

〇〇円筒形PC配水池構造計算書

平成〇〇年〇月

§ 1. 耐震診断結果総括

1-1. 検討条件

1) 基本形状

内 径	D_o	=	〇〇〇 [m]
壁 厚	t	=	〇〇〇 [m]
有効水深	H_e	=	〇〇〇 [m]
全水深	H_c	=	〇〇〇 [m]
呼び容量	V_e	=	〇〇〇 [m ³]

- 2) 構造種別
- ドーム : 鉄筋コンクリート構造
 - 側 壁 : プレストレストコンクリート構造
 - 底 版 : 鉄筋コンクリート構造
 - 基 礎 : 直接基礎

3) 地盤種別および設計水平震度

地 盤 種 別 : I種地盤

設計水平震度 $\left\{ \begin{array}{l} \text{レベル1地震時} : K_h1 = 0.160 \\ \text{レベル2地震時} : K_h2 = 0.320 \end{array} \right.$ (構造物特性係数 = 0.45)

4) 使用材料

コンクリート $\left\{ \begin{array}{l} \text{ドーム} \quad F_c = 24 \text{ [N/mm}^2\text{]} \\ \text{側 壁} \quad F_c = 33 \text{ [N/mm}^2\text{]} \\ \text{底 版} \quad F_c = 24 \text{ [N/mm}^2\text{]} \end{array} \right.$

異形鉄筋 : SD295A

PC 鋼 棒 : $\phi 24$ 第2種

PC鋼より線 : 19ply $\phi 17.8$

1-3. 各部材の照査結果

1) ドーム

発生応力度が許容応力度以下であることを確認する。

コンクリートの応力度 $\sigma_c \leq$ コンクリートの許容応力度 σ_{ca}

	コンクリート応力度[N/mm ²]
経線方向	$0.355 \leq \sigma_c \leq 0.373$
緯度方向	$0.217 \leq \sigma_c \leq 0.355$
許容値	$\sigma_{ca} \leq 6.50$

2) 側壁

① 常時およびレベル1地震時

発生応力度が許容応力度以下であることを確認する。

$-\sigma_{ca} \leq$ コンクリートの応力度 $\sigma_c \leq \sigma_{ca}$

ここに $-\sigma_{ca}$: コンクリートの許容曲げ引張応力度

σ_{ca} : コンクリートの許容曲げ圧縮応力度

[N/mm²]

常時		空水時		満水時		レベル1-0deg		レベル1-180deg	
		内側	外側	内側	外側	内側	外側	内側	外側
鉛直	ドームリング	1.63	1.66	1.64	1.67	1.65	1.67	1.63	1.67
	中間点	0.26	3.46	1.87	1.83	1.56	1.98	2.18	1.68
	ハンチ終了点	4.32	-0.69	2.57	1.04	2.84	0.56	2.30	1.52
	壁下端	3.01	-0.92	0.29	1.76	0.72	1.19	-0.14	2.33
	判定	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
円周	ドームリング	-1.01	-1.01	-0.85	-0.86	-0.56	-0.57	-1.14	-1.15
	中間点	3.07	3.52	0.53	0.57	0.98	1.11	0.08	0.03
	ハンチ終了点	1.49	0.47	0.41	0.11	0.55	0.10	0.27	0.12
	壁下端	0.60	-0.19	0.06	0.35	0.15	0.24	-0.03	0.46
	判定	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
許容値		$-0.64 \leq \sigma_a \leq 12.90$		$0.00 \leq \sigma_a \leq 12.90$		$-2.29 \leq \sigma_a \leq 19.35$		$-2.29 \leq \sigma_a \leq 19.35$	

※次頁ひび割れ強度の計算結果より、補強の必要性は低い。

②レベル2地震時

・円周方向

部材の必要引張耐力 \leq 部材の保有引張耐力
 部材の応答ひずみ \leq 鉄筋の応答ひずみ

引張耐力の安全率 = $\frac{\text{必要引張耐力}}{\text{保有引張耐力}} = \frac{202.028}{512.404} = 0.394 < 1.00$ ----- OK

応答ひずみ $\epsilon_r = 0.000736 < \text{許容ひずみ } \epsilon_{ra} = 0.001475$ ----- OK

・鉛直方向

終局曲げ耐力が設計曲げモーメントより大きいことを確認する。

安全率 = $M_d / M_{ud} \leq 1.000$

ここに M_d : 鉛直方向の設計曲げモーメント

M_{ud} : 終局曲げ耐力

	レベル2(0deg)				レベル2(180deg)			
	Md [kNm]	Mud [kNm]	安全率 Md/Mud	判定	Md [kNm]	Mud [kNm]	安全率 Md/Mud	判定
中間点	-3.960	-46.708	0.085	OK	2.146	46.708	0.046	OK
ハンチ終了点	7.275	46.708	0.156	OK	-2.767	-46.708	0.059	OK
壁下端	46.508	163.463	0.285	OK	-20.394	-89.224	0.229	OK

3) 底版

①常時およびレベル1地震時

発生応力度が許容応力度以下であることを確認する。

コンクリートの応力度 $\sigma_c \leq$ コンクリートの許容応力度 σ_{ca}

鉄筋の引張応力度 $\sigma_s \leq$ 鉄筋の許容引張応力度 σ_{sa}

・半径方向

[N/mm²]

