

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 79
提出年月日	平成 30 年 7 月 24 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)

平成 30 年 7 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 <p>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。</p>
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	<ul style="list-style-type: none"> 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

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 12 H30. 3. 1]
 - 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 29 H30. 4. 19]
 - 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 76 H30. 7. 18]
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 37 H30. 5. 17]
 - 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 電源喪失による除塵装置の機能喪失に伴う取水性の影響について
4. 漂流物に関する考慮事項
 - 4.1 設計に用いる遡上波の流速について[改 32 H30. 5. 1]
 - 4.2 漂流物による影響確認について[改 26 H30. 4. 13]
 - 4.3 漂流物荷重について[改 48 H30. 6. 11]
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 12 H30. 3. 1]
 - 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 26 H30. 4. 13]
 - 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 15 H30. 3. 9]
 - 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 44 H30. 6. 5]

- 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 68 H30. 7. 5]
 - 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 16 H30. 3. 19]
 - 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 47 H30. 6. 8]
 - 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 7 H30. 2. 19]
 - 5.19 許容応力度法における許容限界について[改 55 H30. 6. 20]
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 69 H30. 7. 6]
 - 6.1.1.2 鋼製防護壁の強度計算書に関する補足説明[改 69 H30. 7. 6]
 - 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 74 H30. 7. 12]
 - 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 69 H30. 7. 6]
 - 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 69 H30. 7. 6]
 - 6.2.2 フラップゲートに関する補足説明
 - 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 69 H30. 7. 6]
 - 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 69 H30. 7. 6]
 - 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 51 H30. 6. 15]
 - 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 63 H30. 6. 29]
 - 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 50 H30. 6. 12]
 - 6.5.1.1 防潮扉の耐震計算書に関する補足説明[改 66 H30. 7. 4]（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. 7. 6]
 - 6.6 放水路ゲートに関する補足説明
 - 6.6.1 放水路ゲートの設計に関する補足説明[改 50 H30. 6. 12]

[]内は，当該箇所を提出
（最新）したときの改訂を示
す。

- 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 69 H30. 7. 6]
 - 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 69 H30. 7. 6]
- 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 63 H30. 6. 29]
 - 6.8.1.2 貯留堰の強度計算書に関する補足説明[改 69 H30. 7. 6]
 - 6.8.2 貯留堰取付護岸に関する補足説明[改 63 H30. 6. 29]
- 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 79 H30. 7. 24]
 - 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 72 H30. 7. 11]
 - 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 79 H30. 7. 24]
 - 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 76 H30. 7. 18]
- 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 38 H30. 5. 18]
- 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 31 H30. 4. 26]
- 6.14 杭-地盤相互作用バネの設定について[改 61 H30. 6. 28]

[]内は、当該箇所を提出
(最新)したときの改訂を示
す。

5.3 強度計算に用いた規格・基準類の適用性について

屋外の土木構造物に設置する津波防護対策設備の適用規格は、ダム・堰施設技術基準(案)を適用する。技術基準として、水力発電設備全般に適用実績があること及び原子力発電設備においても採用実績があり、構造設計に照らし合わせても技術基準に十分適合している規格と判断している。

扉や逆流防止設備の扉体のうち桁構造の構造計算は、機械工学便覧等の公式集からの算出は難しく、桁構造の構造設計に実績のある「水門鉄管技術基準」又は「ダム・堰施設技術基準(案)」を適用している。

そのため、東海第二発電所においては、震災や最新の技術知見等を反映している「ダム・堰施設技術基準(案)」を適用している。また、蓋構造においては構造のタイプ別に「ダム・堰施設技術基準(案)」を採用している。

表 5.3-1 にダム・堰施設技術基準(案)を使用している津波防護対策設備(例)、表 5.3-2 に原子力発電所における採用実績(例)、表 5.3-3 に蓋構造のタイプ別の設計基準を示す。

表 5.3-1 ダム・堰施設技術基準(案)を使用している津波防護対策設備(例)

設備分類	津波防護対策設備(例)
津波防護施設	防潮扉※ 放水路ゲート※ 構内排水路逆流防止設備※
浸水防止設備	放水路ゲート点検用開口部浸水防止蓋 S A用海水ピット開口部浸水防止蓋 緊急用海水ポンプピット点検用開口部浸水防止蓋

※他電力にて類似設備の実績あり。

表 5.3-2 原子力発電所における実績(例)

電力名	津波防護対策設備	適用規格
A電力	<認可済み> 扉、逆流防止設備	ダム堰施設技術基準(案)
B電力	<認可待ち> 取水槽溢水防止壁	水門鉄管技術基準

表 5.3-3 蓋構造のタイプ別の設計基準

	タイプ 1	タイプ 2
構造の特徴	<ul style="list-style-type: none"> 単純な板構造の設備 (単純梁モデル構造) 	<ul style="list-style-type: none"> 主桁等の構造を有した設備
構造設計	<ul style="list-style-type: none"> 構造設計の算出式 (機械工学便覧, 材料力学公式集他) 	<ul style="list-style-type: none"> 水門鉄管技術基準 ダム・堰施設技術基準 (案)
構造例		
適用設備 (例)	<ul style="list-style-type: none"> 取水路点検用開口部浸水防止蓋 海水ポンプ室ケーブル点検口浸水防止蓋 	<ul style="list-style-type: none"> 放水路ゲート点検用開口部浸水防止蓋 S A用海水ピット開口部浸水防止蓋 緊急用海水ポンプピット点検用開口部浸水防止蓋

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可搬型ポンプ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点検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. 固有振動数の計算

固有値解析に用いる記号については、添付資料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、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、両端支持梁の一次固有振動数は次のとおり与えられる。

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

ここで、

f	: 一次固有振動数 (Hz)	
L	: 主桁の長さ (mm)	= 1450
E	: 縦弾性係数 (MPa)	= 2.06×10^5
I	: 断面二次モーメント (mm ⁴)	= 9.57×10^7

主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。

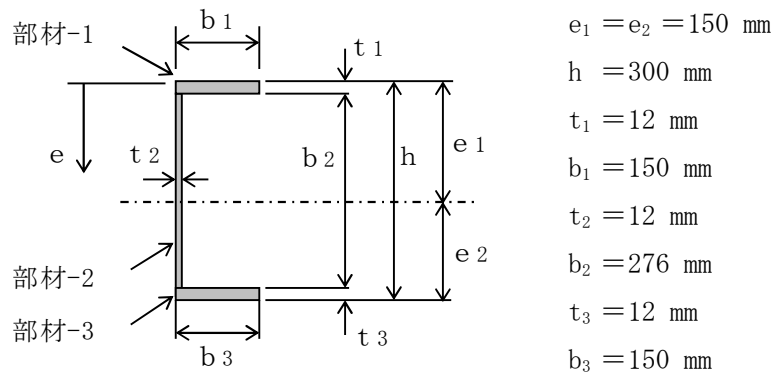


図 6.9.1-(2)-b-1 主桁の断面寸法図

断面二次モーメント I は以下の式により算出する。

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

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

$$= 95717300 \text{ mm}^2 = 9.57 \times 10^7 \text{ mm}^2$$

$$m: \text{主桁の単位長さ当りの重量 (kg/mm)} = 54.3 \times 10^{-3}$$

以上より、

$$f = \pi^2 / (2\pi \cdot 1450^2) \cdot \sqrt{(2.06 \times 10^5 \times 9.57 \times 10^7 \times 10^3 / 54.3 \times 10^{-3})}$$

$$= 450.166 = 450 \text{ Hz}$$

ロ. 固有値解析結果

固有振動数は 450 Hz であり, 20 Hz 以上であることから, 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, 添付資料 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。

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

ここで,

$$m_D : \text{蓋の質量 (kg)} = 3000$$

$$m_S : \text{積雪質量 (kg)} = 144$$

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

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

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

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

ロ. 風荷重

添付資料 V-2-1-9「機能維持の基本方針」及び添付資料 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、添付資料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) 基準津波荷重

基準津波荷重は以下のとおりとする。

$$P_t = h_1 \cdot W_0$$

ここで、

$$P_t : \text{突き上げ津波荷重 (N/mm}^2\text{)} = 0.303000$$

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

$$h_1 : \text{スキンプレート面作用水深 (m)} = 30$$

以上より、

$$P_t = 30.0 \times 10.100 = 303.000 \text{ kN/m}^2 = 0.303000 \text{ N/mm}^2$$

(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

$$\begin{aligned} \text{作用水圧} \quad q_1 &= P_t \\ &= 0.303000 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

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

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

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

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

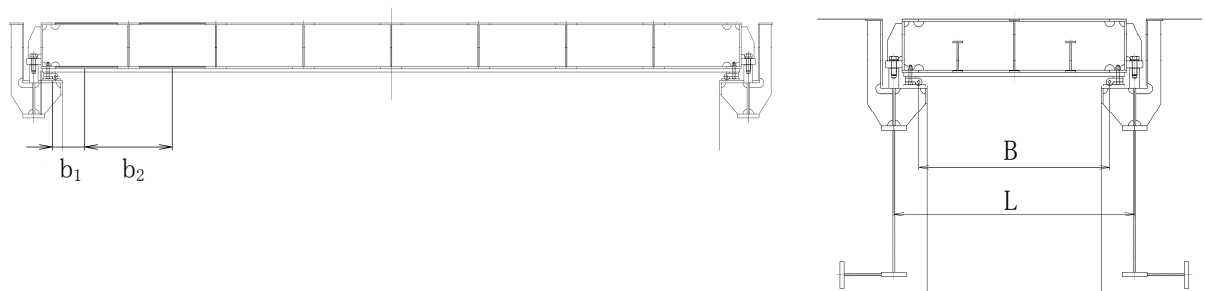


図 6.9.1-(2)-b-2 放水路ゲート点検用開口部浸水防止蓋の構造図

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-3 に示す単純支持梁として評価する。

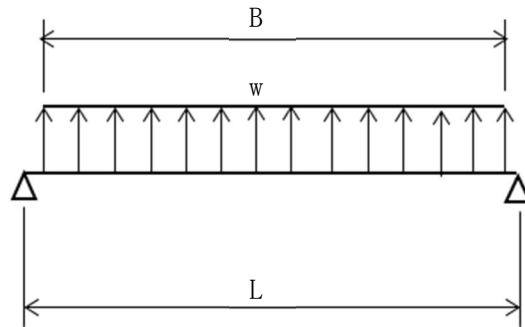


図 6.9.1-(2)-b-3 応力評価に用いるモデル図

端部桁負担荷重	$w_1 = q_1 \cdot b_1$ $= 0.303000 \times 226$ $= 68.478 \text{ N/mm}$
曲げモーメント	$M_1 = w_1 \cdot B/8 \cdot (2L - B)$ $= 68.478 \times 1150/8 \times (2 \times 1450 - 1150)$ $= 1.72264 \times 10^7 \text{ N}\cdot\text{mm}$
せん断力	$S_1 = w \cdot B/2$ $= 68.478 \times 1150/2$ $= 3.93748 \times 10^4 \text{ N}$

(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-4 に示すとおりである。

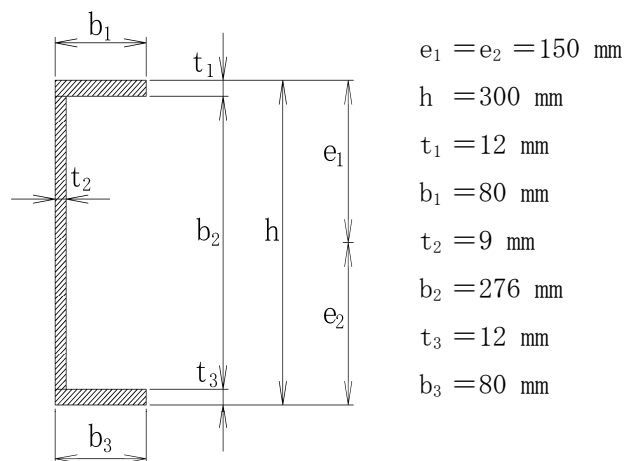


図 6.9.1-(2)-b-4 端部桁の断面寸法図

端部桁の断面二次モーメント

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

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

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

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

図 6.9.1-(2)-b-5 に示す寸法図から

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

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

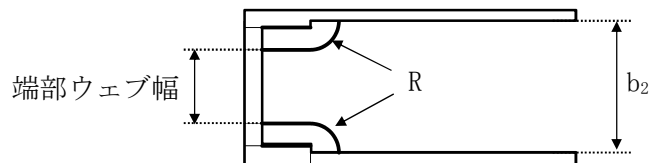


図 6.9.1-(2)-b-5 蓋端部の寸法図

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

$$\text{曲げモーメント} \quad M_1 = 1.72264 \times 10^7 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$\text{せん断力} \quad S_1 = 3.93748 \times 10^4 \text{ N}$$

$$\begin{aligned} \text{曲げ応力} \quad \sigma_{b1} &= M_1 / Z_1 \\ &= 1.72264 \times 10^7 / (3.70696 \times 10^5) \\ &= 46.4704 \text{ N/mm}^2 = 47 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{せん断応力} \quad \tau_1 &= S_1 / A_{S1} \\ &= 3.93748 \times 10^4 / 1.944 \times 10^3 \\ &= 20.2524 \text{ N/mm}^2 = 21 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{組合せ応力} \quad \sqrt{(\sigma_{b1}^2 + 3 \cdot \tau_1^2)} &= \sqrt{(47^2 + 3 \times 21^2)} \\ &= 59.4306 = 60 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

(a-1-2) 蓋 (中間桁)

(a-1-2-1) 発生荷重

$$\begin{aligned} \text{基準津波作用水圧} \quad q_2 &= P_t \\ &= 303.000 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

$$\text{受圧幅} \quad b_2 = 613 \text{ mm}$$

中間桁負担荷重	$w_2 = q_2 \cdot b_2$ $= 0.303000 \times 613$ $= 185.739 \text{ kN/m}$
水密幅	$B = 1.150 \text{ m}$
支間	$L = 1.450 \text{ m}$
曲げモーメント	$M_2 = w_2 \cdot B/8 \cdot (2L - B)$ $= 185.739 \times 1.150/8 \times (2 \times 1.450 - 1.150)$ $= 4.67249 \times 10^7 \text{ N}\cdot\text{mm}$
せん断力	$S_2 = w_2 \cdot B/2$ $= 185.739 \times 1.150/2$ $= 1.06799 \times 10^5 \text{ N}$

(a-1-1-2) 断面性能

端部桁の材質	SM490
中間桁の断面二次モーメント	$I_2 = 9570 \text{ cm}^4$

中間桁の断面における寸法は図 6.9.1-(2)-b-6 に示すとおりである。

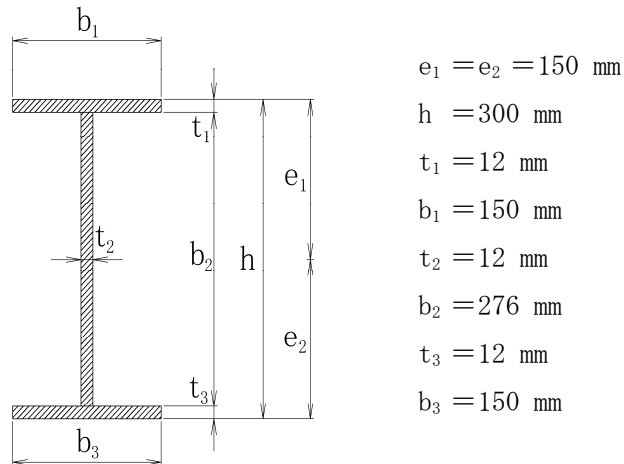


図 6.9.1-(2)-b-6 中間桁の断面寸法図

中間桁の断面二次モーメント

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

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

$$Z_2 = I_2 / e_1 = 9.57173 \times 10^7 / 150 = 6.38100 \times 10^5 \text{ mm}^3$$

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

図 6.9.1-(2)-b-5 に示す寸法図から

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

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

6.9.1-(2)-b-6

端部ウェブ幅は

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

以上より

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

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

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

(a-1-1-3) 発生応力

$$\text{曲げモーメント} \quad M_2 = 4.67249 \times 10^7 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$\text{せん断力} \quad S_2 = 1.06799 \times 10^5 \text{ N}$$

$$\begin{aligned} \text{曲げ応力} \quad \sigma_{b2} &= M_2 / Z_2 \\ &= 4.67249 \times 10^7 / (6.38100 \times 10^5) \\ &= 73.2250 \text{ N/mm}^2 = 74 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{せん断応力} \quad \tau_2 &= S_2 / A_{S2} \\ &= 1.06799 \times 10^5 / (2.592 \times 10^3) \\ &= 41.2033 \text{ N/mm}^2 = 42 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{組合せ応力} \quad \sqrt{(\sigma_{b2}^2 + 3 \cdot \tau_2^2)} &= \sqrt{(74^2 + 3 \times 42^2)} \\ &= 103.768 = 104 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

