

本資料のうち、枠囲みの内容は商業機密の観点や防護上の観点から公開できません。

女川原子力発電所第2号機 工事計画審査資料	
資料番号	02-補-E-19-0610-20_改 21
提出年月日	2021年10月20日

記載の適正化範囲については、修正箇所のみ抜粋

補足－610－20 屋外重要土木構造物の耐震安全性評価について

目 次

資料 1 屋外重要土木構造物の耐震安全性評価について

1. 対象設備
2. 屋外重要土木構造物等の要求機能と要求機能に対する耐震評価内容
3. 安全係数
4. 屋外重要土木構造物等の耐震評価における断面選定及び解析手法選定
 - 4.1 断面選定の方針
 - 4.2 各施設の構造上の特徴と断面選定の方針の整理
 - 4.3 解析手法選定の方針
 - 4.4 軽油タンク連絡ダクト
 - 4.5 排気筒連絡ダクト
 - 4.6 原子炉機器冷却海水配管ダクト
 - 4.7 取水路（漸拡部）
 - 4.8 軽油タンク室
 - 4.9 軽油タンク室（H）
 - 4.10 海水ポンプ室
 - 4.11 取水口，貯留堰
 - 4.12 取水路（標準部）
 - 4.13 復水貯蔵タンク基礎
 - 4.14 ガスタービン発電設備軽油タンク室
 - 4.15 第3号機海水ポンプ室
5. 地盤物性及び材料物性のばらつきの考慮方法
6. 許容限界
7. ジョイント要素のばね設定
8. 隣接構造物のモデル化方針
9. 地震応答解析における構造物の減衰定数
10. 屋外重要土木構造物等の耐震評価における追加解析ケースの選定
11. 等価剛性モデルの設定方針
12. 屋外重要土木構造物等の耐震評価における地下水位及び内水位の設定

資料 2 軽油タンク連絡ダクトの耐震安全性評価

資料 3 排気筒連絡ダクトの耐震安全性評価

資料 4 原子炉機器冷却海水配管ダクト（水平部）の耐震安全性評価

資料 5 原子炉機器冷却海水配管ダクト（鉛直部）の耐震安全性評価

資料 6 取水路（漸拡部）の耐震安全性評価

資料 7 軽油タンク室の耐震安全性評価

資料 8 軽油タンク室（H）の耐震安全性評価

資料 9 海水ポンプ室の耐震安全性評価

資料 10 取水口，貯留堰の耐震安全性評価

資料 11 取水路（標準部）の耐震安全性評価

資料 12 復水貯蔵タンク基礎の耐震安全性評価

資料 13 ガスタービン発電設備軽油タンク室の耐震安全性評価

資料 14 第 3 号機海水ポンプ室の耐震安全性評価

 : 本日の説明範囲

 : 記載適正化範囲

本補足説明資料は、耐震性に関する説明書のうち屋外重要土木構造物の耐震安全性評価についての内容を補足するものである本補足説明資料と添付書類との関連を以下に示す。

補足説明資料と添付書類との関連

<p>工事計画に係る補足説明資料 耐震性に関する説明書のうち 補足－６１０－２０ 【屋外重要土木構造物の耐震安全性評価について】</p>	<p>該当添付書類</p>
<p>1. 対象設備</p>	<p>共通事項</p>
<p>2. 屋外重要土木構造物等の要求機能と要求機能に対する耐震評価内容</p>	
<p>2.1 支持機能</p>	<p>共通事項</p>
<p>2.2 通水機能</p>	<p>共通事項</p>
<p>2.3 貯水機能</p>	<p>共通事項</p>
<p>2.4 止水機能</p>	<p>共通事項</p>
<p>2.5 屋外重要土木構造物等の耐震安全性に関する整理</p>	<p>共通事項</p>
<p>3. 安全係数</p>	<p>共通事項</p>
<p>4. 屋外重要土木構造物等の耐震評価における断面選定及び解析手法選定</p>	
<p>4.1 断面選定の方針</p>	<p>共通事項</p>
<p>4.2 各施設の構造上の特徴と断面選定の方針の整理</p>	<p>共通事項</p>
<p>4.3 解析手法選定の方針</p>	<p>共通事項</p>
<p>4.4 軽油タンク連絡ダクト</p>	<p>VI-2-2-19 軽油タンク連絡ダクトの地震応答計算書</p>
<p>4.5 排気筒連絡ダクト</p>	<p>VI-2-2-27 排気筒連絡ダクトの地震応答計算書</p>
<p>4.6 原子炉機器冷却海水配管ダクト</p>	<p>VI-2-2-11 原子炉機器冷却海水配管ダクト(水平部)の地震応答計算書 VI-2-2-12-2 原子炉機器冷却海水配管ダクト(鉛直部)の耐震性についての計算書</p>
<p>4.7 取水路(漸拡部)</p>	<p>VI-2-10-4-4-1 取水路(漸拡部)の耐震性についての計算書</p>

4.8	軽油タンク室	VI-2-2-13 軽油タンク室の地震応答計算書
4.9	軽油タンク室 (H)	VI-2-2-15 軽油タンク室 (H) の地震応答計算書
4.10	海水ポンプ室	VI-2-2-7 海水ポンプ室の地震応答計算書
4.11	取水口, 貯留堰	VI-2-10-4-3 取水口の耐震性についての計算書
4.12	取水路 (標準部)	VI-2-10-4-4-2 取水路 (標準部) の耐震性についての計算書
4.13	復水貯蔵タンク基礎	VI-2-2-5 復水貯蔵タンク基礎の地震応答計算書
4.14	ガスタービン発電設備軽油タンク室	VI-2-2-17 ガスタービン発電設備軽油タンク室の地震応答計算書
4.15	第3号機海水ポンプ室	VI-2-2-9 第3号機海水ポンプ室の地震応答計算書
5. 地盤物性及び材料物性のばらつきの考慮方法		
5.1	耐震安全性評価における解析ケース	共通事項
5.2	屋外重要土木構造物等の耐震安全性評価における解析ケースの組合せ	共通事項
5.3	機器・配管系の耐震安全性評価に適用する解析ケース	共通事項
6. 許容限界		
6.1	許容応力度法による耐震安全性評価	共通事項
6.2	限界状態設計法による照査	共通事項
6.3	土木学会マニュアル2005の適用性	共通事項
7.	ジョイント要素のばね設定	共通事項
8.	隣接構造物のモデル化方針	共通事項
9. 地震応答解析における構造物の減衰定数		
9.1	時刻歴応答解析 (全応力解析) で設定する Rayleigh 減衰	共通事項
9.2	時刻歴応答解析 (有効応力解析) で設定する Rayleigh 減衰	共通事項
10. 屋外重要土木構造物等の耐震評価における追加解析ケースの選定		
10.1	評価方針	共通事項
11.	等価剛性モデルの設定方針	共通事項

11.1	等価剛性モデルを設定する構造物	共通事項
11.2	等価剛性モデルの設定手順	共通事項
12.	屋外重要土木構造物等の耐震評価における地下水位及び内水位 の設定	共通事項
12.1	地下水位の設定	共通事項
12.2	内水位の設定	共通事項

資料1 屋外重要土木構造物の耐震安全性評価について


目 次

1. 対象設備	資料 1-1
2. 屋外重要土木構造物等の要求機能と要求機能に対する耐震評価内容	資料 1-2
2.1 支持機能	資料 1-2
2.2 通水機能	資料 1-3
2.3 貯水機能	資料 1-3
2.4 止水機能	資料 1-4
2.5 屋外重要土木構造物等の耐震安全性に関する整理	資料 1-5
3. 安全係数	資料 1-8
4. 屋外重要土木構造物等の耐震評価における断面選定及び解析手法選定	資料 1-13
4.1 断面選定の方針	資料 1-13
4.2 各施設の構造上の特徴と断面選定の方針の整理	資料 1-16
4.3 解析手法選定の方針	資料 1-18
4.4 軽油タンク連絡ダクト	資料 1-22
4.5 排気筒連絡ダクト	資料 1-30
4.6 原子炉機器冷却海水配管ダクト	資料 1-46
4.7 取水路（漸拡部）	資料 1-57
4.8 軽油タンク室	資料 1-71
4.9 軽油タンク室（H）	資料 1-79
4.10 海水ポンプ室	資料 1-86
4.11 取水口，貯留堰	資料 1-98
4.12 取水路（標準部）	資料 1-108
4.13 復水貯蔵タンク基礎	資料 1-126
4.14 ガスタービン発電設備軽油タンク室	資料 1-133
4.15 第3号機海水ポンプ室	資料 1-140
5. 地盤物性及び材料物性のばらつきの考慮方法	資料 1-150
5.1 耐震安全性評価における解析ケース	資料 1-150
5.2 屋外重要土木構造物等の耐震安全性評価における解析ケースの組合せ	資料 1-157
5.3 機器・配管系の耐震安全性評価に適用する解析ケース	資料 1-162
6. 許容限界	資料 1-166
6.1 許容応力度法による耐震安全性評価	資料 1-166
6.2 限界状態設計法による照査	資料 1-168
6.3 土木学会マニュアル 2005 の適用性	資料 1-178
7. ジョイント要素のばね設定	資料 1-186
7.1 せん断強度の設定	資料 1-189
7.2 ばね定数の設定	資料 1-192
8. 隣接構造物のモデル化方針	資料 1-194
9. 地震応答解析における構造物の減衰定数	資料 1-196

9.1	時刻歴応答解析（全応力解析）で設定する Rayleigh 減衰	資料 1-196
9.2	時刻歴応答解析（有効応力解析）で設定する Rayleigh 減衰	資料 1-202
10.	屋外重要土木構造物等の耐震評価における追加解析ケースの選定	資料 1-203
10.1	評価方針	資料 1-203
11.	等価剛性モデルの設定方針	資料 1-208
11.1	等価剛性モデルを設定する構造物	資料 1-208
11.2	等価剛性モデルの設定手順	資料 1-209
12.	屋外重要土木構造物等の耐震評価における地下水位及び内水位の設定	資料 1-220
12.1	地下水位の設定	資料 1-220
12.2	内水位の設定	資料 1-220

屋外重要土木構造物の耐震安全性評価についての参考資料

- 参考資料 1 0. P. 14. 8m盤に分布する盛土・旧表土の液状化特性
- 参考資料 2 地中構造物の耐震性に支配的な要因の検討
- 参考資料 3 地震応答解析による断面選定の確認
- 参考資料 4 断層交差部の影響評価
- 参考資料 5 新設する構造物のコンクリートの圧縮強度の設定
- 参考資料 6 後施工せん断補強工法の適用性
- 参考資料 7 地中構造物への鉛直地震動の位相が与える影響
- 参考資料 8 等価剛性モデルにおける鉛直方向床応答への影響
- 参考資料 9 解析手法の選定 (④全応力解析) の補足確認結果
- 参考資料 10 追加解析ケースの選定方法の詳細について
- 参考資料 11 女川原子力発電所における地盤の振動特性について
- 参考資料 12 ジョイント要素のばね定数の妥当性確認結果について
- 参考資料 13 三次元構造解析による耐震評価の照査時刻の妥当性確認方針
- 参考資料 14 浮上り評価について
- 参考資料 15 屋外重要土木構造物等におけるコンクリート初期剛性低下の機器・配管系への影響

 : 記載適正化範囲


参考資料 6 後施工せん断補強工法の適用性


目次

1. 概要	1
2. CCb 工法について	18
2.1 CCb 工法を適用した部位	18
2.2 CCb 工法の概要	18
3. 建設技術審査証明報告書の概要	20
3.1 CCb 工法の建設技術審査証明報告書の位置付け	20
3.2 建設技術審査証明報告書における CCb 工法の適用範囲	21
3.3 建設技術審査証明報告書における CCb 工法の設計方法	22
3.3.1 後施工によるせん断耐力の評価方法	22
3.3.2 使用材料・強度	44
3.3.3 構造部材の評価	50
3.3.4 構造細目	52
3.4 建設技術審査証明報告書における施工性の確認	53
3.4.1 施工の確実性	53
3.4.2 施工の容易性	53
3.4.3 施工手順の設定	53
4. 女川 2 号機における CCb 工法の適用性の確認	67
4.1 適用性確認フロー	67
4.2 耐震評価に基づく補強仕様の設定	69
4.3 ①適用性確認項目の抽出	70
4.4 ②建設技術審査証明報告書の適用範囲の確認	72
4.5 ③建設技術審査証明報告書の適用範囲外の項目に対するせん断補強効果の確認	85
4.5.1 せん断補強効果の確認内容	85
4.5.2 せん断補強効果の確認	85
4.6 ④CCb の施工精度に影響を与える項目の確認	88
4.6.1 削孔方法	88
4.6.2 削孔角度	89
4.6.3 削孔位置	91
4.6.4 グラウトの充てん性	92
4.7 ⑤施工実績・研究事例等の確認	102
4.7.1 施工実績の整理	102
4.7.2 過去の地震の経験事例	105
4.7.3 レベル 2 地震動を対象とした設計事例	106
4.7.4 後施工せん断補強工法の比較	106

4.7.5	後施工せん断補強筋に関する研究事例.....	109
4.8	女川2号機におけるCCb工法の保守性と設計上の制限の整理.....	119
4.8.1	CCb工法の保守性.....	119
4.8.2	女川2号機においてCCbにより耐震補強を行うにあたっての保守性.....	119
4.8.3	女川2号機においてCCbにより耐震補強を行うにあたっての設計上の制限.....	119
4.8.4	有効係数 β_{aw} の保守性.....	120
4.8.5	CCb工法によるせん断補強の設計検討フロー.....	122
4.9	CCbの適用性確認結果.....	123
5.	女川2号機におけるCCb工法の適用性確認のまとめ.....	124

添付資料1	建設技術審査証明書
添付資料2	女川2号機における部材諸元他の適用性の検討
添付資料3	女川2号機におけるひび割れに対する定着機能保持の検討
添付資料4	女川2号機におけるコンクリートの健全性の検討
添付資料5	ディープビーム的な破壊に対するCCb工法の適用性の検討
添付資料6	面内荷重と面外荷重が作用する部材へのCCb工法の適用性の検討
添付資料7	詳細設計を踏まえCCb補強を行う構造物に対するCCb工法の適用性の 検討
添付資料8	屋外重要土木構造物等のCCb工法適用条件の確認結果

 : 設置変更許可審査時から内容を補足した箇所

 : 記載適正化範囲

屋外重要土木構造物等の CCb 工法適用条件の確認結果

1. はじめに

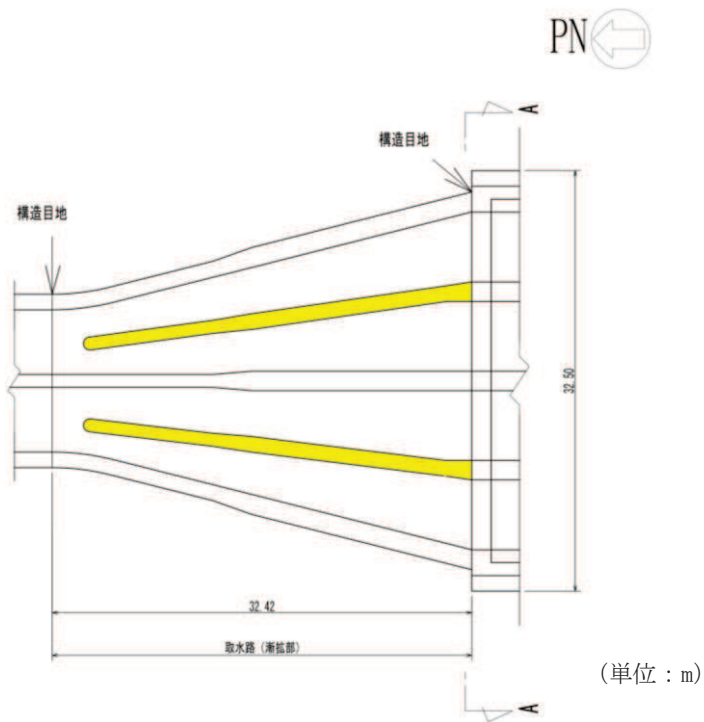
CCb 工法の適用にあたっては、確実に機能が発揮されるよう以下の 3 つの条件を満足することとしている。

- ・ 棒部材式によるせん断耐力による照査で、照査値がおおむね 0.8 程度であること
- ・ 部材はおおむね弾性範囲であること
- ・ 面内変形する可能性のある部材は面内せん断ひずみが 750μ 未満であること

本資料は、基準地震動 S_s に対する照査結果をまとめ、CCb 工法による耐震補強対象の構造物が上記 3 つの条件を満足していることを確認するものである。

2. CCb 工法による耐震補強対象の構造物とその部位

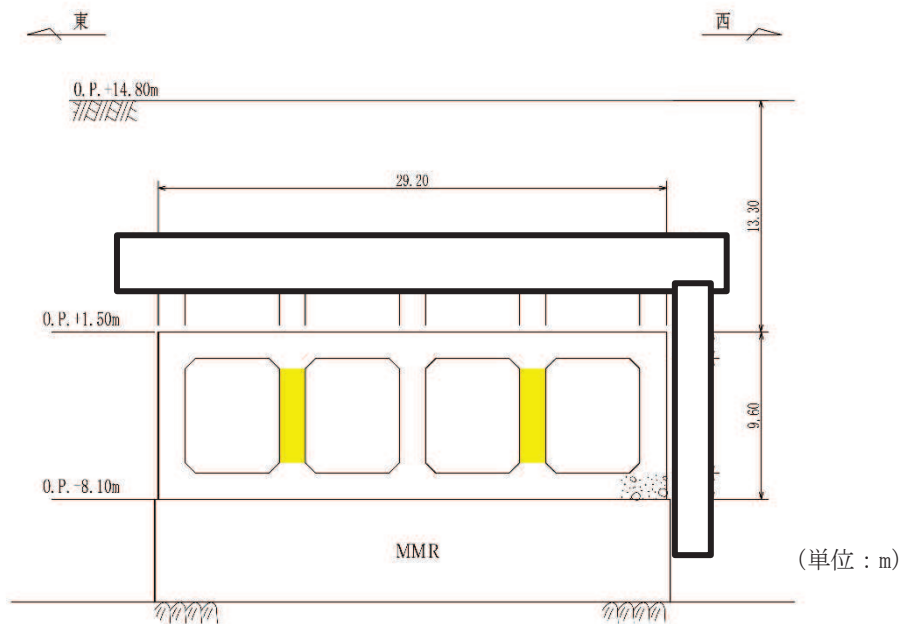
以下に、「参考資料 6 後施工せん断補強工法の適用性」の「1. 概要」に示している CCb 工法による耐震補強対象の構造物とその部位を、図 2-1～図 2-9 に再掲する。



(単位：m)

■ Ccbによる耐震補強箇所

(平面図)



(単位：m)

■ : Ccbによる耐震補強箇所

(A-A 断面)

図 2-1 Ccbによる耐震補強対象の構造物 (取水路 (漸拡部))

枠囲みの内容は防護上の観点から公開できません。

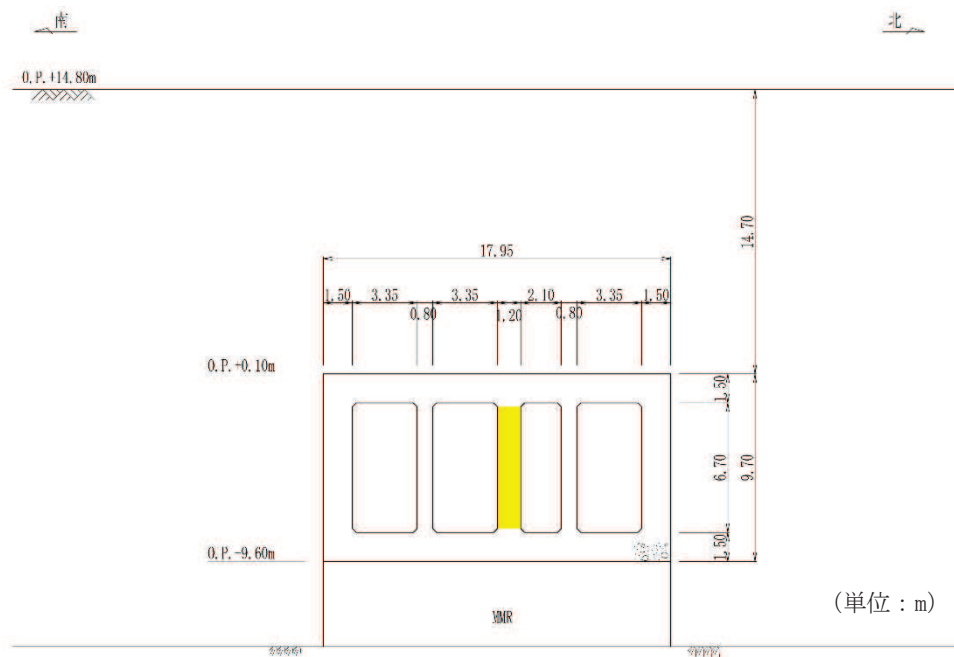
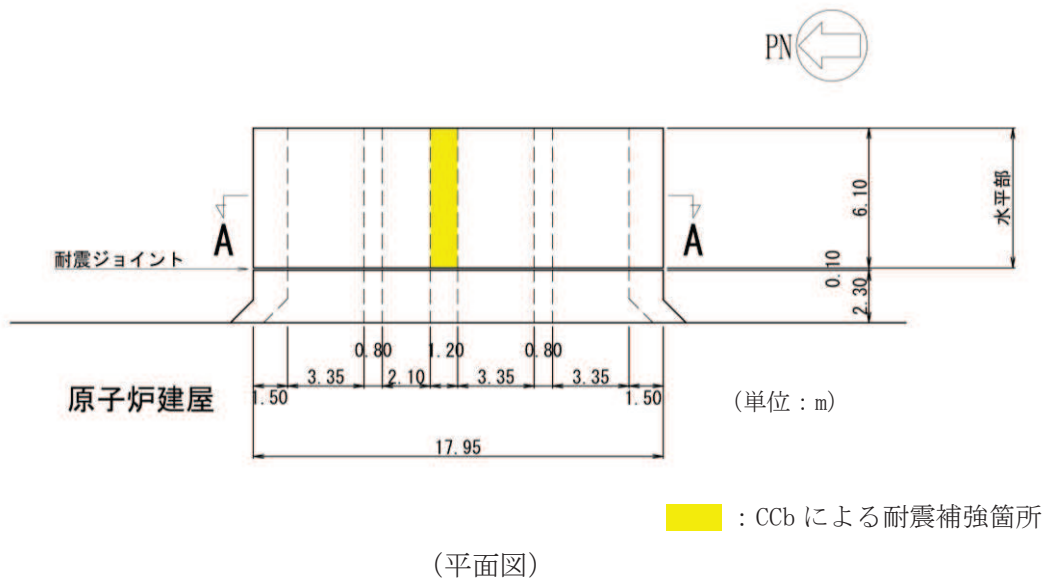
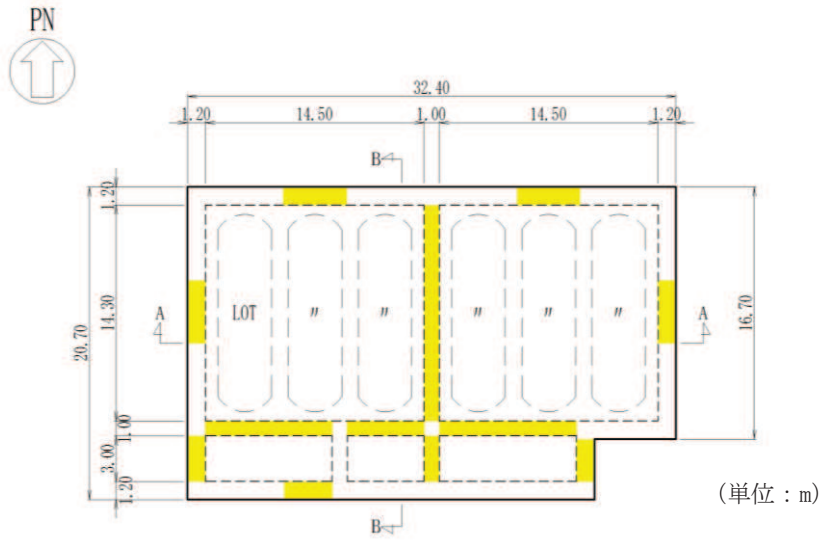
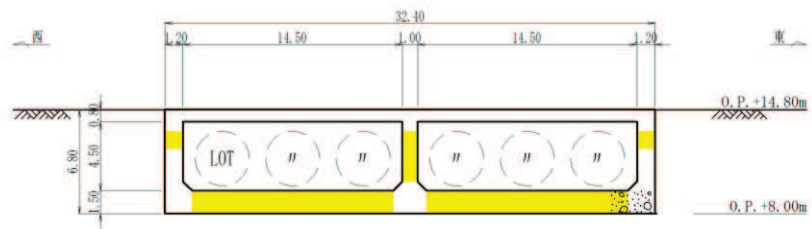


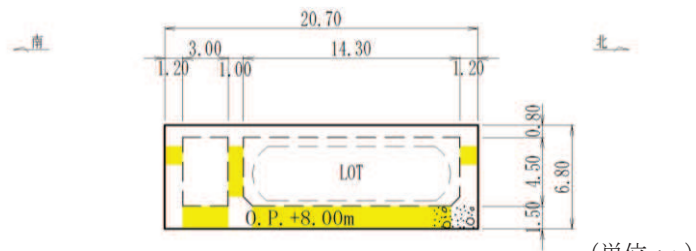
図 2-2 Ccb による耐震補強対象の構造物
(原子炉機器冷却海水配管ダクト (水平部))



(平面図)



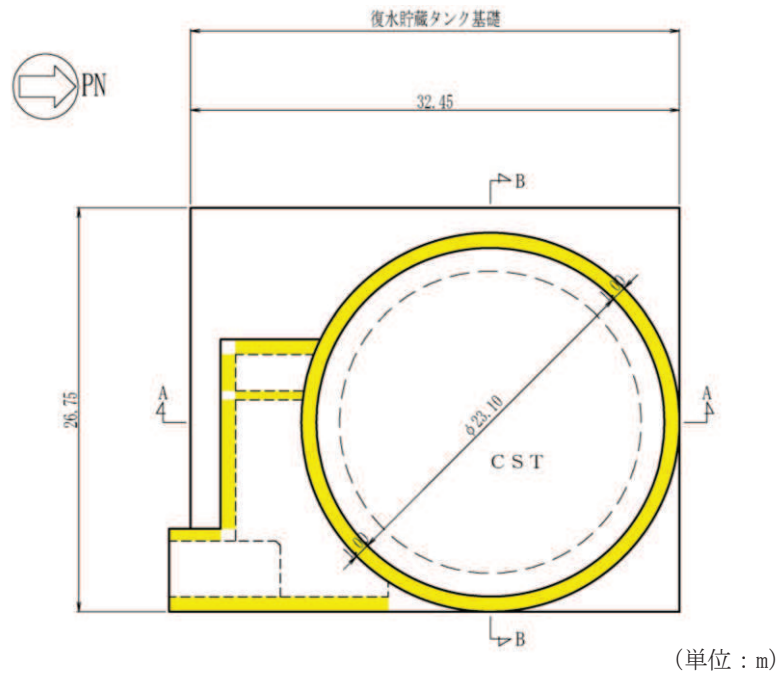
(A-A 断面)



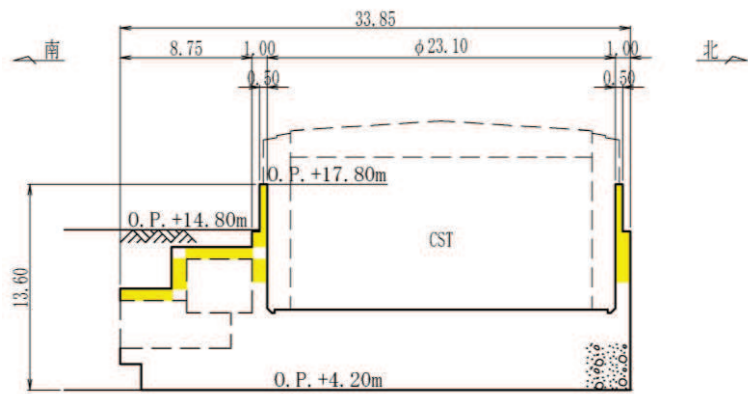
(B-B 断面)

■ : Ccb による耐震補強箇所

図 2-3 Ccb による耐震補強対象の構造物
(軽油タンク室)

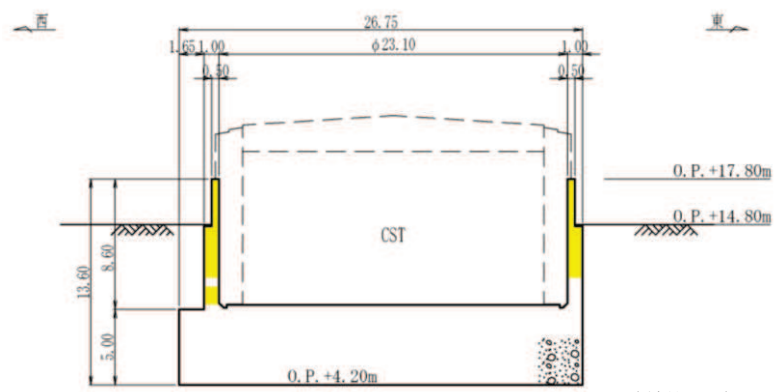


(平面図)



(A-A 断面)

(単位：m)



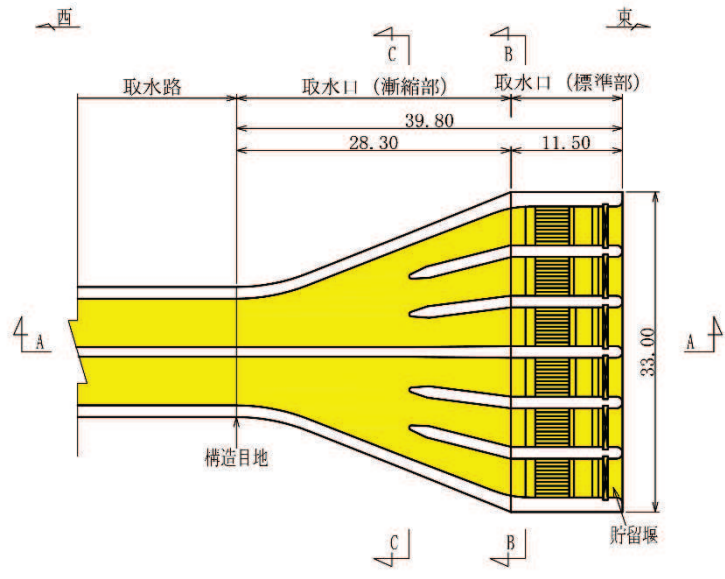
(B-B 断面)

(単位：m)

■ Ccbによる耐震補強箇所

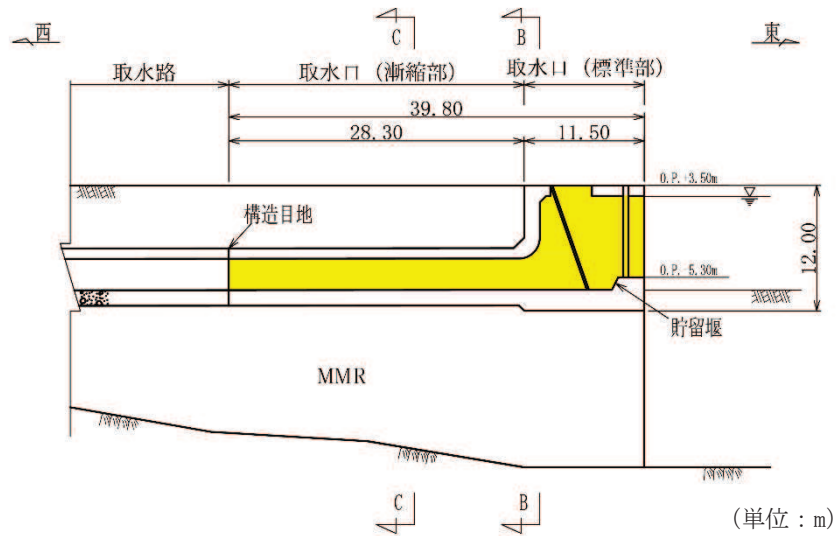
図2-4 Ccbによる耐震補強対象の構造物
(復水貯蔵タンク基礎)

資料1-(参考)6-添8-5



(単位：m)

(平面図)

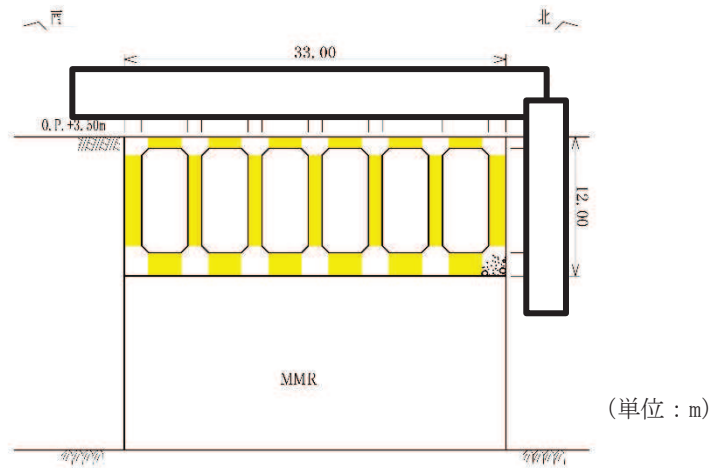


(単位：m)

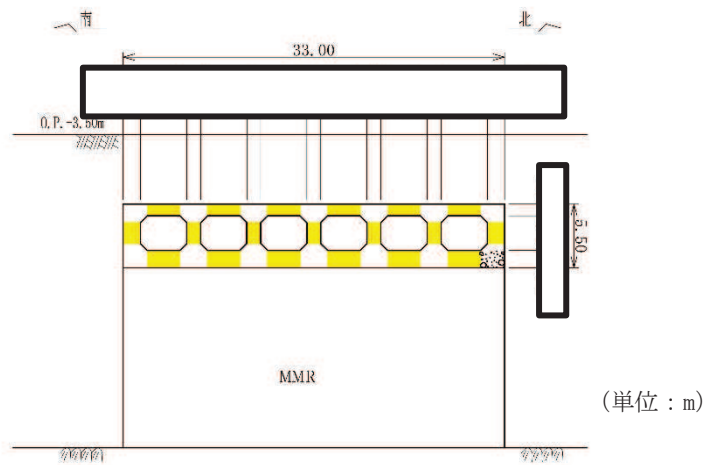
(A-A 断面)

■: CCb による耐震補強箇所

図 2-5(1) CCb による耐震補強対象の構造物
(取水口)



(B-B 断面)



(C-C 断面)

(単位：m)

■: CCb による耐震補強箇所

図 2-5(2) CCb による耐震補強対象の構造物
(取水口)

枠囲みの内容は防護上の観点から公開できません。

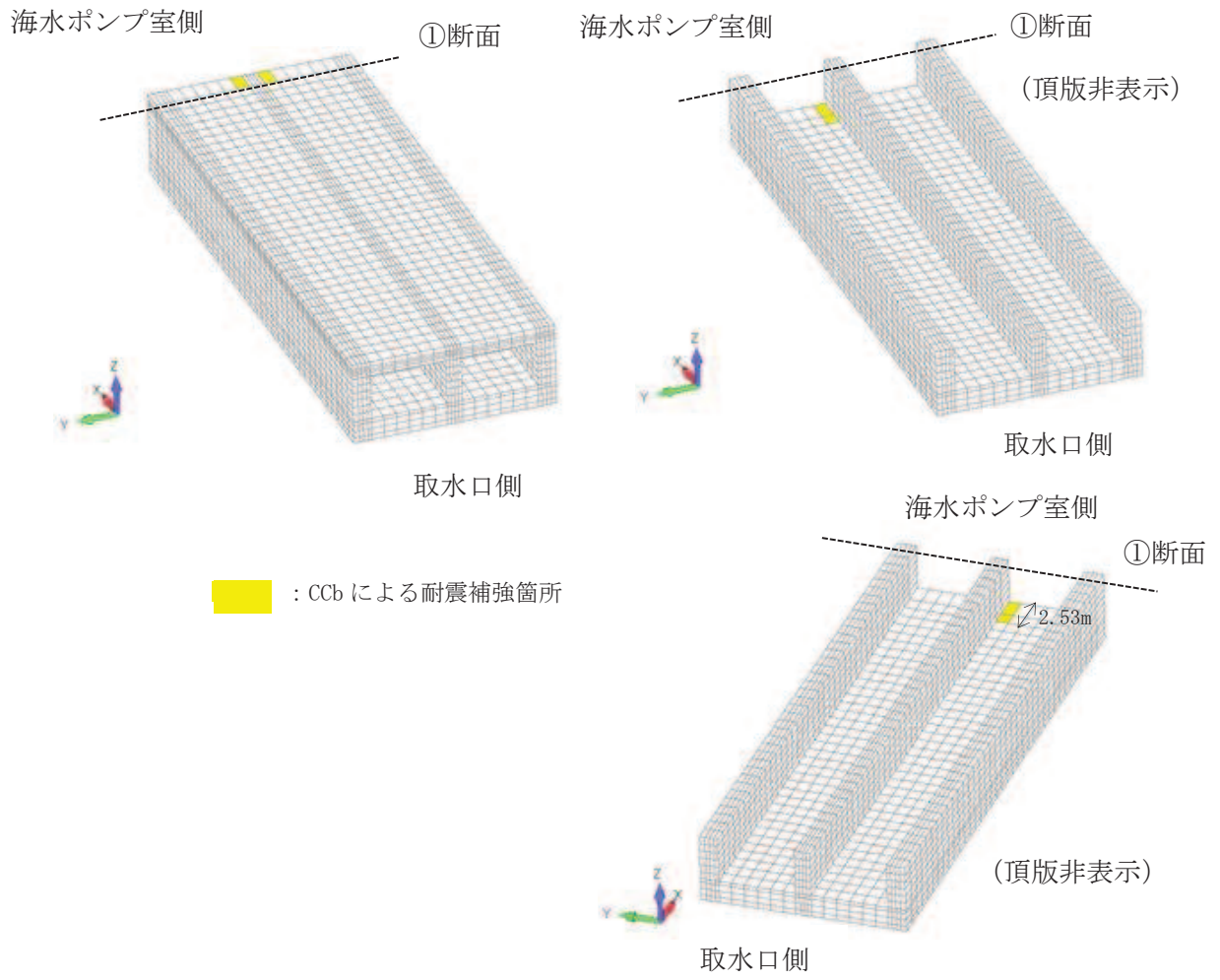


図 2-6(1) Ccbによる耐震補強対象の構造物
(取水路 (標準部: 直線部))

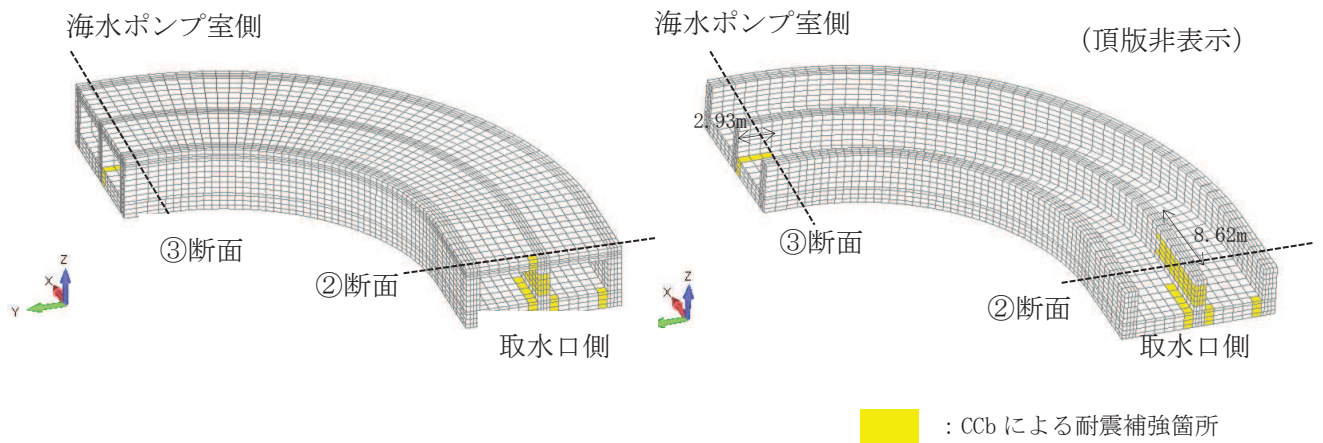


図 2-6(2) Ccbによる耐震補強対象の構造物
(取水路 (標準部: 曲線部))

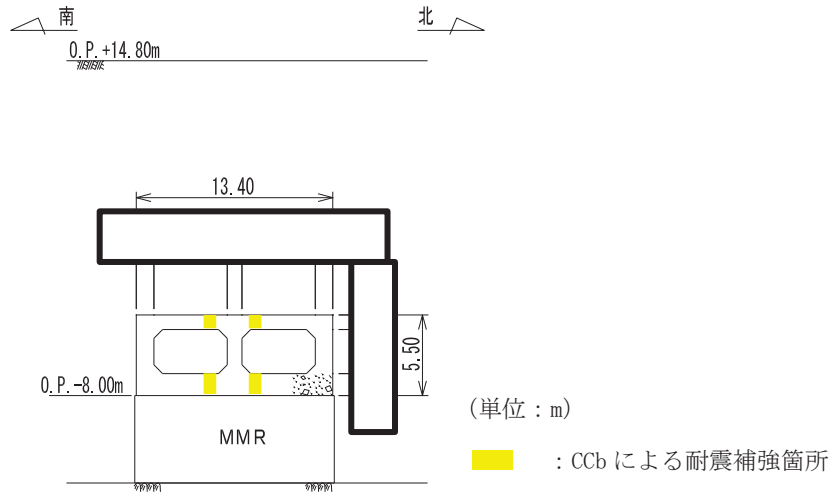


図 2-6(3) CCbによる耐震補強対象の構造物
 (取水路(標準部:直線部), ①断面)

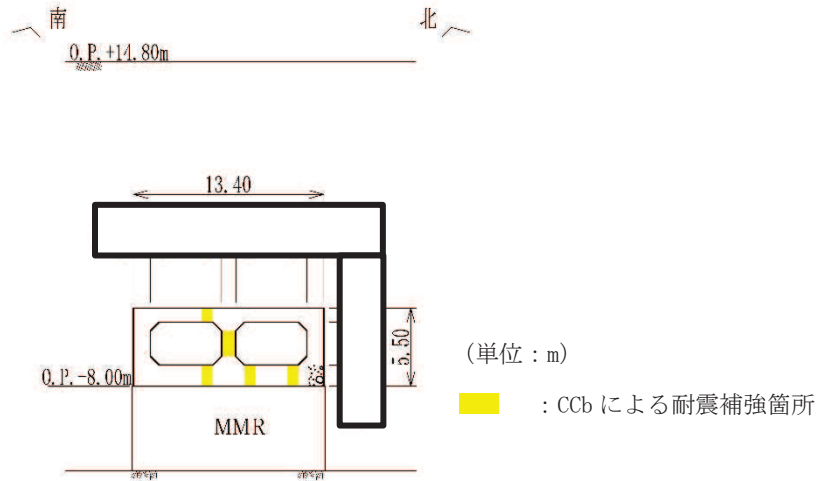


図 2-6(4) CCbによる耐震補強対象の構造物
 (取水路(標準部:曲線部), ②断面)

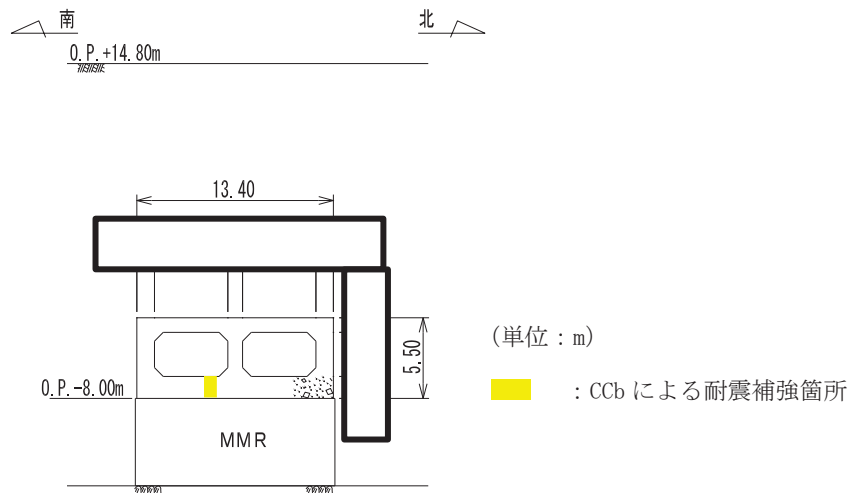
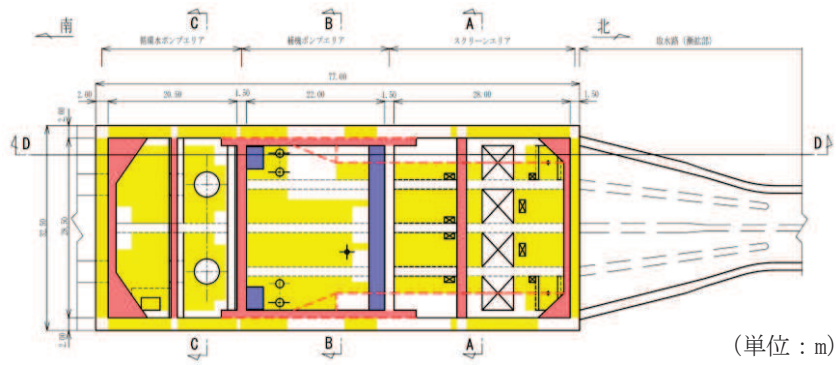
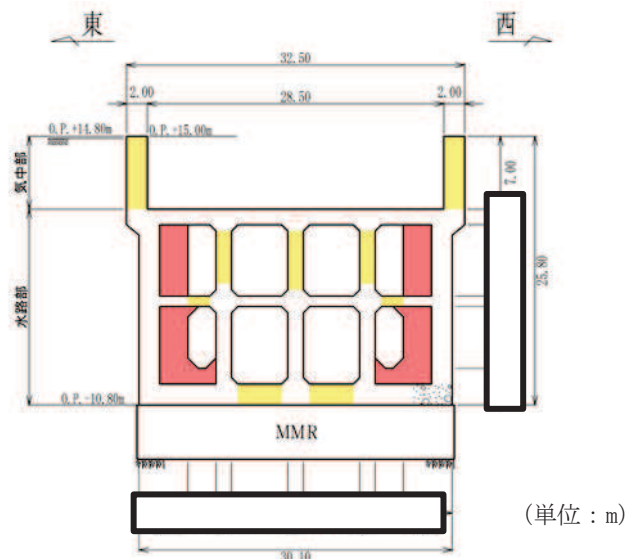


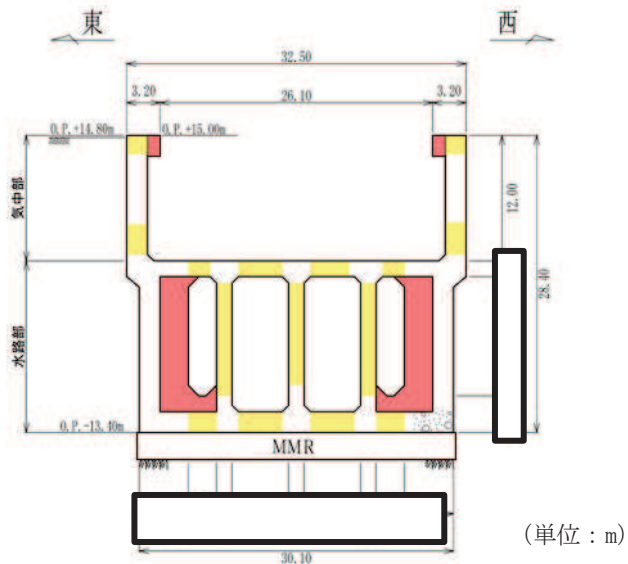
図 2-6(5) CCbによる耐震補強対象の構造物
 (取水路(標準部:曲線部), ③断面)



(平面図)



(A-A 断面)



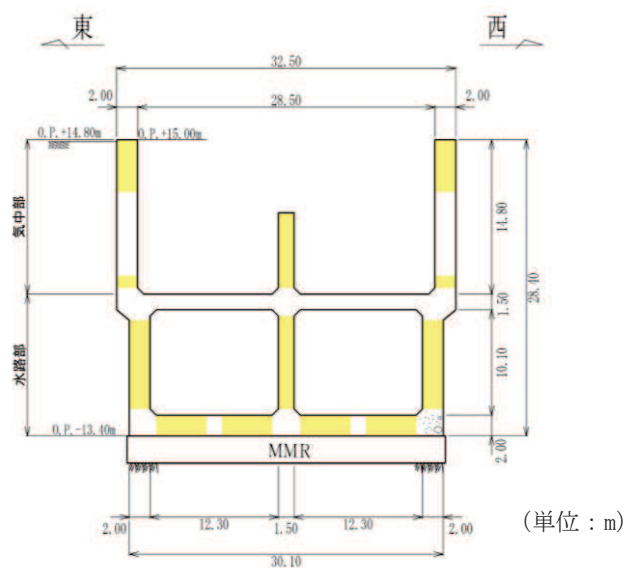
(B-B 断面)