曲げ照査		空水時				満水時			
		M[kNm]	σ_c	σ_s	判定	M[kNm]	σ_c	σ_s	判定
中間	+M	2.206	1.07	44.11	OK	0.261	0.13	5.22	OK
	-M	-2.934	3.93	112.13	OK	-0.705	0.94	26.94	OK
端部	+M	75.070	4.10	152.52	OK	18.890	1.03	38.38	OK
	-M	-6.261	0.37	16.43	OK	-0.016	0.00	0.04	OK
許容値		$\sigma_{ca} \leq 9.00$, $\sigma_{sa} \leq 176$							
曲げ照査		地震時レベル1(0deg)				地震時レベル1(180deg)			
		M[kNm]	σ_c	σ_s	判定	M[kNm]	σ_c	σ_s	判定
中間	+M	0.671	0.02	0.88	OK	0.044	0.13	5.22	OK
	-M	-0.778	0.33	13.62	OK	-0.681	0.94	26.94	OK
端部	+M	19.999	0.97	36.13	OK	17.781	1.03	38.38	OK
	-M	-0.006	0.00	0.07	OK	-0.026	0.01	0.04	OK
許容値		$\sigma_{ca} \leq 13.50$, $\sigma_{sa} \leq 264$				$\sigma_{ca} \leq 13.50$, $\sigma_{sa} \leq 264$			

※コンクリートの応力度(σ_c)は、圧縮応力度の場合を正とする。

鉄筋の応力度(σ_s)は引張応力度を正とする。

・円周方向

[N/mm²]

曲げ照査		空水時				満水時			
		M[kNm]	σ_c	σ_s	判定	M[kNm]	σ_c	σ_s	判定
中間	+M	0.212	0.10	4.24	OK	0.174	0.09	3.48	OK
	-M	-0.744	1.00	28.43	OK	-0.182	0.24	6.96	OK
端部	+M	18.540	1.61	94.08	OK	4.470	0.39	22.68	OK
	-M	--	--	--	--	--	--	--	--
許容値		$\sigma_{ca} \leq 9.00$, $\sigma_{sa} \leq 176$							
曲げ照査		地震時レベル1(0deg)				地震時レベル1(180deg)			
		M[kNm]	σ_c	σ_s	判定	M[kNm]	σ_c	σ_s	判定
中間	+M	0.174	0.09	3.48	OK	0.174	0.09	3.48	OK
	-M	-0.195	0.26	7.45	OK	-0.188	0.25	7.19	OK
端部	+M	4.979	0.43	25.27	OK	3.961	0.34	20.10	OK
	-M	--	--	--	--	--	--	--	--
許容値		$\sigma_{ca} \leq 13.50$, $\sigma_{sa} \leq 264$				$\sigma_{ca} \leq 13.50$, $\sigma_{sa} \leq 264$			

※コンクリートの応力度(σ_c)は、圧縮応力度の場合を正とする。
鉄筋の応力度(σ_s)は引張応力度を正とする。

②レベル2地震時

終局曲げ耐力が設計曲げモーメントより大きいことを確認する。

$$\text{曲げ安全率} = M_d / M_{ud} \leq 1.000$$

ここに M_d : 応答曲げモーメント

M_{ud} : 終局曲げ耐力

・半径方向

曲げ耐力照査		地震時レベル2(0deg)				地震時レベル2(180deg)			
		M_d [kNm/m]	M_{ud} [kNm/m]	安全率 M_d/M_{ud}	判定	M [kNm/m]	M_{ud} [kNm/m]	安全率 M/M_{ud}	判定
中間	+M	1.081	13.641	0.079	OK	0.045	13.641	0.003	OK
	-M	-0.851	-7.141	0.119	OK	-0.732	-7.141	0.103	OK
端部	+M	21.109	138.537	0.152	OK	20.709	138.537	0.149	OK
	-M	-1.557	-110.372	0.014	OK	-0.162	-63.284	0.003	OK

・円周方向

曲げ耐力照査		地震時レベル2(0deg)				地震時レベル2(180deg)			
		M_d [kNm/m]	M_{ud} [kNm/m]	安全率 M_d/M_{ud}	判定	M [kNm/m]	M_{ud} [kNm/m]	安全率 M/M_{ud}	判定
中間	+M	0.174	13.641	0.013	OK	0.174	13.641	0.013	OK
	-M	-0.214	-7.141	0.030	OK	-0.194	-7.141	0.027	OK
端部	+M	5.488	58.142	0.094	OK	4.260	58.142	0.073	OK
	-M	--	--	--	--	-0.142	-13.647	0.010	OK

1-4. 安定計算の検討結果

・支持力の検討

満水時	q_{\max}	=	94.207 [kN/m ²]	≤	q_a	=	2254.708 [kN/m ²]
レベル1地震時	q_{\max}	=	122.021 [kN/m ²]	≤	q_a	=	2187.278 [kN/m ²]

・滑動の検討

レベル1地震時	R_u / PH	=	5.359	≥	F_s	=	1.5	OK
---------	------------	---	-------	---	-------	---	-----	----

・転倒の検討

レベル1地震時	e	=	0.775 [m]	≤	ea	=	6.563 [m]	OK
---------	-----	---	-----------	---	------	---	-----------	----