(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

$$\text{引張力} \quad T_1 = S_1 = 3.93748 \times 10^4 \text{ N}$$

(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

$$\begin{aligned} \text{固定ボルトの谷径断面積} \quad A_{b1} &= \pi / 4 \cdot \phi^2 \\ &= \pi / 4 \times 30^2 \\ &= 706.858 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

(a-2-1-3) 発生応力

$$\begin{aligned} \text{固定ボルトの引張応力} \quad \sigma_{t1} &= T_1 / A_b \\ &= 3.93748 \times 10^4 / 706.858 \\ &= 55.7039 \text{ N/mm}^2 \\ &= 56 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

(a-2-2) 蓋 (中間桁)

(a-2-2-1) 発生荷重

引張力

$$T_2 = S_2 / 2 = 5.33995 \times 10^4 \text{ N}$$

(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

$$\begin{aligned} \sigma_{t2} &= T_1 / A_{b2} \\ &= 5.33995 \times 10^4 / 706.858 \\ &= 75.5448 \text{ N/mm}^2 \\ &= 76 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

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、添付資料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。

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

蓋の質量及び積雪質量は「(b) 評価条件の整理」にて示したとおり以下の値とする。

$$m_D : \text{蓋の質量 (kg)} = 3000$$

$$m_S : \text{積雪質量 (kg)} = 144$$

$$W = (3000 + 144) \times 9.80665$$

$$= 3.08321 \times 10^4 \text{ N}$$

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-1 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振動数が 20 Hz 以上であることを確認したため、最大床応答加速度の 1.2 倍を考慮した設計震度を設定した。

表 6.9.1-(2)-b-1 応力評価に用いる基準地震動 S_s による設計震度

基準地震動 S_s による設計震度*	
水平方向 K_H	鉛直方向 K_V
0.79	0.90

注記 * : 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振動数が 20Hz 以上であることを確認したため、最大床応答加速度の 1.2 倍を考慮した設計震度を設定した。

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。

$$I_H = W \cdot K_H$$

$$I_V = W \cdot K_V$$

$$I_H = 3.08321 \times 10^4 \times 0.79 = 2.43573 \times 10^4 \text{ N}$$

$$I_V = 3.08321 \times 10^4 \times 0.90 = 2.77488 \times 10^4 \text{ N}$$

蓋の幅 B_o 、蓋の長さ L_o は図 6.9.1-(2)-b-7 に示す寸法であり、それぞれ以下のとおりである。

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

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

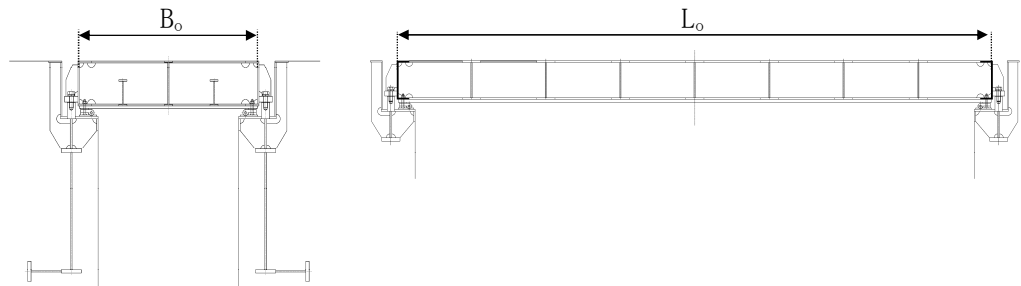


図 6.9.1-(2)-b-7 蓋の幅及び長さ寸法図

単位長さ当たりの水平方向地震荷重

$$i_h = I_H / L_o$$

$$i_h = 2.43573 \times 10^4 / 4900$$

$$= 4.97087 \text{ N/mm}$$

単位面積当たりの鉛直方向地震荷重

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

$$= 2.77488 \times 10^4 / (1350 \times 4900)$$

$$= 0.00419482 \text{ N/mm}^2 = 4.19482 \times 10^{-3} \text{ N/mm}^2$$

(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

$$\begin{aligned} \text{地震時慣性力} \quad q_1 &= i_v \\ &= 4.19482 \times 10^{-3} \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

受圧幅 b_1 、荷重の負担幅 B 及び支間 L は図 6.9.1-(2)-b-8 に示す寸法であり、それぞれ以下のとおりである。

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

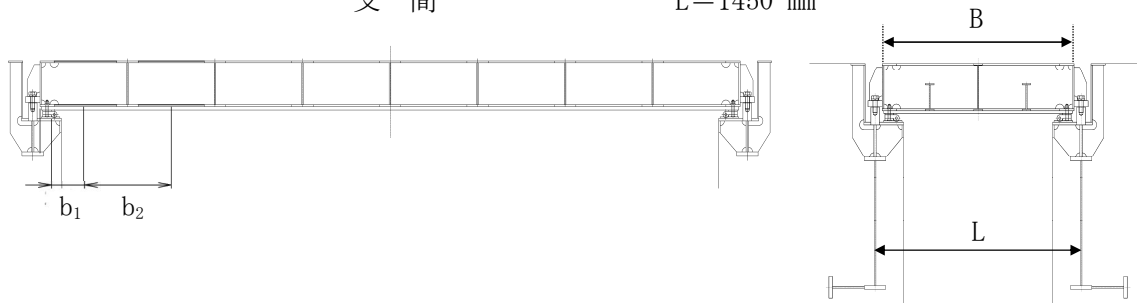


図 6.9.1-(2)-b-8 放水路ゲート点検用開口部浸水防止蓋の構造図

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-9 に示す単純支持梁として評価する。

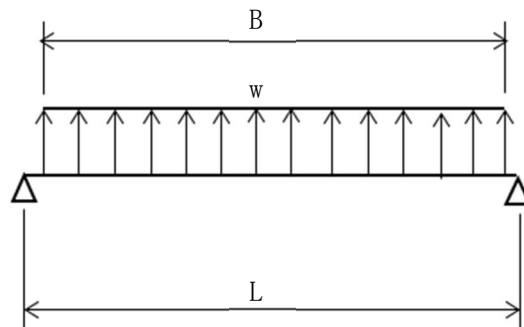


図 6.9.1-(2)-b-9 応力評価に用いるモデル図

受圧幅	$b_1 = 226 \text{ mm}$
主桁負担荷重	$w_1 = q_1 \cdot b_1$ $= 4.19482 \times 10^{-3} \times 226$ $= 0.948029 \text{ N/mm}$
荷重の作用幅	$B = 1350 \text{ mm}$
支間	$L = 1450 \text{ mm}$
曲げモーメント	$M_1 = w_1 \cdot B/8 \cdot (2L - B)$ $= 0.948029 \times 1350/8 \times ((2 \times 1450) - 1350)$ $= 2.47968 \times 10^5 \text{ N/mm}$
せん断力	$S_1 = w_1 \cdot B/2$ $= 0.948029 \times 1.350/2$ $= 6.39919 \times 10^2 \text{ N}$

(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-10 に示すとおりである。

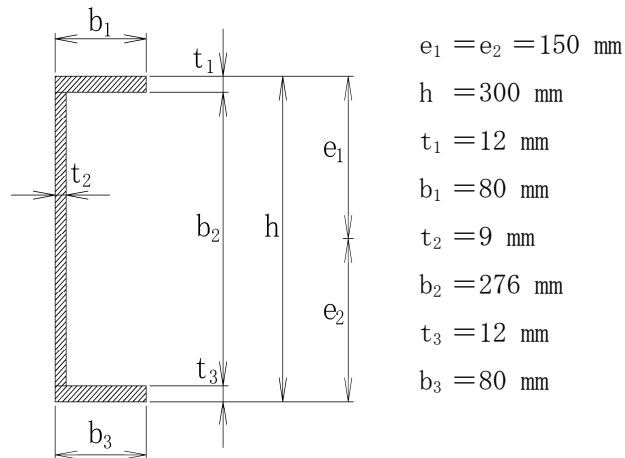


図 6.9.1-(2)-b-10 端部桁の断面寸法図

端部桁の断面二次モーメント

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

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

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

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

図 6.9.1-(2)-b-11 に示す寸法図から

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

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

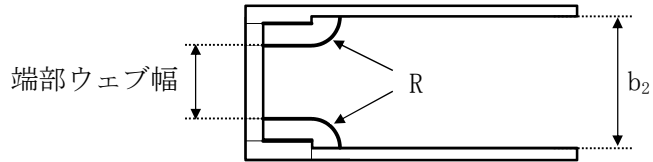


図 6.9.1-(2)-b-11 蓋端部の寸法図

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 $M_1 = 2.47968 \times 10^5 \text{ N/mm}$

せん断力 $S_1 = 6.39919 \times 10^2 \text{ N}$

曲げ応力 $\sigma_{b1} = M_1 / Z_1$
 $= 2.47968 \times 10^5 / (3.70696 \times 10^5)$
 $= 0.668925 \text{ N/mm}^2$
 $= 1 \text{ N/mm}^2$

せん断応力 $\tau_1 = S_1 / A_{S1}$
 $= 6.39919 \times 10^2 / (1.944 \times 10^3)$
 $= 0.329176 \text{ N/mm}^2$
 $= 1 \text{ N/mm}^2$

組合せ応力 $\sqrt{(\sigma_{b1}^2 + 3 \cdot \tau_1^2)} = \sqrt{(1^2 + 3 \times 1^2)}$
 $= 2 \text{ N/mm}^2$

(a-1-2) 蓋 (中間桁)

(a-1-2-1) 発生荷重

地震時慣性力 $q_2 = i_v$
 $= 4.19482 \times 10^{-3} \text{ N/mm}^2$

受圧幅 $b_2 = 613 \text{ mm}$

主桁負担荷重 $w_2 = q_2 \cdot b_2$
 $= 4.19482 \times 10^{-3} \times 613$
 $= 2.57142 \text{ N/mm}$

水密幅 $B = 1350 \text{ mm}$

支間 $L = 1450 \text{ mm}$

曲げモーメント $M_2 = w_2 \cdot B / 8 \cdot (2L - B)$
 $= 2.57142 \times 1350 / 8 \times (2 \times 1450 - 1350)$
 $= 6.72587 \times 10^5 \text{ N}\cdot\text{mm}$

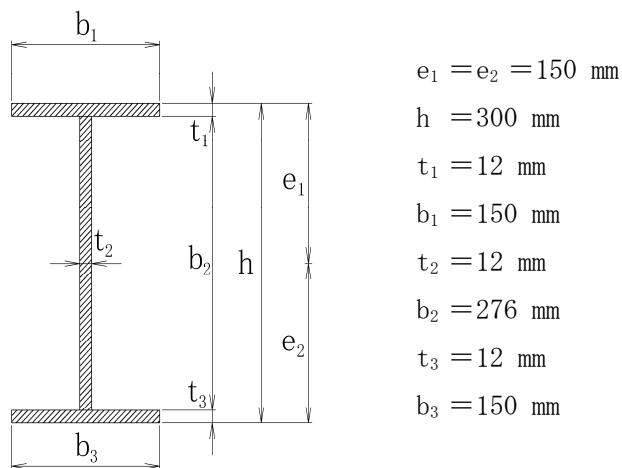
せん断力 $S_2 = w_2 \cdot B / 2$
 $= 2.57142 \times 1350 / 2$
 $= 1.73570 \times 10^3 \text{ N}$

(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-12 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-12 中間桁の断面寸法図

中間桁の断面二次モーメント

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

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

$$Z_2 = I_2 / e_1 = 9.57173 \times 10^7 / 150 = 6.38100 \times 10^5 \text{ mm}^3$$

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

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

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

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

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

(a-1-1-3) 発生応力

$$\text{曲げモーメント} \quad M_2 = 6.72587 \times 10^5 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$\text{せん断力} \quad S_2 = 1.73570 \times 10^3 \text{ N}$$

$$\begin{aligned} \text{曲げ応力} \quad \sigma_{b2} &= M_2 / Z_2 \\ &= 6.72587 \times 10^5 / (6.38100 \times 10^5) \\ &= 1.05404 = 2 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{せん断応力} \quad \tau_2 &= S_2 / A_{S2} \\ &= 1.73570 \times 10^3 / (2.592 \times 10^3) \end{aligned}$$

6. 9. 1-(2)-b-15

$$\begin{aligned}
&=0.669641 \text{ N/mm}^2=1 \text{ N/mm}^2 \\
\text{組合せ応力} & \sqrt{(\sigma_{b2}^2+3 \cdot \tau^2)} = \sqrt{(2^2+3 \times 1^2)} \\
&=2.64575=3 \text{ N/mm}^2
\end{aligned}$$

(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

せん断力

$$\begin{aligned}
S_{b1} &= I_H / n = 2.43573 \times 10^4 / 36 \\
&= 6.76591 \times 10^2 \text{ N}
\end{aligned}$$

(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

固定ボルトの谷径断面積

$$\begin{aligned}
A_{b1} &= \pi / 4 \cdot \phi^2 \\
&= \pi / 4 \times 30^2 \\
&= 706.858 \text{ mm}^2
\end{aligned}$$

(a-2-1-3) 発生応力

固定ボルトのせん断力

$$\begin{aligned}
\tau_{b1} &= S_{b1} / A_{b1} \\
&= 6.76591 \times 10^2 / 706.858 \\
&= 0.957180 \text{ N/mm}^2 \\
&= 1 \text{ N/mm}^2
\end{aligned}$$

(a-2-2) 蓋 (中間桁)

(a-2-2-1) 発生荷重

せん断力

$$\begin{aligned}
S_{b2} &= I_H / n = 2.43573 \times 10^4 / 36 \\
&= 6.76591 \times 10^2 \text{ N}
\end{aligned}$$

(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

固定ボルトのせん断力

$$\tau_{b2} = S_{b2} / A_{b2}$$

$$=6.76591 \times 10^2 / 706.858$$

$$=0.957180 \text{ N/mm}^2$$

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

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、添付資料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「(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「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以下の式により算出する。

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

蓋の質量及び積雪質量は「(b) 評価条件の整理」にて示したとおり以下の値とする。

$$m_D : \text{蓋の質量 (kg)} = 3000$$

$$m_S : \text{積雪質量 (kg)} = 144$$

$$W = (3000 + 144) \times 9.80665$$

$$= 3.08321 \times 10^4 \text{ N}$$

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-2 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振動数が 20 Hz 以上であることを確認したため、最大床応答加速度の 1.2 倍を考慮した設計震度を設定した。

表 6.9.1-(2)-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

弾性設計用地震動 S_d による設計震度*	
水平方向 K_{HSd}	鉛直方向 K_{VSd}
0.44	0.32

注記 * : 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振動数が 20Hz 以上であることを確認したため, 最大床応答加速度の 1.2 倍を考慮した設計震度を設定した。

余震による水平方向地震荷重 I_{HSd} は以下の式により算出する。

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

$$I_{HSd} = 3.08321 \times 10^4 \times 0.44 = 1.35661 \times 10^4 \text{ N}$$

(ロ) 各部の応力計算

蓋に作用する基準津波+余震荷重（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（端部桁）

(a-1-1-1) 発生荷重

$$\begin{aligned} \text{作用水圧} \quad q_1 &= P_t \\ &= 0.303000 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