- : Ccb による耐震補強箇所
- : 部材増厚または部材追加箇所
- : 竜巻防護ネット支持部

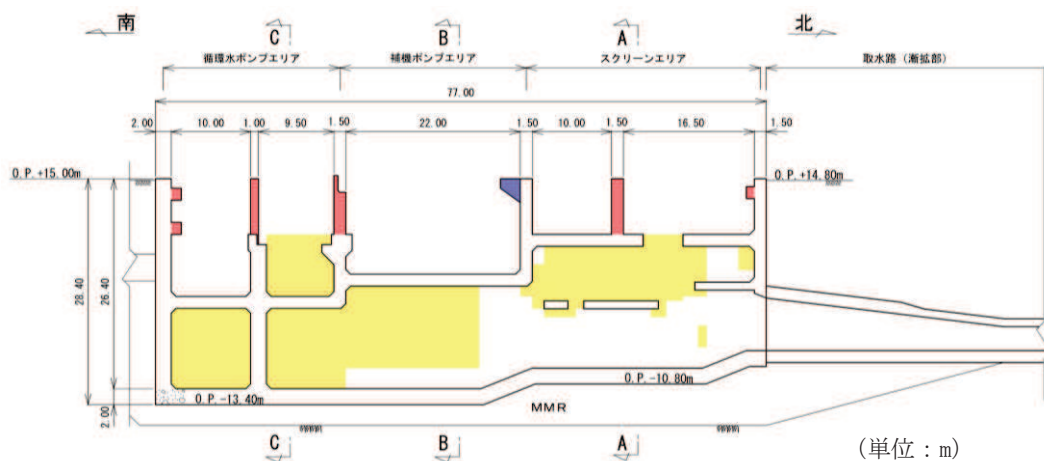
図 2-7(1) Ccb による耐震補強対象の構造物 (海水ポンプ室)

資料 1- (参考) 6-添 8-10

枠囲みの内容は防護上の観点から公開できません。



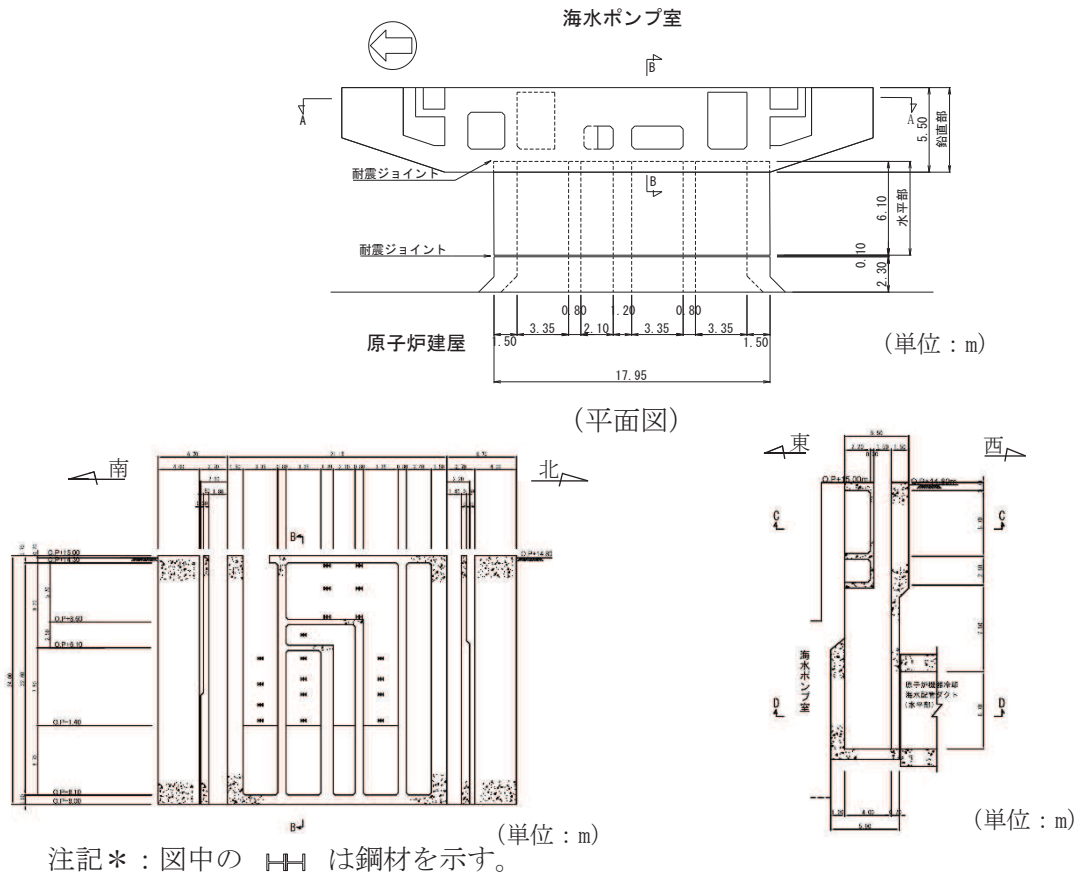
(C-C 断面)



(D-D 断面 (投影))

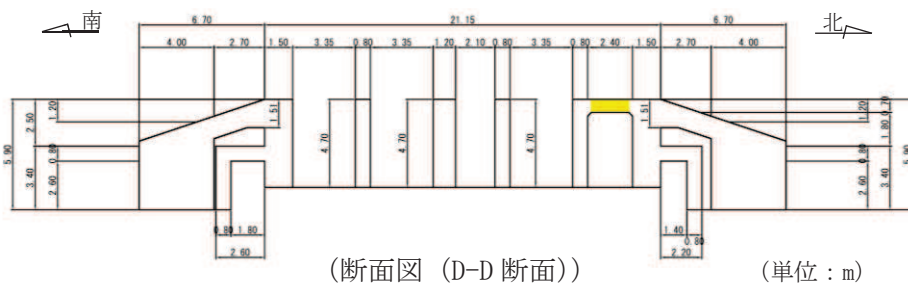
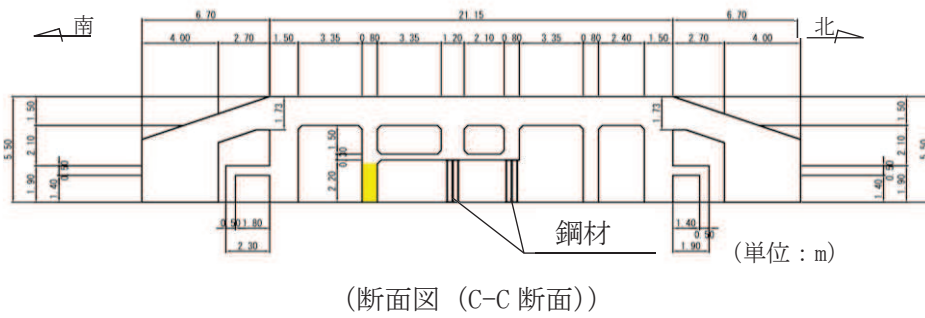
- : Ccb による耐震補強箇所
- : 部材増厚または部材追加箇所
- : 竜巻防護ネット支持部

図 2-7(2) Ccb による耐震補強対象の構造物 (海水ポンプ室)



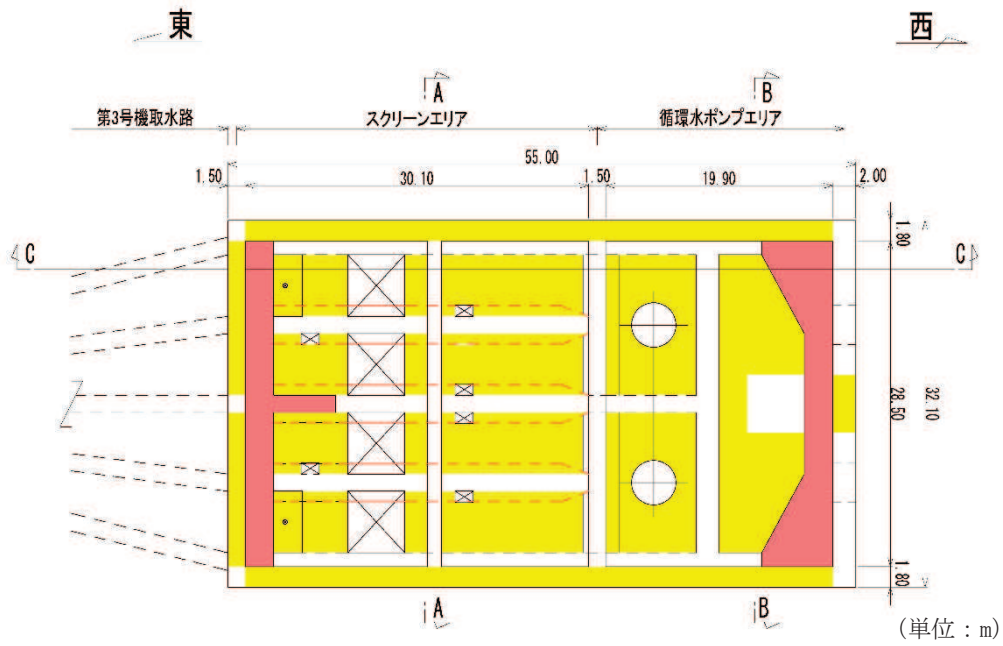
(正面図 (A-A 断面))

(縦断図 (B-B 断面))

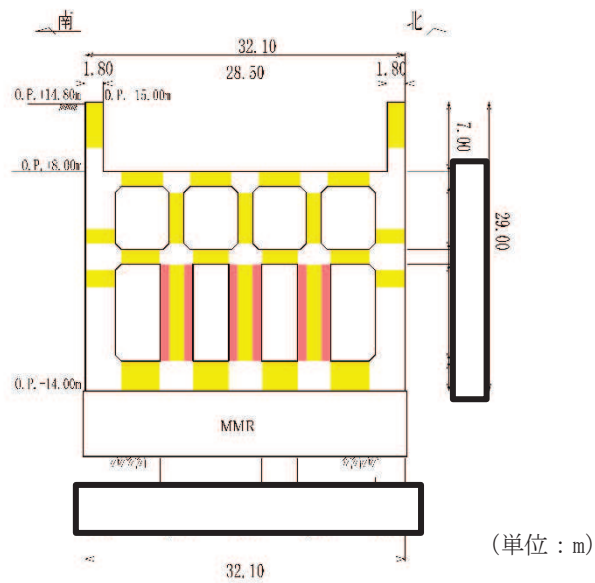


■ : Ccb による耐震補強箇所

図 2-8 Ccb による耐震補強対象の構造物
(原子炉機器冷却海水配管ダクト (鉛直部))



平面図



A-A 断面

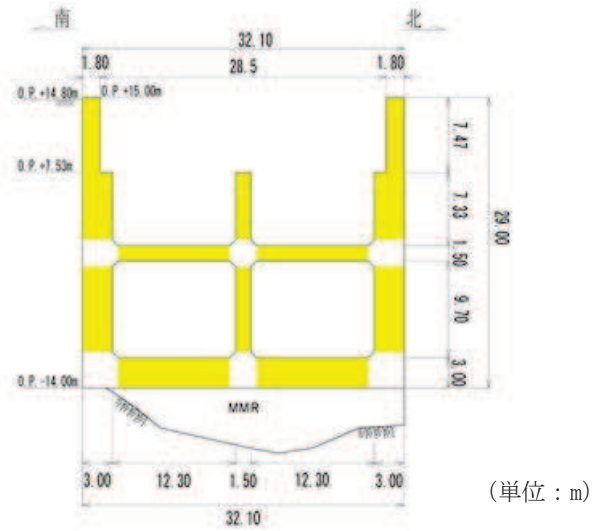
(単位：m)

■ : CCb による耐震補強箇所

■ : 部材増厚または部材追加箇所

図 2-9(1) CCb による耐震補強対象の構造物
(第 3 号機海水ポンプ室)

枠囲みの内容は防護上の観点から公開できません。

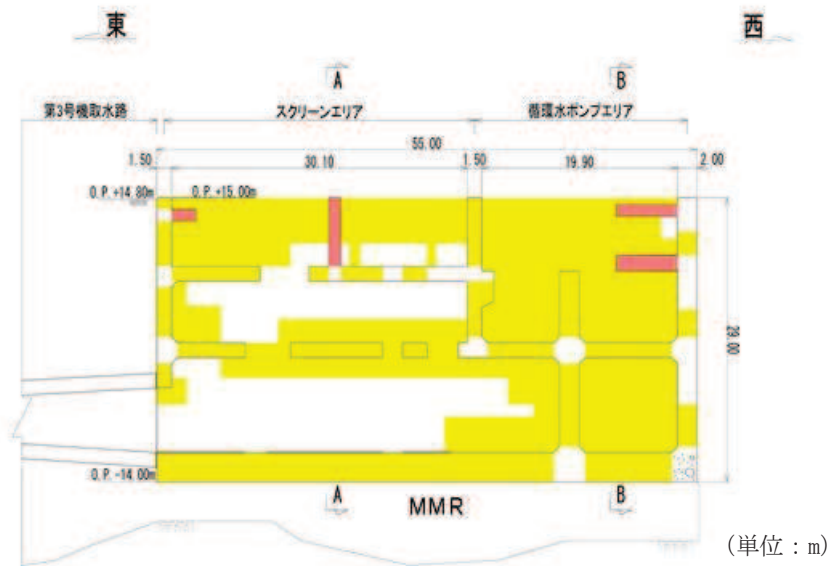


(単位：m)

■ : CCb による耐震補強箇所

■ : 部材増厚または部材追加箇所

B-B 断面



C-C 断面

■ : CCb による耐震補強箇所

■ : 部材増厚または部材追加箇所

図 2-9(2) CCb による耐震補強対象の構造物

(第 3 号機海水ポンプ室)

3. Ccb 補強の対象構造物の照査結果

3.1 せん断破壊に対する照査結果

せん断破壊に対する照査において、Ccb 工法を適用する部材は、棒部材式によるせん断耐力により照査を行うとともに、照査値がおおむね 0.8 程度であることを確認する。照査値が最大となる部材の評価結果を表 3-1 に示す。また、図 3-1～図 3-9 に、Ccb 工法の適用部材における最大照査位置を示す。

取水路（漸拡部）、海水ポンプ室、第 3 号機海水ポンプ室では、設計上の配慮として設定したせん断破壊に対する照査値となる、0.8 を超えることを確認した。取水路（漸拡部）は施工済みの構造物となり、十分な精度で施工していることを確認していることから、設計上の配慮として設定したせん断破壊に対する照査値の 0.8 を超えることは耐震評価に影響を及ぼさない。また、海水ポンプ室、第 3 号機海水ポンプ室は今後施工する構造物となるが、2021 年 10 月現在、Ccb 工法は女川で 3 万本程度の施工実績を有しており、十分な精度で施工していることを確認している。具体的には、部材内部に障害物等があり主筋まで削孔できなかった事例、角度に誤差が生じた事例及び Ccb の先端定着部までグラウトが密実に充填されなかった事例は発生していない。そのため、今後施工する海水ポンプ室、第 3 号機海水ポンプ室についても同様に十分な施工精度を確保できると考えられることから、設計上の配慮として設定したせん断破壊に対する照査値の 0.8 を超えることは耐震評価に影響を及ぼさない。

表 3-1 Ccb 工法を適用する部材におけるせん断破壊に対する照査結果

構造物	部材		解析 ケース	地震動		照査値
取水路（漸拡部）	隔壁	90	④	S s - F 2	- +	0.82
原子炉機器冷却海水 配管ダクト（水平部）	隔壁	80	③	S s - N 1	++	0.32
軽油タンク室	隔壁（東西）	53	③	S s - D 2	++	0.67
復水貯蔵タンク基礎	バルブ室 （南壁）	32	①	S s - D 1	- +	0.71
取水口	側壁	31	③	S s - D 2	++	0.78
取水路（標準部）	曲線部：隔壁	81	⑥'	S s - N 1	- +	0.64
海水ポンプ室	隔壁	101	②	S s - N 1	++	0.83
原子炉機器冷却海水 配管ダクト（鉛直部）	隔壁（東西）	233	④	S s - D 2	++	0.71
第 3 号機海水ポンプ室	側壁	53	④	S s - N 1	++	0.83

注：耐震評価における解析ケース一覧

【全応力解析】

解析ケース	ケース①	ケース②	ケース③	ケース④
	基本ケース		地盤物性のばらつき (+1σ) を考慮し た解析ケース	地盤物性のばらつき (-1σ) を考慮し た解析ケース
地盤物性	平均値	平均値+1σ	平均値-1σ	平均値
材料物性	設計基準強度	設計基準強度	設計基準強度	実強度に基づく 圧縮強度

【有効応力解析】

解析ケース	ケース⑥（⑥' *）	ケース⑦（⑦' *）	ケース⑧（⑧' *）	ケース⑨（⑨' *）
	基本ケース		地盤物性のばらつき (+1σ) を考慮し た解析ケース	地盤物性のばらつき (-1σ) を考慮し た解析ケース
地盤物性	平均値	平均値+1σ	平均値-1σ	平均値
材料物性	設計基準強度	設計基準強度	設計基準強度	実強度に基づく 圧縮強度

注記*：取水路（標準部）の耐震評価にて、断面②，③，⑥，⑦にて有効応力解析を，断面④
及び断面⑤にて全応力解析を実施しているケースを示す。

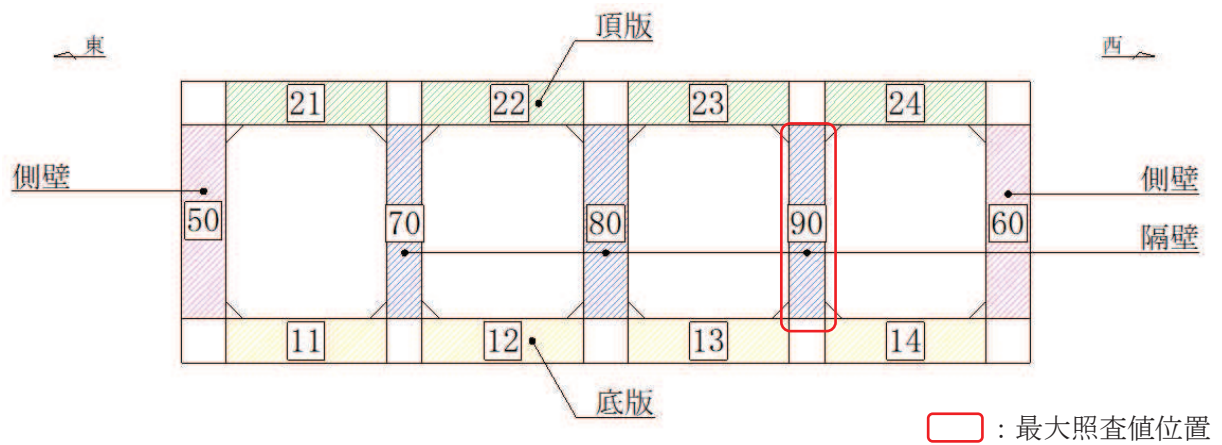


図 3-1 取水路（漸拡部） Ccb 工法の適用部材における最大照査位置

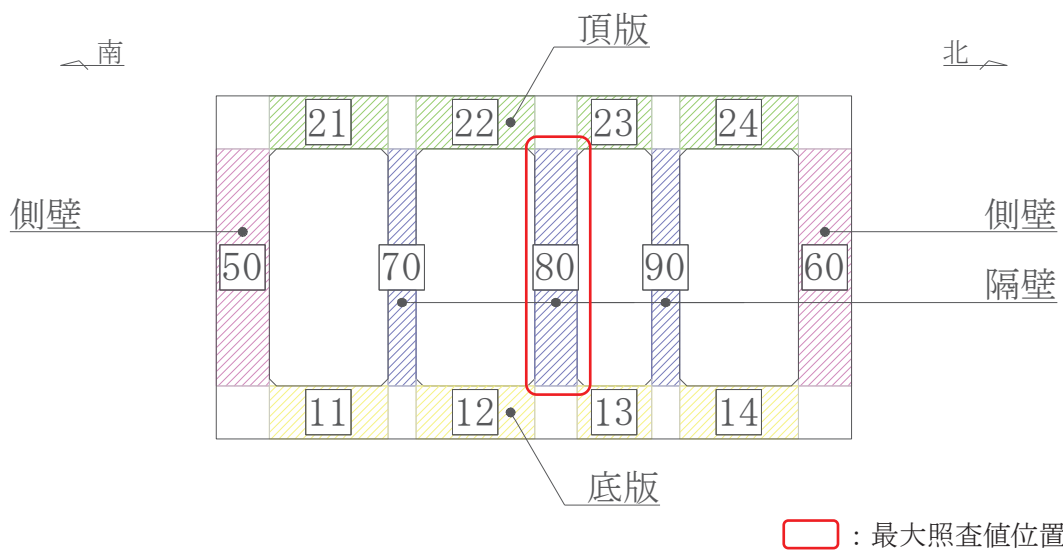


図 3-2 原子炉機器冷却海水配管ダクト（水平部） Ccb 工法の適用部材における最大照査位置

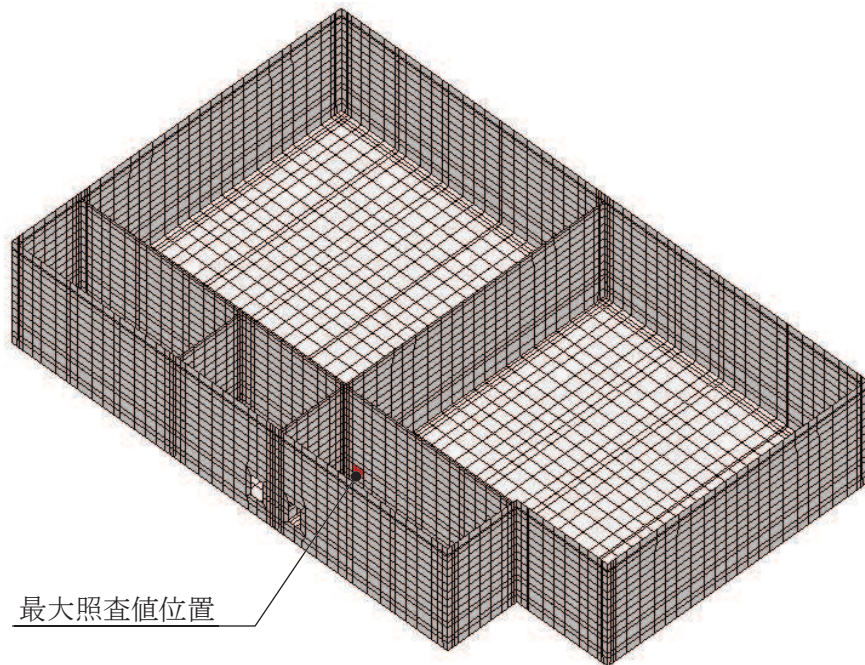
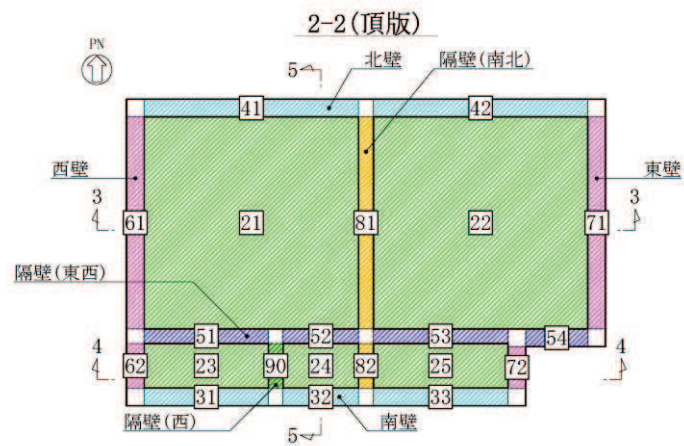
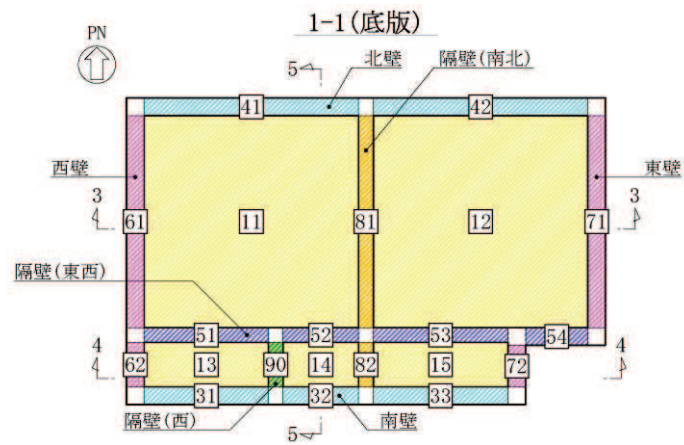


図 3-3 軽油タンク室 CCb 工法の適用部材における最大照査位置

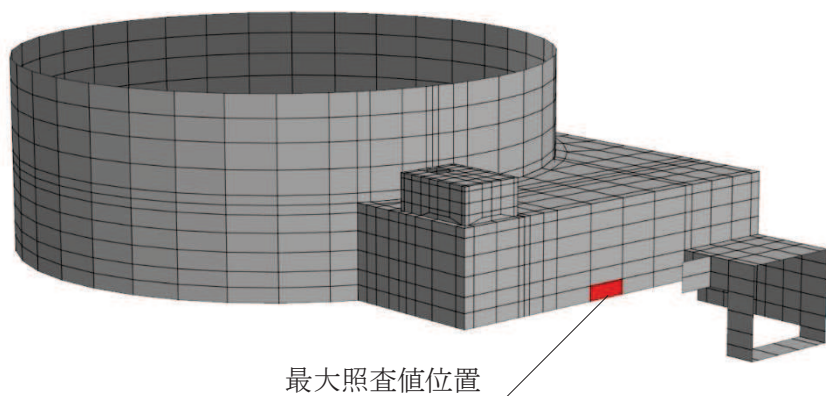
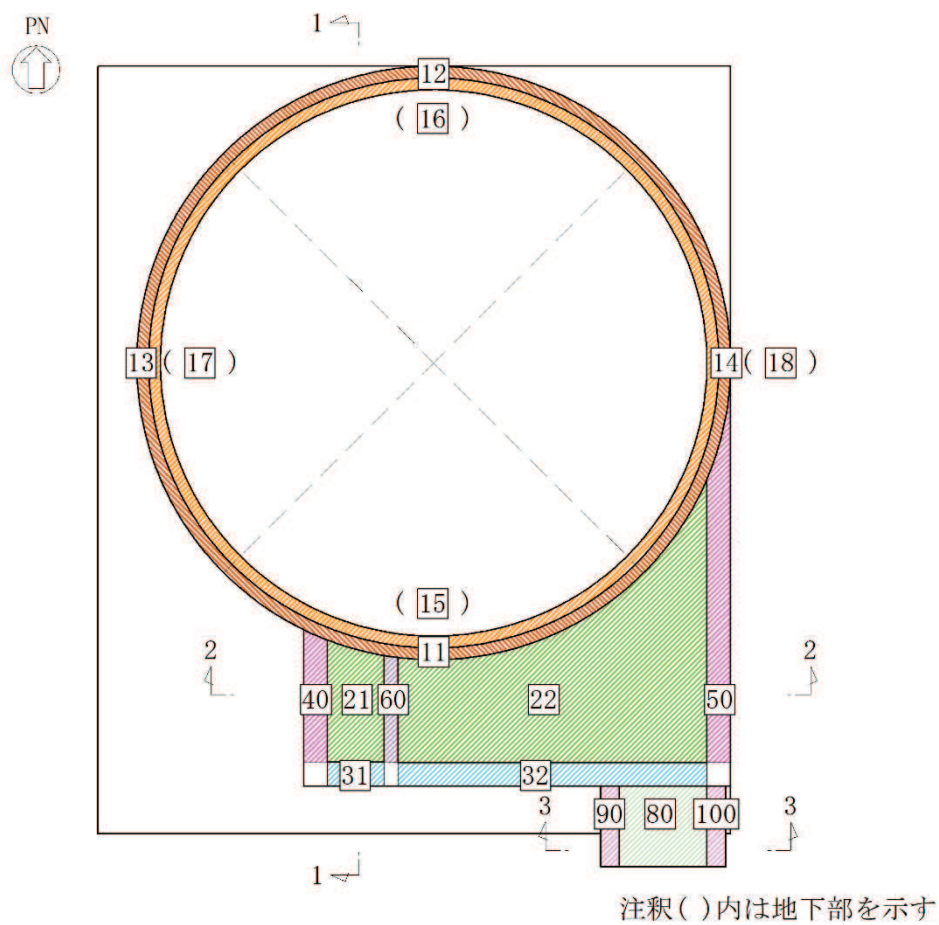


図 3-4 復水貯蔵タンク基礎 Ccb 工法の適用部材における最大照査位置

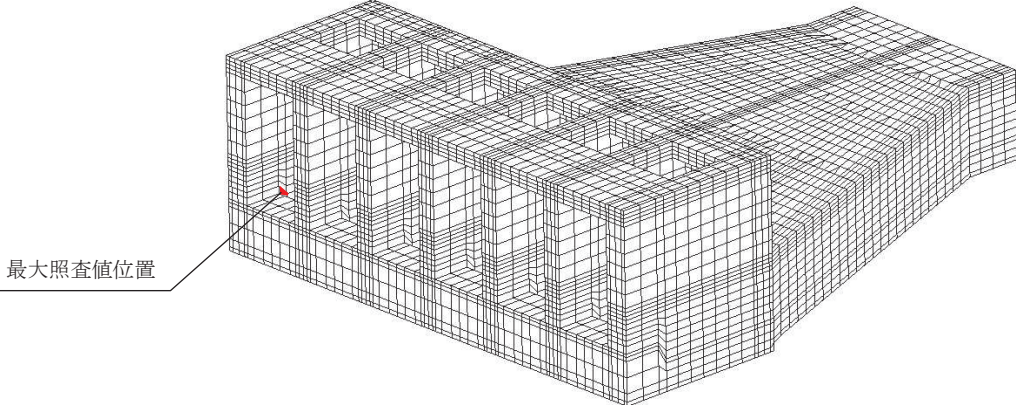
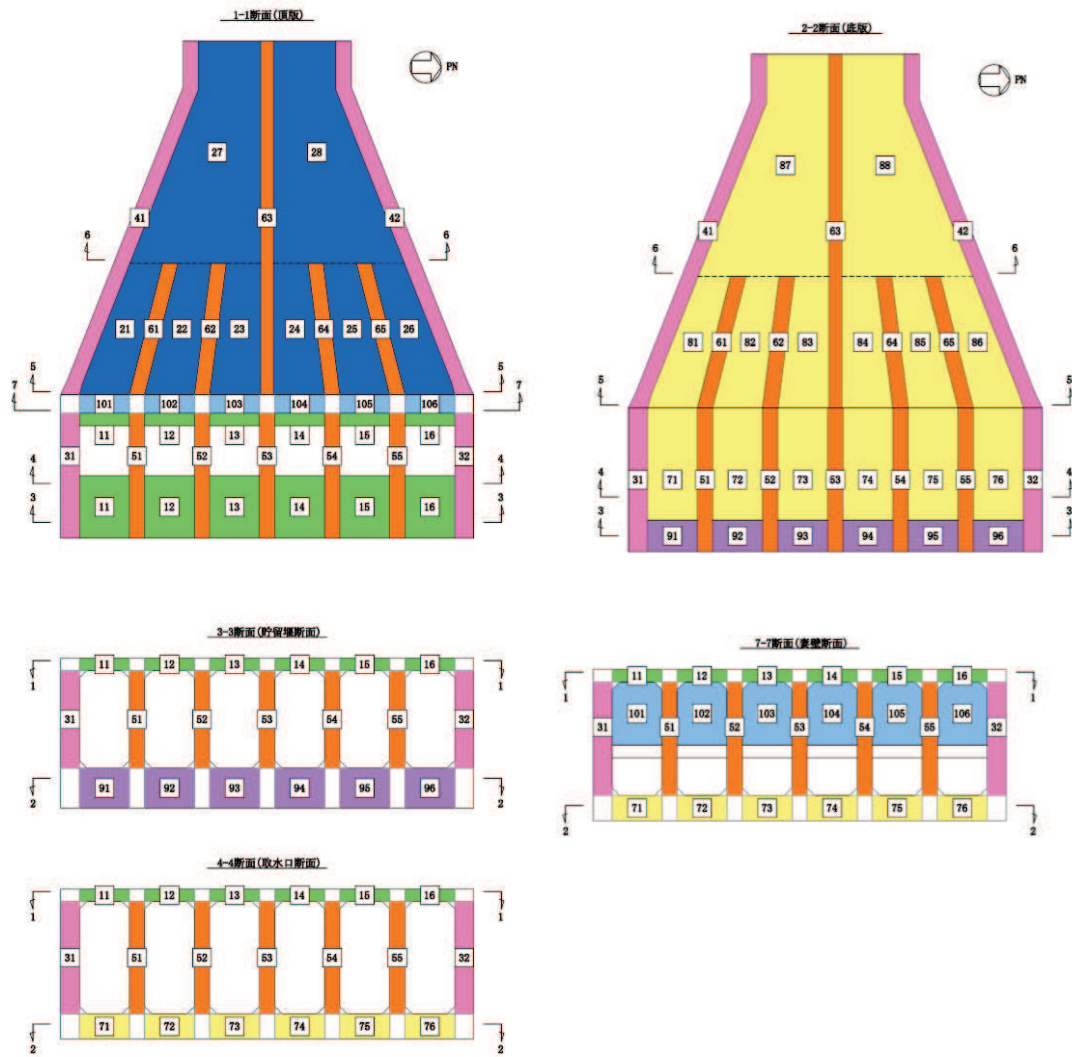


図 3-5 取水口 Ccb 工法の適用部材における最大照査位置

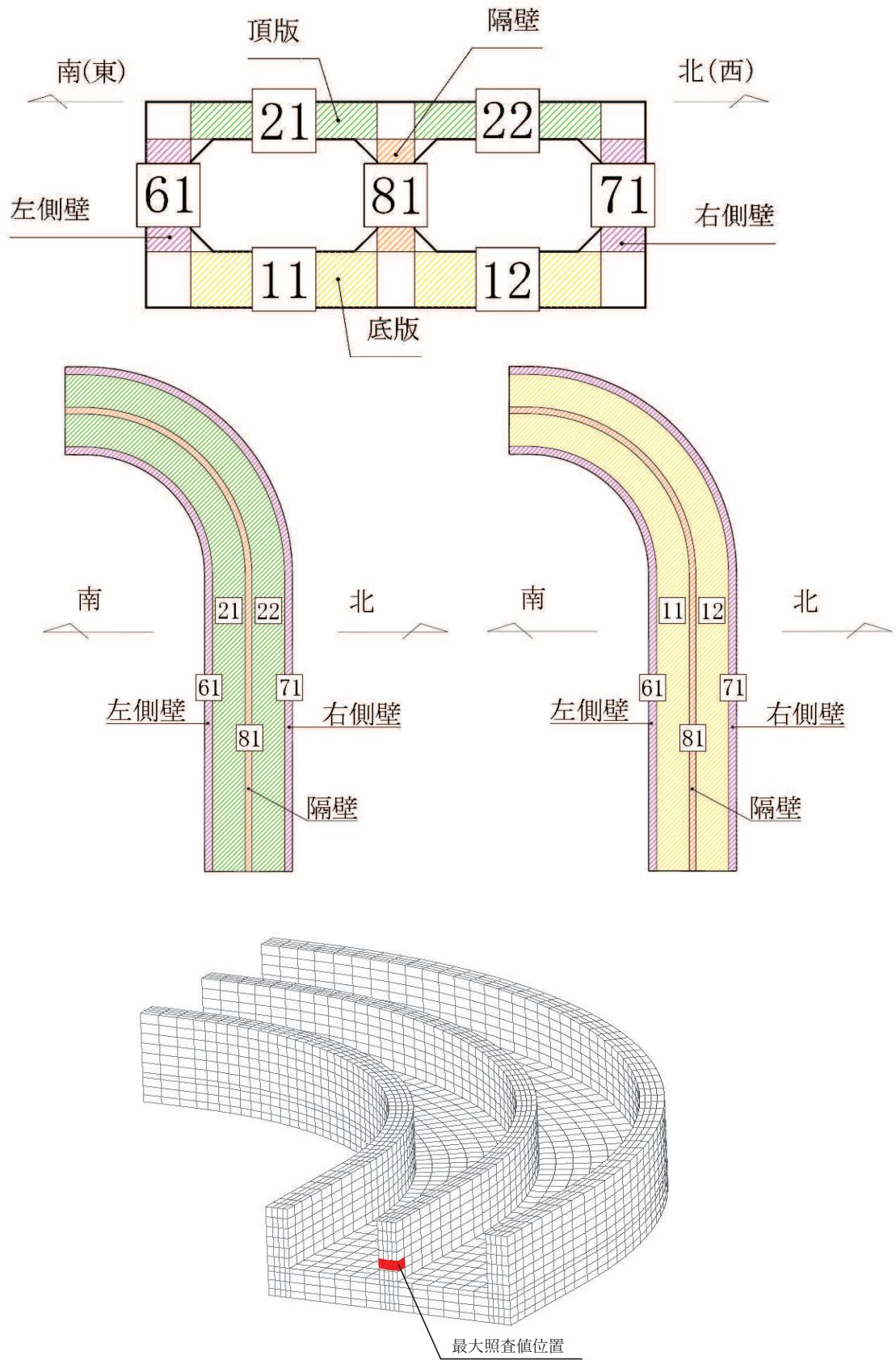


図 3-6 取水路（標準部） Ccb 工法の適用部材における最大照査位置

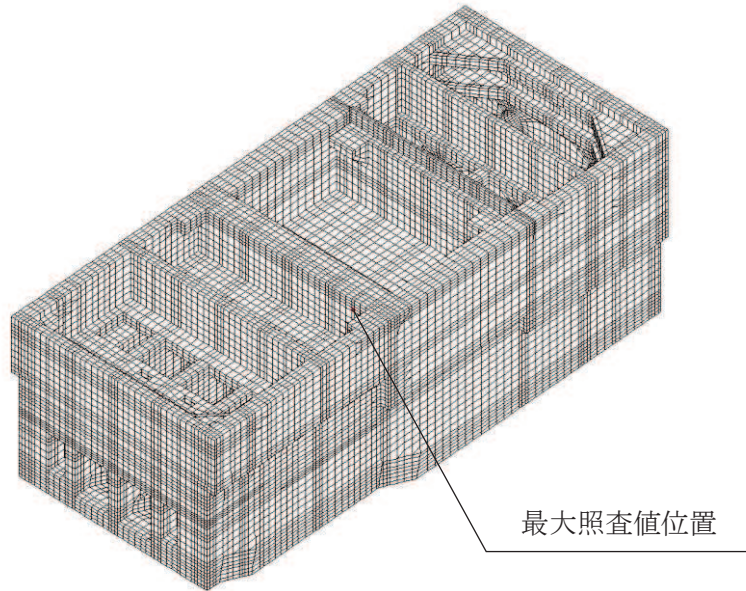
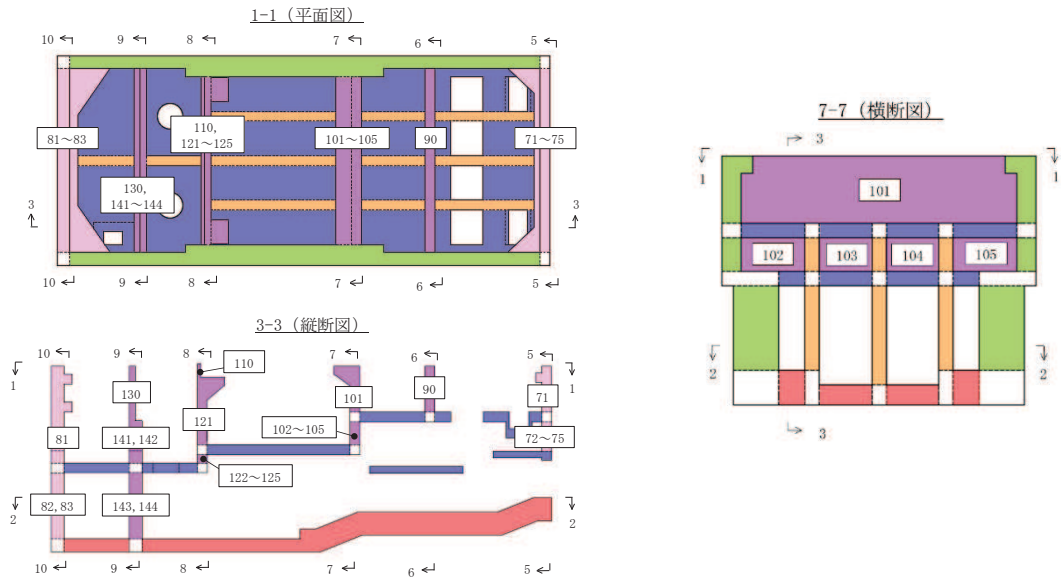
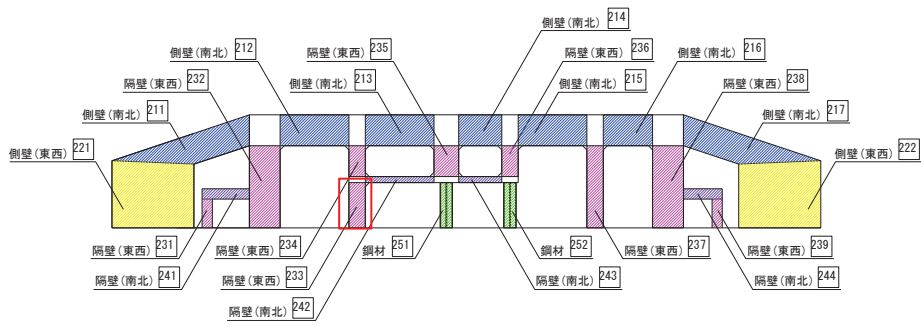
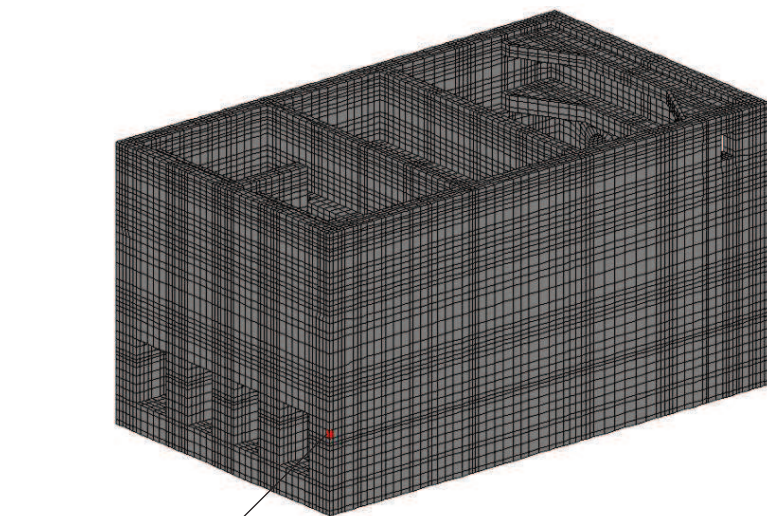
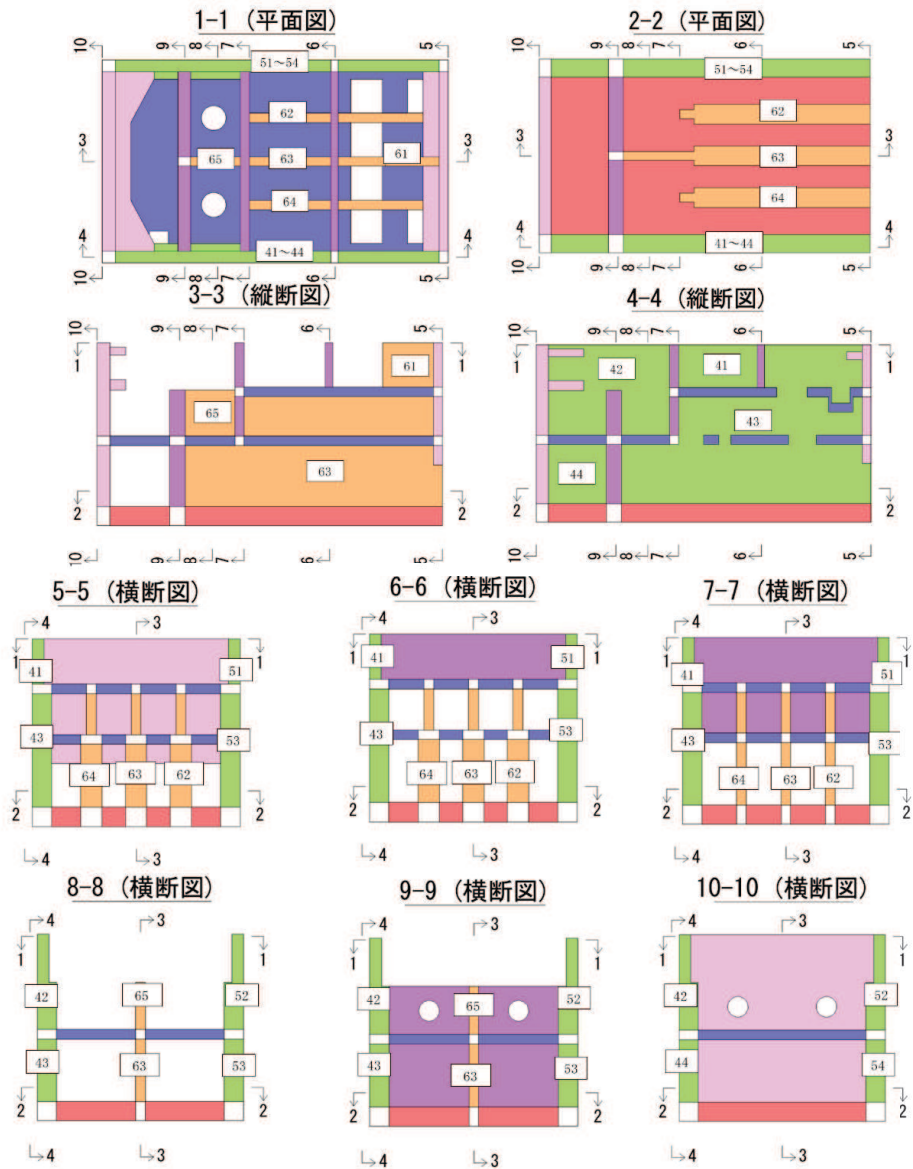


図 3-7 海水ポンプ室 Ccb 工法適用部材における最大照査位置



□ : 最大照査値位置

図 3-8 海水配管ダクト（鉛直部）（断面②） Ccb 工法の適用部材における最大照査位置



最大照査位置

図 3-9 第 3 号機海水ポンプ室 Ccb 工法の適用部材における最大照査位置

3.2 曲げ・軸力系の破壊に対する照査結果

曲げ・軸力系の破壊に対する照査において、CCb工法はおおむね弾性範囲となる状況下で使用することから、コンクリート及び鉄筋のひずみが、部材降伏に相当する限界ひずみ（コンクリートの圧縮ひずみ： 2000μ ，主筋ひずみ： 1725μ ）を下回ることを確認し、両者のうち最大照査値となる部材の評価結果を表3-2に示す。なお、取水路（漸拡部）及び原子炉機器冷却海水配管ダクト（水平部）については、照査用曲げモーメントが降伏曲げモーメントを下回ることを確認する。

表3-2 CCb工法を適用する部材における曲げ・軸力系の破壊に対する照査結果

構造物	部材		解析ケース	地震動		照査値
取水路（漸拡部）	隔壁	90	④	S s - F 2	- +	0.70
原子炉機器冷却海水配管ダクト（水平部）	隔壁	80	③	S s - N 1	- +	0.61
軽油タンク室	隔壁（南北）	82	③	S s - D 2	++	0.03
復水貯蔵タンク基礎	しゃへい壁 （地中部）	17	①	S s - D 2	- +	0.14
取水口	導流壁	55	③	S s - D 2	- +	0.90
取水路（標準部）	曲線部：頂版	22	③	S s - N 1	- +	0.36
海水ポンプ室	底版	1	②	S s - N 1	++	0.97
原子炉機器冷却海水配管ダクト（鉛直部）	側壁（南北）	512	③	S s - N 1	- +	0.91
第3号機海水ポンプ室	中床版	14	③	S s - N 1	- +	0.85

3.3 面内せん断に対する照査結果

面内せん断に対する照査において、CCb 工法を適用する部材は、「添付資料 6 面内荷重と面外荷重が作用する部材への CCb 工法の適用性の検討」で行った数値解析より、照査用面内せん断ひずみが 750μ を下回ることを確認する。照査用面内せん断ひずみが最大となる部材の評価結果を表 3-3 に、各構造物の評価部材位置図を図 3-10～図 3-15 示す。

表 3-3 CCb 工法を適用する部材における面内せん断に対する照査結果

構造物	部材	解析ケース	地震動	照査用面内せん断ひずみ	
軽油タンク室	隔壁 (南北)	③	S s - D 2	++	168 μ
復水貯蔵タンク基礎	隔壁	①	S s - D 1	-+	192 μ
海水ポンプ室	妻壁	③	S s - N 1	++	367 μ
取水口	妻壁	①	S s - D 2	-+	124 μ
第 3 号機海水ポンプ室	隔壁	⑥	S s - N 1	++	543 μ
取水路 (標準部)	曲線部 : 頂版	⑧'	S s - N 1	-+	393 μ

