

本資料のうち、枠囲みの内容は営業秘密又は防護上の観点から公開できません。

東海第二発電所 工事計画審査資料	
資料番号	補足-60-1 改 118
提出年月日	平成 30 年 9 月 26 日

東海第二発電所

工事計画に係る説明資料

(V-1-1-2-2 津波への配慮に関する説明書)

【収録内容】

- ・ 6.1.3 止水機構に関する補足説明について
- ・ 6.9.1 浸水防止蓋，水密ハッチ，水密扉，逆止弁及び貫通部止水処置の設計に関する補足説明について
- ・ 6.10.2 取水ピット水位計及び潮位計の設計に関する補足説明について

平成 30 年 9 月

日本原子力発電株式会社

改定履歴

改定	改定日 (提出年月日)	改定内容
改0	H30.2.5	<ul style="list-style-type: none"> ・新規制定 ・「6.1.3 止水機構に関する補足説明」を新規作成し、追加
改1	H30.2.7	<ul style="list-style-type: none"> ・「1.1 潮位観測記録の考え方について」及び「1.3 港湾内の局所的な海面の励起について」を新規作成し、追加
改2	H30.2.8	<ul style="list-style-type: none"> ・改0の「6.1.3 止水機構に関する補足説明」を改定
改3	H30.2.9	<ul style="list-style-type: none"> ・改1に、「1.6 SA用海水ピットの構造を踏まえた影響の有無の検討」を新規作成し、追加（「1.1 潮位観測記録の考え方について」及び「1.3 港湾内の局所的な海面の励起について」は、変更なし）
改4	H30.2.13	<ul style="list-style-type: none"> ・改3の内、「1.1 潮位観測記録の考え方について」及び「1.3 港湾内の局所的な海面の励起について」を改定（「1.6 SA用海水ピットの構造を踏まえた影響の有無の検討」は、変更なし）
改5	H30.2.13	<ul style="list-style-type: none"> ・「5.11 浸水防護施設の設計における評価対象断面の選定について」及び「5.17 強度計算における津波時及び重畳時の荷重作用状況について」を新規作成し、追加
改6	H30.2.15	<ul style="list-style-type: none"> ・「5.7 自然現象を考慮する浸水防護施設の選定について」及び「5.19 津波荷重の算出における高潮の考慮について」を新規作成し、追加
改7	H30.2.19	<ul style="list-style-type: none"> ・改6に、「5.1 地震と津波の組合せで考慮する荷重について」を新規作成し、追加（「5.7 自然現象を考慮する浸水防護施設の選定について」及び「5.19 津波荷重の算出における高潮の考慮について」は、変更なし）
改8	H30.2.19	<ul style="list-style-type: none"> ・「5.9 浸水防護施設の評価に係る地盤物性値及び地質構造について」及び「5.14 防潮堤止水ジョイント部材及び鋼製防護壁止水シールについて」を新規作成し、追加
改9	H30.2.22	<ul style="list-style-type: none"> ・改8の「5.9 浸水防護施設の評価に係る地盤物性値及び地質構造について」を改定（「5.14 防潮堤止水ジョイント部材及び鋼製防護壁止水シールについて」は、変更なし）
改10	H30.2.23	<ul style="list-style-type: none"> ・改2の「6.1.3 止水機構に関する補足説明」を改定
改11	H30.2.27	<ul style="list-style-type: none"> ・「4.1 設計に用いる遡上波の流速について」及び「5.4 津波波力の選定に用いた規格・基準類の適用性について」を新規作成し、追加
改12	H30.3.1	<ul style="list-style-type: none"> ・「1.2 遡上・浸水域の評価の考え方について」、「1.4 津波シミュレーションにおける解析モデルについて」、「4.2 漂流物による影響確認について」、「5.2 耐津波設計における現場確認プロセスについて」及び「5.6 浸水量評価について」を新規作成し、追加 ・改4の内、「1.6 SA用海水ピットの構造を踏まえた影響の有無の検討」を改定
改13	H30.3.6	<ul style="list-style-type: none"> ・改12の内、「1.6 SA用海水ピットの構造を踏まえた影響の有無の検討」を改定
改14	H30.3.6	<ul style="list-style-type: none"> ・改5の内、「5.11 浸水防護施設の設計における評価対象断面の選定について」を改定（「5.11 浸水防護施設の設計における評価対象断面の選定について」のうち、「5.11.5 鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁」を新規作成） ・改9の内、「5.14 防潮堤止水ジョイント部材及び鋼製防護壁止水シールについて」を改定

改定	改定日 (提出年月日)	改定内容
改 15	H30. 3. 9	<ul style="list-style-type: none"> ・資料番号を「補足-60」→「補足-60-1」に変更（改定番号は継続） ・改 7 の内、「5. 7 自然現象を考慮する浸水防護施設の選定について」を改定 ・改 10 の「6. 1. 3 止水機構に関する補足説明」を改定
改 16	H30. 3. 12	<ul style="list-style-type: none"> ・改 14 の内、「5. 14 防潮堤止水ジョイント部材及び鋼製防護壁止水シールについて」を改定
改 17	H30. 3. 22	<ul style="list-style-type: none"> ・改 15 の内、「6. 1. 3 止水機構に関する補足説明」を改定
改 18	H30. 3. 30	<ul style="list-style-type: none"> ・「1. 5 入力津波のパラメータスタディの考慮について」、「3. 1 砂移動による影響確認について」、「6. 5. 1 防潮扉の設計に関する補足説明」及び「放水路ゲートに関する補足説明」を新規作成し追加 ・改 17 の「6. 1. 3 止水機構に関する補足説明」を改定
改 19	H30. 4. 3	<ul style="list-style-type: none"> ・改 18 の「6. 1. 3 止水機構に関する補足説明」を改定
改 20	H30. 4. 4	<ul style="list-style-type: none"> ・改 11 の内「4. 1 設計に用いる遡上波の流速について」を改定 ・「5. 10 浸水防護施設の強度計算における津波荷重、余震荷重及び漂流物荷重の組合せについて」を新規作成し追加
改 21	H30. 4. 6	<ul style="list-style-type: none"> ・改 11 の内「5. 4 津波波力の選定に用いた規格・基準類の適用性について」を改定 ・改 16 の内「5. 14 防潮堤止水ジョイント部材及び鋼製防護壁シール材について」を改定（「5. 14 防潮堤止水ジョイント部材及び鋼製防護壁シール材について」のうち「5. 14. 2 鋼製防護壁シール材について」を新規作成）
改 22	H30. 4. 6	<ul style="list-style-type: none"> ・「6. 9. 2 逆止弁を構成する各部材の評価及び機能維持の確認方法について」を新規作成し追加
改 23	H30. 4. 10	<ul style="list-style-type: none"> ・改 18 の「6. 5. 1 防潮扉の設計に関する補足説明」及び「6. 6. 1 放水路ゲートに関する補足説明」を改訂 ・改 21 の「6. 1. 3 止水機構に関する補足説明」を改定
改 24	H30. 4. 11	<ul style="list-style-type: none"> ・改 5 の内、「5. 11 浸水防護施設の設計における評価対象断面の選定について」を改定（「5. 11 浸水防護施設の設計における評価対象断面の選定について」のうち、「5. 11. 4 防潮堤（鉄筋コンクリート防潮壁（放水路エリア）」を改定） ・改 14 の内、「5. 11 浸水防護施設の設計における評価対象断面の選定について」を改定（「5. 11 浸水防護施設の設計における評価対象断面の選定について」のうち、「5. 11. 5 鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁」を改定） ・改 20 の内、「4. 1 設計に用いる遡上波の流速について」を改定 ・「5. 15 東海発電所の取放水路の埋戻の施工管理要領について」を新規作成し追加 ・「6. 2. 1 鉄筋コンクリート防潮壁の設計に関する補足説明」を新規作成し追加 ・「6. 3. 1 鉄筋コンクリート防潮壁（放水路エリア）の設計に関する補足説明」を新規作成し追加 ・「6. 4. 1 鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の設計に関する補足説明」を新規作成し追加 ・「6. 8. 1 貯留堰の設計に関する補足説明」を新規作成し追加
改 25	H30. 4. 12	<ul style="list-style-type: none"> ・改 23 の「6. 1. 3 止水機構に関する補足説明」を改定
改 26	H30. 4. 13	<ul style="list-style-type: none"> ・改 12 の内、「4. 2 漂流物による影響確認について」及び「5. 6 浸水量評価について」を改定
改 27	H30. 4. 18	<ul style="list-style-type: none"> ・改 25 の「6. 1. 3 止水機構に関する補足説明」を改定

改定	改定日 (提出年月日)	改定内容
改 28	H30. 4. 19	<ul style="list-style-type: none"> ・改 5 の内, 「5. 11 浸水防護施設の設計における評価対象断面の選定について」を改定(「5. 11. 7 防潮扉」を改定) ・改 24 の内, 「4. 1 設計に用いる遡上波の流速について」を改定 ・改 21 の内, 「5. 4 津波波力の選定に用いた規格・基準類の適用性について」 ・「5. 13 スロッシングによる貯留堰貯水量に対する影響評価について」を新規作成し, 追加 ・「5. 18 津波に対する止水性能を有する施設の評価について」を新規作成し, 追加 ・「6. 5. 1 防潮扉の設計に関する補足説明」(土木)を新規作成し, 追加 ・「6. 8. 2 貯留堰取付護岸に関する補足説明」を新規作成し, 追加
改 29	H30. 4. 19	<ul style="list-style-type: none"> ・改 18 の内, 「1. 5 入力津波のパラメータスタディの考慮について」を改定
改 30	H30. 4. 27	<ul style="list-style-type: none"> ・H30. 4. 23 時点での最新版一式として, 改 29 (H30. 4. 19) までの最新版をとりまとめ, 一式版を作成
改 31	H30. 4. 26	<ul style="list-style-type: none"> ・改 28 の内, 「4. 1 設計に用いる遡上波の流速について」を改定 ・改 28 の内, 「5. 4 津波波力の選定に用いた規格・基準類の適用性について」 ・改 5 の内, 「5. 11 浸水防護施設の設計における評価対象断面の選定について」を改定(「5. 11. 2 防潮堤(鋼製防護壁)」, 「5. 11. 3 防潮堤(鉄筋コンクリート防潮壁)」を改定) ・「6. 12 止水ジョイント部の相対変位量に関する補足説明」を新規作成し, 追加 ・「6. 13 止水ジョイント部の漂流物対策に関する補足説明」を新規作成し, 追加
改 32	H30. 5. 1	<ul style="list-style-type: none"> ・改 31 の内, 「4. 1 設計に用いる遡上波の流速について」を改定 ・「5. 9 浸水防護施設の評価に係る地盤物性値及び地質構造について」を削除し, 5. 9 以降の番号を繰り上げ ・改 5 の内, 「5. 10 浸水防護施設の設計における評価対象断面の選定について」を改定(「5. 10. 8 構内排水路逆流防止設備」を改定) ・改 21 の内, 「5. 13 防潮堤止水ジョイント部材及び鋼製防護壁シール材について」を改定(「5. 13. 2 鋼製防護壁シール材について」を改定) ・「6. 1. 1. 1 鋼製防護壁の耐震計算書に関する補足説明」を新規作成し, 追加 ・「6. 7. 1. 1 構内排水路逆流防止設備の耐震計算書に関する補足説明」を新規作成し, 追加
改 33	H30. 5. 7	<ul style="list-style-type: none"> ・改 5 の内, 「5. 16 強度計算における津波時及び重畳時の荷重作用状況について」を改定 ・「6. 2. 1. 2 鉄筋コンクリート防潮壁の強度計算書に関する補足説明資料」を新規作成し, 追加 ・「6. 3. 1. 2 鉄筋コンクリート防潮壁(放水路エリア)の強度計算書に関する補足説明」を新規作成し, 追加 ・「6. 4. 1. 2 鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の強度計算書に関する補足説明」を新規作成し, 追加 ・「6. 8. 1. 2 貯留堰の強度計算書に関する補足説明」を新規作成し, 追加

改定	改定日 (提出年月日)	改定内容
改 34	H30. 5. 7	<ul style="list-style-type: none"> ・改 27 の「6. 1. 3 止水機構に関する補足説明」を改定 ・「6. 7. 1 構内排水路逆流防止設備の設計に関する補足説明」を新規作成し、追加
改 35	H30. 5. 14	<ul style="list-style-type: none"> ・改 34 の「6. 1. 3 止水機構に関する補足説明」を改定 止水機構の実証試験の記載等について適正化
改 36	H30. 5. 17	<ul style="list-style-type: none"> ・「5. 19 許容応力度法における許容限界について」を新規追加 ・「6. 1. 1. 2 鋼製防護壁の強度計算書に関する補足説明」を新規作成し、追加 ・「6. 5. 1. 2 防潮扉の強度計算書に関する補足説明」を新規作成し、追加
改 37	H30. 5. 17	<ul style="list-style-type: none"> ・改 4 の内、「1. 1 潮位観測記録の考え方について」及び「1. 3 港湾内の局所的な海面の励起について」を改定 ・改 18 の内、「3. 1 砂移動による影響確認について」を改定 ・「6. 9. 1 浸水防止蓋, 水密ハッチ, 水密扉, 逆止弁及び貫通部止水処置の設計に関する補足説明」に名称を変更
改 38	H30. 5. 18	<ul style="list-style-type: none"> ・改 24 の内、「5. 10 浸水防護施設の設計における評価対象断面の選定について」を改定（「5. 10. 5 防潮堤（鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁）」を改定） ・改 31 の内、「5. 10 浸水防護施設の設計における評価対象断面の選定について」を改定（「5. 10. 3 防潮堤（鉄筋コンクリート防潮壁）」を改定） ・改 31 の内、「6. 12 止水ジョイント部の相対変位量に関する補足説明」を改定
改 39	H30. 5. 22	<ul style="list-style-type: none"> ・改 35 の「6. 1. 3 止水機構に関する補足説明」を改定 止水機構の解析結果及び実証試験結果について記載を追記。 ・改 34 「6. 7. 1 構内排水路逆流防止設備の設計に関する補足説明」を改訂
改 40	H30. 5. 25	<ul style="list-style-type: none"> ・「6. 9. 1 浸水防止蓋, 水密ハッチ, 水密扉, 逆止弁及び貫通部止水処置の設計に関する補足説明」を新規作成し、追加 ・改 22 の「6. 9. 2 逆止弁を構成する各部材の評価及び機能維持の確認方法について」を改定
改 41	H30. 5. 29	<ul style="list-style-type: none"> ・改 40 の「6. 9. 1 浸水防止蓋, 水密ハッチ, 水密扉, 逆止弁及び貫通部止水処置の設計に関する補足説明」を改定
改 42	H30. 5. 31	<ul style="list-style-type: none"> ・改 5 の内、「5. 10 浸水防護施設の設計における評価対象断面の選定について」を改定（「5. 10. 6 貯留堰及び貯留堰取付護岸」を改定） ・改 24 の内、「6. 4. 1. 1 鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の耐震計算書に関する補足説明」を改定 ・改 24 の内、「6. 8. 1. 1 貯留堰の耐震計算書に関する補足説明」を改定 ・改 28 の内、「5. 12 スロッシングによる貯留堰貯水量に対する影響評価について」を改定
改 43	H30. 6. 1	<ul style="list-style-type: none"> ・改 41 の「6. 9. 1 浸水防止蓋, 水密ハッチ, 水密扉, 逆止弁及び貫通部止水処置の設計に関する補足説明」を改定

改定	改定日 (提出年月日)	改定内容
改 44	H30.6.5	<ul style="list-style-type: none"> ・改 24 の「6.2.1.1 鉄筋コンクリート防潮壁の耐震計算書に関する補足説明資料」を改定 ・改 28 の「5.10 浸水防護施設の設計における評価対象断面の選定について」を改定（「5.10.7 防潮扉」を改定） ・改 32 の「5.10 浸水防護施設の設計における評価対象断面の選定について」を改定（「5.10.8 構内排水路逆流防止設備」を改定）
改 45	H30.6.5	<ul style="list-style-type: none"> ・改 43 の「6.9.1 浸水防止蓋，水密ハッチ，水密扉，逆止弁及び貫通部止水処置の設計に関する補足説明」を改定
改 46	H30.6.6	<ul style="list-style-type: none"> ・改 39 の「6.1.3 止水機構に関する補足説明」を改定 審査会合時(H30.5.31)の記載に改訂及び実証試験後の評価方法を記載。
改 47	H30.6.8	<ul style="list-style-type: none"> ・改 24 の「5.14 東海発電所の取放水路の埋戻の施工管理要領について」を改定 ・改 32 の「5.13.2 鋼製防護壁シール材について」を改定 ・改 33 の「5.16 強度計算における津波時及び重畳時の荷重作用状況について」を改定
改 48	H30.6.11	<ul style="list-style-type: none"> ・「4.3 漂流物荷重について」を新規作成し，追加 ・改 36 の「5.19 許容応力度法における許容限界について」を改定
改 49	H30.6.12	<ul style="list-style-type: none"> ・改 45 の「6.9.1 浸水防止蓋，水密ハッチ，水密扉，逆止弁及び貫通部止水処置の設計に関する補足説明」を改定
改 50	H30.6.12	<ul style="list-style-type: none"> ・改 46 の「6.1.3 止水機構に関する補足説明」を改定 ・改 18 の「6.5.1 防潮扉の設計に関する補足説明」及び「放水路ゲートに関する補足説明」を改定
改 51	H30.6.15	<ul style="list-style-type: none"> ・改 42 の「6.4.1.1 鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の耐震計算書に関する補足説明」を改定 ・改 48 の「5.19 許容応力度法における許容限界について」を改定
改 52	H30.6.19	<ul style="list-style-type: none"> ・改 49 の「6.9.1 浸水防止蓋，水密ハッチ，水密扉，逆止弁及び貫通部止水処置の設計に関する補足説明」を改定 ・「6.10.1 津波・構内監視カメラの設計に関する補足説明」に名称を変更 ・「6.10.1 津波・構内監視カメラの設計に関する補足説明」，「6.10.3 加振試験の条件について」及び「6.10.4 津波監視設備の設備構成及び電源構成について」を新規作成し，追加
改 53	H30.6.19	<ul style="list-style-type: none"> ・改 50 の「6.1.3 止水機構に関する補足説明」を改定
改 54	H30.6.20	<ul style="list-style-type: none"> ・「5.8 浸水防護に関する施設の機能設計・構造設計に係る許容限界について」を新規作成し，追加
改 55	H30.6.20	<ul style="list-style-type: none"> ・改 38 の「5.10 浸水防護施設の設計における評価対象断面の選定について」を改定（「5.10.5 防潮堤（鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁）」を改定） ・改 44 の「5.10 浸水防護施設の設計における評価対象断面の選定について」を改定（「5.10.7 防潮扉」を改定） ・改 51 の「5.19 許容応力度法における許容限界について」を改定

改定	改定日 (提出年月日)	改定内容
改 56	H30. 6. 21	<ul style="list-style-type: none"> ・改 42 の「5. 12 スロッシングによる貯留堰貯水量に対する影響評価について」を改定 ・改 42 の「6. 8. 1. 1 貯留堰の耐震計算書に関する補足説明」を改定
改 57	H30. 6. 25	<ul style="list-style-type: none"> ・改 55 の「5. 19 許容応力度法における許容限界について」を改定 ・改 56 の「5. 12 スロッシングによる貯留堰貯水量に対する影響評価について」を改定 ・「6. 1. 2 鋼製防護壁アンカーに関する補足説明」を新規作成し、追加
改 58	H30. 6. 26	<ul style="list-style-type: none"> ・改 52 の「6. 9. 1 浸水防止蓋, 水密ハッチ, 水密扉, 逆止弁及び貫通部止水処置の設計に関する補足説明」, 「6. 10. 3 加振試験の条件について」及び「6. 10. 4 津波監視設備の設備構成及び電源構成について」を改定 ・「6. 10. 2 取水ピット水位計及び潮位計の設計に関する補足説明」を新規作成し、追加
改 59	H30. 6. 26	<ul style="list-style-type: none"> ・改 53 の「6. 1. 3 止水機構に関する補足説明」を改定
改 60	H30. 6. 27	<ul style="list-style-type: none"> ・「5. 11 浸水防護施設の評価における衝突荷重, 風荷重及び積雪荷重について」及び「5. 15 地殻変動後の基準津波襲来時における海水ポンプの取水性への影響について」を新規作成し、追加 ・改 58 の「6. 10. 4 津波監視設備の設備構成及び電源構成について」を登載 (変更なし)
改 61	H30. 6. 28	<ul style="list-style-type: none"> ・改 57 の「6. 1. 2 鋼製防護壁アンカーに関する補足説明」を改定 ・「6. 11 耐震計算における材料物性値のばらつきの影響に関する補足説明」を新規作成し、追加 ・「6. 14 杭-地盤相互作用バネの設定について」を新規作成し、追加
改 62	H30. 6. 28	<ul style="list-style-type: none"> ・改 59 の「6. 1. 3 止水機構に関する補足説明」を改定 (抜粋版)
改 63	H30. 6. 29	<ul style="list-style-type: none"> ・改 28 の「6. 8. 2 貯留堰取付護岸に関する補足説明」を改定 ・改 33 の「6. 4. 1. 2 鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の強度計算書に関する補足説明」を改定 ・改 56 の「6. 8. 1. 1 貯留堰の耐震計算書に関する補足説明」を改定
改 64	H30. 6. 29	<ul style="list-style-type: none"> ・改 58 の「6. 10. 2 取水ピット水位計及び潮位計の設計に関する補足説明」を改定 ・「5. 15 地殻変動後の津波襲来時における海水ポンプの取水性への影響について」に名称を変更
改 65	H30. 7. 3	<ul style="list-style-type: none"> ・改 58 の内, 「6. 9. 1 浸水防止蓋, 水密ハッチ, 水密扉, 逆止弁及び貫通部止水処置の設計に関する補足説明」を改定
改 66	H30. 7. 4	<ul style="list-style-type: none"> ・改 28 の内, 「6. 5. 1. 1 防潮扉の耐震計算書に関する補足説明」を改定
改 67	H30. 7. 4	<ul style="list-style-type: none"> ・「5. 5 津波防護施設のアンカーボルトの設計について」を新規作成し、追加 ・改 60 の「5. 11 浸水防護施設の評価における衝突荷重, 風荷重及び積雪荷重について」, 「5. 15 地殻変動後の基準津波襲来時における海水ポンプの取水性への影響について」及び「6. 10. 4 津波監視設備の設備構成及び電源構成について」を改定

改定	改定日 (提出年月日)	改定内容
改 68	H30. 7. 5	・改 56 の「5. 12 スロッシングによる貯留堰貯水量に対する影響評価について」を改定
改 69	H30. 7. 6	<ul style="list-style-type: none"> ・改 24 の「6. 3. 1. 1 鉄筋コンクリート防潮壁（放水路エリア）の耐震計算書に関する補足説明」を改定 ・改 32 の「6. 7. 1. 1 構内排水路逆流防止設備の耐震計算書に関する補足説明」を改定 ・改 32 の「6. 1. 1. 1 鋼製防護壁の耐震計算書に関する補足説明」を改定 ・改 33 の「6. 8. 1. 2 貯留堰の強度計算書に関する補足説明」を改定 ・改 33 の「6. 3. 1. 2 鉄筋コンクリート防潮壁（放水路エリア）の強度計算書に関する補足説明」を改定 ・改 36 の「6. 5. 1. 2 防潮扉の強度計算書に関する補足説明」を改定 ・改 44 の「6. 2. 1. 1 鉄筋コンクリート防潮壁の耐震計算書に関する補足説明資料」を改定 ・「6. 7. 1. 2 構内排水路逆流防止設備の強度計算書に関する補足説明」を新規作成し、追加
改 70	H30. 7. 6	<ul style="list-style-type: none"> ・改 33 の「6. 2. 1. 2 鉄筋コンクリート防潮壁の強度計算書に関する補足説明資料」を改定 ・改 36 の「6. 1. 1. 2 鋼製防護壁の強度計算書に関する補足説明」を改定
改 71	H30. 7. 11	・改 62 の「6. 1. 3 止水機構に関する補足説明」を改定（抜粋版）
改 72	H30. 7. 11	<ul style="list-style-type: none"> ・改 65 の「6. 9. 1 浸水防止蓋，水密ハッチ，水密扉，逆止弁及び貫通部止水処置の設計に関する補足説明」を改定 ・改 52 の「6. 10. 1 津波・構内監視カメラの設計に関する補足説明」を改定
改 73	H30. 7. 11	<ul style="list-style-type: none"> ・「3. 2 海水ポンプの波力に対する強度評価について」を新規作成し、追加 ・改 67 の内、「5. 15 地殻変動後の基準津波襲来時における海水ポンプの取水性への影響について」を改定
改 74	H30. 7. 12	・改 71 の「6. 1. 3 止水機構に関する補足説明」を改定（抜粋版）
改 75	H30. 7. 17	<ul style="list-style-type: none"> ・改 72 の「6. 9. 1 浸水防止蓋，水密ハッチ，水密扉，逆止弁及び貫通部止水処置の設計に関する補足説明」を改定 ・「5. 3 強度計算に用いた規格・基準について」及び「6. 9. 3 津波荷重（突き上げ）の強度評価における鉛直方向荷重の考え方について」を新規作成し、追加 ・改 64 の「6. 10. 2 取水ピット水位計及び潮位計の設計に関する補足説明」を改定 ・改 58 の「6. 10. 3 加振試験の条件について」を改定
改 76	H30. 7. 18	<ul style="list-style-type: none"> ・改 67 の「6. 10. 4 津波監視設備の設備構成及び電源構成について」を改定 ・「2. 1 津波防護対象設備の選定及び配置について」を新規作成し、追加
改 77	H30. 7. 19	・改 61 の「6. 1. 2 鋼製防護壁アンカーに関する補足説明」を改定
改 78	H30. 7. 23	・改 77 の「6. 1. 2 鋼製防護壁アンカーに関する補足説明」を改定

改定	改定日 (提出年月日)	改定内容
改 79	H30. 7. 24	・改 75 の「5. 3 強度計算に用いた規格・基準について」, 「6. 9. 1 浸水防止蓋, 水密ハッチ, 水密扉, 逆止弁及び貫通部止水処置の設計に関する補足説明」, 「6. 9. 3 津波荷重 (突き上げ) の強度評価における鉛直方向荷重の考え方について」及び「6. 10. 2 取水ピット水位計及び潮位計の設計に関する補足説明」を改定
改 80	H30. 7. 25	・「3. 3 除塵装置の取水性の影響について」及び「6. 2. 2 フラップゲートに関する補足説明」を新規作成し, 追加
改 81	H30. 7. 27	・改 48 のうち, 「4. 3 漂流物荷重について」を改定
改 82	H30. 7. 27	・改 44 のうち, 「5. 10. 8 構内排水路逆流防止設備」を改定
改 83	H30. 7. 31	・「7. 1 工事計画変更許可後の変更手続き」を新規作成し, 追加 ・改 50 のうち, 「放水路ゲートに関する補足説明」を改定
改 84	H30. 8. 1	・改 37 のうち, 「3. 1 砂移動による影響確認について」を改定
改 85	H30. 8. 1	・改 37 のうち, 「6. 9. 1 浸水防止蓋, 水密ハッチ, 水密扉, 逆止弁及び貫通部止水処置の設計に関する補足説明」を改定
改 86	H30. 8. 2	・改 26 の「4. 2 漂流物による影響確認について」及び「5. 6 浸水量評価について」を改定
改 87	H30. 8. 3	・改 15 のうち, 「5. 7 自然現象を考慮する浸水防護施設の選定について」を改定
改 88	H30. 8. 6	・改 51 のうち, 「6. 4. 1. 1 鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の耐震計算書に関する補足説明」を改定 ・改 63 のうち, 「6. 4. 1. 2 鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の強度計算書に関する補足説明」を改定
改 89	H30. 8. 7	・改 29 の「1. 5 入力津波のパラメータスタディの考慮について」を改定 ・「6. 1. 3 止水機構に関する補足説明」に評価内容を新規作成し追記 (新規分のみ抜粋) ・改 76 の「6. 10. 4 津波監視設備の設備構成及び電源構成について」を改定
改 90	H30. 8. 8	・改 12 の「5. 2 耐津波設計における現場確認プロセスについて」を改定
改 91	H30. 8. 13	・「5. 20 津波防護施設の耐震評価における追加検討ケースの選定について」を新規作成し, 追加 ・改 63 の「6. 8. 1. 1 貯留堰の耐震計算書に関する補足説明」及び「6. 8. 2 貯留堰取付護岸に関する補足説明」を改定 ・改 69 の「6. 8. 1. 2 貯留堰の強度計算書に関する補足説明」を改定
改 92	H30. 8. 16	・改 69 の「6. 3. 1. 1 鉄筋コンクリート防潮壁 (放水路エリア) の耐震計算書に関する補足説明」及び「6. 3. 1. 2 鉄筋コンクリート防潮壁 (放水路エリア) の強度計算書に関する補足説明」を改定
改 93	H30. 8. 17	・改 66 の「6. 5. 1. 1 防潮扉の耐震計算書に関する補足説明 (土木)」を改定 ・改 69 の「6. 5. 1. 2 防潮扉の強度計算書に関する補足説明 (土木)」を改定

改定	改定日 (提出年月日)	改定内容
改 94	H30. 8. 17	<ul style="list-style-type: none"> ・改 90 の「5. 2 耐津波設計における現場確認プロセスについて」を改定 ・改 86 のうち、「5. 6 浸水量評価について」を改定 ・改 87 の「5. 7 自然現象を考慮する浸水防護施設の選定について」を改定
改 95	H30. 8. 20	<ul style="list-style-type: none"> ・改 69 の「6. 7. 1. 1 構内排水路逆流防止設備の耐震計算書に関する補足説明」及び「6. 7. 1. 2 構内排水路逆流防止設備の強度計算書に関する補足説明」を改定
改 96	H30. 8. 20	<ul style="list-style-type: none"> ・改 55 の「5. 19 許容応力度法における許容限界について」を改定
改 97	H30. 8. 21	<ul style="list-style-type: none"> ・改 81 の「4. 3 漂流物荷重について」を改定
改 98	H30. 8. 22	<ul style="list-style-type: none"> ・改 12 の「1. 2 遡上・浸水域の評価の考え方について」を改定 ・改 89 の「1. 5 入力津波のパラメータスタディの考慮について」を改定 ・改 84 の「3. 1 砂移動による影響確認について」を改定 ・改 86 の「4. 2 漂流物による影響確認について」を改定 ・改 94 の「5. 6 漏水量評価について」を改定
改 99	H30. 8. 22	<ul style="list-style-type: none"> ・改 89 の「6. 1. 3 止水機構に関する補足説明」の改訂及び止水板設置時における隙間の解析結果、評価の報告（新規） ・改 50 の「6. 5. 1 防潮扉の設計に関する補足説明」の改訂 ・改 50, 83 の「6. 6. 1 放水路ゲートの設計に関する補足説明」の改訂 ・改 85 の「6. 9. 1 浸水防止蓋、水密ハッチ、水密扉、逆止弁及び貫通部止水処置の設計に関する補足説明」を改定
改 100	H30. 8. 22	<ul style="list-style-type: none"> ・改 69 のうち、「6. 1. 1. 1 鋼製防護壁の耐震計算書に関する補足説明」、「6. 2. 1. 1 鉄筋コンクリート防潮壁の耐震計算書に関する補足説明資料」及び「6. 2. 1. 2 鉄筋コンクリート防潮壁の強度計算書に関する補足説明資料」を改定
改 101	H30. 8. 22	<ul style="list-style-type: none"> ・改 69 のうち、「6. 1. 1. 2 鋼製防護壁の強度計算書に関する補足説明」を改定

改定	改定日 (提出年月日)	改定内容
改 102	H30. 8. 24	<ul style="list-style-type: none"> ・改 98 のうち、「1.2 遡上・浸水域の評価の考え方について」、「1.5 入力津波のパラメータスタディの考慮について」、「5.6 漏水量評価について」を改定 ・改 94 のうち、「5.7 自然現象を考慮する浸水防護施設の選定について」を改定 ・改 76 のうち、「2.1 津波防護対象設備の選定及び配置について」を改定
改 103	H30. 8. 27	<ul style="list-style-type: none"> ・改 82 のうち、「5.10.8 構内排水路逆流防止設備」を改定 ・改 91 のうち、「5.20 津波防護施設の耐震評価における追加検討ケースの選定について」を改定
改 104	H30. 8. 28	<ul style="list-style-type: none"> ・改 102 のうち「2.1 津波防護対象設備の選定及び配置について」の改訂 ・改 99 のうち「6.5.1 防潮扉の設計に関する補足説明」の追記 ・改 99 のうち「6.6.1 放水路ゲートの設計に関する補足説明」の追記
改 105	H30. 8. 29	<ul style="list-style-type: none"> ・改 7 のうち、「5.18 津波荷重の算出における高潮の考慮について」を改定 ・改 94 のうち、「5.2 耐津波設計における現場確認プロセスについて」を改定 ・改 102 のうち、「1.2 遡上・浸水域の評価の考え方について」、「5.6 浸水量評価について」及び「5.7 自然現象を考慮する浸水防護施設の選定について」を改定 ・改 104 のうち、「2.1 津波防護対象設備の選定及び配置について」を改定 ・改 96 の「5.19 許容応力度法における許容限界について」を登載(変更なし)
改 106	H30. 8. 30	<ul style="list-style-type: none"> ・改 101 のうち、「6.1.1.2 鋼製防護壁の強度計算書に関する補足説明」を改定
改 107	H30. 9. 3	<ul style="list-style-type: none"> ・改 103 のうち、「5.20 津波防護施設の耐震評価における追加検討ケースの選定について」を改定
改 108	H30. 9. 4	<ul style="list-style-type: none"> ・改 105 「5.6 浸水量評価について」の改定(コメント回答) ・改 7 「5.18 津波荷重の算出における高潮の考慮」の改訂 ・改 104 「6.5.1 防潮扉の設計に関する補足説明」の改訂 ・改 104 「6.6.1 放水路ゲートの設計に関する補足説明」の改定

改定	改定日 (提出年月日)	改定内容
改 109	H30. 9. 5	<ul style="list-style-type: none"> ・改 102 の「1. 5 入力津波のパラメータスタディの考慮について」を改定 ・改 98 の「4. 2 漂流物による影響確認について」を改定 ・改 87 の「4. 3 漂流物荷重について」を改定 ・改 105 の「5. 7 自然現象を考慮する浸水防護施設の選定について」を改定 ・改 99 の「6. 1. 3 止水機構に関する補足説明」及び「6. 9. 1 浸水防止蓋, 水密ハッチ, 水密扉, 逆止弁及び貫通部止水処置の設計に関する補足説明」を改定
改 110	H30. 9. 10	<ul style="list-style-type: none"> ・改 16 の「5. 13 防潮堤止水ジョイント部材及び鋼製防護壁シール材について」のうち「5. 13. 1 防潮堤止水ジョイント部材について」を改定 ・改 68 の「5. 12 スロッシングによる貯留堰貯水量に対する影響評価について」を改定 ・改 88 の「6. 4. 1. 1 鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の耐震計算書に関する補足説明」を改定 ・改 88 の「6. 4. 1. 2 鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の強度計算書に関する補足説明」を改定 ・改 91 の「6. 8. 1. 1 貯留堰の耐震計算書に関する補足説明」を改定
改 111	H30. 9. 11	<ul style="list-style-type: none"> ・5. 2 耐津波設計における現場確認プロセスについて ・5. 7 自然現象を考慮する浸水防護施設の選定について
改 112	H30. 9. 12	<ul style="list-style-type: none"> ・改 105 の「2. 1 津波防護対象設備の選定及び配置について」を改定 ・改 84 の「3. 1 砂移動による影響確認について」を改定 ・改 109 の「4. 2 漂流物による影響確認について」, 「4. 3 漂流物荷重について」及び「6. 9. 1 浸水防止蓋, 水密ハッチ, 水密扉, 逆止弁及び貫通部止水処置の設計に関する補足説明」を改定 ・改 108 の「5. 6 浸水量評価について」を改定 ・改 72 の「6. 10. 1 津波・構内監視カメラの設計に関する補足説明」を改定 ・改 79 の「6. 10. 2 取水ピット水位計及び潮位計の設計に関する補足説明」
改 113	H30. 9. 18	<ul style="list-style-type: none"> ・改 112 の「4. 2 漂流物による影響確認について」及び「4. 3 漂流物荷重について」を改定

改定	改定日 (提出年月日)	改定内容
改 114	H30. 9. 19	<ul style="list-style-type: none"> ・改 38 のうち、「6. 12 止水ジョイント部の相対変位量に関する補足説明」を改定 ・改 100 のうち、「6. 1. 1. 1 鋼製防護壁の耐震計算書に関する補足説明」を改定 ・改 107 のうち、「5. 20 津波防護施設の耐震評価における追加検討ケースの選定について」を改定 ・改 110 のうち、「5. 12 スロッシングによる貯留堰貯水量に対する影響評価について」を改定 ・改 110 のうち、「6. 8. 1. 1 貯留堰の耐震計算書に関する補足説明」を改定
改 115	H30. 9. 19	<ul style="list-style-type: none"> ・改 112 の「6. 10. 1 津波・構内監視カメラの設計に関する補足説明」及び「6. 10. 2 取水ピット水位計及び潮位計の設計に関する補足説明」を改定
改 116	H30. 9. 21	<ul style="list-style-type: none"> ・改 31 の「6. 13 止水ジョイント部の漂流物対策に関する補足説明」を改定 ・改 47 の「5. 14 東海発電所の取放水路の埋戻の施工管理要領について」を改定 ・改 96 の「5. 19 許容応力度法における許容限界について」を改定
改 117	H30. 9. 25	<ul style="list-style-type: none"> ・改 113 の「4. 2. 2 漂流物による影響評価について」を改訂 ・改 113 の「4. 3 漂流物荷重について」を改訂
改 118	H30. 9. 26	<ul style="list-style-type: none"> ・改 109 の「6. 1. 3 止水機構に関する補足説明」を改定 ・改 112 の「6. 9. 1 浸水防止蓋, 水密ハッチ, 水密扉, 逆止弁及び貫通部止水処置の設計に関する補足説明」を改訂 ・改 115 の「6. 10. 2 取水ピット水位計及び潮位計の設計に関する補足説明」を改訂

下線は、今回提出資料を示す。

目 次

[]内は、当該箇所を提出
(最新)したときの改訂を示
す。

1. 入力津波の評価
 - 1.1 潮位観測記録の考え方について[改 37 H30. 5. 17]
 - 1.2 遡上・浸水域の評価の考え方について[改 105 H30. 8. 29]
 - 1.3 港湾内の局所的な海面の励起について[改 37 H30. 5. 17]
 - 1.4 津波シミュレーションにおける解析モデルについて[改 12 H30. 3. 1]
 - 1.5 入力津波のパラメータスタディの考慮について[改 109 H30. 9. 5]
 - 1.6 SA用海水ピットの構造を踏まえた影響の有無の検討[改 13 H30. 3. 6]
2. 津波防護対象設備
 - 2.1 津波防護対象設備の選定及び配置について[改 112 H30. 9. 12]
3. 取水性に関する考慮事項
 - 3.1 砂移動による影響確認について[改 112 H30. 9. 12]
 - 3.2 海水ポンプの波力に対する強度評価について[改 73 H30. 7. 11]
 - 3.3 除塵装置の取水性の影響について[改 80 H30. 7. 25]
4. 漂流物に関する考慮事項
 - 4.1 設計に用いる遡上波の流速について[改 32 H30. 5. 1]
 - 4.2 漂流物による影響確認について[改 117 H30. 9. 25]
 - 4.3 漂流物荷重について[改 117 H30. 9. 25]
5. 設計における考慮事項
 - 5.1 地震と津波の組合せで考慮する荷重について[改 7 H30. 2. 19]
 - 5.2 耐津波設計における現場確認プロセスについて[改 111 H30. 9. 11]
 - 5.3 強度計算に用いた規格・基準について[改 79 H30. 7. 24]
 - 5.4 津波波力の選定に用いた規格・基準類の適用性について[改 31 H30. 4. 26]
 - 5.5 津波防護施設のアンカーボルトの設計について[改 67 H30. 7. 4]
 - 5.6 浸水量評価について[改 112 H30. 9. 12]
 - 5.7 自然現象を考慮する浸水防護施設の選定について[改 111 H30. 9. 11]
 - 5.8 浸水防護に関する施設の機能設計・構造設計に係る許容限界について[改 54 H30. 6. 20]
 - 5.9 浸水防護施設の強度計算における津波荷重、余震荷重及び漂流物荷重の組合せについて[改 20 H30. 4. 4]
 - 5.10 浸水防護施設の設計における評価対象断面の選定について
 - 5.10.1 概要[改 5 H30. 2. 13]
 - 5.10.2 防潮堤（鋼製防護壁）[改 31 H30. 4. 26]
 - 5.10.3 防潮堤（鉄筋コンクリート防潮壁）[改 38 H30. 5. 18]
 - 5.10.4 防潮堤（鉄筋コンクリート防潮壁（放水路エリア））[改 24 H30. 4. 11]
 - 5.10.5 防潮堤（鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁）[改 55 H30. 6. 20]
 - 5.10.6 貯留堰及び貯留堰取付護岸[改 42 H30. 5. 31]
 - 5.10.7 防潮扉[改 55 H30. 6. 20]
 - 5.10.8 構内排水路逆流防止設備[改 103 H30. 8. 27]

- 5.11 浸水防護施設の評価における衝突荷重，風荷重及び積雪荷重について[改 67 H30.7.4]
- 5.12 スロッシングによる貯留堰貯水量に対する影響評価について[改 114 H30.9.19]
- 5.13 防潮堤止水ジョイント部材及び鋼製防護壁シール材について
 - 5.13.1 防潮堤止水ジョイント部材について[改 110 H30.9.10]
 - 5.13.2 鋼製防護壁シール材について[改 47 H30.6.8]
- 5.14 東海発電所の取放水路の埋戻の施工管理要領について[改 116 H30.9.21]
- 5.15 地殻変動後の津波襲来時における海水ポンプの取水性への影響について[改 67 H30.7.4]
- 5.16 強度計算における津波時及び重畳時の荷重作用状況について[改 47 H30.6.8]
- 5.17 津波に対する止水性能を有する施設の評価について[改 28 H30.4.19]
- 5.18 津波荷重の算出における高潮の考慮について[改 108 H30.9.4]
- 5.19 許容応力度法における許容限界について[改 116 H30.9.21]
- 5.20 津波防護施設の耐震評価における追加検討ケースの選定について[改 114 H30.9.19]
- 6. 浸水防護施設に関する補足資料
 - 6.1 鋼製防護壁に関する補足説明
 - 6.1.1 鋼製防護壁の設計に関する補足説明
 - 6.1.1.1 鋼製防護壁の耐震計算書に関する補足説明[改 114 H30.9.19]
 - 6.1.1.2 鋼製防護壁の強度計算書に関する補足説明[改 106 H30.8.30]
 - 6.1.2 鋼製防護壁アンカーに関する補足説明[改 78 H30.7.23]
 - 6.1.3 止水機構に関する補足説明[改 118 H30.9.26]
 - 6.2 鉄筋コンクリート防潮壁に関する補足説明
 - 6.2.1 鉄筋コンクリート防潮壁の設計に関する補足説明
 - 6.2.1.1 鉄筋コンクリート防潮壁の耐震計算書に関する補足説明資料[改 100 H30.8.22]
 - 6.2.1.2 鉄筋コンクリート防潮壁の強度計算書に関する補足説明資料[改 100 H30.8.22]
 - 6.2.2 フラップゲートに関する補足説明[改 80 H30.7.25]
 - 6.3 鉄筋コンクリート防潮壁（放水路エリア）に関する補足説明
 - 6.3.1 鉄筋コンクリート防潮壁（放水路エリア）の設計に関する補足説明
 - 6.3.1.1 鉄筋コンクリート防潮壁（放水路エリア）の耐震計算書に関する補足説明[改 92 H30.8.16]
 - 6.3.1.2 鉄筋コンクリート防潮壁（放水路エリア）の強度計算書に関する補足説明[改 92 H30.8.16]
 - 6.4 鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁に関する補足説明
 - 6.4.1 鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の設計に関する補足説明
 - 6.4.1.1 鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の耐震計算書に関する補足説明[改 110 H30.9.10]
 - 6.4.1.2 鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の強度計算書に関する補足説明[改 110 H30.9.10]
 - 6.5 防潮扉に関する補足説明
 - 6.5.1 防潮扉の設計に関する補足説明[改 108 H30.9.4]
 - 6.5.1.1 防潮扉の耐震計算書に関する補足説明[改 66 H30.8.17]（土木）
 - 6.5.1.2 防潮扉の強度計算書に関する補足説明[改 69 H30.8.17]（土木）
 - 6.6 放水路ゲートに関する補足説明

[]内は、当該箇所を提出（最新）したときの改訂を示す。

- 6.6.1 放水路ゲートの設計に関する補足説明[改 108 H30. 9. 4]
 - 6.7 構内排水路逆流防止設備に関する補足説明
 - 6.7.1 構内排水路逆流防止設備の設計に関する補足説明[改 39 H30. 5. 22]
 - 6.7.1.1 構内排水路逆流防止設備の耐震計算書に関する補足説明[改 95 H30. 8. 20]
 - 6.7.1.2 構内排水路逆流防止設備の強度計算書に関する補足説明[改 95 H30. 8. 20]
 - 6.8 貯留堰に関する補足説明
 - 6.8.1 貯留堰の設計に関する補足説明
 - 6.8.1.1 貯留堰の耐震計算書に関する補足説明[改 114 H30. 9. 19]
 - 6.8.1.2 貯留堰の強度計算書に関する補足説明[改 91 H30. 8. 13]
 - 6.8.2 貯留堰取付護岸に関する補足説明[改 91 H30. 8. 10]
 - 6.9 浸水防護設備に関する補足説明
 - 6.9.1 浸水防止蓋, 水密ハッチ, 水密扉, 逆止弁及び貫通部止水処置の設計に関する補足説明[改 112 H30. 9. 12]
 - 6.9.2 逆止弁を構成する各部材の評価及び機能維持の確認方法について[改 40 H30. 5. 25]
 - 6.9.3 津波荷重(突き上げ)の強度評価における鉛直方向荷重の考え方について[改79 H30. 7. 24]
 - 6.10 津波監視設備に関する補足説明
 - 6.10.1 津波・構内監視カメラの設計に関する補足説明[改 115 H30. 9. 19]
 - 6.10.2 取水ピット水位計及び潮位計の設計に関する補足説明[改 115 H30. 9. 19]
 - 6.10.3 加振試験の条件について[改 75 H30. 7. 17]
 - 6.10.4 津波監視設備の設備構成及び電源構成について[改 89 H30. 8. 7]
 - 6.11 耐震計算における材料物性値のばらつきの影響に関する補足説明[改 61 H30. 6. 28]
 - 6.12 止水ジョイント部の相対変位量に関する補足説明[改 114 H30. 9. 19]
 - 6.13 止水ジョイント部の漂流物対策に関する補足説明[改 116 H30. 9. 21]
 - 6.14 杭-地盤相互作用バネの設定について[改 61 H30. 6. 28]
- 7. 工事計画変更許可後の変更手続き
 - 7.1 工事計画変更許可後の変更手続き[改 83 H30. 7. 31]

[]内は、当該箇所を提出
(最新)したときの改訂を示
す。

6.1.3.8 止水板の設置時における隙間の解析及び衝突解析による評価について

1. 目的

鋼製防護壁の1次止水機構の止水板は、止水板押えと側面戸当りの隙間が3mm～6mmにて設置されることから、解析や応力評価の影響について評価する。

2. 概要

三次元動的解析は、ガイド間の隙間の寸法について公称値の3mmとし評価してきたが、製作や施工上の設置時における公差を考慮した場合に、隙間3mmから最大6mmにて設置することから、三次元動的解析においては、設置時における施工上の公差によるばらつき等も考慮した解析ケースを選定する。

なお、解析ケースの選定については、三次元動的解析による応力評価（衝突応力含む）及び止水板の浮き上がりの観点から適切な解析ケースを選定する。

図1に、止水板と止水板ガイドとの設置時の隙間を示す。

<止水板と止水板ガイド間の設置時の寸法>

	止水板厚さ A (mm)	止水板ガイド付き 厚さB (mm)	ガイド間隔 C (mm)	【隙間管理値】 C-B (mm)
図面寸法	150	210	213	3
実機寸法 (製作公差含む)	150 ⁺¹ ₋₀	210±3 (ライナー調整)	213 ⁺⁶ ₋₃ (ライナー調整)	3 ⁺³ ₋₀
解析モデル	150	210 ⁺⁰ ₋₃	213	3 ⁺³ ₋₀

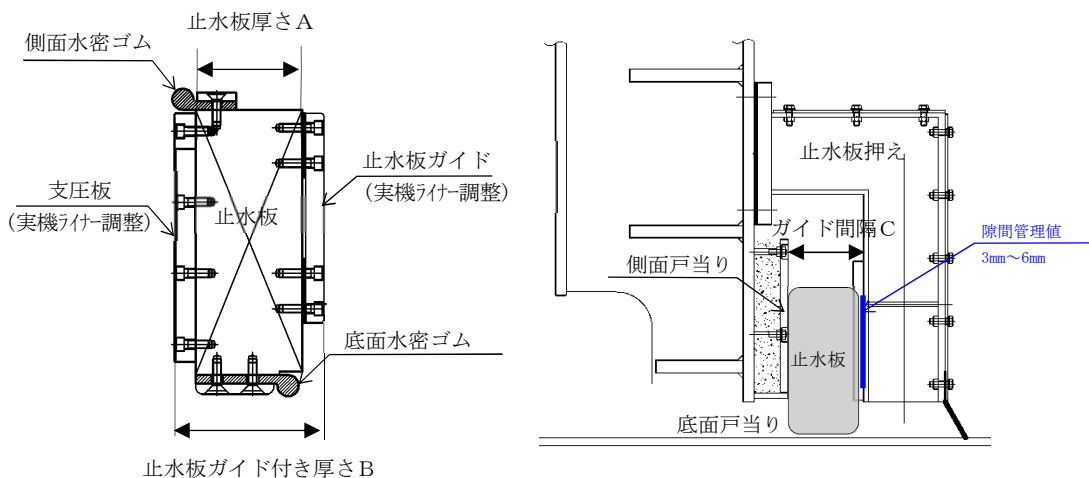


図1 実機における止水板とガイド間の寸法管理値

3. 応力解析の評価フロー

止水板設置時における隙間のケースにおける応力解析及び衝突解析による評価フローについて図2に示す。

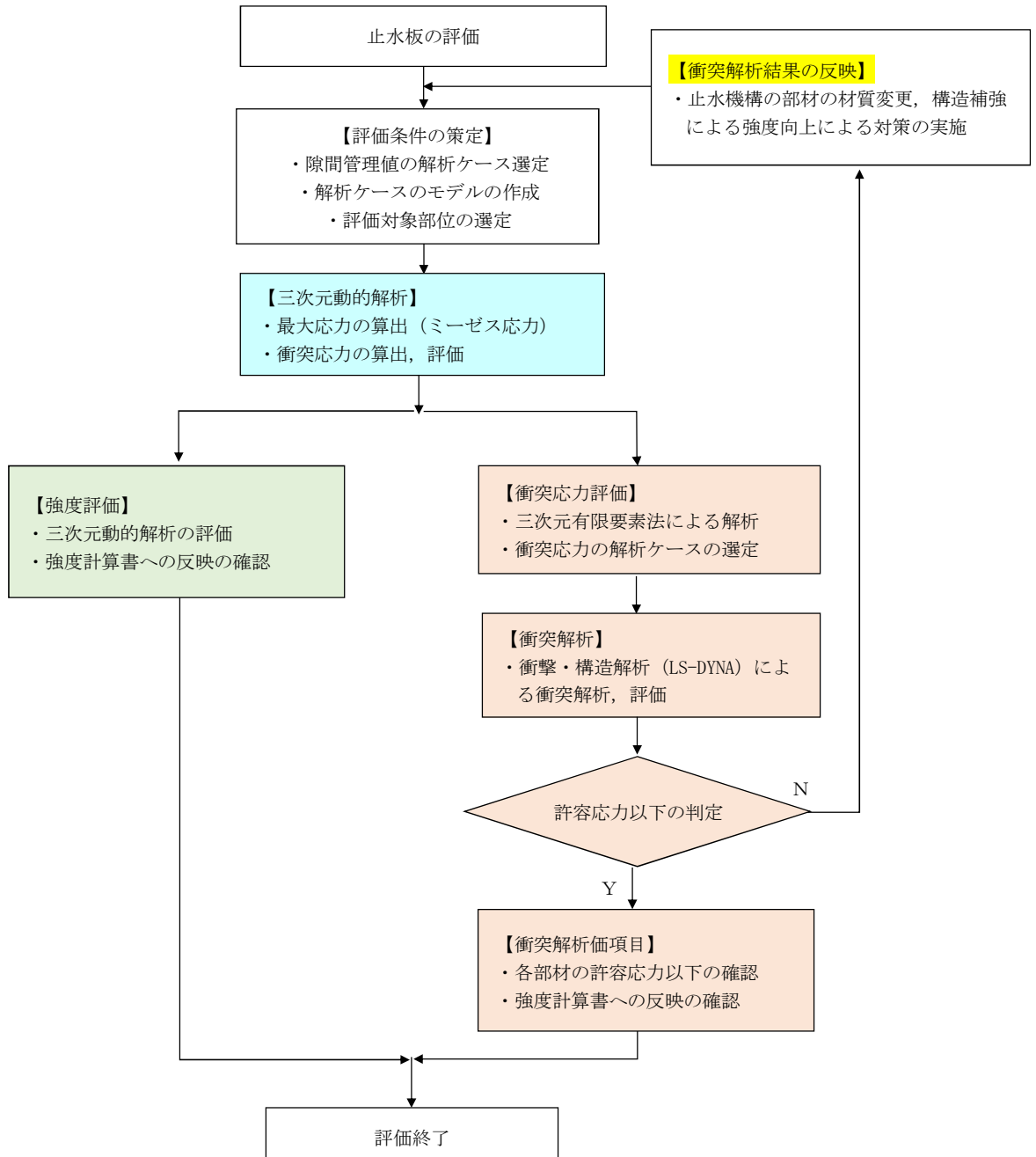
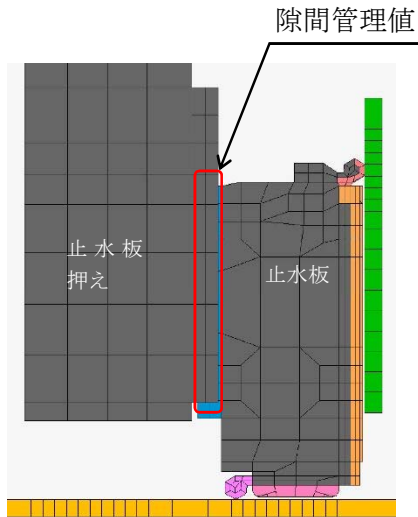


図2 止水板の設置時における隙間の解析及び衝突解析による評価フロー

4. 評価条件の策定

(1) 三次元動的解析モデルと解析ケース

図3に三次元動的解析のモデルとケース数



【解析条件】

◆三次元動的解析のケース

	ケース 1	ケース 2	ケース 3
隙間	3mm	4mm	6mm

◆地震動：基準地震動 S_s (3方向同時加振)

◆継続時間：鋼製防護壁の鉛直加速度最大時付近
40秒から44秒

図3 三次元動的解析のモデルとケース数

(2) 評価対象部位の選定

三次元動的解析の評価対象部位は、止水板の挙動に影響を与える部位を選定した。図4に解析における評価対象部位を示す。

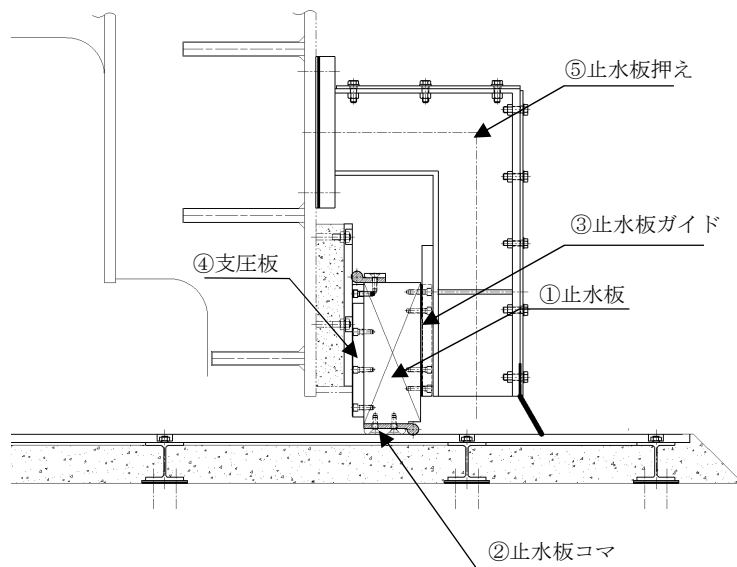


図4 解析における評価対象部位

5. 三次元動的解析（応力評価）の結果

三次元動的解析における応力評価の解析結果を止水板設置の隙間ケース毎に整理した結果を表1に示す。

解析の結果から、ケース3の6mmの場合であればケース1, 2の発生応力よりも顕著に応力が大きくなる傾向があること及び他のケースを包絡していることから、三次元動的解析及び応力評価においてはケース3（隙間6mm）のケースを評価や解析においてのベースケースとする。

表1 止水板設置の隙間ケースにおける三次元動的解析結果（衝突応力）

評価対象部位	ケース1 (隙間：3mm)	ケース2 (隙間：4mm)	ケース3 (隙間：6mm)	許容応力 (MPa)
①止水板	185.4	121.5	348.6	345
②止水板コマ	794.9	962.4	1975.7	245
③止水板ガイド	599.9	829.2	1308.7	245
④支圧板	21.8	14.4	13.1	44
⑤止水板押え	829.0	538.0	915.1	450
評価	公称値ケース	ケース1とケース3の 中間ケース	【ベースケース】 支圧板以外の全ての 部位の包絡ケース	

三次元動的解析における評価の結果、ケース1の隙間3mmのケースでは止水板とガイドとの隙間が小さいことから、止水板を比較的拘束する結果が得られたが、ケース3の6mmの場合には止水板とガイドとの隙間が大きいため、止水板が自由に動きやすく衝突応力に大きい結果が得られたものと思われる。

図5～図8にケース3の①止水板、②止水板コマ、③止水板ガイド、⑤止水板押えの三次元動的解析の結果を示す。

【ケース 3 隙間 6mm の解析結果】

<①止水板>

止水板の中央付近に許容応力をわずかに上回っている衝突応力が確認できることから衝突による応力として評価する。

また、時刻歴波形から許容応力以下のところにも小さな衝突応力が確認できる結果となった。図 5 に三次元動的解析の結果と時刻歴波形を示す。

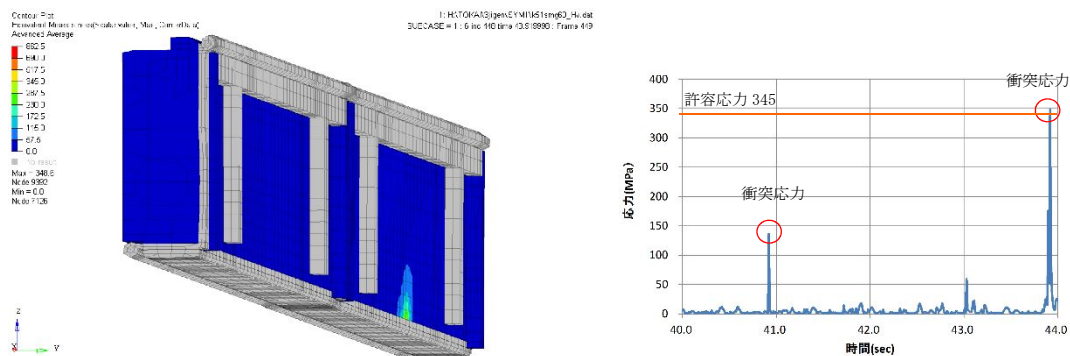


図 5 止水板の三次元動的解析結果と時刻歴波形

<②止水板コマ>

止水板コマの端部に衝突応力が確認できることから衝突による応力として評価する。

また、時刻歴波形から許容応力の近傍の部分に衝突応力が確認できる結果となった。図 6 に三次元動的解析の結果と時刻歴波形を示す。

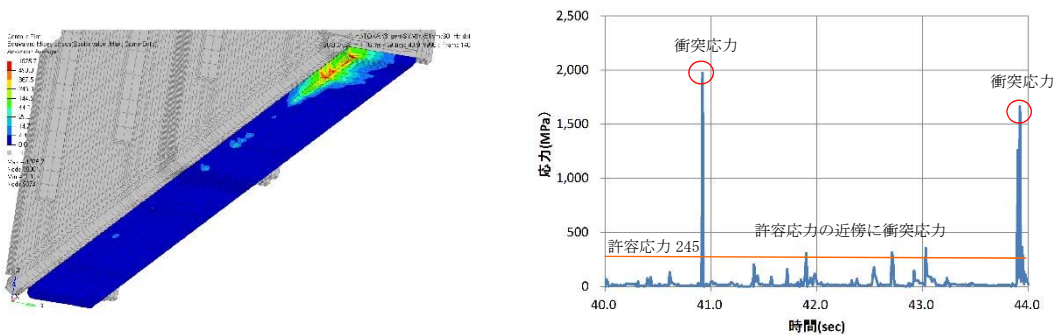


図 6 止水板コマの三次元動的解析結果と時刻歴波形

<③止水板ガイド>

止水板ガイドに衝突応力が確認できることから衝突による応力として評価する。

また、時刻歴波形から許容応力以下のところにもいくつかの衝突応力が確認できる結果となった。図7に三次元動的解析の結果と時刻歴波形を示す。

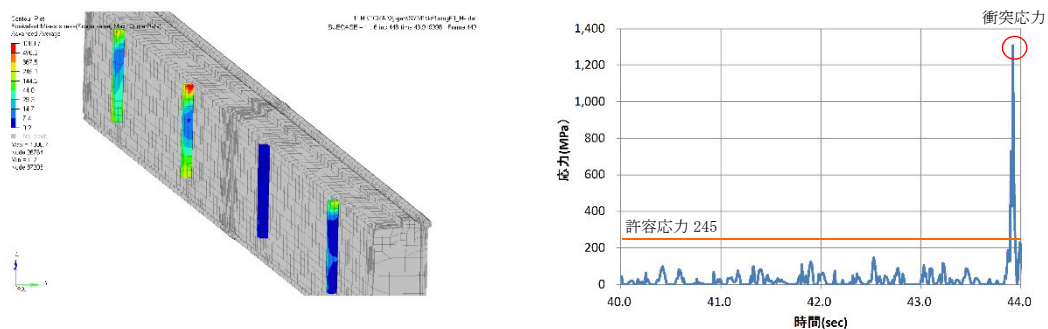


図7 止水板ガイドの三次元動的解析結果と時刻歴波形

<⑤止水板押え>

止水板押えを鋼製防護壁に取り付ける部分やL字の曲り部の近傍に衝突応力が確認できることから衝突による応力として評価する。

また、時刻歴波形から許容応力以下のところにもいくつかの衝突応力が確認できる結果となった。図8に三次元動的解析の結果と時刻歴波形を示す。

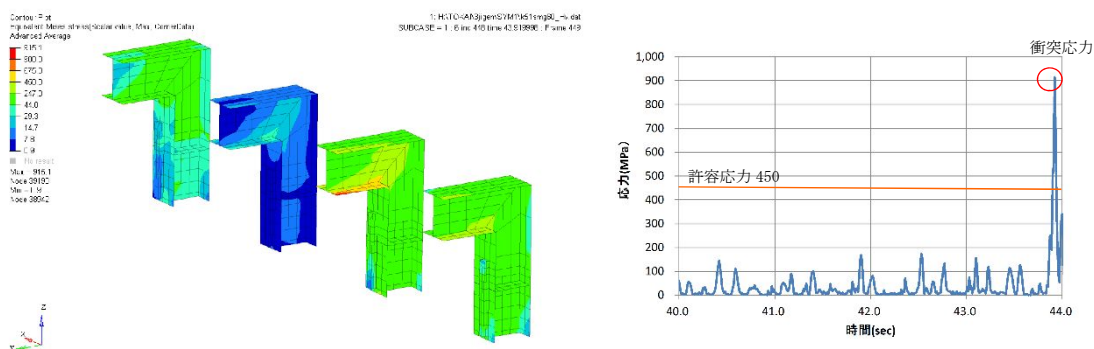


図8 止水板押えの三次元動的解析結果と時刻歴波形

6. 衝突応力の評価

前項 5 項の三次元動的解析の結果から、衝突応力が認められたため、三次元有限要素法による衝突解析を実施し衝突応力について評価する。

(1) 解析条件

- ・加振条件：基準地震動 S_s (S_s-D1)
- ・解析手法：非線形時刻歴応答解析
- ・解析ソフト：LS-DYNA (衝撃・構造解析ソフトウェア)
- ・解析モデル：三次元有限要素法解析モデル (ガイド間の隙間 6mm)