受圧幅 b_1 、荷重の作用幅 B 及び支間 L は図 6.9.1-(2)-b-13 に示す寸法であり、それぞれ以下のとおりである。

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

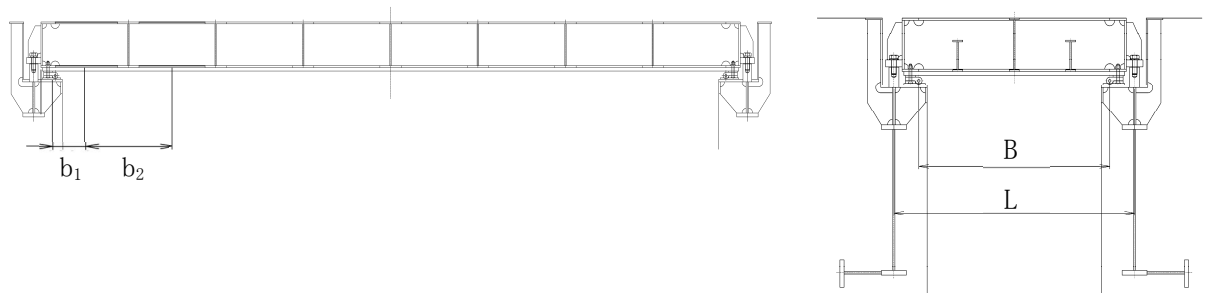


図 6.9.1-(2)-b-13 放水路ゲート点検用開口部浸水防止蓋の構造図

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-14 に示す単純支持梁として評価する。

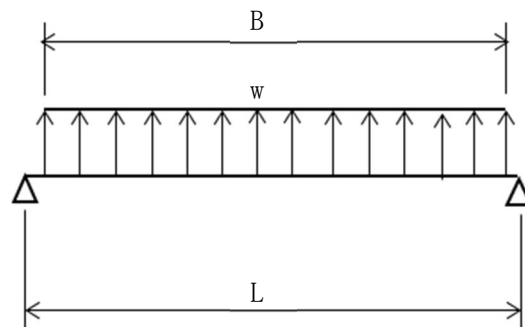


図 6.9.1-(2)-b-14 応力評価に用いるモデル図

$$\begin{aligned} \text{端部桁負担荷重} \quad w_1 &= q_1 \cdot b_1 \\ &= 0.303000 \times 226 \\ &= 68.478 \text{ N/mm} \end{aligned}$$

$$\text{曲げモーメント} \quad M_1 = w_1 \cdot B / 8 \cdot (2L - B)$$

6.9.1-(2)-b-20

$$= 68.478 \times 1150 / 8 \times (2 \times 1450 - 1150)$$

$$= 1.72264 \times 10^7 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

せん断力

$$S_1 = w \cdot B / 2$$

$$= 68.478 \times 1150 / 2$$

$$= 3.93748 \times 10^4 \text{ N}$$

(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) = 5.56045×10^7

端部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。

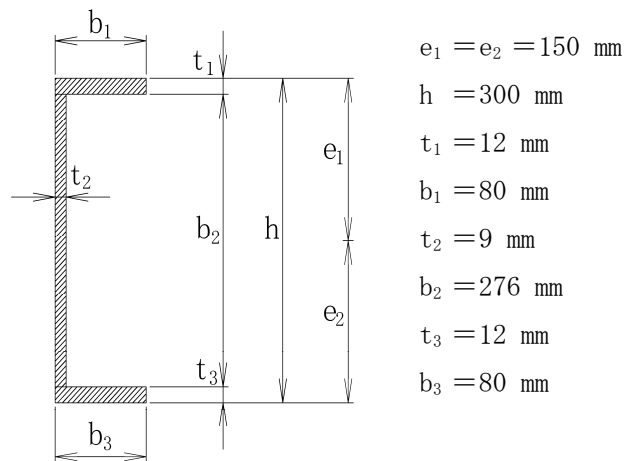


図 6.9.1-(2)-b-15 端部桁の断面寸法図

端部桁の断面二次モーメント

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

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

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

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

図 6.9.1-(2)-b-16 に示す寸法図から

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

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

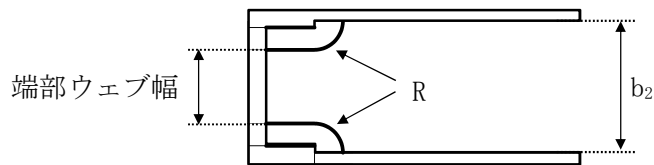


図 6.9.1-(2)-b-16 蓋端部の寸法図

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

$$\text{曲げモーメント} \quad M_1 = 1.72264 \times 10^7 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$\text{せん断力} \quad S_1 = 3.93748 \times 10^4 \text{ N}$$

$$\begin{aligned} \text{曲げ応力} \quad \sigma_{b1} &= M_1 / Z_1 \\ &= 1.72264 \times 10^7 / (3.70696 \times 10^5) \\ &= 46.4704 \text{ N/mm}^2 = 47 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{せん断応力} \quad \tau_1 &= S_1 / A_{S1} \\ &= 3.93748 \times 10^4 / 1.944 \times 10^3 \\ &= 20.2524 \text{ N/mm}^2 = 21 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{組合せ応力} \quad \sqrt{(\sigma_{b1}^2 + 3 \cdot \tau_1^2)} &= \sqrt{(47^2 + 3 \times 21^2)} \\ &= 59.4306 = 60 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

(a-1-2) 蓋 (中間桁)

(a-1-2-1) 発生荷重

$$\begin{aligned} \text{基準津波作用水圧} \quad q_2 &= P_t \\ &= 303.000 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

$$\text{受圧幅} \quad b_2 = 613 \text{ mm}$$

6.9.1-(2)-b-22

中間桁負担荷重	$w_2 = q_2 \cdot b_2$ $= 0.303000 \times 613$ $= 185.739 \text{ kN/m}$
水密幅	$B = 1.150 \text{ m}$
支間	$L = 1.450 \text{ m}$
曲げモーメント	$M_2 = w_2 \cdot B/8 \cdot (2L - B)$ $= 185.739 \times 1.150/8 \times (2 \times 1.450 - 1.150)$ $= 4.67249 \times 10^7 \text{ N}\cdot\text{mm}$
せん断力	$S_2 = w_2 \cdot B/2$ $= 185.739 \times 1.150/2$ $= 1.06799 \times 10^5 \text{ N}$

(a-1-1-2) 断面性能

端部桁の材質	SM490
中間桁の断面二次モーメント	$I_2 = 9570 \text{ cm}^4$

中間桁の断面における寸法は図 6.9.1-(2)-b-17 に示すとおりである。

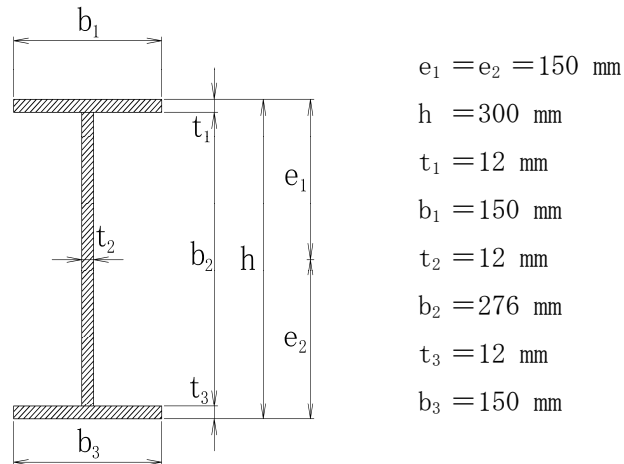


図 6.9.1-(2)-b-17 中間桁の断面寸法図

中間桁の断面二次モーメント

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

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

$$Z_2 = I_2 / e_1 = 9.57173 \times 10^7 / 150 = 6.38100 \times 10^5 \text{ mm}^3$$

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

図 6.9.1-(2)-b-5 に示す寸法図から

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

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

6.9.1-(2)-b-23

端部ウェブ幅は

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

以上より

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

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

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

(a-1-1-3) 発生応力

$$\text{曲げモーメント} \quad M_2 = 4.67249 \times 10^7 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

$$\text{せん断力} \quad S_2 = 1.06799 \times 10^5 \text{ N}$$

$$\begin{aligned} \text{曲げ応力} \quad \sigma_{b2} &= M_2 / Z_2 \\ &= 4.67249 \times 10^7 / (6.38100 \times 10^5) \\ &= 73.2250 \text{ N/mm}^2 = 74 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{せん断応力} \quad \tau_2 &= S_2 / A_{S2} \\ &= 1.06799 \times 10^5 / (2.592 \times 10^3) \\ &= 41.2033 \text{ N/mm}^2 = 42 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{組合せ応力} \quad \sqrt{(\sigma_{b2}^2 + 3 \cdot \tau_2^2)} &= \sqrt{(74^2 + 3 \times 42^2)} \\ &= 103.768 = 104 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

(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〈津波＋余震時〉

$$\text{引張力} \quad T_1 = S_1 = 3.93748 \times 10^4 \text{ N}$$

$$\text{固定ボルトの本数} \quad n = 36 \text{ 本}$$

$$\begin{aligned} \text{せん断力} \quad S_{b1} &= I_{HSd} / n = 1.35661 \times 10^4 / 36 \\ &= 3.76836 \times 10^2 \text{ N} \end{aligned}$$

(a-2-1-2) 断面性能

$$\text{固定ボルトの材質} \quad \text{SCM435}$$

$$\text{固定ボルトの呼び径} \quad \text{M30}$$

$$\begin{aligned} \text{固定ボルトの谷径断面積} \quad A_{b1} &= \pi / 4 \cdot \phi^2 \\ &= \pi / 4 \times 30^2 \\ &= 706.858 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

(a-2-1-3) 発生応力

固定ボルトの引張応力

$$\begin{aligned}\sigma_{t1} &= T_1/A_b \\ &= 3.93748 \times 10^4 / 706.858 \\ &= 55.7034 \text{ N/mm}^2 \\ &= 56 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

固定ボルトのせん断応力

$$\begin{aligned}\tau_{t1} &= S_{b1}/A_b \\ &= 3.76836 \times 10^2 / 706.858 \\ &= 0.533114 \text{ N/mm}^2 \\ &= 1 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

組合せ応力

$$\begin{aligned}\sqrt{(\sigma_{t1}^2 + 3 \cdot \tau_{t1}^2)} &= \sqrt{(56^2 + 3 \times 1^2)} \\ &= 56.0267 = 57 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

(a-2-2) 蓋 (中間桁)

(a-2-2-1) 発生荷重

引張力

$$T_2 = S_2/2 = 5.33995 \times 10^4 \text{ N}$$

固定ボルトの本数

$$n = 36 \text{ 本}$$

せん断力

$$\begin{aligned}S_{b2} &= I_{hsd} / n = 1.35661 \times 10^4 / 36 \\ &= 3.76836 \times 10^2 \text{ N}\end{aligned}$$

(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

$$\begin{aligned}\sigma_{t2} &= T_2/A_{b2} \\ &= 5.33995 \times 10^4 / 706.858 \\ &= 75.5448 \text{ N/mm}^2 \\ &= 76 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

固定ボルトのせん断応力

$$\begin{aligned}\tau_{t2} &= S_{b2}/A_{b2} \\ &= 3.76836 \times 10^2 / 706.858 \\ &= 0.533114 \text{ N/mm}^2 \\ &= 1 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

組合せ応力

$$\begin{aligned}\sqrt{(\sigma_{t2}^2 + 3 \cdot \tau_{t2}^2)} &= \sqrt{(76^2 + 3 \times 1^2)} \\ &= 76.0197 = 77 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

(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. 端部桁及び中間桁の許容応力

(イ) 基準津波時

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

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

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

(ロ) S_s 地震時

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

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

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

(ハ) 基準津波 + S_d 地震時

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

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

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

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

(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-3 に示す。

表 6.9.1-(2)-b-3 基準津波時の応力評価結果（蓋，固定ボルト）

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	端部桁	曲げ	47	240	OK
		せん断	21	135	OK
		組合せ	60	264	OK
	中間桁	曲げ	74	240	OK
		せん断	42	135	OK
		組合せ	104	264	OK
固定ボルト	端部桁	引張	56	588	OK
	中間桁	引張	76	588	OK

ロ. S_s 地震時

S_s 地震時の評価結果を表 6.9.1-(2)-b-4 に示す。

表 6.9.1-(2)-b-4 S_s 地震時の応力評価結果（蓋，固定ボルト）

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	端部桁	曲げ	1	240	OK
		せん断	1	135	OK
		組合せ	2	264	OK
	中間桁	曲げ	2	240	OK
		せん断	1	135	OK
		組合せ	3	264	OK
固定ボルト	端部桁	せん断	1	339	OK
	中間桁	せん断	1	339	OK

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-5 に示す。

表 6.9.1-(2)-b-5 基準津波+S_d地震時の応力評価結果（蓋, 固定ボルト）

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	端部桁	曲げ	47	240	OK
		せん断	21	135	OK
		組合せ	60	264	OK
	中間桁	曲げ	74	240	OK
		せん断	42	135	OK
		組合せ	104	264	OK
固定ボルト	端部桁	引張	56	588	OK
		せん断	1	339	OK
		組合せ	57	646	OK
	中間桁	引張	76	588	OK
		せん断	1	339	OK
		組合せ	77	646	OK

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) 固有値解析

イ. 固有振動数の計算

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、両端支持梁の一次固有振動数は次のとおり与えられる。

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

ここで、

f : 一次固有振動数 (Hz)

L : 主桁の長さ (m) = 2.73

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。

$$195000 + (193000 - 195000) \times (40 - 20) / (50 - 20) = 193667 \text{ MPa} = 1.94 \times 10^{11}$$

I : 断面二次モーメント (m⁴) = 1.054×10^{-4}

M : 主桁の単位長さ当たりの重量 (kg/m) = 53.7

以上より、

$$f = \pi^2 / (2\pi \cdot 2.73^2) \cdot \sqrt{(1.93 \times 10^{11} \times 1.054 \times 10^{-4} / 53.7)} \\ = 130 \text{ Hz}$$

緊急用海水ポンプ点検用開口部浸水防止蓋の構造図を図 6.9.1-1 に示す。

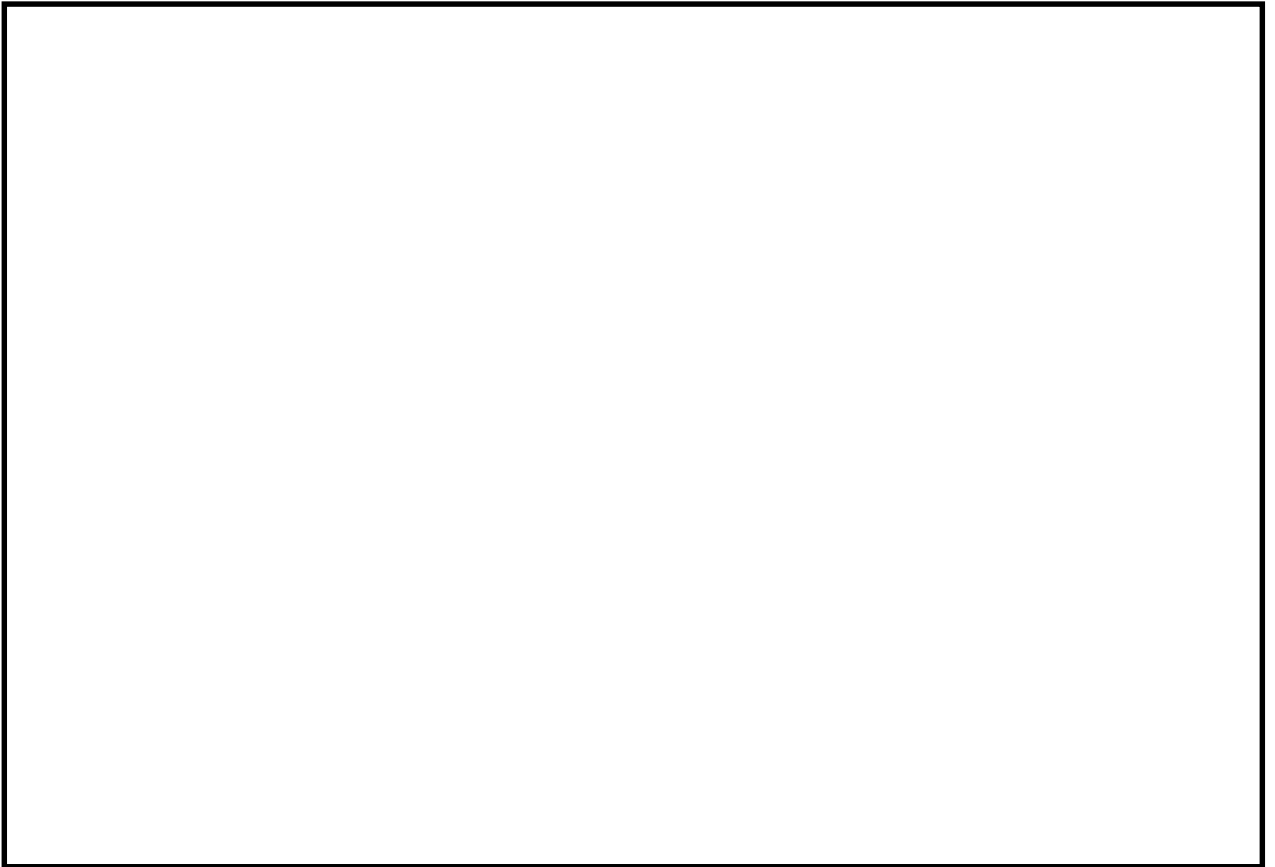


図 6.9.1-1 緊急用海水ポンプ点検用開口部浸水防止蓋の構造図

ロ. 固有値解析結果

固有振動数は 130 Hz であり, 20 Hz 以上であることから, 剛構造である。

(b) 評価条件の整理

イ. 固定荷重

固定荷重は以下のとおりとする。

固定荷重 D

蓋 : 52.5kN (5350kg)

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。

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。

$$\text{津波時} \quad P_S = 0.35 \times W_S \times d_S \times A_S$$

$$S_S \text{ 地震時, 津波+余震時} \quad P_S = W_S \times d_S \times A_S$$

ここで、

P_S : 積雪荷重 (N)

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)

$$A_S = B \cdot L = 2.740 \cdot 6.720 = 18.413 \text{ m}^2$$

よって、積雪荷重 P_S は、津波時は 11047.8 N (600 N/m²)、 S_S 地震時及び津波+余震時には 3866.73 N (210 N/m²) を考慮する。

(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	設置場所 及び 床面高さ (EL. m)	建屋 及び 高さ (EL. m)	地震による設計震度*	
			水平方向 C _H	鉛直方向 C _V
基準地震動 S _s	緊急用海水 ポンプピット 8.0	緊急用海水 ポンプピット 8.0	水平方向 C _H	1.83
			鉛直方向 C _V	1.05