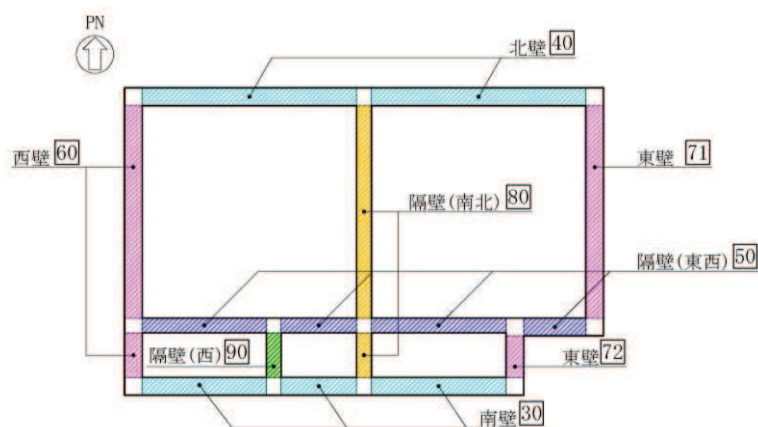


図 3-10 評価部材位置 (軽油タンク室)

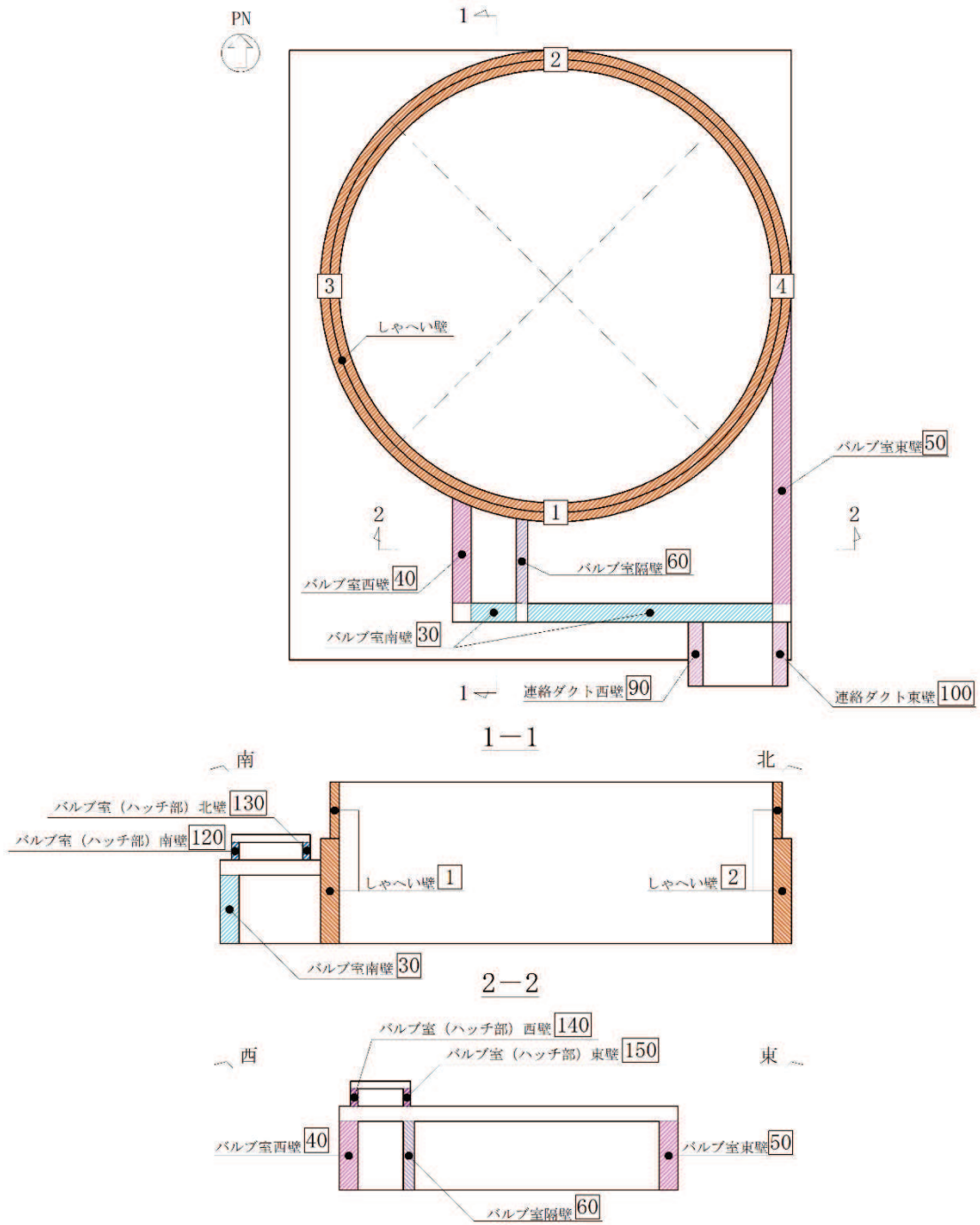
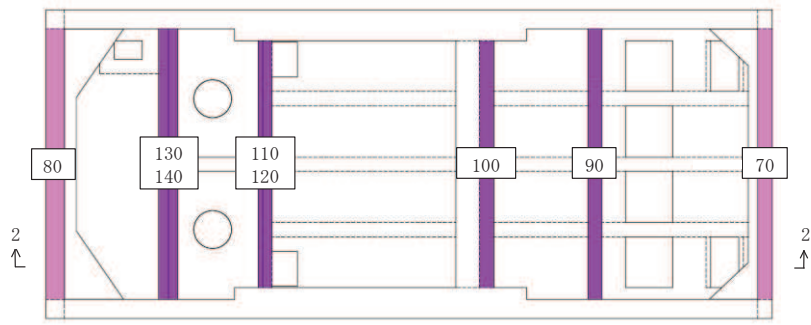


図 3-11 評価部材位置 (復水貯蔵タンク基礎)

1-1 (平面図)



2-2 (縦断図)

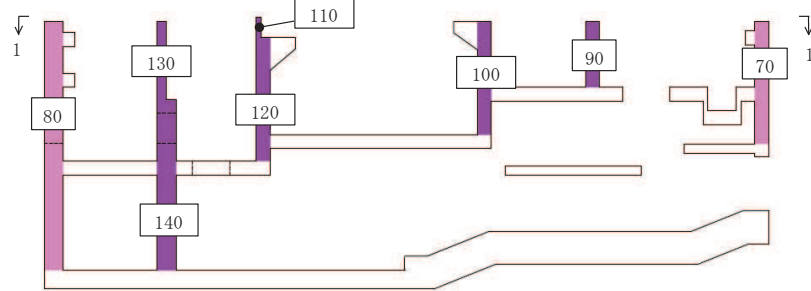


図 3-12 評価部材位置 (海水ポンプ室)

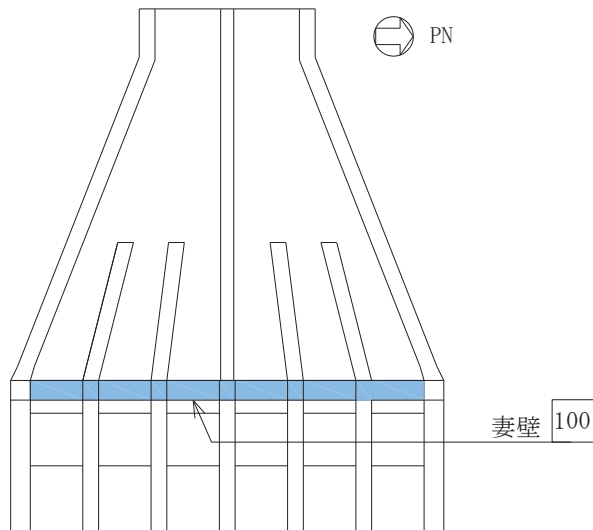


図 3-13 評価部材位置 (取水口)

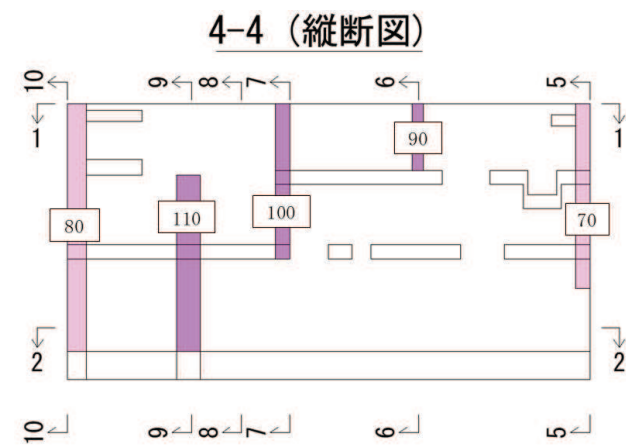
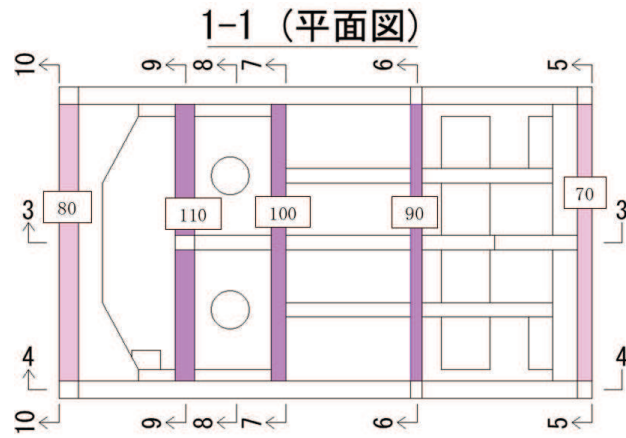
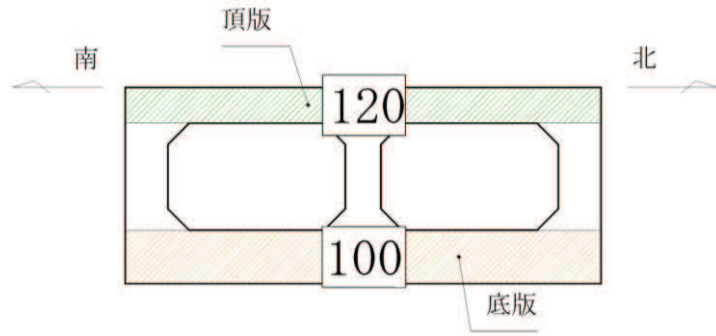
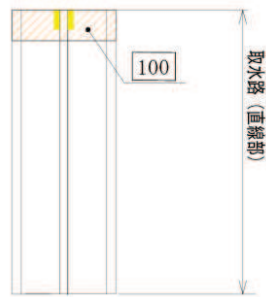


図 3-14 評価部材位置 (第 3 号機海水ポンプ室)



(断面図)

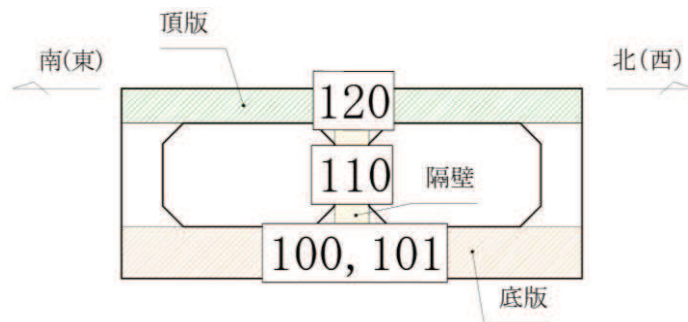


(平面図 (底版))

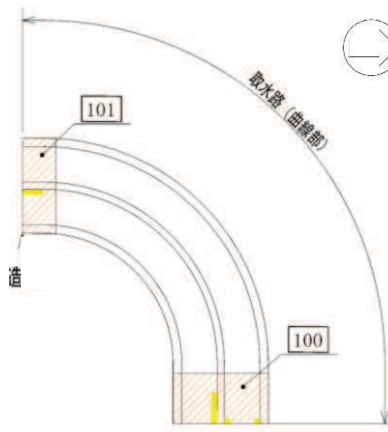


(平面図 (頂版))

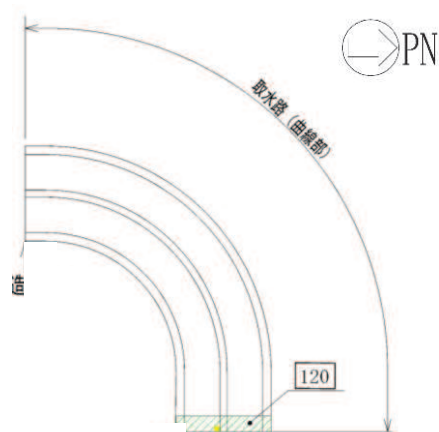
図 3-15(1) 評価部材位置 (取水路 (標準部), 直線部)



(断面図)



(平面図 (底版))



(平面図 (頂版))

図 3-15(2) 評価部材位置 (取水路 (標準部), 曲線部)

4. まとめ

屋外重要土木構造物等のうち Ccb 工法による耐震補強対象の構造物が基準地震動 S_s に対して、Ccb 工法の以下の 3 つの条件を満足することで、Ccb 工法の適用範囲内であることを確認した。

- ・ 棒部材式によるせん断耐力による照査で、照査値がおおむね 0.8 程度であること
- ・ 部材はおおむね弾性範囲であること
- ・ 面内変形する可能性のある部材は面内せん断ひずみが 750μ 未満であること

資料2 軽油タンク連絡ダクトの耐震安全性評価

目 次

1. 評価方法	資料 2-1
2. 評価条件	資料 2-1
2.1 評価対象断面の方向	資料 2-1
2.2 評価対象断面の選定	資料 2-7
2.3 使用材料及び材料の物性値	資料 2-8
2.4 地盤物性値	資料 2-8
2.5 評価構造物諸元	資料 2-13
2.6 地下水位	資料 2-14
2.7 耐震評価フロー	資料 2-15
2.8 適用規格	資料 2-17
3. 地震応答解析	資料 2-19
3.1 地震応答解析手法	資料 2-19
3.2 地震応答解析モデルの設定	資料 2-22
3.2.1 解析モデル領域	資料 2-22
3.2.2 境界条件	資料 2-24
3.2.3 構造物のモデル化	資料 2-28
3.2.4 隣接構造物のモデル化	資料 2-28
3.2.5 地盤及び MMR のモデル化	資料 2-28
3.2.6 ジョイント要素の設定	資料 2-29
3.2.7 材料特性の設定	資料 2-32
3.3 減衰定数	資料 2-34
3.4 荷重の組合せ	資料 2-41
3.4.1 機器・配管荷重	資料 2-42
3.4.2 外水圧	資料 2-42
3.4.3 積載荷重	資料 2-42
3.5 地震応答解析の解析ケース	資料 2-43
3.5.1 耐震評価における解析ケース	資料 2-43
3.5.2 機器・配管系に対する応答加速度抽出のための解析ケース	資料 2-50
4. 評価内容	資料 2-54
4.1 入力地震動の設定	資料 2-54
4.2 許容限界の設定	資料 2-83
4.2.1 曲げ・軸力系の破壊に対する許容限界	資料 2-83
4.2.2 せん断破壊に対する許容限界（せん断耐力式によるせん断耐力）	資料 2-85
4.2.3 せん断破壊に対する許容限界（材料非線形解析によるせん断耐力）	資料 2-89
4.2.4 基礎地盤の支持性能に対する許容限界	資料 2-102
5. 評価結果	資料 2-103

5.1	地震応答解析結果	資料 2-103
5.1.1	解析ケースと照査値	資料 2-103
5.1.2	層間変形角時刻歴波形（曲げ・軸力系の破壊に対する照査）	資料 2-111
5.1.3	断面力分布（せん断破壊に対する照査）	資料 2-112
5.1.4	最大せん断ひずみ分布	資料 2-114
5.2	構造部材の健全性に対する評価結果	資料 2-117
5.2.1	曲げ・軸力系の破壊に対する評価結果	資料 2-117
5.2.2	せん断破壊に対する評価結果	資料 2-122
5.3	基礎地盤の支持性能に対する評価結果	資料 2-153
5.3.1	基礎地盤（狐崎部層）	資料 2-153
5.3.2	MMR（既設）	資料 2-155
6.	まとめ	資料 2-163

参考資料

- 参考資料 1 機器・配管系の耐震評価に適用する影響検討ケース 資料 2- (参考) 1-1
参考資料 2 静的地震力に対する評価結果 資料 2- (参考) 2-1

 : 記載適正化範囲

5. 評価結果

5.1 地震応答解析結果

地震応答解析結果として「層間変形角時刻歴波形」，断面力に対し照査を行っている項目のうち最も厳しい照査値に対する「断面力分布」，曲げ・軸力系の破壊に対する照査及びせん断破壊に対する照査で最大照査値に示すケースの地盤の「最大せん断ひずみ分布」を記載する。なお，断面力分布は単位奥行きあたりの断面力を図示する。

5.1.1 解析ケースと照査値

耐震評価においては、「資料 1 屋外重要土木構造物の耐震評価について」のうち「10. 屋外重要土木構造物等の耐震評価における追加解析ケースの選定」に基づき，すべての基準地震動 S_s に対して実施するケース①において，曲げ・軸力系の破壊，せん断破壊及び基礎地盤の支持力照査において，照査値が 0.5 を超えるすべての照査項目に対して，最も厳しい（許容限界に対する裕度が最も小さい）地震動を用いて，ケース②～④を実施する。

また，上記実施ケースの結果を踏まえ，更に照査値が大きくなる可能性がある場合は，追加解析を実施する。

以下に，軽油タンク連絡ダクトの曲げ・軸力系の破壊に対する照査，せん断破壊に対する照査及び基礎地盤の支持性能に対する照査結果を示す。なお，評価位置を図 5-1 に示す。

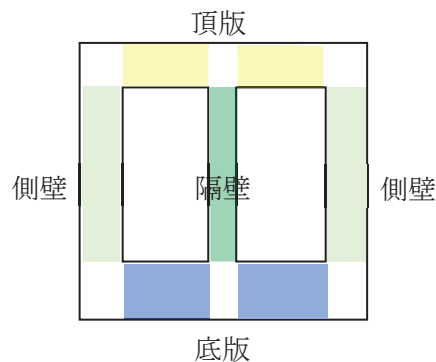


図 5-1 評価位置

(1) 曲げ・軸力系の破壊に対する照査

表5-1に曲げ・軸力系の破壊に対する照査の実施ケースと照査値を示す。

曲げ・軸力系の破壊に対する照査は、限界層間変形角又は限界ひずみを許容限界とする。なお、詳細については、「5.2.1 曲げ・軸力系の破壊に対する評価結果」に示す。

曲げ・軸力系の破壊に対する照査値は、ばらつきを考慮しても0.50以下であり、要求機能を満足していると評価できる。

表5-1 曲げ・軸力系の破壊に対する照査の実施ケースと照査値

地震動		曲げ・軸力系の破壊に対する照査*			
		①	②	③	④
S s - D 1	++	0.36			
	-+	0.32			
S s - D 2	++	0.35			
	-+	0.38	0.40	0.38	0.32
S s - D 3	++	0.27			
	-+	0.32			
S s - F 1	++	0.44			
	-+	0.50			
S s - F 2	++	0.30			
	-+	0.30			
S s - F 3	++	0.35			
	-+	0.33			
S s - N 1	++	0.47			
	-+	0.30			

注記*：照査値は、構造強度を有することに対する評価結果（層間変形角）とSクラスの施設を支持する機能に対する評価結果（ひずみ）の厳しい方を記載。

(2) せん断破壊に対する照査

表 5-2 にせん断破壊に対する照査の実施ケースと照査値を示す。

せん断破壊に対する照査は、せん断耐力を許容限界とする。

せん断破壊に対する照査に用いるせん断耐力は、せん断耐力式により算定しているが、照査値が 1.0 を超えるケースについては、構造部材の形状、作用荷重及び鉄筋コンクリートの非線形特性を踏まえた材料非線形解析を実施することにより、より高い精度でせん断耐力を求め照査を行っている。そのため、材料非線形解析により算定したせん断耐力による照査が精緻かつ最も裕度が無い状態となることから、材料非線形解析による照査のうち最も厳しい地震動を用いて、地盤物性及び材料物性のばらつきケースを実施する。

参考として、材料非線形解析によりせん断耐力を求めた照査値については、せん断耐力式による照査値を併記する。

なお、詳細については、「5.2.2 せん断破壊に対する評価結果」に示す。

せん断破壊に対する照査値は、より高い精度でせん断耐力を評価する材料非線形解析による照査を用い、ばらつきを考慮しても 0.95 であり、要求機能を満足していると評価できる。

表 5-2(1) せん断破壊に対する照査の実施ケースと照査値（頂版）*1

地震動		せん断破壊に対する照査*2			
		①	②	③	④
S s - D 1	++	0.38*3 (1.08)			
	-+	0.36*3 (1.04)			
S s - D 2	++	0.37*3 (1.08)			
	-+	0.46*3 (1.32)	0.45*3 (1.30)	0.46*3 (1.33)	0.43*3 (1.23)
S s - D 3	++	0.46*3 (1.34)		0.47*3 (1.38)	
	-+	0.95			
S s - F 1	++	0.89			
	-+	0.87			
S s - F 2	++	0.80			
	-+	0.65			
S s - F 3	++	0.88			
	-+	0.40*3 (1.11)			
S s - N 1	++	0.73			
	-+	0.67			

注記*1：評価位置を図 5-1 に示す。

*2：赤枠は、前述図 3-20 のフローに基づき、解析ケース②及び③を実施する地震動の基本ケース①の照査値を示す。

*3：材料非線形解析によるせん断耐力を用いた照査を示す。なお、() 内に記載の数値は、せん断耐力式による照査値を示す。

表 5-2(2) せん断破壊に対する照査の実施ケースと照査値（側壁）*1

地震動		せん断破壊に対する照査			
		①	②	③	④
S s - D 1	++	0.29*2 (-)			
	-+	0.32*2 (-)			
S s - D 2	++	0.32*2 (-)			
	-+	0.31*2 (-)	0.38*2 (-)	0.32*2 (-)	0.36*2 (-)
S s - D 3	++	0.30*2 (-)			
	-+	0.23*2 (-)			
S s - F 1	++	0.37*2 (-)			
	-+	0.35*2 (-)			
S s - F 2	++	0.35*2 (-)			
	-+	0.25*2 (-)			
S s - F 3	++	0.23*2 (-)			
	-+	0.31*2 (-)			
S s - N 1	++	0.29*2 (-)			
	-+	0.37*2 (-)			

注記*1：評価位置を図 5-1 に示す。

*2：材料非線形解析によるせん断耐力を用いた照査を示す。なお、() 内に記載の数値は、せん断耐力式による照査値を示す。「-」は、せん断補強筋が無い部材における引張軸力の発生を示す。

表 5-2(3) せん断破壊に対する照査の実施ケースと照査値（隔壁）*1

地震動		解析ケース			
		せん断破壊に対する照査			
		①	②	③	④
S s - D 1	++	0.21* ² (-)			
	-+	0.24* ² (-)			
S s - D 2	++	0.27* ² (-)			
	-+	0.23* ² (-)	0.22* ² (-)	0.21* ² (-)	0.25* ² (-)
S s - D 3	++	0.18* ² (-)			
	-+	0.15* ² (-)			
S s - F 1	++	0.18* ² (-)			
	-+	0.16* ² (-)			
S s - F 2	++	0.20* ² (-)			
	-+	0.17* ² (-)			
S s - F 3	++	0.15* ² (-)			
	-+	0.20* ² (-)			
S s - N 1	++	0.16* ² (-)			
	-+	0.14* ² (-)			

注記*1：評価位置を図 5-1 に示す。

*2：材料非線形解析によるせん断耐力を用いた照査を示す。なお、() 内に記載の数値は、せん断耐力式による照査値を示す。「-」は、せん断補強筋が無い部材における引張軸力の発生を示す。

表 5-2(4) せん断破壊に対する照査の実施ケースと照査値（底版）*

地震動		せん断破壊に対する照査			
		①	②	③	④
S s - D 1	++	0.49			
	-+	0.48			
S s - D 2	++	0.55			
	-+	0.53	0.53	0.54	0.60
S s - D 3	++	0.57			
	-+	0.48			
S s - F 1	++	0.58			
	-+	0.60			
S s - F 2	++	0.43			
	-+	0.41			
S s - F 3	++	0.49			
	-+	0.53			
S s - N 1	++	0.53			
	-+	0.38			

注：せん断耐力式による照査値を示す。

注記*：評価位置を図 5-1 に示す。

(3) 基礎地盤の支持性能に対する照査

表 5-3 に基礎地盤の支持性能に対する照査の実施ケースと照査値を示す。

基礎地盤の支持性能に対する照査は、極限支持力及び支圧強度を許容限界とする。なお、詳細については、「5.3 基礎地盤の支持性能に対する評価結果」に示す。

基礎地盤の支持性能に対する照査値は、ばらつきを考慮しても許容限界に対して 0.50 未満であり、要求機能を満足していると評価できる。

表 5-3 基礎地盤の支持性能に対する照査の実施ケースと照査値

地震動 \ 解析ケース		基礎地盤の支持性能に対する照査*			
		①	②	③	④
S s - D 1	++	0.49			
	-+	0.35			
S s - D 2	++	0.44			
	-+	0.37	0.36	0.37	0.37
S s - D 3	++	0.37			
	-+	0.28			
S s - F 1	++	0.36			
	-+	0.21			
S s - F 2	++	0.38			
	-+	0.22			
S s - F 3	++	0.29			
	-+	0.37			
S s - N 1	++	0.35			
	-+	0.21			

注記*：基礎地盤（狐崎部層）に対する評価結果と MMR（既設）に対する評価結果（接地圧）の厳しい方を記載

資料 4 原子炉機器冷却海水配管ダクト（水平部）の耐震安全性評価


目 次

1. 評価方法	資料 4-1
2. 評価条件	資料 4-1
2.1 構造及び補強の概要	資料 4-1
2.2 評価対象断面の方向	資料 4-6
2.3 評価対象断面の選定	資料 4-7
2.4 使用材料及び材料の物性値	資料 4-8
2.5 地盤物性値	資料 4-8
2.6 評価構造物諸元	資料 4-13
2.7 地下水位	資料 4-14
2.8 耐震評価フロー	資料 4-15
2.9 適用規格	資料 4-17
3. 地震応答解析	資料 4-19
3.1 地震応答解析手法	資料 4-19
3.2 地震応答解析モデルの設定	資料 4-22
3.2.1 解析モデル領域	資料 4-22
3.2.2 境界条件	資料 4-24
3.2.3 構造物のモデル化	資料 4-27
3.2.4 地盤及び MMR のモデル化	資料 4-27
3.2.5 ジョイント要素の設定	資料 4-28
3.2.6 材料特性の設定	資料 4-31
3.3 減衰定数	資料 4-33
3.4 荷重の組合せ	資料 4-39
3.4.1 機器・配管荷重	資料 4-40
3.4.2 外水圧	資料 4-40
3.4.3 積載荷重	資料 4-40
3.5 地震応答解析の解析ケース	資料 4-41
3.5.1 耐震評価における解析ケース	資料 4-41
3.5.2 機器・配管系に対する応答加速度抽出のための解析ケース	資料 4-48
4. 評価内容	資料 4-52
4.1 入力地震動の設定	資料 4-52
4.2 許容限界の設定	資料 4-81
4.2.1 曲げ・軸力系の破壊に対する許容限界	資料 4-81
4.2.2 せん断破壊に対する許容限界（せん断耐力式によるせん断耐力）	資料 4-84
4.2.3 せん断破壊に対する許容限界（材料非線形解析によるせん断耐力）	資料 4-91
4.2.4 基礎地盤の支持性能に対する許容限界	資料 4-104
5. 評価結果	資料 4-105
5.1 地震応答解析結果	資料 4-105

5.1.1	解析ケースと照査値	資料 4-105
5.1.2	層間変形角時刻歴波形（曲げ・軸力系の破壊に対する照査）	資料 4-113
5.1.3	断面力分布（せん断破壊に対する照査）	資料 4-114
5.1.4	最大せん断ひずみ分布	資料 4-116
5.2	構造部材の健全性に対する評価結果	資料 4-118
5.2.1	曲げ・軸力系の破壊に対する評価結果	資料 4-118
5.2.2	せん断破壊に対する評価結果	資料 4-127
5.3	基礎地盤の支持性能に対する評価結果	資料 4-145
5.3.1	基礎地盤（狐崎部層）	資料 4-145
5.3.2	MMR（既設）	資料 4-147
6.	まとめ	資料 4-152

参考資料

- 参考資料 1 機器・配管系の耐震評価に適用する影響検討ケース・・・・・・・・ 資料 4- (参考) 1-1
参考資料 2 静的地震力に対する耐震評価・・・・・・・・・・・・・・・・ 資料 4- (参考) 2-1

 : 記載適正化範囲

5. 評価結果

5.1 地震応答解析結果

地震応答解析結果として、「層間変形角時刻歴波形」，断面力に対し照査を行っている項目のうち最も厳しい照査値に対する「断面力分布」，曲げ・軸力系の破壊に対する照査及びせん断破壊に対する照査で最大照査値を示すケースの地盤の「最大せん断ひずみ分布」を記載する。なお，断面力分布は単位奥行きあたりの断面力を図示する。

5.1.1 解析ケースと照査値

耐震評価においては、「資料 1 屋外重要土木構造物の耐震安全性評価について」のうち「10. 屋外重要土木構造物等の耐震評価における追加解析ケースの選定」に基づき，すべての基準地震動 S_s に対して実施するケース①において，曲げ・軸力系の破壊，せん断破壊及び基礎地盤の支持力照査において，照査値が 0.5 を超えるすべての照査項目に対して，最も厳しい（許容限界に対する裕度が最も小さい）地震動を用いて，ケース②～④を実施する。

また，上記解析ケースの結果を踏まえ，更に照査値が大きくなる可能性がある場合は，追加解析を実施する。

以下に，原子炉機器冷却海水配管ダクトの曲げ・軸力系に対する照査及びせん断破壊に対する照査結果を示す。なお，評価位置を図 5-1 に示す。

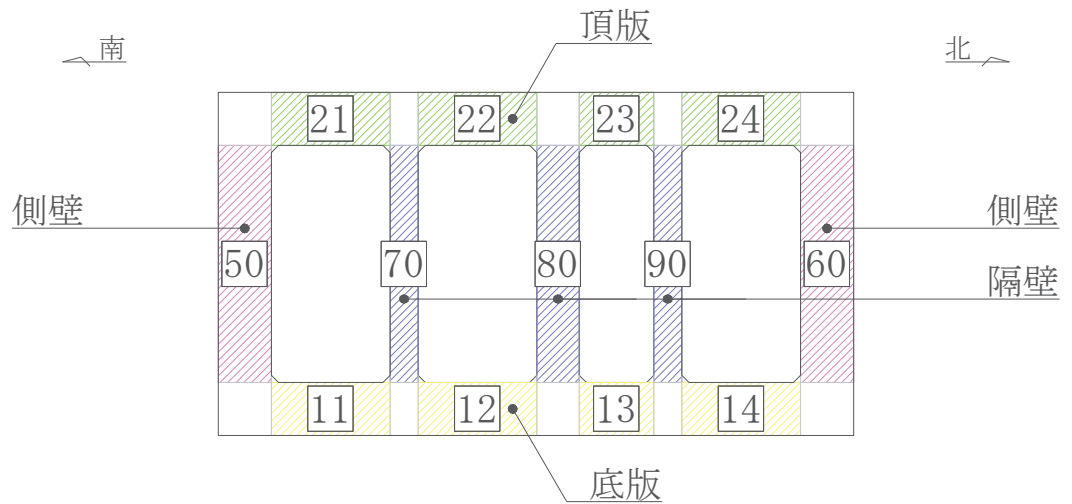


図 5-1 評価位置図

(1) 曲げ・軸力系の破壊に対する照査

表 5-1 に曲げ・軸力系の破壊に対する照査の実施ケースと照査値を示す。

曲げ・軸力系の破壊に対する照査は、限界層間変形角又は降伏曲げモーメントを許容限界とする。なお、詳細については、「5.2.1 曲げ・軸力系の破壊に対する評価結果」に示す。

曲げ・軸力系の破壊に対する照査値は、ばらつきを考慮しても 0.71 であり、要求機能を満足していると評価できる。

表 5-1 曲げ・軸力系の破壊に対する照査の実施ケースと照査値

地震動		曲げ・軸力系の破壊に対する照査*1, 2			
		①	②	③	④
S s - D 1	++	0.56			
	-+	0.56			
S s - D 2	++	0.54			
	-+	0.54			
S s - D 3	++	0.53			
	-+	0.52			
S s - F 1	++	0.53			
	-+	0.53			
S s - F 2	++	0.55			
	-+	0.56			
S s - F 3	++	0.53			
	-+	0.51			
S s - N 1	++	0.57	0.56	0.71	0.69
	-+	0.57		0.70	

注記*1：照査値は、構造強度を有することに対する評価結果（層間変形角）と S クラスの施設を支持する機能に対する評価結果（曲げモーメント）の厳しい方を記載。

*2：赤枠は、前述図 3-22 のフローに基づき、解析ケース②～④を実施する地震動の基本ケース①の照査値を示す。

(2) せん断破壊に対する照査

表 5-2 にせん断破壊に対する照査の実施ケースと照査値を示す。

せん断破壊に対する照査は、せん断耐力を許容限界とする。

せん断破壊に対する照査に用いるせん断耐力は、せん断耐力式により算定しているが、照査値が 1.0 を超えるケースについては、構造部材の形状、作用荷重及び鉄筋コンクリートの非線形特性を踏まえた材料非線形解析を実施することにより、より高い精度でせん断耐力を求め照査を行っている。

CCb 工法を適用する部材の照査値は、せん断耐力式に CCb の定着効果を考慮したものであり、保守性を有した設計としている。一方、CCb 工法を適用していない部材に採用している材料非線形解析により算定したせん断耐力による照査値は、精緻かつ最も裕度が無い状態の設計となる。そのため、材料非線形解析による照査のうち最も厳しい地震動を用いて、地盤物性及び材料物性のばらつきケースを実施する。

参考として、材料非線形解析によりせん断耐力を求めた照査値については、せん断耐力式による照査値を併記する。また、CCb 工法を適用する部材については、設計上の配慮として設定した、照査値をおおむね 0.8 程度に抑えられているのかを確認するため、せん断耐力式による照査値が 0.8 を超える解析ケースに対して、CCb 工法を適用する部材位置の照査値を併記する。

なお、詳細については、「5.2.2 せん断破壊に対する評価結果」に示す。

せん断破壊に対する照査値は、より高い精度でせん断耐力を評価する材料非線形解析による照査を用い、ばらつきを考慮しても 0.60 であり、要求機能を満足していると評価できる。

表 5-2(1) せん断破壊に対する照査の実施ケースと照査値 (頂版*1, 2)

地震動 \ 解析ケース		せん断破壊に対する照査			
		①	②	③	④
S _s -D1	++	0.60			
	-+	0.61			
S _s -D2	++	0.60			
	-+	0.62			
S _s -D3	++	0.58			
	-+	0.57			
S _s -F1	++	0.52			
	-+	0.58			
S _s -F2	++	0.55			
	-+	0.57			
S _s -F3	++	0.59			
	-+	0.55			
S _s -N1	++	0.62	0.56	0.72	0.68
	-+	0.56			

注：せん断耐力式による照査値を示す。

注記*1：評価位置は図 5-2 に示す。

注記*2：頂版は，CCb 工法を適用していない。

表 5-2(2) せん断破壊に対する照査の実施ケースと照査値 (側壁*1, 2)

地震動		解析ケース		せん断破壊に対する照査			
				①	②	③	④
S s - D 1	++			0.49			
	-+			0.44			
S s - D 2	++			0.50			
	-+			0.48			
S s - D 3	++			0.41			
	-+			0.41			
S s - F 1	++			0.50			
	-+			0.44			
S s - F 2	++			0.50			
	-+			0.46			
S s - F 3	++			0.44			
	-+			0.48			
S s - N 1	++			0.48	0.43	0.64	0.55
	-+			0.56			

注：せん断耐力式による照査値を示す。

注記*1：評価位置は図 5-2 に示す。

注記*2：側壁は、CCb 工法を適用していない。

表 5-2(3) せん断破壊に対する照査の実施ケースと照査値 (隔壁*^{1, 2})

地震動		解析ケース			
		せん断破壊に対する照査* ^{3, 5}			
		①	②	③	④
S _s -D1	++	0.71			
	-+	0.68			
S _s -D2	++	0.67			
	-+	0.68			
S _s -D3	++	0.61			
	-+	0.59			
S _s -F1	++	0.62			
	-+	0.64			
S _s -F2	++	0.65			
	-+	0.64			
S _s -F3	++	0.62			
	-+	0.63			
S _s -N1	++	0.83 【0.25】	0.69	0.60* ⁴ (1.04) 【0.32】	0.96 【0.29】
	-+	0.76			

注記*1：評価位置は図 5-2 に示す。

*2：図 5-2 に示す隔壁 80 に Ccb 工法を適用する。

*3：赤枠は、前述図 3-22 のフローに基づき、解析ケース②～④を実施する地震動の基本ケース①の照査値を示す。

*4：材料非線形解析によるせん断耐力を用いた照査値を示す。なお、() 内に記載の数値は、せん断耐力式による照査値を示す。

*5：Ccb 工法を適用する部材における最大照査値を【 】内に示す。

凡例

() : せん断耐力式による
照査値

【 】 : Ccb 工法を適用する
部材における最大照査値

表 5-2(4) せん断破壊に対する照査の実施ケースと照査値 (底版*1)

地震動		解析ケース		せん断破壊に対する照査*2			
		①	②	③	④		
S s - D 1	++	0.43					
	-+	0.40					
S s - D 2	++	0.42					
	-+	0.44					
S s - D 3	++	0.40					
	-+	0.40					
S s - F 1	++	0.38					
	-+	0.37					
S s - F 2	++	0.39					
	-+	0.36					
S s - F 3	++	0.40					
	-+	0.44					
S s - N 1	++	0.37	0.36	0.44	0.45		
	-+	0.39					

注：せん断耐力式による照査値を示す。

注記*1：評価位置は図 5-2 に示す。

*2：底版は、CCb 工法を適用していない。

(3) 基礎地盤の支持性能に対する照査

表 5-3 に基礎地盤の支持性能に対する照査の実施ケースと照査値を示す。

基礎地盤の支持性能に対する照査は、極限支持力及び支圧強度を許容限界とする。なお、詳細については、「5.3 基礎地盤の支持性能に対する評価結果」に示す。

基礎地盤の支持性能に対する照査は、ばらつきを考慮しても極限支持力に基づく許容限界に対して 0.5 未満であり、要求機能を満足していると評価できる。

表 5-3 基礎地盤の支持性能に対する照査の実施ケースと照査値

地震動		基礎地盤の支持性能に対する照査*			
		①	②	③	④
S s - D 1	++	0.15			
	-+	0.15			
S s - D 2	++	0.16			
	-+	0.15			
S s - D 3	++	0.14			
	-+	0.14			
S s - F 1	++	0.13			
	-+	0.13			
S s - F 2	++	0.15			
	-+	0.13			
S s - F 3	++	0.14			
	-+	0.14			
S s - N 1	++	0.14	0.13	0.20	0.13
	-+	0.17			


注記*：基礎地盤（狐崎部層）に対する評価結果と MMR（既設）に対する評価結果（接地圧）の厳しい方を記載。

資料5 原子炉機器冷却海水配管ダクト（鉛直部）の耐震安全性評価

目 次

1. 評価方法	資料 5-1
2. 評価条件	資料 5-1
2.1 適用規格	資料 5-1
2.2 構造及び補強の概要	資料 5-4
2.3 耐震評価フロー	資料 5-16
2.4 地震時荷重算出断面の選定	資料 5-19
2.5 使用材料及び材料の物性値	資料 5-24
2.6 地盤物性値	資料 5-24
2.7 評価構造物諸元	資料 5-29
2.8 地下水位	資料 5-32
3. 地震応答解析	資料 5-34
3.1 地震応答解析手法	資料 5-34
3.2 地震応答解析モデルの設定	資料 5-37
3.2.1 解析モデル領域	資料 5-37
3.2.2 境界条件	資料 5-39
3.2.3 構造物のモデル化	資料 5-44
3.2.4 隣接構造物のモデル化	資料 5-45
3.2.5 地盤及び MMR のモデル化	資料 5-45
3.2.6 ジョイント要素の設定	資料 5-45
3.3 減衰定数	資料 5-51
3.4 荷重の組合せ	資料 5-59
3.4.1 機器・配管荷重	資料 5-60
3.4.2 外水圧	資料 5-64
3.4.3 積載荷重	資料 5-64
3.5 地震応答解析の解析ケース	資料 5-65
3.5.1 耐震評価における解析ケース	資料 5-65
4. 二次元構造解析	資料 5-71
4.1 評価対象部材	資料 5-71
4.2 解析方法	資料 5-73
4.3 解析モデルの諸元	資料 5-73
4.3.1 解析モデル	資料 5-73
4.3.2 使用材料及び材料の物性値	資料 5-76
4.4 入力荷重	資料 5-76
4.4.1 常時荷重	資料 5-77
4.4.2 慣性力	資料 5-83
4.4.3 地震時土圧及び周面せん断力	資料 5-86
5. 評価内容	資料 5-89

5.1	入力地震動の設定	資料 5-89
5.2	許容限界の設定	資料 5-118
5.2.1	鉄筋コンクリート部材の健全性に対する許容限界	資料 5-118
5.2.2	鋼材の健全性に対する許容限界	資料 5-143
5.2.3	基礎地盤の支持性能に対する許容限界	資料 5-145
6	評価結果	資料 5-146
6.1	地震応答解析結果	資料 5-146
6.1.1	解析ケースと照査値	資料 5-146
6.1.2	作用荷重分布図	資料 5-166
6.1.3	最大せん断ひずみ分布	資料 5-168
6.2	二次元構造解析結果	資料 5-173
6.2.1	曲げ・軸力系の破壊に対する照査	資料 5-173
6.2.2	せん断破壊に対する照査	資料 5-190
6.3	構造部材の健全性に対する評価結果	資料 5-197
6.3.1	曲げ・軸力系の破壊に対する評価結果	資料 5-197
6.3.2	せん断破壊に対する評価結果	資料 5-256
6.4	基礎地盤の支持性能に対する評価結果	資料 5-306
7.	まとめ	資料 5-307

 : 記載適正化範囲

参考資料

- 参考資料 1 津波に対する止水機能を有する施設の評価について・・・資料 5- (参考) 1-1
- 参考資料 2 静的地震力に対する評価結果・・・資料 5- (参考) 2-1
- 参考資料 3 側壁新設部と既設部の接合方法について・・・資料 5- (参考) 3-1
- 参考資料 4 地震応答解析モデルの検証について・・・資料 5- (参考) 4-1
- 参考資料 5 頂版及び底版における側壁の端部モーメントの影響について・・・資料 5- (参考) 5-1
- 参考資料 6 鋼材端部を固定境界とした場合の照査結果・・・資料 5- (参考) 6-1
- 参考資料 7 防潮壁と海水配管ダクト（鉛直部）の相互影響・・・資料 5- (参考) 7-1
- 参考資料 8 耐震評価における地震時荷重の設定の考え方・・・資料 5- (参考) 8-1

6 評価結果

6.1 地震応答解析結果

地震応答解析結果として、曲げ・軸力系の破壊に対する照査及びせん断破壊に対する照査のうち最大照査値となる地震動・解析ケースの「作用荷重分布図」、曲げ・軸力系の破壊に対する照査及びせん断破壊に対する照査で最大照査値となる地震動・解析ケースの「最大せん断ひずみ」を記載する。

6.1.1 解析ケースと照査値

耐震評価においては、「資料1 屋外重要土木構造物の耐震安全性評価について」のうち「10. 屋外重要土木構造物等の耐震評価における追加解析ケースの選定」に基づき、すべての基準地震動 S_s に対して実施するケース①において、曲げ・軸力系の破壊及びせん断破壊の照査において、照査値が0.5を超えるすべての照査項目に対して、最も厳しい（許容限界に対する裕度が最も小さい）地震動を用いて、ケース②～④を実施する。

また、上記解析ケースの結果を踏まえ、更に照査値が大きくなる可能性がある場合は、追加解析を実施する。

(1) 断面①

以下に断面①の曲げ・軸力系の破壊に対する照査及びせん断破壊に対する照査結果を示す。なお、部材の評価位置を図6-1に示す。

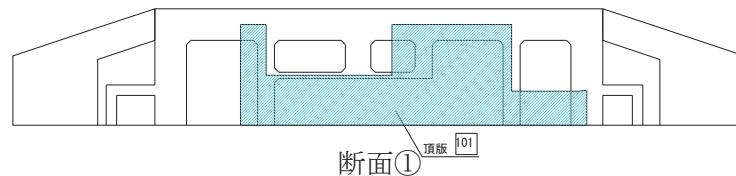


図6-1 評価位置図

a. 曲げ・軸力系の破壊に対する照査

表 6-1 に曲げ・軸力系の破壊に対する照査の実施ケースと照査値を示す。

曲げ・軸力系の破壊に対する照査は、短期許容応力度を許容限界とする。なお、詳細については、「6.3.1 曲げ・軸力系の破壊に対する評価結果」のうち「(1) 断面①」に示す。

曲げ・軸力系の破壊に対する照査値は、ばらつきを考慮しても、保守的な許容限界である短期許容応力度に対して 0.5 未満であり、要求機能を満足していると評価できる。

表 6-1 曲げ・軸力系の破壊に対する照査の実施ケースと照査値
(断面①：頂版) *

解析ケース 地震動		曲げ・軸力系の破壊に対する照査			
		①	②	③	④
S s - D 1	++	0.41			
	-+	0.40			
S s - D 2	++	0.44			
	-+	0.46	0.43	0.48	0.48
S s - D 3	++	0.36			
	-+	0.36			
S s - F 1	++	0.30			
	-+	0.30			
S s - F 2	++	0.35			
	-+	0.30			
S s - F 3	++	0.42			
	-+	0.36			
S s - N 1	++	0.38			
	-+	0.35			

注記*：部材位置を図 6-1 に示す。

b. せん断破壊に対する照査

表 6-2 にせん断破壊に対する照査の実施ケースと照査値を示す。

せん断破壊に対する照査は、短期許容応力度を許容限界とする。なお、詳細については、「6.3.2 せん断破壊に対する評価結果」のうち「(1) 断面①」に示す。

せん断破壊に対する照査値は、ばらつきを考慮しても 0.94 であり、要求機能を満足していると評価できる。

表 6-2 せん断破壊に対する照査の実施ケースと照査値（断面①：頂版）*1

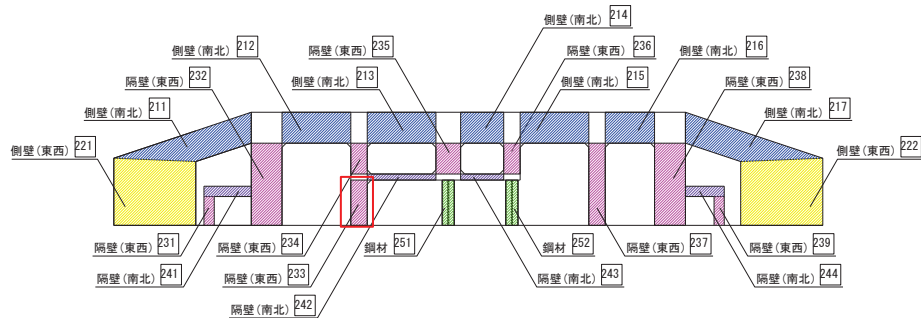
解析ケース 地震動		せん断破壊に対する照査*2			
		①	②	③	④
S s - D 1	++	0.78			
	-+	0.77			
S s - D 2	++	0.85			0.83
	-+	0.88	0.83	0.91	0.94
S s - D 3	++	0.70			
	-+	0.67			
S s - F 1	++	0.56			
	-+	0.56			
S s - F 2	++	0.67			
	-+	0.56			
S s - F 3	++	0.80			
	-+	0.69			
S s - N 1	++	0.72			
	-+	0.66			