1-5. まとめ

1) ドーム

空水時：発生応力度がコンクリートの許容軸圧縮応力度以内であることを確認できた。

満水時：発生応力度がコンクリートの許容軸圧縮応力度以内であることを確認できた。

ゆえに、耐震性能1および耐震性能2を満足している。

2) 側壁

空水時：発生応力度がコンクリートの許容軸圧縮応力度以内であることを確認できた。

発生応力度がコンクリートの許容軸圧縮応力度以内であることを確認できた。

満水時：発生応力度がコンクリートの許容軸圧縮応力度以内であることを確認できた。

地震時：【レベル1地震時】

鉛直方向および円周方向ともにコンクリートの合成応力度が許容値以内であることを確認できた。

【レベル2地震時】

必要な引張耐力および曲げ耐力が終局耐力以下であることを確認できた。さらに、円周方向の応答ひずみが

鉄筋の応答ひずみ以下であることを確認した。

3) 底板

空水時：半径方向および円周方向ともに、発生応力度が許容値以内であることを確認できた。

満水時：半径方向および円周方向ともに、発生応力度が許容値以内であることを確認できた。

地震時：【レベル1地震時】

半径方向および円周方向ともに、発生応力度が許容値以内であることを確認できた。

【レベル2地震時】

半径方向および円周方向ともに、発生断面力は部材の耐力以内であることを確認できた。

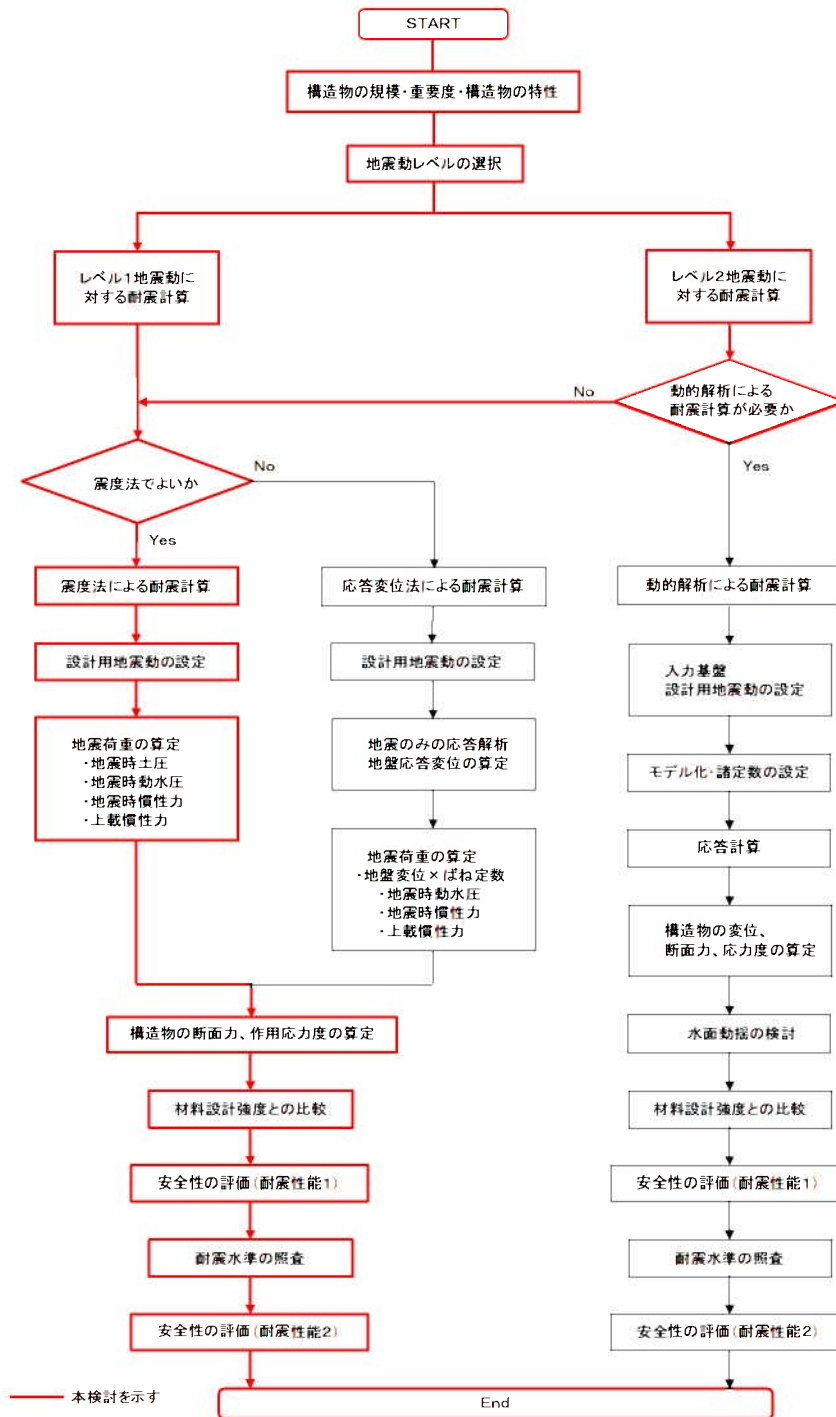
ゆえに、耐震性能1および耐震性能2を満足している。

§ 2. 検討条件

2-1. 耐震計算の基本方針

1) 耐震計算の手順

本耐震検討では、検討対象施設の重要度と目標耐震性能を設定し、レベル1地震動およびレベル2地震動に対して耐震計算を行い、耐震性能を照査する。耐震性能を満足しない場合は、補強を行い目標耐震性能を満足することを確認する。検討フローを下図に示す。



※ レベル1地震動：当該施設の設置地点において発生するものと想定される地震動のうち、当該施設の供用期間中に発生する可能性が高いもの

レベル2地震動：当該施設の設置地点において発生するものと想定される地震動のうち、最大規模の強さを有するもの

2) 重要度および耐震性能

・重要度区分の決定

水道施設の重要度の区分は、「水道施設耐震工法指針・解説 I 総論」(P30 表-2.3.3)による。

水道施設の重要度の区分	対象となる水道施設
ランクA1の水道施設	重要な水道施設のうち、ランクA2の水道施設以外の水道施設
ランクA2の水道施設	重要な水道施設のうち、次の1)および2)のいずれにも該当する水道施設 1)代替施設がある水道施設 2)破損した場合に重大な二次被害を生ずるおそれが高い水道施設
ランクBの水道施設	上記ランクA1、ランクA2以外の水道施設