注記 *：固有値解析結果により、緊急用海水ポンプ点検用開口部浸水防止蓋の固有振動数が 20Hz 以上であることを確認したため、最大床応答加速度の 1.2 倍を考慮した設計震度を設定した。

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。

$$W_{hg} = K_h \cdot (D \cdot g + P_s)$$

$$W_{vg} = K_v \cdot (D \cdot g + P_s)$$

$$w_{vg} = W_{vg} / A$$

ここで、

K_h：設計水平震度 (G)

K_v：設計鉛直震度 (G)

W_{hg} : 全体の水平地震荷重 (N)
 W_{vg} : 全体の鉛直地震荷重 (N)
 w_{vg} : 鉛直地震分布荷重 (N/m²)
D : 固定荷重による全体質量 (kg)
g : 重力加速度 (m/s²)
 P_s : 積雪荷重 (N)
A : 浸水防止蓋の投影面積 (m²)

$$W_{hg} = K_h \cdot (D \cdot g + P_s) = 1.83 \cdot (52.5 \text{ kN} + 3.87 \text{ kN}) = 103.158 \text{ kN}$$

$$W_{vg} = K_v \cdot (D \cdot g + P_s) = 1.05 \cdot (52.5 \text{ kN} + 3.87 \text{ kN}) = 59.189 \text{ kN}$$

$$A = B \cdot L = 2.740 \cdot 6.720 = 18.413 \text{ m}^2$$

$$w_{vg} = W_{vg} / A = 59.189 / 18.413 = 3.215 \text{ kN/m}^2$$

(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）

(a-1-1-1) 発生荷重

地震時作用荷重 $q = D + P_s + w_{vg}$
 $= 2.851 + 0.2 + 3.215$
 $= 6.266 \text{ kN/m}^2$

受圧幅 $b = 0.38 \text{ m}$ （主桁フランジ間）

負担荷重 $w = q \cdot b$
 $= 6.266 \times 0.38$
 $= 2.382 \text{ kN/m}$

支間 $L = 0.685 \text{ m}$ （補助桁間）

曲げモーメント $M = w \cdot L^2 / 8$
 $= 2.382 \times 0.685^2 / 8$
 $= 0.140 \text{ kN}\cdot\text{m}$

せん断力 $S = w \cdot L / 2$
 $= 2.382 \times 0.685 / 2$
 $= 0.816 \text{ kN}$

(a-1-1-2) 断面性能

蓋の材質 SUS304

蓋の断面二次モーメント $I = 6.912 \text{ cm}^4$

蓋の断面係数 $Z = 11.52 \text{ cm}^3$

蓋の断面積 $A_s = 45.6 \text{ cm}^2$

(a-1-1-3) 発生応力

曲げモーメント $M = 0.140 \text{ kN}\cdot\text{m}$

せん断力 $S = 0.816 \text{ kN}$

曲げ応力 $\sigma_b = M / Z$
 $= 0.140 \times 10^3 / 11.52$
 $= 12.153 \text{ N/mm}^2$

せん断応力 $\tau = S / A_s$
 $= 0.816 \times 10 / 45.6$
 $= 0.179 \text{ N/mm}^2$

組合せ応力（垂直+せん断）

$$\begin{aligned}\sigma &= \sqrt{(\sigma_b^2 + 3 \cdot \tau^2)} \\ &= \sqrt{(12.153^2 + 3 \cdot 0.179^2)} \\ &= 12.157 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

(a-2-1) 蓋（端部桁）

(a-2-1-1) 発生荷重

地震時作用荷重	$q = D + P_s + w_{vg}$
	$= 2.851 + 0.2 + 3.215$
	$= 6.266 \text{ kN/m}^2$
受圧幅	$b = 0.24 \text{ m}$
負担荷重	$w = q \cdot b$
	$= 6.266 \times 0.24$
	$= 1.504 \text{ kN/m}$
支間	$L = 2.73 \text{ m}$
曲げモーメント	$M = w \cdot L^2 / 8$
	$= 1.504 \times 2.73^2 / 8$
	$= 1.402 \text{ kN}\cdot\text{m}$
せん断力	$S = w \cdot L / 2$
	$= 1.504 \times 2.73 / 2$
	$= 2.053 \text{ kN}$

(a-2-1-2) 断面性能

蓋の材質	SUS304
蓋の断面二次モーメント	$I = 10539 \text{ cm}^4$
蓋の断面係数	$Z = 639 \text{ cm}^3$
蓋の端部ウェブ断面積	$A_s = 30.96 \text{ cm}^2$

(a-2-1-3) 発生応力

曲げモーメント	$M = 1.402 \text{ kN}\cdot\text{m}$
せん断力	$S = 2.053 \text{ kN}$
曲げ応力	$\sigma_b = M / Z$
	$= 1.402 \times 10^3 / 639$
	$= 2.195 \text{ N/mm}^2$
せん断応力	$\tau = S / A_s$
	$= 2.053 \times 10 / 30.96$
	$= 0.664 \text{ N/mm}^2$

組合せ応力（垂直+せん断）

$$\begin{aligned}\sigma &= \sqrt{(\sigma_b^2 + 3 \cdot \tau^2)} \\ &= \sqrt{(2.195^2 + 3 \cdot 0.664^2)} \\ &= 2.479 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

(a-2-2) 蓋（中間桁）

(a-2-2-1) 発生荷重

地震時作用荷重

$$\begin{aligned}q &= D + P_s + w_{vg} \\ &= 2.851 + 0.2 + 3.215 \\ &= 6.266 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

受圧幅

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

負担荷重

$$\begin{aligned}w &= q \cdot b \\ &= 6.266 \times 0.480 \\ &= 3.008 \text{ kN/m}\end{aligned}$$

支間

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

曲げモーメント

$$\begin{aligned}M &= w \cdot L^2 / 8 \\ &= 3.008 \times 2.73^2 / 8 \\ &= 2.803 \text{ kN}\cdot\text{m}\end{aligned}$$

せん断力

$$\begin{aligned}S &= w \cdot L / 2 \\ &= 3.008 \times 2.73 / 2 \\ &= 4.106 \text{ kN}\end{aligned}$$

(a-2-2-2) 断面性能

蓋の材質

SUS304

蓋の断面二次モーメント

$I = 10539 \text{ cm}^4$

蓋の断面係数

$Z = 639 \text{ cm}^3$

蓋の端部ウェブ断面積

$A_s = 30.96 \text{ cm}^2$

(a-2-2-3) 発生応力<地震時>

曲げモーメント

$$M = 2.803 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

せん断力

$$S = 4.106 \text{ kN}$$

曲げ応力

$$\begin{aligned}\sigma_b &= M / Z \\ &= 2.803 \times 10^3 / 639 \\ &= 4.387 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

せん断応力

$$\begin{aligned}\tau &= S / A_s \\ &= 4.106 \times 10 / 30.96 \\ &= 1.327 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

組合せ応力（垂直+せん断）

$$\begin{aligned}\sigma &= \sqrt{(\sigma_b^2 + 3 \cdot \tau^2)} \\ &= \sqrt{(4.387^2 + 3 \cdot 1.327^2)} \\ &= 4.953 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

(a-2-3) 蓋（補助桁）

(a-2-3-1) 発生荷重

地震時作用荷重

$$\begin{aligned}q &= D + P_s + w_{vg} \\ &= 2.851 + 0.2 + 3.215 \\ &= 6.266 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

受圧幅

$$b = 0.685 \text{ m}$$

負担荷重

$$\begin{aligned}w &= q \cdot b \\ &= 6.266 \times 0.685 \\ &= 4.300 \text{ kN/m}\end{aligned}$$

支間

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

曲げモーメント

$$\begin{aligned}M &= w \cdot L^2 / 8 \\ &= 4.300 \times 0.480^2 / 8 \\ &= 0.124 \text{ kN}\cdot\text{m}\end{aligned}$$

せん断力

$$\begin{aligned}S &= w \cdot L / 2 \\ &= 4.300 \times 0.480 / 2 \\ &= 1.032 \text{ kN}\end{aligned}$$

(a-2-3-2) 断面性能

蓋の材質

SUS304

蓋の断面二次モーメント

$$I = 3171 \text{ cm}^4$$

蓋の断面係数

$$Z = 173 \text{ cm}^3$$

蓋の端部ウェブ断面積

$$A_s = 22.56 \text{ cm}^2$$

(a-2-3-3) 発生応力<地震時>

曲げモーメント

$$M = 0.124 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

せん断力

$$S = 1.032 \text{ kN}$$

曲げ応力

$$\begin{aligned}\sigma_b &= M / Z \\ &= 0.124 \times 10^3 / 173 \\ &= 0.717 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

せん断応力

$$\begin{aligned}\tau &= S / A_s \\ &= 1.032 \times 10 / 22.56 \\ &= 0.458 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

組合せ応力（垂直+せん断）

$$\begin{aligned}\sigma &= \sqrt{(\sigma_b^2 + 3 \cdot \tau^2)} \\ &= \sqrt{(0.717^2 + 3 \cdot 0.458^2)} \\ &= 1.070 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

(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	$S = W_{hg} = 103.158 \text{ kN}$
1本あたり	5.267 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 $\phi = 26.211 \text{ mm}$ ）
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	$\tau = S/A_b$ $= 5.267 \times 10^3 / 539$ $= 9.772 \text{ N/mm}^2$
-------------	---

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

基準津波時作用荷重	$q = D + P_s + P_h$
	$= 2.851 + 0.6 + 2.020$
	$= 5.471 \text{ kN/m}^2$

受圧幅	$b = 0.38 \text{ m}$ （主桁フランジ間）
-----	--------------------------------

負担荷重	$w = q \cdot b$
	$= 5.471 \times 0.38$
	$= 2.079 \text{ kN/m}$

支間	$L = 0.685 \text{ m}$ （補助桁間）
----	------------------------------

曲げモーメント	$M = w \cdot L^2 / 8$
	$= 2.079 \times 0.685^2 / 8$
	$= 0.122 \text{ kN}\cdot\text{m}$

せん断力	$S = w \cdot L / 2$
	$= 2.079 \times 0.685 / 2$
	$= 0.713 \text{ kN}$

(a-1-1-2) 断面性能

蓋の材質	SUS304
蓋の断面二次モーメント	$I = 6.912 \text{ cm}^4$
蓋の断面係数	$Z = 11.52 \text{ cm}^3$
蓋の断面積	$A_s = 45.6 \text{ cm}^2$

(a-1-1-3) 発生応力

曲げモーメント	$M = 0.122 \text{ kN}\cdot\text{m}$
---------	-------------------------------------

せん断力	$S = 0.713 \text{ kN}$
------	------------------------

曲げ応力	$\sigma_b = M / Z$
	$= 0.122 \times 10^3 / 11.52$
	$= 10.591 \text{ N/mm}^2$

せん断応力	$\tau = S / A_s$
	$= 0.713 \times 10 / 45.6$
	$= 0.157 \text{ N/mm}^2$

組合せ応力（垂直+せん断）

$$\begin{aligned}\sigma &= \sqrt{(\sigma_b^2 + 3 \cdot \tau^2)} \\ &= \sqrt{(10.591^2 + 3 \cdot 0.157^2)} \\ &= 10.595 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

(a-2-1) 蓋（端部桁）

(a-2-1-1) 発生荷重

基準津波時作用荷重

$$\begin{aligned}q &= D + P_s + P_h \\ &= 2.851 + 0.6 + 2.020 \\ &= 5.471 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

受圧幅 $b = 0.240 \text{ m}$

負担荷重 $w = q \cdot b$

$$\begin{aligned}&= 5.471 \times 0.240 \\ &= 1.314 \text{ kN/m}\end{aligned}$$

水密幅 $B = 2.700 \text{ m}$

支間 $L = 2.730 \text{ m}$

曲げモーメント $M = w \cdot B / 8 \cdot (2L - B)$

$$\begin{aligned}&= 1.314 \times 2.700 / 8 \times (2 \times 2.730 - 2.700) \\ &= 1.224 \text{ kN}\cdot\text{m}\end{aligned}$$

せん断力 $S = w \cdot B / 2$

$$\begin{aligned}&= 1.314 \times 2.700 / 2 \\ &= 1.774 \text{ kN}\end{aligned}$$

(a-2-1-2) 断面性能

蓋の材質 SUS304

蓋の断面二次モーメント $I = 10539 \text{ cm}^4$

蓋の断面係数 $Z = 639 \text{ cm}^3$

蓋の端部ウェブ断面積 $A_s = 30.96 \text{ cm}^2$

(a-2-1-3) 発生応力

曲げモーメント $M = 1.224 \text{ kN}\cdot\text{m}$

せん断力 $S = 1.774 \text{ kN}$

曲げ応力 $\sigma_b = M / Z$

$$\begin{aligned}&= 1.224 \times 10^3 / 639 \\ &= 1.916 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

せん断応力 $\tau = S / A_s$

$$\begin{aligned}&= 1.774 \times 10 / 30.96 \\ &= 0.573 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

組合せ応力（垂直+せん断）

$$\begin{aligned}\sigma &= \sqrt{(\sigma_b^2 + 3 \cdot \tau^2)} \\ &= \sqrt{(1.916^2 + 3 \cdot 0.573^2)} \\ &= 1.902 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

(a-2-2) 蓋（中間桁）

(a-2-2-1) 発生荷重

基準津波時作用荷重

$$\begin{aligned}q &= D + P_s + P_h \\ &= 2.851 + 0.6 + 2.020 \\ &= 5.471 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

受圧幅 $b = 0.480 \text{ m}$

負担荷重 $w = q \cdot b$

$$\begin{aligned}&= 5.471 \times 0.480 \\ &= 2.627 \text{ kN/m}\end{aligned}$$

水密幅 $B = 2.700 \text{ m}$

支間 $L = 2.730 \text{ m}$

曲げモーメント $M = w \cdot B / 8 \cdot (2L - B)$

$$\begin{aligned}&= 2.627 \times 2.700 / 8 \times (2 \times 2.730 - 2.700) \\ &= 2.448 \text{ kN}\cdot\text{m}\end{aligned}$$

せん断力 $S = w \cdot B / 2$

$$\begin{aligned}&= 2.627 \times 2.700 / 2 \\ &= 3.547 \text{ kN}\end{aligned}$$

(a-2-2-2) 断面性能

蓋の材質 SUS304

蓋の断面二次モーメント $I = 10539 \text{ cm}^4$

蓋の断面係数 $Z = 639 \text{ cm}^3$

蓋の端部ウェブ断面積 $A_s = 30.96 \text{ cm}^2$

(a-2-2-3) 発生応力

曲げモーメント $M = 2.448 \text{ kN}\cdot\text{m}$

せん断力 $S = 3.547 \text{ kN}$

曲げ応力 $\sigma_b = M / Z$

$$\begin{aligned}&= 2.448 \times 10^3 / 639 \\ &= 3.831 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

せん断応力 $\tau = S / A_s$

$$\begin{aligned}&= 3.547 \times 10 / 30.96 \\ &= 1.146 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

組合せ応力（垂直+せん断）

$$\begin{aligned}\sigma &= \sqrt{(\sigma_b^2 + 3 \cdot \tau^2)} \\ &= \sqrt{(3.831^2 + 3 \cdot 1.146^2)} \\ &= 4.315 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

(a-2-3) 蓋（補助桁）

(a-2-3-1) 発生荷重

基準津波時作用荷重

$$\begin{aligned}q &= D + P_s + P_h \\ &= 2.851 + 0.6 + 2.020 \\ &= 5.471 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

受圧幅

$$b = 0.685 \text{ m}$$

負担荷重

$$\begin{aligned}w &= q \cdot b \\ &= 5.471 \times 0.685 \\ &= 3.748 \text{ kN/m}\end{aligned}$$

支間

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

曲げモーメント

$$\begin{aligned}M &= w \cdot L^2 / 8 \\ &= 3.748 \times 0.480^2 / 8 \\ &= 0.108 \text{ kN}\cdot\text{m}\end{aligned}$$

せん断力

$$\begin{aligned}S &= w \cdot L / 2 \\ &= 3.748 \times 0.480 / 2 \\ &= 0.900 \text{ kN}\end{aligned}$$

(a-2-3-2) 断面性能

蓋の材質

SUS304

蓋の断面二次モーメント

$$I = 3171 \text{ cm}^4$$

蓋の断面係数

$$Z = 173 \text{ cm}^3$$

蓋の端部ウェブ断面積

$$A_s = 22.56 \text{ cm}^2$$

(a-2-3-3) 発生応力<地震時>

曲げモーメント

$$M = 0.108 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

せん断力

$$S = 0.900 \text{ kN}$$

曲げ応力

$$\begin{aligned}\sigma_b &= M / Z \\ &= 0.108 \times 10^3 / 173 \\ &= 0.625 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

せん断応力

$$\begin{aligned}\tau &= S / A_s \\ &= 0.900 \times 10 / 22.56 \\ &= 0.399 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

組合せ応力（垂直+せん断）

$$\begin{aligned}\sigma &= \sqrt{(\sigma_b^2 + 3 \cdot \tau^2)} \\ &= \sqrt{(0.625^2 + 3 \cdot 0.399^2)} \\ &= 0.932 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