注記*1：部材位置を図 6-1 に示す。

*2：赤枠は、前述図 3-23 のフローに基づき、解析ケース②～④を実施する地震動の基本ケース①の照査値を示す。

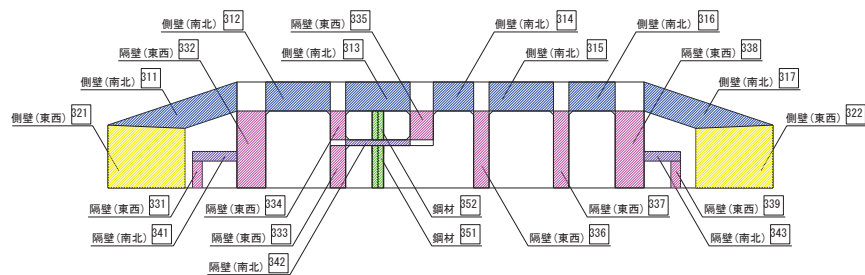
(2) 断面②～⑤

断面②～⑤の曲げ・軸力系の破壊に対する照査及びせん断破壊に対する照査結果を示す。なお、部材の評価位置を図6-2に示す。

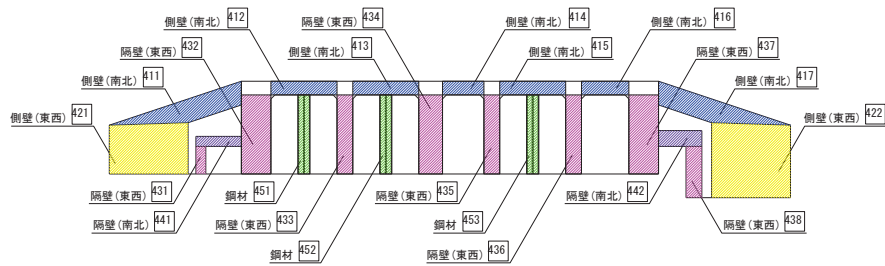


注記*：赤枠はCCb工法を適用している部材を示す。

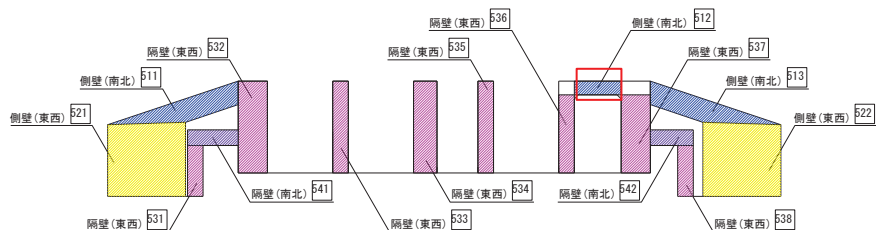
断面②



断面③



断面④



断面⑤

注記*：赤枠はCCb工法を適用している部材を示す。

図6-2 評価部位

a. 曲げ・軸力系の破壊に対する照査（鉄筋コンクリート部材）

表 6-3 に曲げ・軸力系の破壊に対する照査（鉄筋コンクリート部材）の実施ケースと照査値を示す。曲げ・軸力系の破壊に対する照査（鉄筋コンクリート部材）は、限界ひずみを許容限界とする。

表 6-4 に曲げ・軸力系の破壊に対する照査（鋼材）の実施ケースと照査値を示す。曲げ・軸力系の破壊に対する照査（鋼材）は、短期許容応力度を許容限界とする。

なお、これらの詳細については、「6.3.1 曲げ・軸力系の破壊に対する評価結果」のうち「(2)断面②～⑤」に示す。

鉄筋コンクリート部材の照査値は、ばらつきを考慮しても 0.91 であり、要求機能を満足していると評価できる。

鋼材の照査においては、ばらつきの考慮により照査値が基本ケースから最大 0.02 程度増加することを考慮しても、最大照査値が基本ケースの 0.63 であることは、全ての地震動に対して要求機能を満足していると評価できる。

表 6-3(1) 曲げ・軸力系の破壊に対する照査の実施ケースと照査値（鉄筋コンクリート部材）
 （断面②～⑤：側壁（南北））*1

解析ケース 地震動		曲げ・軸力系の破壊に対する照査*2, 3 （鉄筋コンクリート部材）			
		①	②	③	④
S s - D 1	++	0.74			
	-+	0.71			
S s - D 2	++	0.74	0.76	0.70	0.72
	-+	0.79		0.76	
S s - D 3	++	0.68			
	-+	0.69			
S s - F 1	++	0.60			
	-+	0.64			
S s - F 2	++	0.70			
	-+	0.71			
S s - F 3	++	0.67			
	-+	0.67			
S s - N 1	++	0.69			
	-+	0.84	0.79	0.91	0.79

注記*1：部材位置を図 6-2 に示す。

*2：照査値は、構造強度を有することに対する評価結果と S クラスの施設を支持する機能に対する評価結果の厳しい方を記載。

*3：赤枠は、前述図 3-23 のフローに基づき、解析ケース②～④を実施する地震動の基本ケース①の照査値を示す。

表 6-3(2) 曲げ・軸力系の破壊に対する照査の実施ケースと照査値（鉄筋コンクリート部材）
 （断面②～⑤：側壁（東西））*1

解析ケース 地震動		曲げ・軸力系の破壊に対する照査*2 （鉄筋コンクリート部材）			
		①	②	③	④
S s - D 1	++	0.61			
	-+	0.61			
S s - D 2	++	0.60	0.61	0.57	0.53
	-+	0.59			
S s - D 3	++	0.54			
	-+	0.52			
S s - F 1	++	0.47			
	-+	0.44			
S s - F 2	++	0.52			
	-+	0.52			
S s - F 3	++	0.54			
	-+	0.55			
S s - N 1	++	0.52			
	-+	0.53	0.53	0.56	0.47

注記*1：部材位置を図 6-2 に示す。

*2：照査値は、構造強度を有することに対する評価結果と S クラスの施設を支持する機能に対する評価結果の厳しい方を記載。

表 6-3(3) 曲げ・軸力系の破壊に対する照査の実施ケースと照査値（鉄筋コンクリート部材）
 （断面②～⑤：隔壁（南北））*1

解析ケース 地震動		曲げ・軸力系の破壊に対する照査*2 （鉄筋コンクリート部材）			
		①	②	③	④
S s - D 1	++	0.52			
	-+	0.59			
S s - D 2	++	0.52	0.51	0.54	0.49
	-+	0.51			
S s - D 3	++	0.48			
	-+	0.49			
S s - F 1	++	0.42			
	-+	0.39			
S s - F 2	++	0.51			
	-+	0.48			
S s - F 3	++	0.49			
	-+	0.57			
S s - N 1	++	0.54			
	-+	0.45	0.45	0.47	0.45

注記*1：部材位置を図 6-2 に示す。

*2：照査値は、構造強度を有することに対する評価結果と S クラスの施設を支持する機能に対する評価結果の厳しい方を記載。

表 6-3(4) 曲げ・軸力系の破壊に対する照査の実施ケースと照査値（鉄筋コンクリート部材）
 （断面②～⑤：隔壁（東西））*1

解析ケース 地震動		曲げ・軸力系の破壊に対する照査*2 （鉄筋コンクリート部材）			
		①	②	③	④
S s - D 1	++	0.53			
	-+	0.52			
S s - D 2	++	0.54	0.55	0.51	0.56
	-+	0.52			
S s - D 3	++	0.46			
	-+	0.46			
S s - F 1	++	0.43			
	-+	0.44			
S s - F 2	++	0.51			
	-+	0.51			
S s - F 3	++	0.45			
	-+	0.46			
S s - N 1	++	0.46			
	-+	0.53	0.53	0.58	0.55

注記*1：部材位置を図 6-2 に示す。

*2：照査値は，構造強度を有することに対する評価結果と S クラスの施設を支持する機能に対する評価結果の厳しい方を記載。

表 6-4 曲げ・軸力系の破壊に対する照査の実施ケースと照査値（鋼材）
 (断面②～④) *1

解析ケース 地震動		曲げ・軸力系の破壊に対する照査*2 (鋼材)			
		①	②	③	④
S s - D 1	++	0.53			
	-+	0.63			
S s - D 2	++	0.59	0.58	0.61	0.55
	-+	0.61			
S s - D 3	++	0.57			
	-+	0.61			
S s - F 1	++	0.53			
	-+	0.43			
S s - F 2	++	0.55			
	-+	0.48			
S s - F 3	++	0.61			
	-+	0.63			
S s - N 1	++	0.61			
	-+	0.44	0.41	0.43	0.33

注記*1：部材位置を図 6-2 に示す。

注記*2：照査値は，応力の照査と座屈に対する安定の照査のうち厳しい方を記載。

b. せん断破壊に対する照査

表 6-5 にせん断破壊に対する照査の実施ケースと照査値を示す。

せん断破壊に対する照査は、せん断耐力を許容限界とする。せん断破壊に対する照査に用いるせん断耐力は、せん断耐力式により算定しているが、照査値が 1.0 を超えるケースについては、構造部材の形状、作用荷重及び鉄筋コンクリートの非線形特性を踏まえた材料非線形解析を実施することにより、より高い精度でせん断耐力を求め照査を行っている。

CCb 工法を適用する部材の照査値は、せん断耐力式に CCb の定着効果を考慮したものであり、保守性を有した設計としている。一方、CCb 工法を適用していない部材に採用している材料非線形解析により算定したせん断耐力による照査値は、精緻かつ最も裕度が無い状態の設計となる。そのため、材料非線形解析による照査のうち最も厳しい地震動を用いて、地盤物性及び材料物性のばらつきケースを実施する。

参考として、材料非線形解析によりせん断耐力を求めた照査値については、せん断耐力式による照査値を併記する。また、CCb 工法を適用する部材については、設計上の配慮として設定した、照査値をおおむね 0.8 程度に抑えられているのかを確認するため、せん断耐力式による照査値が 0.8 を超える解析ケースに対して、CCb 工法を適用する部材位置の照査値を併記する。

なお、詳細については、「6.3.2 せん断破壊に対する評価結果」のうち「(2) 断面②～⑤」に示す。

鉄筋コンクリート部材の照査値は、より高い精度でせん断耐力を評価する材料非線形解析による照査を用い、ばらつきを考慮しても 0.90 であり、要求機能を満足していると評価できる。

表 6-5(1) せん断破壊に対する照査の実施ケースと照査値（鉄筋コンクリート部材）
 (断面②～⑤：側壁（南北*¹））*²

解析ケース 地震動		せん断破壊に対する照査* ⁴			
		①	②	③	④
S s - D 1	++	0.43* ³ (1.36) 【0.46】			
	-+	0.55* ³ (1.12) 【0.41】			
S s - D 2	++	0.59* ³ (1.05) 【0.41】	0.64* ³ (1.15) 【0.47】	0.54* ³ (1.06) 【0.38】	0.57* ³ (1.66) 【0.41】
	-+	0.53* ³ (1.09) 【0.55】			
S s - D 3	++	0.46* ³ (1.18) 【0.45】			
	-+	0.52* ³ (1.06) 【0.43】			
S s - F 1	++	0.44* ³ (1.13) 【0.35】			
	-+	0.43* ³ (1.06) 【0.40】			

注記*1：図 6-19 に示す側壁（南北）512 に Ccb 工法を適用する。

*2：部材位置を図 6-2 に示す。

*3：材料非線形解析によるせん断耐力を用いた照査値を示す。なお、() 内に記載の数値は、せん断耐力式による照査値を示す。

*4：Ccb 工法を適用する部材における最大照査値を【 】内に示す。

凡例

() : せん断耐力式による照査値

【 】 : Ccb 工法を適用する部材における最大照査値

表 6-5(2) せん断破壊に対する照査の実施ケースと照査値（鉄筋コンクリート部材）
 （断面②～⑤：側壁（南北*1））*2

解析ケース 地震動		せん断破壊に対する照査*4			
		①	②	③	④
S s - F 2	++	0.45*3 (1.15) 【0.36】			
	-+	0.40*3 (1.26) 【0.38】			
S s - F 3	++	0.39*3 (1.23) 【0.46】			
	-+	0.51*3 (1.05) 【0.43】			
S s - N 1	++	0.57*3 (1.16) 【0.36】			
	-+	0.61*3 (1.07) 【0.59】	0.62*3 (1.09) 【0.48】	0.65*3 (1.16) 【0.62】	0.50*3 (1.57) 【0.56】

注記*1：図 6-19 に示す側壁（南北）512 に Ccb 工法を適用する。

*2：部材位置を図 6-2 に示す。

*3：材料非線形解析によるせん断耐力を用いた照査値を示す。なお、（ ）内に記載の数值は、せん断耐力式による照査値を示す。

*4：Ccb 工法を適用する部材における最大照査値を【 】内に示す。

凡例
（ ）：せん断耐力式による照査値
【 】：Ccb 工法を適用する部材における最大照査値

表 6-5(3) せん断破壊に対する照査の実施ケースと照査値（鉄筋コンクリート部材）
 （断面②～⑤：側壁（東西*1））*2

解析ケース 地震動		せん断破壊に対する照査			
		①	②	③	④
S s - D 1	++	0.70			
	-+	0.72			
S s - D 2	++	0.71	0.72	0.71	0.72
	-+	0.70			
S s - D 3	++	0.63			
	-+	0.66			
S s - F 1	++	0.60			
	-+	0.60			
S s - F 2	++	0.70			
	-+	0.69			
S s - F 3	++	0.61			
	-+	0.65			
S s - N 1	++	0.72			
	-+	0.68	0.68	0.72	0.68

注：せん断耐力式による照査値を示す。

注記*1：側壁（東西）は，CCb工法を適用していない。

*2：部材位置を図6-2に示す。

表 6-5(4) せん断破壊に対する照査の実施ケースと照査値 (鉄筋コンクリート部材)
(断面②~⑤: 隔壁 (南北*1)) *2

解析ケース 地震動		せん断破壊に対する照査			
		①	②	③	④
S s - D 1	++	0.43* ³ (-)			
	-+	0.51* ³ (-)			
S s - D 2	++	0.46* ³ (-)	0.46* ³ (-)	0.47* ³ (-)	0.42* ³ (-)
	-+	0.45* ³ (-)			
S s - D 3	++	0.41* ³ (-)			
	-+	0.43* ³ (-)			
S s - F 1	++	0.37* ³ (-)			
	-+	0.34* ³ (-)			
S s - F 2	++	0.41* ³ (-)			
	-+	0.36* ³ (-)			
S s - F 3	++	0.43* ³ (-)			
	-+	0.47* ³ (-)			
S s - N 1	++	0.41* ³ (-)			
	-+	0.34* ³ (-)	0.34* ³ (-)	0.34* ³ (-)	0.30* ³ (-)

注記*1: 隔壁 (南北) は, CCb 工法を適用していない。

*2: 部材位置を図 6-2 に示す。

*3: 材料非線形解析によるせん断耐力を用いた照査値を示す。なお, () 内に記載の数値は, せん断耐力式による照査値を示す。「-」は, せん断補強筋が無い部材における引張軸力の発生を示す。

凡例

() : せん断耐力式による照査値

表 6-5(5) せん断破壊に対する照査の実施ケースと照査値（鉄筋コンクリート部材）
 （断面②～⑤：隔壁（東西*1））*2

解析ケース 地震動		せん断破壊に対する照査*3,5			
		①	②	③	④
S s - D 1	++	0.64*4 (1.12) 【0.54】			
	-+	0.75*4 (1.07) 【0.50】			
S s - D 2	++	0.77*4 (1.19) 【0.56】	0.80*4 (1.19) 【0.56】	0.74*4 (1.08) 【0.51】	0.90*4 (1.43) 【0.71】
	-+	0.76*4 (1.12) 【0.52】			0.86*4 (1.35)
S s - D 3	++	0.56*4 (1.16) 【0.45】			
	-+	0.58*4 (1.22) 【0.45】			
S s - F 1	++	0.53*4 (1.11) 【0.46】			
	-+	0.51*4 (1.13) 【0.45】			

注記*1：図 6-13 示す隔壁（東西）233 に Ccb 工法を適用する。

*2：部材位置を図 6-2 に示す。

*3：赤枠は、前述図 3-23 のフローに基づき、解析ケース②～④を実施する地震動の基本ケース①の照査値を示す。

*4：材料非線形解析によるせん断耐力を用いた照査値を示す。なお、（ ）内に記載の数値は、せん断耐力式による照査値を示す。

*5：Ccb 工法を適用する部材における最大照査値を【 】内に示す。

凡例

（ ）：せん断耐力式による照査値

【 】：Ccb 工法を適用する部材における最大照査値

表 6-5(6) せん断破壊に対する照査の実施ケースと照査値（鉄筋コンクリート部材）
 （断面②～⑤：隔壁（東西*¹））*²

解析ケース 地震動		せん断破壊に対する照査* ⁴			
		①	②	③	④
S s - F 2	++	0.68* ³ (1.02) 【0.49】			
	-+	0.66* ³ (1.01) 【0.48】			
S s - F 3	++	0.66* ³ (1.01) 【0.47】			
	-+	0.55* ³ (1.25) 【0.47】			
S s - N 1	++	0.67* ³ (1.35) 【0.47】			
	-+	0.70* ³ (1.12) 【0.53】	0.72* ³ (1.12) 【0.55】	0.74* ³ (1.11) 【0.55】	0.86* ³ (1.34) 【0.64】

注記*1：図 6-13 に示す隔壁（東西）233 に Ccb 工法を適用する。

*2：部材位置を図 6-2 に示す。

*3：材料非線形解析によるせん断耐力を用いた照査値を示す。なお、（ ）内に記載の数值は、せん断耐力式による照査値を示す。

*4：Ccb 工法を適用する部材における最大照査値を【 】内に示す。

凡例

（ ）：せん断耐力式による照査値

【 】：Ccb 工法を適用する部材における最大照査値

(3) 断面⑥

以下に断面⑥の曲げ・軸力系の破壊に対する照査及びせん断破壊に対する照査結果を示す。なお、部材の評価位置を図6-3に示す。

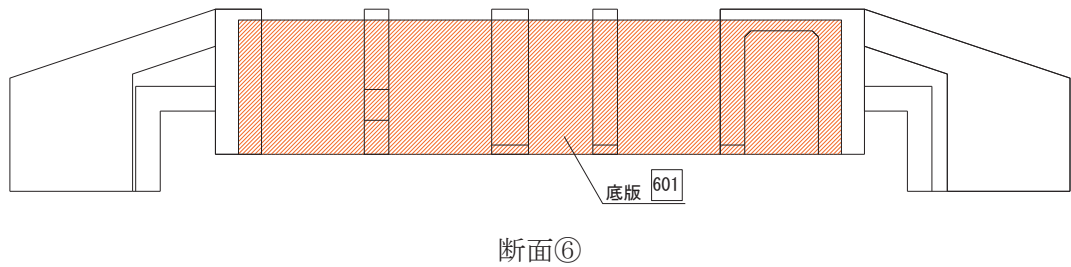


図6-3 評価位置図

a. 曲げ・軸力系の破壊に対する照査

表 6-6 に曲げ・軸力系の破壊に対する照査の実施ケースと照査値を示す。

曲げ・軸力系の破壊に対する照査は、短期許容応力度を許容限界とする。なお、詳細については、「6.3.1 曲げ・軸力系の破壊に対する評価結果」のうち「(3) 断面⑥」に示す。

曲げ・軸力系の破壊に対する照査値は、ばらつきを考慮しても 0.89 であり、要求機能を満足していると評価できる。

表 6-6 曲げ・軸力系の破壊に対する照査の実施ケースと照査値

(断面⑥：底版) *1

地震動		曲げ・軸力系の破壊に対する照査*2			
		①	②	③	④
S s - D 1	++	0.76			
	-+	0.75			
S s - D 2	++	0.79			
	-+	0.72			
S s - D 3	++	0.63			
	-+	0.69			
S s - F 1	++	0.64			
	-+	0.62			
S s - F 2	++	0.81	0.76	0.89	0.82
	-+	0.80		0.80	
S s - F 3	++	0.60			
	-+	0.61			
S s - N 1	++	0.78	0.76	0.82	0.80
	-+	0.74			

注記*1：部材位置を図 6-3 に示す。

*2：赤枠は、前述図 3-23 のフローに基づき、解析ケース②～④を実施する地震動の基本ケース①の照査値を示す。

b. せん断破壊に対する照査

表 6-7 にせん断破壊に対する照査の実施ケースと照査値を示す。

せん断破壊に対する照査は、短期許容応力度を許容限界とする。なお、詳細については、「6.3.2 せん断破壊に対する評価結果」のうち「(3) 断面⑥」に示す。

せん断破壊に対する照査値は、ばらつきを考慮しても 0.78 であり、要求機能を満足していると評価できる。

表 6-7 せん断破壊に対する照査の実施ケースと照査値（断面⑥：底版）*1

地震動		せん断破壊に対する照査*2			
		①	②	③	④
S s - D 1	++	0.66			
	-+	0.64			
S s - D 2	++	0.70			
	-+	0.69			
S s - D 3	++	0.64			
	-+	0.67			
S s - F 1	++	0.61			
	-+	0.54			
S s - F 2	++	0.58	0.58	0.58	0.58
	-+	0.59			
S s - F 3	++	0.66			
	-+	0.69			
S s - N 1	++	0.78	0.77	0.70	0.78
	-+	0.58			

注記*1：部材位置を図 6-3 に示す。

*2：赤枠は、前述図 3-23 のフローに基づき、解析ケース②～④を実施する地震動の基本ケース①の照査値を示す。

資料7 軽油タンク室の耐震安全性評価


目 次

1. 評価方法	資料 7-1
2. 評価条件	資料 7-1
2.1 適用規格	資料 7-1
2.2 構造及び補強の概要	資料 7-4
2.3 耐震評価フロー	資料 7-11
2.4 地震時荷重算出断面の選定	資料 7-16
2.5 使用材料及び材料の物性値	資料 7-19
2.6 地盤物性値	資料 7-19
2.7 評価構造物諸元	資料 7-23
2.8 地下水位	資料 7-25
3. 地震応答解析	資料 7-27
3.1 地震応答解析手法	資料 7-27
3.2 地震応答解析モデルの設定	資料 7-30
3.2.1 解析モデル領域	資料 7-30
3.2.2 境界条件	資料 7-32
3.2.3 構造物のモデル化	資料 7-38
3.2.4 隣接構造物のモデル化	資料 7-45
3.2.5 地盤及びマンメイドロック (MMR) のモデル化	資料 7-45
3.2.6 ジョイント要素の設定	資料 7-45
3.3 減衰定数	資料 7-50
3.4 荷重の組合せ	資料 7-62
3.4.1 機器・配管荷重	資料 7-63
3.4.2 外水圧	資料 7-66
3.4.3 積載荷重	資料 7-67
3.5 地震応答解析の解析ケース	資料 7-68
3.5.1 耐震評価における解析ケース	資料 7-68
3.5.2 機器・配管系の耐震評価に適用する解析ケース	資料 7-76
4. 三次元構造解析	資料 7-80
4.1 解析手法	資料 7-80
4.2 解析モデルの設定	資料 7-81
4.2.1 構造物のモデル化	資料 7-81
4.2.2 地盤ばね要素	資料 7-84
4.2.3 材料の非線形特性	資料 7-86
4.3 照査時刻の選定	資料 7-91
4.4 入力荷重	資料 7-92
4.4.1 常時荷重	資料 7-94
4.4.2 慣性力	資料 7-96

4.4.3	地震時土圧及び周面せん断力.....	資料 7-97
5.	評価内容	資料 7-98
5.1	入力地震動の設定	資料 7-98
5.2	許容限界の設定	資料 7-127
5.2.1	曲げ・軸力系の破壊に対する許容限界.....	資料 7-127
5.2.2	せん断破壊に対する許容限界.....	資料 7-130
5.2.3	壁部材の面内せん断に対する許容限界.....	資料 7-138
5.2.4	基礎地盤の支持性能に対する許容限界.....	資料 7-139
6.	評価結果	資料 7-140
6.1	地震応答解析結果	資料 7-140
6.1.1	各照査時刻における荷重抽出時刻の算定結果.....	資料 7-141
6.1.2	作用荷重分布	資料 7-144
6.1.3	最大せん断ひずみ分布.....	資料 7-146
6.2	三次元構造解析結果	資料 7-149
6.2.1	解析ケースと照査値	資料 7-152
6.2.2	構造部材のひずみ分布（曲げ・軸力系の破壊に対する照査）	資料 7-163
6.2.3	構造部材の断面力分布（せん断破壊に対する照査）	資料 7-168
6.3	構造部材の健全性に対する評価結果.....	資料 7-175
6.3.1	曲げ・軸力系の破壊に対する評価結果.....	資料 7-175
6.3.2	せん断破壊に対する評価結果.....	資料 7-185
6.3.3	壁部材の面内せん断に対する評価結果.....	資料 7-189
6.3.4	水平2方向載荷による評価結果.....	資料 7-193
6.4	基礎地盤の支持性能に対する評価結果.....	資料 7-196
6.4.1	基礎地盤（狐崎部層）	資料 7-196
6.4.2	MMR（既設）	資料 7-197
7.	まとめ	資料 7-221

参考資料

- 参考資料 1 機器・配管系の耐震評価に適用する影響検討ケース..... 資料 7- (参考) 1-1
参考資料 2 静的地震力に対する耐震評価 資料 7- (参考) 2-1
参考資料 3 断層交差部の影響評価..... 資料 7- (参考) 3-1
参考資料 4 照査時刻の選定の妥当性について..... 資料 7- (参考) 4-1

 : 記載適正化範囲

6.3.4 水平2方向載荷による評価結果

水平2方向載荷による評価は、「3.5 地震応答解析の解析ケース」に示すとおり、すべての基準地震動 S_s に対して実施する解析ケース①及び解析ケース②～④の照査値の中で最大となる地震動に対し実施する。水平2方向載荷の評価において組合せる荷重は、主方向荷重を水平方向及び鉛直方向荷重、従方向荷重を水平方向荷重とし、従方向荷重は主方向荷重での地震時荷重算定時刻と同時刻の荷重を、位相を変えた地震動にて算出した荷重とする。

「6.2 三次元構造解析結果」に示すとおり、せん断破壊に対する照査において、照査値が最大となる解析ケース③の $S_s - D2(++)$ により、水平2方向載荷による評価を実施する。

表6-17～表6-21に水平2方向載荷に対する評価結果を示す。

同表より、コンクリートの圧縮ひずみ、主筋ひずみ、せん断力及び面内せん断ひずみが、それぞれの許容限界を下回ることを確認した。

表6-17 曲げ・軸力系の破壊に対する評価結果（構造強度を有することの確認）
（コンクリートの圧縮縁ひずみ）

評価位置*1		解析ケース	地震動	照査時刻	照査用ひずみ*2 ϵ_d	限界ひずみ ϵ_R	照査値 ϵ_d / ϵ_R
底版	12	③	主方向： $S_s - D2(++)$ 従方向： $S_s - D2$	25.09s	189 μ	10000 μ	0.02
頂版	22				243 μ	10000 μ	0.03
南北壁	41				133 μ	10000 μ	0.02
隔壁(東西)	53				225 μ	10000 μ	0.03
東西壁	61				144 μ	10000 μ	0.02
隔壁(南北)	82				260 μ	10000 μ	0.03
隔壁(西)	90				222 μ	10000 μ	0.03

注記*1：評価位置を図6-11に示す。

*2：照査用ひずみ＝発生ひずみ×構造解析係数 γ_a

表 6-18 曲げ・軸力系の破壊に対する評価結果

(Sクラスの施設を支持する機能を損なわないことの確認) (コンクリートの圧縮ひずみ)

評価位置*1		解析ケース	地震動	照査時刻	照査用ひずみ*2 ϵ_d	限界ひずみ ϵ_R	照査値 ϵ_d / ϵ_R
底版	12	③	主方向：S _s -D ₂ (++) 従方向：S _s -D ₂	25.09s	189 μ	2000 μ	0.10
頂版	22				243 μ	2000 μ	0.13
南北壁	41				133 μ	2000 μ	0.07
隔壁(東西)	53				225 μ	2000 μ	0.12
東西壁	61				144 μ	2000 μ	0.08
隔壁(南北)	82				260 μ	2000 μ	0.13
隔壁(西)	90				222 μ	2000 μ	0.12

注記*1：評価位置を図6-11に示す。

*2：照査用ひずみ=発生ひずみ×構造解析係数 γ_a

表 6-19 曲げ・軸力系の破壊に対する評価結果

(Sクラスの施設を支持する機能を損なわないことの確認) (主筋ひずみ)

評価位置*1		解析ケース	地震動	照査時刻	照査用ひずみ*2 ϵ_d	限界ひずみ ϵ_R	照査値 ϵ_d / ϵ_R
底版	12	③	主方向：S _s -D ₂ (++) 従方向：S _s -D ₂	25.09s	124 μ	1725 μ	0.08
頂版	22				86 μ	1725 μ	0.05
南北壁	41				100 μ	1725 μ	0.06
隔壁(東西)	51				199 μ	1725 μ	0.12
東西壁	72				76 μ	1725 μ	0.05
隔壁(南北)	82				113 μ	1725 μ	0.07
隔壁(西)	90				275 μ	1725 μ	0.16

注記*1：評価位置を図6-11に示す。

*2：照査用ひずみ=発生ひずみ×構造解析係数 γ_a

表 6-20 せん断破壊に対する評価結果

評価位置*1		解析 ケース	地震動	照査 時刻	照査用 せん断力*2	せん断 耐力	照査値
					V_d (kN/m)	$V_{y d}$ (kN/m)	$V_d / V_{y d}$
底版	12	③	主方向： $S_s - D 2$ (++) 従方向： $S_s - D 2$	25.09s	353	585	0.61
頂版	21				137	564	0.25
南北壁	42				559	1395	0.41
隔壁(東西)	53				539	710	0.76
東西壁	72				301	443	0.68
隔壁(南北)	81				36	470	0.08
隔壁(西)	90				51	511	0.10

注記*1：評価位置を図 6-11 に示す。

*2：照査用せん断力＝発生せん断力×構造解析係数 γ_a

表 6-21 壁部材の面内せん断に対する照査

評価位置*1		解析 ケース	地震動	照査 時刻	照査用面内 せん断ひずみ*2	限界せん断 ひずみ	照査値
					ϵ_d	ϵ_R	ϵ_d / ϵ_R
南北壁	30	③	主方向： $S_s - D 2$ (++) 従方向： $S_s - D 2$	25.09s	10 μ	2000 μ	0.01
隔壁(東西)	50				54 μ	2000 μ	0.03
東西壁	72				84 μ	2000 μ	0.05
隔壁(南北)	80				164 μ	2000 μ	0.09
隔壁(西)	90				137 μ	2000 μ	0.07

注記*1：評価位置を図 6-13 に示す。

*2：照査用面内せん断ひずみ＝発生面内せん断ひずみ×構造解析係数 γ_a

資料 8 軽油タンク室 (H) の耐震安全性評価

目次

1.	評価方法	資料 8-1
2.	評価条件	資料 8-1
2.1	適用規格	資料 8-1
2.2	構造の概要	資料 8-3
2.3	耐震評価フロー	資料 8-7
2.4	地震時荷重算出断面の選定	資料 8-12
2.5	使用材料及び材料の物性値	資料 8-14
2.6	地盤物性値	資料 8-14
2.7	評価構造物諸元	資料 8-19
2.8	地下水位	資料 8-21
3.	地震応答解析	資料 8-23
3.1	地震応答解析手法	資料 8-23
3.2	地震応答解析モデルの設定	資料 8-26
3.2.1	解析モデル領域	資料 8-26
3.2.2	境界条件	資料 8-28
3.2.3	構造物のモデル化	資料 8-33
3.2.4	隣接構造物のモデル化	資料 8-38
3.2.5	地盤及びマンメイドロック (MMR) のモデル化	資料 8-38
3.2.6	ジョイント要素の設定	資料 8-39
3.3	減衰定数	資料 8-42
3.4	荷重の組合せ	資料 8-52
3.4.1	機器・配管荷重	資料 8-53
3.4.2	外水圧	資料 8-56
3.4.3	積載荷重	資料 8-57
3.5	地震応答解析の解析ケース	資料 8-58
3.5.1	耐震評価における解析ケース	資料 8-58
3.5.2	機器・配管系の耐震評価に適用する解析ケース	資料 8-64
4.	三次元構造解析	資料 8-68
4.1	解析手法	資料 8-68
4.2	解析モデルの設定	資料 8-69
4.2.1	構造物のモデル化	資料 8-69
4.2.2	地盤ばね要素	資料 8-73
4.3	照査時刻の選定	資料 8-74
4.4	入力荷重	資料 8-75
4.4.1	常時荷重	資料 8-76

4.4.2	慣性力	資料 8-78
4.4.3	地震時土圧及び周面せん断力	資料 8-79
5.	評価内容	資料 8-80
5.1	入力地震動の設定	資料 8-80
5.2	許容限界の設定	資料 8-109
5.2.1	曲げ・軸力系の破壊に対する許容限界	資料 8-109
5.2.2	せん断破壊に対する許容限界	資料 8-110
5.2.3	基礎地盤の支持性能に対する許容限界	資料 8-111
6.	評価結果	資料 8-112
6.1	地震応答解析結果	資料 8-112
6.1.1	各照査時刻における荷重抽出時刻の算定結果	資料 8-113
6.1.2	作用荷重分布図	資料 8-116
6.1.3	最大せん断ひずみ分布	資料 8-118
6.2	三次元構造解析結果	資料 8-120
6.2.1	解析ケースと照査値	資料 8-124
6.2.2	構造部材の断面力分布（曲げ・軸力系の破壊に対する照査）	資料 8-135
6.2.3	構造部材の断面力分布（せん断破壊に対する照査）	資料 8-142
6.3	構造部材の健全性に対する評価結果	資料 8-145
6.3.1	曲げ・軸力系の破壊に対する評価結果	資料 8-145
6.3.2	せん断破壊に対する評価結果	資料 8-152
6.3.3	水平 2 方向载荷による評価結果	資料 8-156
6.4	基礎地盤の支持性能に対する評価結果	資料 8-158
6.4.1	基礎地盤（狐崎部層）	資料 8-158
6.4.2	MMR（新設）	資料 8-160
7.	まとめ	資料 8-165

6.3.3 : 記載適正化範囲

参考資料

- 参考資料 1 機器・配管系の耐震評価に適用する影響検討ケースについて・・・資料 8- (参考) 1-1
- 参考資料 2 静的地震力に対する耐震評価・・・・・・・・・・・・・・・・・・資料 8- (参考) 2-1
- 参考資料 3 断層交差部の影響評価・・・・・・・・・・・・・・・・・・資料 8- (参考) 3-1

6.3.3 水平2方向載荷による評価結果

水平2方向載荷による評価は、「3.5 地震応答解析の解析ケース」に示すとおり、すべての基準地震動S_sに対して実施する解析ケース①、解析ケース②及び③の照査値の中で最大となる地震動に対し実施する。水平2方向載荷の評価において組み合わせる荷重は、主方向荷重を水平方向及び鉛直方向荷重、従方向荷重を水平方向荷重とし、従方向荷重は主方向荷重での地震時荷重算定時刻と同時刻の荷重を、位相を変えた地震動にて算出した荷重とする。

「6.2 三次元構造解析結果」に示すとおり、曲げ・軸力系の破壊及びせん断破壊に対する照査において、照査値が最大となる解析ケース③のS_s-D2(++)により、水平2方向載荷による評価を実施する。

表6-15～表6-17に水平2方向載荷に対する評価結果を示す。

同表より、発生応力度及び発生せん断力がそれぞれの許容限界を下回ることを確認した。

表6-15 曲げ・軸力系の破壊に対する評価結果（コンクリート）

評価位置*		解析ケース	地震動	照査時刻	曲げモーメント	軸力	発生応力度	短期許容応力度	照査値
					(kN・m/m)	(kN/m)	σ'_c (N/mm ²)	σ'_{ca} (N/mm ²)	σ'_c/σ'_{ca}
底版	10	③	主方向：S _s -D2(++) 従方向：S _s -D2	8.58s	2411	-2313	8.4	13.5	0.63
頂版	20				-1322	-1235	7.3	13.5	0.55
南北壁	30				-1098	-2938	4.1	13.5	0.31
東西壁	60				-1729	-2161	6.0	13.5	0.45
接続部 底版	70				355	98	3.4	13.5	0.26
接続部 頂版	80				-282	254	2.8	13.5	0.21
接続部 南北壁	90				-402	-2324	4.2	13.5	0.32

注記*：評価位置を図6-13に示す。

表6-16 曲げ・軸力系の破壊に対する評価結果（鉄筋）

評価位置*		解析ケース	地震動	照査時刻	曲げモーメント	軸力	発生応力度	短期許容応力度	照査値
					(kN・m/m)	(kN/m)	σ_s (N/mm ²)	σ_{sa} (N/mm ²)	σ_s/σ_{sa}
底版	10	③	主方向：S _s -D2(++) 従方向：S _s -D2	8.58s	639	2013	163	309	0.53
頂版	20				-560	1129	129	309	0.42
南北壁	30				707	2719	204	309	0.67
東西壁	50				1709	954	204	309	0.67
接続部 底版	70				-298	909	165	309	0.54
接続部 頂版	80				248	896	158	309	0.52
接続部 南北壁	90				190	570	109	309	0.36

注記*：評価位置を図6-13に示す。

表 6-17 せん断破壊に対する評価結果

評価位置*		解析 ケース	地震動	照査 時刻	発生 せん断力 V (kN/m)	短期許容 せん断力 V _a (kN/m)	照査値 V/V _a
底版	10	③	主方向 : S _s -D2 (++) 従方向 : S _s -D2	8.58s	1388	2390	0.59
頂版	20				622	1817	0.35
南北壁	40				738	2390	0.31
東西壁	50				1233	2390	0.52
接続部 底版	70				427	943	0.46
接続部 頂版	80				282	906	0.32
接続部 南北壁	100				369	943	0.40

注記* : 評価位置を図 6-13 に示す。

資料9 海水ポンプ室の耐震安全性評価

目次

1. 評価方法	資料 9-1
2. 評価条件	資料 9-1
2.1 適用規格	資料 9-1
2.2 構造及び補強の概要	資料 9-4
2.3 耐震評価フロー	資料 9-14
2.4 地震時荷重算出断面の選定	資料 9-19
2.5 使用材料及び材料の物性値	資料 9-22
2.6 地盤物性値	資料 9-22
2.7 評価構造物諸元及び要求機能の考え方	資料 9-26
2.7.1 評価構造物諸元	資料 9-26
2.7.2 海水ポンプ室の要求機能の考え方	資料 9-29
2.8 地下水位	資料 9-33
3 地震応答解析	資料 9-35
3.1 地震応答解析手法	資料 9-35
3.2 地震応答解析モデルの設定	資料 9-38
3.2.1 解析モデル領域	資料 9-38
3.2.2 境界条件	資料 9-40
3.2.3 構造物のモデル化	資料 9-47
3.2.4 隣接構造物のモデル化	資料 9-54
3.2.5 地盤及び MMR のモデル化	資料 9-57
3.2.6 ジョイント要素の設定	資料 9-57
3.3 減衰定数	資料 9-62
3.4 荷重の組合せ	資料 9-77
3.4.1 機器・配管荷重	資料 9-78
3.4.2 竜巻防護ネット荷重	資料 9-79
3.4.3 原子炉機器冷却海水配管ダクト（鉛直部）荷重	資料 9-80
3.4.4 外水圧	資料 9-82
3.4.5 内水圧	資料 9-84
3.4.6 積載荷重	資料 9-86
3.4.7 動水圧	資料 9-89
3.5 地震応答解析の解析ケース	資料 9-92
3.5.1 耐震評価における解析ケース	資料 9-92
3.5.2 機器・配管系の耐震評価に適用する解析ケース	資料 9-99
4. 三次元構造解析	資料 9-103
4.1 解析手法	資料 9-103
4.2 解析モデルの設定	資料 9-104
4.2.1 構造物のモデル化	資料 9-104
4.2.2 地盤ばね要素	資料 9-107

4.2.3	材料の非線形特性	資料 9-112
4.3	照査時刻の選定	資料 9-117
4.4	入力荷重	資料 9-121
4.4.1	常時荷重	資料 9-124
4.4.2	慣性力（機器）	資料 9-127
4.4.3	慣性力（配管）	資料 9-129
4.4.4	慣性力（躯体）	資料 9-130
4.4.5	慣性力（竜巻防護ネット反力）	資料 9-132
4.4.6	慣性力（原子炉機器冷却海水配管ダクト（鉛直部））	資料 9-136
4.4.7	内水圧・動水圧	資料 9-138
4.4.8	地震時土圧・水圧及び周面せん断力	資料 9-140
5	評価内容	資料 9-141
5.1	入力地震動の設定	資料 9-141
5.2	許容限界の設定	資料 9-198
5.2.1	曲げ・軸力系の破壊に対する許容限界	資料 9-198
5.2.2	せん断破壊に対する許容限界	資料 9-203
5.2.3	壁部材の面内せん断に対する許容限界	資料 9-213
5.2.4	基礎地盤の支持性能に対する許容限界	資料 9-215
6	評価結果	資料 9-216
6.1	地震応答解析結果	資料 9-216
6.1.1	各照査時刻における荷重抽出時刻の算定結果	資料 9-216
6.1.2	作用荷重分布図	資料 9-244
6.1.3	最大せん断ひずみ	資料 9-250
6.2	三次元構造解析結果	資料 9-257
6.2.1	解析ケースと照査値	資料 9-262
6.2.2	構造部材のひずみ分布（曲げ・軸力系の破壊に対する照査）	資料 9-277
6.2.3	構造部材の断面力分布（せん断破壊に対する照査）	資料 9-289
6.3	構造部材の健全性に対する評価結果	資料 9-302
6.3.1	曲げ・軸力系の破壊に対する評価結果	資料 9-302
6.3.2	せん断破壊に対する評価結果	資料 9-361
6.3.3	壁部材の面内せん断に対する評価結果	資料 9-391
6.3.4	水平 2 方向載荷による評価結果	資料 9-411
6.4	基礎地盤の支持性能に対する評価結果	資料 9-416
6.4.1	基礎地盤（狐崎部層）	資料 9-416
6.4.2	MMR（既設）	資料 9-420
7	まとめ	資料 9-440

参考資料

- 参考資料 1 主筋ひずみの平均化について・・・・・・・・・・資料 9- (参考) 1-1
- 参考資料 2 止水機能が要求される部材に対する漏水量評価について・・・・資料 9- (参考) 2-1
- 参考資料 3 増厚部における既設部材と補強部材の一体化設計・・・・・・・・・・資料 9- (参考) 3-1
- 参考資料 4 静的地震力に対する耐震評価・・・・・・・・・・資料 9- (参考) 4-1
- 参考資料 5 解析手法の選定について・・・・・・・・・・資料 9- (参考) 5-1
- 参考資料 6 照査時刻の選定の妥当性について・・・・・・・・・・資料 9- (参考) 6-1
- 参考資料 7 補強追加による非常用海水ポンプ取水への影響について・・・・資料 9- (参考) 7-1
- 参考資料 8 補強部材の施工履歴が及ぼす耐震評価への影響について・・・・資料 9- (参考) 8-1
- 参考資料 9 既設部材と新設部材のコンクリートの付着力について・・・・資料 9- (参考) 9-1
- 参考資料 10 竜巻ネット反力他に対する海水ポンプ室の構造成立性について・・・・・・・・・・
・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・資料 9- (参考) 10-1
- 参考資料 11 海水ポンプ室補機ポンプエリアの隔壁等の設計について・・・・資料 9- (参考) 11-1

 : 記載適正化範囲

6.3.4 水平2方向載荷による評価結果

水平2方向載荷による評価は、「3.5 地震応答解析の解析ケース」に示すとおり、すべての基準地震動 S_s に対して実施する解析ケース①及び解析ケース②～④の照査値の中で最大となる地震動に対し実施する。水平2方向載荷の評価において組合せる荷重は、主方向荷重を水平方向及び鉛直方向荷重、従方向荷重を水平方向荷重とし、従方向荷重は主方向荷重での地震時荷重算定時刻と同時刻の荷重を、位相を変えた地震動にて算出した荷重とする。なお、 S_s-N1 は観測波に基づいており地震動の方向に偏りがあり、基準地震動 S_s と直交する地震動が基準地震動 S_s に比べ小さいことから、 S_s-N1 が選定された場合は、2番目に照査値が厳しい地震動においても水平2方向載荷による評価を実施する。

「6.2 三次元構造解析結果」に示すとおり、曲げ・軸力系の破壊に対する照査において、解析ケース②の S_s-N1 （++）が照査値最大となることから、2番目に照査値が厳しい解析ケース①の S_s-D2 （++）においても水平2方向載荷による評価を実施する。また、せん断破壊に対する照査において、解析ケース④の S_s-N1 （++）が照査値最大となることから、2番目に照査値が厳しい解析ケース①の S_s-D2 （-+）においても水平2方向載荷による評価を実施する。水平2方向載荷による評価に用いる解析ケースと地震動の組合せを表6-36に示す。

表6-37～表6-41に水平2方向載荷に対する評価結果を示す。

同表より、コンクリートの圧縮縁ひずみ、コンクリートの圧縮ひずみ、主筋ひずみ、せん断力及び面内せん断ひずみが、それぞれの許容限界を下回ることを確認した。

表6-36 水平2方向載荷による評価に用いる解析ケースと地震動

解析ケース		地震動
主方向	従方向	
②	②	S_s-N1 （++）
①	①	S_s-D2 （++）
④	④	S_s-N1 （++）
①	①	S_s-D2 （-+）

表 6-37 曲げ・軸力系の破壊に対する照査（コンクリートの圧縮縁ひずみ）

評価位置*1		解析 ケース	地震動	照査 時刻	照査用 ひずみ*2 ϵ_d	限界 ひずみ ϵ_R	照査値 ϵ_d / ϵ_R
底版	2	④	主方向：S _s -N1 (++) 従方向：S _s -N1 (++)	7.52	582 μ	10000 μ	0.06
中床版	20				884 μ	10000 μ	0.09
側壁	53	②		7.57	1011 μ	10000 μ	0.11
隔壁	121				2295 μ	10000 μ	0.23
導流壁	61	④		7.52	812 μ	10000 μ	0.09
妻壁	71				575 μ	10000 μ	0.06

注記*1：評価位置は図 6-23 に示す。

*2：照査用ひずみ＝発生ひずみ×構造解析係数 γ_a

表 6-38 曲げ・軸力系の破壊に対する照査（コンクリートの圧縮ひずみ）

評価位置*1		解析 ケース	地震動	照査 時刻	照査用 ひずみ*2 ϵ_d	限界 ひずみ ϵ_R	照査値 ϵ_d / ϵ_R	
底版	2	④	主方向：S _s -N1 (++) 従方向：S _s -N1 (++)	7.52	456 μ	2000 μ	0.23	
中床版	27				436 μ	2000 μ	0.22	
側壁	53	②		7.57	791 μ	2000 μ	0.40	
隔壁	121				1490 μ	2000 μ	0.75	
導流壁	64	①		主方向：S _s -D2 (++) 従方向：S _s -D2 (++)	25.26	219 μ	2000 μ	0.11
妻壁	81					183 μ	2000 μ	0.10

注記*1：評価位置は図 6-23 に示す。

*2：照査用ひずみ＝発生ひずみ×構造解析係数 γ_a

表 6-39 曲げ・軸力系の破壊に対する照査（主筋ひずみ）

評価位置*1		解析 ケース	地震動	照査 時刻	照査用 ひずみ*2 ϵ_d	限界 ひずみ ϵ_R	照査値 ϵ_d / ϵ_R
底版	1	④	主方向：S s - N 1 (++)	7.52	1590 μ	1725 μ	0.93
中床版	30				989 μ	1725 μ	0.58
側壁	53	②	従方向：S s - N 1 (++)	7.57	1487 μ *3	1725 μ	0.87*3
隔壁	121	①	主方向：S s - D 2 (-+) 従方向：S s - D 2 (++)	13.53	1143 μ	1725 μ	0.67
導流壁	64						
妻壁	81	②	主方向：S s - N 1 (++) 従方向：S s - N 1 (++)	7.57	214 μ	1725 μ	0.13

注記*1：評価位置は図 6-23 に示す。

*2：照査用ひずみ＝発生ひずみ×構造解析係数 γ_a

*3：要素平均化後の値を示す。

表 6-40 せん断破壊に対する照査

評価位置*1		解析 ケース	地震動	照査 時刻	照査用 せん断力*2 V_d (kN/m)	せん断 耐力 V_{yd} (kN/m)	照査値 V_d/V_{yd}
底版	1	④	主方向：S s - N 1 (++) 従方向：S s - N 1 (++)	7.52	5662	6784	0.84
中床版	21			7.52	970	1144	0.85
側壁	52			7.52	4662	5528	0.85
隔壁	104			7.52	1061	1324	0.81
導流壁	61			7.52	1062	1183	0.90
妻壁	71			7.52	1165	1427	0.82

注記*1：評価位置は図 6-23 に示す。

*2：照査用ひずみ=発生ひずみ×構造解析係数 γ_a

表 6-41 壁部材の面内せん断に対する照査

評価位置*1		解析 ケース	地震動	照査 時刻	照査用 面内せん 断ひずみ*2 γ_d	限界せん 断ひずみ γ_R	照査値 γ_d / γ_R
底版	—	—	—	—	—	—	—
中床版	—		—		—	—	
側壁	—		—		—	—	
隔壁	90	①	主方向：S s - D 2 (-+) 従方向：S s - D 2 (++)	13.53	337 μ	2000 μ	0.17
導流壁	—	—	—	—	—	—	—
妻壁	70	④	主方向：S s - N 1 (++) 従方向：S s - N 1 (++)	7.52	210 μ	2000 μ	0.11