図 9 に止水板とガイド間のモデル図を示す。

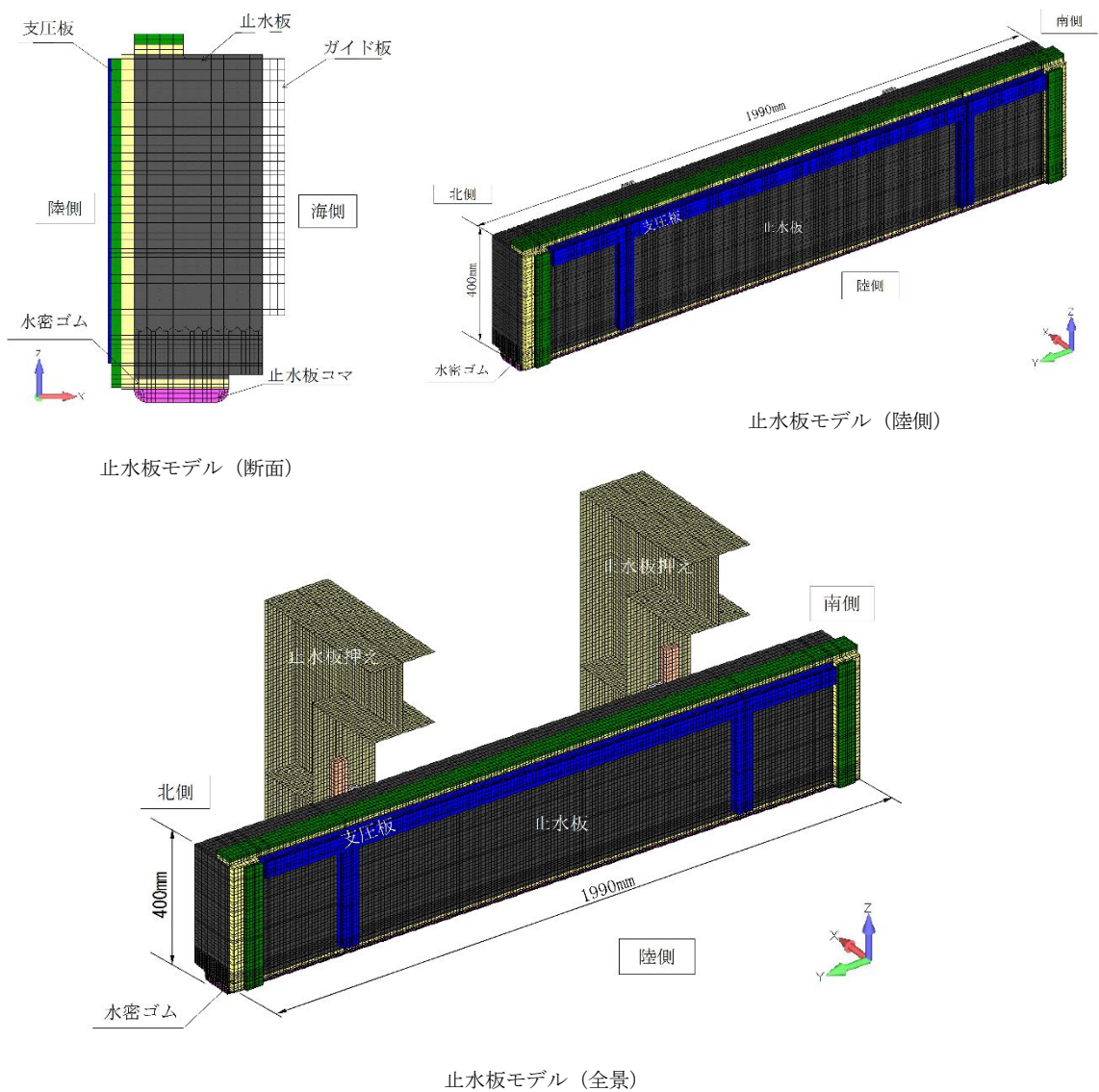


図 9 止水板とガイド間のモデル図

(2) 止水板の衝突条件

止水板の衝突応力の算出に係る止水板の設置条件（イメージ）を図 10 に示す。

< 衝突条件 >

- ① 隣り合う止水板とは接続しない。
- ② 止水板の傾きは三次元動的解析結果の数値を用いる。
- ③ 南側の止水板位置を解析開始時の衝突点とする。

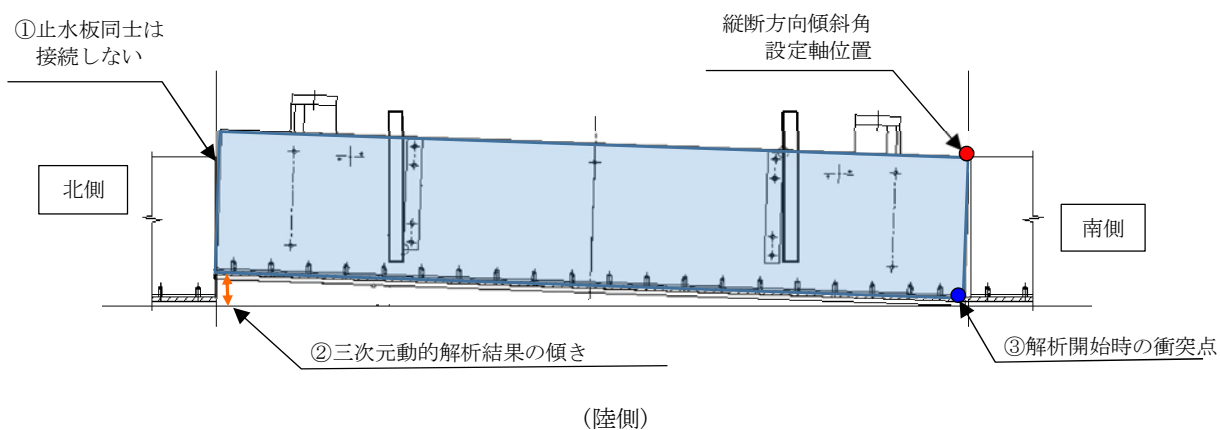


図 10 止水板の衝突応力の算出に係る止水板の解析条件（イメージ）

(3) 衝突解析の結果

a. 評価条件

衝突解析に用いる評価条件について、以下のとおり。評価ケースは横断方向と縦断方向の2ケース実施する。評価部位については三次元動的解析の結果から以下の対象箇所とする。図11に衝突解析の評価部位と解析条件を示す。

<評価対象部位>

- ・ 止水板 ・ 止水板コマ ・ 止水板ガイド ・ 止水板押え

<評価条件>

- ・ ガイド間の隙間 : 隙間 6mm
- ・ 衝突速度 : 1200mm/s (三次元動的解析から求めた衝突速度)
- ・ 横断方向の傾斜角 : 1.238° (図面上から求めた傾斜角)
- ・ 縦断方向の傾斜角 : 0.2° (三次元動的解析から求めた傾斜角)

衝突解析の解析条件

衝突方向	衝突速度 (mm/s)	傾斜方向と角度	
		横断方向	縦断方向
横断方向	1200mm/s	1.238	0.2
縦断方向	1200mm/s	1.238	0.2

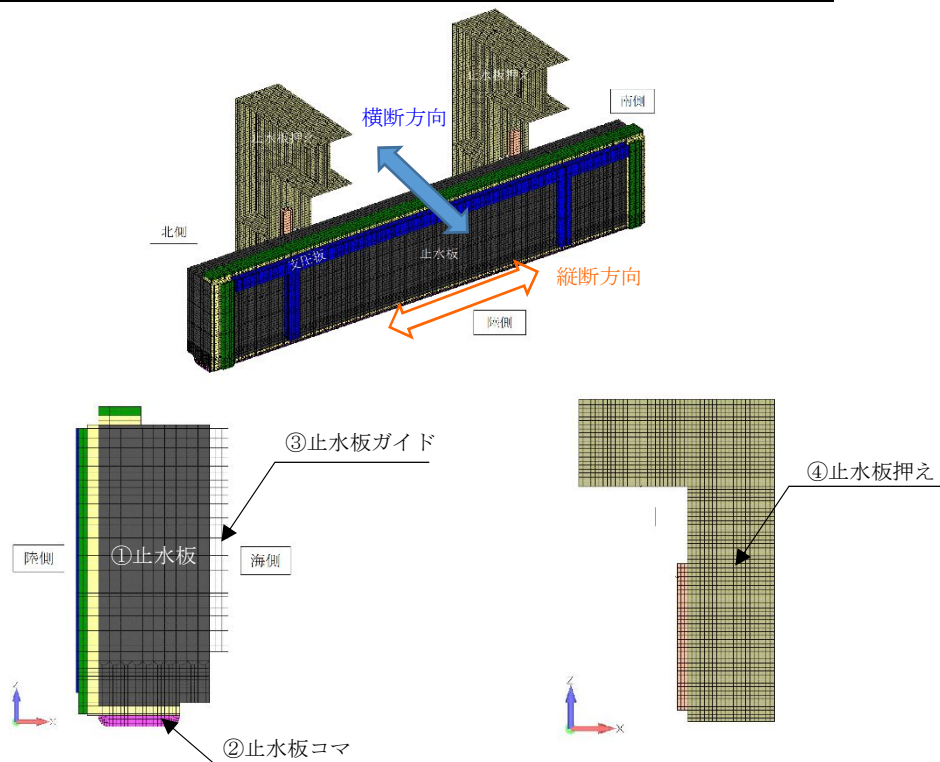


図11 衝突解析の評価部位と解析条件

b. 評価結果

衝突解析の解析結果から、止水板ガイド及び止水板押えの部分の発生応力が許容応力を超える結果になった。

上段：横断方向，下段：縦断方向

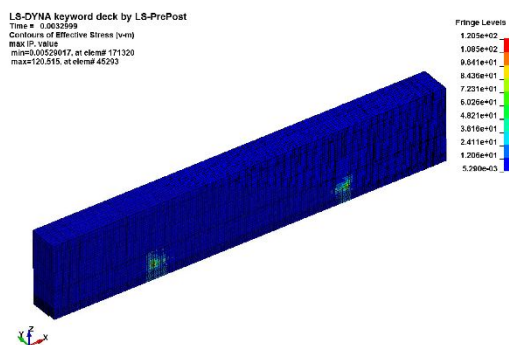
	発生応力 (kN/mm ²)	許容応力 (kN/mm ²)	評価
①止水板(SUS304N2)	121	300	○
	120		
②止水板コマ(CAC703)	19	171	○
	11		
③止水板ガイド(CAC703)	395	171	×
	360		
④止水板押え(SM570)	330	382	△
	571		

<凡例> ○：横断・縦断共に許容応力未満 △：横断・縦断どちらかが許容応力超え

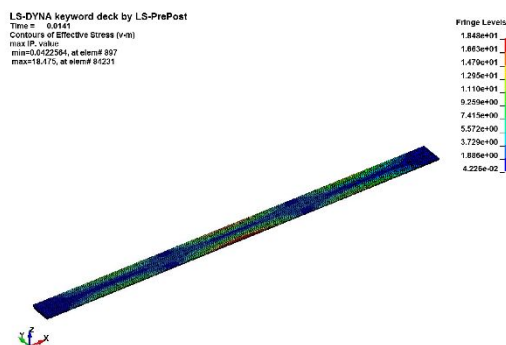
×：横断・縦断共に許容応力超え

各部位における評価結果を図12の止水機構の衝突解析結果に示す。

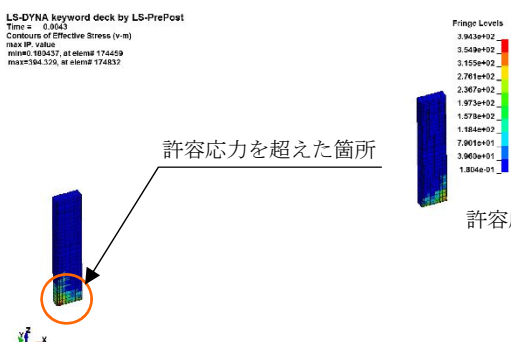
①止水板



②止水コマ



③止水板ガイド



④止水板押え

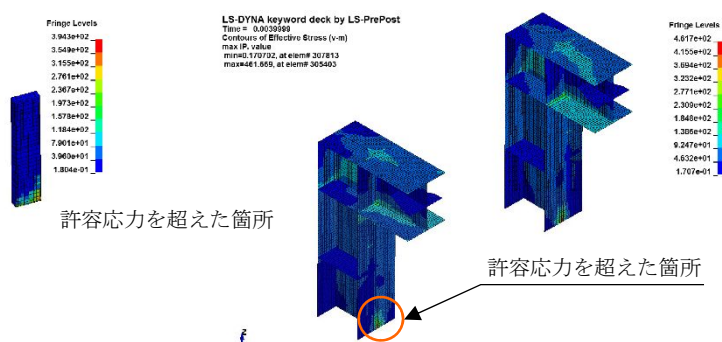


図12 止水機構の衝突解析結果（横断方向）

(4) 衝突解析結果の反映

衝突解析の評価結果より、止水板ガイドと止水板押えは許容応力を超える結果となった。衝突荷重の要因として、止水板は隙間を保持した状態で設置しており、地震時には小刻みに挙動することから衝突荷重が発生しやすい構造にある。

そのため、衝突の要因となる止水板側の止水板ガイドについて対策を実施する。止水板ガイドの機能と対策を示す。

a. 止水板ガイドの機能

止水板ガイドは、止水板の地震時の挙動を円滑にするため、止水板押え（横断方向：最大 6mm）と止水板押えガイド（縦断方向：5mm）と一定の隙間を保持した状態で設置されている。図 13 に止水板ガイドと止水板押えガイドとの位置関係を示す。

止水板ガイドに掛かる荷重は、止水板の固定荷重に地震時の水平震度を加えた荷重が地震時に止水板押え側に支圧として、止水板ガイドに支圧応力として伝達する。衝突荷重の緩和対策については、この機能、役割に影響を与えない構造を検討する。

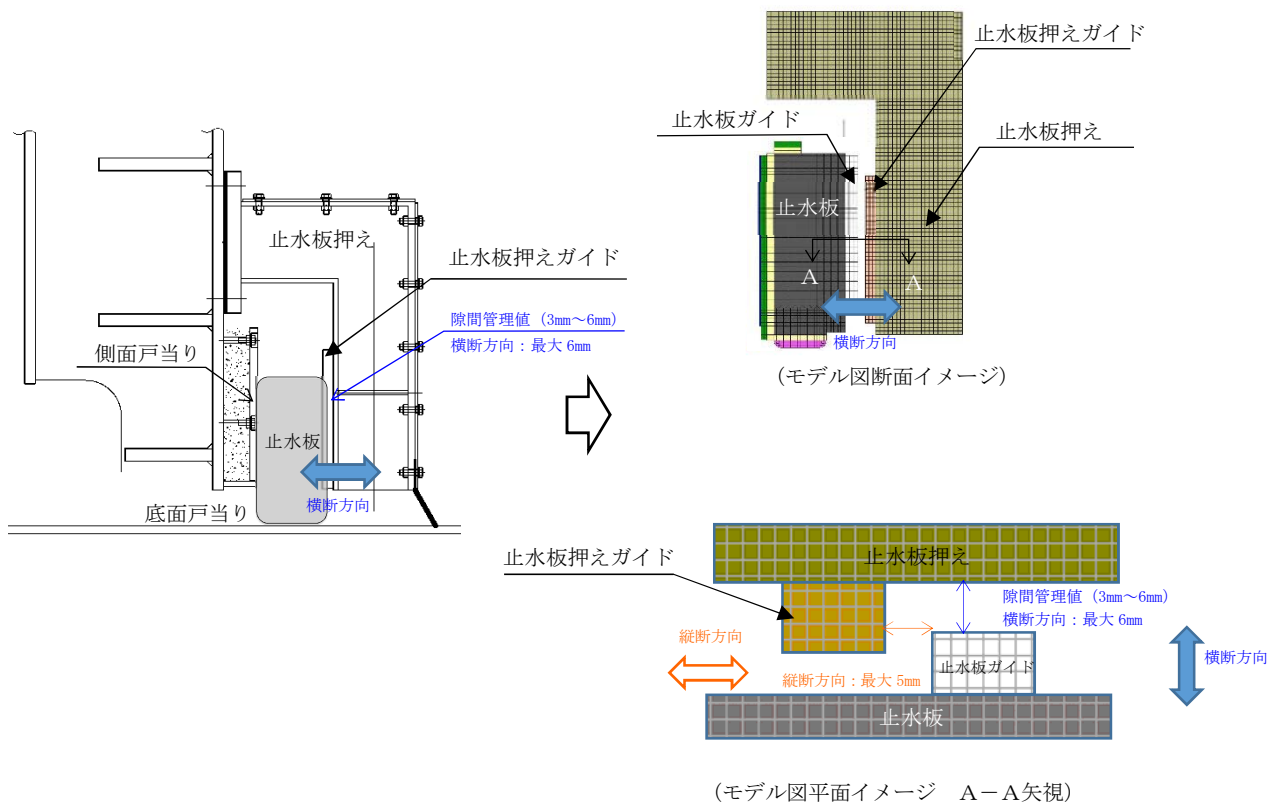


図 13 に止水板ガイドと止水板押えガイドとの位置関係を示す。

b. 止水板ガイドの衝突荷重の要因と対策

止水板押えと止水板との隙間が最大 6mm にて設計しており、構造の特徴として止水板が小刻みに動く挙動を示すことは実証試験及び三次元動的解析からも確認されている。そのため、衝突荷重は構造上から発生するものであることから、止水板ガイドの衝突荷重の要因と対策を図 14 に示す。

以下の要因から対策として、材料による強度の向上及び衝突緩和対策を実施する。

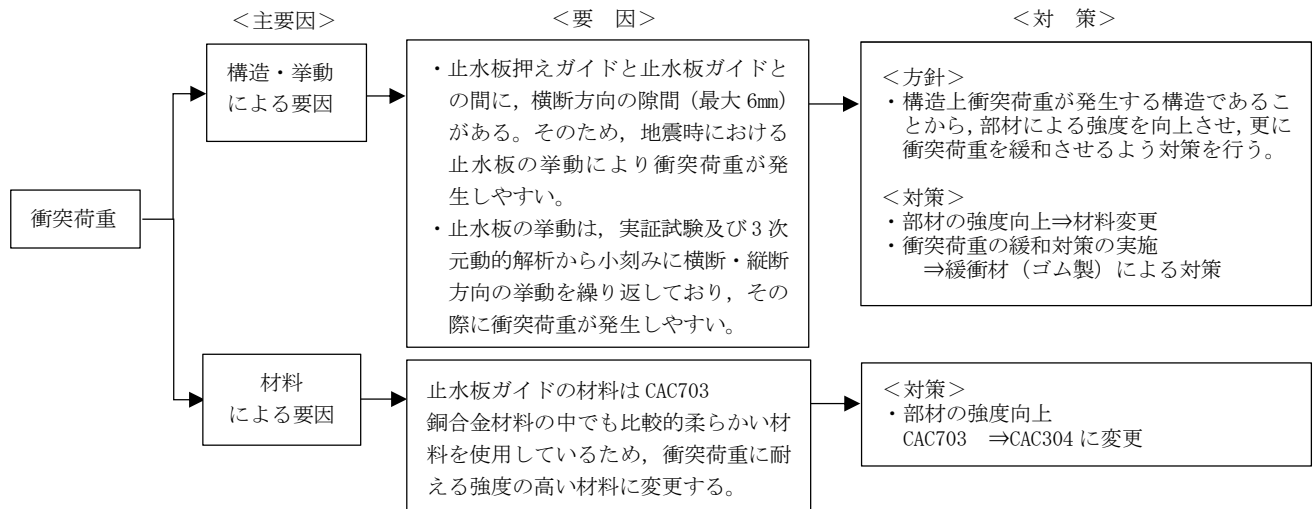


図 14 止水板ガイドの衝突荷重の要因と対策

<対策>

止水板ガイドの衝突緩和対策について図 15 に示す。

- ①衝突荷重を直接受ける止水板ガイドの材質を変更 (CSC703⇒CAC304) し強度を向上させる。更に、衝突を和らげる対策として、止水板ガイドと止水板との間に緩衝材（ゴム製）を挟み込み衝突を緩和する構造にする。
- ②緩衝材（ゴム製）を止水板と止水板ガイドとの間に同じ幅の寸法の緩衝材（ゴム製）を挟むことから、止水板ガイドの全体の寸法は変更しない。そのため、止水板の挙動に影響を与えない構造にする。

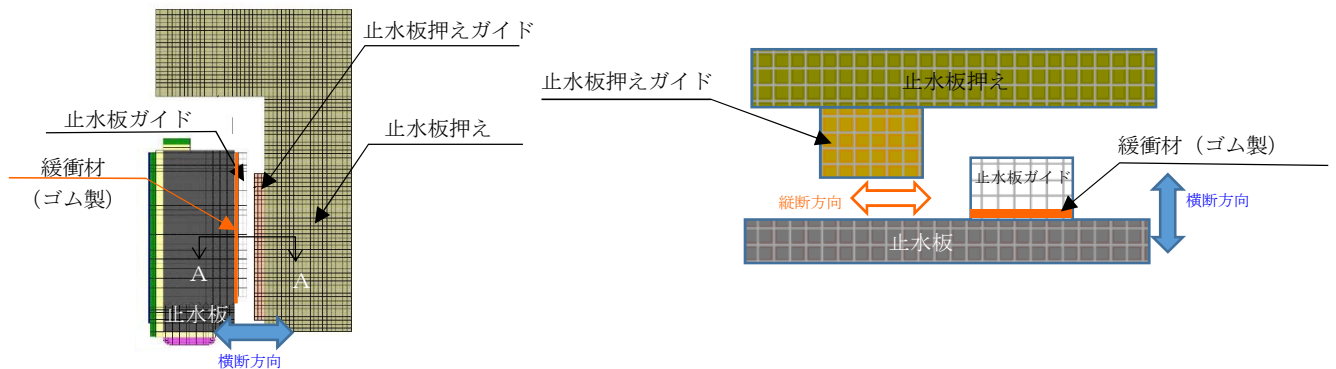


図 15 止水板ガイドの衝突緩和対策

c. 評価結果（対策後）

衝突緩和対策後の衝突解析の結果から、評価部位において発生応力が許容応力を下回る結果になった。実機においても緩衝材（ゴム製）を反映した構造にする。

上段：横断方向，下段：縦断方向

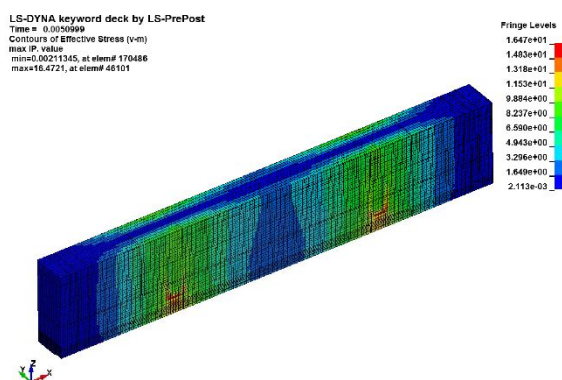
	発生応力 (kN/mm ²)	許容応力 (kN/mm ²)	評価
①止水板(SUS304N2)	17	300	○
	9		
②止水板コマ(CAC703)	5	171	○
	2		
③止水板ガイド(CAC304)	169	249	○
	46		
④止水板押え(SM570)	288	382	○
	183		

<凡例> ○：横断・縦断共に許容応力未満 △：横断・縦断どちらかが許容応力超え

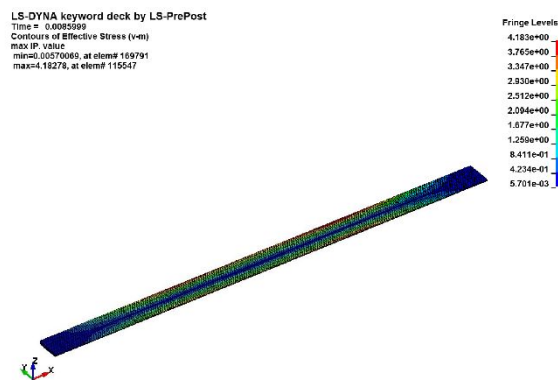
×：横断・縦断共に許容応力超え

各部位における評価結果を図 16 の止水機構の衝突解析結果に示す。

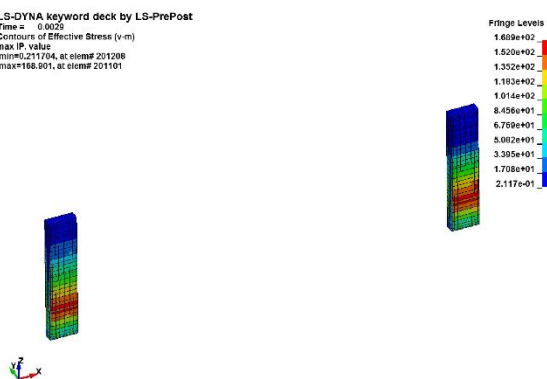
①止水板



②止水板コマ



③止水板ガイド



④止水板押え

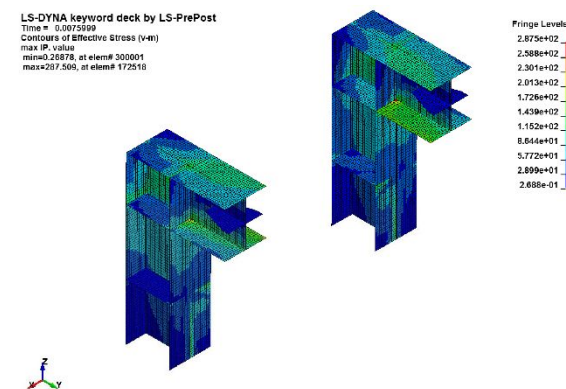


図 16 止水機構の衝突解析結果（横断方向）

7. 三次元的解析（止水板の浮き上がり）の結果

三次元的解析における止水板の浮き上がりの解析結果を止水板設置の隙間ケース毎に整理した。表 2 に結果を示す。

ケース毎の解析結果から、浮き上がりの量の最大値に大小の差は生じているが、著しく大きく浮き上がるような結果は得られなかった。

浮き上がりの回数は、三次元的解析における評価の結果、隙間が大きくなる場合（ケース 2, 3）に、浮き上がる回数が減る傾向が得られた。また、ケース 1 の隙間 3mm の場合は、浮き上がる回数が他のケースより多く確認できる結果となった。

そのため、ケース 1 の隙間 3mm のケースを止水板の挙動（浮き上がり）のベースケースとする。

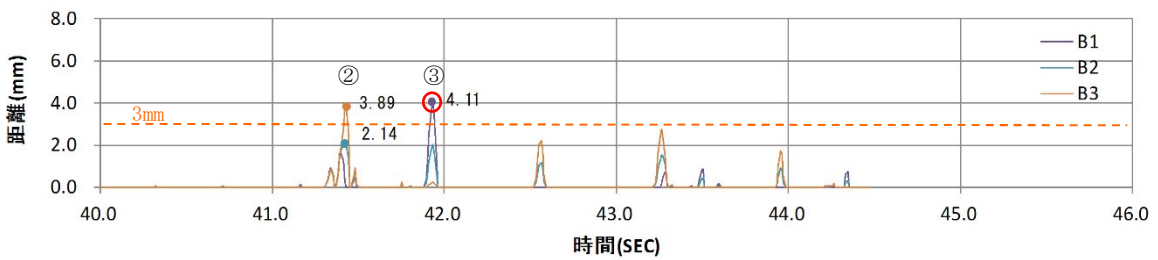
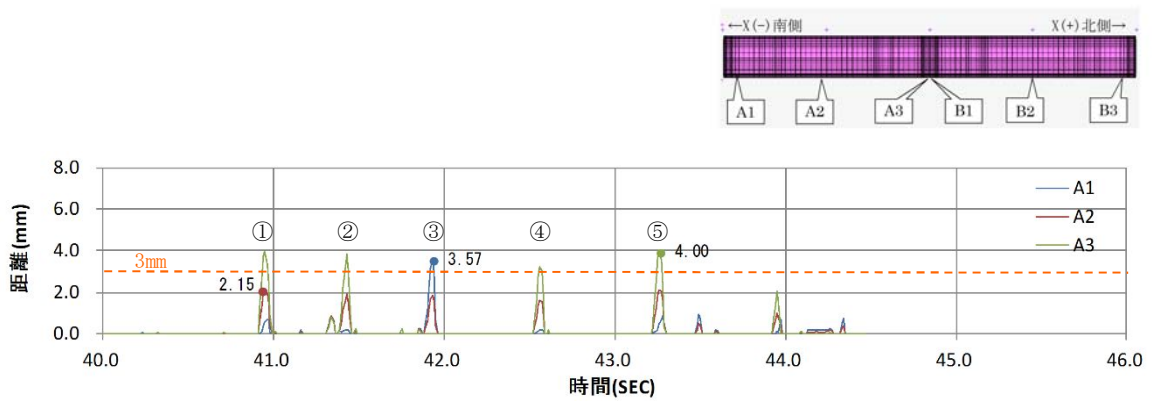
表 2 止水板設置の隙間ケースにおける止水板の浮き上がり結果（最大値）

	ケース 1 (隙間:3mm)	ケース 2 (隙間:4mm)	ケース 3 (隙間:6mm)
止水板の 浮き上がり量	4.11mm	6.25mm	4.16mm
止水板の浮き上 がりの回数 (3mm※以上)	5 回	3 回	2 回
評価	【ベースケース】 3mm 以上の浮き上がりの 回数が多い。	浮き上がりの最大値のケ ース。その他は 3mm 前後 の小さな挙動。	浮き上がりの回数が少な い。

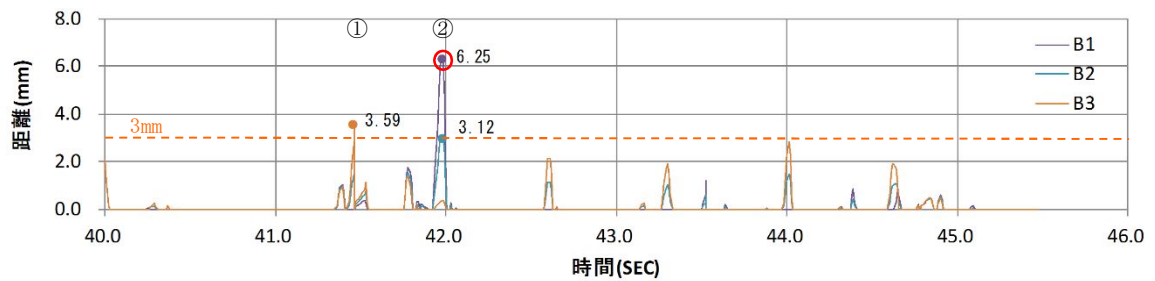
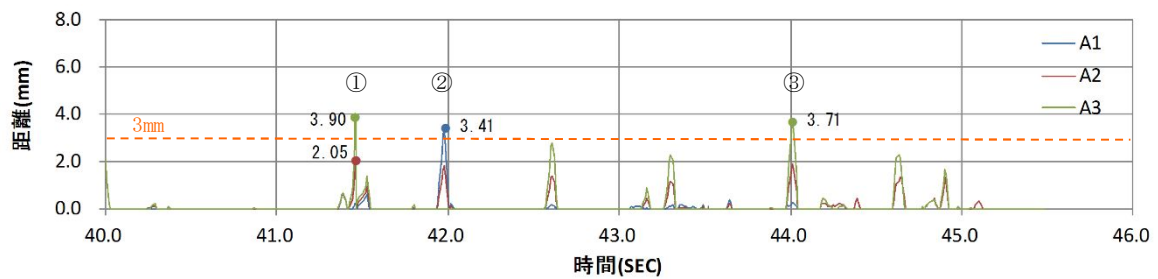
※3mm：3mm 以下の浮き上がりであれば、設計上水密ゴムは底面戸当りと接触状態を示す。

隙間が小さいケース 1 の隙間 3mm の場合は、側面戸当りと止水板押えに拘束され、鉛直方向（Z 方向）の動きに追従しているものと思われる。ケース 3 の隙間 6mm の場合は隙間が大きい分、側面戸当りと止水板押えに拘束されにくいことから、浮き上がりの回数は減る傾向にある。

図 17 に各ケースの浮き上がり量と回数の解析結果を示す。

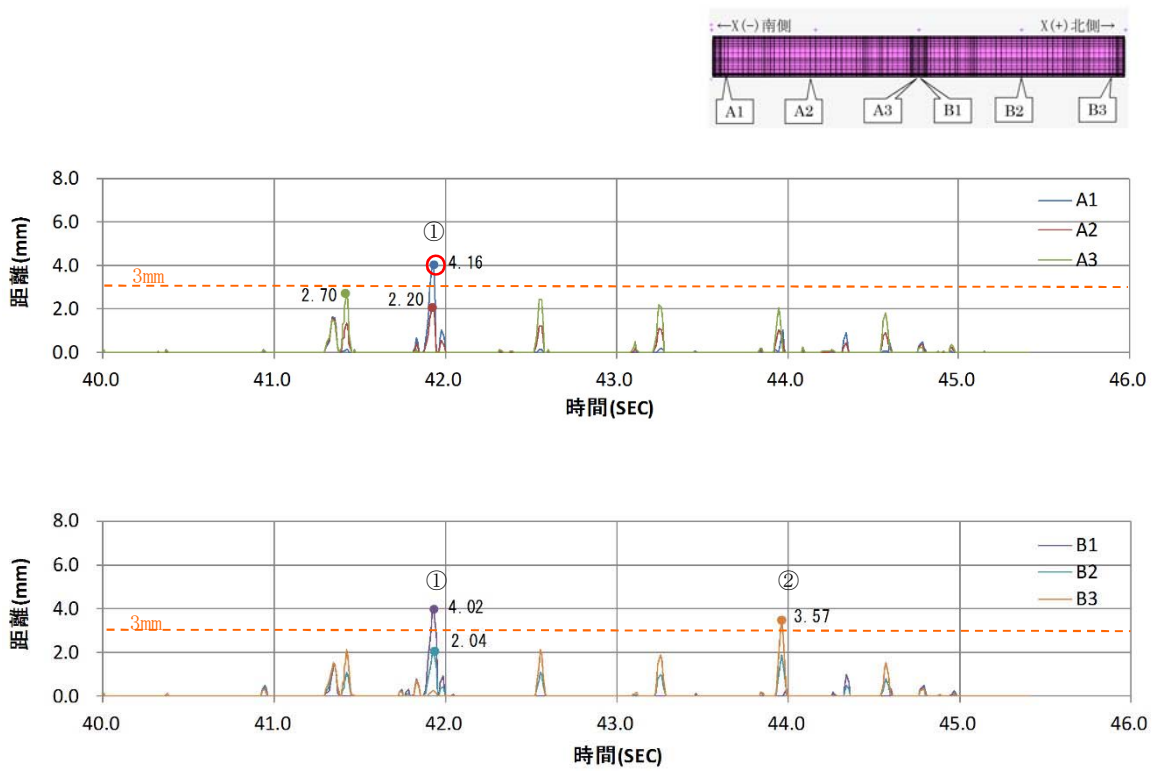


ケース 1 (隙間 : 3mm)



ケース 2 (隙間 : 4mm)

図 17 (1/2) 各ケースの浮き上がり量と回数の解析結果



ケース 3 (隙間 : 6mm)

図 17 (2/2) 各ケースの浮き上がり量と回数の解析結果

6.9 浸水防護設備に関する補足説明

下線は、今回提出資料を示す。

目 次

6.9.1 浸水防止蓋，水密ハッチ，水密扉，逆止弁及び貫通部止水処置の設計に関する補足説明

- (1) 概要
- (2) 浸水防止蓋及び水密ハッチの補足説明
 - a. 取水路点検用開口部浸水防止蓋の設計に関する補足説明
 - b. 放水路ゲート点検用開口部浸水防止蓋の設計に関する補足説明
 - c. SA用海水ピット開口部浸水防止蓋の設計に関する補足説明
 - d. 緊急用海水ポンプピット点検用開口部浸水防止蓋の設計に関する補足説明
 - e. 緊急用海水ポンプ室人員用開口部浸水防止蓋の設計に関する補足説明
 - f. 緊急用海水ポンプ点検用開口部浸水防止蓋の設計に関する補足説明
 - g. 格納容器圧力逃がし装置格納槽点検用水密ハッチの設計に関する補足説明
 - h. 常設低圧代替注水系格納槽点検用水密ハッチの設計に関する補足説明
 - i. 常設低圧代替注水系格納槽可搬型ポンプ用水密ハッチの設計に関する補足説明
 - j. 海水ポンプ室ケーブル点検口浸水防止蓋の設計に関する補足説明
- (3) 逆止弁の補足説明
 - a. 海水ポンプグランドドレン排出口逆止弁の設計に関する補足説明
 - b. 取水ピット空気抜き配管逆止弁の設計に関する補足説明
 - c. 緊急用海水ポンプグランドドレン排出口逆止弁の設計に関する補足説明
 - d. 緊急用海水ポンプ室床ドレン排出口逆止弁の設計に関する補足説明
- (4) 貫通部浸水処置の補足説明
 - a. 貫通部止水処置の設計に関する補足説明
- (5) 水密扉の補足説明
 - a. 水密扉の設計に関する補足説明

b. 放水路ゲート点検用開口部浸水防止蓋の設計に関する補足説明

(a) 固有値解析

イ. 固有周期の計算

固有値解析に用いる記号については、添付書類「V-2-10-2-5-2 放水路ゲート点検用開口部浸水防止蓋の耐震性についての計算書」にて示す記号を使用する。

放水路ゲート点検用開口部浸水防止蓋は、浸水防止蓋を単純支持梁としてモデル化し、評価を行う。「構造力学公式集(1988年), 土木学会」より、両端支持梁の一次固有振動数 f は次のとおり与えられる。一次固有振動数 f をもとに固有周期 T を以下のとおり算出する。

$$T = \frac{1}{f}$$

$$f = \frac{\pi^2}{2\pi L^2} \sqrt{\frac{E \cdot I \cdot 10^3}{m}}$$

ここで、

- f : 一次固有振動数 (Hz)
- L : 解析モデルの長さ (mm) = 1350
- E : 縦弾性係数 (MPa) = 2.06×10^5
- I : 解析モデルの断面二次モーメント (mm^4) = 1.75×10^9

放水路ゲート点検用開口部浸水防止蓋は主桁（端部桁及び中間桁）、補助桁、スキンプレート等で構成されるが、扉体形状が一樣ではないため、固有値解析においては安全側の考慮となるよう主桁（端部桁及び中間桁）及びスキンプレートをモデル化する。

主桁のうち端部桁の断面における寸法は図 6.9.1-(2)-b-1 に示すとおりである。

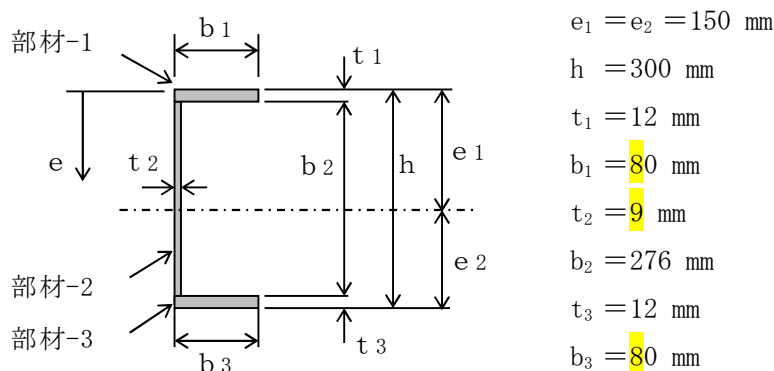


図 6.9.1-(2)-b-1 端部桁の断面寸法図

端部桁の断面二次モーメント I_1 は以下の式により算出する。

$$I = \frac{b_3 h^3 - b_2^3 (b_3 - t_2)}{12}$$

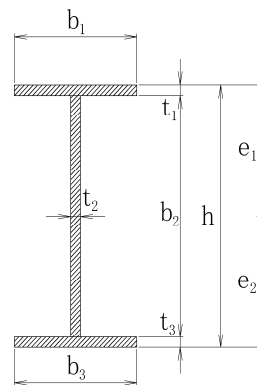
$$I_1 = (80 \times 300^3 - 276^3 \times (80 - 9)) / 12 = 5.56045 \times 10^7 \text{ mm}^4$$

端部桁の断面積 A_1 は以下のとおりである。

$$A_1 = b_1 \cdot t_1 + b_2 \cdot t_2 + b_3 \cdot t_3$$

$$= 80 \times 12 + 276 \times 9 + 80 \times 12 = 4.404 \times 10^3 \text{ mm}^2$$

主桁のうち中間桁の断面における寸法は図 6.9.1-(2)-b-2 に示すとおりである。



$$e_1 = e_2 = 150 \text{ mm}$$

$$h = 300 \text{ mm}$$

$$t_1 = 12 \text{ mm}$$

$$b_1 = 150 \text{ mm}$$

$$t_2 = 12 \text{ mm}$$

$$b_2 = 276 \text{ mm}$$

$$t_3 = 12 \text{ mm}$$

$$b_3 = 150 \text{ mm}$$

図 6.9.1-(2)-b-2 中間桁の断面寸法図

中間桁の断面二次モーメント I_2 は以下の式により算出する。

$$I = \frac{b_3 h^3 - b_2^3 (b_3 - t_2)}{12}$$

$$I_2 = (150 \times 300^3 - 276^3 \times (150 - 12)) / 12$$

$$= 95717300 \text{ mm}^4 = 9.57173 \times 10^7 \text{ mm}^4$$

中間桁の断面積 A_2 は以下のとおりである。

$$A_2 = b_1 \cdot t_1 + b_2 \cdot t_2 + b_3 \cdot t_3$$

$$= 150 \times 12 + 276 \times 12 + 150 \times 12 = 6.912 \times 10^3 \text{ mm}^2$$

L_s : スキンプレート長さ (mm) = 4900

t_s : スキンプレート厚さ (mm) = 22

スキンプレートの断面二次モーメント I_3 は以下の式により算出する。

$$I = \frac{bh^3}{12}$$

$$I_3 = (4900 \times 22^3) / 12 = 4.34793 \times 10^6 \text{ mm}^4$$

スキンプレートの断面積 A_3 は以下のとおりである。

$$A_3 = L_s \cdot t_s = 4900 \times 22 = 1.078 \times 10^5 \text{ mm}^2$$

6.9.1-(2)-b-2

$$m : \text{解析モデルの単位長さ当りの重量 (kg/mm)} = 2.01333$$

端部桁、中間桁及びスキンプレーートの断面積、重心位置及び断面二次モーメントを表 6.9.1-(2)-b-1 に示す。

表 6.9.1-(2)-b-1 端部桁、中間桁及びスキンプレーートの断面積、重心位置及び断面二次モーメント

部材	断面積 (mm ²)	重心位置 (mm)	A _y (断面積・重心位置) (mm ³)	A _y ² (断面積・(重心位置) ²) (mm ⁴)	I _n 部材ごとの断面二次モーメント (mm ⁴)	A _y ² +I _n (mm ⁴)
端部桁	4.404×10 ³	150	6.606×10 ⁵	9.909×10 ⁷	5.56045×10 ⁷	1.54695×10 ⁸
中間桁	6.912×10 ³	150	1.0368×10 ⁶	1.5552×10 ⁸	9.57173×10 ⁷	2.51237×10 ⁸
スキンプレーート	1.078×10 ⁵	311	3.35258×10 ⁷	1.04265×10 ¹⁰	4.34793×10 ⁶	1.04308×10 ¹⁰

モデル断面は端部桁 2 桁、中間桁 7 桁及びスキンプレーートから構成されるため、固有値解析に用いる解析モデルの断面二次モーメント I は以下のとおりとなる。

$$\begin{aligned} \text{モデル全体の重心位置 } e &= (\sum A_y) / (\sum A) \\ &= (6.606 \times 10^5 \times 2 + 1.0368 \times 10^6 \times 7 + 3.35258 \times 10^7) / \\ &\quad (4.404 \times 10^3 \times 2 + 6.912 \times 10^3 \times 7 + 1.078 \times 10^5) = 255.2 \text{ mm} \\ e^2 \cdot \sum A &= 255.2^2 \times (4.404 \times 10^3 \times 2 + 6.912 \times 10^3 \times 7 + 1.078 \times 10^5) = 1.07454 \times 10^{10} \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

解析モデルの断面二次モーメント

$$\begin{aligned} I &= \sum (A_y^2 + I_n) - e^2 \cdot \sum A \\ &= (1.54695 \times 10^8 \times 2 + 2.51237 \times 10^8 \times 7 + 1.04308 \times 10^{10}) - 1.07454 \times 10^{10} \\ &= 1.24988 \times 10^{10} - 1.07454 \times 10^{10} = 1.75340 \times 10^9 \text{ mm}^4 = 1.75 \times 10^9 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

以上より、

$$\begin{aligned} f &= \pi^2 / (2\pi \cdot 1350^2) \cdot \sqrt{(2.06 \times 10^5 \times 1.75 \times 10^9 \times 10^3 / 2.01333)} \\ &= 364.709 = 364 \text{ Hz} \\ T &= 1/f = 1/364 = 0.00274725 = 0.0028 \text{ s} \end{aligned}$$

ロ. 固有値解析結果

固有周期は 0.0028 s であり、0.05 s 以下であることから、剛構造である。

(b) 評価条件の整理

イ. 固定荷重及び積雪荷重

固定荷重の算出に用いる記号については、添付書類「V-2-10-2-5-2 放水路ゲート点検用開口部浸水防止蓋の耐震性についての計算書」にて示す記号を使用する。

固定荷重は以下のとおりとする。

$$W = m_D \cdot g + m_S \cdot g$$

ここで、

$$m_D \cdot g : \text{蓋の自重 (N)} = 2.70000 \times 10^4$$

$$m_S \cdot g : \text{積雪質量による重力 (N)} = 1.41215 \times 10^3$$

$$m_S = (0.35 \cdot S / 10^6) \cdot A$$

ここで、

$$S : \text{単位面積当たりの積雪質量 (kg/m}^2\text{)} = 62$$

垂直積雪量 30 cm, 単位荷重 20 Pa/cm より, 600 Pa

600 Pa/g = 61.1829 kg/m² → 保守的に 62 kg/m² とする。

$$A : \text{蓋の面積 (mm}^2\text{)} = 6.61500 \times 10^6$$

$$A = 1350 \times 4900 = 6.61500 \times 10^6 \text{ mm}^2$$

以上より

$$m_S = (0.35 \times 62 / 10^6) \times 6.61500 \times 10^6$$

$$= 143.5455 = 144 \text{ kg}$$

$$m_S \cdot g = 144 \times 9.80665 = 1.41215 \times 10^3 \text{ N}$$

以上より

$$W = 2.70000 \times 10^4 + 1.41215 \times 10^3$$

$$= 2.84121 \times 10^4 \text{ N}$$

ロ. 風荷重

添付書類「V-2-1-9 機能維持の基本方針」及び添付書類「V-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」にて設定した荷重の組合せに基づき、考慮しない。

(c) 応力計算

イ. 基準津波時

基準津波時荷重の算出に用いる記号については、添付書類「V-3-別添 3-2-4-2 放水路ゲート点検用開口部浸水防止蓋の強度計算書」にて示す記号を使用する。

(イ) 荷重条件

(a-1) 固定荷重

固定荷重は津波荷重を打ち消す向きに作用することから考慮しない。

(a-2) 積雪荷重

積雪荷重は津波荷重を打ち消す向きに作用することから考慮しない。

(a-3) 突き上げ津波荷重

突き上げ津波荷重は「港湾の施設の技術上の基準・同解説」における流れに伴う流体力の算出式より、以下のとおり算出する。

$$P_t = h_1 \cdot W_0 + (C_D \cdot \rho \cdot U^2) / 2$$

ここで、

$$P_t : \text{突き上げ津波荷重 (N/mm}^2\text{)} = 535.909$$

$$W_0 : \text{海水の単位体積重量 (kN/m}^3\text{)} = 10.100$$

$$h_1 : \text{スキンプレート面作用水深 (m)} = 30.0$$

$$C_D : \text{抗力係数} = 2.01$$

$$\rho : \text{海水密度 (kg/m}^3\text{)} = 1030$$

$$U : \text{津波による水位上昇速度 (m/s)} = 15.0$$

以上より、

$$P_t = (30.0 \times 10.100 \times 10^3 + (2.01 \times 1030 \times 15.0^2) / 2) / 10^6 = 0.535908 \text{ N/m}^2 \\ = 0.54 \text{ N/mm}^2$$

(ロ) 各部の応力計算

蓋に作用する津波荷重（鉛直上向き）は、蓋を介して固定ボルトに伝達し、固定ボルトを介してコンクリート躯体に伝達するものとする。

(a-1) 蓋

蓋は、蓋端間で等分布荷重を受ける両端単純支持ばりとして検討を行う。

(a-1-1) 蓋（端部桁）

(a-1-1-1) 発生荷重

$$\text{端部桁に作用する単位面積あたりの荷重 } q_1 = P_t \\ = 0.54 \text{ N/mm}^2$$

受圧幅 b_1 、荷重の作用幅 B 及び支間 L は図 6.9.1-(2)-b-3 に示す寸法であり、それぞれ以下のとおりである。

$$\text{受圧幅 } b_1 = 226 \text{ mm}$$

荷重の作用幅 $B=1150$ mm
支 間 $L=1450$ mm

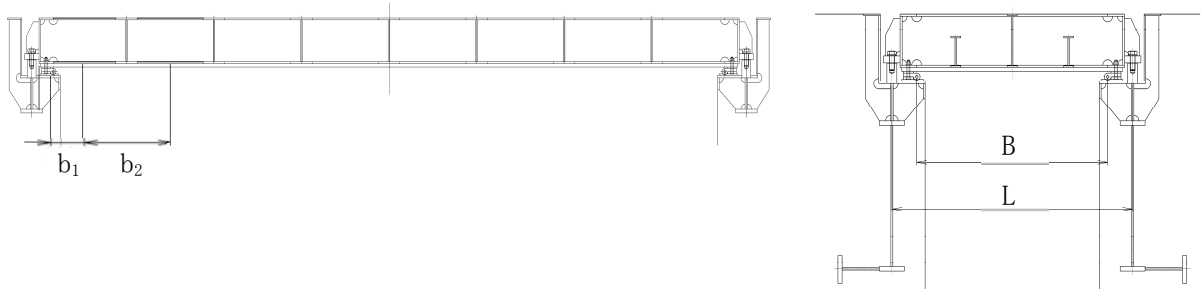


図 6.9.1-(2)-b-3 放水路ゲート点検用開口部浸水防止蓋の構造図

放水路ゲート点検用開口部浸水防止蓋の応力評価に当たっては、図 6.9.1-(2)-b-4 に示す単純支持梁として評価する。

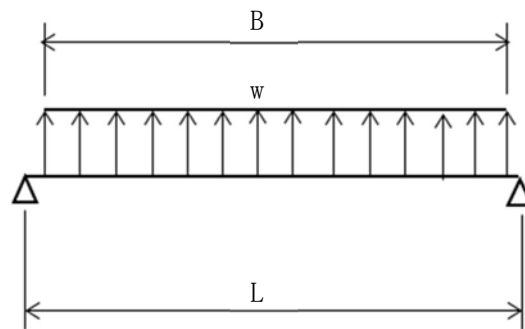


図 6.9.1-(2)-b-4 応力評価に用いるモデル図

端部桁負担荷重 $w_1 = q_1 \cdot b_1$
 $= 0.54 \times 226$
 $= 122.04$ N/mm

曲げモーメント $M_1 = w_1 \cdot B / 8 \cdot (2L - B)$
 $= 122.04 \times 1150 / 8 \times (2 \times 1450 - 1150)$
 $= 3.07006 \times 10^7$ N·mm

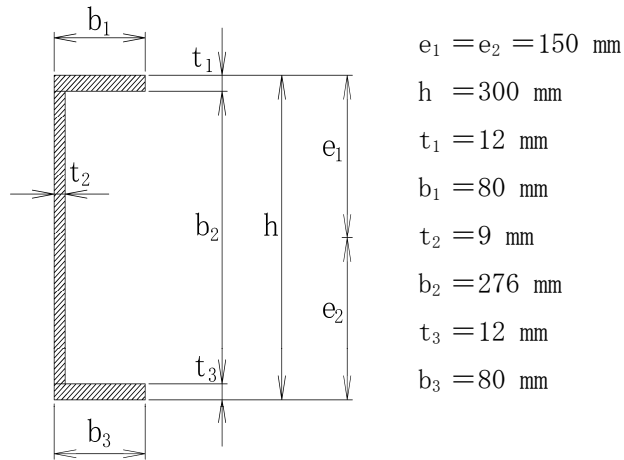
せん断力 $S_1 = w \cdot B / 2$
 $= 122.04 \times 1150 / 2$
 $= 7.01730 \times 10^4$ N

(a-1-1-2) 断面性能

端部桁の材質 SM490

I_1 : 端部桁の断面二次モーメント (mm⁴) = 5.56045×10^7

端部桁の断面における寸法は図 6.9.1-(2)-b-5 に示すとおりである。



- $e_1 = e_2 = 150 \text{ mm}$
- $h = 300 \text{ mm}$
- $t_1 = 12 \text{ mm}$
- $b_1 = 80 \text{ mm}$
- $t_2 = 9 \text{ mm}$
- $b_2 = 276 \text{ mm}$
- $t_3 = 12 \text{ mm}$
- $b_3 = 80 \text{ mm}$

図 6.9.1-(2)-b-5 端部桁の断面寸法図

端部桁の断面二次モーメント

$$I_1 = (80 \times 300^3 - 276^3 \times (80 - 9)) / 12 = 5.56045 \times 10^7 \text{ mm}^4$$

$$Z_1 : \text{端部桁の断面係数 (mm}^3\text{)} = 3.707 \times 10^5$$

$$Z_1 = I_1 / e_1 = 5.56045 \times 10^7 / 150 = 3.707 \times 10^5 \text{ mm}^3$$

$$A_{S1} : \text{端部桁の端部ウェブ断面積 (mm}^2\text{)} = 1.944 \times 10^3 \text{ mm}^2$$

図 6.9.1-(2)-b-6 に示す寸法図から

$$R = 30 \text{ mm}$$

$$b_2 = 276 \text{ mm}$$

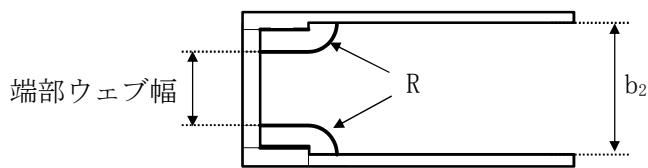


図 6.9.1-(2)-b-6 蓋端部の寸法図

端部ウェブ幅は

$$b_2 - 2 \cdot R = 276 - 2 \times 30 = 216 \text{ mm}$$

以上より

$$A_{S1} = 216 \times 9 = 1.944 \times 10^3 \text{ mm}^2$$

(a-1-1-3) 発生応力

$$\text{曲げモーメント} \quad M_1 = 3.07006 \times 10^7 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$\text{せん断力} \quad S_1 = 7.01730 \times 10^4 \text{ N}$$

$$\text{曲げ応力} \quad \sigma_{b1} = M_1 / Z_1$$

6.9.1-(2)-b-7

$$\begin{aligned}
&= 3.07006 \times 10^7 / (3.70696 \times 10^5) \\
&= 82.8188 \text{ N/mm}^2 = 83 \text{ N/mm}^2 \\
\text{せん断応力} \quad \tau_1 &= S_1 / A_{S1} \\
&= 7.01730 \times 10^4 / 1.944 \times 10^3 \\
&= 36.0972 \text{ N/mm}^2 = 37 \text{ N/mm}^2 \\
\text{組合せ応力} \quad \sigma_{m1} &= \sqrt{(\sigma_{b1})^2 + 3 \cdot \tau_1^2} = \sqrt{83^2 + 3 \times 37^2} \\
&= 104.861 = 105 \text{ N/mm}^2
\end{aligned}$$

(a-1-2) 蓋 (中間桁)

(a-1-2-1) 発生荷重

中間桁に作用する単位面積あたりの荷重 $q_2 = P_t$
 $= 0.54 \text{ N/mm}^2$

受圧幅 $b_2 = 613 \text{ mm}$

中間桁負担荷重 $w_2 = q_2 \cdot b_2$
 $= 0.54 \times 613$
 $= 331.02 \text{ N/mm}$

水密幅 $B = 1150 \text{ mm}$

支間 $L = 1450 \text{ mm}$

曲げモーメント $M_2 = w_2 \cdot B / 8 \cdot (2L - B)$
 $= 331.02 \times 1150 / 8 \times (2 \times 1450 - 1150)$
 $= 8.32722 \times 10^7 \text{ N}\cdot\text{mm}$

せん断力 $S_2 = w_2 \cdot B / 2$
 $= 331.02 \times 1150 / 2$
 $= 1.90336 \times 10^5 \text{ N}$

(a-1-2-2) 断面性能

端部桁の材質 SM490

I_2 : 中間桁の断面二次モーメント (mm^4) $= 9.57173 \times 10^7 \text{ mm}^4$

中間桁の断面における寸法は図 6.9.1-(2)-b-7 に示すとおりである。

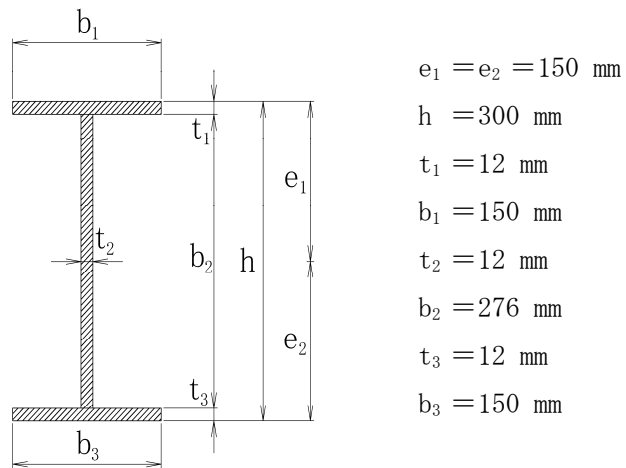


図 6.9.1-(2)-b-7 中間桁の断面寸法図

中間桁の断面二次モーメント

$$I_2 = (150 \times 300^3 - 276^3 \times (150 - 12)) / 12 = 9.57173 \times 10^7 \text{ mm}^4$$

$$Z_2 : \text{中間桁の断面係数 (mm}^3\text{)} = 6.381 \times 10^5$$

$$Z_2 = I_2 / e_1 = 9.57173 \times 10^7 / 150 = 6.381 \times 10^5 \text{ mm}^3$$

$$A_{S2} : \text{中間桁の端部ウェブ断面積 (mm}^2\text{)} = 2.592 \times 10^3 \text{ mm}^2$$

図 6.9.1-(2)-b-5 に示す寸法図から

$$R = 30 \text{ mm}$$

$$b_2 = 276 \text{ mm}$$

端部ウェブ幅は

$$b_2 - 2 \cdot R = 276 - 2 \times 30 = 216 \text{ mm}$$

以上より

$$A_{S2} = 216 \times 12 = 2.592 \times 10^3 \text{ mm}^2$$

中間桁の断面係数

$$Z_2 = 6.381 \times 10^5 \text{ mm}^3$$

中間桁の端部ウェブ断面積

$$A_{S2} = 2.592 \times 10^3 \text{ mm}^2$$

(a-1-2-3) 発生応力

曲げモーメント

$$M_2 = 8.32722 \times 10^7 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

せん断力

$$S_2 = 1.90336 \times 10^5 \text{ N}$$

曲げ応力

$$\begin{aligned} \sigma_{b2} &= M_2 / Z_2 \\ &= 8.32722 \times 10^7 / (6.381 \times 10^5) \\ &= 130.500 \text{ N/mm}^2 = 131 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

せん断応力

$$\begin{aligned} \tau_2 &= S_2 / A_{S2} \\ &= 1.90336 \times 10^5 / (2.592 \times 10^3) \\ &= 73.4320 \text{ N/mm}^2 = 74 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

組合せ応力

$$\begin{aligned} \sigma_{m2} &= \sqrt{(\sigma_{b2}^2 + 3 \cdot \tau_2^2)} \\ &= \sqrt{(131^2 + 3 \times 74^2)} \\ &= 183.273 = 184 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

(a-1-3) 蓋 (スキンプレート)

(a-1-4-1) 発生荷重

$$\begin{aligned} \text{スキンプレートに作用する単位面積当たりの荷重 } q_3 &= P_t \\ &= 0.54 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

$$\text{スキンプレート長辺 } b_3 = 613 \text{ mm}$$

$$\text{スキンプレート短辺 } a_1 = 340 \text{ mm}$$

$$\text{スキンプレートの板厚 } t_3 = 22 \text{ mm}$$

辺長比 (b/a) による係数 k=48.72

ダム・堰施設技術基準 (案) (基準解説編・設備計画マニュアル編)
(ダム・堰施設技術協会 平成 28 年 3 月) に基づき、辺長比 b/a を求め、係数 k の値が最も高いものとする。

$$\begin{aligned} \text{辺長比 } b/a &= b_3 / a_1 \\ &= 613 / 340 = 1.803 \end{aligned}$$

以上により、

辺長比 (b/a) による係数 k=48.72

(a-1-4-2) 発生応力

曲げ応力

$$\sigma_{b3} = 1/100 \cdot k \cdot a^2 \cdot q_3 \cdot 0.8 / t_3^2$$

6.9.1-(2)-b-10

$$= 1/100 \times 48.72 \times 340^2 \times 0.54 \times 0.8/22^2$$

$$= 50.2694 = 51 \text{ N/mm}^2$$

(a-1-4) 蓋 (補助桁)

(a-1-3-1) 発生荷重

補助桁に作用する単位面積あたりの荷重 $q_4 = P_t$

$$= 0.54 \text{ N/mm}^2$$

主桁間隔 $b_1 = 613 \text{ mm}$

補助桁間隔 $a_1 = 340 \text{ mm}$

曲げモーメント $M_4 = q_4 \cdot a_1/24 \cdot (3b_3^2 - a_1^2)$

$$= 0.54 \times 340/24 \times (3 \times 613^2 - 340^2)$$

$$= 7.73955 \times 10^6 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

せん断力 $S_4 = q_4 \cdot a_1/2 \cdot (b_3 - a_1/2)$

$$= 0.54 \times 340/2 \times (613 - 340/2)$$

$$= 4.06674 \times 10^4 \text{ N}$$

(a-1-3-2) 断面性能

蓋の材質 SM490

I_4 : 補助桁の断面二次モーメント (mm^4) $= 1.03498 \times 10^7$

補助桁の断面における寸法は図 6.9.1-(2)-b-8 に示すとおりである。

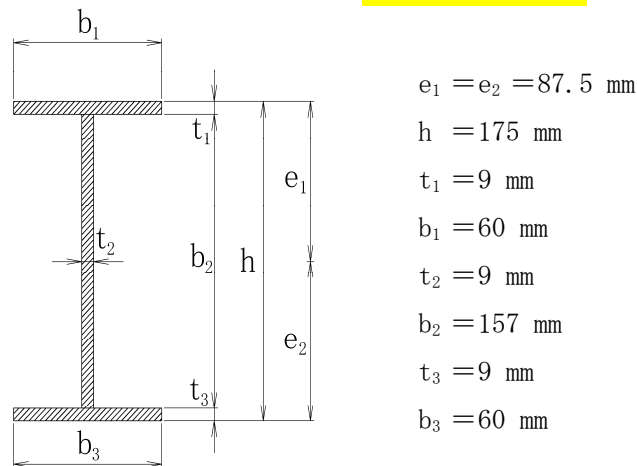


図 6.9.1-(2)-b-8 中間桁の断面寸法図

補助桁の断面二次モーメント

$$I_4 = (60 \times 175^3 - 157^3 \times (60 - 9)) / 12 = 1.03498 \times 10^7 \text{ mm}^4$$