(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	設置場所 及び 床面高さ (EL. m)	建屋 及び 高さ (EL. m)	地震による設計震度*	
			水平方向 C_H	
弾性設計用 地震動 S_d-D1	緊急用海水 ポンプピット 8.0	緊急用海水 ポンプピット 8.0	水平方向 C_H	0.92
			鉛直方向 C_V	0.53

注記 *：固有値解析結果により、緊急用海水ポンプ点検用開口部浸水防止蓋の固有振動数が 20Hz 以上であることを確認したため、最大床応答加速度の 1.2 倍を考慮した設計震度を設定した。

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。

$$W_{hg} = K_h \cdot (D \cdot g + P_s)$$

$$W_{vg} = K_v \cdot (D \cdot g + P_s + P_h)$$

$$w_{vg} = W_{vg} / A$$

ここで、

K_h ：余震時水平震度 (G)

K_v : 余震時鉛直震度 (G)
 W_{hg} : 全体の水平地震荷重 (N)
 W_{vg} : 全体の鉛直地震荷重 (N)
 w_{vg} : 鉛直地震分布荷重 (N/m²)
 D : 固定荷重による全体質量 (kg)
 g : 重力加速度 (m/s²)
 P_s : 積雪荷重 (N)
 P_h : 基準津波荷重 (N)
 A : 浸水防止蓋の投影面積 (m²)

$$W_{hg} = K_h \cdot (D \cdot g + P_s) = 0.92 \cdot (52.5 \text{ kN} + 3.87 \text{ kN}) = 51.861 \text{ kN}$$

$$W_{vg} = K_v \cdot (D \cdot g + P_s + P_h) = 0.53 \cdot (52.5 \text{ kN} + 3.87 \text{ kN} + 37.20 \text{ kN}) = 49.593 \text{ kN}$$

$$A = B \cdot L = 2.740 \cdot 6.720 = 18.413 \text{ m}^2$$

$$w_{vg} = W_{vg} / A = 49.593 / 18.413 = 2.694 \text{ kN/m}^2$$

(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

$$\begin{aligned} \text{基準津波+余震時作用荷重 } q &= D + P_s + P_h + w_{vg} \\ &= 2.851 + 0.21 + 2.020 + 2.694 \\ &= 7.775 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

$$\text{受圧幅 } b = 0.38 \text{ m (主桁フランジ間)}$$

$$\begin{aligned} \text{負担荷重 } w &= q \cdot b \\ &= 7.775 \times 0.38 \\ &= 2.955 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

$$\text{支間 } L = 0.685 \text{ m (補助桁間)}$$

$$\begin{aligned} \text{曲げモーメント } M &= w \cdot L^2 / 8 \\ &= 2.955 \times 0.685^2 / 8 \\ &= 0.174 \text{ kN}\cdot\text{m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{せん断力 } S &= w \cdot L / 2 \\ &= 2.955 \times 0.685 / 2 \\ &= 1.013 \text{ kN} \end{aligned}$$

(a-1-1-2) 断面性能

$$\text{蓋の材質 } \text{SUS304}$$

$$\text{蓋の断面二次モーメント } I = 6.912 \text{ cm}^4$$

$$\text{蓋の断面係数 } Z = 11.52 \text{ cm}^3$$

$$\text{蓋の断面積 } A_s = 45.6 \text{ cm}^2$$

(a-1-1-3) 発生応力

$$\text{曲げモーメント } M = 0.174 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$\text{せん断力 } S = 1.013 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned} \text{曲げ応力 } \sigma_b &= M / Z \\ &= 0.174 \times 10^3 / 11.52 \\ &= 15.105 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{せん断応力 } \tau &= S / A_s \\ &= 1.013 \times 10 / 45.6 \\ &= 0.223 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

組合せ応力（垂直+せん断）

$$\begin{aligned}\sigma &= \sqrt{(\sigma_b^2 + 3 \cdot \tau^2)} \\ &= \sqrt{(15.105^2 + 3 \cdot 0.223^2)} \\ &= 15.110 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

(a-2-1) 蓋（端部桁）

(a-2-1-1) 発生荷重

基準津波+余震時作用荷重 $q = D + P_s + P_h + w_{vg}$

$$\begin{aligned} &= 2.851 + 0.21 + 2.020 + 2.694 \\ &= 7.775 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

受圧幅 $b = 0.2400 \text{ m}$

主桁負担荷重 $w = q \cdot b$

$$\begin{aligned} &= 7.775 \times 0.2400 \\ &= 1.866 \text{ kN/m}\end{aligned}$$

水密幅 $B = 2.700 \text{ m}$

支間 $L = 2.730 \text{ m}$

曲げモーメント $M = w \cdot B / 8 \cdot (2L - B)$

$$\begin{aligned} &= 1.866 \times 2.700 / 8 \times (2 \times 2.730 - 2.700) \\ &= 1.739 \text{ kN}\cdot\text{m}\end{aligned}$$

せん断力 $S = w \cdot B / 2$

$$\begin{aligned} &= 1.866 \times 2.700 / 2 \\ &= 2.520 \text{ kN}\end{aligned}$$

(a-2-1-2) 断面性能

蓋の材質 SUS304

蓋の断面二次モーメント $I = 10539 \text{ cm}^4$

蓋の断面係数 $Z = 639 \text{ cm}^3$

蓋の端部ウェブ断面積 $A_s = 30.96 \text{ cm}^2$

(a-2-1-3) 発生応力

曲げモーメント $M = 1.739 \text{ kN}\cdot\text{m}$

せん断力 $S = 2.520 \text{ kN}$

曲げ応力 $\sigma_b = M / Z$

$$\begin{aligned} &= 1.739 \times 10^3 / 639 \\ &= 2.722 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

せん断応力 $\tau = S / A_s$

$$\begin{aligned} &= 2.520 \times 10 / 30.96 \\ &= 0.814 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

組合せ応力（垂直+せん断）

$$\begin{aligned}\sigma &= \sqrt{(\sigma_b^2 + 3 \cdot \tau^2)} \\ &= \sqrt{(2.722^2 + 3 \cdot 0.814^2)} \\ &= 3.066 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

(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 $q = D + P_s + P_h + w_{vg}$

$$\begin{aligned} &= 2.851 + 0.21 + 2.020 + 2.694 \\ &= 7.775 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

受圧幅 $b = 0.480 \text{ m}$

負担荷重 $w = q \cdot b$

$$\begin{aligned} &= 7.775 \times 0.480 \\ &= 3.732 \text{ kN/m}\end{aligned}$$

水密幅 $B = 2.700 \text{ m}$

支間 $L = 2.730 \text{ m}$

曲げモーメント $M = w \cdot B / 8 \cdot (2L - B)$

$$\begin{aligned} &= 3.732 \times 2.700 / 8 \times (2 \times 2.730 - 2.700) \\ &= 3.477 \text{ kN}\cdot\text{m}\end{aligned}$$

せん断力 $S = w \cdot B / 2$

$$\begin{aligned} &= 3.732 \times 2.700 / 2 \\ &= 5.039 \text{ kN}\end{aligned}$$

(a-2-2-2) 断面性能

蓋の材質 SUS304

蓋の断面二次モーメント $I = 10539 \text{ cm}^4$

蓋の断面係数 $Z = 639 \text{ cm}^3$

蓋の端部ウェブ断面積 $A_s = 30.96 \text{ cm}^2$

(a-2-2-3) 発生応力

曲げモーメント $M = 3.477 \text{ kN}\cdot\text{m}$

せん断力 $S = 5.039 \text{ kN}$

曲げ応力 $\sigma_b = M / Z$

$$\begin{aligned} &= 3.477 \times 10^3 / 639 \\ &= 5.442 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

せん断応力 $\tau = S / A_s$

$$\begin{aligned} &= 5.039 \times 10 / 30.96 \\ &= 1.628 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

組合せ応力（垂直+せん断）

$$\begin{aligned}\sigma &= \sqrt{(\sigma_b^2 + 3 \cdot \tau^2)} \\ &= \sqrt{(5.442^2 + 3 \cdot 1.628^2)} \\ &= 6.130 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

(a-2-3) 蓋（補助桁）

(a-2-3-1) 発生荷重

$$\begin{aligned}\text{基準津波+余震時作用荷重 } q &= D + P_s + P_h + w_{vg} \\ &= 2.851 + 0.21 + 2.020 + 2.694 \\ &= 7.775 \text{ kN/m}^2 \\ \text{受圧幅 } b &= 0.685 \text{ m} \\ \text{負担荷重 } w &= q \cdot b \\ &= 7.775 \times 0.685 \\ &= 5.326 \text{ kN/m} \\ \text{支間 } L &= 0.480 \text{ m} \\ \text{曲げモーメント } M &= w \cdot L^2 / 8 \\ &= 5.326 \times 0.480^2 / 8 \\ &= 0.154 \text{ kN}\cdot\text{m} \\ \text{せん断力 } S &= w \cdot L / 2 \\ &= 5.326 \times 0.480 / 2 \\ &= 1.279 \text{ kN}\end{aligned}$$

(a-2-3-2) 断面性能

$$\begin{aligned}\text{蓋の材質} & \text{ SUS304} \\ \text{蓋の断面二次モーメント } I &= 3171 \text{ cm}^4 \\ \text{蓋の断面係数 } Z &= 173 \text{ cm}^3 \\ \text{蓋の端部ウェブ断面積 } A_s &= 22.56 \text{ cm}^2\end{aligned}$$

(a-2-3-3) 発生応力<地震時>

$$\begin{aligned}\text{曲げモーメント } M &= 0.154 \text{ kN}\cdot\text{m} \\ \text{せん断力 } S &= 1.279 \text{ kN} \\ \text{曲げ応力 } \sigma_b &= M / Z \\ &= 0.154 \times 10^3 / 173 \\ &= 0.891 \text{ N/mm}^2 \\ \text{せん断応力 } \tau &= S / A_s \\ &= 1.279 \times 10 / 22.56 \\ &= 0.567 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

組合せ応力（垂直+せん断）

$$\begin{aligned}\sigma &= \sqrt{(\sigma_b^2 + 3 \cdot \tau^2)} \\ &= \sqrt{(0.891^2 + 3 \cdot 0.567^2)} \\ &= 1.327 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

(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

$$S = W_{hg} = 51.861 \text{ kN}$$

1本あたり

$$1.729 \text{ kN}$$

(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 $\phi = 26.211 \text{ mm}$ ）

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

$$\tau = S/A_b$$

$$= 1.729 \times 10^3 / 539$$

$$= 3.208 \text{ N/mm}^2$$

二. T. P. +24m 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) T. P. +24m 津波荷重

T. P. +24m 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) = 追而

W_0 : 海水の密度 (kN/m³) = 10.100

以上より,

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

(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。

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) T. P. +24m 津波荷重

T. P. +24m 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。

(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） $1.5 \tau_a = 90 \text{ N/mm}^2$

□. T.P. +24m 津波時, T.P. +24m 津波 + 余震時
追而

(e) 応力評価結果

イ. Ss 地震時

Ss 地震時の評価結果を表 6.9.1-5 に示す。

表 6.9.1-5 Ss 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)	
蓋	スキンプレート	曲げ	13	150	
		せん断	1	90	
		組合せ	13	165	
	主桁	端部桁	曲げ	3	150
			せん断	1	90
			組合せ	3	165
		中間桁	曲げ	5	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	2	165	
固定ボルト		せん断	10	90	

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)	
蓋	スキンプレート	曲げ	11	150	
		せん断	1	90	
		組合せ	11	165	
	主桁	端部桁	曲げ	2	150
			せん断	1	90
			組合せ	3	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	

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)	
蓋	スキンプレート	曲げ	16	150	
		せん断	1	90	
		組合せ	16	165	
	主桁	端部桁	曲げ	3	150
			せん断	1	90
			組合せ	4	165
		中間桁	曲げ	6	150
			せん断	2	90
			組合せ	7	165
	補助桁	曲げ	1	150	
		せん断	1	90	
		組合せ	2	165	
固定ボルト		せん断	4	90	

二. T.P. +24m 津波時

T.P. +24m 津波時の評価結果を表 6.9.1-8 に示す。

表 6.9.1-8 T.P. +24m 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)	
蓋	スキンプレート	曲げ			
		せん断			
		組合せ			
	主桁	端部桁	曲げ		
			せん断		
			組合せ		
		中間桁	曲げ		
			せん断		
			組合せ		
	補助桁	曲げ			
		せん断			
		組合せ			

ホ. T.P. +24m 津波+余震時

T.P. +24m 津波+余震時の評価結果を表 6.9.1-9 に示す。

表 6.9.1-9 T.P. +24m 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)	
蓋	スキンプレート	曲げ			
		せん断			
		組合せ			
	主桁	端部桁	曲げ		
			せん断		
			組合せ		
		中間桁	曲げ		
			せん断		
			組合せ		
	補助桁	曲げ			
		せん断			
		組合せ			
固定ボルト		せん断			

6.9.3 強度評価における津波荷重等の鉛直方向荷重の考え方について

浸水防止蓋、逆止弁及び水密ハッチのうち、構築物の床面又は上版に水平に設置する設備について、津波荷重等の鉛直方向に作用する荷重の考え方について、以下に示す。

(1) 設備の設置高さとしき上げ津波荷重の考え方について

津波が経路を経由して設備に波圧が作用する場合の津波荷重については、管路の形状、損失等をモデル化して解析を実施し、津波高さとして求める。

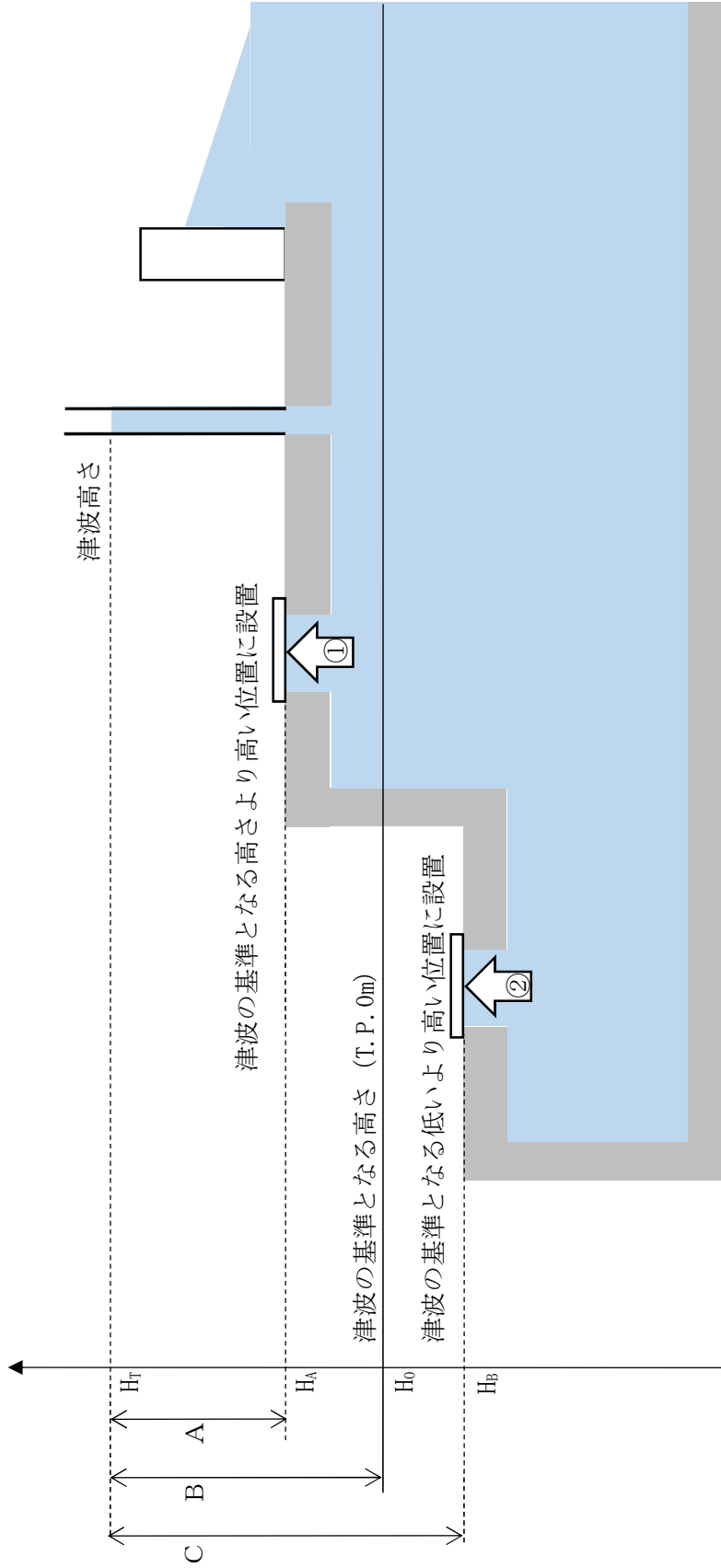
津波の荷重としては、津波高さとして基準となる高さ(T.P. 0m)からの水頭圧となるため、設備の設置高さにより作用する荷重が変化する。このため、安全側の評価となるように、以下に示すように突き上げ津波荷重を考慮する。