注記*1：評価位置は図 6-23 に示す。

*2：照査用面内せん断ひずみ＝発生面内せん断ひずみ×構造解析係数 γ_a

資料 10 取水口，貯留堰の耐震安全性評価


目 次

1. 評価方法	資料 10-1
2. 評価条件	資料 10-1
2.1 適用規格	資料 10-1
2.2 構造及び補強の概要	資料 10-4
2.3 耐震評価フロー	資料 10-13
2.4 地震時荷算出断面の選定	資料 10-17
2.5 使用材料及び材料の物性値	資料 10-20
2.6 地盤物性値	資料 10-20
2.7 評価構造物諸元及び要求機能の考え方	資料 10-27
2.7.1 評価構造物諸元	資料 10-27
2.7.2 取水口、貯留堰の要求機能の考え方	資料 10-29
2.8 地下水位	資料 10-32
3. 地震応答解析	資料 10-34
3.1 地震応答解析手法	資料 10-34
3.2 地震応答解析モデルの設定	資料 10-37
3.2.1 解析モデル領域	資料 10-37
3.2.2 境界条件	資料 10-39
3.2.3 構造物のモデル化	資料 10-45
3.2.4 隣接構造物のモデル化	資料 10-53
3.2.5 地盤及びマンメイドロック (MMR) のモデル化	資料 10-53
3.2.6 ジョイント要素の設定	資料 10-54
3.3 減衰定数	資料 10-58
3.4 荷重の組合せ	資料 10-67
3.4.1 外水圧	資料 10-68
3.4.2 内水圧	資料 10-69
3.4.3 積載荷重	資料 10-70
3.4.4 動水圧	資料 10-71
3.5 耐震評価における解析ケース	資料 10-74
4. 三次元構造解析	資料 10-82
4.1 解析手法	資料 10-82
4.2 解析モデルの設定	資料 10-83
4.2.1 構造物のモデル化	資料 10-83
4.2.2 地盤ばね要素	資料 10-86
4.2.3 材料の非線形特性	資料 10-87
4.3 照査時刻の選定	資料 10-91
4.4 入力荷重	資料 10-93
4.4.1 常時荷重	資料 10-96
4.4.2 慣性力	資料 10-98

4.4.3	動水圧	資料 10-101
4.4.4	地震時土圧・水圧及び周面せん断力	資料 10-102
5.	評価内容	資料 10-105
5.1	入力地震動の設定	資料 10-105
5.2	許容限界の設定	資料 10-120
5.2.1	曲げ・軸力系の破壊に対する許容限界	資料 10-120
5.2.2	せん断破壊に対する許容限界	資料 10-124
5.2.3	壁部材の面内せん断に対する許容限界	資料 10-132
5.2.4	基礎地盤の支持機能に対する許容限界	資料 10-133
6.	評価結果	資料 10-134
6.1	地震応答解析結果	資料 10-134
6.1.1	各照査時刻における荷重抽出時刻の算定結果	資料 10-135
6.1.2	作用荷重分布図	資料 10-145
6.1.3	最大せん断ひずみ	資料 10-153
6.1.4	過剰間隙水圧比分布	資料 10-162
6.2	三次元構造解析結果	資料 10-167
6.2.1	解析ケースと照査値	資料 10-171
6.2.2	構造部材のひずみ分布（曲げ・軸力系の破壊に対する照査）	資料 10-204
6.2.3	構造部材の断面力分布（せん断破壊に対する照査）	資料 10-217
6.3	構造部材の健全性に対する評価結果	資料 10-231
6.3.1	曲げ・軸力系の破壊に対する評価結果	資料 10-231
6.3.2	せん断破壊に対する評価結果	資料 10-316
6.3.3	壁部材の面内せん断に対する評価結果	資料 10-352
6.3.4	水平2方向載荷による評価結果	資料 10-357
6.4	基礎地盤の支持性能に対する評価結果	資料 10-360
6.4.1	基礎地盤（狐崎部層）	資料 10-360
6.4.2	MMR（既設）	資料 10-365
7.	まとめ	資料 10-382

参考資料

- 参考資料 1 静的地震力に対する耐震評価・・・・・・・・・・資料 10- (参考) 1-1
参考資料 2 二次元地震応答解析における等価剛性モデル化の保守性・・・・・・・・資料 10- (参考) 2-1
参考資料 3 取水口の海側へのすべりの影響について・・・・・・・・・・資料 10- (参考) 3-1

 : 記載適正化範囲

6.3.4 水平2方向載荷による評価結果

水平2方向載荷による評価は、「3.5 地震応答解析の解析ケース」に示すとおり、すべての基準地震動 S_s に対して実施する解析ケース①及び解析ケース②～④または解析ケース⑥及び解析ケース⑦～⑧の照査値の中で最大となる地震動に対し実施する。水平2方向載荷の評価において組合せる荷重は、主方向荷重を水平方向及び鉛直方向荷重、従方向荷重を水平方向荷重とし、従方向荷重は主方向荷重での地震時荷重算定時刻と同時刻の荷重を、位相を変えた地震動にて算出した荷重とする。

なお、「3.5.1(4) 従方向荷重の選定」に示すとおり、強軸方向（東西）に対する地震応答解析は有効応力解析を実施することから、有効応力解析から得られた地震時荷重を弱軸方向の地震時荷重と組み合わせて耐震評価を行う。

「6.2 三次元構造解析結果」に示すとおり、せん断破壊に対する照査において、照査値が最大となる解析ケース③の $S_s-D2(++)$ により、水平2方向載荷による評価を実施する。

表6-25～表6-29に水平2方向載荷に対する評価結果を示す。

同表より、コンクリートの圧縮縁ひずみ、コンクリートの圧縮ひずみ、主筋ひずみ、せん断力及び面内せん断ひずみが、それぞれの許容限界を下回ることを確認した。

表6-25 曲げ・軸力系の破壊に対する評価結果（コンクリートの圧縮縁ひずみ）

評価位置 ^{*1}		解析ケース		地震動	照査時刻	照査用ひずみ ^{*2} ϵ_d	限界ひずみ ϵ_R	照査値 ϵ_d / ϵ_R
		主方向	従方向					
頂版 (標準部)	11	③	⑧	主方向： $S_s-D2(++)$ 従方向： S_s-D2	13.49	385 μ	10000 μ	0.04
頂版 (漸縮部)	25	③	⑧		13.49	252 μ	10000 μ	0.03
側壁	31	③	⑧		13.49	564 μ	10000 μ	0.06
導流壁	52	③	⑧		13.49	458 μ	10000 μ	0.05
底版	71	③	⑧		13.49	318 μ	10000 μ	0.04
妻壁	101	③	⑧		13.49	268 μ	10000 μ	0.03
貯留堰 ^{*3}	91	③	⑧		13.49	765 μ	10000 μ	0.08

注記*1：評価位置は図6-27に示す。

*2：照査用ひずみ＝発生ひずみ×構造解析係数 γ_a

*3：貯留堰直下の底版の評価を含む。

表 6-26 曲げ・軸力系の破壊に対する評価結果（コンクリートの圧縮ひずみ）

評価位置*1		解析ケース		地震動	照査時刻	照査用ひずみ*2 ϵ_d	限界ひずみ ϵ_R	照査値 ϵ_d / ϵ_R
		主方向	従方向					
頂版 (標準部)	—	—	—	主方向：Ss-D2(++) 従方向：Ss-D2	—	—	—	—
頂版 (漸縮部)	—	—	—		—	—	—	—
側壁	31	③	⑧		13.49	416 μ	2000 μ	0.21
導流壁	—	—	—		—	—	—	—
底版	71	③	⑧		13.49	257 μ	2000 μ	0.13
妻壁	—	—	—		—	—	—	—
貯留堰	91	③	⑧		13.49	532 μ	2000 μ	0.27

注記*1：評価位置は図 6-27 に示す。

*2：照査用ひずみ＝発生ひずみ×構造解析係数 γ_a

表 6-27 曲げ・軸力系の破壊に対する評価結果（主筋ひずみ）

評価位置*1		解析ケース		地震動	照査時刻	照査用ひずみ*2 ϵ_d	限界ひずみ ϵ_R	照査値 ϵ_d / ϵ_R
		主方向	従方向					
頂版 (標準部)	—	—	—	主方向：Ss-D2(++) 従方向：Ss-D2	—	—	—	—
頂版 (漸縮部)	—	—	—		—	—	—	—
側壁	31	③	⑧		13.49	501 μ	1725 μ	0.30
導流壁	—	—	—		—	—	—	—
底版	76	③	⑧		13.49	134 μ	1725 μ	0.08
妻壁	—	—	—		—	—	—	—
貯留堰	96	③	⑧		13.49	186 μ	1725 μ	0.11

注記*1：評価位置は図 6-27 に示す。

*2：照査用ひずみ＝発生ひずみ×構造解析係数 γ_a

表 6-28 せん断破壊に対する評価結果

評価位置*1		解析ケース		地震動	照査時刻	照査用せん断力*2 V _d (kN/m)	せん断耐力 V _{y d} (kN/m)	照査値 V _d /V _{y d}
		主方向	従方向					
頂版 (標準部)	12	③	⑧	主方向：S _S -D2(++) 従方向：S _S -D2	13.49	359	1000	0.36
頂版 (漸縮部)	25	③	⑧		13.49	371	1119	0.34
側壁	31	③	⑧		13.49	2054	2666	0.78
導流壁	53	③	⑧		13.49	1417	2012	0.71
底版	88	③	⑧		13.49	486	1204	0.41
妻壁	106	③	⑧		13.49	377	1508	0.25
貯留堰	91	③	⑧		13.49	2031	4278	0.48

注記*1：評価位置は図 6-27 に示す。

*2：照査用せん断力＝発生せん断力×構造解析係数 γ_a

表 6-29 壁部材の面内せん断に対する評価結果

評価位置*1		解析ケース		地震動	照査時刻	照査用ひずみ*2 ϵ_d	限界ひずみ ϵ_R	照査値 ϵ_d/ϵ_R
		主方向	従方向					
頂版 (標準部)	—	—	—	主方向：S _S -D2(++) 従方向：S _S -D2	—	—	—	—
頂版 (漸縮部)	—	—	—		—	—	—	—
側壁	—	—	—		—	—	—	—
導流壁	—	—	—		—	—	—	—
底版	—	—	—		—	—	—	—
妻壁	100	③	⑧		13.49	84 μ	2000 μ	0.05
貯留堰	—	—	—		—	—	—	—

注記*1：評価位置は図 6-27 に示す。

*2：照査用ひずみ＝発生ひずみ×構造解析係数 γ_a

資料 11 取水路（標準部）の耐震安全性評価

目次


1. 評価方法	資料 11-1
2. 評価条件	資料 11-1
2.1 適用規格	資料 11-1
2.2 構造及び補強の概要	資料 11-4
2.3 耐震評価フロー	資料 11-10
2.4 地震時荷重算出断面の選定	資料 11-16
2.5 使用材料及び材料の物性値	資料 11-22
2.6 地盤物性値	資料 11-22
2.7 評価構造物諸元及び要求機能の考え方	資料 11-29
2.7.1 評価構造物諸元	資料 11-29
2.7.2 取水路（標準部）の要求機能の考え方	資料 11-31
2.8 地下水位	資料 11-33
3. 地震応答解析	資料 11-37
3.1 地震応答解析手法	資料 11-37
3.2 地震応答解析モデルの設定	資料 11-40
3.2.1 解析モデル領域	資料 11-40
3.2.2 境界条件	資料 11-42
3.2.3 構造物のモデル化	資料 11-51
3.2.4 隣接構造物のモデル化	資料 11-52
3.2.5 地盤及びマンメイドロック（MMR）のモデル化	資料 11-52
3.2.6 ジョイント要素の設定	資料 11-52
3.2.7 材料特性の設定	資料 11-58
3.3 減衰定数	資料 11-60
3.4 荷重の組合せ	資料 11-82
3.4.1 外水圧	資料 11-83
3.4.2 内水圧	資料 11-85
3.4.3 積載荷重	資料 11-87
3.4.4 動水圧	資料 11-87
3.5 耐震評価における解析ケース	資料 11-89
4. 三次元構造解析	資料 11-96
4.1 解析手法	資料 11-96
4.2 解析モデルの設定	資料 11-97
4.2.1 構造物のモデル化	資料 11-97
4.2.2 地盤ばね要素	資料 11-102
4.2.3 材料の非線形特性	資料 11-103
4.3 照査時刻の選定	資料 11-108

4.4	地震時荷重の載荷方法	資料 11-109
4.4.1	直線部	資料 11-114
4.4.2	曲線部	資料 11-116
4.5	入力荷重	資料 11-119
4.5.1	常時荷重	資料 11-122
4.5.2	慣性力	資料 11-123
4.5.3	動水圧	資料 11-125
4.5.4	地震時土圧・水圧及び周面せん断力	資料 11-126
5.	評価内容	資料 11-128
5.1	入力地震動の設定	資料 11-128
5.2	許容限界の設定	資料 11-213
5.2.1	曲げ・軸力系の破壊に対する許容限界	資料 11-213
5.2.2	せん断破壊に対する許容限界	資料 11-217
5.2.3	基礎地盤の支持性能に対する許容限界	資料 11-224
6.	評価結果	資料 11-226
6.1	地震応答解析結果	資料 11-228
6.1.1	各照査時刻における荷重抽出時刻の算定結果	資料 11-229
6.1.2	作用荷重分布図	資料 11-283
6.1.3	最大せん断ひずみ分布	資料 11-317
6.1.4	過剰間隙水圧比分布	資料 11-336
6.2	三次元構造解析結果	資料 11-343
6.2.1	解析ケースと照査値	資料 11-349
6.2.2	構造部材のひずみ分布（曲げ・軸力系の破壊に対する照査）	資料 11-390
6.2.3	構造部材の断面力分布（せん断破壊に対する照査）	資料 11-409
6.3	構造部材の健全性に対する評価結果	資料 11-435
6.3.1	曲げ・軸力系の破壊に対する評価結果	資料 11-435
6.3.2	せん断破壊に対する評価結果	資料 11-502
6.3.3	面内せん断に対する Ccb 工法の適用性の確認結果	資料 11-531
6.4	基礎地盤の支持性能に対する評価結果	資料 11-546
6.4.1	基礎地盤（狐崎部層）	資料 11-546
6.4.2	MMR（既設）	資料 11-559
7.	まとめ	資料 11-591

参考資料

参考資料 1 静的地震力に対する評価結果・・・・・・・・・・資料 11- (参考) 1-1

参考資料 2 取水路 (標準部) の地盤剛性急変部における地盤拘束効果の影響について・・・・・・・・
・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・資料 11- (参考) 2-1

 : 本日の説明範囲

6.3.3 面内せん断に対する Ccb 工法の適用性の確認結果

剛性急変部周辺等には、Ccb 工法を適用している箇所があり、相対変位差による面内せん断が発生することから、面内せん断ひずみが Ccb 工法の適用範囲内であることを確認した結果を示す。

(1) 直線部

直線部における Ccb 工法を適用している箇所の各部材での面内せん断ひずみの最大値について、表 6-52 に解析ケース・地震動ごとに示す。

同表より、面内せん断ひずみは 750μ に至っておらず、Ccb 工法の適用範囲内であることを確認した。

表 6-52(1) Ccb 工法を適用している箇所の面内せん断ひずみ (直線部)

解析 ケース	地震動		評価位置*1, 2, 3		照査用	照査用	
					面内ひずみ*4	面内ひずみ*4	
					ε_{d1}	ε_{d2}	
①	S s - D 1	++	頂版	120	120	15 μ	180 μ
			側壁	-	-	-	-
			隔壁	-	-	-	-
			底版	100	100	11 μ	165 μ
		-+	頂版	120	120	13 μ	182 μ
			側壁	-	-	-	-
			隔壁	-	-	-	-
			底版	100	100	11 μ	173 μ
	S s - D 2	++	頂版	120	120	11 μ	182 μ
			側壁	-	-	-	-
			隔壁	-	-	-	-
			底版	100	100	12 μ	165 μ
		-+	頂版	120	120	12 μ	173 μ
			側壁	-	-	-	-
			隔壁	-	-	-	-
			底版	100	100	10 μ	161 μ
	S s - D 3	++	頂版	120	120	10 μ	170 μ
			側壁	-	-	-	-
			隔壁	-	-	-	-
			底版	100	100	9 μ	158 μ
		-+	頂版	120	120	9 μ	163 μ
			側壁	-	-	-	-
			隔壁	-	-	-	-
			底版	100	100	9 μ	161 μ

注記*1：評価位置は図 6-47 に示す。

*2：Ccb 工法を適用した部位は図 5-86 に示す。

*3： ε_{d1} における評価位置を左側に、 ε_{d2} における評価位置を右側に示す。

*4：照査用面内せん断ひずみ=発生する面内せん断ひずみ×構造解析係数 γ_a

表 6-52(2) Ccb 工法を適用している箇所の面内せん断ひずみ (直線部)

解析 ケース	地震動		評価位置*1, 2, 3		照査用	照査用	
					面内ひずみ*4 ϵ_{d1}	面内ひずみ*4 ϵ_{d2}	
①	S s - F 1	++	頂版	120	120	10 μ	190 μ
			側壁	-	-	-	-
			隔壁	-	-	-	-
			底版	100	100	10 μ	170 μ
		-+	頂版	120	120	9 μ	175 μ
			側壁	-	-	-	-
			隔壁	-	-	-	-
			底版	100	100	8 μ	167 μ
	S s - F 2	++	頂版	120	120	12 μ	159 μ
			側壁	-	-	-	-
			隔壁	-	-	-	-
			底版	100	100	9 μ	152 μ
		-+	頂版	120	120	9 μ	183 μ
			側壁	-	-	-	-
			隔壁	-	-	-	-
			底版	100	100	8 μ	173 μ
	S s - F 3	++	頂版	120	120	10 μ	202 μ
			側壁	-	-	-	-
			隔壁	-	-	-	-
			底版	100	100	11 μ	179 μ
		-+	頂版	120	120	12 μ	180 μ
			側壁	-	-	-	-
			隔壁	-	-	-	-
			底版	100	100	11 μ	165 μ

注記*1：評価位置は図 6-47 に示す。

*2：Ccb 工法を適用した部位は図 5-86 に示す。

*3： ϵ_{d1} における評価位置を左側に、 ϵ_{d2} における評価位置を右側に示す。

*4：照査用面内せん断ひずみ=発生する面内せん断ひずみ×構造解析係数 γ_a

表 6-52(3) Ccb 工法を適用している箇所の面内せん断ひずみ (直線部)

解析 ケース	地震動		評価位置*1, 2, 3		照査用	照査用	
					面内ひずみ*4	面内ひずみ*4	
					ϵ_{d1}	ϵ_{d2}	
①	S s - N 1	++	頂版	120	120	14 μ	187
			側壁	-	-	-	-
			隔壁	-	-	-	-
			底版	100	100	12 μ	171
		-+	頂版	120	120	16 μ	192
			側壁	-	-	-	-
			隔壁	-	-	-	-
			底版	100	100	14 μ	169
②	S s - N 1	++	頂版	120	120	11 μ	184
			側壁	-	-	-	-
			隔壁	-	-	-	-
			底版	100	100	10 μ	169
③	S s - D 2	++	底版	100	100	16 μ	167
	S s - N 1	++	頂版	120	120	23 μ	187
			側壁	-	-	-	-
			隔壁	-	-	-	-
			底版	100	100	16 μ	171
④	S s - N 1	++	頂版	120	120	11 μ	188
			側壁	-	-	-	-
			隔壁	-	-	-	-
			底版	100	100	9 μ	175

注記*1：評価位置は図 6-47 に示す。

*2：Ccb 工法を適用した部位は図 5-86 に示す。

*3： ϵ_{d1} における評価位置を左側に， ϵ_{d2} における評価位置を右側に示す。

*4：照査用面内せん断ひずみ=発生する面内せん断ひずみ×構造解析係数 γ_a

表 6-52(4) Ccb 工法を適用している箇所の面内せん断ひずみ (直線部)

解析 ケース	地震動		評価位置*1, 2, 3		照査用	照査用	
					面内ひずみ*4	面内ひずみ*4	
					ε_{d1}	ε_{d2}	
⑥'	S s - D 1	++	頂版	120	120	15 μ	239 μ
			側壁	-	-	-	-
			隔壁	-	-	-	-
			底版	100	100	10 μ	220 μ
		-+	頂版	120	120	13 μ	217 μ
			側壁	-	-	-	-
			隔壁	-	-	-	-
			底版	100	100	8 μ	210 μ
	S s - D 2	++	頂版	120	120	10 μ	245 μ
			側壁	-	-	-	-
			隔壁	-	-	-	-
			底版	100	100	10 μ	222 μ
		-+	頂版	120	120	13 μ	232 μ
			側壁	-	-	-	-
			隔壁	-	-	-	-
			底版	100	100	10 μ	219 μ
	S s - D 3	++	頂版	120	120	11 μ	238 μ
			側壁	-	-	-	-
			隔壁	-	-	-	-
			底版	100	100	11 μ	215 μ
		-+	頂版	120	120	10 μ	212 μ
			側壁	-	-	-	-
			隔壁	-	-	-	-
			底版	100	100	10 μ	208 μ

注記*1：評価位置は図 6-47 に示す。

*2：Ccb 工法を適用した部位は図 5-86 に示す。

*3： ε_{d1} における評価位置を左側に、 ε_{d2} における評価位置を右側に示す。

*4：照査用面内せん断ひずみ=発生する面内せん断ひずみ×構造解析係数 γ_a

表 6-52(5) Ccb 工法を適用している箇所の面内せん断ひずみ (直線部)

解析 ケース	地震動		評価位置*1, 2, 3		照査用	照査用	
					面内ひずみ*4	面内ひずみ*4	
					ε_{d1}	ε_{d2}	
⑥'	S s - F 1	++	頂版	120	120	11 μ	251 μ
			側壁	-	-	-	-
			隔壁	-	-	-	-
			底版	100	100	9 μ	226 μ
		-+	頂版	120	120	10 μ	227 μ
			側壁	-	-	-	-
			隔壁	-	-	-	-
			底版	100	100	8 μ	212 μ
	S s - F 2	++	頂版	120	120	12 μ	221 μ
			側壁	-	-	-	-
			隔壁	-	-	-	-
			底版	100	100	8 μ	209 μ
		-+	頂版	120	120	11 μ	232 μ
			側壁	-	-	-	-
			隔壁	-	-	-	-
			底版	100	100	9 μ	211 μ
	S s - F 3	++	頂版	120	120	12 μ	256 μ
			側壁	-	-	-	-
			隔壁	-	-	-	-
			底版	100	100	10 μ	230 μ
		-+	頂版	120	120	12 μ	232 μ
			側壁	-	-	-	-
			隔壁	-	-	-	-
			底版	100	100	9 μ	215 μ

注記*1：評価位置は図 6-47 に示す。

*2：Ccb 工法を適用した部位は図 5-86 に示す。

*3： ε_{d1} における評価位置を左側に、 ε_{d2} における評価位置を右側に示す。

*4：照査用面内せん断ひずみ=発生する面内せん断ひずみ×構造解析係数 γ_a

表 6-52(6) Ccb 工法を適用している箇所の面内せん断ひずみ (直線部)

解析 ケース	地震動		評価位置*1, 2, 3		照査用	照査用	
					面内ひずみ*4 ϵ_{d1}	面内ひずみ*4 ϵ_{d2}	
⑥'	S s - N 1	++	頂版	120	120	16 μ	230 μ
			側壁	-	-	-	-
			隔壁	-	-	-	-
			底版	100	100	10 μ	215 μ
		-+	頂版	120	120	17 μ	259 μ
			側壁	-	-	-	-
			隔壁	-	-	-	-
			底版	100	100	12 μ	230 μ
⑦'	S s - F 3	++	頂版	120	120	12 μ	228 μ
			側壁	-	-	-	-
			隔壁	-	-	-	-
			底版	100	100	10 μ	208 μ
⑧'	S s - F 3	++	頂版	120	120	14 μ	260 μ
			側壁	-	-	-	-
			隔壁	-	-	-	-
			底版	100	100	13 μ	230 μ
	S s - N 1	++	頂版	120	120	24 μ	219 μ
⑨'	S s - D 2	++	底版	100	100	8 μ	224 μ
	S s - F 3	++	頂版	120	120	10 μ	257 μ
			側壁	-	-	-	-
			隔壁	-	-	-	-
底版	100	100	8 μ	235 μ			

注記*1：評価位置は図 6-47 に示す。

*2：Ccb 工法を適用した部位は図 5-86 に示す。

*3： ϵ_{d1} における評価位置を左側に、 ϵ_{d2} における評価位置を右側に示す。

*4：照査用面内せん断ひずみ=発生する面内せん断ひずみ×構造解析係数 γ_a

(2) 曲線部

曲線部における CCb 工法を適用している箇所の内せん断ひずみの最大値について、表 6-53 に解析ケース・地震動ごとに示す。

同表より、内せん断ひずみは 750μ に至っておらず、CCb 工法の適用範囲内であることを確認した結果を示す。

表 6-53(1) Ccb 工法を適用している箇所の面内せん断ひずみ (曲線部)

解析 ケース	地震動		評価位置*1, 2, 3		照査用	照査用	
					面内ひずみ*4	面内ひずみ*4	
					ε_{d1}	ε_{d2}	
①	S s - D 1	++	頂版	120	120	8 μ	246 μ
			側壁	-	-	-	-
			隔壁	110	110	100 μ	101 μ
			底版	101	100	7 μ	224 μ
		-+	頂版	120	120	9 μ	244 μ
			側壁	-	-	-	-
			隔壁	110	110	87 μ	88 μ
			底版	101	100	8 μ	229 μ
	S s - D 2	++	頂版	120	120	10 μ	231 μ
			側壁	-	-	-	-
			隔壁	110	110	92 μ	93 μ
			底版	101	100	9 μ	216 μ
		-+	頂版	120	120	8 μ	236 μ
			側壁	-	-	-	-
			隔壁	110	110	96 μ	97 μ
			底版	101	100	9 μ	213 μ
	S s - D 3	++	頂版	120	120	6 μ	221 μ
			側壁	-	-	-	-
			隔壁	110	110	88 μ	89 μ
			底版	101	100	8 μ	204 μ
		-+	頂版	120	120	8 μ	208 μ
			側壁	-	-	-	-
			隔壁	110	110	81 μ	82 μ
			底版	101	100	8 μ	199 μ

注記*1：評価位置は図 6-47 に示す。

*2：Ccb 工法を適用した部位は図 5-86 に示す。

*3： ε_{d1} における評価位置を左側に、 ε_{d2} における評価位置を右側に示す。

*4：照査用面内せん断ひずみ=発生する面内せん断ひずみ×構造解析係数 γ_a

表 6-53(2) Ccb 工法を適用している箇所の面内せん断ひずみ (曲線部)

解析 ケース	地震動		評価位置*1, 2, 3		照査用	照査用	
					面内ひずみ*4	面内ひずみ*4	
					ε_{d1}	ε_{d2}	
①	S s - F 1	++	頂版	120	120	8 μ	247 μ
			側壁	-	-	-	-
			隔壁	110	110	84 μ	85 μ
			底版	101	100	8 μ	234 μ
		-+	頂版	120	120	7 μ	214 μ
			側壁	-	-	-	-
			隔壁	110	110	95 μ	97 μ
			底版	101	100	8 μ	206 μ
	S s - F 2	++	頂版	120	120	7 μ	233 μ
			側壁	-	-	-	-
			隔壁	110	110	95 μ	96 μ
			底版	101	100	8 μ	215 μ
		-+	頂版	120	120	8 μ	225 μ
			側壁	-	-	-	-
			隔壁	110	110	90 μ	91 μ
			底版	101	100	9 μ	208 μ
	S s - F 3	++	頂版	120	120	7 μ	238 μ
			側壁	-	-	-	-
			隔壁	110	110	89 μ	90 μ
			底版	101	100	8 μ	223 μ
		-+	頂版	120	120	7 μ	240 μ
			側壁	-	-	-	-
			隔壁	110	110	104 μ	105 μ
			底版	101	100	8 μ	224 μ

注記*1：評価位置は図 6-47 に示す。

*2：Ccb 工法を適用した部位は図 5-86 に示す。

*3： ε_{d1} における評価位置を左側に、 ε_{d2} における評価位置を右側に示す。

*4：照査用面内せん断ひずみ=発生する面内せん断ひずみ×構造解析係数 γ_a

表 6-53(3) Ccb 工法を適用している箇所の面内せん断ひずみ (曲線部)

解析 ケース	地震動		評価位置*1, 2, 3		照査用	照査用	
					面内ひずみ*4	面内ひずみ*4	
					ϵ_{d1}	ϵ_{d2}	
①	S s - N 1	++	頂版	120	120	9 μ	239 μ
			側壁	-	-	-	-
			隔壁	110	110	85 μ	86 μ
			底版	101	100	9 μ	223 μ
		-+	頂版	120	120	8 μ	251 μ
			側壁	-	-	-	-
			隔壁	110	110	93 μ	94 μ
			底版	101	100	8 μ	230 μ
②	S s - N 1	++	頂版	120	120	9 μ	218 μ
			側壁	-	-	-	-
			隔壁	110	110	79 μ	80 μ
			底版	101	100	8 μ	211 μ
③	S s - N 1	++	頂版	120	120	15 μ	256 μ
			側壁	-	-	-	-
			隔壁	110	110	102 μ	103 μ
			底版	101	100	11 μ	232 μ
④	S s - N 1	++	頂版	120	120	8 μ	219 μ
			側壁	-	-	-	-
			隔壁	110	110	70 μ	71 μ
			底版	101	100	8 μ	204 μ
		-+	底版	101	100	7 μ	213 μ

注記*1：評価位置は図 6-47 に示す。

*2：Ccb 工法を適用した部位は図 5-86 に示す。

*3： ϵ_{d1} における評価位置を左側に、 ϵ_{d2} における評価位置を右側に示す。

*4：照査用面内せん断ひずみ=発生する面内せん断ひずみ×構造解析係数 γ_a

表 6-53(4) Ccb 工法を適用している箇所の面内せん断ひずみ (曲線部)

解析 ケース	地震動		評価位置*1, 2, 3		照査用	照査用	
					面内ひずみ*4	面内ひずみ*4	
					ε_{d1}	ε_{d2}	
⑥'	S s - D 1	++	頂版	120	120	7 μ	371 μ
			側壁	-	-	-	-
			隔壁	110	110	111 μ	112 μ
			底版	101	100	10 μ	338 μ
		-+	頂版	120	120	11 μ	344 μ
			側壁	-	-	-	-
			隔壁	110	110	111 μ	112 μ
			底版	101	100	12 μ	326 μ
	S s - D 2	++	頂版	120	120	11 μ	321 μ
			側壁	-	-	-	-
			隔壁	110	110	102 μ	104 μ
			底版	101	100	11 μ	305 μ
		-+	頂版	120	120	7 μ	346 μ
			側壁	-	-	-	-
			隔壁	110	110	109 μ	111 μ
			底版	101	100	11 μ	320 μ
	S s - D 3	++	頂版	120	120	6 μ	326 μ
			側壁	-	-	-	-
			隔壁	110	110	90 μ	91 μ
			底版	101	100	10 μ	307 μ
		-+	頂版	120	120	10 μ	320 μ
			側壁	-	-	-	-
			隔壁	110	110	90 μ	92 μ
			底版	101	100	10 μ	307 μ

注記*1 : 評価位置は図 6-47 に示す。

*2 : Ccb 工法を適用した部位は図 5-86 に示す。

*3 : ε_{d1} における評価位置を左側に, ε_{d2} における評価位置を右側に示す。

*4 : 照査用面内せん断ひずみ = 発生する面内せん断ひずみ \times 構造解析係数 γ_a

表 6-53(5) Ccb 工法を適用している箇所の面内せん断ひずみ (曲線部)

解析 ケース	地震動		評価位置*1, 2, 3		照査用	照査用	
					面内ひずみ*4	面内ひずみ*4	
					ϵ_{d1}	ϵ_{d2}	
⑥'	S s - F 1	++	頂版	120	120	10 μ	350 μ
			側壁	-	-	-	-
			隔壁	110	110	94 μ	95 μ
			底版	101	100	10 μ	332 μ
		-+	頂版	120	120	6 μ	310 μ
			側壁	-	-	-	-
			隔壁	110	110	109 μ	110 μ
			底版	101	100	10 μ	298 μ
	S s - F 2	++	頂版	120	120	8 μ	329 μ
			側壁	-	-	-	-
			隔壁	110	110	98 μ	100 μ
			底版	101	100	9 μ	308 μ
		-+	頂版	120	120	10 μ	324 μ
			側壁	-	-	-	-
			隔壁	110	110	87 μ	88 μ
			底版	101	100	11 μ	308 μ
	S s - F 3	++	頂版	120	120	8 μ	324 μ
			側壁	-	-	-	-
			隔壁	110	110	100 μ	101 μ
			底版	101	100	9 μ	306 μ
		-+	頂版	120	120	9 μ	333 μ
			側壁	-	-	-	-
			隔壁	110	110	90 μ	92 μ
			底版	101	100	11 μ	314 μ

注記*1 : 評価位置は図 6-47 に示す。

*2 : Ccb 工法を適用した部位は図 5-86 に示す。

*3 : ϵ_{d1} における評価位置を左側に, ϵ_{d2} における評価位置を右側に示す。

*4 : 照査用面内せん断ひずみ = 発生する面内せん断ひずみ \times 構造解析係数 γ_a

表 6-53(6) Ccb 工法を適用している箇所の面内せん断ひずみ (曲線部)

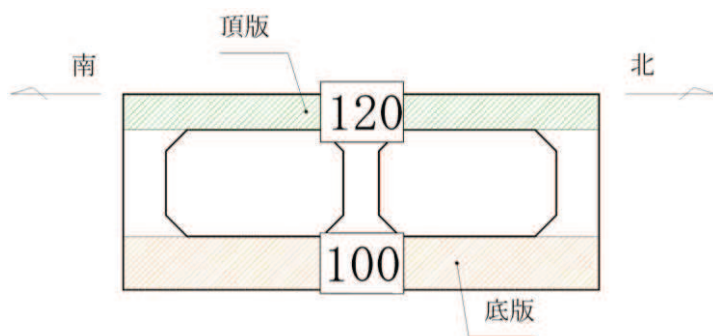
解析 ケース	地震動		評価位置*1, 2, 3		照査用	照査用	
					面内ひずみ*4	面内ひずみ*4	
					ϵ_{d1}	ϵ_{d2}	
⑥'	S s - N 1	++	頂版	120	120	10 μ	335 μ
			側壁	-	-	-	-
			隔壁	110	110	122 μ	123 μ
			底版	101	100	11 μ	314 μ
		-+	頂版	120	120	8 μ	377 μ
			側壁	-	-	-	-
			隔壁	110	110	112 μ	113 μ
			底版	101	100	10 μ	352 μ
⑦'	S s - N 1	-+	頂版	120	120	7 μ	366 μ
			側壁	-	-	-	-
			隔壁	110	110	82 μ	80 μ
			底版	101	100	9 μ	348 μ
⑧'	S s - D 1	-+	隔壁	110	110	120 μ	121 μ
	S s - N 1	-+	頂版	120	120	11 μ	393 μ
			側壁	-	-	-	-
隔壁			110	110	122 μ	123 μ	
			底版	101	100	10 μ	353 μ
⑨'	S s - N 1	++	頂版	120	120	8 μ	308 μ
			頂版	120	120	7 μ	345 μ
		-+	側壁	-	-	-	-
			隔壁	110	110	86 μ	88 μ
			底版	101	100	8 μ	322 μ

注記*1：評価位置は図 6-47 に示す。

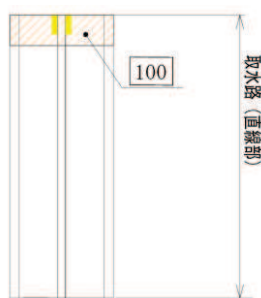
*2：Ccb 工法を適用した部位は図 5-86 に示す。

*3： ϵ_{d1} における評価位置を左側に、 ϵ_{d2} における評価位置を右側に示す。

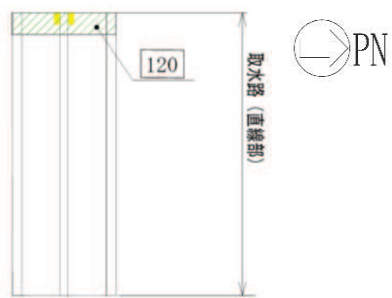
*4：照査用面内せん断ひずみ=発生する面内せん断ひずみ×構造解析係数 γ_a



(断面図)

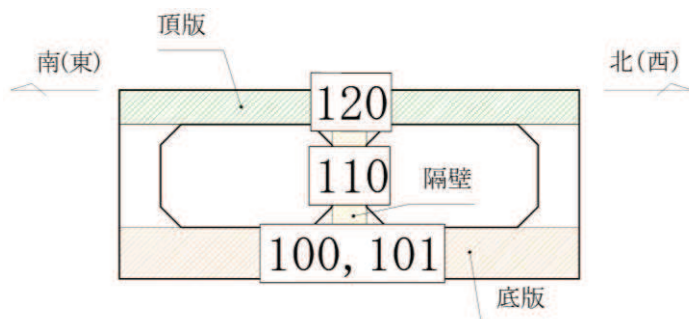


(平面図 (底版))

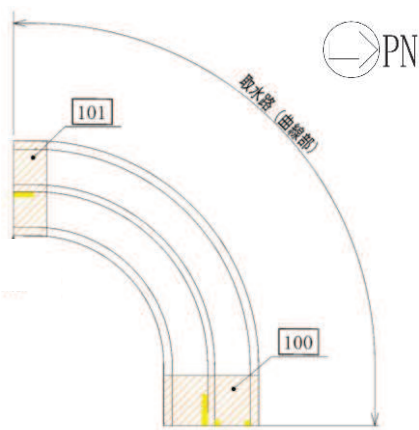


(平面図 (頂版))

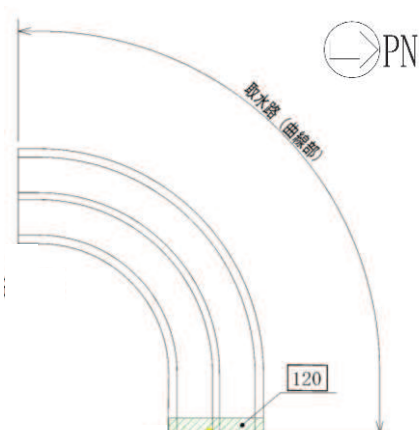
図 6-47(1) 評価位置図 (直線部)



(断面図)



(平面図 (底版))



(平面図 (頂版))

図 6-47(2) 評価位置図 (曲線部)

資料 12 復水貯蔵タンク基礎の耐震安全性評価


目 次

1. 評価方法	資料 12-1
2. 評価条件	資料 12-1
2.1 適用規格	資料 12-1
2.2 構造及び補強の概要	資料 12-4
2.3 耐震評価フロー	資料 12-12
2.4 地震時荷重算出断面の選定	資料 12-18
2.5 使用材料及び材料の物性値	資料 12-20
2.6 地盤物性値	資料 12-20
2.7 評価構造物諸元	資料 12-25
2.8 地下水位	資料 12-29
3. 地震応答解析	資料 12-31
3.1 地震応答解析手法	資料 12-31
3.2 地震応答解析モデルの設定	資料 12-34
3.2.1 解析モデル領域	資料 12-34
3.2.2 境界条件	資料 12-36
3.2.3 構造物のモデル化	資料 12-41
3.2.4 隣接構造物のモデル化	資料 12-55
3.2.5 地盤及びマンメイドロック (MMR) のモデル化	資料 12-55
3.2.6 ジョイント要素の設定	資料 12-55
3.3 減衰定数	資料 12-59
3.4 荷重の組合せ	資料 12-67
3.4.1 機器・配管荷重	資料 12-68
3.4.2 外水圧	資料 12-71
3.4.3 積載荷重	資料 12-71
3.5 地震応答解析の解析ケース	資料 12-72
3.5.1 耐震評価における解析ケース	資料 12-72
3.5.2 機器・配管系の耐震評価に適用する解析ケース	資料 12-80
4. 三次元構造解析	資料 12-83
4.1 解析手法	資料 12-83
4.2 解析モデルの設定	資料 12-83
4.2.1 構造物のモデル化	資料 12-83
4.2.2 境界条件及び地盤ばね要素	資料 12-89
4.2.3 材料の非線形特性	資料 12-92
4.3 照査時刻の選定	資料 12-96
4.4 入力荷重	資料 12-99
4.4.1 常時荷重	資料 12-100
4.4.2 慣性力	資料 12-103

4.4.3	地震時土圧及び周面せん断力.....	資料 12-107
4.4.4	しゃへい壁, バルブ室, 連絡ダクト及び復水貯蔵タンクの反力.....	資料 12-111
5.	評価内容	資料 12-117
5.1	入力地震動の設定	資料 12-117
5.2	許容限界の設定	資料 12-132
5.2.1	曲げ・軸力系の破壊に対する許容限界.....	資料 12-132
5.2.2	せん断破壊に対する許容限界.....	資料 12-137
5.2.3	壁部材の面内せん断に対する許容限界.....	資料 12-146
5.2.4	基礎地盤の支持性能に対する許容限界.....	資料 12-147
6.	評価結果	資料 12-148
6.1	地震応答解析結果	資料 12-148
6.1.1	各照査時刻における荷重抽出時刻の算定結果.....	資料 12-151
6.1.2	作用荷重分布図	資料 12-168
6.1.3	最大せん断ひずみ分布	資料 12-171
6.2	三次元構造解析結果	資料 12-175
6.2.1	解析ケースと照査値	資料 12-180
6.2.2	しゃへい壁, バルブ室及び連絡ダクト.....	資料 12-211
6.2.3	基礎版	資料 12-223
6.3	構造部材の健全性に対する評価結果.....	資料 12-230
6.3.1	しゃへい壁, バルブ室及び連絡ダクト.....	資料 12-230
6.3.2	基礎版	資料 12-304
6.4	基礎地盤の支持性能に対する評価結果.....	資料 12-309
6.4.1	基礎地盤 (狐崎部層)	資料 12-309
6.4.2	MMR (既設)	資料 12-313
7.	まとめ	資料 12-350

参考資料

- 参考資料 1 機器・配管系の耐震評価に適用する影響検討ケース..... 資料 12- (参考) 1-1
- 参考資料 2 静的地震力に対する耐震評価 資料 12- (参考) 2-1
- 参考資料 3 照査時刻の選定の妥当性について..... 資料 12- (参考) 3-1
- 参考資料 4 基礎版の耐震評価に用いる上部工反力の保守性について..... 資料 12- (参考) 4-1
- 参考資料 5 三次元動的解析を用いた復水貯蔵タンク基礎の円筒型しゃへい壁への土圧分布の検証
について..... 資料 12- (参考) 5-1

 : 記載適正化範囲

(4) 水平 2 方向載荷による評価結果

水平 2 方向載荷による評価は、「3.5 地震応答解析の解析ケース」に示すとおり、すべての基準地震動 S_s に対して実施する解析ケース①及び解析ケース②～④の照査値の中で最大となる地震動に対し実施する。水平 2 方向載荷の評価において組合せる荷重は、主方向荷重を水平方向及び鉛直方向荷重、従方向荷重を水平方向荷重とし、従方向荷重は主方向荷重での地震時荷重算定時刻と同時刻の荷重を、位相を変えた地震動にて算出した荷重とする。

「6.2 三次元構造解析結果」に示すとおり、せん断破壊に対する照査において、照査値が最大となる解析ケース②の $S_s - D 2 (+ +)$ により、水平 2 方向載荷による評価を実施する。

表 6-33～表 6-37 に水平 2 方向載荷に対する評価結果を示す。

同表より、コンクリートの圧縮ひずみ、主筋ひずみ、せん断力及び面内せん断ひずみが、それぞれの許容限界を下回ることを確認した。

表 6-33 曲げ・軸力系の破壊に対する評価結果（構造強度を有することの確認）
（コンクリートの圧縮縁ひずみ）

評価位置*1			解析 ケース	地震動	加振方向	照査 時刻	照査用 ひずみ*2	限界 ひずみ	照査値	
							ϵ_d	ϵ_R	ϵ_d / ϵ_R	
しゃへい壁	地上部	14	②	主方向： S s - D 2 (++) 従方向： S s - D 2	主方向： 東西 従方向： 南北	25.11s	61 μ	10000 μ	0.01	
	地中部	18					230 μ	10000 μ	0.03	
バルブ室	頂版	22					121 μ	10000 μ	0.02	
	南壁	32					106 μ	10000 μ	0.02	
	東西壁	50					207 μ	10000 μ	0.03	
	隔壁	60					106 μ	10000 μ	0.02	
	ハッチ部	頂版					110	31 μ	10000 μ	0.01
		南北壁					120	63 μ	10000 μ	0.01
		東西壁					150	56 μ	10000 μ	0.01
連絡ダクト	底版	70					27 μ	10000 μ	0.01	
	頂版	80					209 μ	10000 μ	0.03	
	東西壁	100					133 μ	10000 μ	0.02	

注記*1：評価位置を図 6-14 に示す。

*2：照査用ひずみ＝発生ひずみ×構造解析係数 γ_a

表 6-34 曲げ・軸力系の破壊に対する評価結果
（常設耐震重要重大事故防止設備等を支持する機能を損なわないことの確認）
（コンクリートの圧縮ひずみ）

評価位置*1			解析 ケース	地震動	加振方向	照査 時刻	照査用 ひずみ*2	限界 ひずみ	照査値	
							ϵ_d	ϵ_R	ϵ_d / ϵ_R	
しゃへい壁	地上部	14	②	主方向： S s - D 2 (++) 従方向： S s - D 2	主方向： 東西 従方向： 南北	25.11s	61 μ	2000 μ	0.04	
	地中部	18					230 μ	2000 μ	0.12	
バルブ室	頂版	22					121 μ	2000 μ	0.07	
	南壁	32					106 μ	2000 μ	0.06	
	東西壁	50					207 μ	2000 μ	0.11	
	隔壁	60					106 μ	2000 μ	0.06	
	ハッチ部	頂版					110	31 μ	2000 μ	0.02
		南北壁					120	63 μ	2000 μ	0.04
		東西壁					150	56 μ	2000 μ	0.03
連絡ダクト	底版	70					27 μ	2000 μ	0.02	
	頂版	80					209 μ	2000 μ	0.11	
	東西壁	100					133 μ	2000 μ	0.07	

注記*1：評価位置を図 6-14 に示す。

*2：照査用ひずみ＝発生ひずみ×構造解析係数 γ_a

表 6-35 曲げ・軸力系の破壊に対する評価結果
 (常設耐震重要重大事故防止設備等を支持する機能を損なわないことの確認)
 (主筋ひずみ)

評価位置*1			解析 ケース	地震動	加振方向	照査 時刻	照査用 ひずみ*2	限界 ひずみ	照査値	
							ϵ_d	ϵ_R	ϵ_d / ϵ_R	
しゃへい壁	地上部	13	②	主方向： S s - D 2 (++) 従方向： S s - D 2	主方向： 東西 従方向： 南北	25.11s	27 μ	1725 μ	0.02	
	地中部	18					168 μ	1725 μ	0.10	
バルブ室	頂版	22					70 μ	1725 μ	0.05	
	南壁	32					31 μ	1725 μ	0.02	
	東西壁	50					158 μ	1725 μ	0.10	
	隔壁	60					15 μ	1725 μ	0.01	
	ハッチ部	頂版					110	15 μ	1725 μ	0.01
		南北壁					120	14 μ	1725 μ	0.01
		東西壁					140	19 μ	1725 μ	0.02
連絡ダクト	底版	70					16 μ	1725 μ	0.01	
	頂版	80					54 μ	1725 μ	0.04	
	東西壁	90					76 μ	1725 μ	0.05	

注記*1：評価位置を図 6-14 に示す。

*2：照査用ひずみ＝発生ひずみ×構造解析係数 γ_a

表 6-36 せん断破壊に対する評価結果

評価位置*1			解析 ケース	地震動	加振方向	照査 時刻	照査用 せん断力*2	せん断 耐力	照査値	
							V_d (kN/m)	V_{yd} (kN/m)	V_d / V_{yd}	
しゃへい壁	地上部	14	②	主方向： S s - D 2 (++) 従方向： S s - D 2	主方向： 東西 従方向： 南北	25.11s	35	334	0.11	
	地中部	18					765	829	0.93	
バルブ室	頂版	22					163	617	0.27	
	南壁	32					206	1213	0.17	
	東西壁	50					946	1129	0.84	
	隔壁	60					81	562	0.15	
	ハッチ部	頂版					110	19	120	0.16
		南北壁					120	26	358	0.08
		東西壁					140	12	120	0.10
連絡ダクト	底版	70					56	252	0.23	
	頂版	80					187	763	0.25	
	東西壁	100					278	532	0.53	

注記*1：評価位置を図 6-14 に示す。

*2：照査用ひずみ＝発生ひずみ×構造解析係数 γ_a

表 6-37 壁部材の面内せん断に対する評価結果

評価位置*1		解析 ケース	地震動	加振方向	照査 時刻	照査用面内 せん断ひずみ*2 ϵ_d	限界 せん断ひずみ ϵ_R	照査値 ϵ_d / ϵ_R	
しゃへい壁		1	主方向： S s - D 2 (++) 従方向： S s - D 2	主方向： 東西 従方向： 南北	25.11s	39 μ	2000 μ	0.02	
バルブ室	南壁	30				77 μ	2000 μ	0.04	
	東西壁	50				31 μ	2000 μ	0.02	
	隔壁	60				17 μ	2000 μ	0.01	
	ハッチ部	南北壁				120	22 μ	2000 μ	0.02
		東西壁				150	4 μ	2000 μ	0.01
連絡ダクト	東西壁	90				26 μ	2000 μ	0.02	

注記*1：評価位置は図 6-19 に示す。

*2：照査用面内せん断ひずみ＝発生する面内せん断ひずみ×構造解析係数 γ_a

(3) 水平2方向載荷による評価結果

水平2方向載荷による評価は、「3.5 地震応答解析の解析ケース」に示すとおり、すべての基準地震動 S_s に対して実施する解析ケース①及び解析ケース②～④の照査値の中で最大となる地震動に対し実施する。水平2方向載荷の評価において組合せる荷重は、主方向荷重を水平方向及び鉛直方向荷重、従方向荷重を水平方向荷重とし、従方向荷重は主方向荷重での地震時荷重算定時刻と同時刻の荷重を、位相を変えた地震動にて算出した荷重とする。

