 4 6 0
1 ・ 補 - 1984 (日本電気協会)
- (3) 原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 - 1987 (日本電気協会)
- (4) 原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 - 1991 追補版 (日本電気
協会) (以下「J E A G 4 6 0 1」と記載しているものは上記 3 指針を指す。)
- (5) 機械工学便覧 (日本機械学会)
- (6) 日本産業規格 (J I S)

2.5 記号の説明

浸水防止蓋の強度評価に用いる記号を表 2-2 に示す。

表 2-2 強度評価に用いる記号 (1/2)

記号	単位	定義
a	mm	浸水防止蓋の長さ (長辺)
b	mm	浸水防止蓋の幅 (短辺)
g	m/s ²	重力加速度
t	mm	浸水防止蓋の板厚
m	kg	浸水防止蓋を構成する部材の重量
D	N	固定荷重
P _s	N	積雪荷重
F	MPa	許容応力算定用基準値 設計・建設規格 SSB-3121.1(1)a.(b)に定める, S _y 及び 0.7・S _u のいずれか小さい方の値とする。
f _b	MPa	許容曲げ応力 設計・建設規格 SSB-3121.1(4)に定める値とする。
f _t	MPa	許容引張応力 設計・建設規格 SSB-3121.1(1)に定める値とする。
f _{ts}	MPa	せん断応力と引張応力を同時に受けるボルトの許容引張応力
f _s	MPa	許容せん断応力 設計・建設規格 SSB-3121.1(2)に定める値とする。
S _y	MPa	設計・建設規格の付録図表 Part5 表 8 に規定される材料の設計降伏点
S _u	MPa	設計・建設規格の付録図表 Part5 表 9 に規定される材料の設計引張強さ
S _d	N	弾性設計用地震動 S _d -D2 による余震荷重
C _H	—	弾性設計用地震動 S _d -D2 による水平方向の設計震度
C _V	—	弾性設計用地震動 S _d -D2 による鉛直方向の設計震度
K _{Hsd}	N	弾性設計用地震動 S _d -D2 による水平方向の地震荷重
K _{Vsd}	N	弾性設計用地震動 S _d -D2 による鉛直方向の地震荷重
P _h	MPa	地震による溢水に加えて津波の流入を考慮した浸水に伴う静水圧荷重
β ₂	—	浸水防止蓋の曲げ応力算定に用いる係数
ρ ₀	kg/m ³	海水の密度
h	mm	地震による溢水に加えて津波の流入を考慮した浸水に伴う津波荷重水位
ω	Pa/cm	積雪の単位荷重

表 2-2 強度評価に用いる記号 (2/2)

記号	単位	定義
A	mm ²	浸水防止蓋の面積
σ_b	MPa	浸水防止蓋に発生する最大曲げ応力
σ	MPa	浸水防止蓋に発生する曲げ応力とせん断応力の組合せ応力
τ	MPa	浸水防止蓋に発生する最大せん断応力
A _b	mm ²	ボルトの断面積
f _{t0}	MPa	ボルトに作用する許容引張応力 (f _t を 1.5 倍した値)
τ_{ksd}	MPa	ボルト 1 本あたりに加わるせん断応力
n	本	ボルトの本数

3. 評価対象部位

浸水防止蓋の評価対象部位は、添付書類「VI-3-別添 3-1 津波への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の「4.2 許容限界」にて設定している構造を踏まえて、津波及び余震に伴う荷重の作用方向及び伝達過程を考慮し設定する。

浸水防止蓋に対して浸水津波及び積雪、余震による荷重が作用し、これらの荷重は鋼製の浸水防止蓋より浸水防止蓋を固定している鋼製の固定ボルトに伝達することから、主要構成部材である浸水防止蓋及び固定ボルトを評価対象部位として設定する。

浸水防止蓋の強度評価における評価対象部位について図 3-1 及び図 3-2 に示す。



図 3-1 評価対象部位（地下軽油タンク燃料移送ポンプ室アクセス用浸水防止蓋
(No. 1) , (No. 2)）



図 3-2 評価対象部位（地下軽油タンク機器搬出入用浸水防止蓋）

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

4. 固有値解析

4.1 固有振動数の計算方法

浸水防止蓋の構造に応じて解析モデルを設定し、固有振動数を算出する。

4.1.1 解析モデルの設定

浸水防止蓋は、全周囲を固定ボルトにて固定された構造であることから、荷重がかかる浸水防止蓋は図 4-1 に示す周辺固定の長方形板モデルとする。

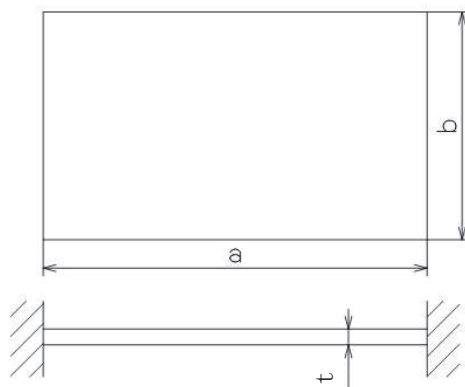


図 4-1 浸水防止蓋の概略モデル

4.1.2 記号の説明

浸水防止蓋の固有振動数算出に用いる記号を表 4-1 に示す。

表 4-1 固有振動数算出に用いる記号

記号	単位	定義
T	s	固有周期
f	Hz	一次固有振動数
b	mm	解析モデルの幅
t	mm	解析モデルの厚さ
g	m/s ²	重力加速度
λ	—	振動数係数（板モデルの固有振動数算出）
E	MPa	縦弾性係数 設計・建設規格の付録材料図表 Part6 表 1 より温度を考慮して求めた値
ρ	kg/m ³	材料の密度
ν	—	ポアソン比

4.1.3 固有振動数の算出方法

固有周期 T 及び周辺固定の長方形板モデルの一次固有振動数 f は、「機械工学便覧（日本機械学会）」より、次式を用いて算出する。

$$T = \frac{1}{f}$$

$$f = \frac{\lambda \cdot \pi \cdot \frac{t}{2}}{2 \cdot b^2} \sqrt{\frac{E \cdot g}{3 \cdot (1 - \nu^2) \cdot \rho}}$$

4.2 固有振動数の計算条件

表 4-2 に固有振動数の計算条件を示す。

表 4-2 固有振動数の計算条件（1/2）

設備名称	材質	浸水防止蓋の厚さ t (mm)	浸水防止蓋の幅 a (mm)	浸水防止蓋の長さ b (mm)	振動数係数 λ^{*1}
地下軽油タンク 燃料移送ポンプ室 アクセス用浸水防止蓋 (No.1) , (No.2)	SUS304	16	1.336×10^3	1.070×10^3	2.74
地下軽油タンク 機器搬出入用浸水防止蓋	SUS304	16	1.336×10^3	1.030×10^3	2.74

表 4-2 固有振動数の計算条件（2/2）

温度条件 ^{*2} (°C)	縦弾性係数 E (MPa)	重力加速度 g (m/s ²)	ポアソン比 ν	材料の密度 ρ (kg/m ³)
40	1.94×10^5	9.80665	0.3	7.93×10^3

注記*1：浸水防止蓋の振動数係数 λ は、いずれも $1 < a/b < 1.5$ のため、より小さな値として算出される $a/b = 1.5$ の場合の定数 $\lambda = 2.74$ を用いた。

*2：屋外設備としての環境条件を考慮する。

4.3 固有振動数の計算結果

固有振動数の計算結果を表 4-3 に示す。固有振動数は 20Hz 以上であることから、剛構造である。

表 4-3 固有振動数の計算結果

機器名称	固有振動数 (Hz)
地下軽油タンク燃料移送ポンプ室アクセス用浸水防止蓋 (No. 1) , (No. 2)	90.03
地下軽油タンク機器搬出入用浸水防止蓋	97.16

5. 構造強度評価

5.1 構造強度評価方法

浸水防止蓋の強度評価は、添付書類「VI-3-別添 3-1 津波への配慮が必要な施設の強度計算の方針」にて設定している荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界を踏まえて、「3. 評価対象部位」にて設定する評価対象部位に作用する応力等が「5.3 許容限界」にて示す許容限界以下であることを確認する。

5.2 荷重及び荷重の組合せ

5.2.1 荷重の組合せ

浸水防止蓋の評価に用いる荷重の組合せを下記に示す。

$$D + P_h + S_d + P_s$$

- ここで、 D : 固定荷重
 P_h : 地震による溢水に加えて津波の流入を考慮した浸水に伴う静水圧荷重
 S_d : 弾性設計用地震動 $S_d - D 2$ による余震荷重
 P_s : 積雪荷重

5.2.2 荷重の設定

強度評価に用いる荷重は以下のとおりとする。

(1) 固定荷重 (D)

常時作用する固定荷重として、浸水防止蓋を構成する部材の自重を考慮し、以下の式により算出する。

$$D = m \cdot g$$

- ここで、 D : 固定荷重 (N)
 m : 浸水防止蓋を構成する部材の重量 (kg)
 g : 重力加速度 (m/s^2)

(2) 浸水津波荷重 (P_h)

浸水津波荷重として、地震による溢水に加えて津波の流入を考慮した浸水に伴う津波荷重水位を考慮し、以下の式より算出する。

$$P_h = \rho_0 \cdot g \cdot h$$

- ここで、 P_h : 地震による溢水に加えて津波の流入を考慮した浸水に伴う静水圧荷重 (MPa)
 ρ_0 : 海水の密度 (kg/m^3)
 g : 重力加速度 (m/s^2)
 h : 地震による溢水に加えて津波の流入を考慮した浸水に伴う津波荷重水位 (mm)

(3) 余震荷重 (S_d)

余震荷重として、添付書類「VI-3-別添 3-1 津波への配慮が必要な施設の強度計算の方針」に示す弾性設計用地震動に伴う地震力を考慮する。

$$K_{H s d} = C_H \cdot (D + (P_h + P_s) \cdot A)$$

$$K_{V s d} = C_V \cdot (D + (P_h + P_s) \cdot A)$$

- ここで、 $K_{H s d}$: 弾性設計用地震動 S_d - D₂ による水平方向の地震荷重 (N)
 $K_{V s d}$: 弾性設計用地震動 S_d - D₂ による鉛直方向の地震荷重 (N)
 C_H : 弾性設計用地震動 S_d - D₂ による水平方向の設計震度
 C_V : 弾性設計用地震動 S_d - D₂ による鉛直方向の設計震度
 D : 固定荷重 (N)
 P_h : 地震による溢水に加えて津波の流入を考慮した浸水に伴う静水圧荷重 (MPa)
 P_s : 積雪荷重 (Pa)
 A : 浸水防止蓋の面積 (mm²)

(4) 積雪荷重 (P_s)

積雪荷重として、添付書類「VI-1-1-2 発電用原子炉施設の自然現象等による損傷の防止に関する説明書」のうち、添付資料「VI-1-1-2-1-1 発電用原子炉施設に対する自然現象等による損傷の防止に関する基本方針」に基づき 43cm の積雪量を想定し、平均的な積雪荷重を与えるための係数 0.35 を考慮する。

積雪荷重による質量を以下の式より算出する。

$$P_s = 0.35 \cdot \omega \cdot 43$$

- ここで、 P_s : 積雪荷重 (Pa)
 ω : 積雪の単位荷重 20 (Pa/cm)

5.2.3 設計用地震力

「4. 固有値解析」に示したとおり，浸水防止蓋の固有振動数が 20Hz 以上であることを確認したため，浸水防止蓋の強度評価に用いる設計震度は，添付書類「VI-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に示す軽油タンク室（ポンプ室）における最大応答加速度の 1.2 倍を考慮して設定する。

浸水防止蓋の強度評価に用いる設計震度を表 5-1 に示す。

なお，添付書類「VI-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に基づき作成した，軽油タンク室（ポンプ室）の弾性設計用地震動 S d - D 2 に対する設計用震度（強度評価用：1.2ZPA）を表 5-2 に示す。

表 5-1 設計震度

地震動	設置場所及び床面高さ (m)	水平方向設計震度 C_H^*	鉛直方向設計震度 C_V^*
弾性設計用 地震動 S d - D 2	軽油タンク室（ポンプ室） O.P. 13.80	0.97	0.48

注記*：「4. 固有値解析」より，浸水防止蓋の固有振動数が 20Hz 以上であることを確認していること，また，機器・配管系として設計していることから，最大応答加速度の 1.2 倍を考慮した設計震度を設定した。

表 5-2 軽油タンク室（ポンプ室）内機器等の評価用震度（余震評価用）

（強度評価用：1.2ZPA）（弾性設計用地震動 S d - D 2，不確かさ包絡）

標高*1 O.P.(m)	動的震度(1.2ZPA) (単位:G)			
	NS(ポンプ室)	EW(ポンプ室)	水平包絡	鉛直
14.8	0.97	0.82	0.97	0.48
9.5	0.77	0.76	0.77	0.47

注記 *1：耐津波設計においては，平成 23 年 3 月 11 日に発生した東北地方太平洋沖地震による地殻変動に伴う，牡鹿半島全体で約 1m の地盤沈下を考慮するため，表記 O.P. より -1m した値を記載する。

5.3 許容限界

浸水防止蓋の許容限界は、「3. 評価対象部位」にて設定した部位に対し、添付資料「VI-3-別添 3-1 津波への配慮が必要な施設の強度計算の方針」にて設定している許容限界を踏まえ設定する。

5.3.1 使用材料

浸水防止蓋を構成する浸水防止蓋，固定ボルト①，固定ボルト②及び固定ボルト③の使用材料を表 5-2 に示す。

表 5-2 使用材料

評価対象部位	材質	仕様
浸水防止蓋	SUS304	厚さ 16 mm
固定ボルト①②③	SUS304	M16

5.3.2 許容限界

浸水防止蓋の許容限界は、添付書類「VI-3-別添 3-1 津波への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の「4.2 許容限界」にて設定している許容限界を踏まえ、設計・建設規格に準じた許容応力を用いる。なお、浸水防止蓋の浮き上がりによるボルトの引張が起これないため、固定ボルトの発生応力においては引張を考慮しないことから、引張応力及び組合せ応力については許容限界を設定しない。

浸水防止蓋及び固定ボルトの許容限界を表 5-3 に、許容応力評価条件を表 5-4 に、許容応力算出結果を表 5-5 にそれぞれ示す。

表 5-3 浸水防止蓋及び固定ボルトの許容限界（許容応力）

許容応力状態	許容限界* ¹ (MPa)					
	浸水防止蓋			固定ボルト①②③		
	一次応力			一次応力		
	曲げ* ³	せん断* ⁴	組合せ* ⁵	引張* ⁶	せん断* ⁷	組合せ* ⁸
Ⅲ _{AS} * ²	$1.5 \cdot f_b$	$1.5 \cdot f_s$	$1.5 \cdot f_t$	$1.5 \cdot f_t$	$1.5 \cdot f_s$	f_{ts}

注記*1：曲げ及びせん断は、J E A G 4 6 0 1 を準用し、「その他の支持構造物」の許容限界を適用する。組合せは、設計・建設規格による。

*2：地震後、津波後の再使用性や津波の繰返し作用を想定し、当該構造物全体の変形能力に対して浸水防護機能として十分な余裕を有するよう、設備を構成する材料が弾性域内に収まることを基本とする。

*3：許容曲げ応力 $1.5 \cdot f_b$ は、以下の式により算出する。

$$1.5 \cdot f_b = 1.5 \cdot (F / 1.5)$$

*4：許容せん断応力 $1.5 \cdot f_s$ は、以下の式により算出する。

$$1.5 \cdot f_s = 1.5 \cdot (F / 1.5\sqrt{3})$$

*5：曲げ応力とせん断応力を同時に受ける浸水防止蓋の許容組合せ応力 $1.5 \cdot f_t$ は、以下の式により算出する。

$$1.5 \cdot f_t = 1.5 \cdot (F / 1.5)$$

*6：許容引張応力 $1.5 \cdot f_t$ は、以下の式により算出する。

$$1.5 \cdot f_t = 1.5 \cdot (F / 2)$$

*7：許容せん断応力 $1.5 \cdot f_s$ は、以下の式により算出する。

$$1.5 \cdot f_s = 1.5 \cdot (F / 1.5\sqrt{3})$$

*8：せん断応力と引張応力を同時に受けるボルトの許容引張応力 f_{ts} は、次のいずれか小さい方の値から算出する。

$$f_{ts} = 1.4 \cdot f_{t0} - 1.6 \tau_{kss}$$

$$f_{ts} = f_{t0}$$

表 5-4 許容応力評価条件

評価対象部位	材料	温度条件 (°C)	S_y (MPa)	S_u (MPa)	F^* (MPa)
浸水防止蓋	SUS304	40	205	520	205
固定ボルト①					
固定ボルト②					
固定ボルト③					

注記*： $F = \text{Min} [S_y, 0.7 \cdot S_u]$ とする。

表 5-5 許容応力算出結果

許容応力 状態	評価対象 部位	許容限界 (ボルト以外)			許容限界 (ボルト)	
		一次応力			一次応力	
		曲げ (MPa)	せん断 (MPa)	組合せ (MPa)	引張 (MPa)	せん断 (MPa)
Ⅲ _{AS}	浸水防止蓋	204	117	204	—	—
	固定ボルト①	—	—	—	—	117
	固定ボルト②	—	—	—	—	117
	固定ボルト③	—	—	—	—	117

5.4 評価方法

浸水防止蓋，固定ボルト①，固定ボルト②及び固定ボルト③に発生する応力より算出する応力度が，許容限界以下であることを確認する。図 5-1，図 5-2 に評価の対象とする浸水防止蓋及び固定ボルトを示す。

5.4.1 浸水防止蓋

四辺を固定された長方形板に等分布荷重が作用した際に，浸水防止蓋に発生する曲げ応力及びせん断応力は，「機械工学便覧（日本機械学会）」より以下の式にて算出する。

(1) 最大曲げ応力

$$\sigma_b = \frac{\beta_2 \cdot \left(\frac{D + K_{Vsd}}{A} + P_h + P_s \right) \cdot b^2}{t^2}$$

- ここで， σ_b : 浸水防止蓋に発生する最大曲げ応力 (MPa)
 β_2 : 浸水防止蓋の曲げ応力算定に用いる係数
 D : 浸水防止蓋の固定荷重 (N)
 K_{Vsd} : 弾性設計用地震動 $S_d - D2$ による鉛直方向の地震荷重 (N)
 A : 浸水防止蓋の面積 (mm^2)
 P_h : 地震による溢水に加えて津波の流入を考慮した浸水に伴う静水圧荷重 (MPa)
 P_s : 積雪荷重 (Pa)
 b : 浸水防止蓋の長さ（短辺） (mm)
 t : 浸水防止蓋の厚さ (mm)

(2) 最大せん断応力

$$\tau = \frac{D + K_{Vsd} + (P_h + P_s) \cdot A}{t \cdot (a + b) \cdot 2}$$

- ここで， τ : 浸水防止蓋に発生する最大せん断応力 (MPa)
 D : 浸水防止蓋の固定荷重 (N)
 K_{Vsd} : 弾性設計用地震動 $S_d - D2$ による鉛直方向の地震荷重 (N)
 P_h : 地震による溢水に加えて津波の流入を考慮した浸水に伴う静水圧荷重 (MPa)
 P_s : 積雪荷重 (Pa)
 A : 浸水防止蓋の面積 (mm^2)
 t : 浸水防止蓋の厚さ (mm)
 a : 浸水防止蓋の長さ（長辺） (mm)
 b : 浸水防止蓋の長さ（短辺） (mm)

(3) 組合せ応力評価

浸水防止蓋に発生する曲げ応力やせん断応力の組合せ応力を以下の式より算出する。

$$\sigma = \sqrt{\sigma_b^2 + 3 \cdot \tau^2} \quad *$$

注記*：設計・建設規格 SSB-3121.1

ここで、 σ : 浸水防止蓋に発生する曲げ応力とせん断応力の組合せ応力 (MPa)

σ_b : 浸水防止蓋に発生する最大曲げ応力 (MPa)

τ : 浸水防止蓋に発生する最大せん断応力 (MPa)

5.4.2 固定ボルト①

固定ボルト①に作用するせん断荷重は、浸水防止蓋の水平方向荷重をすべての固定ボルト①で負担するものとして評価する。固定ボルト①のせん断応力を以下の式より算出する。

$$\tau_{k s d} = \frac{K_{H s d}}{n_1 \cdot A_{b 1}}$$

$$K_{H s d} = C_H \cdot (D_1 + P_s \cdot A)$$

ここで、 $\tau_{k s d}$: ボルト 1 本当たりに加わるせん断応力 (MPa)

$K_{H s d}$: 弾性設計用地震動 S d - D 2 による水平方向の地震荷重 (N)

C_H : 弾性設計用地震動 S d - D 2 による水平方向の設計震度

D_1 : 浸水防止蓋の固定荷重 (N)

P_s : 積雪荷重 (Pa)

A : 浸水防止蓋の面積 (mm²)

n_1 : 固定ボルト①の本数 (本)

$A_{b 1}$: 固定ボルト①の呼び径断面積 (mm²)

5.4.3 固定ボルト②

固定ボルト②に作用するせん断荷重は、浸水防止蓋、固定ボルト①及び中間リングの水平方向荷重をすべての固定ボルト②で負担するものとして評価する。固定ボルト②のせん断応力を以下の式より算出する。

$$\tau_{k s d} = \frac{K_{H s d}}{n_2 \cdot A_{b 2}}$$

$$K_{H s d} = C_H \cdot (D_2 + P_s \cdot A)$$

ここで、 $\tau_{k s d}$: ボルト 1 本あたりに加わるせん断応力 (MPa)
 $K_{H s d}$: 弾性設計用地震動 S d - D 2 による水平方向の地震荷重 (N)
 C_H : 弾性設計用地震動 S d - D 2 による水平方向の設計震度
 D_2 : 浸水防止蓋, 固定ボルト①及び中間リングの固定荷重 (N)
 P_s : 積雪荷重 (Pa)
 A : 浸水防止蓋の面積 (mm^2)
 n_2 : 固定ボルト②の本数 (本)
 $A_{b 2}$: 固定ボルト②の呼び径断面積 (mm^2)

5.4.4 固定ボルト③

固定ボルト③に作用するせん断荷重は、浸水防止蓋、固定ボルト①、中間リング、固定ボルト②及び埋込リングの水平方向荷重をすべての固定ボルト③で負担するものとして評価する。固定ボルト③のせん断応力を以下の式より算出する。

$$\tau_{k s d} = \frac{K_{H s d}}{n_3 \cdot A_{b 3}}$$

$$K_{H s d} = C_H \cdot (D_3 + P_s \cdot A)$$

ここで、 $\tau_{k s d}$: ボルト 1 本あたりに加わるせん断応力 (MPa)
 $K_{H s d}$: 弾性設計用地震動 S d - D 2 による水平方向の地震荷重 (N)
 C_H : 弾性設計用地震動 S d - D 2 による水平方向の設計震度
 D_3 : 浸水防止蓋, 固定ボルト①, 中間リング, 固定ボルト②及び埋込リングの固定荷重 (N)
 P_s : 積雪荷重 (Pa)
 A : 浸水防止蓋の面積 (mm^2)
 n_3 : 固定ボルト③の本数 (本)
 $A_{b 3}$: 固定ボルト③の呼び径断面積 (mm^2)

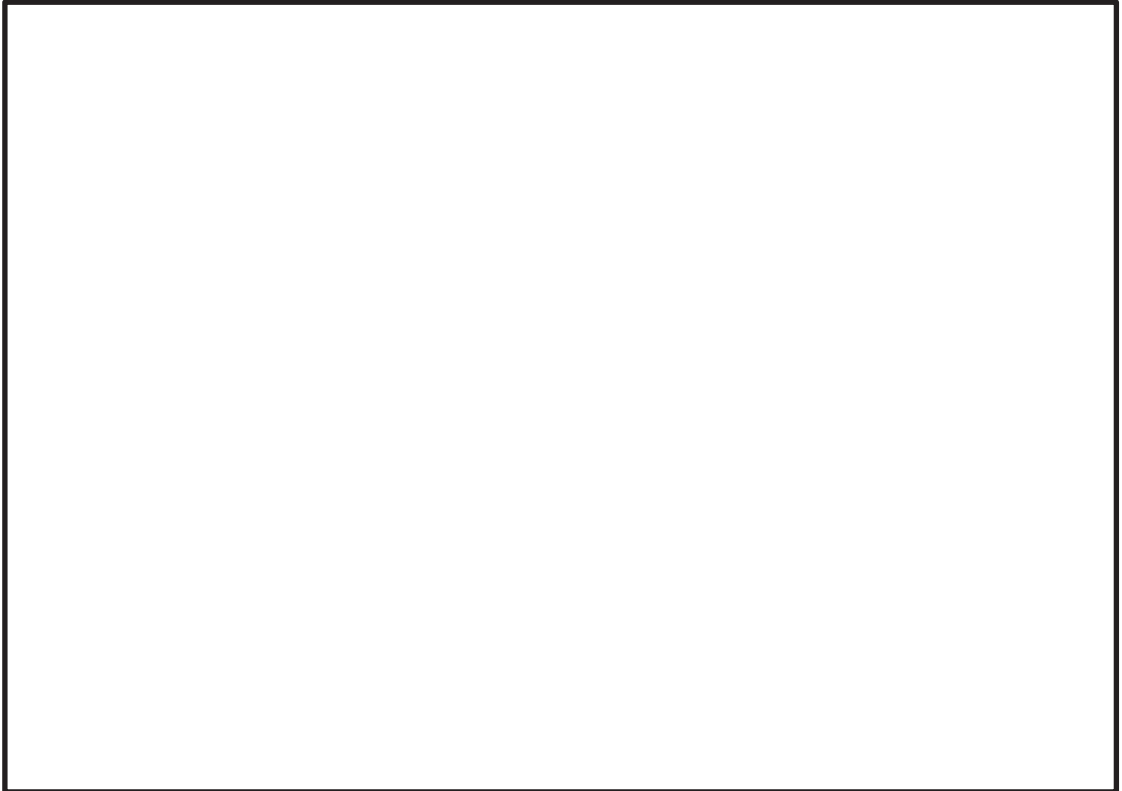


図 5-1 評価の対象とする浸水防止蓋及び固定ボルト
(地下軽油タンク燃料移送ポンプ室アクセス用浸水防止蓋 (No. 1) (No. 2))