東海第二発電所の突き上げ津波荷重が作用する浸水防止設備は、表 6.9.3-1 に示されるように、津波の基準となる高さより高い位置に設置される。このため、設備に作用する津波荷重(水頭圧)は、図 6.9.3-1 に示されるように津波高さとし設備の設置高さの差となる。しかし、強度評価においては、安全側の評価となるように、基準高さからの津波高さを津波荷重として評価を実施する。

なお、設備を津波の基準となる高さより低い位置に設置する場合には、津波高さによる水頭圧に加えて、設備の設置高さとし津波の基準となる高さの差の水頭圧を考慮する必要がある。このため、強度評価においては、津波高さとし設備の設置高さとし津波の基準となる高さの差分を加えて評価する。

表 6.9.3-1 突き上げ津波荷重が作用する浸水防止設備の設置高さ

経路	突き上げ津波荷重が作用する浸水防止設備	設置高さ
取水路	取水路点検用開口部浸水防止蓋	T.P. +3.3m
	海水ポンプグランド dren 排出口逆止弁	T.P. +0.8m
	取水ピット空気抜き配管逆止弁	T.P. +0.8m
S A用海水ピット取水塔 海水引込み管 S A用海水ピット	S A用海水ピット開口部浸水防止蓋	T.P. +7.3m
S A用海水ピット取水塔 海水引込み管 S A用海水ピット 緊急用海水取水管 緊急用海水ポンプピット	緊急用海水ポンプピット点検用開口部浸水防止蓋	T.P. +0.8m
	緊急用海水ポンプグランド dren 排出口逆止弁	T.P. +0.8m
	緊急用海水ポンプ室床 dren 排出口逆止弁	T.P. +0.8m
放水路	放水路ゲート点検用開口部浸水防止蓋	T.P. +3.5m



- A : ①に作用する水頭圧 ($H_r - H_A$)
- B : 津波の基準となる高さより高い位置に設置する設備の評価で使用する水頭圧 ($H_r - H_0$)
- C : ②に作用する水頭圧 ($H_r - H_B$)

図 6.9.3-1 津波高さと設備の設置位置の関係

(2) 津波荷重が設備の下側から作用する場合の鉛直方向荷重の考え方について

構築物の床面又は上版に水平に設置する設備の鉛直方向に作用する荷重については、自重、積雪荷重、余震荷重及び津波荷重を組み合わせる。荷重の組合せについては、荷重が作用する向きを考慮し、安全側の評価となるように適切に組み合わせる。それぞれの荷重が作用する向きは表 6.9.3-2 及び図 6.9.3-2 に示される向きとなることから、津波荷重及び鉛直上向きの余震荷重を考慮し、自重、積雪荷重及び鉛直下向きの余震荷重は考慮しないこととする。ただし、余震の震度が 1G 以下となる場合は、余震荷重より自重の方が大きくなることから、余震による上向きの荷重が生じないため、鉛直上向きの余震荷重についても考慮しないこととする。

表 6.9.3-2 に設備に作用する鉛直方向荷重一覧、図 6.9.3-2 に設備に作用する鉛直方向荷重の概念図を示す。

表 6.9.3-2 設備に作用する鉛直方向荷重一覧（津波荷重が設備の下側から作用する場合）

	荷重の種類	荷重の向き	評価上の扱い	備考
①	自重	鉛直下向き (↓)	考慮しない	
②	積雪荷重	鉛直下向き (↓)	考慮しない	
③	余震荷重	鉛直上向き (↑)	考慮する	余震の震度が 1G 以下の場合、考慮しない。
④		鉛直下向き (↓)	考慮しない	
⑤	津波荷重	鉛直上向き (↑)	考慮する	

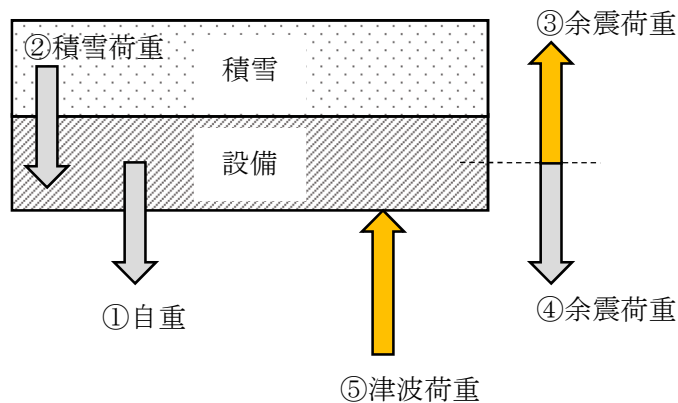


図 6.9.3-2 設備に作用する鉛直方向荷重の概念図
(津波荷重が設備の下側から作用する場合)

(3) 津波荷重が設備の上側から作用する場合の鉛直方向荷重の考え方について

構築物の床面又は上版に水平に設置する設備の鉛直方向に作用する荷重については、自重、積雪荷重、余震荷重及び津波荷重を組み合わせて評価を行う。荷重の組合せについては、荷重が作用する向きを考慮し、安全側の評価となるように適切に組み合わせる。それぞれの荷重が作用する向きは表 6.9.3-3 及び図 6.9.3-3 に示される向きとなることから、自重、積雪荷重、津波荷重及び鉛直下向きの余震荷重を考慮し、鉛直上向きの余震荷重は考慮しないこととする。

表 6.9.3-3 設備に作用する鉛直方向荷重一覧

(津波荷重が設備の上側から作用する場合 (基礎ボルト, 固定ボルト以外))

	荷重の種類	荷重の向き	評価上の扱い	備考
①	自重	鉛直下向き (↓)	考慮する	
②	積雪荷重	鉛直下向き (↓)	考慮する	
③	余震荷重	鉛直上向き (↑)	考慮しない	
④		鉛直下向き (↓)	考慮する	
⑤	津波荷重	鉛直下向き (↓)	考慮する	

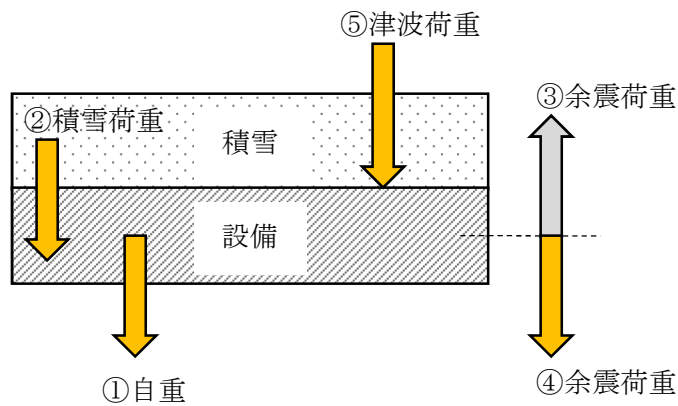


図 6.9.3-3 設備に作用する鉛直方向荷重の概念図

(津波荷重が設備の上側から作用する場合 (基礎ボルト, 固定ボルト以外))

また、基礎ボルト及び固定ボルトの鉛直方向の荷重については、圧縮荷重となる方向には作用せず、引張荷重となる方向のみに作用する。このため、浸水防止蓋等の設備本体に鉛直上向きの荷重が作用し、基礎ボルト及び固定ボルトに引張荷重が作用する場合について評価する。このときに、それぞれの荷重が作用する向きは表 6.9.3-4 及び図 6.9.3-4 に示される向きとなることを考慮して評価する。積雪荷重及び津波荷重については、基礎ボルト及び固定ボルトに引張力が作用する方向と反対となり、作用する条件により荷重が変化することから、安全側に評価するために考慮しないこととする。

したがって、自重と余震荷重を考慮して評価を実施する。余震の震度が 1G 以下となる場合には、設備に上向きの荷重が作用しないため、基礎ボルト及び固定ボルトには引張荷重が作用しないことから評価を行わない。このため、余震の震度が 1G を超える場合にのみ、自重と余震荷重を考慮して評価することとする。なお、余震として S_a-D1 を考慮しているため、 S_s の 1/2 となることから、耐震評価にて包絡できる条件となっている。

表 6.9.3-4 設備に作用する鉛直方向荷重一覧
(津波荷重が設備の上側から作用する場合 (基礎ボルト, 固定ボルト))

	荷重の種類	荷重の向き	評価上の扱い	備考
①	自重	鉛直下向き (↓)	考慮する	余震の震度が 1G 以下の場合には、基礎ボルト及び固定ボルトに引張荷重が作用しないため、評価を実施しない。
②	積雪荷重	鉛直下向き (↓)	考慮しない	
③	余震荷重	鉛直上向き (↑)	考慮する	余震の震度が 1G 以下の場合には、基礎ボルト及び固定ボルトに引張荷重が作用しないため、評価を実施しない。
④		鉛直下向き (↓)	考慮しない	
⑤	津波荷重	鉛直下向き (↓)	考慮しない	

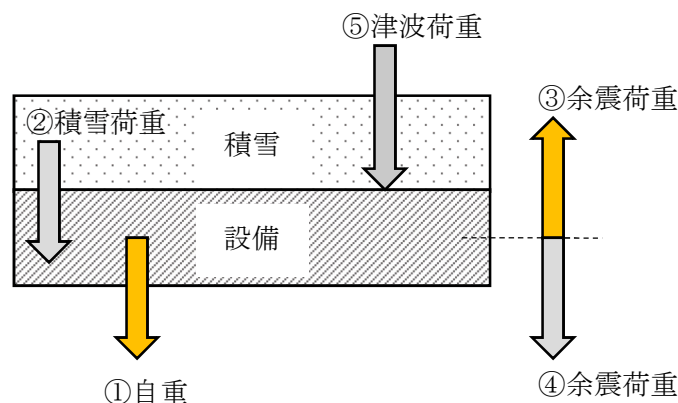


図 6.9.3-4 設備に作用する鉛直方向荷重の概念図
(津波荷重が設備の上側から作用する場合 (基礎ボルト, 固定ボルト))

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、添付資料「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、添付資料「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

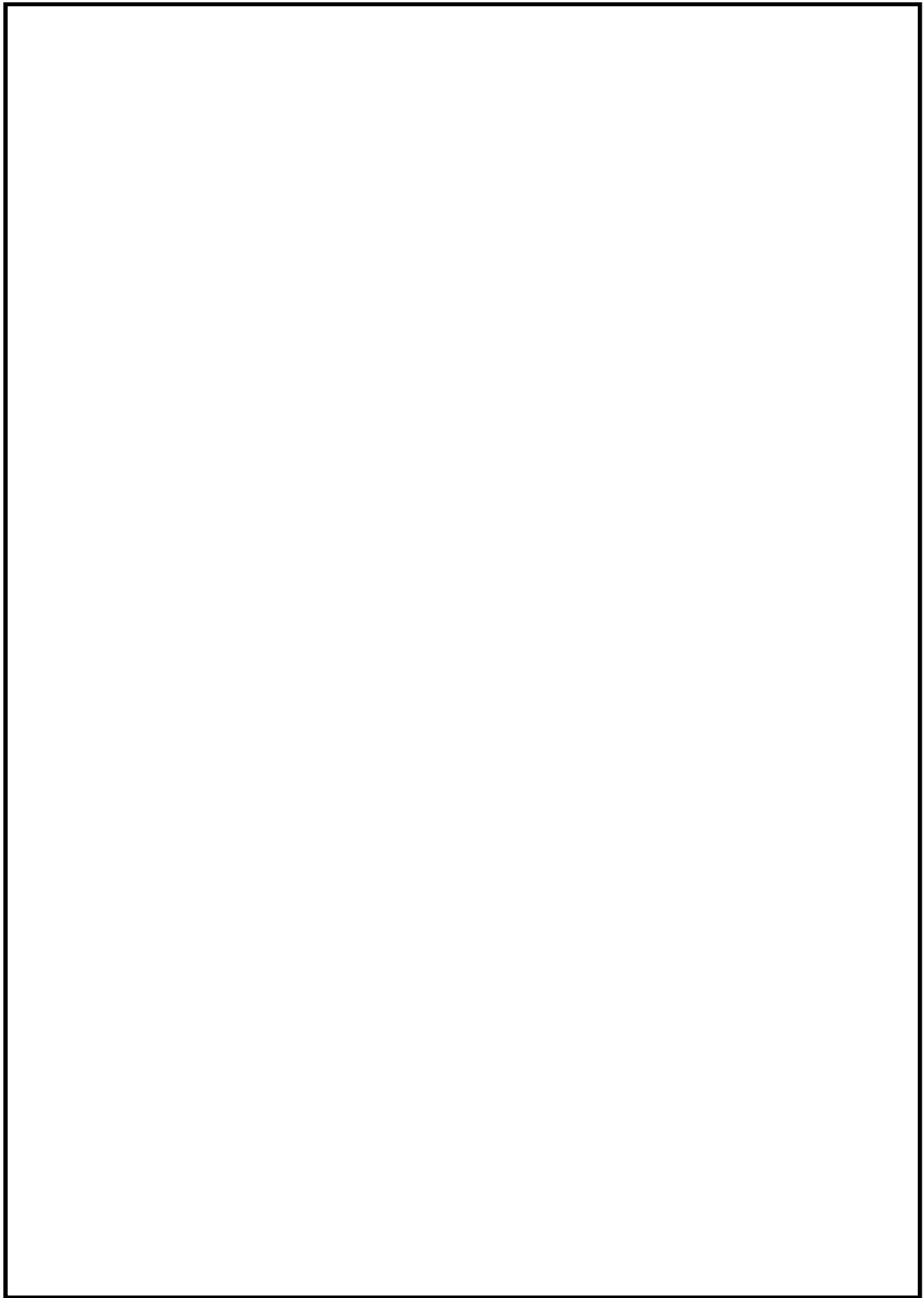


図 6.10.2-1 津波監視設備配置図

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。

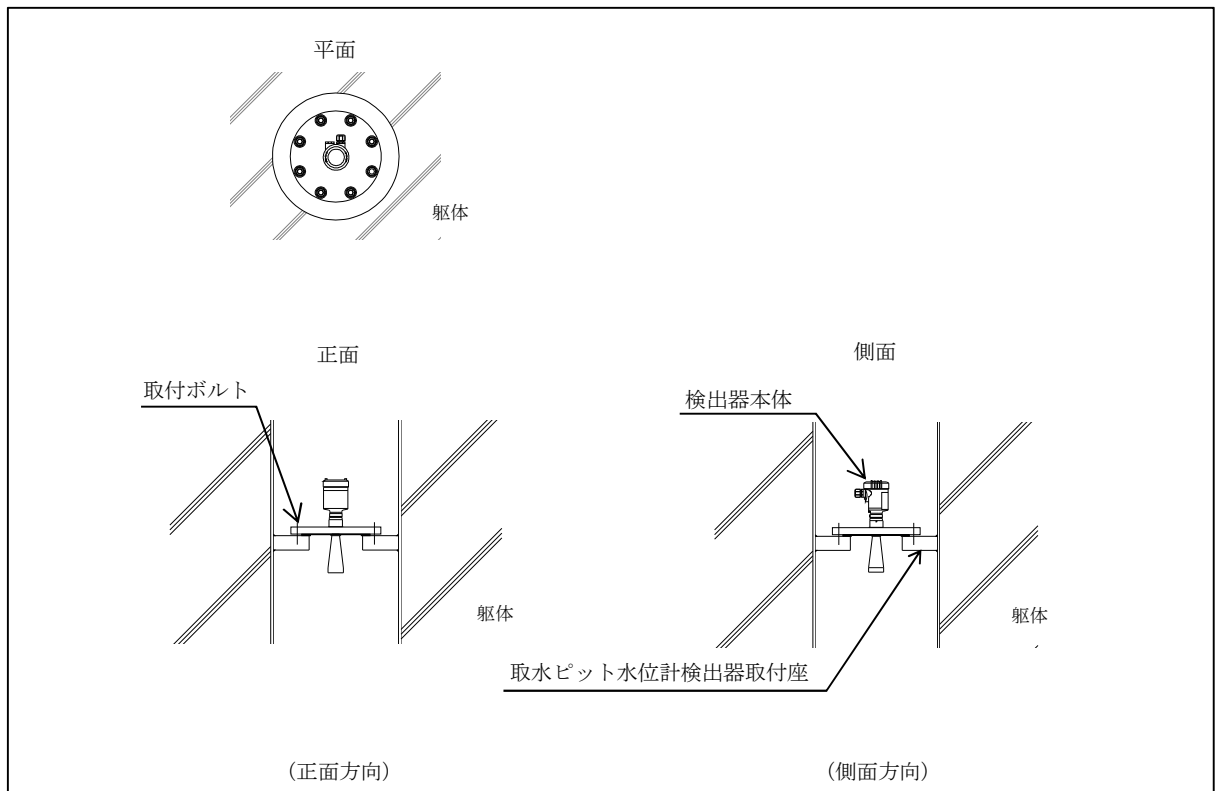


図6.10.2-2 取水ピット水位計の概略構造図

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。

Sd 水平方向震度 (CH) : 0.23

鉛直方向震度 (CV) : 0.65

Ss 水平方向震度 (CH) : 0.46

鉛直方向震度 (CV) : 1.78

<雰囲気温度>

40°C (屋外)

c. 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

$$F_b = \frac{(m \cdot g \cdot C_H \cdot h - m \cdot g \cdot (1 - C_v)) \cdot \ell_2}{n_f \cdot (\ell_1 + \ell_2)}$$
$$= (17.2 \times 9.80665 \times 0.46 \times 183 - 17.2 \times 9.80665 \times (1 - 1.78) \times 110.9) / (2 \times (110.9 + 110.9))$$
$$= 64.90009$$
$$= \underline{64.90 \text{ (N)}}$$