「6.2 三次元構造解析結果」に示すとおり、せん断破壊に対する照査において、照査値が最大となる解析ケース②の $S_s-D2(++)$ により、水平2方向載荷による評価を実施する。

表6-40～表6-42に水平2方向載荷に対する評価結果を示す。

同表より、発生応力度が短期許容応力度を下回ることを確認した。

表6-40 曲げ・軸力系の破壊に対する評価結果（コンクリート）

評価位置*	解析ケース	地震動	加振方向	照査時刻	曲げモーメント (kN・m/m)	軸力 (kN/m)	発生応力度 σ'_c (N/mm ²)	短期許容応力度 σ'_{ca} (N/mm ²)	照査値 σ'_c/σ'_{ca}
211	②	主方向： $S_s-D2(++)$ 従方向： S_s-D2	主方向：南北 従方向：東西	6.86s	-3977	-268	1.5	11.7	0.13

注記*：評価位置は図6-17に示す。

表6-41 曲げ・軸力系の破壊に対する評価結果（鉄筋）

評価位置*	解析ケース	地震動	加振方向	照査時刻	曲げモーメント (kN・m/m)	軸力 (kN/m)	発生応力度 σ_s (N/mm ²)	短期許容応力度 σ_{sa} (N/mm ²)	照査値 σ_s/σ_{sa}
213	②	主方向： $S_s-D2(++)$ 従方向： S_s-D2	主方向：南北 従方向：東西	6.86s	-1175	649	140	294	0.48

注記*：評価位置は図6-17に示す。

表6-42 せん断破壊に対する評価結果

評価位置*	解析ケース	地震動	加振方向	照査時刻	発生せん断力 (kN/m)	発生応力度 τ_d (N/mm ²)	短期許容応力度 τ_{a1} (N/mm ²)	照査値 τ_d/τ_{a1}
213	②	主方向： $S_s-D2(++)$ 従方向： S_s-D2	主方向：南北 従方向：東西	6.86s	1110	0.51	0.63	0.81

注記*：評価位置は図6-17に示す。

参考資料 4 基礎版の耐震評価に用いる上部工反力の保守性について

1. はじめに

復水貯蔵タンク基礎は、基礎版と基礎版上に設置されるしゃへい壁、バルブ室及び連絡ダクトから構成される。地震応答解析においては、これらの部材を質点と線形はり要素でモデル化し、損傷モードごと及び部材ごとに評価が厳しくなる時刻を選定して、地震時応答を評価している。地震応答解析の応答から各部材に作用する荷重を算定し、復水貯蔵タンク基礎をシェル要素でモデル化した三次元構造解析に荷重入力して、耐震評価を行っている。

復水貯蔵タンク基礎の耐震評価では、上部構造（しゃへい壁、バルブ室、連絡ダクト）と下部構造（基礎版）を2つに分けて三次元構造解析を実施し、それぞれの構造解析の入力荷重を地震応答解析の地震時応答から個別に算定している。

本資料では、この2つの構造解析を個別に実施していることの保守性を確認するため、上部構造の構造解析を実施した後に、その下端発生反力を用いて基礎版の構造解析を実施した。

2. 評価方針

次の手順で、基礎版の耐震評価を実施する。

- ・基礎版の耐震評価が最も厳しくなる地震動及び時刻を選定する。
- ・選定時刻の地震時応答から荷重を算定し、上部構造モデルの三次元構造解析を実施する。
- ・上部構造モデルの三次元構造解析から算定した反力と地震応答解析から算定した反力を比較する。
- ・上部構造モデルの三次元構造解析から算定した反力を上部工反力として用いて、**基礎版**の三次元構造解析を実施する。
- ・基礎版の耐震照査を実施し、上部工反力を上部構造モデルの三次元構造解析から算定した場合と地震応答解析から算定した場合を比較する。

3. 評価結果

3.1 評価実施ケース

「資料 12 6.2 三次元構造解析結果」の基礎版の照査結果が最も厳しくなる時刻を破壊モードごとに表 3-1 に示す。曲げ・軸力系の破壊及びせん断破壊に対する照査において、照査値が厳しい次の条件で地震応答解析の地震時応答を抽出する。

解析ケース②，南北加振，S s - D 2 (++)，時刻 6.86 秒

表 3-1 基礎版の照査値が最も厳しくなる評価結果

破壊モード	解析 ケース	加振方向	地震動		照査時刻 (s)	照査値
曲げ・軸力系	②	南北	S s - D 2	++	6.86	0.42
せん断	②	南北	S s - D 2	++	6.86	0.64

3.2 三次元構造解析と地震応答解析から算定した上部工反力

評価実施ケースにおいて、しゃへい壁、バルブ室及び連絡ダクトで構成される上部構造モデルの三次元構造解析を実施し、図 3-1 に示すモデル下端固定境界の反力を抽出する。上部構造モデルの三次元構造解析から算定した上部工反力を表 3-2 に、地震応答解析から算定した上部工反力を表 3-3 に示す。表 3-2 に示す上部構造モデルの三次元構造解析から算定した上部工反力の曲げモーメントは、図 3-2 のとおり、各部材の図心位置回りで集計している。

地震応答解析から算定した上部工反力(表 3-3)は、上部構造モデルの三次元構造解析から算定した上部工反力(表 3-2)よりもおおむね大きくなり、特に曲げモーメントが顕著に大きくなっている。

地震応答解析モデルでは、図 3-3 に示すとおりしゃへい壁～バルブ室間及びバルブ室～連絡ダクト間を、それぞれバルブ室及び連絡ダクトの頂版の軸剛性及びせん断剛性から算定したばね要素で連結している。各側壁の剛性は個々のはり要素の断面性能として考慮するものの、部材を連結する耐震壁としての剛性は考慮していない。これにより、連絡ダクトとバルブ室は、各々の部材が独立して挙動しやすいモデルとなり、各部材に曲げ変形が生じて局所的に大きな曲げモーメントが発生する。

一方、三次元構造解析モデルでは、詳細にモデル化したバルブ室及び連絡ダクトの側壁が、一体となって大きな断面 2 次モーメントを保有する耐震壁部材として機能し、曲げ変形を拘束する。これにより、各部材範囲で集計した発生曲げモーメントが小さくなる。特に、南北方向の加振に対する連絡ダクトは、三次元構造解析で弱軸部材となる妻壁が存在せず、連絡ダクトの側壁と連続するバルブ室の側壁が一体となって耐震壁部材として機能し曲げ変形を拘束することから、発生する曲げモーメントが顕著に小さくなる。

上部工反力の曲げモーメントが地震応答解析モデルと三次元構造解析モデルで異なる要因として、上部構造のモデル化方法の違いによる影響を分析した。詳細を「(別紙)上部構造のモデル化方法の違いによる上部工反力への影響」に示す。

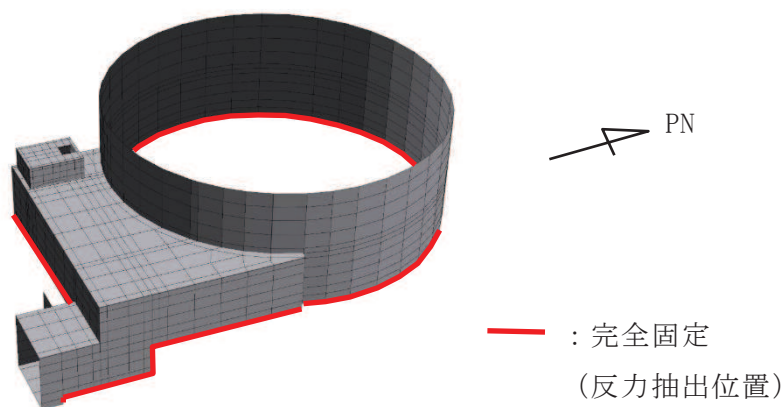
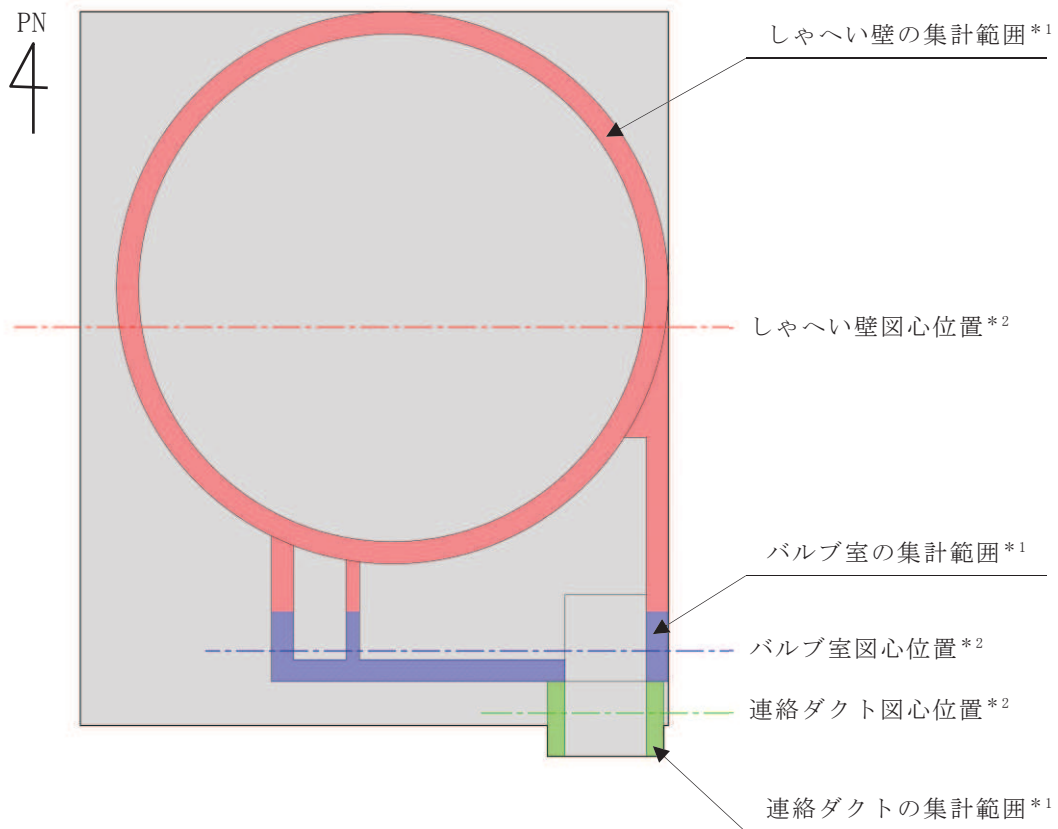


図 3-1 上部構造モデルの三次元構造解析における反力の抽出位置

表 3-2 上部構造モデルの三次元構造解析から算定した上部工反力*

項目	しゃへい壁	バルブ室	連絡ダクト
曲げモーメントM (kN・m)	59850	6518	-592
せん断力 S (kN)	-55677	-12775	-2715
軸力 N (kN)	-14315	-7834	-3117

注記*：上部工反力の集計範囲を図 3-2 に示す。（断面力の符号は，曲げモーメント：北→南が正，せん断力：南→北が正，軸力：引張が正）



注記*1：反力集計範囲は地震応答解析の質点系モデルの断面二次モーメント集計範囲と同様

*2：表 3-2 の曲げモーメントは各部材の図心位置回りで算定

図 3-2 三次元構造解析における上部工反力の集計範囲

表 3-3 地震応答解析から算定した上部工反力*

項目	しゃへい壁	バルブ室	連絡ダクト
曲げモーメントM (kN・m)	238552	16957	5006
せん断力 S (kN)	-68817	-6542	-3476
軸力 N (kN)	-16542	-6442	-699

注記* : 図 3-3 に抽出位置を示す。断面力の符号は矢印の方向が正 (軸力は引張が正)

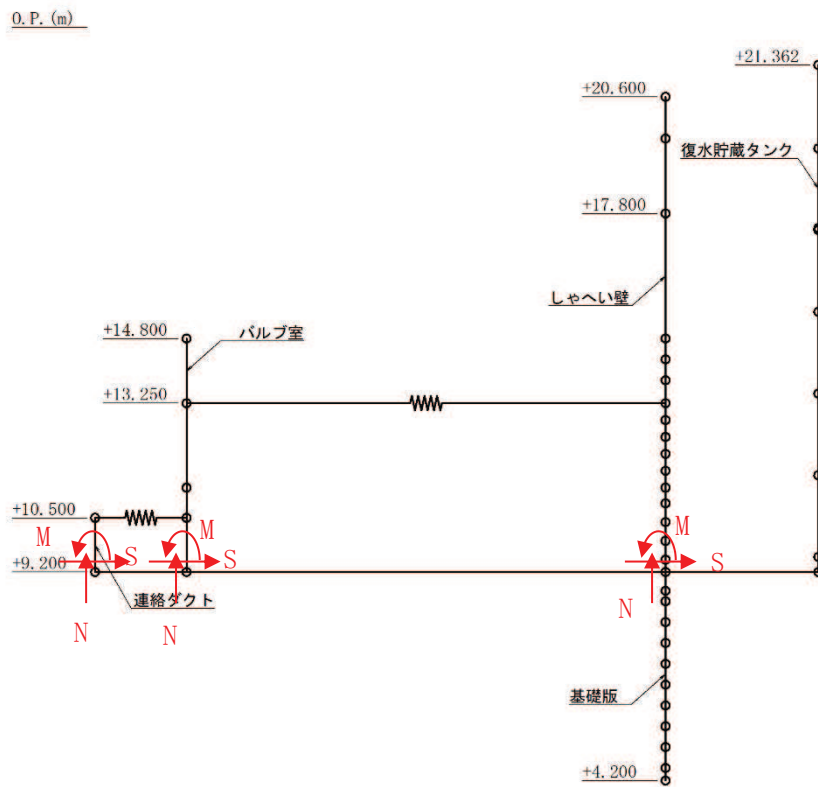


図 3-3 地震応答解析における上部工反力の抽出位置

3.3 基礎版の三次元構造解析結果

上部構造モデルの三次元構造解析から算定した上部工反力を用いて、基礎版の三次元構造解析を実施する。

上部構造モデルの三次元構造解析から算定した上部工反力を用いた場合（以下「影響検討ケース」という。）及び地震応答解析から算定した上部工反力を用いた場合（以下「現設計ケース」という。）の曲げ・軸力系の破壊に対する評価結果を表3-4に、せん断破壊に対する評価結果を表3-5に示す。同表より、影響検討ケースにおいても、発生応力度が短期許容応力度を下回ることを確認した。また、現設計ケースの照査値は影響検討ケースの照査値と比べて同等以上となっており、現設計ケースが保守的な荷重設定となっていることを確認した。なお、軸力には面内せん断力を組合せて、照査値が保守的となるように評価している。同じ評価位置で影響検討ケースと現設計ケースの設計断面力を比較すると、評価位置211は同等となっており、評価位置213は現設計ケースの方が大きくなっている。これは3.2節で述べたように各部材の上部工反力が保守的に載荷されているためである。

影響検討ケース及び現設計ケースの断面力分布図を図3-5に示す。また、各ケースについて、曲げ・軸力系の破壊及びせん断破壊それぞれの照査値最大となる要素位置図を図3-6に示す。

表 3-4(1) 曲げ・軸力系の破壊に対する評価結果（コンクリート）

ケース	評価位置*1	曲げモーメント (kN・m/m)	軸力*2 (kN/m)	発生応力度 σ'_{c} (N/mm ²)	短期許容応力度 σ'_{ca} (N/mm ²)	照査値 σ'_{c}/σ'_{ca}
影響検討ケース	211	-2906	-98	1.1	11.7	0.10
	213	-391	-120	0.5	11.7	0.05
現設計ケース	211	-3087	-110	1.2	11.7	0.11
	213	-1168	112	1.4	11.7	0.12

注記*1：評価位置を図 3-4 に示す。照査値最大となる要素位置を図 3-6 に示す。

*2：軸力は引張が正。

表 3-4(2) 曲げ・軸力系の破壊に対する評価結果（鉄筋）

ケース	評価位置*1	曲げモーメント (kN・m/m)	軸力*2 (kN/m)	発生応力度 σ_s (N/mm ²)	短期許容応力度 σ_{sa} (N/mm ²)	照査値 σ_s/σ_{sa}
影響検討ケース	211	-2906	377	76	294	0.26
	213	-452	72	39	294	0.14
現設計ケース	211	-3087	221	73	294	0.25
	213	-1067	548	123	294	0.42

注記*1：評価位置を図 3-4 に示す。照査値最大となる要素位置を図 3-6 に示す。

*2：軸力は引張が正。

表 3-5 せん断破壊に対する評価結果

ケース	評価位置*	発生せん断力 (kN/m)	発生応力度 τ_d (N/mm ²)	短期許容応力度 τ_{a1} (N/mm ²)	照査値 τ_d/τ_{a1}
影響検討ケース	213	488	0.23	0.63	0.37
現設計ケース	213	874	0.40	0.63	0.64

注記*：評価位置を図 3-4 に示す。照査値最大となる要素位置を図 3-6 に示す。

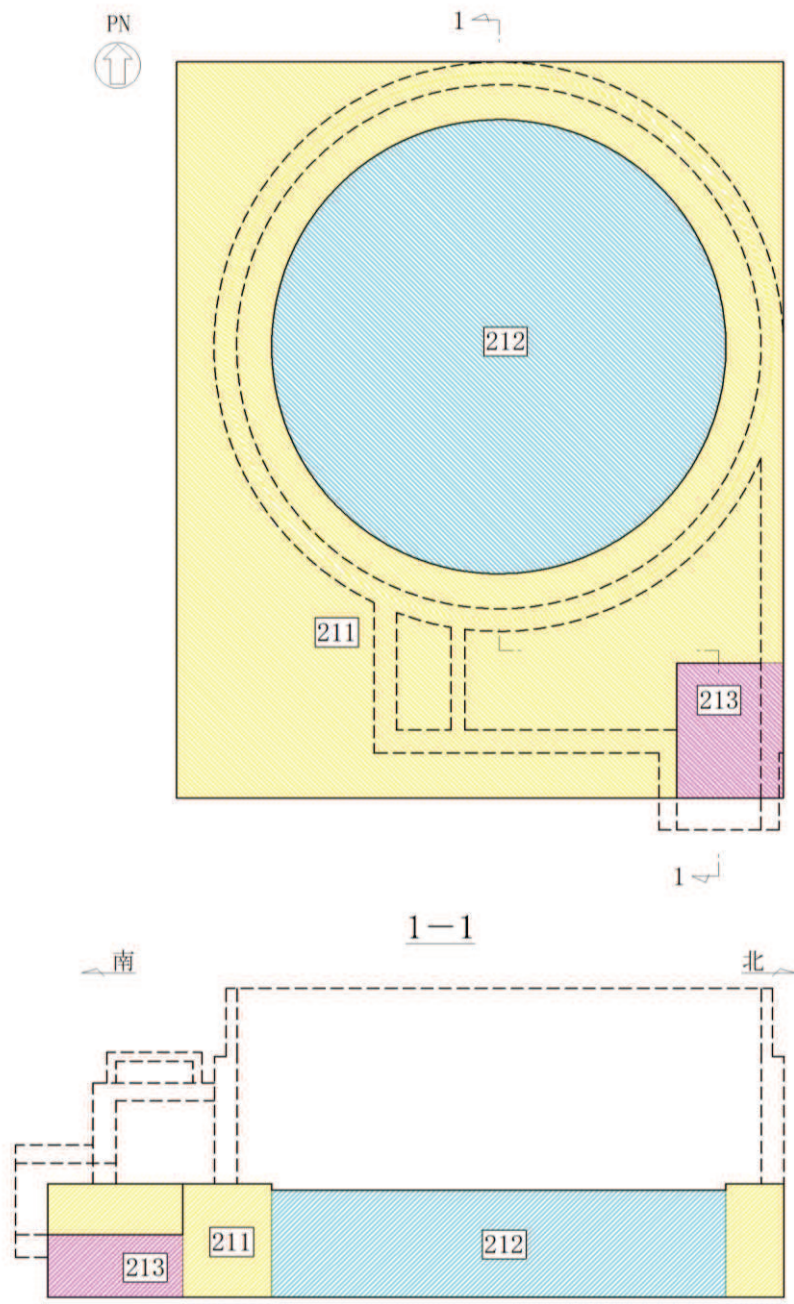
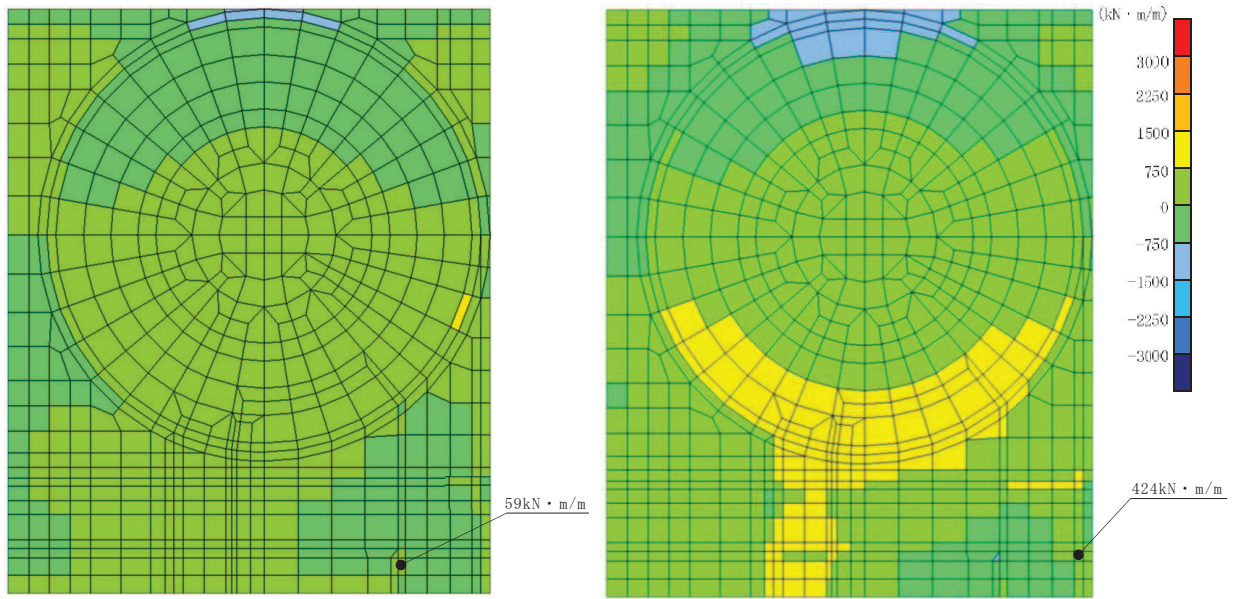


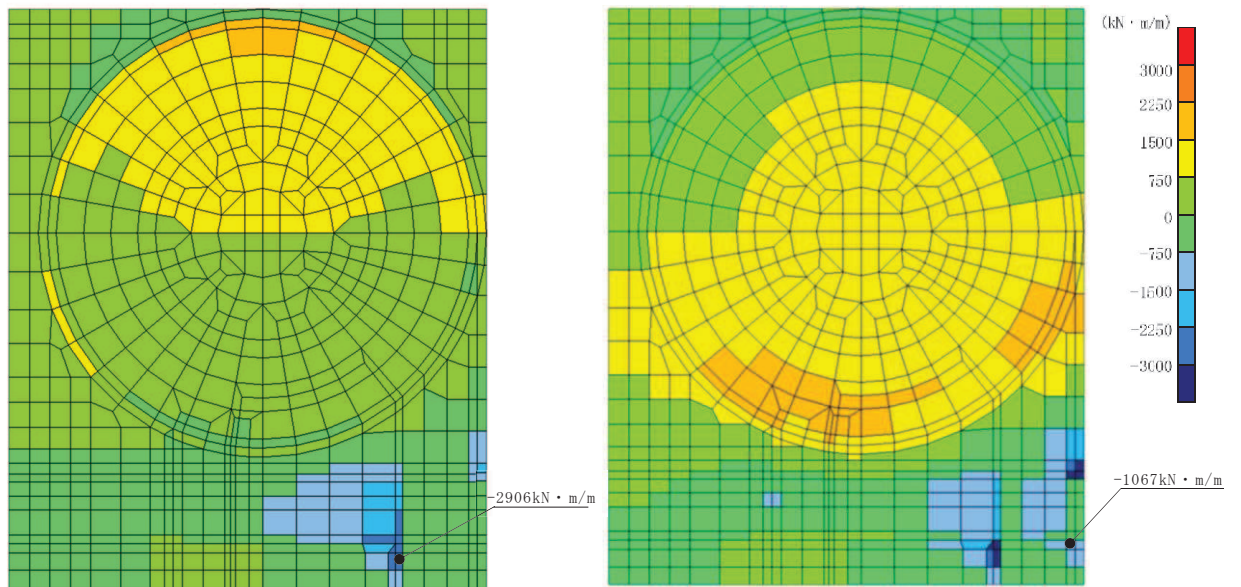
図 3-4 評価位置図



(a) 影響検討ケース

(b) 現設計ケース

図 3-5(1) 基礎版の断面力分布図 (曲げモーメント ($\text{kN} \cdot \text{m/m}$) : M_x)



(a) 影響検討ケース

(b) 現設計ケース

図 3-5(2) 基礎版の断面力分布図 (曲げモーメント ($\text{kN} \cdot \text{m/m}$) : M_y)

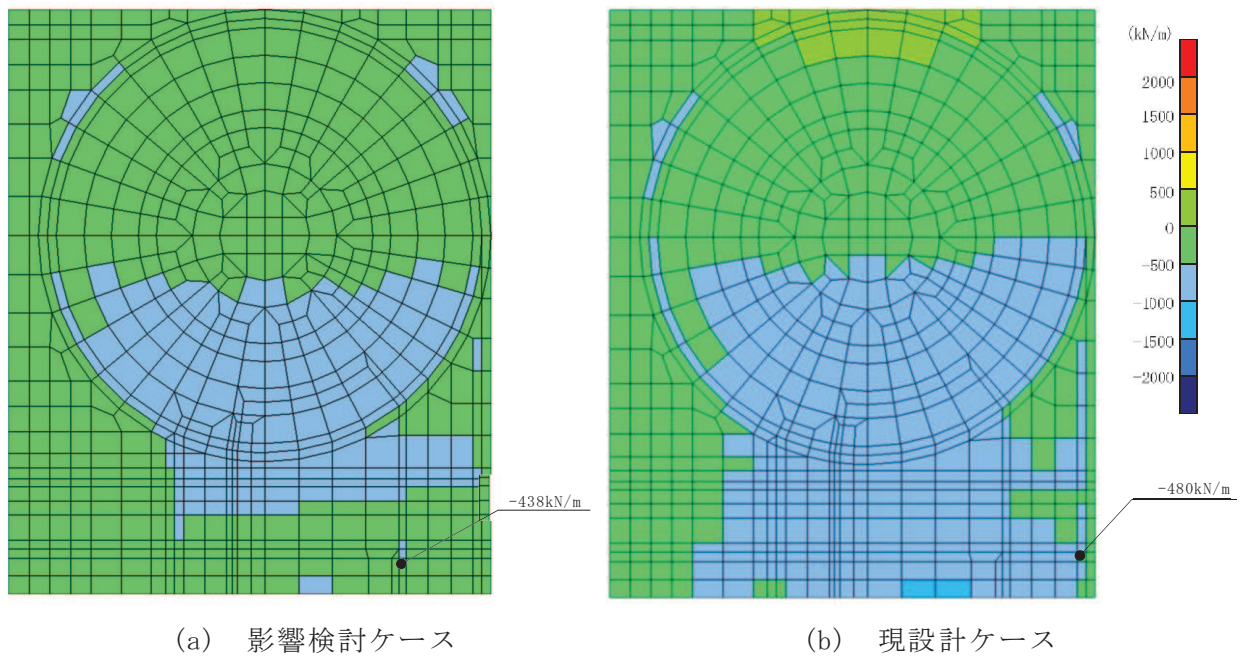


図 3-5(3) 基礎版の断面力分布図 (軸力 (kN/m) : N_x)

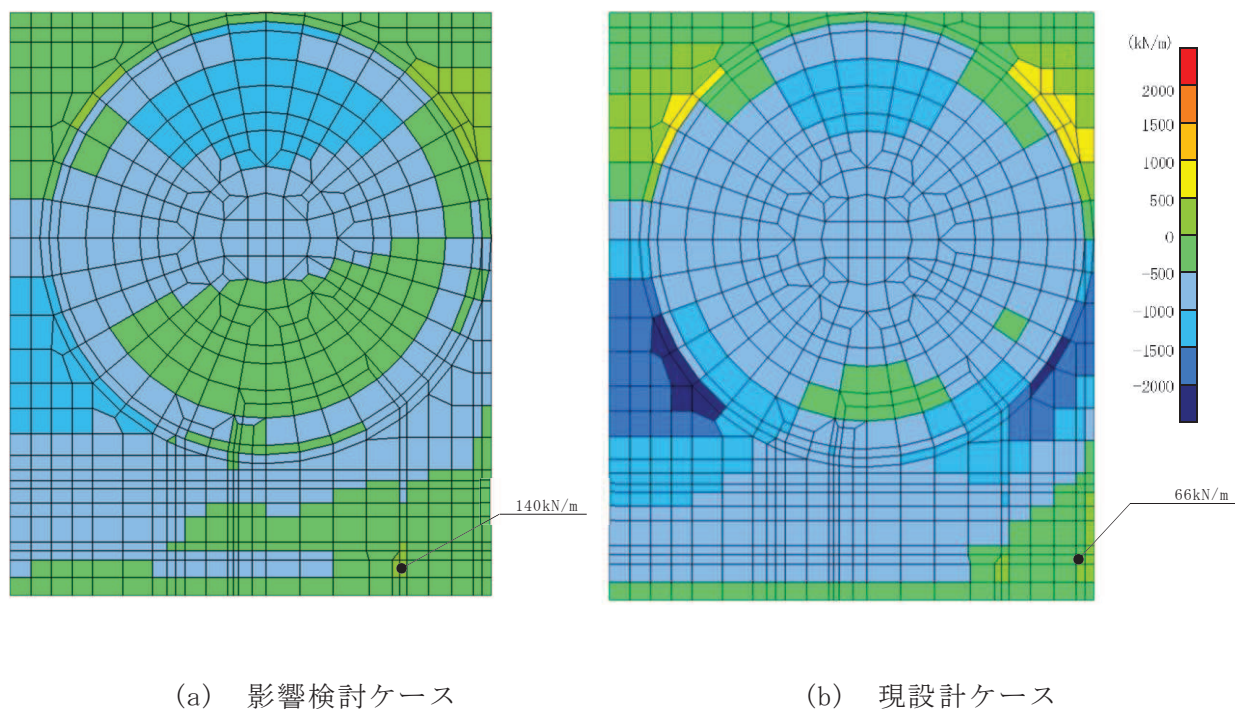
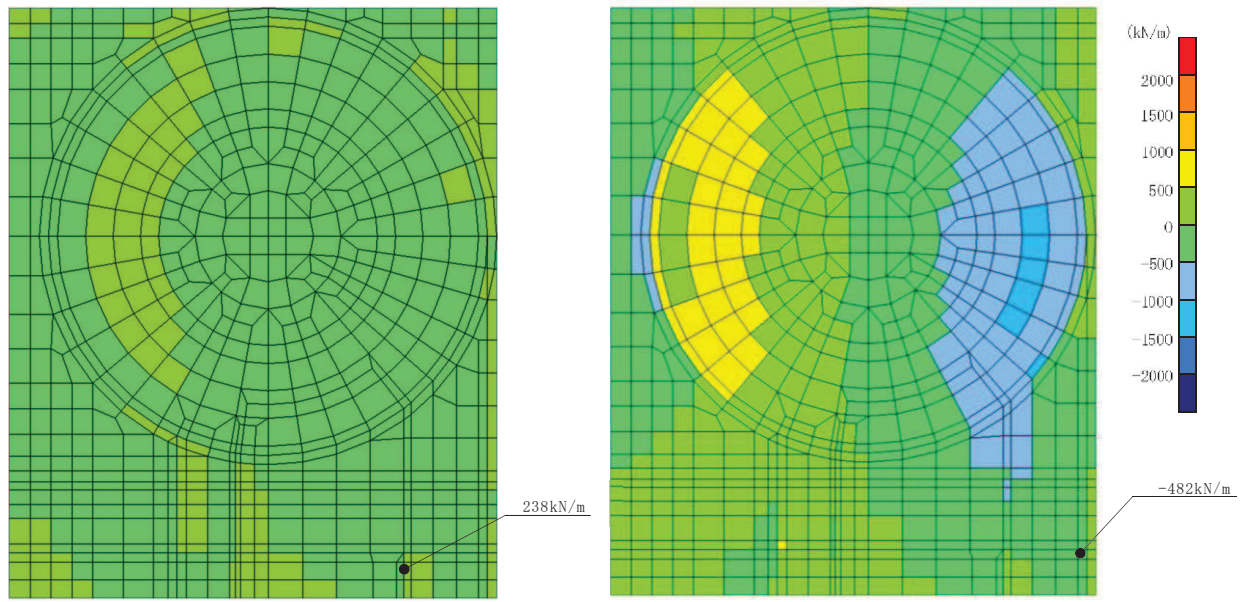


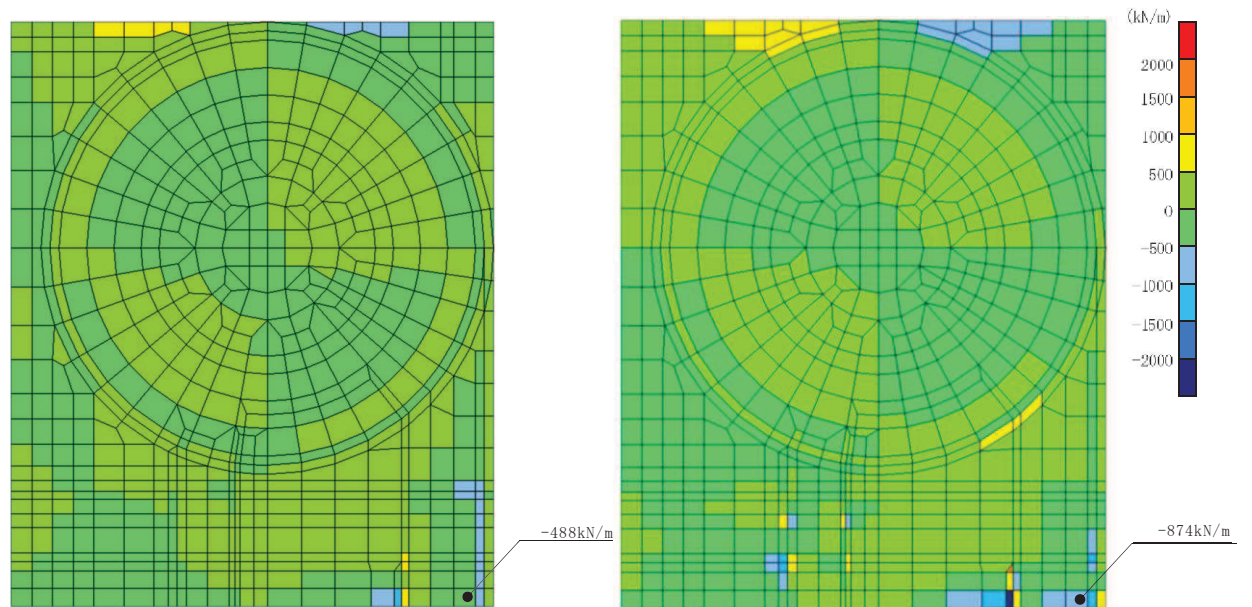
図 3-5(4) 基礎版の断面力分布図 (軸力 (kN/m) : N_y)



(a) 影響検討ケース

(b) 現設計ケース

図 3-5(5) 基礎版の断面力分布図 (面内せん断力 (kN/m) : N_{xy})



(a) 影響検討ケース

(b) 現設計ケース

図 3-5(6) 基礎版の断面力分布図 (せん断力 (kN/m) : Q_x)

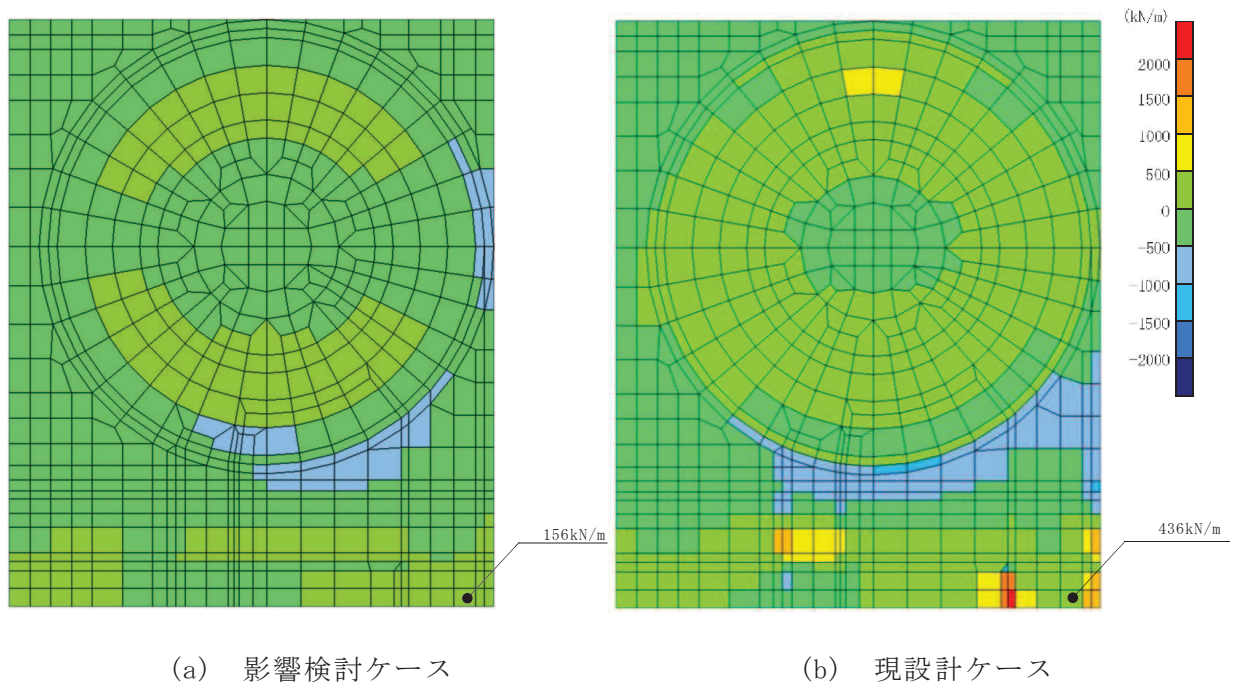


図 3-5(7) 基礎版の断面力分布図 (せん断力 (kN/m) : Q_y)

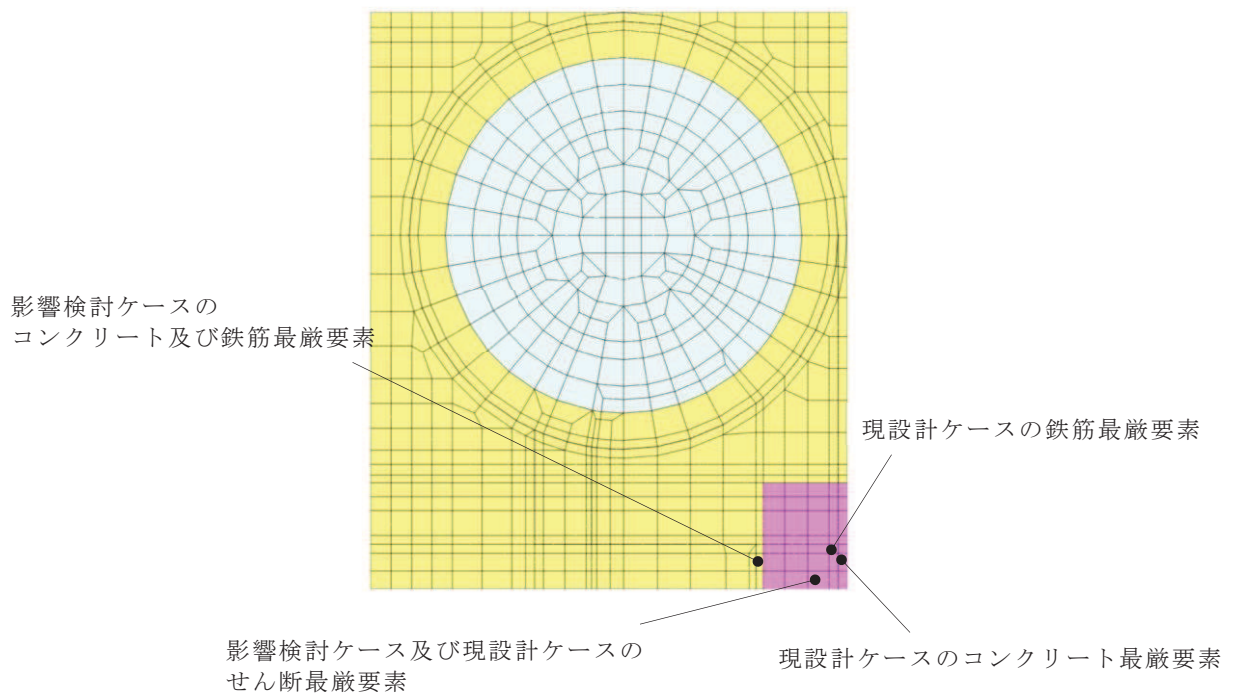


図 3-6 照査値最大となる要素位置図

4. まとめ

復水貯蔵タンク基礎の耐震評価では、上部構造（しゃへい壁，バルブ室，連絡ダクト）と下部構造（基礎版）を2つに分けて構造解析を実施し、それぞれの構造解析の入力荷重を地震応答解析の地震時応答から個別に算定している。この2つの構造解析を個別に実施していることの保守性を確認するため、上部構造の構造解析を実施した後に、その下端反力を用いて基礎版の構造解析を実施し、評価結果を比較した。

その結果、地震応答解析の地震時応答から算定した上部工反力の方が、上部構造の構造解析の下端反力から算定した上部工反力よりも大きくなることに加えて、荷重の載荷範囲が部分的であることから局所的な応力集中が大きくなるため、照査値が保守的に評価されることを確認した。

以上より、復水貯蔵タンク基礎の耐震評価において、上部構造（しゃへい壁，バルブ室，連絡ダクト）と下部構造（基礎版）を2つに分けて三次元構造解析を実施し、それぞれの構造解析の入力荷重を地震応答解析の地震時応答から個別に算定することの保守性を確認した。

(別紙) 上部構造のモデル化方法の違いによる上部工反力への影響

1. はじめに

上部工反力の曲げモーメントが、三次元構造解析モデルと地震応答解析モデルで顕著に異なることから、上部構造のモデル化方法の違いによる上部工反力への影響について分析を行う。

2. 構造部材のモデル化方法の違いによる曲げモーメントへの影響

3.2節の表3-2及び表3-3に示すとおり、三次元構造解析から算定した曲げモーメント(表3-2に該当)よりも地震応答解析から算定した曲げモーメント(表3-3に該当)の方が顕著に大きくなっている。三次元構造解析モデルと地震応答解析モデルのモデル化方法に関する差異は、しゃへい壁、バルブ室及び連絡ダクトの各構造部材の耐震壁としての剛性の考慮方法の違いによるものである。

構造部材のモデル化方法の違いが、曲げモーメントへ与える影響について、表-1に示す単純なモデルにより説明する。

上部構造を2つの部材で構成された矩形断面(高さL, 奥行き幅b, 荷重方向幅4h(=h[部材1]+3h[部材2]))の片持ちばりで仮定し、2つの部材が一体となって挙動する場合(三次元構造解析のモデル化イメージ)と2つの部材が独立して挙動する場合(地震応答解析のモデル化イメージ)について、部材の頂部に水平荷重4P(=P[部材1]+3P[部材2])を作用させたときの基部の曲げモーメントを算定した。その結果、基礎版の図心位置回りとなる構造物全体の曲げモーメント($M_1+M_2+M_3$ と $M_1'+M_2'$)を各々算定すると、両モデルは同じ曲げモーメント(M)となる。一方で、各部材範囲に分解して、2つのモデルによる各部材の局所的な曲げモーメント(部材が一体となって挙動する場合： M_1 , M_2 , 部材が独立に挙動する場合： M_1' , M_2')を比較すると、部材が独立に挙動する場合の方が顕著に大きくなる。

なお、3.2節の表3-2に示した上部構造モデルの三次元構造解析から算定した上部工反力の曲げモーメントは、上部構造の部材単位で集計したものであり、表-1に示す基礎版の図心位置回りとなる構造物全体の曲げモーメントとの差分(M_3)を記載していない。そこで、この M_3 も含めて、三次元構造解析と地震応答解析で算定した曲げモーメントの内訳を表-2に示す。曲げモーメントの合計に対する比率は1.38となり、地震応答解析の方が大きくなる。両者の差異は、上載盛土のモデル化方法の違いによるものであることを次節で考察する。

表-1 構造部材のモデル化方法の違いが曲げモーメントに与える影響

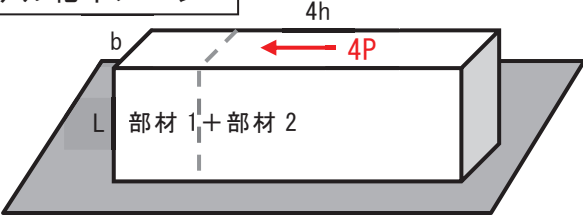
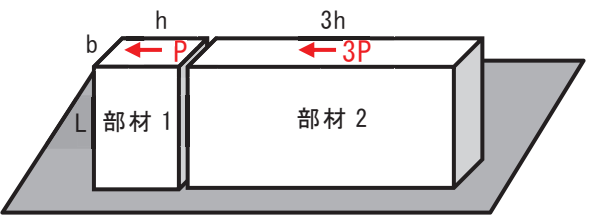
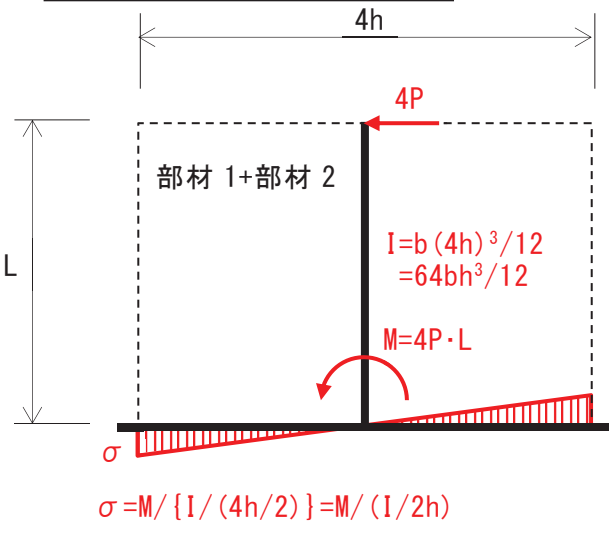
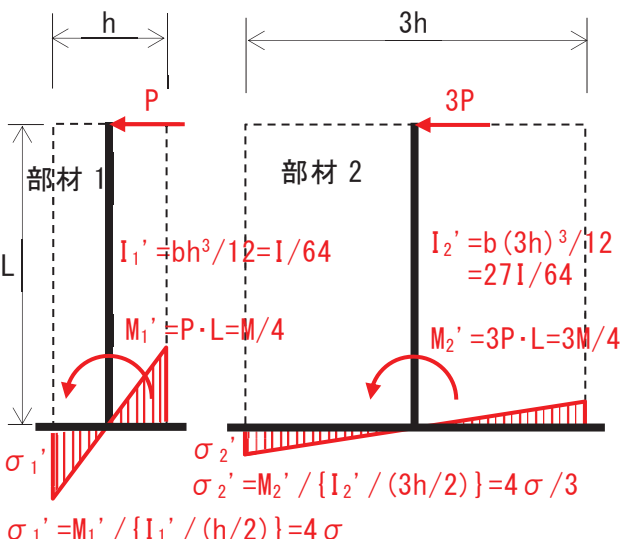
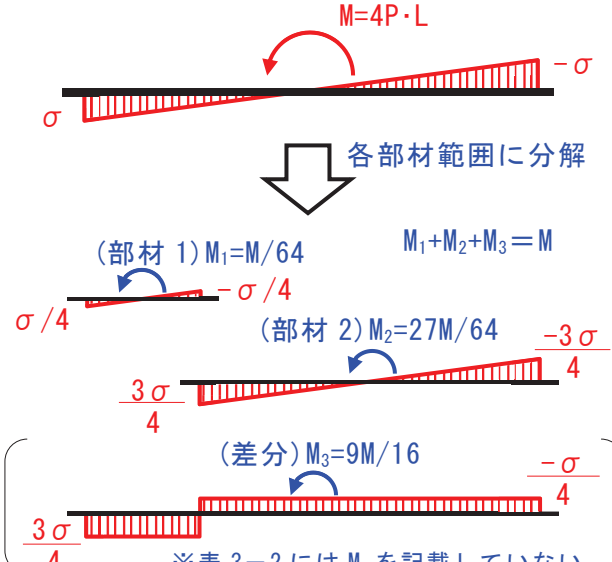
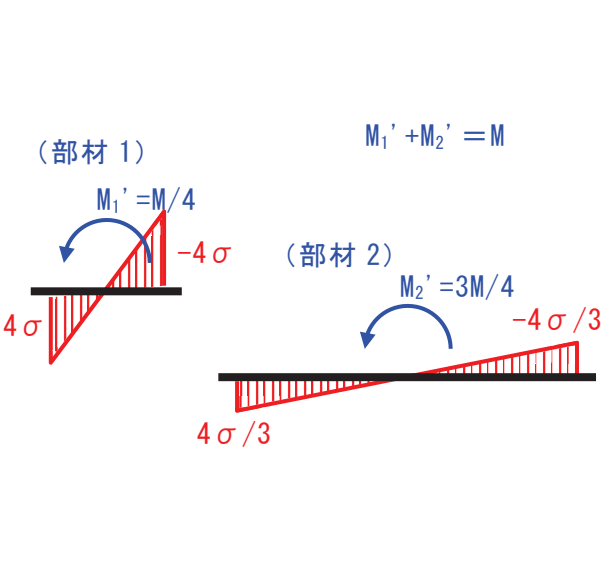
<p>三次元構造解析から算定した 曲げモーメントの解説 (表 3-2 に該当)</p>	<p>地震応答解析から算定した 曲げモーメントの解説 (表 3-3 に該当)</p>
<p>解析方法</p> <p>三次元構造解析 (部材全体を一体でモデル化)</p>	<p>地震応答解析 (各部材を独立してモデル化)</p>
<p>モデル化イメージ</p> 	
<p>部材直下の曲げモーメント</p>  <p>$I = b(4h)^3/12 = 64bh^3/12$</p> <p>$M = 4P \cdot L$</p> <p>$\sigma = M / \{I / (4h/2)\} = M / (I/2h)$</p>	 <p>$I_1' = bh^3/12 = I/64$</p> <p>$M_1' = P \cdot L = M/4$</p> <p>$\sigma_1' = M_1' / \{I_1' / (h/2)\} = 4\sigma$</p> <p>$I_2' = b(3h)^3/12 = 27I/64$</p> <p>$M_2' = 3P \cdot L = 3M/4$</p> <p>$\sigma_2' = M_2' / \{I_2' / (3h/2)\} = 4\sigma/3$</p>
<p>基礎版に載荷する上部工反力 (表 3-2 及び表 3-3 のM)</p>	
 <p>$M = 4P \cdot L$</p> <p>各部材範囲に分解</p> <p>(部材 1) $M_1 = M/64$</p> <p>(部材 2) $M_2 = 27M/64$</p> <p>(差分) $M_3 = 9M/16$</p> <p>$M_1 + M_2 + M_3 = M$</p> <p>※表 3-2 には M_3 を記載していない</p>	 <p>(部材 1) $M_1' = M/4$</p> <p>(部材 2) $M_2' = 3M/4$</p> <p>$M_1' + M_2' = M$</p>