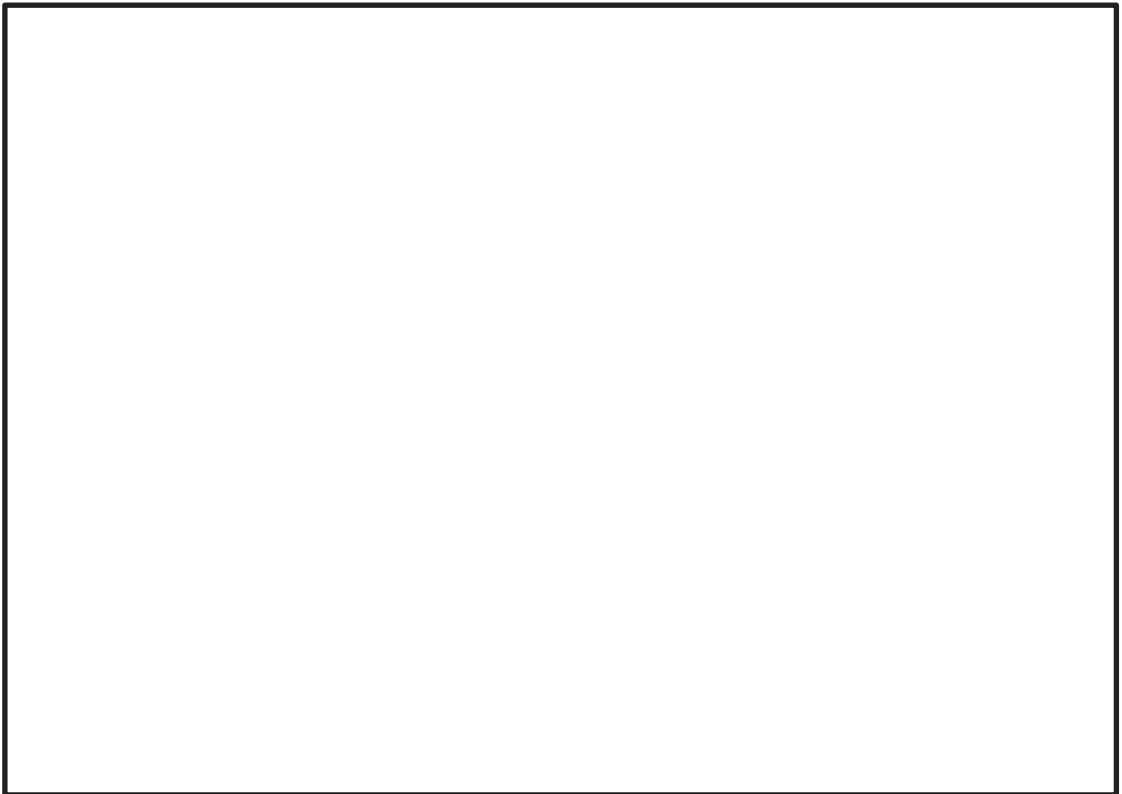


図 5-2 評価の対象とする浸水防止蓋及び固定ボルト
(地下軽油タンク機器搬出入用浸水防止蓋)

5.5 評価条件

浸水防止蓋の強度評価に用いる入力値を表 5-6 及び表 5-7 に示す。

表 5-6 浸水防止蓋（地下軽油タンク燃料移送ポンプ室アクセス用浸水防止蓋（No.1）
（No.2））の強度評価に用いる入力値

評価対象部位	記号	単位	定義	数値
共通	h	mm	地震による溢水に加えて津波の流入を考慮した浸水に伴う津波荷重水位	180
	ρ_0	kg/m ³	海水の密度	1.030×10 ³
	g	m/s ²	重力加速度	9.80665
	P _s	Pa	積雪荷重	301.0
浸水防止蓋	D	N	浸水防止蓋の固定荷重	3.040×10 ³
	a	mm	浸水防止蓋の長さ（長辺）	1.336×10 ³
	b	mm	浸水防止蓋の幅（短辺）	1.070×10 ³
	A	mm ²	浸水防止蓋の面積	1.430×10 ⁶
	t	mm	浸水防止蓋の厚さ	16
固定ボルト①	D ₁	N	浸水防止蓋の固定荷重	3.040×10 ³
	n ₁	本	固定ボルト①の本数	8
	A _{b1}	mm ²	固定ボルト①の呼び径断面積	201.1
固定ボルト②	D ₂	N	浸水防止蓋，固定ボルト①及び中間リングの固定荷重	4.590×10 ³
	n ₂	本	固定ボルト②の本数	12
	A _{b2}	mm ²	固定ボルト②の呼び径断面積	201.1
固定ボルト③	D ₃	N	浸水防止蓋，固定ボルト①，中間リング，固定ボルト②及び埋込リングの固定荷重	6.472×10 ³
	n ₃	本	固定ボルト③の本数	16
	A _{b3}	mm ²	固定ボルト③の呼び径断面積	201.1

表 5-7 浸水防止蓋（地下軽油タンク機器搬出入用浸水防止蓋）の強度評価に用いる入力値

評価対象部位	記号	単位	定義	数値
共通	h	mm	地震による溢水に加えて津波の流入を考慮した浸水に伴う津波荷重水位	180
	ρ_0	kg/m ³	海水の密度	1.030×10^3
	g	m/s ²	重力加速度	9.80665
	P_s	Pa	積雪荷重	301.0
浸水防止蓋	D	N	浸水防止蓋の固定荷重	2.550×10^3
	a	mm	浸水防止蓋の長さ（長辺）	1.336×10^3
	b	mm	浸水防止蓋の幅（短辺）	1.070×10^3
	A	mm ²	浸水防止蓋の面積	1.376×10^6
	t	mm	浸水防止蓋の厚さ	16
固定ボルト①	D_1	N	浸水防止蓋の固定荷重	2.550×10^3
	n_1	本	固定ボルト①の本数	8
	A_{b1}	mm ²	固定ボルト①の呼び径断面積	201.1
固定ボルト②	D_2	N	浸水防止蓋，固定ボルト①及び中間リングの固定荷重	4.295×10^3
	n_2	本	固定ボルト②の本数	12
	A_{b2}	mm ²	固定ボルト②の呼び径断面積	201.1
固定ボルト③	D_3	N	浸水防止蓋，固定ボルト①，中間リング，固定ボルト②及び埋込リングの固定荷重	6.178×10^3
	n_3	本	固定ボルト③の本数	16
	A_{b3}	mm ²	固定ボルト③の呼び径断面積	201.1

6. 評価結果

浸水防止蓋の強度評価結果を表 6-1 に示す。全ての部材において発生応力が許容応力以下であることを確認した。

表 6-1 強度評価結果

評価対象部位		評価応力	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)
地下軽油タンク 燃料移送ポンプ室 アクセス用 浸水防止蓋 (No. 1) , (No. 2)	浸水防止蓋	曲げ	13	204
		せん断	1	117
		組合せ*	14	204
	固定ボルト①	せん断	4	117
	固定ボルト②	せん断	4	117
	固定ボルト③	せん断	3	117
地下軽油タンク 機器搬出入用 浸水防止蓋	浸水防止蓋	曲げ	11	204
		せん断	1	117
		組合せ*	12	204
	固定ボルト①	せん断	4	117
	固定ボルト②	せん断	3	117
	固定ボルト③	せん断	3	117

注記*：浸水防止蓋の組合せ応力値は曲げとせん断の組合せである。

- 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
- 6.5.4 浸水防止壁に関する補足説明
- 6.5.4.1 浸水防止壁の耐震性についての計算書に関する補足説明

目 次

1. 概要	6.5.4.1-1
2. 一般事項	6.5.4.1-2
2.1 配置概要	6.5.4.1-2
2.2 構造計画	6.5.4.1-3
2.3 評価方針	6.5.4.1-4
2.4 適用規格・基準等	6.5.4.1-5
2.5 記号の説明	6.5.4.1-6
3. 評価対象部位	6.5.4.1-7
4. 固有値解析	6.5.4.1-8
4.1 固有振動数の計算方法	6.5.4.1-8
4.2 固有振動数の計算条件	6.5.4.1-9
4.3 固有振動数の計算結果	6.5.4.1-9
5. 構造強度評価	6.5.4.1-10
5.1 構造強度評価方法	6.5.4.1-10
5.2 荷重及び荷重の組合せ	6.5.4.1-10
5.3 許容限界	6.5.4.1-12
5.4 設計用地震力	6.5.4.1-16
5.5 評価方法	6.5.4.1-17
5.6 評価条件	6.5.4.1-20
6. 評価結果	6.5.4.1-22

1. 概要

本資料は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度に基づき、浸水防護施設のうち第2号機海水ポンプ室浸水防止壁（以下「浸水防止壁」という。）が設計用地震力に対して、主要な構造部材が十分な構造健全性を有することを確認するものである。その耐震評価は、浸水防止壁の固有値解析及び応力評価により行う。

浸水防止壁は、浸水防護施設としてSクラス施設に分類される。以下、浸水防護施設としての構造強度評価を示す。

なお、浸水防止壁の耐震評価においては、平成23年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震による地殻変動に伴い、牡鹿半島全体で約1mの地盤沈下が発生したことを考慮する。

2. 一般事項

2.1 配置概要

浸水防止壁は、第2号機海水ポンプ室（以下「海水ポンプ室」という。）躯体上部に設置する。

浸水防止壁の設置位置図を図2-1、浸水対策配置図を図2-2に示す。

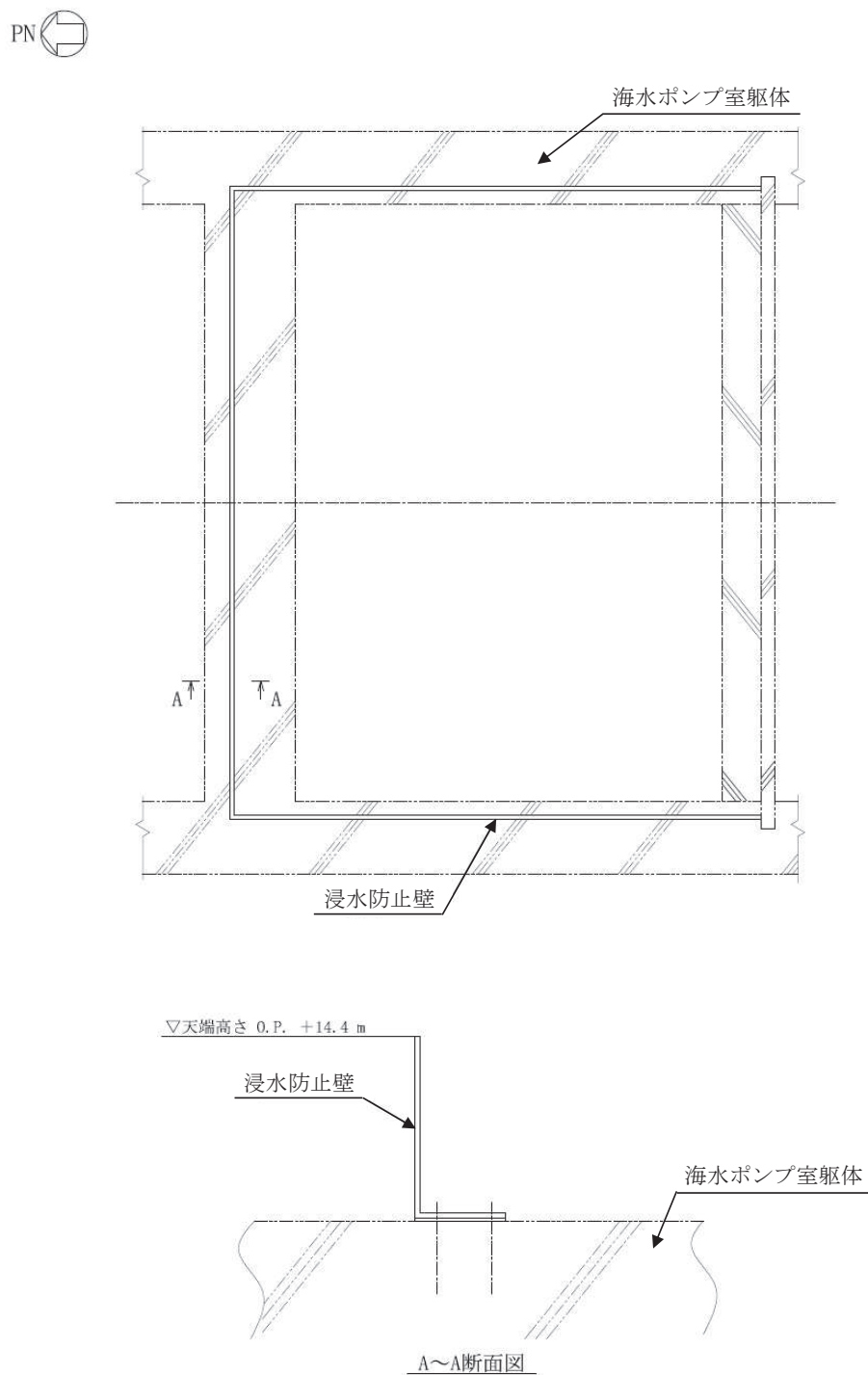


図 2-1 浸水防止壁の設置位置図

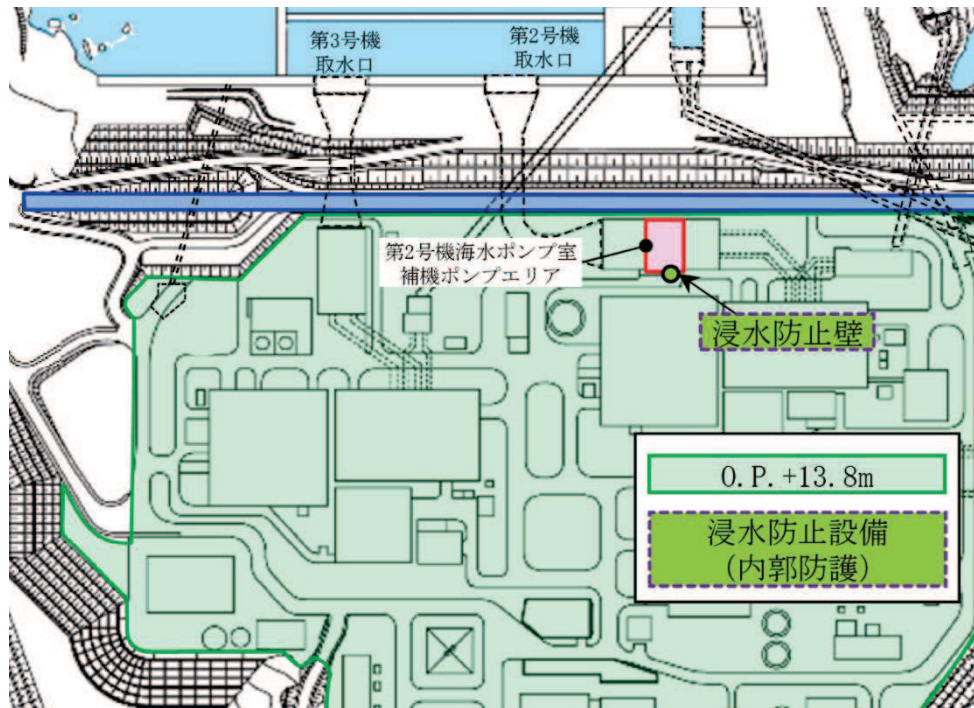


図 2-2 浸水対策配置図

2.2 構造計画

浸水防止壁は、海水ポンプ室躯体上部にL字型の浸水防止壁を設置する構造とする。浸水防止壁は、海水ポンプ室躯体との間にシール材を挟みこみ、基礎ボルトで固定する。浸水防止壁の構造計画を表 2-1 に、構造示す。

表 2-1 浸水防止壁の構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
海水ポンプ室の躯体上部に基礎ボルトで固定する。	浸水防止壁により構成する。	

2.3 評価方針

浸水防止壁の耐震評価は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき、「2.2 構造計画」に示す浸水防止壁の構造を踏まえ、「3. 評価対象部位」にて設定する評価対象部位において、「4. 固有値解析」で算出した固有振動数に基づく設計用地震力による応力等が許容限界内に収まることを、「5. 構造強度評価」にて示す方法にて確認する。応力評価の確認結果を「6. 評価結果」にて確認する。

耐震評価フローを図 2-3 に示す。

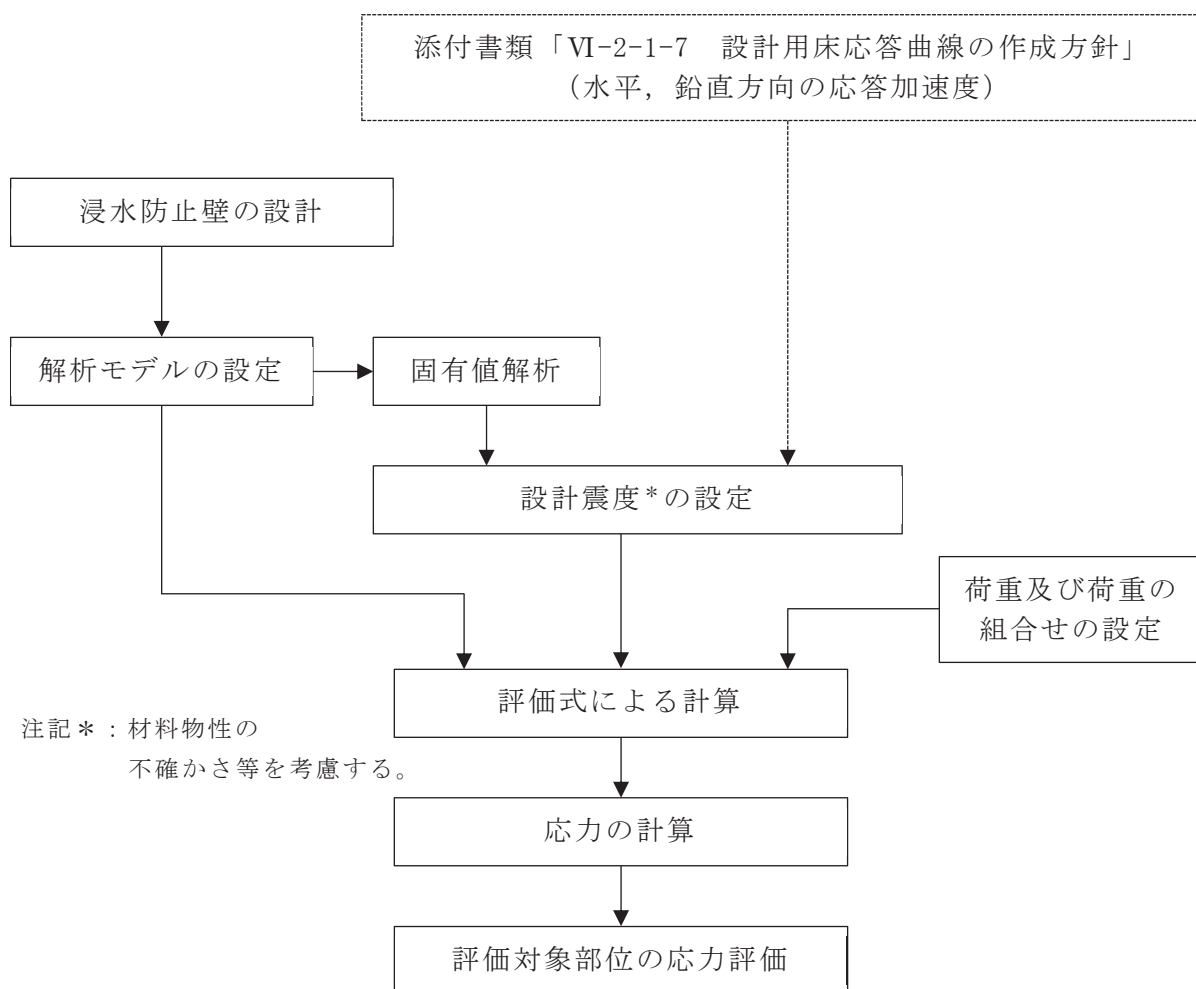


図 2-3 耐震評価フロー

2.4 適用規格・基準等

適用する規格・基準等を以下に示す。

- (1) 建築基準法（昭和 25 年 5 月 24 日法律第 201 号）
- (2) 建築基準法施行令（昭和 25 年 11 月 16 日政令第 338 号）
- (3) 日本建築学会 2005 年 鋼構造設計規準 -許容応力度設計法-
- (4) 日本建築学会 1999 年 鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説 -許容応力度設計法-
- (5) 日本建築学会 2010 年 各種合成構造設計指針・同解説
- (6) 日本建築学会 2004 年 建築物荷重指針・同解説

2.5 記号の説明

浸水防止壁の耐震評価に用いる記号を表 2-2 に示す。

表 2-2 耐震評価に用いる記号

記号	単位	定義
G	-	固定荷重
S_s	-	基準地震動 S_s による地震荷重
P_k	-	風荷重
w_s	N/mm	浸水防止壁の固定等分布荷重
W_v	N	浸水防止壁の固定荷重
$w_{s s H}$	N/mm	地震の水平方向の等分布荷重
$P_{s s V}$	N	地震の鉛直方向の荷重
C_H	-	基準地震動 S_s の水平方向の設計震度
C_V	-	基準地震動 S_s の鉛直方向の設計震度
w_{P_k}	N/mm	風の等分布荷重
q	N/mm ²	速度圧
C_f	-	風力係数
M	N・mm	浸水防止壁に作用する曲げモーメント
Q	N	浸水防止壁に作用するせん断力
H	mm	浸水防止壁の高さ
σ_b	N/mm ²	浸水防止壁の曲げ応力度
τ	N/mm ²	浸水防止壁のせん断応力度
σ	N/mm ²	浸水防止壁の組合せ応力度
A	mm ²	浸水防止壁の断面積
Z	mm ³	浸水防止壁の断面係数
$T_{b o}$	N	基礎ボルトに作用する引張力
$Q_{b o}$	N	基礎ボルトに作用するせん断力
b	mm	基礎ボルト間寸法
n	本	基礎ボルトの本数
P_a	N	基礎ボルトの短期許容引張力
q_a	N	基礎ボルトの短期許容せん断力

3. 評価対象部位

浸水防止壁の評価対象部位は、「2.2 構造計画」にて設定している構造を踏まえて、地震に伴う荷重の作用方向及び伝達過程を考慮し設定する。

浸水防止壁に対して、地震（ S_s ）及び風による荷重が作用し、これらの荷重は浸水防止壁に伝わり、浸水防止壁を固定している基礎ボルトを介して躯体に伝達されることから、浸水防止壁及び基礎ボルトを評価対象部位として設定する。評価対象部位を図 3-1 に示す。

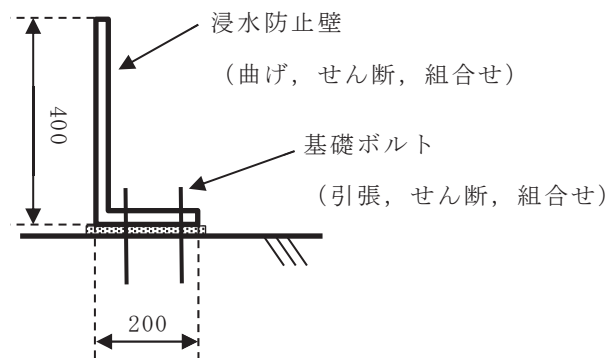


図 3-1 評価対象部位

4. 固有値解析

4.1 固有振動数の計算方法

浸水防止壁の構造に応じて解析モデルを設定し、固有振動数を算出する。

4.1.1 解析モデルの設定

浸水防止壁を図 4-1 に示す片持ち**はり**としてモデル化する。

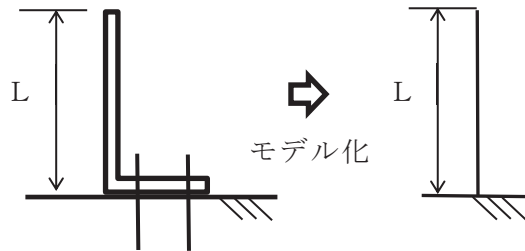


図 4-1 浸水防止壁の固有値解析モデル

4.1.2 記号の説明

浸水防止壁の固有振動数算出に用いる記号を表 4-1 に示す。

表 4-1 固有振動数算出に用いる記号

記号	単位	定義
f	Hz	固有振動数
δ_{st}	mm	質量が振動する方向にその質量の重さに等しい力が静的に作用するときのたわみ
w_s	N/mm	浸水防止壁の固定等分布荷重
L	mm	浸水防止壁の長さ
E	N/mm ²	浸水防止壁の縦弾性係数
I	mm ⁴	浸水防止壁の断面二次モーメント