※重要な水道施設

- (1)取水施設、貯水施設、導水施設、浄水施設および送水施設
- (2)配水施設のうち、破損した場合に重大な二次被害を生ずるおそれが高いもの
- (3)配水施設のうち、(2)の施設以外の施設であって、次に掲げるもの
 - i) 配水本管 (配水管のうち、給水管の分岐のないものをいう。以下同じ。)
 - ii) 配水本管に接続するポンプ場
 - iii) 配水本管に接続する配水池等 (配水池および配水のために容量を調節する設備をいう。以下同じ。)
 - iv) 配水本管を有しない水道における最大容量を有する配水池等

∴ 本施設の重要度区分は、ランクA1に該当する水道施設とする。

・目標耐震性能

水道施設の耐震性能を施設の重要度に応じて3つに分類される。本施設は、重要度の区分がランクA1であるので、レベル1地震動に対しては耐震性能1、レベル2地震動に対しては耐震性能2を目標耐震性能とする。

(「水道施設耐震工法指針・解説 I 総論」P28 参照)

施設重要度別の保持すべき耐震性能

地震動	重要度の区分	耐震性能1	耐震性能2	耐震性能3
レベル1地震動	ランクA1の水道施設	○	—	—
	ランクA2の水道施設	○	—	—
	ランクBの水道施設	—	○	△
レベル2地震動	ランクA1の水道施設	—	○	—
	ランクA2の水道施設	—	—	○
	ランクBの水道施設	—	—	※

△：ランクBの水道施設のうち、構造的な損傷が一部あるが、断面修復等によって機能回復が図れる施設に適用

※：ここでは保持すべき耐震性能は規定しないが、厚労省令では、「断水やその他の給水への影響ができるだけ少なくなる」とともに、速やかな復旧ができるように配慮されていること」と規定している。

ここで、耐震性能1：地震によって健全な機能を損なわない性能

耐震性能2：地震によって生じる損傷が軽微であって、地震後に必要とする修復が軽微なものにとどまり、機能に重大な影響を及ぼさない性能

耐震性能3：地震によって生じる損傷が軽微であって、地震後に修復を必要とするが、機能に重大な影響を及ぼさない性能

3) 耐震性能と照査基準

・PC構造物の耐震性能と照査基準を下表に示す。(「水道施設耐震工法指針・解説 I 総論」P136 参照)

耐震性能	耐震性能1		耐震性能2	耐震性能3
限界状態	限界状態1 (降伏耐力以下)		限界状態2 (最大耐荷力以下)	限界状態3 (終局変位以下、 せん断耐力以下)
損傷状態	全く無被害	無被害 ひび割れが発生 するが漏水は生 じない	側壁を貫通ひび割れが発生するが水密性は確保される(ひび割れからの漏水や滲み)	地震後に残留するひび割れが大きく、貯水機能に影響を与える漏水を生じる。
	修復不要		軽微な修復が必要	修復が必要
側壁の照査基準	発生応力度 \leq 許容応力度		地震後に残留するひび割れ幅 応答ひずみ \leq 許容ひずみ ^{※1} 発生断面力 \leq 断面耐力	発生断面力 \leq 断面耐力 円周方向PC鋼材 \leq 降伏 ^{※2}
レベル1の耐震性能	ランクA1、ランクA2		ランクB	—
レベル2の耐震性能	—		ランクA1	ランクA2

※1：側壁の照査基準の許容ひずみとは、地震力除荷後に水密性が確保される程度に復元するための許容ひずみ。実験または既往の研究効果などを参照して適切に定めるが、これらを参照できない場合には一般に鉄筋の降伏ひずみとしてよい。

※2：側壁の照査基準の降伏とは、円筒形の場合、耐震壁や線部材の損傷のように、側壁下端に斜めひび割れが発生して降伏するような損傷状態とはならない。したがって、線部材のような側壁上端の変位制限を設ける必要はない。

・RC構造物の耐震性能と照査基準(「水道施設耐震工法指針・解説 I 総論」P118 参照)

耐震性能	耐震性能1		耐震性能2	耐震性能3
限界状態 ^{※1}	限界状態1 (降伏耐力以下)		限界状態2 (最大耐荷力以下)	限界状態3 (終局変位以下、 せん断耐力以下)
損傷状態	無被害またはひび割れは生じるが漏水は生じない。修復の必要ない。		軽微なひび割れから漏水は生じるが地震後に早期に修復可能である。	ひび割れ幅が拡大し、漏水が生じるが、施設全体が崩壊しない。修復可能。
照査項目例 ^{※2}	断面力(曲げ、せん断) 応力度		断面力(曲げ、せん断) 塑性率	変位量、曲率、 断面力(せん断)
照査例 限界値例 ^{※3}	断面力(曲げ) \leq 降伏曲げ耐力 断面力(せん断) \leq せん断耐力 発生応力度 \leq 許容応力度		断面力(曲げ) \leq 最大曲げ耐力 断面力(せん断) \leq せん断耐力 塑性率 \leq 許容塑性率	変位量 \leq 終局変位量 曲率 \leq 終局曲率 断面力(せん断) \leq せん断耐力
レベル1の耐震性能	ランクA1、ランクA2		ランクB	—
レベル2の耐震性能	—		ランクA1	ランクA2