表-2 上部工反力を算定した各解析における曲げモーメントの内訳

集計範囲	曲げモーメント (kN・m)		比率 ②/①
	①三次元構造解析*1	②地震応答解析*2	
しゃへい壁	59850	238552	—
バルブ室	6518	16957	
連絡ダクト	-592	5006	
構造物全体との差分	122334*3	—	
合計	188110	260515	1.38

注記*1：表 3-2 の曲げモーメント（構造物全体との差分は*3 参照）。

*2：表 3-3 の曲げモーメント。

*3：三次元構造解析の上部工反力による基礎版図心位置回りの構造物全体の曲げモーメントと、しゃへい壁，バルブ室及び連絡ダクトの各部材図心位置回りで集計した曲げモーメントとの差分で，表-1 の差分 M_3 に対応する曲げモーメント。

3. 上載盛土のモデル化方法の違いによる曲げモーメントへの影響

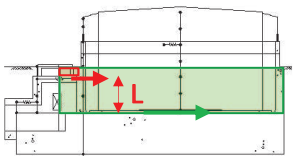
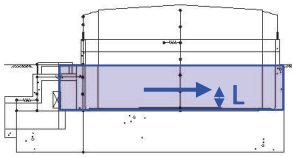
しゃへい壁及びバルブ室については、地震応答解析モデルで基礎版及びバルブ室上の盛土重量を上部構造の質点に含めてモデル化している。そのため、本来は基礎版及びバルブ室上面に作用する盛土の水平慣性力を、保守的に上部構造の質点位置に作用させることにより、上部工反力の曲げモーメントが大きく評価されている。なお、連絡ダクトについては、地震応答解析で質点としてモデル化した上載盛土が少なく、その影響は小さい。

表-3 に両解析方法において、しゃへい壁とバルブ室における上載盛土の水平慣性力による上部工反力（せん断力、曲げモーメント）を概算した結果を示す。なお、水平震度は地震応答解析の当該照査時刻の発生加速度から換算し、 $kh=1.0$ とした。上部工反力の曲げモーメントは地震応答解析の方が顕著に大きく、しゃへい壁で 8.69 倍、バルブ室で 6.04 倍となる。また、両解析方法による曲げモーメントの差は、しゃへい壁で $46722\text{kN}\cdot\text{m}$ 、バルブ室で $21406\text{kN}\cdot\text{m}$ となり、地震応答解析の曲げモーメントが合計で $68128 (=46722 + 21406)\text{kN}\cdot\text{m}$ 大きくなる。これが地震応答解析で算定した上部工反力による基礎版設計の保守性となっている。

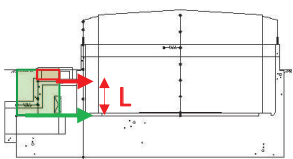
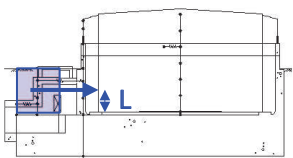
地震応答解析における曲げモーメントから、設計上の保守性となる上載盛土の影響による曲げモーメントの差分を除いて、表-2 を再集計した結果を表-4 に示す。設計上の保守性となる上載盛土の影響を除くと、三次元構造解析と地震応答解析による曲げモーメントの比率は 1.02 となり、両者は同程度となる。

表-3 解析方法の違いによる上載盛土の上部工反力への影響比較

(a) シャへい壁

解析方法	盛土慣性力の 考慮範囲と 作用高さ L* ¹	部位	盛土 重量 W (kN)	作用 高さ L (m)	せん断力 W・kh* ² (kN)	曲げモーメント W・kh・L* ² (kN・m)
三次元 構造解析		バルブ室上	1500	4.05	1500	6076
		基礎版上	17356	0.00	17356	0
		全体	18857	—	18857	6076
地震応答 解析		全体	18857	2.80	18857	52798
比率（地震応答解析／三次元構造解析）			1.00	—	1.00	8.69
差（地震応答解析－三次元構造解析）			—	—	—	46722

(b) バルブ室

解析方法	盛土慣性力の 考慮範囲と 作用高さ L* ¹	部位	盛土 重量 W (kN)	作用 高さ L (m)	せん断力 W・kh* ² (kN)	曲げモーメント W・kh・L* ² (kN・m)
三次元 構造解析		バルブ室上	1050	4.05	1050	4251
		基礎版上	8114	0.00	8114	0
		全体	9163	—	9163	4251
地震応答 解析		全体	9163	2.80	9163	25657
比率（地震応答解析／三次元構造解析）			1.00	—	1.00	6.04
差（地震応答解析－三次元構造解析）			—	—	—	21406

注記*1：地震応答解析における盛土慣性力の作用高さは、L=盛土高さ×1/2とした。

*2：kh：水平震度（=1.0）

表-4 上載盛土の影響を考慮した各解析における曲げモーメントの比較

集計範囲	曲げモーメント (kN・m)		比率 ②/①
	①三次元構造解析 ^{*1}	②地震応答解析 ^{*2}	
しゃへい壁	59850	238552	—
バルブ室	6518	16957	
連絡ダクト	-592	5006	
構造物全体との差分	122334 ^{*3}	—	
小計①	188110	260515	1.38
上載盛土の影響②	—	68128 ^{*4}	—
合計(①-②)	188110	192387	1.02

注記*1：表 3-2 の曲げモーメント（構造物全体との差分は*3 参照）。

*2：表 3-3 の曲げモーメント。

*3：三次元構造解析の上部工反力による基礎版図心位置回りの構造物全体の曲げモーメントと、しゃへい壁、バルブ室及び連絡ダクトの各部材図心位置回りで集計した曲げモーメントとの差分で、表-1 の差分 M₃ に対応する曲げモーメント。

*4：表-3 に示すしゃへい壁の曲げモーメントの差（46722kN・m）とバルブ室の曲げモーメントの差（21406kN・m）の和。

4. まとめ

上部工反力の曲げモーメントが三次元構造解析と地震応答解析で異なる要因として、上部構造のモデル化方法の違いによる影響を分析した。

構造部材のモデル化方法の違いによる影響を把握するため、構造部材が一体となって挙動する場合（三次元構造解析のモデル化イメージ）と構造部材が独立して挙動する場合（地震応答解析のモデル化イメージ）の曲げモーメントを確認した。その結果、独立して挙動する場合は一体となって挙動する場合に比べて、構造物全体の曲げモーメントは同等となるものの、各部材位置で局所的に大きな曲げモーメントが作用することを確認した。

また、地震応答解析では上載盛土の水平慣性力を保守的に上部構造の質点位置に作用させていることについて、三次元構造解析との違いを概算した結果、上載盛土による上部工反力の曲げモーメントは、地震応答解析の方が三次元構造解析よりも大きくなり保守的となっていることを確認した。

以上から、上部工反力の曲げモーメントが三次元構造解析と地震応答解析で異なる要因は、構造部材のモデル化方法及び上載盛土のモデル化方法の違いであることを確認した。

参考資料 5 三次元動的解析を用いた復水貯蔵タンク基礎の
円筒型しゃへい壁への土圧分布の検証について

1. はじめに

屋外重要土木構造物の耐震安全性は、構造物へ作用する地震時荷重を地盤－構造物連成の二次元断面による地震応答解析で算定し、この地震時荷重を三次元モデルに載荷する構造解析を実施することで評価することを基本としている。構造物が単純な形状で無い場合は、形状の異なる部位ごとに複数の二次元断面による地震応答解析を実施し、地震時荷重を算定する。

復水貯蔵タンク基礎は、図 1-1 に示す円筒形のしゃへい壁と矩形のバルブ室他を組み合わせた構造で、奥行き方向に断面形状が変化する複雑な形状となっている。そのため、この断面間の相互影響の評価が難しいことから、複数の二次元断面ではなく、ばね質点系の 1 モデルに集約した二次元モデルで地震応答解析を実施し、その結果から保守的な地震時荷重を設定して、三次元構造解析により耐震評価を実施している。

地震応答解析では基礎版の両外壁面上に仮想背面を仮定し、仮想背面に作用する地震時土圧を抽出して、三次元モデルの奥行き方向に一樣となる地震時土圧を載荷した構造解析を実施している。また、仮想背面内の盛土は構造物と共に質点としてモデル化し、地震応答解析により得られた盛土慣性力を、三次元構造解析で直下の基礎上面に一樣な分布荷重として水平方向に載荷している。

以上を踏まえ、以下の検証項目に対し、地震時荷重が適切に評価されていることを確認する。

検証①：構造形状の影響

- ・ 復水貯蔵タンク基礎は、円筒形のしゃへい壁、矩形のバルブ室・バルブ室（ハッチ部）・連絡ダクトから構成される複雑な構造である。
- ・ 二次元地震応答解析において、各部材をばね質点系でモデル化することにより、構造物と地盤の相互作用を考慮した土圧が適切に評価できているか検証する。

検証②：基礎盛土の慣性力の影響

- ・ 復水貯蔵タンク基礎はバルブ室、連絡ダクト及び基礎版に上載盛土がある。また、北側のしゃへい壁外側の基礎版上には基礎の延長方向で分布が異なる三角形の上載土がある。
- ・ 二次元地震応答解析において、上載盛土を質量としてモデル化して慣性力を評価することにより、躯体に作用する土圧が適切に評価できているか検証する。
(上載土を質量として考慮するモデル化は道路橋示方書に準拠している。)

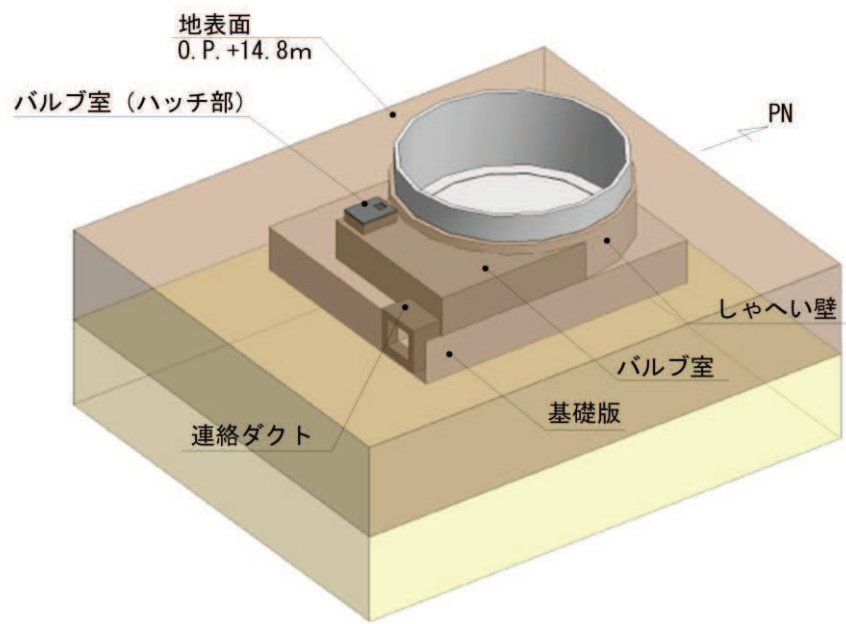


図 1-1 復水貯蔵タンク基礎の鳥瞰図

2. 評価方針

構造物の三次元形状を模擬し、構造物と地盤の相互作用を考慮した三次元地震応答解析により、次の方針で二次元ばね質点系モデルで算定した作用土圧の検証を行う。

- ・「周辺地盤を三次元ソリッド要素，構造物を三次元ソリッド要素でモデル化した場合（モデル①）」と「周辺地盤を二次元平面ひずみ要素，構造物を二次元ばね質点系モデルでモデル化した場合（モデル②）」について，地震応答解析によって各部材の側壁に作用する土圧の比較を行う。
- ・構造物は復水貯蔵タンク基礎の構造を簡略化し，円筒形のしゃへい壁と矩形のバルブ室及び基礎版から構成される構造とする。
- ・地震応答解析における構造物及び地盤は，線形弾性としてモデル化する。

解析モデルの概要を表 2-1 に示す。

表 2-1 解析モデルの概要

	モデル① 構造物：三次元ソリッド要素，周辺地盤：三次元ソリッド要素	モデル② 構造物：ばね質点系モデル，周辺地盤：二次元平面ひずみ要素
モデル化の考え方	・実現象の再現を目的とした三次元の線形弾性モデル	・モデル①との比較のため，二次元地震応答解析のばね質点系モデルによる線形弾性モデル
概念図	<p>三次元モデル-鳥瞰図</p>	<p>断面図</p>
構造物のモデル化	・しゃへい壁，バルブ室及び基礎版を三次元ソリッド要素によりモデル化する。	<ul style="list-style-type: none"> しゃへい壁，バルブ室及び基礎版をばね質点系によりモデル化する。 しゃへい壁とバルブ室はバルブ室の頂版位置で接続されていることから，頂版の水平方向剛性を考慮したばね要素で連結する。 三次元ソリッド要素と比較して，局所的な変形を考慮しないモデルであることから，地震時荷重を保守的に評価する見込みである。
地盤のモデル化	・周辺地盤を三次元ソリッド要素でモデル化し，バルブ室及び基礎版の上載土についても，三次元ソリッド要素でモデル化する。	・周辺地盤を二次元平面ひずみ要素でモデル化し，バルブ室及び基礎版の上載土は，ばね質点系モデルの質点に重量として考慮する。
構造物と地盤の相互作用の考慮方法	・周辺地盤及び構造物の上載土を三次元ソリッド要素でモデル化することで，直接的に構造物と地盤の相互作用を考慮する。	・構造物の外形を矩形とし，しゃへい壁及び基礎版の節点から側方の周辺地盤に剛はり要素を設定し，周辺地盤との相互作用を考慮する。
土圧の検証	<ul style="list-style-type: none"> モデル①とモデル②の地震応答解析結果から算定される各部材（しゃへい壁及びバルブ室）への土圧の比較を行う。 モデル②により算定される土圧がモデル①により算定される土圧よりも保守的であること，又は同等であることを確認する。 	

3. 評価条件

3.1 モデル化する構造物形状

本検討では、円筒形と矩形の形状が組み合わさった構造物に作用する土圧，並びに構造物上の土砂の慣性力の影響を把握することが目的である。そこで，円筒形のしゃへい壁地中部，矩形の地下構造物で上載土の載ったバルブ室及び基礎版に着目し，外形線を簡略化してモデル化する。具体的には，次のとおりとする。

しゃへい壁：地中部のみモデル化し，壁厚を 1.0m で均一とした円筒形構造とする。

バルブ室：壁厚 0.8m の頂版を連続してハッチ部の開口を閉じた構造とする。

基礎版：上方のしゃへい壁及びバルブ室の外形線の範囲に縮幅した矩形の平面形状とし，部材厚は一律 5.0m とする。

連絡トレンチ：モデル化せず，バルブ室との境界部の開口は，バルブ室の南側側壁を延長して閉じる。

図 3-1 にモデル化する構造物の鳥瞰図，図 3-2 に構造図を示す。

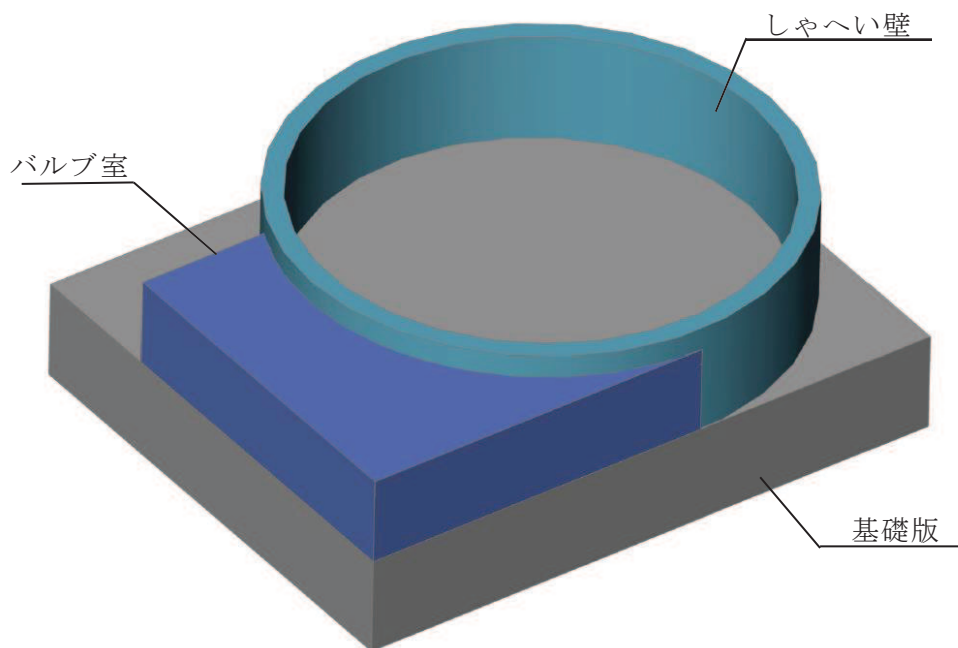


図 3-1 モデル化する構造物の鳥瞰図

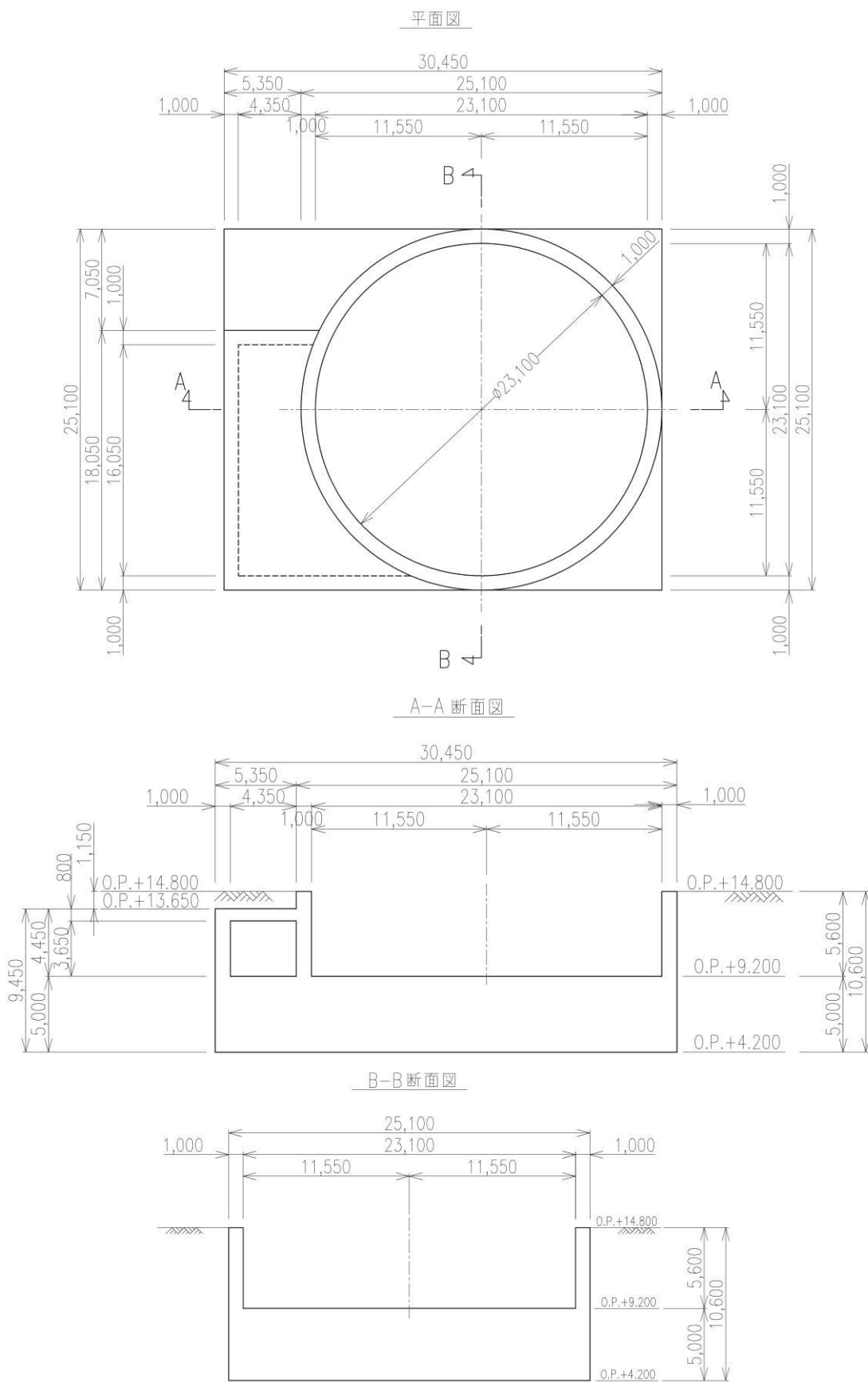


図 3-2 モデル化する構造図

3.2 モデル化する地盤構造及び地盤物性値

本検討では、復水貯蔵タンク基礎の直下地盤を水平成層構造でモデル化する。モデル化範囲は、第4速度層の岩盤が分布する O.P. -30m 以浅をモデル化する。また、各地盤の物性値は、添付書類「VI-2-1-3 地盤の支持性能に係る基本方針」にて設定している物性値を用いる。

水平成層でモデル化する地盤構造及び地盤物性値を表 3-1 に示す。

表 3-1 モデル化する地盤構造及び地盤物性値

標高 O.P. (m)	土層	単位体積 重 量 γ (kN/m ³)	動せん断弾性係数 G_d (N/mm ²)	動ポアソン比 ν	減衰 h (%)
14.800	盛土 (地下水位以浅) ▽	18.6	*2	0.48	*3
+4.200*1	C _M 級砂岩 (第2速度層)	25.2	1.5×10 ³	0.44	3
-15.567	C _M 級砂岩 (第3速度層)	25.2	5.7×10 ³	0.40	3
-16.357	C _H 級砂岩 (第3速度層)	26.2	5.9×10 ³	0.40	3
-26.687	C _H 級砂岩 (第4速度層)	26.2	13.2×10 ³	0.36	3
-30.000					

注記*1：設計用地下水位を示す。解析用地下水位は、O.P.+4.200m（岩盤表面）である。

$$*2：小ひずみ領域： G_0 = 382 \sigma^{0.71} \geq 49.3 \quad G/G_0 = 1/(1 + \gamma/0.00036)$$

$$大ひずみ領域： G_0 = E_s / 2(1 + \nu_s) \quad G/G_0 = 1/(1 + \gamma/\gamma_m)$$

$$*3： h = 0.183 \gamma / (\gamma + 0.000261) \quad \text{ただし、初期値を 3\% とする。}$$

3.3 構造物の材料物性値

構造物の使用材料及び材料物性値を表 3-2 に示す。

表 3-2 使用材料及び物性値

材料	項目	材料諸元
鉄筋コンクリート	単位体積重量 (kN/m ³)	24.0
コンクリート (設計基準強度 20.5N/mm ²)	ヤング係数 (N/mm ²)	2.33×10 ⁴
	ポアソン比	0.2

3.4 地下水位

解析用地下水位は，岩盤表面（O.P. +4.2m）とする。

3.5 荷重条件

構造物の重量は，鉄筋コンクリートの単位体積重量 24.0kN/m^3 を用いて算出する。なお，機器・配管重量，上載荷重及び地表面上載荷重，静水圧及び揚圧力は考慮しない。

地震動は，本編の基本ケース①のうち，しゃへい壁，バルブ室及び基礎版の照査値が最も厳しくなる地震動 $S_s - D 2 (++)$ を検討用地震動とする。

表 3-3 に照査値を一覧する。

表 3-3 工認補足説明資料の照査値一覧（基本ケース①）*

照査項目	評価部位	最厳照査値	地震動
曲げ・軸力系の破壊	しゃへい壁（地中部）	0.16	$S_s - D 2 (-+)$
	バルブ室（頂版）	0.08	$S_s - D 1 (-+)$
	バルブ室（南壁）	0.13	$S_s - D 1 (-+)$
	バルブ室（東西壁）	0.11	$S_s - D 2 (++)$
	バルブ室（隔壁）	0.08	$S_s - D 1 (-+)$
	基礎版	0.42	$S_s - D 2 (++)$
せん断破壊	しゃへい壁（地中部）	0.94	$S_s - D 2 (++)$
	バルブ室（頂版）	0.34	$S_s - F 1 (++)$
	バルブ室（南壁）	0.71	$S_s - D 1 (-+)$
	バルブ室（東西壁）	0.84	$S_s - D 2 (++)$
	バルブ室（隔壁）	0.18	$S_s - D 2 (-+)$
	基礎版	0.62	$S_s - D 2 (++)$

注記*： 0.94 は，最厳照査値の中で最大となる照査値と地震動を示す。

4. 地震応答解析

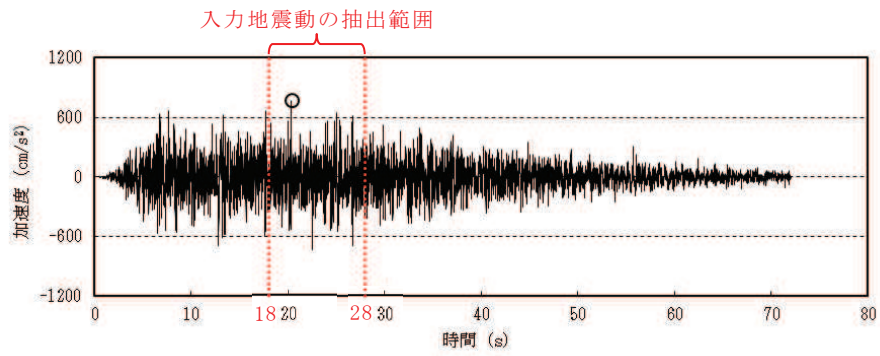
4.1 入力地震動の設定

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

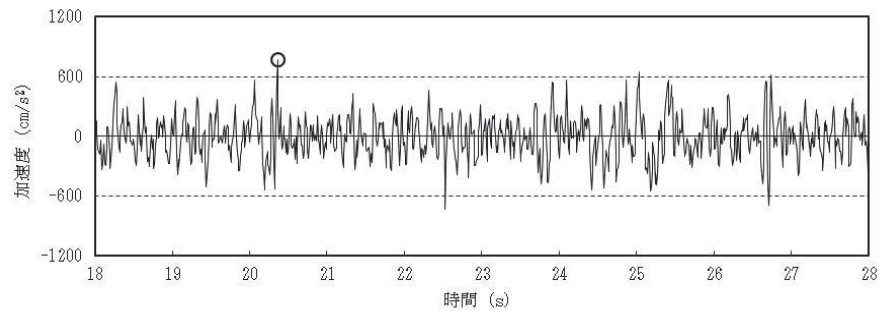
図 4-1 に入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトルを示す。入力地震動の算定には、解析コード「SHAKE Ver. 1.6」を使用する。解析コードの検証及び妥当性確認の概要については、添付書類「VI-5 計算機プログラム(解析コード)の概要」に示す。

本検討では構造形状の特殊性及び構造物上の盛土慣性力が、水平方向の地震時土圧に与える影響を把握することが目的である。そこで、今回着目する地震時土圧に支配的な荷重となる水平動による単独加振とする。

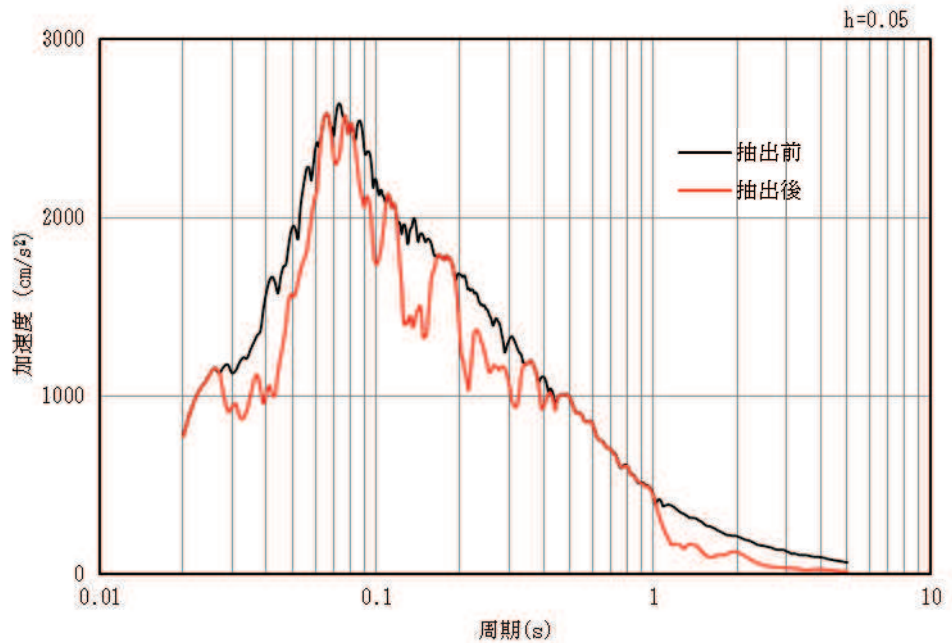
また、入力地震動は最大加速度の発生する 20.36 秒を含む、18 秒～28 秒の 10 秒間を抽出する。図 4-1 に示した抽出前後の加速度応答スペクトルにおいて、抽出後の加速度応答値が抽出前よりも若干小さくなる周期もあるが、盛土が振動する一次周期となる 0.56 秒では、両者は一致している。



(a) 作成した入力地震動全体の加速度時刻歴波形



(b) 地震応答解析用に抽出した加速度時刻歴波形



(c) 加速度応答スペクトル (h=5%)

図 4-1 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(水平成分 : S s - D 2)

4.2 地震応答解析手法

地震応答解析は、水平地震動の南北方向単独加振による逐次時間積分の時刻歴応答解析により行うこととし、解析手法は三次元及び二次元の有限要素法による全応力解析とする。

地震応答解析については、解析コード「SLAP Ver. 6.65」を使用する。なお、解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、添付書類「VI-5 計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

4.3 地震応答解析モデル

(1) 解析モデルの設定

復水貯蔵タンク基礎は、基礎版、基礎版上のしゃへい壁及びバルブ室を次の通りモデル化する。

モデル①：三次元ソリッド要素

モデル②：各部材と等価な剛性を有する線形はり要素，ばね要素及び質点

地盤については、水平成層の線形要素でモデル化する。なお、地盤剛性及び減衰のひずみ依存性を持つ盛土には、入力地震動の算定用解析で得られた収束物性値を用い、これを地震応答解析の等価物性として設定する。

境界条件は、固有値解析では底面を固定，側面を水平ローラーとする。地震応答解析では、底面及び側面を粘性境界とする。

(2) モデル①

モデル①について，図 4-2 に鳥瞰図，図 4-3 にモデル図を示す。

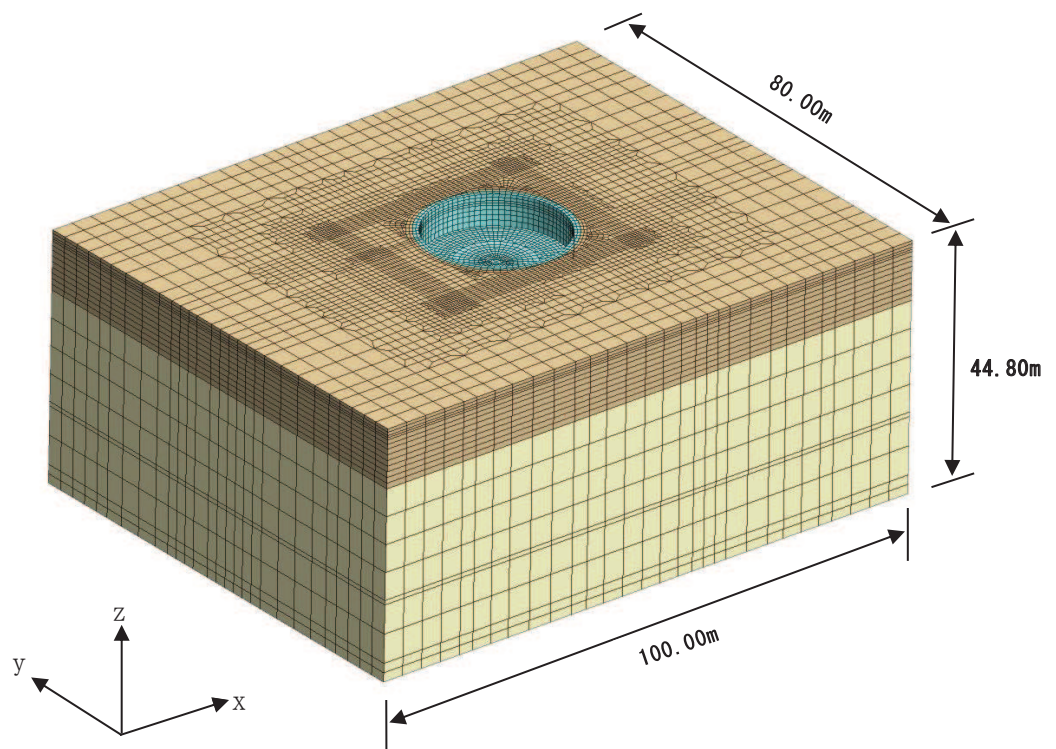
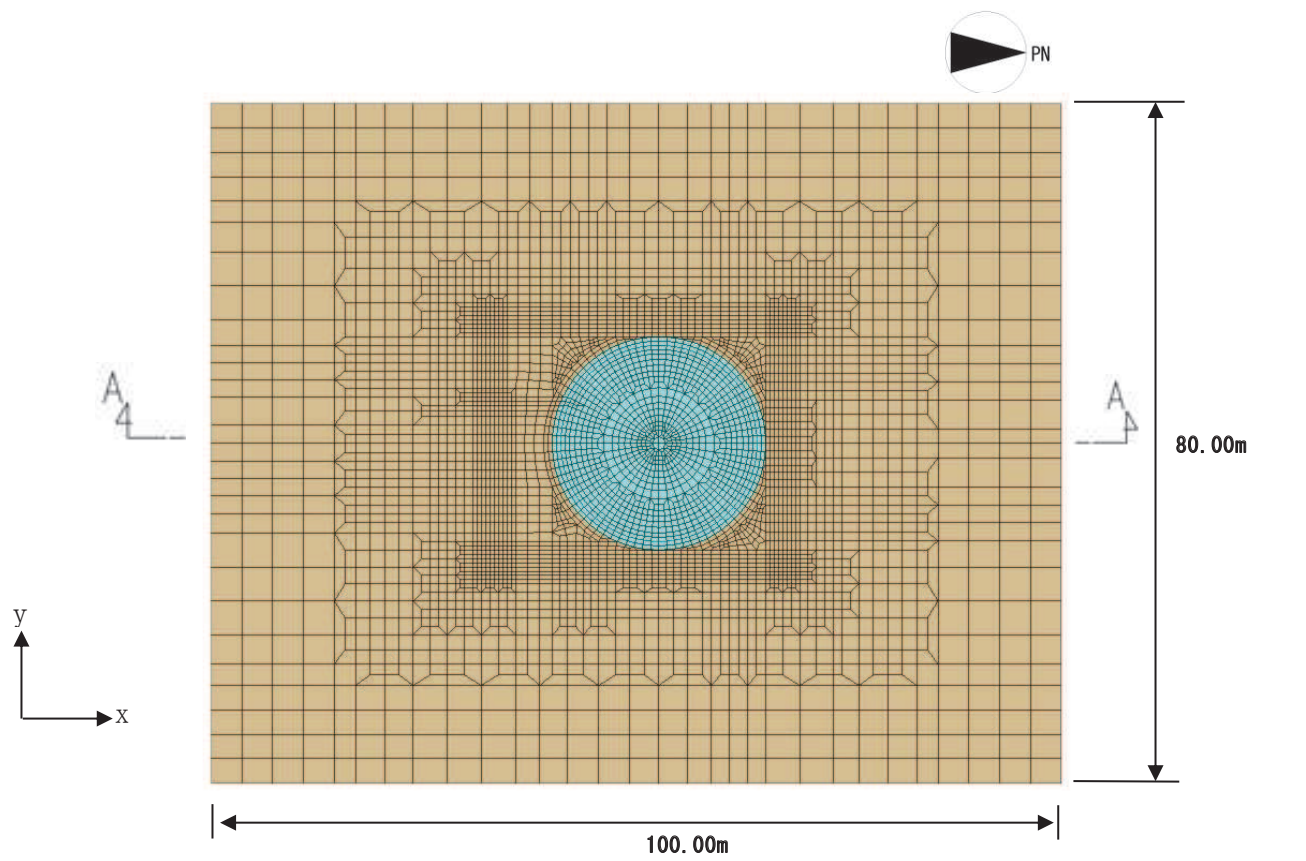
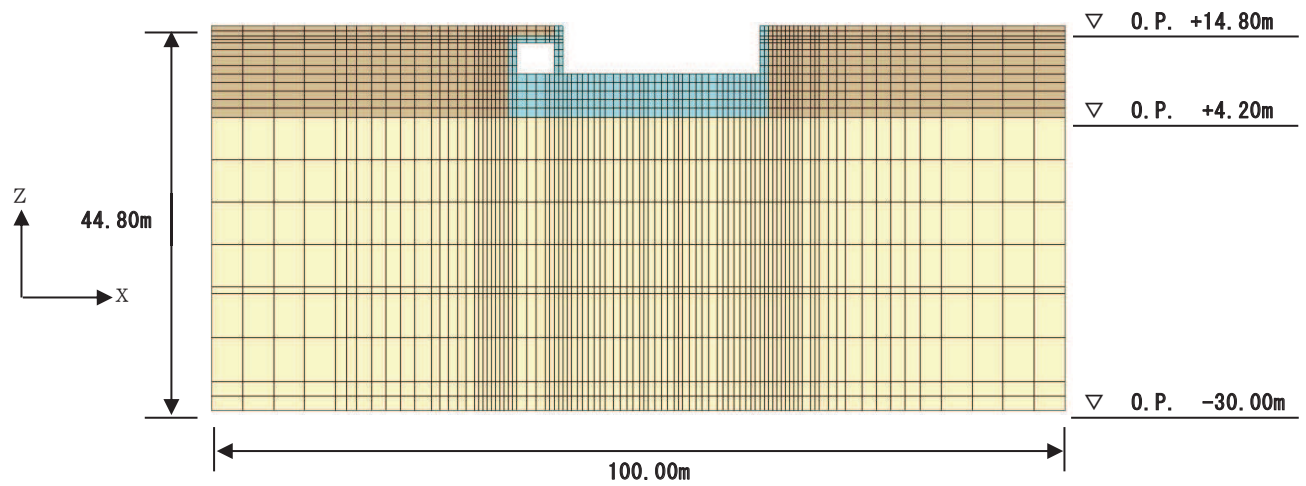


図 4-2 三次元地震応答解析モデルの鳥瞰図（モデル①）



平面図



断面図(A-A断面)

図 4-3 三次元地震応答解析モデル図 (モデル①)

(3) モデル②

モデル②について、復水貯蔵タンク基礎のモデル図を図 4-4 に、モデル諸元を表 4-1 に示す。

しゃへい壁、バルブ室及び基礎版は、鉛直部材と等価な曲げ、せん断及び軸剛性を有する質点系モデルとする。しゃへい壁～バルブ室間はバルブ室頂版位置で頂版の水平方向剛性を換算したばね要素で連結する。なお、各部材が基礎版上面で一体構造として挙動するように、しゃへい壁及びバルブ室は基礎版上面において、水平、鉛直及び回転の自由度を共有する。

地震応答解析では、復水貯蔵タンク基礎と周辺地盤の相互作用を考慮するため、しゃへい壁及び基礎版と側方地盤の同一標高の節点間、並びに基礎版の底面に剛はり要素を設定し、剛はり要素を介して構造物と周辺地盤とを接続する。

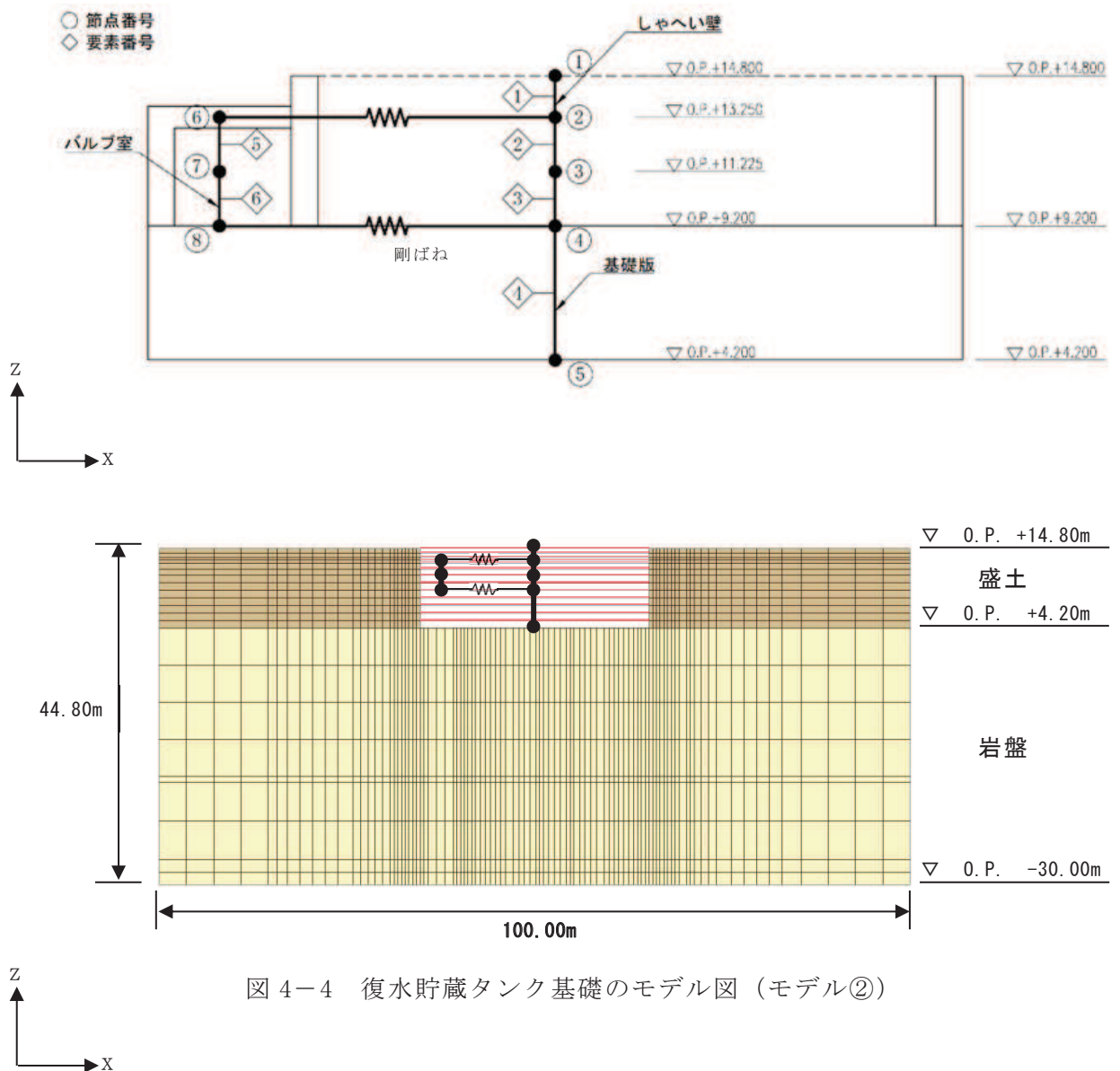


図 4-4 復水貯蔵タンク基礎のモデル図 (モデル②)

表 4-1 復水貯蔵タンク基礎のモデル諸元 (モデル②)

標高 (m)	質点No.	重量 (kN)	回転慣性 (kN・m ²)	はり要素No.	断面積 (m ²)	せん断有効断面積 (m ²)	断面2次モーメント (m ⁴)
14.8	1	4.144 × 10 ³	1.027 × 10 ⁵				
				1	7.571 × 10 ¹	3.786 × 10 ¹	5.506 × 10 ³
13.25	2	9.240 × 10 ³	3.976 × 10 ⁵	2	9.039 × 10 ¹	5.364 × 10 ¹	6.883 × 10 ³
11.225	3	8.702 × 10 ³	3.360 × 10 ⁵	3	9.039 × 10 ¹	5.364 × 10 ¹	6.883 × 10 ³
9.2	4	5.117 × 10 ⁴	4.106 × 10 ⁶	4	7.643 × 10 ²	7.643 × 10 ²	5.905 × 10 ⁴
4.2	5	4.586 × 10 ⁴	3.639 × 10 ⁶				
13.25	6	3.722 × 10 ³	1.488 × 10 ³	5	2.240 × 10 ¹	6.350 × 10 ⁰	9.288 × 10 ⁰
11.225	7	1.932 × 10 ³	9.575 × 10 ²	6	2.240 × 10 ¹	6.350 × 10 ⁰	9.288 × 10 ⁰
9.2	8	—	—				

標高 (m)	ばね要素No.	水平ばね (kN・m)	鉛直ばね (kN・m)	回転ばね (kN・m)
13.25	1	6.275 × 10 ⁷	0.000 × 10 ⁰	0.000 × 10 ⁰
9.2	2	1.000 × 10 ¹¹	1.000 × 10 ¹¹	1.000 × 10 ¹¹

4.4 減衰定数

減衰定数は、「資料1 屋外重要土木建造物の耐震安全性評価について」の「9. 地震応答解析における減衰定数」に基づき、粘性減衰で考慮する。

粘性減衰は、固有値解析にて求められる解析モデル全体の固有周期と各材料の減衰比に基づき、質量マトリックス及び剛性マトリックスの線形結合で表される以下のRayleigh減衰を解析モデル全体に与える。

$$[c] = \alpha [m] + \beta [k]$$

[c] : 減衰係数マトリックス

[m] : 質量マトリックス

[k] : 剛性マトリックス

α , β : 係数

ここで、Rayleigh減衰の係数 α 、 β について、岩盤及び構造物は「資料12 3.3 減衰定数」と同様に解析の安定を確保するための小さな減衰2%で設定する。一方、盛土は線形要素でモデル化することから、盛土が振動する1次のモード減衰で係数 α 、 β を設定する。なお、固有値解析は水平成層地盤で実施する。

固有値解析結果に基づき設定したRayleigh減衰の係数 α 、 β を表4-2に示す。

表 4-2 Rayleigh 減衰における係数 α , β の設定結果

	α	β
岩盤・構造物	3.384×10^{-1}	8.866×10^{-4}
盛土	2.793	7.317×10^{-3}

4.5 検証時刻の選定

復水貯蔵タンク基礎には、地震時荷重となる慣性力及び地震時土圧が各部材に作用し、その総水平力は基礎版底面の水平方向せん断力で集計される。本検討では、水平方向荷重となる構造物上の盛土慣性力及び壁面に作用する地震時土圧に着目することから、基礎版底面に作用する総水平力が最大となる時刻を選定し、これを検証時刻とする。