4.1.3 固有振動数の算出方法

固有振動数 f は、「土木学会 構造力学公式集」より、次式を用いて算出する。

$$f = \frac{4.98}{\sqrt{\delta_{st} \cdot 10^{-1}}} \dots\dots\dots (4.1)$$

ここで、

$$\delta_{st} = \frac{w_s \cdot L^4}{8 \cdot E \cdot I} \dots\dots\dots (4.2)$$

4.2 固有振動数の計算条件

表 4-2 に固有振動数の計算条件を示す。なお、単位長さ (1000 mm) 当たりで計算を行う。

表 4-2 固有振動数の計算条件

たわみ δ_{st} (mm)	浸水防止壁 の固定等分 布荷重 w_s (N/mm)	浸水防止壁 長さ L (mm)	縦弾性係数 E (N/mm ²)	断面二次 モーメント I (mm ⁴)
0.1001	9.238×10^{-1}	400	2.05×10^5	1.440×10^5

$$W_s = \text{浸水防止壁厚さ } 12 \text{ mm} \times \text{単位長さ } 1000 \text{ mm} \times 10^{-9} \times \text{材料密度 } 7.85 \text{ t/m}^3 \times 9.80665$$

$$= 0.9238 \text{ N/mm}$$

$$I = 1/12 \times \text{単位長さ } 1000 \text{ mm} \times 12^3 \text{ mm} = 144000 \text{ mm}^4$$

$$\delta_{st} = 0.9238 \text{ N/mm} \times 400 \text{ mm} / (8 \times 2.05 \times 10^5 \text{ N/mm}^2 \times 1.440 \times 10^5 \text{ mm}^4)$$

$$= 0.1001 \text{ mm}$$

4.3 固有振動数の計算結果

表 4-3 に固有振動数の計算結果を示す。固有振動数は 20Hz 以上であることから、剛構造である。

表 4-3 固有振動数の計算結果

固有振動数 f (Hz)
49.78

5. 構造強度評価

5.1 構造強度評価方法

浸水防止壁の耐震評価は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界を踏まえて、「3. 評価対象部位」にて設定する評価対象部位に作用する応力等が「5.3 許容限界」にて示す許容限界以下であることを確認する。

5.2 荷重及び荷重の組合せ

5.2.1 荷重の組合せ

浸水防止壁の評価に用いる荷重の組合せを以下に示す。

$$G + S_s + P_k$$

ここで、 G : 固定荷重
 S_s : 基準地震動 S_s による地震荷重
 P_k : 風荷重

5.2.2 荷重の設定

耐震評価に用いる荷重は以下のとおりとする。なお、単位長さ(1000 mm)当たりで評価を行う。

(1) 固定荷重(G)

固定荷重として鋼板の自重を考慮する。

w_s : 浸水防止壁の固定等分布荷重 (N/mm)

W_v : 浸水防止壁の固定荷重 (N)

$$\begin{aligned} W_s &= \text{浸水防止壁厚さ } 12 \text{ mm} \times \text{単位長さ } 1000 \text{ mm} \times 10^{-9} \times \text{材料密度 } 7.85 \text{ t/m}^3 \times \\ & 9.80665 \\ &= 0.9238 \text{ N/mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} W_v &= (\text{浸水防止壁固定部長さ } 200 \text{ mm} \times 12 \text{ mm} + (400 \text{ mm} - 12 \text{ mm}) \times 12 \text{ mm}) \times \\ & \text{単位長さ } 1000 \text{ mm} \times 10^{-9} \times \text{材料密度 } 7.85 \text{ t/m}^3 \times 9.80665 \\ &= 543.2 \text{ N} \end{aligned}$$

(2) 基準地震動 S_s による地震荷重(S_s)

基準地震動 S_s による地震荷重を以下の式より算出する。

$$w_{S_s H} = w_s \cdot C_H \quad \dots\dots\dots (5.1)$$

ここで、 $w_{S_s H}$: 地震の水平方向の等分布荷重 (N/mm)

C_H : 基準地震動 S_s の水平方向の設計震度

$$P_{S_s V} = W_v \cdot C_v \dots\dots\dots (5.2)$$

ここで、 $P_{S_s V}$: 地震の鉛直方向の荷重 (N)

C_v : 基準地震動 S_s の鉛直方向の設計震度

(3) 風荷重 (P_k)

風の等分布荷重は、「建築基準法・同施行令」に基づき次式により算出する。

$$w_{P_k} = q \cdot C_f \cdot 1000 \dots\dots\dots (5.3)$$

ここで、 w_{P_k} : 風の等分布荷重 (N/mm)

q : 速度圧 (N/mm²)

$$q = 0.6 \cdot E \cdot V_0^2$$

$$= 0.6 \times 1.77743 \times 30^2 = 9.598 \times 10^{-4} \text{ N/mm}^2$$

E : 建築基準法施行令第 87 条第 2 項により算出した数値

V_0 : その地方における基準風速 (= 30 m/s)

E は、浸水防止壁の高さが 5m 以下のため次式により算出する。

$$E = E_r^2 \cdot G_f$$

$$= 0.898844^2 \times 2.2 = 1.77743$$

E_r : 平均風速の高さ方向の分布を表す係数

G_f : ガスト影響係数 (= 2.2)

$$E_r = 1.7 \cdot \left(Z_b / Z_c \right)^\alpha$$

$$= 1.7 \cdot (5/350)^{0.15} = 0.898844$$

Z_b , Z_c 及び α は、地表面粗度区分を II における以下の値。

G_f : ガスト影響係数 (= 2.2)

Z_b : 5m

Z_c : 350m

α : 0.15

C_f : 風力係数 (= 1.2) (建築物荷重指針・同解説より)

5.3 許容限界

許容限界は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している許容限界を踏まえて設定する。

5.3.1 使用材料

浸水防止壁及び基礎ボルトの使用材料を表 5-1 に示す。

表 5-1 使用材料

評価対象部位	材料	仕様
浸水防止壁	SS400	t=12 (mm)
基礎ボルト	SS400	M16

5.3.2 許容限界

(1) 浸水防止壁

「鋼構造設計規準－許容応力度設計法－」に基づき設定した浸水防止壁の短期許容応力度を表 5-2 に示す。

表 5-2 浸水防止壁の短期許容応力度

種類	短期許容応力度 (N/mm ²)		
	曲げ	せん断	組合せ
SS400	235	135	235

(2) 基礎ボルト

基礎ボルトの許容荷重は、「3. 評価対象部位」に記載した基礎ボルトに作用する荷重の向きを踏まえて、「各種合成構造設計指針・同解説」に基づき算定する。

地震荷重を考慮する場合の基礎ボルトの短期許容荷重を表 5-3 に示す。

なお、基礎ボルトは躯体に埋め込まれていることから、引張力を受ける場合においては、基礎ボルトの降伏により決まる許容荷重及び基礎ボルトの付着力により決まる許容荷重を比較して、いずれか小さい値を採用する。また、せん断力を受ける場合においては、基礎ボルトのせん断強度により決まる許容荷重、定着したコンクリート躯体の支圧強度及びコーン状破壊により決まる許容荷重を比較して、いずれか小さい値を採用する。

地震荷重を考慮する場合の基礎ボルトの許容荷重設定に用いる入力値を表 5-3 に、許容荷重を表 5-4 に示す。

引張力を受ける場合

$$P_{a1} = \Phi_1 \cdot s \sigma_{pa} \cdot s c a$$

$$P_{a3} = \Phi_3 \cdot \tau_a \cdot \pi \cdot d_a \cdot l_{ce}$$

ここで、 P_{a1} : 基礎ボルトの降伏により決まる場合の基礎ボルト 1 本当たりの許容引張力 (N)

P_{a3} : 基礎ボルトの付着力により決まる場合の基礎ボルト 1 本当たりの許容引張力 (N)

Φ_1 : 低減係数 (短期荷重用)

Φ_3 : 低減係数 (短期荷重用)

$s \sigma_{pa}$: 基礎ボルトの引張強度 ($= s \sigma_y$) (N/mm²)

$s \sigma_y$: 基礎ボルトの規格降伏点強度 (N/mm²)

$s c a$: 基礎ボルトの断面積 (mm²)

d_a : 基礎ボルトの径 (mm)

l_{ce} : 基礎ボルトの強度算定用埋込み長さ ($= l_e - 2 d_a$) (mm) (l_e : 埋込み長さ = 160mm)

τ_a : へりあき及び基礎ボルトのピッチを考慮した基礎ボルトの引張力に対する付着強度

せん断力を受ける場合

$$q_{a1} = \Phi_1 \cdot s \sigma_{qa} \cdot s c a$$

$$q_{a2} = \Phi_2 \cdot c \sigma_{qa} \cdot s c a$$

$$q_{a3} = \Phi_2 \cdot c \sigma_t \cdot A_{qc}$$

- ここで、 q_{a1} : 基礎ボルトのせん断強度により決まる場合の基礎ボルト
1本当たりの許容せん断力 (N)
- q_{a2} : 定着した躯体の支圧強度により決まる場合の基礎ボルト
1本当たりの許容せん断力 (N)
- q_{a3} : 定着した躯体のコーン状破壊により決まる場合の基礎ボルト
1本当たりの許容せん断力 (N)
- Φ_1 : 低減係数 (短期荷重用)
- Φ_2 : 低減係数 (短期荷重用)
- $s \sigma_{qa}$: 基礎ボルトのせん断強度 ($=0.7 \cdot s \sigma_y$) (N/mm²)
- $s \sigma_y$: 基礎ボルトの規格降伏点強度 (N/mm²)
- $s c a$: 基礎ボルトの断面積 (mm²)
- $c \sigma_{qa}$: コンクリートの支圧強度 (N/mm²) ($=0.5 \sqrt{F_c \cdot E_c}$)
- $c \sigma_t$: コーン状破壊に対するコンクリートの引張強度 (N/mm²)
($=0.31 \sqrt{F_c}$)
- F_c : コンクリートの設計基準強度 (N/mm²)
- E_c : コンクリートのヤング係数 (N/mm²)
- A_{qc} : せん断力に対するコーン状破壊面の有効投影面積 (mm²)

表 5-3 浸水防止壁の基礎ボルトの許容荷重の設定に用いる入力値

記号	単位	定義	数値
Φ_1	—	低減係数（短期荷重用）	1.0
Φ_2	—	低減係数（短期荷重用）	2/3
Φ_3	—	低減係数（短期荷重用）	2/3
${}_s\sigma_{pa}$	N/mm ²	基礎ボルトの引張強度	235
${}_s\sigma_y$	N/mm ²	基礎ボルトの規格降伏点強度	235
${}_s c a$	mm ²	基礎ボルトの断面積	157
d_a	mm	基礎ボルトの径	16
l_{ce}	mm	基礎ボルトの強度算定用埋込み長さ	128
τ_a	N/mm ²	へりあき及び基礎ボルトのピッチを考慮した基礎ボルトの引張力に対する付着強度	6.58
${}_s\sigma_{qa}$	N/mm ²	基礎ボルトのせん断強度	164.5
${}_c\sigma_{qa}$	N/mm ²	コンクリートの支圧強度	332
${}_c\sigma_t$	N/mm ²	コーン状破壊に対するコンクリートの引張強度	1.40
F_c	N/mm ²	コンクリートの設計基準強度	20.5
E_c	N/mm ²	コンクリートのヤング係数	215000
A_{qc}	mm ²	せん断力に対するコーン状破壊面の有効投影面積	623449

表 5-4 地震荷重を考慮する場合の基礎ボルトの短期許容荷重

材質	短期許容荷重 (N)						
	引張			せん断			
	P_{a1}	P_{a3}	設定値	q_{a1}	q_{a2}	q_{a3}	設定値
SS400	36895	28225	28225	25826	34743	583373	25826

5.4 設計用地震力

「4. 固有値解析」に示したとおり，浸水防止壁の固有周波数が 20Hz 以上であることを確認したため，浸水防止壁の耐震評価に用いる設計震度は，添付書類「VI-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に示す海水ポンプ室躯体上部における最大応答加速度を設定する。

耐震評価で用いる設計震度を表 5-4 に示す。

なお，添付書類「VI-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に基づき作成した，海水ポンプ室の基準地震動 S_s に対する設計用震度（強度評価用：1.0ZPA）を表 5-5 に示す。

表 5-4 設計震度

設置場所	床面高さ(m)	基準地震動 S_s の設計震度	
		水平方向 C_H	鉛直方向 C_V
海水ポンプ室	0.P. 13.80*	6.12	2.27

注記*：基準床レベルを示す。

表 5-5 海水ポンプ室（補機ポンプエリア）の評価用震度

（動的・電氣的機能評価用：1.0ZPA）（基準地震動 S_s 7 波包絡，不確かさ包絡）

標高*1 0.P. (m)	動的震度 (1.0ZPA) (単位：G)			
	NS	EW	水平包絡	鉛直
14.800	1.30	6.12	6.12	2.27
11.025	0.98	2.62	2.62	2.06
7.250	0.86	2.30	2.30	1.89
2.250	0.78	1.53	1.53	1.61
-0.550	0.74	1.57	1.57	1.23
-7.025	0.68	1.25	1.25	1.20
-9.800	0.68	0.98	0.98	1.20

注記 *1：耐津波設計においては，平成 23 年 3 月 11 日に発生した東北地方太平洋沖地震による地殻変動に伴う，牡鹿半島全体で約 1m の地盤沈下を考慮するため，表記 0.P. より -1m した値を記載する。

5.5 評価方法

浸水防止壁の耐震評価は、地震時より生じる応力度又は荷重が「5.3 許容限界」で設定した許容限界値を超えないことを確認する。

5.5.1 浸水防止壁の評価方法

浸水防止壁に生じる応力は、地震荷重を受ける片持ちはりとして、躯体と接合部に生じる曲げモーメント及びせん断力を算定し、浸水防止壁に生じる曲げ及びせん断力に対する確認を行う。

なお、単位長さ(1000 mm)当たりで評価を行う。

(1) 応力算定

地震荷重、風荷重により生じる応力は、図 5-1 及び図 5-2 に示すとおり、等分布荷重が作用するものとして算定する。

a. 曲げモーメント

曲げモーメントは次式により算定する。

$$M = \frac{1}{2} \cdot (w_{S s H} + w_{P k}) \cdot H^2 \dots\dots\dots (5.4)$$

ここで、M : 浸水防止壁に作用する曲げモーメント (N・mm)

$w_{S s H}$: 地震の水平方向の等分布荷重 (N/mm)

$w_{P k}$: 風の等分布荷重 (N/mm)

H : 浸水防止壁の高さ (mm)

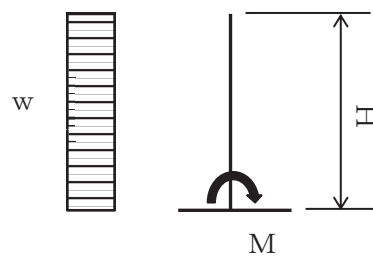


図 5-1 曲げモーメント算定モデル化

b. せん断力

せん断力は次式により算定する。

$$Q = (w_{S s H} + w_{P k}) \cdot H \quad \dots\dots\dots (5.5)$$

- ここで、 Q : 浸水防止壁に作用するせん断力 (N)
 $w_{S s H}$: 地震の水平方向の等分布荷重 (N/mm)
 $w_{P k}$: 風の等分布荷重 (N/mm)
 H : 浸水防止壁の高さ (mm)

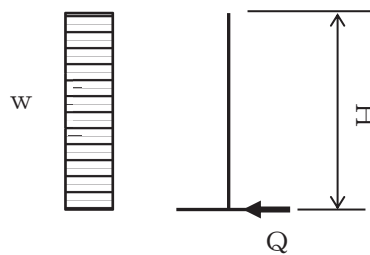


図 5-2 せん断力算定モデル化

(2) 断面検定

a. 浸水防止壁に生じる曲げ応力度

浸水防止壁に生じる曲げ応力度は次式より算出し、浸水防止壁の短期許容曲げ応力度を下回ることを確認する。

$$\sigma_b = \frac{M}{Z} \quad \dots\dots\dots (5.6)$$

- ここで、 σ_b : 浸水防止壁の曲げ応力度 (N/mm²)
 M : 浸水防止壁に作用する曲げモーメント (N・mm)
 Z : 浸水防止壁の断面係数 (mm³)

b. 浸水防止壁に生じるせん断応力度

浸水防止壁に生じるせん断応力度は次式より算出し、浸水防止壁の短期許容せん断応力度を下回ることを確認する。

$$\tau = \frac{Q}{A} \quad \dots\dots\dots (5.7)$$

- ここで、 τ : 浸水防止壁のせん断応力度 (N/mm²)
 Q : 浸水防止壁に作用するせん断力 (N)
 A : 浸水防止壁の断面積 (mm²)

c. 浸水防止壁に生じる組合せ応力度

浸水防止壁に生じる曲げとせん断の組合せ応力度「鋼構造設計規準—許容応力度設計法—」に基づく次式より算出し、浸水防止壁の短期許容組合せ応力度を下回ることを確認する。

$$\sigma = \sqrt{\sigma_b^2 + 3 \cdot \tau^2} \dots\dots\dots (5.8)$$

ここで、 σ : 浸水防止壁の組合せ応力度 (N/mm²)

5.5.2 基礎ボルトの評価方法

基礎ボルトに生じる引張力及びせん断力に対する確認を行う。基礎ボルトに生じる引張力に対する確認においては、浸水防止壁の自重による鉛直方向上向きの地震荷重を組み合わせるものとする。鉛直方向下向きに生じる荷重は、海水ポンプ室躯体により支持されるため設計に考慮しない。

なお、単位長さ(1000 mm)当たりで評価を行う。

(1) 評価方法

「5.5.1 浸水防止壁の評価方法」にて算出した浸水防止壁に生じる応力を基に基礎ボルトに生じる引張力及びせん断力に対する確認を行う。

(2) 荷重算定

a. 基礎ボルトに生じる引張力

基礎ボルトに生じる引張力は次式より算出し、基礎ボルトの短期許容引張力を下回ることを確認する。

$$T_{b.o} = \frac{M}{b \cdot \frac{n}{2}} + \frac{P_{s.s.v} - W_v}{n} \dots\dots\dots (5.9)$$

- ここで、 $T_{b.o}$: 基礎ボルトに作用する引張力 (N)
- M : 浸水防止壁に作用する曲げモーメント (N・mm)
- b : 基礎ボルト間寸法 (mm)
- $P_{s.s.v}$: 地震の鉛直方向の荷重 (N)
- W_v : 浸水防止壁の固定荷重 (N)
- n : 基礎ボルトの本数 (本)

b. 基礎ボルトに生じるせん断力

基礎ボルトに作用するせん断力が、基礎ボルトの短期許容せん断力を下回ることを確認する。

$$Q_{b.o} = \frac{Q}{n} \dots\dots\dots (5.10)$$

- ここで、 $Q_{b.o}$: 基礎ボルトに作用するせん断力 (N)
 Q : 浸水防止壁に作用するせん断力 (N)
 n : 基礎ボルトの本数 (本)

c. 基礎ボルトに生じる組合せ荷重

基礎ボルトに生じる引張とせん断の組合せによる評価を「各種合成構造設計指針・同解説」に基づく次式より算出し、1以下であることを確認する。

$$\left(\frac{T_{b.o}}{P_a}\right)^2 + \left(\frac{Q_{b.o}}{q_a}\right)^2 \leq 1 \dots\dots\dots (5.11)$$

- ここで、 P_a : 基礎ボルトの短期許容引張力 (N)
 q_a : 基礎ボルトの短期許容せん断力 (N)

5.6 評価条件

浸水防止壁の耐震評価に用いる入力値を表 5-6 に示す。

表 5-6 浸水防止壁の耐震評価に用いる入力値

評価対象 部位	記号	単位	定義	数値
浸水 防止壁	w_s	N/mm	浸水防止壁の固定等分布荷重	9.238×10^{-1}
	W_v	N	浸水防止壁の固定荷重	543.2
	q	N/mm ²	速度圧	9.598×10^{-4}
	C_f	-	風力係数	1.2
	H	mm	浸水防止壁の高さ	400
	Z	mm ³	浸水防止壁の断面係数	24000
	A	mm ²	浸水防止壁の断面積	12000
基礎 ボルト	b	mm	基礎ボルト間寸法	120
	n	本	基礎ボルトの本数	6 ^{*1}

注記 *1 : 基礎ボルトの本数の考え方

評価における基礎ボルト本数は、下記のとおりとする。

$$\begin{aligned}
 n &= \text{単位長さ } 1000 \text{ mm} / \text{基礎ボルトピッチ } 300 \text{ mm} \times 2 \text{ 列} \\
 &= 6.6 \text{ 本} \rightarrow 6 \text{ 本}
 \end{aligned}$$

6. 評価結果

浸水防止壁の耐震評価結果を表 6-1 に示す。各部材の断面検定を行った結果、全ての部材において発生応力度又は荷重が許容限界以下であることを確認した。

表 6-1 浸水防止壁の耐震評価結果

評価対象部位		発生値 (発生応力度又は荷重)		許容限界		検定値
浸水 防止壁	曲げ	23	N/mm ²	235	N/mm ²	0.10 < 1
	せん断	1	N/mm ²	135	N/mm ²	0.01 < 1
	組合せ	24	N/mm ²	235	N/mm ²	0.11 < 1
基礎 ボルト	引張	1628	N	28225	N	0.06 < 1
	せん断	454	N	25826	N	0.02 < 1
	組合せ	-		-		0.01 < 1

- 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
- 6.5.4 浸水防止壁に関する補足説明
- 6.5.4.2 浸水防止壁の強度計算書に関する補足説明

目次

1. 概要	6.5.4.2-1
2. 一般事項	6.5.4.2-2
2.1 配置概要	6.5.4.2-2
2.2 構造計画	6.5.4.2-3
2.3 評価方針	6.5.4.2-4
2.4 適用規格・基準等	6.5.4.2-5
2.5 記号の説明	6.5.4.2-6
3. 評価対象部位	6.5.4.2-8
4. 構造強度評価	6.5.4.2-9
4.1 構造強度評価方法	6.5.4.2-9
4.2 荷重及び荷重の組合せ	6.5.4.2-9
4.3 許容限界	6.5.4.2-13
4.4 評価方法	6.5.4.2-16
4.5 評価条件	6.5.4.2-21
5. 評価結果	6.5.4.2-22

1. 概要

本資料は、添付書類「VI-3-別添 3-1 津波への配慮が必要な施設の強度計算の方針」に基づき、浸水防護施設のうち第2号機海水ポンプ室浸水防止壁（以下「浸水防止壁」という。）が地震による溢水に加えて津波の流入を考慮した浸水に伴う津波荷重及び余震を考慮した荷重に対して、主要な構造部材が構造健全性を有することを確認するものである。

なお、浸水防止壁の強度評価においては、平成23年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震による地殻変動に伴い、牡鹿半島全体で約1mの地盤沈下が発生したことを考慮する。