※1：限界状態とは、構造物を構成する各部材の損傷状態が各部材の限界状態に収まることを照査することによって評価してよい。

※2：照査項目は、表中に示すもの以外に、水密性を直接照査するものとしては、ひび割れ幅や漏水量などがある。また、伸縮目地の照査に関しては目地間の相対変位量等があり、これらの項目、またはこれらの項目を組み合わせで行うのがよい。

※3：限界値は、表中に示すもの以外に、水密性を直接照査するものとしては、許容ひび割れ幅や許容漏水量などがある。また、伸縮目地の照査に関しては止水板などの止水構造が保証する止水可能な変形量などがある。ここで各構成部材の照査用限界値は、構造物全体系で統一する必要はなく、構造物全体系としての耐震性能に応じて構成部材ごとに異なった限界値を定めてよい。

2-2. 適用基準

1) 水道用プレストレストコンクリートタンク設計施工指針・解説	1998年	日本水道協会
2) 水道施設耐震工法指針・解説	2009年	日本水道協会
3) コンクリート標準示方書 設計編	2007年	土木学会
4) 道路橋示方書・同解説 IV下部構造編	平成24年	日本道路協会
5) 道路橋示方書・同解説 V耐震設計編	平成24年	日本道路協会

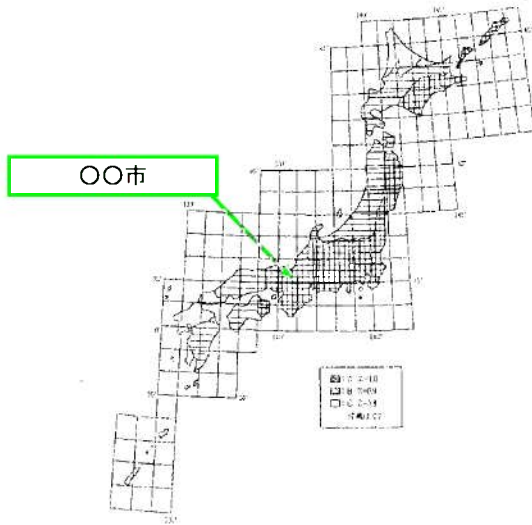
2-3. 構造概要

1) 構造種別	屋根	: 鉄筋コンクリート構造
	側壁	: プレストレストコンクリート構造
	底板	: 鉄筋コンクリート構造
2) 構造形式	屋根	: 球形ドーム
	側壁	: 円筒シェル構造
	底板	: 円形スラブ
	基礎	: 直接基礎

2-5. 地盤条件

1) 地域区分および地域係数

〇〇市であるので、地域区分および地域係数は、 A地域 , $Z = 1.0$ である。



2) 地盤種別

・地盤の固有周期の算出は、「水道施設耐震工法指針・解説 I 総論」に示す以下の式により求める。

$$T_g = 4 \sum_{i=1}^n \frac{H_i}{V_{si}}$$

ここに T_g : 地盤の固有周期 [sec]
 H_i : i 番目の地層の厚さ [m]
 V_{si} : i 番目の地層の平均せん断弾性波速度 [m/sec]

・地盤のせん断弾性波速度は「水道施設耐震工法指針・解説 I 総論」(P62 表-3.1.6)の算定式を用いる。
 なお、工学的基盤面は N 値50以上、せん断弾性波速度が概ね300[m/sec]以上の連続した地層の上面とする。

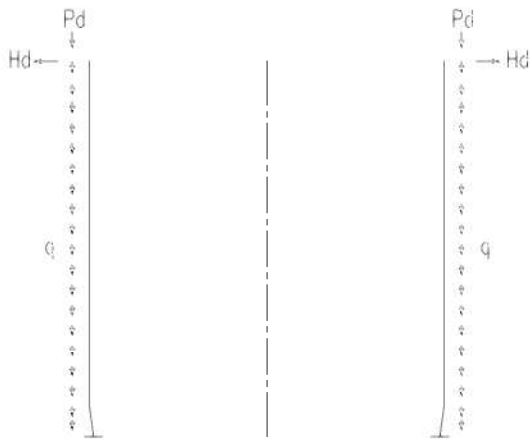
堆積時代別土質		V_s [m/sec]		
		10^{-3}	10^{-4}	10^{-6}
洪積世	粘性土	$129 \cdot N^{0.183}$	$156 \cdot N^{0.183}$	$172 \cdot N^{0.183}$
	砂質土	$123 \cdot N^{0.125}$	$200 \cdot N^{0.125}$	$205 \cdot N^{0.125}$
沖積世	粘性土	$122 \cdot N^{0.0777}$	$142 \cdot N^{0.0777}$	$143 \cdot N^{0.0777}$
	砂質土	$61.8 \cdot N^{0.211}$	$90 \cdot N^{0.211}$	$103 \cdot N^{0.211}$