具体的には、モデル①は、ソリッド要素でモデル化した基礎版の最下層におけるX-Y平面内要素のせん断力を合計し、その合計値が最大となる時刻とする。モデル②は、はり要素でモデル化した基礎版の下端側せん断力が最大となる時刻とする。

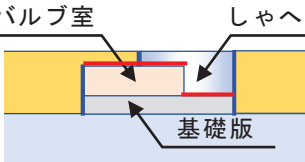
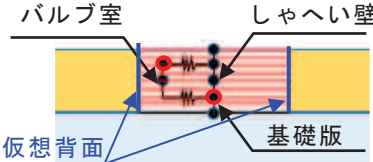
4.6 地震時荷重の抽出方法

復水貯蔵タンク基礎に作用する周辺盛土からの地震時荷重として、「資料12 4.4 入力荷重」で考慮するバルブ室及び基礎版の上載盛土による慣性力、並びにしゃへい壁、バルブ室及び基礎版の鉛直壁面に作用する地震時土圧を抽出する。

表4-3に各モデルにおける地震時荷重の抽出方法を示す。

なお、モデル②では基礎版の両外壁面上に仮想背面を設定し、仮想背面内のバルブ室及び基礎盤上の盛土は質点重量としてモデル化している。そのため、上載盛土の慣性力はバルブ室及び基礎版の上端質点の加速度を用いて震度設定し、慣性力を算定する。また、地震時土圧は仮想背面に隣接する地盤要素の水平応力を用いて算定する。

表4-3 地震時荷重の抽出方法

	モデル①	モデル②
モデル図		
上載盛土の慣性力	バルブ室及び基礎版の上載盛土最下層のせん断応力を集計	バルブ室及び基礎版の上端質点の加速度を水平震度に換算し、各上載盛土重量を乗じて集計
地震時土圧	バルブ室、しゃへい壁、基礎版側面地盤の水平応力を集計	基礎側方の仮想背面地盤に作用する水平応力を集計

5. 評価結果

5.1 地震応答解析結果

(1) シャへい壁頂部の水平変位時刻歴

地震応答解析結果として、表 5-1 にシャへい壁頂部の水平変位を示す。また、図 5-1 に各モデルにおける変位のイメージ図を示す。

モデル①は、南側及び北側のシャへい壁は面外方向の荷重を受けて片持ち梁として挙動し、比較的大きな変位を示す。一方、東側及び西側のシャへい壁は面内方向の荷重を受けて耐震壁として挙動し、比較的小さな変位となり、モデル②と同等の変位となっている。

図 5-2 に両モデルにおける変位の時刻歴を示す。モデル①とモデル②で位相特性は相似し、最大値の発生時刻もほぼ一致している。

(2) 総水平力

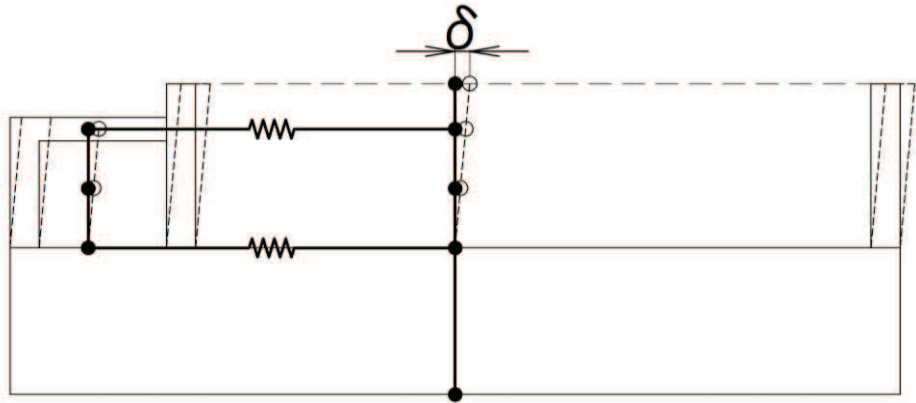
モデル①とモデル②の基礎版底面位置における総水平力について、図 5-3 に時刻歴波形、表 5-2 に最大値を示す。

図 5-3 に示す総水平力の位相特性は相似し、同じ時刻で最大値が発生する。総水平力の振幅特性も整合し、最大値も同等となっている。

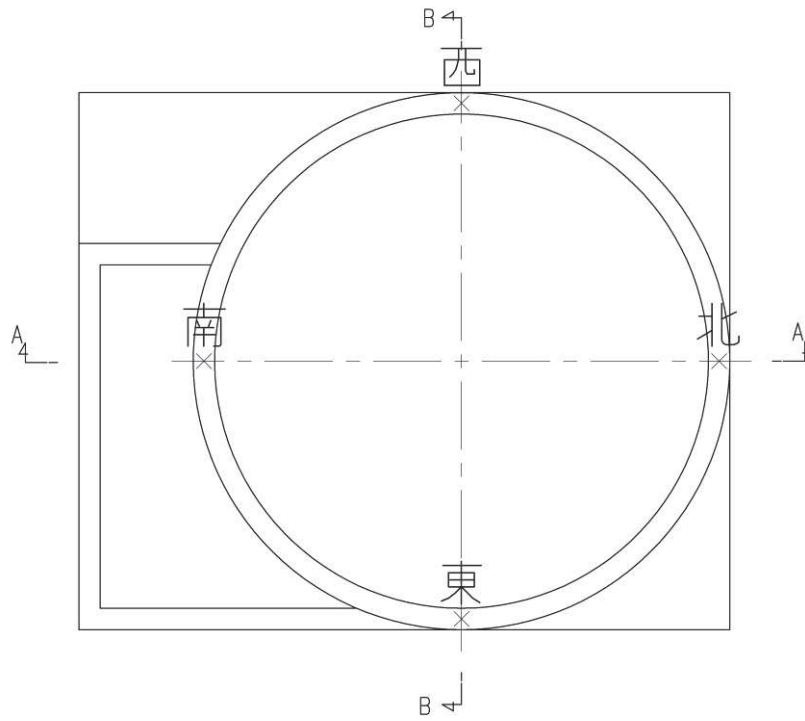
以上より、モデル①とモデル②の再現性が確認されたことから、以降の検討は検証項目である土圧への影響が大きい総水平力が最大となる時刻に着目して行う。

表 5-1 シャへい壁頂部の最大水平変位

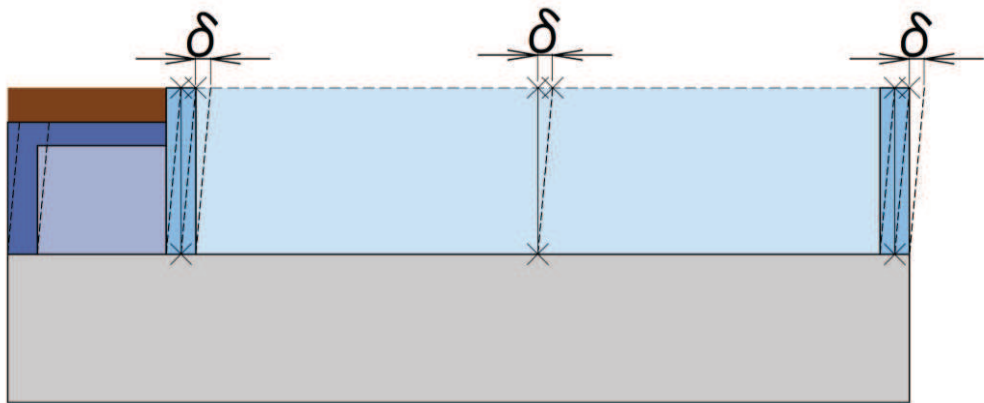
モデル①（三次元解析）			モデル②（二次元解析）	
場所	変位（mm）	時刻	変位（mm）	時刻
東側	0.41	732step	0.60	732step
西側	0.58	732step		
南側	1.10	732step		
北側	3.43	733step		
平均	1.34	732step		



変位図(二次元モデル)



変位図(三次元モデル平面図)



変位図(三次元モデル)

図 5-1 変位イメージ図

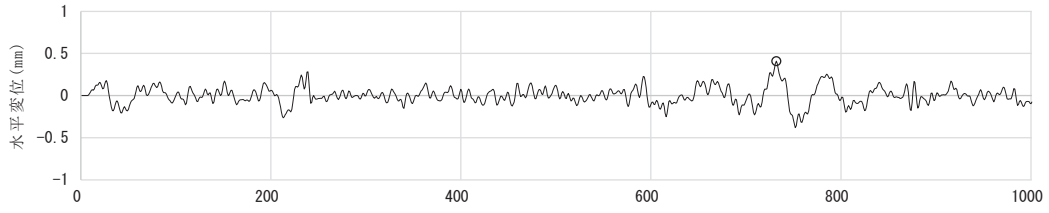


図 5-2(1) シャへい壁頂部の水平変位時刻歴 モデル① 東側

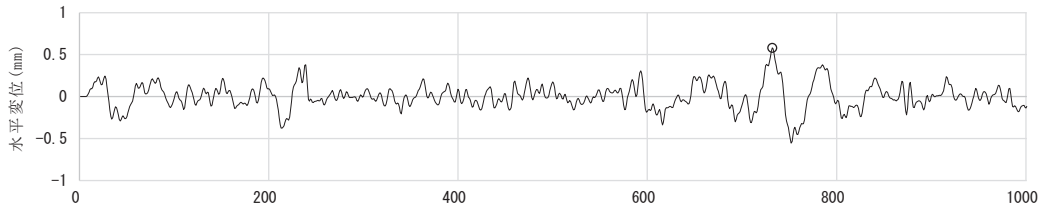


図 5-2(2) シャへい壁頂部の水平変位時刻歴 モデル① 西側

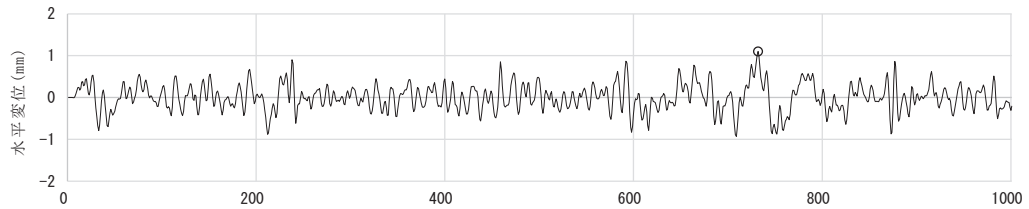


図 5-2(3) シャへい壁頂部の水平変位時刻歴 モデル① 南側

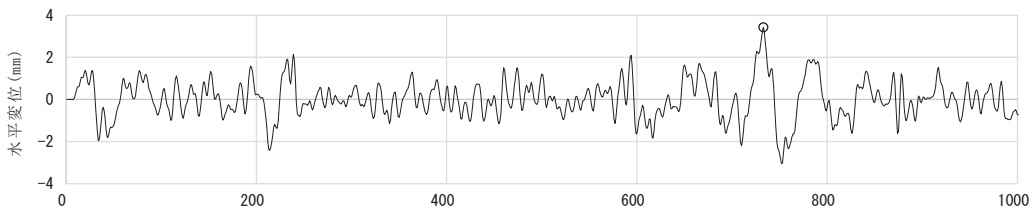


図 5-2(4) シャへい壁頂部の水平変位時刻歴 モデル① 北側

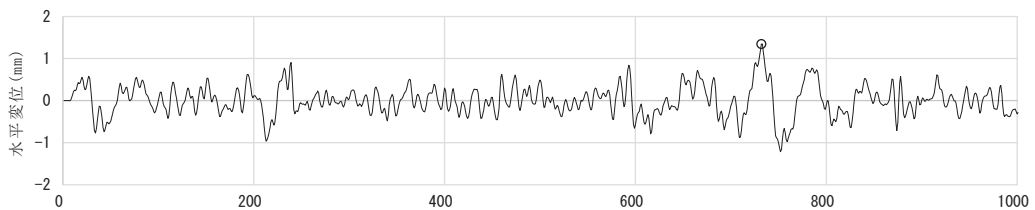


図 5-2(5) シャへい壁頂部の水平変位時刻歴 モデル① 平均

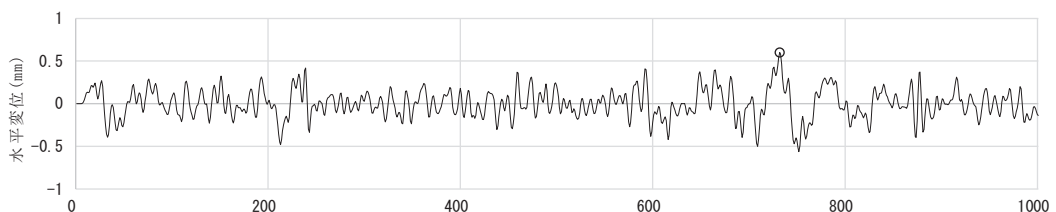


図 5-2(6) シャへい壁頂部の水平変位時刻歴 モデル②

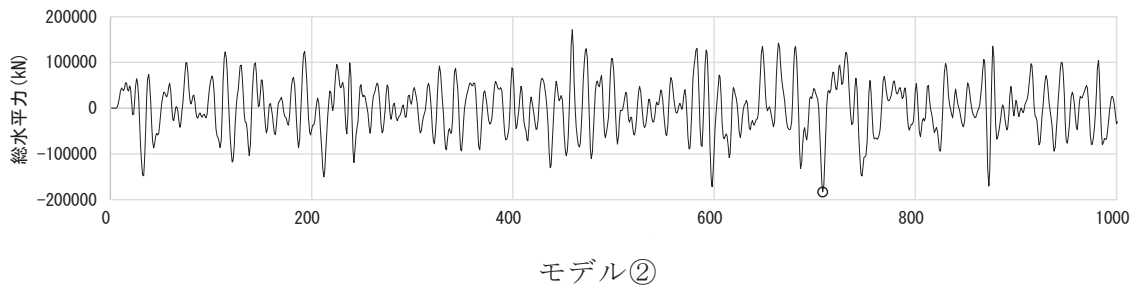
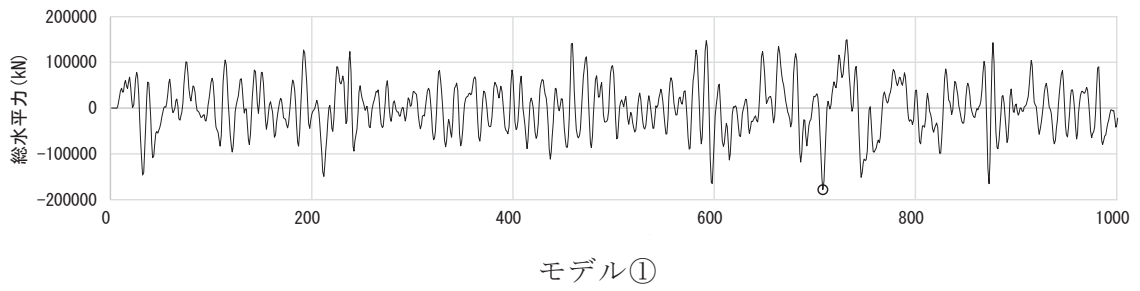
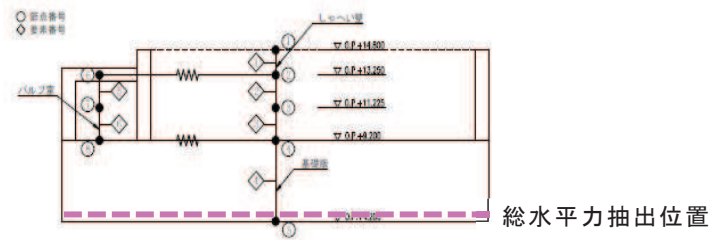


図 5-3 総水平力時刻歴（基礎版底面 O. P. +4. 2m）

表 5-2 総水平力の最大値比較

場所	モデル①		モデル②	
	総水平力 (kN)	時刻	総水平力 (kN)	時刻
基礎版底面 (O. P. +4. 2m)	-178137	708step	-183375	708step



5.2 地震時土圧の評価結果

図 5-4 に側方地盤の地震時土圧の深度方向分布及び水平面内分布を示す。

(1) 構造物形状の影響（検証①）

北側のしゃへい壁部（O.P. +13.94m, +9.71m）では、円筒形状の影響でモデル①の地震時土圧（ σ_{xx} ）が外側に向かうにつれて小さくなる半円状の分布形状となる。

南側のバルブ室部（O.P. +9.71m）では、バルブ室の隅角部となる東壁及び西壁位置でモデル①の地震時土圧が若干大きくなるものの、そこを除く南壁に作用する地震時土圧はおおむね一致する。また、しゃへい壁のみとなる西側で北側と同様の傾向を示す。

基礎版の中間付近の高さ（O.P. +6.7m）は、北側及び南側共に壁面が直線形状となるため、どちらの面も地震時土圧の分布形状は同様の傾向となる。すなわち、モデル①では端部で地震時土圧が大きくなる傾向があるものの、それ以外の範囲では両モデルの地震時土圧はおおむね一致する。

以上より、しゃへい壁、バルブ室、連絡ダクト等で構成される複雑な構造の復水貯蔵タンク基礎については、二次元地震応答解析により、構造物と地盤の相互作用を考慮した土圧が適切に評価できていることを確認した。

(2) 上載盛土の慣性力の影響（検証②）

深度方向分布をみると、南側のバルブ室上面及び北側の基礎版上面に位置する要素（高さ 1m 程度の範囲）で、モデル①の地震時土圧（ σ_{xx} ）が小さくなっている。これは、各部位の上載盛土から直下のバルブ室頂版及び基礎版に、荷重が伝達されている影響である。これらの局所的な差異を除くと、モデル①とモデル②の中央断面における地震時土圧の深度方向分布はおおむね一致する。

水平面内分布をみると、上記と同様に構造物上方盛土の荷重が下方に伝達される影響で、バルブ室上面要素（O.P. +13.94m）及び基礎版上面要素（O.P. +9.71m）で、各盛土位置においてモデル①の地震時土圧（ σ_{xx} ）が小さくなっている。

以上より、上載盛土を質量でモデル化した二次元地震地震応答解析では、躯体に作用する土圧を保守的に評価できていることを確認した。

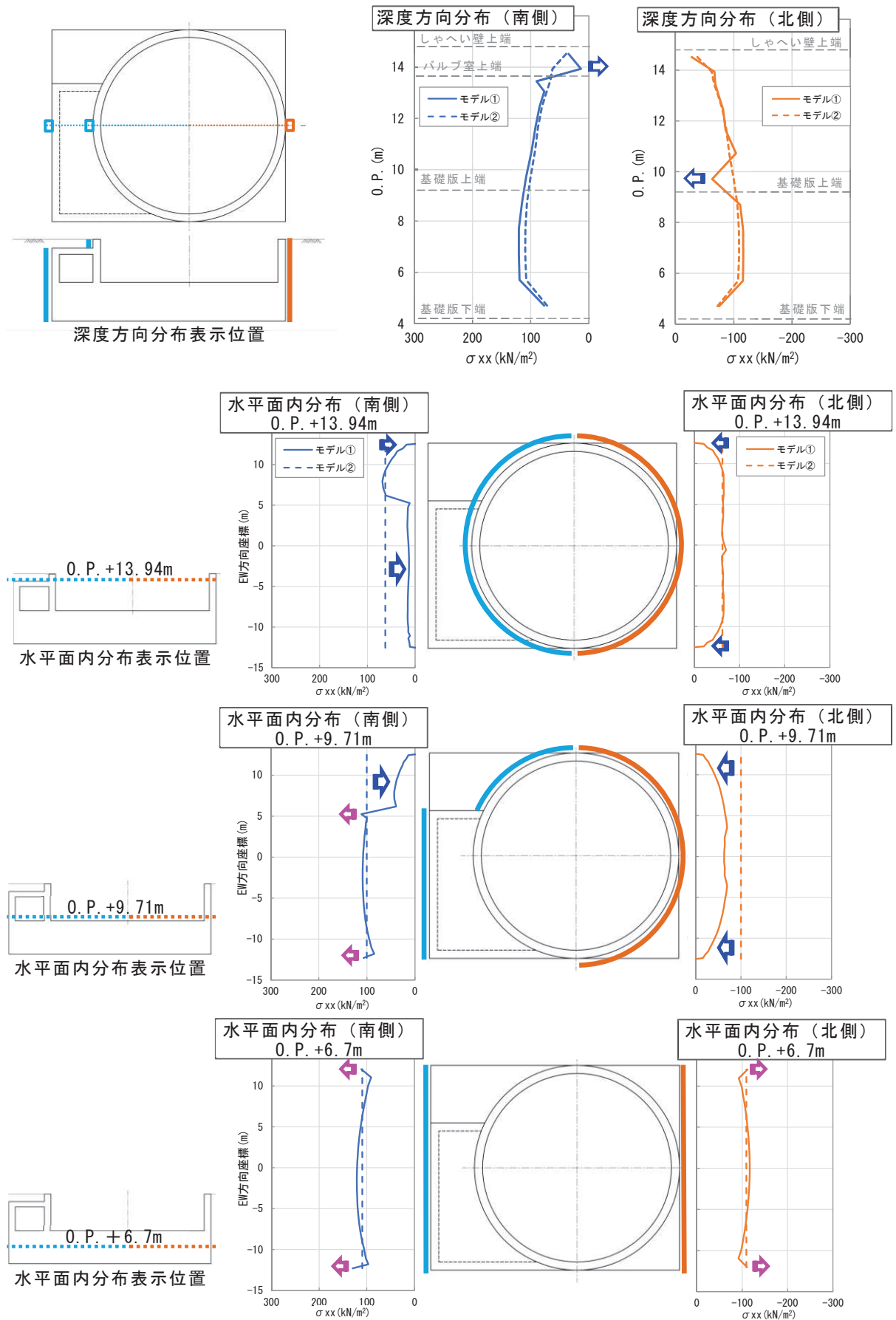


図 5-4 総水平力最大時刻における地震時土圧分布

5.3 設計荷重の評価結果

表 5-3 に示すように、地震時荷重が作用する各部位ごとに、「資料 12-4. 三次元構造解析」で考慮する上載盛土の慣性力及び地震時土圧を集計する。表 5-4 に、総水平力最大時刻における上載盛土の慣性力及び地震時土圧の集計結果を示す。

しゃへい壁、バルブ室及び基礎版は、いずれもモデル②の土圧合計値が大きい。

ここで、表 5-2 に示した総水平力の内訳を表 5-5 に示す。モデル化の差異による相違はあるものの、両モデルで地震時土圧と慣性力はそれぞれ同程度である。モデル②では上載盛土をばね質点系でモデル化しているため、モデル②の慣性力には上載盛土の慣性力が含まれる。そこで、地震応答解析後に実施する三次元構造解析では、モデル②の上載盛土による慣性力を地震時土圧として、各部材上面に追加で作用させることで地震時土圧を大きく評価し、保守的な設計としている。

また、上部構造となるしゃへい壁及びバルブ室の基部（O.P. +9.2m）に作用する水平力及び曲げモーメントの集計結果を表 5-6 に示す。水平力及び曲げモーメントともに、モデル①と比較してモデル②の方が若干大きくなるがおおむね同程度である。

よって、モデル②に基づく「資料 12-4. 三次元構造解析」は、保守的な荷重設定となっている。

表 5-3 上載盛土の慣性力及び地震時土圧の集計範囲

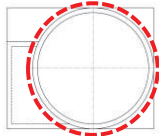
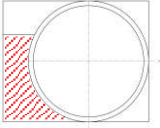
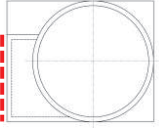
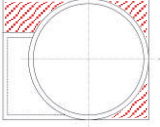
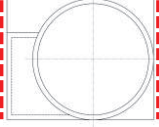
	上載盛土の慣性力	地震時土圧
しゃへい壁	—	
バルブ室		
基礎版		

表 5-4 総水平力最大時刻における上載盛土の慣性力及び地震時土圧の集計結果

	モデル① 土圧集計 (kN)			モデル② 土圧集計 (kN)			合計比較 (②/①)
	上載盛土 の慣性力	鉛直壁の 地震時土圧*	合計 ①	上載盛土 の慣性力	鉛直壁の 地震時土圧	合計 ②	
しゃへい壁	—	13822	13822	—	15346	15346	1.11
バルブ室	1730	7323	9052	3054	6998	10052	1.11
基礎版	1812	25252	27064	14018	25314	39332	1.45
合計	3542	46397	49939	17072	47658	64730	1.30

注記* : 地震荷重の方向に対して傾斜する壁については、下図のとおり地震時土圧を集計する。

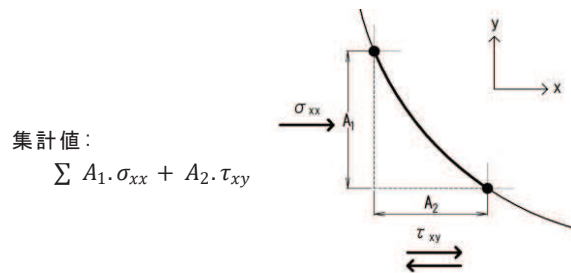


表 5-5 総水平力の内訳

		モデル①の水平力 (kN)		モデル②の水平力 (kN)	
地震時土圧	上載盛土	3542	49939	— *2	47658
	鉛直壁	46397		47658	
慣性力 *1		128198		135717	
総水平力		178137		183375	

注記*1：慣性力は、モデル①では躯体のみ、モデル②では躯体＋上載盛土。

*2：モデル②による地震時土圧を三次元構造解析に載荷する場合は、上載盛土の慣性力（バルブ室：3054kN，基礎版：14018kN）を地震時土圧として、各部材上面に水平荷重として作用させる。

表 5-6 シャへい壁及びバルブ室基部（O.P. +9.2m）の水平力と曲げモーメント

		モデル①	モデル②	比率(②/①)
水平力	S (kN)	48791	61378	1.26
曲げモーメントM	(kN・m)	125711*	167603	1.33

注記*：シャへい壁及びバルブ室基部（O.P. +9.2m）での基礎版図心位置回りの構造物全体の曲げモーメントを示す。

6. まとめ

復水貯蔵タンク基礎は、円筒形のしゃへい壁と矩形のバルブ室他を組み合わせた複雑な形状をしている。構造物への地震時荷重を算定するに際し、二次元の複数断面での検討は断面間の相互影響の評価が難しいことから、ばね質点系の1モデルに集約した二次元モデルで地震応答解析を実施し、その結果から設定した保守的な地震時荷重を三次元静的構造解析で一様に載荷することで、構造物としての耐震安全性を評価している。

この設計法の保守性を確認するため、次の2つの解析モデルを作成し、両者の地震応答結果を比較した。

モデル①（三次元詳細モデル）

しゃへい壁，バルブ室，基礎版の三次元構造をモデル化

モデル②（二次元集約モデル）

しゃへい壁，バルブ室，基礎版をばね質点系に集約してモデル化

地震応答解析の結果、しゃへい壁頂部の変位及び基礎版底面位置における総水平力は、モデル①とモデル②で位相特性は相似し、最大値の発生時刻もほぼ一致していることから、モデル②でモデル①の平均的な応答が再現できることを確認した。

続いて、両モデルで復水貯蔵タンク基礎の各部材に作用する地震時土圧を比較し、次の2点を検証した。

検証①：構造物形状の影響

円筒形のしゃへい壁に作用する地震時土圧は、外周縁部でモデル①が小さくなるものの、外周縁部以外は両モデルでおおむね一致する。矩形のバルブ室及び基礎版に作用する地震時土圧は、端部でモデル①が大きくなる傾向があるものの、モデル②はモデル①の平均的な地震時土圧値を評価する。

これにより、しゃへい壁、バルブ室、連絡ダクト等で構成される複雑な構造の復水貯蔵タンク基礎については、二次元地震応答解析により構造物と地盤の相互作用を考慮した土圧が適切に評価できていることを確認した。

検証②：上載盛土の慣性力の影響

バルブ室や基礎版上の盛土の慣性力は、モデル①では直上1m程度は直下のバルブ室頂版や基礎版に伝達され、側方のしゃへい壁鉛直壁へ伝達される地震時土圧は減少する。それより上方は、モデル①とモデル②の地震時土圧は同程度となる。

これにより、上載盛土を質量でモデル化した二次元地震応答解析で、地表面までの上載盛土の慣性力を算定し、躯体に作用する土圧として設定することが、保守的な評価であることを確認した。

最後に、上載盛土の慣性力による土圧と構造物鉛直壁に作用する地震時土圧を設計荷重として集計した結果、モデル②の方がモデル①よりも大きくなることを確認した。即ち、モデル②において質点質量でモデル化された上載盛土の慣性力を三次元静的構造解析に作用させる荷重として追加で作用させることで、モデル①の地震時土圧を包絡する荷重となり、保守的な評価であることを確認した。

以上より、構造形状が複雑な復水貯蔵タンク基礎の評価において、ばね質点系の二次元地震応答解析により地震時荷重が適切に評価されていることを確認した。

資料 13 ガスタービン発電設備軽油タンク室の耐震安全性評価

目 次

1. 評価方法	資料 13-1
2. 評価条件	資料 13-1
2.1 適用規格	資料 13-1
2.2 構造概要	資料 13-3
2.3 耐震評価フロー	資料 13-7
2.4 地震時荷重算出断面の選定	資料 13-12
2.5 使用材料及び材料の物性値	資料 13-14
2.6 地盤物性値	資料 13-14
2.7 評価構造物諸元	資料 13-20
2.8 地下水位	資料 13-22
3. 地震応答解析	資料 13-23
3.1 地震応答解析手法	資料 13-23
3.2 地震応答解析モデルの設定	資料 13-26
3.2.1 解析モデル領域	資料 13-26
3.2.2 境界条件	資料 13-28
3.2.3 構造物のモデル化	資料 13-33
3.2.4 隣接構造物のモデル化	資料 13-37
3.2.5 地盤のモデル化	資料 13-37
3.2.6 ジョイント要素の設定	資料 13-38
3.3 減衰定数	資料 13-41
3.4 荷重の組合せ	資料 13-51
3.4.1 機器・配管荷重	資料 13-52
3.4.2 外水圧	資料 13-54
3.4.3 積載荷重	資料 13-55
3.5 地震応答解析の解析ケース	資料 13-56
3.5.1 耐震評価における解析ケース	資料 13-56
3.5.2 機器・配管系の耐震評価に適用する解析ケース	資料 13-62
4. 三次元構造解析	資料 13-65
4.1 解析手法	資料 13-65
4.2 解析モデルの設定	資料 13-66
4.2.1 構造物のモデル化	資料 13-66
4.2.2 地盤ばね要素	資料 13-69
4.3 照査時刻の選定	資料 13-70
4.4 入力荷重	資料 13-71
4.4.1 常時荷重	資料 13-73
4.4.2 慣性力	資料 13-75
4.4.3 地震時土圧・水圧及び周面せん断力	資料 13-76

5.	評価内容	資料 13-77
5.1	入力地震動の設定	資料 13-77
5.2	許容限界の設定	資料 13-92
5.2.1	曲げ・軸力系の破壊に対する許容限界	資料 13-92
5.2.2	せん断破壊に対する許容限界	資料 13-93
5.2.3	基礎地盤の支持性能に対する許容限界	資料 13-94
6.	評価結果	資料 13-95
6.1	地震応答解析結果	資料 13-95
6.1.1	各照査時刻における荷重抽出時刻の算定結果	資料 13-96
6.1.2	作用荷重分布図	資料 13-99
6.1.3	最大せん断ひずみ分布	資料 13-101
6.2	三次元構造解析結果	資料 13-103
6.2.1	解析ケースと照査値	資料 13-106
6.2.2	曲げ・軸力系の破壊に対する照査	資料 13-115
6.2.3	せん断破壊に対する照査	資料 13-122
6.3	構造部材の健全性に対する評価結果	資料 13-125
6.3.1	曲げ・軸力系の破壊に対する評価結果	資料 13-125
6.3.2	せん断破壊に対する評価結果	資料 13-130
6.3.3	水平 2 方向载荷による評価結果	資料 13-133
6.4	基礎地盤の支持性能に対する評価結果	資料 13-137
7.	まとめ	資料 13-139

参考資料

参考資料 1 機器・配管系の耐震評価に適用する影響検討ケース.....資料 13- (参考) 1-1

 : 記載適正化範囲

6.3.3 水平2方向載荷による評価結果

水平2方向載荷による評価は、「3.5 地震応答解析の解析ケース」に示すとおり、すべての基準地震動 S_s に対して実施する解析ケース①、解析ケース②及び③の照査値の中で最大となる地震動に対し実施する。水平2方向載荷の評価において組合せる荷重は、主方向荷重を水平方向及び鉛直方向荷重、従方向荷重を水平方向荷重とし、従方向荷重は主方向荷重での地震時荷重算定時刻と同時刻の荷重を、位相を変えた地震動にて算出した荷重とする。

なお、「3.5.1(4) 従方向荷重の選定」に示すとおり、強軸方向（南北）に対する地震応答解析は全応力解析及び有効応力解析を実施することから、各々の解析手法から得られた地震時荷重を弱軸方向の地震時荷重と組み合わせて耐震評価を行う。

「6.2 三次元構造解析結果」に示すとおり、曲げ・軸力系の破壊に対する照査において、解析ケース①の $S_s - F_2(++)$ が照査値最大となることから、 $S_s - F_2(++)$ に対する水平2方向載荷による評価を実施する。水平2方向載荷による評価に用いる解析ケースと地震動の組合せを表6-15に示す。

表6-16～表6-18に水平2方向載荷に対する評価結果を示す。

同表より、発生応力度及び発生せん断力がそれぞれの許容限界を下回ることを確認した。

表6-15 水平2方向載荷による評価に用いる解析ケースと地震動

解析ケース		地震動
主方向	従方向	
①	①	$S_s - F_2(++)$
①	⑥	

表 6-16(1) 曲げ・軸力系の破壊に対する評価結果（コンクリート）
 （主方向：全応力解析，従方向：全応力解析）

評価位置*		解析ケース		地震動	曲げモーメント (kN・m/m)	軸力 (kN/m)	発生 応力度 σ'_c (N/mm ²)	短期許容 応力度 σ'_{ca} (N/mm ²)	照査値 σ'_c/σ'_{ca}
		主方向	従方向						
底版	13	①	①	主方向：S _s -F ₂ （++） 従方向：S _s -F ₂	910	-876	4.0	13.5	0.30
頂版	21				-266	-106	2.8	13.5	0.21
南北壁	41				-361	-1870	2.0	13.5	0.15
東西壁	60				590	-37	3.0	13.5	0.23
隔壁	80				-383	-109	4.5	13.5	0.34

注記* : 評価位置を図 6-13 に示す。

表 6-16(2) 曲げ・軸力系の破壊に対する評価結果（コンクリート）
 （主方向：全応力解析，従方向：有効応力解析）

評価位置*		解析ケース		地震動	曲げモーメント (kN・m/m)	軸力 (kN/m)	発生 応力度 σ'_c (N/mm ²)	短期許容 応力度 σ'_{ca} (N/mm ²)	照査値 σ'_c/σ'_{ca}
		主方向	従方向						
底版	13	①	⑥	主方向：S _s -F ₂ （++） 従方向：S _s -F ₂	907	-875	4.0	13.5	0.30
頂版	21				-266	-122	2.8	13.5	0.21
南北壁	41				-365	-1854	2.0	13.5	0.15
東西壁	60				590	-27	3.0	13.5	0.23
隔壁	80				-384	-154	4.5	13.5	0.34

注記* : 評価位置を図 6-13 に示す。

表 6-17(1) 曲げ・軸力系の破壊に対する評価結果（鉄筋）
 （主方向：全応力解析，従方向：全応力解析）

評価位置*		解析ケース		地震動	曲げモーメント (kN・m/m)	軸力 (kN/m)	発生 応力度 σ_s (N/mm ²)	短期許容 応力度 σ_{sa} (N/mm ²)	照査値 σ_s/σ_{sa}
		主方向	従方向						
底版	11	①	①	主方向：S _s -F ₂ (++) 従方向：S _s -F ₂	140	739	105	294	0.36
頂版	21				-14	764	127	294	0.44
南北壁	32				-111	906	116	294	0.40
東西壁	60				590	76	167	294	0.57
隔壁	80				-327	182	173	294	0.59

注記* : 評価位置を図 6-13 に示す。

表 6-17(2) 曲げ・軸力系の破壊に対する評価結果（鉄筋）
 （主方向：全応力解析，従方向：有効応力解析）

評価位置*		解析ケース		地震動	曲げモーメント (kN・m/m)	軸力 (kN/m)	発生 応力度 σ_s (N/mm ²)	短期許容 応力度 σ_{sa} (N/mm ²)	照査値 σ_s/σ_{sa}
		主方向	従方向						
底版	11	①	⑥	主方向：S _s -F ₂ (++) 従方向：S _s -F ₂	130	714	100	294	0.35
頂版	21				-14	726	121	294	0.42
南北壁	32				-106	900	115	294	0.40
東西壁	60				588	67	165	294	0.57
隔壁	80				-330	126	165	294	0.57

注記* : 評価位置を図 6-13 に示す。

表 6-18(1) せん断破壊に対する評価結果
 (主方向：全応力解析，従方向：全応力解析)

評価位置*		解析ケース		地震動	発生せん断力 V (kN/m)	短期許容せん断力 V _a (kN/m)	照査値 V/V _a
		主方向	従方向				
底版	13	①	①	主方向：S _s -F ₂ (++) 従方向：S _s -F ₂	338	969	0.35
頂版	22				186	729	0.26
南北壁	31				235	1175	0.20
東西壁	60				576	1175	0.50
隔壁	70				244	723	0.34

注記* : 評価位置を図 6-13 に示す。

表 6-18(2) せん断破壊に対する評価結果
 (主方向：全応力解析，従方向：有効応力解析)


評価位置*		解析ケース		地震動	発生せん断力 V (kN/m)	短期許容せん断力 V _a (kN/m)	照査値 V/V _a
		主方向	従方向				
底版	13	①	⑥	主方向：S _s -F ₂ (++) 従方向：S _s -F ₂	326	969	0.34
頂版	22				185	729	0.26
南北壁	31				224	1175	0.20
東西壁	60				575	1175	0.49
隔壁	70				244	723	0.34

注記* : 評価位置を図 6-13 に示す。

資料 14 第 3 号機海水ポンプ室の耐震安全性評価

参考資料

- 参考資料 1 機器・配管系の耐震評価に適用する影響検討ケース 資料 14- (参考) 1-1
- 参考資料 2 静的地震力に対する耐震評価 資料 14- (参考) 2-1
- 参考資料 3 主筋ひずみの平均化について 資料 14- (参考) 3-1
- 参考資料 4 照査時刻の選定の妥当性について 資料 14- (参考) 4-1

 : 記載適正化範囲

目 次

1. 評価方法	資料 14-1
2. 評価条件	資料 14-1
2.1 適用規格	資料 14-1
2.2 構造及び補強の概要	資料 14-4
2.3 耐震評価フロー	資料 14-12
2.4 地震時荷重算出断面の選定	資料 14-18
2.5 使用材料及び材料の物性値	資料 14-21
2.6 地盤物性値	資料 14-21
2.7 評価構造物諸元及び要求機能の考え方	資料 14-27
2.7.1 評価構造物諸元	資料 14-27
2.7.2 第3号機海水ポンプ室の要求機能の考え方	資料 14-30
2.8 地下水位	資料 14-32
3. 地震応答解析	資料 14-34
3.1 地震応答解析手法	資料 14-34
3.2 地震応答解析モデルの設定	資料 14-37
3.2.1 解析モデル領域	資料 14-37
3.2.2 境界条件	資料 14-39
3.2.3 構造物のモデル化	資料 14-45
3.2.4 隣接構造物のモデル化	資料 14-52
3.2.5 地盤及びマンメイドロック (MMR) のモデル化	資料 14-52
3.2.6 ジョイント要素の設定	資料 14-53
3.3 減衰定数	資料 14-58
3.4 荷重の組合せ	資料 14-70
3.4.1 機器・配管荷重	資料 14-71
3.4.2 外水圧	資料 14-72
3.4.3 内水圧	資料 14-74
3.4.4 積載荷重	資料 14-76
3.4.5 動水圧	資料 14-78
3.5 地震応答解析の解析ケース	資料 14-81
3.5.1 耐震評価における解析ケース	資料 14-81
3.5.2 機器・配管系の耐震評価に適用する解析ケース	資料 14-89
4. 三次元構造解析	資料 14-93
4.1 解析手法	資料 14-93
4.2 解析モデルの設定	資料 14-94
4.2.1 構造物のモデル化	資料 14-94
4.2.2 地盤ばね要素	資料 14-97
4.2.3 材料の非線形特性	資料 14-98
4.3 照査時刻の選定	資料 14-102

4.4	入力荷重	資料 14-105
4.4.1	常時荷重	資料 14-108
4.4.2	慣性力（機器）	資料 14-111
4.4.3	慣性力（配管）	資料 14-113
4.4.4	慣性力（躯体）	資料 14-115
4.4.5	動水圧	資料 14-117
4.4.6	地震時土圧・水圧及び周面せん断力	資料 14-119
5.	評価内容	資料 14-121
5.1	入力地震動の設定	資料 14-121
5.2	許容限界の設定	資料 14-154
5.2.1	曲げ・軸力系の破壊に対する許容限界	資料 14-154
5.2.2	せん断破壊に対する許容限界	資料 14-159
5.2.3	壁部材の面内せん断に対する許容限界	資料 14-169
5.2.4	基礎地盤の支持性能に対する許容限界	資料 14-171
6.	評価結果	資料 14-172
6.1	地震応答解析結果	資料 14-172
6.1.1	各照査時刻における荷重抽出時刻の算定結果	資料 14-173
6.1.2	作用荷重分布図	資料 14-209
6.1.3	最大せん断ひずみ分布	資料 14-217
6.1.4	過剰間隙水圧比分布	資料 14-226
6.2	三次元構造解析結果	資料 14-231
6.2.1	解析ケースと照査値	資料 14-237
6.2.2	構造部材のひずみ分布（曲げ・軸力系の破壊に対する照査）	資料 14-269
6.2.3	構造部材の断面力分布（せん断破壊に対する照査）	資料 14-290
6.3	構造部材の健全性に対する評価結果	資料 14-316
6.3.1	曲げ・軸力系の破壊に対する評価結果	資料 14-316
6.3.2	せん断破壊に対する評価結果	資料 14-429
6.3.3	壁部材の面内せん断に対する評価結果	資料 14-492
6.3.4	水平 2 方向載荷による評価結果	資料 14-529
6.4	基礎地盤の支持性能に対する評価結果	資料 14-534
6.4.1	基礎地盤（牧の浜部層）	資料 14-534
6.4.2	MMR（既設）	資料 14-539
7.	まとめ	資料 14-582

6.3.4 水平2方向載荷による評価結果

水平2方向載荷による評価は、「3.5 地震応答解析の解析ケース」に示すとおり、すべての基準地震動 S_s に対して実施する解析ケース①～④または解析ケース⑥～⑨の照査値の中で最大となる地震動に対し実施する。水平2方向載荷の評価において組合せる荷重は、主方向荷重を水平方向及び鉛直方向荷重、従方向荷重を水平方向荷重とし、従方向荷重は主方向荷重での地震時荷重算定時刻と同時刻の荷重を、位相を変えた地震動にて算出した荷重とする。なお、 S_s-N1 は観測波に基づいており地震動の方向に偏りがあり、基準地震動 S_s と直交する地震動が基準地震動 S_s に比べ小さいことから、 S_s-N1 が選定された場合は、2番目に照査値が厳しい地震動においても水平2方向載荷による評価を実施する。

「6.2 三次元構造解析結果」に示すとおり、せん断破壊に対する照査において、解析ケース④の S_s-N1 （++）が照査値最大となることから、2番目に照査値が厳しい解析ケース⑥の S_s-D2 （++）においても水平2方向載荷による評価を実施する。水平2方向載荷による評価に用いる解析ケースと地震動の組合せを表6-33に示す。

表6-34～表6-39に水平2方向載荷に対する評価結果を示す。

同表より、コンクリートの圧縮縁ひずみ、コンクリートの圧縮ひずみ、主筋ひずみ、せん断力及び面内せん断ひずみが、それぞれの許容限界を下回ることを確認した。

表6-33 水平2方向載荷による評価に用いる解析ケースと地震動

解析ケース		地震動
主方向	従方向	
④	④	S_s-N1 （++）
④	⑨	
⑥	①	S_s-D2 （++）
⑥	⑥	

表 6-34 曲げ・軸力系の破壊に対する評価結果（コンクリートの圧縮縁ひずみ）

評価位置*1		解析ケース		地震動	照査時刻	照査用ひずみ*2 ϵ_d	限界ひずみ ϵ_R	照査値 ϵ_d / ϵ_R
		主方向	従方向					
底版	2	⑥	⑥	主方向：S _s -D2 (++) 従方向：S _s -D2	13.47	611 μ	10000 μ	0.07
中床版	13	⑥	⑥		13.47	1107 μ	10000 μ	0.12
側壁	43	⑥	⑥		13.47	880 μ	10000 μ	0.09
隔壁	114	⑥	⑥		13.47	588 μ	10000 μ	0.06
導流壁	64	⑥	⑥		13.47	1104 μ	10000 μ	0.12
妻壁	78	⑥	⑥		13.47	1559 μ	10000 μ	0.16

注記*1：評価位置は図 6-28 に示す。

*2：照査用ひずみ＝発生ひずみ×構造解析係数 γ_a

表 6-35 曲げ・軸力系の破壊に対する評価結果（コンクリートの圧縮ひずみ）

評価位置*1		解析ケース		地震動	照査時刻	照査用ひずみ*2 ϵ_d	限界ひずみ ϵ_R	照査値 ϵ_d / ϵ_R
		主方向	従方向					
底版	—	—	—	—	—	—	—	—
中床版	20	⑥	①	主方向：S _s -D2 (++) 従方向：S _s -D2	13.47	368 μ	2000 μ	0.19
側壁	—	—	—	—	—	—	—	—
隔壁	114	⑥	⑥	主方向：S _s -D2 (++) 従方向：S _s -D2	13.47	524 μ	2000 μ	0.27
導流壁	—	—	—	—	—	—	—	—
妻壁	—	—	—	—	—	—	—	—

注記*1：評価位置は図 6-28 に示す。

*2：照査用ひずみ＝発生ひずみ×構造解析係数 γ_a

表 6-36 曲げ・軸力系の破壊に対する評価結果（主筋ひずみ）

評価位置*1	解析ケース		地震動	照査時刻	照査用ひずみ*2 ϵ_d	限界ひずみ ϵ_R	照査値 ϵ_d / ϵ_R	
	主方向	従方向						
底版	—	—	—	—	—	—	—	
中床版	19	④	⑨	主方向：S _s -N1 (++) 従方向：S _s -N1	7.63	419 μ	1725 μ	0.25
側壁	—	—	—	—	—	—	—	
隔壁	113	⑥	⑥	主方向：S _s -D2 (++) 従方向：S _s -D2	13.47	438 μ	1725 μ	0.26
導流壁	—	—	—	—	—	—	—	
妻壁	—	—	—	—	—	—	—	

注記*1：評価位置は図 6-28 に示す。

*2：照査用ひずみ＝発生ひずみ×構造解析係数 γ_a

表 6-37 せん断破壊に対する評価結果

評価位置*1		解析ケース		地震動	照査時刻	照査用せん断力*2 V _d (kN/m)	せん断耐力 V _{yd} (kN/m)	照査値 V _d /V _{yd}
		主方向	従方向					
底版	1	④	④	主方向：S _s -N1 (++) 従方向：S _s -N1	7.63	8142	10702	0.77
中床版	12	④	④	主方向：S _s -N1 (++) 従方向：S _s -N1	7.63	3141	4001	0.79
側壁	53	④	④	主方向：S _s -N1 (++) 従方向：S _s -N1	7.63	6711	8418	0.80
隔壁	104	④	④	主方向：S _s -N1 (++) 従方向：S _s -N1	7.63	753	1179	0.64
導流壁	63	⑥	⑥	主方向：S _s -D2 (++) 従方向：S _s -D2	13.47	2401	2761	0.87
妻壁	81	⑥	⑥	主方向：S _s -D2 (++) 従方向：S _s -D2	13.47	4685	5522	0.85

注記*1：評価位置は図 6-28 に示す。

*2：照査用せん断力＝発生せん断力×構造解析係数 γ_a

表 6-38 壁部材の面内せん断に対する評価結果

評価位置*1		解析ケース		地震動	照査時刻	照査用 面内ひずみ*2 γ_d	限界 せん断ひ ずみ γ_R	照査値 γ_d / γ_R
		主方向	従方向					
底版	—	—	—	—	—	—	—	—
中床版	—	—	—	—	—	—	—	—
側壁	—	—	—	—	—	—	—	—
隔壁	110	⑥	⑥	主方向：S s - D 2 (++) 従方向：S s - D 2	13.47	346 μ	2000 μ	0.18
導流壁	—	—	—	—	—	—	—	—
妻壁	70	⑥	⑥	主方向：S s - D 2 (++) 従方向：S s - D 2	13.47	319 μ	2000 μ	0.16

注記*1：評価位置は図 6-28 に示す。

*2：照査用面内せん断ひずみ = 発生面内せん断ひずみ × 構造解析係数 γ_a