Z_4 : 補助桁の断面係数 (mm^3) $= 1.20767 \times 10^5$

$$Z_4 = I_4 / e_1 = 1.03498 \times 10^7 / 87.5 = 1.18283 \times 10^5 \text{ mm}^3$$

$$= 1.182 \times 10^5 \text{ mm}^3$$

A_{S2} : 中間桁の端部ウェブ断面積 (mm^2) $= 873 \text{ mm}^2$

図 6.9.1-(2)-b-5 に示す寸法図から

$$R = 30 \text{ mm}$$

6.9.1-(2)-b-11

$$b_2 = 157 \text{ mm}$$

端部ウェブ幅は

$$b_2 - 2 \cdot R = 157 - 2 \times 30 = 97 \text{ mm}$$

以上より

$$A_{S2} = 97 \times 9 = 873 \text{ mm}^2$$

(a-1-3-3) 発生応力

曲げモーメント $M_2 = 7.73955 \times 10^6 \text{ N} \cdot \text{mm}$

せん断力 $S_2 = 4.06674 \times 10^4 \text{ N}$

曲げ応力 $\sigma_{b4} = M_4 / Z_4$
 $= 7.73955 \times 10^6 / (1.182 \times 10^5)$
 $= 65.4784 = 66 \text{ N/mm}^2$

せん断応力 $\tau_4 = S_2 / A_{S2}$
 $= 4.06674 \times 10^4 / 873$
 $= 46.5835 \text{ N/mm}^2 = 47 \text{ N/mm}^2$

組合せ応力 $\sigma_{m4} = \sqrt{(\sigma_{b2}^2 + 3 \cdot \tau_2^2)}$
 $= \sqrt{(66^2 + 3 \times 47^2)}$
 $= 104.799 \text{ N/mm}^2 = 105 \text{ N/mm}^2$

(a-2) 固定ボルト

蓋に作用する基準津波荷重は、蓋を介して固定ボルトに伝達するものとする。

(a-2-1) 蓋 (端部桁)

(a-2-1-1) 発生荷重

引張力 $T_{51} = S_1 / 2 = 70173 / 2 = 3.50865 \times 10^4 \text{ N}$

(a-2-1-2) 断面性能

固定ボルトの材質 SCM435

固定ボルトの呼び径 M30

固定ボルトの断面積 $A_{b1} = \pi / 4 \cdot \phi^2$
 $= \pi / 4 \times 30^2$
 $= 706.858 \text{ mm}^2$

(a-2-1-3) 発生応力

固定ボルトの引張応力 $\sigma_{t51} = T_{51} / A_b$
 $= 3.50865 \times 10^4 / 706.858$
 $= 49.6372 \text{ N/mm}^2$
 $= 50 \text{ N/mm}^2$

(a-2-2) 蓋 (中間桁)

(a-2-2-1) 発生荷重

引張力

$$T_{52} = S_2 / 2 = 1.90336 \times 10^5 / 2 = 9.51680 \times 10^4 \text{ N}$$

(a-2-1-2) 断面性能

固定ボルトの材質

SCM435

固定ボルトの呼び径

M30

固定ボルトの谷径断面積

$$\begin{aligned} A_{b2} &= \pi / 4 \cdot \phi^2 \\ &= \pi / 4 \times 30^2 \\ &= 706.858 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

(a-2-1-3) 発生応力

固定ボルトの引張応力

$$\begin{aligned} \sigma_{t52} &= T_2 / A_{b2} \\ &= 9.51680 \times 10^4 / 706.858 \\ &= 134.635 \text{ N/mm}^2 \\ &= 135 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

ロ. S_s 地震時

S_s 地震時荷重の算出に用いる記号については、添付書類「V-2-10-2-5-2 放水路ゲート点検用開口部浸水防止蓋の耐震性についての計算書」にて示す記号を使用する。

(イ) 荷重条件

(a-1) 固定荷重

固定荷重は「(b) 評価条件の整理」にて示したとおりとする。

(a-2) 積雪荷重

積雪荷重は「(b) 評価条件の整理」にて示したとおりとする。

(a-3) S_s 地震荷重

基準地震動 S_s による地震荷重に考慮する固定荷重は以下の式により算出する。

$$\begin{aligned} W &= (m_D + m_S) \cdot g \\ &= m_D \cdot g + m_S \cdot g \end{aligned}$$

蓋の自重及び積雪質量による重力は「(b) 評価条件の整理」にて示したとおり以下の値とする。

$$m_D \cdot g : \text{蓋の自重 (N)} = 2.70000 \times 10^4$$

$$m_S \cdot g : \text{積雪質量による重力 (N)} = 1.41215 \times 10^3$$

$$\begin{aligned} W &= 2.70000 \times 10^4 + 1.41215 \times 10^3 \\ &= 2.84121 \times 10^4 \text{ N} \end{aligned}$$

応力評価に用いる基準地震動 S_s による設計震度を表 6.9.1-(2)-b-2 に示す。

鉛直方向の設計震度が 1G を超えないため、鉛直方向地震荷重については固定荷重及び積雪荷重と同じ方向の鉛直下向きのみを考慮する。

水平方向地震荷重は、蓋の質量及び積雪質量を考慮する。

固有値解析結果より、放水路ゲート点検用開口部浸水防止蓋の固有周期が 0.05 s 以下あることを確認したため、放水路ゲート点検用開口部浸水防止蓋の耐震計算に用いる設計震度は、添付書類「V-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に示す防潮堤（鉄筋コンクリート防潮壁（放水路エリア））における設置床の最大応答加速度の 1.2 倍を考慮して設定する。

表 6.9.1-(2)-b-2 応力評価に用いる基準地震動 S_s による設計震度

地震動	設置場所 及び床面高さ (m)	地震による設計震度*1	
		水平方向 K_H	0.79
基準地震動 S_s	防潮堤（鉄筋コンクリート防 潮壁（放水路エリア） EL. 3.500*2	鉛直方向 K_V	0.90

注記 *1：放水路ゲート点検用開口部浸水防止蓋の固有周期が 0.05s 以下であることを確認したため、設置床の最大応答加速度の 1.2 倍を考慮した設計震度を設定した。

*2：基準床レベルを示す。

基準地震動 S_s による水平方向地震荷重 I_H 及び鉛直方向地震荷重 I_V は以下の式により算出する。

$$I_H = W \cdot K_H$$

$$I_V = W \cdot K_V$$

$$I_H = 2.54121 \times 10^4 \times 0.79 = 2.24455 \times 10^4 \text{ N}$$

$$I_V = 2.54121 \times 10^4 \times (1 + 0.90) = 5.39829 \times 10^4 \text{ N}$$

蓋の幅 B_o 、蓋の長さ L_o は図 6.9.1-(2)-b-9 に示す寸法であり、それぞれ以下のとおりである。

$$B_o : \text{蓋の幅} = 1350 \text{ mm}$$

$$L_o : \text{蓋の長さ} = 4900 \text{ mm}$$

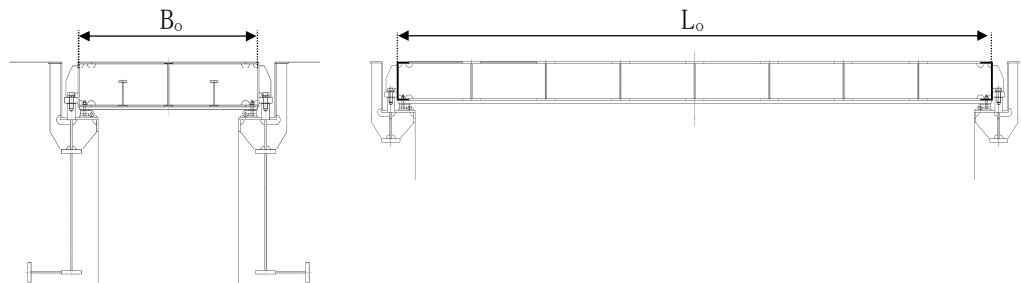


図 6.9.1-(2)-b-9 蓋の幅及び長さ寸法図

単位長さ当たりの水平方向地震荷重

$$i_h = I_H / L_o$$

$$i_h = 2.24455 \times 10^4 / 4900$$

$$= 4.58071 \text{ N/mm}$$

$$= 4.58 \text{ N/mm}$$

単位面積当たりの鉛直方向地震荷重

$$i_v = I_V / (B_o \times L_o)$$

$$= 5.39829 \times 10^4 / (1350 \times 4900)$$

$$= 0.00816068 \text{ N/mm}^2$$

$$= 0.82 \times 10^{-3} \text{ N/mm}^2$$

(ロ) 各部の応力計算

蓋に作用する地震荷重（水平方向及び鉛直方向）は、蓋を介して固定ボルトに伝達し、固定ボルトを介してコンクリート躯体に伝達するものとする。

(a-1) 蓋

蓋は、蓋端間で等分布荷重を受ける両端単純支持ばりとして検討を行う。

(a-1-1) 蓋（端部桁）

(a-1-1-1) 発生荷重

$$\begin{aligned} \text{端部桁に作用する単位面積あたりの荷重 } q_1 &= i_v \\ &= 0.82 \times 10^{-3} \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

受圧幅 b_1 、荷重の負担幅 B 及び支間 L は図 6.9.1-(2)-b-10 に示す寸法であり、それぞれ以下のとおりである。

受圧幅	$b_1 = 226 \text{ mm}$
荷重の負担幅	$B = 1350 \text{ mm}$
支間	$L = 1450 \text{ mm}$



図 6.9.1-(2)-b-10 放水路ゲート点検用開口部浸水防止蓋の構造図

放水路ゲート点検用開口部浸水防止蓋の応力評価に当たっては、図 6.9.1-(2)-b-11 に示す単純支持梁として評価する。

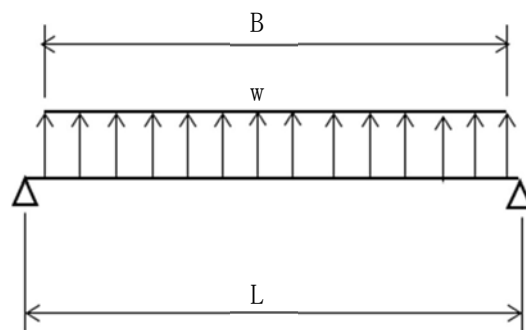


図 6.9.1-(2)-b-11 応力評価に用いるモデル図

受圧幅	$b_1 = 226 \text{ mm}$
主桁負担荷重	$w_1 = q_1 \cdot b_1$ $= 0.82 \times 10^{-3} \times 226$ $= 1.85320 \text{ N/mm} = 1.85 \text{ N/mm}$
荷重の作用幅	$B = 1350 \text{ mm}$
支間	$L = 1450 \text{ mm}$
曲げモーメント	$M_1 = w_1 \cdot B/8 \cdot (2L - B)$ $= 1.85 \times 1350/8 \times ((2 \times 1450) - 1350)$ $= 4.83890 \times 10^5 \text{ N/mm}$
せん断力	$S_1 = w_1 \cdot B/2$ $= 1.85 \times 1.350/2$ $= 1.24875 \times 10^3 \text{ N}$

(a-1-1-2) 断面性能

蓋の材質 SM490

I_1 : 端部桁の断面二次モーメント (mm^4) $= 5.56045 \times 10^7$

端部桁の断面における寸法は図 6.9.1-(2)-b-12 に示すとおりである。

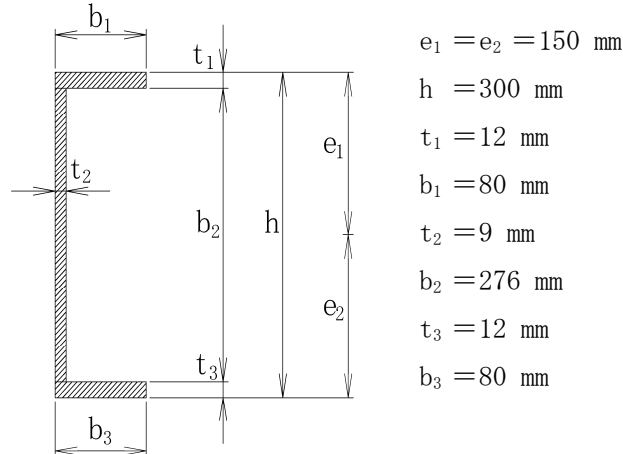


図 6.9.1-(2)-b-12 端部桁の断面寸法図

端部桁の断面二次モーメント

$$I_1 = (80 \times 300^3 - 276^3 \times (80 - 9)) / 12 = 5.56045 \times 10^7 \text{ mm}^4$$

$$Z_1 : \text{端部桁の断面係数} (\text{mm}^3) = 3.70696 \times 10^5$$

$$Z_1 = I_1 / e_1 = 5.56045 \times 10^7 / 150 = 3.70696 \times 10^5 \text{ mm}^3$$

$$= 3.707 \times 10^5 \text{ mm}^3$$

$$A_{S1} : \text{端部桁の端部ウェブ断面積} (\text{mm}^2) = 1.944 \times 10^3 \text{ mm}^2$$

図 6.9.1-(2)-b-13 に示す寸法図から

$$R=30 \text{ mm}$$

$$b_2=276\text{mm}$$

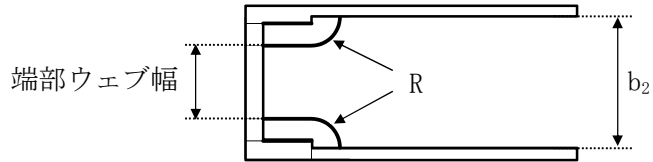


図 6.9.1-(2)-b-13 蓋端部の寸法図

端部ウェブ幅は

$$b_2 - 2 \cdot R = 276 - 2 \times 30 = 216 \text{ mm}$$

以上より

$$A_{S1} = 216 \times 9 = 1.944 \times 10^3 \text{ mm}^2$$

(a-1-1-3) 発生応力

曲げモーメント

$$M_1 = 4.83890 \times 10^5 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

せん断力

$$S_1 = 1.24875 \times 10^3 \text{ N}$$

曲げ応力

$$\begin{aligned}\sigma_{b1} &= M_1 / Z_1 \\ &= 4.83890 \times 10^5 / (3.707 \times 10^5) \\ &= 1.30534 \text{ N/mm}^2 \\ &= 2 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

せん断応力

$$\begin{aligned}\tau_1 &= S_1 / A_{S1} \\ &= 1.24875 \times 10^3 / (1.944 \times 10^3) \\ &= 0.642361 \text{ N/mm}^2 \\ &= 1 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

組合せ応力

$$\begin{aligned}\sigma_{m1} &= \sqrt{(\sigma_{b1}^2 + 3 \cdot \tau_1^2)} = \sqrt{(2^2 + 3 \times 1^2)} \\ &= 2.64575 = 3 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

(a-1-2) 蓋 (中間桁)

(a-1-2-1) 発生荷重

中間桁に作用する単位面積あたりの荷重 $q_2 = i_v$

$$= 0.82 \times 10^{-3} \text{ N/mm}^2$$

受圧幅

$$b_2 = 612.5 \text{ mm}$$

中間桁負担荷重

$$\begin{aligned}w_2 &= q_2 \cdot b_2 \\ &= 0.82 \times 10^{-3} \times 612.5 \\ &= 5.02250 \text{ N/mm} \\ &= 5.02 \text{ N/mm}\end{aligned}$$

水密幅

$$B = 1350 \text{ mm}$$

支間

$$L = 1450 \text{ mm}$$

曲げモーメント

$$\begin{aligned}M_2 &= w_2 \cdot B / 8 \cdot (2L - B) \\ &= 5.02 \times 1350 / 8 \times (2 \times 1450 - 1350) \\ &= 1.31304 \times 10^6 \text{ N}\cdot\text{mm}\end{aligned}$$

せん断力

$$\begin{aligned}S_2 &= w_2 \cdot B / 2 \\ &= 5.02 \times 1350 / 2 \\ &= 3.38850 \times 10^3 \text{ N}\end{aligned}$$

(a-1-1-2) 断面性能

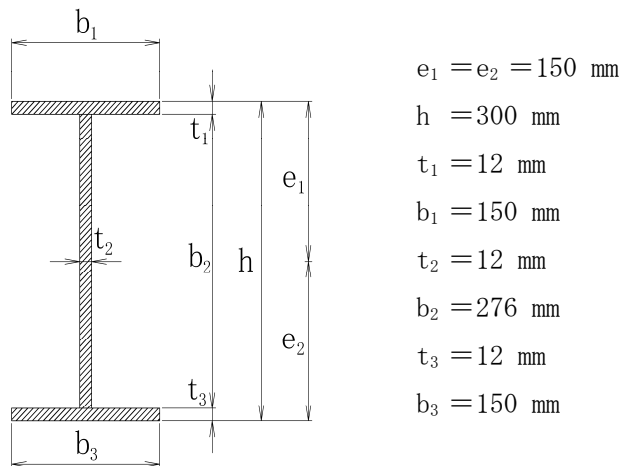
蓋の材質

SM490

I_2 : 蓋の断面二次モーメント (mm^4)

$$= 9.57173 \times 10^7$$

中間桁の断面における寸法は図 6.9.1-(2)-b-14 に示すとおりである。



$e_1 = e_2 = 150 \text{ mm}$
 $h = 300 \text{ mm}$
 $t_1 = 12 \text{ mm}$
 $b_1 = 150 \text{ mm}$
 $t_2 = 12 \text{ mm}$
 $b_2 = 276 \text{ mm}$
 $t_3 = 12 \text{ mm}$
 $b_3 = 150 \text{ mm}$

図 6.9.1-(2)-b-14 中間桁の断面寸法図

中間桁の断面二次モーメント

$$I_2 = (150 \times 300^3 - 276^3 \times (150 - 12)) / 12 = 9.57173 \times 10^7 \text{ mm}^4$$

$$Z_2 : \text{中間桁の断面係数 (mm}^3) = 6.38100 \times 10^5$$

$$Z_2 = I_2 / e_1 = 9.57173 \times 10^7 / 150 = 6.381 \times 10^5 \text{ mm}^3$$

$$A_{S2} : \text{中間桁の端部ウェブ断面積 (mm}^2) = 2.592 \times 10^3 \text{ mm}^2$$

図 6.9.1-(2)-b-5 に示す寸法図から

$$R = 30 \text{ mm}$$

$$b_2 = 276 \text{ mm}$$

端部ウェブ幅は

$$b_2 - 2 \cdot R = 276 - 2 \times 30 = 216 \text{ mm}$$

以上より

$$A_{S2} = 216 \times 12 = 2.592 \times 10^3 \text{ mm}^2$$

$$\text{中間桁の断面係数} \quad Z_2 = 6.381 \times 10^5 \text{ mm}^3$$

$$\text{中間桁の端部ウェブ断面積} \quad A_{S2} = 2.592 \times 10^3 \text{ mm}^2$$

(a-1-1-3) 発生応力

$$\text{曲げモーメント} \quad M_2 = 1.31304 \times 10^6 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$\text{せん断力} \quad S_2 = 3.38850 \times 10^3 \text{ N}$$

$$\begin{aligned} \text{曲げ応力} \quad \sigma_{b2} &= M_2 / Z_2 \\ &= 1.31304 \times 10^6 / (6.381 \times 10^5) \\ &= 2.05773 = 3 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{せん断応力} \quad \tau_2 &= S_2 / A_{S2} \\ &= 3.38850 \times 10^3 / (2.592 \times 10^3) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 1.30729 \text{ N/mm}^2 = 2 \text{ N/mm}^2 \\
 \text{組合せ応力} \quad \sigma_{m2} &= \sqrt{(\sigma_{b2}^2 + 3 \cdot \tau_2^2)} = \sqrt{(3^2 + 3 \times 2^2)} \\
 &= 4.58257 = 5 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

(a-1-3) 蓋 (スキンプレート)

(a-1-4-1) 発生荷重

スキンプレートに作用する

単位面積当たりの荷重 $q_3 = i_v$

$$= 0.82 \times 10^{-3} \text{ N/mm}^2$$

スキンプレート長辺 $b_3 = 613 \text{ mm}$

スキンプレート短辺 $a_1 = 340 \text{ mm}$

スキンプレートの板厚 $t_3 = 22 \text{ mm}$

辺長比 (b/a) による係数 $k = 48.72$

ダム・堰施設技術基準 (案) (基準解説編・設備計画マニュアル編)
(ダム・堰施設技術協会 平成 28 年 3 月) に基づき、辺長比 b/a を求め、係数 k の値が最も高いものとする。

$$\begin{aligned}
 \text{辺長比 } b/a &= b_3/a_1 \\
 &= 613/340 = 1.803
 \end{aligned}$$

以上により、

辺長比 (b/a) による係数 $k = 48.72$

(a-1-4-2) 発生応力

曲げ応力

$$\begin{aligned}
 \sigma_{b3} &= 1/100 \cdot k \cdot a^2 \cdot q_3 \cdot 0.8/t_3^2 \\
 &= 1/100 \times 48.72 \times 340^2 \times 0.82 \times 10^{-3} \times 0.8/22^2 \\
 &= 0.763349 = 1 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

(a-1-4) 蓋 (補助桁)

(a-1-3-1) 発生荷重

補助桁に作用する単位面積あたりの荷重 $q_4 = i_v$

$$= 0.82 \times 10^{-3} \text{ N/mm}^2$$

主桁間隔 $b_1 = 613 \text{ mm}$

補助桁間隔 $a_1 = 340 \text{ mm}$

$$\begin{aligned}
 \text{曲げモーメント} \quad M_4 &= q_4 \cdot a_1/24 \cdot (3b_3^2 - a_1^2) \\
 &= 0.82 \times 10^{-3} \times 340/24 \times (3 \times 613^2 - 340^2) \\
 &= 1.17526 \times 10^5 \text{ N}\cdot\text{mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{せん断力} \quad S_4 &= q_4 \cdot a_1/2 \cdot (b_3 - a_1/2) \\
 &= 0.82 \times 10^{-3} \times 340/2 \times (613 - 340/2) \\
 &= 6.17542 \times 10^2 \text{ N}
 \end{aligned}$$

(a-1-3-2) 断面性能

蓋の材質

SM490

I_4 : 補助桁の断面二次モーメント (mm^4) = 1.03498×10^7

補助桁の断面における寸法は図 6.9.1-(2)-b-15 に示すとおりである。

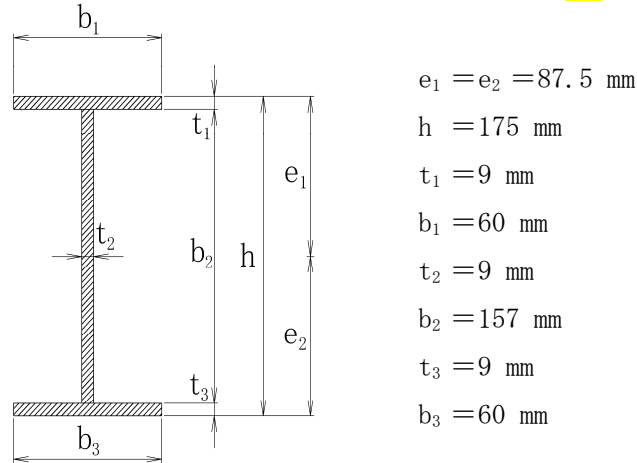


図 6.9.1-(2)-b-15 中間桁の断面寸法図

補助桁の断面二次モーメント

$$I_4 = (60 \times 175^3 - 157^3 \times (60 - 9)) / 12 = 1.03498 \times 10^7 \text{ mm}^4$$

$$Z_4 : \text{補助桁の断面係数} (\text{mm}^3) = 1.182 \times 10^5$$

$$Z_4 = I_4 / e_1 = 1.03498 \times 10^7 / 87.5 = 1.18283 \times 10^5 \text{ mm}^3$$
$$= 1.182 \times 10^5 \text{ mm}^3$$

$$A_{S2} : \text{中間桁の端部ウェブ断面積} (\text{mm}^2) = 873 \text{ mm}^2$$

図 6.9.1-(2)-b-5 に示す寸法図から

$$R = 30 \text{ mm}$$

$$b_2 = 157 \text{ mm}$$

端部ウェブ幅は

$$b_2 - 2 \cdot R = 157 - 2 \times 30 = 97 \text{ mm}$$

以上より

$$A_{S2} = 97 \times 9 = 873 \text{ mm}^2$$

(a-1-3-3) 発生応力

曲げモーメント

$$M_4 = 1.17526 \times 10^5 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

せん断力

$$S_4 = 6.17542 \times 10^2 \text{ N}$$

曲げ応力

$$\sigma_{b4} = M_4 / Z_4$$
$$= 1.17526 \times 10^5 / (1.182 \times 10^5)$$
$$= 0.994297 = 1 \text{ N/mm}^2$$

せん断応力

$$\tau_4 = S_4 / A_{S2}$$
$$= 6.17542 \times 10^2 / 873$$
$$= 0.707379 \text{ N/mm}^2 = 1 \text{ N/mm}^2$$

組合せ応力

$$\begin{aligned}\sigma_{m4} &= \sqrt{(\sigma_{b2}^2 + 3 \cdot \tau_2^2)} \\ &= \sqrt{(1^2 + 3 \times 1^2)} \\ &= 2 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

(a-2) 固定ボルト

蓋に作用する地震荷重は、蓋を介して固定ボルトに伝達するものとする。

(a-2-1) 蓋 (端部桁)

(a-2-1-1) 発生荷重

$$I_H = 2.24455 \times 10^4 \text{ N}$$

固定ボルトの本数 $n = 36$ 本

固定ボルト 1 本あたりに加わる

せん断荷重

$$\begin{aligned}S_{51} &= I_H / n = 2.24455 \times 10^4 / 36 \\ &= 6.23486 \times 10^2 \text{ N}\end{aligned}$$

(a-2-1-2) 断面性能

固定ボルトの材質

SCM435

固定ボルトの呼び径

M30

固定ボルトの断面積

$$\begin{aligned}A_{b5} &= \pi / 4 \cdot \phi^2 \\ &= \pi / 4 \times 30^2 \\ &= 706.858 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

(a-2-1-3) 発生応力

固定ボルトのせん断応力

$$\begin{aligned}\tau_{51} &= S_{51} / A_{b5} \\ &= 6.23486 \times 10^2 / 706.858 \\ &= 0.882052 \text{ N/mm}^2 \\ &= 1 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

(a-2-2) 蓋 (中間桁)

(a-2-2-1) 発生荷重

$$I_H = 2.24455 \times 10^4 \text{ N}$$

固定ボルトの本数 $n = 36$ 本

固定ボルト 1 本あたりに加わる

せん断荷重

$$\begin{aligned}S_{52} &= I_H / n = 2.24455 \times 10^4 / 36 \\ &= 6.23486 \times 10^2 \text{ N}\end{aligned}$$

(a-2-1-2) 断面性能

固定ボルトの材質

SCM435

固定ボルトの呼び径

M30

固定ボルトの断面積

$$\begin{aligned} A_{b5} &= \pi / 4 \cdot \phi^2 \\ &= \pi / 4 \times 30^2 \\ &= 706.858 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

(a-2-1-3) 発生応力

固定ボルトのせん断力

$$\begin{aligned} \tau_{52} &= S_{52} / A_{b2} \\ &= 6.23486 \times 10^2 / 706.858 \\ &= 0.882052 \text{ N/mm}^2 \\ &= 1 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

ハ. 基準津波+S_d地震時

基準津波+S_d地震時荷重の算出に用いる記号については、添付書類「V-3-別添3-2-4-2 放水路ゲート点検用開口部浸水防止蓋の強度計算書」にて示す記号を使用する。

(イ) 荷重条件

(a-1) 固定荷重

固定荷重は「イ. 基準津波時」にて示したとおりとする。ただし、水平方向の余震による地震力を計算するに当たっては蓋の自重を考慮する。

(a-2) 積雪荷重

積雪荷重は「イ. 基準津波時」にて示したとおりとする。ただし、水平方向の余震による地震力を計算するに当たっては積雪荷重を考慮する。

(a-3) 突き上げ津波荷重

突き上げ津波荷重は「イ. 基準津波時」にて示したとおりとする。

(a-4) S_d地震荷重

余震による地震荷重に考慮する固定荷重は「(b) 評価条件の整理」にて示したとおりとする。

応力評価に用いる弾性設計用地震動S_dによる設計震度を表6.9.1-(2)-b-3に示す。

鉛直震度が1Gを超えないため、鉛直上向きの地震力は考慮しない。また、鉛直下向きに固定荷重及び積雪荷重が作用するが、基準津波荷重を緩和する方向に作用することから、考慮しない。

固有値解析結果より、放水路ゲート点検用開口部浸水防止蓋の固有周期が0.05 s以下であることを確認したため、放水路ゲート点検用開口部浸水防止蓋の強度計算に用いる設計震度は、添付書類「V-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に示す防潮堤（鉄筋コンクリート防潮壁（放水路エリア））における設置床の最大応答加速度の1.2倍を考慮して設定する。

表 6.9.1-(2)-b-3 応力評価に用いる弾性設計用地震動 S_d による設計震度

地震動	据付場所 及び床面高さ (m)	余震による設計震度*1	
		弾性設計用地震動 S_d-D1	防潮堤（鉄筋コンクリ ート防潮壁（放水路エ リア）） EL. 3.500*2
		鉛直方向 K_{VSd}	0.32

注記 *1：放水路ゲート点検用開口部浸水防止蓋の固有周期が 0.05s 以下であることを確認したため、設置床の最大応答加速度の 1.2 倍を考慮した設計震度を設定した。

*2：基準床レベルを示す。

余震による水平方向地震荷重 I_{HSd} 及び単位長さ当たりの水平方向地震荷重 i_H は以下の式により算出する。

$$I_{HSd} = W \cdot K_{HSd}$$

$$W = 2.84121 \times 10^4 \text{ N}$$

$$I_{HSd} = 2.84121 \times 10^4 \times 0.44 = 1.25013 \times 10^4 \text{ N}$$

$$i_{HSd} = I_{HSd} / L_o = 1.25013 \times 10^4 / 4900 = 2.551 \text{ N/mm}$$

(ロ) 各部の応力計算

蓋に作用する津波荷重（鉛直上向き）は，蓋を介して固定ボルトに伝達し，固定ボルトを介してコンクリート躯体に伝達するものとする。

(a-1) 蓋

蓋は，蓋端間で等分布荷重を受ける両端単純支持ばりとして検討を行う。

(a-1-1) 蓋（端部桁）

(a-1-1-1) 発生荷重

$$\begin{aligned} \text{端部桁に作用する単位面積あたりの荷重 } q_1 &= P_t \\ &= 0.54 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

受圧幅 b_1 ，荷重の作用幅 B 及び支間 L は図 6.9.1-(2)-b-16 に示す寸法であり，それぞれ以下のとおりである。

受圧幅	$b_1 = 226 \text{ mm}$
荷重の作用幅	$B = 1150 \text{ mm}$
支間	$L = 1450 \text{ mm}$

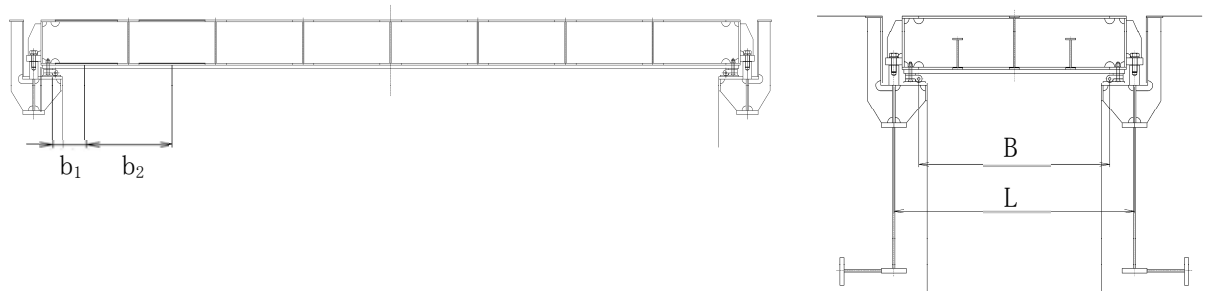


図 6.9.1-(2)-b-16 放水路ゲート点検用開口部浸水防止蓋の構造図

放水路ゲート点検用開口部浸水防止蓋の応力評価に当たっては、図 6.9.1-(2)-b-17 に示す単純支持梁として評価する。

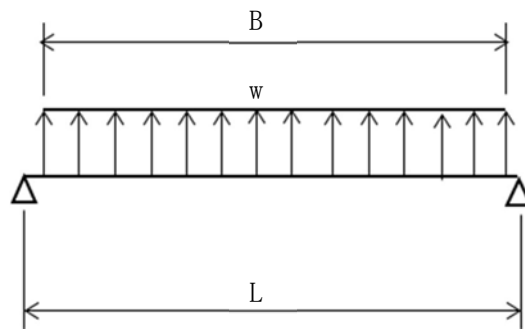


図 6.9.1-(2)-b-17 応力評価に用いるモデル図

端部桁負担荷重

$$\begin{aligned} w_1 &= q_1 \cdot b_1 \\ &= 0.54 \times 226 \\ &= 122.04 \text{ N/mm} \end{aligned}$$

曲げモーメント

$$\begin{aligned} M_1 &= w_1 \cdot B/8 \cdot (2L-B) \\ &= 122.04 \times 1150/8 \times (2 \times 1450 - 1150) \\ &= 3.07006 \times 10^7 \text{ N}\cdot\text{mm} \end{aligned}$$

せん断力

$$\begin{aligned} S_1 &= w \cdot B/2 \\ &= 122.04 \times 1150/2 \\ &= 7.01730 \times 10^4 \text{ N} \end{aligned}$$

(a-1-1-2) 断面性能

端部桁の材質

SM490

I_1 : 端部桁の断面二次モーメント (mm^4) = 5.56045×10^7

端部桁の断面における寸法は図 6.9.1-(2)-b-18 に示すとおりである。

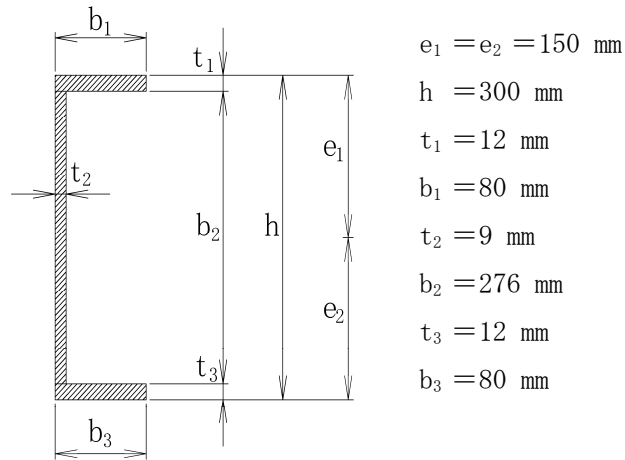


図 6.9.1-(2)-b-18 端部桁の断面寸法図

端部桁の断面二次モーメント

$$I_1 = (80 \times 300^3 - 276^3 \times (80 - 9)) / 12 = 5.56045 \times 10^7 \text{ mm}^4$$

$$Z_1 : \text{端部桁の断面係数 (mm}^3\text{)} = 3.707 \times 10^5$$

$$Z_1 = I_1 / e_1 = 5.56045 \times 10^7 / 150 = 3.707 \times 10^5 \text{ mm}^3$$

$$A_{S1} : \text{端部桁の端部ウェブ断面積 (mm}^2\text{)} = 1.944 \times 10^3 \text{ mm}^2$$

図 6.9.1-(2)-b-19 に示す寸法図から

$$R = 30 \text{ mm}$$

$$b_2 = 276 \text{ mm}$$

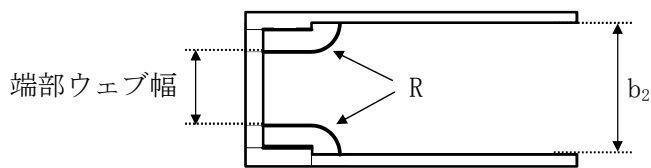


図 6.9.1-(2)-b-19 蓋端部の寸法図

端部ウェブ幅は

$$b_2 - 2 \cdot R = 276 - 2 \times 30 = 216 \text{ mm}$$

以上より

$$A_{S1} = 216 \times 9 = 1.944 \times 10^3 \text{ mm}^2$$

(a-1-1-3) 発生応力

$$\text{曲げモーメント} \quad M_1 = 3.07006 \times 10^7 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$\text{せん断力} \quad S_1 = 7.01730 \times 10^4 \text{ N}$$

$$\text{曲げ応力} \quad \sigma_{b1} = M_1 / Z_1$$

$$\begin{aligned}
&= 3.07006 \times 10^7 / (3.70696 \times 10^5) \\
&= 82.8188 \text{ N/mm}^2 = 83 \text{ N/mm}^2 \\
\text{せん断応力} \quad \tau_1 &= S_1 / A_{S1} \\
&= 7.01730 \times 10^4 / 1.944 \times 10^3 \\
&= 36.0972 \text{ N/mm}^2 = 37 \text{ N/mm}^2 \\
\text{組合せ応力} \quad \sigma_{m1} &= \sqrt{(\sigma_{b1})^2 + 3 \cdot \tau_1^2} = \sqrt{83^2 + 3 \times 37^2} \\
&= 104.861 = 105 \text{ N/mm}^2
\end{aligned}$$

(a-1-2) 蓋 (中間桁)

(a-1-2-1) 発生荷重

中間桁に作用する単位面積あたりの荷重 $q_2 = P_t$
 $= 0.54 \text{ N/mm}^2$

受圧幅 $b_2 = 613 \text{ mm}$

中間桁負担荷重 $w_2 = q_2 \cdot b_2$
 $= 0.54 \times 613$
 $= 331.02 \text{ N/mm}$

水密幅 $B = 1150 \text{ mm}$

支間 $L = 1450 \text{ mm}$

曲げモーメント $M_2 = w_2 \cdot B / 8 \cdot (2L - B)$
 $= 331.02 \times 1150 / 8 \times (2 \times 1450 - 1150)$
 $= 8.32722 \times 10^7 \text{ N}\cdot\text{mm}$

せん断力 $S_2 = w_2 \cdot B / 2$
 $= 331.02 \times 1150 / 2$
 $= 1.90336 \times 10^5 \text{ N}$

(a-1-2-2) 断面性能

端部桁の材質 SM490

I_2 : 中間桁の断面二次モーメント (mm^4) $= 9.57173 \times 10^7 \text{ mm}^4$

中間桁の断面における寸法は図 6.9.1-(2)-b-20 に示すとおりである。

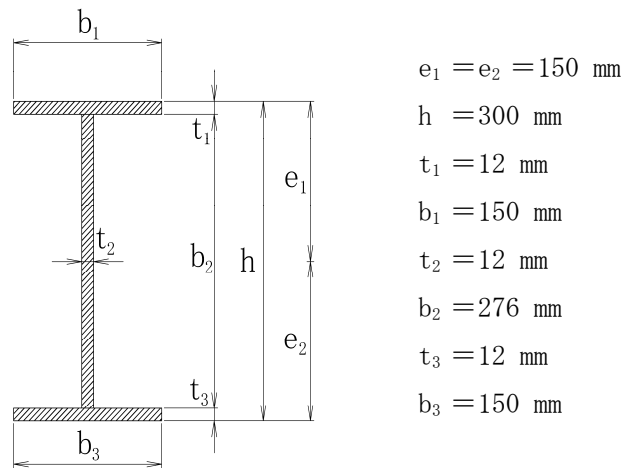


図 6.9.1-(2)-b-20 中間桁の断面寸法図

中間桁の断面二次モーメント

$$I_2 = (150 \times 300^3 - 276^3 \times (150 - 12)) / 12 = 9.57173 \times 10^7 \text{ mm}^4$$

$$Z_2 : \text{中間桁の断面係数 (mm}^3\text{)} = 6.381 \times 10^5$$

$$Z_2 = I_2 / e_1 = 9.57173 \times 10^7 / 150 = 6.381 \times 10^5 \text{ mm}^3$$

$$A_{S2} : \text{中間桁の端部ウェブ断面積 (mm}^2\text{)} = 2.592 \times 10^3 \text{ mm}^2$$

図 6.9.1-(2)-b-5 に示す寸法図から

$$R = 30 \text{ mm}$$

$$b_2 = 276 \text{ mm}$$

端部ウェブ幅は

$$b_2 - 2 \cdot R = 276 - 2 \times 30 = 216 \text{ mm}$$

以上より

$$A_{S2} = 216 \times 12 = 2.592 \times 10^3 \text{ mm}^2$$

中間桁の断面係数

$$Z_2 = 6.381 \times 10^5 \text{ mm}^3$$

中間桁の端部ウェブ断面積

$$A_{S2} = 2.592 \times 10^3 \text{ mm}^2$$

(a-1-2-3) 発生応力

曲げモーメント

$$M_2 = 8.32722 \times 10^7 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

せん断力

$$S_2 = 1.90336 \times 10^5 \text{ N}$$

曲げ応力

$$\begin{aligned} \sigma_{b2} &= M_2 / Z_2 \\ &= 8.32722 \times 10^7 / (6.381 \times 10^5) \\ &= 130.500 \text{ N/mm}^2 = 131 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

せん断応力

$$\begin{aligned} \tau_2 &= S_2 / A_{S2} \\ &= 1.90336 \times 10^5 / (2.592 \times 10^3) \\ &= 73.4320 \text{ N/mm}^2 = 74 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

組合せ応力

$$\begin{aligned} \sigma_{m2} &= \sqrt{(\sigma_{b2}^2 + 3 \cdot \tau_2^2)} \\ &= \sqrt{(131^2 + 3 \times 74^2)} \\ &= 183.273 = 184 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

(a-1-3) 蓋 (スキンプレート)

(a-1-4-1) 発生荷重

$$\begin{aligned} \text{スキンプレートに作用する単位面積当たりの荷重 } q_3 &= P_t \\ &= 0.54 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

$$\text{スキンプレート長辺 } b_3 = 613 \text{ mm}$$

$$\text{スキンプレート短辺 } a_1 = 340 \text{ mm}$$

$$\text{スキンプレートの板厚 } t_3 = 22 \text{ mm}$$

辺長比 (b/a) による係数 k=48.72

ダム・堰施設技術基準 (案) (基準解説編・設備計画マニュアル編)
(ダム・堰施設技術協会 平成 28 年 3 月) に基づき、辺長比 b/a を求め、係数 k の値が最も高いものとする。

$$\begin{aligned} \text{辺長比 } b/a &= b_3 / a_1 \\ &= 613 / 340 = 1.803 \end{aligned}$$

以上により、

辺長比 (b/a) による係数 k=48.72

(a-1-4-2) 発生応力

曲げ応力

$$\sigma_{b3} = 1/100 \cdot k \cdot a^2 \cdot q_3 \cdot 0.8 / t_3^2$$

$$= 1/100 \times 48.72 \times 340^2 \times 0.54 \times 0.8/22^2$$

$$= 50.2694 = 51 \text{ N/mm}^2$$

(a-1-4) 蓋 (補助桁)

(a-1-3-1) 発生荷重

補助桁に作用する単位面積あたりの荷重 $q_4 = P_t$

$$= 0.54 \text{ N/mm}^2$$

主桁間隔 $b_1 = 613 \text{ mm}$

補助桁間隔 $a_1 = 340 \text{ mm}$

曲げモーメント

$$M_4 = q_4 \cdot a_1 / 24 \cdot (3b_3^2 - a_1^2)$$

$$= 0.54 \times 340 / 24 \times (3 \times 613^2 - 340^2)$$

$$= 7.73955 \times 10^6 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

せん断力

$$S_4 = q_4 \cdot a_1 / 2 \cdot (b_3 - a_1 / 2)$$

$$= 0.54 \times 340 / 2 \times (613 - 340 / 2)$$

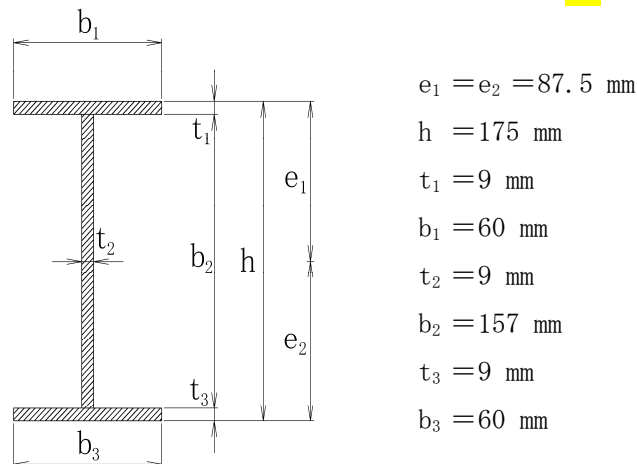
$$= 4.06674 \times 10^4 \text{ N}$$

(a-1-3-2) 断面性能

蓋の材質 SM490

I_4 : 補助桁の断面二次モーメント (mm^4) $= 1.03498 \times 10^7$

補助桁の断面における寸法は図 6.9.1-(2)-b-21 に示すとおりである。



$$e_1 = e_2 = 87.5 \text{ mm}$$

$$h = 175 \text{ mm}$$

$$t_1 = 9 \text{ mm}$$

$$b_1 = 60 \text{ mm}$$

$$t_2 = 9 \text{ mm}$$

$$b_2 = 157 \text{ mm}$$

$$t_3 = 9 \text{ mm}$$

$$b_3 = 60 \text{ mm}$$

図 6.9.1-(2)-b-21 補助桁の断面寸法図

補助桁の断面二次モーメント

$$I_4 = (60 \times 175^3 - 157^3 \times (60 - 9)) / 12 = 1.03498 \times 10^7 \text{ mm}^4$$

Z_4 : 補助桁の断面係数 (mm^3) $= 1.20767 \times 10^5$

$$Z_4 = I_4 / e_1 = 1.03498 \times 10^7 / 87.5 = 1.18283 \times 10^5 \text{ mm}^3$$

$$= 1.182 \times 10^5 \text{ mm}^3$$

A_{S2} : 中間桁の端部ウェブ断面積 (mm^2) $= 873 \text{ mm}^2$

図 6.9.1-(2)-b-5 に示す寸法図から

$$R = 30 \text{ mm}$$

6.9.1-(2)-b-34

$$b_2 = 157 \text{ mm}$$

端部ウェブ幅は

$$b_2 - 2 \cdot R = 157 - 2 \times 30 = 97 \text{ mm}$$

以上より

$$A_{S2} = 97 \times 9 = 873 \text{ mm}^2$$

(a-1-3-3) 発生応力

曲げモーメント $M_2 = 7.73955 \times 10^6 \text{ N} \cdot \text{mm}$

せん断力 $S_2 = 4.06674 \times 10^4 \text{ N}$

曲げ応力 $\sigma_{b4} = M_4 / Z_4$
 $= 7.73955 \times 10^6 / (1.182 \times 10^5)$
 $= 65.4784 = 66 \text{ N/mm}^2$

せん断応力 $\tau_4 = S_2 / A_{S2}$
 $= 4.06674 \times 10^4 / 873$
 $= 46.5835 \text{ N/mm}^2 = 47 \text{ N/mm}^2$

組合せ応力 $\sigma_{m4} = \sqrt{(\sigma_{b2}^2 + 3 \cdot \tau_2^2)}$
 $= \sqrt{(66^2 + 3 \times 47^2)}$
 $= 104.799 \text{ N/mm}^2 = 105 \text{ N/mm}^2$

(a-2) 固定ボルト

蓋に作用する基準津波荷重は、蓋を介して固定ボルトに伝達するものとする。

(a-2-1) 蓋 (端部桁)

(a-2-1-1) 発生荷重

引張力 $T_{51} = S_1 / 2 = 70173 / 2 = 3.50865 \times 10^4 \text{ N}$

固定ボルト 1 本当たりに

加わるせん断荷重 $S_{51} = i_{HSd} \cdot b_1 / n = 2.551 \times 226 / 2 = 288.263 \text{ N}$

(a-2-1-2) 断面性能

固定ボルトの材質 SCM435

固定ボルトの呼び径 M30

固定ボルトの断面積 $A_{b1} = \pi / 4 \cdot \phi^2$
 $= \pi / 4 \times 30^2$
 $= 706.858 \text{ mm}^2$

(a-2-1-3) 発生応力

固定ボルトの引張応力 $\sigma_{t51} = T_{51} / A_b$
 $= 3.50865 \times 10^4 / 706.858$

$$=49.6372 \text{ N/mm}^2$$

$$=50 \text{ N/mm}^2$$

固定ボルトのせん断応力

$$\tau_{51} = S_{51}/A_b$$

$$=288.263/706.858$$

$$=0.543815 \text{ N/mm}^2 = 1 \text{ N/mm}^2$$

組合せ応力

$$\sigma_{m4} = \sqrt{(\sigma_{t51}^2 + 3 \cdot \tau_{51}^2)}$$

$$= \sqrt{(50^2 + 3 \times 1^2)}$$

$$=50.0299 \text{ N/mm}^2 = 51 \text{ N/mm}^2$$

(a-2-2) 蓋 (中間桁)

(a-2-2-1) 発生荷重

引張力

$$T_{52} = S_2/2 = 1.90336 \times 10^5/2 = 9.51680 \times 10^4 \text{ N}$$

固定ボルト 1 本当たりに

加わるせん断荷重

$$S_{52} = i_{HSd} \cdot b_2/n = 2.551 \times 613/2 = 781.881 \text{ N}$$

(a-2-1-2) 断面性能

固定ボルトの材質

SCM435

固定ボルトの呼び径

M30

固定ボルトの谷径断面積

$$A_{b2} = \pi/4 \cdot \phi^2$$

$$= \pi/4 \times 30^2$$

$$=706.858 \text{ mm}^2$$

(a-2-1-3) 発生応力

固定ボルトの引張応力

$$\sigma_{t52} = T_2/A_{b2}$$

$$=9.51680 \times 10^4/706.858$$

$$=134.635 \text{ N/mm}^2$$

$$=135 \text{ N/mm}^2$$

固定ボルトのせん断応力

$$\tau_{52} = S_{52}/A_b$$

$$=781.881/706.858$$

$$=1.47488 \text{ N/mm}^2 = 2 \text{ N/mm}^2$$

組合せ応力

$$\sigma_{m4} = \sqrt{(\sigma_{t51}^2 + 3 \cdot \tau_{51}^2)}$$

$$= \sqrt{(135^2 + 3 \times 2^2)}$$

$$=135.044 \text{ N/mm}^2 = 136 \text{ N/mm}^2$$

二. 敷地に遡上する津波時

敷地に遡上する津波時荷重の算出に用いる記号については、添付書類「V-3-別添 3-2-4-2 放水路ゲート点検用開口部浸水防止蓋の強度計算書」にて示す記号を使用する。

(イ) 荷重条件

(a-1) 固定荷重

固定荷重は「イ. 基準津波時」にて示したとおりとする。

(a-2) 積雪荷重

積雪荷重は「イ. 基準津波時」にて示したとおりとする。

(a-3) 突き上げ津波荷重

突き上げ津波荷重は「港湾の施設の技術上の基準・同解説」における流れに伴う流体力の算出式より、以下のとおり算出する。

$$P_t = h_1 \cdot W_0 + (C_D \cdot \rho \cdot U^2) / 2$$

ここで、

$$P_t : \text{突き上げ津波荷重 (N/mm}^2\text{)} = 535.909$$

$$W_0 : \text{海水の単位体積重量 (kN/m}^3\text{)} = 10.100$$

$$h_1 : \text{スキンプレート面作用水深 (m)} = 39.0$$

$$C_D : \text{抗力係数} = 2.01$$

$$\rho : \text{海水密度 (kg/m}^3\text{)} = 1030$$

$$U : \text{津波による水位上昇速度 (m/s)} = 13.0$$

以上より、

$$P_t = (39.0 \times 10.100 \times 10^3 + (2.01 \times 1030 \times 13.0^2) / 2) / 10^6 = 0.568840 \text{ N/m}^2 \\ = 0.57 \text{ N/mm}^2$$

(ロ) 各部の応力計算

蓋に作用する津波荷重（鉛直上向き）は、蓋を介して固定ボルトに伝達し、固定ボルトを介してコンクリート躯体に伝達するものとする。

(a-1) 蓋

蓋は、蓋端間で等分布荷重を受ける両端単純支持ばりとして検討を行う。

(a-1-1) 蓋（端部桁）

(a-1-1-1) 発生荷重

$$\text{端部桁に作用する単位面積あたりの荷重 } q_1 = P_t \\ = 0.57 \text{ N/mm}^2$$

受圧幅 b_1 、荷重の作用幅 B 及び支間 L は図 6.9.1-(2)-b-22 に示す寸法であり、それぞれ以下のとおりである。

$$\text{受圧幅 } b_1 = 226 \text{ mm}$$

$$\text{荷重の作用幅 } B = 1150 \text{ mm}$$

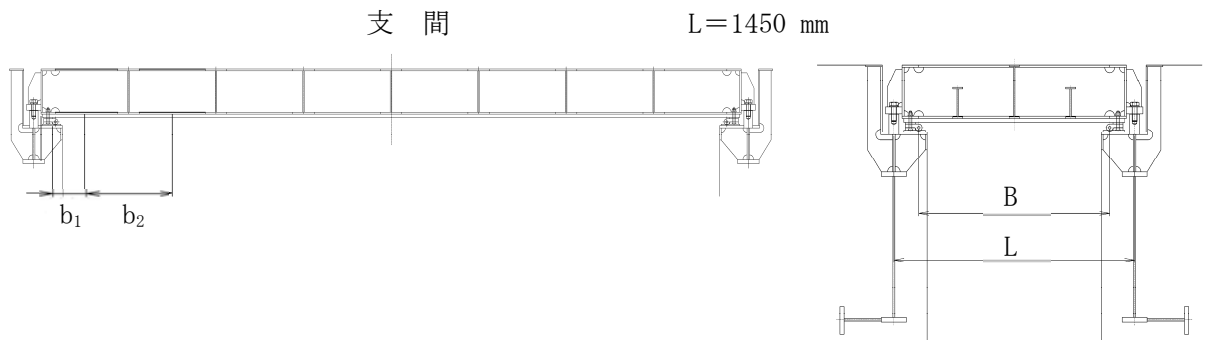


図 6.9.1-(2)-b-22 放水路ゲート点検用開口部浸水防止蓋の構造図

放水路ゲート点検用開口部浸水防止蓋の応力評価に当たっては、図 6.9.1-(2)-b-23 に示す単純支持梁として評価する。

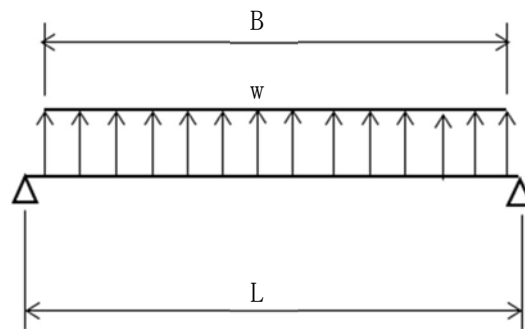


図 6.9.1-(2)-b-23 応力評価に用いるモデル図

端部桁負担荷重	$w_1 = q_1 \cdot b_1$ $= 0.57 \times 226$ $= 128.82 \text{ N/mm}$
曲げモーメント	$M_1 = w_1 \cdot B / 8 \cdot (2L - B)$ $= 128.82 \times 1150 / 8 \times (2 \times 1450 - 1150)$ $= 3.24062 \times 10^7 \text{ N}\cdot\text{mm}$
せん断力	$S_1 = w \cdot B / 2$ $= 128.82 \times 1150 / 2$ $= 7.40715 \times 10^4 \text{ N}$

(a-1-1-2) 断面性能

端部桁の材質 SM490

I_1 : 端部桁の断面二次モーメント (mm^4) $= 5.56045 \times 10^7$

端部桁の断面における寸法は図 6.9.1-(2)-b-24 に示すとおりである。

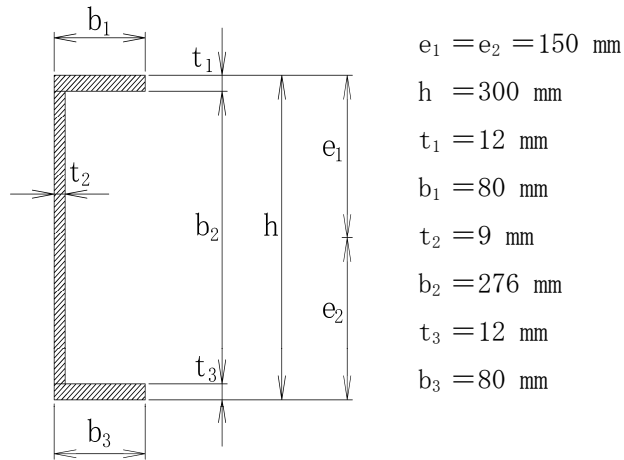


図 6.9.1-(2)-b-24 端部桁の断面寸法図

端部桁の断面二次モーメント

$$I_1 = (80 \times 300^3 - 276^3 \times (80 - 9)) / 12 = 5.56045 \times 10^7 \text{ mm}^4$$

$$Z_1 : \text{端部桁の断面係数 (mm}^3\text{)} = 3.707 \times 10^5$$

$$Z_1 = I_1 / e_1 = 5.56045 \times 10^7 / 150 = 3.707 \times 10^5 \text{ mm}^3$$

$$A_{S1} : \text{端部桁の端部ウェブ断面積 (mm}^2\text{)} = 1.944 \times 10^3 \text{ mm}^2$$

図 6.9.1-(2)-b-25 に示す寸法図から

$$R = 30 \text{ mm}$$

$$b_2 = 276 \text{ mm}$$

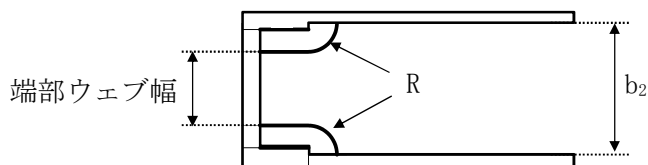


図 6.9.1-(2)-b-25 蓋端部の寸法図

端部ウェブ幅は

$$b_2 - 2 \cdot R = 276 - 2 \times 30 = 216 \text{ mm}$$

以上より

$$A_{S1} = 216 \times 9 = 1.944 \times 10^3 \text{ mm}^2$$

(a-1-1-3) 発生応力

$$\text{曲げモーメント} \quad M_1 = 3.24062 \times 10^7 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$\text{せん断力} \quad S_1 = 7.40715 \times 10^4 \text{ N}$$

$$\text{曲げ応力} \quad \sigma_{b1} = M_1 / Z_1$$

$$\begin{aligned}
&=3.24062 \times 10^7 / (3.707 \times 10^5) \\
&=87.4198 \text{ N/mm}^2 = 88 \text{ N/mm}^2 \\
\text{せん断応力} \quad \tau_1 &= S_1 / A_{S1} \\
&=7.40715 \times 10^4 / 1.944 \times 10^3 \\
&=38.1026 \text{ N/mm}^2 = 39 \text{ N/mm}^2 \\
\text{組合せ応力} \quad \sigma_{m1} &= \sqrt{(\sigma_{b1})^2 + 3 \cdot \tau_1^2} = \sqrt{88^2 + 3 \times 39^2} \\
&=110.936 = 111 \text{ N/mm}^2
\end{aligned}$$

(a-1-2) 蓋 (中間桁)

(a-1-2-1) 発生荷重

中間桁に作用する単位面積あたりの荷重 $q_2 = P_t$
 $= 0.57 \text{ N/mm}^2$

受圧幅 $b_2 = 613 \text{ mm}$

中間桁負担荷重 $w_2 = q_2 \cdot b_2$
 $= 0.57 \times 613$
 $= 349.41 \text{ N/mm}$

水密幅 $B = 1150 \text{ mm}$

支間 $L = 1450 \text{ mm}$

曲げモーメント $M_2 = w_2 \cdot B / 8 \cdot (2L - B)$
 $= 349.41 \times 1150 / 8 \times (2 \times 1450 - 1150)$
 $= 8.78984 \times 10^7 \text{ N}\cdot\text{mm}$

せん断力 $S_2 = w_2 \cdot B / 2$
 $= 349.41 \times 1150 / 2$
 $= 2.00910 \times 10^5 \text{ N}$

(a-1-2-2) 断面性能

端部桁の材質 SM490

I_2 : 中間桁の断面二次モーメント (mm^4) $= 9.57173 \times 10^7 \text{ mm}^4$

中間桁の断面における寸法は図 6.9.1-(2)-b-26 に示すとおりである。

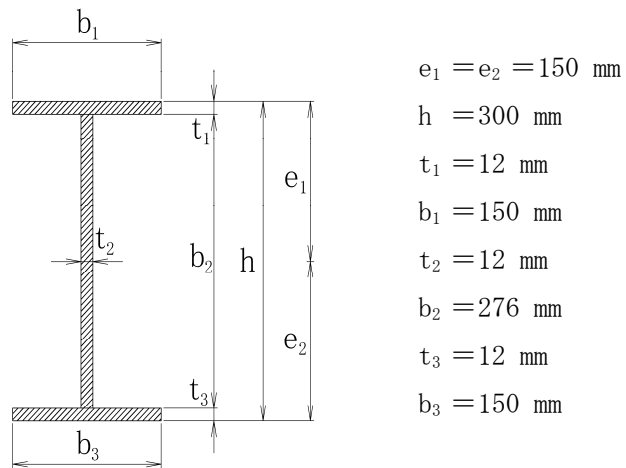


図 6.9.1-(2)-b-26 中間桁の断面寸法図

中間桁の断面二次モーメント

$$I_2 = (150 \times 300^3 - 276^3 \times (150 - 12)) / 12 = 9.57173 \times 10^7 \text{ mm}^4$$

$$Z_2 : \text{中間桁の断面係数 (mm}^3\text{)} = 6.381 \times 10^5$$

$$Z_2 = I_2 / e_1 = 9.57173 \times 10^7 / 150 = 6.381 \times 10^5 \text{ mm}^3$$

$$A_{S2} : \text{中間桁の端部ウェブ断面積 (mm}^2\text{)} = 2.592 \times 10^3 \text{ mm}^2$$

図 6.9.1-(2)-b-5 に示す寸法図から

$$R = 30 \text{ mm}$$

$$b_2 = 276 \text{ mm}$$

端部ウェブ幅は

$$b_2 - 2 \cdot R = 276 - 2 \times 30 = 216 \text{ mm}$$

以上より

$$A_{S2} = 216 \times 12 = 2.592 \times 10^3 \text{ mm}^2$$

中間桁の断面係数

$$Z_2 = 6.381 \times 10^5 \text{ mm}^3$$

中間桁の端部ウェブ断面積

$$A_{S2} = 2.592 \times 10^3 \text{ mm}^2$$

(a-1-2-3) 発生応力

曲げモーメント

$$M_2 = 8.78984 \times 10^7 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

せん断力

$$S_2 = 2.00910 \times 10^5 \text{ N}$$

曲げ応力

$$\begin{aligned} \sigma_{b2} &= M_2 / Z_2 \\ &= 8.78984 \times 10^7 / (6.381 \times 10^5) \\ &= 137.750 \text{ N/mm}^2 = 138 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

せん断応力

$$\begin{aligned} \tau_2 &= S_2 / A_{S2} \\ &= 2.00910 \times 10^5 / (2.592 \times 10^3) \\ &= 77.5115 \text{ N/mm}^2 = 78 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

組合せ応力

$$\begin{aligned} \sigma_{m2} &= \sqrt{(\sigma_{b2}^2 + 3 \cdot \tau_2^2)} \\ &= \sqrt{(138^2 + 3 \times 78^2)} \\ &= 193.121 = 194 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

(a-1-3) 蓋 (スキンプレート)