2. 一般事項

2.1 配置概要

浸水防止壁は、第2号機海水ポンプ室（以下「海水ポンプ室」という。）躯体上部に設置する。

浸水防止壁の設置位置図を図2-1、浸水対策配置図を図2-2に示す。

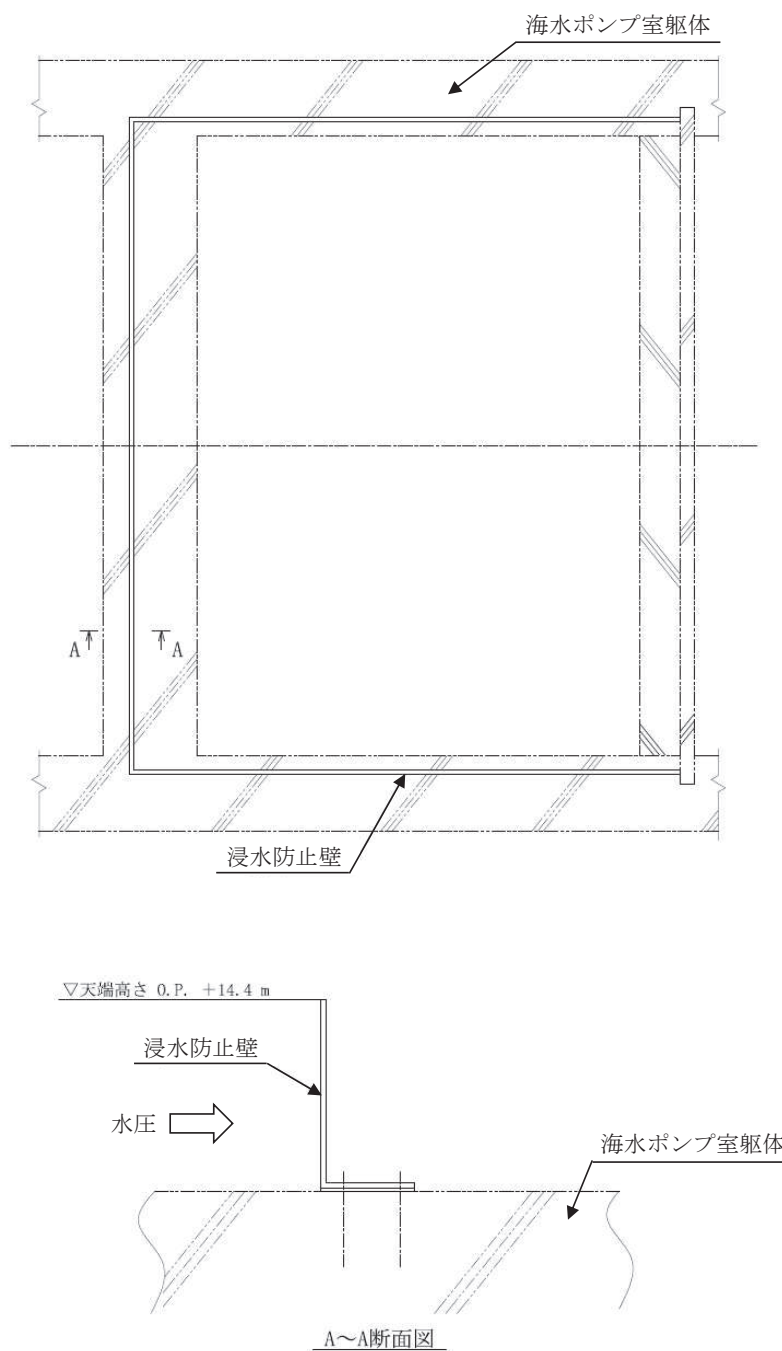


図 2-1 浸水防止壁の設置位置図

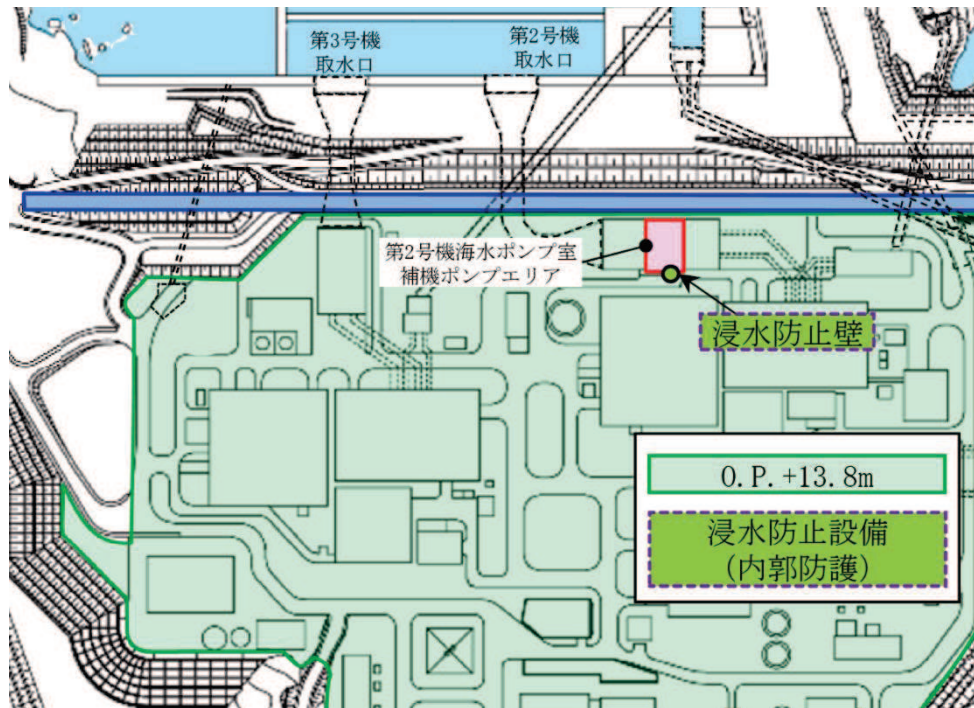


図 2-2 浸水対策配置図

2.2 構造計画

浸水防止壁は、海水ポンプ室躯体上部にL字型の浸水防止壁を設置する構造とする。浸水防止壁は、海水ポンプ室躯体との間にシーラ材を挟みこみ、基礎ボルトで固定する。浸水防止壁の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 浸水防止壁の構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
海水ポンプ室の躯体上部に基礎ボルトで固定する。	浸水防止壁により構成する。	

2.3 評価方針

浸水防止壁の強度評価は、添付書類「VI-3-別添 3-1 津波への配慮が必要な施設の強度計算の方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき、「2.2 構造計画」に示す浸水防止壁の構造を踏まえ、「3. 評価対象部位」にて設定する評価対象部位において、「4.4 評価方法」で算出した応力等が許容限界内に収まることを「4. 構造強度評価」に示す方法にて確認する。応力評価の確認結果を「5. 評価結果」にて確認する。

強度評価フローを図 2-3 に示す。

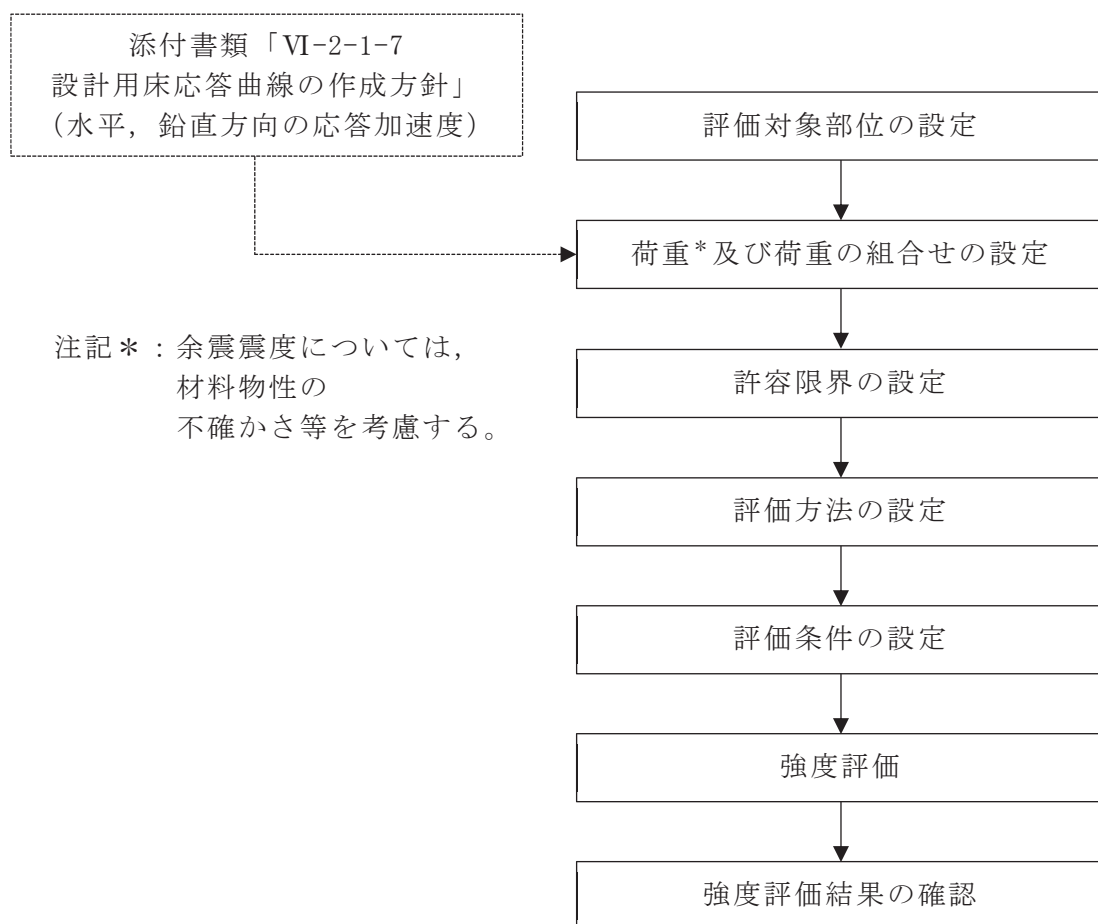


図 2-3 強度評価フロー

2.4 適用規格・基準等

適用する規格・基準等を以下に示す。

- (1) 建築基準法（昭和 25 年 5 月 24 日法律第 201 号）
- (2) 建築基準法施行令（昭和 25 年 11 月 16 日政令第 338 号）
- (3) 日本建築学会 2005 年 鋼構造設計規準 -許容応力度設計法-
- (4) 日本建築学会 1999 年 鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説 -許容応力度設計法-
- (5) 日本建築学会 2010 年 各種合成構造設計指針・同解説
- (6) 日本建築学会 2004 年 建築物荷重指針・同解説

2.5 記号の説明

浸水防止壁の強度評価に用いる記号を表 2-2 に示す。

表 2-2 強度評価に用いる記号(1/2)

記号	単位	定義
G	-	固定荷重
P_h	-	浸水津波荷重
K_{S_d}	-	余震荷重（動水圧含む。）
P_k	-	風荷重
w_s	N/mm	浸水防止壁の固定等分布荷重
W_v	N	浸水防止壁の固定荷重
w_{P_h}	N/mm	津波の等分布荷重
γ_w	N/mm ³	海水の単位体積重量
h	mm	地震による溢水に加えて津波の流入を考慮した浸水に伴う津波荷重水位
w_{S_dH}	N/mm	余震の水平方向の等分布荷重
P_{S_dV}	N	余震の鉛直方向の荷重
w_{P_hd}	N/mm	余震時の動水圧等分布荷重
C_H	-	水平方向の余震震度
C_V	-	鉛直方向の余震震度
w_{P_k}	N/mm	風の等分布荷重
q	N/mm ²	速度圧
C_f	-	風力係数
H	mm	浸水防止壁の高さ
M	N・mm	浸水防止壁に作用する曲げモーメント
M_1	N・mm	余震荷重，風荷重による曲げモーメント
M_2	N・mm	津波荷重による曲げモーメント
Q	N	浸水防止壁に作用するせん断力
Q_1	N	余震荷重，風荷重によるせん断力
Q_2	N	津波荷重によるせん断力
σ_b	N/mm ²	浸水防止壁の曲げ応力度
τ	N/mm ²	浸水防止壁のせん断応力度
σ	N/mm ²	浸水防止壁の組合せ応力度
Z	mm ³	浸水防止壁の断面係数
A	mm ²	浸水防止壁の断面積

表 2-2 強度評価に用いる記号(2/2)

記号	単位	定義
$T_{b o}$	N	基礎ボルトに作用する引張力
$Q_{b o}$	N	基礎ボルトに作用するせん断力
b	mm	基礎ボルト間寸法
n	本	基礎ボルトの本数
P_a	N	基礎ボルトの短期許容引張力
q_a	N	基礎ボルトの短期許容せん断力

3. 評価対象部位

浸水防止壁の評価対象部位は、「2.2 構造計画」にて設定している構造を踏まえて、津波荷重、余震荷重及び風荷重の作用方向及び伝達過程を考慮し設定する。

浸水防止壁に作用する各荷重は、浸水防止壁に伝わり、浸水防止壁を固定している基礎ボルトを介して躯体に伝達されることから、浸水防止壁及び基礎ボルトを評価対象部位として設定する。評価対象部位を図 3-1 に示す。

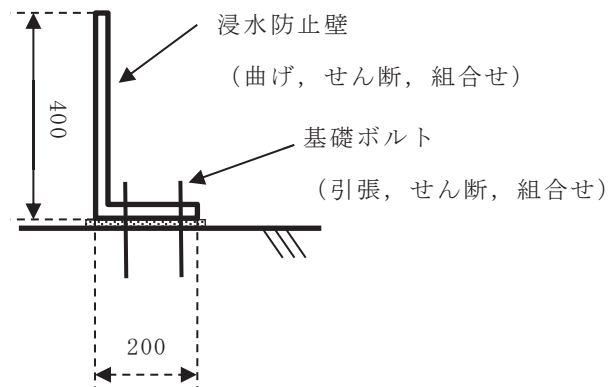


図 3-1 評価対象部位

4. 構造強度評価

4.1 構造強度評価方法

浸水防止壁の強度評価は、添付書類「VI-3-別添 3-1 津波への配慮が必要な施設の強度計算の方針」にて設定している荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界を踏まえて、「3. 評価対象部位」にて設定する評価対象部位に作用する応力等が「4.3 許容限界」にて示す許容限界以下であることを確認する。

4.2 荷重及び荷重の組合せ

4.2.1 荷重の組合せ

浸水防止壁の評価に用いる荷重の組合せを以下に示す。

$$G + P_h + K_{S_d} + P_k$$

ここで、 G : 固定荷重
 P_h : 浸水津波荷重
 K_{S_d} : 余震荷重（動水圧含む。）
 P_k : 風荷重

4.2.2 荷重の設定

強度評価に用いる荷重は以下のとおりとする。なお、単位長さ(1000 mm)当たりで評価を行う。

(1) 固定荷重(G)

固定荷重として浸水防止壁の自重を考慮する。

w_s : 浸水防止壁の固定等分布荷重 (N/mm)

W_v : 浸水防止壁の固定荷重 (N)

$$\begin{aligned} W_s &= \text{浸水防止壁厚さ } 12 \text{ mm} \times \text{単位長さ } 1000 \text{ mm} \times 10^{-9} \times \text{材料密度 } 7.85 \text{ t/m}^3 \times 10^3 \times \\ & 9.80665 \\ &= 0.9238 \text{ N/mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} W_v &= (\text{浸水防止壁固定部長さ } 200 \text{ mm} \times \text{浸水防止壁厚さ } 12 \text{ mm} + (\text{浸水防止壁高さ } 400 \\ & \text{ mm} - \text{浸水防止壁厚さ } 12 \text{ mm}) \times \text{浸水防止壁厚さ } 12 \text{ mm}) \times \text{単位長さ } 1000 \text{ mm} \times 10^{-9} \\ & \times \text{材料密度 } 7.85 \text{ t/m}^3 \times 10^3 \times 9.80665 \\ &= 543.2 \text{ N} \end{aligned}$$

(2) 浸水津波荷重(P_h)

浸水津波荷重は、添付書類「VI-3-別添 3-1 津波への配慮が必要な施設の強度計算の方針」に示すとおり、地震による溢水に加えて津波の流入を考慮した浸水に伴う津波荷重水位を考慮し、以下の式により算出する。

$$w_{Ph} = \gamma_w \cdot h \cdot 1000 \quad \dots\dots\dots (4.1)$$

- ここで、 w_{Ph} : 津波の等分布荷重 (N/mm)
 γ_w : 海水の単位体積重量 (N/mm³)
 h : 地震による溢水に加えて津波の流入を考慮した浸水に伴う津波荷重水位 (mm)

(3) 余震荷重 (K_{sd})

余震荷重として、添付書類「VI-3-別添 3-1 津波への配慮が必要な施設の強度計算の方針」に示すとおり、弾性設計用地震動 $S_d - D2$ に伴う地震力及び動水圧荷重を考慮するものとし、水平方向については、弾性設計用地震動 $S_d - D2$ に伴う地震力と動水圧荷重を考慮する。鉛直方向については、弾性設計用地震動 $S_d - D2$ に伴う地震力を考慮する。

なお、浸水防止壁の強度評価に用いる余震震度は、材料物性の不確かさを考慮したものとして添付書類「VI-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」の地震応答解析結果を用いる。ここで、地震力は、浸水防止壁設置位置における最大応答加速度から設定する震度を用いて評価するものとし、次式により算出する。

$$w_{sdH} = w_s \cdot C_H + w_{Phd} \quad \dots\dots\dots (4.2)$$

- ここで、 w_{sdH} : 余震の水平方向の等分布荷重 (N/mm)
 w_s : 浸水防止壁の固定等分布荷重 (N/mm)
 C_H : 水平方向の余震震度
 w_{Phd} : 余震時の動水圧等分布荷重 (N/mm)

余震時の動水圧等分布荷重は、「水道施設耐震工法指針・解説」より次式を用いて算定する。

$$w_{Phd} = \frac{7}{8} \cdot \gamma_w \cdot C_H \cdot \sqrt{h \cdot H} \cdot 1000 \quad \dots\dots\dots (4.3)$$

- ここで、 γ_w : 海水の単位体積重量 (N/mm³)
 h : 地震による溢水に加えて津波の流入を考慮した浸水に伴う津波荷重水位 (mm)
 H : 浸水防止壁の高さ (mm)

$$P_{SdV} = W_v \cdot C_v \dots\dots\dots (4.4)$$

ここで、 P_{SdV} : 余震の鉛直方向の荷重 (N)

W_v : 浸水防止壁の固定荷重 (N)

C_v : 鉛直方向の余震震度

余震震度 C_H 及び C_v を表 4-1 に示す。

表 4-1 余震震度

設置場所	床面高さ (m)	弾性設計用地震動 S d - D 2 の余震震度	
		水平方向 C_H	鉛直方向 C_v
海水ポンプ室	O.P. 13.80*	2.52	1.07

注記* : 基準床レベルを示す。

表 4-2 海水ポンプ室 (補機ポンプエリア) の評価用震度 (余震評価用)

(動的・電氣的機能評価用 : 1.0ZPA) (弾性設計用地震動 S d - D 2, 不確かさ包絡)

標高* O.P. (m)	動的震度 (1.0ZPA) (単位 : G)			
	NS	EW	水平包絡	鉛直
14.800	0.57	2.52	2.52	1.07
11.025	0.56	1.37	1.37	0.96
7.250	0.50	1.15	1.15	0.92
2.250	0.44	0.87	0.87	0.86
-0.550	0.40	0.79	0.79	0.70
-7.025	0.36	0.68	0.68	0.60
-9.800	0.36	0.53	0.53	0.56

注記 * : 耐津波設計においては、平成 23 年 3 月 11 日に発生した東北地方太平洋沖地震による地殻変動に伴う、牡鹿半島全体で約 1m の地盤沈下を考慮するため、表記 O.P. より -1m した値を記載する。

(4) 風荷重 (P_k)

風の等分布荷重は、「建築基準法・同施行令」に基づき次式により算出する。

$$w_{P_k} = q \cdot C_f \cdot 1000 \dots\dots\dots (5.3)$$

ここで, w_{P_k} : 風の等分布荷重 (N/mm)

q : 速度圧 (N/mm²)

$$q = 0.6 \cdot E \cdot V_0^2 \\ = 0.6 \times 1.77743 \times 30^2 = 9.598 \times 10^{-4} \text{ N/mm}^2$$

E : 建築基準法施行令第 87 条第 2 項により算出した数値

V_0 : その地方における基準風速 (= 30 m/s)

E は、浸水防止壁の高さが 5m 以下のため次式により算出する。

$$E = E_r^2 \cdot G_f \\ = 0.898844^2 \times 2.2 = 1.77743$$

E_r : 平均風速の高さ方向の分布を表す係数

G_f : ガスト影響係数 (= 2.2)

$$E_r = 1.7 \cdot \left(Z_b / Z_c \right)^\alpha \\ = 1.7 \cdot (5/350)^{0.15} = 0.898844$$

Z_b , Z_c 及び α は、地表面粗度区分を II における以下の値。

G_f : ガスト影響係数 (= 2.2)

Z_b : 5m

Z_c : 350m

α : 0.15

C_f : 風力係数 (= 1.2) (建築物荷重指針・同解説より)

4.3 許容限界

浸水防止壁の許容限界は、「3. 評価対象部位」にて設定した部位に対し、添付書類「VI-3-別添 3-1 津波への配慮が必要な施設の強度計算の方針」にて設定している許容限界を踏まえて設定する。

4.3.1 使用材料

浸水防止壁及び基礎ボルトの使用材料を表 4-2 に示す。

表 4-2 使用材料

評価対象部位	材料	仕様
浸水防止壁	SS400	t=12 (mm)
基礎ボルト	SS400	M16

4.3.2 許容限界

(1) 浸水防止壁

「鋼構造設計規準－許容応力度設計法－」に基づき設定した浸水防止壁の短期許容応力度を表 4-3 に示す。

表 4-3 浸水防止壁の短期許容応力度

種類	短期許容応力度 (N/mm ²)		
	曲げ	せん断	組合せ
SS400	235	135	235

(2) 基礎ボルト

基礎ボルトの許容荷重は、「3. 評価対象部位」に記載した基礎ボルトに作用する荷重の向きを踏まえて、「各種合成構造設計指針・同解説」に基づき算定する。

津波荷重及び余震荷重を考慮する場合の基礎ボルトの短期許容荷重を表 4-4 に示す。

なお、基礎ボルトは躯体に埋め込まれていることから、引張力を受ける場合においては、基礎ボルトの降伏により決まる許容荷重及び基礎ボルトの付着力により決まる許容荷重を比較して、いずれか小さい値を採用する。また、せん断力を受ける場合においては、基礎ボルトのせん断強度により決まる許容荷重、定着したコンクリート躯体の支圧強度及びコーン状破壊により決まる許容荷重を比較して、いずれか小さい値を採用する。

津波荷重及び余震荷重を考慮する場合の基礎ボルトの許容荷重設定に用いる入力値を表 4-4 に、許容荷重を表 4-5 に示す。

引張力を受ける場合

$$P_{a1} = \Phi_1 \cdot s \sigma_{pa} \cdot s c a$$

$$P_{a3} = \Phi_3 \cdot \tau_a \cdot \pi \cdot d_a \cdot l_{ce}$$

- ここで、 P_{a1} : 基礎ボルトの降伏により決まる場合の基礎ボルト 1 本当たりの許容引張力 (N)
- P_{a3} : 基礎ボルトの付着力により決まる場合の基礎ボルト 1 本当たりの許容引張力 (N)
- Φ_1 : 低減係数 (短期荷重用)
- Φ_3 : 低減係数 (短期荷重用)
- $s \sigma_{pa}$: 基礎ボルトの引張強度 ($= s \sigma_y$) (N/mm²)
- $s \sigma_y$: 基礎ボルトの規格降伏点強度 (N/mm²)
- $s c a$: 基礎ボルトの断面積 (mm²)
- d_a : 基礎ボルトの径 (mm)
- l_{ce} : 基礎ボルトの強度算定用埋込み長さ ($= l_e - 2 d_a$) (mm) (l_e : 埋込み長さ = 160mm)
- τ_a : へりあき及び基礎ボルトのピッチを考慮した基礎ボルトの引張力に対する付着強度

せん断力を受ける場合

$$q_{a1} = \Phi_1 \cdot s \sigma_{qa} \cdot s c a$$

$$q_{a2} = \Phi_2 \cdot c \sigma_{qa} \cdot s c a$$

$$q_{a3} = \Phi_2 \cdot c \sigma_t \cdot A_{qc}$$

- ここで、 q_{a1} : 基礎ボルトのせん断強度により決まる場合の基礎ボルト 1 本当たりの許容せん断力 (N)
- q_{a2} : 定着した躯体の支圧強度により決まる場合の基礎ボルト 1 本当たりの許容せん断力 (N)
- q_{a3} : 定着した躯体のコーン状破壊により決まる場合の基礎ボルト 1 本当たりの許容せん断力 (N)
- Φ_1 : 低減係数 (短期荷重用)
- Φ_2 : 低減係数 (短期荷重用)
- $s \sigma_{qa}$: 基礎ボルトのせん断強度 ($= 0.7 \cdot s \sigma_y$) (N/mm²)
- $s \sigma_y$: 基礎ボルトの規格降伏点強度 (N/mm²)
- $s c a$: 基礎ボルトの断面積 (mm²)
- $c \sigma_{qa}$: コンクリートの支圧強度 (N/mm²) ($= 0.5 \sqrt{F_c \cdot E_c}$)

$c \sigma_t$: コーン状破壊に対するコンクリートの引張強度 (N/mm²)

$$(\text{=}0.31\sqrt{F_c})$$

F_c : コンクリートの設計基準強度 (N/mm²)

E_c : コンクリートのヤング係数 (N/mm²)

A_{qc} : せん断力に対するコーン状破壊面の有効投影面積 (mm²)

表 4-4 浸水防止壁の基礎ボルトの許容荷重の設定に用いる入力値

記号	単位	定義	数値
Φ_1	—	低減係数 (短期荷重用)	1.0
Φ_2	—	低減係数 (短期荷重用)	2/3
Φ_3	—	低減係数 (短期荷重用)	2/3
$s \sigma_{pa}$	N/mm ²	基礎ボルトの引張強度	235
$s \sigma_y$	N/mm ²	基礎ボルトの規格降伏点強度	235
$s c a$	mm ²	基礎ボルトの断面積	157
d_a	mm	基礎ボルトの径	16
l_{ce}	mm	基礎ボルトの強度算定用埋込み長さ	128
τ_a	N/mm ²	へりあき及び基礎ボルトのピッチを考慮した基礎ボルトの引張力に対する付着強度	6.58
$s \sigma_{qa}$	N/mm ²	基礎ボルトのせん断強度	164.5
$c \sigma_{qa}$	N/mm ²	コンクリートの支圧強度	332
$c \sigma_t$	N/mm ²	コーン状破壊に対するコンクリートの引張強度	1.40
F_c	N/mm ²	コンクリートの設計基準強度	20.5
E_c	N/mm ²	コンクリートのヤング係数	215000
A_{qc}	mm ²	せん断力に対するコーン状破壊面の有効投影面積	623449