・地盤の固有周期から決まる地盤種別

I 種地盤	II 種地盤	III 種地盤
$T_g < 0.2$	$0.2 \leq T_g < 0.6$	$0.6 \leq T_g$

5-2-2. 荷重図

1) 自重



$$Pd = \frac{Wd}{2\pi \cdot R} = 17.131 \text{ [kN/m]}$$

$$Hd = 29.969 \text{ [kN/m]}$$

(ドームスラスト自重分)

$$q = Qo \cdot t$$

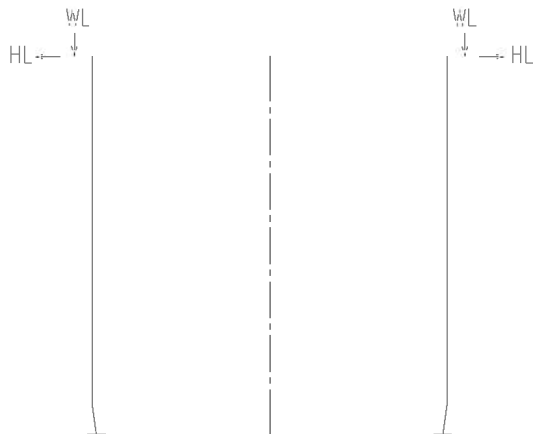
$$Wd : \text{ドーム重量} = 1087.144 \text{ [kN]}$$

$$R : \text{壁中心半径} = \text{〇〇 [m]}$$

$$t : \text{壁厚}$$

$$Qo : \text{コンクリートの単位体積重量} = 24.50 \text{ [kN/m}^3\text{]}$$

2) 積載・積雪荷重



$$WL = (Wa + Ws) \cdot R / 2 = 5.555 \text{ [kN/m]}$$

$$Hd = 9.526 \text{ [kN/m]}$$

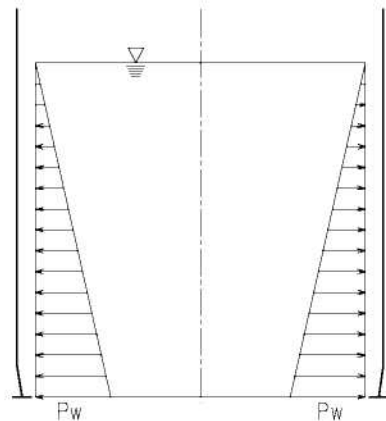
(ドームスラスト積載・積雪荷重分)

$$Wa : \text{積載荷重} = 0.500 \text{ [kN/m}^2\text{]}$$

$$Ws : \text{積雪荷重} = 0.600 \text{ [kN/m}^2\text{]}$$

$$R : \text{壁中心半径} = \text{〇〇 [m]}$$

3) 静水圧

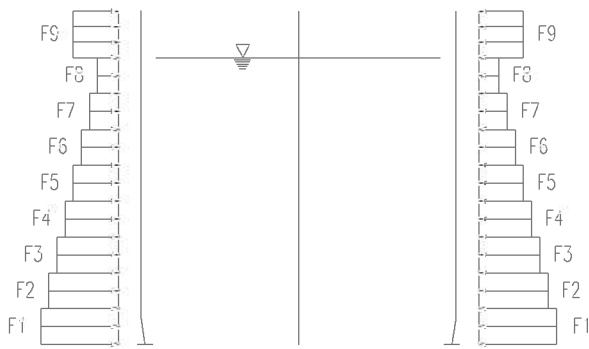


$$Pw = \rho \cdot H = \text{〇〇 [kN/m}^2\text{]}$$

$$\rho : \text{水の単位体積重量} = 10.00 \text{ [kN/m}^3\text{]}$$

$$H : \text{計算水深} = \text{〇〇 [m]}$$

4)横締プレストレス



Pe	: 有効緊張力(ドームリング)	=	112.843 [kN]
Pe	: 有効緊張力(F1~F4区間)	=	176.281 [kN]
Pe	: 有効緊張力(F5区間)	=	166.437 [kN]
Pe	: 有効緊張力(F6区間)	=	134.564 [kN]
Pe	: 有効緊張力(F7区間)	=	102.256 [kN]
Pe	: 有効緊張力(F8区間)	=	75.261 [kN]

$$F = \frac{\sum P}{R \cdot h}$$

R	: 壁中心半径	=	10.100 [m]
h1	: F1区間高さ	=	1.040 [m]
h2	: F2区間高さ	=	0.920 [m]
h3	: F3区間高さ	=	1.050 [m]
h4	: F4区間高さ	=	0.890 [m]
h5	: F5区間高さ	=	1.030 [m]
h6	: F6区間高さ	=	1.050 [m]
h7	: F7区間高さ	=	1.050 [m]
h8	: F8区間高さ	=	0.970 [m]
h9	: ドームリング高さ	=	0.500 [m]

$$F1 = \frac{176.3 \cdot 6}{10.100 \cdot 1.040} = 100.694 \text{ [kN/m}^2\text{]}$$

$$F2 = \frac{176.3 \cdot 4}{10.100 \cdot 0.920} = 75.885 \text{ [kN/m}^2\text{]}$$

$$F3 = \frac{176.3 \cdot 4}{10.100 \cdot 1.050} = 66.490 \text{ [kN/m}^2\text{]}$$

$$F4 = \frac{176.3 \cdot 3}{10.100 \cdot 0.890} = 58.832 \text{ [kN/m}^2\text{]}$$

$$F5 = \frac{166.4 \cdot 3}{10.100 \cdot 1.030} = 47.997 \text{ [kN/m}^2\text{]}$$

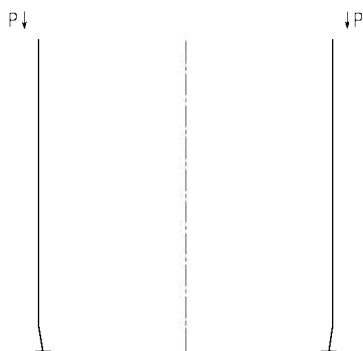
$$F6 = \frac{134.6 \cdot 3}{10.100 \cdot 1.050} = 38.066 \text{ [kN/m}^2\text{]}$$

$$F7 = \frac{102.3 \cdot 3}{10.100 \cdot 1.050} = 28.927 \text{ [kN/m}^2\text{]}$$

$$F8 = \frac{75.3 \cdot 2}{10.100 \cdot 0.970} = 15.364 \text{ [kN/m}^2\text{]}$$

$$F9 = \frac{112.8 \cdot 3}{10.100 \cdot 0.500} = 67.035 \text{ [kN/m}^2\text{]}$$