(a-1-4-1) 発生荷重

$$\begin{aligned} \text{スキンプレートに作用する単位面積当たりの荷重 } q_3 &= P_t \\ &= 0.57 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

$$\text{スキンプレート長辺 } b_3 = 613 \text{ mm}$$

$$\text{スキンプレート短辺 } a_1 = 340 \text{ mm}$$

$$\text{スキンプレートの板厚 } t_3 = 22 \text{ mm}$$

辺長比 (b/a) による係数 $k = 48.72$

ダム・堰施設技術基準 (案) (基準解説編・設備計画マニュアル編)
(ダム・堰施設技術協会 平成 28 年 3 月) に基づき、辺長比 b/a を求め、係数 k の値が最も高いものとする。

$$\begin{aligned} \text{辺長比 } b/a &= b_3 / a_1 \\ &= 613 / 340 = 1.803 \end{aligned}$$

以上により、

辺長比 (b/a) による係数 $k = 48.72$

(a-1-4-2) 発生応力

曲げ応力

$$\sigma_{b3} = 1/100 \cdot k \cdot a^2 \cdot q_3 \cdot 0.8 / t_3^2$$

6.9.1-(2)-b-42

$$= 1/100 \times 48.72 \times 340^2 \times 0.57 \times 0.8/22^2$$

$$= 53.0621 = 54 \text{ N/mm}^2$$

(a-1-4) 蓋 (補助桁)

(a-1-3-1) 発生荷重

$$\text{補助桁に作用する単位面積あたりの荷重 } q_4 = P_t$$

$$= 0.57 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{主桁間隔 } b_1 = 613 \text{ mm}$$

$$\text{補助桁間隔 } a_1 = 340 \text{ mm}$$

$$\text{曲げモーメント } M_4 = q_4 \cdot a_1 / 24 \cdot (3b_3^2 - a_1^2)$$

$$= 0.57 \times 340 / 24 \times (3 \times 613^2 - 340^2)$$

$$= 8.16953 \times 10^6 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

$$\text{せん断力 } S_4 = q_4 \cdot a_1 / 2 \cdot (b_3 - a_1 / 2)$$

$$= 0.57 \times 340 / 2 \times (613 - 340 / 2)$$

$$= 4.29267 \times 10^4 \text{ N}$$

(a-1-3-2) 断面性能

蓋の材質 SM490

$$I_4 : \text{補助桁の断面二次モーメント (mm}^4) = 1.03498 \times 10^7$$

補助桁の断面における寸法は図 6.9.1-(2)-b-27 に示すとおりである。

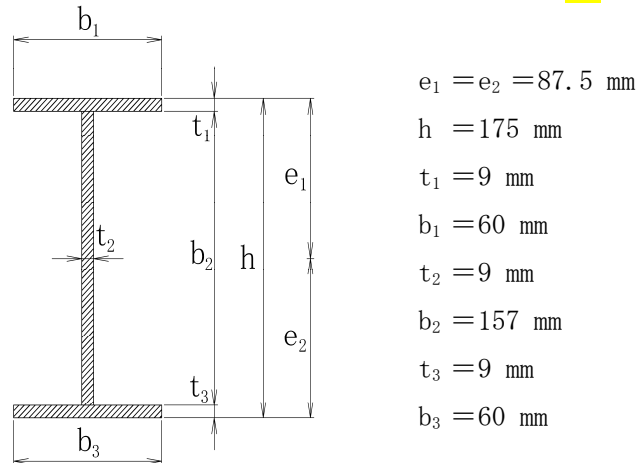


図 6.9.1-(2)-b-27 中間桁の断面寸法図

補助桁の断面二次モーメント

$$I_4 = (60 \times 175^3 - 157^3 \times (60 - 9)) / 12 = 1.03498 \times 10^7 \text{ mm}^4$$

$$Z_4 : \text{補助桁の断面係数 (mm}^3) = 1.20767 \times 10^5$$

$$Z_4 = I_4 / e_1 = 1.03498 \times 10^7 / 87.5 = 1.18283 \times 10^5 \text{ mm}^3$$

$$= 1.182 \times 10^5 \text{ mm}^3$$

$$A_{S2} : \text{中間桁の端部ウェブ断面積 (mm}^2) = 873 \text{ mm}^2$$

図 6.9.1-(2)-b-5 に示す寸法図から

$$R = 30 \text{ mm}$$

6.9.1-(2)-b-43

$$b_2 = 157 \text{ mm}$$

端部ウェブ幅は

$$b_2 - 2 \cdot R = 157 - 2 \times 30 = 97 \text{ mm}$$

以上より

$$A_{S2} = 97 \times 9 = 873 \text{ mm}^2$$

(a-1-3-3) 発生応力

曲げモーメント $M_2 = 8.16953 \times 10^6 \text{ N} \cdot \text{mm}$

せん断力 $S_2 = 4.29267 \times 10^4 \text{ N}$

曲げ応力 $\sigma_{b4} = M_4 / Z_4$
 $= 8.16953 \times 10^6 / (1.182 \times 10^5)$
 $= 69.1161 = 70 \text{ N/mm}^2$

せん断応力 $\tau_4 = S_2 / A_{S2}$
 $= 4.29267 \times 10^4 / 873$
 $= 49.1714 \text{ N/mm}^2 = 50 \text{ N/mm}^2$

組合せ応力 $\sigma_{m4} = \sqrt{(\sigma_{b2}^2 + 3 \cdot \tau_2^2)}$
 $= \sqrt{(70^2 + 3 \times 50^2)}$
 $= 111.355 \text{ N/mm}^2 = 112 \text{ N/mm}^2$

(a-2) 固定ボルト

蓋に作用する基準津波荷重は、蓋を介して固定ボルトに伝達するものとする。

(a-2-1) 蓋 (端部桁)

(a-2-1-1) 発生荷重

引張力 $T_{51} = S_1 / 2 = 74071.5 / 2 = 3.70357 \times 10^4 \text{ N}$

(a-2-1-2) 断面性能

固定ボルトの材質 SCM435

固定ボルトの呼び径 M30

固定ボルトの断面積 $A_{b1} = \pi / 4 \cdot \phi^2$
 $= \pi / 4 \times 30^2$
 $= 706.858 \text{ mm}^2$

(a-2-1-3) 発生応力

固定ボルトの引張応力 $\sigma_{t51} = T_{51} / A_b$
 $= 3.70357 \times 10^4 / 706.858$
 $= 52.3948 \text{ N/mm}^2$
 $= 53 \text{ N/mm}^2$

(a-2-2) 蓋 (中間桁)

(a-2-2-1) 発生荷重

引張力

$$T_{52} = S_2 / 2 = 200910 / 2 = 1.00455 \times 10^5 \text{ N}$$

(a-2-1-2) 断面性能

固定ボルトの材質

SCM435

固定ボルトの呼び径

M30

固定ボルトの谷径断面積

$$\begin{aligned} A_{b2} &= \pi / 4 \cdot \phi^2 \\ &= \pi / 4 \times 30^2 \\ &= 706.858 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

(a-2-1-3) 発生応力

固定ボルトの引張応力

$$\begin{aligned} \sigma_{t52} &= T_2 / A_{b2} \\ &= 1.00455 \times 10^5 / 706.858 \\ &= 142.114 \text{ N/mm}^2 \\ &= 143 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

ホ. 敷地に遡上する津波+S_d地震時

敷地に遡上する津波+S_d地震時荷重の算出に用いる記号については、添付書類「V-3-別添 3-2-4-2 放水路ゲート点検用開口部浸水防止蓋の強度計算書」にて示す記号を使用する。

(イ) 荷重条件

(a-1) 固定荷重

固定荷重は「ハ. 基準津波+S_d地震時」にて示したとおりとする。

(a-2) 積雪荷重

積雪荷重は「ハ. 基準津波+S_d地震時」にて示したとおりとする。

(a-3) 突き上げ津波荷重

突き上げ津波荷重は「ニ. 敷地に遡上する津波時」にて示したとおりとする。

(a-4) S_d地震荷重

余震による地震荷重は「ハ. 基準津波+S_d地震時」にて示したとおりとする。

(ロ) 各部の応力計算

蓋に作用する津波荷重（鉛直上向き）は、蓋を介して固定ボルトに伝達し、固定ボルトを介してコンクリート躯体に伝達するものとする。

(a-1) 蓋

蓋は、蓋端間で等分布荷重を受ける両端単純支持ばりとして検討を行う。

(a-1-1) 蓋（端部桁）

(a-1-1-1) 発生荷重

$$\begin{aligned} \text{端部桁に作用する単位面積あたりの荷重 } q_1 &= P_t \\ &= 0.57 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

受圧幅 b_1 、荷重の作用幅 B 及び支間 L は図 6.9.1-(2)-b-28 に示す寸法であり、それぞれ以下のとおりである。

$$\text{受圧幅} \quad b_1 = 226 \text{ mm}$$

$$\text{荷重の作用幅} \quad B = 1150 \text{ mm}$$

$$\text{支間} \quad L = 1450 \text{ mm}$$

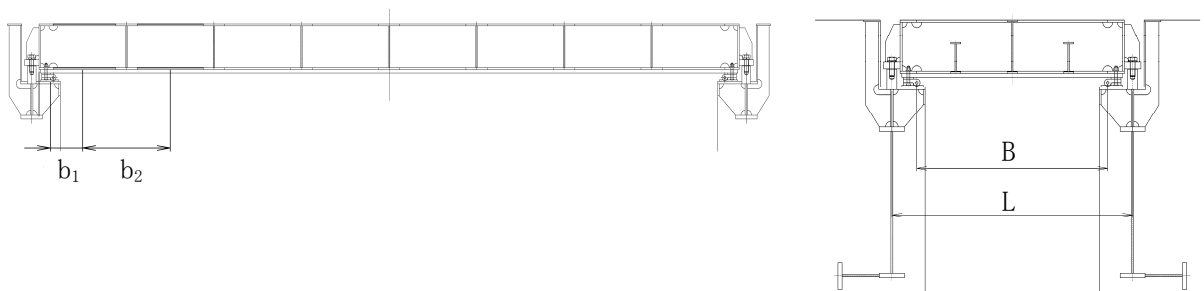


図 6.9.1-(2)-b-28 放水路ゲート点検用開口部浸水防止蓋の構造図

放水路ゲート点検用開口部浸水防止蓋の応力評価に当たっては，図 6.9.1-(2)-b-29 に示す単純支持梁として評価する。

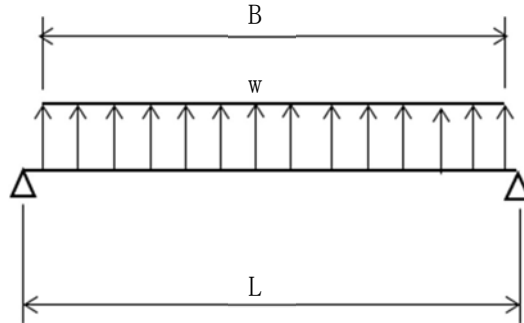


図 6.9.1-(2)-b-29 応力評価に用いるモデル図

端部桁負担荷重	$w_1 = q_1 \cdot b_1$ $= 0.57 \times 226$ $= 128.82 \text{ N/mm}$
曲げモーメント	$M_1 = w_1 \cdot B / 8 \cdot (2L - B)$ $= 128.82 \times 1150 / 8 \times (2 \times 1450 - 1150)$ $= 3.24062 \times 10^7 \text{ N}\cdot\text{mm}$
せん断力	$S_1 = w \cdot B / 2$ $= 128.82 \times 1150 / 2$ $= 7.40715 \times 10^4 \text{ N}$

(a-1-1-2) 断面性能

端部桁の材質 SM490

I_1 : 端部桁の断面二次モーメント (mm^4) $= 5.56045 \times 10^7$

端部桁の断面における寸法は図 6.9.1-(2)-b-30 に示すとおりである。

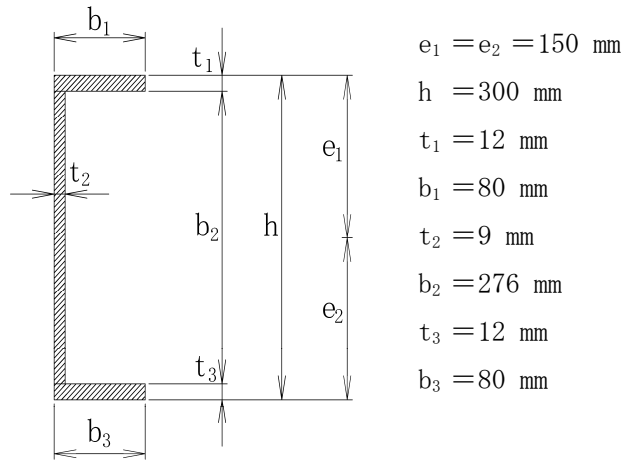


図 6.9.1-(2)-b-30 端部桁の断面寸法図

端部桁の断面二次モーメント

$$I_1 = (80 \times 300^3 - 276^3 \times (80 - 9)) / 12 = 5.56045 \times 10^7 \text{ mm}^4$$

$$Z_1 : \text{端部桁の断面係数 (mm}^3\text{)} = 3.707 \times 10^5$$

$$Z_1 = I_1 / e_1 = 5.56045 \times 10^7 / 150 = 3.707 \times 10^5 \text{ mm}^3$$

$$A_{S1} : \text{端部桁の端部ウェブ断面積 (mm}^2\text{)} = 1.944 \times 10^3 \text{ mm}^2$$

図 6.9.1-(2)-b-31 に示す寸法図から

$$R = 30 \text{ mm}$$

$$b_2 = 276 \text{ mm}$$

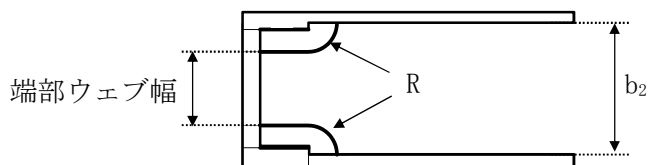


図 6.9.1-(2)-b-31 蓋端部の寸法図

端部ウェブ幅は

$$b_2 - 2 \cdot R = 276 - 2 \times 30 = 216 \text{ mm}$$

以上より

$$A_{S1} = 216 \times 9 = 1.944 \times 10^3 \text{ mm}^2$$

(a-1-1-3) 発生応力

$$\text{曲げモーメント} \quad M_1 = 3.24062 \times 10^7 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$\text{せん断力} \quad S_1 = 7.40715 \times 10^4 \text{ N}$$

$$\text{曲げ応力} \quad \sigma_{b1} = M_1 / Z_1$$

6.9.1-(2)-b-48

$$\begin{aligned}
&= 3.24062 \times 10^7 / (3.707 \times 10^5) \\
&= 87.4198 \text{ N/mm}^2 = 88 \text{ N/mm}^2 \\
\text{せん断応力} \quad \tau_1 &= S_1 / A_{S1} \\
&= 7.40715 \times 10^4 / 1.944 \times 10^3 \\
&= 38.1026 \text{ N/mm}^2 = 39 \text{ N/mm}^2 \\
\text{組合せ応力} \quad \sigma_{m1} &= \sqrt{(\sigma_{b1})^2 + 3 \cdot \tau_1^2} = \sqrt{88^2 + 3 \times 39^2} \\
&= 110.936 = 111 \text{ N/mm}^2
\end{aligned}$$

(a-1-2) 蓋 (中間桁)

(a-1-2-1) 発生荷重

中間桁に作用する単位面積あたりの荷重 $q_2 = P_t$
 $= 0.57 \text{ N/mm}^2$

受圧幅 $b_2 = 613 \text{ mm}$

中間桁負担荷重 $w_2 = q_2 \cdot b_2$
 $= 0.57 \times 613$
 $= 349.41 \text{ N/mm}$

水密幅 $B = 1150 \text{ mm}$

支間 $L = 1450 \text{ mm}$

曲げモーメント $M_2 = w_2 \cdot B / 8 \cdot (2L - B)$
 $= 349.41 \times 1150 / 8 \times (2 \times 1450 - 1150)$
 $= 8.78984 \times 10^7 \text{ N}\cdot\text{mm}$

せん断力 $S_2 = w_2 \cdot B / 2$
 $= 349.41 \times 1150 / 2$
 $= 2.00910 \times 10^5 \text{ N}$

(a-1-2-2) 断面性能

端部桁の材質 SM490

I_2 : 中間桁の断面二次モーメント (mm^4) $= 9.57173 \times 10^7 \text{ mm}^4$

中間桁の断面における寸法は図 6.9.1-(2)-b-32 に示すとおりである。

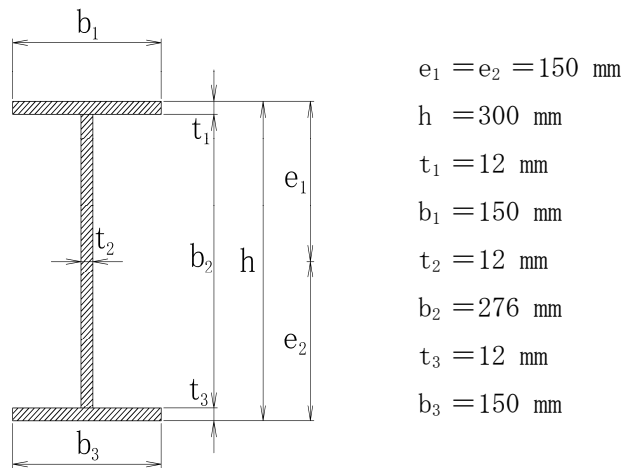


図 6. 9. 1-(2)-b-32 中間桁の断面寸法図

中間桁の断面二次モーメント

$$I_2 = (150 \times 300^3 - 276^3 \times (150 - 12)) / 12 = 9.57173 \times 10^7 \text{ mm}^4$$

$$Z_2 : \text{中間桁の断面係数 (mm}^3\text{)} = 6.381 \times 10^5$$

$$Z_2 = I_2 / e_1 = 9.57173 \times 10^7 / 150 = 6.381 \times 10^5 \text{ mm}^3$$

$$A_{S2} : \text{中間桁の端部ウェブ断面積 (mm}^2\text{)} = 2.592 \times 10^3 \text{ mm}^2$$

図 6. 9. 1-(2)-b-5 に示す寸法図から

$$R = 30 \text{ mm}$$

$$b_2 = 276 \text{ mm}$$

端部ウェブ幅は

$$b_2 - 2 \cdot R = 276 - 2 \times 30 = 216 \text{ mm}$$

以上より

$$A_{S2} = 216 \times 12 = 2.592 \times 10^3 \text{ mm}^2$$

中間桁の断面係数

$$Z_2 = 6.381 \times 10^5 \text{ mm}^3$$

中間桁の端部ウェブ断面積

$$A_{S2} = 2.592 \times 10^3 \text{ mm}^2$$

(a-1-2-3) 発生応力

曲げモーメント

$$M_2 = 8.78984 \times 10^7 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

せん断力

$$S_2 = 2.00910 \times 10^5 \text{ N}$$

曲げ応力

$$\begin{aligned} \sigma_{b2} &= M_2 / Z_2 \\ &= 8.78984 \times 10^7 / (6.381 \times 10^5) \\ &= 137.750 \text{ N/mm}^2 = 138 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

せん断応力

$$\begin{aligned} \tau_2 &= S_2 / A_{S2} \\ &= 2.00910 \times 10^5 / (2.592 \times 10^3) \\ &= 77.5115 \text{ N/mm}^2 = 78 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

組合せ応力

$$\begin{aligned} \sigma_{m2} &= \sqrt{(\sigma_{b2}^2 + 3 \cdot \tau_2^2)} \\ &= \sqrt{(138^2 + 3 \times 78^2)} \\ &= 193.121 = 194 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

(a-1-3) 蓋 (スキンプレート)

(a-1-4-1) 発生荷重

$$\begin{aligned} \text{スキンプレートに作用する単位面積当たりの荷重 } q_3 &= P_t \\ &= 0.57 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

$$\text{スキンプレート長辺 } b_3 = 613 \text{ mm}$$

$$\text{スキンプレート短辺 } a_1 = 340 \text{ mm}$$

$$\text{スキンプレートの板厚 } t_3 = 22 \text{ mm}$$

辺長比 (b/a) による係数 $k = 48.72$

ダム・堰施設技術基準 (案) (基準解説編・設備計画マニュアル編)
(ダム・堰施設技術協会 平成 28 年 3 月) に基づき、辺長比 b/a を求め、係数 k の値が最も高いものとする。

$$\begin{aligned} \text{辺長比 } b/a &= b_3 / a_1 \\ &= 613 / 340 = 1.803 \end{aligned}$$

以上により、

辺長比 (b/a) による係数 $k = 48.72$

(a-1-4-2) 発生応力

曲げ応力

$$\sigma_{b3} = 1/100 \cdot k \cdot a^2 \cdot q_3 \cdot 0.8 / t_3^2$$

$$=1/100 \times 48.72 \times 340^2 \times 0.57 \times 0.8/22^2$$

$$=53.0621 = 54 \text{ N/mm}^2$$

(a-1-4) 蓋 (補助桁)

(a-1-3-1) 発生荷重

補助桁に作用する単位面積あたりの荷重 $q_4 = P_t$

$$= 0.57 \text{ N/mm}^2$$

主桁間隔 $b_1 = 613 \text{ mm}$

補助桁間隔 $a_1 = 340 \text{ mm}$

曲げモーメント $M_4 = q_4 \cdot a_1 / 24 \cdot (3b_3^2 - a_1^2)$

$$= 0.57 \times 340 / 24 \times (3 \times 613^2 - 340^2)$$

$$= 8.16953 \times 10^6 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

せん断力 $S_4 = q_4 \cdot a_1 / 2 \cdot (b_3 - a_1 / 2)$

$$= 0.57 \times 340 / 2 \times (613 - 340 / 2)$$

$$= 4.29267 \times 10^4 \text{ N}$$

(a-1-3-2) 断面性能

蓋の材質 SM490

I_4 : 補助桁の断面二次モーメント (mm^4) $= 1.03498 \times 10^7$

補助桁の断面における寸法は図 6.9.1-(2)-b-33 に示すとおりである。

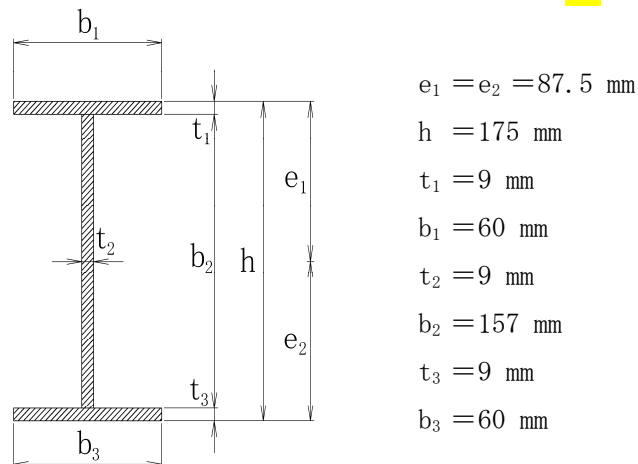


図 6.9.1-(2)-b-33 中間桁の断面寸法図

補助桁の断面二次モーメント

$$I_4 = (60 \times 175^3 - 157^3 \times (60 - 9)) / 12 = 1.03498 \times 10^7 \text{ mm}^4$$

Z_4 : 補助桁の断面係数 (mm^3) $= 1.20767 \times 10^5$

$$Z_4 = I_4 / e_1 = 1.03498 \times 10^7 / 87.5 = 1.18283 \times 10^5 \text{ mm}^3$$

$$= 1.182 \times 10^5 \text{ mm}^3$$

A_{S2} : 中間桁の端部ウェブ断面積 (mm^2) $= 873 \text{ mm}^2$

図 6.9.1-(2)-b-5 に示す寸法図から

$$R = 30 \text{ mm}$$

6.9.1-(2)-b-52

$$b_2 = 157 \text{ mm}$$

端部ウェブ幅は

$$b_2 - 2 \cdot R = 157 - 2 \times 30 = 97 \text{ mm}$$

以上より

$$A_{S2} = 97 \times 9 = 873 \text{ mm}^2$$

(a-1-3-3) 発生応力

曲げモーメント $M_2 = 8.16953 \times 10^6 \text{ N} \cdot \text{mm}$

せん断力 $S_2 = 4.29267 \times 10^4 \text{ N}$

曲げ応力 $\sigma_{b4} = M_4 / Z_4$
 $= 8.16953 \times 10^6 / (1.182 \times 10^5)$
 $= 69.1161 = 70 \text{ N/mm}^2$

せん断応力 $\tau_4 = S_2 / A_{S2}$
 $= 4.29267 \times 10^4 / 873$
 $= 49.1714 \text{ N/mm}^2 = 50 \text{ N/mm}^2$

組合せ応力 $\sigma_{m4} = \sqrt{(\sigma_{b2}^2 + 3 \cdot \tau_2^2)}$
 $= \sqrt{(70^2 + 3 \times 50^2)}$
 $= 111.355 \text{ N/mm}^2 = 112 \text{ N/mm}^2$

(a-2) 固定ボルト

蓋に作用する基準津波荷重は、蓋を介して固定ボルトに伝達するものとする。

(a-2-1) 蓋 (端部桁)

(a-2-1-1) 発生荷重

引張力 $T_{51} = S_1 / 2 = 74071.5 / 2 = 3.70357 \times 10^4 \text{ N}$

固定ボルト 1 本当たりに

加わるせん断荷重 $S_{51} = i_{HSd} \cdot b_1 / n = 2.551 \times 226 / 2 = 288.263 \text{ N}$

(a-2-1-2) 断面性能

固定ボルトの材質 SCM435

固定ボルトの呼び径 M30

固定ボルトの断面積 $A_{b1} = \pi / 4 \cdot \phi^2$
 $= \pi / 4 \times 30^2$
 $= 706.858 \text{ mm}^2$

(a-2-1-3) 発生応力

固定ボルトの引張応力 $\sigma_{t51} = T_{51} / A_b$
 $= 3.70357 \times 10^4 / 706.858$

$$\begin{aligned}
&= 52.3948 \text{ N/mm}^2 \\
&= 53 \text{ N/mm}^2 \\
\text{固定ボルトのせん断応力} \quad \tau_{51} &= S_{51}/A_b \\
&= 288.263/706.858 \\
&= 0.543815 \text{ N/mm}^2 = 1 \text{ N/mm}^2 \\
\text{組合せ応力} \quad \sigma_{m4} &= \sqrt{(\sigma_{t51}^2 + 3 \cdot \tau_{51}^2)} \\
&= \sqrt{(53^2 + 3 \times 1^2)} \\
&= 53.0282 \text{ N/mm}^2 = 54 \text{ N/mm}^2
\end{aligned}$$

(a-2-2) 蓋 (中間桁)

(a-2-2-1) 発生荷重

引張力 $T_{52} = S_2/2 = 200910/2 = 1.00455 \times 10^5 \text{ N}$

固定ボルト 1 本あたりに

加わるせん断荷重 $S_{52} = i_{HSd} \cdot b_2/n = 2.551 \times 613/2 = 781.881 \text{ N}$

(a-2-1-2) 断面性能

固定ボルトの材質

SCM435

固定ボルトの呼び径

M30

固定ボルトの谷径断面積

$$\begin{aligned}
A_{b2} &= \pi/4 \cdot \phi^2 \\
&= \pi/4 \times 30^2 \\
&= 706.858 \text{ mm}^2
\end{aligned}$$

(a-2-1-3) 発生応力

固定ボルトの引張応力

$$\begin{aligned}
\sigma_{t52} &= T_2/A_{b2} \\
&= 1.00455 \times 10^5 / 706.858 \\
&= 142.114 \text{ N/mm}^2 \\
&= 143 \text{ N/mm}^2
\end{aligned}$$

固定ボルトのせん断応力

$$\begin{aligned}
\tau_{52} &= S_{52}/A_b \\
&= 781.881/706.858 \\
&= 1.47488 \text{ N/mm}^2 = 2 \text{ N/mm}^2
\end{aligned}$$

組合せ応力

$$\begin{aligned}
\sigma_{m4} &= \sqrt{(\sigma_{t51}^2 + 3 \cdot \tau_{51}^2)} \\
&= \sqrt{(143^2 + 3 \times 2^2)} \\
&= 143.041 \text{ N/mm}^2 = 144 \text{ N/mm}^2
\end{aligned}$$

(d) 許容応力

許容応力は、ダム・堰施設技術基準（案）（基準解説編・マニュアル編）（（社）ダム・堰施設技術協会）にもとづき設定する。

SM490 の軸方向引張応力度及び曲げ引張応力度 σ_{a1} 並びにせん断応力度 τ_{a1} をそれぞれ以下のとおりとする。

$$\sigma_{a1} = 160 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_{a1} = 90 \text{ N/mm}^2$$

SCM435 の軸方向引張応力度及び曲げ引張応力度 σ_{a2} 並びにせん断応力度 τ_{a2} をそれぞれ以下のとおりとする。

$$\sigma_{a2} = 392 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_{a2} = 226 \text{ N/mm}^2$$

イ. 端部桁, 中間桁, 補助桁及びスキンプレートの許容応力

(イ) 基準津波時

$$\text{許容限界 (曲げ)} \quad 1.5 \cdot \sigma_a = 1.5 \times 160 = 240 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{許容限界 (せん断)} \quad 1.5 \cdot \tau_a = 1.5 \times 90 = 135 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{許容限界 (組合せ)} \quad 1.1 \cdot (1.5 \cdot \sigma_a) = 1.1 \times 1.5 \times 160 = 264 \text{ N/mm}^2$$

(ロ) S_s 地震時

(a-1) 主桁及び補助桁

主桁, 縦補助桁に用いる構造用鋼材の許容曲げ応力度は, 「ダム・堰施設技術基準（案）（基準解説編・設備計画マニュアル編）（ダム・堰施設技術協会 平成 28 年 3 月）」に基づき, 許容曲げ応力度横倒れ座屈に対する配慮として許容応力の低減を考慮し, 以下の計算式により算出する。

$$\frac{L}{b} \leq \frac{8}{K} \quad : \quad 160 \times 1.5 = 240 \quad (\text{N/mm}^2)$$

$$\frac{8}{K} < \frac{L}{b} \leq 30 \quad : \quad \sigma_{ca} = \left(160 - 1.6 \left(K \frac{L}{b} - 8 \right) \right) \times 1.5 \quad (\text{N/mm}^2)$$

$$K = \sqrt{3 + \frac{A_w}{2 \cdot A_c}} \quad \text{ただし, } \frac{A_w}{A_c} \leq 2 \quad \text{の場合} \quad K = 2$$

ここに, L : 圧縮フランジの固定間隔 (mm)

b : 圧縮フランジ幅 (mm)

A_w : 腹板の総断面積 (mm^2)

A_c : 圧縮フランジの総断面積 (mm^2)

(a-1-1) 端部桁

$$A_w : \text{腹板面積} (\text{mm}^2) = 2484$$

$$t_2 \cdot b_2 = 9 \times 276 = 2484 \text{ mm}^2$$

A_c : 圧縮フランジの総面積 (mm^2) = 960

$$t_3 \cdot b_3 = 12 \times 80 = 960 \text{ mm}^2$$

圧縮フランジ固定間隔 $L = 1350 \text{ mm}$, 圧縮フランジ幅 $b = 80 \text{ mm}$ であるため,

$$L/b = 16.88$$

$$K = \sqrt{3 + \frac{A_w}{2 \cdot A_c}} \text{ より,}$$

$$K = \sqrt{3 + (2484) / (2 \times 960)} = 2.08$$

低減を考慮した許容曲げ応力は以下のとおりとする。

$$(160 - 1.6 \times (2.08 \times 16.88 - 8)) \times 1.5 = 175 \text{ N/mm}^2$$

(a-1-2) 中間桁

A_w : 腹板面積 (mm^2) = 3312

$$t_2 \cdot b_2 = 12 \times 276 = 3312 \text{ mm}^2$$

A_c : 圧縮フランジの総面積 (mm^2) = 1800

$$t_3 \cdot b_3 = 12 \times 150 = 1800 \text{ mm}^2$$

圧縮フランジ固定間隔 $L = 1350 \text{ mm}$, 圧縮フランジ幅 $b = 150 \text{ mm}$ であるため,

$$L/b = 9.0$$

$$K = \sqrt{3 + \frac{A_w}{2 \cdot A_c}} \text{ より,}$$

$$K = \sqrt{3 + (3312) / (2 \times 1800)} = 1.98$$

低減を考慮した許容曲げ応力は以下のとおりとする。

$$(160 - 1.6 \times (1.98 \times 9.0 - 8)) \times 1.5 = 216 \text{ N/mm}^2$$

(a-1-3) 補助桁

A_w : 腹板面積 (mm^2) = 1413

$$t_2 \cdot b_2 = 9 \times 157 = 1413 \text{ mm}^2$$

A_c : 圧縮フランジの総面積 (mm^2) = 540

$$t_3 \cdot b_3 = 9 \times 60 = 540 \text{ mm}^2$$

圧縮フランジ固定間隔 $L = 613 \text{ mm}$, 圧縮フランジ幅 $b = 60 \text{ mm}$ であるため,

$$L/b = 10.22$$

$$K = \sqrt{3 + \frac{A_w}{2 \cdot A_c}} \text{ より,}$$

$$K = \sqrt{3 + (1413) / (2 \times 540)} = 2.08$$

低減を考慮した許容曲げ応力は以下のとおりとする。

$$(160 - 1.6 \times (2.08 \times 10.22 - 8)) \times 1.5 = 208 \text{ N/mm}^2$$

(a-2) スキンプレート

$$\text{許容限界 (曲げ)} \quad 1.5 \cdot \sigma_a = 1.5 \times 160 = 240 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{許容限界 (せん断)} \quad 1.5 \cdot \tau_a = 1.5 \times 90 = 135 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{許容限界 (組合せ)} \quad 1.1 \cdot (1.5 \cdot \sigma_a) = 1.1 \times 1.5 \times 160 = 264 \text{ N/mm}^2$$

(ハ) 基準津波+S_d地震時

$$\text{許容限界 (曲げ)} \quad 1.5 \cdot \sigma_a = 1.5 \times 160 = 240 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{許容限界 (せん断)} \quad 1.5 \cdot \tau_a = 1.5 \times 90 = 135 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{許容限界 (組合せ)} \quad 1.1 \cdot (1.5 \cdot \sigma_a) = 1.1 \times 1.5 \times 160 = 264 \text{ N/mm}^2$$

(ニ) 敷地に遡上する津波時, 敷地に遡上する津波+S_d地震時

$$\text{許容限界 (曲げ)} \quad 1.9 \cdot \sigma_a = 1.9 \times 160 = 304 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{許容限界 (せん断)} \quad 1.9 \cdot \tau_a = 1.9 \times 90 = 171 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{許容限界 (組合せ)} \quad 1.9 \cdot \sigma_a = 1.9 \times 160 = 304 \text{ N/mm}^2$$

ロ. ボルトの許容応力

(イ) 基準津波時

許容限界 (引張) $1.5 \cdot \sigma_a = 1.5 \times 392 = 588 \text{ N/mm}^2$

(ロ) S_s 地震時

許容限界 (せん断) $1.5 \cdot \tau_a = 1.5 \times 226 = 339 \text{ N/mm}^2$

(ハ) 基準津波 + S_d 地震時

許容限界 (引張) $1.5 \cdot \sigma_a = 1.5 \times 392 = 588 \text{ N/mm}^2$

許容限界 (せん断) $1.5 \cdot \tau_a = 1.5 \times 226 = 339 \text{ N/mm}^2$

許容限界 (組合せ) $1.1 \cdot (1.5 \cdot \sigma_a) = 1.1 \times 1.5 \times 392 = 646 \text{ N/mm}^2$

(ニ) 敷地に遡上する津波時, 敷地に遡上する津波 + S_d 地震時

許容限界 (曲げ) $1.9 \cdot \sigma_a = 1.9 \times 392 = 744 \text{ N/mm}^2$

許容限界 (せん断) $1.9 \cdot \tau_a = 1.9 \times 226 = 429 \text{ N/mm}^2$

許容限界 (組合せ) $1.9 \cdot \sigma_a = 1.9 \times 392 = 744 \text{ N/mm}^2$

(e) 応力評価結果

イ. 基準津波時

基準津波時の評価結果を表 6.9.1-(2)-b-4 に示す。

表 6.9.1-(2)-b-4 基準津波時の応力評価結果 (蓋, 固定ボルト)

評価部位		評価応力	発生応力 (N/mm ²)	許容応力 (N/mm ²)	判定 発生応力 ≤ 許容応力	
蓋	主桁	端部桁	曲げ	83	240	OK
			せん断	37	135	OK
			組合せ*1	105	264	OK
		中間桁	曲げ	131	240	OK
			せん断	74	135	OK
			組合せ*1	184	264	OK
	スキンプレート	曲げ	51	240	OK	
	補助桁	曲げ	66	240	OK	
		せん断	47	135	OK	
		組合せ*1	105	264	OK	
固定ボルト		端部桁	引張	50	588	OK
	中間桁	引張	135	588	OK	

注記 *1: 曲げとせん断の組合せ応力

ロ. S_s 地震時

S_s 地震時の評価結果を表 6.9.1-(2)-b-5 に示す。

表 6.9.1-(2)-b-5 S_s 地震時の応力評価結果 (蓋, 固定ボルト)

評価部位		評価応力	発生応力 (N/mm ²)	許容応力 (N/mm ²)	判定 発生応力 ≤ 許容応力	
蓋	主桁	端部桁	曲げ	2	175	OK
			せん断	1	135	OK
			組合せ* ¹	3	264	OK
		中間桁	曲げ	3	216	OK
			せん断	2	135	OK
			組合せ* ¹	5	264	OK
	スキンプレート	曲げ	1	240	OK	
	補助桁	曲げ	1	208	OK	
		せん断	1	135	OK	
		組合せ* ¹	2	264	OK	
固定ボルト	端部桁	せん断	1	339	OK	
	中間桁	せん断	3	339	OK	

注記 *1: 曲げとせん断の組合せ応力

ハ. 基準津波+S_d地震時

基準津波+S_d地震時の評価結果を表 6.9.1-(2)-b-6 に示す。

表 6.9.1-(2)-b-6 基準津波+S_d地震時の応力評価結果 (蓋, 固定ボルト)

評価部位		評価応力	発生応力 (N/mm ²)	許容応力 (N/mm ²)	判定 発生応力 ≤ 許容応力	
蓋	主桁	端部桁	曲げ	83	240	OK
			せん断	37	135	OK
			組合せ* ¹	105	264	OK
		中間桁	曲げ	131	240	OK
			せん断	74	135	OK
			組合せ* ¹	184	264	OK
	スキンプレート	曲げ	51	240	OK	
	補助桁	曲げ	66	240	OK	
		せん断	47	135	OK	
		組合せ* ¹	105	264	OK	
固定ボルト		端部桁	引張	50	588	OK
	せん断		1	339	OK	
	組合せ* ²		51	646	OK	
	中間桁	引張	135	588	OK	
		せん断	2	339	OK	
		組合せ* ²	136	646	OK	

注記 *1: 曲げとせん断の組合せ応力

*2: 引張とせん断の組合せ応力

二. 敷地に遡上する津波時

敷地に遡上する津波時の評価結果を表 6.9.1-(2)-b-7 に示す。

表 6.9.1-(2)-b-7 敷地に遡上する津波時の応力評価結果 (蓋, 固定ボルト)

評価部位		評価応力	発生応力 (N/mm ²)	許容応力 (N/mm ²)	判定 発生応力 ≤ 許容応力	
蓋	主桁	端部桁	曲げ	88	304	OK
			せん断	39	171	OK
			組合せ*1	111	304	OK
		中間桁	曲げ	138	304	OK
			せん断	78	171	OK
			組合せ*1	194	304	OK
	スキンプレート	曲げ	54	304	OK	
	補助桁	曲げ	70	304	OK	
		せん断	50	171	OK	
		組合せ*1	112	304	OK	
固定ボルト	端部桁	引張	53	744	OK	
	中間桁	引張	143	744	OK	

注記 *1: 曲げとせん断の組合せ応力

ホ. 敷地に遡上する津波+S_d地震時

敷地に遡上する津波+S_d地震時の評価結果を表 6.9.1-(2)-b-8 に示す。

表 6.9.1-(2)-b-8 敷地に遡上する津波+S_d地震時の応力評価結果 (蓋, 固定ボルト)

評価部位		評価応力	発生応力 (N/mm ²)	許容応力 (N/mm ²)	判定 発生応力 ≤ 許容応力	
蓋	主桁	端部桁	曲げ	88	304	OK
			せん断	39	171	OK
			組合せ* ¹	111	304	OK
		中間桁	曲げ	138	304	OK
			せん断	78	171	OK
			組合せ* ¹	194	304	OK
	スキンプレート	曲げ	54	304	OK	
	補助桁	曲げ	70	304	OK	
		せん断	50	171	OK	
		組合せ* ¹	112	304	OK	
固定ボルト	端部桁	引張	53	744	OK	
		せん断	1	429	OK	
		組合せ* ²	54	744	OK	
	中間桁	引張	143	744	OK	
		せん断	2	429	OK	
		組合せ* ²	144	744	OK	

注記 *1: 曲げとせん断の組合せ応力

*2: 引張とせん断の組合せ応力

f. 緊急用海水ポンプ点検用開口部浸水防止蓋の設計に関する補足説明

(a) 固有周期

イ. 固有周期の計算

緊急用海水ポンプ点検用開口部浸水防止蓋は、主桁を単純支持梁としてモデル化し、評価を行う。「構造力学公式集(1988年), 土木学会」より、両端支持梁の固有周期は次のとおり与えられる。

$$T = \frac{1}{f}$$

$$f = \frac{\pi^2}{2\pi L^2} \sqrt{\frac{E \cdot I}{m}}$$

ここで、

T : 固有周期 (s)

f : 一次固有振動数 (Hz)

L : 主桁の長さ (mm) = 2740

E : 縦弾性係数 (N/mm²) = 1.93 × 10⁵

JSME S NC1-2005/2007 付録材料図表 Part6 表 1 を用いて計算する。温度 40 °Cにおけるオーステナイト系ステンレス鋼の縦弾性係数は、温度 20 °Cの縦弾性係数 195000 MPa と、温度 50 °Cの縦弾性係数 193000 MPa より、比例法を用いて計算する。

$$195000 + (193000 - 195000) \times (40 - 20) / (50 - 20) = 193667 \text{ MPa}$$

I : 断面二次モーメント (mm⁴) = 2.901 × 10⁹

m : 主桁の単位長さ当たりの重量 (kg/m) = 1952.55

主桁の断面における寸法は図 6.9.1-(2)-f-1 に示すとおりである。

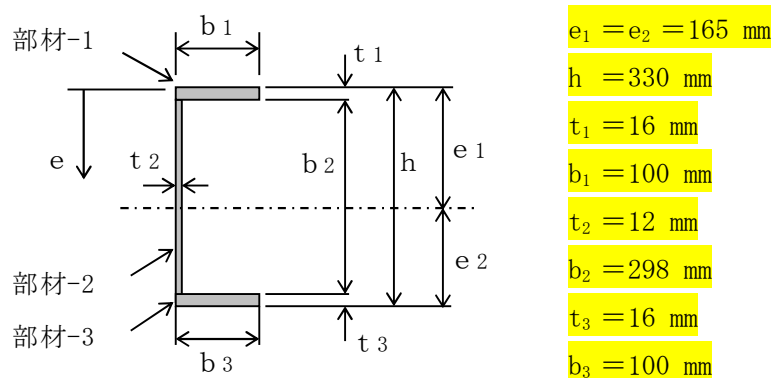


図 6.9.1-(2)-f-1 主桁の断面寸法図

以上より,

$$\begin{aligned} f &= \pi^2 / (2\pi \cdot 2740^2) \cdot \sqrt{(1.93 \times 10^5 \times 2.901 \times 10^9 \times 10^3 / 1952.55 \times 10^{-3})} \\ &= 112 \text{ Hz} \\ T &= 1/f = 0.009 \text{ s} \end{aligned}$$

ロ. 固有周期の計算結果

固有周期は, 0.05 s 以下であることから, 剛構造である。

(b) 評価条件の整理

イ. 固定荷重

固定荷重の算出に用いる記号については、添付書類「V-2-10-2-5-5 緊急用海水ポンプ点検用開口部浸水防止蓋の耐震性についての計算書」にて示す記号を使用する。

固定荷重は以下のとおりとする。

固定荷重 D

蓋 : 52.5 kN (5350 kg)

蓋の幅 : 2.74

蓋の長さ : 6.72

蓋の面積 : 18.413 (m²)

よって、固定荷重 D は、2.851 kN/m² を考慮する。

ロ. 積雪荷重

積雪荷重は以下のとおりとする。

積雪荷重 P_s については、添付書類「V-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」に示すとおり、茨城県建築基準法等施行細則に定められた東海村（前号に掲げる区域以外の区域）の垂直積雪量 30 cm 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 1 cm ごとに 20 N/m² の積雪荷重が作用することを考慮し、積雪面積を乗じて積雪荷重を算定する。

$$P_s = m_s \cdot g$$

$$m_s = \frac{0.35 \cdot w_s \cdot d_s \cdot A_s}{g}$$

$$A_s = B_1 \cdot L_1$$

ここで、

P_s : 積雪荷重 (N)

m_s : 積雪質量 (kg)

w_s : 1 cm 当たりの積雪荷重 (N/m²・cm)

d_s : 積雪高さ (cm) (30cm)

A_s : 積雪面積 (m²)

$$A_s = B_1 \cdot L_1 = 2.740 \cdot 6.720 = 18.413 \text{ m}^2$$

よって、積雪荷重 P_s は、3866.73 N (210 N/m²) を考慮する。

ハ. 風荷重

添付書類「V-2-1-9 機能維持の基本方針」及び添付書類「V-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」にて設定した荷重の組合せに戻付，考慮しない。

(c) 応力計算

イ. S_s 地震時

(イ) 荷重条件

(a-1) 固定荷重

固定荷重は「(b)評価条件の整理」にて示したとおりとする。

(a-2) 積雪荷重

積雪荷重は「(b)評価条件の整理」にて示したとおりとする。

(a-3) S_s地震荷重

応力評価に用いる基準地震動 S_s による S_s 地震荷重の最大震度を表 6.9.1-1 に示す。

震度は水平方向及び鉛直方向の最大床応答加速度を採用する。

鉛直地震荷重は、固定荷重及び積雪荷重と同じ方向の鉛直下向きのみを考慮する。

水平地震荷重は、固定質量及び積雪質量による水平地震慣性力を考慮する。

表 6.9.1-1 応力評価に用いる基準地震動 S_s による S_s 地震荷重の最大震度

地震動	据付場所 及び床面高さ (m)	地震による設計震度*1	
基準地震動 S _s	緊急用海水 ポンプピット 8.0 (EL. 8.0*2)	水平方向 K _H	1.93
		鉛直方向 K _V	0.65

注記 *1：固有周期の計算結果より、緊急用海水ポンプ点検用開口部浸水防止蓋の固有周期が 0.05 s 以下であることを確認したため、設置床の最大応答加速度の 1.2 倍を考慮した設計震度を設定した。

*2：基準床レベルを示す。

地震荷重 S_s は、以下のとおりとする。

なお、鉛直震度は、自重と同じ鉛直下向きに考慮する。

$$I_H = W \cdot K_H$$

$$I_V = W \cdot (1 + K_V)$$

$$W = (m_D + m_S) \cdot g$$

ここで、

- I_H : 水平方向地震荷重 N
 I_V : 鉛直方向地震荷重 N
 K_H : 基準地震動 S_s による水平方向の設計震度 —
 K_V : 基準地震動 S_s による鉛直方向の設計震度 —
 W : 自重

$$\begin{aligned} I_H &= W \cdot K_H = (m_D + m_S) \cdot g \cdot K_H \\ &= (52.5 + 3.9) \cdot 1.93 = 101.73 \text{ kN} \quad (5.525 \text{ kN/m}^2) \\ I_V &= W \cdot (1 + K_V) = (m_D + m_S) \cdot g \cdot (1 + K_V) \\ &= (52.5 + 3.9) \cdot 1.65 = 93.06 \text{ kN} \quad (5.05 \text{ kN/m}^2) \\ A &= B \cdot L = 2.740 \cdot 6.720 = 18.413 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

(ロ) 各部の応力計算

蓋に作用する地震荷重（鉛直上向き）は、蓋を介して固定ボルトに伝達し、固定ボルトを介してコンクリート躯体に伝達するものとする。

(a-1) 蓋

蓋は、蓋端間で等分布荷重を受ける両端単純支持ばりとして検討を行う。

(a-1-1) 蓋（スキンプレート）

$$\begin{aligned} \text{平均荷重} \quad q_3 &= I_V \\ &= 0.00505 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

$$\text{スキンプレート長辺} \quad b_3 = 685 \text{ mm}$$

$$\text{スキンプレート短辺} \quad a_1 = 480 \text{ mm}$$

$$\text{スキンプレートの板厚} \quad t_3 = 12 \text{ mm}$$

$$\text{辺長比 (b/a) による係数 } k = 48.98$$

ダム・堰施設技術基準（案）（基準解説編・設備計画マニュアル編）（ダム・堰施設技術協会 平成 28 年 3 月）に基づき、辺長比 b/a を求め、係数 k の値が最も高いものとする。

$$\begin{aligned} \text{辺長比 } b/a &= b_3/a_1 \\ &= 685/480 = 1.427 \end{aligned}$$

以上により、

$$\text{辺長比 (b/a) による係数 } k = 43.98$$

(a-1-1-2) 発生応力

$$\begin{aligned} \text{曲げ応力} \quad \sigma_{b3} &= 1/100 \cdot k \cdot a^2 \cdot q_3 \cdot 0.8/t_3^2 \\ &= 1/100 \times 43.98 \times 480^2 \times 0.00505 \times 0.8/12^2 \\ &= 2.84 = 2.9 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

(a-2-1) 蓋 (端部桁)

(a-2-1-1) 発生荷重

地震時作用荷重 $q = I_v$
 $= 5.05 \text{ kN/m}^2$

受圧幅 $b = 0.24 \text{ m}$

負担荷重 $w = q \cdot b$
 $= 5.05 \times 0.24$
 $= 1.212 \text{ kN/m}$

支間 $L = 2.73 \text{ m}$

水密幅 $B = 2.70 \text{ m}$

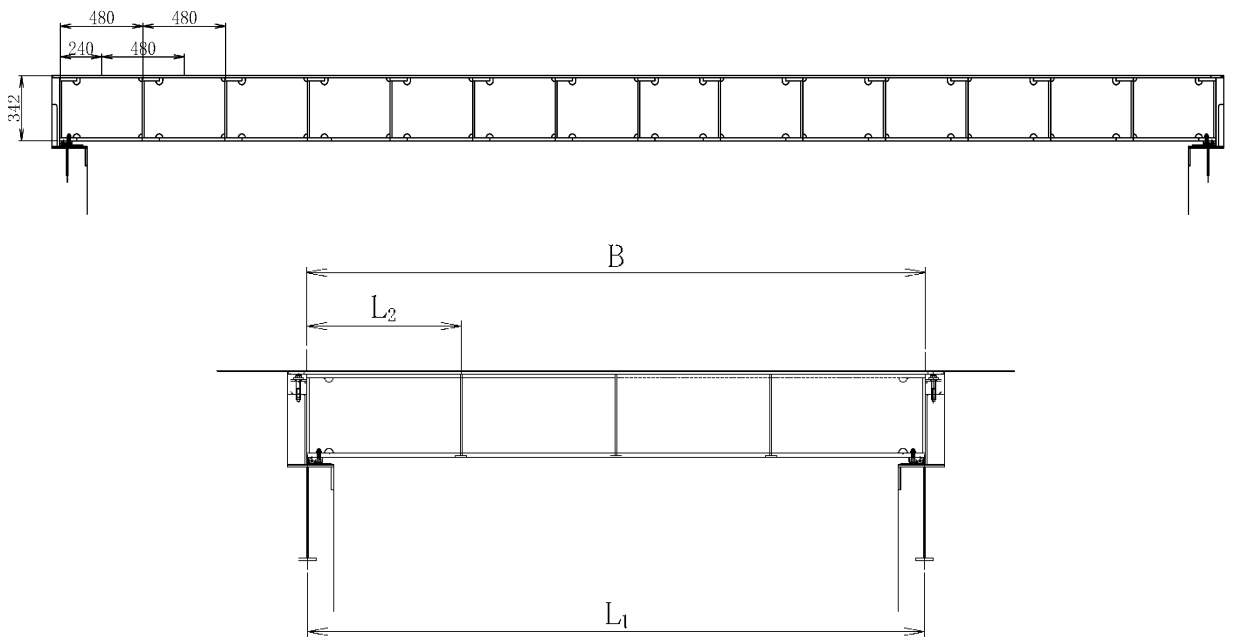


図 6.9.1-(2)-f-2 緊急用海水ポンプ点検用開口部浸水防止蓋の構造図

放水路ゲート点検用開口部浸水防止蓋の応力評価にあたっては、図 6.9.1-(2)-f-3 に示す単純支持梁として評価する。

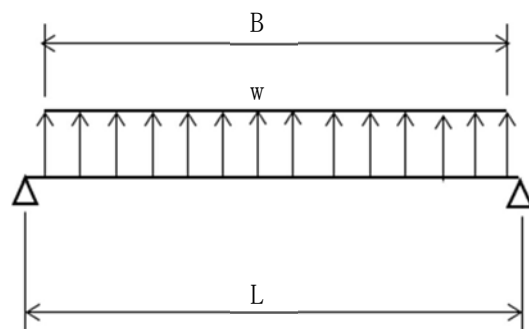


図 6.9.1-(2)-f-3 応力評価に用いるモデル図

曲げモーメント

$$M = \frac{w \cdot B \cdot (2L - B)}{8}$$
$$= 1.212 \times 2.70 \times (2 \times 2.73 - 2.70) / 8$$
$$= 1.129 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

せん断力

$$S = \frac{w \cdot B}{2}$$
$$= 1.212 \times 2.70 / 2$$
$$= 1.636 \text{ kN}$$

(a-2-1-2) 断面性能

端部桁の材質

SUS304

端部桁の断面における寸法は図 6.9.1-(2)-f-4 に示すとおりである。

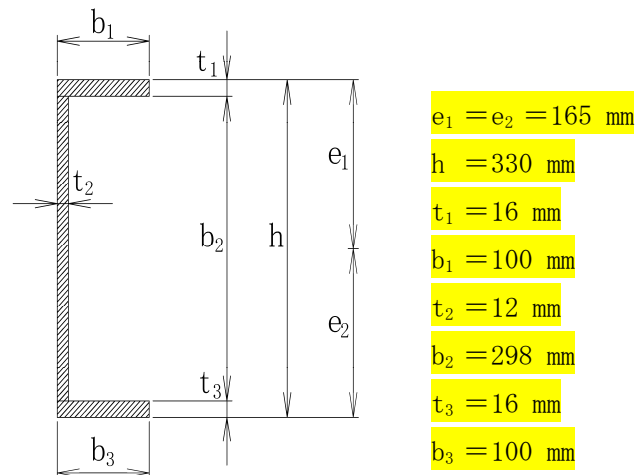


図 6.9.1-(2)-f-4 端部桁の断面寸法図

$$I : \text{端部桁の断面二次モーメント} (\text{mm}^4) = 1.05 \times 10^7 \text{ mm}^4$$

$$Z_1 : \text{端部桁の断面係数} (\text{mm}^3) = 6.38727 \times 10^5 \text{ mm}^3$$

$$A_w : \text{端部桁の端部ウェブ断面積} (\text{mm}^2) = 3.576 \times 10^3 \text{ mm}^2$$

(a-2-1-3) 発生応力

曲げモーメント

$$M = 1.129 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

せん断力

$$S = 1.636 \text{ kN}$$

曲げ応力

$$\sigma_b = M/Z$$
$$= 1.129 \times 10^6 / (6.38727 \times 10^6)$$
$$= 1.77 \text{ N/mm}^2$$

せん断応力

$$\tau = S/A_w$$
$$= 1.636 \times 10^3 / (3.576 \times 10^3)$$
$$= 0.458 \text{ N/mm}^2 \text{ 組合せ応力 (垂直+せん断)}$$
$$\sigma = \sqrt{(\sigma_b^2 + 3 \cdot \tau^2)}$$
$$= \sqrt{(1.77^2 + 3 \times 0.458^2)}$$

$$= 1.940 \text{ N/mm}^2$$

(a-2-2) 蓋 (中間桁)

(a-2-2-1) 発生荷重

地震時作用荷重

$$q = I_v = 5.05 \text{ kN/m}^2$$

受圧幅

$$b = 0.480 \text{ m}$$

負担荷重

$$w = q \cdot b = 5.05 \times 0.480 = 2.424 \text{ kN/m}$$

支間

$$L = 2.73 \text{ m}$$

水密幅

$$B = 2.70 \text{ m}$$

曲げモーメント

$$M = \frac{w \cdot B \cdot (2L - B)}{8} = 5.05 \times 2.70 \times (2 \times 2.73 - 2.70) / 8 = 2.258 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

せん断力

$$S = \frac{w \cdot B}{2} = 5.05 \times 2.70 / 2 = 3.272 \text{ kN}$$

(a-2-2-2) 断面性能

中間桁の材質

SUS304

中間桁の断面における寸法は図 6.9.1-(2)-f-5 に示すとおりである。

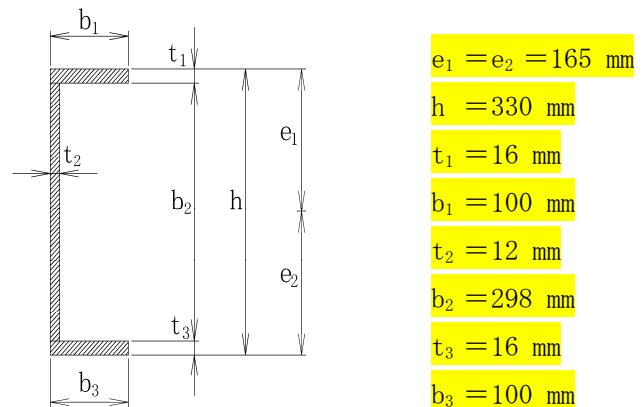


図 6.9.1-(2)-f-5 中間桁の断面寸法図

$$I_2 : \text{中間桁の断面二次モーメント (mm}^4\text{)} = 1.05 \times 10^7 \text{ mm}^4$$

$$Z_2 : \text{中間桁の断面係数 (mm}^3\text{)} = 6.38727 \times 10^5 \text{ mm}^3$$

$$A_{s2} : \text{中間桁のウェブ断面積 (mm}^2\text{)} = 3.096 \times 10^3 \text{ mm}^2$$

6.9.1-(2)-f-9

中間桁の断面係数	$Z_2 = 6.38727 \times 10^5 \text{ mm}^3$
中間桁の端部ウェブ断面積	$A_{s2} = 3.096 \times 10^5 \text{ mm}^2$

(a-2-2-3) 発生応力<地震時>

曲げモーメント $M = 2.258 \text{ kN}\cdot\text{m}$

せん断力 $S = 3.272 \text{ kN}$

曲げ応力 $\sigma_b = M/Z$
 $= 2.258 \times 10^6 / (6.38727 \times 10^5)$
 $= 3.536 \text{ N/mm}^2$

せん断応力 $\tau = S/A_{wu}$
 $= 3.272 \times 10^3 / (3.096 \times 10^3)$
 $= 1.057 \text{ N/mm}^2$

組合せ応力 (垂直+せん断)

$$\sigma = \sqrt{(\sigma_b^2 + 3 \cdot \tau^2)}$$

$$= \sqrt{(3.536^2 + 3 \times 1.057^2)}$$

$$= 3.982 \text{ N/mm}^2$$

(a-2-3) 蓋 (補助桁)

(a-2-3-1) 発生荷重

地震時作用荷重 $q = I_v$
 $= 5.05 \text{ kN/m}^2$

負担荷重 $w = q$
 $= 5.05 \text{ kN/m}$

補助桁間隔 $a = 0.685 \text{ m}$

主桁間隔 $b = 0.480 \text{ m}$

曲げモーメント $M = w \cdot b^3 / 12$
 $= 5.05 \times 0.480^3 / 12$
 $= 0.047 \text{ kN}\cdot\text{m}$

せん断力 $S = w \cdot b^2 / 4$
 $= 5.05 \times 0.480^2 / 4$
 $= 0.291 \text{ kN}$

(a-2-3-2) 断面性能

補助桁の断面における寸法は図 6.9.1-(2)-f-6 に示す通りである。

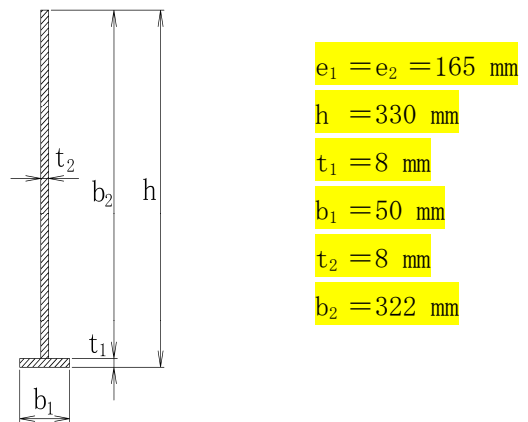


図 6.9.1-(2)-f-6 補助桁の断面寸法図

補助桁の断面二次モーメント	$I_4 = 3.171 \times 10^7 \text{ mm}^4$
Z_4 : 補助桁の断面係数 (mm^3)	$= 2.16008 \times 10^5 \text{ mm}^3$
補助桁の断面係数	$Z = 173 \text{ cm}^3$
補助桁の端部ウェブ断面積	$A_s = 21.28 \text{ cm}^2$

(a-2-3-3) 発生応力<地震時>

曲げモーメント $M = 0.047 \text{ kN} \cdot \text{m}$

せん断力 $S = 0.291 \text{ kN}$

曲げ応力 $\sigma_b = M/Z$
 $= 0.047 \times 10^5 / 173 \times 10^3$
 $= 0.272 \text{ N/mm}^2$

せん断応力 $\tau = S/A_s$
 $= 0.291 \times 10^3 / (21.28 \times 10)$
 $= 0.137 \text{ N/mm}^2$

組合せ応力 (垂直+せん断)

$$\sigma = \sqrt{(\sigma_b^2 + 3 \cdot \tau^2)}$$
$$= \sqrt{(0.272^2 + 3 \times 0.137^2)}$$
$$= 0.361 \text{ N/mm}^2$$

(a-3) 固定ボルト

蓋に作用する地震荷重は、蓋を介して固定ボルトに伝達するものとする。

(a-3-1) 蓋

(a-3-1-1) 発生荷重

せん断力 $S = I_H = 101.293 \text{ kN}$

1 本あたり

3.376 kN

(a-3-1-2) 断面性能

固定ボルトの材質

SUS304

固定ボルトの呼び径

M30 (谷径 $\phi = 26.211$ mm)

固定ボルトの呼び径断面積

$$A_b = \pi/4 \cdot \phi^2 \\ = 539 \text{ mm}^2$$

(a-3-1-3) 発生応力

固定ボルトのせん断応力

$$\tau = S/A_b \\ = 3.376 \times 10^3 / 539 \\ = 6.264 \text{ N/mm}^2$$

ロ. 基準津波時

(イ) 荷重条件

(a-1) 固定荷重

固定荷重は「(b)評価条件の整理」にて示したとおりとする。

(a-2) 積雪荷重

積雪荷重は「(b)評価条件の整理」にて示したとおりとする。

(a-3) 基準津波荷重

基準津波荷重は以下のとおりとする。

$$P_h = h \cdot W_0$$

ここで,

P_h : 基準津波荷重 (kN/m²)

h : スキンプレート面作用水深 (m) = 0.2

W_0 : 海水の密度 (kN/m³) = 10.100

以上より,

$$P_h = 0.2 \times 10.100 = 2.020 \text{ kN/m}^2$$

(ロ) 各部の応力計算

蓋に作用する津波荷重（鉛直下向き）は、蓋を介してコンクリート躯体に伝達するものとする。

(a-1) 蓋

蓋は、蓋端間で等分布荷重を受ける両端単純支持ばりとして検討を行う。

(a-1-1) 蓋（スキンプレート）

(a-1-1-1) 発生荷重

$$\begin{aligned} \text{基準津波時作用荷重} \quad q &= D + P_s + P_h \\ &= 2.851 + 0.210 + 2.020 \\ &= 5.081 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{平均荷重} \quad q_3 &= q \\ &= 0.005081 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

$$\text{スキンプレート長辺} \quad b_3 = 685 \text{ mm}$$

$$\text{スキンプレート短辺} \quad a_1 = 480 \text{ mm}$$

$$\text{スキンプレートの板厚} \quad t_3 = 12 \text{ mm}$$

$$\text{辺長比 (b/a) による係数 } k = 48.98$$

ダム・堰施設技術基準（案）（基準解説編・設備計画マニュアル編）（ダム・堰施設技術協会 平成 28 年 3 月）に基づき、辺長比 b/a を求め、係数 k の値が最も高いものとする。

$$\begin{aligned} \text{辺長比 } b/a &= b_3/a_1 \\ &= 685/480 = 1.427 \end{aligned}$$