表 4-5 津波荷重及び余震荷重を考慮する場合の基礎ボルトの短期許容荷重

材質	短期許容荷重 (N)						
	引張			せん断			
	P_{a1}	P_{a3}	設定値	q_{a1}	q_{a2}	q_{a3}	設定値
SS400	36895	28225	28225	25826	34743	583373	25826

4.4 評価方法

浸水防止壁の強度評価は、津波、余震、風により生じる応力度又は荷重が「4.3 許容限界」で設定した許容限界値を超えないことを確認する。

4.4.1 浸水防止壁の評価方法

浸水防止壁に生じる応力は、各荷重を受ける片持ちばりとして、躯体と接合部に生じる曲げモーメント及びせん断力を算定し、浸水防止壁に生じる曲げ及びせん断力に対する確認を行う。

なお、単位長さ(1000 mm)当たりで評価を行う。

(1) 応力算定

余震荷重、風荷重により生じる応力は図 4-1 及び図 4-3 に、津波荷重による応力は図 4-2 及び図 4-4 に示すとおり、等分布荷重が作用するものとして算定する。

a. 曲げモーメント

曲げモーメントは次式により算定する。

$$M = M_1 + M_2 \dots\dots\dots (4.6)$$

$$M_1 = \frac{1}{2} \cdot (w_{SdH} + w_{Pk}) \cdot H^2 \dots\dots\dots (4.7)$$

- ここで、 M : 浸水防止壁に作用する曲げモーメント (N・mm)
 M_1 : 余震荷重、風荷重による曲げモーメント (N・mm)
 w_{SdH} : 余震の水平方向の等分布荷重 (N/mm)
 w_{Pk} : 風の等分布荷重 (N/mm)
 H : 浸水防止壁の高さ (mm)

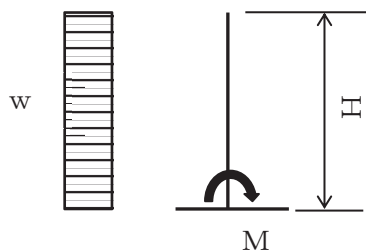


図 4-1 曲げモーメント算定モデル化(1)

$$M_2 = \frac{1}{6} \cdot w_{ph} \cdot H^2 \dots\dots\dots (4.8)$$

ここで、 M_2 : 津波荷重による曲げモーメント (N・mm)
 w_{ph} : 津波の等分布荷重 (N/mm)
 H : 浸水防止壁の高さ (mm)

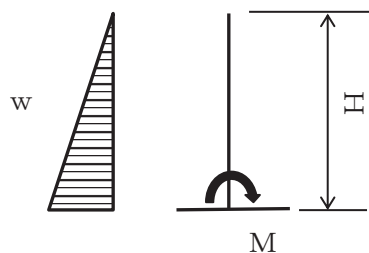


図 4-2 曲げモーメント算定モデル化(2)

b. せん断力

せん断力は次式により算定する。

$$Q = Q_1 + Q_2 \dots\dots\dots (4.9)$$

$$Q_1 = (w_{sdH} + w_{pk}) \cdot H \dots\dots\dots (4.10)$$

ここで、 Q : 浸水防止壁に作用するせん断力 (N)
 Q_1 : 余震荷重，風荷重によるせん断力 (N)
 w_{sdH} : 余震の水平方向の等分布荷重 (N/mm)
 w_{pk} : 風の等分布荷重 (N/mm)
 H : 浸水防止壁の高さ (mm)

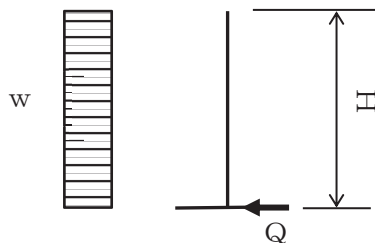


図 4-3 せん断力算定モデル化(1)

$$Q_2 = \frac{1}{2} \cdot w_{ph} \cdot H \quad \dots\dots\dots (4.11)$$

ここで、 Q_2 : 津波荷重によるせん断力 (N)
 w_{ph} : 津波の等分布荷重 (N/mm)
 H : 浸水防止壁の高さ (mm)

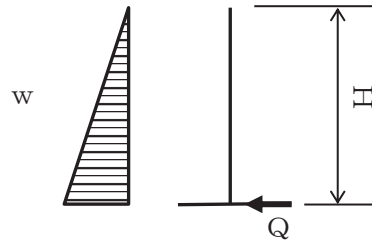


図 4-4 せん断力算定モデル化(2)

(2) 断面検定

a. 浸水防止壁に生じる曲げ応力度

浸水防止壁に生じる曲げ応力度は次式より算出し、浸水防止壁の短期許容曲げ応力度を下回ることを確認する。

$$\sigma_b = \frac{M}{Z} \quad \dots\dots\dots (4.12)$$

ここで、 σ_b : 浸水防止壁の曲げ応力度 (N/mm²)
 M : 浸水防止壁に作用する曲げモーメント (N・mm)
 Z : 浸水防止壁の断面係数 (mm³)

b. 浸水防止壁に生じるせん断応力度

浸水防止壁に生じるせん断応力度は次式より算出し、浸水防止壁の短期許容せん断応力度を下回ることを確認する。

$$\tau = \frac{Q}{A} \quad \dots\dots\dots (4.13)$$

ここで、 τ : 浸水防止壁のせん断応力度 (N/mm²)
 Q : 浸水防止壁に作用するせん断力 (N)
 A : 浸水防止壁の断面積 (mm²)

c. 浸水防止壁に生じる組合せ応力度

浸水防止壁に生じる曲げとせん断の組合せ応力度「鋼構造設計規準—許容応力度設計法—」に基づく次式より算出し、浸水防止壁の短期許容組合せ応力度を下回ることを確認する。

$$\sigma = \sqrt{\sigma_b^2 + 3 \cdot \tau^2} \dots\dots\dots (4.14)$$

ここで、 σ : 浸水防止壁の組合せ応力度 (N/mm²)

4.4.2 基礎ボルトの評価方法

基礎ボルトに生じる引張力及びせん断力に対する確認を行う。基礎ボルトに生じる引張力に対する確認においては、浸水防止壁の自重による鉛直方向上向きの地震荷重を組み合わせるものとする。鉛直方向下向きに生じる荷重は、既存躯体により支持されるため設計に考慮しない。

なお、単位長さ(1000 mm)当たりで評価を行う。

(1) 評価方法

「4.4.1 浸水防止壁の評価方法」にて算出した浸水防止壁に生じる応力を基に基礎ボルトに生じる引張力及びせん断力に対する確認を行う。

(2) 荷重算定

a. 基礎ボルトに生じる引張力

基礎ボルトに生じる引張力は次式より算出し、基礎ボルトの短期許容引張力を下回ることを確認する。

$$T_{b.o} = \frac{M}{b \cdot \frac{n}{2}} + \frac{P_{s.d.v} - W_v}{n} \dots\dots\dots (4.15)$$

- ここで、 $T_{b.o}$: 基礎ボルトに作用する引張力 (N)
- M : 浸水防止壁に作用する曲げモーメント (N・mm)
- b : 基礎ボルト間寸法 (mm)
- $P_{s.d.v}$: 余震の鉛直方向の荷重 (N)
- W_v : 浸水防止壁の固定荷重 (N)
- n : 基礎ボルトの本数 (本)

b. 基礎ボルトに生じるせん断力

基礎ボルトに作用するせん断力が、基礎ボルトの短期許容せん断力を下回ることを確認する。

$$Q_{b.o} = \frac{Q}{n} \dots\dots\dots (4.16)$$

- ここで、 $Q_{b.o}$: 基礎ボルトに作用するせん断力 (N)
 Q : 浸水防止壁に作用するせん断力 (N)
 n : 基礎ボルトの本数 (本)

c. 基礎ボルトに生じる組合せ荷重

基礎ボルトに生じる引張とせん断の組合せによる評価を「各種合成構造設計指針・同解説」に基づく次式より算出し、1以下であることを確認する。

$$\left(\frac{T_{b.o}}{P_a}\right)^2 + \left(\frac{Q_{b.o}}{q_a}\right)^2 \leq 1 \dots\dots\dots (4.17)$$

- ここで、 P_a : 基礎ボルトの短期許容引張力 (N)
 q_a : 基礎ボルトの短期許容せん断力 (N)

4.5 評価条件

浸水防止壁の強度評価に用いる入力値を表 4-5 に示す。

表 4-5 浸水防止壁の強度評価に用いる入力値

評価対象部位	記号	単位	定義	数値
浸水防止壁	W_v	N	浸水防止壁の固定荷重	543.2
	w_s	N/mm	浸水防止壁の固定等分布荷重	9.238×10^{-1}
	γ_w	N/mm ³	海水の単位体積重量	1.01×10^{-5}
	h	mm	地震による溢水に加えて津波の流入を考慮した浸水に伴う津波荷重水位	400^{*1}
	C_f	-	風力係数	1.2
	q	N/mm ²	速度圧	9.598×10^{-4}
	H	mm	浸水防止壁の高さ	400
	Z	mm ³	浸水防止壁の断面係数	24000
	A	mm ²	浸水防止壁の断面積	12000
基礎ボルト	b	mm	基礎ボルト間寸法	120
	n	本	基礎ボルトの本数	6^{*2}

注記 *1 : 屋外タンク等の損傷による溢水による浸水水位は 0.18m であるが、保守的に浸水防止壁の高さ (H) まで津波荷重水位が加わるものとして設定する。

*2 : 基礎ボルトの本数の考え方

評価における基礎ボルト本数は、下記のとおりとする。

$$n = \text{単位長さ } 1000\text{mm} / \text{基礎ボルトピッチ } 300\text{mm} \times 2 \text{ 列} \\ = 6.6 \text{ 本} \rightarrow 6 \text{ 本}$$

5. 評価結果

浸水防止壁の強度評価結果を表 5-1 に示す。各部材の断面検定を行った結果、全ての部材において発生応力度又は荷重が許容限界以下であることを確認した。

表 5-1 浸水防止壁の強度評価結果

評価対象部位		発生値 (発生応力度又は荷重)		許容限界		検定値
浸水 防止壁	曲げ	46	N/mm ²	235	N/mm ²	0.20 < 1
	せん断	1	N/mm ²	135	N/mm ²	0.01 < 1
	組合せ	47	N/mm ²	235	N/mm ²	0.20 < 1
基礎 ボルト	引張	3060	N	28225	N	0.11 < 1
	せん断	961	N	25826	N	0.04 < 1
	組合せ	-		-		0.02 < 1

- 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
- 6.5.4 浸水防止壁に関する補足説明
- 6.5.4.3 浸水防止壁の構造に関する補足説明

(1) 概要

本資料は、浸水防止設備のうち浸水防止壁の海水ポンプ室躯体との概略構造について説明するものである。

(2) 浸水防止壁の構造

浸水防止壁は、海水ポンプ室補機ポンプエリアの躯体上部に設置する。浸水防止壁の設置位置及び構造を図 6.5.4-1～図 6.5.4-3 に示す。

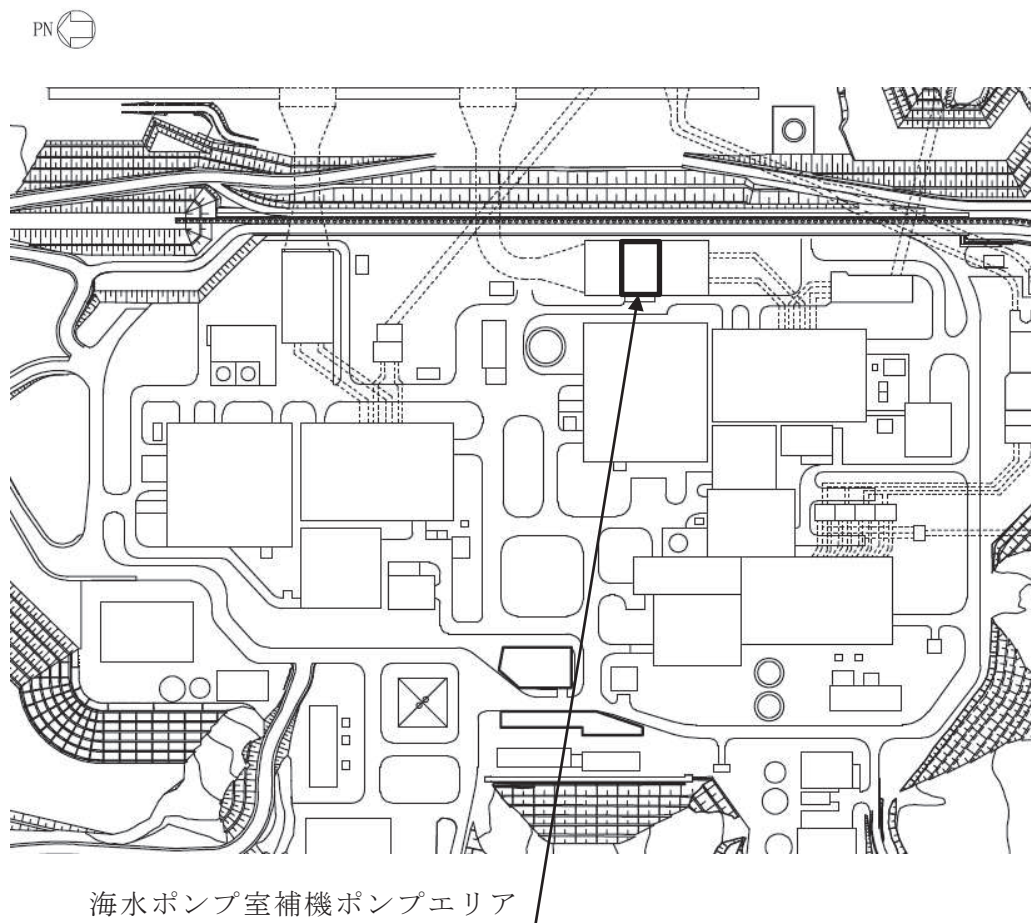


図 6.5.4-1 浸水防止壁の設置位置

PN 

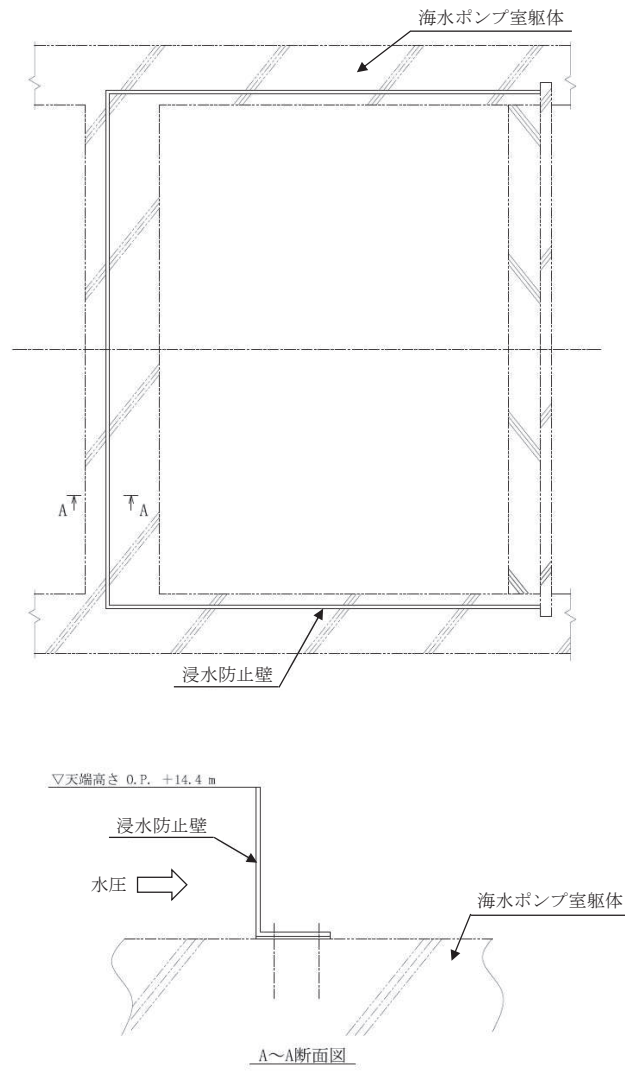
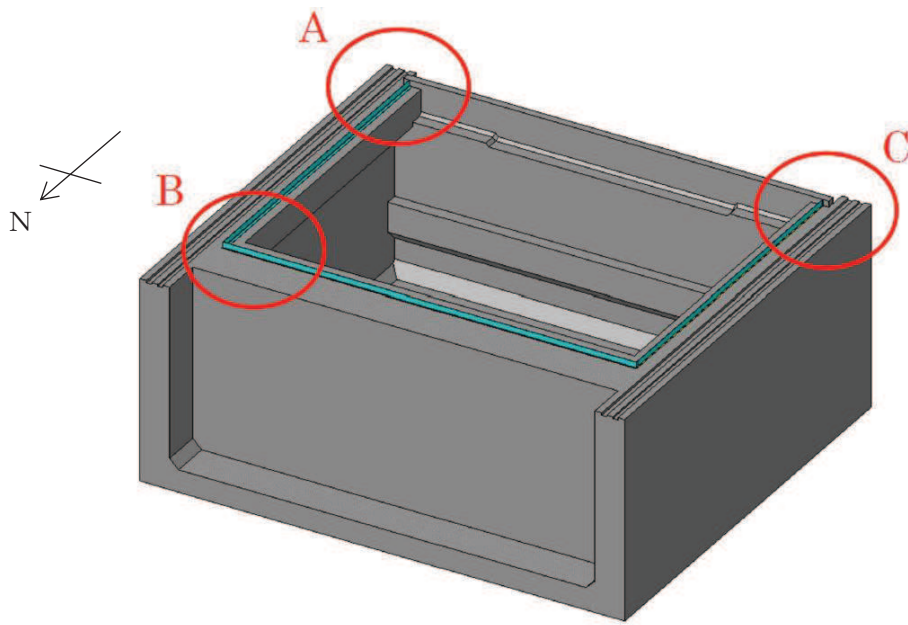
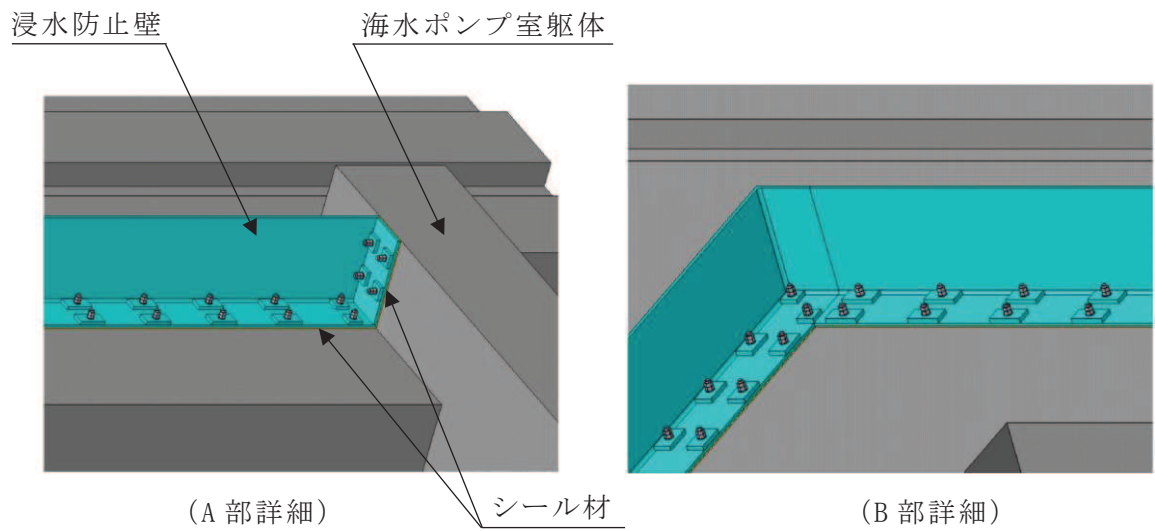


図 6.5.4-2 浸水防止壁の構造



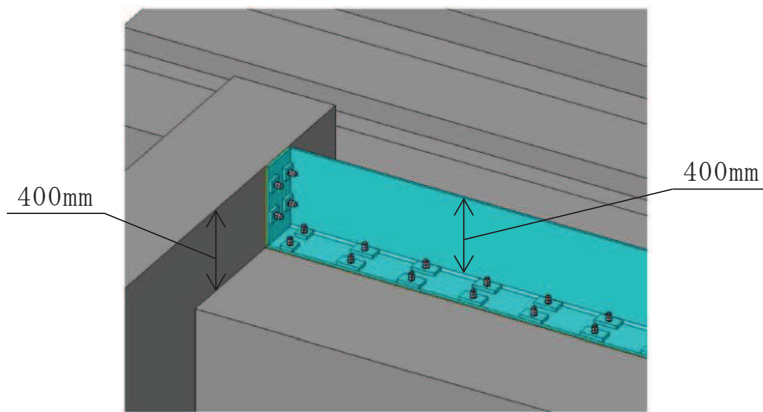
(海水ポンプ室補機ポンプエリア俯瞰図)



(A部詳細)

シール材

(B部詳細)



(C部詳細)

図 6.5.4-3 浸水防止壁の構造概略

- 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
- 6.5.6 貫通部止水処置に関する補足説明
- 6.5.6.2 貫通部止水処置の強度計算書に関する補足説明

目次

1. 概要	6.5.6.2-1
2. 一般事項	6.5.6.2-2
2.1 配置概要	6.5.6.2-2
2.2 構造概要	6.5.6.2-2
2.3 評価方針	6.5.6.2-5
2.4 適用規格・基準等	6.5.6.2-7
2.5 記号の説明	6.5.6.2-8
3. 評価対象部位	6.5.6.2-10
4. 構造強度評価	6.5.6.2-11
4.1 構造強度評価方法	6.5.6.2-11
4.2 荷重及び荷重の組合せ	6.5.6.2-11
4.2.1 荷重の設定	6.5.6.2-11
4.2.2 荷重の組合せ	6.5.6.2-14
4.3 許容限界	6.5.6.2-15
4.4 設計用地震力	6.5.6.2-17
4.5 計算方法	6.5.6.2-20
4.5.1 シール材の強度評価（発生圧力計算）	6.5.6.2-20
4.5.2 モルタルの強度評価（荷重計算）	6.5.6.2-20
4.6 計算条件	6.5.6.2-21
5. 評価結果	6.5.6.2-26

1. 概要

本計算書は、添付書類「VI-3-別添 3-1 津波への配慮が必要な施設の強度計算の方針」に基づき、浸水防護施設のうち貫通部止水処置が、地震後の繰返しの襲来を想定した経路からの津波の浸水に伴う津波荷重、津波による溢水又は内部溢水の浸水によって生じる浸水深が大きい方の静水圧荷重及び余震を考慮した荷重に対して、主要な構造部材が構造健全性を有することを確認するものである。

なお、貫通部止水処置の強度評価においては、平成23年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震による地殻変動に伴い、牡鹿半島全体で約1mの地盤沈下が発生したことを考慮する。

2. 一般事項

2.1 配置概要

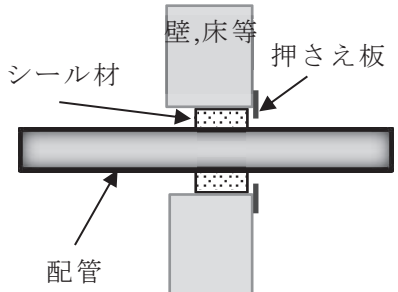
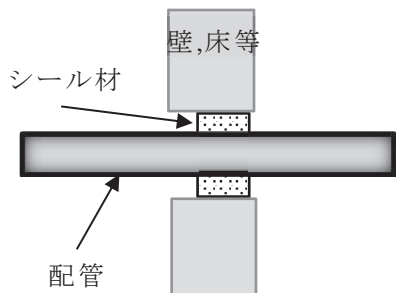
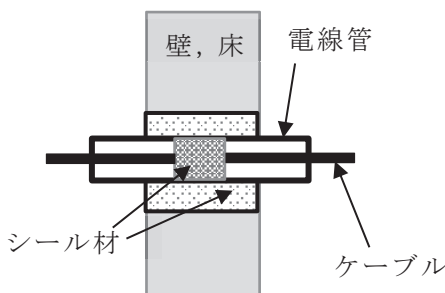
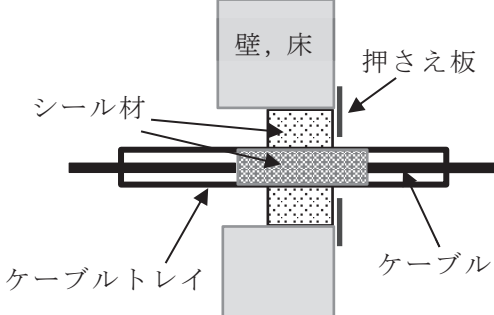
貫通部止水処置は、添付書類「VI-3-別添 3-1 津波への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の「3. 構造強度設計」の構造計画に示すとおり、第2号機海水ポンプ室防潮壁横断部、第2号機放水立坑防潮壁横断部、第3号機海水ポンプ室防潮壁横断部、第3号機放水立坑防潮壁横断部、第3号機補機冷却海水系放水ピット浸水防止蓋貫通部、第2号機原子炉建屋、第2号機制御建屋及び第2号機軽油タンクエリアの貫通口と貫通物とのすき間又は貫通物の周囲に施工する。