5)縦締プレストレス

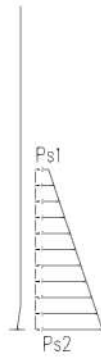


PC 鋼棒	: φ24第2種
端部緊張力	: Pi = 273 [kN/本]
摩擦係数	: μ = 0.003 [1/m]
鋼材長さ	: L = 8.500 [m]
有効係数	: η = 0.85
鋼棒本数	: N = 88 [本]

$$P = \frac{226.0 \cdot 88}{2\pi \cdot 10.100} = 313.393 \text{ [kN/m]}$$

$$Pe = \frac{0.85 \cdot 273}{1 + 0.003 \cdot 8.500} = 226.0 \text{ [kN/本]}$$

6)土圧



$$Ps = Ks \cdot (\gamma s \cdot Hs + q)$$

Ps1 : 地表面 = 0.00 [kN/m²]

Ps2 : 土圧計算位置 = 27.00 [kN/m²]

Ks : 静止土圧係数 = 0.50

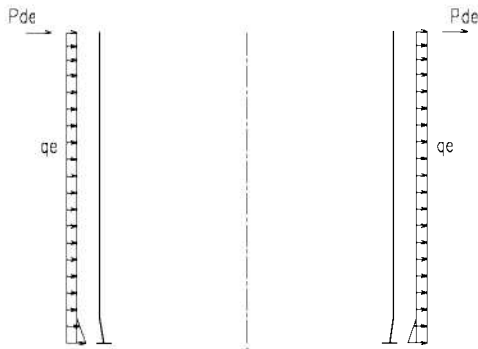
γs : 土の単位体積重量 = 18.0 [kN/m³]

q : 地表面の載荷荷重 = 0.00 [kN/m²]

Hs : 計算土圧高 = 3.00 [m]

7)地震の影響

①自重慣性力



$$Pde = \frac{W \cdot Kh}{2 \cdot \pi \cdot R}$$

$$qe = Kh \cdot Qo \cdot t$$

W : ドーム重量 = 1087.144 [kN]

R : 壁中心半径 = 10.100 [m]

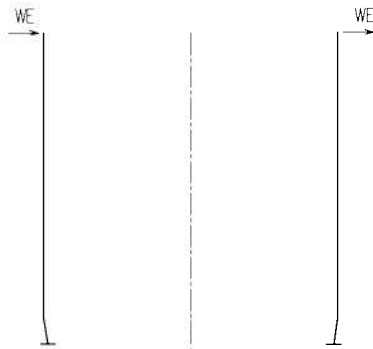
t : 壁厚

Qo : コンクリートの単位体積重量 = 24.50 [kN/m³]

Kh : 設計水平震度

(レベル1地震時 = 0.16 , レベル2地震時 = 0.32)

②積載慣性力



$$WE = \frac{(Wa + Ws) \cdot R \cdot Kh}{2}$$

Wa : 積載荷重 = 0.500 [kN/m²]

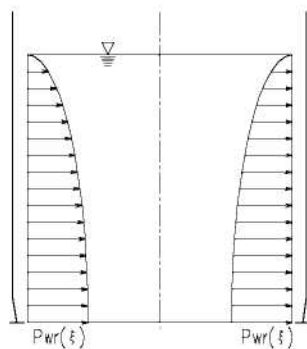
Ws : 積雪荷重 = 0.600 [kN/m²]

R : 壁中心半径 = 10.100 [m]

Kh : 設計水平震度

(レベル1地震時 = 0.16 , レベル2地震時 = 0.32)

③動水圧



動水圧による衝撃力の計算は、Housner の式より求める。

$$Pwr(\xi) = \sqrt{3} \cdot \rho \cdot Kh \cdot H \cdot \left\{ \frac{\xi}{H} - \frac{1}{2} \cdot \left(\frac{\xi}{H} \right)^2 \right\} \cdot \tanh \left\{ \sqrt{3} \cdot \frac{R}{H} \right\}$$

ρ : 水の単位体積重量 = 10.000 [kN/m³]

R : 側壁の半径 = 10.000 [m]

H : 計算水深 = 8.000 [m]

Kh : 設計水平震度

(レベル1地震時 = 0.16 , レベル2地震時 = 0.32)