以上により、

$$\text{辺長比 (b/a) による係数 } k = 43.98$$

(a-1-1-2) 発生応力

$$\begin{aligned} \text{曲げ応力} \quad \sigma_{b3} &= 1/100 \cdot k \cdot a^2 \cdot q_3 \cdot 0.8/t_3^2 \\ &= 1/100 \times 48.98 \times 480^2 \times 0.005081 \times 0.8/12^2 \\ &= 2.9 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

(a-2-1) 蓋（端部桁）

(a-2-1-1) 発生荷重

$$\begin{aligned} \text{基準津波時作用荷重} \quad q &= D + P_s + P_h \\ &= 2.851 + 0.210 + 2.020 \\ &= 5.081 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

$$\text{受圧幅} \quad b = 0.240 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{負担荷重} \quad w &= q \cdot b \\ &= 5.081 \times 0.240 \\ &= 1.219 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

$$\text{水密幅} \quad B = 2.700 \text{ m}$$

$$\text{支間} \quad L = 2.730 \text{ m}$$

曲げモーメント $M = w \cdot B/8 \cdot (2L - B)$
 $= 1.219 \times 2.700/8 \times (2 \times 2.730 - 2.700)$
 $= 1.135 \text{ kN}\cdot\text{m}$

せん断力 $S = w \cdot B/2$
 $= 1.219 \times 2.700/2$
 $= 3.293 \text{ kN}$

(a-2-1-2) 断面性能

端部桁の材質 SUS304

端部桁の断面二次モーメント $I = 1.05 \times 10^7 \text{ mm}^4$

Z_1 : 端部桁の断面係数 (mm^3) $= 6.38727 \times 10^5 \text{ mm}^3$

A_w : 端部桁の端部ウェブ断面積 $= 3.576 \times 10^3 \text{ mm}^2$

(a-2-1-3) 発生応力

曲げモーメント $M = 1.135 \text{ kN}\cdot\text{m}$

せん断力 $S = 1.646 \text{ kN}$

曲げ応力 $\sigma_b = M/Z$
 $= 1.135 \times 10^3 / (6.38727 \times 10^5)$
 $= 1.777 \text{ N/mm}^2$

せん断応力 $\tau = S/A_s$
 $= 1.646 \times 10^3 / (3.576 \times 10^3)$
 $= 0.460 \text{ N/mm}^2$

組合せ応力 (垂直+せん断)

$$\sigma = \sqrt{(\sigma_b^2 + 3 \cdot \tau^2)}$$

$$= \sqrt{(1.777^2 + 3 \cdot 0.460^2)}$$

$$= 1.948 \text{ N/mm}^2$$

(a-2-2) 蓋 (中間桁)

(a-2-2-1) 発生荷重

基準津波時作用荷重 $q = D + P_s + P_h$
 $= 5.081 + 0.210 + 2.020$
 $= 5.081 \text{ kN/m}^2$

受圧幅 $b = 0.480 \text{ m}$

負担荷重 $w = q \cdot b$
 $= 5.081 \times 0.480$
 $= 2.439 \text{ kN/m}$

水密幅 $B = 2.700 \text{ m}$

支間 $L = 2.730 \text{ m}$

$$\begin{aligned}
 \text{曲げモーメント} \quad M &= w \cdot B/8 \cdot (2L-B) \\
 &= 2.439 \times 2.700/8 \times (2 \times 2.730 - 2.700) \\
 &= 2.272 \text{ kN}\cdot\text{m} \\
 \text{せん断力} \quad S &= w \cdot B/2 \\
 &= 2.439 \times 2.700/2 \\
 &= 3.293 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

(a-2-2-2) 断面性能

$$\begin{aligned}
 \text{中間桁の材質} & \text{SUS304} \\
 \text{中間桁の断面二次モーメント} \quad I_2 &= 1.05 \times 10^7 \text{ mm}^4 \\
 Z_2 : \text{中間桁の断面係数} (\text{mm}^3) &= 6.38727 \times 10^5 \text{ mm}^3 \\
 A_{S2} : \text{中間桁のウェブ断面積} &= 3.096 \times 10^3 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

(a-2-2-3) 発生応力

$$\begin{aligned}
 \text{曲げモーメント} \quad M &= 2.272 \text{ kN}\cdot\text{m} \\
 \text{せん断力} \quad S &= 3.293 \text{ kN} \\
 \text{曲げ応力} \quad \sigma_b &= M/Z \\
 &= 2.272 \times 10^6 / (6.38727 \times 10^5) \\
 &= 3.558 \text{ N/mm}^2 \\
 \text{せん断応力} \quad \tau &= S/A_s \\
 &= 3.293 \times 10^3 / 3.096 \times 10^3 \\
 &= 1.064 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

組合せ応力 (垂直+せん断)

$$\begin{aligned}
 \sigma &= \sqrt{(\sigma_b^2 + 3 \cdot \tau^2)} \\
 &= \sqrt{(3.558^2 + 3 \cdot 1.064^2)} \\
 &= 4.007 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

(a-2-3) 蓋 (補助桁)

(a-2-3-1) 発生荷重

$$\begin{aligned}
 \text{基準津波時作用荷重} \quad q &= D + P_s + P_h \\
 &= 2.851 + 0.210 + 2.020 \\
 &= 5.081 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{負担荷重} \quad w &= q \\
 &= 5.081 \text{ kN/m}
 \end{aligned}$$

$$\text{補助桁間隔} \quad a = 0.685 \text{ m}$$

$$\text{主桁間隔} \quad b = 0.480 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}
 \text{曲げモーメント} \quad M &= w \cdot b^3/12 \\
 &= 5.081 \times 0.480^2/12
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 0.047 \text{ kN}\cdot\text{m} \\
 \text{せん断力} \quad S &= w \cdot b^2/4 \\
 &= 5.081 \times 0.480/4 \\
 &= 0.293 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

(a-2-3-2) 断面性能

補助桁の材質	SUS304
補助桁の断面二次モーメント	$I_4 = 3.171 \times 10^7 \text{ mm}^4$
補助桁の断面係数 (mm ³)	$Z_4 = 2.16008 \times 10^5 \text{ mm}^3$
補助桁の断面係数	$Z = 173 \text{ cm}^3$
補助桁の端部ウェブ断面積	$A_s = 21.28 \text{ cm}^2$

(a-2-3-3) 発生応力<地震時>

$$\begin{aligned}
 \text{曲げモーメント} \quad M &= 0.047 \text{ kN}\cdot\text{m} \\
 \text{せん断力} \quad S &= 0.293 \text{ kN} \\
 \text{曲げ応力} \quad \sigma_b &= M/Z \\
 &= 0.047 \times 10^6 / 173 \times 10^3 \\
 &= 0.272 \text{ N/mm}^2 \\
 \text{せん断応力} \quad \tau &= S/A_s \\
 &= 0.293 \times 10^3 / 21.28 \times 10^2 \\
 &= 0.138 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

組合せ応力 (垂直+せん断)

$$\begin{aligned}
 \sigma &= \sqrt{(\sigma_b^2 + 3 \cdot \tau^2)} \\
 &= \sqrt{(0.272^2 + 3 \cdot 0.138^2)} \\
 &= 0.362 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

(a-3) 固定ボルト

蓋に作用する基準津波荷重は、鉛直下向きに作用することから評価は行わない。

ハ. 基準津波+余震時

(イ) 荷重条件

(a-1) 固定荷重

固定荷重は「(b)評価条件の整理」にて示したとおりとする。

(a-2) 積雪荷重

積雪荷重は「(b)評価条件の整理」にて示したとおりとする。

(a-3) 基準津波荷重

基準津波荷重は「基準津波時」と同じ値とする。

(a-4) S_d 地震荷重

応力評価に用いる弾性設計用地震動 S_d による S_d 地震荷重の最大震度を表 6.9.1-2 に示す。震度は水平方向及び鉛直方向の最大床応答加速度を採用する。

鉛直地震荷重は、固定荷重及び積雪荷重と同じ方向の鉛直下向きのみを考慮する。

水平地震荷重は、固定質量及び積雪質量による水平地震慣性力を考慮する。

表 6.9.1-2 応力評価に用いる弾性設計用地震動 S_d による S_d 地震荷重の最大震度

地震動	据付場所 及び床面高さ (m)	地震による設計震度*	
		弾性設計用地震動 $S_d - D 1$	緊急用海水 ポンプピット 8.0 (EL. 8.0*2)
		鉛直方向 K_{VSd}	0.28

注記 *1: 固有周期の計算結果より、緊急用海水ポンプ点検用開口部浸水防止蓋の固有周期が 0.05 s 以下であることを確認したため、設置床の最大応答加速度の 1.2 倍を考慮した設計震度を設定した。

*2: 基準床レベルを示す。

余震荷重 S_d は、以下のとおりとする。

なお、鉛直震度は、自重と同じ鉛直下向きに考慮する。

$$v_H = W \cdot K_{HSd}$$

$$I_V = W \cdot (1 + K_{VSd})$$

$$W = (m_D + m_S) \cdot g$$

ここで,

I_{HSd}	: 余震による水平方向地震荷重	N
I_{VSd}	: 余震による鉛直方向地震荷重	N
K_{HSd}	: 弾性設計用地震動 S_d による水平方向の設計震度	—
K_{VSd}	: 弾性設計用地震動 S_d による鉛直方向の設計震度	—
W	: 自重	

$$I_{HSd} = W \cdot K_{HSd} = (m_D + m_S) \cdot g \cdot K_{HSd}$$

$$= (52.5 + 3.9) \cdot 0.78 = 44.00 \text{ kN (2.390 kN/m}^2\text{)}$$

$$I_{VSd} = W \cdot (1 + K_{VSd}) = (m_D + m_S) \cdot g \cdot (1 + K_{VSd})$$

$$= (52.5 + 3.9) \cdot 1.28 = 72.19 \text{ kN (3.917 kN/m}^2\text{)}$$

$$A = B \cdot L = 2.740 \cdot 6.720 = 18.413 \text{ m}^2$$

(ロ) 各部の応力計算

蓋に作用する津波+余震荷重（鉛直下向き）は、蓋を介してコンクリート躯体に伝達するものとする。

(a-1) 蓋

蓋は、蓋端間で等分布荷重を受ける両端単純支持ばりとして検討を行う。

(a-1-1) 蓋（スキンプレート）

(a-1-1-1) 発生荷重

$$\begin{aligned} \text{基準津波+余震時作用荷重 } q &= I_{Vsd} + P_h \\ &= 3.917 + 2.02 \\ &= 5.937 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{平均荷重 } q_3 &= I_v \\ &= 0.005937 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

$$\text{スキンプレート長辺 } b_3 = 685 \text{ mm}$$

$$\text{スキンプレート短辺 } a_1 = 480 \text{ mm}$$

$$\text{スキンプレートの板厚 } t_3 = 12 \text{ mm}$$

$$\text{辺長比 (b/a) による係数 } k = 48.98$$

ダム・堰施設技術基準（案）（基準解説編・設備計画マニュアル編）（ダム・堰施設技術協会 平成 28 年 3 月）に基づき、辺長比 b/a を求め、係数 k の値が最も高いものとする。

$$\begin{aligned} \text{辺長比 } b/a &= b_3/a_1 \\ &= 685/480 = 1.427 \end{aligned}$$

以上により、

$$\text{辺長比 (b/a) による係数 } k = 43.98$$

(a-1-1-2) 発生応力

$$\begin{aligned} \text{曲げ応力 } \sigma_{b3} &= 1/100 \cdot k \cdot a^2 \cdot q_3 \cdot 0.8/t_3^2 \\ &= 1/100 \times 48.98 \times 480^2 \times 0.005937 \times 0.8/12^2 \\ &= 3.4 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

(a-2-1) 蓋（端部桁）

(a-2-1-1) 発生荷重

$$\begin{aligned} \text{基準津波+余震時作用荷重 } q &= I_{Vsd} + P_h \\ &= 3.917 + 2.02 \\ &= 5.937 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

$$\text{受圧幅 } b = 0.2400 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{主桁負担荷重 } w &= q \cdot b \\ &= 5.937 \times 0.2400 \\ &= 1.425 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

水密幅	$B=2.700 \text{ m}$
支間	$L=2.730 \text{ m}$
曲げモーメント	$M=w \cdot B/8 \cdot (2L-B)$ $=1.425 \times 2.700/8 \times (2 \times 2.730 - 2.700)$ $=1.327 \text{ kN}\cdot\text{m}$
せん断力	$S=w \cdot B/2$ $=1.425 \times 2.700/2$ $=1.924 \text{ kN}$

(a-2-1-2) 断面性能

端部桁の材質	SUS304
端部桁の断面二次モーメント	$I=1.05 \times 10^7 \text{ mm}^4$
Z_1 : 端部桁の断面係数 (mm^3)	$=6.38727 \times 10^5 \text{ mm}^3$
A_w : 端部桁の端部ウェブ断面積	$=3.576 \times 10^3 \text{ mm}^2$

(a-2-1-3) 発生応力

曲げモーメント	$M=1.327 \text{ kN}\cdot\text{m}$
せん断力	$S=1.924 \text{ kN}$
曲げ応力	$\sigma_b=M/Z$ $=1.327 \times 10^6 / (6.38727 \times 10^5)$ $=2.078 \text{ N/mm}^2$
せん断応力	$\tau=S/A_s$ $=1.924 \times 10^3 / (3.576 \times 10^3)$ $=0.538 \text{ N/mm}^2$

組合せ応力 (垂直+せん断)

$$\sigma = \sqrt{(\sigma_b^2 + 3 \cdot \tau^2)}$$

$$= \sqrt{(2.078^2 + 3 \cdot 0.538^2)}$$

$$= 2.278 \text{ N/mm}^2$$

(a-2-2) 蓋 (中間桁)

(a-2-2-1) 発生荷重

基準津波+余震時作用荷重	$q=I_{vsd}+P_h$ $=3.917+2.02$ $=5.937 \text{ kN/m}^2$
受圧幅	$b=0.480 \text{ m}$
負担荷重	$w=q \cdot b$ $=5.937 \times 0.480$ $=2.850 \text{ kN/m}$

水密幅	$B=2.700 \text{ m}$
支間	$L=2.730 \text{ m}$
曲げモーメント	$M=w \cdot B/8 \cdot (2L-B)$ $=2.850 \times 2.700/8 \times (2 \times 2.730 - 2.700)$ $=2.655 \text{ kN}\cdot\text{m}$
せん断力	$S=w \cdot B/2$ $=2.850 \times 2.700/2$ $=3.848 \text{ kN}$

(a-2-2-2) 断面性能

中間桁の材質	SUS304
中間桁の断面二次モーメント	$I_2=1.05 \times 10^7 \text{ mm}^4$
Z_2 : 中間桁の断面係数(mm^3)	$=6.38727 \times 10^5 \text{ mm}^3$
A_{S2} : 中間桁のウェブ断面積	$=3.576 \times 10^3 \text{ mm}^2$

(a-2-2-3) 発生応力

曲げモーメント	$M=2.655 \text{ kN}\cdot\text{m}$
せん断力	$S=3.848 \text{ kN}$
曲げ応力	$\sigma_b=M/Z$ $=2.655 \times 10^6 / (6.38727 \times 10^5)$ $=4.157 \text{ N/mm}^2$
せん断応力	$\tau=S/A_s$ $=3.848 \times 10^3 / 3.096 \times 10^3$ $=1.243 \text{ N/mm}^2$

組合せ応力 (垂直+せん断)

$$\sigma = \sqrt{(\sigma_b^2 + 3 \cdot \tau^2)}$$

$$= \sqrt{(4.157^2 + 3 \cdot 1.243^2)}$$

$$= 4.682 \text{ N/mm}^2$$

(a-2-3) 蓋 (補助桁)

(a-2-3-1) 発生荷重

基準津波+余震時作用荷重	$q=I_{vsd}+P_h$ $=3.917+2.02$ $=5.937 \text{ kN/m}^2$
負担荷重	$w=q$ $=5.937 \text{ kN/m}$
補助桁間隔	$a=0.685 \text{ m}$
主桁間隔	$b=0.480 \text{ m}$

$$\begin{aligned}
 \text{曲げモーメント} \quad M &= w \cdot b^3 / 12 \\
 &= 5.937 \times 0.480^3 / 8 \\
 &= 0.055 \text{ kN}\cdot\text{m} \\
 \text{せん断力} \quad S &= w \cdot b^2 / 4 \\
 &= 5.937 \times 0.480^2 / 4 \\
 &= 0.342 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

(a-2-3-2) 断面性能

補助桁の材質	SUS304
補助桁の断面二次モーメント	$I_4 = 3.171 \times 10^7 \text{ mm}^4$
補助桁の断面係数 (mm ³)	$Z_4 = 2.16008 \times 10^5 \text{ mm}^3$
補助桁の断面係数	$Z = 173 \text{ cm}^3$
補助桁の端部ウェブ断面積	$A_s = 21.28 \text{ cm}^2$

(a-2-3-3) 発生応力<地震時>

$$\begin{aligned}
 \text{曲げモーメント} \quad M &= 0.055 \text{ kN}\cdot\text{m} \\
 \text{せん断力} \quad S &= 0.342 \text{ kN} \\
 \text{曲げ応力} \quad \sigma_b &= M/Z \\
 &= 0.055 \times 10^6 / (173 \times 10^3) \\
 &= 0.318 \text{ N/mm}^2 \\
 \text{せん断応力} \quad \tau &= S/A_s \\
 &= 0.342 \times 10^3 / (21.28 \times 10^2) \\
 &= 0.161 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

組合せ応力 (垂直+せん断)

$$\begin{aligned}
 \sigma &= \sqrt{(\sigma_b^2 + 3 \cdot \tau^2)} \\
 &= \sqrt{(0.318^2 + 3 \cdot 0.161^2)} \\
 &= 0.423 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

(a-3) 固定ボルト

蓋に作用する地震荷重は、蓋を介して固定ボルトに伝達するものとする。

(a-3-1) 蓋

(a-3-1-1) 発生荷重

$$\begin{aligned}
 \text{せん断力} \quad S &= I_{HSd} = 40.937 \text{ kN} \\
 \text{1本あたり} &= 1.365 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

(a-3-1-2) 断面性能

固定ボルトの材質

SUS304

固定ボルトの呼び径

M30 (谷径 $\phi = 26.211$ mm)

固定ボルトの呼び径断面積

$$A_b = \pi/4 \cdot \phi^2 \\ = 539 \text{ mm}^2$$

(a-3-1-3) 発生応力

固定ボルトのせん断応力

$$\tau = S/A_b \\ = 1.365 \times 10^3 / 539 \\ = 2.533 \text{ N/mm}^2$$

二. 敷地に遡上する津波時

(イ) 荷重条件

(a-1) 固定荷重

固定荷重は「(b)評価条件の整理」にて示したとおりとする。

(a-2) 積雪荷重

積雪荷重は「(b)評価条件の整理」にて示したとおりとする。

(a-3) 敷地に遡上する津波荷重

敷地に遡上する津波荷重は以下のとおりとする。

$$P_h = h \cdot W_0$$

ここで、

P_h : T.P.+24m 津波荷重 (kN/m²)

h : スキンプレート面作用水深 (m) = 1.2

W_0 : 海水の密度 (kN/m³) = 10.100

以上より、

$$P_h = 1.2 \times 10.100 = 12.120 \text{ kN/m}^2$$

(a-4) S_d 地震荷重

S_d 地震荷重は「基準津波+余震時」と同じ値とする。

(ロ) 各部の応力計算

蓋に作用する敷地に遡上する津波時作用荷重（鉛直下向き）は、蓋を介してコンクリート躯体に伝達するものとする。

(a-1) 蓋

蓋は、蓋端間で等分布荷重を受ける両端単純支持ばりとして検討を行う。

(a-1-1) 蓋（スキンプレート）

(a-1-1-1) 発生荷重

$$\begin{aligned} \text{敷地に遡上する津波時作用荷重 } q &= D + P_s + P_h \\ &= 2.851 + 0.21 + 12.120 \\ &= 15.181 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{平均荷重 } q_3 &= q \\ &= 0.015181 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

$$\text{スキンプレート長辺 } b_3 = 685 \text{ mm}$$

$$\text{スキンプレート短辺 } a_1 = 480 \text{ mm}$$

$$\text{スキンプレートの板厚 } t_3 = 12 \text{ mm}$$

$$\text{辺長比 (b/a) による係数 } k = 48.98$$

ダム・堰施設技術基準（案）（基準解説編・設備計画マニュアル編）（ダム・堰施設技術協会 平成 28 年 3 月）に基づき、辺長比 b/a を求め、係数 k の値が最も高いものとする。

$$\begin{aligned} \text{辺長比 } b/a &= b_3/a_1 \\ &= 685/480 = 1.427 \end{aligned}$$

以上により、

$$\text{辺長比 (b/a) による係数 } k = 43.98$$

(a-1-1-2) 発生応力

$$\begin{aligned} \text{曲げ応力 } \sigma_{b3} &= 1/100 \cdot k \cdot a^2 \cdot q_3 \cdot 0.8/t_3^2 \\ &= 1/100 \times 48.98 \times 480^2 \times 0.015181 \times 0.8/12^2 \\ &= 8.6 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

(a-2-1) 蓋（端部桁）

(a-2-1-1) 発生荷重

$$\begin{aligned} \text{敷地に遡上する津波時作用荷重 } q &= D + P_s + P_h \\ &= 2.851 + 0.21 + 12.120 \\ &= 15.181 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

$$\text{受圧幅 } b = 0.2400 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{主桁負担荷重 } w &= q \cdot b \\ &= 15.181 \times 0.2400 \\ &= 3.643 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

$$\text{水密幅 } B = 2.700 \text{ m}$$

支間 $L=2.730 \text{ m}$

曲げモーメント $M=w \cdot B/8 \cdot (2L-B)$
 $=3.643 \times 2.700/8 \times (2 \times 2.730 - 2.700)$
 $=3.393 \text{ kN}\cdot\text{m}$

せん断力 $S=w \cdot B/2$
 $=3.643 \times 2.700/2$
 $=4.918 \text{ kN}$

(a-2-1-2) 断面性能

端部桁の材質 SUS304

端部桁の断面二次モーメント $I=1.05 \times 10^7 \text{ mm}^4$

Z_1 : 端部桁の断面係数 (mm^3) $=6.38727 \times 10^5 \text{ mm}^3$

A_w : 端部桁の端部ウェブ断面積 $=3.576 \times 10^3 \text{ mm}^2$

(a-2-1-3) 発生応力

曲げモーメント $M=3.393 \text{ kN}\cdot\text{m}$

せん断力 $S=4.918 \text{ kN}$

曲げ応力 $\sigma_b=M/Z$
 $=3.393 \times 10^6 / (6.38727 \times 10^6)$
 $=5.313 \text{ N/mm}^2$

せん断応力 $\tau=S/A_s$
 $=4.918 \times 10 / (3.576 \times 10^3)$
 $=1.376 \text{ N/mm}^2$

組合せ応力 (垂直+せん断)

$$\sigma = \sqrt{(\sigma_b^2 + 3 \cdot \tau^2)}$$

$$= \sqrt{(5.313^2 + 3 \cdot 1.376^2)}$$

$$= 5.823 \text{ N/mm}^2$$

(a-2-2) 蓋 (中間桁)

(a-2-2-1) 発生荷重

敷地に遡上する津波時作用荷重 $q=D+P_s+P_h$
 $=2.851+0.21+12.120$
 $=15.181 \text{ kN/m}^2$

受圧幅 $b=0.480 \text{ m}$

負担荷重 $w=q \cdot b$
 $=15.181 \times 0.480$
 $=7.287 \text{ kN/m}$

水密幅 $B=2.700 \text{ m}$

支間	$L=2.730 \text{ m}$
曲げモーメント	$M=w \cdot B/8 \cdot (2L-B)$ $=7.287 \times 2.700/8 \times (2 \times 2.730 - 2.700)$ $=6.788 \text{ kN}\cdot\text{m}$
せん断力	$S=w \cdot B/2$ $=7.287 \times 2.700/2$ $=9.837 \text{ kN}$

(a-2-2-2) 断面性能

中間桁の材質	SUS304
中間桁の断面二次モーメント	$I_2=1.05 \times 10^7 \text{ mm}^4$
Z_2 : 中間桁の断面係数(mm^3)	$=6.38727 \times 10^5 \text{ mm}^3$
A_{s2} : 中間桁のウェブ断面積	$=3.096 \times 10^3 \text{ mm}^2$

(a-2-2-3) 発生応力

曲げモーメント	$M=6.788 \text{ kN}\cdot\text{m}$
せん断力	$S=9.837 \text{ kN}$
曲げ応力	$\sigma_b=M/Z$ $=6.788 \times 10^6 / (6.38727 \times 10^6)$ $=10.628 \text{ N/mm}^2$
せん断応力	$\tau=S/A_s$ $=9.837 \times 10^3 / (3.576 \times 10^3)$ $=2.751 \text{ N/mm}^2$

組合せ応力 (垂直+せん断)

$$\sigma = \sqrt{(\sigma_b^2 + 3 \cdot \tau^2)}$$

$$= \sqrt{(10.628^2 + 3 \cdot 2.751^2)}$$

$$= 11.648 \text{ N/mm}^2$$

(a-2-3) 蓋 (補助桁)

(a-2-3-1) 発生荷重

敷地に遡上する津波時作用荷重	$q=D+P_s+P_h$ $=2.851+0.21+12.120$ $=15.181 \text{ kN/m}^2$
----------------	---

負担荷重	$w=q$ $=15.181 \text{ kN/m}$
------	---------------------------------

補助桁間隔	$a=0.685 \text{ m}$
-------	---------------------

主桁間隔	$b=0.480 \text{ m}$
------	---------------------

$$\begin{aligned}
 \text{曲げモーメント} & M = w \cdot b^3 / 12 \\
 & = 15.181 \times 0.480^3 / 12 \\
 & = 0.140 \text{ kN}\cdot\text{m} \\
 \text{せん断力} & S = w \cdot b^2 / 4 \\
 & = 15.181 \times 0.480^2 / 4 \\
 & = 0.874 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

(a-2-3-2) 断面性能

補助桁の材質	SUS304
補助桁の断面二次モーメント	$I_4 = 3.171 \times 10^7 \text{ mm}^4$
補助桁の断面係数 (mm ³)	$Z_4 = 2.16008 \times 10^5 \text{ mm}^3$
補助桁の断面係数	$Z = 173 \text{ cm}^3$
補助桁の端部ウェブ断面積	$A_s = 21.28 \text{ cm}^2$

(a-2-3-3) 発生応力<地震時>

$$\begin{aligned}
 \text{曲げモーメント} & M = 0.140 \text{ kN}\cdot\text{m} \\
 \text{せん断力} & S = 0.874 \text{ kN} \\
 \text{曲げ応力} & \sigma_b = M/Z \\
 & = 0.140 \times 10^5 / (173 \times 10^3) \\
 & = 0.081 \text{ N/mm}^2 \\
 \text{せん断応力} & \tau = S/A_s \\
 & = 0.874 \times 10^3 / (21.28 \times 10^2) \\
 & = 0.411 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

組合せ応力 (垂直+せん断)

$$\begin{aligned}
 \sigma & = \sqrt{(\sigma_b^2 + 3 \cdot \tau^2)} \\
 & = \sqrt{(0.081^2 + 3 \cdot 0.411^2)} \\
 & = 0.716 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

(a-3) 固定ボルト

蓋に作用する敷地に遡上する津波荷重は、鉛直下向きに作用することから評価は行わない。

ホ. T. P. +24m 津波+余震時

(イ) 荷重条件

(a-1) 固定荷重

固定荷重は「(b)評価条件の整理」にて示したとおりとする。

(a-2) 積雪荷重

積雪荷重は「(b)評価条件の整理」にて示したとおりとする。

(a-3) 敷地に遡上する津波荷重

敷地に遡上する津波荷重は「T. P. +24m 津波時」と同じ値とする。

(a-4) S_d 地震荷重

S_d 地震荷重は「基準津波+余震時」と同じ値とする。

(ロ) 各部の応力計算

蓋に作用する津波+余震荷重（鉛直下向き）は、蓋を介してコンクリート躯体に伝達するものとする。

(a-1) 蓋

蓋は、蓋端間で等分布荷重を受ける両端単純支持ばりとして検討を行う。

(a-1-1) 蓋（スキンプレート）

(a-1-1-1) 発生荷重

$$\begin{aligned} \text{基準津波+余震時作用荷重 } q &= I_{Vsd} + P_h \\ &= 3.917 + 12.120 \\ &= 16.037 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{平均荷重 } q_3 &= I_v \\ &= 0.00505 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

$$\text{スキンプレート長辺 } b_3 = 685 \text{ mm}$$

$$\text{スキンプレート短辺 } a_1 = 480 \text{ mm}$$

$$\text{スキンプレートの板厚 } t_3 = 12 \text{ mm}$$

$$\text{辺長比 (b/a) による係数 } k = 48.98$$

ダム・堰施設技術基準（案）（基準解説編・設備計画マニュアル編）（ダム・堰施設技術協会 平成 28 年 3 月）に基づき、辺長比 b/a を求め、係数 k の値が最も高いものとする。

$$\begin{aligned} \text{辺長比 } b/a &= b_3/a_1 \\ &= 685/480 = 1.427 \end{aligned}$$

以上により、

$$\text{辺長比 (b/a) による係数 } k = 43.98$$

(a-1-1-2) 発生応力

$$\begin{aligned} \text{曲げ応力 } \sigma_{b3} &= 1/100 \cdot k \cdot a^2 \cdot q_3 \cdot 0.8/t_3^2 \\ &= 1/100 \times 48.98 \times 480^2 \times 0.016037 \times 0.8/12^2 \\ &= 9.0 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

(a-2-1) 蓋（端部桁）

(a-2-1-1) 発生荷重

$$\begin{aligned} \text{基準津波+余震時作用荷重 } q &= I_{Vsd} + P_h \\ &= 3.917 + 12.120 \\ &= 16.037 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

$$\text{受圧幅 } b = 0.2400 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{主桁負担荷重 } w &= q \cdot b \\ &= 16.037 \times 0.2400 \\ &= 3.849 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

水密幅	$B=2.700 \text{ m}$
支間	$L=2.730 \text{ m}$
曲げモーメント	$M=w \cdot B/8 \cdot (2L-B)$ $=3.849 \times 2.700/8 \times (2 \times 2.730 - 2.700)$ $=3.585 \text{ kN}\cdot\text{m}$
せん断力	$S=w \cdot B/2$ $=3.849 \times 2.700/2$ $=5.196 \text{ kN}$

(a-2-1-2) 断面性能

端部桁の材質	SUS304
端部桁の断面二次モーメント	$I=1.05 \times 10^7 \text{ mm}^4$
Z_1 : 端部桁の断面係数 (mm^3)	$=6.38727 \times 10^5 \text{ mm}^3$
A_w : 端部桁の端部ウェブ断面積	$=3.576 \times 10^3 \text{ mm}^2$

(a-2-1-3) 発生応力

曲げモーメント	$M=3.585 \text{ kN}\cdot\text{m}$
せん断力	$S=5.196 \text{ kN}$
曲げ応力	$\sigma_b = M/Z$ $=3.585 \times 10^6 / (6.38727 \times 10^5)$ $=5.613 \text{ N/mm}^2$
せん断応力	$\tau = S/A_s$ $=5.196 \times 10^3 / (3.576 \times 10^3)$ $=1.453 \text{ N/mm}^2$

組合せ応力 (垂直+せん断)

$$\sigma = \sqrt{(\sigma_b^2 + 3 \cdot \tau^2)}$$

$$= \sqrt{(5.613^2 + 3 \cdot 1.453^2)}$$

$$= 6.152 \text{ N/mm}^2$$

(a-2-2) 蓋 (中間桁)

(a-2-2-1) 発生荷重

基準津波+余震時作用荷重	$q = I_{vsd} + P_{hg}$ $= 3.917 + 12.120$ $= 16.037 \text{ kN/m}^2$
受圧幅	$b=0.480 \text{ m}$
負担荷重	$w = q \cdot b$ $= 16.037 \times 0.480$ $= 7.698 \text{ kN/m}$

水密幅	$B=2.700 \text{ m}$
支間	$L=2.730 \text{ m}$
曲げモーメント	$M=w \cdot B/8 \cdot (2L-B)$ $=7.698 \times 2.700/8 \times (2 \times 2.730 - 2.700)$ $=7.171 \text{ kN}\cdot\text{m}$
せん断力	$S=w \cdot B/2$ $=7.698 \times 2.700/2$ $=10.392 \text{ kN}$

(a-2-2-2) 断面性能

中間桁の材質	SUS304
中間桁の断面二次モーメント	$I_2=1.05 \times 10^7 \text{ mm}^4$
Z_2 : 中間桁の断面係数(mm^3)	$=6.38727 \times 10^5 \text{ mm}^3$
A_{S2} : 中間桁のウェブ断面積	$=3.096 \times 10^3 \text{ mm}^2$

(a-2-2-3) 発生応力

曲げモーメント	$M=7.171 \text{ kN}\cdot\text{m}$
せん断力	$S=10.392 \text{ kN}$
曲げ応力	$\sigma_b=M/Z$ $=7.171 \times 10^6 / (6.38727 \times 10^5)$ $=11.227 \text{ N/mm}^2$
せん断応力	$\tau=S/A_s$ $=10.392 \times 10^3 / (3.096 \times 10^3)$ $=3.357 \text{ N/mm}^2$

組合せ応力 (垂直+せん断)

$$\sigma = \sqrt{(\sigma_b^2 + 3 \cdot \tau^2)}$$

$$= \sqrt{(11.227^2 + 3 \cdot 3.357^2)}$$

$$= 12.644 \text{ N/mm}^2$$

(a-2-3) 蓋 (補助桁)

(a-2-3-1) 発生荷重

基準津波+余震時作用荷重	$q=I_{vsd}+P_h$ $=3.917+12.120$ $=16.037 \text{ kN/m}^2$
--------------	--

負担荷重	$w=q \cdot b$ $=7.775 \times 0.685$ $=5.326 \text{ kN/m}$
------	---

補助桁間隔	$a=0.685 \text{ m}$
-------	---------------------

主桁間隔	$b=0.480 \text{ m}$
曲げモーメント	$M=w \cdot L^2/8$ $=5.326 \times 0.480^2/8$ $=0.154 \text{ kN}\cdot\text{m}$
せん断力	$S=w \cdot L/2$ $=5.326 \times 0.480/2$ $=1.279 \text{ kN}$

(a-2-3-2) 断面性能

補助桁の材質	SUS304
補助桁の断面二次モーメント	$I_4=3.171 \times 10^7 \text{ mm}^4$
補助桁の断面係数 (mm ³)	$Z_4=2.16008 \times 10^5 \text{ mm}^3$
補助桁の断面係数	$Z=173 \text{ cm}^3$
補助桁の端部ウェブ断面積	$A_s=21.28 \text{ cm}^2$

(a-2-3-3) 発生応力<地震時>

曲げモーメント	$M=0.154 \text{ kN}\cdot\text{m}$
せん断力	$S=1.279 \text{ kN}$
曲げ応力	$\sigma_b=M/Z$ $=0.154 \times 10^3/173$ $=0.891 \text{ N/mm}^2$
せん断応力	$\tau=S/A_s$ $=1.279 \times 10/22.56$ $=0.567 \text{ N/mm}^2$

組合せ応力 (垂直+せん断)

$$\begin{aligned} \sigma &= \sqrt{(\sigma_b^2 + 3 \cdot \tau^2)} \\ &= \sqrt{(0.891^2 + 3 \cdot 0.567^2)} \\ &= 1.327 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

(a-3) 固定ボルト

蓋に作用する地震荷重は、蓋を介して固定ボルトに伝達するものとする。

(a-3-1) 蓋

(a-3-1-1) 発生荷重

せん断力	$I_{HSd}=40.937 \text{ kN}$
1本あたり	1.365 kN

(a-3-1-2) 断面性能

固定ボルトの材質

SUS304

固定ボルトの呼び径

M30 (谷径 $\phi = 26.211$ mm)

固定ボルトの呼び径断面積

$$A_b = \pi/4 \cdot \phi^2 \\ = 539 \text{ mm}^2$$

(a-3-1-3) 発生応力

固定ボルトのせん断応力

$$\tau = S/A_b \\ = 1.365 \times 10^3 / 539 \\ = 2.533 \text{ N/mm}^2$$

(d) 許容応力

許容応力は、ダム・堰施設技術基準（案）（基準解説編・マニュアル編）（（社）ダム・施設技術協会，平成 25 年 6 月）に基づき設定する。

イ. Ss 地震時，基準津波時，基準津波＋余震時

(イ) 蓋

蓋（スキンプレート）の材質 SUS304

許容曲げ応力度 $\sigma_a = 100 \text{ N/mm}^2$

許容せん断応力度 $\tau_a = 60 \text{ N/mm}^2$

許容限界（曲げ） $1.5 \sigma_a = 150 \text{ N/mm}^2$

許容限界（せん断） $1.5 \tau_a = 90 \text{ N/mm}^2$

許容限界（組合せ） $1.65 \sigma_a = 165 \text{ N/mm}^2$

蓋（端部桁）の材質 SUS304

許容曲げ応力度 $\sigma_a = 100 \text{ N/mm}^2$

許容せん断応力度 $\tau_a = 60 \text{ N/mm}^2$

許容限界（曲げ） $1.5 \sigma_a = 150 \text{ N/mm}^2$

許容限界（せん断） $1.5 \tau_a = 90 \text{ N/mm}^2$

許容限界（組合せ） $1.65 \sigma_a = 165 \text{ N/mm}^2$

蓋（中間桁）の材質 SUS304

許容曲げ応力度 $\sigma_a = 100 \text{ N/mm}^2$

許容せん断応力度 $\tau_a = 60 \text{ N/mm}^2$

許容限界（曲げ） $1.5 \sigma_a = 150 \text{ N/mm}^2$

許容限界（せん断） $1.5 \tau_a = 90 \text{ N/mm}^2$

許容限界（組合せ） $1.65 \sigma_a = 165 \text{ N/mm}^2$

蓋（補助桁）の材質 SUS304

許容曲げ応力度 $\sigma_a = 100 \text{ N/mm}^2$

許容せん断応力度 $\tau_a = 60 \text{ N/mm}^2$

許容限界（曲げ） $1.5 \sigma_a = 150 \text{ N/mm}^2$

許容限界（せん断） $1.5 \tau_a = 90 \text{ N/mm}^2$

許容限界（組合せ） $1.65 \sigma_a = 165 \text{ N/mm}^2$

(ロ) 固定ボルト

固定ボルト（蓋）の材質 SUS304

許容せん断応力度 $\tau_a = 60 \text{ N/mm}^2$

許容限界（せん断） $1.5 \tau_a = 90 \text{ N/mm}^2$

ロ. 敷地に遡上する津波時、敷地に遡上する津波+余震時

(イ) 蓋

蓋（スキンプレート）の材質 SUS304

許容曲げ応力度 $\sigma_a = 100 \text{ N/mm}^2$

許容限界（曲げ） $1.9 \sigma_a = 190 \text{ N/mm}^2$

蓋（端部桁）の材質 SUS304

許容曲げ応力度 $\sigma_a = 100 \text{ N/mm}^2$

許容せん断応力度 $\tau_a = 60 \text{ N/mm}^2$

許容限界（曲げ） $1.9 \sigma_a = 190 \text{ N/mm}^2$

許容限界（せん断） $1.9 \tau_a = 114 \text{ N/mm}^2$

許容限界（組合せ） $1.9 \sigma_a = 190 \text{ N/mm}^2$

蓋（中間桁）の材質 SUS304

許容曲げ応力度 $\sigma_a = 100 \text{ N/mm}^2$

許容せん断応力度 $\tau_a = 60 \text{ N/mm}^2$

許容限界（曲げ） $1.9 \sigma_a = 190 \text{ N/mm}^2$

許容限界（せん断） $1.9 \tau_a = 114 \text{ N/mm}^2$

許容限界（組合せ） $1.9 \sigma_a = 190 \text{ N/mm}^2$

蓋（補助桁）の材質 SUS304

許容曲げ応力度 $\sigma_a = 100 \text{ N/mm}^2$

許容せん断応力度 $\tau_a = 60 \text{ N/mm}^2$

許容限界（曲げ） $1.9 \sigma_a = 190 \text{ N/mm}^2$

許容限界（せん断） $1.9 \tau_a = 114 \text{ N/mm}^2$

許容限界（組合せ） $1.9 \sigma_a = 190 \text{ N/mm}^2$

(ロ) 固定ボルト

固定ボルト（蓋）の材質 SUS304

許容せん断応力度 $\tau_a = 60 \text{ N/mm}^2$

許容限界（せん断） $1.9 \tau_a = 114 \text{ N/mm}^2$

(e) 応力評価結果

イ. S_s 地震時

S_s 地震時の評価結果を表 6.9.1-5 に示す。

表 6.9.1-5 S_s 地震時の応力評価結果 (蓋, 固定ボルト)

評価対象部位		発生応力 (N/mm ²)		許容応力 (N/mm ²)	
浸水防止 蓋	スキンプレート		曲げ	3	150
	主桁	端部桁	曲げ	2	150
			せん断	1	90
		組合せ*		2	165
		中間桁	曲げ	4	150
	せん断		2	90	
	組合せ*		4	165	
	補助桁		曲げ	1	150
			せん断	1	90
			組合せ*	1	165
固定ボルト		せん断	7	90	

注記 * : 曲げとせん断の組合せ応力

ロ. 基準津波時

基準津波時の評価結果を表 6.9.1-6 に示す。

表 6.9.1-6 基準津波時の応力評価結果 (蓋)

評価対象部位		発生応力 (N/mm ²)		許容応力 (N/mm ²)	
浸水防止 蓋	スキンプレート		曲げ	3	150
	主桁	端部桁	曲げ	2	150
			せん断	1	90
		組合せ*		2	165
		中間桁	曲げ	4	150
	せん断		2	90	
	組合せ*		4	165	
	補助桁	曲げ		1	150
		せん断		1	90
		組合せ*		1	165

注記 * : 曲げとせん断の組合せ応力

ハ. 基準津波＋余震時

基準津波＋余震時の評価結果を表 6.9.1-7 に示す。

表 6.9.1-7 基準津波＋余震時の応力評価結果（蓋）

評価対象部位		発生応力 (N/mm ²)		許容応力 (N/mm ²)	
浸水防止 蓋	スキンプレート		曲げ	2	150
	主桁	端部桁	曲げ	3	150
			せん断	1	90
		組合せ*		2	165
		中間桁	曲げ	4	150
	せん断		2	90	
	組合せ*		5	165	
	補助桁	曲げ		1	150
		せん断		1	90
		組合せ*		1	165
固定ボルト		せん断	3	90	

注記 * : 曲げとせん断の組合せ応力

二. T.P. +24m 津波時

敷地に遡上する津波時の評価結果を表 6.9.1-8 に示す。

表 6.9.1-8 敷地に遡上する津波時の応力評価結果 (蓋)

評価対象部位		発生応力 (N/mm ²)		許容応力 (N/mm ²)		
浸水防止 蓋	スキンプレート		曲げ	9	150	
	主桁	端部桁	曲げ	56	150	
			せん断	2	90	
				組合せ*	6	165
		中間桁	曲げ	11	150	
	せん断		4	90		
			組合せ*	12	165	
	補助桁		曲げ	1	150	
			せん断	1	90	
					組合せ*	2

注記 * : 曲げとせん断の組合せ応力

ホ. 敷地に遡上する津波+余震時
敷地に遡上する津波+余震時の評価結果を表 6.9.1-9 に示す。

表 6.9.1-9 敷地に遡上する津波+余震時の応力評価結果 (蓋)

評価対象部位		発生応力 (N/mm ²)		許容応力 (N/mm ²)	
浸水防止 蓋	スキンプレート		曲げ	7	150
	主桁	端部桁	曲げ	6	150
			せん断	2	90
		組合せ*		6	165
		中間桁	曲げ	11	150
	せん断		4	90	
	組合せ*		13	165	
	補助桁	曲げ		1	150
		せん断		1	90
		組合せ*		1	165
固定ボルト		せん断	3	90	

注記 * : 曲げとせん断の組合せ応力

(3) 逆止弁の補足説明

a. 海水ポンプグランドドレン排出口逆止弁の設計に関する補足説明

(a) 固有値解析

イ. 固有周期の計算

固有値解析に用いる記号については、添付書類「V-2-10-2-6-1 海水ポンプグランドドレン排出口逆止弁の耐震性についての計算書」にて示す記号を使用する。

固有周期計算モデルは1質点系モデルとして、重量の不均一性を考慮し、自由端に弁の集中質量を付加する。

モデル化は、円筒状の弁本体及び円柱状の4本のフロートガイドの異なる2つの断面をもつ梁の組合せとして設定する。モデル化の概略を図6.9.1-(3)-a-1に示す。

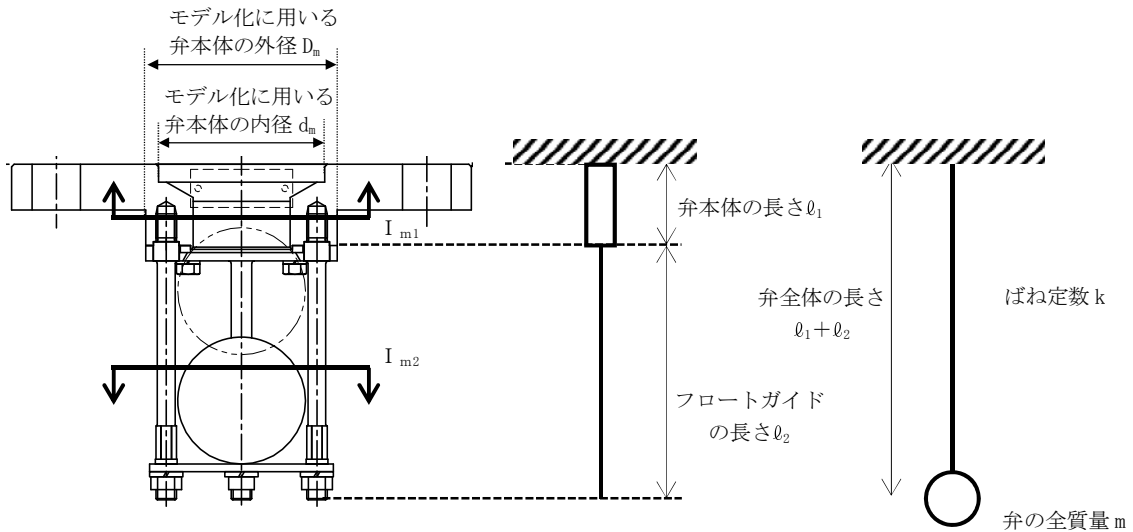


図 6.9.1-(3)-a-1 モデル化の概略

固有周期 T は以下の式より算出する。

$$T = \frac{1}{f}$$

$$f = \frac{1}{2 \cdot \pi} \cdot \sqrt{\frac{k}{m}}$$

モデルのばね定数 k は、モデルの等価断面二次モーメント I_m を用いて、以下の式より算出する。

$$k = \frac{3 \cdot E \cdot I_m}{(\ell_1 + \ell_2)^3}$$

f : 一次固有振動数 (Hz)

m : モデル化に用いる弁の全質量 (kg) = 3.95

モデル化に用いる弁本体の長さ ℓ_1 、モデル化に用いるフロートガイドの長さ

l_2 , モデル化に用いる弁本体の外径 D_m 及びモデル化に用いる弁本体の内径 d_m は図 6.9.1-(3)-a-1 からそれぞれ以下のとおりとする。

l_1 : モデル化に用いる弁本体の長さ (mm) = 30

l_2 : モデル化に用いるフロートガイドの長さ (mm) = 102

D_m : モデル化に用いる弁本体の外径 (mm) = 75

d_m : モデル化に用いる弁本体の内径 (mm) = 65

I_{m1} : モデル化に用いる弁本体の断面二次モーメント (mm^4) = 6.76915×10^5

$$I_{m1} = (D_m^4 - d_m^4) \cdot \pi / 64$$

$$I_{m1} = (75^4 - 65^4) \times \pi / 64 = 6.76915 \times 10^5 \text{ mm}^4$$

フロートガイドの図心 G と X 軸の距離 y_g 及びモデル化に用いるフロートガイドの直径 D_{fm} は図 6.9.1-(3)-a-2 からそれぞれ以下のとおりとする。

y_g : フロートガイドの図心 G と X 軸の距離 (mm) = 30

D_{fm} : モデル化に用いるフロートガイドの直径 (mm) = 7

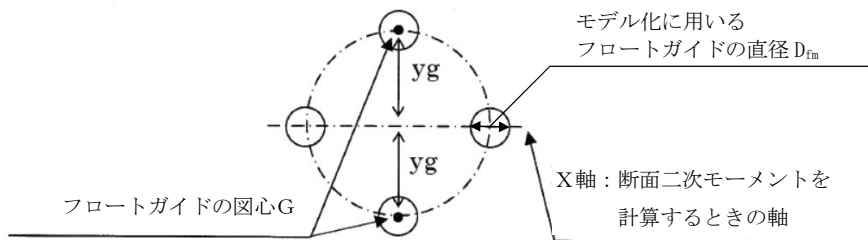


図 6.9.1-(3)-a-2 フロートガイド 4 本の断面

A : モデル化に用いるフロートガイド 1 本の断面積 (mm^2) = 38.48

$$A = D_{fm}^2 \cdot \pi / 4$$

$$A = 7^2 \times \pi / 4 = 38.4845 \text{ mm}^2 = 38.48 \text{ mm}^2$$

I_a : モデル化に用いるフロートガイド 1 本の断面二次モーメント (mm^4)

$$= 1.17858 \times 10^2$$

$$I_a = D_{fm}^4 \cdot \pi / 64$$

$$I_a = 7^4 \times \pi / 64 = 1.17858 \times 10^2 \text{ mm}^4$$

I_{m2} : モデル化に用いるフロートガイド 4 本の等価断面二次モーメント (mm^4)

$$= 6.97354 \times 10^4$$

$$I_{m2} = 2 \cdot I_a + 2 \cdot (I_a + (y_g)^2 \cdot A)$$

$$I_{m2} = 2 \times 1.17858 \times 10^2 + 2 \times (1.17858 \times 10^2 + (30)^2 \times 38.48)$$

$$= 6.97354 \times 10^4 \text{ mm}^4$$

I_m : モデル等価断面二次モーメント (mm^4) = 1.34914×10^5

モデルの等価断面二次モーメントは以下の式より算出する。

$$I_m = \frac{(\ell_1 + \ell_2)^3 \cdot I_{m1} \cdot I_{m2}}{I_{m1} \cdot \ell_2^3 + I_{m2} \cdot (\ell_1^3 + 3 \cdot \ell_1 \cdot \ell_2^2 + 3 \cdot \ell_1^2 \cdot \ell_2)}$$

$$I_m = ((30 + 102)^3 \times 6.76915 \times 10^5 \times 6.97354 \times 10^4) / (6.76915 \times 10^5 \times 102^3 + 6.97354 \times 10^4 \times (30^3 + 3 \times 30 \times 102^2 + 3 \times 30^2 \times 102))$$

$$= 1.34914 \times 10^5 \text{ mm}^4$$

$$E: \text{縦弾性係数 (MPa)} = 1.93 \times 10^5$$

JSME S NC1-2005/2007 付録材料図表 Part6 表1より、温度 50 °C におけるオーステナイト系ステンレス鋼の縦弾性係数は 193000 MPa

k : モデルのばね定数 (kg/s²)

$$k = (3 \cdot E \cdot I_m) / (\ell_1 + \ell_2)^3$$

$$k = (3 \times 1.93 \times 10^5 \times 1.34914 \times 10^5) / (30 + 102)^3 = 3.39636 \times 10^7 \text{ kg/s}^2$$

以上より、

$$f = 1/2 \pi \cdot \sqrt{(3.39636 \times 10^7 / (3.95))}$$

$$= 466.689 \text{ Hz} = 466 \text{ Hz}$$

$$T = 1/466 = 0.00214 \text{ s} = 0.003 \text{ s}$$

ロ. 固有値解析結果

固有周期は 0.003 s であり、0.05s 以下であることから、剛構造である。

(b) 評価条件の整理

イ. 固定荷重

固定荷重の算出に用いる記号については、添付書類「V-2-10-2-6-1 海水ポンプ グランドドレン排出口逆止弁の耐震性についての計算書」にて示す記号を使用する。

固定荷重は以下のとおりとする。

$$W_{d1} = m \cdot g$$

ここで、

W_{d1} : 弁全体の常時荷重 (N)

m : 弁の全質量 (kg) = 3.95

g : 重力加速度 (m/s²) = 9.80665

以上より、

$$W_{d1} = m \cdot g$$

$$= 3.95 \times 9.80665$$

$$= 38.7362 \text{ N}$$

$$W_{d2} = m_f \cdot g$$

ここで、

W_{d2} : フロートガイド 1 本あたりに作用する常時荷重 (N)

M_f : フロートガイド 1 本あたりの質量 (kg) = 0.05

g : 重力加速度 (m/s^2) = 9.80665

以上より、

$$\begin{aligned} W_{d2} &= m_f \cdot g \\ &= 0.05 \times 9.80665 \\ &= 0.490332 \text{ N} \end{aligned}$$

ロ. 風荷重及び積雪荷重

添付書類「V-2-1-9 機能維持の基本方針」及び添付書類「V-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」にて設定した荷重の組合せに基づき、考慮しない。

(c) 応力計算

イ. 基準津波時

基準津波時の応力算出に用いる記号については、添付書類「V-3-別添 3-2-5-1 海水ポンプグラウンド dren 排出口逆止弁の強度計算書」にて示す記号を使用する。

(イ) 荷重条件

(a-1) 固定荷重

固定荷重は「(b) 評価条件の整理」にて示したとおりとする。

(a-2) 風荷重及び積雪荷重

風荷重及び積雪荷重は「(b) 評価条件の整理」にて示したとおりとする。

(a-3) 突き上げ津波荷重

突き上げ津波荷重は「港湾の施設の技術上の基準・同解説」における流れに伴う流体力の算出式より、以下のとおり算出する。

$$P_t = (\rho_o \cdot g \cdot h + 1/2 \cdot C_D \cdot \rho_o \cdot U^2) / 10^6$$

ここで、

P_t : 突き上げ津波荷重 (MPa)

ρ_o : 海水の密度 (kg/m³) = 1030

g : 重力加速度 (m/s²) = 9.80665

h : 津波荷重水位 (m) = 22.0

(基準津波の水位に対し、参照する裕度である+0.65mを含めても十分に保守的である水位として設定した津波荷重水位)

C_D : 抗力係数 = 2.01

U : 流速 (m/s) = 2.0

以上より、

$$P_t = (1030 \times 9.80665 \times 22.0 + 1/2 \times 2.01 \times 1030 \times 2.0^2) / 10^6 \\ = 0.226359 \text{ MPa}$$

(ロ) 各部の応力計算

(a-1) 弁本体の発生応力

$$\sigma_{t1} = \frac{P_t \cdot A_2}{A_1}$$

ここで、

σ_{t1} : 弁本体に加わる圧縮応力 (MPa)

P_t : 突き上げ津波荷重 (MPa) = 0.226359

図 6.9.1-(3)-a-3 に示す構造図から、突き上げ津波荷重が弁本体に作用する評価に用いる受圧面の直径 D_2 及び弁本体の内径 d_1 をそれぞれ以下のとおりとする。

D_2 : 突き上げ津波荷重が弁本体に作用する評価に用いる

受圧面の直径 (mm) = 75

d_1 : 弁本体の内径 (mm) = 65

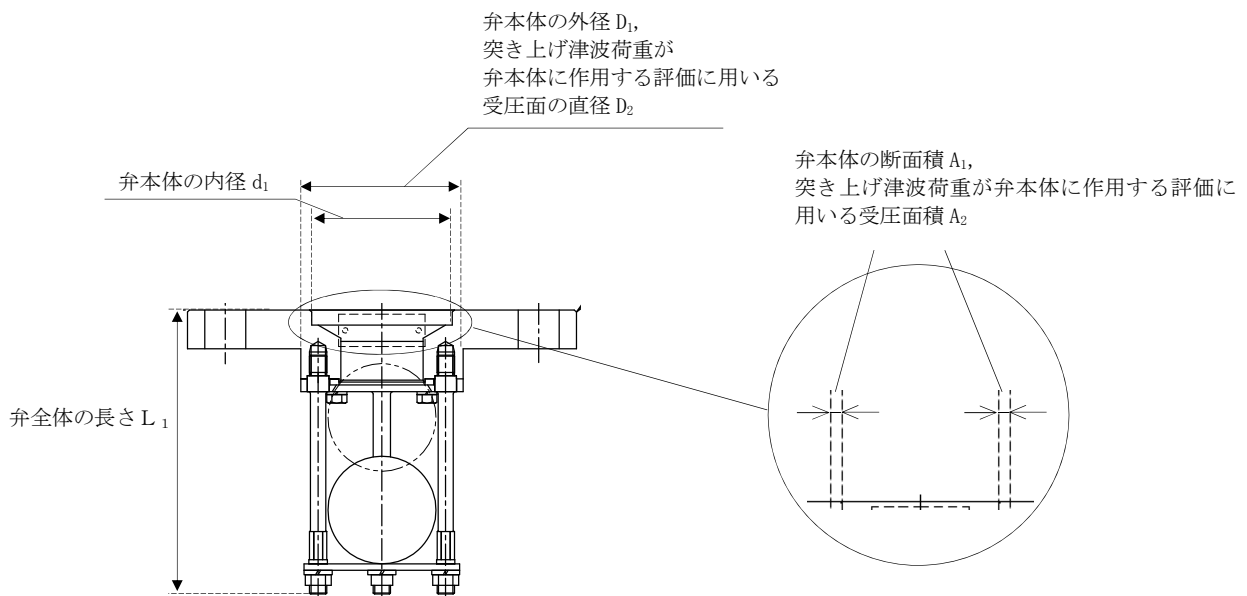


図 6.9.1-(3)-a-3 海水ポンプグランド dren 排出口逆止弁の弁本体の受圧面の寸法図

A_1 : 弁本体の断面積 (mm^2) = 1.100×10^3

$$A_1 = (75^2 - 65^2) \times \pi / 4$$

$$= 1.09955 \times 10^3 \text{ mm}^2 = 1.100 \times 10^3 \text{ mm}^2$$

A_2 : 突き上げ津波荷重が弁本体に作用する評価に用いる

受圧面積 (mm^2) = 1.100×10^3

$$A_2 = A_1$$

$$\begin{aligned} \text{圧縮応力 } \sigma_{t1} &= (0.226359 \times 1.100 \times 10^3) / (1.100 \times 10^3) \\ &= 0.226359 \text{ MPa} = 1 \text{ MPa} \end{aligned}$$

(a-2) フロートガイドの発生応力

$$\sigma_{t2} = \frac{P_t \cdot A_4}{A_3}$$

ここで、

σ_{t2} : フロートガイドに加わる圧縮応力 (MPa)

P_t : 突き上げ津波荷重 (MPa) = 0.226359

図 6.9.1-(3)-a-4 に示す寸法図から、フロートガイドの最小直径 D_3 、突き上げ津波荷重がフロートガイドに作用する評価に用いる受圧面の直径 D_4 をそれぞれ以下のとおりとする。

D_3 : フロートガイドの最小直径 (mm) = 6.6

D_4 : 突き上げ津波荷重がフロートガイドに作用する評価に用いる受圧面の直径 (mm) = 7

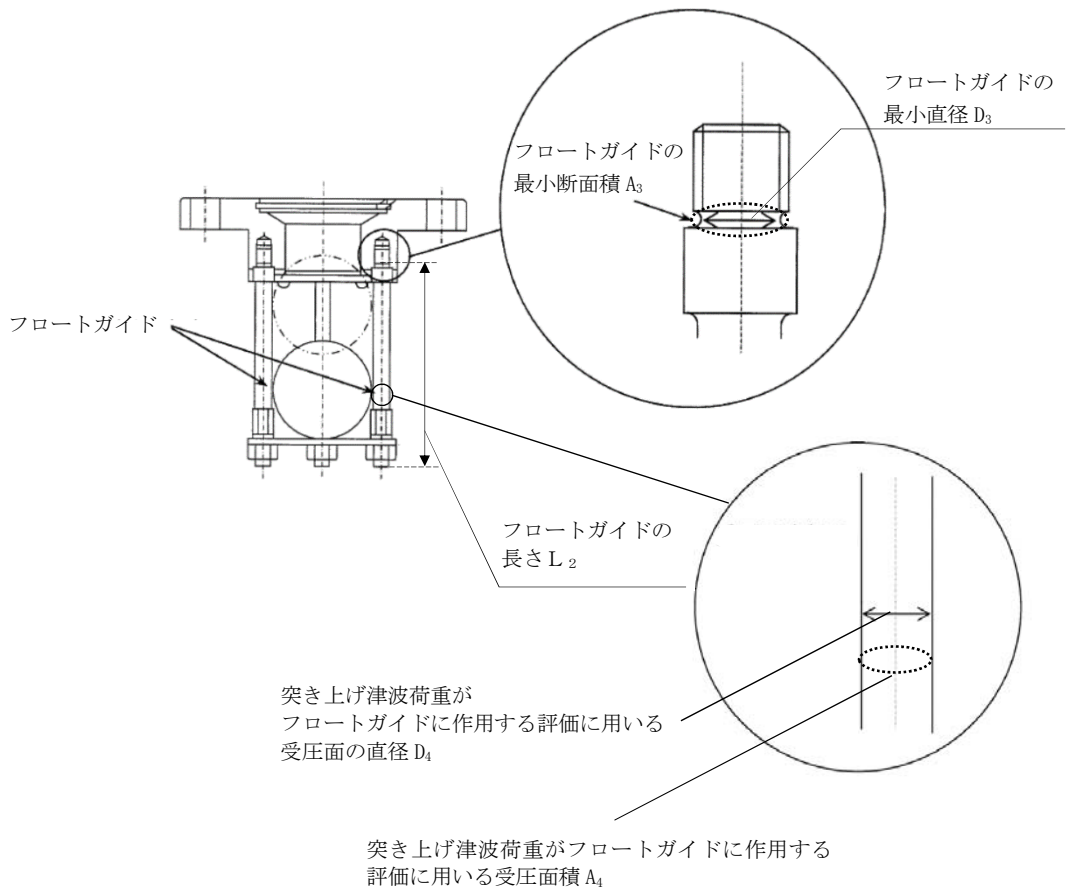


図 6.9.1-(3)-a-4 海水ポンプグランド dren 排出口逆止弁のフロートガイド寸法図

A_3 : フロートガイドの最小断面積 (mm^2) = 34.21

$$A_3 = 6.6^2 \times \pi / 4$$

$$= 34.2119 \text{ mm}^2 = 34.21 \text{ mm}^2$$

A_4 : 突き上げ津波荷重がフロートガイドに作用する評価に用いる受圧面積 (mm^2) = 38.48

$$A_4 = (7^2) \times \pi / 4$$

$$= 38.4845 \text{ mm}^2 = 38.48 \text{ mm}^2$$

$$\text{圧縮応力 } \sigma_{t2} = (0.226359 \times 38.48) / (34.21)$$

$$= 0.254612 \text{ MPa} = 1 \text{ MPa}$$

(a-3) 基礎ボルトの発生応力

$$\sigma_{t3} = \frac{P_t \cdot A_6}{A_5 \cdot n}$$

ここで、

σ_{t3} : 基礎ボルト 1 本当たりのねじ部に加わる引張応力 (MPa)

P_t : 突き上げ津波荷重 (MPa) = 0.226359

A_5 : 基礎ボルトのねじ部の断面積 (mm^2) = 2.011×10^2

呼び径 16mm のボルトの断面積であるため

$$A_5 = 16^2 \times \pi / 4 = 201.061 \text{ mm}^2 = 2.011 \times 10^2 \text{ mm}^2$$