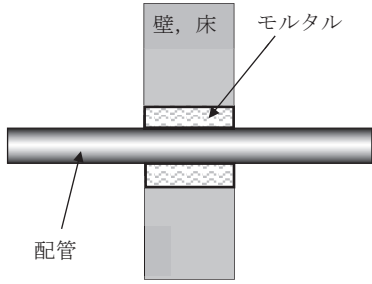
2.2 構造概要

貫通部止水処置の構造は、添付書類「VI-3-別添 3-1 津波への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の「3. 構造強度設計」に示す構造計画を踏まえて、詳細な構造を設定する。

貫通部止水処置は、貫通部の位置条件及び貫通物の強度条件に応じて、シール材又はモルタルを使用し、各貫通部止水処置の適用条件を考慮し施工する。シール材及びモルタルは壁又は床面等の貫通口と貫通物のすき間に施工し、壁又は床面等と貫通物を接合する構造とする。貫通部止水処置の構造計画を表2-1に示す。

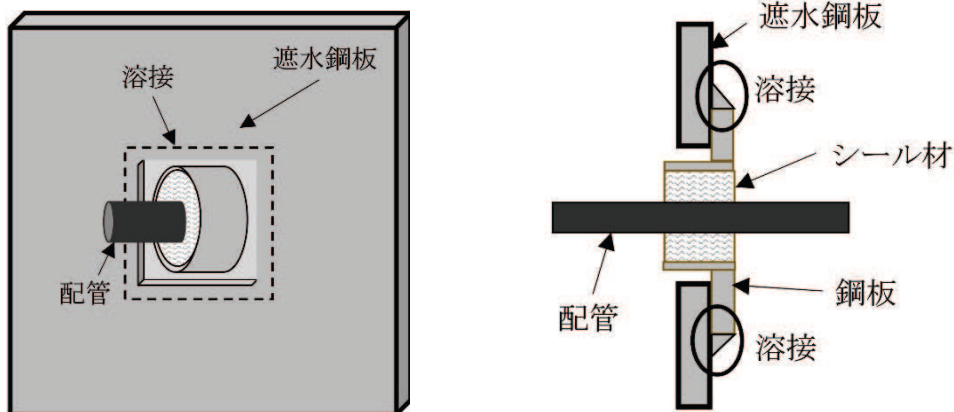
表 2-1 貫通部止水処置の構造計画

計画の概要		説明図
基礎・支持構造	主体構造	
貫通部の開口部にシリコンシーリング材を充填する。施工時は液状であり、反応硬化によって所定の強度を有する構造物が形成され、貫通部内面及び貫通物外面と一定の付着力によって接合する。	充填タイプのシリコンシーリング材にて構成する。	 <p>シリコンシーリング材の構造例（押さえ板有り）</p>  <p>シリコンシーリング材の構造例（押さえ板無し）</p>  <p>シリコンシーリング材の構造例（電線管）</p>  <p>シリコンシーリング材の構造例（ケーブルトレイ）</p>

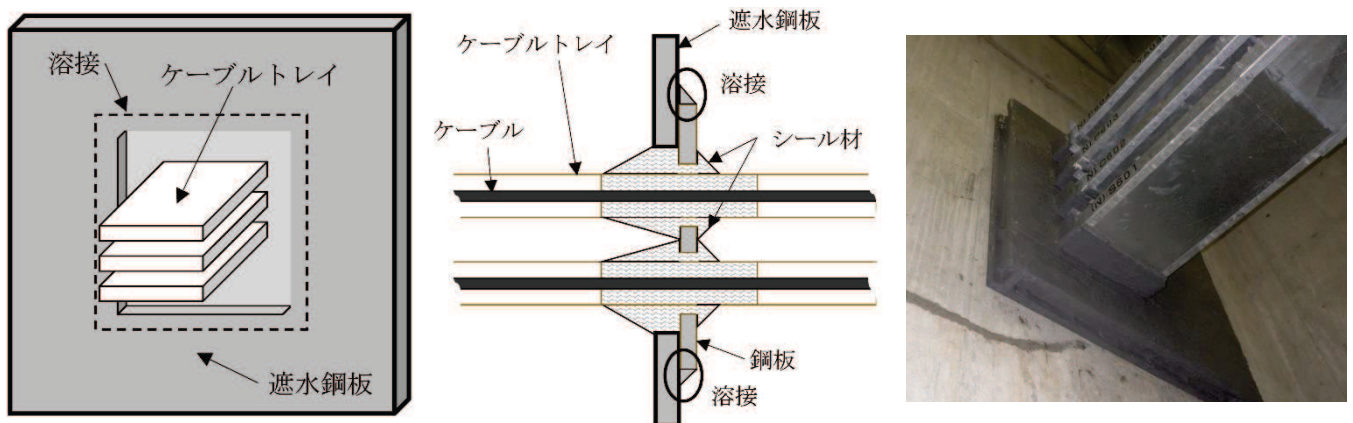
計画の概要		説明図
基礎・支持構造	主体構造	
貫通部の開口部にモルタルを充填し、硬化後は貫通部内面及び貫通物外面と一定の付着力によって接合する。	モルタルにて構成する。	 <p>モルタルの構造例</p>

(遮水鋼板へ施工する貫通部止水処置の構造)

(1) 配管の貫通部止水処置 (構造概要)



(2) ケーブルトレイの貫通部止水処置 (構造概要)



2.3 評価方針

貫通部止水処置の強度評価は、添付書類「VI-3-別添 3-1 津波への配慮が必要な施設の強度計算の方針」にて設定している荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界を踏まえて、貫通部止水処置の評価対象部位に作用する応力等が許容限界以下であることを確認する。

貫通部止水処置は構造上の特徴の違いから、シーラ材並びにモルタルに分けて設計を行うこととする。シーラ材の強度評価フローを図 2-1 に、モルタルの強度評価フローを図 2-2 に示す。

シーラ材については、添付書類「VI-3-別添 3-1 津波への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の「4.2 許容限界」にて設定しているとおり、計算により求めた圧力が、水圧試験で確認した水圧以下であることを確認する。

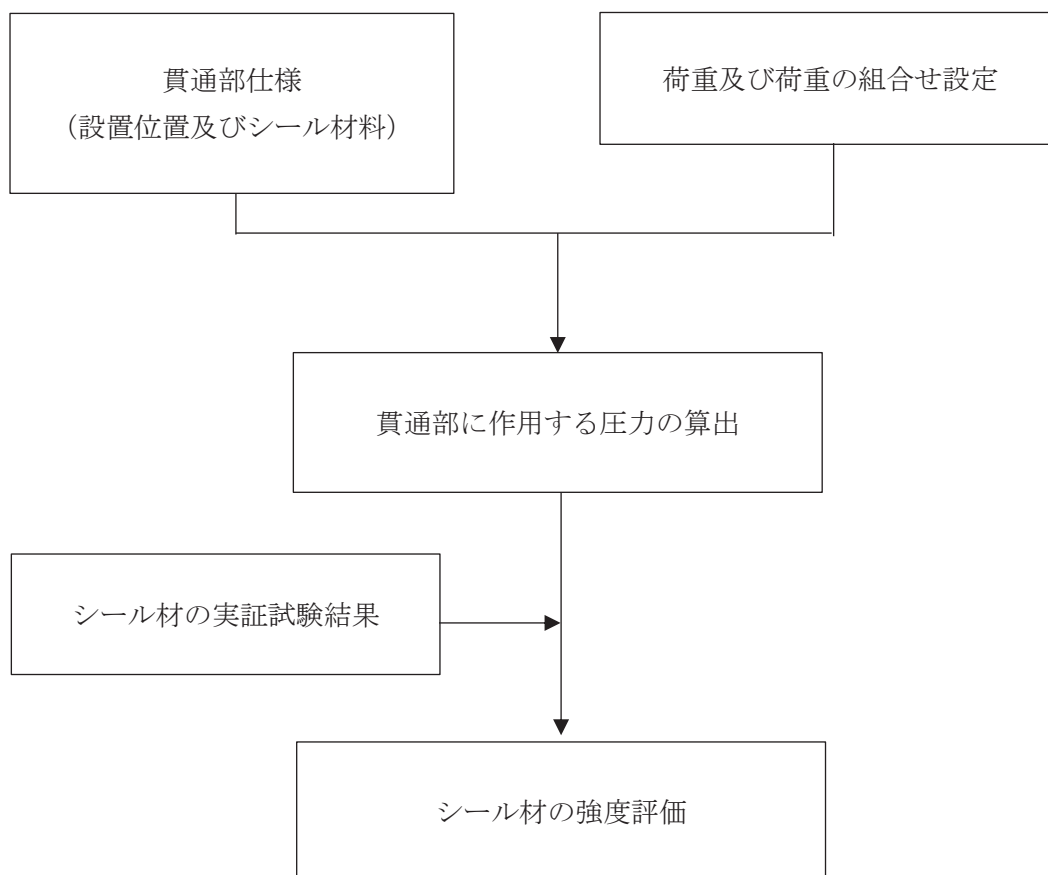


図 2-1 シーラ材の強度評価フロー

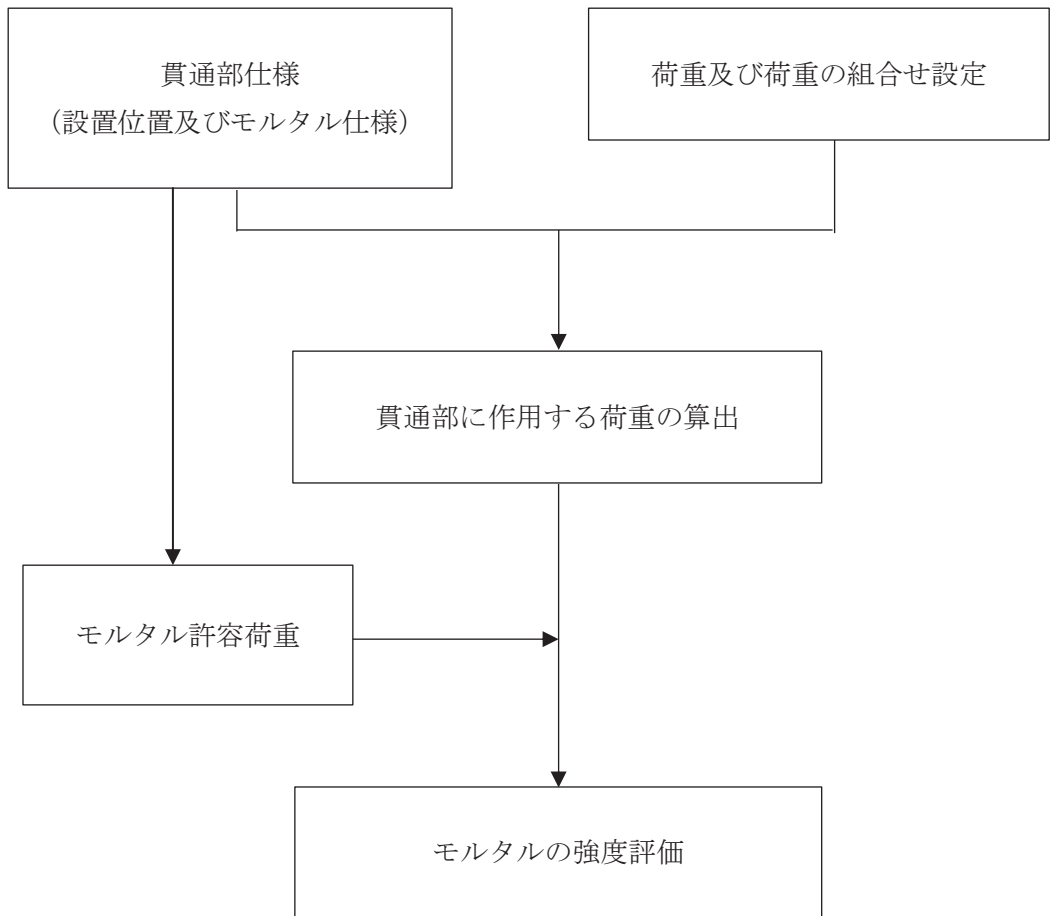


図 2-2 モルタルの強度評価フロー

2.4 適用規格・基準等

適用する規格，基準等を以下に示す

- (1) JSME S NC 1-2005/2007 発電用原子力設備規格 設計・建設規格
(以下，設計・建設規格という。)
- (2) 原子力発電所耐震設計技術指針 (JEAG 4601-1987)
- (3) 原子力発電所耐震設計技術指針重要度分類・許容応力編 (JEAG 4601・補-1984)
- (4) 原子力発電所耐震設計技術指針 (JEAG 4601-1991 追補版)
(以下「JEAG 4601」と記載しているものは上記3指針を指す。)
- (5) 日本水道協会 2009年 水道施設耐震工法指針・解説
- (6) 土木学会 2002年 コンクリート標準示方書 [構造性能照査編]

2.5 記号の説明

貫通部止水処置の強度評価に用いる記号を表 2-2、表 2-3 に示す。

表 2-2 シール材の強度評価に用いる記号

記号	記号の説明	単位
C_H	弾性設計用地震動 $S_d - D_2$ による水平方向の設計震度	—
C_v	弾性設計用地震動 $S_d - D_2$ による鉛直方向の設計震度	—
g	重力加速度	m/s^2
h	貫通部にかかる水頭	m
H	貫通部敷設エリアの床面からの浸水深さ	m
β	浸水エリアの幅と水深の比による補正係数	—
ρ	海水の密度	kg/m^3
C_D	抗力係数	—
U	貫通部に加わる流体の速度	m/s
P_d	余震による動水圧	MPa
P_h	浸水津波荷重	MPa
P_t	突き上げ津波荷重	MPa
P_{s_d}	余震による慣性力	MPa
$P_{H\ total}$	貫通物の貫通軸が水平方向であるシール材に加わる荷重	MPa
$P_{v\ total}$	貫通物の貫通軸が鉛直方向であるシール材に加わる荷重	MPa

表 2-3 モルタルの強度評価に用いる記号

記号	記号の説明	単位
A'	モルタルが水圧を受ける面積	mm^2
f_s	モルタルの許容付着強度	N
f'_{bok}	モルタルの付着強度	N/mm^2
f'_{ck}	モルタルの圧縮強度	N/mm^2
F_H	貫通物の軸方向に作用する荷重	N
F_S	貫通物の自重によりモルタルに生じるせん断荷重	N
$F_{S\ total}$	モルタル部に生じる合計せん断荷重	N
g	重力加速度	m/s^2
h	貫通部にかかる水頭	m
H	貫通部敷設エリアの床面からの浸水深さ	m
$K S d$	弾性設計用地震動に伴う余震荷重	N
L	モルタルの充てん深さ	m
P_d	動水圧	N/m^2
P_h	静水圧荷重	N/m^2
C_H	弾性設計用地震動 $S d$ による水平方向の設計震度	—
C_{HW}	動水圧算出用の水平方向震度（余震）	—
C_v	弾性設計用地震動 $S d$ による鉛直方向の設計震度	—
S	貫通物の周長	m
W	貫通物の支持間隔の質量	kg
β	浸水エリアの幅と水深の比による補正係数	—
ρ	海水の密度	kg/m^3
γ_c	材料定数	—

3. 評価対象部位

貫通部止水処置の評価部位は、添付書類「VI-3-別添 3-1 津波への配慮が必要な施設の強度計算の方針」に示している評価対象部位を踏まえて、「2.2 構造概要」に示す構造計画にて設定している構造に基づき、荷重の方向及び伝達過程を考慮し設定する。

地震後の繰返しの襲来を想定した経路からの津波の浸水に伴う津波荷重、津波による溢水によって生じる浸水深が大きい方の静水圧荷重及び余震を考慮した荷重は、止水処置全体へ伝達される。このことから、シール材及びモルタルを用いた止水処置の全体を評価部位として設定する。

シール材については、作用する圧力による荷重が最も大きい貫通部を代表として評価を行う。モルタルについては、作用する荷重が最も大きい貫通部を代表として評価を行う。

4. 構造強度評価

4.1 構造強度評価方法

貫通部止水処置の強度評価は、添付書類「VI-3-別添 3-1 津波への配慮が必要な施設の強度計算の方針」にて設定している方法を用いて実施する。

貫通部止水処置の強度評価は、「3. 評価対象部位」に示す評価対象部位に対し、「4.2 荷重及び荷重の組合せ」及び「4.3 許容限界」に示す荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界を踏まえ、「4.5 計算方法」に示す方法を用いて評価を行う。

4.2 荷重及び荷重の組合せ

強度評価に用いる荷重の種類及び荷重の組合せに関して以下に示す。

4.2.1 荷重の設定

強度評価に用いる荷重は、以下の荷重を用いる。

(1) 固定荷重 (D)

固定荷重は、貫通軸上の貫通物（配管等を示す。以下同じ。）の質量及び内容物の質量による荷重である。

(2) 浸水津波荷重 (P_h)

浸水津波荷重として、津波による水位を用いた静水圧を考慮する。

$$P_h = \rho \cdot g \cdot h$$

ここで、 ρ : 海水の密度 (=1030kg/m³)
 g : 重力加速度 (=9.80665m/s²)
 h : 貫通部にかかる水頭 (m)

(3) 突き上げ津波荷重 (P_t)

貫通部止水処置に加わる津波速度を考慮する。

$$P_t = 1/2 \cdot C_D \cdot \rho \cdot U^2 + \rho \cdot g \cdot h$$

ここで、 C_D : 抗力係数 (=2.01)
 ρ : 海水の密度 (=1030kg/m³)
 U : 貫通部に加わる流体の速度 (=1.0m/s)
 g : 重力加速度 (=9.80665m/s²)
 h : 貫通部にかかる水頭 (m)

(4) 余震荷重

余震荷重は、添付書類「VI-3-別添 3-1 津波への配慮が必要な施設の強度計算の方針」に示すとおり、弾性設計用地震動 S_{d-D2} に伴う地震力（動水圧含む。）とする。

ただし、モルタルの余震荷重の算出においては、弾性設計用地震動 S_{d-D2} よりも保守的な値である弾性設計用地震動 S_d（7波包絡）に伴う地震力を用いることとする。

a. シール材

(a) 余震による動水圧 (K S d)

余震による動水圧がシール材に作用することを考慮する。

$$P_d = \beta \cdot \frac{7}{8} \cdot \rho \cdot C_H \cdot g \cdot \sqrt{H \cdot h}$$

ここで, β : 浸水エリアの幅と水深の比による補正係数 (=1.0) (「日本水道協会 2009年 水道施設耐震工法指針・解説」より)

ρ : 海水の密度 (=1030kg/m³)

C_H : 弾性設計用地震動 S d - D 2 による水平方向の設計震度

g : 重力加速度 (=9.80665m/s²)

H : 貫通部敷設エリアの床面からの浸水深さ

h : 貫通部ににかかる水頭 (m)

(b) 余震による慣性力 (S d)

津波による静水頭が余震を受けた場合の慣性力を考慮する。

$$P_{s d} = h \cdot \rho \cdot g \cdot C_v$$

ここで, h : 貫通部ににかかる水頭 (m)

ρ : 海水の密度 (=1030kg/m³)

g : 重力加速度 (=9.80665m/s²)

C_v : 弾性設計用地震動 S d - D 2 による鉛直方向の設計震度

b. モルタル

(a) 余震による地震力

イ. 貫通物による余震荷重

貫通物からモルタルに作用する荷重として、支持構造物間の固定荷重及び地震力を考慮する。図 4-1 にモルタルへの付着方向の地震力 (余震荷重) の作用図を示す。

また、貫通物は柔構造となる場合があることから、貫通物の設置場所における床応答スペクトルを用いて設計震度を算出する。

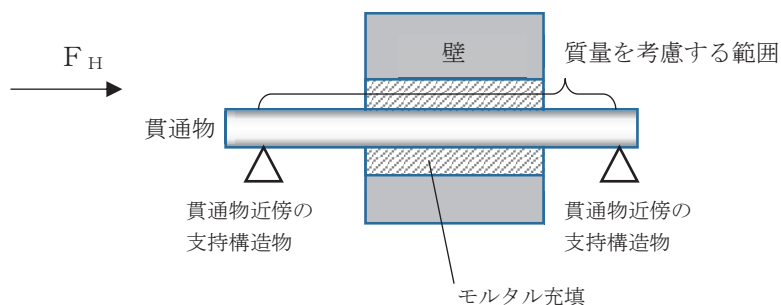


図 4-1 モルタルへの付着方向の余震荷重作用図

ロ. 評価において考慮する貫通部

評価においては、イ. に基づく余震荷重と最も荷重が大きくなる貫通物を考慮して算出する。

ハ. モルタルに作用する付着荷重

モルタルに作用する余震による付着荷重については、イ. に示す指示構造物間の貫通物に作用する余震荷重から算出する。

(b) 余震による動水圧 (K S d)

余震による動水圧がモルタルに作用することを考慮する。

$$P_d = \beta \cdot \frac{7}{8} \cdot \rho \cdot C_{HW} \cdot g \cdot \sqrt{H \cdot h}$$

ここで、 β : 浸水エリアの幅と水深の比による補正係数 (1.0) (「日本水道協会 2009年 水道施設耐震工法指針・解説」より)

ρ : 海水の密度 (=1030kg/m³)

C_{HW} : 動水圧算出用の水平方向震度 (余震)

g : 重力加速度 (=9.80665m/s²)

H : 貫通部敷設エリアの床面からの浸水深さ (m)

h : 貫通部ににかかる水頭 (m)

4.2.2 荷重の組合せ

貫通部止水処置の強度評価にて考慮する荷重の組合せを表4-1に示す。

表4-1 荷重の組合せ

施設区分	機器名称	荷重の組合せ
浸水防護施設 (浸水防止設備)	貫通部止水処置 (第2号機海水ポンプ室防潮壁横断部、第2号機放水立坑防潮壁横断部、第3号機海水ポンプ室防潮壁横断部、第3号機放水立坑防潮壁横断部、第2号機原子炉建屋、第2号機制御建屋及び第2号機軽油タンクエリアの貫通口)	$D + P_h + K S_d^{*1*3*4}$
	貫通部止水処置 (第3号機補機冷却海水系放水ピット浸水防止蓋貫通部)	$D + P_t + S_d^{*2*3*5}$

注記 *1 : Dは固定荷重, P_h は浸水津波荷重, $K S_d$ は弾性設計用地震動 $S_d - D2$ による余震荷重(余震による動水圧 P_d)を示す。ただし, モルタルは弾性設計用地震動 S_d (7波包絡)による余震荷重(貫通物による余震荷重及び余震による動水圧 P_d)を示す。

*2 : Dは固定荷重, P_t は突き上げ津波荷重, S_d は弾性設計用地震動 $S_d - D2$ による余震荷重(余震による慣性力 $P_{s,d}$)を示す。

*3 : 固定荷重(D)について, シール材を施工する配管貫通部は, 耐震性を満足させるため, 貫通部近傍の配管に支持構造物を設置する設計としており, シール材に加わる固定荷重の影響は軽微であるため考慮しない。

*4 : 水平方向に荷重を受ける箇所に適用する。

*5 : 垂直方向に荷重を受ける箇所に適用する。

4.3 許容限界

(1) シール材

シール材の許容限界値は、実機で使用している形状、寸法の試験体にて静水压を付加した水圧試験に基づく結果を用いる。シール材の水圧試験の概要を図4-2に示す。実機施工時には、試験検証済みの許容限界寸法以上となるように施工する。これにより試験で得られた許容限界値以上の耐圧性を有し、かつ、想定するシール材に加わる圧力が、許容限界値以内であることを確認し確実に耐圧性を確保する。

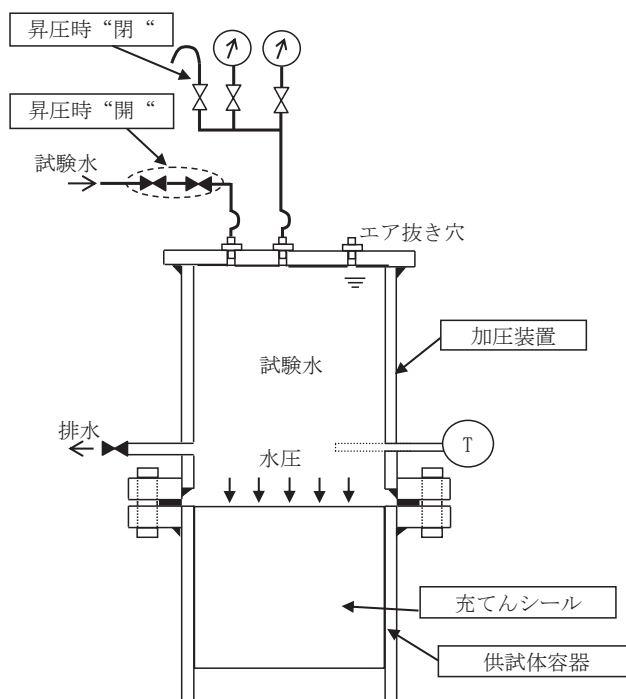


図4-2 シール材の水圧試験の概要

(2) モルタル

各評価対象部位の許容値は、土木学会 2002年 コンクリート標準示方書 [構造性能照査編]に規定される許容限界を用いる。

貫通部止水処置の許容限界を表 4-2, 許容限界評価条件を表 4-3, 貫通部止水処置の許容限界算出結果を表 4-4 に示す。また、モルタルの施工例を図 4-3 に示す。