取付ボルトに作用する引張応力 σ_b

$$\sigma_b = \frac{F_b}{A_b}$$
$$= 64.90 / 201.1$$
$$= 0.322725$$
$$= \underline{1 \text{ (MPa)}}$$

②せん断応力

取付ボルトに作用するせん断力 Q_b

$$Q_b = m \cdot C_H \cdot g$$
$$= 17.2 \times 0.46 \times 9.80665$$
$$= 77.590214$$
$$= \underline{77.59 \text{ (N)}}$$

取付ボルトに作用するせん断応力 τ_b

$$\tau_b = \frac{Q_b}{n \cdot A_b}$$
$$= 77.59 / (8 \times 201.1)$$
$$= 0.048228$$
$$= \underline{1 \text{ (MPa)}}$$

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 $S_u=400$

$F = \text{Min}(S_y, 0.7S_u)$

$= \text{Min}(235, 0.7 \times 400)$

$= \text{Min}(235, 280)$

$$=235 \text{ MPa}$$

④許容引張応力

許容引張応力 f_{ts}

$$f_{ts} = \text{Min}(1.4 \times f_{to} - 1.6 \times \tau_b, f_{to})$$

$$f_{to} = F/2 \times 1.5$$

$$=235/2 \times 1.5$$

$$=176.25$$

$$=176 \text{ (MPa)}$$

$$f_{ts} = \text{Min}(1.4 \times 176 - 1.6 \times 1, 176)$$

$$= \text{Min}(244, 176)$$

$$=176 \text{ MPa}$$

⑤許容せん断応力

許容せん断応力 f_{sb}

$$f_{sb} = F / (1.5 \times \sqrt{3}) \times 1.5$$

$$=235 / (1.5 \times \sqrt{3}) \times 1.5$$

$$=135.677313$$

$$=135 \text{ MPa}$$

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

<強度評価>

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。

$$A1 = \left(\frac{B1}{2}\right)^2 \cdot \pi$$

$$= (168/2)^2 \times \pi$$

$$= 22167.07$$

$$=22170 \text{ (mm}^2\text{)}$$

$$\begin{aligned} Pt &= (1030 \times 9.80665 \times 22 \times 22170 + 0.5 \times 1.2 \times 1030 \times 22170 \times 2^2) / 10^6 \\ &= 4981.392575 \\ &= \underline{4982 \text{ (N)}} \end{aligned}$$

②引張応力

取付ボルトに作用する引張力F_b

$$\begin{aligned} F_b &= \frac{m \cdot g \cdot C_H \cdot h - m \cdot g \cdot (1 - C_v) \cdot \ell_1 + Pt \cdot \ell_2}{nf \cdot (\ell_1 + \ell_2)} \\ &= (17.2 \times 9.80665 \times 0.23 \times 183 - 17.2 \times 9.80665 \times (1 - 0.65) \times 110.9 + 4982 \times 110.9) \\ &\quad / (2 \times (110.9 + 110.9)) \\ &= 1246.745285 \\ &= \underline{1247 \text{ (N)}} \end{aligned}$$

取付ボルトに作用する引張応力σ_b

$$\begin{aligned} \sigma_b &= \frac{F_b}{A_b} \\ &= 1247 / 201.1 \\ &= 6.200895 \\ &= \underline{7 \text{ (MPa)}} \end{aligned}$$

③せん断応力

取付ボルトに作用するせん断力Q_b

$$\begin{aligned} Q_b &= m \cdot C_H \cdot g \\ &= 17.2 \times 0.23 \times 9.80665 \\ &= 38.795107 \\ &= \underline{38.80 \text{ (N)}} \end{aligned}$$

取付ボルトに作用するせん断応力τ_b

$$\begin{aligned} \tau_b &= \frac{Q_b}{n \cdot A_b} \\ &= 38.80 / (8 \times 201.1) \\ &= 0.024117 \\ &= \underline{1 \text{ (MPa)}} \end{aligned}$$

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℃における S_y=235

40℃における S_u=400

$$\begin{aligned}
 F &= \text{Min}(S_y, 0.7S_u) \\
 &= \text{Min}(235, 0.7 \times 400) \\
 &= \text{Min}(235, 280) \\
 &= \underline{235 \text{ MPa}}
 \end{aligned}$$

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

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

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。

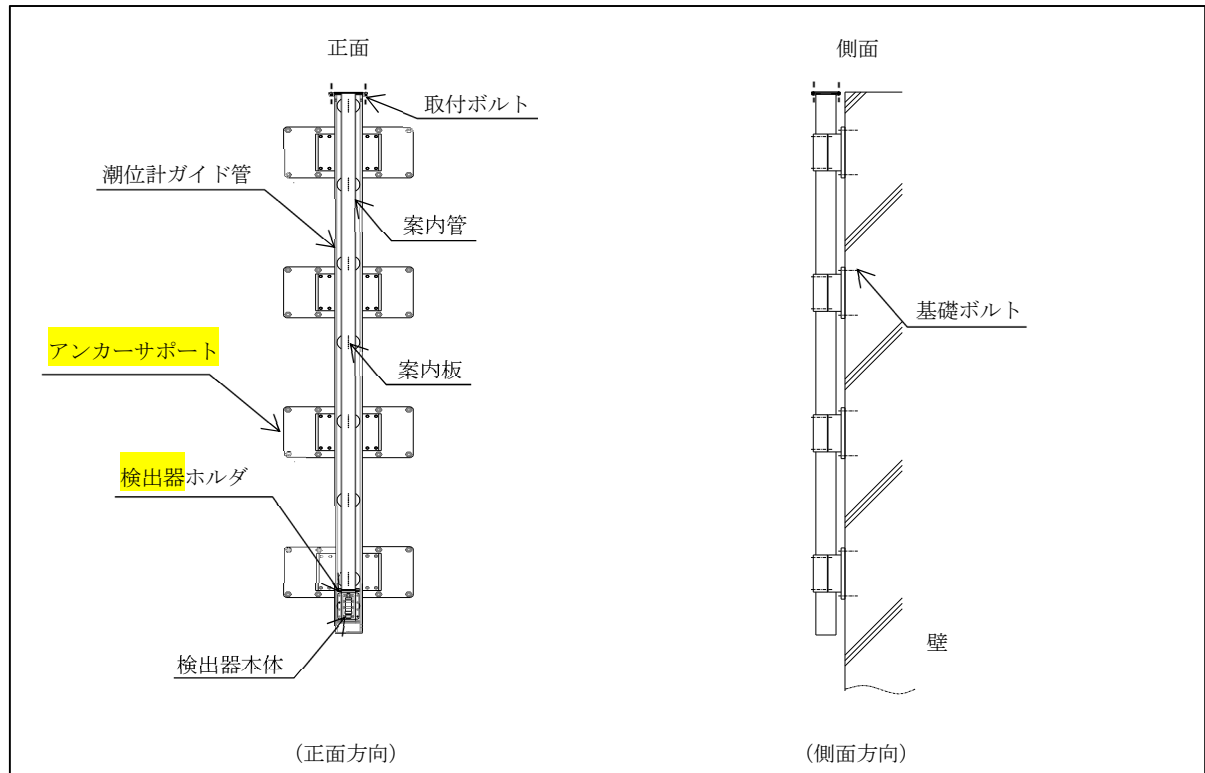


図6.10.2-3 潮位計（検出器）の概略構造図

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。

Sd 水平方向震度 (CH) : 0.41

鉛直方向震度 (CV) : 0.68

Ss 水平方向震度 (CH) : 0.43

鉛直方向震度 (CV) : 0.91

<露囲気温度>

40°C (屋外)

c. 固有周期の算出

(参考) 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 及び図 6. 10. 2-5 に示す。

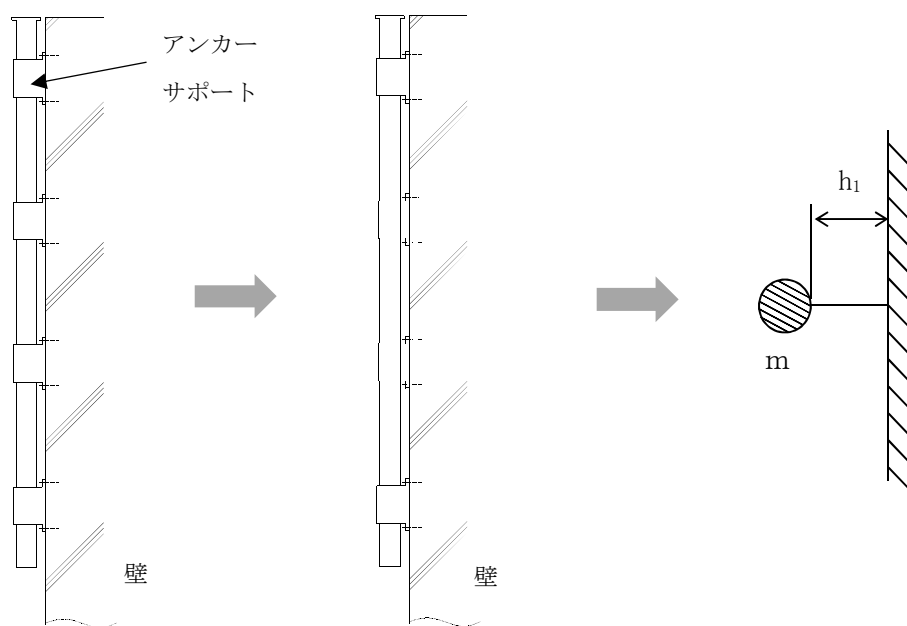


図 6. 10. 2-4 計算モデル（鉛直方向）

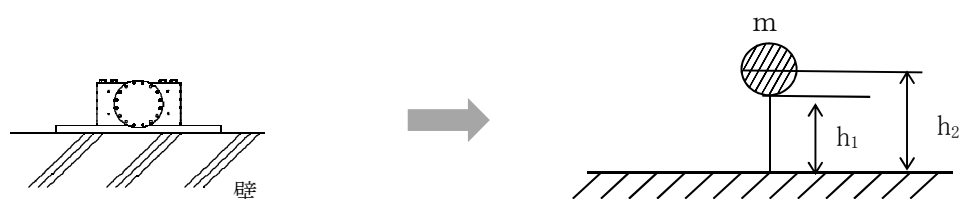


図 6. 10. 2-5 計算モデル（水平方向（左右））

①鉛直方向

鉛直方向の固有周期 T1 は次式で求める。

$$T1 = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{m}{10^3 \cdot K1}}$$

鉛直方向のばね定数 K1 は次式で求める。

$$K1 = \frac{1}{\frac{h_1^3}{12 \cdot E \cdot Iy} + \frac{h_1}{G \cdot As}}$$

ここで

E : 縦弾性係数

Iy : 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

As : 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 = 85.75 (mm)

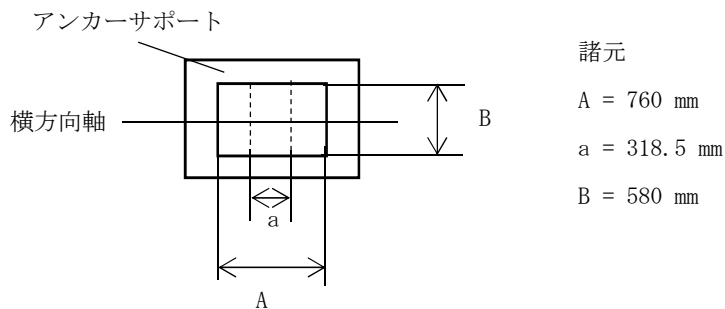
m : 質量 = 7500 (kg)

縦弾性係数 E を J SME NC 1 付録図表 Part6 表 1 より、比例法を用いて求める。

20°Cにおける E : 195000 MPa, 50°Cにおける E : 193000 MPa

40°Cにおける E = 195000 + (195000 - 193000) / (20 - 50) × (40 - 20)
= 194000 (MPa)

Iy 及び As を算出するためのモデル図及び諸元を以下に示す。



$$\begin{aligned} Iy &= ((A-a) \times B^3) / 12 \\ &= ((760-318.5) \times 580^3) / 12 \\ &= 7178495667 \\ &= 7178500000 \text{ (mm}^4\text{)} \end{aligned}$$

最小有効せん断面積

$$\begin{aligned} As &= B \times (A-a) \\ &= 580 \times (760-318.5) \end{aligned}$$

$$=256070 \text{ (mm}^2\text{)}$$

$$\text{せん断弾性係数 } G=E/(2 \cdot (1+\nu))$$

ここで

ν : ポアソン比

$$G=194000/(2 \times (1+0.3))$$

$$=74615.38462$$

$$=74600 \text{ (MPa)}$$

上記より

$$K1 = 1/((85.75^3/((12 \times 194000 \times 7178500000)+(85.75/(74600 \times 256070))))$$

$$= 220987303.9$$

$$= 220990000 \text{ (N/mm)}$$

$$T1 = 2 \times \pi \times \sqrt{(7500/(1000 \times 220990000))}$$

$$= 0.001157515$$

$$= \underline{0.001 \text{ (s)}}$$

②水平方向 (左右)

水平方向 (左右) の固有周期 T2 は次式で求める。

$$T2=2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{R_1+Ws}{10^3 \cdot K2}}$$

水平方向 (左右) のばね定数 K2 は次式で求める。

$$K2= \frac{1}{\frac{h_1^2 \cdot (3 \cdot h_2-h_1)}{6 \cdot E \cdot I_x} + \frac{(h_2-h_1) \cdot h_1 \cdot (h_2-h_1/2)}{E \cdot I_x} + \frac{h_1}{G \cdot A_s}}$$

ここで

E : 縦弾性係数 = 194000 (MPa)

I_x : アンカーサポートの長手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 = 256070 (mm²)

G : せん断弾性係数 = 74600 (MPa)

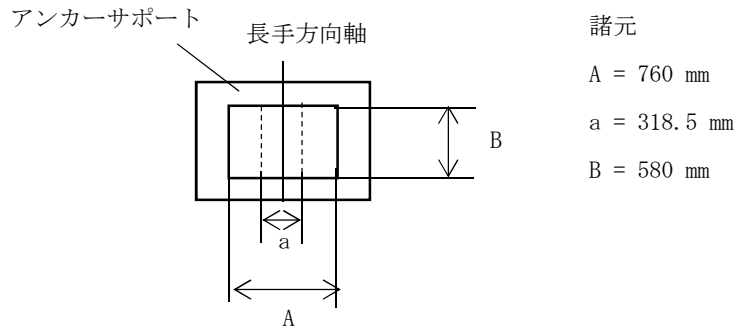
h₁ : 取付面からガイド管間距離 = 85.75 (mm)

h₂ : 取付面からガイド管中心間距離 = 245 (mm)

R₁ : サポート 1 本あたりに受ける質量 = 3750 (kg)

W_s : サポート 1 本あたりの質量 = 1360 (kg)

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。



$$\begin{aligned}
 I_x &= (B \times (A^3 - a^3)) / 12 \\
 &= (580 \times (760^3 - 318.5^3)) / 12 \\
 &= 19655554430 \\
 &= 19656000000 \text{ (mm}^4\text{)}
 \end{aligned}$$

上記より

$$\begin{aligned}
 K2 &= 1 / ((85.75^2 \times (3 \times 245 - 85.75)) / (6 \times 194000 \times 19656000000)) \\
 &\quad + ((245 - 85.75) \times 85.75 \times (245 - 85.75 / 2)) / (194000 \times 19656000000) \\
 &\quad + (85.75 / (74600 \times 256070)) \\
 &= 184511669.1 \\
 &= 184510000 \text{ (N/mm)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 T2 &= 2 \times \pi \times \sqrt{((3750 + 1360) / (1000 \times 184510000))} \\
 &= 0.00104563 \\
 &= \underline{0.001 \text{ (s)}}
 \end{aligned}$$

③水平方向（前後）

水平方向（前後）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。

以上より、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 0.001 s であり、潮位計ガイド管全体が剛構造であることが評価できた。