図 6.9.1-(3)-a-5 に示す寸法図から、突き上げ津波荷重が基礎ボルトに作用する評価に用いる受圧面の直径 D_6 を以下のとおりとする。

D_6 : 突き上げ津波荷重が基礎ボルトに作用する評価に用いる受圧面の直径 (mm) = 80

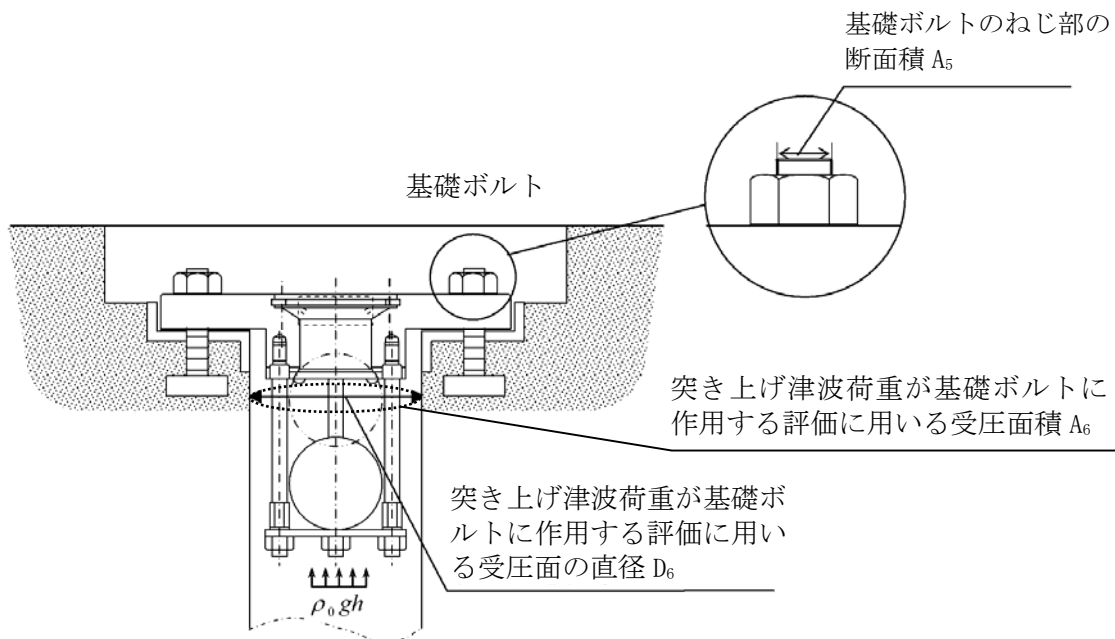


図 6.9.1-(3)-a-5 海水ポンプグランド dren 排出口逆止弁の基礎ボルトの受圧面直径及びねじ部の面積

A_6 : 突き上げ津波荷重が弁蓋に作用する評価に用いる

受圧面積 (mm^2) = 1.708×10^3

$$A_6 = (80^2 - 65^2) \times \pi / 4 = 1708.24 \text{ mm}^2 = 1.708 \times 10^3 \text{ mm}^2$$

n : 基礎ボルトの本数 (本) = 4

基礎ボルト 1 本当たりのねじ部に

$$\begin{aligned} \text{加わる引張応力 } \sigma_{t3} &= (0.226359 \times 1.708 \times 10^3) / (2.011 \times 10^2 \times 4) \\ &= 0.480632 \text{ MPa} = 1 \text{ MPa} \end{aligned}$$

(a-4) フロートに発生する圧力

波圧によりフロートに発生する圧力 P_w は突き上げ津波荷重 P_t の算出結果をもとに設定する。突き上げ津波荷重 P_t は以下のとおりである。

$$P_t = 0.226359 \text{ (MPa)}$$

上記の算出結果を踏まえ、波圧によりフロートに発生する圧力 P_w を 0.3 (MPa) とする。

ロ. S_s 地震時

S_s 地震時の応力算出に用いる記号については、添付書類「V-2-10-2-6-1 海水ポンプグランドドレン排出口逆止弁の耐震性についての計算書」にて示す記号を使用する。

(イ) 荷重条件

(a-1) 固定荷重

固定荷重は「(b) 評価条件の整理」にて示したとおりとする。

(a-2) 風荷重及び積雪荷重

風荷重及び積雪荷重は「(b) 評価条件の整理」にて示したとおりとする。

(a-3) S_s 地震荷重

固有値解析の結果より、海水ポンプグランドドレン排出口逆止弁の固有周期が 0.05s 以下であることを確認したため、海水ポンプグランドドレン排出口逆止弁の耐震計算に用いる設計震度は、添付書類「V-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に示す取水構造物における設置床の最大応答加速度の 1.2 倍を考慮して設定する。応力評価に用いる基準地震動 S_s による設計震度を表 6.9.1-(3)-a-1 に示す。

表 6.9.1-(3)-a-1 応力評価に用いる基準地震動 S_s による設計震度

地震動	据付場所 及び床面高さ (m)	地震による設計震度*1	
		基準地震動 S_s	取水構造物 EL. 0.800 (EL. 0.300*2)
		鉛直方向 C_V	1.03

注記 *1：海水ポンプグランドドレン排出口逆止弁の固有周期が 0.05s 以下であることを確認したため、設置床の最大応答加速度の 1.2 倍を考慮した設計震度を設定した。

*2：基準床レベルを示す。

(a-3-1) 弁本体

(a-3-1-1) 鉛直加速度負荷時

$$W_{d1} = m \cdot g$$

$$F_{V1} = m \cdot C_V \cdot g$$

ここで、

W_{d1} : 弁全体の常時荷重 (N)

F_{V1} : 弁本体に加わる鉛直方向地震荷重 (N)

C_V : 基準地震動 S_s による鉛直方向の設計震度 = 1.03

m : 弁の質量 (kg) = 3.95

g : 重力加速度 (m/s^2) = 9.80665

$$W_{d1} = 3.95 \times 9.80665$$

$$= 38.7362 \text{ N}$$

$$F_{V1} = 3.95 \times 1.03 \times 9.80665$$

$$= 39.8983 \text{ N}$$

(a-3-1-2) 水平加速度負荷時

$$F_{H1} = m \cdot C_H \cdot g$$

$$M_1 = F_{H1} \cdot L_1$$

ここで、

F_{H1} : 弁本体の最下端に加わる水平方向地震荷重 (N)

M_1 : 弁本体に発生する曲げモーメント (N・mm)

L_1 : 弁全体の長さ (mm) = 132

C_H : 基準地震動 S_s による水平方向の設計震度 = 1.10

m : 弁の質量 (kg) = 3.95

g : 重力加速度 (m/s^2) = 9.80665

$$F_{H1} = 3.95 \times 1.10 \times 9.80665$$

$$= 42.6098 \text{ N}$$

$$M_1 = 42.6098 \times 132$$

$$= 5624.49 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

(a-3-2) フロートガイド

(a-3-2-1) 鉛直加速度負荷時

$$W_{d2} = m_f \cdot g$$

$$F_{V2} = m_f \cdot C_V \cdot g$$

ここで、

W_{d2} : フロートガイドに作用する常時荷重 (N)

F_{V2} : フロートガイドに加わる鉛直方向地震荷重 (N)

C_V : 基準地震動 S_s による鉛直方向の設計震度 = 1.03

m_2 : フロートガイドの質量 (kg) = 0.05

g : 重力加速度 (m/s^2) = 9.80665

$$W_{d2} = 0.05 \times 9.80665$$

$$= 0.490332 \text{ N}$$

$$F_{V2} = 0.05 \times 1.03 \times 9.80665$$

$$= 0.505042 \text{ N}$$

(a-3-2-2) 水平加速度負荷時

$$F_{H2} = m_f \cdot C_H \cdot g$$

$$M_2 = F_{H2} \cdot L_2$$

ここで、

F_{H2} : フロートガイドの最下端に加わる水平方向地震荷重 (N)

M_2 : フロートガイドに発生する曲げモーメント (N・mm)

L_2 : フロートガイドの長さ (mm) = 102

C_H : 基準地震動 S_s による水平方向の設計震度 = 1.10

m_f : フロートガイドの質量 (kg) = 0.05

g : 重力加速度 (m/s^2) = 9.80665

$$F_{H2} = 0.05 \times 1.10 \times 9.80665$$

$$= 0.539365 \text{ N}$$

$$M_2 = 0.539365 \times 102$$

$$= 55.0152 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

(a-3-3) 基礎ボルト

(a-3-3-1) 鉛直加速度負荷時

弁全体の常時荷重 W_{d1} 及び弁本体に加わる鉛直方向荷重 F_{V1} が作用する。

(a-3-3-2) 水平加速度負荷時

弁本体の最下端に加わる水平方向地震荷重 F_{H1} が作用する。

(ロ) 各部の応力計算

(a-1) 弁本体の発生応力

$$\sigma_{v1} = \frac{W_{d1} + F_{v1}}{A_1}$$

ここで,

σ_{v1} : 弁蓋に加わる引張応力 (MPa)

W_{d1} : 弁全体の常時荷重 (N) = 38.7362

F_{v1} : 弁本体に加わる鉛直方向地震荷重 (N) = 39.8983

A_1 : 弁本体の断面積 (mm^2) = 1.100×10^3

弁本体の外径 D_1 及び弁本体の内径 d_1 をそれぞれ以下のとおりとする。

D_1 : 弁本体の外径 (mm) = 75

d_1 : 弁本体の内径 (mm) = 65

$$\begin{aligned} A_1 &= (75^2 - 65^2) \times \pi / 4 \\ &= 1.09955 \times 10^3 \text{ mm}^2 = 1.100 \times 10^3 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{引張応力 } \sigma_{v1} &= (38.7362 + 39.8983) / (1.100 \times 10^3) \\ &= 0.0714859 \text{ MPa} = 1 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\sigma_{H1} = \frac{M_1 \cdot D_1 / 2}{I_1}$$

ここで,

σ_{H1} : 弁本体に加わる曲げ応力 (MPa)

M_1 : 弁本体に発生する曲げモーメント ($\text{N} \cdot \text{mm}$) = 5624.49

I_1 : 弁本体の断面二次モーメント (mm^4) = 6.76915×10^5

弁本体の外径 D_1 及び弁本体の内径 d_1 をそれぞれ以下のとおりとする。

D_1 : 弁本体の外径 (mm) = 75

d_1 : 弁本体の内径 (mm) = 65

$$\begin{aligned} I_1 &= (D_1^4 - d_1^4) \cdot \frac{\pi}{64} \\ I_1 &= (75^4 - 65^4) \times \pi / 64 \\ &= 6.76915 \times 10^5 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{曲げ応力 } \sigma_{H1} &= (5624.49 \times (75/2)) / (6.76915 \times 10^5) \\ &= 0.311587 \text{ MPa} = 1 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\text{組合せ応力 } \sigma_{v1} + \sigma_{H1} = 1 + 1 = 2 \text{ MPa}$$

(a-2) フロートガイドの発生応力

$$\sigma_{v2} = \frac{W_{d2} + F_{v2}}{A_2}$$

ここで、

σ_{v2} : フロートガイドの最小断面積に加わる引張応力 (MPa)

W_{d2} : フロートガイド 1 本あたりに作用する常時荷重 (N) = 0.490332

F_{v2} : フロートガイドに加わる鉛直方向地震荷重 (N) = 0.505042

A_2 : フロートガイドの最小断面積 (mm²) = 34.21

フロートガイドの最小直径 D_2 を以下のとおりとする。

D_2 : フロートガイドの最小直径 (mm) = 6.6

$$\begin{aligned} A_2 &= 6.6^2 \times \pi / 4 \\ &= 34.2119 \text{ mm}^2 = 34.21 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{引張応力 } \sigma_{v2} &= (0.490332 + 0.505042) / 34.21 \\ &= 0.0290959 \text{ MPa} = 1 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\sigma_{H2} = \frac{M_2 \cdot D_2 / 2}{I_2}$$

ここで、

σ_{H2} : フロートガイドの最小断面積に加わる曲げ応力 (MPa)

M_2 : フロートガイドに発生する曲げモーメント (N・mm) = 55.0152

D_2 : フロートガイドの最小直径 (mm) = 6.6

A_2 : フロートガイドの最小断面積 (mm²) = 34.21

I_2 : フロートガイドの断面二次モーメント (mm⁴) = 93.1420

フロートガイドの断面二次モーメント I_2 は以下の式より算出する。

$$I_2 = D_2^4 \cdot \pi / 64$$

$$I_2 = 6.6^4 \times \pi / 64 = 93.1420 \text{ mm}^4$$

$$\begin{aligned} \text{曲げ応力 } \sigma_{H2} &= (55.0152 \times (6.6/2)) / (93.1420) \\ &= 1.94917 \text{ MPa} = 2 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\text{組合せ応力 } \sigma_{v2} + \sigma_{H2} = 1 + 2 = 3 \text{ MPa}$$

(a-3) 基礎ボルトの発生応力

$$\sigma_{bv} = \frac{F_{v1} - W_{d1}}{A_3 \cdot n}$$

ここで、

σ_{bv} : 鉛直方向地震荷重により基礎ボルト 1 本あたりに加わる引張応力 (MPa)

W_{d1} : 弁全体の常時荷重 (N) = 38.7362

F_{V1} : 弁本体に加わる鉛直方向地震荷重 (N) = 39.8983
 A_3 : 基礎ボルトのねじ部の断面積 (mm²) = 2.011 × 10²
 n : 基礎ボルトの本数 (本) = 4

鉛直方向地震荷重による引張応力

$$\sigma_{bV} = (39.8983 - 38.7362) / (2.011 \times 10^2 \times 4) = 0.00144467 \text{ MPa} = 1 \text{ MPa}$$

$$\tau_3 = \frac{F_{H1}}{A_3 \cdot n}$$

ここで、

τ_3 : 基礎ボルトに加わるせん断応力 (MPa)

F_{H1} : 弁本体の最下端に加わる水平方向地震荷重 (N) = 42.6098

A_3 : 基礎ボルトのねじ部の断面積 (mm²) = 2.011 × 10²

呼び径 16mm のボルトの断面積であるため

$$A_3 = 16^2 \times \pi / 4 = 201.061 \text{ mm}^2 = 2.011 \times 10^2 \text{ mm}^2$$

n : 基礎ボルトの本数 (本) = 4

$$\text{せん断応力 } \tau_3 = 42.6098 / (2.011 \times 10^2 \times 4) = 0.0529709 \text{ MPa} = 1 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{bH} = \frac{F_{H1} \cdot L_1}{D_p \cdot A_3}$$

ここで、

σ_{bH} : 水平方向地震荷重によるモーメントにより基礎ボルト 1 本あたりに加わる引張応力 (MPa)

F_{H1} : 弁本体の最下端に加わる水平方向地震荷重 (N) = 42.6098

L_1 : 弁全体の長さ (mm) = 132

D_p : 基礎ボルトのピッチサークル = 145

A_3 : 基礎ボルトのねじ部の断面積 (mm²) = 2.011 × 10²

$$\text{モーメントによる引張応力 } \sigma_{bH} = (42.6098 \times 132) / (145 \times 2.011 \times 10^2) = 0.192887 \text{ MPa} = 1 \text{ MPa}$$

$$\text{基礎ボルトの引張応力 } \sigma_{bH} + \sigma_{bV} = 1 + 1 = 2 \text{ MPa}$$

ハ. 基準津波+S_d地震時

基準津波+S_d地震時の応力算出に用いる記号については、添付書類「V-3-別添 3-2-5-1 海水ポンプグラントドレン排出口逆止弁の強度計算書」にて示す記号を使用する。

(イ) 荷重条件

(a-1) 固定荷重

固定荷重は「(b) 評価条件の整理」にて示したとおりとする。

(a-2) 風荷重及び積雪荷重

風荷重及び積雪荷重は「(b) 評価条件の整理」にて示したとおりとする。

(a-3) 突き上げ津波荷重

突き上げ津波荷重は「イ. 基準津波時」にて示したとおりとする。

(a-4) S_d地震荷重

海水ポンプグラントドレン排出口逆止弁の固有周期が 0.05s 以下であることを確認したため、海水ポンプグラントドレン排出口逆止弁の強度計算に用いる設計震度は、添付書類「V-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に示す取水構造物における設置床の最大応答加速度の 1.2 倍を考慮して設定する。海水ポンプグラントドレン排出口逆止弁の強度計算に用いる設計震度を表 6.9.1-(3)-a-2 に示す。

表 6.9.1-(3)-a-2 応力評価に用いる弾性設計用地震動 S_dによる設計震度

地震動	据付場所 及び床面高さ (m)	余震による設計震度*1	
弾性設計用地震動 S _d -D1	取水構造物 EL. 0.800 (EL. 0.300*2)	水平方向 C _{HSd}	0.61
		鉛直方向 C _{VSd}	0.43

注記 *1：海水ポンプグラントドレン排出口逆止弁の固有周期が 0.05s 以下であることを確認したため、設置床の最大応答加速度の 1.2 倍を考慮した設計震度を設定した。

*2：基準床レベルを示す。

(a-4-1) 弁本体

(a-4-1-1) 鉛直加速度負荷時

$$F_{V1} = m_1 \cdot C_{Vsd} \cdot g$$

ここで、

F_{V1} : 弁本体に加わる鉛直方向地震荷重 (N)

C_{Vsd} : 余震による鉛直方向の設計震度 = 0.43

m_1 : 弁の全質量 (kg) = 3.95

g : 重力加速度 (m/s^2) = 9.80665

$$\begin{aligned} F_{V1} &= 3.95 \times 0.43 \times 9.80665 \\ &= 16.6565 \text{ N} \end{aligned}$$

(a-4-1-2) 水平加速度負荷時

$$F_{H1} = m_1 \cdot C_{Hsd} \cdot g$$

$$M_1 = F_{H1} \cdot L_1$$

ここで、

F_{H1} : 弁本体の最下端に加わる水平方向地震荷重 (N)

M_1 : 弁本体に発生する曲げモーメント ($N \cdot mm$)

L_1 : 弁全体の長さ (mm) = 132

C_{Hsd} : 余震による水平方向の設計震度 = 0.61

m_1 : 弁の質量 (kg) = 3.95

g : 重力加速度 (m/s^2) = 9.80665

$$\begin{aligned} F_{H1} &= 3.95 \times 0.61 \times 9.80665 \\ &= 23.6291 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_1 &= 23.6291 \times 132 \\ &= 3119.04 \text{ N} \cdot mm \end{aligned}$$

(a-4-2) フロートガイド

(a-4-2-1) 鉛直加速度負荷時

$$F_{V2} = m_2 \cdot C_{Vsd} \cdot g$$

ここで、

F_{V2} : フロートガイドに加わる鉛直方向地震荷重 (N)

C_{Vsd} : 余震による鉛直方向の設計震度 = 0.43

m_2 : フロートガイドの質量 (kg) = 0.05

g : 重力加速度 (m/s^2) = 9.80665

$$\begin{aligned} F_{V2} &= 0.05 \times 0.43 \times 9.80665 \\ &= 0.210842 \text{ N} \end{aligned}$$

(a-4-2-2) 水平加速度負荷時

$$F_{H2} = m_2 \cdot C_{HSd} \cdot g$$

$$M_2 = F_{H2} \cdot L_2$$

ここで、

F_{H2} : フロートガイドの最下端に加わる水平方向地震荷重 (N)

M_2 : フロートガイドに発生する曲げモーメント (N・mm)

L_2 : フロートガイドの長さ (mm) = 102

C_{HSd} : 余震による水平方向の設計震度 = 0.61

m_2 : フロートガイドの質量 (kg) = 0.05

g : 重力加速度 (m/s²) = 9.80665

$$F_{H2} = 0.05 \times 0.61 \times 9.80665$$

$$= 0.299102 \text{ N}$$

$$M_2 = 0.299102 \times 102$$

$$= 30.5084 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

(a-4-3) 基礎ボルト

(a-4-3-1) 鉛直加速度負荷時

弁全体の常時荷重 W_1 及び弁本体に加わる鉛直方向地震荷重 F_{V1} が作用する。

(a-4-3-2) 水平加速度負荷時

弁本体の最下端に加わる水平方向地震荷重 F_{H1} が作用する。

(ロ) 各部の応力計算

(a-1) 弁本体の発生応力

$$\sigma_{v1} = \frac{F_{v1} + P_t \cdot A_2}{A_1}$$

ここで、

σ_{v1} : 弁本体に加わる圧縮応力 (MPa)

F_{v1} : 弁本体に加わる鉛直方向地震荷重 (N) = 0

(鉛直方向の設計震度が1以下の場合は弁の浮上がりが起こらないことから考慮しない。)

P_t : 突き上げ津波荷重 (MPa) = 0.226359

A_1 : 弁本体の断面積 (mm²) = 1.100 × 10³

A_2 : 突き上げ津波荷重が弁本体に作用する評価に用いる
受圧面積 (mm²) = A_1 = 1.100 × 10³

$$\begin{aligned} \text{圧縮応力 } \sigma_{v1} &= (0.226359 \times 1.100 \times 10^3) / (1.100 \times 10^3) \\ &= 0.226359 \text{ MPa} = 1 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\sigma_{H1} = \frac{M_1 \cdot D_1 / 2}{I_1}$$

ここで、

σ_{H1} : 弁本体に加わる曲げ応力 (MPa)

M_1 : 弁本体に発生する曲げモーメント (N・mm) = 3119.04

I_1 : 弁本体の断面二次モーメント (mm⁴) = 6.76915 × 10⁵

D_1 : 弁本体の外径 (mm) = 75

$$\begin{aligned} \text{曲げ応力 } \sigma_{H1} &= (3119.04 \times (75/2)) / (6.76915 \times 10^5) \\ &= 0.172789 \text{ MPa} = 1 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\text{組合せ応力 } \sigma_{v1} + \sigma_{H1} = 1 + 1 = 2 \text{ MPa}$$

(a-2) フロートガイドの発生応力

$$\sigma_{v2} = \frac{F_{v2} + P_t \cdot A_4}{A_3}$$

ここで、

σ_{v2} : フロートガイドの最小断面積に加わる圧縮応力 (MPa)

F_{v2} : フロートガイドに加わる鉛直方向地震荷重 (N) = 0

(鉛直方向の設計震度が1以下の場合は弁の浮上がりが起こらないことから考慮しない。)

P_t : 突き上げ津波荷重 (MPa) = 0.226359

A_3 : フロートガイドの最小断面積 (mm²) = 34.21

A_4 : 突き上げ津波荷重がフロートガイドに作用する評価に用いる受圧面積 (mm²) = 38.48

$$\begin{aligned} \text{圧縮応力 } \sigma_{v2} &= (0.226359 \times 38.48) / 34.21 \\ &= 0.254612 \text{ MPa} = 1 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\sigma_{H2} = \frac{M_2 \cdot D_3 / 2}{I_2}$$

ここで,

σ_{H2} : フロートガイドに加わる曲げ応力 (MPa)

M_2 : フロートガイドに発生する曲げモーメント (N・m) = 30.5084

I_2 : フロートガイドの断面二次モーメント (mm⁴) = 93.1420

D_3 : フロートガイドの最小直径 (mm) = 6.6

$$\begin{aligned} \text{曲げ応力 } \sigma_{H2} &= (30.5084 \times (6.6/2)) / 93.1420 \\ &= 1.08090 \text{ MPa} = 2 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\text{組合せ応力 } \sigma_{v2} + \sigma_{H2} = 1 + 2 = 3 \text{ MPa}$$

(a-3) 基礎ボルトの発生応力

$$\sigma_{v3} = \frac{F_{V1} + P_t \cdot A_6}{A_5 \cdot n}$$

ここで,

σ_{v3} : 基礎ボルト 1 本当たりのねじ部に加わる引張応力 (MPa)

F_{V1} : 弁本体に加わる鉛直方向地震荷重 (N) = 0

(鉛直方向の設計震度が 1 以下の場合は弁の浮上がりが起こらないことから考慮しない。)

P_t : 突き上げ津波荷重 (MPa) = 0.226359

A_5 : 基礎ボルトのねじ部の断面積 (mm²) = 201.1

A_6 : 突き上げ津波荷重が基礎ボルトに作用する評価に用いる受圧面積 (mm²) = 1.708×10^3

n : 基礎ボルトの本数 (本) = 4

基礎ボルト 1 本当たりのねじ部に加わる引張応力

$$\begin{aligned} \sigma_{v3} &= (0.226359 \times 1.708 \times 10^3) / (201.1 \times 4) \\ &= 0.480632 \text{ MPa} = 1 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\tau_3 = \frac{F_{H1}}{A_5 \cdot n}$$

ここで、

τ_3 : 基礎ボルトのねじ部に加わるせん断応力 (MPa)

F_{H1} : 弁本体の最下端に加わる水平方向地震荷重 (N) = 23.6291

A_5 : 基礎ボルトのねじ部の断面積 (mm²) = 201.1

n : 基礎ボルトの本数 (本) = 4

$$\begin{aligned} \text{せん断応力 } \tau_3 &= (23.6291) / (201.1 \times 4) \\ &= 0.0293748 \text{ MPa} = 1 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\sigma_{v4} = \frac{F_{H1} \cdot L_1}{D_p \cdot A_5}$$

ここで、

σ_{v4} : モーメントにより基礎ボルト 1 本当たりの
ねじ部に加わる引張応力 (MPa)

F_{H1} : 弁本体の最下端に加わる水平方向地震荷重 (N) = 23.6291

L_1 : 弁全体の長さ (mm) = 132

D_p : 基礎ボルトのピッチサークル = 145

A_5 : 基礎ボルトのねじ部の断面積 (mm²) = 201.1

モーメントにより弁蓋ボルト 1 本当たりのねじ部に加わる引張応力

$$\sigma_{v4} = (23.6291 \times 132) / (145 \times 201.1) = 0.106964 \text{ MPa} = 1 \text{ MPa}$$

$$\text{基礎ボルトの引張応力 } \sigma_{v3} + \sigma_{v4} = 1 + 1 = 2 \text{ MPa}$$

二. 敷地に遡上する津波時

敷地に遡上する津波時の応力算出に用いる記号については、添付書類「V-3-別添3-2-5-1 海水ポンプグラウンド dren 排出口逆止弁の強度計算書」にて示す記号を使用する。

(イ) 荷重条件

(a-1) 固定荷重

固定荷重は「(b) 評価条件の整理」にて示したとおりとする。

(a-2) 風荷重及び積雪荷重

風荷重及び積雪荷重は「(b) 評価条件の整理」にて示したとおりとする。

(a-3) 突き上げ津波荷重

突き上げ津波荷重は「港湾の施設の技術上の基準・同解説」における流れに伴う流体力の算出式より、以下のとおり算出する。

$$P_t = (\rho_o \cdot g \cdot h + 1/2 \cdot C_D \cdot \rho_o \cdot U^2) / 10^6$$

ここで、

P_t : 突き上げ津波荷重 (MPa)

ρ_o : 海水の密度 (kg/m³) = 1030

g : 重力加速度 (m/s²) = 9.80665

h : 津波荷重水位 (m) = 26.0

C_D : 抗力係数 = 2.01

U : 流速 (m/s) = 2.0

以上より、

$$\begin{aligned} P_t &= (1030 \times 9.80665 \times 26.0 + 1/2 \times 2.01 \times 1030 \times 2.0^2) / 10^6 \\ &= 0.266762 \text{ MPa} \end{aligned}$$

(ロ) 各部の応力計算

(a-1) 弁本体の発生応力

$$\sigma_{t1} = \frac{P_t \cdot A_2}{A_1}$$

ここで、

σ_{t1} : 弁本体に加わる圧縮応力 (MPa)

P_t : 突き上げ津波荷重 (MPa) = 0.266762

図 6.9.1-(3)-a-6 に示す構造図から、突き上げ津波荷重が弁本体に作用する評価に用いる受圧面の直径 D_2 及び弁本体の内径 d_1 をそれぞれ以下のとおりとする。

D_2 : 突き上げ津波荷重が弁本体に作用する評価に用いる
受圧面の直径 (mm) = 75

d_1 : 弁本体の内径 (mm) = 65

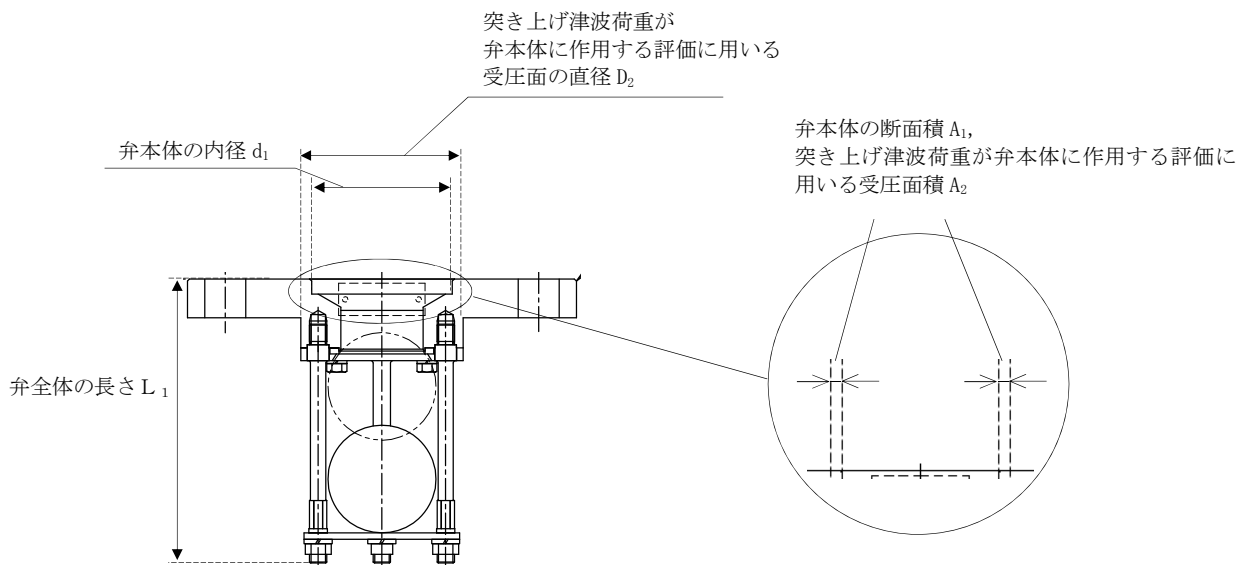


図 6.9.1-(3)-a-6 海水ポンプグランド dren 排出口逆止弁の弁本体の受圧面の寸法図

A_1 : 弁本体の断面積 (mm^2) = 1.100×10^3

$$A_1 = (75^2 - 65^2) \times \pi / 4$$

$$= 1.09955 \times 10^3 \text{ mm}^2 = 1.100 \times 10^3 \text{ mm}^2$$

A_2 : 突き上げ津波荷重が弁本体に作用する評価に用いる
受圧面積 (mm^2) = 1.100×10^3

$$A_2 = A_1$$

$$\begin{aligned} \text{圧縮応力 } \sigma_{t1} &= (0.266762 \times 1.100 \times 10^3) / (1.100 \times 10^3) \\ &= 0.266762 \text{ MPa} = 1 \text{ MPa} \end{aligned}$$

(a-2) フロートガイドの発生応力

$$\sigma_{t2} = \frac{P_t \cdot A_4}{A_3}$$

ここで、

σ_{t2} : フロートガイドに加わる圧縮応力 (MPa)

P_t : 突き上げ津波荷重 (MPa) = 0.266762

図 6.9.1-(3)-a-7 に示す寸法図から、フロートガイドの最小直径 D_3 、突き上げ津波荷重がフロートガイドに作用する評価に用いる受圧面の直径 D_4 をそれぞれ以下のとおりとする。

D_3 : フロートガイドの最小直径 (mm) = 6.6

D_4 : 突き上げ津波荷重がフロートガイドに作用する評価に用いる受圧面の直径 (mm) = 7

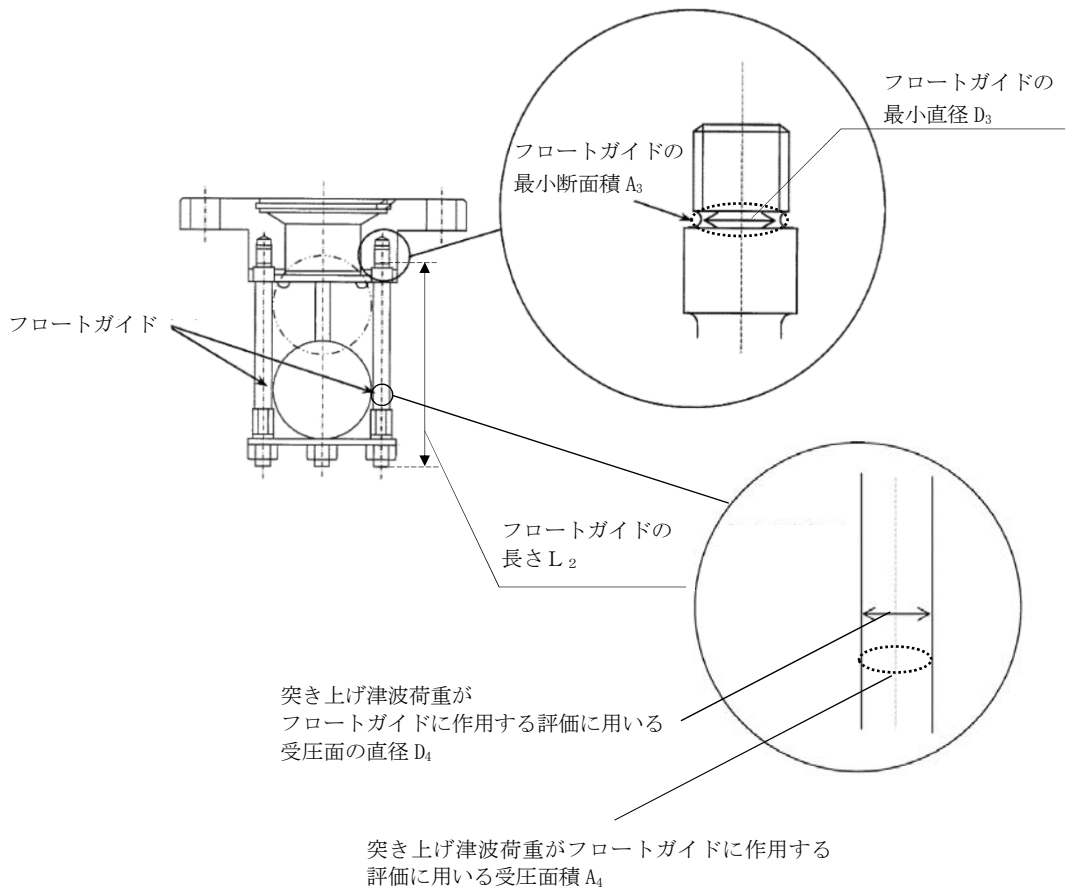


図 6.9.1-(3)-a-7 海水ポンプグランドドレン排出口逆止弁のフロートガイド寸法図

A_3 : フロートガイドの最小断面積 (mm²) = 34.21

$$A_3 = 6.6^2 \times \pi / 4$$

$$= 34.2119 \text{ mm}^2 = 34.21 \text{ mm}^2$$

A_4 : 突き上げ津波荷重がフロートガイドに作用する評価に用いる
受圧面積 (mm²) = 38.48

$$A_4 = (7^2) \times \pi / 4$$

$$= 38.4845 \text{ mm}^2 = 38.48 \text{ mm}^2$$

$$\text{圧縮応力 } \sigma_{t2} = (0.266762 \times 38.48) / (34.21)$$

$$= 0.300058 \text{ MPa} = 1 \text{ MPa}$$

(a-3) 基礎ボルトの発生応力

$$\sigma_{t3} = \frac{P_t \cdot A_6}{A_5 \cdot n}$$

ここで、

σ_{t3} : 基礎ボルト 1 本当たりのねじ部に加わる引張応力 (MPa)

P_t : 突き上げ津波荷重 (MPa) = 0.266762

A_5 : 基礎ボルトのねじ部の断面積 (mm^2) = 2.011×10^2

呼び径 16mm のボルトの断面積であるため

$$A_5 = 16^2 \times \pi / 4 = 201.061 \text{ mm}^2 = 2.011 \times 10^2 \text{ mm}^2$$

図 6.9.1-(3)-a-8 に示す寸法図から、突き上げ津波荷重が基礎ボルトに作用する評価に用いる受圧面の直径 D_6 を以下のとおりとする。

D_6 : 突き上げ津波荷重が基礎ボルトに作用する評価に用いる受圧面の直径 (mm) = 80

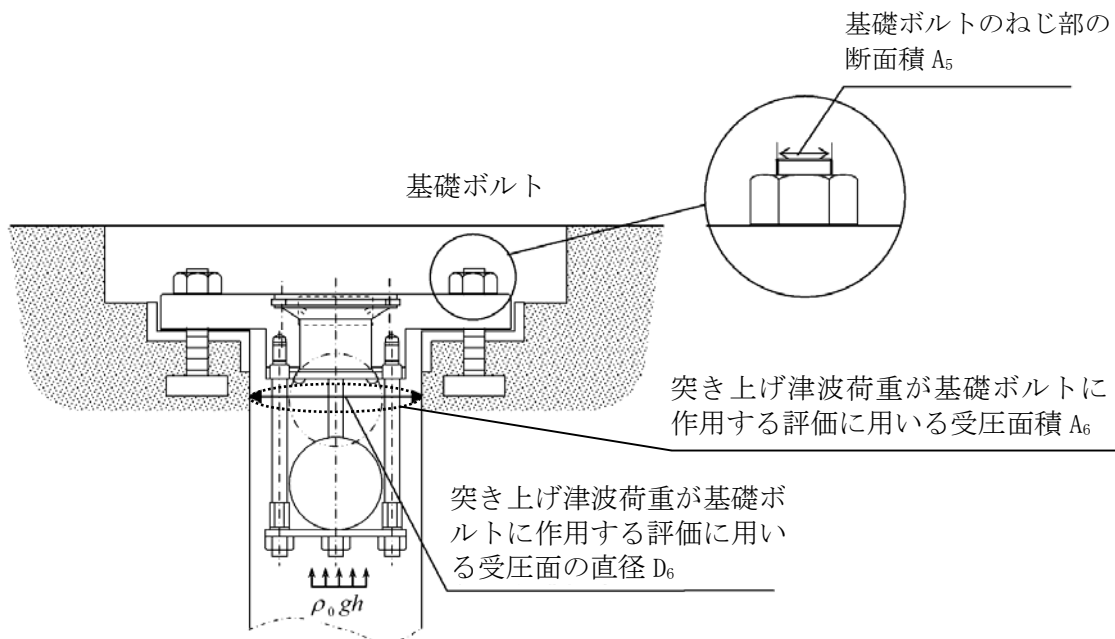


図 6.9.1-(3)-a-8 海水ポンプグランド dren 排出口逆止弁の基礎ボルトの受圧面直径及びねじ部の面積

A_6 : 突き上げ津波荷重が弁蓋に作用する評価に用いる

受圧面積 (mm^2) = 1.708×10^3

$$A_6 = (80^2 - 65^2) \times \pi / 4 = 1708.24 \text{ mm}^2 = 1.708 \times 10^3 \text{ mm}^2$$

n : 基礎ボルトの本数 (本) = 4

基礎ボルト 1 本当たりのねじ部に

$$\begin{aligned} \text{加わる引張応力 } \sigma_{t3} &= (0.266762 \times 1.708 \times 10^3) / (2.011 \times 10^2 \times 4) \\ &= 0.566421 \text{ MPa} = 1 \text{ MPa} \end{aligned}$$

(a-4) フロートに発生する圧力

波圧によりフロートに発生する圧力 P_w は突き上げ津波荷重 P_t の算出結果をもとに設定する。突き上げ津波荷重 P_t は以下のとおりである。

$$P_t = 0.266762 \text{ (MPa)}$$

上記の算出結果を踏まえ、波圧によりフロートに発生する圧力 P_w を 0.3 (MPa) とする。

ホ. 敷地に遡上する津波+S_d地震時

敷地に遡上する津波+S_d地震時の応力算出に用いる記号については、添付書類「V-3-別添 3-2-5-1 海水ポンプグラウンドドレン排出口逆止弁の強度計算書」にて示す記号を使用する。

(イ) 荷重条件

(a-1) 固定荷重

固定荷重は「(b) 評価条件の整理」にて示したとおりとする。

(a-2) 風荷重及び積雪荷重

風荷重及び積雪荷重は「(b) 評価条件の整理」にて示したとおりとする。

(a-3) 突き上げ津波荷重

突き上げ津波荷重は「ニ. 敷地に遡上する津波時」にて示したとおりとする。

(a-4) S_d地震荷重

応力評価に用いる弾性設計用地震動 S_d による設計震度は「ハ. 基準津波+S_d地震時」にて示した通りとする。

(a-4-1) 弁本体

(a-4-1-1) 鉛直加速度負荷時

$$F_{V1} = m_1 \cdot C_{Vsd} \cdot g$$

ここで、

F_{V1} : 弁本体に加わる鉛直方向地震荷重 (N)

C_{Vsd} : 余震による鉛直方向の設計震度 = 0.43

m_1 : 弁の全質量 (kg) = 3.95

g : 重力加速度 (m/s^2) = 9.80665

$$\begin{aligned} F_{V1} &= 3.95 \times 0.43 \times 9.80665 \\ &= 16.6565 \text{ N} \end{aligned}$$

(a-4-1-2) 水平加速度負荷時

$$F_{H1} = m_1 \cdot C_{Hsd} \cdot g$$

$$M_1 = F_{H1} \cdot L_1$$

ここで、

F_{H1} : 弁本体の最下端に加わる水平方向地震荷重 (N)

M_1 : 弁本体に発生する曲げモーメント ($N \cdot mm$)

L_1 : 弁全体の長さ (mm) = 132

C_{Hsd} : 余震による水平方向の設計震度 = 0.61

m_1 : 弁の質量 (kg) = 3.95

g : 重力加速度 (m/s^2) = 9.80665

$$\begin{aligned} F_{H1} &= 3.95 \times 0.61 \times 9.80665 \\ &= 23.6291 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_1 &= 23.6291 \times 132 \\ &= 3119.04 \text{ N} \cdot mm \end{aligned}$$

(a-4-2) フロートガイド

(a-4-2-1) 鉛直加速度負荷時

$$F_{V2} = m_2 \cdot C_{Vsd} \cdot g$$

ここで、

F_{V2} : フロートガイドに加わる鉛直方向地震荷重 (N)

C_{Vsd} : 余震による鉛直方向の設計震度 = 0.43

m_2 : フロートガイドの質量 (kg) = 0.05

g : 重力加速度 (m/s^2) = 9.80665

$$\begin{aligned} F_{V2} &= 0.05 \times 0.43 \times 9.80665 \\ &= 0.210842 \text{ N} \end{aligned}$$

(a-4-2-2) 水平加速度負荷時

$$F_{H2} = m_2 \cdot C_{HSd} \cdot g$$

$$M_2 = F_{H2} \cdot L_2$$

ここで、

F_{H2} : フロートガイドの最下端に加わる水平方向地震荷重 (N)

M_2 : フロートガイドに発生する曲げモーメント (N・mm)

L_2 : フロートガイドの長さ (mm) = 102

C_{HSd} : 余震による水平方向の設計震度 = 0.61

m_2 : フロートガイドの質量 (kg) = 0.05

g : 重力加速度 (m/s²) = 9.80665

$$F_{H2} = 0.05 \times 0.61 \times 9.80665$$

$$= 0.299102 \text{ N}$$

$$M_2 = 0.299102 \times 102$$

$$= 30.5084 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

(a-4-3) 基礎ボルト

(a-4-3-1) 鉛直加速度負荷時

弁全体の常時荷重 W_1 及び弁本体に加わる鉛直方向地震荷重 F_{V1} が作用する。

(a-4-3-2) 水平加速度負荷時

弁本体の最下端に加わる水平方向地震荷重 F_{H1} が作用する。

(ロ) 各部の応力計算

(a-1) 弁本体の発生応力

$$\sigma_{v1} = \frac{F_{v1} + P_t \cdot A_2}{A_1}$$

ここで、

σ_{v1} : 弁本体に加わる圧縮応力 (MPa)

F_{v1} : 弁本体に加わる鉛直方向地震荷重 (N) = 0

(鉛直方向の設計震度が1以下の場合は弁の浮上りが起こらないことから考慮しない。)

P_t : 突き上げ津波荷重 (MPa) = 0.266762

A_1 : 弁本体の断面積 (mm²) = 1.100 × 10³

A_2 : 突き上げ津波荷重が弁本体に作用する評価に用いる
受圧面積 (mm²) = A_1 = 1.100 × 10³

$$\begin{aligned} \text{圧縮応力 } \sigma_{v1} &= (0.266762 \times 1.100 \times 10^3) / (1.100 \times 10^3) \\ &= 0.266762 \text{ MPa} = 1 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\sigma_{H1} = \frac{M_1 \cdot D_1 / 2}{I_1}$$

ここで、

σ_{H1} : 弁本体に加わる曲げ応力 (MPa)

M_1 : 弁本体に発生する曲げモーメント (N・mm) = 3119.04

I_1 : 弁本体の断面二次モーメント (mm⁴) = 6.76915 × 10⁵

D_1 : 弁本体の外径 (mm) = 75

$$\begin{aligned} \text{曲げ応力 } \sigma_{H1} &= (3119.04 \times (75/2)) / (6.76915 \times 10^5) \\ &= 0.172789 \text{ MPa} = 1 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\text{組合せ応力 } \sigma_{v1} + \sigma_{H1} = 1 + 1 = 2 \text{ MPa}$$

(a-2) フロートガイドの発生応力

$$\sigma_{v2} = \frac{F_{v2} + P_t \cdot A_4}{A_3}$$

ここで、

σ_{v2} : フロートガイドの最小断面積に加わる圧縮応力 (MPa)

F_{v2} : フロートガイドに加わる鉛直方向荷重 (N) = 0

(鉛直方向の設計震度が1以下の場合は弁の浮上りが起こらないことから考慮しない。)

P_t : 突き上げ津波荷重 (MPa) = 0.266762

A_3 : フロートガイドの最小断面積 (mm²) = 34.21

A_4 : 突き上げ津波荷重がフロートガイドに作用する評価に用いる受圧面積 (mm²) = 38.48

$$\begin{aligned} \text{圧縮応力 } \sigma_{v2} &= (0.266762 \times 38.48) / 34.21 \\ &= 0.300058 \text{ MPa} = 1 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\sigma_{H2} = \frac{M_2 \cdot D_3 / 2}{I_2}$$

ここで,

σ_{H2} : フロートガイドに加わる曲げ応力 (MPa)

M_2 : フロートガイドに発生する曲げモーメント (N・m) = 30.5084

I_2 : フロートガイドの断面二次モーメント (mm⁴) = 93.1420

D_3 : フロートガイドの最小直径 (mm) = 6.6

$$\begin{aligned} \text{曲げ応力 } \sigma_{H2} &= (30.5084 \times (6.6/2)) / 93.1420 \\ &= 1.08090 \text{ MPa} = 2 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\text{組合せ応力 } \sigma_{v2} + \sigma_{H2} = 1 + 2 = 3 \text{ MPa}$$

(a-3) 基礎ボルトの発生応力

$$\sigma_{v3} = \frac{F_{v1} + P_t \cdot A_6}{A_5 \cdot n}$$

ここで,

σ_{v3} : 基礎ボルト 1 本当たりのねじ部に加わる引張応力 (MPa)

F_{v1} : 弁本体に加わる鉛直方向地震荷重 (N) = 0

(鉛直方向の設計震度が 1 以下の場合には弁の浮上がりが起こらないことから考慮しない。)

P_t : 突き上げ津波荷重 (MPa) = 0.266762

A_5 : 基礎ボルトのねじ部の断面積 (mm²) = 201.1

A_6 : 突き上げ津波荷重が基礎ボルトに作用する評価に用いる受圧面積 (mm²) = 1.708×10^3

n : 基礎ボルトの本数 (本) = 4

基礎ボルト 1 本当たりのねじ部に加わる引張応力

$$\begin{aligned} \sigma_{v3} &= (0.266762 \times 1.708 \times 10^3) / (201.1 \times 4) \\ &= 0.56642 \text{ MPa} = 1 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\tau_3 = \frac{F_{H1}}{A_5 \cdot n}$$

ここで、

τ_3 : 基礎ボルトのねじ部に加わるせん断応力 (MPa)

F_{H1} : 弁本体の最下端に加わる水平方向地震荷重 (N) = 23.6291

A_5 : 基礎ボルトのねじ部の断面積 (mm²) = 201.1

n : 基礎ボルトの本数 (本) = 4

$$\begin{aligned} \text{せん断応力 } \tau_3 &= (23.6291) / (201.1 \times 4) \\ &= 0.0293748 \text{ MPa} = 1 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\sigma_{v4} = \frac{F_{H1} \cdot L_1}{D_p \cdot A_5}$$

ここで、

σ_{v4} : モーメントにより基礎ボルト 1 本当たりの
ねじ部に加わる引張応力 (MPa)

F_{H1} : 弁本体の最下端に加わる水平方向地震荷重 (N) = 23.6291

L_1 : 弁全体の長さ (mm) = 132

D_p : 基礎ボルトのピッチサークル = 145

A_5 : 基礎ボルトのねじ部の断面積 (mm²) = 201.1

モーメントにより弁蓋ボルト 1 本当たりのねじ部に加わる引張応力

$$\sigma_{v4} = (23.6291 \times 132) / (145 \times 201.1) = 0.106964 \text{ MPa} = 1 \text{ MPa}$$

$$\text{基礎ボルトの引張応力 } \sigma_{v3} + \sigma_{v4} = 1 + 1 = 2 \text{ MPa}$$

(d) 許容応力

許容応力は、供用状態 C(許容応力状態Ⅲ_AS)として設定する。

イ. ボルト以外の許容応力

許容応力の設定に用いる温度 50°Cにおける SUS316L の許容引張応力 S は、JSME S NC1-2005/2007 付録材料図表 Part5 表 5 を用いて、温度 40 °Cにおける許容引張応力 S₄₀ と、温度 75°Cにおける許容引張応力 S₇₅ より、比例法を用いて算出する。

JSME S NC1-2005/2007 付録材料図表 Part5 表 5 より温度 40 °Cにおける許容引張応力 S₄₀=111MPa, 温度 75°Cにおける許容引張応力 S₇₅=108MPa であるため、 $111 + (108 - 111) \times (50 - 40) / (75 - 40) = 110.142 = 110\text{MPa}$

(イ) 基準津波時, S_s地震時, 基準津波+S_d地震時, 敷地に遡上する津波+S_d地震時

(a-1) 弁本体の許容圧縮応力, 許容曲げ応力及び組合せ応力

$$\begin{aligned} 1.2 \cdot S &= 1.2 \times 110 \\ &= 132 \text{ MPa} \end{aligned}$$

(a-2) フロートガイドの許容圧縮応力, 許容曲げ応力及び組合せ応力

$$\begin{aligned} 1.2 \cdot S &= 1.2 \times 110 \\ &= 132 \text{ MPa} \end{aligned}$$

ロ. ボルトの許容応力

許容応力の設定に用いる設計降伏点 S_y 、設計引張強さ S_u 及び 40°Cにおける設計降伏点 $S_y(\text{RT})$ は、JSME S NC1-2005/2007 付録材料図表 Part5 表 8 及び表 9 を用いて設定する。

温度 50 °Cにおける SUS304 の設計降伏点 S_y 及び設計引張強さ S_u は、温度 40 °Cにおける設計降伏点 S_y 及び設計引張強さ S_u と、温度 75°Cにおける設計降伏点 S_y 及び設計引張強さ S_u より、比例法を用いて計算する。

温度 50 °Cにおける SUS304 の設計降伏点 S_y

温度 40 °Cにおける設計降伏点 $S_y=205\text{MPa}$ 、温度 75 °Cにおける設計降伏点 $S_y=183\text{MPa}$ であるため、 $205 + (183 - 205) \times (50 - 40) / (75 - 40) = 198.714 = 198\text{MPa}$

温度 50 °Cにおける SUS304 の設計引張強さ S_u

温度 40 °Cにおける設計引張強さ $S_u=520\text{MPa}$ 、温度 75 °Cにおける設計引張強さ $S_u=466\text{MPa}$ であるため、 $520 + (466 - 520) \times (50 - 40) / (75 - 40) = 504.571 = 504\text{MPa}$

温度 40°Cにおける SUS304 の設計降伏点 $S_y(\text{RT})$

温度 40 °Cにおける設計降伏点 $S_y=205\text{MPa}$

許容応力算定用基準値

$$\begin{aligned} F &= \min [1.35 \cdot S_y, 0.7 \cdot S_u, S_y(\text{RT})] \\ &= \min [1.35 \times 198, 0.7 \times 504, 205] \\ &= \min [267, 352, 205] \\ &= 205 \text{ MPa} \end{aligned}$$

(イ) 基準津波時、敷地に遡上する津波時

$$\begin{aligned} \text{許容引張応力} \quad 1.5 \cdot f_t &= (F/2) \cdot 1.5 \\ &= (205/2) \times 1.5 \\ &= 153 \text{ MPa} \end{aligned}$$

(ロ) S_s 地震時、基準津波 + S_d 地震時、敷地に遡上する津波 + S_d 地震時

$$\begin{aligned} \text{(a-1) 許容引張応力} \quad 1.5 \cdot f_t &= (F/2) \cdot 1.5 \\ &= (205/2) \times 1.5 \\ &= 153 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{(a-2) 許容せん断応力} \quad 1.5 \cdot f_s &= \{F / (1.5 \cdot \sqrt{3})\} \cdot 1.5 \\ &= \{205 / (1.5 \times \sqrt{3})\} \times 1.5 \\ &= 78 \times 1.5 \\ &= 117 \text{ MPa} \end{aligned}$$

(a-3) 組合せ応力

組合せ応力の許容応力として、せん断応力と引張応力を同時に受ける基礎ボルトの許容引張応力を求める。

ボルトに作用するせん断応力 $\tau = 1 \text{ MPa}$

$$\begin{aligned} 1.5 \cdot f_{ts1} &= 1.4 \cdot (1.5 \cdot f_{t0}) - 1.6 \cdot \tau \\ &= 1.4 \times 153 - 1.6 \times 1 \\ &= 212 \text{ MPa} \end{aligned}$$

ここで、

$$\begin{aligned} 1.5 \cdot f_{t0} &= (F/2) \cdot 1.5 \\ &= (205/2) \times 1.5 \\ &= 153 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 1.5 \cdot f_{ts2} &= 1.5 \cdot f_{t0} \\ &= 153 \text{ MPa} \end{aligned}$$

以上より、

$$\begin{aligned} 1.5 \cdot f_{ts} &= \text{Min} (1.5 \cdot f_{ts1}, 1.5 \cdot f_{ts2}) \\ &= \text{Min} (212, 153) \\ &= 153 \text{ MPa} \end{aligned}$$

(e) 応力評価結果

イ. 基準津波時

基準津波時の評価結果を表 6.9.1-(3)-a-3 に示す。

表 6.9.1-(3)- a-3 基準津波時の応力評価結果 (弁本体, フロートガイド及び基礎ボルト)

部位	評価応力	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	判定 発生応力 ≤ 許容応力
弁本体	圧縮	1	132	OK
フロートガイド	圧縮	1	132	OK
基礎ボルト	引張	1	153	OK

ロ. S_s地震時

S_s地震時の評価結果を表 6.9.1-(3)-a-4 に示す。

表 6.9.1-(3)-a-4 S_s地震時の評価結果 (弁本体, フロートガイド及び基礎ボルト)

部位	評価応力	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	判定 発生応力 ≤ 許容応力
弁本体	引張	1	132	OK
	曲げ	1	132	OK
	組合せ*1	2	132	OK
フロートガイド	引張	1	132	OK
	曲げ	2	132	OK
	組合せ*1	3	132	OK
基礎ボルト	引張*2	2	153*3	OK
	せん断	1	117	OK

注記 *1: 圧縮 (σ_t) + 曲げ (σ_b) は, $\sigma_t + \sigma_b \leq 1.2S$ で評価

*2: 基礎ボルトの引張応力は, $\sigma_{bH} + \sigma_{bV}$

*3: $f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau, f_{to}]$ より算出

ハ. 基準津波+S_d地震時

基準津波+S_d地震時の評価結果を表 6.9.1-(3)-a-5 に示す。

表 6.9.1-(3)-a-5 基準津波+S_d地震時の評価結果 (弁本体, フロートガイド及び基礎ボルト)

部位	評価応力	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	判定 発生応力 ≤ 許容応力
弁本体	圧縮	1	132	OK
	曲げ	1	132	OK
	組合せ*1	2	132	OK
フロートガイド	圧縮	1	132	OK
	曲げ	2	132	OK
	組合せ*1	3	132	OK
基礎ボルト	引張*2	2	153*3	OK
	せん断	1	117	OK

注記 *1: 圧縮 (σ_v) + 曲げ (σ_H) は, $\sigma_v + \sigma_H \leq 1.2S$ で評価

*2: 基礎ボルトの引張応力は, $\sigma_{v3} + \sigma_{v4}$

*3: $f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau, f_{to}]$ より算出

ニ. 敷地に遡上する津波時

敷地に遡上する津波時の評価結果を表 6.9.1-(3)-a-6 に示す。

表 6.9.1-(3)-a-6 敷地に遡上する津波時の応力評価結果
(弁本体, フロートガイド及び基礎ボルト)

部位	評価応力	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	判定 発生応力 ≤ 許容応力
弁本体	圧縮	1	132	OK
フロートガイド	圧縮	1	132	OK
基礎ボルト	引張	1	153	OK

ホ. 敷地に遡上する津波+S_d地震時

敷地に遡上する津波+S_d地震時の評価結果を表 6.9.1-(3)-a-7 に示す。

表 6.9.1-(3)-a-7 敷地に遡上する津波+S_d地震時の評価結果
(弁本体, フロートガイド及び基礎ボルト)

部位	評価応力	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	判定 発生応力 ≤ 許容応力
弁本体	圧縮	1	132	OK
	曲げ	1	132	OK
	組合せ*1	2	132	OK
フロートガイド	圧縮	1	132	OK
	曲げ	2	132	OK
	組合せ*1	3	132	OK
基礎ボルト	引張*2	2	153*3	OK
	せん断	1	117	OK

注記 *1: 圧縮 (σ_v) + 曲げ (σ_H) は, $\sigma_v + \sigma_H \leq 1.2S$ で評価

*2: 基礎ボルトの引張応力は, $\sigma_{v3} + \sigma_{v4}$

*3: $f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau, f_{to}]$ より算出

b. 取水ピット空気抜き配管逆止弁の設計に関する補足説明

(a) 固有値解析

イ. 固有周期の計算

固有値解析に用いる記号については、添付書類「V-2-10-2-6-2 取水ピット空気抜き配管逆止弁の耐震性についての計算書」にて示す記号を使用する。

固有周期計算モデルは1質点系モデルとして、重量の不均一性を考慮し、自由端に弁の集中質量を付加する。

モデル化は、各部位の寸法や形状を踏まえ、弁蓋の最小断面が最も大きな固有周期を有するものとし、これを弁全体に一樣断面をもつ片持ちはりに単純化したモデルとする。モデル化の概略を図6.9.1-(3)-b-1に示す。

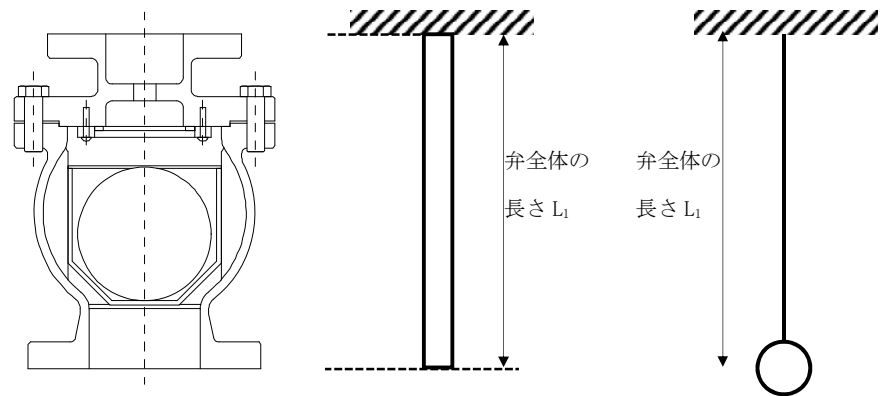


図 6.9.1-(3)-b-1 モデル化の概略

固有周期 T は以下の式より算出する。

$$T = \frac{1}{f}$$

$$f = \frac{1}{2 \cdot \pi} \cdot \sqrt{\frac{k}{m}}$$

T : 固有周期 (s)

f : 一次固有振動数 (Hz)

モデルのばね定数 k は、モデルの等価断面二次モーメント I_m を用いて、以下の式より算出する。

$$k = \frac{3 \cdot E \cdot I_m}{(L_1)^3}$$

m : モデルの弁全体質量 (kg) = 31

I_m : モデルの断面二次モーメント (m^4) = I_1

I_1 : 弁蓋の断面二次モーメント (m^4) = 1.765×10^{-6}

モデルの断面二次モーメントは以下の式より算出する。

$$I_1 = (D_1^4 - d_1^4) \cdot \frac{\pi}{64}$$

$$I_m = I_1$$

図 6.9.1-(3)-b-2 に示す構造図から、弁蓋の外径 D_1 、弁蓋の内径 d_1 及びモデルの弁全体長さ L_1 をそれぞれ以下のとおりとする。

D_1 : 弁蓋の外径 (mm) = 88

d_1 : 弁蓋の内径 (mm) = 70

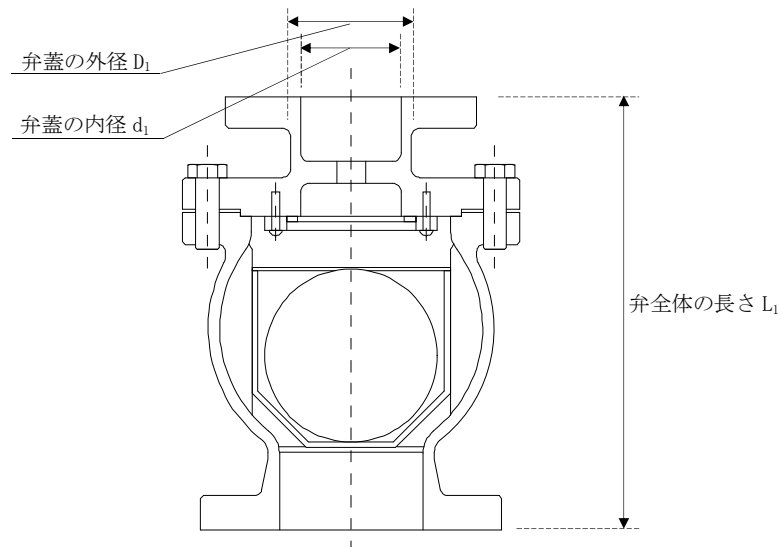


図 6.9.1-(3)-b-2 取水ピット空気抜き配管逆止弁の弁本体構造図

$$I_1 = (88^4 - 70^4) \times \pi / 64$$

$$= 1.76515 \times 10^6 \text{ mm}^4 = 1.76515 \times 10^{-6} \text{ m}^4$$

E: 縦弾性係数 (Pa) = 1.94×10^{11}

JSME S NC1-2005/2007 付録材料図表 Part6 表 1 を用いて計算する。温度 40 °C におけるオーステナイト系ステンレス鋼の縦弾性係数は、温度 20 °C の縦弾性係数 195000 MPa と、温度 50 °C の縦弾性係数 193000 MPa より、比例法を用いて計算する。

$$195000 + (193000 - 195000) \times (40 - 20) / (50 - 20) = 193667 \text{ MPa}$$

$$= 1.94 \times 10^{11} \text{ (Pa)}$$

以上より、

$$f = 1/2 \pi \cdot \sqrt{(3 \times 1.94 \times 10^{11} \times 1.76515 \times 10^{-6} / (31 \times (292 \times 10^{-3})^3))}$$

$$= 183.618 \text{ Hz} = 183 \text{ Hz}$$

$$T = 1/183 = 0.00546 \text{ s} = 0.006 \text{ s}$$

ロ. 固有値解析結果

固有周期は 0.006 s であり、 0.05 s 以下であることから、剛構造である。

(参考) 配管を含む支持点間の固有振動数について

取水ピット空気抜き配管逆止弁を含む配管系について、剛構造となる支持間隔で設置することを以下に示す。

逆止弁は、図 1 に示すように床面から配管が立ち上がり、2 箇所の指示構造物により支えられている。この構造を踏まえて以下のように、安全側に評価モデルを設定して固有振動数を求める。