表 4-2 貫通部止水処置の許容限界 (許容荷重)

状態	許容限界*
	付着荷重
短期	f_s

注記* :モルタルの許容限界は、土木学会 2002年 コンクリート標準示方書 [構造性能照査編]によりモルタルの許容付着荷重 f_s , モルタル付着強度 f'_{bok} を算出する。モルタル圧縮強度 f'_{ck} は設計値を用いる。また、評価において最も裕度が小さくなる貫通物の口径=50A, モルタル充填深さ $L=1000\text{mm}$ とする。

$$f_s = f'_{bok} \cdot S \cdot L / \gamma_c$$

ここで, S : 周長 (=外径 $60.5\text{mm} \times \pi = 190.0664\text{mm}$)

$$f'_{bok} = 0.28 \cdot f'_{ck}{}^{2/3} \cdot 0.4$$

表 4-3 貫通部止水処置の許容限界評価条件

評価対象部位	f'_{ck} (N/mm^2)	γ_c (-)
モルタル	30	1.3

表 4-4 貫通部止水処置の許容限界算出結果

状態	評価対象部位	許容限界
		付着荷重 (kN)
短期	モルタル	158

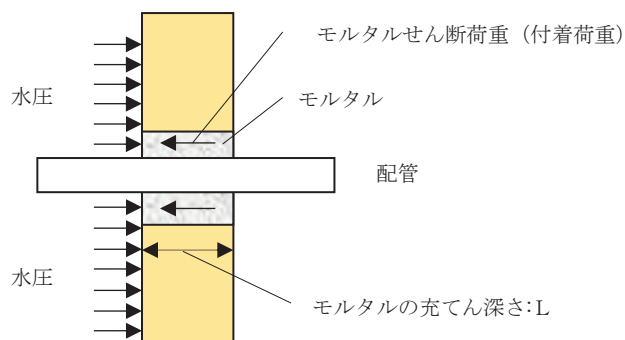


図 4-3 モルタルの施工例

4.4 設計用地震力

(1) シール材

シール材の強度評価における弾性設計用地震動 S d - D 2 に伴う地震力については、添付書類「VI-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方法」に示す最大床応答加速度を考慮して設定する。貫通部止水処置の強度評価に用いる設計用震度を表 4-5、表 4-6、表 4-7 に示す。

表 4-5 シール材の強度計算に用いる設計用震度

地震動	床面高さ* ¹	貫通部止水処置の設置場所	余震による設計震度* ²	
	O. P. (m)			
弾性設計用地震動 S d - D 2 *	13.8	第 3 号機放水立坑防潮壁横断部 (第 3 号機放水立坑)	水平方向 C _H	0.40
	14.0	第 3 号機補機冷却海水系放水 ピット浸水防止蓋貫通部 (第 3 号機海水熱交換器建屋)	鉛直方向 C _V	0.89

注記 *1：貫通部止水処置の設置場所より高い基準床レベルを設定している。

*2：最大床応答加速度の 1.2 倍を設計震度とした。

表 4-6 女川 3 号機放水立坑に設置する機器等の評価用震度（余震評価用）

（強度評価用：1.2ZPA）（弾性設計用地震動 S d - D 2，不確かさ包絡）

標高* O. P. (m)	動的震度 (1.2ZPA) (単位：G)					
	水平			鉛直		
	鋼桁 5	鋼桁 6	水平 包絡	鋼桁 5	鋼桁 6	鉛直 包絡
14.800	0.40	0.37	0.40	0.85	0.95	0.95
11.000	0.37	0.32	0.37	0.78	0.88	0.88

注記 *：耐津波設計においては、平成 23 年 3 月 11 日に発生した東北地方太平洋沖地震による地殻変動に伴う、牡鹿半島全体で約 1m の地盤沈下を考慮するため、表記 O. P. より -1m した値を記載する。

表 4-7 3号海水熱交換器建屋内機器等の評価用震度（余震評価用）
（強度評価用：1.2ZPA）（弾性設計用地震動 S d - D 2，不確かさ包絡）

標高 * O.P.(m)	動的震度(1.2ZPA) (単位:G)			
	NS	EW	水平包絡	鉛直
15.0	1.89	1.66	1.89	0.89
8.0	1.40	1.32	1.40	0.77
-1.1	0.89	0.90	0.90	0.60
-9.5	0.51	0.51	0.51	0.46

注記 *：耐津波設計においては，平成 23 年 3 月 11 日に発生した東北地方太平洋沖地震による地殻変動に伴う，牡鹿半島全体で約 1m の地盤沈下を考慮するため，表記 O.P. より -1 m した値を記載する。

(2) モルタル

モルタルの強度評価における弾性設計用地震動 S d に伴う地震力については，添付書類「VI-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方法」における設計用地震力に基づき設計する。貫通部止水処置の強度評価に用いる設計用震度を表 4-8 に示す。また，固有周期毎の水平方向の震度を図 4-4 に示す。

表 4-8 モルタルの強度計算に用いる設計用震度

地震動	床面高さ* ¹ O.P. (m)	貫通部止水処置の設置場所	余震による設計震度* ²	
			水平方向 C _H	鉛直方向 C _V
弾性設計用地震動 S d (7波包絡)	13.8	軽油タンク室 (A, B) (タンク室)	水平方向 C _H	8.60
			鉛直方向 C _V	6.77

注記 *¹：貫通部止水処置の設置場所より高い基準床レベルを設定している。

*²：モルタルは評価対象箇所が多いことから，設計震度の算出については，設置場所である軽油タンク室 (A, B) (タンク室) の全ての対象箇所を包絡するように全周期帯の最大加速度を用いた。また，保守的な評価となるように設置場所の床応答曲線は減衰定数 0.5% を適用した。

図番 : 02_DOT_Sd-AL_C00_0.5_IH_14.800_h_Rev01_a

構造物名 : 軽油タンクピット(A)(B)-タンク側
標高 : 0.P. 14.800m
減衰定数 : 0.5
波形名 : Sd-AL

—— 水平方向

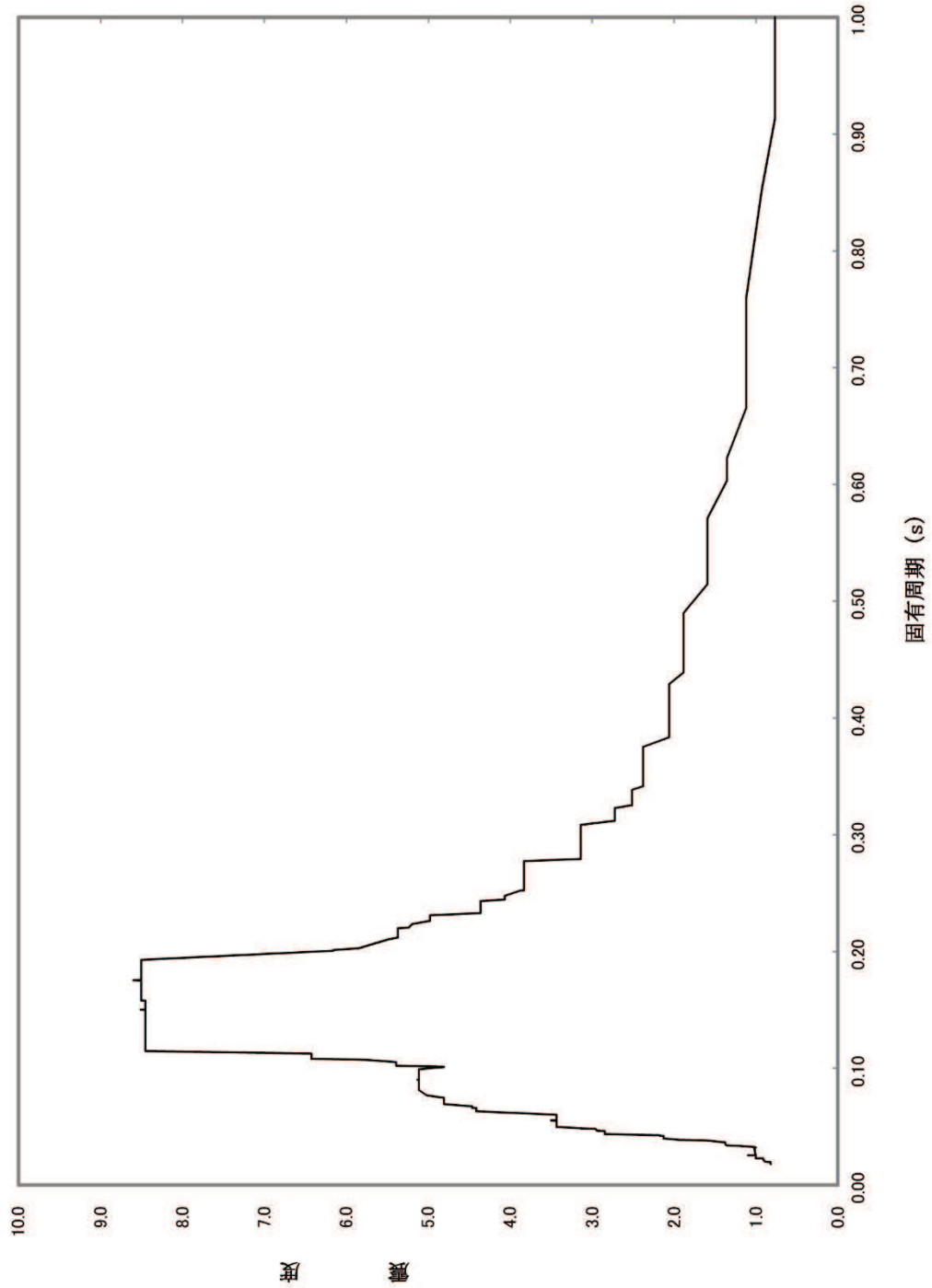


図 4-4 固有周期毎の水平方向の震度

4.5 計算方法

4.5.1 シール材の強度評価（発生圧力計算）

貫通物の貫通軸が水平方向であるシール材は，浸水津波荷重 P_h と余震による動水圧 P_d を考慮する。

$$P_{H \text{ total}} = P_h + P_d$$

貫通物の貫通軸が鉛直方向であるシール材は，津波による突き上げ津波荷重 P_t と余震による慣性力 $P_{s d}$ を考慮する。

$$P_{v \text{ total}} = P_t + P_{s d}$$

4.5.2 モルタルの強度評価（荷重計算）

(1) 貫通物の反力により生じる荷重

固定荷重及び地震時の貫通物の反力によりモルタルに生じる荷重は，次のとおり算出する。せん断荷重は，水平反力と貫通軸上の貫通物の質量から次のとおり算出する。

$$F_H = W \cdot g \cdot (1 + C_H)$$

$$F_S = F_H$$

(2) 合計荷重

モルタルに発生する合計せん断荷重 $F_{S \text{ total}}$ は次のとおり算出する。

$$F_{S \text{ total}} = F_S + (P_h + P_d) \cdot A'$$

ここで， A' : モルタルが水圧を受ける面積（=0.011 m²）

ここでは，モルタルの面積が保守的になるように，貫通物の面積を考慮しない，スリーブ口径（100A=外径 114.3mm）の面積を適用している。

4.6 計算条件

(1) シール材

シール材の強度評価に用いる計算条件を表 4-9 及び表 4-10 に示す。また、貫通部止水処置に加わる津波概要を図 4-5 及び図 4-6 に示す。

表 4-9 シール材（貫通軸：水平）の強度評価に用いる計算条件

貫通部箇所 (貫通部仕様)	浸水エリアの幅と 水深の比による 補正係数 β	海水の密度 ρ (kg/m ³)	貫通部施設エリアの床 面からの浸水深さ* ¹ H (m)
第3号機放水立坑防 潮壁横断部 (シール材)	□	1030	21.2

貫通部位置における浸水深さ* ² h (m)	弾性設計用地震動 S d - D 2 による 水平方向の設計震度 C_H	重力加速度 g (m/s ²)
9.164	0.40	9.80665

注記 * 1 : 貫通部施設エリアの床面からの浸水深さ(H)は、貫通部施設エリアの床面(0. P. -3. 2m)から入力津波水位に 0. 5mの余裕を考慮した津波水位 (0. P. 18. 0m) までの寸法。

* 2 : 貫通部位置における浸水深さ h は開口下端高さ (0. P. 8. 836m) から入力津波水位に 0. 5 mの余裕を考慮した津波水位 (0. P. 18. 0m) までの寸法。

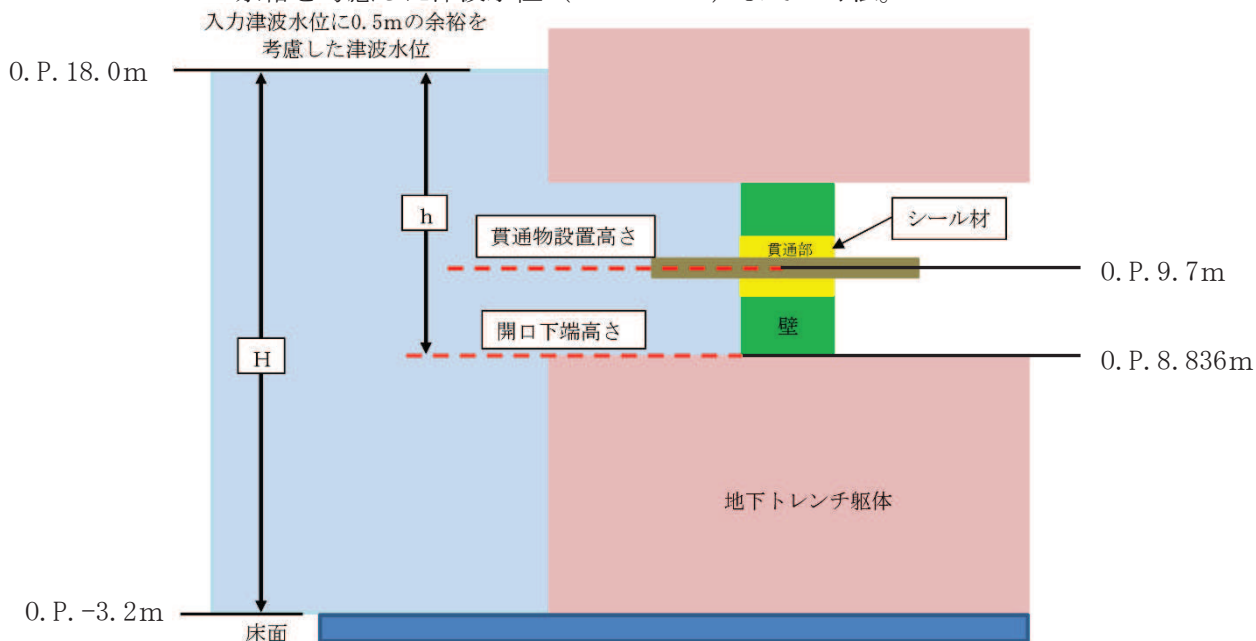


図 4-5 貫通部止水処置（貫通軸：水平）に加わる津波の概要

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

表 4-10 シール材（貫通軸：鉛直）の強度評価に用いる計算条件

貫通部箇所 (貫通部仕様)	海水の密度 ρ (kg/m ³)	抗力係数 C_D (-)	貫通部に加わる流体 の流速 U (m/s)
第3号機補機冷却海水系放水ピット浸水防止蓋貫通部*1 (シール材)	1030	2.01	1.0

貫通部位置における浸水深さ h (m)	重力加速度 g (m/s ²)
3.4*2	9.80665

注記 *1:第3号機補機冷却海水系放水ピット浸水防止蓋及び貫通配管については剛構造であり、地震時において有意な相対変位が発生しないことを確認したうえでシール材の施工を適用している。

*2:貫通部位置における浸水深さは、第3号機補機冷却海水系放水ピット躯体の天端高さ (O.P. 14.6m) から入力津波水位に 0.5mの余裕を考慮した津波水位 (O.P. 18.0m) までの寸法。

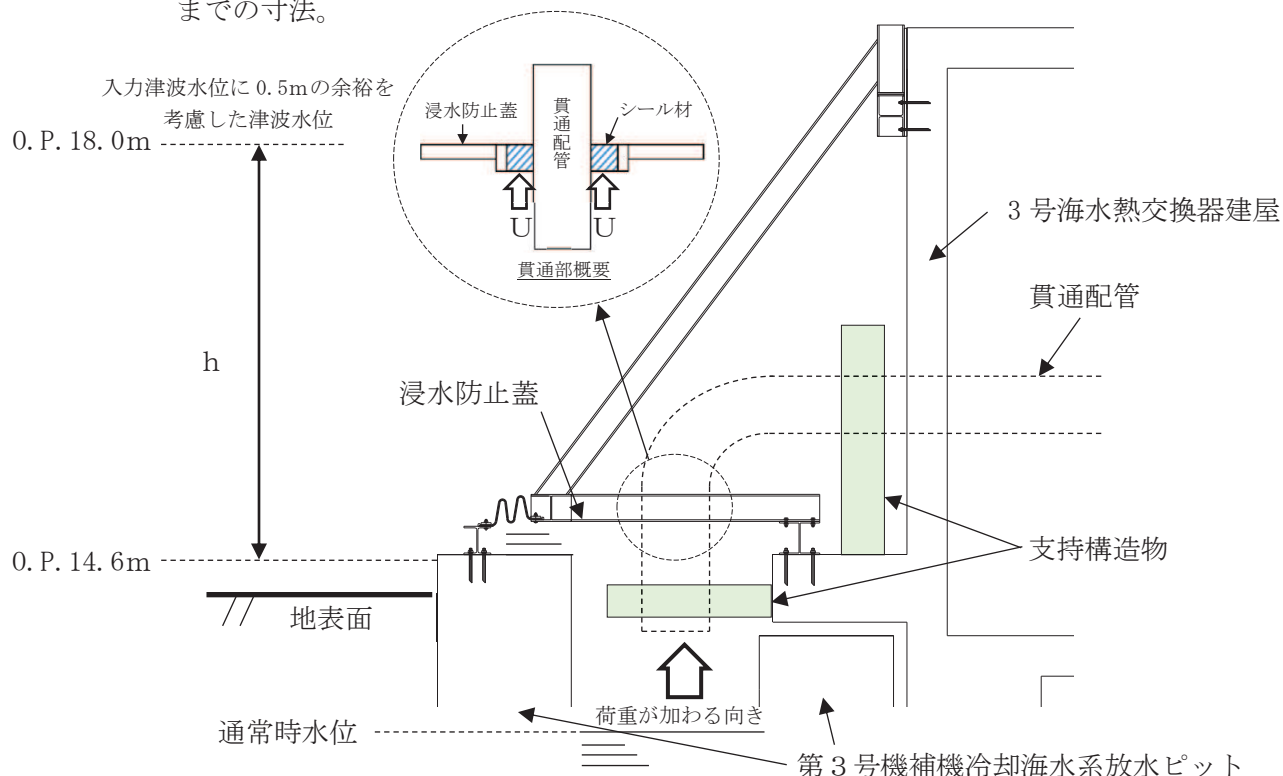


図 4-6 貫通部止水処置（貫通軸：鉛直）に加わる津波の概要

(2) モルタル

モルタルの強度評価に用いる計算条件を表 4-11 に示す。また、貫通部止水処置に加わる荷重の概要を図 4-7 に示す。

表 4-11 モルタルの強度評価に用いる計算条件

貫通部箇所 (貫通部仕様)	浸水エリアの幅と 水深の比による 補正係数 β	海水の密度 ρ (kg/m^3)	貫通部敷設エリアの 床面からの浸水深さ H (m)
第 2 号軽油 タンクエリア (モルタル)	□	1030	5.48 ^{*1}

貫通部位置における 浸水深さ h (m)	貫通物の支持間隔 の質量 (kg)	モルタルが水圧を 受ける面積 A' (m^2)	動水圧算出用の 水平方向震度 C _{HW}
2.27	□	0.011	0.89 ^{*2}

注記 * 1 : 貫通部敷設エリアの床面からの浸水深さ H は、軽油タンク室が没水するとして、軽油タンク室の床面 (O. P. 8.5m) から屋外タンク等の破損による浸水深 (O. P. 13.8m + 0.18m) までの高さ。

* 2 : 動水圧算出用の水平方向震度は、弾性設計用地震動 S_d (7 波包絡) に伴う地震力として、添付書類「VI-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方法」に示す最大床応答加速度を考慮して設定する。動水圧算出用の水平方向震度を表 4-12, 表 4-13 に示す

* 3 : 貫通物の支持間隔の質量の算出

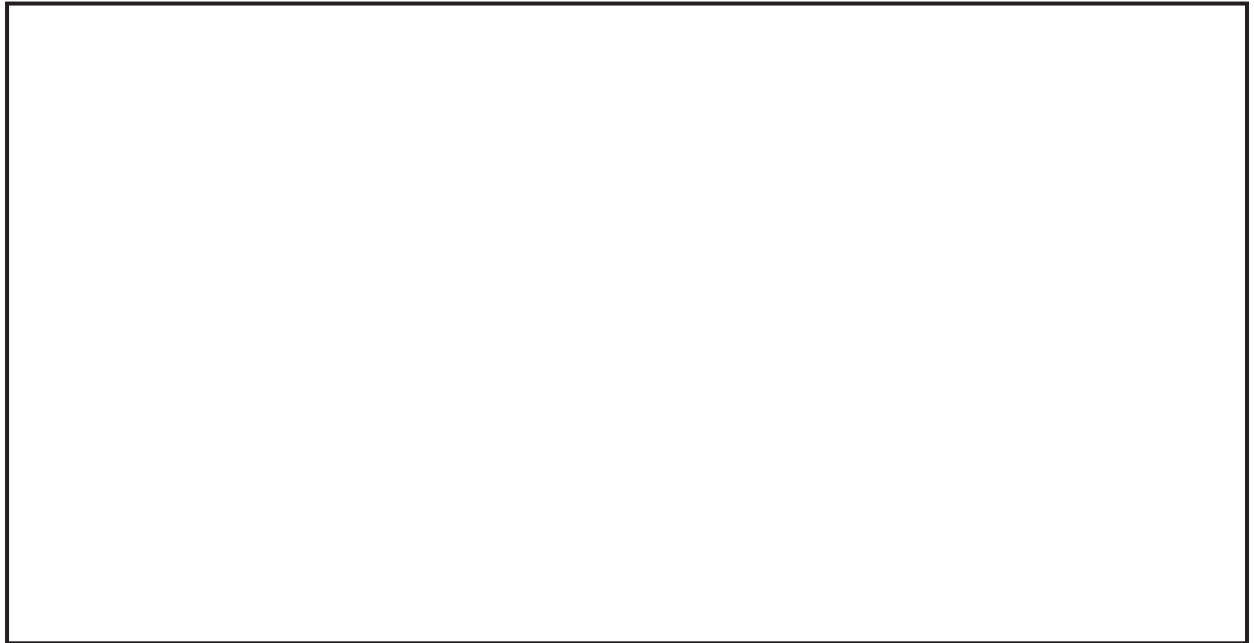


表 4-12 動水圧算出用の水平方向震度

地震動	床面高さ* ¹ O.P. (m)	貫通部止水処置の設置場所	余震による設計震度* ²	
			水平 方向震度 C _{HW}	0.89
弾性設計用地震動 S d (7波包絡)	13.8	軽油タンク室 (A, B) (タンク室)		

注記 *1: 貫通部止水処置の設置場所より高い基準床レベルを設定している。

*2: 最大床応答加速度の 1.2 倍を設計震度とした。

表 4-13 軽油タンク室 (A, B) (タンク室) 内機器等の評価用震度 (余震評価用)
(強度評価用: 1.2ZPA) (弾性設計用地震動 S d 7波包絡, 不確かさ包絡)

標高* O.P.(m)	動的震度(1.2ZPA) (単位:G)			
	NS(タンク室)	EW(タンク室)	水平包絡	鉛直
14.8	0.89	0.88	0.89	0.64
9.5	0.76	0.78	0.78	0.60

注記 *: 耐津波設計においては, 平成 23 年 3 月 11 日に発生した東北地方太平洋沖地震による地殻変動に伴う, 牡鹿半島全体で約 1m の地盤沈下を考慮するため, 表記 O.P. より -1 m した値を記載する。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