このため、潮位計（検出器）の固有周期は、検出器及び検出器ホルダについて振動試験装置による共振探索試験を行い求める。

d. 応力計算

<耐震評価>

①引張応力

正面方向転倒 F_{b1}

$$\begin{aligned} F_{b1} &= m \cdot g \cdot \left(\frac{C_H \cdot h}{nf_H \cdot \ell_3} + \frac{(1+CV) \cdot h}{nf_V \cdot \ell_b} \right) \\ &= 7500 \times 9.80665 \times \left((0.43 \times 445) / (8 \times 1400) + ((1+0.91) \times 445) / (4 \times 7294) \right) \\ &= 3399.228249 \\ &= \underline{3399 \text{ (N)}} \end{aligned}$$

側面方向転倒 F_{b2}

$$\begin{aligned} F_{b2} &= m \cdot g \cdot \left(\frac{C_H \cdot \ell_3 + (1+CV) \cdot h}{nf_V \cdot \ell_b} \right) \\ &= 7500 \times 9.80665 \times \left((0.43 \times 7234 + (1+0.91) \times 445) / (4 \times 7294) \right) \\ &= 9984.214026 \\ &= \underline{9984 \text{ (N)}} \end{aligned}$$

基礎ボルトに作用する引張力 F_b

$$\begin{aligned} F_b &= \text{Max}(F_{b1}, F_{b2}) \\ &= \text{Max}(3399, 9984) \\ &= \underline{9984 \text{ (N)}} \end{aligned}$$

基礎ボルトに作用する引張応力 σ_b

$$\begin{aligned} \sigma_b &= \frac{F_b}{A_b} \\ &= 9984 / 1385 \\ &= 7.208664 \\ &= \underline{8 \text{ (MPa)}} \end{aligned}$$

②せん断応力

水平方向地震力によるせん断力 Q_{b1}

$$\begin{aligned} Q_{b1} &= m \cdot g \cdot C_H \\ &= 7500 \times 9.80665 \times 0.43 \\ &= 31626.44625 \\ &= \underline{31630 \text{ (N)}} \end{aligned}$$

鉛直方向地震力によるせん断力 Q_{b2}

$$\begin{aligned} Q_{b2} &= m \cdot g \cdot (1 + C_V) \\ &= 7500 \times 9.80665 \times (1 + 0.91) \\ &= 140480.2613 \\ &= \underline{140500 \text{ (N)}} \end{aligned}$$

取付ボルトに作用するせん断力 Q_b

$$\begin{aligned} Q_b &= \sqrt{(Q_{b1})^2 + (Q_{b2})^2} \\ &= \sqrt{31630^2 + 140500^2} \\ &= 144016.3425 \\ &= \underline{144000 \text{ (N)}} \end{aligned}$$

取付ボルトに作用するせん断応力 τ_b

$$\begin{aligned} \tau_b &= \frac{Q_b}{n \cdot A_b} \\ &= 144000 / (32 \times 1385) \\ &= 3.249097 \\ &= \underline{4 \text{ (MPa)}} \end{aligned}$$

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℃における $S_y=175$

40℃における $S_u=480$

$$\begin{aligned} F &= \text{Min}(S_y, 0.7S_u) \\ &= \text{Min}(175, 0.7 \times 480) \\ &= \text{Min}(175, 336) \\ &= \underline{175 \text{ MPa}} \end{aligned}$$

④許容引張応力

許容引張応力 f_{ts}

$$f_{ts} = \text{Min}(1.4 \times f_{to} - 1.6 \times \tau_b, f_{to})$$

$$\begin{aligned} f_{to} &= F/2 \times 1.5 \times 0.8 \\ &= 175/2 \times 1.5 \times 0.8 \\ &= 105 \text{ (MPa)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_{ts} &= \text{Min}(1.4 \times 105 - 1.6 \times 4, 105) \\ &= \text{Min}(140, 105) \\ &= \underline{105 \text{ MPa}} \end{aligned}$$

⑤許容せん断応力

許容せん断応力 f_{sb}

$$\begin{aligned} f_{sb} &= F / (1.5 \times \sqrt{3}) \times 1.5 \times 0.8 \\ &= 175 / (1.5 \times \sqrt{3}) \times 1.5 \times 0.8 \\ &= 80.82904 \\ &= \underline{80 \text{ MPa}} \end{aligned}$$

⑥耐震評価結果

潮位計検出器の耐震評価結果を表 6. 10. 2-3 に示す。

表 6. 10. 2-3 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	8	105	OK
	せん断	4	80	OK

<強度評価>

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。

$$aI = \frac{1}{2} \cdot Th$$

$$= 0.5 \times 20$$

$$= \underline{10 \text{ (m)}}$$

$$P_t = 3.0 \times 1030 \times 9.80665 \times 10 \times 1.5$$

$$= 454.5 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

$$= \underline{0.4545 \text{ (N/mm}^2\text{)}}$$

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。

$$P_t' = P_t$$

$$= \underline{0.4545 \text{ (N/mm}^2\text{)}}$$

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。

$$A1 = h \cdot \ell_d$$

$$= 445 \times 8500$$

$$= 3782500$$

$$= \underline{3783000 \text{ (mm}^2\text{)}}$$

$$A2 = h \cdot \ell_c$$

$$= 445 \times 1500$$

$$= \underline{667500 \text{ (mm}^2\text{)}}$$

③引張応力

正面方向転倒 F_{b1}

$$\begin{aligned}
 F_{b1} &= m \cdot g \cdot \left(\frac{CH \cdot h}{nfH \cdot \ell a} + \frac{(1 + CV) \cdot h}{nfV \cdot \ell b} \right) + \sqrt{\left(\frac{Pt \cdot A1 \cdot h}{nfH \cdot \ell a} \right)^2 + \left(\frac{Pt' \cdot A2 \cdot h}{nfV \cdot \ell b} \right)^2} \\
 &= 7500 \times 9.80665 \times \left((0.41 \times 445) / (8 \times 1400) + ((1 + 0.68) \times 445) / (4 \times 7294) \right) \\
 &\quad + \sqrt{\left((0.4545 \times 3783000 \times 445) / (8 \times 1400) \right)^2 + \left((0.4545 \times 667500 \times 445) / (4 \times 7294) \right)^2} \\
 &= 71553.69 \\
 &= \underline{71550 \text{ (N)}}
 \end{aligned}$$

側面方向転倒 F_{b2}

$$\begin{aligned}
 F_{b2} &= m \cdot g \cdot \left(\frac{CH \cdot \ell 3 + (1 + CV) \cdot h}{nfV \cdot \ell b} \right) + \sqrt{\left(\frac{Pt \cdot A1 \cdot h}{nfH \cdot \ell a} \right)^2 + \left(\frac{Pt' \cdot A2 \cdot h}{nfV \cdot \ell b} \right)^2} \\
 &= 7500 \times 9.80665 \times \left((0.41 \times 7234 + (1 + 0.68) \times 445) / (4 \times 7294) \right) \\
 &\quad + \sqrt{\left((0.4545 \times 3783000 \times 445) / (8 \times 1400) \right)^2 + \left((0.4545 \times 667500 \times 445) / (4 \times 7294) \right)^2} \\
 &= 77832.4 \\
 &= \underline{77830 \text{ (N)}}
 \end{aligned}$$

基礎ボルトに作用する引張力 F_b

$$\begin{aligned}
 F_b &= \text{Max}(F_{b1}, F_{b2}) \\
 &= \text{Max}(71550, 77830) \\
 &= \underline{77830 \text{ (N)}}
 \end{aligned}$$

基礎ボルトに作用する引張応力 σ_b

$$\begin{aligned}
 \sigma_b &= \frac{F_b}{A_b} \\
 &= 77830 / 1385 \\
 &= 56.194946 \\
 &= \underline{57 \text{ (MPa)}}
 \end{aligned}$$

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}

$$\begin{aligned} Q_{b1} &= m \cdot g \cdot C_H + P_t \cdot A1 \\ &= 7500 \times 9.80665 \times 0.41 + 0.4545 \times 3783000 \\ &= 1749528.949 \\ &= \underline{1750000 \text{ (N)}} \end{aligned}$$

鉛直方向地震力及び遡上津波荷重によるせん断力 Q_{b2}

$$\begin{aligned} Q_{b2} &= m \cdot g \cdot (1 + C_V) + P_t \cdot A2 \\ &= 7500 \times 9.80665 \times (1 + 0.68) + 0.4545 \times 667500 \\ &= 426942.54 \\ &= \underline{426900 \text{ (N)}} \end{aligned}$$

基礎ボルトに対するせん断力 Q_b

$$\begin{aligned} Q_b &= \sqrt{(Q_{b1})^2 + (Q_{b2})^2} \\ &= \sqrt{(1750000)^2 + (426900)^2} \\ &= 1801317.19 \\ &= \underline{1801000 \text{ (N)}} \end{aligned}$$

せん断応力

$$\begin{aligned} \tau_b &= \frac{Q_b}{n \cdot A_b} \\ &= 1801000 / (32 \times 1385) \\ &= 40.636282 \\ &= \underline{41 \text{ (MPa)}} \end{aligned}$$

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℃における $S_y=175$

40℃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}

$$f_{ts} = \text{Min}(1.4 \times f_{to} - 1.6 \times \tau_b, f_{to})$$

$$f_{to} = F/2 \times 1.5 \times 0.8$$

$$= 175/2 \times 1.5 \times 0.8$$

$$= 105 \text{ (MPa)}$$

$$f_{ts} = \text{Min}(1.4 \times 105 - 1.6 \times 41, 105)$$

$$= \text{Min}(81, 105)$$

$$= 81 \text{ MPa}$$

⑦許容せん断応力

許容せん断応力 f_{sb}

$$f_{sb} = F / (1.5 \times \sqrt{3}) \times 1.5 \times 0.8$$

$$= 175 / (1.5 \times \sqrt{3}) \times 1.5 \times 0.8$$

$$= 80.82904$$

$$= 80 \text{ MPa}$$

⑧強度評価結果

潮位計検出器の強度評価結果を表 6. 10. 2-4 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	57	81	OK
	せん断	41	80	OK

(2) 潮位計（潮位監視盤）

a. 一般事項

図6.10.2-6に潮位計（潮位監視盤）の概略構造図を示す。

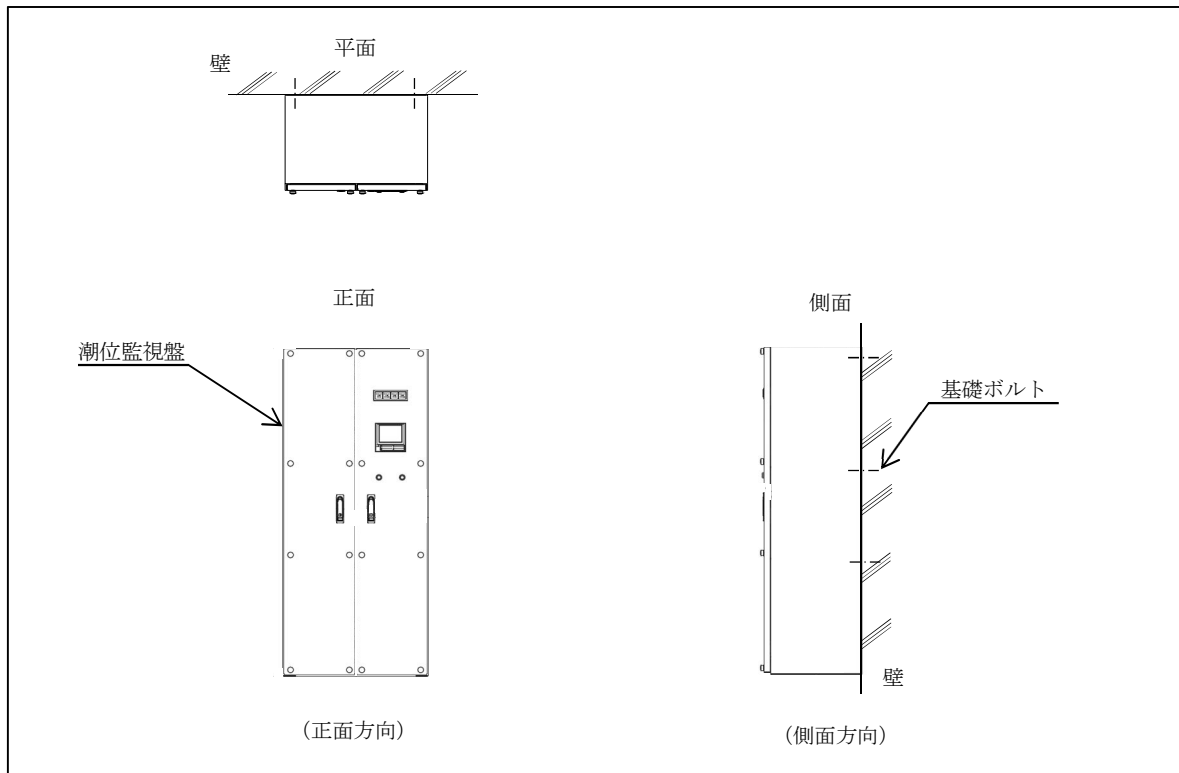


図6.10.2-6 潮位計（潮位監視盤）の概略構造図

b. 評価条件

<設計震度>

壁掛型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。

Ss 水平方向震度（CH）：1.55

鉛直方向震度（CV）：1.17

<雰囲気温度>

40℃（中央制御室）

c. 応力計算

<耐震評価>

①引張応力

正面方向転倒 F_{b1}

$$F_{b1} = \frac{m \cdot (1+Cv) \cdot h \cdot g}{n_{\mathcal{N}} \cdot \ell_2} + \frac{m \cdot C_H \cdot h \cdot g}{n_{\mathcal{H}} \cdot \ell_3}$$
$$= (310 \times (1+1.17) \times 237 \times 9.80665) / (2 \times 1050) + (310 \times 1.55 \times 237 \times 9.80665) / (3 \times 686)$$
$$= 1287.157607$$
$$= \underline{1287 \text{ (N)}}$$

側面方向の引張力 F_{b2}

$$F_{b2} = \frac{m \cdot (1+Cv) \cdot h \cdot g + m \cdot C_H \cdot \ell_1 \cdot g}{n_{\mathcal{N}} \cdot \ell_2}$$
$$= (310 \times (1+1.17) \times 237 \times 9.80665 + 310 \times 1.55 \times 225 \times 9.80665) / (2 \times 1050)$$
$$= 1249.378417$$
$$= \underline{1249 \text{ (N)}}$$

基礎ボルトに作用する引張力 F_b

$$F_b = \text{Max}(F_{b1}, F_{b2})$$
$$= \text{Max}(1287, 1249)$$
$$= \underline{1287 \text{ (N)}}$$

基礎ボルトに作用する引張応力 σ_b

$$\sigma_b = \frac{F_b}{A_b}$$
$$= 1287 / 201.1$$
$$= 6.399801$$
$$= \underline{7 \text{ (MPa)}}$$

②せん断応力

水平方向地震力によるせん断力 Q_{b1}

$$Q_{b1} = m \cdot g \cdot C_H$$
$$= 310 \times 9.80665 \times 1.55$$
$$= 4712.095325$$
$$= \underline{4712 \text{ (N)}}$$

鉛直方向地震力によるせん断力 Q_{b2}

$$Q_{b2} = m \cdot g \cdot (1+Cv)$$
$$= 310 \times 9.80665 \times (1+1.17)$$

$$=6596.933455$$

$$=6597 \text{ (N)}$$

取付ボルトに作用するせん断力 Q_b

$$Q_b = \sqrt{(Q_{b1})^2 + (Q_{b2})^2}$$

$$= \sqrt{4712^2 + 6597^2}$$

$$=8106.994079$$

$$=8107 \text{ (N)}$$

取付ボルトに作用するせん断応力 τ_b

$$\tau_b = \frac{Q_b}{n \cdot A_b}$$

$$=8107 / (6 \times 201.1)$$

$$=6.718879$$

$$=7 \text{ (MPa)}$$

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

$$40^\circ\text{C} \text{における } S_y = 245$$

$$40^\circ\text{C} \text{における } S_u = 400$$

$$F = \text{Min}(S_y, 0.7S_u)$$

$$= \text{Min}(245, 0.7 \times 400)$$

$$= \text{Min}(245, 280)$$

$$=245 \text{ MPa}$$

④許容引張応力

許容引張応力 f_{ts}

$$f_{ts} = \text{Min}(1.4 \times f_{to} - 1.6 \times \tau_b, f_{to})$$

$$f_{to} = F / 2 \times 1.5 \times 0.8$$

$$= 245 / 2 \times 1.5 \times 0.8$$

$$= 147 \text{ (MPa)}$$

$$f_{ts} = \text{Min}(1.4 \times 147 - 1.6 \times 7, 147)$$

$$= \text{Min}(194, 147)$$

$$= 147 \text{ MPa}$$

⑤許容せん断応力

許容せん断応力 f_{sb}

$$f_{sb} = F / (1.5 \times \sqrt{3}) \times 1.5 \times 0.8$$

$$= 245 / (1.5 \times \sqrt{3}) \times 1.5 \times 0.8$$

=113.1607

=113 MPa

⑥耐震評価結果

潮位計（潮位監視盤）の耐震評価結果を表 6.10.2-5 に示す。

表 6.10.2-5 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	147	OK
	せん断	7	113	OK