配管は、床面から約 130mm の高さまでグラウトに埋設されており、逆止弁の下側の支持点は床面から約 130mm 上側の箇所となる。また、逆止弁の直上に支持構造部があり、逆止弁の上側の支持点となる。安全側の評価とするため、実際の支持間隔より長い間隔となるように床面から上側の支持構造物間の 1m を支持間隔として評価する。

質量については、逆止弁が 31kg、支持間隔内の配管・フランジが約 11kg であり、合計約 42kg となる。安全側の評価とするため、45kg の質点として評価する。

以上より、評価モデルとしては、図 1 に示されるように、自由端の両持はりとし、支持点の中央に質点があるモデルとする。また、はりの断面は、構成する部材の中で最も肉厚が薄い配管を考慮し、安全側の評価となるように、逆止弁及びフランジの箇所を含めて配管の外径 60.5mm、肉厚 3.4mm の円筒形の断面性能で評価する。

逆止弁、配管及びフランジの仕様について表 1 に示す。

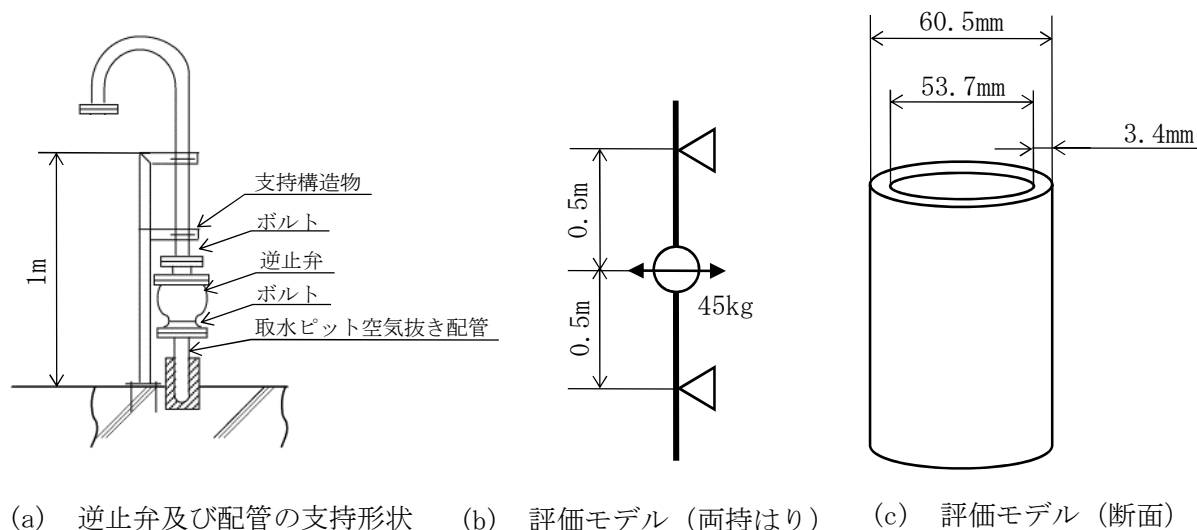


図 1 逆止弁及び配管の支持形状と評価モデル

表 1 逆止弁、配管及びフランジの主な仕様

部材	項目	仕様
逆止弁	口径	65A×100A
	材質	SCS16A (弁箱, 弁蓋)
配管	口径	50A
	材質	SUS316TP
	外径×肉厚	60.5mm×3.4mm
フランジ	圧力温度基準	JIS 10K
	口径	65A×50A, 100A×50A
	材質	SUS316

図 1 に示すはりモデルとして、固有振動数を以下に示す通り求める。また、数式に使用している記号については、表 2 に示す。

なお、縦弾性係数については、逆止弁、配管及びフランジの材質がいずれもオーステナイト系ステンレス鋼となることから、JSME S NC1-2005/2007 付録材料図表 Part6 表 1 を用いて計算する。温度 40 °C におけるオーステナイト系ステンレス鋼の縦弾性係数は、温度 20 °C の縦弾性係数 195000 MPa と、温度 50 °C の縦弾性係数 193000 MPa より、比例法を用いて計算する。

$$195000 + \frac{193000 - 195000}{50 - 20} \times (40 - 20)$$

$$= 1.94 \times 10^{11} \text{ [Pa]}$$

表 2 評価モデルの固有振動数算出に用いる記号の説明

記号	記号の説明	単位
D _o	評価モデルの断面の外径	m
D _i	評価モデルの断面の内径	m
I	評価モデルの断面二次モーメント	mm ⁴
E	評価モデルの縦弾性係数	Pa
L	評価モデルのはりの支持間隔の長さ	m
k	評価モデルのはりのばね係数	N/m
m	評価モデルの質量	kg
f	評価モデルの固有振動数	Hz

評価モデルの断面二次モーメントを以下に示す。

$$\begin{aligned} I &= \frac{\pi}{64} \cdot (D_o^4 - D_i^4) \\ &= \frac{\pi \times (0.0605^4 - 0.0537^4)}{64} \\ &= 2.49450 \times 10^{-7} \text{ [m}^4\text{]} \end{aligned}$$

評価モデルのはりのばね係数を以下に示す。

$$\begin{aligned} k &= \frac{48E \cdot I}{L^3} \\ &= \frac{48 \times 1.94 \times 10^{11} \times 2.49450 \times 10^{-7}}{1^3} \\ &= 2.32287 \times 10^6 \text{ [N / m]} \end{aligned}$$

以上より、固有振動数は以下のとおりとなる。

$$\begin{aligned} f &= \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{m}} \\ &= \frac{1}{2\pi} \times \sqrt{\frac{2322880}{45}} \\ &= 36 \text{ [Hz]} \end{aligned}$$

評価モデルの固有振動数は 20Hz 以上であることから、支持点間の配管系は剛構造となっていることが評価できた。

このため、逆止弁の他に配管及びフランジを含めた配管系は剛構造となる支持間隔で設置することから、取水ピット空気抜き配管逆止弁の評価に当たっては、逆止弁単体での評価とすることができる。

(b) 評価条件の整理

イ. 固定荷重

固定荷重の算出に用いる記号については、添付書類「V-2-10-2-6-2 取水ピット
空気抜き配管逆止弁の耐震性についての計算書」にて示す記号を使用する。

固定荷重は以下のとおりとする。

$$W_{d1} = m_1 \cdot g$$

ここで、

W_{d1} : 弁全体の常時荷重 (N)

m_1 : 弁の全質量 (kg) = 31

g : 重力加速度 (m/s^2) = 9.80665

以上より、

$$\begin{aligned} W_{d1} &= m_1 \cdot g \\ &= 31 \times 9.80665 \\ &= 304.006 \text{ N} \end{aligned}$$

$$W_{d2} = m_2 \cdot g$$

ここで、

W_{d2} : フロートガイドに作用する常時荷重 (N)

m_2 : フロートガイドの質量 (kg) = 1.8

g : 重力加速度 (m/s^2) = 9.80665

以上より、

$$\begin{aligned} W_{d2} &= m_2 \cdot g \\ &= 1.8 \times 9.80665 \\ &= 17.6519 \text{ N} \end{aligned}$$

ロ. 風荷重及び積雪荷重

添付書類「V-2-1-9 機能維持の基本方針」及び添付書類「V-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」にて設定した荷重の組合せに基づき、考慮しない。

(c) 応力計算

イ. 基準津波時

基準津波時の応力算出に用いる記号については、添付書類「V-3-別添 3-2-5-2 取水ピット空気抜き配管逆止弁の強度計算書」にて示す記号を使用する。

(イ) 荷重条件

(a-1) 固定荷重

固定荷重は「(b) 評価条件の整理」にて示したとおりとする。

(a-2) 積雪荷重

積雪荷重は「(b) 評価条件の整理」にて示したとおりとする。

(a-3) 突き上げ津波荷重

突き上げ津波荷重は以下のとおりとする。

$$P_t = (\rho_o \cdot g \cdot h + 1/2 \cdot C_D \cdot \rho_o \cdot U^2) / 10^6$$

ここで、

P_t : 突き上げ津波荷重 (MPa)

ρ_o : 海水の密度 (kg/m³) = 1030

g : 重力加速度 (m/s²) = 9.80665

h : 津波荷重水位 (m) = 22.0

(基準津波の水位に対し、参照する裕度である+0.65mを含めても十分に保守的である水位として設定した津波荷重水位)

C_D : 抗力係数 = 2.01

U : 流速 (m/s) = 2.0

以上より、

$$P_t = (1030 \times 9.80665 \times 22.0 + 1/2 \times 2.01 \times 1030 \times 2.0^2) / 10^6 \\ = 0.226359 \text{ MPa}$$

(ロ) 各部の応力計算

(a-1) 弁蓋の発生応力

$$\sigma_{t1} = \frac{P_t \cdot A_2}{A_1}$$

ここで、

σ_{t1} : 弁蓋に加わる圧縮応力 (MPa)

P_t : 突き上げ津波荷重 (MPa) = 0.226359

図 6.9.1-(3)-b-3 に示す構造図から、突き上げ津波荷重が弁蓋に作用する評価に用いる受圧面の直径 D_1 、弁蓋の外径 D_3 及び弁蓋の内径 d_3 をそれぞれ以下のとおりとする。

D_1 : 突き上げ津波荷重が弁蓋に作用する評価に用いる
受圧面の直径 (mm) = 154

D_3 : 弁蓋の外径 (mm) = 88

d_3 : 弁蓋の内径 (mm) = 70

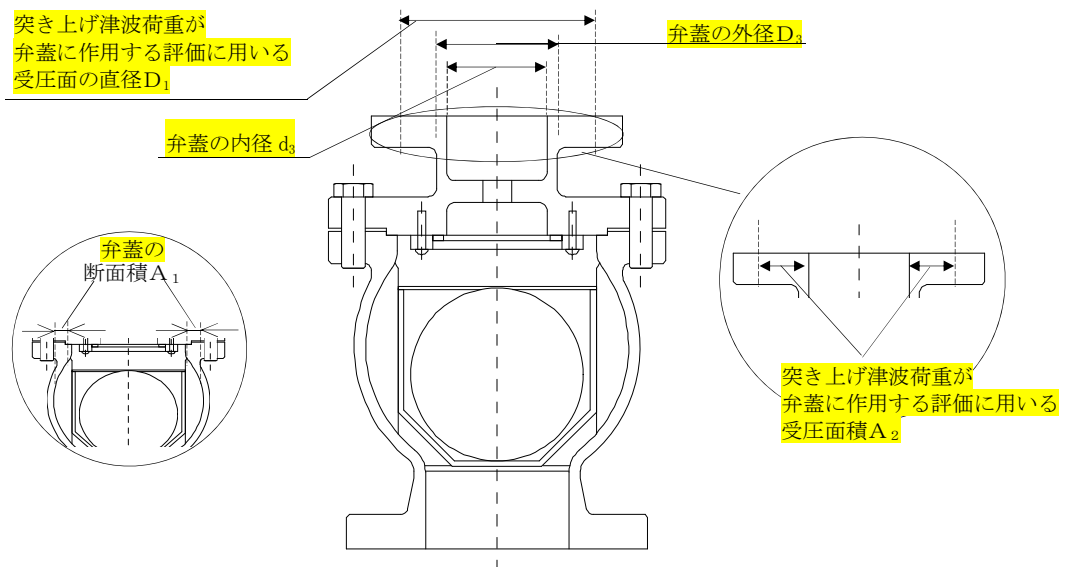


図 6.9.1-(3)-b-3 取水ピット空気抜き配管逆止弁の弁蓋の受圧面の寸法図

A_2 : 突き上げ津波荷重が弁蓋に作用する評価に用いる

受圧面積 (mm²) = 1.478×10^4

$$A_2 = (154^2 - 70^2) \times \pi / 4 \\ = 14778.0 \text{ mm}^2 = 1.478 \times 10^4 \text{ mm}^2$$

A_1 : 弁蓋の断面積 (mm²) = 2.234×10^3

$$A_1 = (88^2 - 70^2) \times \pi / 4 \\ = 2233.67 \text{ mm}^2 = 2.234 \times 10^3 \text{ mm}^2$$

$$\text{圧縮応力 } \sigma_{t1} = (0.226359 \times 1.478 \times 10^4) / (2.234 \times 10^3) \\ = 1.49757 \text{ MPa} = 2 \text{ MPa}$$

(a-2) フロートガイドの発生応力

$$\sigma_{t2} = \frac{P_t \cdot A_4}{A_3}$$

ここで、

σ_{t2} : フロートガイドに加わる圧縮応力 (MPa)

P_t : 突き上げ津波荷重 (MPa) = 0.226359

図 6.9.1-(3)-b-4 に示す寸法図から、フロートガイドの外径 D_2 、フロートガイドの内径 d_2 、突き上げ津波荷重がフロートガイドに作用する評価に用いる受圧面の直径及び突き上げ津波荷重がフロートガイドに作用する評価に用いる受圧面の内径をそれぞれ以下のとおりとする。

D_4 : フロートガイドの外径 (mm) = 62

d_4 : フロートガイドの内径 (mm) = 56

D_2 : 突き上げ津波荷重がフロートガイドに作用する評価に用いる受圧面の直径 (mm) = 135.7

d_2 : 突き上げ津波荷重がフロートガイドに作用する評価に用いる受圧面の内径 (mm) = 128

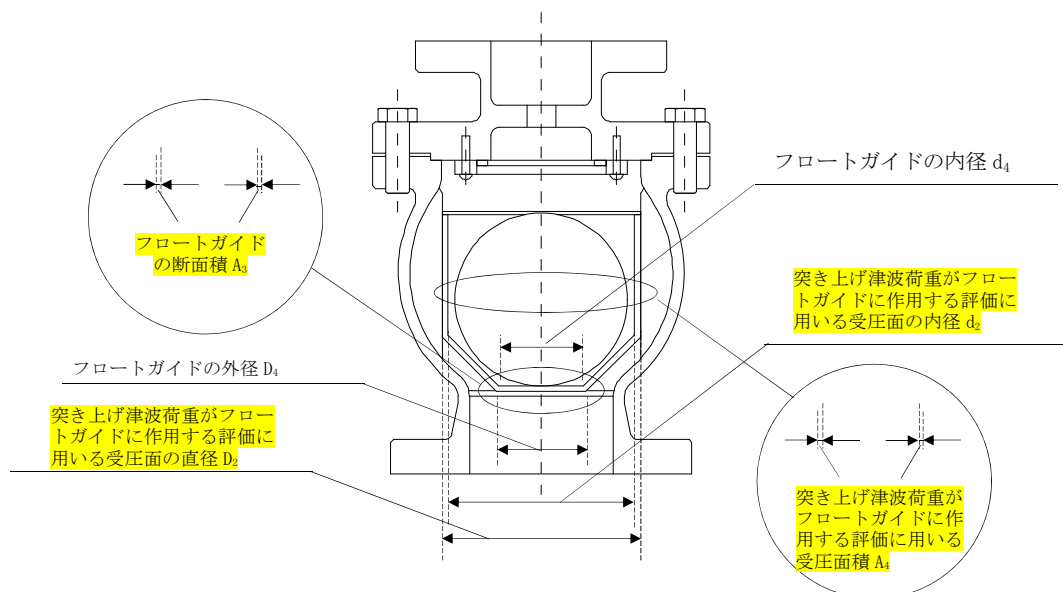


図 6.9.1-(3)-b-4 取水ピット空気抜き配管逆止弁のフロートガイド構造図

A_3 : フロートガイドの断面積 (mm²) = 5.561×10^2

$$A_3 = (62^2 - 56^2) \times \pi / 4$$

$$= 556.061 \text{ mm}^2 = 5.561 \times 10^2 \text{ mm}^2$$

A_4 : 突き上げ津波荷重がフロートガイドに作用する評価に用いる受圧面積 (mm²) = 1.595×10^3

$$A_4 = (135.7^2 - 128^2) \times \pi / 4$$

$$= 1594.74 \text{ mm}^2 = 1.595 \times 10^3 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} \text{圧縮応力 } \sigma_{t2} &= (0.226359 \times 1.595 \times 10^3) / (5.561 \times 10^2) \\ &= 0.649240 \text{ MPa} = 1 \text{ MPa} \end{aligned}$$

(a-3) 弁蓋ボルトの発生応力

$$\sigma_{t3} = \frac{P_t \cdot A_6}{A_5 \cdot n}$$

ここで、

σ_{t3} : 弁蓋ボルト 1 本当たりのねじ部に加わる引張応力 (MPa)

P_t : 突き上げ津波荷重 (MPa) = 0.226359

A_5 : 弁蓋ボルトのねじ部の断面積 (mm^2) = 2.011×10^2

呼び径 16mm のボルトの断面積であるため

$$A_5 = 16^2 \times \pi / 4 = 201.061 \text{ mm}^2 = 2.011 \times 10^2 \text{ mm}^2$$

A_6 : 突き上げ津波荷重が弁蓋に作用する評価に用いる

$$\text{受圧面積 } (\text{mm}^2) = A_2 = 1.478 \times 10^4$$

n : 弁蓋ボルトの本数 (本) = 8

弁蓋ボルト 1 本当たりのねじ部に

$$\begin{aligned} \text{加わる引張応力 } \sigma_{t3} &= (0.226359 \times 1.478 \times 10^4) \\ &\quad / (2.011 \times 10^2 \times 8) \\ &= 2.07955 \text{ MPa} = 3 \text{ MPa} \end{aligned}$$

(a-4) フロートに発生する圧力

波圧によりフロートに発生する圧力 P_w は突き上げ津波荷重 P_t の算出結果をもとに設定する。基準津波による突き上げ津波荷重 P_t は以下のとおりである。

$$P_t = 0.226359 \text{ (MPa)}$$

上記の算出結果を踏まえ、波圧によりフロートに発生する圧力 P_w を 0.3 (MPa) とする。

ロ. S_s 地震時

S_s 地震時の応力算出に用いる記号については、添付書類「V-2-10-2-6-2 取水ピット空気抜き配管逆止弁の耐震性についての計算書」にて示す記号を使用する。

(イ) 荷重条件

(a-1) 固定荷重

固定荷重は「(b) 評価条件の整理」にて示したとおりとする。

(a-2) 積雪荷重

積雪荷重は「(b) 評価条件の整理」にて示したとおりとする。

(a-3) S_s 地震荷重

固有値解析の結果より、取水ピット空気抜き配管逆止弁の固有周期が 0.05s 以下であることを確認したため、取水ピット空気抜き配管逆止弁の耐震計算に用いる設計震度は、添付書類「V-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に示す取水構造物における設置床の最大応答加速度の 1.2 倍を考慮して設定する。応力評価に用いる基準地震動 S_s による設計震度を表 6.9.1-(3)-b-1 に示す。

表 6.9.1-(3)-b-1 応力評価に用いる基準地震動 S_s による設計震度

地震動	据付場所 及び床面高さ (m)	地震による設計震度*1	
		水平方向 C_H	1.10
基準地震動 S_s	取水構造物 EL. 0.800 (EL. 0.300*2)	鉛直方向 C_V	1.03

注記 *1：取水ピット空気抜き配管逆止弁の固有周期が 0.05s 以下であることを確認したため、設置床の最大応答加速度の 1.2 倍を考慮した設計震度を設定した。

*2：基準床レベルを示す。

(a-3-1) 弁蓋

(a-3-1-1) 鉛直加速度負荷時

$$W_{d1} = m_1 \cdot g$$

$$F_{V1} = m_1 \cdot C_V \cdot g$$

ここで、

W_{d1} : 弁全体の常時荷重 (N)

F_{V1} : 弁蓋に加わる鉛直方向地震荷重 (N)

C_V : 鉛直方向の設計震度 = 1.03

m_1 : 弁の質量 (kg) = 31

g : 重力加速度 (m/s^2) = 9.80665

$$W_{d1} = 31 \times 9.80665$$

$$= 304.006 \text{ N}$$

$$F_{V1} = 31 \times 1.03 \times 9.80665$$

$$= 313.126 \text{ N}$$

(a-3-1-2) 水平加速度負荷時

$$F_{H1} = m_1 \cdot C_H \cdot g$$

$$M_1 = F_{H1} \cdot L_1$$

ここで、

F_{H1} : 弁全体の最下端に加わる水平方向地震荷重 (N)

M_1 : 弁蓋に発生する曲げモーメント ($N \cdot mm$)

L_1 : 弁全体長さ (mm) = 292

C_H : 水平方向の設計震度 = 1.10

m_1 : 弁の質量 (kg) = 31

g : 重力加速度 (m/s^2) = 9.80665

$$F_{H1} = 31 \times 1.10 \times 9.80665$$

$$= 334.406 \text{ N}$$

$$M_1 = 334.406 \times 292$$

$$= 97646.5 \text{ N} \cdot mm$$

(a-3-2) フロートガイド

(a-3-2-1) 鉛直加速度負荷時

$$W_{d2} = m_2 \cdot g$$

$$F_{V2} = m_2 \cdot C_V \cdot g$$

ここで、

W_{d2} : フロートガイドに作用する常時荷重 (N)

F_{V2} : フロートガイドに加わる鉛直方向地震荷重 (N)

C_V : 鉛直方向の設計震度 = 1.03

m_2 : フロートガイドの質量 (kg) = 1.8

g : 重力加速度 (m/s^2) = 9.80665

$$W_{d2} = 1.8 \times 9.80665$$

$$= 17.6519 \text{ N}$$

$$F_{V2} = 1.8 \times 1.03 \times 9.80665$$

$$= 18.1815 \text{ N}$$

(a-3-2-2) 水平加速度負荷時

$$F_{H2} = m_2 \cdot C_H \cdot g$$

$$M_2 = F_{H2} \cdot L_2$$

ここで、

F_{H2} : フロートガイドの最下端に加わる水平方向地震荷重 (N)

M_2 : フロートガイドに発生する曲げモーメント (N・mm)

L_2 : フロートガイドの長さ (mm) = 123

C_H : 水平方向の設計震度 = 1.10

m_2 : フロートガイドの質量 (kg) = 1.8

g : 重力加速度 (m/s^2) = 9.80665

$$F_{H2} = 1.8 \times 1.10 \times 9.80665$$

$$= 19.4171 \text{ N}$$

$$M_2 = 19.4171 \times 123$$

$$= 2388.30 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

(a-3-3) 弁蓋ボルト

(a-3-3-1) 鉛直加速度負荷時

弁全体の常時荷重 W_{d1} 及び弁蓋に加わる鉛直方向荷重 F_{V1} が作用する。

(a-3-3-2) 水平加速度負荷時

弁全体の最下端に加わる水平方向地震荷重 F_{H1} が作用する。

(ロ) 各部の応力計算

(a-1) 弁蓋の発生応力

$$\sigma_{v1} = \frac{W_{d1} + F_{v1}}{A_1}$$

ここで、

σ_{v1} : 弁蓋に加わる引張応力 (MPa)

W_{d1} : 弁全体の常時荷重 (N) = 304.006

F_{v1} : 弁蓋に加わる鉛直方向荷重 (N) = 313.126

A_1 : 弁蓋の断面積 (mm²) = 2.234 × 10³

弁蓋の外径 D_1 及び弁蓋の内径 d_1 をそれぞれ以下のとおりとする。

D_1 : 弁蓋の外径 (mm) = 88

d_1 : 弁蓋の内径 (mm) = 70

$$\begin{aligned} A_1 &= (88^2 - 70^2) \times \pi / 4 \\ &= 2233.67 \text{ mm}^2 = 2.234 \times 10^3 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{引張応力 } \sigma_{v1} &= (304.006 + 313.126) / (2.234 \times 10^3) \\ &= 0.276245 \text{ MPa} = 1 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\sigma_{H1} = \frac{M_1 \cdot D_1 / 2}{I_1}$$

ここで、

σ_{H1} : 弁蓋に加わる曲げ応力 (MPa)

M_1 : 弁蓋に発生する曲げモーメント (N・mm) = 97646.5

I_1 : 弁蓋の断面二次モーメント (mm⁴) = 1.76515 × 10⁶

弁蓋の外径 D_1 及び弁蓋の内径 d_1 をそれぞれ以下のとおりとする。

D_1 : 弁蓋の外径 (mm) = 88

d_1 : 弁蓋の内径 (mm) = 70

$$\begin{aligned} I_1 &= (D_1^4 - d_1^4) \cdot \frac{\pi}{64} \\ I_1 &= (88^4 - 70^4) \times \pi / 64 \\ &= 1.76515 \times 10^6 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{曲げ応力 } \sigma_{H1} &= (97646.5 \times (88/2)) / (1.76515 \times 10^6) \\ &= 2.43404 \text{ MPa} = 3 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\text{組合せ応力 } \sigma_{v1} + \sigma_{H1} = 1 + 3 = 4 \text{ MPa}$$

(a-2) フロートガイドの発生応力

$$\sigma_{v2} = \frac{W_{d2} + F_{v2}}{A_2}$$

ここで、

σ_{v2} : フロートガイドに加わる引張応力 (MPa)

W_{d2} : フロートガイドの常時荷重 (N) = 17.6519

F_{v2} : フロートガイドに加わる鉛直方向荷重 (N) = 18.1815

A_2 : フロートガイドの断面積 (mm^2) = 5.561×10^2

フロートガイドの外径 D_2 及びフロートガイドの内径 d_2 をそれぞれ以下のとおりとする。

D_2 : フロートガイドの外径 (mm) = 62

d_2 : フロートガイドの内径 (mm) = 56

$$A_2 = (62^2 - 56^2) \times \pi / 4 \\ = 556.061 \text{ mm}^2 = 5.561 \times 10^2 \text{ mm}^2$$

$$\text{引張応力 } \sigma_{v2} = (17.6519 + 18.1815) / (5.561 \times 10^2) \\ = 0.0644369 \text{ MPa} = 1 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{H2} = \frac{M_2 \cdot D_2 / 2}{I_2}$$

ここで、

σ_{H2} : フロートガイドに加わる曲げ応力 (MPa)

M_2 : フロートガイドに発生する曲げモーメント ($\text{N} \cdot \text{mm}$) = 2388.30

D_2 : フロートガイドの外径 (mm) = 62

I_2 : フロートガイドの断面二次モーメント (mm^4) = 2.42582×10^5

フロートガイドの外径 D_2 及びフロートガイドの内径 d_2 をそれぞれ以下のとおりとする。

D_2 : フロートガイドの外径 (mm) = 62

d_2 : フロートガイドの内径 (mm) = 56

$$I_2 = (D_2^4 - d_2^4) \cdot \frac{\pi}{64} \\ I_2 = (62^4 - 56^4) \times \pi / 64 \\ = 2.42582 \times 10^5 \text{ mm}^4$$

$$\text{曲げ応力 } \sigma_{H2} = (2388.30 \times (62/2)) / (2.42582 \times 10^5) \\ = 0.305205 \text{ MPa} = 1 \text{ MPa}$$

$$\text{組合せ応力 } \sigma_{v2} + \sigma_{H2} = 1 + 1 = 2 \text{ MPa}$$

(a-3) 弁蓋ボルトの発生応力

$$\sigma_{bv} = \frac{F_{V1} - W_{d1}}{A_3 \cdot n}$$

ここで、

σ_{bv} : 鉛直方向地震加速度により弁蓋ボルト 1 本あたりに加わる引張応力 (MPa)

W_{d1} : 弁全体の常時荷重 (N) = 304.006

F_{V1} : 弁蓋に加わる鉛直方向荷重 (N) = 313.126

A_3 : 弁蓋ボルトのねじ部の断面積 (mm²) = 2.011 × 10²

呼び径 16mm のボルトの断面積であるため

$$A_3 = 16^2 \times \pi / 4 = 201.061 \text{ mm}^2 = 2.011 \times 10^2 \text{ mm}^2$$

n : 弁蓋ボルトの本数 (本) = 8

$$\begin{aligned} \text{鉛直方向地震荷重による引張応力 } \sigma_{bv} &= \frac{313.126 - 304.006}{(2.011 \times 10^2 \times 8)} \\ &= 0.00566882 \text{ MPa} = 1 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\tau_1 = \frac{F_{H1}}{A_3 \cdot n}$$

ここで、

τ_1 : 弁蓋ボルトに加わるせん断応力 (MPa)

F_{H1} : 弁全体の最下端に加わる水平方向地震荷重 (N) = 334.406

A_3 : 弁蓋ボルトのねじ部の断面積 (mm²) = 2.011 × 10²

n : 弁蓋ボルトの本数 (本) = 8

$$\begin{aligned} \text{せん断応力 } \tau_1 &= (334.406) / (2.011 \times 10^2 \times 8) \\ &= 0.207860 \text{ MPa} = 1 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\sigma_{bh} = \frac{F_{H1} \cdot L_1}{D_p \cdot A_3}$$

ここで、

σ_{bh} : 水平方向地震加速度によるモーメント力により弁蓋ボルト 1 本あたりに加わる引張応力 (MPa)

F_{H1} : 弁全体の最下端に加わる水平方向地震荷重 (N) = 334.406

L_1 : 弁全体長さ (mm) = 292

D_p : 弁蓋ボルトのピッチサークル = 200

A_3 : 弁蓋ボルトのねじ部の断面積 (mm²) = 2.011 × 10²

$$\text{モーメントによる引張応力 } \sigma_{bh} = (334.406 \times 292) / (200 \times 2.011 \times 10^2)$$

$$=2.42781 \text{ MPa} = 3 \text{ MPa}$$

弁蓋ボルトの引張応力 $\sigma_{bH} + \sigma_{bV} = 1 + 3 = 4 \text{ MPa}$

ハ. 基準津波+S_d地震時

基準津波+S_d地震時の応力算出に用いる記号については、添付書類「V-3-別添 3-2-5-2「取水ピット空気抜き配管逆止弁の強度計算書」にて示す記号を使用する。

(イ) 荷重条件

(a-1) 固定荷重

固定荷重は「(b) 評価条件の整理」にて示したとおりとする。

(a-2) 積雪荷重

積雪荷重は「(b) 評価条件の整理」にて示したとおりとする。

(a-3) 基準津波荷重

突き上げ津波荷重は「イ. 基準津波時」にて示したとおりとする。

(a-4) S_d地震荷重

取水ピット空気抜き配管逆止弁の固有周期が0.05s以下であることを確認したため、取水ピット空気抜き配管逆止弁の強度計算に用いる設計震度は、添付書類「V-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に示す取水構造物における設置床の最大応答加速度の1.2倍を考慮して設定する。取水ピット空気抜き配管逆止弁の強度計算に用いる設計震度を表6.9.1-(3)-b-2に示す。

表 6.9.1-(3)-b-2 応力評価に用いる弾性設計用地震動 S_dによる設計震度

地震動	据付場所 及び床面高さ (m)	余震による設計震度*1	
		弾性設計用地震動 S _d -D1	取水構造物 EL. 0.800 (EL. 0.300*2)
		鉛直方向 C _{VS_d}	0.43

注記 *1：取水ピット空気抜き配管逆止弁の固有周期が0.05s以下であることを確認したため、設置床の最大応答加速度の1.2倍を考慮した設計震度を設定した。

*2：基準床レベルを示す。

(a-4-1) 弁蓋

(a-4-1-1) 鉛直加速度負荷時

$$F_{V1} = m_1 \cdot C_{VSd} \cdot g$$

ここで、

F_{V1} : 弁蓋に加わる鉛直方向地震荷重 (N)

C_{VSd} : 鉛直方向の設計震度 = 0.43

m_1 : 弁の質量 (kg) = 31

g : 重力加速度 (m/s^2) = 9.80665

$$\begin{aligned} F_{V1} &= 31 \times 0.43 \times 9.80665 \\ &= 130.722 \text{ N} \end{aligned}$$

(a-4-1-2) 水平加速度負荷時

$$F_{H1} = m_1 \cdot C_{HSd} \cdot g$$

$$M_1 = F_{H1} \cdot L_1$$

ここで、

F_{H1} : 弁全体の最下端に加わる水平方向地震荷重 (N)

M_1 : 弁蓋に発生する曲げモーメント ($N \cdot mm$)

L_1 : 弁全体長さ (mm) = 292

C_{HSd} : 水平方向の設計震度 = 0.61

m_1 : 弁の質量 (kg) = 31

g : 重力加速度 (m/s^2) = 9.80665

$$\begin{aligned} F_{H1} &= 31 \times 0.61 \times 9.80665 \\ &= 185.443 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_1 &= 185.443 \times 292 \\ &= 54149.3 \text{ N} \cdot mm \end{aligned}$$

(a-4-2) フロートガイド

(a-4-2-1) 鉛直加速度負荷時

$$F_{V2} = m_2 \cdot C_{VSd} \cdot g$$

ここで、

F_{V2} : フロートガイドに加わる鉛直方向地震荷重 (N)

C_{VSd} : 鉛直方向の設計震度 = 0.43

m_2 : フロートガイドの質量 (kg) = 1.8

g : 重力加速度 (m/s^2) = 9.80665

$$F_{V2} = 1.8 \times 0.43 \times 9.80665$$

$$=7.59034 \text{ N}$$

(a-4-2-2) 水平加速度負荷時

$$F_{H2} = m_2 \cdot C_{HSd} \cdot g$$

$$M_2 = F_{H2} \cdot L_2$$

ここで、

F_{H2} : フロートガイドの最下端に加わる水平方向地震荷重 (N)

M_2 : フロートガイドに発生する曲げモーメント (N・mm)

L_2 : フロートガイドの長さ (mm) =123

C_{HSd} : 水平方向の設計震度=0.61

m_2 : フロートガイドの質量 (kg) =1.8

g : 重力加速度 (m/s^2) =9.80665

$$F_{H2} = 1.8 \times 0.61 \times 9.80665$$

$$=10.7677 \text{ N}$$

$$M_2 = 10.7677 \times 123$$

$$=1324.42 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

(a-4-3) 弁蓋ボルト

(a-4-3-1) 鉛直加速度負荷時

弁全体の常時荷重 W_1 及び弁蓋に加わる鉛直方向荷重 F_{V1} が作用する。

(a-4-3-2) 水平加速度負荷時

弁全体の最下端に加わる水平方向地震荷重 F_{H1} が作用する。

(ロ) 各部の応力計算

(a-1) 弁蓋の発生応力

$$\sigma_{v1} = \frac{F_{v1} + P_t \cdot A_2}{A_1}$$

ここで、

σ_{v1} : 弁蓋に加わる圧縮応力 (MPa)

F_{v1} : 弁蓋に加わる鉛直方向荷重 (N) = 0

(鉛直方向の設計震度が1以下の場合は弁の浮上がりが起こらないことから考慮しない。)

P_t : 突き上げ津波荷重 (MPa) = 0.226359

A_1 : 弁蓋の断面積 (mm²) = 2.234×10^3

A_2 : 突き上げ津波荷重が弁蓋に作用する評価に用いる
受圧面積 (mm²) = 1.478×10^4

$$\begin{aligned} \text{圧縮応力 } \sigma_{v1} &= (0.226359 \times 1.478 \times 10^4) / (2.234 \times 10^3) \\ &= 1.49757 \text{ MPa} = 2 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\sigma_{H1} = \frac{M_1 \cdot D_3 / 2}{I_1}$$

ここで、

σ_{H1} : 弁蓋に加わる曲げ応力 (MPa)

M_1 : 弁蓋に発生する曲げモーメント (N・mm) = 54149.3

I_1 : 弁蓋の断面二次モーメント (mm⁴) = 1.76515×10^6

D_3 : 弁蓋の外径 (mm) = 88

$$\begin{aligned} \text{曲げ応力 } \sigma_{H1} &= (54149.3 \times (88/2)) / (1.76515 \times 10^6) \\ &= 1.34978 \text{ MPa} = 2 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\text{組合せ応力 } \sigma_{v1} + \sigma_{H1} = 2 + 2 = 4 \text{ MPa}$$

(a-2) フロートガイドの発生応力

$$\sigma_{v2} = \frac{F_{v2} + P_t \cdot A_4}{A_3}$$

ここで、

σ_{v2} : フロートガイドに加わる圧縮応力 (MPa)

F_{v2} : フロートガイドに加わる鉛直方向荷重 (N) = 0

(鉛直方向の設計震度が1以下の場合は弁の浮上がりが起こらないことから考慮しない。)

P_t : 突き上げ津波荷重 (MPa) = 0.226359

A_3 : フロートガイドの断面積 (mm^2) = 5.561×10^2

A_4 : 突き上げ津波荷重がフロートガイドに作用する評価に用いる
受圧面積 (mm^2) = 1.595×10^3

$$\begin{aligned} \text{圧縮応力 } \sigma_{v2} &= (0.226359 \times 1.595 \times 10^3) / (5.561 \times 10^2) \\ &= 0.649240 \text{ MPa} = 1 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\sigma_{H2} = \frac{M_2 \cdot D_4 / 2}{I_2}$$

ここで、

σ_{H2} : フロートガイドに加わる曲げ応力 (MPa)

M_2 : フロートガイドに発生する曲げモーメント ($\text{N} \cdot \text{mm}$) = 1324.42

I_2 : フロートガイドの断面二次モーメント (mm^4) = 2.42582×10^9

D_4 : フロートガイドの外径 (mm) = 62

$$\begin{aligned} \text{曲げ応力 } \sigma_{H2} &= (1324.42 \times (62/2)) / (2.42582 \times 10^9) \\ &= 0.169250 \text{ MPa} = 1 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\text{組合せ応力 } \sigma_{v2} + \sigma_{H2} = 1 + 1 = 2 \text{ MPa}$$

(a-3) 弁蓋ボルトの発生応力

$$\sigma_{v3} = \frac{F_{V1} + P_t \cdot A_6}{A_5 \cdot n}$$

ここで、

σ_{v3} : 弁蓋ボルト 1 本当たりのねじ部に加わる引張応力 (MPa)

F_{V1} : 弁蓋に加わる鉛直方向荷重 (N) = 0

(鉛直方向の設計震度が 1 以下の場合には弁の浮上がりが起こらないことから考慮しない。)

P_t : 突き上げ津波荷重 (MPa) = 0.226359

A_5 : 弁蓋ボルトのねじ部の断面積 (mm^2) = 2.011×10^2

A_6 : 突き上げ津波荷重が弁蓋ボルトに作用する評価に用いる
受圧面積 (mm^2) = $A_2 = 1.478 \times 10^4$

n : 弁蓋ボルトの本数 (本) = 8

弁蓋ボルト 1 本当たりのねじ部に加わる引張応力

$$\begin{aligned} \sigma_{v3} &= (0.226359 \times 1.478 \times 10^4) / (2.011 \times 10^2 \times 8) \\ &= 2.07955 \text{ MPa} = 3 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\tau_1 = \frac{F_{H1}}{A_5 \cdot n}$$

ここで、

τ_1 : 弁蓋ボルトのねじ部に加わるせん断応力 (MPa)

F_{H1} : 弁全体の最下端に加わる水平方向地震荷重 (N) = 185.443

A_5 : 弁蓋ボルトのねじ部の断面積 (mm²) = 2.011×10^2

n : 弁蓋ボルトの本数 (本) = 8

$$\begin{aligned} \text{せん断応力 } \tau_1 &= (185.443) / (2.011 \times 10^2 \times 8) \\ &= 0.115267 \text{ MPa} = 1 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\sigma_{v4} = \frac{F_{H1} \cdot L_1}{D_p \cdot A_5}$$

ここで、

σ_{v4} : モーメントにより弁蓋ボルト 1 本当たりの
ねじ部に加わる引張応力 (MPa)

F_{H1} : 弁全体の最下端に加わる水平方向地震荷重 (N) = 185.443

L_1 : 弁全体長さ (mm) = 292

D_p : 弁蓋ボルトのピッチサークル = 200

A_5 : 弁蓋ボルトのねじ部の断面積 (mm²) = 2.011×10^2

モーメントにより弁蓋ボルト 1 本当たりのねじ部に加わる引張応力

$$\sigma_{v4} = (185.443 \times 292) / (200 \times 2.011 \times 10^2) = 1.34632 \text{ MPa} = 2 \text{ MPa}$$

$$\text{弁蓋ボルトの引張応力 } \sigma_{v3} + \sigma_{v4} = 3 + 2 = 5 \text{ MPa}$$

二. 敷地に遡上する津波時

敷地に遡上する津波時の応力算出に用いる記号については、添付書類「V-3-別添 3-2-5-2 取水ピット空気抜き配管逆止弁の強度計算書」にて示す記号を使用する。

(イ) 荷重条件

(a-1) 固定荷重

固定荷重は「(b) 評価条件の整理」にて示したとおりとする。

(a-2) 積雪荷重

積雪荷重は「(b) 評価条件の整理」にて示したとおりとする。

(a-3) 突き上げ津波荷重

突き上げ津波荷重は以下のとおりとする。

$$P_t = (\rho_o \cdot g \cdot h + 1/2 \cdot C_D \cdot \rho_o \cdot U^2) / 10^6$$

ここで、

P_t : 突き上げ津波荷重 (MPa)

ρ_o : 海水の密度 (kg/m³) = 1030

g : 重力加速度 (m/s²) = 9.80665

h : 津波荷重水位 (m) = 26.0

C_D : 抗力係数 = 2.01

U : 流速 (m/s) = 2.0

以上より、

$$\begin{aligned} P_t &= (1030 \times 9.80665 \times 26.0 + 1/2 \times 2.01 \times 1030 \times 2.0^2) / 10^6 \\ &= 0.266762 \text{ MPa} \end{aligned}$$

(ロ) 各部の応力計算

(a-1) 弁蓋の発生応力

$$\sigma_{t1} = \frac{P_t \cdot A_2}{A_1}$$

ここで、

σ_{t1} : 弁蓋に加わる圧縮応力 (MPa)

P_t : 突き上げ津波荷重 (MPa) = 0.266762

図 6.9.1-(3)-b-6 に示す構造図から、突き上げ津波荷重が弁蓋に作用する評価に用いる受圧面の直径 D_1 、弁蓋の外径 D_3 及び弁蓋の内径 d_3 をそれぞれ以下のとおりとする。

D_1 : 突き上げ津波荷重が弁蓋に作用する評価に用いる

受圧面の直径 (mm) = 154

D_3 : 弁蓋の外径 (mm) = 88

d_3 : 弁蓋の内径 (mm) = 70

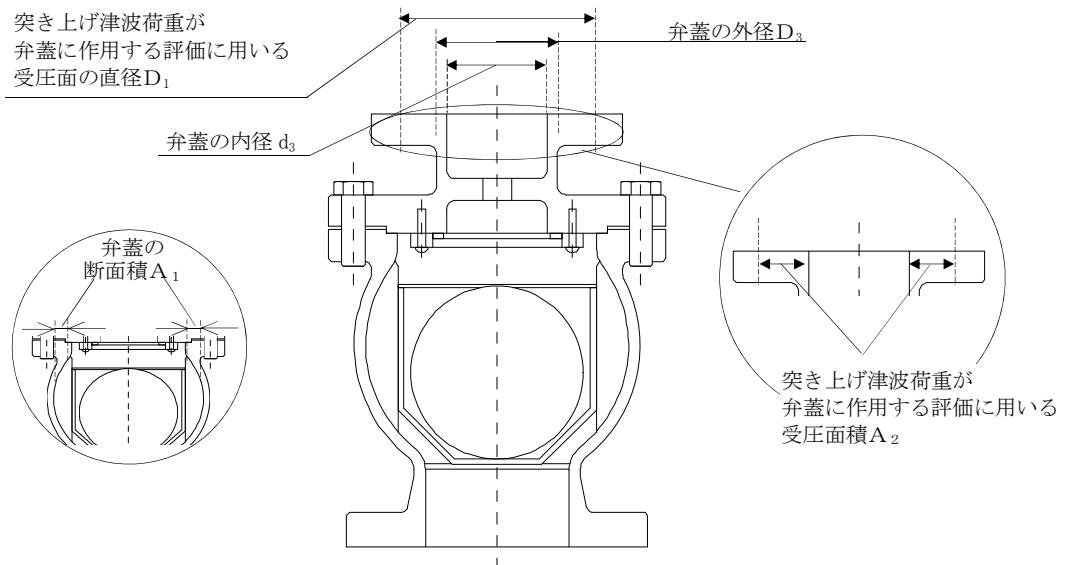


図 6.9.1-(3)-b-6 取水ピット空気抜き配管逆止弁の弁蓋の受圧面の寸法図

A_2 : 突き上げ津波荷重が弁蓋に作用する評価に用いる

受圧面積 (mm²) = 1.478×10^4

$$A_2 = (154^2 - 70^2) \times \pi / 4$$

$$= 14778.0 \text{ mm}^2 = 1.478 \times 10^4 \text{ mm}^2$$

A_1 : 弁蓋の断面積 (mm²) = 2.234×10^3

$$A_1 = (88^2 - 70^2) \times \pi / 4$$

$$= 2233.67 \text{ mm}^2 = 2.234 \times 10^3 \text{ mm}^2$$

$$\text{圧縮応力 } \sigma_{t1} = (0.266762 \times 1.478 \times 10^4) / (2.234 \times 10^3)$$

$$= 1.76488 \text{ MPa} = 2 \text{ MPa}$$

(a-2) フロートガイドの発生応力

$$\sigma_{t2} = \frac{P_t \cdot A_4}{A_3}$$

ここで、

σ_{t2} : フロートガイドに加わる圧縮応力 (MPa)

P_t : 突き上げ津波荷重 (MPa) = 0.266762

図 6.9.1-(3)-b-5 に示す寸法図から、フロートガイドの外径 D_2 、フロートガイドの内径 d_2 、突き上げ津波荷重がフロートガイドに作用する評価に用いる受圧面の直径及び突き上げ津波荷重がフロートガイドに作用する評価に用いる受圧面の内径をそれぞれ以下のとおりとする。

D_4 : フロートガイドの外径 (mm) = 62

d_4 : フロートガイドの内径 (mm) = 56

D_2 : 突き上げ津波荷重がフロートガイドに作用する評価に用いる受圧面の直径 (mm) = 135.7

d_2 : 突き上げ津波荷重がフロートガイドに作用する評価に用いる受圧面の内径 (mm) = 128

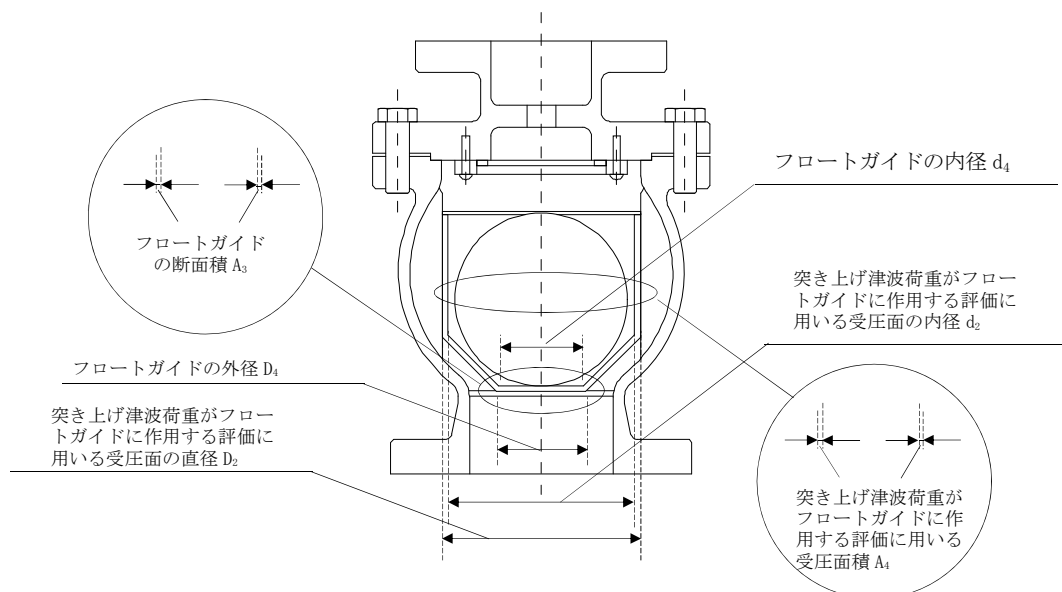


図 6.9.1-(3)-b-5 取水ピット空気抜き配管逆止弁のフロートガイド構造図

A_3 : フロートガイドの断面積 (mm^2) = 5.561×10^2

$$A_3 = (62^2 - 56^2) \times \pi / 4$$

$$= 556.061 \text{ mm}^2 = 5.561 \times 10^2 \text{ mm}^2$$

A_4 : 突き上げ津波荷重がフロートガイドに作用する評価に用いる受圧面積 (mm^2) = 1.595×10^3

$$A_4 = (135.7^2 - 128^2) \times \pi / 4$$

$$= 1594.74 \text{ mm}^2 = 1.595 \times 10^3 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} \text{圧縮応力 } \sigma_{t2} &= (0.266762 \times 1.595 \times 10^3) / (5.561 \times 10^2) \\ &= 0.765123 \text{ MPa} = 1 \text{ MPa} \end{aligned}$$

(a-3) 弁蓋ボルトの発生応力

$$\sigma_{t3} = \frac{P_t \cdot A_6}{A_5 \cdot n}$$

ここで、

σ_{t3} : 弁蓋ボルト 1 本当たりのねじ部に加わる引張応力 (MPa)

P_t : 突き上げ津波荷重 (MPa) = 0.266762

A_5 : 弁蓋ボルトのねじ部の断面積 (mm^2) = 2.011×10^2

呼び径 16mm のボルトの断面積であるため

$$A_5 = 16^2 \times \pi / 4 = 201.061 \text{ mm}^2 = 2.011 \times 10^2 \text{ mm}^2$$

A_6 : 突き上げ津波荷重が弁蓋に作用する評価に用いる

$$\text{受圧面積 } (\text{mm}^2) = A_2 = 1.478 \times 10^4$$

n : 弁蓋ボルトの本数 (本) = 8

弁蓋ボルト 1 本当たりのねじ部に

$$\begin{aligned} \text{加わる引張応力 } \sigma_{t3} &= (0.266762 \times 1.478 \times 10^4) / (2.011 \times 10^2 \times 8) \\ &= 2.45073 \text{ MPa} = 3 \text{ MPa} \end{aligned}$$

(a-4) フロートに発生する圧力

波圧によりフロートに発生する圧力 P_w は突き上げ津波荷重 P_t の算出結果をもとに設定する。突き上げ津波荷重 P_t は以下のとおりである。

$$P_t = 0.266762 \text{ (MPa)}$$

上記の算出結果を踏まえ、波圧によりフロートに発生する圧力 P_w を 0.3 (MPa) とする。

ホ. 敷地に遡上する津波+S_d地震時

敷地に遡上する津波+S_d地震時の応力算出に用いる記号については、添付書類「V-3-別添 3-2-5-2 取水ピット空気抜き配管逆止弁の強度計算書」にて示す記号を使用する。

(イ) 荷重条件

(a-1) 固定荷重

固定荷重は「(b) 評価条件の整理」にて示したとおりとする。

(a-2) 積雪荷重

積雪荷重は「(b) 評価条件の整理」にて示したとおりとする。

(a-3) 突き上げ津波荷重

突き上げ津波荷重は「ニ. 敷地に遡上する津波時」にて示したとおりとする。

(a-4) S_d地震荷重

応力評価に用いる弾性設計用地震動 S_d による設計震度は「ハ. 基準津波+S_d地震時」にて示した通りとする。

(a-4-1) 弁蓋

(a-4-1-1) 鉛直加速度負荷時

$$F_{V1} = m_1 \cdot C_{VSd} \cdot g$$

ここで、

F_{V1} : 弁蓋に加わる鉛直方向地震荷重 (N)

C_{VSd} : 鉛直方向の設計震度 = 0.43

m_1 : 弁の質量 (kg) = 31

g : 重力加速度 (m/s^2) = 9.80665

$$\begin{aligned} F_{V1} &= 31 \times 0.43 \times 9.80665 \\ &= 130.722 \text{ N} \end{aligned}$$

(a-4-1-2) 水平加速度負荷時

$$F_{H1} = m_1 \cdot C_{HSd} \cdot g$$

$$M_1 = F_{H1} \cdot L_1$$

ここで、

F_{H1} : 弁全体の最下端に加わる水平方向地震荷重 (N)

M_1 : 弁蓋に発生する曲げモーメント (N・mm)

L_1 : 弁全体長さ (mm) = 292

C_{HSd} : 水平方向の設計震度 = 0.61

m_1 : 弁の質量 (kg) = 31

g : 重力加速度 (m/s^2) = 9.80665

$$\begin{aligned} F_{H1} &= 31 \times 0.61 \times 9.80665 \\ &= 185.443 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_1 &= 185.443 \times 292 \\ &= 54149.3 \text{ N} \cdot \text{mm} \end{aligned}$$

(a-4-2) フロートガイド

(a-4-2-1) 鉛直加速度負荷時

$$F_{V2} = m_2 \cdot C_{VSd} \cdot g$$

ここで、

F_{V2} : フロートガイドに加わる鉛直方向地震荷重 (N)

C_{VSd} : 鉛直方向の設計震度 = 0.43

m_2 : フロートガイドの質量 (kg) = 1.8

g : 重力加速度 (m/s^2) = 9.80665

$$\begin{aligned} F_{V2} &= 1.8 \times 0.43 \times 9.80665 \\ &= 7.59034 \text{ N} \end{aligned}$$

(a-4-2-2) 水平加速度負荷時

$$F_{H2} = m_2 \cdot C_{HSd} \cdot g$$

$$M_2 = F_{H2} \cdot L_2$$

ここで、

F_{H2} : フロートガイドの最下端に加わる水平方向地震荷重 (N)

M_2 : フロートガイドに発生する曲げモーメント (N・mm)

L_2 : フロートガイドの長さ (mm) = 123

C_{HSd} : 水平方向の設計震度 = 0.61

m_2 : フロートガイドの質量 (kg) = 1.8

g : 重力加速度 (m/s^2) = 9.80665

$$F_{H2} = 1.8 \times 0.61 \times 9.80665$$

$$= 10.7677 \text{ N}$$

$$M_2 = 10.7677 \times 123$$

$$= 1324.42 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

(a-4-3) 弁蓋ボルト

(a-4-3-1) 鉛直加速度負荷時

弁全体の常時荷重 W_1 及び弁蓋に加わる鉛直方向荷重 F_{V1} が作用する。

(a-4-3-2) 水平加速度負荷時

弁全体の最下端に加わる水平方向地震荷重 F_{H1} が作用する。

(ロ) 各部の応力計算

(a-1) 弁蓋の発生応力

$$\sigma_{v1} = \frac{F_{v1} + P_t \cdot A_2}{A_1}$$

ここで、

σ_{v1} : 弁蓋に加わる圧縮応力 (MPa)

F_{v1} : 弁蓋に加わる鉛直方向荷重 (N) = 0

(鉛直方向の設計震度が 1 以下の場合は弁の浮上がりが起こらないことから考慮しない。)

P_t : 突き上げ津波荷重 (MPa) = 0.266762

A_1 : 弁蓋の断面積 (mm²) = 2.234 × 10³

A_2 : 突き上げ津波荷重が弁蓋に作用する評価に用いる
受圧面積 (mm²) = 1.478 × 10⁴

$$\begin{aligned} \text{圧縮応力 } \sigma_{v1} &= (0.266762 \times 1.478 \times 10^4) / (2.234 \times 10^3) \\ &= 1.76488 \text{ MPa} = 2 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\sigma_{H1} = \frac{M_1 \cdot D_3 / 2}{I_1}$$

ここで、

σ_{H1} : 弁蓋に加わる曲げ応力 (MPa)

M_1 : 弁蓋に発生する曲げモーメント (N・mm) = 54149.3

I_1 : 弁蓋の断面二次モーメント (mm⁴) = 1.76515 × 10⁶

D_3 : 弁蓋の外径 (mm) = 88

$$\begin{aligned} \text{曲げ応力 } \sigma_{H1} &= (54149.3 \times (88/2)) / (1.76515 \times 10^6) \\ &= 1.34978 \text{ MPa} = 2 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\text{組合せ応力 } \sigma_{v1} + \sigma_{H1} = 2 + 2 = 4 \text{ MPa}$$

(a-2) フロートガイドの発生応力

$$\sigma_{v2} = \frac{F_{v2} + P_t \cdot A_4}{A_3}$$

ここで、

σ_{v2} : フロートガイドに加わる圧縮応力 (MPa)

F_{v2} : フロートガイドに加わる鉛直方向荷重 (N) = 0

(鉛直方向の設計震度が 1 以下の場合は弁の浮上がりが起こらないことから考慮しない。)

P_t : 突き上げ津波荷重 (MPa) = 0.266762

A_3 : フロートガイドの断面積 (mm^2) = 5.561×10^2

A_4 : 突き上げ津波荷重がフロートガイドに作用する評価に用いる
受圧面積 (mm^2) = 1.595×10^3

$$\begin{aligned} \text{圧縮応力 } \sigma_{v2} &= (0.266762 \times 1.595 \times 10^3) / (5.561 \times 10^2) \\ &= 0.765123 \text{ MPa} = 1 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\sigma_{H2} = \frac{M_2 \cdot D_4 / 2}{I_2}$$

ここで、

σ_{H2} : フロートガイドに加わる曲げ応力 (MPa)

M_2 : フロートガイドに発生する曲げモーメント ($\text{N} \cdot \text{mm}$) = 1324.42

I_2 : フロートガイドの断面二次モーメント (mm^4) = 2.42582×10^5

D_4 : フロートガイドの外径 (mm) = 62

$$\begin{aligned} \text{曲げ応力 } \sigma_{H2} &= (1324.42 \times (62/2)) / (2.42582 \times 10^5) \\ &= 0.169250 \text{ MPa} = 1 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\text{組合せ応力 } \sigma_{v2} + \sigma_{H2} = 1 + 1 = 2 \text{ MPa}$$

(a-3) 弁蓋ボルトの発生応力

$$\sigma_{v3} = \frac{F_{V1} + P_t \cdot A_6}{A_5 \cdot n}$$

ここで、

σ_{v3} : 弁蓋ボルト 1 本当当たりのねじ部に加わる引張応力 (MPa)

F_{V1} : 弁蓋に加わる鉛直方向荷重 (N) = 0

(鉛直方向の設計震度が 1 以下の場合には弁の浮上がりが起こらないことから考慮しない。)

P_t : 突き上げ津波荷重 (MPa) = 0.266762

A_5 : 弁蓋ボルトのねじ部の断面積 (mm^2) = 2.011×10^2

A_6 : 突き上げ津波荷重が弁蓋ボルトに作用する評価に用いる
受圧面積 (mm^2) = $A_2 = 1.478 \times 10^4$

n : 弁蓋ボルトの本数 (本) = 8

弁蓋ボルト 1 本当当たりのねじ部に加わる引張応力

$$\begin{aligned} \sigma_{v3} &= ((0.266762 \times 1.478 \times 10^4) / (2.011 \times 10^2 \times 8)) \\ &= 2.45073 \text{ MPa} = 3 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\tau_1 = \frac{F_{H1}}{A_5 \cdot n}$$

ここで、

τ_1 : 弁蓋ボルトのねじ部に加わるせん断応力 (MPa)

F_{H1} : 弁全体の最下端に加わる水平方向地震荷重 (N) = 185.443

A_5 : 弁蓋ボルトのねじ部の断面積 (mm²) = 2.011×10^2

n : 弁蓋ボルトの本数 (本) = 8

$$\begin{aligned} \text{せん断応力 } \tau_1 &= (185.443) / (2.011 \times 10^2 \times 8) \\ &= 0.115267 \text{ MPa} = 1 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\sigma_{V4} = \frac{F_{H1} \cdot L_1}{D_P \cdot A_5}$$

ここで、

σ_{V4} : モーメントにより弁蓋ボルト 1 本当たりの
ねじ部に加わる引張応力 (MPa)

F_{H1} : 弁全体の最下端に加わる水平方向地震荷重 (N) = 185.443

L_1 : 弁全体長さ (mm) = 292

D_P : 弁蓋ボルトのピッチサークル = 200

A_5 : 弁蓋ボルトのねじ部の断面積 (mm²) = 2.011×10^2

モーメントにより弁蓋ボルト 1 本当たりのねじ部に加わる引張応力

$$\sigma_{V4} = (185.443 \times 292) / (200 \times 2.011 \times 10^2) = 1.34632 \text{ MPa} = 2 \text{ MPa}$$

$$\text{弁蓋ボルトの引張応力 } \sigma_{V3} + \sigma_{V4} = 3 + 2 = 5 \text{ MPa}$$

(d) 許容応力

許容応力は、供用状態 C(許容応力状態Ⅲ_AS)として設定する。

イ. ボルト以外の許容応力

温度 40℃における SCS16A の許容引張応力を S_1 、SUS316L の許容引張応力を S_2 とすると JSME S NC1-2005/2007 付録材料図表 Part5 表 5 より、 S_1 及び S_2 は以下のとおりである。

$$S_1 = 120 \text{ MPa (SCS16A)}$$

$$S_2 = 111 \text{ MPa (SUS316L)}$$

弁蓋の材質：SCS16A

フロートガイドの材質：SUS316L

(イ) 基準津波時、 S_s 地震時、基準津波+ S_d 地震時、敷地に遡上する津波時

(a-1) 弁蓋の許容圧縮応力、許容曲げ応力及び組合せ応力

$$1.2 \cdot S_1 = 1.2 \times 120$$

$$= 144 \text{ MPa}$$

(a-2) フロートガイドの許容圧縮応力、許容曲げ応力及び組合せ応力

$$1.2 \cdot S_2 = 1.2 \times 111$$

$$= 133 \text{ MPa}$$

ロ. ボルトの許容応力

温度 40°Cにおける SUS316L の設計降伏点 S_y 及び設計引張強さ S_u は、JSME S NC1-2005/2007 付録材料図表 Part5 表 8 及び表 9 より以下のとおりである。

$S_y = 175 \text{ MPa}$ (JSME S NC1-2005/2007 付録材料図表 Part5 表 8 による。)

$S_u = 480 \text{ MPa}$ (JSME S NC1-2005/2007 付録材料図表 Part5 表 9 による。)

許容応力算定用基準値

$$\begin{aligned} F &= \min [S_y, 0.7 \cdot S_u] \\ &= \min [175, 0.7 \times 480] \\ &= \min [175, 336] \\ &= 175 \text{ MPa} \end{aligned}$$

(イ) 基準津波時、敷地に遡上する津波時

$$\begin{aligned} \text{許容引張応力} \quad 1.5 \cdot f_t &= (F/2) \cdot 1.5 \\ &= (175/2) \times 1.5 \\ &= 130 \text{ MPa} \end{aligned}$$

(ロ) S_s 地震時、基準津波 + S_d 地震時、敷地に遡上する津波 + S_d 地震時

$$\begin{aligned} \text{(a-1) 許容引張応力} \quad 1.5 \cdot f_t &= (F/2) \cdot 1.5 \\ &= (175/2) \times 1.5 \\ &= 130 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{(a-2) 許容せん断応力} \quad 1.5 \cdot f_s &= \{F / (1.5 \cdot \sqrt{3})\} \cdot 1.5 \\ &= \{175 / (1.5 \times \sqrt{3})\} \times 1.5 \\ &= 67 \times 1.5 \\ &= 100 \text{ MPa} \end{aligned}$$

(a-3) 組合せ応力

組合せ応力の許容応力として、せん断応力と引張応力を同時に受ける基礎ボルトの許容引張応力を求める。

ボルトに作用するせん断応力 $\tau = 1 \text{ MPa}$

$$\begin{aligned} 1.5 \cdot f_{ts1} &= 1.4 \cdot (1.5 \cdot f_{t0}) - 1.6 \cdot \tau \\ &= 1.4 \times 130 - 1.6 \times 1 \\ &= 180 \text{ MPa} \end{aligned}$$

ここで、

$$\begin{aligned} 1.5 \cdot f_{t0} &= (F/2) \cdot 1.5 \\ &= (175/2) \times 1.5 \\ &= 130 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$1.5 \cdot f_{ts2} = 1.5 \cdot f_{t0}$$

$$=130 \text{ MPa}$$

以上より,

$$1.5 \cdot f_{ts} = \text{Min} (1.5 \cdot f_{ts1}, 1.5 \cdot f_{ts2})$$

$$= \text{Min} (180, 130)$$

$$=130 \text{ MPa}$$

(e) 応力評価結果

イ. 基準津波時

基準津波時の評価結果を表 6.9.1-(3)-b-3 に示す。

表 6.9.1-(3)-b-3 基準津波時の応力評価結果 (弁蓋, フロートガイド及び弁蓋ボルト)