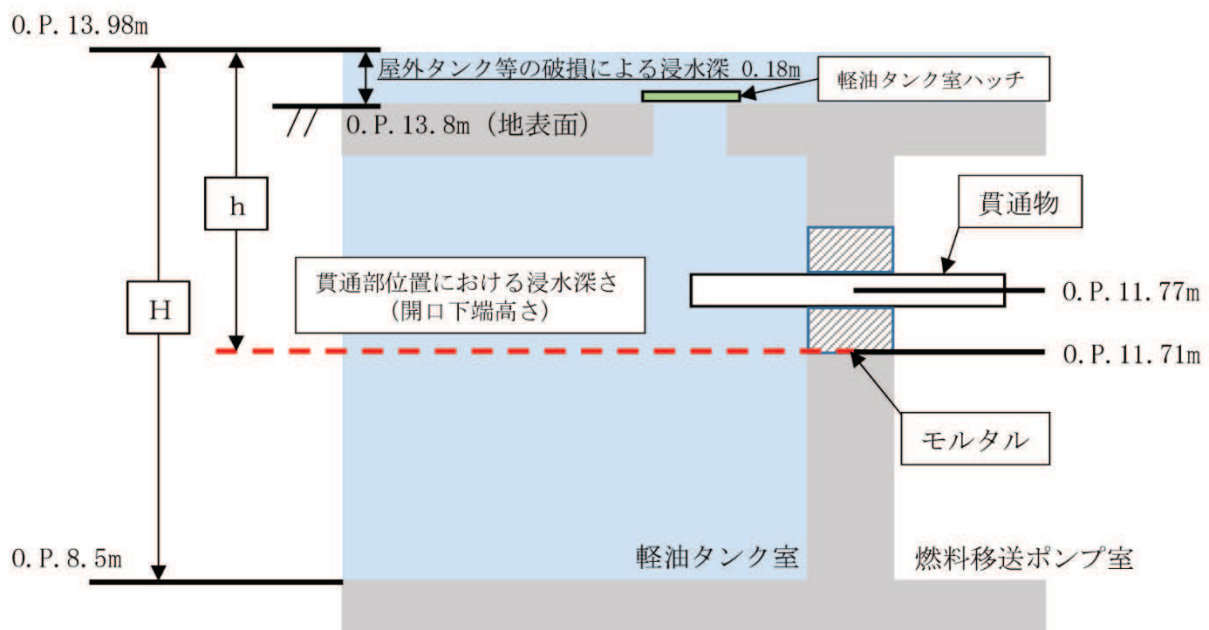


図 4-7 貫通部止水処置 (モルタル) に加わる荷重の概要

5. 評価結果

シーラ材及びモルタルの強度評価結果をそれぞれ表 5-1, 表 5-2 に示す。シーラ材, モルタルの発生圧力又は発生荷重は, 許容圧力又は許容荷重以下であることを確認した。

表 5-1 シーラ材の浸水に対する強度評価結果

評価部位	発生圧力 (MPa)	許容圧力 (MPa)
シーラ材 (貫通軸：水平)	0.15	0.40
シーラ材 (貫通軸：鉛直)	0.07	0.40

表 5-2 モルタルの浸水に対する強度評価結果

評価部位	発生荷重 (kN)		許容荷重 (kN)
モルタル	せん断荷重 (付着荷重)	□	159

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

(参考) 第3号機補機冷却海水系放水ピット浸水防止蓋及び貫通配管に対する地震時の影響について

1. 概要

第3号機補機冷却海水系放水ピット浸水防止蓋（以下、浸水防止蓋という。）には配管が貫通しており、貫通部には貫通部止水処置を実施している。浸水防止蓋及び貫通配管については、3号機海水熱交換器建屋から定着部を設定しているが、地震時において、浸水防止蓋及び貫通配管に有意な変位が発生した場合には、貫通部止水処置の性能に影響を与える可能性があるため、地震時の影響について確認する。

2. 浸水防止蓋と貫通配管の支持構造

(1) 貫通配管の支持構造

第3号機補機冷却海水系放水ピットに設置されている浸水防止蓋と貫通配管の配置の概要について、図-1に示す。

屋外部の貫通配管を支持する支持構造物は2箇所設置しており、3号機海水熱交換器建屋から支持している。

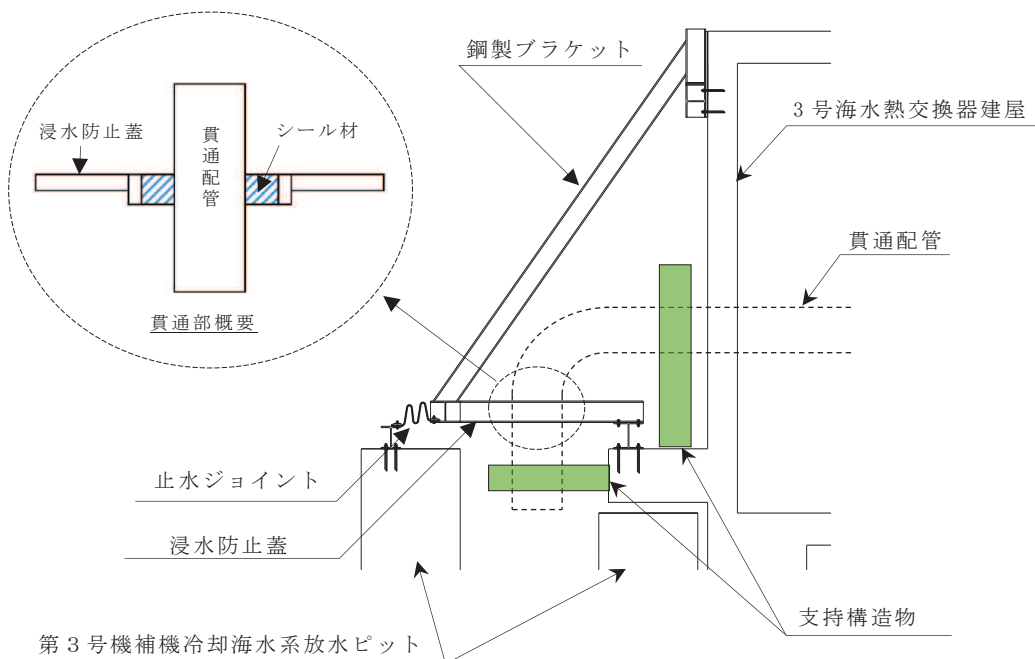


図-1 浸水防止蓋と貫通配管の配置概要

(2) 浸水防止蓋の支持構造について

浸水防止蓋，鋼製ブラケットで構成され，3号海水熱交換器建屋に支持する構造としている。また，第3号機補機冷却海水系放水ピットとの境界部には止水ジョイント（M型ジョイント）が設置されており，第3号機補機冷却海水系放水ピット側の相対変位の影響を受けない構造としている。

3. 貫通配管の地震時の影響

「補足-140-1 津波への配慮に関する説明書の補足説明資料 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」において，基準地震動 S_s に対して主要な構造部材が十分な構造健全性を有することを確認している。また，図-2～5に示す評価モデルにより固有値解析を実施している。

評価の結果，表-1に示すように固有周期が0.050s以下であることから，剛構造であり，地震時は建屋と配管系が一体で動く構造であることを確認している。また，配管の支持構造物は，配管貫通部の前後の2箇所を設置し，それぞれ軸直角方向にて拘束することで，地震における発生する変位が小さくなるように設計している。浸水防止蓋との貫通部における基準地震動 S_s における最大変位は表-2に示すとおり，非放射性ドレン移送系の8mmであり，非放射性ドレン移送系におけるシール材については，50mmの変位に対応できることを確認しているため，変位の影響は十分小さい。

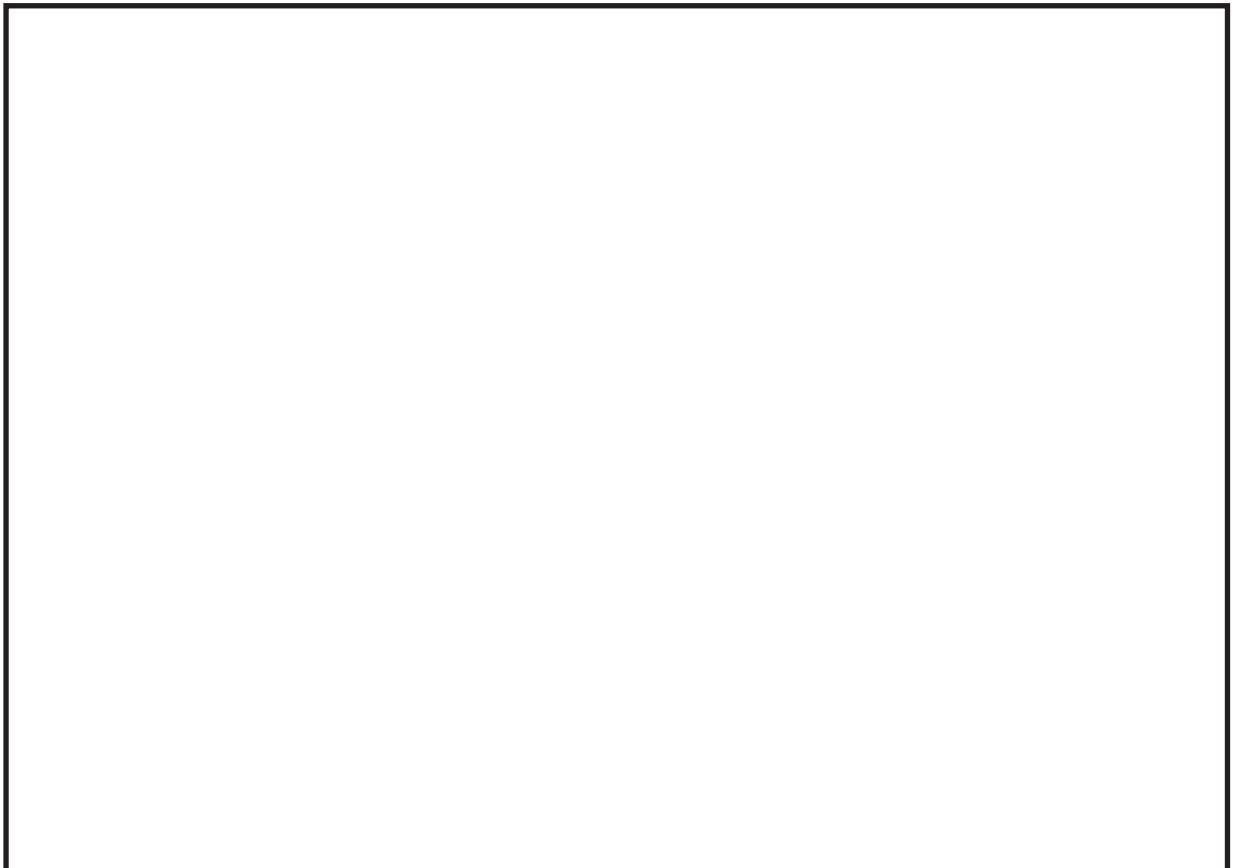


図-2 タービン補機冷却海水系 系統評価モデル図

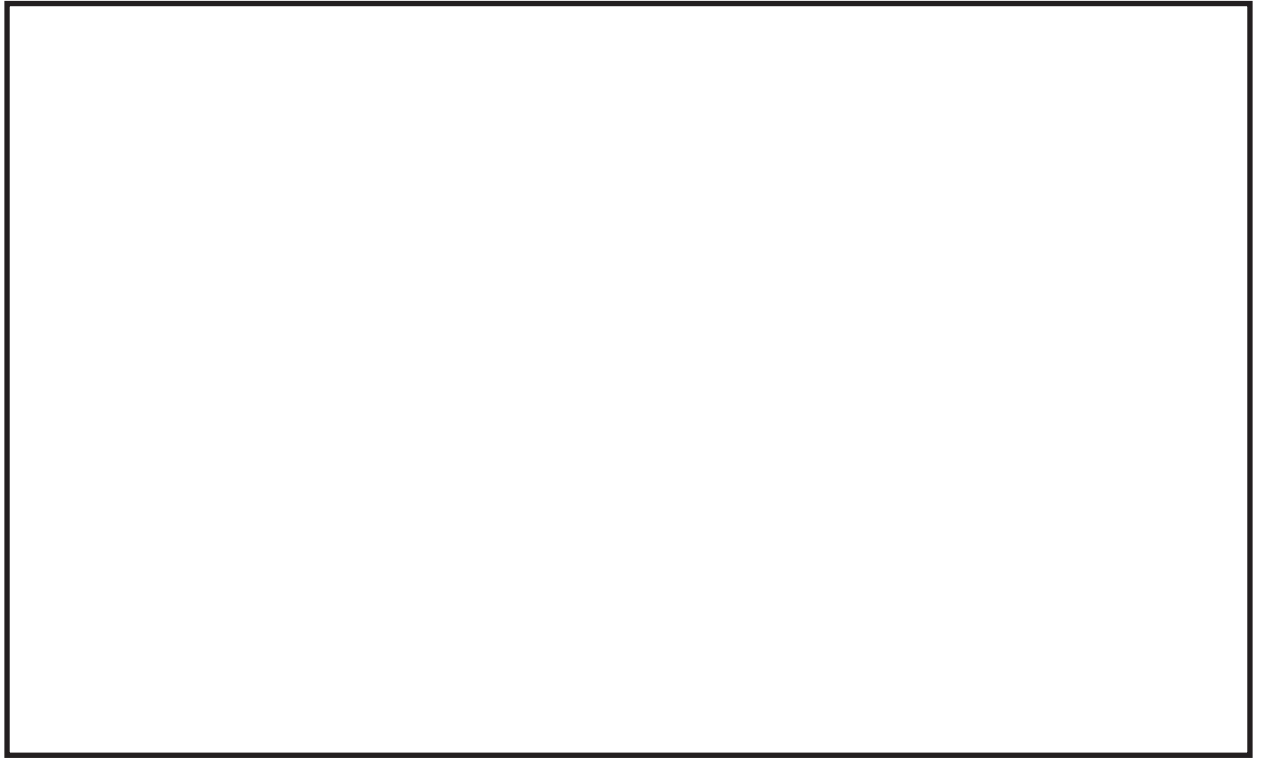


図-3 原子炉補機冷却海水系 系統評価モデル図

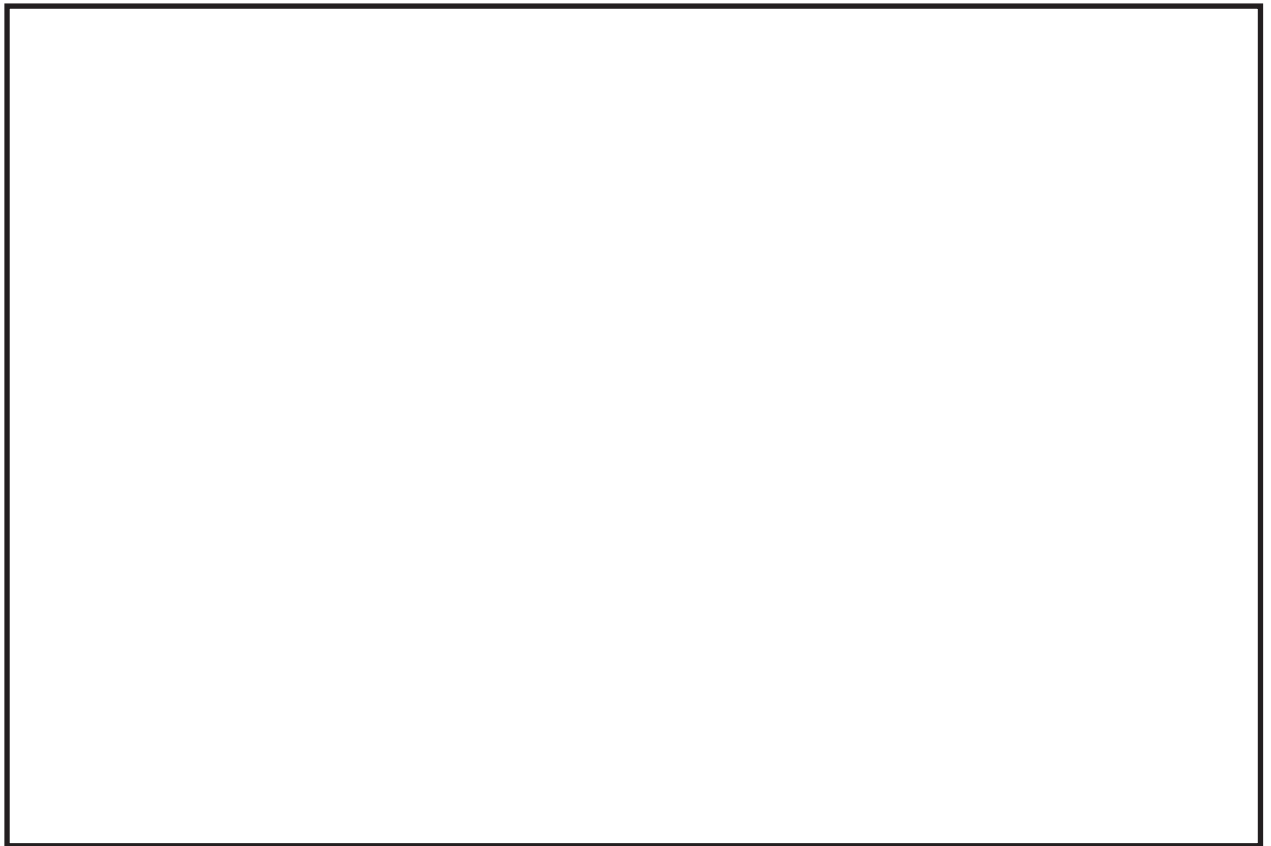


図-4 高圧炉心スプレイ補機冷却海水系 系統評価モデル図

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

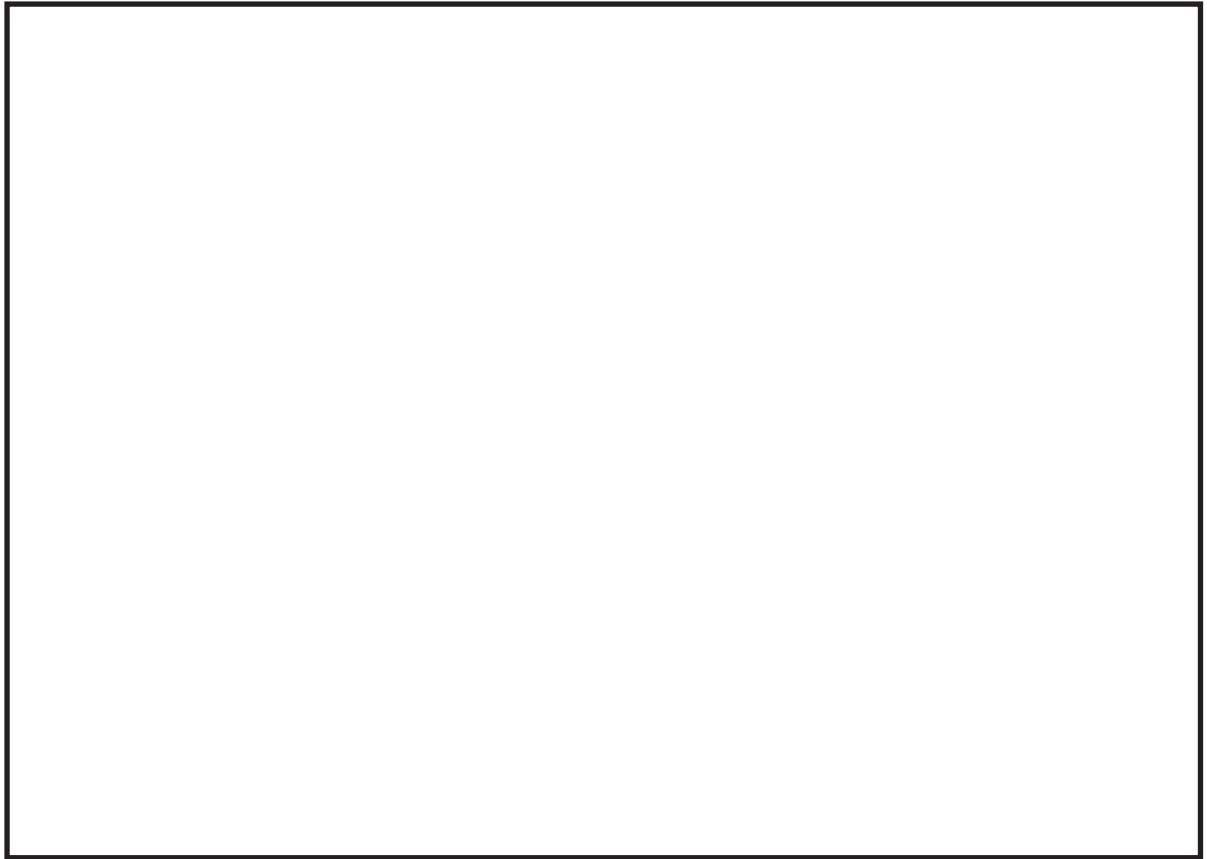


図-5 非放射性ドレン移送系 系統評価モデル図

表-1 固有周期

対象系統	固有周期 (s)	(参考) 固有振動数 (Hz)
タービン補機冷却海水系 (500A)	0.037	27.02
原子炉補機冷却海水系 (500A)	0.028	35.71
高圧炉心スプレイ補機冷却海水系 (200A)	0.025	40.00
非放射性ドレン移送系 (50A)	0.046	21.73

表-2 浸水防止蓋部における3号海水熱交換器建屋に対する最大相対変位

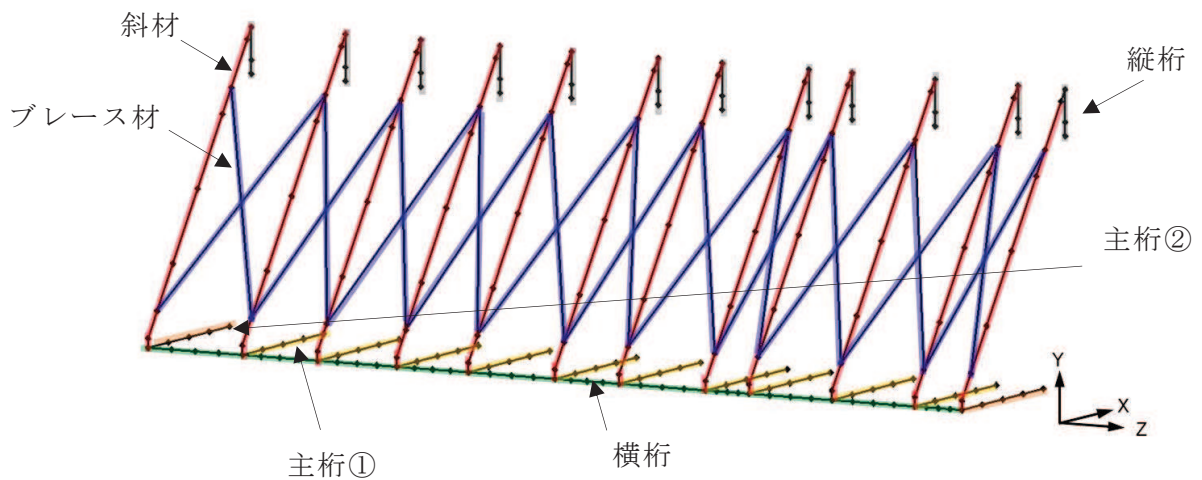
対象系統	最大相対変位 (mm)
タービン補機冷却海水系 (500A)	3
原子炉補機冷却海水系 (500A)	1
高圧炉心スプレイ補機冷却海水系 (200A)	1
非放射性ドレン移送系 (50A)	8

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

4. 浸水防止蓋の地震時の影響

添付資料「VI-2-10-2-8-4 浸水防止蓋（第3号機補機冷却海水系放水ピット）耐震計算書」において、基準地震動 S_s に対して、主要な構造部材が十分な構造健全性を有することを確認している。また、図-6 に示す三次元フレームモデルにより固有値解析を実施しており、表-3 に示すとおり固有振動数が 20Hz 以上であることから、剛構造であることを確認している。

評価の結果、表-3 に示すとおり、固有振動数が 20Hz 以上であることから、剛構造であり、地震時は建屋と浸水防止蓋が一体で動く構造であり、変位量は十分小さいことを確認している。



対象部材	材質	断面形状
— : 主桁①	SUS304	H-200×200×20×20
— : 主桁②	SUS304	H-200×300×20×20
— : 斜材	SUS304	H-200×200×8×12
— : 横桁	SUS304	H-200×300×20×20
— : ブレース材	SUS304	L-60×60×5
— : 縦桁	SUS304	H-200×200×8×12

図-6 固有値解析モデル

表-3 固有値解析結果

振動モード 次数	卓越 方向	固有振動数 f (Hz)
1	Z	24.17
38	Y	108.71
95	X	276.20

5. 貫通部止水処置への影響

貫通する配管の地震時における3号熱交換器建屋との相対変位は最大で8mmである。また、浸水防止蓋の地震時における3号熱交換器建屋との相対変位は十分に小さいことを確認しており、貫通する配管とシール材を施工する浸水防止蓋との間には十分なすき間を確保する設計としていることから、貫通する配管と浸水防止蓋が干渉することはない。

貫通部止水処置については、貫通する配管と浸水防止蓋の相対変位が小さいことに加えて、シール材は柔軟性に優れたゴム系材料を使用しており、地震時における相対変位についても、十分追従できるように設計していることから、シール材に対して有意な配管荷重は発生しない。このため、地震による相対変位や荷重によるシール材への影響は軽微であり、地震時において貫通部止水処置の性能に影響を与えない。