5-4. 常時およびレベル1地震時の断面照査

5-4-1. 曲げおよび軸力の照査

空水時および満水時、レベル1地震時における合成応力度がコンクリートの許容応力度の範囲内であることを確認する。

1) 各荷重における応力度

鉛直方向（中間位置：Y = 2.000 [m]）

位置	荷重の種類	節点 No	部材厚 [m]	鉛直軸力 Ns [kN/m]	鉛直曲げ Ms [kN・m/m]	合成応力度		
						内側 [N/mm ²]	外側 [N/mm ²]	
ド ー ム リ ン グ	自重	46	0.200	-9.067	-0.144	0.02	0.07	
	積載+積雪荷重	46	0.200	-2.829	-0.046	0.01	0.02	
	静水圧	46	0.200	-1.769	0.008	0.01	0.01	
	横締めプレストレス	46	0.200	-2.924	0.130	0.03	0.00	
	縦締めプレストレス	46	0.200	-313.500	0.003	1.57	1.57	
	土圧	46	0.200	-0.014	0.000	0.00	0.00	
	地震の影響 (レベル1)	0deg	46	0.200	-0.572	0.018	0.01	0.00
		180deg	46	0.200	0.572	-0.018	-0.01	0.00
中 間 点	自重	13	0.200	-49.800	0.211	0.28	0.22	
	積載+積雪荷重	13	0.200	-5.554	0.024	0.03	0.02	
	静水圧	13	0.200	0.344	8.763	1.31	-1.32	
	横締めプレストレス	13	0.200	-2.529	-9.905	-1.47	1.50	
	縦締めプレストレス	13	0.200	-313.400	1.034	1.72	1.41	
	土圧	13	0.200	-0.080	-2.034	-0.30	0.31	
	地震の影響 (レベル1)	0deg	13	0.200	16.048	-1.527	-0.31	0.15
		180deg	13	0.200	-16.048	1.527	0.31	-0.15
ハ ン チ 終 了 点	自重	7	0.200	-52.970	0.521	0.34	0.19	
	積載+積雪荷重	7	0.200	-5.330	0.039	0.03	0.02	
	静水圧	7	0.200	1.924	-10.880	-1.64	1.62	
	横締めプレストレス	7	0.200	-4.774	12.574	1.91	-1.86	
	縦締めプレストレス	7	0.200	-300.700	2.871	1.93	1.07	
	土圧	7	0.200	-0.515	0.730	0.11	-0.11	
	地震の影響 (レベル1)	0deg	7	0.200	21.020	2.511	0.27	-0.48
		180deg	7	0.200	-21.020	-2.511	-0.27	0.48
壁 下 端	自重	1	0.400	-63.910	-5.346	-0.04	0.36	
	積載+積雪荷重	1	0.400	-5.808	-0.531	-0.01	0.03	
	静水圧	1	0.400	3.957	-61.544	-2.32	2.30	
	横締めプレストレス	1	0.400	-16.569	76.691	2.92	-2.83	
	縦締めプレストレス	1	0.400	-327.700	-28.800	-0.26	1.90	
	土圧	1	0.400	-3.011	10.464	0.40	-0.38	
	地震の影響 (レベル1)	0deg	1	0.400	27.397	13.380	0.43	-0.57
		180deg	1	0.400	-27.397	-13.380	-0.43	0.57

※ 中間点は横締めプレストレスによって生じる中間部の鉛直方向曲げモーメントが最大となる位置で検討する。

符号 曲げ：(-) 内側引張曲げモーメント

軸力：(-) 圧縮力

応力度：(-) 引張応力度

円周方向（中間位置：Y = 2.800 [m]）

位置	荷重の種類	節点 No	部材厚 [m]	円周軸力 N θ [kN/m]	円周曲げ M θ [kN・m/m]	合成応力度	
						内側 [N/mm ²]	外側 [N/mm ²]
ドームリング	自重	46	0.200	470.300	-0.029	-2.36	-2.35
	積載+積雪荷重	46	0.200	149.500	-0.009	-0.75	-0.75
	静水圧	46	0.200	-31.030	0.002	0.16	0.15
	横締めプレストレス	46	0.200	-406.900	0.026	2.04	2.03
	縦締めプレストレス	46	0.200	-11.150	0.001	0.06	0.06
	土圧	46	0.200	-0.491	0.000	0.00	0.00
	地震の影響 (レベル1)	0deg	46	0.200	-58.493	-0.016	0.29
180deg		46	0.200	58.493	0.016	-0.29	-0.29
中間点	自重	17	0.200	3.248	0.032	-0.01	-0.02
	積載+積雪荷重	17	0.200	0.612	0.009	0.00	0.00
	静水圧	17	0.200	510.800	1.281	-2.36	-2.75
	横締めプレストレス	17	0.200	-632.831	-1.506	2.94	3.39
	縦締めプレストレス	17	0.200	9.681	0.030	-0.04	-0.05
	土圧	17	0.200	-38.010	-0.053	0.18	0.20
	地震の影響 (レベル1)	0deg	17	0.200	-98.782	-0.298	0.45
180deg		17	0.200	98.782	0.298	-0.45	-0.54
ハンチ終了点	自重	7	0.200	-3.651	0.102	0.03	0.00
	積載+積雪荷重	7	0.200	-0.340	0.007	0.00	0.00
	静水圧	7	0.200	120.900	-2.227	-0.94	-0.27
	横締めプレストレス	7	0.200	-148.053	2.577	1.13	0.35
	縦締めプレストレス	7	0.200	-21.910	0.561	0.19	0.03
	土圧	7	0.200	-23.370	0.155	0.14	0.09
	地震の影響 (レベル1)	0deg	7	0.200	-13.640	0.508	0.14
180deg		7	0.200	13.640	-0.508	-0.14	0.01
壁下端	自重	1	0.400	-12.780	-1.069	-0.01	0.07
	積載+積雪荷重	1	0.400	-1.162	-0.106	0.00	0.01
	静水圧	1	0.400	0.791	-12.312	-0.46	0.46
	横締めプレストレス	1	0.400	-3.121	15.339	0.58	-0.57
	縦締めプレストレス	1	0.400	-65.540	-5.760	-0.05	0.38
	土圧	1	0.400	-0.602	2.110	0.08	-0.08
	地震の影響 (レベル1)	0deg	1	0.400	5.479	2.676	0.09
180deg		1	0.400	-5.479	-2.676	-0.09	0.11

※ 中間点は静水圧によって生じる中間部の円周方向軸引張力が最大となる位置で検討する。

符号 曲げ : (-) 内側引張曲げモーメント
 軸力 : (-) 圧縮力
 応力度 : (-) 引張応力度