部位	評価応力	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	判定 発生応力 ≤ 許容応力
弁蓋	圧縮	2	144	OK
フロートガイド	圧縮	1	133	OK
弁蓋ボルト	引張	3	130	OK

ロ. S_s地震時

S_s地震時の評価結果を表 6.9.1-(3)-b-4 に示す。

表 6.9.1-(3)-b-4 S_s地震時の評価結果 (弁蓋, フロートガイド及び弁蓋ボルト)

部位	評価応力	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	判定 発生応力 ≤ 許容応力
弁蓋	引張	1	144	OK
	曲げ	3	144	OK
	組合せ*1	4	144	OK
フロートガイド	引張	1	133	OK
	曲げ	1	133	OK
	組合せ*1	2	133	OK
弁蓋ボルト	引張*2	4	130*3	OK
	せん断	1	100	OK

注記 *1: 圧縮 (σ_t) + 曲げ (σ_b) は, $\sigma_t + \sigma_b \leq 1.2S$ で評価

*2: 弁蓋ボルトの引張応力は, $\sigma_{bH} + \sigma_{bV}$

*3: $f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau, f_{to}]$ より算出

ハ. 基準津波+S_d地震時

基準津波+S_d地震時の評価結果を表 6.9.1-(3)-b-5 に示す。

表 6.9.1-(3)-b-5 基準津波+S_d地震時の評価結果 (弁蓋, フロートガイド及び弁蓋ボルト)

部位	評価応力	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	判定 発生応力 ≤ 許容応力
弁蓋	圧縮	2	144	OK
	曲げ	2	144	OK
	組合せ*1	4	144	OK
フロートガイド	圧縮	1	133	OK
	曲げ	1	133	OK
	組合せ*1	2	133	OK
弁蓋ボルト	引張*2	5	130*3	OK
	せん断	1	100	OK

注記 *1: 圧縮 (σ_V) + 曲げ (σ_H) は, $\sigma_V + \sigma_H \leq 1.2S$ で評価

*2: 弁蓋ボルトの引張応力は, $\sigma_{V3} + \sigma_{V4}$

*3: $f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau, f_{to}]$ より算出

ニ. 敷地に遡上する津波時

敷地に遡上する津波時の評価結果を表 6.9.1-(3)-b-6 に示す。

表 6.9.1-(3)-b-6 敷地に遡上する津波時の応力評価結果
(弁蓋, フロートガイド及び弁蓋ボルト)

部位	評価応力	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	判定 発生応力 ≤ 許容応力
弁蓋	圧縮	2	144	OK
フロートガイド	圧縮	1	133	OK
弁蓋ボルト	引張	3	130	OK

ホ. 敷地に遡上する津波+S_d地震時

敷地に遡上する津波+S_d地震時の評価結果を表 6.9.1-(3)-b-7 に示す。

表 6.9.1-(3)-b-7 敷地に遡上する津波+S_d地震時の評価結果

(弁蓋, フロートガイド及び弁蓋ボルト)

部位	評価応力	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	判定 発生応力 ≤ 許容応力
弁蓋	圧縮	2	144	OK
	曲げ	2	144	OK
	組合せ*1	4	144	OK
フロートガイド	圧縮	1	133	OK
	曲げ	1	133	OK
	組合せ*1	2	133	OK
弁蓋ボルト	引張*2	5	130*3	OK
	せん断	1	100	OK

注記 *1: 圧縮 (σ_v) + 曲げ (σ_H) は, $\sigma_v + \sigma_H \leq 1.2S$ で評価

*2: 弁蓋ボルトの引張応力は, $\sigma_{v3} + \sigma_{v4}$

*3: $f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau, f_{to}]$ より算出

6.10.2 取水ピット水位計及び潮位計の設計に関する補足説明

6.10.2.1 概要

本資料は、津波監視設備のうち取水ピット水位計及び潮位計の耐震計算の詳細について説明するものである。耐震計算に当たっては、添付書類「V-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、強度計算に当たっては、添付書類「V-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及び機能維持の設計方針に基づき、取水ピット水位計及び潮位計の耐震計算書及び強度計算書に示した評価について補足するものである。対象となる取水ピット水位計及び潮位計の配置を図 6.10.2-1 に示す

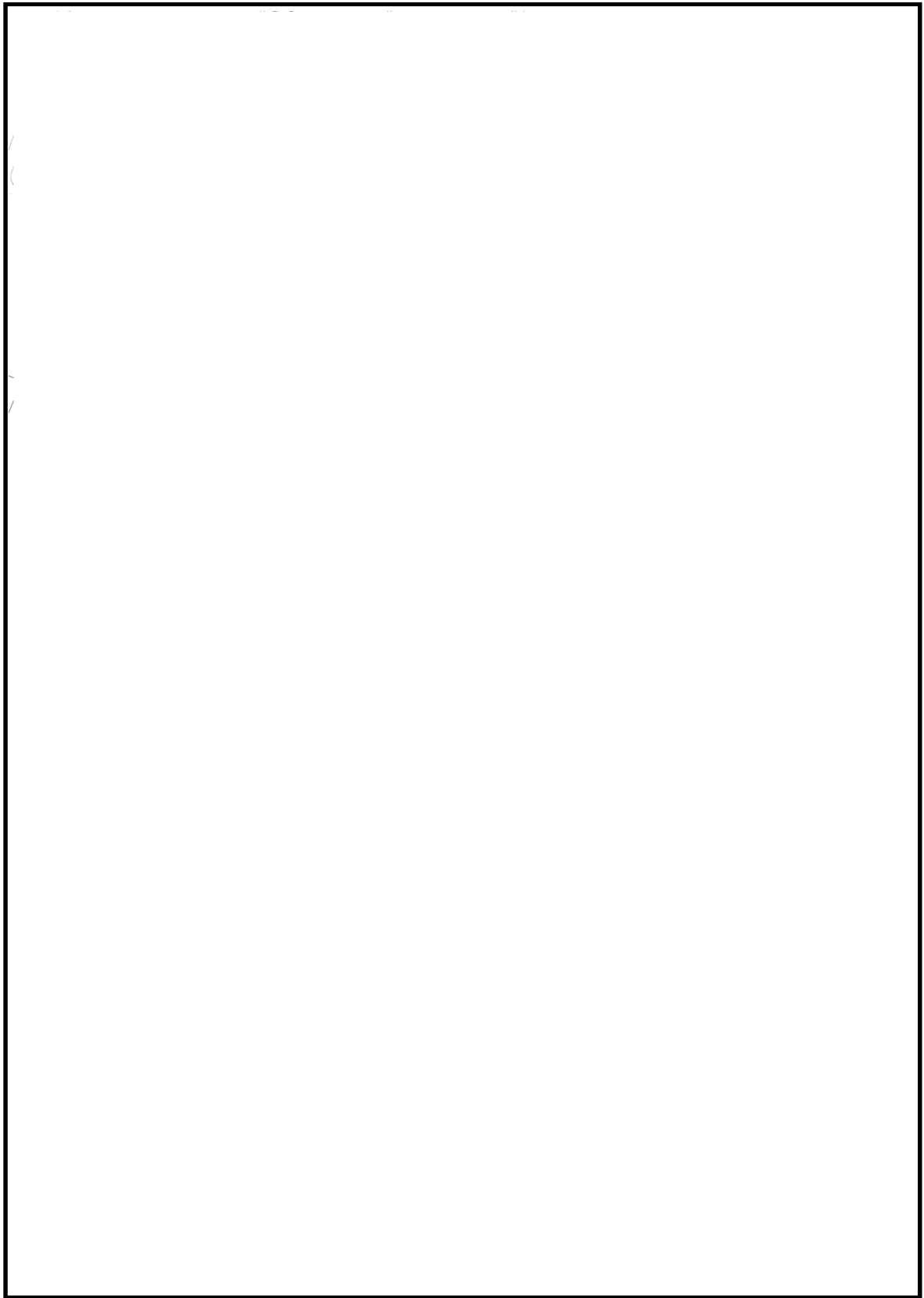


図 6.10.2-1 津波監視設備配置図

6.10.2.2 取水ピット水位計の設計に関する補足説明

a. 一般事項

図6.10.2-2に取水ピット水位計の概略構造図を示す。

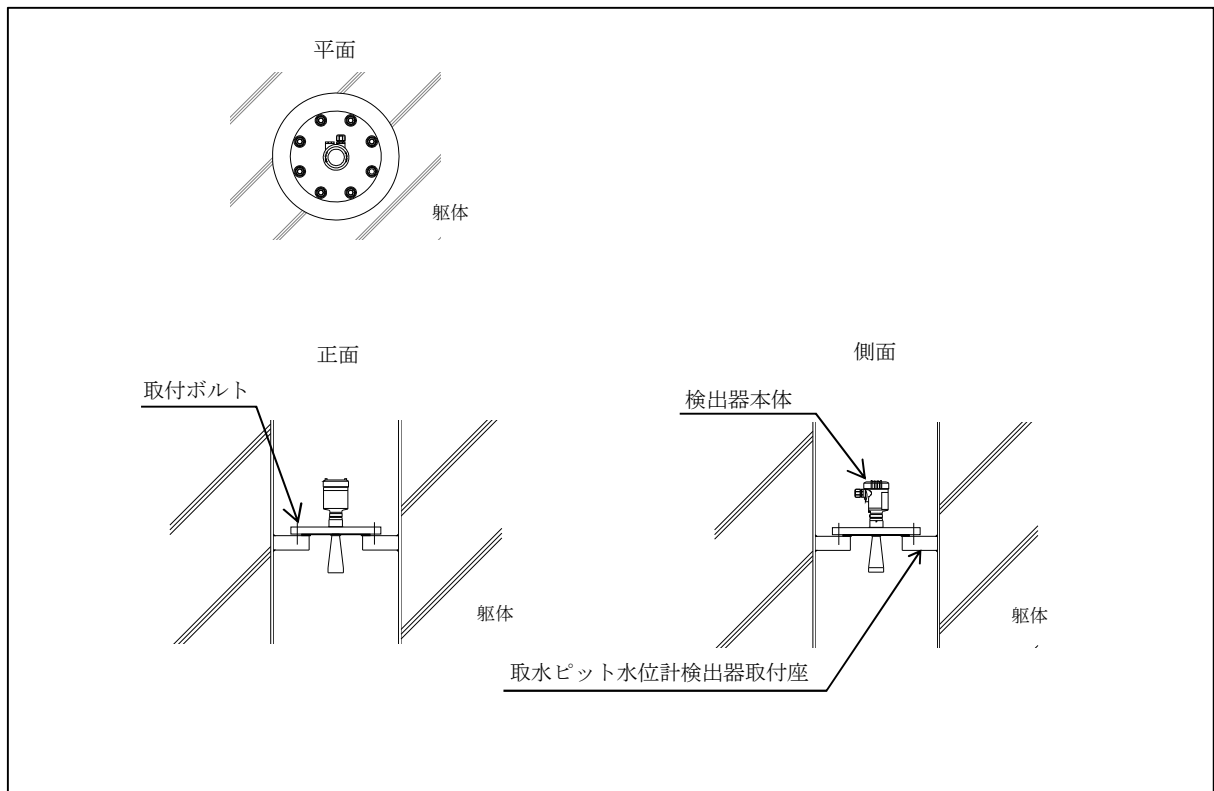


図6.10.2-2 取水ピット水位計の概略構造図

b. 評価条件

<設計震度>

設置場所（海水ポンプ室）の最大震度を適用する。

S_d 水平方向震度 (C_H) : 0.61

鉛直方向震度 (C_V) : 0.43

S_s 水平方向震度 (C_H) : 1.10

鉛直方向震度 (C_V) : 1.03

静的震度 水平方向震度 ($3.6 \cdot C_i$) : 0.58

鉛直方向震度 ($1.2 \cdot C_V$) : 0.29

<雰囲気温度>

40℃（屋外）

<津波荷重水位>

取水ピット水位計の津波荷重水位は添付書類「V-1-1-2-2-3 入力津波の設定」にて設定している取水ピットの入力津波高さを元に設定する。

基準津波 : T.P + 22 m

敷地に遡上する津波 : T.P + 26 m

c. 固有周期

取水ピット水位計の固有周期は、振動試験装置による共振検索試験にて求める。結果、固有周期は0.05秒以下であることを確認したため剛である。

d. 応力計算

<耐震評価>

①引張応力

取付ボルトに作用する引張力 F_b

$$F_b = \frac{m \cdot C_H \cdot h \cdot g - m \cdot (1 - C_V) \cdot \ell_2 \cdot g}{n_f \cdot (\ell_1 + \ell_2)}$$
$$= (17.2 \times 9.80665 \times 1.10 \times 183 - 17.2 \times 9.80665 \times (1 - 1.03) \times 110.9) / (2 \times (110.9 + 110.9))$$
$$= 77.80733$$
$$= \underline{77.81 \text{ (N)}}$$

取付ボルトに作用する引張応力 σ_b

$$\sigma_b = \frac{F_b}{A_b}$$
$$= 77.81 / 201.1$$
$$= 0.3869219$$
$$= \underline{1 \text{ (MPa)}}$$

②せん断応力

取付ボルトに作用するせん断力 Q_b

$$Q_b = m \cdot C_H \cdot g$$
$$= 17.2 \times 1.10 \times 9.80665$$
$$= 185.5418$$
$$= \underline{185.5 \text{ (N)}}$$

取付ボルトに作用するせん断応力 τ_b

$$\tau_b = \frac{Q_b}{n \cdot A_b}$$
$$= 185.5 / (8 \times 201.1)$$
$$= 0.1153$$
$$= \underline{1 \text{ (MPa)}}$$

③F 値

設計温度における使用部材の設計降伏点 S_y と設計引張強さ S_u は 2005 設計・建設規格第 I 編 付録図表 Part5 表 8, 表 9 より

40℃における $S_y=235$

40℃における $S_u=400$

$$F = \text{Min}(S_y, 0.7S_u)$$

$$= \text{Min}(235, 0.7 \times 400)$$

$$= \text{Min}(235, 280)$$

$$= \underline{235 \text{ MPa}}$$

④許容引張応力

許容引張応力 f_{ts}

$$f_{ts} = \text{Min}(1.4 \times f_{to} - 1.6 \times \tau_b, f_{to})$$

$$f_{to} = F/2 \times 1.5$$

$$= 235/2 \times 1.5$$

$$= 176.25$$

$$= 176 \text{ (MPa)}$$

$$f_{ts} = \text{Min}(1.4 \times 176 - 1.6 \times 1, 176)$$

$$= \text{Min}(244, 176)$$

$$= \underline{176 \text{ MPa}}$$

⑤許容せん断応力

許容せん断応力 f_{sb}

$$f_{sb} = F / (1.5 \times \sqrt{3}) \times 1.5$$

$$= 235 / (1.5 \times \sqrt{3}) \times 1.5$$

$$= 135.677313$$

$$= \underline{135 \text{ MPa}}$$

⑥耐震評価結果

取水ピット水位計の耐震評価結果を表 6. 10. 2-1 に示す。

表 6. 10. 2-1 取水ピット水位計の耐震評価結果

部位	評価応力	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	判定 発生応力 ≤ 許容応力
取付ボルト	引張	1	176*	OK
	せん断	1	135	OK

注記 * : $f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{to}]$ より算出

<強度評価 (基準津波と余震による重畳時) >

①突き上げ津波荷重 (P_t)

取水ピット水位計に作用する突き上げ津波荷重 (P_t)

$$P_t = \frac{\rho \cdot g \cdot Th \cdot A1 + 0.5 \cdot CD \cdot \rho \cdot A1 \cdot U^2}{10^6}$$

なお、抗力係数 (CD) は日本港湾協会 港湾の施設の技術上の基準・同解説の値を使用する。流れ方向の物体の投影面積A1は次式にて求める。

$$A1 = \left(\frac{B1}{2}\right)^2 \cdot \pi$$

$$= (168/2)^2 \times \pi$$

$$= 22167.07$$

$$= 22170 \text{ (mm}^2\text{)}$$

$$P_t = (1030 \times 9.80665 \times 22 \times 22170 + 0.5 \times 1.2 \times 1030 \times 22170 \times 2^2) / 10^6$$

$$= 4981.892575$$

$$= \underline{4982 \text{ (N)}}$$

②引張応力

取付ボルトに作用する引張力 F_b

$$F_b = \frac{m \cdot C_H \cdot h \cdot g - m \cdot (1 - C_V) \cdot \ell_1 \cdot g + P_t \cdot \ell_2}{n_f \cdot (\ell_1 + \ell_2)}$$

$$= (17.2 \times 9.80665 \times 0.61 \times 183 - 17.2 \times 9.80665 \times (1 - 0.43) \times 110.9 + 4982 \times 110.9) / (2 \times (110.9 + 110.9))$$

$$= 1263.910071$$

$$= \underline{1264 \text{ (N)}}$$

取付ボルトに作用する引張応力 σ_b

$$\sigma_b = \frac{F_b}{A_b}$$

$$= 1264 / 201.1$$

$$= 6.28543$$

$$= \underline{7 \text{ (MPa)}}$$

③せん断応力

取付ボルトに作用するせん断力 Q_b

$$Q_b = m \cdot C_H \cdot g$$

$$= 17.2 \times 0.61 \times 9.80665$$

$$= 102.89137$$

$$= \underline{102.9 \text{ (N)}}$$

取付ボルトに作用するせん断応力 τ_b

$$\tau_b = \frac{Q_b}{n \cdot A_b}$$

$$\begin{aligned}
&=102.9/(8 \times 201.1) \\
&=0.06396 \\
&=\underline{1 \text{ (MPa)}}
\end{aligned}$$

④F 値

設計温度における使用部材の設計降伏点 S_y と設計引張強さ S_u は 2005 設計・建設規格第 I 編 付録図表 Part5 表 8, 表 9 より

$$40^\circ\text{C} \text{における } S_y = 235$$

$$40^\circ\text{C} \text{における } S_u = 400$$

$$F = \text{Min}(S_y, 0.7S_u)$$

$$= \text{Min}(235, 0.7 \times 400)$$

$$= \text{Min}(235, 280)$$

$$=\underline{235 \text{ MPa}}$$

⑤許容引張応力

許容引張応力 f_{ts}

$$f_{ts} = \text{Min}(1.4 \times f_{to} - 1.6 \times \tau_b, f_{to})$$

$$f_{to} = F/2 \times 1.5$$

$$= 235/2 \times 1.5$$

$$= 176.25$$

$$= 176 \text{ (MPa)}$$

$$f_{ts} = \text{Min}(1.4 \times 176 - 1.6 \times 1, 176)$$

$$= \text{Min}(244, 176)$$

$$=\underline{176 \text{ MPa}}$$

⑥許容せん断応力

許容せん断応力 f_{sb}

$$f_{sb} = F / (1.5 \times \sqrt{3}) \times 1.5$$

$$= 235 / (1.5 \times \sqrt{3}) \times 1.5$$

$$= 135.677313$$

$$=\underline{135 \text{ MPa}}$$

⑦強度評価結果

取水ピット水位計の強度評価結果を表 6. 10. 2-2 に示す。

表 6. 10. 2-2 取水ピット水位計の強度評価結果（基準津波と余震による重畳時）

部位	評価応力	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	判定 発生応力 ≤ 許容応力
取付ボルト	引張	7	176*	OK
	せん断	1	135	OK

注記 * : $f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{to}]$ より算出

<強度評価（敷地に遡上する津波と余震による重畳時）>

①突き上げ津波荷重(P_t)

取水ピット水位計に作用する突き上げ津波荷重(P_t)

$$P_t = \frac{\rho \cdot g \cdot Th \cdot A1 + 0.5 \cdot CD \cdot \rho \cdot A1 \cdot U^2}{10^6}$$

なお、抗力係数 (CD) は日本港湾協会 港湾の施設の技術上の基準・同解説の値を使用する。流れ方向の物体の投影面積 A1 は次式にて求める。

$$A1 = \left(\frac{B1}{2}\right)^2 \cdot \pi$$

$$= (168/2)^2 \times \pi$$

$$= 22167.07$$

$$= 22170 \text{ (mm}^2\text{)}$$

$$P_t = (1030 \times 9.80665 \times 26 \times 22170 + 0.5 \times 1.2 \times 1030 \times 22170 \times 2^2) / 10^6$$

$$= 6020.2867$$

$$= 6020 \text{ (N)}$$

②引張応力

取付ボルトに作用する引張力 F_b

$$F_b = \frac{m \cdot C_H \cdot h \cdot g - m \cdot (1 - C_V) \cdot \ell_1 \cdot g + P_t \cdot \ell_2}{n_f \cdot (\ell_1 + \ell_2)}$$

$$= (17.2 \times 9.80665 \times 0.61 \times 183 - 17.2 \times 9.80665 \times (1 - 0.43) \times 110.9 + 6020 \times 110.9) / (2 \times (110.9 + 110.9))$$

$$= 1523.4101$$

$$= 1523 \text{ (N)}$$

取付ボルトに作用する引張応力 σ_b

$$\sigma_b = \frac{F_b}{A_b}$$

$$= 1523 / 201.1$$

$$=7.5733$$

$$=\underline{8 \text{ (MPa)}}$$

③せん断応力

取付ボルトに作用するせん断力 Q_b

$$Q_b = m \cdot C_H \cdot g$$

$$=17.2 \times 0.61 \times 9.80665$$

$$=102.89137$$

$$=\underline{102.9 \text{ (N)}}$$

取付ボルトに作用するせん断応力 τ_b

$$\tau_b = \frac{Q_b}{n \cdot A_b}$$

$$=102.9 / (8 \times 201.1)$$

$$=0.06396$$

$$=\underline{1 \text{ (MPa)}}$$

④F 値

設計温度における使用部材の設計降伏点 S_y と設計引張強さ S_u は 2005 設計・建設規格第 I 編 付録図表 Part5 表 8, 表 9 より

$$40^\circ\text{C} \text{ における } S_y = 235$$

$$40^\circ\text{C} \text{ における } S_u = 400$$

$$F = \text{Min}(S_y, 0.7S_u)$$

$$= \text{Min}(235, 0.7 \times 400)$$

$$= \text{Min}(235, 280)$$

$$=\underline{235 \text{ MPa}}$$

⑤許容引張応力

許容引張応力 f_{ts}

$$f_{ts} = \text{Min}(1.4 \times f_{to} - 1.6 \times \tau_b, f_{to})$$

$$f_{to} = F / 2 \times 1.5$$

$$= 235 / 2 \times 1.5$$

$$= 176.25$$

$$= 176 \text{ (MPa)}$$

$$f_{ts} = \text{Min}(1.4 \times 176 - 1.6 \times 1, 176)$$

$$= \text{Min}(244, 176)$$

$$=176 \text{ MPa}$$

⑥許容せん断応力

許容せん断応力 f_{sb}

$$f_{sb} = F / (1.5 \times \sqrt{3}) \times 1.5$$

$$= 235 / (1.5 \times \sqrt{3}) \times 1.5$$

$$= 135.677313$$

$$= 135 \text{ MPa}$$

⑦強度評価結果

取水ピット水位計の強度評価結果を表 6.10.2-3 に示す。

表 6.10.2-3 取水ピット水位計の強度評価結果（敷地に遡上する津波と余震による重畳時）

部位	評価応力	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	判定 発生応力 ≤ 許容応力
取付ボルト	引張	8	176*	OK
	せん断	1	135	OK

注記 * : $f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{to}]$ より算出

6.10.2.3 潮位計の設計に関する補足説明

(1) 潮位計（検出器）

a. 一般事項

図6.10.2-3に潮位計（検出器）の概略構造図を示す。

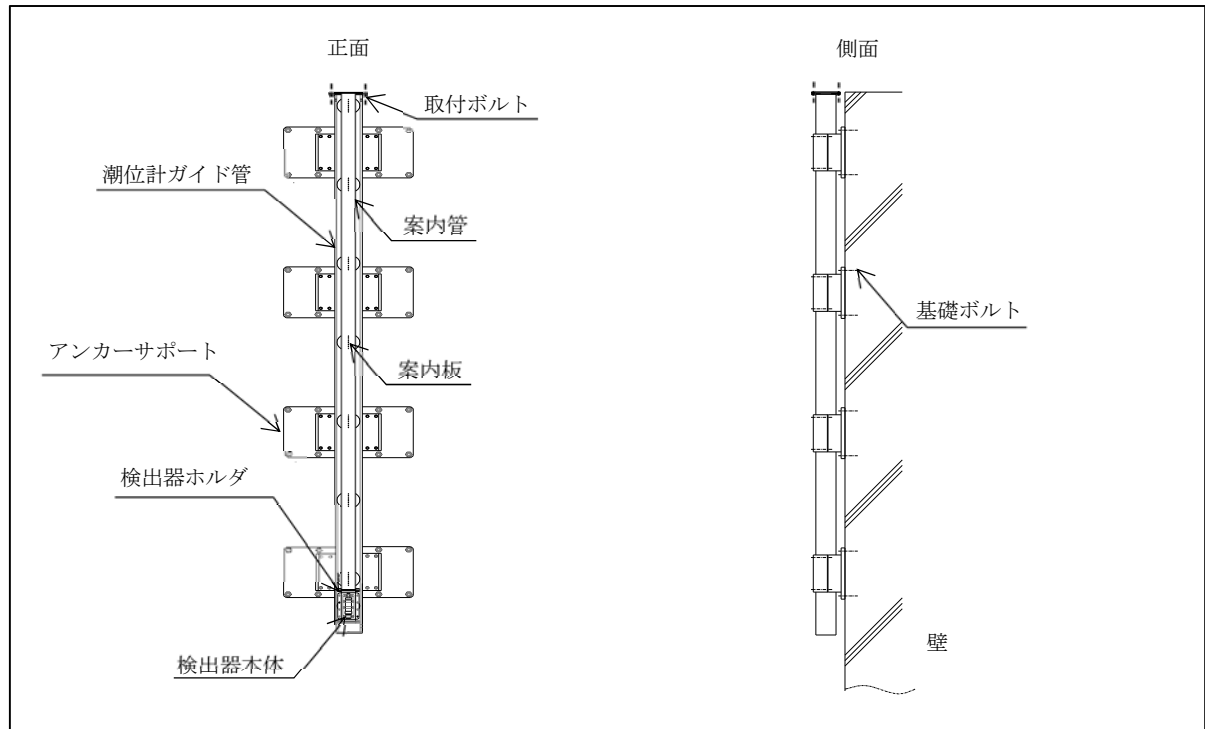


図6.10.2-3 潮位計（検出器）の概略構造図

b. 評価条件

<設計震度>

設置場所（取水路）の最大震度を適用する。

S_d 水平方向震度 (C_H) : 0.61

鉛直方向震度 (C_V) : 0.39

S_s 水平方向震度 (C_H) : 1.04

鉛直方向震度 (C_V) : 0.95

静的震度 水平方向震度 ($3.6 \cdot C_i$) : 0.58

鉛直方向震度 ($1.2 \cdot C_V$) : 0.29

<雰囲気温度>

40°C (屋外)

<津波荷重水位>

潮位計（検出器）の津波荷重水位は添付書類「V-1-1-2-2-3 入力津波の設定」にて設定している防潮堤前面（敷地前面東側）の入力津波高さを元に設定する。

基準津波 : T.P + 20 m

敷地に遡上する津波 : T.P + 24 m

c. 固有周期の算出

＜潮位計ガイド管の固有周期＞

潮位計（検出器）は潮位計ガイド管の内部に設置されるため、潮位計ガイド管全体の固有周期を求める。固有周期の算出では潮位計ガイド管を固定するアンカーサポート4ヶ所のうち、両端2カ所のアンカーサポートにて固定されるものとしてモデル化する。固有周期の計算モデル及び算出式は「JEAG4601-1987 固有周期計算モデルと評価法の例」を参考に用いる。固有周期の計算モデルを図6.10.2-4に示す。

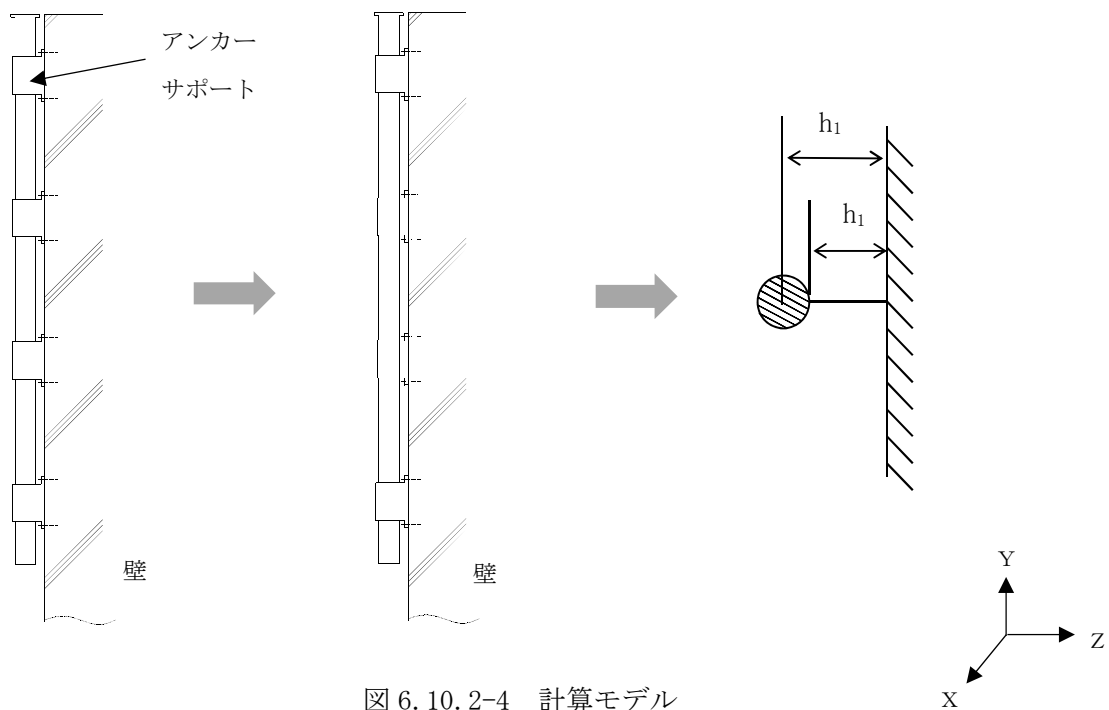


図 6.10.2-4 計算モデル

①水平方向（X方向，Z方向）

X方向に対する固有周期T1を次式で求める。

$$T1 = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{R+W}{10^3 \cdot K1}}$$

X方向のばね定数K1は次式で求める。

$$K1 = \frac{1}{\frac{h_1^2 \cdot (3 \cdot h - h_1)}{6 \cdot E \cdot I_x} + \frac{(h - h_1) \cdot h_1 \cdot (h - h_1/2)}{E \cdot I_x} + \frac{h_1}{G \cdot A_s}}$$

ここで

E：縦弾性係数

I_x：アンカーサポートの縦方向軸に対する断面二次モーメント

A_s：アンカーサポートの最小有効せん断面積

G：せん断弾性係数

h₁：取付面からガイド管間距離

h：取付面からガイド管中心間距離

R：サポート1本当たりで受ける質量

W：サポート1本当たりの質量

m：質量

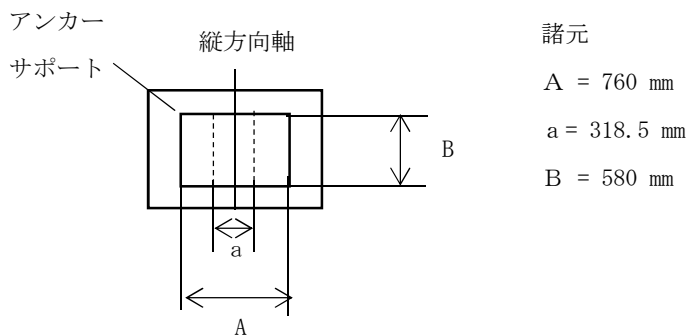
縦弾性係数EをJ SME NC1 付録図表 Part6 表1より、比例法を用いて求める。

20℃におけるE：195000 MPa，50℃におけるE：193000 MPa

40℃におけるE=195000+(195000-193000)/(20-50)×(40-20)

$$=194000 \text{ (MPa)}$$

I_x及びA_sを算出するためのモデル図及び諸元を以下に示す。



$$\begin{aligned} I_x &= (B \times (A^3 - a^3)) / 12 \\ &= (580 \times (760^3 - 318.5^3)) / 12 \\ &= 19655554430 \\ &= 1.966 \times 10^{10} \text{ (mm}^4\text{)} \end{aligned}$$

最小有効せん断断面積

$$\begin{aligned} A_s &= B \times (A - a) \\ &= 580 \times (760 - 318.5) \\ &= 256070 \text{ (mm}^2\text{)} \end{aligned}$$

せん断弾性係数 $G = E / (2 \cdot (1 + \nu))$

ここで

ν : ポアソン比

$$\begin{aligned} G &= 194000 / (2 \times (1 + 0.3)) \\ &= 74615.38462 \\ &= 74600 \text{ (MPa)} \end{aligned}$$

上記より

$$\begin{aligned} K_1 &= 1 / ((85.75^2 \times (3 \times 245 - 85.75)) / (6 \times 194000 \times 1.966 \times 10^{10})) \\ &\quad + ((245 - 85.75) \times 85.75 \times (245 - 85.75 / 2)) / (194000 \times 1.966 \times 10^{10}) \\ &\quad + (85.75 / (74600 \times 256070)) \\ &= 184511669.1 \\ &= 184510000 \text{ (N/mm)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_1 &= 2 \times \pi \times \sqrt{((3750 + 1360) / (1000 \times 184510000))} \\ &= 0.00104563 \\ &= \underline{0.001 \text{ (s)}} \end{aligned}$$

Z方向は十分な剛性を有していることから、固有周期の計算を省略する。

②鉛直方向 (Y方向)

Y方向の固有周期 T_2 は次式で求める。

$$T_2 = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{m}{10^3 \cdot K_2}}$$

Y方向のばね定数 K_2 は次式で求める。

$$K_2 = \frac{1}{\frac{h_1^3}{12 \cdot E \cdot I_y} + \frac{h_1}{G \cdot A_s}}$$

ここで

E : 縦弾性係数

I_y : アンカーサポートの横方向軸に対する断面二次モーメント

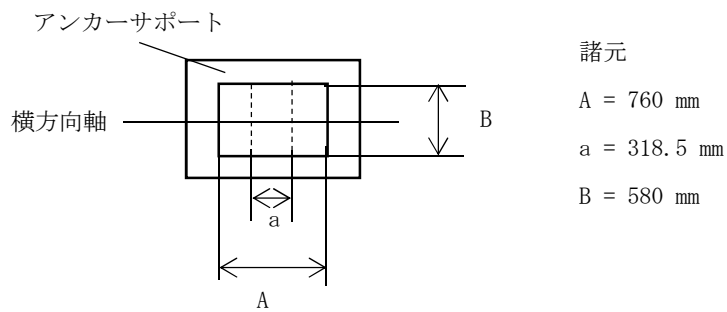
A_s : アンカーサポートの最小有効せん断断面積

G : せん断弾性係数

h_1 : 取付面からガイド管間距離

m : 質量

I_y 及び A_s を算出するためのモデル図及び諸元を以下に示す。



$$\begin{aligned} I_y &= ((A-a) \times B^3) / 12 \\ &= ((760-318.5) \times 580^3) / 12 \\ &= 7178495667 \\ &= 7.179 \times 10^9 \text{ (mm}^4\text{)} \end{aligned}$$

最小有効せん断断面積

$$\begin{aligned} A_s &= B \times (A-a) \\ &= 580 \times (760-318.5) \\ &= 256070 \text{ (mm}^2\text{)} \end{aligned}$$

せん断弾性係数 $G = E / (2 \cdot (1 + \nu))$

ここで

ν : ポアソン比

$$\begin{aligned} G &= 194000 / (2 \times (1 + 0.3)) \\ &= 74615.38462 \\ &= 74600 \text{ (MPa)} \end{aligned}$$

上記より

$$\begin{aligned} K_2 &= 1 / ((85.75^3 / ((12 \times 194000 \times 7.179 \times 10^9) + (85.75 / (74600 \times 256070)))) \\ &= 220987303.9 \\ &= 220990000 \text{ (N/mm)} \\ T_2 &= 2 \times \pi \times \sqrt{(7500 / (1000 \times 220990000))} \\ &= 0.001157515 \\ &= \underline{0.001 \text{ (s)}} \end{aligned}$$

③固有値計算結果

検出器を含む潮位計ガイド管全体の固有周期は、水平方向及び鉛直方向において 0.05 秒以下であり、剛であることを確認した。

d. 応力計算

<耐震評価>

①引張応力

水平方向転倒 F_{b1}

$$\begin{aligned} F_{b1} &= m \cdot g \cdot \left(\frac{C_H \cdot h}{n_{fH} \cdot \ell_a} + \frac{(1+C_V) \cdot h}{n_{fV} \cdot \ell_b} \right) \\ &= 7500 \times 9.80665 \times \left((1.04 \times 445) / (8 \times 1400) + ((1+0.95) \times 445) / (4 \times 7294) \right) \\ &= 5226.6997 \\ &= \underline{5227 \text{ (N)}} \end{aligned}$$

鉛直方向転倒 F_{b2}

$$\begin{aligned} F_{b2} &= m \cdot g \cdot \left(\frac{C_H \cdot \ell_3 + (1+C_V) \cdot h}{n_{fV} \cdot \ell_b} \right) \\ &= 7500 \times 9.80665 \times \left((1.04 \times 7234 + (1+0.95) \times 445) / (4 \times 7294) \right) \\ &= 21153.1769 \\ &= \underline{21150 \text{ (N)}} \end{aligned}$$

基礎ボルトに作用する引張力 F_b

$$\begin{aligned} F_b &= \text{Max}(F_{b1}, F_{b2}) \\ &= \text{Max}(5227, 21150) \\ &= \underline{21150 \text{ (N)}} \end{aligned}$$

基礎ボルトに作用する引張応力 σ_b

$$\begin{aligned} \sigma_b &= \frac{F_b}{A_b} \\ &= 21150 / 1385 \\ &= 15.270 \\ &= \underline{16 \text{ (MPa)}} \end{aligned}$$

②せん断応力

水平方向地震力によるせん断力 Q_{b1}

$$\begin{aligned} Q_{b1} &= m \cdot g \cdot C_H \\ &= 7500 \times 9.80665 \times 1.04 \\ &= 76491.87 \\ &= \underline{76490 \text{ (N)}} \end{aligned}$$

鉛直方向地震力によるせん断力 Q_{b2}

$$\begin{aligned} Q_{b2} &= m \cdot g \cdot (1+C_V) \\ &= 7500 \times 9.80665 \times (1+0.95) \\ &= 143422.256 \end{aligned}$$

$$=143400 \text{ (N)}$$

基礎ボルトに作用するせん断力 Q_b

$$\begin{aligned} Q_b &= \sqrt{(Q_{b1})^2 + (Q_{b2})^2} \\ &= \sqrt{76490^2 + 143400^2} \\ &= 162524.7061 \\ &= 162500 \text{ (N)} \end{aligned}$$

基礎ボルトに作用するせん断応力 τ_b

$$\begin{aligned} \tau_b &= \frac{Q_b}{n \cdot A_b} \\ &= 162500 / (32 \times 1385) \\ &= 3.666516 \\ &= 4 \text{ (MPa)} \end{aligned}$$

③F 値

設計温度における使用部材の設計降伏点 S_y と設計引張強さ S_u は 2005 設計・建設規格第 I 編 付録図表 Part5 表 8, 表 9 より

$$40^\circ\text{C} \text{ における } S_y = 175$$

$$40^\circ\text{C} \text{ における } S_u = 480$$

$$F = \text{Min}(S_y, 0.7S_u)$$

$$= \text{Min}(175, 0.7 \times 480)$$

$$= \text{Min}(175, 336)$$

$$= 175 \text{ MPa}$$

④許容引張応力

許容引張応力 f_{ts}

$$f_{ts} = \text{Min}(1.4 \times f_{to} - 1.6 \times \tau_b, f_{to})$$

$$f_{to} = F / 2 \times 1.5 \times 0.8$$

$$= 175 / 2 \times 1.5 \times 0.8$$

$$= 105 \text{ (MPa)}$$

$$f_{ts} = \text{Min}(1.4 \times 105 - 1.6 \times 4, 105)$$

$$= \text{Min}(140, 105)$$

$$= 105 \text{ MPa}$$

注：JEAG4601・補-1984に基づき，後施工アンカの許容応力は 20%低減を考慮する。

⑤許容せん断応力

許容せん断応力 f_{sb}

$$\begin{aligned} f_{sb} &= F / (1.5 \times \sqrt{3}) \times 1.5 \times 0.8 \\ &= 175 / (1.5 \times \sqrt{3}) \times 1.5 \times 0.8 \\ &= 80.82904 \\ &= \underline{80 \text{ MPa}} \end{aligned}$$

注：JEAG4601・補-1984に基づき、後施工アンカの許容応力は20%低減を考慮する。

⑥耐震評価結果

潮位計検出器の耐震評価結果を表6.10.2-4に示す。

表 6.10.2-4 潮位計検出器の耐震評価結果

部位	評価応力	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	判定 発生応力 ≤ 許容応力
基礎ボルト	引張	16	105*	OK
	せん断	4	80	OK

注記 * : $f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{to}]$ より算出

<強度評価（基準津波と余震による重畳時）>

①遡上津波荷重 (P_t)

潮位計検出器に作用する遡上津波荷重 (P_t) は「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25年9月）」に示されている津波波力算出式を参考に次式にて求める。

$$P_t = 3.0 \cdot \rho \cdot g \cdot aI \cdot 1.5$$

入射津波の静水面上高さ aI は次式にて求める。

$$\begin{aligned} aI &= \frac{1}{2} \cdot Th \\ &= 0.5 \times 20 \\ &= \underline{10 \text{ (m)}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_t &= 3.0 \times 1030 \times 9.80665 \times 10 \times 1.5 \\ &= 454.5 \text{ (kN/m}^2\text{)} \\ &= \underline{0.4545 \text{ (N/mm}^2\text{)}} \end{aligned}$$

潮位計ガイド管に作用する揚圧力 P_t' は次式にて求める。

$$\begin{aligned} P_t' &= P_t \\ &= \underline{0.4545 \text{ (N/mm}^2\text{)}} \end{aligned}$$

②投影面積

潮位計ガイド管の側面投影面積(A1)及び水平投影面積(A2)は次式にて求める。

$$\begin{aligned} A1 &= h \cdot \ell_d \\ &= 445 \times 8500 \\ &= 3782500 \\ &= \underline{3783000 \text{ (mm}^2\text{)}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A2 &= h \cdot \ell_c \\ &= 445 \times 1500 \\ &= \underline{667500 \text{ (mm}^2\text{)}} \end{aligned}$$

③引張応力

水平転倒 F_{b1}

$$\begin{aligned} F_{b1} &= m \cdot g \cdot \left(\frac{C_H \cdot h}{n_{fH} \cdot \ell_a} + \frac{(1+C_V) \cdot h}{n_{fV} \cdot \ell_b} \right) + \sqrt{\left(\frac{Pt \cdot A1 \cdot h}{n_{fH} \cdot \ell_a} \right)^2 + \left(\frac{Pt' \cdot A2 \cdot h}{n_{fV} \cdot \ell_b} \right)^2} \\ &= 7500 \times 9.80665 \times \left((0.61 \times 445) / (8 \times 1400) + ((1+0.39) \times 445) / (4 \times 7294) \right) \\ &\quad + \sqrt{\left((0.4545 \times 3783000 \times 445) / (8 \times 1400) \right)^2 + \left((0.4545 \times 667500 \times 445) / (4 \times 7294) \right)^2} \\ &= 71812.83 \\ &= \underline{71810 \text{ (N)}} \end{aligned}$$

鉛直方向転倒 F_{b2}

$$\begin{aligned} F_{b2} &= m \cdot g \cdot \left(\frac{C_H \cdot \ell_3 + (1+C_V) \cdot h}{n_{fV} \cdot \ell_b} \right) + \sqrt{\left(\frac{Pt \cdot A1 \cdot h}{n_{fH} \cdot \ell_a} \right)^2 + \left(\frac{Pt' \cdot A2 \cdot h}{n_{fV} \cdot \ell_b} \right)^2} \\ &= 7500 \times 9.80665 \times \left((0.61 \times 7234 + (1+0.39) \times 445) / (4 \times 7294) \right) \\ &\quad + \sqrt{\left((0.4545 \times 3783000 \times 445) / (8 \times 1400) \right)^2 + \left((0.4545 \times 667500 \times 445) / (4 \times 7294) \right)^2} \\ &= 81154.32 \\ &= \underline{81150 \text{ (N)}} \end{aligned}$$

基礎ボルトに作用する引張力 F_b

$$\begin{aligned} F_b &= \text{Max}(F_{b1}, F_{b2}) \\ &= \text{Max}(71810, 81150) \\ &= \underline{81150 \text{ (N)}} \end{aligned}$$

基礎ボルトに作用する引張応力 σ_b

$$\begin{aligned}\sigma_b &= \frac{F_b}{A_b} \\ &= 81150/1385 \\ &= 58.592057 \\ &= \underline{59 \text{ (MPa)}}\end{aligned}$$

④せん断応力

水平方向地震力及び遡上津波荷重によるせん断力 Q_{b1}

$$\begin{aligned}Q_{b1} &= m \cdot g \cdot C_H + P_t \cdot A1 \\ &= 7500 \times 9.80665 \times 0.61 + 0.4545 \times 3783000 \\ &= 1764238.924 \\ &= \underline{1764000 \text{ (N)}}\end{aligned}$$

鉛直方向地震力及び遡上津波荷重によるせん断力 Q_{b2}

$$\begin{aligned}Q_{b2} &= m \cdot g \cdot (1 + C_v) + P_t \cdot A2 \\ &= 7500 \times 9.80665 \times (1 + 0.39) + 0.4545 \times 667500 \\ &= 405613.0763 \\ &= \underline{405600 \text{ (N)}}\end{aligned}$$

基礎ボルトに対するせん断力 Q_b

$$\begin{aligned}Q_b &= \sqrt{(Q_{b1})^2 + (Q_{b2})^2} \\ &= \sqrt{1764000^2 + 405600^2} \\ &= 1810029.657 \\ &= \underline{1810000 \text{ (N)}}\end{aligned}$$

せん断応力

$$\begin{aligned}\tau_b &= \frac{Q_b}{n \cdot A_b} \\ &= 1810000 / (32 \times 1385) \\ &= 40.83935018 \\ &= \underline{41 \text{ (MPa)}}\end{aligned}$$

⑤F 値

設計温度における使用部材の設計降伏点 S_y と設計引張強さ S_u は 2005 設計・建設規格第 I 編 付録図表 Part5 表 8, 表 9 より

$$40^{\circ}\text{C} \text{における } S_y = 175$$

$$40^{\circ}\text{C} \text{における } S_u = 480$$

$$F = \text{Min}(S_y, 0.7S_u)$$

$$= \text{Min}(175, 0.7 \times 480)$$

$$= \text{Min}(175, 336)$$

$$= \underline{175 \text{ MPa}}$$

⑥許容引張応力

許容引張応力 f_{ts}

$$f_{ts} = \text{Min}(1.4 \times f_{to} - 1.6 \times \tau_b, f_{to})$$

$$f_{to} = F / 2 \times 1.5 \times 0.8$$

$$= 175 / 2 \times 1.5 \times 0.8$$

$$= 105 \text{ (MPa)}$$

$$f_{ts} = \text{Min}(1.4 \times 105 - 1.6 \times 41, 105)$$

$$= \text{Min}(81, 105)$$

$$= \underline{81 \text{ MPa}}$$

注：JEAG4601・補-1984に基づき，後施工アンカの許容応力は 20%低減を考慮する。

⑦許容せん断応力

許容せん断応力 f_{sb}

$$f_{sb} = F / (1.5 \times \sqrt{3}) \times 1.5 \times 0.8$$

$$= 175 / (1.5 \times \sqrt{3}) \times 1.5 \times 0.8$$

$$= 80.82904$$

$$= \underline{80 \text{ MPa}}$$

注：JEAG4601・補-1984に基づき，後施工アンカの許容応力は 20%低減を考慮する。

⑧強度評価結果

潮位計検出器の強度評価結果を表 6.10.2-5 に示す。

表 6.10.2-5 潮位計検出器の耐震評価結果（基準津波と余震による重畳時）

部位	評価応力	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	判定 発生応力 ≤ 許容応力
基礎ボルト	引張	59	81*	OK
	せん断	41	80	OK

注記 * : $f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{to}]$ より算出

<強度評価（敷地に遡上する津波と余震による重畳時）>

①遡上津波荷重 (P_t)

潮位計検出器に作用する遡上津波荷重 (P_t) は「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 25 年 9 月）」に示されている津波波力算出式を参考に次式にて求める。

$$P_t = 3.0 \cdot \rho \cdot g \cdot aI \cdot 1.5$$

入射津波の静水面上高さ aI は次式にて求める。

$$\begin{aligned} aI &= \frac{1}{2} \cdot Th \\ &= 0.5 \times 24 \\ &= \underline{12 \text{ (m)}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_t &= 3.0 \times 1030 \times 9.80665 \times 12 \times 1.5 \\ &= 545.4 \text{ (kN/m}^2\text{)} \\ &= \underline{0.5454 \text{ (N/mm}^2\text{)}} \end{aligned}$$

潮位計ガイド管に作用する揚圧力 P_t' は次式にて求める。

$$\begin{aligned} P_t' &= P_t \\ &= \underline{0.5454 \text{ (N/mm}^2\text{)}} \end{aligned}$$

②投影面積

潮位計ガイド管の側面投影面積 ($A1$) 及び水平投影面積 ($A2$) は次式にて求める。

$$\begin{aligned} A1 &= h \cdot \ell_d \\ &= 445 \times 8500 \\ &= 3782500 \\ &= \underline{3783000 \text{ (mm}^2\text{)}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A2 &= h \cdot \ell_c \\ &= 445 \times 1500 \\ &= \underline{667500 \text{ (mm}^2\text{)}} \end{aligned}$$

③引張応力

水平転倒 F_{b1}

$$\begin{aligned} F_{b1} &= m \cdot g \cdot \left(\frac{C_H \cdot h}{n_{fH} \cdot \ell_a} + \frac{(1+C_V) \cdot h}{n_{fV} \cdot \ell_b} \right) + \sqrt{\left(\frac{P_t \cdot A1 \cdot h}{n_{fH} \cdot \ell_a} \right)^2 + \left(\frac{P_t' \cdot A2 \cdot h}{n_{fV} \cdot \ell_b} \right)^2} \\ &= 7500 \times 9.80665 \times \left((0.61 \times 445) / (8 \times 1400) + ((1+0.39) \times 445) / (4 \times 7294) \right) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& +\sqrt{\left(\left(\frac{0.5454 \times 3783000 \times 445}{8 \times 1400}\right)^2 + \left(\frac{0.5454 \times 667500 \times 445}{4 \times 7294}\right)^2\right)} \\
& = 85507.01 \\
& = \underline{85510 \text{ (N)}}
\end{aligned}$$

鉛直方向転倒 F_{b2}

$$\begin{aligned}
F_{b2} &= m \cdot g \cdot \left[\frac{C_H \cdot l_3 + (1+C_V) \cdot h}{n_{fV} \cdot l_b} \right] + \sqrt{\left[\frac{P_t \cdot A1 \cdot h}{n_{fH} \cdot l_a} \right]^2 + \left[\frac{P_t' \cdot A2 \cdot h}{n_{fV} \cdot l_b} \right]^2} \\
&= 7500 \times 9.80665 \times \left(\frac{0.61 \times 7234 + (1+0.39) \times 445}{4 \times 7294} \right) \\
& \quad + \sqrt{\left(\left(\frac{0.5454 \times 3783000 \times 445}{8 \times 1400}\right)^2 + \left(\frac{0.5454 \times 667500 \times 445}{4 \times 7294}\right)^2\right)} \\
&= 93754.33 \\
&= \underline{93750 \text{ (N)}}
\end{aligned}$$

基礎ボルトに作用する引張力 F_b

$$\begin{aligned}
F_b &= \text{Max}(F_{b1}, F_{b2}) \\
&= \text{Max}(85510, 93750) \\
&= \underline{93750 \text{ (N)}}
\end{aligned}$$

基礎ボルトに作用する引張応力 σ_b

$$\begin{aligned}
\sigma_b &= \frac{F_b}{A_b} \\
&= 93750 / 1385 \\
&= 67.68953 \\
&= \underline{68 \text{ (MPa)}}
\end{aligned}$$

④せん断応力

水平方向地震力及び遡上津波荷重によるせん断力 Q_{b1}

$$\begin{aligned}
Q_{b1} &= m \cdot g \cdot C_H + P_t \cdot A1 \\
&= 7500 \times 9.80665 \times 0.61 + 0.5454 \times 3783000 \\
&= 2108113.624 \\
&= \underline{2108000 \text{ (N)}}
\end{aligned}$$

鉛直方向地震力及び遡上津波荷重によるせん断力 Q_{b2}

$$\begin{aligned}
Q_{b2} &= m \cdot g \cdot (1+C_V) + P_t' \cdot A2 \\
&= 7500 \times 9.80665 \times (1+0.39) + 0.5454 \times 667500
\end{aligned}$$

$$=466288.826$$

$$=\underline{466300 \text{ (N)}}$$

基礎ボルトに対するせん断力 Q_b

$$Q_b = \sqrt{(Q_{b1})^2 + (Q_{b2})^2}$$

$$= \sqrt{(2108000^2 + 466300^2)}$$

$$=2158958.01$$

$$=\underline{2159000 \text{ (N)}}$$

せん断応力

$$\tau_b = \frac{Q_b}{n \cdot A_b}$$

$$=2159000 / (32 \times 1385)$$

$$=48.7139$$

$$=\underline{49 \text{ (MPa)}}$$

⑤F 値

設計温度における使用部材の設計降伏点 S_y と設計引張強さ S_u は 2005 設計・建設規格第 I 編 付録図表 Part5 表 8, 表 9 より

$$40^\circ\text{C} \text{ における } S_y = 175$$

$$40^\circ\text{C} \text{ における } S_u = 480$$

$$F = \text{Min}(S_y, 0.7S_u)$$

$$= \text{Min}(175, 0.7 \times 480)$$

$$= \text{Min}(175, 336)$$

$$=\underline{175 \text{ MPa}}$$

⑥許容引張応力

許容引張応力 f_{ts}

$$f_{ts} = \text{Min}(1.4 \times f_{to} - 1.6 \times \tau_b, f_{to})$$

$$f_{to} = F / 2 \times 1.5 \times 0.8$$

$$= 175 / 2 \times 1.5 \times 0.8$$

$$= 105 \text{ (MPa)}$$

$$f_{ts} = \text{Min}(1.4 \times 105 - 1.6 \times 49, 105)$$

$$= \text{Min}(69, 105)$$

$$=\underline{69 \text{ MPa}}$$

注：JEAG4601・補-1984に基づき，後施工アンカの許容応力は20%低減を考慮する。

⑦許容せん断応力

許容せん断応力 f_{sb}

$$f_{sb} = F / (1.5 \times \sqrt{3}) \times 1.5 \times 0.8$$

$$= 175 / (1.5 \times \sqrt{3}) \times 1.5 \times 0.8$$

$$= 80.82904$$

$$= 80 \text{ MPa}$$

注：JEAG4601・補-1984に基づき，後施工アンカの許容応力は20%低減を考慮する

⑧強度評価結果

潮位計検出器の強度評価結果を表 6.10.2-6 に示す。

表 6.10.2-6 潮位計検出器の耐震評価結果（敷地に遡上する津波と余震による重畳時）

部位	評価応力	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	判定 発生応力 ≤ 許容応力
基礎ボルト	引張	68	69*	OK
	せん断	49	80	OK

注記 * : $f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{to}]$ より算出

(2) 潮位計（潮位監視盤）

a. 一般事項

図6.10.2-5に潮位計（潮位監視盤）の概略構造図を示す。

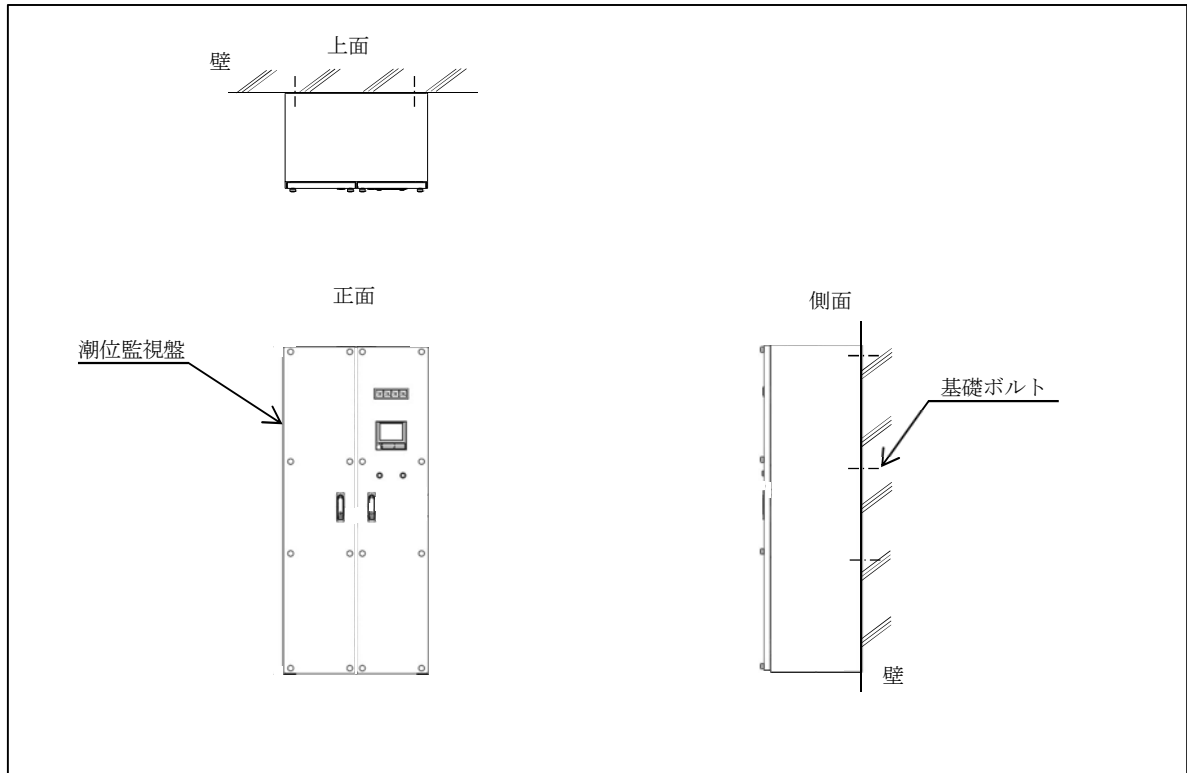


図6.10.2-5 潮位計（潮位監視盤）の概略構造図

b. 評価条件

<設計震度>

壁掛形の盤なので設置場所（中央制御室）上階の最大震度を適用する。

S_s 水平方向震度 (C_H) : 1.55

鉛直方向震度 (C_V) : 1.17

<雰囲気温度>

40°C （中央制御室）

c. 固有周期

潮位計（潮位監視盤）の固有周期は、振動試験装置による共振検索試験にて求める。結果、固有周期は0.05秒以下であることを確認したため剛である。

d. 応力計算

<耐震評価>

①引張応力

水平方向転倒 F_{b1}

$$\begin{aligned} F_{b1} &= \frac{m \cdot (1+C_v) \cdot h \cdot g}{n_{fV} \cdot \ell_2} + \frac{m \cdot C_H \cdot h \cdot g}{n_{fH} \cdot \ell_3} \\ &= (310 \times (1+1.17) \times 237 \times 9.80665) / (2 \times 1050) + (310 \times 1.55 \times 237 \times 9.80665) / (3 \times 686) \\ &= 1287.157607 \\ &= \underline{1287 \text{ (N)}} \end{aligned}$$

鉛直方向の引張力 F_{b2}

$$\begin{aligned} F_{b2} &= \frac{m \cdot (1+C_v) \cdot h \cdot g + m \cdot C_H \cdot \ell_1 \cdot g}{n_{fV} \cdot \ell_2} \\ &= (310 \times (1+1.17) \times 237 \times 9.80665 + 310 \times 1.55 \times 225 \times 9.80665) / (2 \times 1050) \\ &= 1249.378417 \\ &= \underline{1249 \text{ (N)}} \end{aligned}$$

基礎ボルトに作用する引張力 F_b

$$\begin{aligned} F_b &= \text{Max}(F_{b1}, F_{b2}) \\ &= \text{Max}(1287, 1249) \\ &= \underline{1287 \text{ (N)}} \end{aligned}$$

基礎ボルトに作用する引張応力 σ_b

$$\begin{aligned} \sigma_b &= \frac{F_b}{A_b} \\ &= 1287 / 201.1 \\ &= 6.399801 \\ &= \underline{7 \text{ (MPa)}} \end{aligned}$$

②せん断応力

水平方向地震力によるせん断力 Q_{b1}

$$\begin{aligned} Q_{b1} &= m \cdot g \cdot C_H \\ &= 310 \times 9.80665 \times 1.55 \\ &= 4712.095325 \\ &= \underline{4712 \text{ (N)}} \end{aligned}$$

鉛直方向地震力によるせん断力 Q_{b2}

$$Q_{b2} = m \cdot g \cdot (1 + C_v)$$

$$\begin{aligned}
&=310 \times 9.80665 \times (1+1.17) \\
&=6596.933455 \\
&=\underline{6597 \text{ (N)}}
\end{aligned}$$

取付ボルトに作用するせん断力 Q_b

$$\begin{aligned}
Q_b &= \sqrt{(Q_{b1})^2 + (Q_{b2})^2} \\
&= \sqrt{4712^2 + 6597^2} \\
&=8106.994079 \\
&=\underline{8107 \text{ (N)}}
\end{aligned}$$

取付ボルトに作用するせん断応力 τ_b

$$\begin{aligned}
\tau_b &= \frac{Q_b}{n \cdot A_b} \\
&=8107 / (6 \times 201.1) \\
&=6.718879 \\
&=\underline{7 \text{ (MPa)}}
\end{aligned}$$

③F 値

設計温度における使用部材の設計降伏点 S_y と設計引張強さ S_u は 2005 設計・建設規格第 I 編 付録図表 Part5 表 8, 表 9 より

$$40^\circ\text{C における } S_y = 235$$

$$40^\circ\text{C における } S_u = 400$$

$$F = \text{Min}(S_y, 0.7S_u)$$

$$= \text{Min}(235, 0.7 \times 400)$$

$$= \text{Min}(235, 280)$$

$$=\underline{235 \text{ MPa}}$$

④許容引張応力

許容引張応力 f_{ts}

$$f_{ts} = \text{Min}(1.4 \times f_{to} - 1.6 \times \tau_b, f_{to})$$

$$f_{to} = F / 2 \times 1.5 \times 0.8$$

$$= 235 / 2 \times 1.5 \times 0.8$$

$$= 141 \text{ (MPa)}$$

$$f_{ts} = \text{Min}(1.4 \times 141 - 1.6 \times 7, 141)$$

$$= \text{Min}(186, 141)$$

$$=\underline{141 \text{ MPa}}$$

注：JEAG4601・補-1984に基づき，後施工アンカの許容応力は 20%低減を考慮する。

⑤許容せん断応力

許容せん断応力 f_{sb}

$$f_{sb} = F / (1.5 \times \sqrt{3}) \times 1.5 \times 0.8$$

$$= 235 / (1.5 \times \sqrt{3}) \times 1.5 \times 0.8$$

$$= 108.5419$$

$$= 108 \text{ MPa}$$

注：JEAG4601・補-1984に基づき，後施工アンカの許容応力は20%低減を考慮する。

⑥耐震評価結果

潮位計（潮位監視盤）の耐震評価結果を表 6.10.2-7 に示す。

表 6.10.2-7 潮位計（潮位監視盤）の耐震評価結果

部位	評価応力	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	判定 発生応力 ≤ 許容応力
基礎ボルト	引張	7	141*	OK
	せん断	7	108	OK

注記 * : $f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{to}]$ より算出